74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III

Wydawnictwo Naukowe
Uniwersytetu Pedagogicznego
Kraków 2010

Recenzenci

prof. dr hab. inż. Andrzej Białobrzeski, dr hab. inż. Zygfryd Głowacz, prof. dr hab. Jan Kiełbasa, prof. dr hab. inż. Janusz Kwaśniewski, dr hab. inż. Andrzej M. Michalski, dr hab. inż. Jerzy Mischke, dr hab. inż. Wiktoria Sobczyk, dr hab. inż. Tadeusz Tatara, prof. dr hab. inż. Stanisław Wierzbiński

© Copyright by Wydawnictwo Naukowe UP, Kraków 2010

ISSN 1689–9903

Redakcja/Dział Promocji
Wydawnictwo Naukowe UP
30-084 Kraków, ul. Podchorążych 2
tel./fax (12) 662–63–83, tel. (12) 662–67–56
e-mail: wydawnictwo@up.krakow.pl

Zapraszamy na stronę internetową:
http://www.wydawnictwoup.pl

druk i oprawa
Zespół Poligraficzny UP, zam. 2/10

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Andrzej Baliński[1]

Problemy zaawansowanego utleniania w ekologicznym i technologicznym aspekcie stosowania mas formierskich

Rola odlewnictwa, pojmowanego jako interdyscyplinarny obszar nauki i techniki, jest zdecydowanie dominująca. O znaczeniu tej tematyki dla gospodarki krajowej świadczy aktualnie realizowany Projekt Badawczy Zamawiany „Nowoczesne tworzywa i procesy technologiczne w odlewnictwie" oraz „Foresight dla odlewnictwa". Elementy odlewane znajdują zastosowanie we wszystkich dziedzinach życia, w tym w gospodarce. Ogromna ilość maszyn i urządzeń, począwszy od samochodów, poprzez potężne urządzenia energetyczne, a skończywszy na telefonach komórkowych i komputerach, zawiera w swoim zespole odlewy. W wielu urządzeniach, z punktu widzenia ich jakości, walorów eksploatacyjnych, żywotności, masy, właśnie odlewane komponenty mają ważne, a czasami decydujące znaczenie. Dotyczy to szczególnie odlewów bezpiecznych, decydujących o zdrowiu i życiu człowieka (przykładowo stosowanych w dużej ilości w motoryzacji, lotnictwie czy technice kosmicznej). Współczesne odlewnictwo zmierza do uzyskiwania kształtu z fazy ciekłej bliskiego kształtowi ostatecznemu („near net shape"). Biorąc pod uwagę wskaźniki ekonomiczne i funkcjonalności, należy stwierdzić, że metoda odlewania jest jedną z najbardziej efektywnych metod uzyskiwania elementów mających szerokie zastosowanie w takich działach gospodarki narodowej, jak transport, motoryzacja, rolnictwo, budownictwo, przemysł ciężki, elektromaszynowy, zbrojeniowy, optyczny, komputerowy, telekomunikacyjny, a także w medycynie. Trzeba również podkreślić, że technologia odlewnicza stwarza nie tylko pełną możliwość recyklingu wytwarzanych w ten sposób części maszyn i urządzeń, ale umożliwia także włączenie w obieg recyklingu materiałów odpadowych. W ostatnich latach szczególną uwagę zwraca się na takie zagadnienia, jak zabiegi przeprowadzane w procesie topienia ciekłego metalu w celu uzyskania krotnego zwiększenia i poprawy jego właściwości fizykochemicznych. Niezwykle istotne jest również opracowywanie nowych generacji stopów na odlewy o unikatowych właściwościach użytkowych takich metali, jak tytan, magnez, żelazo i aluminium, a także stopów na odlewy o sterowanej strukturze (w tym monokrystalicznej), których przykładem mogą być odlewy specjalnego przeznaczenia z nadstopów niklu. Dużą wagę przywiązuje się do opracowania

[1] Dr hab. inż. prof. Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie, oraz doc. dr hab. inż. w Instytucie Odlewnictwa w Krakowie.

nowoczesnych technik wytwarzania odlewów gradialnie funkcjonalnych, również w wyniku sterowania polami temperatury, umożliwiających uzyskanie w wybranych, zdeterminowanych wymogami eksploatacji obszarach odlewu odpowiednich właściwości użytkowych. Istotne znaczenie ma także opracowanie nowych technologii wytwarzania odlewanych kompozytów metalowych. Działania te nie byłyby możliwe bez zastosowania najnowocześniejszych technik badawczych. Dotyczy to szczególnie badań umożliwiających opisanie zjawisk termodynamicznych zachodzących w układzie metal – podłoże, w szerokim zakresie temperatur – od temperatury otoczenia do temperatury 2000^0C, w wysokiej próżni (10^{-10} hPa) lub założonej atmosferze. Istotne jest również stosowanie technik symulacyjnych i szybkiego prototypowania odlewów.

W zakresie materiałów formierskich konieczne są działania proekologiczne, zmierzające w kierunku ograniczenia emisji szkodliwych i toksycznych gazów powstających w procesie wykonywania odlewów, przez zastosowanie spoiw nowych generacji, minimalizację ilości oraz ograniczenie toksyczności dotychczas stosowanych spoiw w wyniku przeprowadzenia zabiegów fizykochemicznych, opracowanie efektywnych ekonomicznie i technologicznie metod regeneracji osnów ziarnowych i utylizacji odpadów szkodliwych dla środowiska naturalnego.

W kraju około 80% form wykonywanych jest w masach klasycznych z lepiszczem bentonitowym i pyłem węglowym bądź organicznymi nośnikami węgla błyszczącego. Stacje przerobu mas tego typu posiadają odpylanie mokre lub suche. Powstające szlamy lub pyły stanowią znaczne obciążenie dla odlewni. Zawierają one – oprócz kondensatów związków zaliczanych do HAPs – krzemionkę, bentonit zdezaktywowany, bentonit aktywny, nie zdezaktywowane termicznie cząsteczki układów wiążących spoiwo organiczne – utwardzacz (kwasy sulfonowe, pochodne pirydyny, estry, izocjaniany, aminy, sole miedzi, sole amonowe, heksametylenoczteroamina). Dlatego też spodziewane zagospodarowanie tych odpadów przyniesie korzyści dla środowiska naturalnego oraz dla odlewni. Rozwiązanie tego rodzaju zagadnień, zarówno w aspekcie naukowym, jak i utylitarnym, pozwoli na zmniejszenie szkodliwości mas z bentonitem i pyłem węglowym.

Całkowita krajowa produkcja odlewów ze stopów żelaza i metali nieżelaznych w 2005 roku wyniosła 802 000 ton i była zbliżona do produkcji odlewów w 2004 roku. Według szacunkowych danych [1], wielkość produkcji odlewów ze stopów metali nieżelaznych (stopy Al, Cu i Zn) wyniosła w 2005 roku około 187 000 ton, co wskazuje na wzrost udziału tego rodzaju tworzyw w całkowitej produkcji odlewów o około 2,7% w stosunku do 2003 roku i o około 0,5% w stosunku do 2004 roku. Odlewy wytwarzane były z udziałem rdzeni wykonanych z mas ze spoiwami organicznymi (żywice furanowe, fenolowe, poliuretanowe, rezolowe, alkidowe, akrylowe, oleje) i nieorganicznymi (głównie uwodniony krzemian sodu), a także z udziałem powłok ochronnych zawierających związki organiczne. Liczne badania [2–4] wykazały, że stosowanie pyłu węglowego i organicznych nośników węgla błyszczącego, rdzeni ze spoiwami organicznymi oraz powłok ochronnych (alkoholowych lub wodnych) powoduje większość emisji niebezpiecznych zanieczyszczeń powietrza HAPs (*Hazardous Air Pollutions*) podczas procesu wykonywania odlewów w masach klasycznych. Niektóre z nich wytwarzane w największych ilościach to benzen, toluen, ksyleny (o, m, p), naftalen, heksan i pochodne tych związków. Gdy stosowane są

rdzenie ze spoiwami organicznymi, powstają inne HAPs, takie jak fenol, formaldehyd i inne, które mogą występować w znacznych ilościach. Oprócz powyżej podanych HAPs, w procesie wytwarzania odlewów z zastosowaniem mas klasycznych stwierdzono [5, 6] emisję takich związków zaliczanych do HAPs, jak acetaldehyd, akroleina, anilina, pyrokatechina, krezole (o,m,p), kumen, hexan, izoforon, metyl, inden, policykliczne związki organiczne, priopionaldehyd, styren, triethylamin. Nie wszystkie związki powstające w formie podczas i po wypełnieniu jej wnęki ciekłym metalem są usuwane przez układ odciągowy. Materiały zawierające węgiel i przylegające bezpośrednio do granicy faz forma–metal ulegają całkowitemu lub częściowemu rozkładowi, natomiast położone w większej odległości od tej granicy nie ulegają przemianie. Ponadto chłodniejsze części formy mogą absorbować gazowe węglowodory powstające w obszarach formy o wyższej temperaturze. Można zatem oczekiwać, że część tych gazów będzie ulegać rekondensacji lub absorpcji w obszarach formy oddalonych od granicy faz forma–metal i nie zostaną odprowadzone przez układ odciągowy.

Oprócz wyżej wymienionych związków chemicznych, powstających w procesie wykonywania odlewu, na każdym etapie produkcji odlewów występuje zorganizowana i niezorganizowana emisja pyłów.

Dane dotyczące emisji HAPs (gazy i pyły) w odlewniach krajowych nie są w pełni wystarczające, jednakże na ich podstawie można ocenić rodzaj i skalę zagrożenia, jakie stwarzają dla środowiska naturalnego [7]. Poziom emisji pyłów w procesie przygotowania mas klasycznych (bentonitowych) wynosi 0,001 – 0,044 kg/Mg masy. Przerób i regeneracja mas formierskich jest źródłem emisji pyłów w ilości 0,004 – 0,258 kg/Mg, w zależności od rodzaju urządzenia odpylającego. Emisja zorganizowana zanieczyszczeń z procesu odlewania i chłodzenia form wynosi w przypadku pyłów do 1,071 kg/h, fenolu do 0,082 kg/h, formaldehydu do 0,1548 kg/h, CO do 1,479 kg/h, amoniaku do 0,0475 kg/h, cyjanowodoru do 0,0001 kg/h, WWA do 0,0964 kg/h, węglowodorów alifatycznych do 0,015 kg/h. Operacja usuwania odlewów z form i rdzeni z odlewów powoduje emisję pyłów od 0,04 do 6,9 kg/h.

Powyższe dane dotyczące poziomów emisji szkodliwych pyłów i zanieczyszczeń gazowych zostały określone przy stosowaniu różnego rodzaju urządzeń odpylających (filtry mokre, zraszane i przewałowe, filtry workowe tkaninowe, cyklony) o sprawności odpylania wynoszącej od 31 do 95% w zależności od rodzaju filtra.

Na podstawie przeprowadzonej analizy zużycia materiałów formierskich w odlewniach krajowych można przyjąć, że orientacyjna ilość odpadów pylistych wynosi około 19 000 ton/rok, co stanowi około 20% wszystkich odpadów klasycznych mas formierskich i rdzeniowych. W odpadach pylistych występują pełnowartościowe materiały, które mogą być poddane całkowitemu recyklingowi (aktywny bentonit, pył węglowy, organiczne nośniki węgla błyszczącego) bez pogorszenia właściwości technologicznych i ekologicznych masy formierskiej, pod warunkiem częściowego lub całkowitego usunięcia z nich związków chemicznych zaliczanych do grupy HAPs. Zakłada się, że z całkowitej ilości bentonitu stosowanego do odświeżania mas formierskich, wynoszącej około 23 000 ton/rok oraz mieszanek bentonit–nośnik węgla błyszczącego wynoszącej około 7 000 ton/rok, realnie możliwy będzie odzysk około 3500 ton/rok bentonitu (15%) i około 1000 ton/rok (15%) mieszanek bentonit–nośnik węgla błyszczącego. Uzyskane oszczędności szacuje się na około

2 500 000 zł/rok, przy założeniu aktualnej ceny bentonitu 470 zł/tonę oraz mieszanek bentonit–nośnik węgla błyszczącego 900 zł/tonę.

Rozpatrując ekonomiczny aspekt omawianego zagadnienia, nie sposób pominąć kosztów, jakie ponoszą odlewnie w związku z gazowymi emisjami oraz składowaniem zużytych mas formierskich i pyłów na wysypiskach [8]. Przykładowe koszty (w zł/kg), związane z emisją gazów do powietrza są następujące: aldehydy, alkohole – 1,0; amoniak – 0,34; benzen – 6,83; benzo/a/piren – 298,78; SO_2 – 0,42; CO_2 – 0,23 zł/tonę; CO – 0,11; etery – 0,23; ketony – 1,0; tlenki azotu – 0,42; węglowodory alifatyczne – 0,11; WWA – 1,14; pyły krzemowe (>30% wolnej krzemionki) – 1,17; pyły węglowo-grafitowe – 1,17; pyły pozostałe – 0,46. Koszty składowania zużytej masy formierskiej i rdzeniowej oraz pyłów z gazów odlotowych wynoszą 49,40 zł/tonę. Roczne koszty, które muszą ponieść odlewnie krajowe za składowanie na wysypiskach pyłów z przemysłu odlewniczego wynoszą zatem około 1 300 000 zł. Koszty związane z emisją gazów i pyłów do atmosfery są aktualnie trudne do oszacowania ze względu na brak dostępności aktualnych wielkości tych emisji.

Polska nadal należy do krajów o największej w Europie ilości wytwarzanych odpadów przemysłowych. Stopień ich gospodarczego wykorzystania wynosi poniżej 70%, a zaledwie około 0,5% unieszkodliwia się inaczej niż przez składowanie. Przeciwdziałanie temu niekorzystnemu zjawisku jest zatem wysoce uzasadnione zarówno w aspekcie ekonomii, jak i ekologii. Świadczą o tym polskie Akty prawne w gospodarce odpadami, dotyczące II Polityki Ekologicznej Państwa przyjętej przez Sejm w lipcu 2001 roku, Uchwała Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 8 maja 2003 roku w sprawie przyjęcia „Polityki Ekologicznej Państwa na lata 2003–2006 z uwzględnieniem perspektywy na lata 2007–2010" oraz „Program wykonawczy do II Polityki Ekologicznej Państwa". Akty te są ściśle powiązane z przepisami Unii Europejskiej z zakresie odpadów, a szczególnie z dyrektywą Rady 75/442/EEC zmienionej dyrektywą Rady 91/156/EEC określającej ramy prawne dla gospodarowania odpadami w Unii Europejskiej. Dyrektywa ta nakłada na państwa członkowskie wymóg zapewnienia odzysku lub usuwania odpadów w sposób niezagrażający życiu ludzkiemu i niepowodujący szkód w środowisku [9].

Doniesienia w literaturze oraz uzyskane informacje wskazują na prowadzenie intensywnych prac badawczych przez ośrodki naukowe w Europie, Stanach Zjednoczonych oraz Japonii, dotyczących zagadnień utylizacji chemicznej.

Jedną z ważnych metod, pozwalających na ograniczenie emisji toksycznych związków, powstających w procesie wytwarzania odlewów, jest zaawansowane utlenianie (AO) wybranych związków chemicznych w celu neutralizacji ich negatywnego oddziaływania. Zagadnienia te były przedmiotem wielu nie zawsze związanych z odlewnictwem badań. Dotyczyły one badań kinetyki reakcji utleniania i powstających produktów w wodzie pitnej [10–12], a także procesu utleniania benzenu [3, 5] czy fenoli [13]. Wzrastające wymagania ekonomiczne i ekologiczne zmuszają odlewnie na całym świecie do bardziej opłacalnej produkcji oraz minimalizacji szkodliwych odpadów, zarówno gazowych, jak i stałych. Pod koniec lat 90. ubiegłego wieku pojawiły się w literaturze pierwsze doniesienia dotyczące zastosowania procesu AO w przemyśle odlewniczym [2, 13–16]. Powszechnie stosowane w masie formierskiej dodatki pyłu węglowego, nośniki organiczne węgla błyszczącego oraz fenolowe, uretanowe i inne organiczne spoiwa mas rdzeniowych są głównym

źródłem zanieczyszczenia powietrza. Niestety, zmniejszenie ilości tego rodzaju dodatków wprowadzanych do mas formierskich powoduje znaczące pogorszenie jakości odlewów. Proces zaawansowanego utleniania (AO) jest ogólnie definiowany jako proces utleniania zachodzący w fazie wodnej, obejmujący tworzenie się rodników wodorotlenowych jako produktu pośredniego bądź pośrednich produktów w sterujących procesach utleniających, powodujących przemianę i/lub rozkład określonych zanieczyszczeń. W procesie AO można stosować techniki chemiczne, fotochemiczne, sonochemiczne, radiacyjne lub ich różne kombinacje prowadzące do chemicznego rozkładu zanieczyszczeń.

Proces AO daje możliwości znacznej redukcji emisji szkodliwych i toksycznych substancji. W pewnych warunkach, w systemie AO, znaczna część węgla może zostać przekształcona w węgiel aktywny i służyć jako adsorbent LZO (Lotnych Związków Organicznych) i HAPs (*Hazardous Air Pollutions*). Ponadto substancje stosowane w AO mogą reagować i degradować niektóre związki organiczne, obecne w klasycznej masie formierskiej. W zależności od ilości czynników utleniających oraz wartości pH, w której reakcje przebiegają, procesy utleniania rozkładają zanieczyszczenia organiczne na kilka sposobów, obejmujących bezpośrednie utlenianie, pośrednie utlenianie i bezpośrednią fotolizę. Przykładowo, stosując jako utleniacze ozon cząsteczkowy i nadtlenek wodoru, pośredni produkt może powstawać w wyniku połączenia ozonu i nadtlenku wodoru, a z kolei rodniki te mogą być zaangażowane w reakcjach zarówno utleniania, jak i redukcji. Substancje rodnikowe służące do usuwania zanieczyszczeń, powstałe w procesie AO, mogą stać się szczególnie reaktywne w podwyższonych temperaturach, występujących w klasycznych masach formierskich podczas ich zalewania ciekłym metalem. Teoretycznie jest możliwe, że rodniki łączą się z takimi zanieczyszczeniami, jak benzen, toluen i fenol w wyniku addycji lub absorpcji. Według tych mechanizmów, LZO mogłyby ulec częściowemu rozłożeniu. W procesie AO możliwy jest też mechanizm zmian właściwości adsorbcyjnych bentonitu i innych składników klasycznych mas formierskich, co powinno wpływać na wzrost ich właściwości adhezyjnych.

W kilku odlewniach amerykańskich [2] zastosowano system AO w produkcji klasycznych mas formierskich (bentonitowych). Przeprowadzone badania wykazały redukcję emisji LZO o 20–70%. Stwierdzono zmniejszenie zużycia pyłu węglowego i bentonitu o 20–35% przy zachowaniu odpowiednich właściwości technologicznych mas formierskich.

Dane przekazane z innej odlewni amerykańskiej [15] wskazały na redukcję emisji LZO o 50–60% zarówno w przypadku wytwarzania odlewów rdzeniowanych (masa rdzeniowa ze spoiwem organicznym), jak i bez rdzeni. Odlewnia ta uzyskała 45–50% redukcji emisji benzenu w przypadku odlewów rdzeniowanych i 35–40% dla odlewów nie rdzeniowanych. Emisje te stopniowo malały w okresie 3–12 miesięcy po zainstalowaniu systemu AO.

W kolejnej odlewni amerykańskiej [15] posiadającej system AO stwierdzono zmniejszenie emisji całkowitej LZO o 74% i spadek emisji benzenu o 65% przy stosowaniu rdzeni wykonanych z mas ze spoiwem fenolowo-mocznikowym. Zaobserwowano również zmniejszenie całkowitej emisji LZO o 48% przy produkcji odlewów z zastosowaniem rdzeni wykonanych z udziałem organicznych spoiw żywicznych. W przypadku odlewów nie rdzeniowanych emisja benzenu zmniejszyła

się o 45%, a w przypadku odlewów rdzeniowanych o 19%. Stwierdzono również zmniejszenie strat prażenia (LOI) z 5,44% do 3,65%, bez pogorszenia jakości powierzchni odlewów, co jest związane z wyżej wspomniana redukcją emisji.

Pomimo że proces AO jest stosowany w odlewniach od kilku lat, nadal nie zostały w pełni wyjaśnione jego podstawy [2, 15, 16].

W wyniku zastosowania metody superutleniania w odniesieniu do warunków krajowych, należy spodziewać się następujących efektów utylitarnych:

a) zmniejszenie emisji gazów (także tych zaliczanych do HAPs) z form odlewniczych,

b) zmniejszenie ilości odpadów i kosztów ich składowania,

c) zmniejszenie toksyczności odpadów,

d) zmniejszenie ilości stosowanego bentonitu, pyłu węglowego i nośników organicznych węgla błyszczącego w wyniku jego odzysku z pyłów odpadowych i poprawy właściwości technologicznych mas formierskich.

Bibliografia

[1] Pachota M., Kryczek A., *Informacja o produkcji odlewów w Polsce w 2005 roku*, Odlewnictwo – Nauka i Praktyka, 2006, nr 2, s. 37–41

[2] Cannon F.S. i in., *Emission Studiem At a Test Foundry using an Advanced Oxidation-Clear Water System*, „AFS Transactions" 2003, vol. 111, pp. 579–598

[3] Ashburn C., i in., *Carbonaceus Additives and Emission of Benzene During Metalcasting Process*, „AFS Transactions", 1998, vol. 106, pp. 293–299

[4] McKinley M.D., Jefcoat I.A., Hertz N.J., Frederic C., *Air Emissions from Foundries. A Current Survey of Literature, Suppliers and Foundryman*, „AFS Transactions", 1993, vol. 101, pp. 979–990

[5] Cannon F.S., Voight R.C., Furness J.C., *Non-Incineration Treatment to Reduce Benzene and VOC Emissions from Greensand System*, Final Report U.S. Department of Energy, 2002, DE-FC 0799 ID13719

[6] Technicon LLC, Casting Emission Reduction Programm (CERP), Baseline Testing Emission Results Production Foundry, February 2000

[7] Bagińska E. i in., *Przewodnik w zakresie najlepszych dostępnych technik (NDT) – Wytyczne dla branży odlewniczej*, Wydaw. Ministerstwo Środowiska, 2005

[8] Rozporządzenie Rady Ministrów z 20.12.2005 w sprawie opłat za korzystanie ze środowiska

[9] Karuga S., *Przegląd przepisów Unii Europejskiej w zakresie odpadów, w tym odpadów niebezpiecznych i specjalnych*, www.otzo.most.org.pl

[10] Beltram F.J., Gonzales M., Gonzales J.F., *Industrial Wastewater Advanced Oxidation. Part I. UV Raduaition in Presence and Absence of Hydrogen Peroxide*, Water Research 1997, vol. 31, no 10, pp. 2405–2428

[11] Beltram F.J., Encinar J., Gonzales J.F., *Industraial Wastewater Advanced Oxidation. Part II. Ozone Combined With Hydrogen Peroxide or UV Radiation*, Water Research 1997, vol. 31, no 10, pp. 2415–2428

[12] Gunten U. von, *Ozonation of Drinking Water. Part I. Oxidation Kinetics and Product Formation*, Water Research, 2003, vol. 37, pp. 1443–1467

[13] Esplugas S., Gimenez J., Contreras S., Pascual E., Rodrigues M., *Comparison of Different Advanced Oxidation Processes for Phenol Degradation*, Water Research, 2002, vol. 36, pp. 1034–1042

[14] Westhof E., Meiser L., Schadlich-Stubenrauck J., *Sand Regenerierung und Staubinertisierung mit Hilfe uberkritischer Fluide*, Giesserei, 1998, no. 5, pp. 35–40

[15] Wang Y., Cannon F.S., Neill D., Crawford K., Voight R.C., *Effects of Advanced Oxidation Treatment on Green Sand Proprieties and Emissions*, AFS Transactions, 2004, vol. 112, pp. 635–648

[16] Hrazdira D., Rusin K., Ciganek M., *Oxidačni procesy v bentonitovych smésich*, 2004, Česká Slévárenská Společnost, s. 131–142

Superoxidation problems in the ecological and technological aspect of the moulding sands

Abstract

The article presents consequental problems of the toxic emmision of the chemical compounds (hazardous air pollutions) from the moulding sands in the casting process. Described one of the methods of the decrease toxic chemical compounds and injurious waste material, implicit from the processes of the advanced oxidation. Ecological, economic and technological advantages, as a consequential usings advanced oxidation, was described.

Key words: moulding sands, environment, oxidation

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Jana Depešova, Mária Vargova, Henryk Noga

Specyfika funkcji zawodowych nauczycieli w procesie stosowania technicznych środków nauczania

Nad cechami, jakimi winien odznaczać się dobry nauczyciel wychowawca, nad właściwościami, jakie zapewnią mu wpływ wychowawczy na uczniów, zastanawiano się od dawna. W starożytności Kwintylian w swym dziele pt.: *Kształcenie mówcy* nakreślił ideał nauczyciela. Przez lata wielu pedagogów, np. J.W. Dawid, S. Szuman, W. Okoń czy M. Grzegorzewska, starało się określić cechy dobrego nauczyciela [3]. M. Grzegorzewska zaliczyła do nich: „miłość dusz ludzkich przejawiającą się w dobroci, sympatii do wychowanków, wierności swoim przekonaniom, odpowiedzialności za pracę" [4]. Poglądy M. Grzegorzewskiej są tym cenniejsze, że dotyczą zarówno nauczycieli szkół dla dzieci o normalnym rozwoju psychofizycznym, jak i pedagogów specjalnych.

Funkcje nauczyciela specjalnego

Zdaniem M. Grzegorzewskiej, praca pedagoga specjalnego nie różni się zbytnio od pracy pedagoga w szkolnictwie masowym. Powinien on posiadać „te wszystkie wartości, których wymaga praca wychowawcza w środowisku dziecka normalnego" [6]. Jednak dla nauczycieli prowadzących działalność dydaktyczno-wychowawczą dla głuchych i niedosłyszących nieodłącznym elementem całości procesu dydaktyczno-wychowawczego, częścią składową procesu wychowania i kształcenia ogólnego winno być wychowanie słuchowe [7]. Dlatego, określając funkcje nauczyciela dzieci głuchych i niedosłyszących, należy określić funkcje nauczyciela w ogóle oraz specyficzne funkcje pedagoga specjalnego. Znaczące cechy osobowości i specyficzne czynności wychowawcy klasowego, jego przygotowanie teoretyczne i praktyczne omawia K. Duraj-Nowakowa, powołując się na N.J. Antipowa. Określa je w sposób następujący:

– Cechy osobowości: przekonania ideowe, stałość moralna, twórczy charakter myślenia, zapał, samokrytycyzm, optymizm.

– Wiadomości: znajomość podstaw teorii i metodyki procesu wychowania, wiadomości z zakresu różnych dziedzin.

– Umiejętności konstruktorskie: planowanie pracy wychowawczej, kształtowanie osobowości ucznia, opracowywanie celów wychowawczych, indywidualne podejście do uczniów.

– Umiejętności organizatorskie: wychowywanie i kierowanie wychowaniem, organizowanie różnorodnych rodzajów działalności kolektywnej i indywidualnej uczniów, kontrola i pomaganie uczniom w wykonywaniu poleceń.

– Umiejętności komunikatywne: wprowadzanie właściwych stosunków z uczniami, nauczycielami oraz przedstawicielami szerszej społeczności, ustosunkowywanie do siebie uczniów, wczuwanie się w sytuację ucznia, a także regulowanie stosunków między kolektywami klas i wewnątrz klasy.

– Umiejętności poznawcze: poznawanie uczniów przy wykorzystywaniu wiadomości psychologiczno-pedagogicznych, gromadzenie doświadczenia i literatury, doskonalenie swoich czynności i cech osobowych, doskonalenie swojej działalności.

– Umiejętności praktycznie stosowane: władanie niektórymi umiejętnościami o charakterze twórczym (np. rysowanie, śpiewanie, tańczenie), prowadzenie imprez okolicznościowych dla uczniów oraz władanie technicznymi środkami dydaktycznymi.

– Umiejętności w zakresie techniki pedagogicznej: umiejętności entuzjazmu, sugestii, inspirowania, dawania natchnienia, organizacji swej pracy, władania mimiką i gestami, poszukiwanie kultury języka [8].

Zastosowanie technicznych środków nauczania spełnia doniosłą rolę w procesie kształcenia, szczególnie dzieci z wadą słuchu. Owe środki umożliwiają przede wszystkim zbliżenie uczniowi poznawanej, a często niedostępnej rzeczywistości. Przyczyniają się do rozwijania spostrzegawczości, wyobraźni i myślenia, wzbogacają zasób pojęć, wpływając na przekształcenie postawy ucznia z biernej na czynną i mogą wywoływać taki stopień zainteresowania przedmiotem, jakiego nie osiągnie się przy użyciu najbarwniejszych opisów słownych [9]. Niezbędny jest jednak zapał nauczyciela i staranność nauczania, a także zdrowy optymizm i samokrytycyzm. Pozwoli to doprowadzić plany do realizacji.

Wskazane przez K. Duraj-Nowakową funkcje nauczyciela-wychowawcy są szczególnie istotne dla pedagoga specjalnego. Konieczne jest ich odniesienie do specyfiki wykonywanych zadań w pracy z dziećmi głuchymi i niedosłyszącymi. Wiadomości z takich dziedzin, jak fizyka, plastyka, będą przydatne w projektowaniu samego warsztatu, zaś umiejętności konstruktorskie ułatwią zindywidualizowanie wychowania i rewalidacji każdego ucznia, pozwalają samodzielnie konstruować niezbędne pomoce dydaktyczne oraz niwelować proste uszkodzenia sprzętu.

Niezbędne w pracy z dziećmi głuchymi są zdolności organizatorskie. Mają one wpływ zarówno na przebieg zajęć w klasie, jak również na wykonywanie specyficznych czynności niezbędnych w odniesieniu do dziecka głuchego, jak np. okresowe badanie słuchu, dobór aparatów słuchowych, organizowanie nowych, innych niż dotychczas form pracy dydaktyczno-wychowawczej. Umiejętności komunikatywne i poznawcze nauczyciela zapewnią właściwe stosunki z uczniami, rodzicami, nauczycielami. Dadzą możliwość indywidualnego traktowania każdego ucznia, coraz dokładniejszego jego poznania. To stwarza szansę na odpowiednie modyfikowanie działań nauczyciela, poczynając od wymagań obiektywnych.

Niezwykle istotne w przypadku pedagoga specjalnego są umiejętności praktyczne stosowania technicznych środków nauczania, np. umiejętność rysowania pozwoli na samodzielne przygotowanie plansz, śpiew czy taniec da możliwość przygotowania i prowadzenia imprez dla dzieci oraz zajęć rytmicznych.

Pedagog specjalny w szczególny sposób powinien zadbać o posiadanie umiejętności w zakresie techniki pedagogicznej. Bardzo ważna jest zdolność władania mimiką, gestem, umiejętność sugestii, inspirowania.

Pedagog specjalny wobec potrzeby stosowania technicznych środków nauczania

Postęp pedagogiczny, nawet przy zastosowaniu najnowocześniejszej techniki w przekazywaniu i kontroli wiedzy, nie może się dokonywać bez rozwijania wiedzy i umiejętności metodycznych nauczyciela, bez kształtowania postaw innowacyjnych. Efektywne wykorzystanie technicznych środków nauczania polega nie tylko na częstotliwości ich stosowania, ale także na umiejętności dostosowania projekcji do specyfikacji danego przedmiotu [10]. Mimo że nauczyciel powinien doskonalić swoje metody pracy, sama umiejętność stosowania środków nie wystarcza, by uzyskać właściwe efekty np. w zakresie doskonalenia wymowy dzieci głuchych i niedosłyszących. Pedagog specjalny powinien posiadać umiejętność stawiania diagnozy.

Nauczyciel pracujący z dziećmi głuchymi i niedosłyszącymi powinien znaleźć odpowiedzi na następujące pytania – to warunek powodzenia pracy terapeutycznej, a także dydaktyczno-wychowawczej:

– jaka terapia będzie konieczna?
– jak często mogą być prowadzone ćwiczenia?
– które dźwięki winny być najpierw skorygowane?
– jakie zmiany w wymowie już nastąpiły?

Można wyróżnić trzy rodzaje badania metodą bodźców językowych:

– bez bodźców audiowizualnych,
– z udziałem słabych bodźców audiowizualnych,
– z udziałem silnych bodźców audiowizualnych [11].

W postępowaniu nauczyciela bez udziału bodźców audiowizualnych materiałem badanym mogą być odpowiednio dobrane i przygotowane obrazki. Nazwa przedmiotu przedstawionego na obrazku zawiera badaną głoskę w określonej pozycji w wyrazie, tj. w nagłosie, wygłosie lub śródgłosie. Można tutaj przygotować również różnokolorowe przezrocza. Właściwie dobrane kolorowe obrazki odpowiedniego formatu, oprawione lub zafoliowane zapewniają estetykę i trwałość. Do utrwalenia już wywołanych, skorygowanych głosek korzystnie jest użyć arkuszy, na których istnieje wiele obrazków zawierających określoną głoskę. Techniczny sposób przygotowania obrazków powinien uwzględnić wiek dziecka [11]. Oprócz odpowiednio przygotowanych plansz z wyrazami warto dobrać również modele, lub nawet odpowiednie przedmioty. Z umiejętnością obsługi i stawiania diagnozy winny iść w parze umiejętności zastosowania konkretnego materiału dydaktycznego w pracy z dziećmi.

Wiedza informatyczna pedagoga specjalnego

Pojawienie się komputera w szkole stworzyło nowe możliwości nieomal dla wszystkich przedmiotów szkolnych. Rozwój informatyki i jej służebna rola wobec dydaktyki powodują, że szkolnictwo ma wielką szansę na podniesienie swej skuteczności nauczania, ale jednocześnie stanowią dla niego ogromne wyzwanie [14].

Umiejętność posługiwania się komputerem daje możliwość wykorzystania programów rehabilitacyjnych wspomagających naukę mowy dzieci głuchych. Wizyjne sprzężenie zwrotne realizowane jest za pomocą przedstawiania na ekranie monitora komputera obrazów powstających wskutek odpowiedniego przetwarzania sygnału. Podczas tworzenia programów rehabilitacyjnych przyporządkowuje się pewne parametry mowy określonym wymiarom obrazu lub zmianie jego położenia. Atrakcyjny dla dziecka obraz będący przekształceniem fali dźwiękowej skłania je do wydawania głosu, ukazuje wizualizację intonacji lub przy analizie widmowej przetwarza zmienne elementy obrazu, ukazując np. spektrogram danej głoski. W programie „Statek" należącym do zestawu programów komputerowych pt.: „Kolorowy świat mowy" informacja o modulacji wysokości głosu jest przekazywana bezpośrednio na podstawie zmian kształtu fali głosowej.

Aniela Korzon przedstawia cechy pedagoga specjalnego, które wynikają z przeprowadzonych badań [16]. Nauczyciel pracujący w szkolnictwie specjalnym winien dobrze znać problemy rewalidacji, rozumieć społeczną wartość swojej pracy i być za nią odpowiedzialny. Duża odporność psychiczna, wiara we własne siły, bezwarunkowa akceptacja podopiecznych pozwolą wywiązać się ze swych zadań i osiągnąć zadowalające rezultaty.

Obserwowana obecnie trudna sytuacja społeczna, a także deficyt kadr oświatowych sprawiają, iż na drugi plan schodzi problem jakości przygotowania do zawodu nauczycielskiego [5]. Określając specyfikę funkcji zawodowych nauczycieli w procesie stosowania technicznych środków nauczania, należy wskazać na duże braki u absolwentów pedagogiki specjalnej w zakresie metodyki stosowania technicznych środków nauczania właściwych szkolnictwu specjalnemu. Warto zatem podkreślić, że niezbędne jest posiadanie umiejętności korzystania z takich środków technicznych, jak komputer, magnetowid, diaskop, episkop, pętla induktofoniczna. Należałoby również postulować konieczność zapoznania się studentów z programami komputerowymi i ich zastosowaniem w pracy z dziećmi głuchymi i niedosłyszącymi.

Bibliografia

[1] Burgerová J., *Internet vo výčbe a štýly učenia,* Prešov 2001

[2] Burgerová J., Burger V. Stémové a aplikačné program pre personálne počitače, Prešov 2002

[3] Duraj-Nowakowa K., *Kształtowanie gotowości zawodowej nauczycieli*, Wyd. Nauk. WSP, Kraków 1986

[4] Duraj-Nowakowa K., *Kształtowanie gotowości zawodowej studentów*, Wyd. Nauk. WSP, Kraków 1986

[5] Depešová J., *Príprava učiteľov na prácu s deťmi so špeciálnymi potrebami so zameraním na technické vzdelávanie,* [in:] Zborník *Príprava učiteľov elementaristov a európsky multifunkčný priestor*, PU PF, Prešov 2005, s. 595–600

[6] Depešová J., *Ľudové remeslá v zahraničí*, [in:] Zborník *Technické vzdelanie ako súčasť všeobecného vzdelania*, FPV UMB, B. Bystrica 2005, s. 89–92

[7] Depešová J., *Činnostná terapia postihnutých a tradičné technológie,* [in:] Zborník *Technické vzdelanie ako súčasť všeobecného vzdelania,* FPV UMB, B. Bystrica 2002, s. 190–195

[8] Grzegorzewska M., *Wybór pism*, PWN, Warszawa 1964

[9] Korzon A., *Wychowanie słuchowe dzieci z wadą słuchu*, Wyd. Infograf

[10] Korzon A., *Osobowość pedagoga specjalnego*, Prace Pedagogiczne, Rocznik Naukowo-Dydaktyczny, WSP, Kraków 1986

[11] Kozík T., Depešová, J., *Projekt a realizácia modelu videokonferenčného systému v pedagogickej praxi,* [in:] *Technika – informatika – edukácia*. Teoreticzne i prakticzne problemy edukacji informatycznej, t. VIII, Rzeszow 2007, s. 53–59

[12] Piątek T., *Humanistyczno-etyczne aspekty stosowania technologii informacyjnych*, Zborník XX DIDMATTECH, Olomouc 2007, s. 547–549

[13] Porubská G., *Postavenie a* význam *didaktiky v priprave učiteľov 1. stupňa ZŠ,* [in:] *Za vyššiu úroveň ýchovy a vzdelávania a prestiž učiteľa ZŠ*, PdF, Nitra 1999, s. 67–71

[14] Ptaszyńska W., *Osobowość nauczyciela-wychowawcy w ujęciu Marii Grzegorzewskiej,* [w:] *Maria Grzegorzewska, Materiały z sesji naukowej*, J. Doroszewska, M. Falski, R. Wroczyński (red.), Nasza Księgarnia, Warszawa 1972

[15] Pytel K., *Wpływ Internetu na rozwój i zachowanie dzieci i młodzieży*, [w:] *Cyberuzależnienia. Przeciwdziałanie uzależnieniu od komputera i Internetu*, E. Mastalerz (red.), Konferencja AP Kraków, 2006, s. 68–76

[16] Pytel K., *Komunikacja interpersonalna w społeczeństwie informacyjnym*, INFORMATECH 2007, Moderni informaćni a komunikaćni technologie ve vzdêláváni, Olomouc 11.09.2007, s. 164

[17] Pytel K., *Komunikacja przez sieć komputerową jako sposób na spędzanie wolnego czasu*, INFORMATECH 2007, Moderni informaćni a komunikaćni technologie ve vzdêláváni, Olomouc 11.09.2007, s. 385–388

[18] Rodak H., *Terapia dziecka z wadą wymowy,* Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 1994, s. 14–22

[19] Siemieniecki B., *Nowe możliwości stosowania techniki komputerowej w edukacji*, [w:] *Kultura i Edukacja*, nr l/1994

[20] Tomková V., *Grafické vyjadrovanie žiakov 9. ročníka základných škôl,* [in:] Zborník *Modernizace vysokoškolské výuky technických předmětů II.* Hradec Králové: GAUDEAMUS, 2006, s. 200

[21] Tomková V., *Grafické vyjadrovanie žiakov základných škôl v edukačnom procese*, [in:] TECHNIKA – INFORMATIKA – EDUKACJA, t. V. Sandomierz: Diecezjalne i Drukarnia w Sandomierzu, 2006, s. 57–60

[22] Tomková V., *Grafické vyjadrovanie žiakov základných škôl,* [in:] *Trendy ve vzdelávaní 2006. Edukační technológie a inovace technického vzdělávání*, Olomouc: VOTOBIA Olomouc, 2006, s. 178–181

[23] Tomková V., Vargová M., *Súčasný stav ovládania práce s PC u študentov učiteľstva 1. stupňa základných škôl,* [in:] Zborník *Vplyv technickej výchovy na rozvoj osobnosti žiaka,* PF UKF, Nitra 2002, s. 163–166

[24] Vargová M., *Inovačné a alternatívne koncepcie vzdelávania v technickej výchove*. Dizertačná práca, Nitra 2005, s. 144

[25] Vargová M., Depešová, J., *Poznámky k niektorým pojmom technickej terminológie,* [in:] *Vplyv technickej výchovy na rozvoj osobnosti žiaka*, zborník 1, PF UKF, Nitra 2000, s. 107–110

[26] Vargová M., Tomková, V., *Pracovné vyučovanie v súvislosti s prácou s počítačom*, [in:] Zborník *Vplyv technickej výchovy na rozvoj osobnosti žiaka*, PF UKF, Nitra 2002, s. 167–170

[27] Wołoszyn S., *Dzieje wychowania i myśli pedagogicznej w zarysie*, PWN, Warszawa 1964

Specificity of teachers' professional functions in the process of using technical educational means

Abstract

The features which a good teacher-educator should have and which allow him/ her to have any educational influence over pupils have been the matter of consideration for many years. For a long time scholars have tried to define the characteristics of a good teacher. It has turned out that the work of a special needs teacher does not differ much from the work of a teacher in a regular school. He/ she should have the same range of characteristics as a teacher who works with a child following a regular pattern of development. However, those teachers who work with deaf or hearing-impaired children should be additionally equipped with the so called auditory education. That is why, when describing the features of a teacher for deaf and hearing-impaired children, one should define the functions of a teacher as such, as well as the specific functions of a special needs teacher.

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Pavel Dostál, Václav Tvarůžka, Elżbieta Mastalerz

CAD in preparation of the Special Subject teachers

The Department of Technical and Vocational Education of the Pedagogic Faculty of the University of Ostrava guarantees three-year Bachelor and two-year Master study subject called the Special Subjects Teaching in two specialisations – the Trade and Services, the Engineering. These subjects are accredited as combine, non-paid ones, Bachelor study in the study programme of the Specialisation in Pedagogy, Master one in the Secondary Schools Teaching. Bachelor study is finished by the plea of the Bachelor work and the state exam, Master study by the Diploma work and the state exam.

Students are mostly teachers of special high schools that don't have university degree. Their motivation for the study and for its successful finishing is mostly very big and often joined with higher wages or even a condition for their occupation.

Aims of the study subject and the profile of the graduate

Subjects aimed at CAD are sorted only into the specialisation of Engineering that will be noted in the story, however even students of the specialisation of the Trade and Services have an opportunity to join this education which they use a little.

The aim of the Bachelor study subject of the Special Subject Teaching is to prepare teachers of special subjects for teaching at secondary special schools. The graduate is equipped with useful knowledge and skills for the special subject teacher's work, as the special aspect so the didactic aspect.

The aim of the Master study of the Special Subjects Teaching is to prepare teachers of special subjects for teaching at secondary special schools. The graduate is equipped with necessary knowledge and skills for the special subject teacher's work, as the special aspect so the didactic aspect, he can apply theoretic knowledge into teaching and master their implementation. He is able to check implementation of new methods and knowledge into teaching with using a pedagogical search. He is equipped with necessary knowledge from the area of management and law in the way that he can do leading roles.

The specialisation of Engineering is addressed in preparation teachers of engineering, material disciplines and electro technical subjects for secondary special

schools of various types, it means where subjects of this type are taught, mainly at engineering schools.

For both specialisations there are common pedagogic and psychologic disciplines, i.e. General Pedagogic, Social Pedagogic, Special Pedagogic, General Didactics, Didactics of the Special Subjects, General Psychology, Evolutional Psychology, Pedagogical Psychology etc.). These ones make about a half of all the subjects. The rest develops a chosen subject. In the specialisation of Engineering there are i.e. Parts of Machines, Static, Machines and Appliances, Engineering Technology, Materials, Technical Drawing etc. The part of the study is also a compulsory pedagogical practice.

The size of the attendant teaching at particular subjects is made after consultation with individual teachers and issue from the type of the subjects and from equipment by suitable didactic tools. Hour donation of the attendant study for particular subjects is between 4 and 24 lessons it means 1 to 6 four-lesson units. In each semester of study there are 5 or 7 subjects finished by the exam. Attendant part of teaching is made in the Pedagogical Faculty of the University of Ostrava, always once a week during workdays. Every class has made a fixed day of teaching. Teaching runs in two four-lesson units – in the morning and in the afternoon. Lesson donation of the attendant study in particular semesters is between 40 and 75 lessons. Number of days with an attendant study is between 5 and 10 per semester.

The graduate of the Engineering can orientate in theoretic and special subjects of engineering and electro technical character and he can apply this knowledge also in practical teaching in laboratories and workrooms. In the aspect of subject-science competences he is mastered in knowledge of the subject, he can find and process information and he can use them in pedagogical work. In the aspect of general-pedagogic competences he masters processes and conditions of education on theoretic a practical level joined with knowledge of the psychological, social and multicultural aspects, he is able to support development of individual qualities of pupils in the area of interests and hobbies, he has knowledge about law and he respects it in his pedagogical work. In the aspect of social-communicative competences he masters instruments of pedagogical communication and creating of favourable working climate at school, on the base of knowledge of social relations of pupils he masters instruments of socialisation of pupils and can orientate in difficult social situations at school and out of the school and he is able to transmit their solution. He has diagnostic and assistant competences – he uses instruments of pedagogical diagnostic in teaching, he masters an instrument for securing a discipline and solving the educational situations, he knows attributes of social-pathologic manifestation of pupils and is able to identify pupils with specific needs in the area of education. He has didactic and psycho-didactic competences – he manages strategies of education and learning, he joins them with knowledge of psychologic and social aspects, he can use ICT for teaching. In the area of professional and personal cultivation competences he has a general scope, personal condition for team work, he is able to reflect himself on the base of self-evaluation and evaluation by various subjects and to reflect educational needs and interests of pupils.

The graduates are prepared also for doing of technical-economic roles in the production area and in services as well.

With the accession of CAD technologies into industrial practice and also into education at secondary schools it is necessary the graduate of the Special Subject Teaching – Engineering would gain proper competences in this area.

CAD in the Bachelor study subject

In the Bachelor study subject the Special Subject Teaching – Engineering there is, in the winter term of the second class, inserted the subject Technical Graphics. The subject is attendant taught in four four-lesson units. List of the taught matter:

1. Introduction of the problem, basic terms, trends of progress of technical graphics, principles of computer graphic display, introduction with control of AutoCAD, bases of drawing in AutoCAD (types of lines, sections of a line, circles, rectangles, polygons).

2. Bases of drawing in AutoCAD (arches, ellipses, elliptic arch, rings, points, construction lines, hatching, function for managing of the screen, instruments for precise drawing, coordinates, ortho, grid, step, catching modes).

3. Catching modes, curves, multilines, Boolean operations, work in levels, arrangements of objects.

4. Arrangements of objects, processing of the text, dimensioning.

Main content of the subject is AutoCAD that was chosen as the most worldwide expanded CAD and also the most expanded CAD at Czech schools. In the subject, students make 2D designs and drafts, the subject is finished by a credit test – to draw drawing of the set component.

CAD in Master the study programme

In the Master study subject of the Special Subject Teaching – Engineering there are inserted two subjects oriented on CAD. In the summer term of the first class it is the Construct Practice 1 and in the winter term of the second class it is the Construct Practice 2. Autodesk Inventor is used as software there above all – in secondary schools the most used CAD based on parametric modelling. The subject Construct Practice 1 is focused to master working with Autodesk Inventor, the subject Construct Practice 2 continues in the previous subject and develop gained knowledge by solution of a specific set technical problem.

The subject of Construct Practice 1 is attendant taught in three four-lesson units. List of the taught matter:

1. Introduction of the problem, basic terms, basic parametric modelling, bases of working in Autodesk Inventor, creation of parametric drafts, geometric attachments, parametric dimensions, bases of components modelling.

2. Bases of components modelling (extruding, rotating, dragging, separation of components, work elements, arrangements in 3D), bases of creation of formations.

3. Modelling of components and formations, creation of drawing documentation.

The subject of Construct Practice 2 is attendant taught in two four-class units where students, with Autodesk Inventor, solve specific job – calculation and construction by the simple function complexes.

Conclusion

The Department of Technical and Vocational Education has, as the member of the Autodesk Academia Programme, the option to franchise the worldwide certificate "Autodesk Certificate of Completion" to its students that shows the knowledge of the specific product (AutoCAD or Autodesk Inventor). The conditions for franchising of the certificate are to show practical knowledge of the given product and processing of the project. Acquirement of the certificate means a competitive advantage at the work market for graduates.

As the Department of Technical and Vocational Education is joined into a programme "Autodesk Subscription", it has a quick access to the newest versions of the software at disposal and so the teaching runs with the newest programme equipment.

Bibliography

[1] Dostál P., Slovák S., *Combination Study of Teaching Special Subjects,* The New Educational Review 2005, vol. 5, no. 1, pp. 179–187

[2] Dostál P., Slovák S., Rychlíková B., *Reakreditace učitelství odborných předmětů,* [in:] *Sborník mezinárodní konference Trendy ve vzdělávání 2006,* Pedagogická fakulta UP, Olomouc 2006, s. 21–24

[3] Dostál P., Slovák S., Tvarůžka V., *Development of the Combined Study at the Pedagogical Faculty of the University of Ostrava,* [in:] *The New Educational Review,* 2007, vol. 12, no. 2, pp. 103–110

[4] Fořt P. Kletečka J., *AutoCAD 2006,* Computer Press 2006, Brno

[5] Fořt P., Kletečka J., *Autodesk Inventor: Adaptivní modelování v průmyslové praxi,* Computer Press 2004, Brno

[6] Suková A., Dostál P., *Technické kreslení na PC,* OU, Ostrava 2007

Zastosowanie programu CAD w kształceniu nauczycieli przedmiotów specjalnych

Streszczenie

Artykuł przedstawia zastosowanie programu CAD (*Comupter Aided Design*) w nauczaniu przedmiotu Przedmioty specjalne. Jest on oferowany w programie studiów licencjackich i magisterskich przez Instytut Kształcenia Technicznego i Zawodowego Wydziału Pedagogicznego Uniwersytetu w Ostrawie.

Słowa kluczowe: CAD, nauczanie przedmiotów specjalnych, inżynieria, studia łączone

FOLIA 74

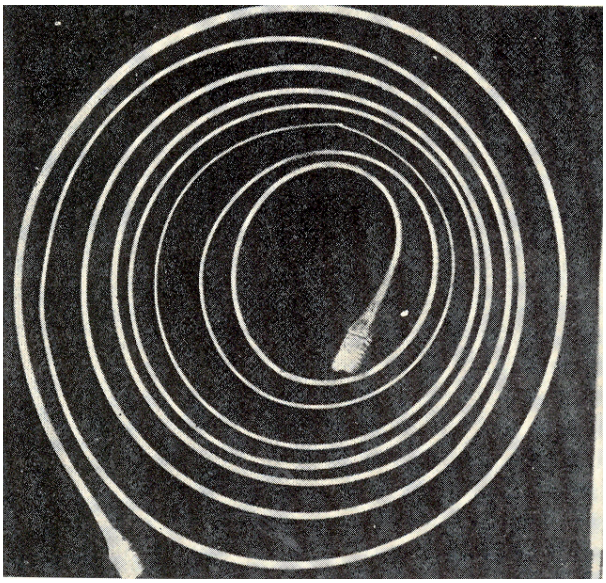
Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Jan Dutkiewicz, Piotr Malczewski

Odkształcenie nadplastyczne w mosiądzach α+β za pomocą ciśnienia gazu

Kształtowanie wyrobów z metali i stopów poprzez odkształcenie plastyczne towarzyszy człowiekowi już od starożytności. Z biegiem czasu udoskonalono techniki wytwarzania, ale nadal poważnym wyzwaniem jest opracowanie takiej technologii, która pozwoliłaby na nadanie ostatecznego kształtu przedmiotu przy wykonaniu jak najmniejszej liczby niezbędnych operacji wymagających wkładu energii. Idealnym rozwiązaniem byłby taki dobór metody wytwarzania, aby możliwe było zastosowanie jednej operacji prowadzącej do uzyskania z jednego kawałka metalu gotowego wyrobu. Możliwość taką stwarza zjawisko nadplastyczności w materiałach, które pozwala na uzyskiwanie dużych odkształceń w jednej operacji, dochodzących do 1000% przy stosunkowo niskich naprężeniach. Liczba niezbędnych operacji odkształcenia koniecznych do uzyskania gotowego produktu mogłaby zatem zostać zredukowana. Pierwszy zarejestrowany opis zjawiska nadplastyczności zawiera praca Bengongha z 1912 roku, który opisał specjalny mosiądz α+β o składzie 60% Cu i 40% Zn, dla którego osiągnął wydłużenie 163% w temperaturze 700°C [1]. Uważa się, że zjawisko i proces odkształcenia nadplastycznego odnosi się do wczesnych lat XX wieku. Jednak według O.D. Sherby'ego i J. Wadswortha [2], zjawisko to w sposób niezamierzony zostało wykorzystane przez starożytnych rzemieślników podczas procesów przeróbki plastycznej brązów arsenowych (zawierających do 10% wag. As). Również stale damasceńskie będące w użyciu od około 300 roku p.n.e. posiadają skład zbliżony do współczesnych wysokowęglowych stali o własnościach nadplastycznych [2,3,4] i były prawdopodobnie już wówczas odkształcane nadplastycznie. Pierwsza praca z obszaru „internal stress superplasticity" została opublikowana przez A. Sava w 1924 roku i dotyczyła odkształcania stali w trakcie cyklicznych zmian temperatury [5]. W 1928 roku C.H.M. Jenkins osiągnął wydłużenie od 300% do 400% dla drobnokrystalicznych eutektyk Cd-Zn i Pb-Sn [6]. Ogromne wydłużenie 1950% otrzymał w 1934 roku na drobnokrystalicznym, dwufazowym stopie Sn-Bi C.E. Pearson [2,7]. Próbka Pearsona jest przedstawiona na ryc. 1.



Ryc. 1. Próbka stopu Pb-Sn odkształcona superplastycznie przez C.E. Pearsona wykazująca maksymalne odkształcenie w próbie rozciągania 1950% wg [7]

Po raz pierwszy termin „sverchplasticznost" został użyty w publikacji A.A. Boczwara i Z.A. Swiderskiej w roku 1945 [8], a jego odpowiednik w języku angielskim „superplasticity" został zastosowany w Chemical Abstracts w 1947 roku. W latach 60. ukazały się obszerne przeglądy dotyczące zagadnień nadplastyczności. Pierwszym było opracowanie E. Underwooda z 1962 [9], A.A. Presnjakova [10]. Jednymi ze stopów, które posiadają zdolność do odkształcenia nadplastycznego, są mosiądze o strukturze $\alpha+\beta$, zawierające około 40% Zn. Wykazują one nadplastyczność strukturalną, co umożliwia odkształcenie nadplastyczne dochodzące do 1000% w zakresie temperatur 400–700°C [1–16].

Oceniając zdolność materiału do odkształcenia nadplastycznego, konieczne jest odniesienie się do wielkości, która nie jest związana bezpośrednio ze stopniem odkształcenia materiału. Jeśli jednak weźmiemy pod uwagę stopień odkształcenia, należy odnieść go do wyników dla materiału uzyskanego w sposób „tradycyjny", co często nastręcza trudności z uwagi na brak materiału do porównań (materiał wykazuje minimalną plastyczność). W celu jednoznacznego określenia, czy dany materiał odkształca się nadplastycznie, należy przyjąć bardziej uniwersalny parametr, jak wielkość odkształcenia względnego. Backofen i współpracownicy [11] podjęli próby zastosowania ilościowych parametrów, które stanowiłyby jednoznaczne kryterium występowania zjawiska nadplastyczności. Stan ten scharakteryzowany został poprzez czułość na prędkość odkształcenia, niskie naprężenie płynięcia oraz brak lub występowanie nieznacznego umocnienia odkształceniowego [12].

Czułość na prędkość odkształcenia *m* możemy zdefiniować poprzez następujące równanie różniczkowe:

$$m = \frac{d \ln \sigma}{d \ln \dot{\varepsilon}} \tag{1}$$

gdzie: σ – naprężenie płynięcia plastycznego, $\dot{\varepsilon}$ – prędkość odkształcenia w próbie rozciągania.

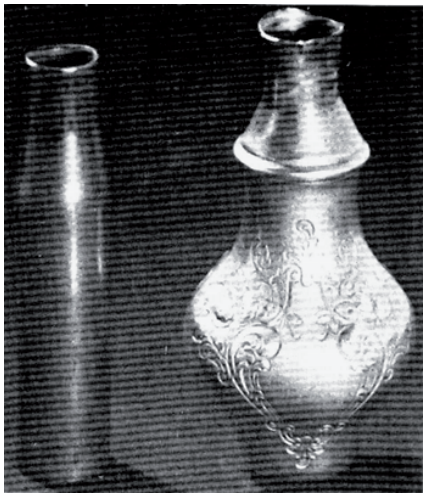
Przyjmując zatem, że materiały zdolne do odkształcenia nadplastycznego powinny charakteryzować się wysoką wartością współczynnika czułości na prędkość odkształcenia *m* oraz zakładając, że nie występuje efekt umocnienia podczas odkształcenia nadplastycznego, możemy zależność naprężenia od szybkości odkształcenia opisać równaniem:

$$\sigma = K \dot{\varepsilon}^{m} \tag{2}$$

gdzie: σ – naprężenie płynięcia plastycznego, $\dot{\varepsilon}$ – prędkość odkształcenia w próbie rozciągania, K – stała.

Zakres współczynnika czułości na prędkość odkształcenia *m* dla różnych materiałów zmienia się w przedziale 1–0. Wiele tradycyjnych materiałów metalicznych i stopów stosowanych w technice wykazuje wartość współczynnika $m < 0{,}2$; przyjęło się zatem, iż wartość współczynnika czułości na prędkość odkształcenia dla materiałów przeznaczonych do odkształcenia nadplastycznego powinny posiadać wartość wynoszącą od $m > 0{,}3$. W przypadku, gdy współczynnik czułości na prędkość odkształcenia *m* wynosi 1, wówczas mamy do czynienia z lepkością zdefiniowaną przez Newtona. Taki materiał nie doznaje niestabilności podczas rozciągania i może być teoretycznie nieskończenie odkształcany.

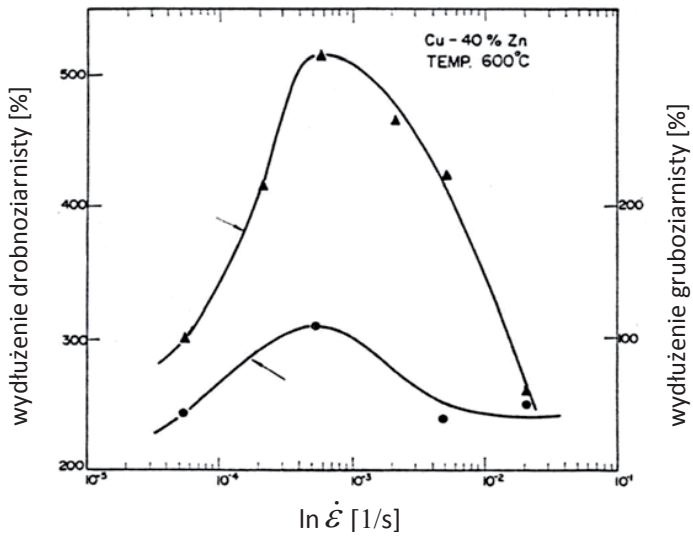
W 1964 roku W.A. Backofen [11] otrzymał metodą odkształcenia ciśnieniem gazu półsferę z odpowiednio przygotowanego stopu Zn-Al, a następnie wykonał z niego gotowy wyrób w postaci ozdobnego flakonu przedstawionego na ryc. 2.



Ryc. 2. Wyjściowa wytłoczka i flakon otrzymany przez Backofena ze stopu Zn-Al metodą dokształcenia za pomocą ciśnienia gazu wg [11]

Stworzyło to możliwości zastosowania odkształcenia nadplastycznego do formowania wyrobów metodą tłoczenia i spowodowało wzrost zainteresowania badań nad tą problematyką. Zaowocowało to w konsekwencji tym, że zastosowano tę metodę w latach 70. do przemysłowej produkcji elementów wyposażenia lotniczego ze stopów aluminium typu Supral [13]

W ostatnich latach prowadzono również szereg prób odkształcenia superplastycznego mosiądzów $\alpha + \beta$, m.in. Sagat i współpracownicy [14] prowadzili badania odkształcenia nadplastycznego dla mosiądzu CuZn40. Porównali oni zdolność do odkształcenia nadplastycznego mosiądzu $\alpha+\beta$ o strukturze drobnoziarnistej (3 μm) i gruboziarnistej (30 μm). Na ryc. 3 przedstawiono wyniki uzyskane w próbie rozciągania dla mosiądzu o drobnym i grubym ziarnie prowadzonych w temperaturze 600°C z prędkościami odkształcenia w zakresie od 10^{-2} do 10^{-6} s^{-1}.



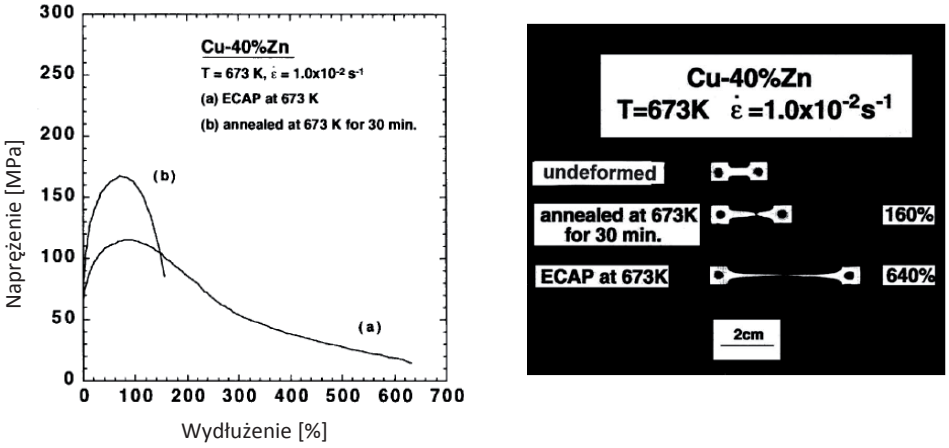
Ryc. 3. Zależność wydłużenia od ln $\dot{\varepsilon}$ logarytmu prędkość odkształcenia dla mosiądzu CuZn40 w temperaturze 600°C.-▲- krzywa dla mosiądzu gruboziarnistego, -●- krzywa dla mosiądzu drobnoziarnistego wg [14]

Na wykresie na rycinie 3 można zauważyć, że dziesięciokrotne zmniejszenie rozmiaru ziarna spowodowało znaczne zwiększenie wydłużenia od 100% dla mosiądzu o rozmiarze ziarna 30 μm do ponad 500% dla mosiądzu o rozmiarze ziarna 3 μm. Rozdrobnienie ziarna w tym przypadku nie spowodowało znacznej zmiany prędkości odkształcenia (około $5x10^{-3}s^{-1}$), dla której obserwowano maksymalne wydłużenie. Maksymalne wydłużenie uzyskano w nieco niższym zakresie prędkości odkształcenia, niż w pracy Sueryego [15].

Kaj Neishi i współpracownicy [16] poddali odkształceniu nadplastycznemu mosiądz Cu-Zn40% dostarczony przez firmę TOTO Ltd. o zawartości ołowiu nie większej niż 0,002%. W celu uzyskania wyjściowego bardzo drobnego ziarna o średniej wielkość około 1 μm zastosowali metodę przeciskania przez kanał kątowy. W próbie rozciągania otrzymali maksymalne wydłużenie do 649% w temperaturze 400°C z prędkością odkształcenia $1,0x10^{-2}s^{-1}$, co pokazano na rycinie 4. Jak można zauważyć, nawet bez wprowadzenia dodatków stopowych mosiądze

o strukturze α+β wykazują dobre własności nadplastyczne, jednak konieczne jest znaczne rozdrobnienie ziarna. Zmniejszenie rozmiaru ziarna powoduje zwiększenie maksymalnego odkształcenia przy równoczesnym spadku temperatury odkształcenia nadplastycznego, co można zauważyć na podstawie prac Sagata [14] i Kaj Neishi [16].

W pracy zamieszczono wyniki próby odkształcenia superplastycznego ciśnieniem gazu mosiądzów z wysokim dodatkiem manganu, co nie było dotychczas prezentowane w literaturze. Badania prowadzono na stopach o strukturze α + β, które, podobnie jak stopy podwójne, są łatwe do wykonania z uwagi na szeroki zakres dwufazowy α + β. Stosowano odkształcenie ciśnieniem gazu w wysokiej temperaturze optymalnej dla deformacji superplastycznej w celu określenia możliwości zastosowania tej techniki do wykonania wyrobów z mosiądzów z dodatkiem manganu.

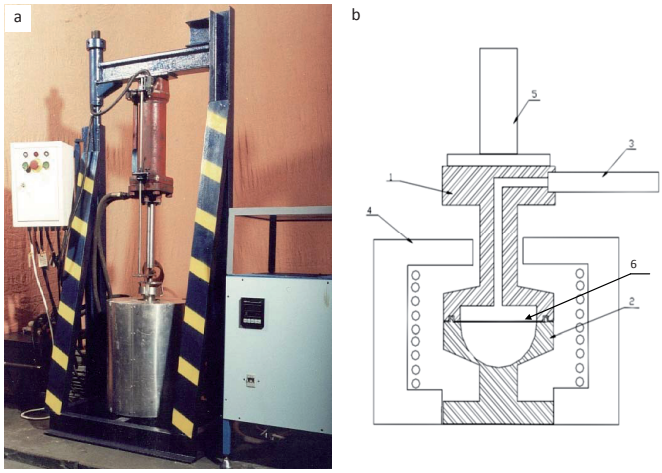


Ryc. 4. Zależność naprężenia od wydłużenia dla Cu-Zn40%, temperatury 400°C i prędkości odkształcenia $1{,}0x10^{-2}\,s^{-1}$ wg [16]

Metodyka badań

W celu przeprowadzenia badań wpływu zmiany składu chemicznego na odkształcenie nadplastyczne mosiądzów α+β sporządzono mosiądz o zawartości 11% wagowo manganu wlewek o masie 1,5 kg zostały odlane w IMIM PAN w Krakowie. W celu przygotowania wsadu odważano składniki stopowe, jak miedź i cynk z dokładnością do jednego grama. Mangan dodawano w postaci wcześniej przygotowanej zaprawy o składzie 30% Mn i 70% Cu wagowo. Tak przygotowany wsad topiono pod osłoną soli stopionych (boraksu) w celu odcięcia dostępu tlenu i zminimalizowania parowania cynku. Po odlaniu wlewek był poddany wyżarzaniu homogenizującemu przez okres 4 godzin w temperaturze 750°C. Kolejnym etapem przygotowania materiału było odcięcie nadlewu (jamy skurczowej) i poddanie wlewków walcowaniu na gorąco w zakresie temperatur 500–600°C do maksymalnego zgniotu 50%, co pozwoliło na uzyskanie blach o grubości około 10 mm. Następnie zastosowano obróbkę cieplno-plastyczną polegającą na przesyceniu do wody z zakresu występowania fazy β w temperaturze 850°C, a następnie walcowaniu na zimno do 70% odkształcenia oraz wyżarzaniu w zakresie temperatur

450–600°C przez 30 minut. Mikrostrukturę stopów zaobserwowano na mikroskopie optycznym Olympus GX-51 z cyfrową rejestracja obrazu. Próbki trawiono w odczynniku 10 cm^3 HCl, 5g $FeCl_3$, 50 cm^3 C_2H_5OH, 50 cm^3 H_2O. Próby wytrzymałościowe przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej Instron wyposażonej w piec do prób wysokotemperaturowych. Próby rozciągania prowadzono w celu określenia wielkość czułości na prędkość odkształcenia *m* oraz optymalnych warunków dla przeprowadzenia prób odkształcania blach za pomocą ciśnienia gazu. Na podstawie przeprowadzonych prób rozciągania dobrano optymalne warunki odkształcenia nadplastycznego: temperaturę i wielkość czułości na prędkość odkształcenia *m.* Przeprowadzono próby odkształcenia za pomocą ciśnienia gazu. Eksperyment prowadzono na urządzeniu przeznaczonym do odkształcania blach za pomocą ciśnienia gazu, które zostało zaprojektowane i zbudowane w IMIM PAN w Krakowie. Na ryc. 5 przedstawiono zdjęcie i schemat działania tego urządzenia. Krążek z blachy (6) o średnicy Ø = 60 mm i grubości 1–2 mm jest umieszczony pomiędzy dwiema matrycami – górną i dolną, co zilustrowano na schemacie na ryc. 5(b). W górnej matrycy (1) wykonany jest kanał, którym doprowadzono przewodem (3) gaz będący medium odkształcającym próbkę. Gaz w kanale ulega stopniowemu ogrzaniu, aby w trakcie odkształcenia nie oziębiał odkształcanej blachy. Odkształcana blacha przyjmuje kształt dolnej matrycy (2). Zastosowano kształt matrycy w postaci czaszy o promieniu 50 mm lub 30 mm. Matryce wraz z próbką umieszczono w piecu (4) o kontrolowanej temperaturze. Stosowano temperaturę odkształcenia 500–550°C oraz czas 30-minutowego wygrzewania matrycy z założoną blachą w piecu, w celu wyrównania temperatury na zewnątrz oraz wewnątrz matrycy. Ciśnienie gazu podawanego z butli w celu odkształcenia krążka blachy wynosiło 0,1–0,6 MPa. W prowadzonych próbach stosowanym gazem był azot. Próbę prowadzono w taki sposób, że zwiększano stopniowo ciśnienie gazu przez okres 15 minut do maksymalnego zakładanego ciśnienia i utrzymywano przez czas około 30 minut, aby mieć pewność, że blacha wypełniła formę, gdyż urządzenie nie posiada możliwości bieżącego kontrolowania stopnia wypełnienia matrycy.

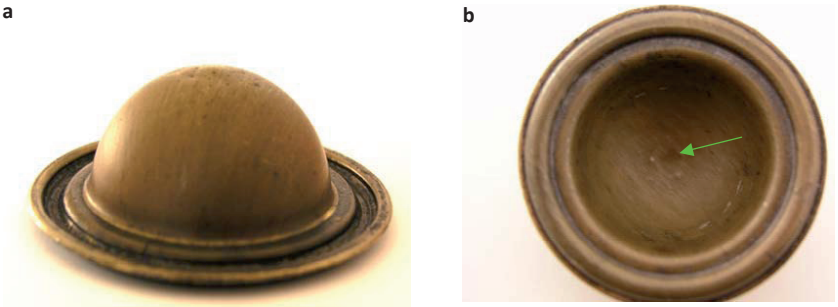


Ryc. 5. Prasa do odkształcania za pomocą ciśnienia gazu w IMIM PAN w Krakowie: a) widok ogólny, b) schemat działania: 1 – matryca górna, 2 – matryca dolna, 3 – dopływ gazu, 4 – piec, 5 – siłownik hydrauliczny, 6 – próbka

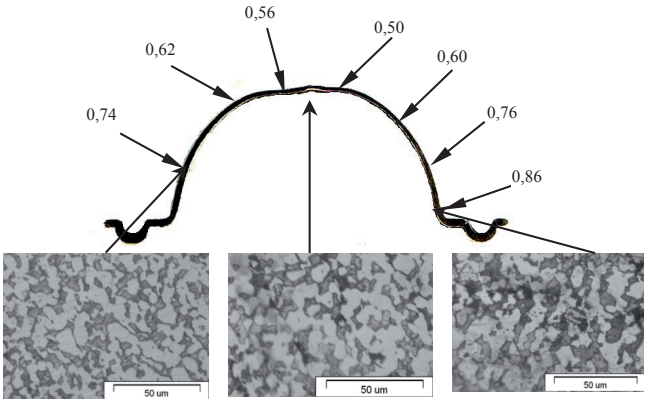
Wyniki badań oraz dyskusja

Wykorzystując wyniki obliczeń czułości na prędkość odkształcenia *m* dla poszczególnych temperatur, uzyskane wcześniej w próbie rozciągania, określono wstępnie temperaturę odkształcenia, a także oszacowano wymagane ciśnienie gazu konieczne do wytłoczenia czaszy. Na tej podstawie dla próby tłoczenia wybrano temperaturę 550°C oraz czas podawania ciśnienia gazu około 40 minut, maksymalne ciśnienie argonu wynosiło około 0,3 MPa. Metodę i sposób przeprowadzenia prób opisano w części eksperymentalnej. W próbie rozciągania dla temperatury 550°C uzyskano wielkość czułości na prędkość odkształcenia $m = 0{,}53$ w zakresie prędkości odkształcenia $2x10^{-4}$ s^{-1} do 10^{-3} s^{-1}, natomiast naprężenie płynięcia σ wyniosło 1–11 MPa. Na ryc. 6 przedstawiono uzyskaną wytłoczkę w kształcie półsfery o średnicy Ø=60 mm, wielkość odkształcenia, jakie uzyskano dla gotowego wyrobu w jednej operacji wynosiła około 82%. Obserwując powierzchnię prezentowanej na fotografii wytłoczki, można zauważyć, że nastąpiło bardzo dobre odwzorowanie powierzchni matrycy. Powierzchnia gotowego wyrobu jest gładka i czysta, równocześnie można zauważyć, że materiał został nawet wtłoczony w odpowietrznik.

Zastosowanie tej metody pozwala na dokładne odwzorowanie rysunku reliefu z powierzchni matrycy, co sugerowano także w pracy S.M. Poliakova [8], który tą metoda otrzymał samowar oraz w pracach [14–15].



Ryc. 6. Wytłoczka po odkształceniu za pomocą ciśnienia gazu: a) widok z boku, b) widok od spodu



Ryc. 7. Przekrój przez czaszę oraz mikrostruktury dla poszczególnych miejsc

Na ryc. 7 przedstawiono przekrój przez wytłoczkę. Można zaobserwować, że największe pocienienie następuje w środkowej części blachy, gdzie grubość spada do 0,50 mm, po czym następuje stopniowy wzrost grubości do 0,86 mm w pobliżu kołnierza. Na kołnierzu uszczelniającym grubość blachy zbliżona była do grubości wyjściowej i wynosiła 1,1 mm. Nierównomierne odkształcenie wynika najprawdopodobniej z tego, że w początkowym okresie deformacji następuje dociśnięcie materiału przylegającego do pierścienia uszczelniającego do ścianek matrycy. Lokalnie następuje spadek intensywności procesu odkształcenia na skutek wzrostu tarcia na styku matrycy i blachy. Równocześnie gaz dociska blachę do matrycy. Przedstawiono także, jak zmienia się mikrostruktura na przekroju czaszy. Jak można zauważyć, w miejscu o największym pocienieniu (odkształceniu) zaobserwowano nieznaczny rozrost ziarna w stosunku do obszarów o najmniejszym odkształceniu (pocienieniu), co jest zgodne ze wcześniejszymi obserwacjami, że przy deformacji nadplastycznej następuje rozrost ziaren [8–10]. Średni rozmiar ziarna po obróbce rozdrabniającej ziarna wynosił 3,5 μm, a po odkształceniu nadplastycznym około 8 μm.

Wnioski

1. W procesie odkształcenia nadplastycznego blach z mosiądzu CuZn11Mn za pomocą ciśnienia gazu uzyskano kształt półsfery w jednej operacji, co odpowiada 82% odkształcenia.

2. Mosiądz CuZn11Mn w temperaturze 550˚C wykazuje dobre własności nadplastyczne, czułość na prędkość odkształcenia *m* wynosi 0,53.

3. Wytłoczki uzyskane metodą odkształcania za pomocą ciśnienia gazu wykazują gładką powierzchnię i charakteryzują się dokładnym odwzorowaniem powierzchni matrycy.

Bibliografia

[1] Bengough G.D., A study of properties of alloys at high temperatures, J. Inst. Metals, 1912, p. 123

[2] Sherby O.D., Wadsworth J., Observations on historical and contemporary developments in superplasticity, Materials Research Society, vol. 196, 1990 "Superplasticity in Metals, Ceramics, and Intermetallics", pp. 3–14

[3] Sherby O.D., Wadsworth J., Ancient blacksmiths, the IronAge, Damascus steels, and modern metallurgy, Journal of Materials Processing Technology 117, 2001, s. 347–354

[4] Wadsworth J., Sherby O.D., On the Bulat – Damaskus Steel Revisited, Progr. Mater.S ci. 25, 1980, p. 35

[5] Saveur A., What is Steel ? Another Answer, Iron Age, 113, 1924, p. 581

[6] Jenkins C.H.M., Strength of Cd-Zn and Pb-Sn alloy solder, J. Inst. Metals 40, 1928, p. 21

[7] Pearson C.E., Viscous Properties of Extruded Eutectic Alloys of Pb-Sn and Bi-S, J. Inst.Metals, 54, 1934

[8] Boczwar A.A.,Swiderskaja Z.A., Swerchpłasticznost Al-Zn spławow, Izw. Akad. Nauk SSSR, 9 1945, p. 821

[9] Underwood E., A Review of Superplasticity and related phenomenon, J. Metals, 14 1962, 914

[10] Presnjakow A.A., Fiziczeskaja priroda anomalii płasticznosti u metalliczeskich spławow, Izd. Akad.Nauk Kazachskoj SSR, 1963

[11] Backofen W.A., Turner I.R., Avery D.H., Superplasticity in Al-Zn Alloys, Trans. ASM, 57 1964, p. 980

[12] Dybiec H., Wysokotemperaturowe odkształcanie stopu AlMg4,5 eksperymentalne studium lokalizacji odkształcenia i mechanizmów deformacji w próbie rozciągania. Zeszyty Naukowe AGH, Metalurgia i odlewnictwo, nr 136, 1991

[13] Dunwoody B.J., Stracey R.J., Barness A.J., Mechanical Prosperities of 5003 SPF After Superplastic Deformation, Materials Research Society, vol 196, 1990, "Superplasticity in Metals, Ceramics, and Intermetallics" pp. 161–166

[14] Sagat S., Blenkinsop P., Taplin D.M.R., A Metallographic study of superplasticity and cavitation in microduplex Cu-40% Zn, Jurnal of the Institute of Metals, Vol. 100, 1972, pp. 268–274

[15] Suery M., Baudelet B., Flow stress and microstructure in superplastic 60/40 brass, Journal of materials science 8 1973, 19 1984, pp. 363–369

[16] K.Neishi, Z.Horita, T.G.Langdon, Achieving superplastisity in Cu-40%Zn through severe plastic deformation, Scripta Materialia 45, 2001, pp. 965–970

Superplastic deformation of α+β brasses by means of gas pressure

Abstract

In the present paper bases of superplastic deformation in metals are described starting from the first papers up to the recent industrial application. The aim of the investigations was superplastic deformation of α+β brass containing 11%Mn by means of gas pressure. The *m* value (strain rate sensitivity coefficient) attained maximum of 0.53 at temperature of 550°C. Applying deformation gas pressure at 0,3 MPa, a shape of hemisphere matrix was attained in one operation starting from a flat sheet of brass, what corresponds to 82% deformation of the sheet of a thickness of 1,1 mm.

Key words: brasses α+β, superplastic deformation

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Radim Farana[1], Kazimierz Jaracz[2], Pavel Smutný [1] , Lubomír Smutný [1]

Study plan at university with industrial case studies

Technology has catapulted us into a knowledge-based, global society. It is clear that success in this society will require significantly different skills than in the past. Faculty of Mechanical Engineering has changed all study plans to the serial study system, according to the Bologna Declaration, because of the accreditation process, which motivated us to change the study plans completely. The most important change was including of two project oriented subjects to the bachelor study plan and three of them to the master study plan. This situation opened the way to include solving of real industrial or innovative project to these subjects and include students to the project solving process.

In the paper we present the results obtained during solving some real projects. Department of CSI of VŠB-TU Ostrava with support of AP Cracow [Jaracz, 2007]. There is set-out suitable instrumentation for difficult dynamical measurement and its co-workers have required knowledge and experience for its effective using [Tůma & Smutný, L. 2003]. Dynamical measurement of position and motion parameters of mechatronic elements and systems (speed and acceleration, displacement – position), eventually their force-moment quantity (force, torque) be part of important mechanical designer tools, especially in automotive industry [Sapinski, 2004, 2006]. Actual problem of development mechanical design and testing car back door there are identification of static and dynamic forces, which take effect in the exercise long time test. It is also example of industrial case study with industry cooperation.

Other case study example from the area of applied informatics there is vertical portal as a site with comprehensive content and links to other web sites, built around a single topic. As well, it is a mediator between users and thematic web pages that could provide valuable content but the way of presentation discriminate them from high rank position in full text search engines results. Well-organized, edited, and timely original content set in an attractive, interactive, and consistent format are some traits of successful Web sites. is described in the informational web portal http://www.e-Automatizace.cz .

[1] VŠB – Technical University of Ostrava, Department of Control Systems & Instrumentation.

[2] Pedagogical University of Cracow.

Measurements of dynamical forces

Direct dynamic forces measurement on the mobile objects is relatively difficult challenge. We can use for its elegant solving the equivalence operation between force actuating in the specific test point of mobile object and parallel vibration measurement (for instance acceleration) by this way dynamic force excited, [Korzeniowski & Pluta, 2008]. [Smutný, L. 2003]. Instrumentation and other condition for measurement:

1. Composition of instrumentation, included the Analyzer PULSE (9 channels), notebook HP with program system LabShop Pulse (B&K), again 2 pieces of miniature acceleration sensors (with huge acceleration range – max 1000 g) and impulse impact force hammer.

2. Specification and detail solving measurement case in the program LabShop Pulse for used instrumentation, ranges setting, parameterizations of measurement task (2 sensors of acceleration, 1 force sensor), sample frequency setting, time record, possibility of next data modification from the point of frequency.

3. Piezoelectric accelerometers installation on the vehicle body under catch staple of door latch and accelerometers calibration (L Mass, H-Mass). Measurement of time courses from impulse hammer and together from two accelerometers. These courses of a function there were deducted from the peak force and two accelerations values and all calibration and tested measurement there were use with sampling frequency f=16 356 Hz.

4. From these data records there was computed transfer acceleration-force coefficient by function $K_F = \frac{a}{F}$, where a is acceleration [m.s^{-2}], F is force from impulse hammer [N]

On the next Figure 1 we can see results from experimental tests from 20 repeated exams on the basic bare metal BMW car body without of windows. There are very similar courses of accelerations with different impact speeds loping of fifth doors.

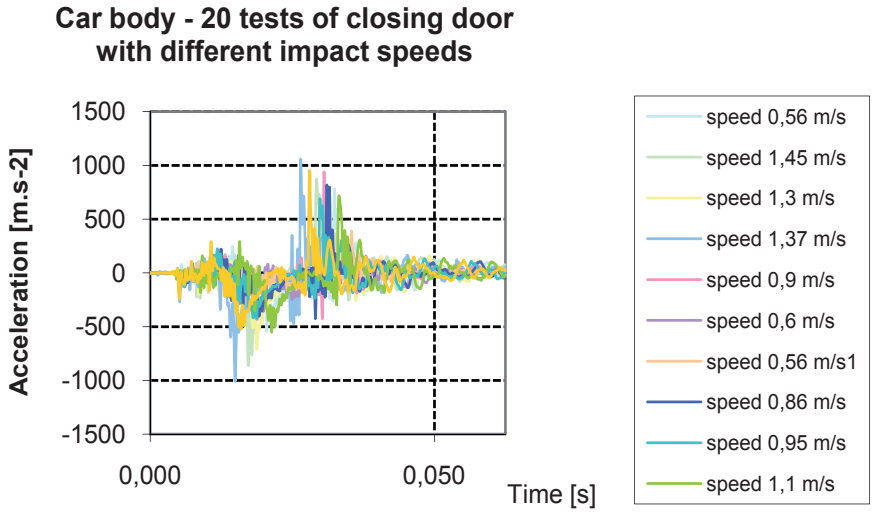


Fig. 1. Car BMW Car – repeated calibration, corresponding acceleration time courses on *L Mass* sensor, with different impact speeds loping doors

WEB portal e-automatizace.cz

The expansion of informational and web services and technologies brought to Technical University of Ostrava and Faculty of Mechanical enormous potential to educate and inform their students and employee with more effective a fastest way over Internet. With increasing amount of published information over web is for users harder to find relevant information quickly. The way of published documents also changed from making simple static HTML files towards dynamically driven data taken from databases.

A portal is the starting point for Web activities. A web portal is a web site that provides a starting point, a gateway to other resources on the Internet or an intranet. A vortal (vertical portal) is a web site that provides a gateway or portal to information relating to a particular industry. It is focused on a relatively narrow range of goods and services.

We can define conceptual framework of this vertical portal by using five planes – strategy, scope, structure, skeleton, and surface [Garnett, 2002].

– The Strategy Plane – The scope is fundamentally determined by the strategy of the site. Strategy of portal e-Automatizace is "to create a starting point, a gateway to other resources on the Internet from automation field for students and academic staff of Faculty of Mechanical Engineering and other universities in Czech Republic".

– The Scope Plane – The scope defines set of features and functions. For e-Automatizace it means:

– web pages as vertical portal, * separation of content and graphic form, * using Cascading Style Sheets (CSS), * HTML code in (x)HTML version 1.0 due W3C standard, * Respect of web accessibility rules, * Hierarchical structure of links from automation, * Full-text search, * Statistics and tracking popular links, * Users evaluation quality of links, * English-Czech/Czech-English dictionary, * Automation encyclopaedia , * Administration of portal

– The Structure Plane – The scope is given structure on the software side through interaction design, in which we define how the system behaves in response to the user.

– The Skeleton Plane – the placement of buttons, tabs, photos, and blocks of text. The skeleton is designed to optimize the arrangement of these elements for maximum effect and efficiency.

– The Surface Plane – On the surface you see a series of Web pages, made up of images and text

The goal of the Web portal *e-Automatizace* is to create a central and systematize resource point from the automation field for students and academic staff where information will be structured into logical hierarchy. Therefore is very crucial to keep content updated and links have to be examined frequently [Smutný, P, 2005].

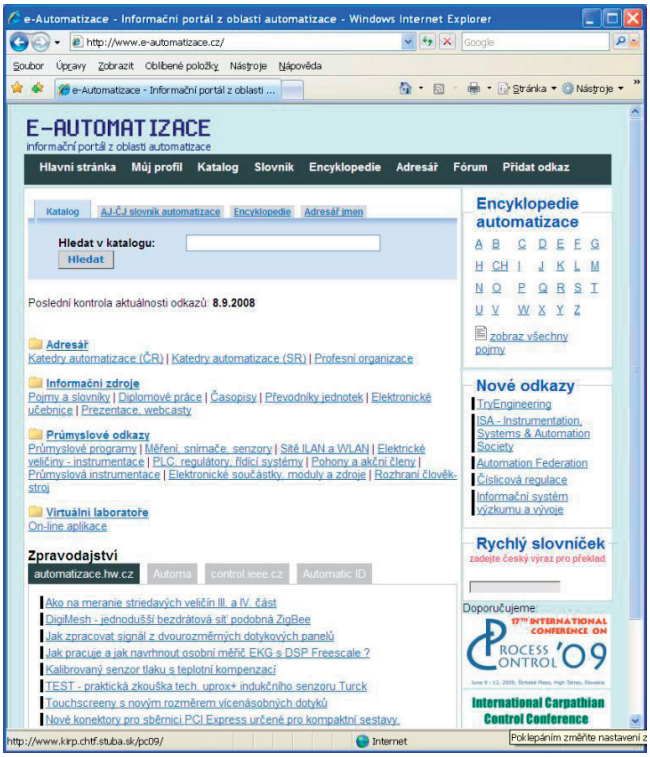


Fig. 2. Surface Plane – final actual graphic design of vertical portal e-Automatizace

Development of equipment for the 3D picturing in medicine

An ischemic stroke is the third most frequent reason of death and the most frequent reason for disability of our population. Therefore, it is becoming a significant social and economic problem. Ischemic strokes make up 85% of all strokes. The highest risk factors are hypertension, hypercholesterolemia and smoking. This study is aimed at developing and observing the testing for 3D picturing. To create a 3D picture we have to make three steps. The first step is acquisition, the second one is the reconstruction and the third is rendering. We have to work out computer system for measurement 2D sonograph pictures, for 3D reconstruction and final creating of all pictures. It is necessary to suggest and bring the construction of shoulder and ultrasound probe keeping, to existence and to improve the mechanisms of movement of probe.

Aims of project and design of solution

The aim of this project is to develop and test the equipment for the 3D ultrasound measuring atherosclerotic plaque in carotid artery bifurcation. To create a 3D picture we have to make three steps:

- to get picture data of a 2D sonograph picture;
- reconstruction of these data;
- to create a final 3D picture.

We expect that our system will be able to correct the measured volume of atherosclerotic plaque. It is necessary for the 3D ultrasound measuring atherosclerotic plaque to make a computer system for measuring a 2D sonograph picture, for 3D reconstruction and the final processing the picture [Babiuch, 2006]].

It is necessary to suggest and bring the construction of the shoulder bringing ultrasound probe into the existence and to deal with the mechanisms of the movement of probe. In the last period of the design all above mentioned system will be tested by a repeated measuring on a group of volunteers.

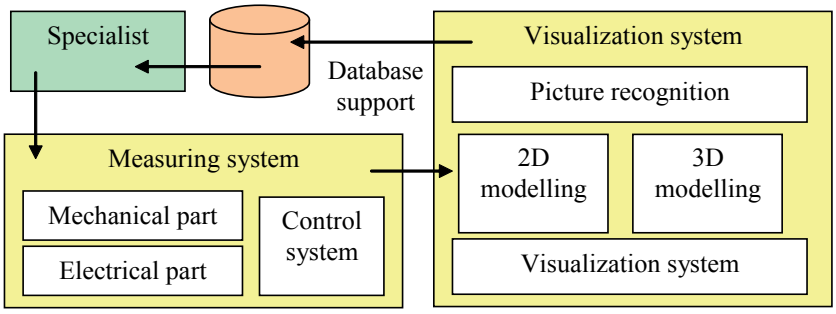


Fig. 3. The developed system's main structure

The whole project will last three years and will be divided in to three one-year periods [Farana, & Smutný, L, 2002].

Period one:

1. Suggestion and designing the computer system for measuring a ultrasound picture and creating the object in a 3D picture.
2. Establishing a graphic working place including connecting it with the ultrasound machine.
3. Design of the construction of the shoulder and the probe keeping and mechanism of its movement.

Period two:

4. Development of the system driving the probe movement.
5. Establishing the shoulder and the probe keeping system including the mechanism of the movement.
6. Solving how to recognize the points of interest on the object in the picture by using ways of artificial intelligence and an animation the measuring process.
7. Data and function analysis of a data system for measuring evidence and search system.

Period three:

8. Testing exam of the data system – how to make measurements and how to search for them.
9. The testing of the system on the group of volunteers which is repeated.
10. Publishing the results on the Internet and in periodicals.

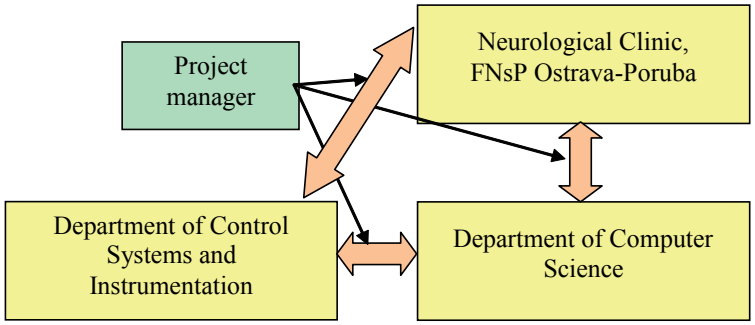


Fig. 4. Project collaboration main model

When this project is completed at the university, many students are included in the project work. Figure 5 shows all of the student's teams. These teams had been formed to solve some of the project parts during the subject "Special Project", which is managed by the teachers and/or specialists from the companies to improve a student's skills, especially in the development and project management. Some of the student's team work results are presented in the next chapters.

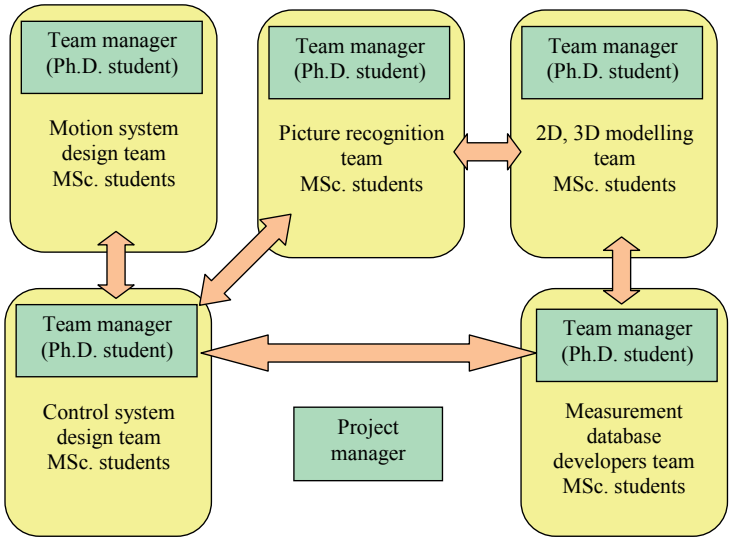


Fig. 5. Student's teams included in the project development

Probe movement controlling

The present state requires a doctor to place the probe into the proper position and to define the beginning and the end of the recording.

To be able to determine the exact position of an actually performed ultrasound picture scan, it was necessary to develop a mechanism which could setup the location of the ultrasound probe and send back its position for validation. The worm gearing (ball-screw) with the ultrasound sensor located on it has been used for this

purpose. The entire mechanism has been attached to a bed using a bracket. The drive unit is comprised of an engine with transmission or – if the outgoing force allows it – a stepping engine. The controlling unit is based on a monolithic processor PIC made by Microchip. Communication between PC and the controlling unit is provided by RS232 interface or by a generation of TTL signals.

Communications with interface of a unit for control of the stepping engine is realized with the usage of a standard RS-232, which is the part of anyone's PC. The interface unit consists of three modules – communication, control and power. The protocol is designed so that if is applicable for communication, which is limited to a half duplex .

Control system

The second important problem was in developing the optimal control system. To solve it, the computer (notebook) with communication interface (RS-232, RS-485 and USB) has been included in the whole control chain to generate control pulses for a stepping engine and power module. The power module switches the individual coils of a stepping engine. The stepping engine is a power unit for positioning device, which is based on a bullet screw. The developed communication and control units are shown in Figure 7 and Figure 8.

The methods advertised at the Department of Control Systems and Instrumentation has been used by the Control System design team and firstly simulated in the Matlab/Simulink system. The optimal controller parameters were later applied in the developed unit and the personal computer has been used for the supervisory control [Farana, et all., 2006].

Industrial PLC for control of real model system

Another example for education goals connection with industrial partner's cooperation is two laboratory stands on the Laboratory of advanced simulations. There are industrial modular PLC (Programmable Logic Controller) from ABB with Profibus DP Industrial LAN for connection of smart sensors (temperature, pressure, flow), frequency converter for asynchronous driver control and decentralized binary Input/Output modules for model of Railway lay-out.

On the Figure 6 we can see the instrumentation part of PLC in connecting with standard PC computer for SCADA/MMI purposes.

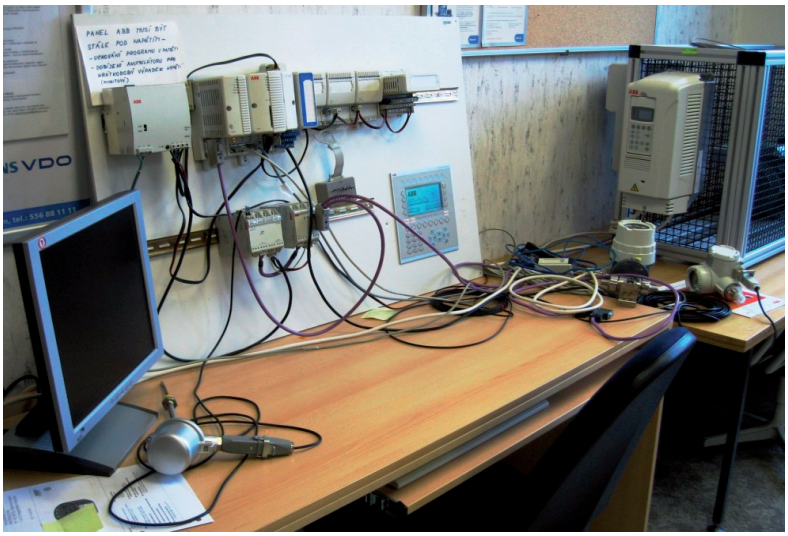


Fig. 6. Industrial modular PLC from ABB with Profibus DP Industrial LAN

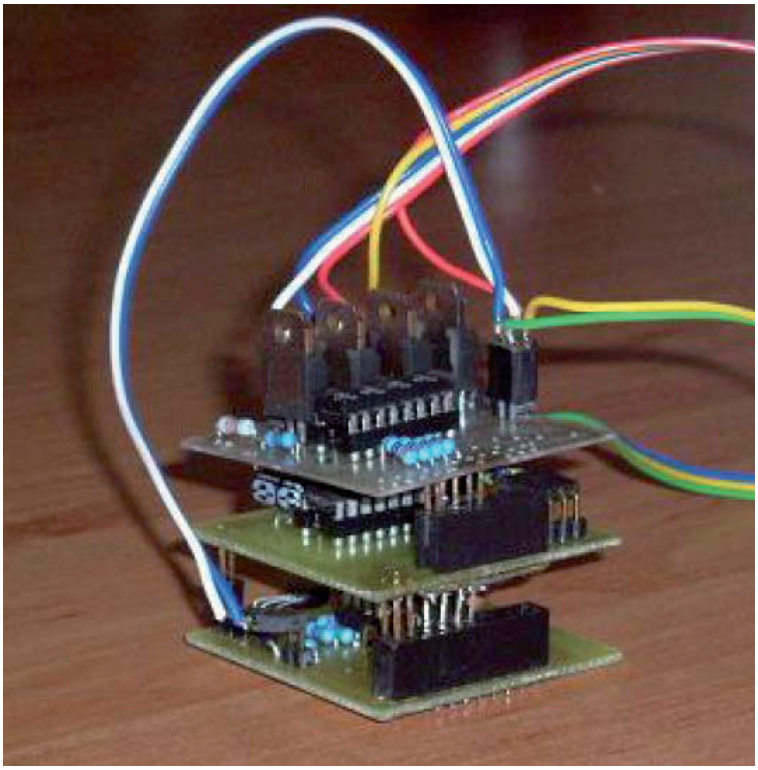


Fig. 7. Control system modules

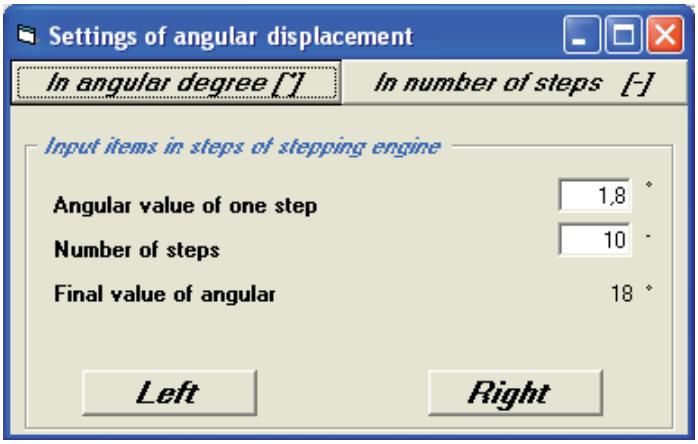


Fig. 8. Supervisory control basic screen

On the Figure 9 is shown a model of level tank control with industrial controller in connecting with PC computer for visualization of control process and disturbances generating.

These models of industrial control systems can help to easy understanding of static and dynamic properties of typical technological processes, their instrumentation with industrial buses connection and SCADA/MMI program support.

The new trends with Web technology support for e-learning introduces innovation both in pedagogy and technology. It aims at developing tools that will allow for as many links of science teaching as possible with every day life.

Fig. 9. Model of level tank control with industrial controller in connecting with PC computer

As new technologies unfold, some interesting trends in presence even distance learning may evolve as well. Some of them are summarized below.

– Students can feel and experience the outdoor facilities inside the classroom.

– Wireless communication to access encyclopedia and e-books will be available. Mobile students can participate in a lecture, use online references, or read class notes.

– By making use of game technologies in education, it may be possible to attract students and to increase their attention and motivation.

Conclusion

To fully realize the educational opportunities 21st century skills can bring to students, education leaders must formally incorporate them into the mainstream of school curriculum, instruction, and assessment. In the laboratory project a new type of learning environment is created that helps learners to develop flexible knowledge and skills to collect and synthesize information and to collaborate with others. This learning environment brings together, in an integrated way, facilities for experimentation (including remote laboratories), collaboration, and domain modeling. Department of CSI has set-out suitable instrumentation for difficult dynamical measurement and its co-workers have required knowledge and experience for its effective using.

The realisation of the Web portal e-Automatizace is to create a meeting point for easier and quick way to find out resources from the automation field for bachelor's and master's students to help them get through lectures and in thesis. Administration part of the web portal allows to not only web administrator but even for registered users to change and update content of it without deep knowledge of HTML syntax.

The presented results show the possibility of student's teams to solve some special problems connected to the very complex hugeprojecst as a part of their study. This way seems to be very useful in increasing the student's skills, especially in solving practical problems, managing the projects and also in communicating between the teams and inside the team. Only some of the project parts have been successfully completed, so we would like to continue in this way in the next years to obtain more experience in involving students in completing the project. The other useful ways to solve some of problems connected to this project are the MSc. or Ph.D. student's final thesis. But this way, although it is successful, is not focused on the team work. The presented results have been obtained during the completion of research project Czech Science Foundation GAČR 101/07/1345 and Specific Research of TUO – Dep352.

Bibliography

[1] Babiuch M., *The Usage of the New Technologies at the Education at the Department of Control Systems and Instrumentation,* Transaction of FME TUO Scientific Contributions, Line Mechanical, vol. LII, 2006, no. 1525, pp. 7–12

[2] Farana R. et all., Project for Development an Equipment for 3-D Picturing and Measurement of Atheorsclerotic Plaque, In *Proceedings of 7th International Carpathian Control Conference*. Rožnov p. R., Czech Republic, VŠB-TU, Ostrava 2006, pp. 133–136

[3] Farana R., Smutný L., *Developing and Remote Control of Web Information Systems,* [in:] *Proceedings of 3rd International Carpathian Control Conference,* VSB-TU, Ostrava 2002, s. 487–492

[4] Garnett, J.J., *The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web*, New Riders Publishing, 2002, p. 208

[5] Jaracz K., Vitečková M., *A fast-tuning method for PI and PID controllers, based on gain and step response of the object*, Annales Academiae Paedagogicae Cracoviensis. Studia Technica I, Wyd. Nauk. AP, Kraków 2006, pp. 54–58

[6] Jaracz K., *Studies on the accuracy of various structures of control systems*, Transactions of the VŠB – Technical University of Ostrava (Mechanical Series), 2 (2007) LIII, pp. 15

[7] Korzeniowski R., Pluta J., *Investigation of Transient States of the Hydraulic Power Unit Cooperating with the Servovalve.* Transactions of FME VŠB-TU Ostrava, Mechanical Line vol. LIV, 2008, pp. 1–6

[8] Sapinski B., *Linear Magnetorheological Fluid Dampers for Vibration Mitigation: Modeling Control and Experimental Testing*, Cracow (Poland), AGH University of Science and Technology Press

[9] Sapinski B., *Magnetorheological Dampers in Vibration Control*, Cracow (Poland) 2006, AGH University of Science and Technology Press

[10] Smutný L., *Measurement and Control of Experimental and Virtual Lab Stands for Improvement of Quality Education*, [in:] *Proceedings of XXVIII Seminary ASR 2003 „Instruments and Control",* VŠB-TU, Ostrava 2003, pp. 321–328

[11] Smutný P., *Web Content Management Systems and their Application in Portal e-Automatizace*, Transactions of VŠB-TU Ostrava, Mechanical Line, LI, 2005, no. 2, contribution no. 1482, p. 127–132

[12] Tůma J., Smutný L., Kočí P., *Experiences and Device of R&D Laboratory of Noise and Vibration Diagnostics at Department of Control Systems & Instrumentation VŠB-TU Ostrava*, Principia Cybernetica 03. Liberec : TU Liberec, 3–5.9. 2003, s. 148–152

[13] Zolotová I., Landryová L., *Knowledge Model Integrated in SCADA/HMI System for Failure Process Prediction*, WSEAS Transactions on Circuits and Systems, issue 4, vol. 4, 2005, pp. 309–318

Plan studiów uniwersyteckich z wykorzystaniem „studium przypadku" (przykłady z przemysłu)

Streszczenie

Jako najbardziej trafny przykład praktyczny zaprezentowano zarządzanie projektem grantowym dotyczącym tworzenia wyposażenia/oprzyrządowania do wizualizacji 3D tętnicy szyjnej. Niniejszy artykuł przedstawia pozytywne wyniki uzyskane na Uniwersytecie Technicznym w Ostrawie – VSB – oraz na Akademi Pedagogicznej w Krakowie, w zakresie włączenia studiów przypadku – powstawania autentycznych projektów przemysłowych – do planu studiów. Zarządzanie tak wielkimi, międzydyscyplinarnymi projektami wymaga współpracy specjalistów z kilku instytucji, a zarządzanie projektem jest jednym z najważniejszych elementów procedury ukończenia projektu. Ta metoda używana jest również do włączenia studentów w projekty, jako element ich wykształcenia. Wiele spośród współpracujących instytucji i przedsiębiorstw stwierdziło, że systemy zarządzania projektami były w przeszłości niedoceniane. W związku z tym, nasze wydziały zmodyfikowały plany studiów tak, aby większy nacisk położyć na kształcenie potrzebnych umiejętności.

Badania nad tym zagadnieniem prowadzone są w ramach grantu Czeskiej Agencji Grantowej GAČR 101/07/1345 oraz projektu badawczego Uniwersytetu Technicznego w Ostrawie (Dep352).

Słowa kluczowe: plan studiów, studium przypadku, projekt, przemysł, umiejętności

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Stanisław Gumuła[1], *Krzysztof Pytel*[2]

Analiza opłacalności wykorzystania energii promieniowania słonecznego w aspekcie edukacyjnym, ekonomicznym i ekologicznym

Od zarania wieków obserwujemy dynamiczny rozwój techniki, technologii i przemysłu. Motorem napędowym tych działań jest globalne dążenie do podniesienia poziomu i standardu życia. Cel ma zostać osiągnięty poprzez masową produkcję urządzeń powszechnego użytku. Do początków XX wieku nie przewidywano skutków, jakie działania te za sobą pociągną. Okazało się bowiem, że urządzenia skonstruowane w celu zapewnienia lepszej jakości życia stały się przyczyną jednego z większych problemów XXI wieku, jakim jest zanieczyszczenie środowiska życia i pracy człowieka, zanieczyszczenie atmosfery, gleby i wody. Problemy te są częstokroć przyczyną zachorowań, obniżenia zdolności absorpcyjnych środowiska i przyczyniają się do raptownego ocieplenia klimatu. Rozwój techniki był jednoznaczny z rozwojem zapotrzebowania na paliwa, szczególnie paliwa kopalne. Rabunkowa ich eksploatacja oraz pojawiające się w jej trakcie zanieczyszczenia wymusiły na ludzkości poszukiwanie mniej uciążliwych dla środowiska naturalnego zasobów i źródeł energii. Za źródło przyjazne środowisku uznano energię promieniowania słonecznego, która będąc w pełni odnawialną, jest powszechnie dostępna. Energia promieniowania słonecznego może być wykorzystywana lokalnie i w sposób zdecentralizowany w miejscach zapotrzebowania. Najskuteczniejszym urządzeniem do jej absorpcji jest kolektor słoneczny dostarczający ciepłej wody użytkowej i podgrzewający wodę do instalacji centralnego ogrzewania. Rozeznanie w technice solarnej, znajomość potrzeb własnych oraz możliwość wyboru dostawcy i typu kolektora umożliwiają dostosowanie instalacji do wymagań użytkownika i norm środowiskowych. Jednocześnie stosowanie przyjaznych środowisku urządzeń energetycznych przyczynia się do wzrostu świadomości ekologicznej społeczeństw oraz stanowi naturalny element edukacji prośrodowiskowej.

Zasób energetyczny promieniowania słonecznego

Energia odgrywa ogromną rolę w życiu ludzkości. Każdy człowiek codziennie wykorzystuje jej różne odmiany, począwszy od energii pozyskiwanej w formie

[1] Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, Katedra maszyn i urządzeń energetycznych.

[2] Uniwersytet Pedagogiczny, Kraków, Instytut Techniki.

pokarmu, poprzez energię wykorzystywaną w transporcie, w przemyśle, do celów grzewczych, a skończywszy na oświetleniu. Od wieków była ona niezbędna do życia ludzkości, chociaż jej postać i formy się zmieniały. Energii pierwotnej dostarczało środowisko w postaci zasobów naturalnych, następnie energię przetwarzano w urządzeniach wietrznych i młynach wodnych. Szybki rozwój techniki, ograniczenia ekologiczne i ekonomiczne spowodowały wzrost zapotrzebowania na energię, a tym samym przyczyniły się do przyspieszenia tempa rozwoju energetyki. Nowoczesne elektrownie wykorzystują paliwa pochodzące z surowców kopalnych, zasobów energii wiatru czy energii promieniowania słonecznego. Nieodnawialne źródła energii wykorzystują surowce, które po zastosowaniu ulegają degradacji. Zapotrzebowanie na energie dynamicznie wzrasta, a szacując na około 50 lat zasoby nieodnawialnych źródeł energię, okaże się, że około 2050 roku surowce te będą na wyczerpaniu, pozostawiając ludzkość z dylematem poszukiwań skutecznych zastępników, czyli energii odnawialnej. Odnawialne źródła energii, wykorzystują zasoby, które praktycznie nigdy się nie wyczerpują, zmieniają jedynie cyklicznie swoją moc. Energia wód, słoneczna, wiatru, pływów, fal morskich, energia cieplna oceanów, biomasy, gejzerów czy energia pochodząca z gorących skał jest tania w eksploatacji i przyjazna zarówno człowiekowi, jak i środowisku. Mówiąc o odnawialnych źródłach energii, duży nacisk kładzie się na wykorzystanie energii promieniowania słonecznego jako najbardziej powszechnej. Pozyskiwanie tego zasobu pod różnymi postaciami jest wygodne i ogólnodostępne. Energia ta umożliwia przebieg procesów życiowych na Ziemi, a jednocześnie prawie wszystkie rodzaje energii na Ziemi biorą swój początek w energii promieniowania słonecznego. Jest ona źródłem energii wykorzystywanej do procesów fotosyntezy determinującej życie na Ziemi. Energia ta, zmagazynowana w pokarmie, podtrzymuje procesy życiowe w organizmach. Dzięki niej powstają łańcuchy pokarmowe, wiążące ze sobą producentów, konsumentów i destruentów występujących w wybranych biocenozach. Łańcuchy troficzne tworzą sieć zależności pokarmowych i dzięki nim możliwy jest obieg materii i przepływ energii przez poziomy troficzne w ekosystemach. Zazwyczaj podstawę piramidy ekologicznej będącej początkiem łańcucha pokarmowego stanowią producenci, na kolejnych poziomach ustawiają się poziomy troficzne konsumentów I, II, III, IV i wyższego rzędu. Kolejne stopnie piramidy przedstawiają ilość energii zebranej w ciałach konsumentów będących kolejnym ogniwem łańcucha pokarmowego, co w konsekwencji powoduje, że najwyższe stopnie piramidy reprezentują ilości energii zgromadzone w ciałach producentów, energii pochodzącej pośrednio od Słońca.

Człowiek, będąc niejednokrotnie sam na szczycie piramidy troficznej, opanował również inne metody pozyskiwania energii promieniowania słonecznego. Przetwarzał ją od tysięcy lat w skonstruowanych przez siebie przeróżnych konstrukcyjnie kolektorach słonecznych. Do dzisiaj przetrwały i rozwinęły się szczególnie kolektory wodne i powietrzne. Rola tych urządzeń pozostała niezmienna, zwiększyła się jedynie efektywność pracy i skala zastosowania. Energię promieniowania słonecznego wykorzystuje się nie tylko do ogrzewania mieszkań, ale również pomieszczeń produkcyjnych, obiektów sportowych, szkół, ośrodków kultury. Energia promieniowania słonecznego znajduje zastosowanie do suszenia ziarna zbóż, tytoniu, nasion, owoców, ziół. Jednocześnie jest ona przekształcana w energię

elektryczną w ogniwach fotowoltaicznych, które zasilają kalkulatory, zabawki, radia, telefony awaryjne, latarnie morskie, stacje meteorologiczne czy urządzenia mobilne. Obecnie energia promieniowania słonecznego, która dochodzi do powierzchni Ziemi, jest przetwarzana na prąd i ciepło. Jednakże nie cała ilość promieniowania docierająca do zewnętrznych warstw atmosfery dochodzi do powierzchni Ziemi. W atmosferze jest pochłaniane niebezpieczne dla organizmów promieniowanie krótkofalowe, natomiast przepuszczane jest promieniowanie widzialne i część promieniowania radiowego. Przeciętnie metr kwadratowy powierzchni Ziemi otrzymuje 1380 [W] energii promieniowania Słońca.

Energetyce odnawialnej w Polsce po wejściu do Unii Europejskiej wyznaczono nowe, ambitne cele. Potencjał techniczny zasobów energii odnawialnej w Polsce szacuje się na poziomie 3 850 PJ rocznie, co stanowi około 90% całkowitego zapotrzebowania na energię. W naszym kraju istnieją odpowiednie warunki do wykorzystania energii promieniowania słonecznego. Chociaż zasoby energii charakteryzują się duża zmiennością sezonową oraz nieregularnym rozmieszczeniem, na terenie Polski istnieją niewielkie różnice regionalne w zasobach energii słonecznej. Wykorzystanie energii słonecznej ogranicza się do zastosowania instalacji do produkcji ciepłej wody oraz w rolnictwie w procesach suszenia płodów rolnych. Szacunkowy potencjał ekonomiczny kolektorów słonecznych w Polsce do produkcji ciepłej wody użytkowej oraz potencjał kolektorów słonecznych do suszenia płodów rolnych to około 45 PJ. O ilości energii, która ulega zamianie w energię cieplną w kolektorach słonecznych decydują roczne wartości nasłonecznienia definiowane ilością energii słonecznej padającej na jednostkę powierzchni płaszczyzny w określonym czasie. Roczna gęstość promieniowania słonecznego na płaszczyznę poziomą w różnych rejonach Polski waha się w granicach 950–1250 kWh/m^2, a średnie usłonecznienie wynosi około 1600 godzin na rok. Jednocześnie około 80% całkowitej rocznej sumy nasłonecznienia przypada na miesiące od kwietnia do września a czas operacji słonecznej w miesiącach letnich trwa do 16 godzin, podczas gdy w miesiącach zimowych – do 8 godzin. Rzeczywiste warunki nasłonecznienia mogą odbiegać od standardowych, przyjętych na podstawie analiz, co jest związane z występowaniem lokalnych zanieczyszczeń, względnie przeszkód terenowych. Równocześnie wielkość promieniowania słonecznego wykorzystana przez kolektor jest mniejsza niż całkowite promieniowanie słoneczne docierające do powierzchni Ziemi, gdyż powstają straty energii w wyniku rozproszenia, pochłaniania czy strat na kolektorze.

Analiza możliwości wykorzystania systemów solarnych do ogrzewania ciepłej wody użytkowej w zastosowaniach domowych

Budynek, dla którego zaprojektowano instalację c.o. to wolnostojący domek jednorodzinny zlokalizowany w Krakowie. Dom jest dwupoziomowy, niepodpiwniczony. Na parterze znajduje się pokój dzienny, hall, kuchnia, jadalnia, wiatrołap, spiżarnia i garaż. Na piętrze sypialnie i łazienka. Bryłę stanowi prostopadłościan przykryty płaskim stropodachem. Podstawowe dane techniczne analizowanego budynku to:

powierzchnia użytkowa	127,43 m^2
kubatura	344 m^3
liczba mieszkańców	5

Zestawienie przegród budowlanych analizowanego budynku:

Ściana zewnętrzna	U=0,28 [W/m^{2}K]
Ściana wewnętrzna nośna	U=1,07 [W/m^{2}K]
Ściana wewnętrzna działowa	U=2,13 [W/m^{2}K]
Podłoga na gruncie	U=0,30 [W/m^{2}K]
Strop	U=0,55 [W/m^{2}K]
Stropodach	U=0,21 [W/m^{2}K]
Okna	U=1,8 [W/m^{2}K]
Drzwi wejściowe	U=2,6 [W/m^{2}K]

Po przeprowadzeniu analiz dotyczących zapotrzebowania na ciepło w budynku uzyskano następujące wyniki:

sumaryczna strata ciepła budynku	9048 [W]
strata ciepła na wentylację	2729 [W]
średnia temperatura pomieszczeń ogrzewanych	19,6 [°C]
powierzchnia pomieszczeń ogrzewanych	127,43 [m^2]
kubatura pomieszczeń ogrzewanych	344,059 [m^3]
kubatura budynku	344,059 [m^3]
kubatura przestrzeni ogrzewanej	344,059 [m^3]
wskaźnik cieplny budynku	26,298 [W/m^3]

Na podstawie analiz przyjęto kocioł centralnego ogrzewania pracujący w zakresie 8÷24 KW oraz dobrano grzejniki do pomieszczeń ogrzewanych. Wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Zestawianie pomieszczeń ogrzewanych i wykaz dobranych grzejników

Lp.	Nazwa pomieszczenia	Qw [W]	∑Q [W]	Grzejniki
1	wiatrołap	32	274	typ 11 300x500
2	hall+schody	160	549	typ 10 600x700
3	pokój dzienny	442	1984	typ 11 500x1100 typ 11 500x1100
4	jadalnia	61		–
5	kuchnia	462	861	typ 11 400x600
6	wc	35	155	–
7	pomieszczenie techniczne	87	443	typ 11 300x700
8	garaż	262	1579	typ 10 600x2000
9	spiżarnia	34	107	–
10	hall	120	227	typ 11 300x600
11	pokój	176	636	typ 11 500x1000
12	pokój	207	707	typ 21 500x700
13	pokój	236	650	typ 11 500x1000
14	łazienka	415	1087	typ 22 500x1000

Następnie przeprowadzono obliczenia instalacji solarnej.

1. Bilans ciepła, zapotrzebowanie ciepła dla potrzeb c.w.u

Średnie dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę:

$$q_{dśr}=U\cdot q_c=5\cdot 60=300\ [l/d]$$

gdzie: U – liczba użytkowników, założono U=5 osób, q_u – dzienne zużycie c.w.u. na osobę, przyjęto q_u=60 [l/d].

Średnie godzinowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę:

$$q_{hśr}= q_{dśr} / \tau = 300 / 18 = 16,7\ [l/h]$$

gdzie: $q_{dśr}$ – średnie dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę, τ – liczba godzin użytkowania instalacji w ciągu doby, [h/d].

Maksymalne godzinowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę:

$$q_{hmax}=q_{hśr}\cdot N_h=16,7 \text{ x } 6,28= 105\ [l/h] =0,000029\ [m^3/s]$$

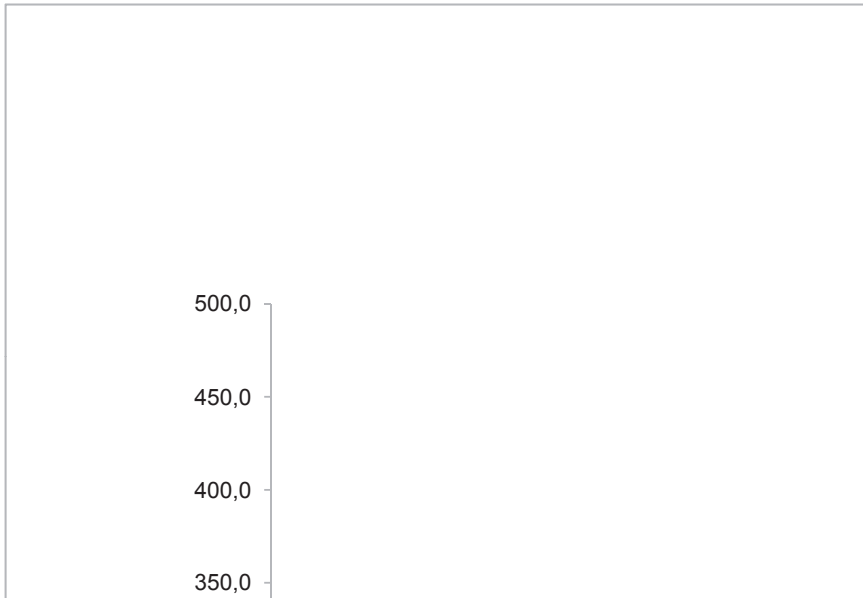
gdzie: $q_{hśr}$ – średnie godzinowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę.

$$N_h=9,32 * U^{-0,244}=9,32 * 5^{-0,244}= 6,28$$

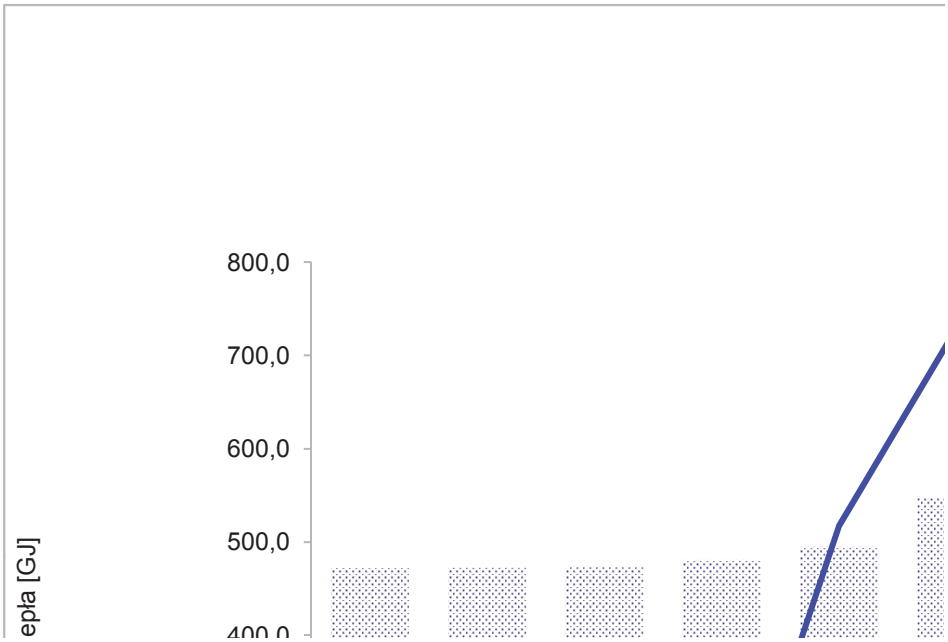
Zapotrzebowanie ciepła dla przygotowania c.w.u.

$$Q_{hmax}= q_{hmax}\cdot c_w\cdot \rho\cdot (t_c-t_z)=0,000029\cdot 4,2\cdot 1000\cdot (55-10)=5,5kW$$

gdzie: q_{hmax} – maksymalne godzinowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę [m^3/s], c_w – ciepło właściwe wody, c_w=4,2 [kJ/(kgK)], ρ – gęstość wody, ρ=1000 [kg/m^3], t_c – obliczeniowa temperatura ciepłej wody, t_z – obliczeniowa temperatura zimnej wody.



Ryc. 1. Obliczenia wstępne (zapotrzebowanie na C.W.U., lokalizacja, dane ustawienia kolektora)



Ryc. 2. Zysk energetyczny instalacji kolektorów słonecznych

Na rycinie 1 przedstawiono zapotrzebowanie na c.w.u., lokalizację, dane ustawienia kolektora. W kolejnych etapach analiz policzono zasobnik i straty cieplne, obliczono powierzchnię kolektora, obliczono naczynie zbiorcze, system połączenia i strat ciśnienia. Efektem końcowym analiz był zysk energetyczny, który przedstawiono na rycinie 2.

W kolejnym etapie analiz wykorzystania systemów solarnych do ogrzewania ciepłej wody użytkowej w zastosowaniach domowych przeprowadzono analizę ekonomiczną instalacji kolektorów słonecznych. Powszechnie wiadomo, że istnieją czynniki mające wpływ na opłacalność ekonomiczną zastosowania instalacji kolektorów słonecznych do celów c.w.u. Istotnym czynnikiem jest dobór obiektu budowlanego pod kątem zastąpienia konwencjonalnego nośnika energii przez energię słoneczną, gdyż nośniki energii konwencjonalnej różnią się ceną, dostępnością, wartością opałową, obciążeniem dla środowiska naturalnego oraz technologią spalania. Inwestycja w instalację słoneczną jest opłacalna w obiektach wykorzystujących najdroższe nośniki energii. Do takich można zaliczyć gaz płynny (propan) oraz energię elektryczną, gdzie koszt wytworzenia 1 GJ energii wynosi około 100 zł. Cena dla oleju opałowego to około 75 zł, dla gazu ziemnego to blisko 45 zł, dla ciepła sieciowego to blisko 40 zł natomiast dla węgla kamiennego to 27 zł. Kolejnym czynnikiem wpływającym na opłacalność inwestycji jest wielkość zasobów energii słonecznej występujących w miejscu zainstalowania kolektorów słonecznych oraz zorientowanie powierzchni kolektorów względem padających promieni słonecznych.

Do analizy ekonomicznej przyjęto, że w ciągu rocznego okresu wykorzystując instalację słoneczną można zaoszczędzić 20 GJ energii cieplnej, która to energia posłużyła do podgrzania wody użytkowej.

Tab. 2. Szacunkowe wartości opałowe i sprawności konwencjonalnych surowców energetycznych

Nośnik energii	Jednostka obliczeniowa	Wartość opałowa [MJ/jedn.]	Sprawność urządzenia [%]
węgiel kamienny	1000 kg	25000	80
ciepło sieciowe	1 GJ	1000	90
gaz ziemny GZ 50	1000 m3	35586	94
olej opałowy	1000 kg	42700	94
gaz płynny (propan)	1000 kg	46350	94
energia elektryczna (stała taryfa)	1000 kWh	3600	98

Cena zakupu instalacji słonecznej jest jednym z głównych czynników decydujących o opłacalności zastosowania układu solarnego. Im niższa cena kolektorów o jednakowej lub zbliżonej sprawności, tym szybszy czas zwrotu kosztów zakupu instalacji słonecznej. Na polskim rynku wiele polskich i zagranicznych firm sprzedaje swoje instalacje solarne. Różnią się one jakością wykonania, poziomem technicznym, ceną i długością bezawaryjnej eksploatacji. Do prowadzonych badań wykorzystano instalację słoneczną z dwoma panelami kolektorów płaskich, wykonanych z wysokosprawnych materiałów. Cenę kompletnego zestawu o powierzchni kolektorów 5 m^2 z montażem przyjęto C_K = 12 000 zł. Cena uwzględnia podgrzewacz pojemnościowy. W trakcie eksploatacji układu kolektorowego występują koszty związane z eksploatacją systemu, które przyjęto na 150 zł. Uwzględniając koszty inwestycji, koszty eksploatacyjne i zysk dla różnych nośników energii konwencjonalnej, obliczono czas zwrotu nakładów przy zastąpieniu różnych nośników energii konwencjonalnej. Wyniki przedstawiono w tabeli 3.

Tab. 3. Zysk otrzymany w wyniku zaoszczędzenia różnych nośników energii konwencjonalnej dla okresu rocznego oraz czas zwrotu inwestycji przy zastąpieniu różnych nośników energii konwencjonalnej

Nośnik energii	Zysk [zł]	Prosty czas zwrotu inwestycji, [lat]
węgiel kamienny	550	30
ciepło sieciowe	750	20
gaz ziemny GZ 50	900	16
olej opałowy	1 500	9
gaz płynny (propan)	2 000	6,5
energia elektryczna (stała taryfa)	2 150	6

Żywotność instalacji słonecznych założono na 25 lat. Z ekonomicznego punktu widzenia nie opłaca się montaż instalacji kolektorów słonecznych w budynkach, gdzie do uzyskania ciepłej wody użytkowej wykorzystywany jest węgiel kamienny. Koszty zwrotu inwestycji nastąpią dopiero po ponad 25 latach, czyli po czasie żywotności eksploatacyjnej układu. Niektóre kraje Unii Europejskiej dofinansowują tego typu inwestycje. W takim przypadku cena zakupu instalacji słonecznej dla potencjalnego inwestora jest niższa, a okres zwrotu kosztów maleje proporcjonalnie do wielkości dofinansowania. Wykorzystując instalację słoneczną w typowym budynku jednorodzinnym, przy 100-procentowym pokryciu kosztów zakupu instalacji słonecznej przez inwestora, inwestycja jest opłacalna, gdy do podgrzewania wody użytkowej wykorzystywane są energia elektryczna, gaz płynny (propan), olej opałowy, ciepło sieciowe oraz gaz ziemny GZ 50. Jako dodatkowy atut takiej instalacji można wymienić przyczynienie się do ochrony naturalnych zasobów paliw kopalnych i ochrony środowiska.

Istnieje wiele korzyści wynikających z zastosowania energii promieniowania słonecznego. Spośród korzyści ekonomiczno-społecznych można wymienić wprowadzenie niewyczerpalnego źródła energii w miejsce trudniej dostępnych i coraz droższych paliw kopalnych czy zmniejszenie uzależnienia od obcych źródeł energii. Przy wykorzystaniu lokalnym odpadają straty energii podczas transportu, a także zmniejsza się zależność od dużych przedsiębiorstw energetycznych. Wśród korzyści ekologicznych można wymienić znaczne zredukowanie emisji zanieczyszczeń powietrza związanych z przetwarzaniem paliw kopalnych, redukcję efektu cieplarnianego, zmniejszenie ilości odpadów. Do korzyści zdrowotnych można zaliczyć ograniczenie zachorowań wynikających z zanieczyszczeń środowiska, natomiast do edukacyjnych – wzrost świadomości ekologicznej młodego pokolenia wychowywanego w duchu szacunku dla środowiska i w poszanowaniu proekologicznych źródeł energii. Jednocześnie świadoma edukacja proekologiczna młodego człowieka, kształtując jego pogląd na środowisko, stanowi doskonały element wzbogacający krąg zainteresowań o świecie i zjawiskach na nim zachodzących. Młody człowiek zaczyna sobie zdawać sprawę, że wszystko, co dzieje się na Słońcu, odbija się na zjawiskach biologicznych i geofizycznych zachodzących na Ziemi. Edukacja wspomagana propagowaniem odnawialnych źródeł energii może spowodować wiele korzyści wynikających z wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych. W warunkach Polski szczególną przydatność wykazują kolektory słoneczne instalowane dla celów podgrzewania wody użytkowej, a także wody basenowej. Zwiększenie wśród młodego, otwartego na zmiany pokolenia zainteresowania odnawialnymi źródłami energii powoduje w konsekwencji powstanie firm produkujących, importujących i montujących instalacje grzewcze z kolektorami słonecznymi. W związku z tym rynek instalacji kolektorów słonecznych może rozwijać się dwutorowo, gdzie systematycznemu zwiększeniu sprzedaży zaawansowanych technologicznie importowanych instalacji będzie towarzyszyło zwiększenie ilości instalacji wytworzonych z komponentów instalacyjnych zakupionych na rynku krajowym. Skuteczna akcja edukacyjna może spowodować, że w najbliższych latach staje się prawdopodobnym wzrost znaczenia kolektorów słonecznych i prostych instalacji budowanych

sposobem gospodarczym w małych warsztatach. Jednakże do realizacji tych planów potrzebne są subwencje państwowe i zastosowanie dostępnych technologii spełniających wymagania jakościowe.

Bezpośrednie wykorzystanie energii słonecznej jako źródła energii posiada kilka zalet i wad w stosunku do konwencjonalnych źródeł energii. Wadą jest to, że zależy od promieniowania, pogody, pory dnia, miesiąca i roku. Ponadto energia jest bardziej poszukiwana w chłodniejszych rejonach świata i zimnych porach roku, podczas gdy pozyskiwanie energii za pomocą kolektorów słonecznych jest najskuteczniejsze w tropikalnych obszarach o wysokim promieniowaniu słonecznym oraz na pozostałym terenie w okresie lata. Rozwiązaniem byłoby tu skumulowanie energii na czas słoty. Trwają więc poszukiwania skutecznych metod magazynowania energii promieniowania słonecznego, ale jednocześnie proponuje się rozwiązanie alternatywne, którym jest stosowanie hybrydowych układów pozyskiwania energii.

Bibliografia

[1] Bogdańska B., *Energia Słoneczna,* Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2002

[2] Depešová J. Vargová M., *Možnosti využitia tradičných materiálov v technickej výchove*, [in:] Zborník *Modernizace výuky v technicky orientovaných oborech a prědmětech*, Olomouc 1999, s. 152–154

[3] Noga H., *Rola wartości humanistycznych w kształceniu informatycznym*. *V Konferencja Naukowa*. Kajdosz-Aouil M., Michalski A., Podolska Filipowicz E. (red.), Edukacja Techniczno-Informatyczna – Kreowanie Nowoczesnego Modelu Kształcenia, Bydgoszcz 2004, s. 267–273

[4] Noga H., *Przydatność do pracy absolwentów szkół zawodowych – doniesienia z badań*, XVII DIDMATTECH 2004, Technika – Informatyka – Edukacja, Furmanek W., Walat W. (red.), Rzeszów 2004, s. 368–377

[5] Noga H., *Ekologia stanowiska komputerowego*, Wych. Tech. w szkole 1998, nr 5, s. 296–298

[6] Noga H., Dudek E., *Czy technika nam zagraża?,* Wychowanie Techniczne w Szkole 1999, nr 1, s. 38–42

[7] Noga H., Sobczyk W., Kozaczyński W., *Edukacja ekologiczna dzieci i młodzieży*, RND Prace techniczne, s. 57–64

The analysis of providing operation for solar energy on educational, economical and ecological area

Abstract

The growth of demand on fuel, which is not burdensome for natural biotopeware, introduced in this article. The source of such energy is solar radiation. Solar collectors are device servant to it practical unfair advantage. The most effective way is to use this locally for decentralized installations protecting demand on central heating and warm water preparation for house purposes. The way of the selection of installation of solar collectors in article was introduced was.

Key words: ecology, conservation of environment, solar energy

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Stanisław Gumuła[1], *Krzysztof Pytel*[2]

Ekologiczne i edukacyjne aspekty wykorzystania energii promieniowania słonecznego na przykładzie systemu instalacji kolektorów słonecznych zlokalizowanych na krytej pływalni

Energia, która współtowarzyszy człowiekowi od zawsze, jest niezbędna do życia, jest jego źródłem i rezultatem. Wykorzystanie energii związane jest z procesami zmiany jej postaci, przy czym jej najbardziej funkcjonalnymi formami są ruch mechaniczny, ciepło i światło. Uzyskuje się je z nośników energii pierwotnej, którymi są konwencjonalne paliwa energetyczne oraz niekonwencjonalne źródła energii odnawialnej. Pod pojęciem niekonwencjonalnych źródeł energii odnawialnej rozumiemy energię promieniowania słonecznego, wiatru, biomasy, przemian wodoru czy energię geotermalną. W sposób naturalny człowiek, jako panujący w biosferze, powinien opiekować się oraz odpowiadać za ingerencję w środowisko naturalne. Konsekwencje postawy człowieka w tym względzie będą widoczne w przyszłości. W czasie stale narastających impasów w polityce międzynarodowej oraz oznak nadchodzącego deficytu energetycznego, współczesne niekonwencjonalne i najnowocześniejsze źródła energii stają się przedmiotem wszechstronnych analiz. Ich istotą jest rzetelny i w obiektywny sposób przedstawiony obraz wiodących tendencji w rozwoju przemysłu odnawialnych źródeł energii, który jest alternatywą dla dominującej energetyki paliw kopalnych. Wybór odnawialnych źródeł energii w obecnej sytuacji wydaje się nieprzypadkowy, nie tylko dzięki roli, jaką pełni energetyka w rozwoju cywilizacyjnym, ale także przez coraz liczniejsze sygnały powoli narastającego deficytu energetycznego. Na arenie światowej niezbyt korzystnie uwidacznia się pozycja Polski ze względu na sytuację energetyczną. Konieczne stają się zmiany w gospodarce energetycznej, w której podstawowym źródłem energii pierwotnej jest węgiel (ponad 90%). Biorąc pod uwagę zużycie energii elektrycznej na jednego mieszkańca, należymy do najbardziej energochłonnych krajów w Europie. Mały stopień dywersyfikacji źródeł energii łączy się z uzależnieniem od dostawców i prawdopodobieństwem monopolistycznych praktyk. Deficyt energetyczny nie jest jeszcze bardzo odczuwalny, jednakże zasoby kopalne wystarczą tylko na kilka pokoleń. Niezbędne są zatem dalekosiężne plany bezpiecznego rozwoju przemysłu energetycznego, zgrupowanego wokół nowoczesnych technologii pozyskiwania energii i kładące nacisk na korzyści technologiczne, ekonomiczne, ekologiczne oraz

[1] Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, Katedra Maszyn i Urządzeń Energetycznych.

[2] Uniwersytet Pedagogiczny, Kraków, Instytut Techniki.

edukacyjne. Inwestycją spełniającą te warunki jest pozyskiwanie energii promieniowania słonecznego. Przykładem ekologicznej inwestycji produkującej energię jest instalacja kolektorowa zbudowana przy krytej pływalni. Celem przedsięwzięcia stała się dbałość o środowisko naturalne poprzez formę inwestowania wyróżniającą się zaletami ekonomicznymi. Aspekt edukacyjny nie ogranicza się jedynie do przekazywania informacji o inwestycji, lecz wpływa na zaangażowanie przyszłych inwestorów do wprowadzania proekologicznych rozwiązań i propagowanie nowoczesnych idei, przekładające się na szanse ludzkości na rozwój cywilizacyjny.

Aspekt teoretyczny wykorzystania energii promieniowania słonecznego

Energia promieniowania słonecznego jest pierwotną formą odnawialnych źródeł energii. W procesie rozwoju cywilizacyjnego człowieka została ona przejęta i wykorzystana jako pierwsza. Szacuje się, że energia promieniowania słonecznego dochodzącego w ciągu roku do powierzchni Ziemi jest blisko 7000 razy większa od energii zużywanej w tym samym okresie przez ludność całego globu. Wykorzystanie strumienia energii promieniowania jest trudnym problemem, gdyż światło słoneczne jest rozpraszane, ilość energii jest zmienna w czasie, a w nocy dopływ jest znacznie ograniczony. Jednocześnie moc strumienia energii promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi zależy od szerokości geograficznej, pory roku oraz stopnia zachmurzenia, jakie występuje nad określonym terenem.

Aspekt technologiczny

Rozwój energetyki wiąże się z pozyskaniem i przetwarzaniem energii promieniowania słonecznego w inne formy energii (cieplną, elektryczną, mechaniczną) w specjalnie do tego celu przeznaczonych urządzeniach i instalacjach lub elementach budowlanych. Aktywne systemy wykorzystania energii słonecznej, w zależności od temperatury pracy czynników roboczych oraz roli elementów konstrukcyjnych, występują w postaci instalacji niskotemperaturowych (kolektory i stawy słoneczne) oraz instalacji wysokotemperaturowych (farmy i elektrownie słoneczne). Najpopularniejszym urządzeniem wykorzystującym energię solarną jest kolektor słoneczny. Energia promieniowania słonecznego zostaje transformowana w energię cieplną, wykorzystywaną w głównej mierze do produkcji ciepłej wody użytkowej i do centralnego ogrzewania. Zasada pracy kolektora opiera się na zjawisku pochłaniania części energii promieniowania docierającego do powierzchni, co powoduje wzrost temperatury i magazynowanie ciepła w substancji pochłaniającej energię, co następuje po ustaleniu się równowagi cieplnej dzięki zjawiskom odbicia, przewodzenia i konwekcji ciepła. Modelowy kolektor słoneczny składa się z absorbera, osłony, izolacji i elementów konstrukcyjnych. Absorber osiągający w słoneczny dzień temperaturę do 70^0C zazwyczaj jest wykonany z blachy miedzianej lub aluminiowej, pokrytej matową farbą absorbującą promieniowanie słoneczne. Przeźroczysta osłona kolektora musi być wytrzymała na uszkodzenia mechaniczne, odznaczać się dużą twardością i odpornością na promieniowanie oraz wymagana jest łatwa zmywalność. Izolacja termiczna kolektora zapobiega stratom ciepła, a konstrukcja nośna oraz elementy obudowy umożliwiają podłączenie urządzenia solarnego do instalacji. Jednocześnie, uwzględniając budowę kolektorów słonecznych, spotkamy się z wersjami płaskimi i skupiającymi, a biorąc pod uwagę rodzaj czynnika roboczego, kolektory słoneczne będą występowały jako wodne,

powietrzne czy wodno-powietrzne. O intratności inwestycji w kolektory decyduje sprawność urządzenia, która jest wyznaczana na podstawie bilansu energii kolektora. Sprawność jest uwarunkowana głównie natężeniem promieniowania słonecznego, wielkością i jakością powierzchni absorpcyjnej kolektora i stratami ciepła.

Aspekt ekologiczny

Energia solarna jest ogólnodostępna, a jej przekształcanie wprost w energię elektryczną bądź dowolne inne formy energii użytkowej nie przynosi zanieczyszczeń, hałasu ani degeneracji środowiska. Systemy fotowoltaiczne funkcjonują bezdźwięcznie oraz bez wydzielania niezdrowych odpadów, a z punktu widzenia ochrony środowiska są rozwiązaniem prawie idealnym. Podczas budowy instalacji na dachach i fasadach budynków współczynniki pochłaniania i odbicia promieniowania, będąc zbliżonymi do standardowych pokryć, nie wpływają destrukcyjnie na środowisko. Znikome oddziaływanie w postaci zacienienia połaci terenu i spowolnienia wegetacji roślin można zauważyć i zminimalizować w systemach wolnostojących. Instalacje słoneczne zajmują spore powierzchnie, jednakże zazwyczaj obszary te nie były wcześniej zagospodarowane. Całkowita ilość energii potrzebnej do wytworzenia instalacji solarnej jest parokrotnie niższa niż energia wytworzona przez kolektory w trakcie funkcjonowania. Po zużyciu instalacji część surowców wykorzystanych do produkcji elementów daje się technologicznie oddzielić od siebie w procesie utylizacji, a więc można je spożytkować w kolejnym cyklu produkcyjnym. Zaletą ogniw słonecznych jest duże bezpieczeństwo i mała awaryjność elektrowni słonecznych. Można dość precyzyjnie oszacować ilość energii, cieplnej wyprodukowanej przez instalację solarną, co wiąże się z wyceną 1 kWh energii. Znając cenę nośników konwencjonalnych i sprawność konwersji energii, można policzyć ilość zaoszczędzonego paliwa oraz określić efekt ekologiczny poprzez oszacowanie zmniejszenia emisji substancji szkodliwych. Niemniej jednak prośrodowiskowy charakter instalacji kolektorowej nie jest jednoznaczny, gdyż wytworzenie kolektorów nowej generacji jest energochłonne, związane z emisją produktów spalania do atmosfery. Jednocześnie kolektory powinny być utylizowane po okresie eksploatacji. Biorąc pod uwagę liczbę kolektorów oraz występowanie w nich metali ciężkich, gospodarka odpadami z kolektorów może stanowić problem. Wielopłaszczyznowe podsumowanie korzyści i strat z produkcji i eksploatacji musi odnosić się zarówno do kolektorów słonecznych, jak i paneli fotowoltaicznych, a w związku z powyższym należy zdawać sobie sprawę zarówno z ich pozytywnego, jak i negatywnego oddziaływania na środowisko.

Aspekt ekonomiczny

Czynnikiem decydującym o wykorzystaniu energii słonecznej jest opłacalność ekonomiczna inwestowania w tę formę wytwarzania energii. Energia słoneczna pod względem ekonomicznym nie jest konkurencyjnym źródłem, jednakże inwestycje w energetykę słoneczną rozwijają się szczególnie dynamicznie na obszarach oddalonych od sieci elektroenergetycznej, gdyż umożliwiają kompleksowe zaspokojenie potrzeb energetycznych użytkowników. Systemy fotowoltaiczne małych ogniw słonecznych i średniej mocy umożliwiają osiągnięcie mocy rzędu kilowatów. Systemy fotowoltaiczne rozwijają się szczególnie dynamicznie w postaci systemów

zdecentralizowanych zintegrowanych z elementami konstrukcyjnymi budynków oraz bateriami dźwiękochłonnymi przy autostradach. Większe systemy fotowoltaiczne są kosztownymi źródłami energii, a więc nie stanowią konkurencji dla źródeł konwencjonalnych. Obecnie pracują już pokaźne, bardzo kosztowne inwestycyjnie i eksploatacyjnie systemy o mocach rzędu kilku megawatów, lecz są traktowane w kategorii rozwiązań przyszłościowych źródeł energii wpływających pozytywnie na środowisko naturalne. Koszty inwestycyjne instalacji PV – modułów słonecznych i wyposażenia elektrycznego oraz baterii akumulatorów – są wysokie. Zastosowanie instalacji fotowoltaicznych można traktować w skali mikro i makro. Dla niewielkich ilości energii do zastosowań niekomercyjnych, w celu dostarczania niewielkich mocy dla urządzeń przemysłowych, tablic informacyjnych, znaków drogowych czy sprzętu gospodarstwa domowego, w wielu regionach systemy PV są konkurencyjne w stosunku do powiększania sieci elektrycznej. Jeżeli weźmiemy pod uwagę fakt, że cena energii z ogniw PV jest zbliżona do ceny energii pozyskiwanej z generatorów spalinowych, to wówczas zastosowanie tego ekologicznego źródła energii staje się konkurencyjne i ekonomicznie uzasadnione. Cena poszczególnych elementów instalacji fotowoltaicznej stanowi barierę hamującą rozwój energetyki słonecznej. Kolejną barierą jest konieczność wytworzenia znacznej ilości paneli fotowoltaicznych mogących zaspokoić potrzeby energetyczne użytkowników. Wzrost produkcji jest limitowany wysoką ceną samych modułów. Biorąc pod uwagę inwestowanie w kolektory słoneczne, zauważymy, że z punktu widzenia inwestora koszt zakupu instalacji jest wysoki. Jednocześnie same kolektory stanowią prawie połowę ceny całej instalacji. Istnieje jednak możliwość obniżenia kosztów inwestycji poprzez wykorzystanie już istniejących elementów instalacji. Umożliwia to ekonomicznie uzasadnione zastosowanie techniki słonecznej. Ocena skuteczności ekonomicznej oraz wyliczenia czasu zwrot nakładów wskazują, że koszty inwestycji zwracają się po kilkunastu latach.

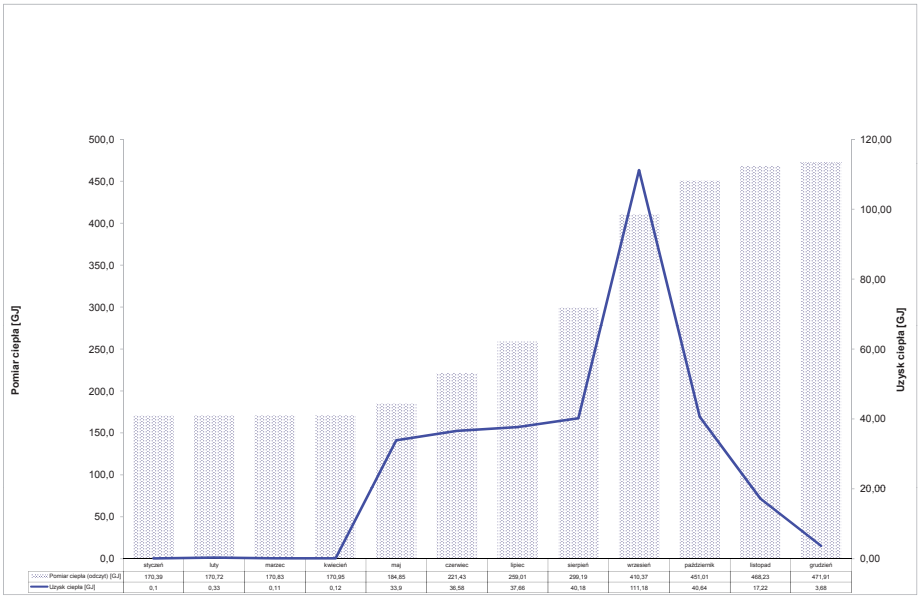
Aspekt edukacyjny

W tej chwili na świecie funkcjonuje wiele elektrowni fotowoltaicznych i instalacji kolektorowych. W zamierzeniach jest stworzenie do 1 miliona dużych systemów słonecznych do 2010 roku. Większość planuje się zainstalować w krajach Unii Europejskiej. Badania paneli PV prowadzone są dwukierunkowo – w zakresie zmniejszenia kosztów instalacji i w celu zwiększenia sprawności konwersji energii promieniowania słonecznego. Pracuje się nad rozwijaniem nowoczesnych technologii produkcji krystalicznego, polikrystalicznego, amorficznego i cienkowarstwowego krzemu o maksymalnej powierzchni kryształu. Jednocześnie badania prowadzi się w celu opracowania produkcji materiałów polimerowych. Prace badawcze koncentrują się także wokół stworzenia dachówek fotowoltaicznych, okien z przeźroczystych ogniw fotowoltaicznych, elastycznych ogniw fotowoltaicznych napylanych krzemem amorficznym na folii z tworzywa sztucznego czy ogniw fotowoltaicznych zamieniających promieniowanie podczerwone na energię elektryczną. Kolejną ścieżką rozwoju jest tworzenie skojarzonych układów energetyki słonecznej, łączących zalety i elementy układu fotowoltaicznego i kolektorowego. Systemy te korzystają z całego możliwego do wykorzystania zakresu promieniowania słonecznego. Część energii promieniowania ulega konwersji na energię elektryczną w ogniwach PV, część jest zamieniana na ciepło w kolektorach słonecznych, zmniejszając przy tym

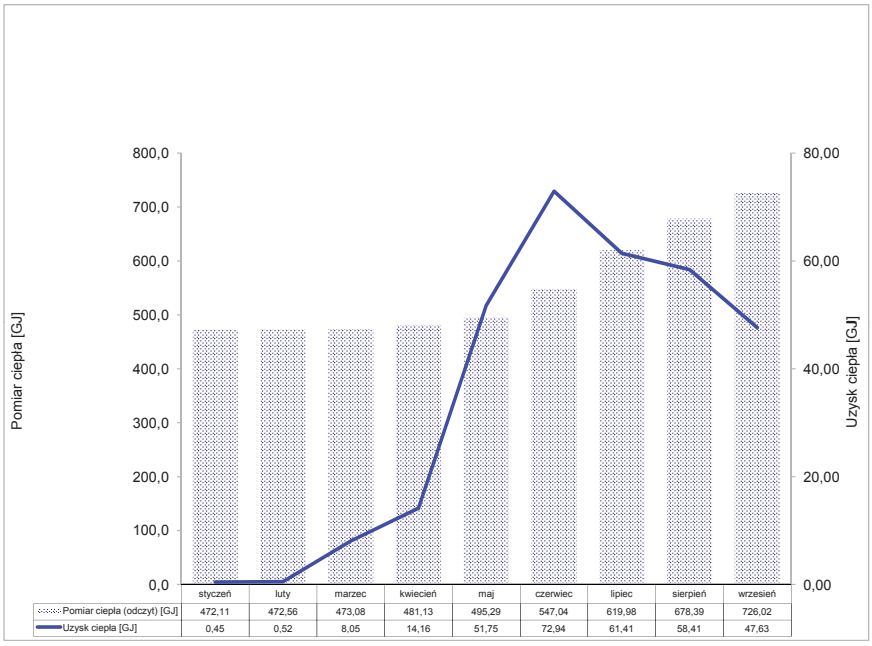
temperaturę ogniw PV, a co za tym idzie – zwiększając sprawność konwersji energii promieniowania słonecznego, która wzrasta wraz ze spadkiem temperatury ogniwa. Analiza układu hybrydowego pokazuje sumaryczną moc i sprawność większą od sumy mocy i sprawności osobno ogniwa i kolektora słonecznego. Jednocześnie ze skonstruowanego układu hybrydowego uzyskujemy zwiększoną ilość energii elektrycznej i ciepłą wodę użytkową do zastosowań domowych. Również konstrukcja samych kolektorów słonecznych jest nieustannie modernizowana i unowocześniana. Projektowane są układy kolektorowe z czynnikiem dwufazowym, w których zachodzi przemiana fazowa, kolektory absorpcyjne pochłaniają energię promieniowania w całej masie czynnika kolektora, przez co temperatura powierzchni stykającej się z otoczeniem jest niższa, oraz kolektory z warstwami załamującymi promieniowanie o zwiększonej mocy absorpcji wynikającej ze specyficznego załamania promieni słonecznych. Prace badawcze kierunkowane są na rozwój kolektorów słonecznych i mechanizmów transportu ciepła. Propagowanie nowoczesnych, bardziej ekonomicznych rozwiązań powoduje zainteresowanie szerokich grup społeczeństwa techniką solarną oraz spełnia rolę edukacyjną, szczególnie w stosunku do młodego pokolenia, na barkach którego będzie złożony ciężar rozwoju nowych, prośrodowiskowych technologii produkcji ciepła i energii elektrycznej.

Aspekt praktyczny wykorzystania energii promieniowania słonecznego

W Polsce panuje klimat o charakterze przejściowym pomiędzy klimatem morskim a lądowym. Charakteryzuje się on niestabilnością pogody i nierównomiernością przebiegu pór roku w kolejnych latach. W północnej i zachodniej części kraju przeważa klimat z łagodnymi, wilgotnymi zimami i chłodnymi latami, natomiast w Polsce wschodniej klimat z ostrymi zimami oraz gorętszymi i bardziej suchymi latami. Średnia roczna temperatura w Polsce waha się w granicach 5–10°C. Najcieplejszym miesiącem jest lipiec ze średnią temperaturą nieprzekraczającą 16–19°C. Dni gorące o temperaturze powyżej 25°C występują w Polsce od maja do września. Zróżnicowanie temperatury powietrza wpływa na możliwości pozyskiwania energii promieniowania słonecznego. Kolektory słoneczne dostarczające ciepłej wody użytkowej znajdują zastosowanie nie tylko w gospodarstwach domowych, ale również w obiektach użyteczności publicznej. Przykład zastosowania to instalacja do ogrzewania wody w basenach. Projektując instalację solarną, w obliczeniach zakłada się zapewnienie do 70% zapotrzebowania na ciepłą wodę. Brakującą energię planuje się dostarczyć w sposób opłacalny pod względem ekonomicznym, czyli w sposób konwencjonalny. Symulacje numeryczne uwzględniające warunki klimatyczne i charakterystyki elementów instalacji pozwalają na obliczenie wielkości instalacji kolektorów słonecznych. Przeprowadzono analizę sprawności i funkcjonalności zaadaptowanego do ogrzewania wody użytkowej oraz basenowej nowoczesnego, aktywnego systemu instalacji kolektorów słonecznych. W wynikach analiz wykazano opłacalność tego typu inwestycji. Zyski są pochodną uzysku ciepła wyprodukowanego przez odnawialny system w poszczególnych miesiącach roku. Układ kolektorowy składa się z instalacji kolektorów słonecznych z płaskim absorberem zbudowanym z miedzianej blachy pokrytej czarną matową farbą. System kolektorów słonecznych umieszczono na elementach konstrukcyjnych pływalni. Pozostała część instalacji to zbiorniki buforowe niskotemperaturowe i wysokotemperaturowe, pompy ciepła oraz aparatura kontrolno-pomiarowa.



Wykres. 1. Kolektory słoneczne – bilans w roku 2005



Wykres 2. Kolektory słoneczne – bilans w roku 2007

Instalacja kolektorów słonecznych została włączona do istniejącego obiegu grzewczego. Występująca w układzie kolektorowym pompa ciepła stanowi dodatkowy element zwiększający sprawność zaprojektowanego układu. Ilość i powierzchnię kolektorów uzależniono od przewidywanego zużycia ciepłej wody oraz

ilości energii docierającej do kolektora. Na podstawie bilansu uzysku ciepła z odczytu pomiaru ciepła przeprowadzono analizę funkcjonalności systemu instalacji kolektorowej. Zaobserwowano, że dzięki zastosowaniu kolektorów słonecznych wspomagających instalację grzewczą w analizowanych latach 2005 oraz 2007 zaoszczędzono kwotę około 38 000 zł rocznie. W rozpatrywanych przypadkach wykorzystania kolektorów słonecznych wyraźne różnice występują w uzysku ciepła z dwóch poddanych opracowaniu lat. Przedstawiono analizę 2007 roku zakończoną w miesiącu wrześniu, gdyż uzysk ciepła przekracza wartości uzyskane dla całego 2005 roku. Śmiało można wysnuć wniosek, że pełny bilans będzie dużo korzystniejszy ekonomicznie, co daje nam obraz oszczędności wynikających z zastosowania układu solarnego. W zależności od stopnia nasłonecznienia, każdego roku zyski będą różne – nie będą to zazwyczaj wartości powtarzalne, a jednocześnie zawsze będziemy mieli do czynienia z bilansem dodatnim, nawet w miesiącach zimowych. Miesiące wiosenno-jesienne, jako cieplejsze i z większą ilością dostępnego promieniowania słonecznego przedstawiają korzystniejszy bilans energetyczny. Można więc wnioskować, że każdy nowy, odpowiednio zaprojektowany budynek można wyposażyć w przynoszącą konkretne zyski ekonomiczne instalację kolektorów słonecznych, zmniejszającą wymiernie kosztorys wydatków zaplanowanych pierwotnie na ogrzewanie ciepłej wody użytkowej i przeznaczyć ten zaoszczędzony nakład eksploatacyjny na inne inwestycyjne cele. Niemniej należy podkreślić, że jednym z najważniejszych aspektów każdej nowoczesnej inwestycji jest możliwość szybkiego zwrotu poniesionych nakładów oraz korzyści, jakie ze sobą niesie. W analizowanym przypadku postawiono możliwości występowania obok siebie wielorakich zysków wypływających z zastosowania proekologicznych rozwiązań. Przedstawiony zysk ekonomiczny systemu kolektorowego, zebrany w dwóch różnych latach, jest jednoznaczny co do oceny długoterminowej opłacalności instalacji. Jest to znakomity przykład dobrze zaplanowanej inwestycji biorącej pod uwagę wszystkie aspekty nowoczesnego myślenia o energetyce, idealnie pokazujący, że im wcześniej program transformacji energetycznej będzie wdrażany, tym wcześniej my, jako ludzkość, na tym zyskamy.

Podsumowanie

Energetyka zajmuje się pozyskiwaniem, przetwarzaniem, gromadzeniem oraz użytkowaniem energii. Użyteczne formy energii uzyskuje się w wyniku jej przetwarzania. Mieszkańcy krajów Unii Europejskiej, Ameryki Północnej i Japonii zużywają do 60% dostępnej na rynku energii, którą w większości uzyskuje się z paliw pochodzenia organicznego. Szacuje się, że na świecie maksymalnie około 20% energii wytwarza się z odnawialnych zasobów energetycznych, których przewaga nad elektrowniami cieplnymi i atomowymi wynika z bezpieczeństwa dla środowiska naturalnego zasobów i produktów, a baza surowcowa jest odnawialna.

Współczesny świat potrzebuje energii warunkującej rozwój gospodarczy każdego państwa. Jej wykorzystanie odzwierciedla poziom życia mieszkańców, a prześledzenie rezultatów analiz środowiska wskazuje na zużycie energii i stan zanieczyszczenia produktami spalania, rosnący w sposób wykładniczy. Wprawdzie naturalnych nieodnawialnych źródeł energii wystarczy jeszcze na kilka pokoleń, jednak środowisko nie jest już w stanie wchłonąć produktów ubocznych, odpadów

konsumpcyjnych pochodzenia technicznego i produktów spalania. Kwestia niesprzyjającej środowisku koniunktury na tradycyjną infrastrukturę energetyczną będzie się pogłębiała wskutek dramatycznego przyrostu ludności świata oraz przez duże tempo rozwoju państw dotąd nieuprzemysłowionych. Teoretyczna część artykułu jest krótką charakterystyką rozwiązań energetyki solarnej. Zawiera opis kierunków będących alternatywą dla konwencjonalnych, nieodnawialnych źródeł energii, które według wszelkich prognoz nie będą w stanie zaspokoić cywilizacji przyszłości. Jednak nawet dziś, wśród powszechnej świadomości zupełnej niedoskonałości tradycyjnej energetyki, nie istnieje żadna znacząca realna „energetyczna" alternatywa dla perspektywy dewastacji biosfery przez spalanie węgla. Cała nadzieja tkwi w rozwoju nowoczesnych źródeł energii, będących panaceum na przyszły głód energetyczny świata. Nie ulega wątpliwości, że wszystkie źródła energii należy rozwijać i stosować gdzie tylko się da i w najbardziej wydajny sposób, ale nie jest to łatwa droga. Infrastruktura odnawialnych źródeł energii komponuje się w małych przedsięwzięciach w obiektach użyteczności publicznej oraz gospodarstwach domowych. Dla rozwoju energetyki odnawialnej najbardziej istotna staje się inicjatywa oddolna. Ośrodki lokalne opowiadają się za modernizacją i uniezależnieniem od zewnętrznych dostawców energii, do czego idealnie można wykorzystać zasób energetyczny, jakim jest Słońce i środki finansowania, jakie oferują instytucje unijne. Dodatkowo rozpropagowanie osiągniętych rezultatów wśród młodzieży znakomicie podnosi wśród niej poziom świadomości ekologicznej oraz poszanowania dla środowiska życia i pracy człowieka.

Bibliografia

[1] Bogdańska B., *Energia Słoneczna,* Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2002

[2] Depešová J., Širka J., *Tradičné technologie a ich využiti v ergoterapii,* [in:] *Zborník Technické vzdelanie ako súčasť všeobecného vzdelania*, FPV UMB, B. Bystrica 2003, s. 409–413

[3] Noga H., *Rola wartości humanistycznych w kształceniu informatycznym,* V Konferencja Naukowa, M. Kajdosz-Aouil, A. Michalski, E. Podolska Filipowicz (red.), Edukacja Techniczno-Informatyczna – Kreowanie Nowoczesnego Modelu Kształcenia, Bydgoszcz 2004, s. 267–273

[4] Noga H., *Przydatność do pracy absolwentów szkół zawodowych – doniesienia z badań*, XVII DIDMATTECH 2004, Technika – Informatyka – Edukacja, W. Furmanek, W. Walat (red.), Rzeszów 2004, s. 368–377

[5] Noga H, *Ekologia stanowiska komputerowego*, Wychowanie Techniczne w szkole 1998, nr 5, s. 296–298

[6] Noga H., Dudek E., *Czy technika nam zagraża?,* Wychowanie Techniczne w Szkole 1999, nr 1, s. 38–42

[7] Noga H., Sobczyk W., Kozaczyński W., *Edukacja ekologiczna dzieci i młodzieży,* RND Prace techniczne, s. 57–64

[8] Tomková V., Vargová M., *Mimoškolská technická záujmová činnosť,* [in:] *Technické vzdelávanie v informačnej spoločnosti,* PF UKF, Nitra 2004, s. 341–350

[9] Wiśniewski G. i in., *Kolektory słoneczne – Poradnik wykorzystania energii słonecznej*, Warszawa 2006

Taking use of solar energy on basis of solar installation at swimming pool, treat in economical and educational aspect

Abstract

The main aspect of energy politics is the limitation of energy sources that burdensome for natural biotopeware. Crossing ecological barrier might cause serious environmental damages. Solar collectors are used for the most effective gathering of clean energy. Authors of solar installations taking into account economical and ecological aims. Installation of solar collectors located at swimming pool lead to the most important aim, pedagogical aim.

Key words: ecology, conservation of environment, solar energy

FOLIA 74

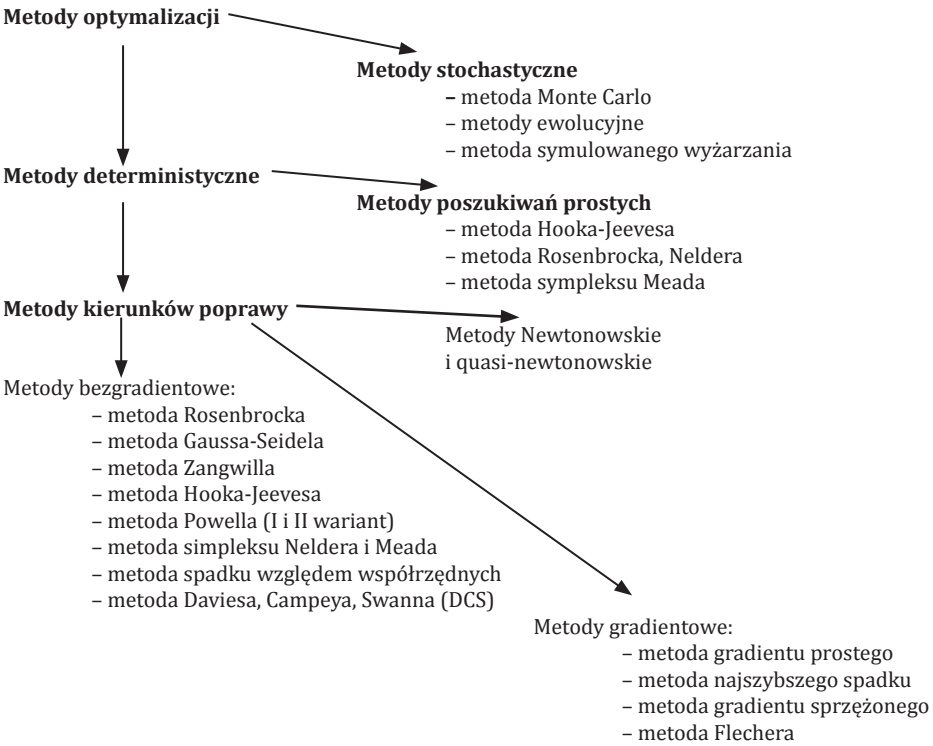
Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Wiktor Hudy, Kazimierz Jaracz

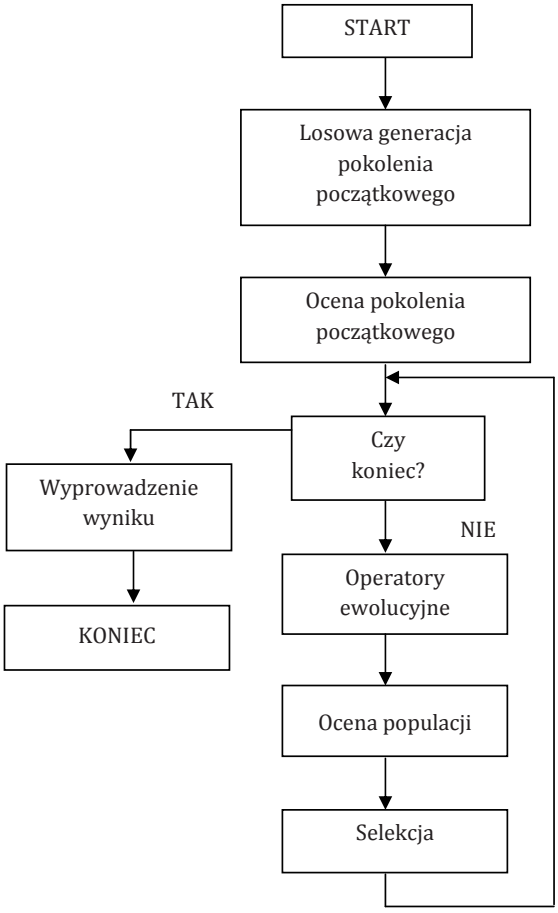
Zastosowanie algorytmów ewolucyjnych do optymalizacji układów mechatronicznych

Pierwsze prace nad algorytmami ewolucyjnymi (AE) zostały napisane w latach 60. XX wieku. W latach 90. nastąpił gwałtowny rozwój tych technik. Postęp prac był związany z rozwojem i dostępnością komputerów PC oraz oprogramowania. Programy oparte na metodach sztucznej inteligencji wymagają efektywnego oprogramowania i szybkich jednostek obliczeniowych. AE należą do metod optymalizacyjnych, a jak wiadomo, metody te dzieli się na [6]:



Algorytm ewolucyjny

Istnieje wiele metod poszukujących najlepszego rozwiązania w zadanej przestrzeni rozwiązań. Większość z tych metod jest skuteczna w przypadku, kiedy wskaźniki jakości posiadają wiele ekstremów lokalnych lub gdy przestrzenie poszukiwań rozwiązania nie są ciągłe. Znacznie bardziej skuteczne pod tym względem są AE [1, 5, 6, 20], posiadają bowiem wbudowane mechanizmy do omijania ekstremów lokalnych. Otrzymane wyniki obliczeń za pomocą AE nie uznaje się za optymalne, ponieważ np. istnieje konieczność próbkowania przestrzeni poszukiwań. Przy korzystaniu z klasycznych algorytmów genetycznych przestrzeń poszukiwań rozwiązania optymalnego jest zakodowana, co powoduje, że pojedyncze rozwiązanie (osobnik) reprezentowane jest jako ciąg bitów {0,1} lub symboli. Powoduje to zmniejszenie dokładności obliczeń w stosunku do algorytmów ewolucyjnych, które korzystają z reprezentacji zmiennopozycyjnej. Podstawowy schemat blokowy algorytmu ewolucyjnego przedstawiono na ryc. 1 [6].



Ryc. 1. Schemat blokowy algorytmu ewolucyjnego

Po starcie, program generuje grupę rozwiązań, tzw. populację początkową. Następnie dla każdego osobnika określany jest wskaźnik jakości (ocena populacji) i w pętli sprzężenia zwrotnego rozpoczyna się proces obliczeń ewolucyjnych. Jeden obieg pętli odpowiada jednemu pokoleniu. Podczas każdego pokolenia na podstawie aktualnej populacji tworzone są nowe osobniki za pomocą operatorów ewolucyjnych. Wygenerowane osobniki są oceniane. Nowe osobniki stanowią zbiór, który, dołączony do populacji, stanowi bazę dla operatora selekcji. Wybiera on osobniki z powiększonego zbioru i umieszcza je w nowym zbiorze, który będzie tworzył populację bazową w kolejnym obiegu pętli programu. Po spełnieniu warunku zakończenia ewolucji wyprowadzana jest wartość osobnika najlepszego.

Reprezentacja zadania

Jak wiadomo, w szeroko pojętych algorytmach ewolucyjnych stosowanych jest wiele reprezentacji zadania [1, 5, 6, 20]:

– binarna – najczęściej wykorzystywana w algorytmach genetycznych,

– symboliczna, np. w przypadku dylematu więźnia,

– stałopozycyjna, np. dla TSP (*Travelling Salesman Problem* – z ang. problem komiwojażera),

– zmiennopozycyjna.

Rozpatrywanie danego problemu implikuje użycie odpowiedniej reprezentacji dla tego zadania. Jeżeli osobnik jest reprezentowany przez liczby zmiennopozycyjne, to wartość np. rezystancji zapisuje się w omach (eliminuje to konieczność każdorazowego przekodowywania genów z wartości np. binarnych na zmiennopozycyjne). W przypadku korzystania np. z reprezentacji binarnej maleje dokładność obliczeń, gdyż liczba bitów w takiej reprezentacji jest liczbą skończoną, a im dłuższe ciągi kodowe posiada osobnik, tym dłuższy jest czas obliczeń za pomocą programu ewolucyjnego.

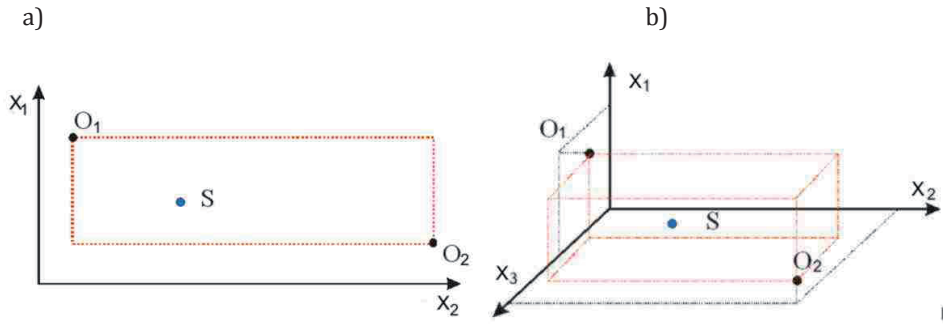
Operatory ewolucyjne

Jak wiadomo, operatory ewolucyjne mają za zadanie generować nowe osobniki, na podstawie dostępnej populacji [6]. Można je podzielić na operatory jednoargumentowe (np. operator mutacji) i operatory wieloargumentowe (np. operator krzyżowania). Operatory powinny mieć możliwość wygenerowania osobników, które będą leżały wewnątrz całego obszaru poszukiwania ekstremum wskaźnika jakości. Może się zdarzyć sytuacja, że jakiś osobnik znajdzie się poza dziedziną zadania, wtedy nazywany jest rozwiązaniem niedopuszczalnym i dla takiego osobnika stosuje się albo algorytm naprawy (czyli umieszczenie osobnika wewnątrz dziedziny), tak przelicza się funkcję oceny, by osobnik z większym prawdopodobieństwem został samoistnie wyeliminowany przez dobór naturalny, albo natychmiastowo usuwa się takie rozwiązanie z populacji. Całkowite usunięcie rozwiązania niedopuszczalnego powoduje utracenie pełnej informacji, którą on reprezentował. Doświadczenia pokazują, że korzystne jest stosowanie algorytmu naprawy.

Krzyżowanie zmiennopozycyjne

Krzyżowanie jest operatorem wieloargumentowym, tzn. do wygenerowania jednego nowego osobnika potrzebuje on minimum dwóch innych. Zakłada się, że nowe rozwiązanie musi odziedziczyć cechy swoich rodziców. Założenie to jest

spełnione, jeżeli osobnik potomny znajdzie się w bryle wypukłej, gdzie wierzchołkami przeciwległymi są dwa punkty w przestrzeni (ryc. 2) [6].



Ryc. 2. Graficzna interpretacja rozwiązań w przestrzeni dwuwymiarowej X_1X_2 – (a) i trójwymiarowej $X_1X_2X_3$ – (b), gdzie O_1 i O_2 to rozwiązania rodzicielskie, S – rozwiązanie potomne, linią oznaczono obszar, gdzie z jednakowym prawdopodobieństwem może znaleźć się rozwiązanie potomne

W wyniku takiego operatora krzyżowania, przy założeniu, że dziedzina zadania jest wypukła, nigdy nie otrzyma się rozwiązania niedopuszczalnego.

Mutacja zmiennopozycyjna zwykła

Operator mutacji jest operatorem jednoargumentowym. Działanie operatora mutacji polega na wygenerowaniu nowego rozwiązania na podstawie jednego rozwiązania rodzicielskiego i umieszczeniu go w puli, z której wybierana jest nowa populacja [1, 5, 6, 20]. Z założenia operator mutacji generuje na podstawie osobnika rodzicielskiego takiego osobnika potomnego, który powinien tylko nieznacznie różnić się od osobnika rodzicielskiego. Zakłada się, że nowe osobniki mają z większym prawdopodobieństwem znajdować się w bliskim otoczeniu osobnika rodzicielskiego, a z prawdopodobieństwem mniejszym znajdować się w dalszej odległości. To założenie spełnia np. krzywa Gaussa.

Mutacja zmiennopozycyjna postępowa

W tym operatorze genetycznym na osobnik poddawany mutacji należy spojrzeć od strony osobnika i jego funkcji oceny [6]. Rozpatrując osobnik (O), obliczono wartość jego funkcji oceny (F_O). Następnie bada się jednokrotnie otoczenie osobnika (O), otrzymując kandydata na osobnika (O'). Oblicza się wartość funkcji oceny dla tego kandydata (F_O'). Jeżeli $F_O > F_O'$ (dla problemu maksymalizacji wskaźnika jakości F) lub $F_O < F_O'$ (dla problemu minimalizacji wskaźnika jakości F), to osobnik O jest niezmienny. Jeżeli $F_O < F_O'$ (dla problemu maksymalizacji wskaźnika jakości F) lub $F_O > F_O'$ (dla problemu minimalizacji wskaźnika jakości F), to osobnik O zostaje zastąpiony lepszym osobnikiem O'.

Osobniki z populacji poddawane tylko temu operatorowi będą dążyły tylko do ekstremów lokalnych (zjawisko niszowania). Migracja między ekstremami nie jest wtedy możliwa. Ten rodzaj mutacji po każdorazowym zadziałaniu na grupę osobników nie pogarsza jej funkcji oceny. Wprowadzenie tego operatora w końcowym etapie ewolucji, po ustaleniu się populacji wokół jakiegoś ekstremum, spowoduje dokładniejsze usytuowanie się populacji wokół tego ekstremum.

Selekcja

Operator selekcji (dobór naturalny) jest odpowiedzialny za wybór osobników do nowej populacji (następnej pętli programu). Jest odpowiedzialny za postępy w ekstremalizowaniu wskaźnika jakości. Jego zadaniem jest średnio zwiększać sumę wskaźników jakości dla wszystkich osobników w populacji (w przypadku poszukiwania maksimum wskaźnika jakości) lub średnio zmniejszać sumę wskaźników jakości (w przypadku poszukiwania minimum). Dobrze zaprojektowany operator powinien też okresowo umożliwić zmniejszenie (pogorszenie) funkcji oceny (dla zadania maksymalizacji wskaźnika jakości), by uniknąć przedwczesnej zbieżności algorytmu, co związane jest z „utknięciem" populacji w ekstremum lokalnym. W literaturze opisanych jest wiele różnych operatorów selekcji [1, 5, 6, 20].

Metoda ruletki

Metoda ruletki [1, 5, 6, 20] polega na obliczeniu dodatkowego wskaźnika ($MR>0$) dla każdego osobnika, tak by suma wszystkich tych wskaźników była równa 1. Wskaźnik *MR* powstaje na podstawie wartości funkcji oceny osobników. Na podstawie wskaźników *MR* dla każdego z osobników tworzy się rosnący ciąg z wyrazem początkowym równym 0, wówczas każdy osobnik ma przyporządkowany odcinek o długości mniejszej niż 1 (suma wartości wskaźników *MR* jest równa 1, to i suma długości wszystkich odcinków jest równa 1). Operator selekcji, korzystając z generatora liczb pseudolosowych (losuje liczby z przedziału <0,1>), wybierając liczby, wybiera jednocześnie osobniki do nowej populacji.

Selekcja deterministyczna

Selekcja deterministyczna polega na każdorazowym odrzucaniu najgorszych rozwiązań (o najniższym przystosowaniu) [1, 5, 6, 20]. Działanie tego operatora zawsze powoduje zwiększenie lub utrzymanie na tym samym poziomie wskaźnika jakości (w skrajnym przypadku, kiedy wszystkie wygenerowane osobniki mają funkcję oceny o wartości mniejszej niż którykolwiek z populacji dotychczasowej, nowa populacja będzie składała się dokładnie z tych samych osobników co do tej pory, czyli wszystkie nowo wygenerowane osobniki zostaną odrzucone). Przy stosowaniu tego operatora należy zwrócić szczególną uwagę, by program przedwcześnie nie określał rozwiązania zbieżnego do ekstremum lokalnego. Jedną z cech tej metody selekcji jest to, że zakładając, iż populacja początkowa składała się z osobników różnych, to w jednym pokoleniu całość populacji nie zostanie zdominowana przez jedno rozwiązanie, jak to ma miejsce przy zastosowaniu metody ruletki.

Metoda turnieju

Ten rodzaj selekcji polega na losowym wybraniu zbioru osobników z populacji i dokonaniu porównania wybranych osobników [1, 5, 6, 20]. Z tego zbioru wybierany jest najlepszy osobnik, który staje się członkiem nowej populacji. Podczas działania tego operatora możliwe są wahania średniego przystosowania całej populacji, gdyż w nowej niekoniecznie znajdą się osobniki najlepsze. Podobnie jak w przypadku selekcji deterministycznej, metoda turnieju nie dopuszcza do zdominowania całej populacji przez jedno rozwiązanie, choć w teorii prawdopodobieństwa jest to możliwe. W praktyce nie zaobserwowano podobnych tendencji. Możliwe jest, że do

każdego turnieju w jednym pokoleniu (zakładając liczbę turniejów równą liczbie osobników w populacji) zostanie wybrany najlepszy osobnik wraz z innymi gorszymi osobnikami. Ponieważ turniej polega na wybraniu rozwiązania najlepszego z wylosowanych, do kolejnej populacji wybrany zostanie ten z najlepszym przystosowaniem. Możliwe jest też, że do nowego pokolenia nie zostanie wybrane najlepsze z dotychczas znalezionych rozwiązań. Ten rodzaj selekcji nie „chroni" najlepiej przystosowanego osobnika.

Funkcja oceny

Funkcja oceny pełni rolę środowiska [1, 5, 6, 20], określa, jak dobry jest dany osobnik. Na jej podstawie dokonuje się porównania osobników. W przypadku jednokryterialnym porównuje się liczby między sobą, w przypadku wielokryterialnym porównuje się wektory. Każde zadanie posiada indywidualną funkcję oceny. W przypadku optymalizacji jednokryterialnej funkcja oceny jest jednocześnie wskaźnikiem jakości, w przypadku optymalizacji wielokryterialnej funkcja oceny jest wektorem, którego współrzędne tworzą wartości przyjętych wskaźników jakości.

Zastosowanie AE

AE są stosowane w wielu dziedzinach nauki m.in. do:

– projektowania (obwodów elektrycznych, sieci telekomunikacyjnych, układów klawiatury, wskaźników w samolotach),

– kontroli (rurociągów, gazociągów, obciążenia słupów, unikania pocisków),

– uczenia maszynowego (projektowania sieci neuronowych, systemów klasyfikujących, reguł uczących),

– planowania trajektorii i ścieżek ruchu,

– optymalizacji kombinatorycznej (TSP, pokrycia zbiorów, podziału grafów, szukania ścieżek),

– przetwarzania sygnałów i obrazów,

– w biznesie do przewidywania gospodarczego, oceniania ryzyka kredytowego, wykrywania kradzieży kart kredytowych i wielu innych [1, 5, 7–14, 16, 17, 20, 22–24].

W niniejszej pracy zastosowano AE do identyfikacji parametrów modelu matematycznego silnika indukcyjnego oraz w procesie optymalizacji parametrycznej w układzie sterowania polowo-zorientowanego (FOC) z tym silnikiem [3, 4, 15, 18, 21]. Zaprezentowano jedynie wybrane rozwiązania.

Identyfikacja parametrów modelu matematycznego silnika indukcyjnego

W badaniach dynamiki układów sterowania z maszynami indukcyjnymi fundamentalnym zadaniem jest określenie modelu matematycznego tej maszyny. Model ten powinien dostatecznie wiernie odzwierciedlać procesy zachodzące w maszynie przy możliwie najprostszym opisie matematycznym. Najczęściej przyjmuje się założenia upraszczające, jak np. w pracach [2, 6, 10, 19, 21, 25, 26, 28, 29].

Problem identyfikacji parametrów modelu matematycznego silnika indukcyjnego był przedmiotem wielu prac [3, 4, 6, 9, 11–14, 19, 22–24]. W pracach [6, 9, 11, 12] autorzy identyfikowali:

– rezystancję stojana R_1,
– rezystancję wirnika sprowadzoną na stronę stojana R_2,
– indukcyjność stojana L_1,
– indukcyjność wirnika sprowadzoną na stronę stojana L_2,
– indukcyjność wzajemną między uzwojeniem stojana a uzwojeniem wirnika sprowadzonym na stronę stojana L_{12},
– współczynnik tarcia lepkiego D,
– moment bezwładności J.

Niezbędnych pomiarów dokonano, wykorzystując do tego celu oprogramowanie DAMOT [27]. Dokonano rejestracji przebiegów rozruchowych prędkości obrotowej i prądu fazowego oraz charakterystyk stanu ustalonego tj. charakterystyki mechanicznej oraz zależności prądu fazowego od czasu. Dane te posłużyły jako rekordy wejściowe do programu ewolucyjnego. Przebadano wpływ dwóch metod selekcji oddziaływujących na populację osobników, operatora genetycznego (operatora mutacji postępowej) modyfikującego dany osobnik i nie powodującego pogorszenia wartości wskaźnika (wskaźników) jakości. Porównano metody wykorzystujące wielokryterialność w sensie Pareto oraz wielokryterialność sprowadzaną do przypadku jednokryterialnego przy pomocy wektora wag [6]. Identyfikację przy zastosowaniu wielokryterialności sprowadzanej do przypadku jednokryterialnego oraz znormalizowanego wektora wag dokonano dla doboru naturalnego metodą turnieju i metodą deterministyczną. W wielokryterialności sprowadzanej do przypadku jednokryterialnego całkowity wskaźnik jakości stanowił ważoną sumę cząstkowych wskaźników jakości, czyli ważoną sumę parzystych potęg składników stanowiących odchylenia wielkości zmierzonych w j-tej chwili czasu i wielkości obliczonej w tej samej chwili.

$$K = \sum_{i=1}^{I} \frac{w_i}{N_r^{2d}} \sum_{j=1}^{P} \left(w_{zi,j} - w_{oi,j} \right)^{2d} \tag{1}$$

gdzie:
w_i – wartość współczynnika wagowego i-tego kryterium,
I – liczba kryteriów,
w_{zj} – wielkość zmierzona w j-tej chwili czasu,
w_{oj} – wielkość obliczona w j-tej chwili czasu,
P – liczba dyskretnych momentów czasu, w których obliczony jest wskaźnik jakości,
$2d$ – parzysta potęga błędu,
N_r – współczynnik normalizujący.

W tabelach 1, 2 przedstawiono wybrane najlepsze osobniki dla wielokryterialności sprowadzanej do przypadku jednokryterialnego z addytywnym wskaźnikiem jakości oraz dla wielokryterialności wykorzystującej paretooptymalność i efekt rozpychania.

Tab. 1. Najlepsze osobniki dla wielokryterialności sprowadzanej do przypadku jednokryterialnego z addytywnym wskaźnikiem jakości

Lp.	R_1 *[Ω]*	R_2 *[Ω]*	L_1 *[H]*	L_2 *[H]*	L_{12} *[H]*	J $[kg \cdot m^2]$	D $[N \cdot m \cdot s/rad]$	K
1	5,015	3,430	0,1989	0,1028	0,08087	0,01406	0,005957	0,072
2	5,026	3,430	0,1994	0,1018	0,08062	0,01411	0,006018	0,126
3	5,017	3,436	0,1997	0,1022	0,08086	0,01411	0,005965	0,126

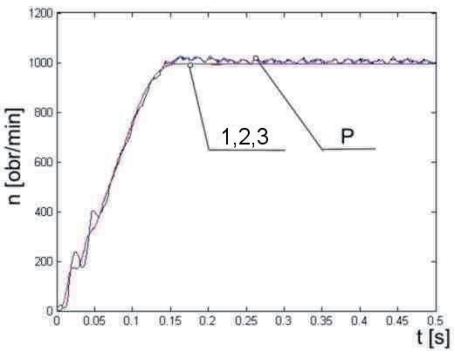
Tab. 2. Najlepsze osobniki dla wielokryterialności wykorzystującej paretooptymalność i efekt rozpychania

Lp.	R_1 *[Ω]*	R_2 *[Ω]*	L_1 *[H]*	L_2 *[H]*	L_{12} *[H]*	J $[kg \cdot m^2]$	D $[N \cdot m \cdot s/rad]$
4	5,024	3,437	0,1965	0,1040	0,08083	0,01314	0,005952
5	5,023	3,425	0,1966	0,1034	0,08059	0,01411	0,006061
6	5,034	3,423	0,1924	0,1050	0,08046	0,01449	0,005913

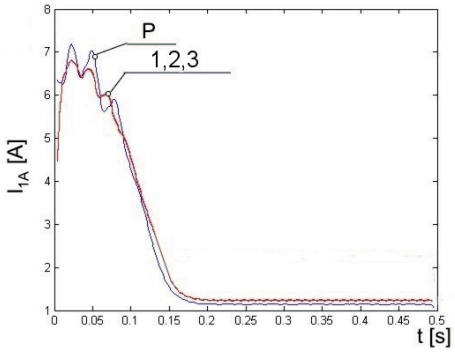
Lp.	K_1 $[obr^2/min^2]$	K_2 $[A^2]$	K_3 $[N^2 \cdot m^2]$	K_4 $[A^2]$
4	0,1300	8,241	0,0173	0,0719
5	0,0674	8,691	0,0172	0,0669
6	0,0663	9,709	0,0990	0,3151

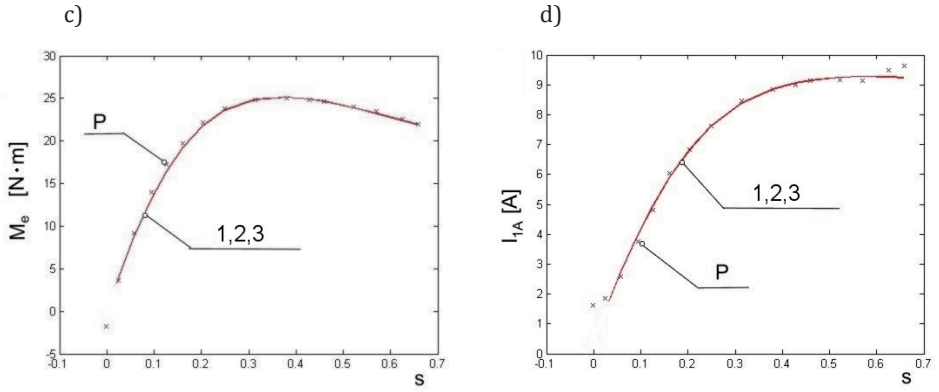
Na rycinach 3, 4 przedstawiono dane pomiarowe (P) oraz charakterystyki i przebiegi otrzymane na podstawie osobników z tabel 1, 2

a)

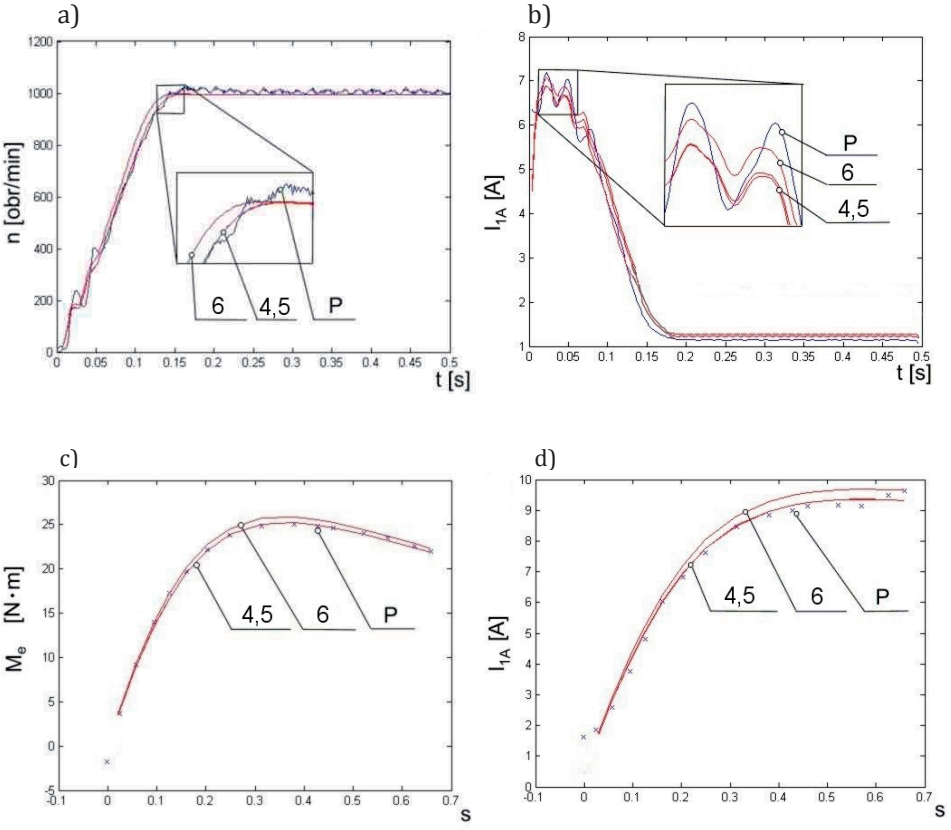


b)





Ryc. 3. Wykreślone na podstawie obliczonych ewolucyjnie osobników z tabeli 1: a) przebieg prędkości obrotowej, b) przebieg prądu pierwszej fazy stojana, c) zależność momentu elektromagnetycznego od poślizgu, d) zależność prądu fazowego od poślizgu



Ryc. 4. Wykreślone na podstawie obliczonych ewolucyjnie osobników z tabeli 2: a) przebieg prędkości obrotowej, b) przebieg prądu pierwszej fazy stojana, c) zależność momentu elektromagnetycznego od poślizgu, d) zależność prądu fazowego od poślizgu

Zbadano problem wielokryterialności sprowadzanej do przypadku jednokryterialnego, wykorzystując multiplikatywny wskaźnik jakości, w którym wskaźnik całkowity stanowi iloczyn wskaźników cząstkowych.

$$F = \prod_{i=1}^{k} \frac{1}{N_r^2} \sum_{j=1}^{P} \left(w_{zi,j} - w_{oi,j} \right)^2 \qquad (2)$$

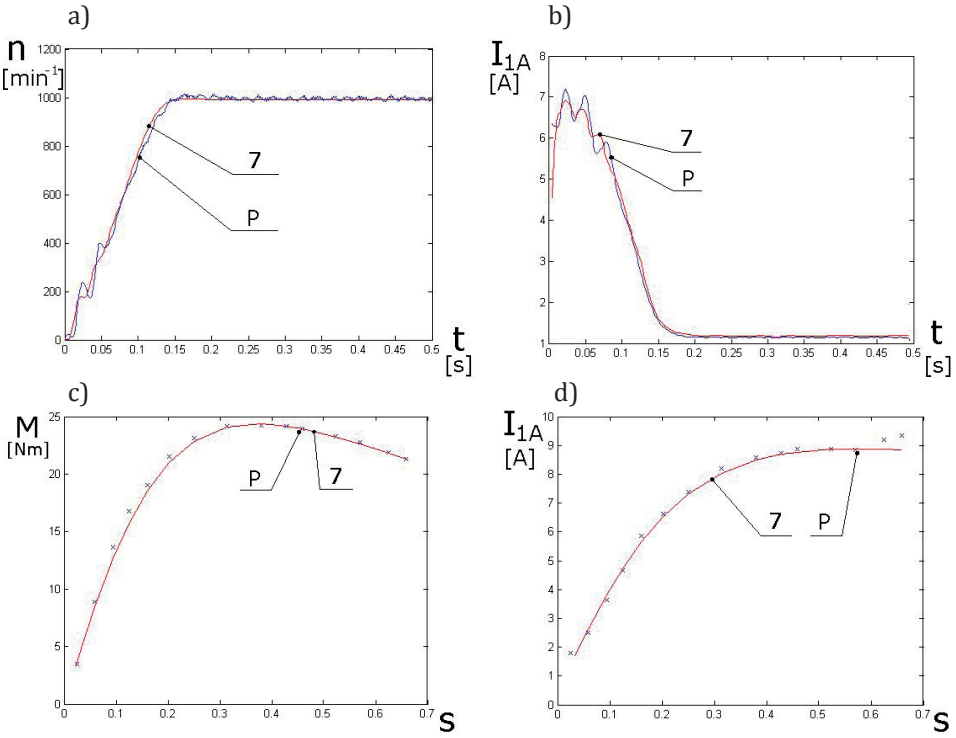
gdzie: k – ilość kryteriów.

Otrzymana wartość to wartość kryterium całkowitego. W tabeli 3 przedstawiono znalezionego przez AE najlepszego osobnika.

Tab. 3. Najlepszy znaleziony osobnik dla wielokryterialności sprowadzanej do przypadku jednokryterialnego przy wykorzystaniu multiplikatywnego wskaźnika jakości

Lp.	R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	L_1 [H]	L_2 [H]	L_{12} [H]	D $[N \cdot m \cdot s/rad]$	J $[kg \cdot m^2]$	F
7.	5,01479	3,42843	0,20446	0,10045	0,08092	0,00608	0,01342	0,00022

Na rysunku 5 przedstawiono dane pomiarowe (P) oraz charakterystyki i przebiegi otrzymane na podstawie osobnika z tabeli 3.



Ryc. 5. Wykreślone na podstawie obliczonych ewolucyjnie osobników z tabeli 3: a) przebieg prędkości obrotowej, b) przebieg prądu pierwszej fazy stojana, c) zależność momentu elektromagnetycznego od poślizgu, d) zależność prądu fazowego od poślizgu

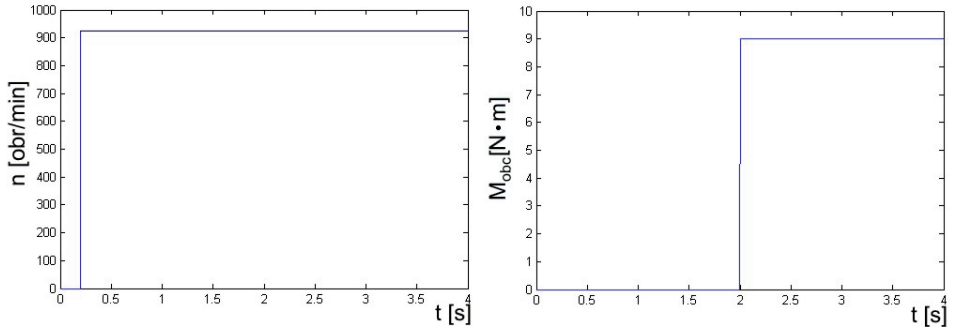
Jak wynika z tabel 1–3 oraz z rycin 3–5, otrzymane wyniki są powtarzalne i dokładne.

Optymalizacja parametryczna w układzie sterowania polowo-zorientowanego FOC

W pracy [6] wykorzystano obliczone wcześniej parametry modelu matematycznego silnika indukcyjnego w układzie 0xy i zastosowano je w bloku odtwarzania położenia strumienia magnetycznego oraz momentu elektromagnetycznego. Narzędziem doboru nastaw regulatorów był program ewolucyjny, przy pomocy którego obliczono współczynniki wzmocnienia i współczynniki zależne od czasów zdwojenia dla 5-ciu regulatorów PI zastosowanych w układzie FOC. Osobnikiem był wektor 10-cio elementowy. W tabeli 4 zawarto wybrany osobnik, który był jednocześnie osobnikiem najlepszym. Zastosowano jedno kryterium jakości.

$$K = \sum_{j=1}^{p} w_{zi,j} - w_{oi,j} \tag{3}$$

Funkcje uczące przedstawiono na ryc. 6.



Ryc. 6. Przebieg sygnału prędkości zadanej w układzie sterowania z silnikiem Sg90L-6 – (a) oraz przebieg przyjętego momentu obciążenia dla tego układu – (b)

Tab. 4. Wybrany wynik ewolucji wzmocnień regulatorów $K_{p,i}$ oraz współczynników $T_{p,i}$ regulatorów PI dla silnika Sg90L-6

Lp.	$K_{p,1}$	$K_{p,2}$	$K_{p,3}$	$K_{p,4}$	$K_{p,5}$
1	13,2	14,9	11,9	0,20	1,91

Lp.	$T_{p,1}$	$T_{p,2}$	$T_{p,3}$	$T_{p,4}$	$T_{p,5}$	K [obr/min]
1	3,04	2,01	3,96	0,49	8,8	$7{,}43 \cdot 10^5$

gdzie:

$K_{p,1}$ – współczynnik wzmocnienia regulatora prądu współrzędnej x układu wirującego 0xy,

$T_{p,1}$ – współczynnik zależny od czasu zdwojenia regulatora prądu współrzędnej x układu wirującego 0xy,

$K_{p,2}$ – współczynnik wzmocnienia regulatora prądu współrzędnej y układu wirującego 0xy,

$T_{p,2}$ – współczynnik zależny od czasu zdwojenia regulatora prądu współrzędnej x układu wirującego 0xy,

$K_{p,3}$ – współczynnik wzmocnienia regulatora strumienia,

$T_{p,3}$ – współczynnik zależny od czasu zdwojenia regulatora strumienia,

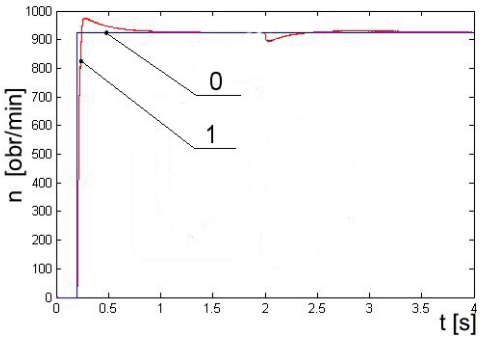
$K_{p,4}$ – współczynnik wzmocnienia regulatora momentu elektromagnetycznego,

$T_{p,4}$ – współczynnik zależny od czasu zdwojenia regulatora momentu elektromagnetycznego,

$K_{p,5}$ – współczynnik wzmocnienia regulatora prędkości obrotowej,

$T_{p,5}$ – współczynnik zależny od czasu zdwojenia regulatora prędkości obrotowej.

Na ryc. 7 wykreślono przebiegi prędkości obrotowej realizowanej przez układ sterowania: zadany oznaczony „0" oraz odpowiadający osobnikowi najlepszemu „1" o najmniejszej wartości funkcji oceny z tabeli 4.



Ryc. 7. Przebieg prędkości obrotowej: zadanej „0" oraz odpowiadającej nastawom regulatorów reprezentowanych przez osobnik „1"

Podsumowanie

AE ze względu na swoje cechy są użytecznym i efektywnym narzędziem używanym do rozwiązywania rozmaitych problemów optymalizacyjnych. Stosowane w mechatronice mogą minimalizować lub maksymalizować dane wskaźniki (wskaźnik) jakości w innych zadaniach. Są stosowane tam, gdzie wykorzystywanie „klasycznych" metod optymalizacyjnych zawodzi, np. w problemach, gdzie wskaźniki jakości w badanej przestrzeni rozwiązań posiadają wiele ekstremów lokalnych, utrudniających znalezienie ekstremum globalnego. Jak pokazują doświadczenia, dobrze zaprojektowany program ewolucyjny określa z prawdopodobieństwem 95%

wynik satysfakcjonujący przyjęte założenia. Wyniki otrzymane przy zastosowaniu programów ewolucyjnych mogą stanowić rekordy wejściowe dla innych metod optymalizacyjnych (np. metod gradientowych).

Bibliografia

Arabas J., *Wykłady z algorytmów ewolucyjnych*, WNT, Warszawa 2001

Bajorek Z., *Teoria Maszyn Elektrycznych*, t. 2, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 1991

Chrzan P.J., *Identyfikacja parametrów silnika indukcyjnego w układzie polowo-zorientowanym podczas postoju,* I Krajowa Konferencja Użytkowników MATLAB'a, AGH – Kraków, 14–15 listopada 1995

Chrzan P.J. i in., Diagnostic of Induction Machine in Stanstill Conditions, The 1999 IEEE International Symposium Diagnostic For Electrical Machines, Power Electronics and Drives, IEEE SDEMPED '99, Gijon, Spain, September 1–3, 1999

Goldberg David E., *Algorytmy genetyczne i ich zastosowania,* WNT, Warszawa 1998

Hudy W., *Projektowanie układu sterowania oraz identyfikacja parametrów silnika indukcyjnego z zastosowaniem algorytmów ewolucyjnych i różnych kryteriów jakości,* Rozprawa doktorska, AGH, Kraków 2007

Hudy W., Jaracz K., Computer Aided Selection of Controler's Adaptive in Controls System with using Evolutionary Algorithm, Materiały Konferencyjne REM 2004, Kielce 1–2 października 2004

Hudy W., Jaracz K., Identyfikacja obiektów wyższych rzędów przy zastosowaniu algorytmu genetycznego, 32 Konferencja Automatyzacji Procesów Górniczych, Szczyrk 2–4 czerwca 2004

Hudy W., Jaracz K., Identyfikacja parametrów silnika indukcyjnego przy wykorzystaniu zasady optymalności w sensie Pareto i zastosowaniu algorytmów ewolucyjnych. Materiały Konferencyjne SENE 2005, Łódź 23–25 listopada 2005

Hudy W., Jaracz K., *Przegląd modeli matematycznych maszyny indukcyjnej*, Annales Academiae Paedagogicae Cracoviensis, Folia 32, Studia Technica I, Wyd. Nauk. Akademii Pedagogicznej, Kraków 2006

Hudy W., Jaracz K., Wielokryterialna identyfikacja parametrów silnika indukcyjnego przy zastosowaniu algorytmu ewolucyjnego. 33 Konferencja Automatyka, Telekomunikacja, Informatyka – ATI 2005, Szczyrk, 1–3 czerwca 2005

Jaracz K., Hudy W., Criteria Identification of Inductive Motor's Parameters with using Evolutionary Algorithm, Pareto's Optimal Rule and Steady State's Characteristics. International Carpathian Control Conference ICCC' 2006 Roznov pod Radhostem, Czech Republic, 29–31 May 2006

Jażdżyński W., Identification of a model of induction motor with function parameters. ICEMS2003, proceedings of the sixth International Conference on Electrical Machines and Systems, November 9–11, Beijing, China 2003

Jażdżyński W., Milej W., Identyfikacja niestacjonarnego modelu silnika indukcyjnego z uwzględnieniem zjawisk cieplnych – Identification of a nonstationary model of an induction motor accounting for heating problem. SME'2002, XXXVIII International Sympo-

sium on Electrical Machines, new constructions, technologies and calculation methods of electrical machines, Cedzyna – June 18–21, Kielce, Poland 2002

Kalus M., Skoczkowski T., *Sterowanie napędami asynchronicznymi i prądu stałego*, Pracownia Komputerowa Jacka Skalmierskiego, Gliwice 2003

Kaźmierkowski M.P., *Porównanie metody sterowania polowo-zorientowanego z metodą bezpośredniej regulacji momentu silnika klatkowego*, Przegląd Elektrotechniczny 4/98, Warszawa 1998

Klempka R., *Sterowanie obiektem elektromechanicznym z wykorzystaniem algorytmów genetycznych przy kilku kryteriach jakości*. Rozprawa doktorska, Kraków 1998

Kowalski C.T., *Zastosowanie metod sztucznej inteligencji w diagnostyce silników indukcyjnych*. Część 1 i 2, SME 2006, Kraków 2006

Leonard W., *Control of Electrical Drives*, Springer Verlag, Berlin 1985

Macek-Kamińska K., *Estymacja parametrów modeli matematycznych silników indukcyjnych dwuklatkowych i głęboko żłobkowych*, Wyd. Wyższej Szkoły Inżynieryjnej w Opolu, Opole 1992

Michalewicz Z., *Algorytmy genetyczne + struktury danych = programy ewolucyjne*, WNT, Warszawa 1999

Orłowska-Kowalska T., *Bezczujnikowe układy napędowe z silnikami indukcyjnymi*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2003

Orłowska-Kowalska T., Lis J., *Identyfikacja parametrów silnika indukcyjnego w stanie zatrzymanym za pomocą algorytmu ewolucyjnego*, Prace Naukowe Instytutu Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych Politechniki Wrocławskiej, nr 56, Wrocław 2004

Orłowska-Kowalska T., Szabat K., Ritter W., *Zastosowanie algorytmów genetycznych do identyfikacji parametrów silnika indukcyjnego*, X Sympozjum PPEE 2003 – Wisła 7–10 grudnia 2003

Orłowska-Kowalska T., Szabat K., Ritter W., *Identyfikacja parametrów silnika indukcyjnego za pomocą algorytmów genetycznych*, Prace Naukowe Instytutu Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych Politechniki Wrocławskiej, nr 54, Wrocław 2003

Plamitzer A.M., *Maszyny elektryczne,* WNT, wyd. 4, Warszawa 1970

Rams W., Rams M., Nykliński A., Nowoczesne układy do badania maszyn elektrycznych w DFME DAMEL. Nowe rozwiązania i doświadczenia w budowie i bezpiecznej eksploatacji urządzeń kompleksowej odstawy urobku przenośnikami taśmowymi, XII międzynarodowe sympozjum: Zakopane 5–7 maja 2004 / Fabryka Taśm Transportowych STOMIL Wolbrom S. A. Wolbrom: FTT STOMIL Wolbrom S. A.; Kraków: AWK „GEO'', 2004, s. 145–155

Rusek J., *Elektrotechnika z elementami napędów*, Wyd. AGH, Kraków 1996

Sobczyk T.J., *Metodyczne aspekty modelowania matematycznego maszyn indukcyjnych,* WNT, Warszawa 2004

Application of evolutionary algorithms to optimization of mechatronics system

Abstract

In this paper is colleted elementary information about evolutionary algorithms. There are described applied evolutionary operators (mutation, progressive mutation, and crossover) and selection (roulette-wheel selection, deterministic selection, tournament selection). There are presented examples of AE applying in mechatronics controls (identification of mathematical model induction motor's parameters; the selection of control parameters in field orientated control system with induction motor).

Key words, induction motor; evolutionary algorithm; field oriented control

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Paweł Hyjek

Faza międzymetaliczna Ni_3Al – właściwości i zastosowanie

Związki międzymetaliczne, jako odłamki meteorytów zawierających stopy niklu i żelaza, od zarania dziejów ludzkości stanowiły cenny materiał konstrukcyjny używany do wyrobu narzędzi i broni. Wysokie właściwości mechaniczne zawdzięczały istnieniu uporządkowanych faz Fe_3Ni, FeNi oraz $FeNi_3$, które powstawały dzięki specyficznym warunkom istniejącym w przestrzeni kosmicznej (szybkość chłodzenia – K/milion lat). Znacznie później związki międzymetaliczne znalazły liczne zastosowania jako powłoki ochronne Cu_3As, lustra $Cu_{31}Sn_8$, amalgamaty stomatologiczne $Ag_2Hg_3 + Sn_6Hg$, a także jako stop do wyrobu czcionek drukarskich SbSn. Fazy międzymetaliczne wykorzystywano w materiałach magnetycznych, nadprzewodnikach metalicznych, materiałach półprzewodnikowych, stopach z pamięcią kształtu, stopach łożyskowych oraz w materiałach na oporowe elementy grzewcze [1, 2].

Przedmiotem szczególnego zainteresowania były fazy międzymetaliczne z układów równowagi Ti-Al, Ni-Al, Fe-Al, jak również fazy międzymetaliczne odznaczające się bardzo wysoką temperaturą topliwości. Główną barierą ograniczającą przemysłowe wykorzystanie faz międzymetalicznych była kruchość w temperaturze otoczenia, jak również ograniczona plastyczność w szerokim zakresie temperatur i prędkości odkształcania. Podejmowane próby wykorzystania faz międzymetalicznych w stanie odlanym nie przyniosły oczekiwanych efektów – okazało się bowiem, że struktura odlewnicza podwyższała ich kruchość w temperaturze otoczenia [1–3].

Faza międzymetaliczna

Fazy międzymetaliczne stanowią połączenie metali lub metali z niemetalami wykazującymi właściwości metaliczne ze względu na częściowy lub całkowity udział wiązania metalicznego między atomami wchodzącymi w skład fazy. Charakterystyczne cechy faz międzymetalicznych opisują cztery zasady:

– struktura sieciowa faz międzymetalicznych różna od struktury każdego ze składników,

– atomy każdego ze składników wykazują uporządkowane rozmieszczenie w sieci krystalicznej,

– w oddziaływaniach między atomami występuje przewaga wiązania metalicznego,

– wzajemne stosunki ilościowe atomów składników rzadko odpowiadają wartościowościom chemicznym pierwiastków, jakie wykazują one w związkach chemicznych, aczkolwiek fazom można przypisać wzory związków chemicznych.

Niektóre fazy międzymetaliczne mają stały (stechiometryczny) stosunek składników, jednak bardzo często istnieją one w znacznie szerszym zakresie stężeń składników, tworząc roztwory stałe wtórne.

Odkrycie możliwości uplastyczniania polikrystalicznej fazy międzymetalicznej Ni_3Al mikrododatkiem boru [3], który, segregując do granic, podwyższa siłę kohezji między ziarnami, ogranicza kruchość międzykrystaliczną, jak również wpływa na wzrost umocnienia roztworu stałego przez blokowanie dyslokacji [4, 5], stymulowało podjęcie badań nad wpływem różnych dodatków stopowych na polepszenie właściwości użytkowych stopów na osnowie faz międzymetalicznych. Jedną z ważniejszych cech faz międzymetalicznych jest możliwość uzyskiwania pożądanych właściwości użytkowych przez odpowiedni dobór dodatków stopowych oraz warunków krystalizacji – właściwości na poziomie nieosiągalnym dla innych klasycznych materiałów.

Wzrost zainteresowania możliwością przemysłowego wykorzystania faz międzymetalicznych oraz stopów na ich osnowie skłania do podjęcia badań nad nowymi technologiami ich wytwarzania w aspekcie optymalizacji właściwości użytkowych w różnych warunkach eksploatacyjnych. Większość prac z tego zakresu koncentruje się na modyfikacji struktury związanej z formą, morfologią ziaren i wydzieleń, modyfikacji pozwalającej na wytworzenie dendrytycznej struktury mikrokrystalicznej, a także na generowaniu włóknistej struktury kierunkowo krystalizowanego stopu, komórkowej struktury płytkowej w następstwie skojarzonego wydzielania i rozpuszczania nieciągłego, jak również na heterogenicznym wydzielaniu faz na defektach struktury [6–8].

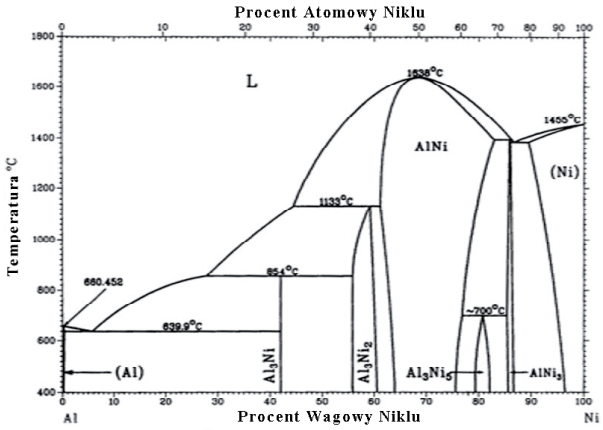
Istotny wpływ na właściwości stopów na osnowie faz międzymetalicznych wywiera sposób krystalizacji. Stopy posiadające strukturę dendrytyczną zachowują się analogicznie jak kompozyty – w tym przypadku elementem wzmacniającym są praktycznie nieodkształcalne dendryty. Podobnie w stopach ze strukturą płytkową odkształcenie dokonuje się głównie w osnowie, natomiast płytki narażone są na fragmentacje po przekroczeniu odpowiednio wysokiego naprężenia [9].

Fazy międzymetaliczne z układu równowagi Ni-Al

Wieloskładnikowe stopy na osnowie faz międzymetalicznych z układu równowagi Ni-Al postrzegane są jako interesujące materiały konstrukcyjne o szerokiej gamie zastosowań inżynierskich, w wielu ważnych technologicznie obszarach [10]. Ogromne możliwości zastosowania aluminidów wynikają z ich wielu atrakcyjnych właściwości, takich jak relatywnie niska gęstość, wysoka temperatura topnienia, dobra przewodność elektryczna i cieplna, wysoka odporność na utlenianie oraz degradację środowiska, relatywnie niska gęstość w stosunku do wytrzymałości i sztywności w podwyższonych temperaturach, które przesądzały o przydatności tych stopów do pracy w podwyższonych temperaturach [10, 11].

Fazy z układu Ni-Al, takie jak Ni_3Al i NiAl są szczególnie interesujące jako stopy bazowe dla wieloskładnikowych stopów przeznaczonych do pracy w podwyższonych temperaturach. Ni_3Al działa jako faza wzmacniająca w wielu superstopach.

Na ryc. 1 pokazano układ równowagi Al-Ni z zaznaczeniem występujących faz.



Ryc. 1. Wykres fazowy Ni-Al [12]

W porównaniu do innych aluminidów Ni_3Al i NiAl mają pewne istotne wady polegające na niewystarczającej plastyczności w temperaturze otoczenia oraz na braku odporności na pełzanie w podwyższonych temperaturach. Podejmowano szereg prób zmierzających do ograniczenia kruchości faz Ni_3Al i NiAl w temperaturze otoczenia poprzez modyfikację systemów poślizgu, rozdrobnienie ziarna, wykorzystywania monokryształów lub stosowanie mikrododatku boru. W przypadku Ni_3Al dodatek boru okazał się czynnikiem uplastyczniającym stop. Skoncentrowanie potencjału badawczego pozwoliło w stosunkowo krótkim czasie na powiązanie istniejących niedoskonałości sieciowych, obróbki cieplnej oraz jakości powierzchni z podatnością do odkształcenia plastycznego w szerokim zakresie temperatur. Ponadto analizowano wpływ różnych dodatków stopowych na dalszą poprawę plastyczności tej fazy [6–13].

Tab. 1. Punkty charakterystyczne w układzie równowagi Al-Ni [12]

Punkty charakterystyczne w układzie równowagi Al – Ni					
reakcja		skład, % at. Ni		temperatura, °C	typ reakcji
$L \leftrightarrow Al_3Ni+(Al)$	2,7	25	0,01	639,9	eutektyczna
$L + Al_3Ni_2 \leftrightarrow Al_3Ni$	15	36,8	25	854	perytektyczna
$L \leftrightarrow AlNi\ Al_3Ni_2$	26,9	42	40	1133	perytektyczna
$AlNi+AlNi_3 \leftrightarrow Al_3Ni_5$	60,5	73	66	700	perytektoidalna
$L + AlNi \leftrightarrow AlNi_3$	74,5	69,2	73,75	1395	perytektyczna
$L \leftrightarrow (Ni) + AlNi_3$	75	79,8	74	1385	eutektyczna

Fazy międzymetaliczne mogą być wytwarzane zarówno w procesie konwencjonalnego topienia i odlewania wlewków, jak i na drodze konsolidacji proszków. Badania wykazały, że dodatki stopowe w procesie odlewania, jak również metalurgii

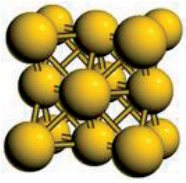
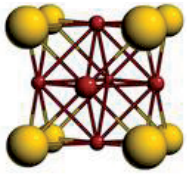
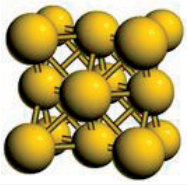
proszkowej i samorozprzestrzeniającej się syntezy wysokotemperaturowej (SHS) mogą być używane z powodzeniem w celu otrzymania niemal pożądanego kształtu wyrobów z tych stopów. Synteza SHS posiada szereg zalet w porównaniu z innymi technikami wytwarzania, z których najważniejszą jest możliwość uzyskiwania struktur kierunkowych przy ogromnej oszczędności zużywanej energii [13].

Struktura krystaliczna oraz wybrane właściwości

Struktura krystaliczna fazy Ni_3Al jest uporządkowana kubiczna, grupa przestrzenna Pm3m, oznaczenie wg Substructurbericht $L1_2$. W tab. 2 pokazano komórki elementarne podstawowych faz występujących w układzie Ni – Al, w tym komórkę Ni_3Al, uporządkowaną strukturę sześcienną z usytuowaniem atomów Al w narożach sześcianu i atomów Ni zlokalizowanych na płaszczyznach sześcianu.

Parametr sieciowy Ni_3Al wynosi 0,357 nm. Zaobserwowano, że w porównaniu do dodatków pierwiastków do roztworów substytucyjnych, takich jak Si, Fe, Cr, Ti i V, dodatki do roztworów stałych międzywęzłowych takich pierwiastków, jak bor i węgiel znacznie silniej wpływają na parametr sieciowy w tych stopach oraz na ich umocnienie. Stwierdzono, że parametr sieciowy zależy nie tylko od rodzaju i ilości rozpuszczonych dodatków, ale także od warunków krzepnięcia i obróbki cieplnej.

Tab. 2. Charakterystyka struktury krystalicznej [14]

	Faza	Typ sieci krystaliczny	Symbol Pearsona	Prototyp	Grupa przestrzenna	Parametry sieciowe nm
	Ni	A1	cF4	Cu	Fm3m	a = 0,352
	Al Ni_3	$L1_2$	cP4	Cu_3Au	Pm3m	a = 0,357
	Al	A1	cF4	Cu	Fm3m	a = 0,405

Omawiane związki międzymetaliczne posiadają fazy uporządkowane w temperaturze otoczenia. Istotne jest ustalenie uporządkowania w podwyższonych temperaturach – wiele fizycznych i mechanicznych właściwości uwarunkowanych jest bowiem poszerzeniem uporządkowania w tych stopach. Jak pokazano w wielu pracach, Ni_3Al jest fazą uporządkowaną bardzo blisko temperatury topliwości. Stwierdzono,

że temperatura uporządkowania wynosi 1723 K. Badania wykazały występowanie mikrosegregacji w szybko krystalizowanym Ni_3Al, a także zróżnicowanie wymiarowo domen. Od strony wzbogaconej w aluminium w mikrostrukturach, w których obserwowano segregację, stwierdzono istnienie pogrubionych domen. W tym obszarze temperatura uporządkowania jest powyżej linii solidus. W stopach schładzanych ze stanu dezorientacji obserwowano drobne domeny. Wartość energii granic antyfrazowych jest interesującą, może być bowiem zmieniana przez dodatek stopowy do roztworu. Ustalone techniką mikroskopii elektronowej wartości energii granic antyfazowych mieszczą się w zakresie 85–140 mJ/m^2 [15].

Dla związku międzymetalicznego Ni_3Al określono także stałe sprężyste. Moduł Younga (E) tego związku międzymetalicznego w temperaturze pokojowej jest zbliżony do niklu. Jednakże szybkość spadku wartości E z temperaturą jest o około połowę mniejsza w porównaniu z niklem. W tabeli 3 zamieszczono wybrane właściwości fazy Ni_3Al.

Tab. 3. Wybrane właściwości fazy Ni_3Al [16]

Właściwości	Ni_3Al
opór właściwy (10^{-8} Ωm)	32,59
przewodność cieplna (W/m*K)	28,85
współczynnik rozszerzalności cieplnej (10^{-6} * K^{-1})	12,5
parametr sieciowy (nm)	0,357
moduł Younga (GPa)	168
ciepło właściwe (Jg/K)	0,54
temperatura topnienia (K)	1668
wiązanie	kowalencyjne/metaliczne

Podobnie jak dla większości metali, właściwości faz międzymetalicznych, a przede wszystkim wytrzymałość i plastyczność, odporność na korozję, przewodność elektryczna i przenikalność magnetyczna, wyraźnie zależą od struktury. Wpływają na nie zarówno wszelkie nieprawidłowości struktury sieciowej, jak i wielkość ziaren oraz rozłożenie ich granic.

Tylko nieliczne właściwości, jak na przykład gęstość, ciepło właściwe, współczynnik rozszerzalności cieplnej, są niewrażliwe na zmiany strukturalne, a w przypadku struktury polikrystalicznej nie zależą od wielkości ziaren.

Natura defektów punktowych występujących w Ni_3Al jest zasadniczo różna od NiAl. Faza ta nie posiada wakancji typowych dla wysoko uporządkowanych faz międzymetalicznych, takich jak NiAl, posiadających stechiometrię AB. Wskazuje na to fakt, że efekt umocnienia w małym stopniu zależny jest od dodatku trzeciego pierwiastka lub zmiany zawartości aluminium w Ni_3Al, i zależy głównie od czynnika wewnętrznego, takiego jak wielkość współczynnika niedopasowania.

Wiele przeprowadzonych badań nad fazą Ni_3Al miało na celu eksperymentalne określenie systemów poślizgu operujących w mono i polikryształach Ni_3Al o składzie zbliżonym do stechiometrycznego, a w szczególności wyjaśnienie mechanizmu

poślizgu na podstawie rozważań teoretycznych. Ruch superdyslokacji złożonych z dwóch dyslokacji cząstkowych typu ½<110>{111} odbywa się w Ni_3Al w niskich temperaturach w systemie <110>{111}, a w wysokich temperaturach w systemie <110>{100}. Ponieważ dyslokacje cząstkowe mogą później dysocjować, całkowita energia superdyslokacji zależy od długości całkowitej wektora Burgersa, jak również od energii obecnych w sieci błędów . Związek międzymetaliczny Ni_3Al wykazuje anomalne zachowanie w trakcie płynięcia plastycznego. Jeżeli występuje poślizg w systemie (111)[101], to krytyczne naprężenie ścinające rośnie z podwyższaniem temperatury. Zaproponowano kilka modeli dla wyjaśnienia tego zjawiska. Z pośród nich najbardziej zadowalający okazał się model poślizgu poprzecznego. Zakłada on, że ze wzrostem temperatury występuje poślizg poprzeczny ½ (101)[111] dyslokacji śrubowych z płaszczyzn (111), kiedy są one mobilne oraz (010), kiedy są nieruchome, co w konsekwencji prowadzi do wzrostu naprężenia płynięcia z temperaturą [17].

W odróżnieniu od NiAl, Ni_3Al wykazuje poślizg w systemie {111}<110>, a nadto posiada dostateczną ilość systemów poślizgu dla znacznego odkształcenia. W polikryształach Ni_3Al niezadowalająca plastyczność spowodowana jest przez granice ziaren. Ich kruchość jest następstwem segregacji zanieczyszczeń, takich jak siarka, fosfor oraz tlenki. Zjawisko kruchości występowało nawet w przypadku wykonania stopu z bardzo czystych materiałów, w których nie występowały żadne zanieczyszczenia. Wyniki przeprowadzonych eksperymentów wskazywały na to, że granice ziaren w tym materiale są z natury kruche. Kruchość granic ziaren wydaje się wynikać z istotnych różnic pomiędzy atomami niklu i aluminium, z których składa się Ni_3Al; w szczególności z różnicy w energii uporządkowania oraz elektroujemności, jak również z różnicy wartościowości i wielkości atomów. Czynniki te obniżają wytrzymałość i spójność granic ziaren.

Innym czynnikiem wpływającym na osłabienie granic ziaren jest wilgoć w otoczeniu (oddziaływanie czynnika środowiskowego). Wodór w parze wodnej reaguje z aluminium, powodując kruchość granic w tych stopach. Wykazano, że wzrost kruchości w atmosferze powietrza jest wyraźnie mniejszy niż w suchym tlenie, a wzrastająca w tym przypadku kruchość, jak to wynika z reakcji 1, jest wynikiem reakcji pomiędzy wodą a aluminium. Wodór wytworzony w tej reakcji penetruje wewnątrz pęknięcia, powodując kruchość granic ziaren i przedwczesne uszkodzenia.

$$\mathbf{2Al+3H_2O \rightarrow Al_2O_3 + 6H} \qquad (1)$$

Ponieważ prowadzone eksperymenty w suchym tlenie nie doprowadziły do wzrostu uplastycznienia, przyjęto, że u podstaw tego zjawiska mogą tkwić inne mechanizmy.

W wysokich temperaturach tlen, a nie wodór, działa jako czynnik powodujący kruchość. Wzrost kruchości obserwuje się powyżej 300°C w powietrzu i powyżej 600°C w próżni. Mechanizm powodujący zwiększenie kruchości jest generalnie związany z wysoką koncentracją naprężeń, wysoką temperaturą oraz gazowym tlenem. Występowaniu tlenu niekoniecznie musi towarzyszyć powierzchniowe utlenienie.

Okazuje się, że granice ziaren mają wpływ na środowiskowy wzrost kruchości. Duże ziarna są bardziej podatne na uszkodzenia, niezależnie od faktu, że

wielkość ziaren nie wpływa na plastyczność. Liczne badania wykazały, że granice ziaren w Ni_3Al ulegają uszkodzeniu już w trakcie powstawania. Badania starannie przygotowanych próbek Ni_3Al wykazały, że materiał był plastyczny, a defekty w próbkach powstały podczas odkształcania na zimno i rekrystalizacji materiału monokrystalicznego.

Problem kruchości granic ziaren w Ni_3Al został złagodzony w znacznym stopniu przez dodatek boru rzędu 0,1% wag. Niemniej dodatek boru jest skuteczny przy zawartości aluminium poniżej 25% at. (w tym punkcie aluminium w niklu osiąga maksymalną rozpuszczalność). Powyżej 25% at. aluminium bor nie wpływa na zwiększenie plastyczności polikryształów. Wzrostowi plastyczności towarzyszy także wzrost wytrzymałości na rozciąganie, który powoduje szybkie umocnienie w czasie odkształcenia plastycznego.

Zaobserwowano, że bor, segregując do granic ziaren, ogranicza ich kruchość w wyniku uruchomienia dwóch mechanizmów. Bor przede wszystkim zwiększa wytrzymałość (spoistość) granic i zapobiega pękaniu, wzmacnia je, emitując dyslokacje i redukując koncentracje naprężeń, a nadto umożliwia poślizg poprzez granice ziaren. Silna segregacja boru do granic (bor zajmuje te same miejsca, co wodór) blokuje dyfuzje atomów wodoru do wnętrza granic. W innych badaniach ustalono, że bor przyczynia się do dysocjacji wodoru [3–5].

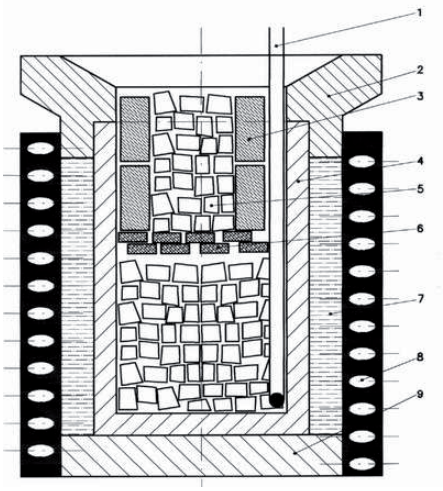
Metody otrzymywania

W związku międzymetalicznym Ni_3Al obserwowano różnego rodzaju mikrostruktury w zależności od sposobu prowadzenia procesów technologicznych. Najczęściej spotykane posiadały mniej lub bardziej równoosiowe ziarna odlewnicze (rys. 2) lub po obróbce plastycznej. W strukturach tych stwierdzono występowanie licznych granic domen antyfazowych.

Ryc. 2. Mikrostruktura stopu Ni_3AlBZr (B=0,2% at., Zr=0,3 % at.). Mikroskop Optyczny [18]

Z kolei w mikrostrukturach generowanych w procesie szybkiego krzepnięcia występują drobne ziarna, zwiększona rozpuszczalność w stanie stałym, a także

wzrost jednorodności. W literaturze znajduje się szereg doniesień na temat wytwarzania fazy Ni_3Al, począwszy od tradycyjnej metody topienia w piecu Balzersa, poprzez proces OPW (ryc. 3) [19, 20], także stapianie techniką laserową pasty z mieszaniny proszków aluminium i molibdenu na podłożu z niklu. Tą techniką wytwarzano struktury komórkowe w fazie Ni_3Al, w których występował zróżnicowany stopień uporządkowania. Szybkie krzepnięcie powoduje częściowe uporządkowanie stopu z bardzo drobnymi domenami w środkowej części komórek.



Ryc. 3. Sposób załadowania tygla (proces EXO-Melt™ [20]), 1 – termoelement Pt-Pt 18Rh, 2 – nadstawka grafitowa pokryta cementem Morgana, 3 – aluminium, 4 – tygiel ceramiczny (Al_2O_3), 5 – nikiel, 6 – pierwiastki stopowe (zaprawa Al-B), 7 – zasypka spinelowa, ($Al_2O_3MgOZrO_2$), 8 – cewka indukcyjna, 9 – podstawka ceramiczna (Al_2O_3)

Spośród licznych metod wytwarzania fazy międzymetalicznej Ni_3Al należy wymienić odlewanie, wyciskanie na zimno lub na gorąco, metalurgię proszków, reakcję syntezy oraz spawanie i łączenie. Odlewanie pozwala na wytworzenie wyrobów o kształcie finalnym z niskim poziomem defektów odlewniczych, jednakże ze znacznym stopniem porowatości powierzchni (ryc. 2). Znajduje także zastosowanie w produkcji Ni_3Al odlewanie metodą traconego wosku wykorzystywane do wytwarzania superstopów na osnowie niklu. Obecnie tą metodą są wytwarzane łopatki turbin przemysłowych.

Ni_3Al może być odlewane (wlewki), kute, walcowane na blachy (pożądana wysoka zawartość cyrkonu) lub wyciskane na gorąco. Obróbka plastyczna na zimno może być wykorzystana do produkcji blach lub prętów. Efekt nadplastyczności można wykorzystać do wytwarzania stopów drobnoziarnistych. Metalurgia proszkowa zaczyna się od atomizacji w gazie obojętnym. Następnie proszki podlegają zagęszczaniu i wyciskaniu na gorąco. Proces ten pozwala na wytwarzanie drobnoziarnistych struktur z pewną ilością mikroporów. Dzięki zachowaniu nadplastycznemu drobnoziarnisty materiał jest odpowiedni dla formowania pożądanych kształtów wyrobów techniką kucia.

Do wytwarzania faz międzymetalicznych, takich jak Ni_3Al, wykorzystana jest również reakcja spiekania. Proces ten wymaga użycia sproszkowanych pierwiastków

z samopodtrzymującą się reakcją, umożliwia on wytwarzanie wyrobów o pożądanym kształcie przy niewielkim zużyciu energii i niskim koszcie. Proszek jest prasowany na zimno i wstępnie podgrzewany w kontrolowanej atmosferze. Egzotermiczna natura reakcji dostarcza pożądanego ciepła do spieczenia kształtki. Istotny problem stosowania tej metody stanowią małe pory i duże jamy skurczowe. Stopy Ni_3Al w wielu przypadkach nie nadają się do spawania, wytwarzana bowiem w tym procesie zgorzelina osłabia złącza spawane. Zastosowanie kontrolowanej atmosfery oraz odpowiednich dodatków stopowych, m.in. żelaza, umożliwia w ograniczonym zakresie łączenie elementów wykonanych z Ni_3Al techniką spawania.

Wpływ dodatków stopowych

Dodatek stopowy boru o zawartości do około 2000 ppm nie powoduje żadnych zmian w strukturze Ni_3Al. Segregując do granic ziaren, nie powoduje wydzielania borków w granicach. W roztworach substytucyjnych pierwiastki stopowe posiadają różną rozpuszczalność w stopie, jak również obsadzają różne węzły sieciowe. Pierwiastki, takie jak Co, Cu, Pd, Pt i Sc, obsadzają miejsca Ni w sieci, natomiast miejsca Al zajmują takie pierwiastki, jak Si, Zn, Ti, V, Mn, Zr i Ta. Kilka pierwiastków, m.in. Fe, Cr, Mo i W, może zajmować zarówno miejsca niklu, jak i aluminium. Liczne z wymienionych pierwiastków wpływają tak na poziom krytycznego naprężenia poślizgu, jak i na aktywacje określonego systemu poślizgu.

Ważną cechą stopów na osnowie Ni_3Al jest bardzo niski opór pełzania. Kilka pierwiastków, jak np. Hf, Cr, Zr, Ta, poprawia odporność na pełzanie. W temperaturze poniżej 400°C pojawia się ważny mechanizm poślizgu po granicach ziaren. Przypuszcza się, że wysoka prędkość pełzania może występować w następstwie niestabilności strukturalnej. Ustalono, że zjawisko pełzania zależy w znacznej mierze od wielkości ziaren. Większe ziarna w odlewie wykazują lepsze właściwości w porównaniu do mniejszych ziaren wytwarzanych w procesie metalurgii proszkowej.

W przypadku, kiedy dodatki stopowe przekroczą rozpuszczalność graniczną, otrzymujemy stop wielofazowy. Wieloskładnikowe stopy powstają wówczas, kiedy do Ni_3Al dodajemy taki pierwiastek, jak Cr w celu ograniczenia kruchości w podwyższonych temperaturach w środowisku z atmosferą utleniającą. Umocnienie roztworowe w podwyższonych temperaturach możliwe jest przez dodanie takich pierwiastków stopowych, jak Zr lub Hf. Korzystne jest występowanie około 10% objętości nieuporządkowanej fazy γ w stopie powstałej dzięki odpowiednim dodatkom stopowym. W rezultacie otrzymujemy niższą kruchość w atmosferze utleniającej, jak również poprawę właściwości pełzania w podwyższonych temperaturach. Wiele stopów wieloskładnikowych używanych jest w stanie odlanym, charakteryzującym się gruboziarnistą strukturą. Niektóre z tych stopów są używane po przeróbce plastycznej i często posiadają drobnoziarniste struktury. Chociaż tego rodzaju mikrostruktura ma doskonałą wytrzymałość w temperaturze otoczenia, to jednak obserwuje się słabą odporność na pełzanie z racji poślizgu po granicach ziaren. Przedmiotem badań było również umocnienie wydzieleniowe Ni_3Al m.in. cząstkami TiB_2, Al_2O_3, ThO_2 lub Y_2O_3, jednakże właściwości tych kompozytów nie zostały dostatecznie poznane, podobnie jak i wyniki prób wytwarzania kompozytów na osnowie fazy Ni_3Al.

Trwałość zmęczeniowa jest relatywnie stabilna aż do temperatury 500°C. Szybkość wzrostu pęknięć w temperaturze pokojowej jest bardzo mała i podobna jak w stopach przemysłowych. Szybkość propagacji pęknięć wzrasta znacznie w temperaturze powyżej 500°C, jest jednak mniejsza niż w stopach przemysłowych. Zmęczenie małą liczba cykli było przedmiotem badań kilku stopów Ni_3Al. Stopy te okazały się bardziej czułe na cykliczne naprężenia rozciągające w porównaniu z cyklicznymi naprężeniami ściskającymi. W procesie niszczenia stopów na powietrzu znaczącą rolę odgrywa wpływ środowiska, który znacznie różni się od niszczenia w próżni [13–21].

Uwagi końcowe

Użycie Ni_3Al w turbosprężarkach wirnikowych jest niemal klasycznym przykładem powszechnie używanym do zademonstrowania potencjalnych przyszłych zastosowań faz międzymetalicznych. Zastosowanie tych stopów wiąże się z zapewnieniem wysokiej wytrzymałości i trwałości zmęczeniowej w temperaturach pracy do 787°C, a także niskiej ceny.

Odporność na wysokotemperaturowe utlenianie oraz dobra wytrzymałość podczas odkształcenia okazały się wystarczające dla zastosowania tych stopów w ciągadłach i tyglach, instalacjach, piecach do obróbki cieplnej, a także na walce pracujące w piecach grzewczych. Typowymi przedstawicielami tych stopów są IC-218 i IC 221M (Ni-Al-Cr-Mo-Zr-B) mogące pracować w temperaturach nie przekraczających 1150°C. W celu podwyższenia temperatury pracy powyżej 1300°C zaprojektowano stop IC 438 z podwyższoną zawartością molibdenu i chromu. Stop ten okazuje się bardziej wytrzymały zarówno w temperaturze otoczenia, jak i podwyższonej. Inne zastosowania stopów na osnowie faz międzymetalicznych wynikają z takich właściwości, jak odporność na kawitację w wodzie (turbiny wodne), nisko i wysokotemperaturowa wytrzymałość (noże skrawające), odporność na zużycie i wysokotemperaturowa odporność na utlenianie (tłoki i zawory silników odrzutowych) oraz wysoka wytrzymałość na pełzanie w wysokich temperaturach (łopatki turbin i łopatki silników odrzutowych) [18, 21].

Bibliografia

[1] Hang S.H., Liu C.T., Pope D.P. and Stiegler J.O., eds., Mater. Sci. Eng. A152/A153, 1992

[2] Lall C., Chin S. and Pope D.P., Metall. Trans., 10A, 1979, 1323

[3] Aoki K., Izumi O., J.Mater.Sci.14, 1979, 1800

[4] Liu C.T., White C.L., Horton J.A., Acta Metall. 33, 1985, 213

[5] Gottstein G., Nagpal P., Kim W., Mat.Sci.Eng., A108, 1989, 165

[6] Czeppe T., Wierzbiński S., Symp. Nauk. „Stopy na osnowie faz międzymetalicznych", Warszawa, 19 października 2000, 73

[7] Wierzbiński, S. Lapin J., Czeppe T., Archives of Metallurgy, 44, 1999, 221

[8] Lapin J., Wierzbiński S., Palachova T., Intermetallics, 7, 1999, 705

[9] George E.P., Liu C.T., Lin H., Pope D.P., Scr.Materials Sci.Eng. A192/193, 1995, 277

[10] Courtney T.H., *Mechanical Behaviour of Material,* Wyd. Mc-Graw Hill Publishing Company, New York 1990

[11] Darolia R.J., Met. 43, 1991, p. 44

[12] Singleton M.F., Murray J.L., Nash P. Binary Alloy Phase Diagrams edited by T.B. Massalski, American Society for Metals, Metal Park, OH, 1986

[13] Dey G.K., Sekhar J.A., Trans. Indian Inst. Met. 50, 1998, p. 79

[14] Massalski T.B., Okamoto H., ASM International; Binary Alloy Phase Diagrams (Hardcover), 2nd (3 volumes) edition December 1990

[15] Stoloff N.S., Liu C.T., *Physical metallurgy and processing of intermetallic compounds* (eds) N.S. Stoloff, V.K. Sikka (New Delhi: CBS), 1997, p. 159

[16] Dey G.K., *Materials Science Division*, Sadhana 28, 2003, s. 247

[17] Pope D.P., Ezz S. S. Int. Met. Rev. 23, 1984, s. 136

[18] Hyjek P., Praca Doktorska „Stopy na osnowie fazy międzymetalicznej typu Ni_3AlMe (Me = B, Cr, Ti, Zr) przeznaczone do pracy w podwyższonych temperaturach", AGH 2008

[19] Fraś E., Wierzbiński S., Janas. A., „Polska metalurgia w latach 1998–2002", Komitet Metalurgii PAN, 2, 2002, p. 337

[20] Deevi S.C., Sikka V.,K.: *Intermetalics*, v. 5, 1997, p. 17

[21] Trinh D., Müller M., *Aluminides*, 4H1609 Functional Materials, Project Report KTH 2002

Intermetallic phase Ni_3Al – properties and application

Abstract

A description of the important physical metallurgy aspects of Ni_3Al encompassing structure, slip systems is presented in this paper. Emphasis has been placed on explanation low ductility and brittle fracture of Ni_3Al based alloys at ambient and elevated temperature. Recent studies have resulted in identifying both intrinsic and extrinsic factors influenced of the fracture behavior of Ni_3Al-based alloys. Using physical metallurgy principles to led to the development of Ni_3Al alloys with improved mechanical properties, tribology and corrosion resistant.

Key words: intermetallics compound, Ni_3Al phase, Ni_3Al-base alloys, physical and mechanical properties

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Kazimierz Jaracz

Symulacyjne metody badania elementów i układów regulacji

Metody symulacyjne badania własności statycznych i dynamicznych elementów i układów automatyki posiadają tę zasadniczą zaletę, że nie stwarzają zagrożeń uszkodzenia lub zniszczenia kosztownych urządzeń przemysłowych w procesie pomiaru. Badania i pomiary przeprowadzane są w układach znacznie tańszych, stanowiących „analogony" układów rzeczywistych, w sposób bezpieczny.

Istnieje kilka metod przeprowadzania takich badań:

– badanie własności układu przemysłowego na mikromodelu fizycznym stanowiącym jego odpowiednik, zbudowanym z elementów rzeczywistych małej mocy. Ułatwia to proces przeprowadzania pomiarów za pomocą dostępnej aparatury pomiarowej o mniejszych zakresach pomiarowych i większej dokładności,

– badanie własności układów elektrycznych, mechanicznych, pneumatycznych i hydraulicznych za pomocą maszyn analogowych. Ta metoda oparta była na znanych matematycznych analogiach elektromechanicznych, które stanowiły podstawę badania rożnych rodzajów układów fizycznych za pomocą maszyn elektronicznych, składających się głównie ze wzmacniaczy operacyjnych z różnymi sprzężeniami zwrotnymi,

– badanie własności układów przy zastosowaniu maszyn cyfrowych i odpowiedniego oprogramowania. Ta metoda znajduje obecnie najpowszechniejsze zastosowanie.

W niniejszej pracy zaprezentowano wybrane możliwości realizacji badań układów dynamicznych na ćwiczeniach laboratoryjnych z automatyki i mechatroniki.

Przedstawiono możliwość zastosowania do tego celu modułu BP-40 rekomendowanego przez firmę FESTO DIDACTIC oraz języka symulacyjnego MATLAB/ Simulink.

Badanie własności układów regulacji za pomocą modeli fizycznych

W badaniach stanów dynamicznych obiektów, regulatorów i układów automatycznej regulacji wygodnie jest stosować produkowane przez specjalistyczne firmy stanowiska dydaktyczne, np. BP-40 hps 5120 przedstawione na ryc. 1, na którym można realizować ćwiczenia wprowadzające do techniki regulacji [1],

rozprowadzane w Polsce przez firmę FESTO DIDACTIC. Stanowisko to uzupełnione m.in. w odpowiedni oscyloskop lub rejestrator umożliwia realizację ćwiczeń z zakresu:

– inercyjnych obiektów regulacji pierwszego i wyższych rzędów, całkujących, opóźniających,

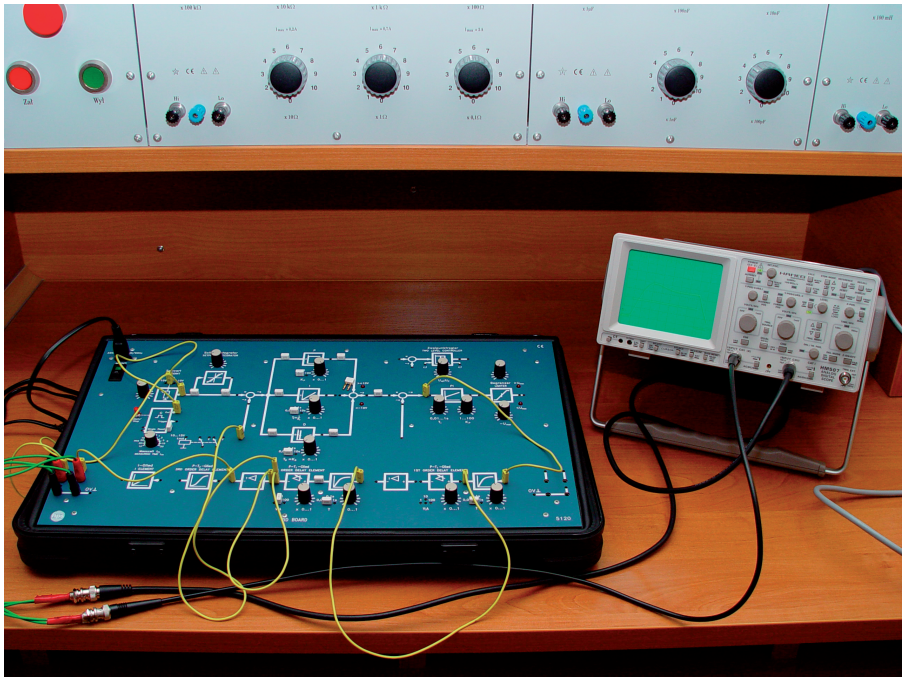
– określania charakterystyk skokowych regulatorów P, PI, PD, PID,

– regulatora dwupołożeniowego,

– układów automatycznej regulacji z różnymi typami regulatorów i różnymi obiektami statycznymi i opóźniającymi, a w szczególności: układu regulacji z obiektem inercyjnym pierwszego rzędu sterowanego przez regulatory typu P i PI, układu regulacji z obiektem inercyjnym pierwszego rzędu sterowanego regulatorem dwupołożeniowym, układu regulacji z obiektem inercyjnym trzeciego rzędu sterowanego tegulatorem typu P, PID, układu regulacji z obiektem inercyjnym trzeciego rzędu sterowanego regulatorem dwupołożeniowym, układu regulacji z obiektem inercyjnym trzeciego rzędu sterowanego regulatorem dwupołożeniowym z korekcją, układu regulacji z obiektem całkującym bez opoźnienia i z opoźnieniem sterowanym regulatorem typu P,

– symulacji obwodu regulacyjnego pozycyjnego w obrabiarce,

– dobór nastaw regulatorów metodą doświadczalną Zieglera-Nicholsa oraz na podstawie odpowiedzi skokowej według Chiena i Kűpfműllera.



Ryc. 1. Realizacja ćwiczenia: dobór nastaw regulatorów metodą Chiena i Kűpfműllera, za pomocą modułu BP-40 hps 5120 [1]

Inne urządzenia tej firmy to:
– Motor Board hps 5130,
– Power Board hps 5125,
– Servo Board hps 5131,
– obiekt regulacji temperatury i światła hps 5125.5.

Możliwości zastosowania tych środków dydaktycznych do ćwiczeń laboratoryjnych są przedstawione w odpowiednich instrukcjach dołączanych przez producentów tych urządzeń.

Wspomagane komputerowo badania układów dynamicznych

Zastosowanie komputera w modelowaniu, analizie, identyfikacji oraz syntezie dynamicznych układów automatyki – CACSD (ang. *Computer Aided Control Systems Design*) jest dziedziną, która zaczęła intensywnie rozwijać się w latach osiemdziesiątych.

Narzędziem software'owym, które znalazło najszersze zastosowanie w praktyce, jest wprowadzony w 1985 roku (pierwsza wersja) program MATLAB (ang. *MATtrix LABoratory*), który przeznaczony był początkowo do numerycznych obliczeń macierzowych [2].

Podstawową zaletą MATLAB-a jest duża liczba procedur numerycznych oraz ich wysoka jakość oraz rozszerzalność, która polega na możliwości jego rozbudowy przez użytkownika napisanymi własnymi funkcjami, dołączania tzw. m-plików (pewną liczbę poleceń z wiersza zapisanych do pliku z rozszerzeniem *.m). M-pliki stanowią własne fragmenty kodu źródłowego (skrypty interpretowane, procedury z parametrami formalnymi). Wiele m-plików nie posiada własnego interfejsu użytkowego – nie są to pakiety ani biblioteki. Są to toolboxy, zwane w j. polskim przybornikami. Można do nich zaliczyć przybory ogólnego stosowania, które są przeznaczone do:

– filtracji cyfrowej i analizy widmowej sygnałów (*Signal Processing Toolbox*),
– optymalizacji układów liniowych i nieliniowych, programowania liniowego i nieliniowego, optymalizacji wielokryterialnej (*Optimization Toolbox*), w tym optymalizacji za pomocą algorytmów genetycznych (*Genetic Algorytm and Direct Search Toolbox*),
– statystycznej analizy danych (*Statistics Toolbox*),
– logiki rozmytej (*Fuzzy Logic Toolbox*),
– sterowania (*Control System Toolbox*),
– obróbki obrazów (*Image Processing Toolbox*),
– pomiarów (*Instrument Control Toolbox*),
– interpolacji sklejanej (*Spline Toolbox*),
– sieci neuronowych (*Neural Network Toolbox*)

i innych, np. z zakresu biologii, finansów.

MATLAB umożliwia rysowanie dwu- i trójwymiarowych wykresów funkcji oraz wizualizację wyników obliczeń w postaci rysunków statycznych i animacji. Możliwe jest pobieranie danych pomiarowych z czujników zewnętrznych przez porty i obróbkę tych danych.

Do badań symulacyjnych układów dynamicznych stosowane były od lat siedemdziesiątych ubiegłego stulecia różne oprogramowania [4]. Obecnie najnowo-

cześniejszym pod względem przyjętych rozwiązań implementacyjnych jest pakiet Simulink. Program ten jest rozszerzeniem MATLAB-a. Przyjmuje wszystkie elementy jego interfejsu oraz funkcji numerycznych i graficznych [3]. Simulink pozwala budować modele symulacyjne przy pomocy interfejsu graficznego i tzw. bloków. Przy pomocy Simulinka można przeprowadzać obliczenia symulacyjne z czasem ciągłym i dyskretnym.

Model symulacyjny, który jest podstawą obliczeń symulacyjnych zawiera podstawowe obiekty schematu blokowego Simulinka.

Zasadniczymi są bloki dynamiczne i bloki połączeniowe.

W podstawowym oknie Simulinka występują następujące bloki:

– bloki stanowiące źródło (*Sources*),
– odbiorniki (*Sinks*),
– bloki liniowe (*Linear*),
– bloki nieliniowe (*Nonlinear*),
– bloki połączeniowe (*Connections*),
– bloki dodatkowe (*Extra*).

Bloki źródeł stanowią generatory skoku jednostkowego (*Step Fun*), sygnału sinusoidalnie zmiennego (*Sine Wale*), szumu białego (*White Noise*), impulsów zegara (*Clock*), przebiegów czasowych zapamiętanych jako zmienne w przestrzeni roboczej MATLAB-a (*From Workspace*), przebiegi czasowe zapisane w pliku typu .mat (*From File*), wartości stałych (*Constant*) i innych.

Bloki biblioteki odbiorników to: wyświetlacze (*Scope*), bloki zapamiętujące przebiegi jako zmienne w przestrzeni roboczej MATLAB-a (*To Workspace*), bloki, które zapisują przebiegi w pliku .mat (*To File*).

Bloki liniowe ciągłe stanowią bibliotekę, w której znajdują się: sumator (*Sum*), wzmacniacz (*Gain*), element całkujący (*Integrator*), element różniczkujący (*Derivative*), transmitancji operatorowej w formie czynnikowej (*Zero Pole*), bloki wielowymiarowe opisywane ciągłymi równaniami stanu (*State – Space*).

Bloki nieliniowe realizują nieliniowe operacje dokonywane na sygnale lub sygnałach wejściowych, takie jak: obliczanie wartości bezwzględnej (*Abs*), iloczyn (*Product*) obliczanie dowolnej funkcji skalarnej zapisanej w języku C'(*Fcn*), obliczanie odpowiedzi elementu z histerezą (*Backlash*), elementu ze strefą martwą (*Dead Zone*), elementu z ograniczonym przyrostem względnym (*Rate Limiter*), elementu z nasyceniem (*Saturation*), obliczanie wartości funkcji zadanej w postaci tabeli metodą interpolacji i ekstrapolacji (*Look Up Table*) oraz przełączniki (*Switch*) i przekaźniki (*Relay*). W bibliotece tej znajduje się również blok realizujący opóźnienie transportowe (*Transport Delay*).

Bloki połączeniowe zawarte są w bibliotece zawierającej: bramy wejściowe (*Inport*) i wyjściowe numerowane (*Outport*), multipleksery (*Mux*), demultipleksery (*Demux*).

Bloki dodatkowe stanowią biblioteki, które zawierają bloki pochodne, jak np. dodatkowe źródła w postaci generatorów szumów o ograniczonym widmie, bloki funkcji korelacji, filtry, regulatory, obserwatory Kalmana, kwantyzatory przebiegów, blok całkujący z ograniczeniem, ekstrapolatory zerowego, pierwszego rzędu i inne.

Obecnie istnieje wiele rozszerzeń Simulinka, które mają zastosowanie do cyfrowego przetwarzania sygnałów, analizie obwodów elektrycznych, w teorii sterowania, do projektowania układów sterowania w czasie rzeczywistym.

Przykład zastosowania pakietu Simulink

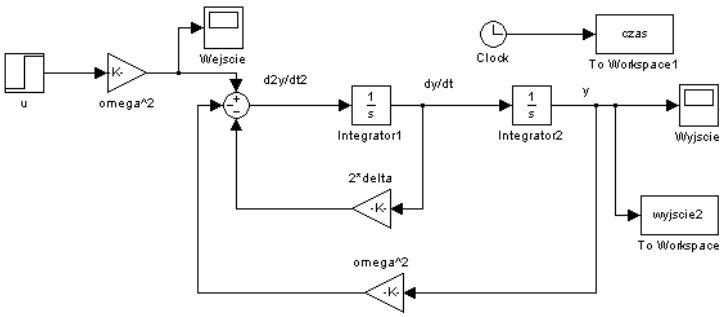
W charakterze prostego przykładu przedstawiono określenie charakterystyki skokowej elementu oscylacyjnego drugiego rzędu przy zastosowaniu metody komputerowego wspomagania i pakietu Simulink. Równanie dynamiki tego elementu ma postać:

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 2\delta\frac{dy}{dt} + \omega_0^2 y = \omega_0^2 u$$

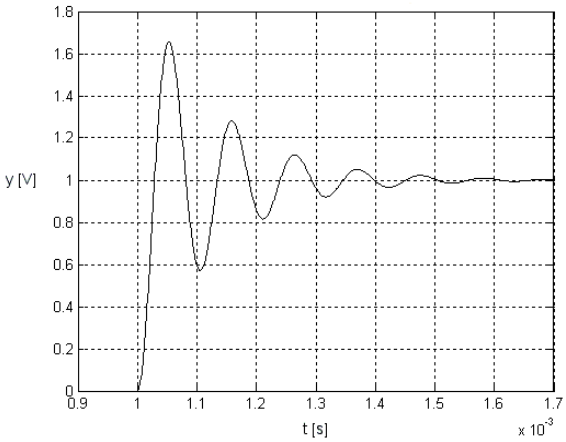
gdzie: δ – współczynnik tłumienia, ω_0 – współczynnik drgań nietłumionych, u – sygnał wejściowy obiektu, y – sygnał wyjściowy obiektu.

Podstawą obliczeń jest schemat blokowy badanego elementu przygotowany w Simulinku, przedstawiony na ryc. 2a. Wynik obliczeń stanowiący odpowiedź skokową elementu oscylacyjnego prezentuje ryc. 2b.

a)



b)



Ryc. 2. a) graf funkcyjny elementu oscylacyjnego drugiego rzędu w języku Simulink, b) charakterystyka skokowa tego elementu

Bibliografia

[1] Materiały dydaktyczne do BP-40, Wyd. Festo Sp. z o.o, Raszyn 1997

[2] Moler C., Littre J., Bangert S., Kleinman S., *PC-MATLAB User's Guide*, The Math-Works. Inc. Sherborn, MA, November 1985

[3] Simulink for Microsoft Windows, User's Guide. The MathWorks. Inc. Natick, MA, 1992

[4] Szymkat M., *Komputerowe wspomaganie w projektowaniu układów regulacji,* WNT, Warszawa 1993

[5] www.ont.com.pl, Oprogramowanie naukowo-techniczne, dostęp: 2008

[6] www.hps-systemtechnik.com, dostęp: 2008

[7] www.ndn.com.pl, dostęp: 2008

Simulation methods investigation of elements and of control systems

Abstract

In the paper selected possibilities of realization of investigations of dynamic systems in automatics and mechatronics laboratory praxis are considered..

Application of module BP – 40 recommended by firm FESTO DIDACTIC and program MATLAB/Simulink are present.

Key words: symulation investigations, dynamical systems

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Kazimierz Jaracz, Renata Staśko

Edukacja na odległość – możliwości rozwoju

Współcześnie jesteśmy świadkami ogromnego rozwoju technologii informacyjnej, tworzenia się społeczeństwa informacyjnego. Zasadnym wydaje się więc poszukiwanie odpowiedzi na pytanie o możliwości rozwoju nowych form edukacji, w tym o zasadność i zakres wprowadzania edukacji na odległość na różnych poziomach kształcenia. Odpowiedź na to pytanie jest ważna, postęp naukowo-techniczny wymusza bowiem na nas ciągłe zdobywanie nowych umiejętności, aktualizację wiedzy zdobytej w szkole czy na uczelni.

Ta konieczność zdobywania w sposób permanentny nowych umiejętności i wiedzy jest nie tylko domeną ludzi w „wieku szkolnym", lecz również osób pracujących zawodowo. Postęp technologiczny wymusza bowiem od absolwentów oraz pracowników dużą elastyczność związaną z szybkim reagowaniem na zmiany zachodzące na rynku pracy. Aby sprostać tym wymogom niezbędne jest podnoszenie i zdobywanie nowych kwalifikacji. W tym kontekście konieczne jest upowszechnienie i rozwinięcie zróżnicowanych form kształcenia ustawicznego, w tym kształcenia na odległość z wykorzystaniem Internetu [1, 7].

Nowoczesna technologia informacyjna stosowana w nauczaniu na odległość stanowi szansę dla ludzi, których charakter pracy, czy też aktywność życiowa nie pozwala na korzystanie z tradycyjnego modelu edukacji. Obok bezsprzecznych zalet edukacji na odległość, do których zaliczyć można m.in. szeroki zakres kształtowania tego procesu w zależności od indywidualnych potrzeb, czy też możliwość kształcenia w dowolnym czasie i miejscu, występuje również szereg zagrożeń wpływających na jakość tego procesu oraz jego szkodliwy wpływ na rozwój osobowości młodego człowieka.

Zagrożenia te wiążą się głównie z przebiegiem procesu edukacji, w którym z założenia uczeń w dużo większym stopniu niż w przypadku tradycyjnego modelu edukacji decyduje o przebiegu i merytorycznej treści procesu edukacyjnego. Wymaga to tym samym dużo większej samodyscypliny i motywacji uczącego się, dla którego rola nauczyciela ogranicza się do sprawowania opieki dydaktycznej, która z racji specyfiki metody przybiera inną formę. Brak stałego, bezpośredniego kontaktu na linii nauczyciel – uczeń, czy też między samymi uczącymi się posiada swoje oczywiste konotacje związane z ograniczeniem więzi społecznych, prowadząc do

alienacji ucznia w swoim otoczeniu. Nie można również zapominać o oczywistych ograniczeniach tego typu edukacji, jak chociażby niemożności studiowania niektórych dyscyplin (np. medycyny).

Pomimo wymienionych wad, w dobie formowania się społeczeństwa informacyjnego nauczanie na odległość staje się niezbędną składową systemu edukacji. Ofertę kształcenia tego typu coraz częściej proponują nie tylko instytucje biznesowe oferujące nauczanie w zakresie podnoszenia kwalifikacji, treningu zawodowego czy kursów pogłębiających wiedzę z danej dziedziny – ta forma nauczania jest coraz częściej stosowana przez instytucje edukacyjne, w tym akademickie [2].

W Polsce w ostatnich kilku latach rozszerzyła się znacząco oferta nauczania na odległość. Również Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie podjął działania celem uzupełnienia swojej oferty edukacyjnej o tę formę kształcenia.

Powyższe wpisuje się w politykę Unii Europejskiej uznającej kształcenie ustawiczne jako niezbędny środek budowania gospodarki opartej na wiedzy. Znakomicie temu celowi mogą służyć właśnie technologie informacyjne w taki sposób, aby pomogły one w nauczaniu i uczeniu się oraz w przygotowywaniu przyszłych absolwentów do kształcenia ustawicznego. Rosnąca liczba osób studiujących w systemie „zdalnego sterowania" oraz coraz większa liczba uczelni proponujących studia wspomagane Internetem jest odpowiedzią na współczesne potrzeby osób uczących się [3].

Odpowiedź na pytanie o możliwości rozwoju edukacji na odległość w Polsce w oczywisty sposób łączy się z rozwojem projektów Foresight [4]. W idee Foresightu znakomicie wpisuje się coraz częściej stosowana metoda delficka, która jest sformalizowaną procedurą zasięgania opinii eksperckiej w zdefiniowanych obszarach. Polega ona na przesyłaniu ekspertom ankiet (zwykle w trzech etapach), w których mają się oni wypowiedzieć na temat przewidywanego przebiegu zdarzeń przy braku możliwości wzajemnego komunikowania się. Wyniki pierwszej ankiety są analizowane pod kątem zidentyfikowania wspólnych tematów, a następnie kolejna ankieta zawężająca i uściślająca rozważaną problematykę jest ponownie rozsyłana do tej samej grupy eksperckiej. Cykl ten jest powtarzany aż do wypracowania pewnej zgody pomiędzy ekspertami, jak i dostatecznego zawężenia priorytetów i utworzenia spójnego obrazu rozwoju danej dziedziny.

Prawidłowa realizacja badań przy zastosowaniu metody delfickiej (*Delphi Method, Delphi Study*) wymaga precyzyjnego doboru ekspertów, uwzględniającego ich stan wiedzy i doświadczenia z zakresu poruszanego tematu. Eksperci powinni posiadać dużą wiedzę merytoryczną w tematyce będącej przedmiotem ankiet i jednocześnie szerokie horyzonty, przejawiać niezależność w myśleniu i reprezentować różnorodne doświadczenia [5].

Coraz szerszemu wykorzystaniu metody delfickiej również do oceny możliwości rozwoju edukacji w Polsce służy Internet. Pozwala on w stosunkowo szybkim czasie wyselekcjonować grupę ekspertów, a także stanowi platformę, dzięki której specjaliści z różnych miejsc Polski i świata mają możliwość wypowiedzi na zadane tematy. Jednym z takich projektów było badanie delfickie przeprowadzone w 2007 roku, dotyczące priorytetów w badaniach naukowych na polu technologii edukacyjnej. Najważniejszym zadaniem w tym projekcie było trójetapowe badanie kwestionariuszowe metodą delficką, do którego zaproszono ponad 20 ekspertów. Celem

tego badania było udzielenie odpowiedzi na pytanie: jakie powinny być priorytety badań naukowych na polu technologii edukacyjnej w ciągu następnych pięciu lat? Wyniki projektu wykorzystane zostaną także do sformułowania przyszłych priorytetów prac badawczych w zakresie rozwoju edukacji w Polsce. Wybór zagadnień, które były objęte badaniem kwestionariuszowym poprzedzony został przeglądem licznej literatury, analizą wyników badań, jak i też panelami eksperckimi.

Powyższe działania miały na celu identyfikację kluczowych elementów systemu edukacji oraz tendencji edukacyjnych w przyszłości. W pierwszym etapie badania poproszono ekspertów o udzielenie odpowiedzi na tylko jedno pytanie – jakie powinny być priorytety badań naukowych na polu technologii edukacyjnej w ciągu następnych pięciu lat? Po analizie odpowiedzi w drugiej rundzie zwrócono się do ekspertów o wskazanie ważności 45 wytypowanych zagadnień.

W rezultacie w rundzie trzeciej zidentyfikowano 8 głównych kategorii, w ramach których wyszczególniono najważniejsze elementy rozwoju edukacji w Polsce. Kategoriami zidentyfikowanymi w trakcie badania poddanymi ocenie szczegółowej były:

1. Kontekst społeczny i kulturowy oraz komunikacja, a w tym m.in.: utworzenie standardów edukacji na odległość z uwzględnieniem polskich warunków społecznych i edukacyjnych, kultura informacyjna w środowisku wychowawczym i edukacyjnym ucznia, edukacja na odległość w polskich realiach społecznych.

2. Metodyka nauczania i uczenia się (indywidualizacja procesu uczenia się, strategie, efektywność nauczania, nauczanie problemowe, wspomaganie TI, planowanie przygotowania procesu nauczania, kontrola i program), a w tym m.in.: merytoryczne i metodyczne przygotowanie nauczyciela do stosowania TI w procesach edukacyjnych, efektywność nauczania przez Internet, skuteczność narzędzi interaktywnych w procesie nauczania i uczenia się, rola TI w nauczaniu różnych przedmiotów i poziomów kształcenia, formy i metody pracy stosowane w procesie nauczania z zastosowaniem TI, poszukiwanie nowych metod badawczych w technologii edukacyjnej.

3. Dydaktyka z wykorzystaniem TI (poziom kształcenia, środki dydaktyczne, cele, zadania, metody, optymalizacja procesu kształcenia, jakość materiałów dydaktycznych, formy kształcenia, przydatność), a w tym m.in.: ocena efektywności nauczania z wykorzystaniem e-learningu, możliwości i ograniczenia zastosowań narzędzi i oprogramowania w e-learningu.

4. Technologie i systemy kształcenia (skuteczność, systemy interaktywne, kompetencje, modelowanie zjawisk, systemy ekspertowe, organizacja, możliwości), a w tym m.in.: kwalifikacje nauczyciela w obszarze TI, projektowanie i tworzenie portali edukacyjnych, jakość kształcenia w trybie online i tradycyjnego – problem równoważności dyplomów, *e-learning* i *mobile-learning* w realizacji indywidualnych celów dydaktycznych.

5. ICT w edukacji i wychowaniu (kontekst pedagogiczny), zagrożenia, bariery, ustawiczne kształcenia, kształcenie na odległość, standardy.

6. Kognitywizm i konstruktywizm a technologie edukacyjne.

7. Innowacje i wdrożenia (jakość produktów), a w tym m.in.: zastosowania sztucznej inteligencji w procesie edukacji.

8. Kontekst psychologiczny (postawy, emocje, motywacje, zdolności). Nauczyciel i uczeń – kategoria TIK [6].

W każdej z powyższych kategorii zawarto 2–11 tematów badań, szeregując je w kolejności od najistotniejszego do najmniej istotnego. Takie uszeregowanie zostało określone na podstawie analizy statystycznej dotychczasowych odpowiedzi udzielonych przez ekspertów w rundach poprzednich. W rundzie trzeciej poproszono ekspertów o wydanie opinii na temat rankingu badań naukowych w każdej z ośmiu kategorii oraz o ustalenie rankingu samych ośmiu kategorii badań.

Zdaniem autorów artykułu, którzy brali udział w tych badaniach (dane końcowe badania delfickiego nie są jeszcze opublikowane), determinantą rozwoju *e-learningu* w przyszłości będzie wspomaganie procesu edukacji na poziomie studiów wyższych. Kształcenie na odległość na szczeblach niższych nie posiada jeszcze w Polsce uregulowań prawnych. Budzi wiele wątpliwości i zastrzeżeń ze strony pedagogów, psychologów i prawników. Mimo iż dla młodzieży komputer stał się codziennością, czymś bardzo naturalnym, wręcz nieodzownym w codziennym życiu, to trudno sobie wyobrazić maturzystę, który jest nieobecny w szkole, ponieważ uczy się sam w domu, korzystając z Internetu. Rozwój technologii informacyjnej wymusi sytuację powszechnego stosowania *e-learningu* jako metody wspomagającej.

Bibliografia

[1] Teraz psychologia – http://64.233.183.104/search?q=cache:VwcftnpnthYJ:terazpsychologia.blogspot.com/2006/05/spoeczestwo-internetowe.html+staje+si%C4%99+platform%C4%85+pozwalaj%C4%85ca+r%C3%B3%C5%BCnym&hl=pl&ct=clnk&cd=9&gl=pl, dostęp: 2008

[2] http://www.dbc.wroc. pl/Content/964/016.pdf, dostęp: 2008

[3] http://www.chemia.uj.edu.pl/maciejow/skrypt/pdf/e-learning-mmiranowicz.pdf, dostęp: 2008

[4] Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego – http://www.nauka.gov.pl/mn/index.jsp?place=Menu08&news_cat_id=191&layout=2, dostęp: 2008

[5] Research International Pentor – http://www.pentor.pl/48658.xml, dostęp: 2008

[6] http://www.delphistudy.org/dpoland07/dprunda3.html, dostęp: 2008

[7] Smutny P., Smutny L., Jaracz K., *Educational WEB Portal E-Automatizace; Problems of Modern Techniques in Engineering and Education 2008*, Institute of Technology, Pedagogical University, Cracow 2008 pp. 225–233, dostęp: 2008

Education by correspondence – development possibilities

Abstract

This article describes directions of probable changes in education in the next couple of years, on all levels, using the means of correspondence supported by information technology.

Key words: e-learning, delphi method

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Krystyna Kuźniar

Zastosowanie systemu neuronowego wnioskowania rozmytego w wybranych zagadnieniach drgań budynków

W ostatnich latach daje się zauważyć intensywny rozwój systemów przetwarzania informacji, które nawiązują do działania organizmów żywych. Wśród tych metod na uwagę zasługują sztuczne sieci neuronowe (SSN). Symulują one w uproszczony sposób działanie biologicznego systemu nerwowego. SSN znajdują zastosowanie szczególnie do modelowania zagadnień o nieznanych, nieliniowych relacjach „wejście – wyjście", gdy informacje są niepełne lub rozmyte. Zasadnicza różnica między działaniem sieci neuronowych a obliczeniami konwencjonalnymi tkwi w odmiennym sposobie przetwarzania i gromadzenia informacji. W przeciwieństwie do „szeregowego" działania konwencjonalnego komputera, w sieciach neuronowych przetwarzanie informacji odbywa się w sposób równoległy, co pozwala sieciom efektywniej wykonywać złożone zadania obliczeniowe mimo użycia dość powolnych elementów, jakimi są neurony.

Tradycyjne sieci neuronowe zarówno w procesie uczenia, jak i testowania wykorzystują tylko informacje numeryczne, wiążące w sposób ścisły i jednoznaczny dane wejściowe z danymi wyjściowymi. Inny typ informacji oparty jest na teorii „zbiorów rozmytych". Pojęcie zbiorów rozmytych (*fuzzy sets*) zostało wprowadzone przez L. Zadeha [10]. W odróżnieniu od zbiorów o nierozmytej przynależności, w zbiorach rozmytych nie ma ostrej granicy między elementami, które do danego zbioru należą, a tymi, które należą do innych zbiorów [4, 5]. Systemy rozmyte mają postać równoległej struktury wielowarstwowej, przypominającą strukturę klasycznych sieci neuronowych. Są one nazywane sieciami neuronowymi rozmytymi.

W niniejszej pracy pokazano wyniki zastosowania systemu neuronowego wnioskowania rozmytego ANFIS (*Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*) w rozwiązywaniu bardzo ważnych problemów w analizie dynamicznej budynków, do których trzeba zaliczyć analizę interakcji dynamicznej układu podłoże–budynek oraz określenie właściwości dynamicznych obiektu (przede wszystkim okresów drgań własnych). Dane uczące i testujące sieci pochodzą z wieloletnich badań doświadczalnych przeprowadzonych na obiektach rzeczywistych, w skali naturalnej.

System neuronowego wnioskowania rozmytego ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System)

W zbiorach rozmytych nie ma ostrej granicy między elementami, które do danego zbioru należą, a tymi, które należą do innych zbiorów [4, 5], co ma miejsce w zbiorach o nierozmytej („ostrej") przynależności.

„Ostry" sposób reprezentowania elementu x zbioru A odbywa się za pośrednictwem funkcji charakterystycznej $\mu_A(x)$ równej jeden, gdy element ten należy do zbioru A, lub zero, gdy do tego zbioru nie należy. W systemach rozmytych element może należeć do każdego zbioru częściowo. Stopień przynależności do zbioru A, stanowiący uogólnienie funkcji charakterystycznej, nazywa się funkcją przynależności $\mu_A(x)$, przy czym $\mu_A(x) \in [0,1]$. Wartości funkcji przynależności są zatem liczbami rzeczywistymi z przedziału [0,1], gdzie 0 oznacza brak przynależności do zbioru, a 1 – pełną przynależność. Wartość funkcji przynależności nosi nazwę stopnia przynależności.

Na zbiorach rozmytych, jako uogólnieniu zbiorów zwykłych, można definiować operacje matematyczne, które są uogólnieniem operacji obowiązujących dla zbiorów nierozmytych [9], np.:

a) suma logiczna zbiorów $A \cup B$

$$\mu_{A\cup B}(x) = \mu_A(x) \cup \mu_B(x) = \mathrm{Max}[A(x), B(x)] \tag{1}$$

gdzie znak $\cup$ oznacza operator Max;

b) iloczyn logiczny zbiorów $A \cap B$

$$\mu_{A\cap B}(x) = \mu_A(x) \cap \mu_B(x) = \mathrm{Min}[A(x), B(x)] \tag{2}$$

gdzie znak $\cap$ oznacza operator Min;

c) iloczyn algebraiczny dwóch zbiorów $A \cdot B$

$$\mu_{A\cdot B}(x) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(x). \tag{3}$$

Cechą charakterystyczną zbiorów rozmytych, decydującą o ich znaczeniu praktycznym, jest wnioskowanie. Podstawowa reguła wnioskowania typu: jeżeli – to (*if – then rule*) nazywana jest też implikacją rozmytą. Przyjmuje ona następującą postać:

jeżeli (x jest A), to (y jest B) (4)

gdzie A i B są wartościami lingwistycznymi, zdefiniowanymi w sposób rozmyty przez odpowiednie funkcje przynależności zmiennych x i y. Część „x jest A" jest przesłanką

(poprzednikiem), a „*y* jest *B*" – konkluzją (następnikiem). Implikację (4) można zapisać w postaci skróconej: $A \rightarrow B$.

Rozumowanie rozmyte jest procedurą, która pozwala określić konkluzję wynikającą ze zbioru reguł: jeżeli – to. Taki zbiór $R^{(k)}$, $k = 1, ..., K$ reguł rozmytych przy N zmiennych x_i może przyjąć postać:

$$R^{(k)}\text{: jeżeli } (x_1 \text{ jest } A_1^k \text{ I } x_2 \text{ jest } A_2^k \text{ I } \ldots \text{ I } x_N \text{ jest } A_N^k), \text{ to } (y \text{ jest } B) \tag{5}$$

gdzie: $\mathbf{x} = \{x_1, x_2, ..., x_N\}$, N – wymiarowy wektor wejściowy, y – skalarowe wyjście.

Wektor wejściowy $\mathbf{x}$ stanowi argument przesłanki, w której A_1^k, A_2^k, ..., A_N^k oraz B oznaczają wartości odpowiedniego współczynnika przynależności $\mu_A(x_i)$ oraz $\mu_B(y)$. Każda zmienna x_i oraz y ma oddzielną funkcję przynależności. Wypadkowa wartość funkcji przynależności $\mu_A(\mathbf{x})$, dotycząca przesłanki implikacji, musi być następnie zinterpretowana zgodnie z operacjami rozmytymi.

Możliwa jest interpretacja w postaci iloczynu logicznego zbiorów, albo w postaci iloczynu algebraicznego:

a) interpretacja w postaci iloczynu logicznego

$$\mu_A(\mathbf{x}) = \min_{i=1,\ldots,N} \{\mu_A(x_i)\} \tag{6}$$

b) interpretacja w postaci iloczynu algebraicznego

$$\mu_A(\mathbf{x}) = \prod_{i=1}^{N} \mu_A(x_i). \tag{7}$$

Przypisanie jednej wartości funkcji przynależności opisującej wielowymiarową przesłankę, nazywana jest agregacją poprzednika. Każdej implikacji $A \rightarrow B$ przypisać można jedną wartość funkcji przynależności $\mu_{A\rightarrow B}(\mathbf{x}, y)$. Najbardziej popularne interpretacje tej funkcji przyjmują postać iloczynu logicznego lub algebraicznego [9]:

a) postać iloczynu logicznego

$$\mu_{A\rightarrow B} = \min\{\mu_A(\mathbf{x}), \mu_B(y)\} \tag{8}$$

b) postać iloczynu algebraicznego

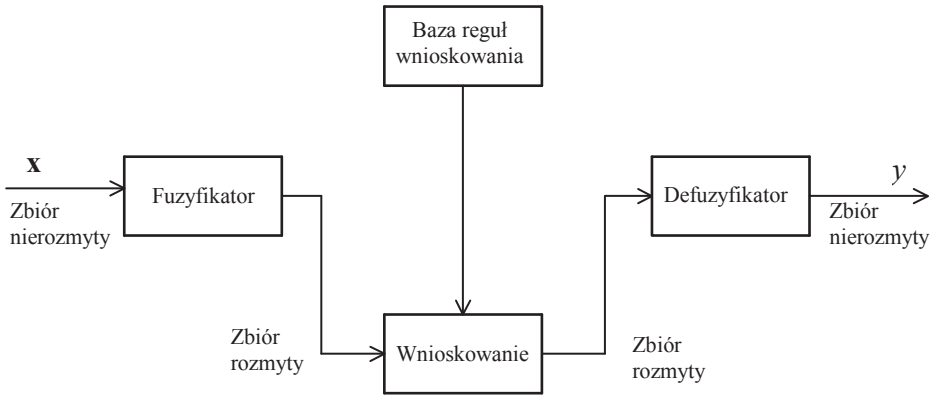
$$\mu_{A\rightarrow B} = \mu_A(\mathbf{x}) \cdot \mu_B(y). \tag{9}$$

Przypisanie jednej wartości funkcji przynależności całej implikacji nazywa się procedurą agregacji na poziomie implikacji.

Elementy teorii zbiorów rozmytych, reguły implikacji i rozumowania rozmytego tworzą system wnioskowania rozmytego. Taki system składa się ze zbioru reguł rozmytych, bazy danych opisujących postacie funkcji przynależności oraz mechanizm wnioskowania i agregacji.

W zastosowaniach praktycznych, w szczególności technicznych, wielkościami wejściowymi i wyjściowymi są zwykle wartości „ostre" (np. otrzymane z pomiarów), przyporządkowujące w sposób nierozmyty wielkościom wejściowym wielkości wyjściowe. Aby możliwe było współdziałanie dwóch rodzajów zbiorów: nierozmytych i rozmytych, wprowadza się system rozmyty z tak zwanym fuzyfikatorem (układem rozmywania) na wejściu i defuzyfikatorem (układem wyostrzania) na wyjściu [5, 9]. Schemat takiego systemu przedstawiono na ryc. 1.

Układ fuzyfikatora przekształca nierozmyty zbiór danych wejściowych w zbiór rozmyty, zdefiniowany za pomocą wartości funkcji przynależności. Zadaniem defuzyfikatora jest działanie odwrotne, tzn. wyznaczenie „ostrej" wartości zmiennej wyjściowej na podstawie wielu wnioskowań rozmytych z członu wykonawczego układu rozmytego. Defuzyfikator dokonuje transformacji zbioru rozmytego w ściśle zdeterminowany punkt rozwiązania y. Zbiór rozmyty przedstawia zależność $\mu(y) = \mu_{A\to B}(y)$ jako funkcję zmiennej wyjściowej y. Przetworzenie tego zbioru w jedną wartość rozwiązania jest możliwe na wiele sposobów, np. według środka obszaru, według średniej z centrów, według średniej z maksimów.



Ryc. 1. Schemat układu rozmytego z fuzyfikatorem i defuzyfikatorem

Systemy rozmyte mają postać równoległej struktury wielowarstwowej, przypominającą strukturę klasycznych sieci neuronowych. Są one nazywane sieciami neuronowymi rozmytymi.

System neuronowego wnioskowania rozmytego ANFIS [5] jest modyfikacją standardowego systemu wnioskowania rozmytego.

ANFIS zbudowany jest z wykorzystaniem następujących założeń:

1) odwzorowanie „ostrego" wektora $\mathbf{x}_p$ w „ostry" skalar y_p:

$$\mathbf{x}_p \in R^N \rightarrow y_p \in R^1 \tag{10}$$

gdzie: $p = 1, ..., P$; P – liczba wzorców,

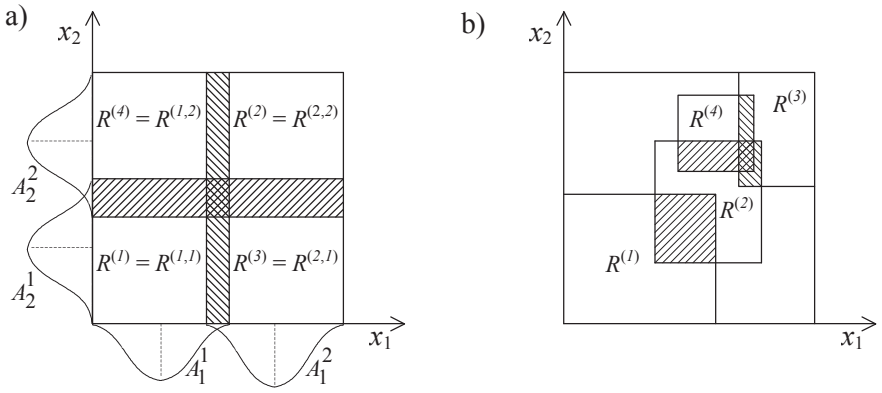
2) podział przestrzeni wejścia na K podprzestrzeni,

3) reguła wnioskowania rozmytego Sugeno,

4) iloczynowa reguła obliczania wartości wag,

5) wzór średniej ważonej poszczególnych reguł do obliczania ostrej wartości wyjścia,

6) hybrydowa metoda uczenia.



Ryc. 2. Podział dwuwymiarowej przestrzeni wejścia: a) metoda podziału równomiernego; b) metoda podziału rozproszonego na grupy (klastry) danych

Pierwsze założenie jest zgodne z klasyczną ideą systemu wnioskowania rozmytego: wejście i wyjście złożone są z wartości ostrych, natomiast do znalezienia relacji miedzy nimi służą reguły wnioskowania rozmytego.

Podział przestrzeni wejścia ma na celu wydzielenie stref, dla których definiowane są reguły wnioskowania rozmytego. Na ryc. 2 pokazano dwa sposoby podziału przestrzeni dwuwymiarowej na cztery podprzestrzenie: metodę równomiernego podziału przestrzeni wejścia (z j. ang. *grid partition*) i metodę podziału rozproszonego (z j. ang. *scatter partition*) na grupy (klastry) danych.

W systemie ANFIS zastosowany jest model wnioskowania Sugeno:

$$\text{jeżeli } (x_1 \text{ jest } A_1 \text{ I } x_2 \text{ jest } A_2 \text{ I } \ldots \text{ I } x_N \text{ jest } A_N), \text{ to } y = f(x_1, x_2, \ldots, x_N), \tag{11}$$

który w zapisie wektorowym można przedstawić następująco:

$$\text{jeżeli } (\mathbf{x} \text{ jest } A), \text{ to } y = f(\mathbf{x}) \tag{12}$$

gdzie: $f(\mathbf{x}) = f(x_1, x_2, \ldots, x_N)$ – funkcja nierozmyta.

Klasyczną, najczęściej wykorzystywaną w praktyce postacią tej funkcji jest wielomian rzędu pierwszego:

$$y_k = f(\mathbf{x}) = a_k + \sum_{i=1}^{N} b_i^k x_i, \tag{13}$$

w którym współczynniki: a_k, b_1^k, ..., b_N^k są wagami liczbowymi, dobieranymi w procesie adaptacji (uczenia).

Jeszcze prostszy model wnioskowania Sugeno otrzymuje się przy założeniu funkcji $f(\mathbf{x})$ jako wielomianu rzędu zerowego:

$$y_k = f(\mathbf{x}) = a_k . \tag{14}$$

Wagi w_k obliczane są zgodnie z regułą iloczynową, odpowiadającą podziałowi przestrzeni wejścia:

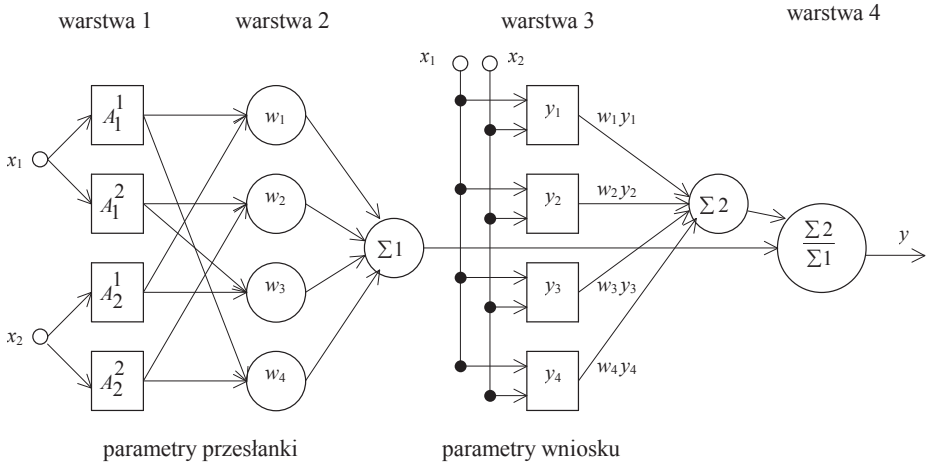
$$w_k = \prod_i \mu_{A_i^k}(\mathbf{x}). \tag{15}$$

Przy wielu (K) regułach występujących w modelu wnioskowania Sugeno, ostre wyjście układu określa się zgodnie ze wzorem średniej ważonej poszczególnych reguł. Przypisując każdej regule wagę w_k, otrzymuje się sygnał wyjściowy w postaci:

$$y = \frac{\sum_{k=1}^{K} w_k y_k}{\sum_{k=1}^{K} w_k} . \tag{16}$$

Parametry systemu ANFIS liczone są z wykorzystaniem hybrydowej metody uczenia, tzn. parametry wniosku (13) obliczane są „wprzód" metodą najmniejszych kwadratów, a parametry przesłanki (parametry funkcji przynależności) obliczane są „wstecz" metodą wstecznej propagacji błędu.

Na ryc. 3 pokazano schemat systemu rozmytego ANFIS z równomiernym podziałem dwuwymiarowej przestrzeni wejścia.



Ryc. 3. Schemat systemu rozmytego ANFIS z równomiernym podziałem dwuwymiarowej przestrzeni wejścia

System ANFIS został zaimplementowany w programie Fuzzy Logic Toolbox MATLAB [3]. Program ten pozwala na optymalny, automatyczny podział przestrzeni wejścia oraz wybór liczby reguł wnioskowania Sugeno.

Zastosowanie neuro-rozmytego systemu ANFIS do analizy interakcji dynamicznej podłoże – budynek oraz identyfikacji podstawowych okresów drgań własnych budynków

Uwagi wstępne

Neuronowy system wnioskowania rozmytego ANFIS zastosowano do rozwiązywania bardzo ważnych problemów analizy dynamicznej budynków, do których trzeba zaliczyć interakcję dynamiczną układu podłoże–budynek oraz określenie okresów drgań własnych obiektu. Dane do uczenia i testowania sieci neuro-rozmytych zgromadzono w czasie wieloletnich badań doświadczalnych przeprowadzonych na obiektach rzeczywistych, w skali naturalnej.

Przeprowadzone badania doświadczalne obejmują dwie grupy pomiarów: pomiary dynamiczne rzeczywistych budynków oraz pomiary drgań powierzchniowych wzbudzanych przez wstrząsy typu górniczego. Badania prowadzono w skali naturalnej, wielokrotnie w okresie wielu lat [1, 2, 6].

Obliczenia dla sieci neuro-rozmytych przeprowadzone zostały z użyciem systemu ANFIS z programu Fuzzy Logic Toolbox MATLAB [3].

Dokładność otrzymywanych wyników oceniana była poprzez ich porównywanie z wartościami uzyskanymi z badań doświadczalnych. W tym celu wyliczano błędy uczenia i testowania (*Mean Square Error* – *MSE*), standardowy błąd resztkowy (st ε) oraz błędy względne ep i eV_{avr}:

$$MSE(V) = \frac{1}{V}\sum_{p=1}^{V}(y_p - \hat{y}_p)^2, \qquad \text{st}\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{P}\sum_{p=1}^{P}(y_p - \hat{y}_p)^2}$$

$$ep = \left|1 - \hat{y}_p / y_p\right| \cdot 100\%, \qquad eV_{\text{avr}} = \frac{1}{V}\sum_{p=1}^{V} ep. \tag{17}$$

gdzie: $V = L, T, P$ – odpowiednio liczba: wzorców uczących (L), wzorców testujących (T), wszystkich ($P = L + T$); y_p i $\hat{y}_p$ – wartość oczekiwana i wyliczona.

Do oceny uzyskanych rezultatów obliczeń wykorzystano również współczynnik korelacji liniowej dla wszystkich wzorców – $r(P)$ oraz tzw. procent sukcesu (*Success Ratio*) *SR*[%] w funkcji błędu względnego *ep*[%]. *SR* określa jaki procent wzorców uzyskano z predykcji neuronowej z błędem nie większym niż *ep*.

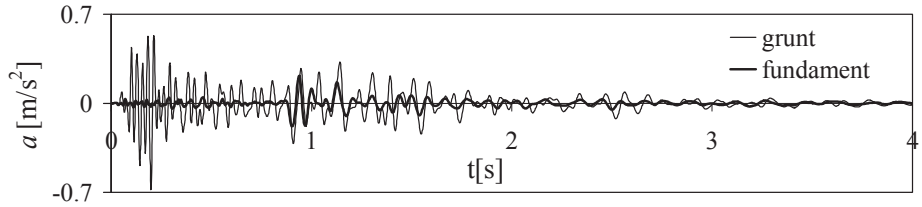
Analiza interakcji dynamicznej układu podłoże–budynek w przypadku wstrząsów górniczych

Zjawisko współpracy konstrukcji i podłoża albo inaczej: wzajemnego oddziaływania układu konstrukcja–podłoże w trakcie przekazywania się drgań z gruntu na obiekt nazywa się interakcją dynamiczną. W układzie budynek–podłoże występuje sprzężenie. Po pierwsze, propagujące się w podłożu fale pochodzenia sejsmicznego lub parasejsmicznego ulegają modyfikacji z uwagi na zmiany, jakie powoduje w gruncie posadowiony budynek. Po drugie, siły wywołane w podłożu przez drgającą konstrukcję generują deformacje podłoża, co z kolei wpływa na zachowanie się budynku.

Przebiegi drgań zarejestrowane na swobodnej powierzchni gruntu obok budynku różnią się od zarejestrowanych na fundamencie tego budynku. Złożony

charakter drgań sejsmicznych lub parasejsmicznych, własności gruntu i odmienne właściwości dynamiczne budynków powodują, że analiza problemu interakcji dynamicznej jest trudna. Jest to jednocześnie zagadnienie bardzo ważne z inżynierskiego (praktycznego) punktu widzenia. Istotna jest tu m.in. ocena sposobu przenoszenia się drgań na istniejący obiekt.

Zjawisko przekazywania się drgań z podłoża gruntowego na fundament budynku można analizować, porównując przebiegi drgań gruntu z przebiegami drgań najniższej części budynku (fundamentów), które zostały zarejestrowane jednocześnie. Oceny tych różnic można dokonać poprzez porównywanie spektrów odpowiedzi wyznaczonych na podstawie obu przebiegów drgań.



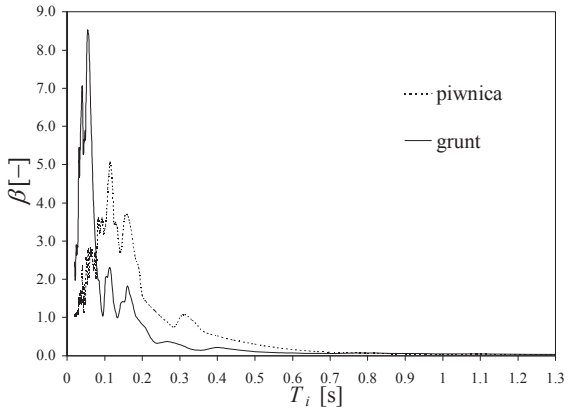
Ryc. 4. Przebiegi przyspieszeń drgań od wstrząsu górniczego: 23.11.2002, *En*=2.4E6J, r_e = 768m

Rozważano przebiegi drgań zarejestrowane równocześnie na gruncie i w budynku od wielu wstrząsów górniczych będących skutkiem podziemnej eksploatacji rudy miedzi w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym (LGOM). Przekazywanie się drgań z gruntu na budynek analizowano w odniesieniu do budynku mieszkalnego o średniej wysokości (5-cio kondygnacyjnego). Na ryc. 4 pokazano przykładowe przebiegi przyspieszeń drgań jednocześnie zarejestrowane na gruncie i w dolnej części rozważanego budynku (wraz z informacją o energii *En* i odległości epicentralnej r_e wstrząsu górniczego, który był źródłem tych drgań).

Dla wszystkich zarejestrowanych na gruncie i w budynku przebiegów przyspieszeń drgań wyznaczono bezwymiarowe przyspieszeniowe spektra odpowiedzi β. Przy wyznaczaniu spektrów przyjęto ułamek tłumienia krytycznego ξ = 2% [2].

Okresy drgań (T_i) wzięto z przedziału [0.02, 1.3]s. T_i przyjmowano według związku $T_i = 1/f_i$, przy czym krok próbkowania f_i wynosił 0.25 Hz. Zatem w przypadku każdego zarejestrowanego przebiegu przyspieszeń drgań (zarówno w poziomie gruntu, jak i w dolnej części budynku), otrzymano 198 dyskretnych wartości odpowiednio bezwymiarowego przyspieszeniowego spektrum odpowiedzi. Przykładowe porównanie bezwymiarowych spektrów odpowiedzi od jednocześnie zarejestrowanych przebiegów przyspieszeń drgań na gruncie i na fundamencie (w piwnicy budynku) zamieszczono na ryc. 5.

Dane eksperymentalne wykorzystano jako wzorce do sieci neuro-rozmytych w celu określania związku między spektrami odpowiedzi wyznaczonymi na podstawie przebiegów drgań zarejestrowanych na gruncie przed budynkiem i w dolnej części obiektu.



Ryc. 5. Bezwymiarowe przyspieszeniowe spektra odpowiedzi

Zaproponowano następujący wektor wejścia:

$$x_{(6x1)} = \{\beta_g(T_{i-2}), \beta_g(T_{i-1}), \beta_g(T_i), \beta_g(T_{i+1}), \beta_g(T_{i+2}), T_i\} \qquad (18)$$

gdzie: T_{i-2}, T_{i-1}, T_i, T_{i+1}, T_{i+2} – kolejne okresy drgań, i = 3, ..., 196; β_g – bezwymiarowe przyspieszeniowe spektrum odpowiedzi z przebiegów drgań zarejestrowanych na gruncie.

Odpowiednia wartość bezwymiarowego przyspieszeniowego spektrum odpowiedzi wyznaczonego na podstawie pomierzonych przebiegów drgań w dolnej części budynku ($\beta_f(T_i)$) oczekiwana była jako wyjście z sieci neuronowej:

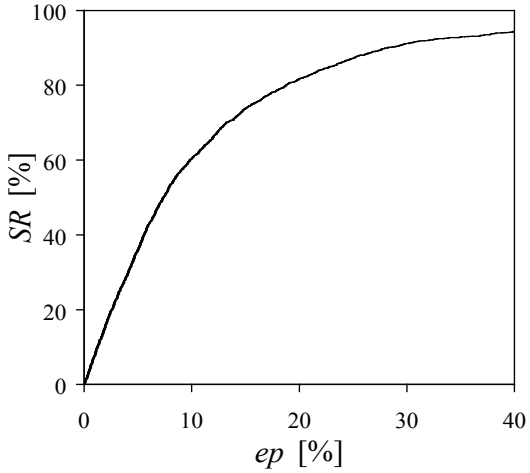
$$y_{(1x1)} = \{\beta_f(T_i)\} \qquad (19)$$

gdzie: i = 3, ..., 196 dla każdej analizowanej pary: grunt – dolna część budynku.

Do budowy wzorców w analizie neuro-rozmytej, z danych doświadczalnych użyto dwunastu par przebiegów drgań poziomych: grunt – budynek. Uzyskano zatem P = 2328 wzorców – 194 wzorce w każdej z dwunastu par przebiegów drgań. Połowę wzorców wzięto do uczenia sieci (sześć par spektrów), a pozostałe 50% wzorców (sześć par spektrów) użyto do testowania. Obliczenia dla sieci neuro-rozmytej przeprowadzone zostały z użyciem systemu ANFIS z programu Fuzzy Logic Toolbox MATLAB [3]. Funkcje przynależności przyjęto w postaci funkcji Gaussa. Dokonano równomiernego podziału przestrzeni wejścia. Zastosowano regułę wnioskowania Sugeno rzędu pierwszego, iloczynową regułę obliczania wartości wag, wzór średniej ważonej do obliczania ostrej wartości wyjścia i hybrydową metodę uczenia. Błędy uczenia i testowania tej sieci zamieszczono w tabeli 1, a na ryc. 6 pokazano wykres procentu sukcesu przy użyciu tej sieci. Natomiast na ryc. 7 porównano przykładowe bezwymiarowe przyspieszeniowe spektrum odpowiedzi z przebiegu drgań w dolnej części budynku uzyskane przy zastosowaniu sieci neuronowej typu ANFIS z odpowiadającym mu spektrum wyznaczonym numerycznie na podstawie pomierzonego przebiegu przyspieszeń drgań.

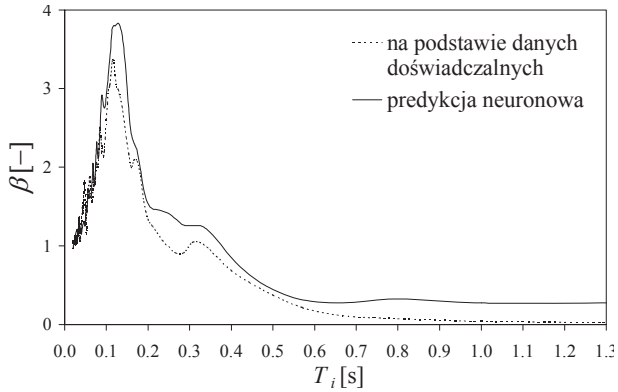
Tab. 1. Błędy uczenia i testowania sieci neuronowej typu ANFIS do analizy interakcji dynamicznej podłoże–budynek poprzez przypieszeniowe spektra odpowiedzi

Sieć	*MSE*(*V*)		Liczba epok *se*	eV_{avr}[%]			*r*(*P*)	(st ε) (*P*)
	MSE(*L*)	*MSE*(*T*)		*L*	*T*	*P*		
ANFIS	0.00234	0.01578	8	8.8	17.3	13.1	0.695	0.095



Ryc. 6. Procent sukcesu *SR*(*ep*) neuronowej predykcji (ANFIS) przyspieszeniowych spektrów odpowiedzi od przebiegów drgań w dolnej części budynku

Stwierdzono, że w wyniku zastosowania sieci neuro-rozmytych typu ANFIS można stosunkowo dokładnie odwzorowywać przyspieszeniowe spektra odpowiedzi od przebiegów drgań zarejestrowanych na gruncie przed budynkiem, w odpowiednie spektra związane z drganiami fundamentu budynku, a więc analizować skutki przekazywania się drgań z podłoża gruntowego na budynek (interakcję dynamiczną podłoże–budynek).



Ryc. 7. Bezwymiarowe przyspieszeniowe spektrum odpowiedzi od wstrząsu górniczego

Identyfikacja podstawowych okresów drgań własnych budynków

Do bardzo ważnych zagadnień w analizie dynamicznej budynków trzeba zaliczyć określenie właściwości dynamicznych obiektu, w szczególności okresów drgań własnych.

W praktyce stosowane są różne sposoby ich wyznaczania:

– obliczeniowy, z wykorzystaniem mniej lub bardziej skomplikowanych modeli,

– przybliżony, na podstawie wzorów empirycznych proponowanych w literaturze lub normach,

– na podstawie badań doświadczalnych wykonywanych na obiektach w skali naturalnej (na obiektach rzeczywistych),

– na podstawie badań laboratoryjnych na modelach budynków.

Najbardziej miarodajnym sposobem są pomiary drgań prowadzone na obiektach rzeczywistych. Tego rodzaju badania przeprowadzone zostały w odniesieniu do typowych obiektów należących do klasy budynków wielkowymiarowych o średniej wysokości (5-cio kondygnacyjnych) [1]. W dalszej kolejności do wyznaczenia podstawowych okresów drgań własnych tego typu budynków użyto sieci neuro-rozmytych. Zbiory uczące i testujące bazują na wynikach badań doświadczalnych.

Podstawowe okresy drgań własnych prefabrykowanych budynków o średniej wysokości znacząco zależą od podłoża gruntowego, na którym posadowiony jest budynek, oraz od wymiaru budynku w kierunku równoległym do kierunku drgań [7, 8]. Przeprowadzone analizy prowadziły do stwierdzenia, że sztywność na zginanie oraz sztywność na ścinanie w równym stopniu wpływają na drgania budynków o średniej wysokości.

Biorąc pod uwagę czynniki wpływające na wartości podstawowych okresów drgań własnych analizowanych budynków, w warstwie wejściowej sieci neuronowej zaproponowano cztery parametry: C_z – współczynnik sprężystego równomiernego pionowego ugięcia podłoża w [MPa/m]; b – wymiar budynku (szerokość lub długość) w kierunku drgań [m]; s – rozłożoną sztywność giętną typowej kondygnacji budynku, $s = \sum_i EI_i / a$; r – rozłożoną sztywność na ścinanie typowej kondygnacji budynku, $r = \sum_i G A_i / a$; gdzie: E, G – odpowiednio: moduł Younga i Kirchhoffa [MPa], I_i, A_i – odpowiednio: moment bezwładności [m^4] i pole przekroju [m^2] i-tej ściany, a – wymiar budynku [m] w kierunku prostopadłym do kierunku drgań. W warstwie wyjściowej oczekiwano wektora jednoelementowego: T_1 – podstawowy okres drgań własnych budynku [s].

Stąd rozważana sieć neuro-rozmyta typu ANFIS ma następujący wektor wejścia i wyjścia:

$$\mathbf{x}_{(4x1)} = \{C_z, b, s, r\}, \qquad \mathbf{y}_{(1x1)} = T_1. \tag{20}$$

Uzyskane z danych doświadczalnych $P = 31$ wzorców podzielono na wzorce uczące i testujące: $L = 26$, $T = 5$.

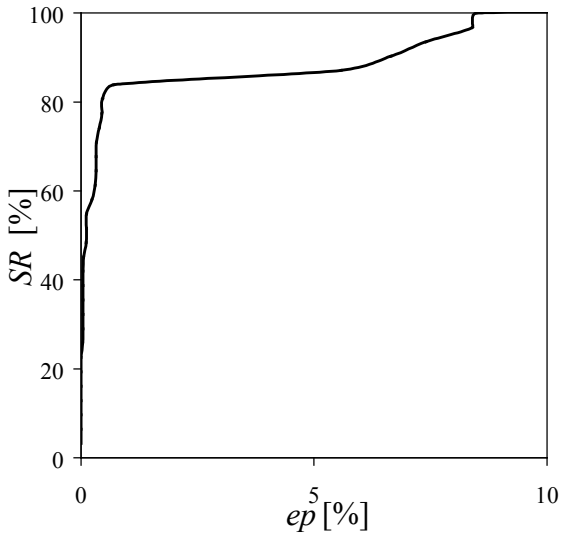
Obliczenia dla sieci neuro-rozmytej przeprowadzono, korzystając z systemu ANFIS z programu Fuzzy Logic Toolbox MATLAB [3]. Przyjęto: funkcje

przynależności w postaci funkcji Gaussa, równomierny podział przestrzeni wejścia, regułę wnioskowania Sugeno rzędu pierwszego, iloczynową regułę obliczania wartości wag, wzór średniej ważonej do obliczania ostrej wartości wyjścia i hybrydową metodę uczenia.

Błędy uczenia i testowania proponowanej sieci neuronowej typu ANFIS zamieszczono w tabeli 2, a wykres procentu sukcesu (*SR*) predykcji podstawowych okresów drgań własnych budynków pokazano na ryc. 8.

Tab. 2. Błędy uczenia i testowania sieci neuronowej typu ANFIS do identyfikacji podstawowych okresów drgań własnych budynków o średniej wysokości

Sieć	Liczba epok *se*	*MSE(L)*	*MSE(T)*	eV_{avr}[%]			*r*(*P*)	(st ε) (*P*)
				L	*T*	*P*		
ANFIS	20	0.0000001	0.00027	0.15	7.3	1.3	0.987	0.007



Ryc. 8. Związek między procentem sukcesu i błędem względnym SR(ep) dla sieci typu ANFIS z wektorem wejścia: $\mathbf{x}_{(4x1)} = \{C_z, b, s, r\}$

Wartości T_1 wyznaczone z wykorzystaniem neuro-rozmytej sieci typu ANFIS należałoby uznać za wystarczająco bliskie otrzymanym z pomiarów. Wyznaczenie okresów drgań odbywa się z zadowalającą w praktyce inżynierskiej dokładnością. Widać (ryc. 8), że w przypadku 87% wzorców błędy względne *ep* nie przekraczają 5%.

Wnioski

Uzyskane wyniki pozwalają na stwierdzenie, że sztuczne sieci neuronowe z wnioskowaniem rozmytym stwarzają nowe możliwości efektywnego rozwiązywania typowych problemów dynamiki konstrukcji. Zastosowanie ich pozwala na

stosunkowo łatwą analizę interakcji dynamicznej podłoże–budynek poprzez odwzorowywanie przyspieszeniowych spektrów odpowiedzi z przebiegów drgań zarejestrowanych na gruncie przed budynkiem, w odpowiednie spektra związane z drganiami fundamentu budynku. Z kolei na etapie wyznaczania podstawowego okresu drgań własnych budynku użycie zaprojektowanej, nauczonej i prawidłowo przetestowanej wcześniej sieci neuronowej jest wygodniejsze niż budowa i weryfikacja modelu dla rozważanego budynku. Przygotowana sieć o dobrych właściwościach generalizacyjnych może być wykorzystywana do wyznaczania podstawowych okresów drgań własnych wielu budynków z analizowanej klasy. Poza tym, sieci neuronowe pozwalają na uniknięcie formułowania w jawny sposób związków między parametrami „wejściowymi" i „wyjściowymi".

Bibliografia

[1] Ciesielski R., Kuźniar K., Maciąg E., Tatara T., *Empirical formulae for fundamental natural periods of buildings with load bearing walls*, Archives of Civil Engineering, **38**, 4, 1992, pp. 291–299

[2] Ciesielski R., Kuźniar K., Maciąg E., Tatara T., *Damping of vibration in precast buildings with bearing concrete walls*, Archives of Civil Engineering, **40**, 3, 1995, pp. 329–341

[3] *Fuzzy Logic Toolbox for Use with MATLAB*, User's Guide, Version 2, The Math Works Inc. 2001

[4] Haykin S., *Neural networks – a comprehensive foundation*, Prentice Hall Intern. Inc., Upper Saddle River, NY, 2nd edition, 1999

[5] Jang J.-S., Sun Ch.-T., Mizutani E., *Neuro-fuzzy and soft computing. A computational approach to learning and machine intelligence*, Prentice Hall Intern. Inc., Upper Saddle River, NY, 1997

[6] Kuźniar K., *Analiza drgań budynków ścianowych o średniej wysokości podlegających wstrząsom górniczym z wykorzystaniem sieci neuronowych*, Wyd. Politechniki Krakowskiej, Kraków 2004

[7] Maciąg E., *Experimental evaluation of changes of dynamic properties of buildings on different grounds*, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, **14**, 1986, pp. 925–932

[8] Maciąg E., Kuźniar K., *The influence of ground flexibility on the fundamental frequencies of natural vibrations of medium-height buildings with load bearing concrete walls*, Archives of Civil Engineering, **39**, 2, 1993, pp. 139–151

[9] Osowski S. *Sieci neuronowe do przetwarzania informacji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000

[10] Zadeh L., *Fuzzy sets*, Information and Control, **8**, 3, 1965, 338–353

The application of fuzzy neural networks in the selected building vibrations problems

Abstract

The paper deals with an application of fuzzy neural networks of ANFIS type for evaluation of soil-structure interaction in case of the transmission of ground vibrations from mining tremors to building basement and for identification of fundamental periods of building vibrations

Key words: soil-structure interaction, fundamental period of vibrations, fuzzy neural network

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Krystyna Kuźniar, Maciej Zając

Analiza zmian właściwości dynamicznych ścian konstrukcyjnych budynków wywołanych ich modernizacją

Mimo że w ostatnich latach pojawiło się wiele nowych, różnorodnych technologii wznoszenia budynków mieszkalnych, w dalszym ciągu wśród już istniejących obiektów dominują ścianowe budynki prefabrykowane (wielkopłytowe i wielkoblokowe). Znaczącą ich część stanowią obiekty o średniej wysokości – pięciokondygnacyjne. Wiele z nich posadowionych jest na obszarach objętych wpływami dynamicznymi, np. w bliskim sąsiedztwie eksploatowanych kamieniołomów czy w strefie wstrząsów górniczych. W analizie dynamicznej takich budynków niezbędne jest określenie ich właściwości dynamicznych – przede wszystkim częstotliwości drgań własnych.

W ostatnich latach, w wyniku zmian cywilizacyjnych w Polsce i dążenia do podniesienia komfortu życia mieszkańców istniejących budynków wielkopłytowych, pojawił się problem nadania tym obiektom „ludzkiej twarzy", a więc ich modernizacji. Jedną z form takich działań modernizacyjnych są zmiany w ścianach konstrukcyjnych polegające na przebijaniu nowych otworów lub poszerzeniu otworów już istniejących [3].

W niniejszej pracy pokazano wyniki analizy wpływu nowych otworów, ich wielkości i położenia na zmianę sztywności typowych ścian konstrukcyjnych budynków o średniej wysokości (5-cio kondygnacyjnych). Oceny tych zmian dokonywano poprzez porównanie częstotliwości drgań własnych rozważanych ścian z otworami i odpowiednich częstotliwości ścian bez otworów.

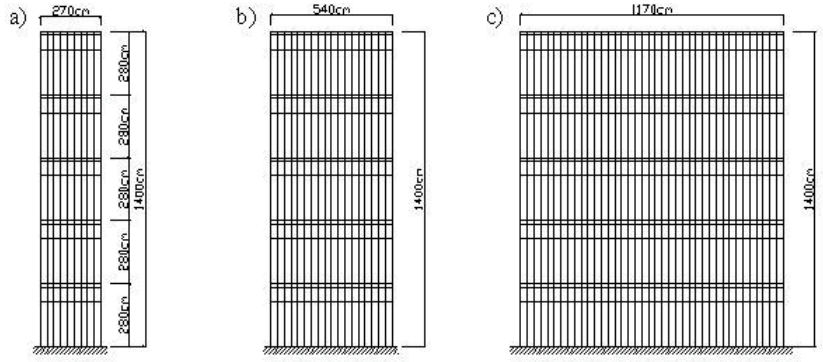
Charakterystyka przeprowadzonych obliczeń

Analizą objęto typowe ściany konstrukcyjne budynków 5-cio kondygnacyjnych. Są to ściany o szerokościach: 2,7 m, 5,4 m i 11,7 m. Grubość każdej ze ścian przyjęto jako 14 cm, gdyż taka grubość występuje jako typowa w wielu rzeczywistych budynkach wielkopłytowych. Podobne kryterium zastosowano, przyjmując 2,8 m jako wysokość każdej kondygnacji.

Modelując rzeczywiste ściany, przyjęto ich zamocowanie w poziomie stropu piwnicy ze względu na dużo większą sztywność ścian piwnicy w stosunku do sztywności kondygnacji nadziemnych [1]. Każda ze ścian ma zatem 14 m wysokości (5 x 2,8 m). Mimo że w budynkach niewysokich dość istotnym może być wpływ

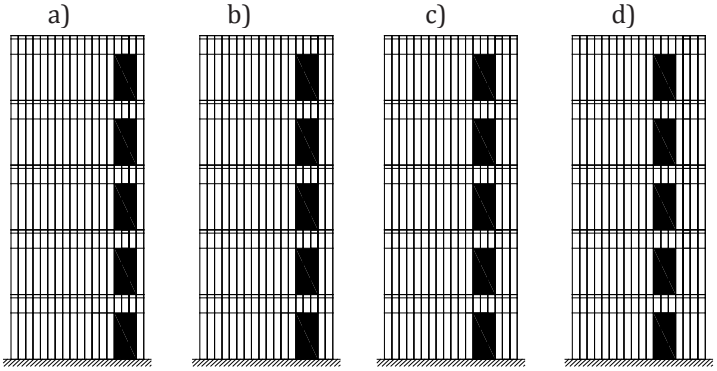
podatności podłoża na ich właściwości dynamiczne [6, 7], w modelach ścian pominięto ten wpływ i przyjęto podłoże sztywne z uwagi na podstawowy cel pracy, jakim jest analiza wpływu zmian w sztywności ścian kondygnacji nadziemnych na ich wartości częstotliwości drgań własnych. Przyjęto, że złącza są sztywne.

Analizowano ściany żelbetowe o gęstości ρ = 2500 kg/m^3, module Younga $E = 29\ GPa$ i współczynniku Poissona ν = 0,17. W poziomach stropów uwzględniono dodatkowo masę stropu z pasa o szerokości 3 m oraz masę wynikającą z 40% obciążenia zmiennego, a w poziomie stropu ostatniej kondygnacji – również od stropodachu (płyty panwiowe). Na rys. 1 pokazano geometrię analizowanych ustrojów w przypadku ścian pełnych – bez otworów.



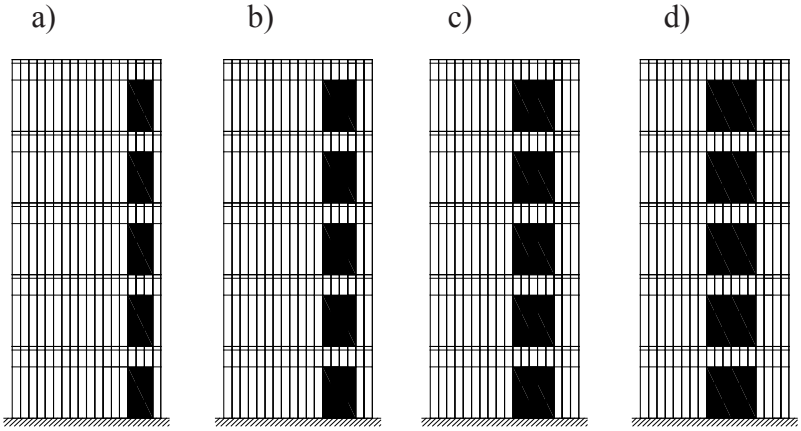
Ryc. 1. Geometria analizowanych ścian: a) 2,7 x 14 m , b) 5,4 x 14 m, c) 11,7 x 14 m

Wpływ otworów, ich wielkości i położenia na zmianę sztywności rozważanych ścian konstrukcyjnych budynków analizowano dla „systemowego" rozmieszczenia otworów. Pod pojęciem „systemowego" rozmieszczenia rozumie się serię otworów drzwiowych o wymiarach 90 cm x 200 cm usytuowanych jeden nad drugim, na wszystkich kondygnacjach. Rozważono położenia otworów wynikające z ich „przesuwu" względem krawędzi ściany o moduł 30 cm, aż do osiągnięcia połowy szerokości każdej ze ścian (wykorzystanie symetrii), co przykładowo dla kilku położeń otworów w ścianie o szerokości 5,4 m pokazano na ryc. 2.



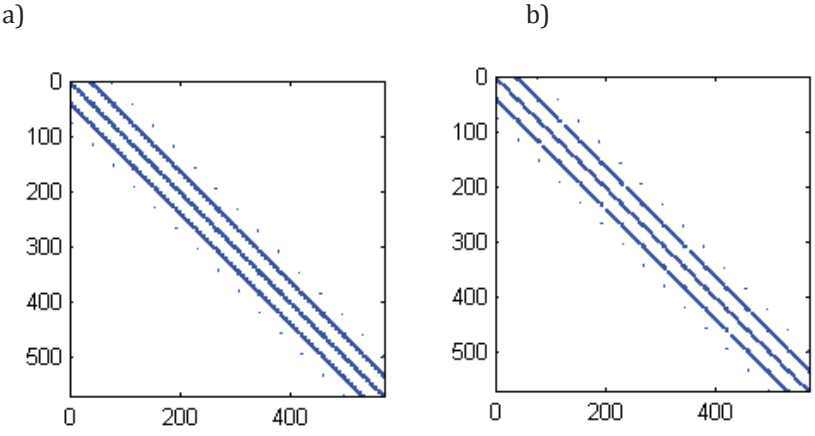
Ryc. 2. Systemowe rozmieszczenie otworów dla ściany 5,4 m w odległości od krawędzi: a) 30 cm, b) 60 cm, c) 90 cm, d) 120 cm

Dodatkowo w każdym położeniu otworów ustalonym w stosunku do krawędzi ściany, otwory „poszerzano" kolejno o 30 cm w zakresie 90–480 cm, co pokazano dla przykładowych przypadków na ryc. 3.



Ryc. 3. Przykładowe schematy rozmieszczenia otworów w ścianie 5,4 m odpowiednio o szerokości i odległości od krawędzi: a) 90 cm, 30 cm; b) 120 cm, 60 cm; c) 150 cm, 90 cm; d) 210 cm, 120 cm

Rozważono ponad 200 różnych schematów położenia i szerokości otworów. Przyjęto tarczowy model ściany. Obliczenia wykonano metodą elementów skończonych (MES) za pomocą programu Ansys [8] na komputerze Jowisz w ACK CYFRONET AGH, nr grantu: MNISW/HP_I_SD/AP/007/208. Wykorzystano 4-węzłowy element tarczowy „plate 42" o dwóch stopniach swobody w węźle oraz konsystentne macierze sztywności i mas (ryc. 4). Przyjęto sztywność elementów w miejscach otworów bliską zeru.



Ryc. 4. Graficzne przedstawienie położenia elementów niezerowych w macierzy sztywności (a) i macierzy mas (b) dla ściany 5,4 m z otworami 90 cm w odległości 30 cm od krawędzi (570 stopni swobody)

Analizą objęto dwie pierwsze częstotliwości drgań własnych poziomych f_1[Hz] i f_2[Hz] ścian ze względu na to, że takie drgania występują w rzeczywistych budynkach [4].

Ze względu na znaczne rozmiary zadania, poszukiwane częstotliwości drgań własnych zostały wyznaczone metodą Lanczosa [5]. Umożliwia ona znalezienie kilku początkowych ich wartości bez konieczności rozwiązywania pełnego układu równań.

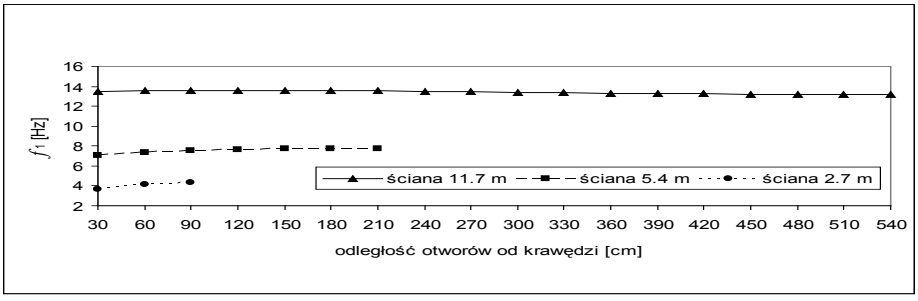
Wpływ położenia i wielkości otworów na sztywność ścian oceniano, wyliczając względne zmiany częstotliwości ich drgań własnych według zależności:

$$d_i = \frac{\left|\bar{f}_i - f_i\right|}{\bar{f}_i} \cdot 100\%, \qquad i = 1,2 \tag{1}$$

gdzie: d_i – względna zmiana *i*-tej częstotliwości drgań własnych, $\bar{f}_i$, f_i – odpowiednio: *i*-ta częstotliwość drgań własnych ściany bez otworu i ściany z otworami.

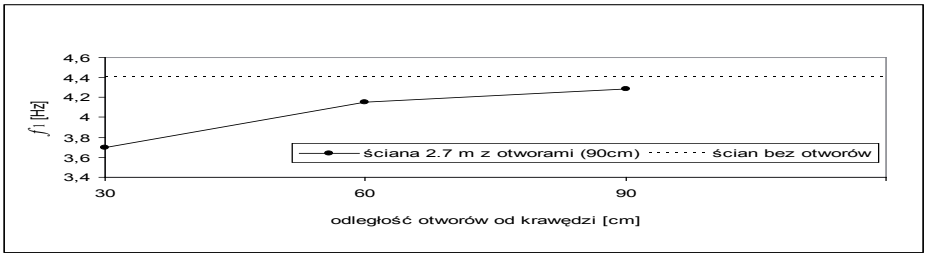
Analiza wyników

Na ryc. 5 pokazano zależność wartości pierwszej częstotliwości drgań własnych f_1 wszystkich analizowanych ścian od położenia (odległość od krawędzi tarczy) otworów o szerokości 90 cm. Dodatkowo na ryc. 6 porównano te częstotliwości z wartościami wyliczonymi dla odpowiednich tarcz bez otworów, które wynoszą: dla ściany 2,7 m – f_1=4,40 Hz, dla ściany 5,4 m – f_1 = 8,28 Hz, dla ściany 11,7 m – f_1 = 14,46 Hz.

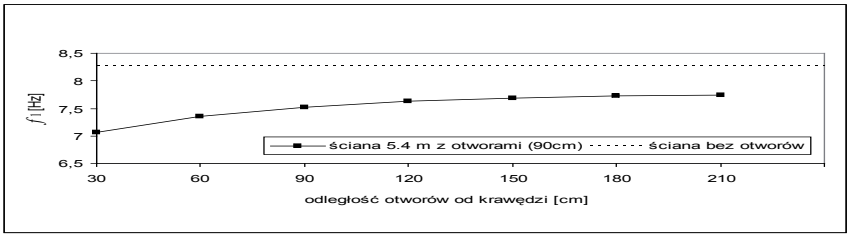


Ryc. 5. Wartości pierwszej częstotliwości drgań własnych ściany w zależności od położenia otworów o szerokości 90 cm

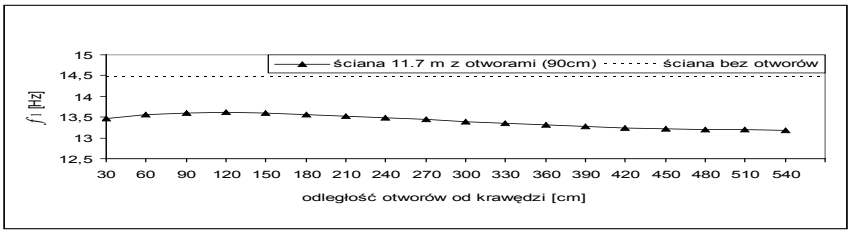
a)



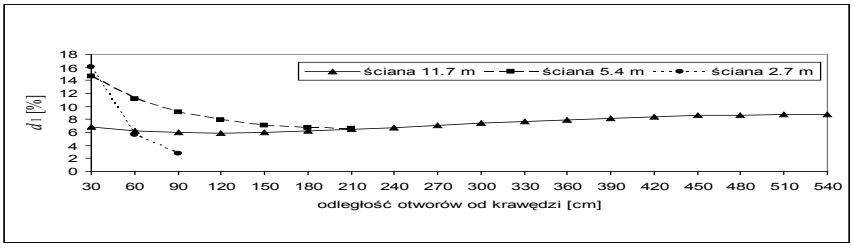
b)



c)



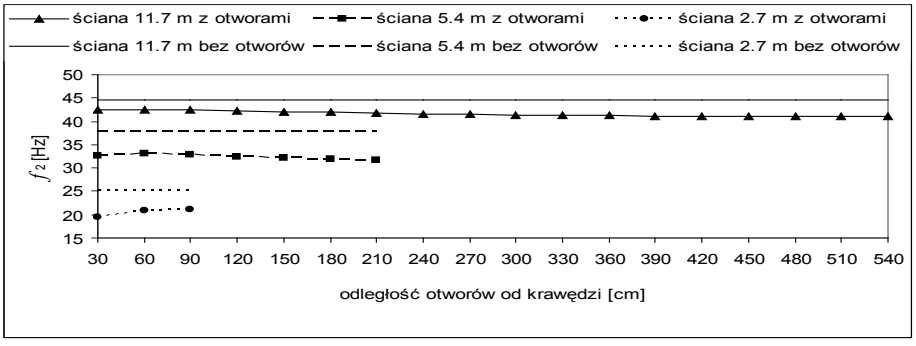
Ryc. 6. Porównanie wartości pierwszych częstotliwości drgań własnych ścian z otworami, z odpowiednimi wartościami dla ścian bez otworów: a) ściana 2,7 m, b) ściana 5,4 m, c) ściana 11,7 m



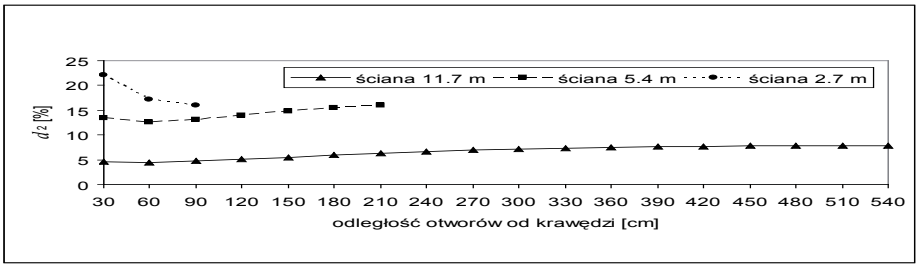
Ryc. 7. Względna zmiana d_1 pierwszej częstotliwości drgań własnych

Z kolei ryc. 7 przedstawia względną zmianę pierwszych częstotliwości drgań własnych d_1 rozważanych ścian, wyliczoną zgodnie ze wzorem (1).

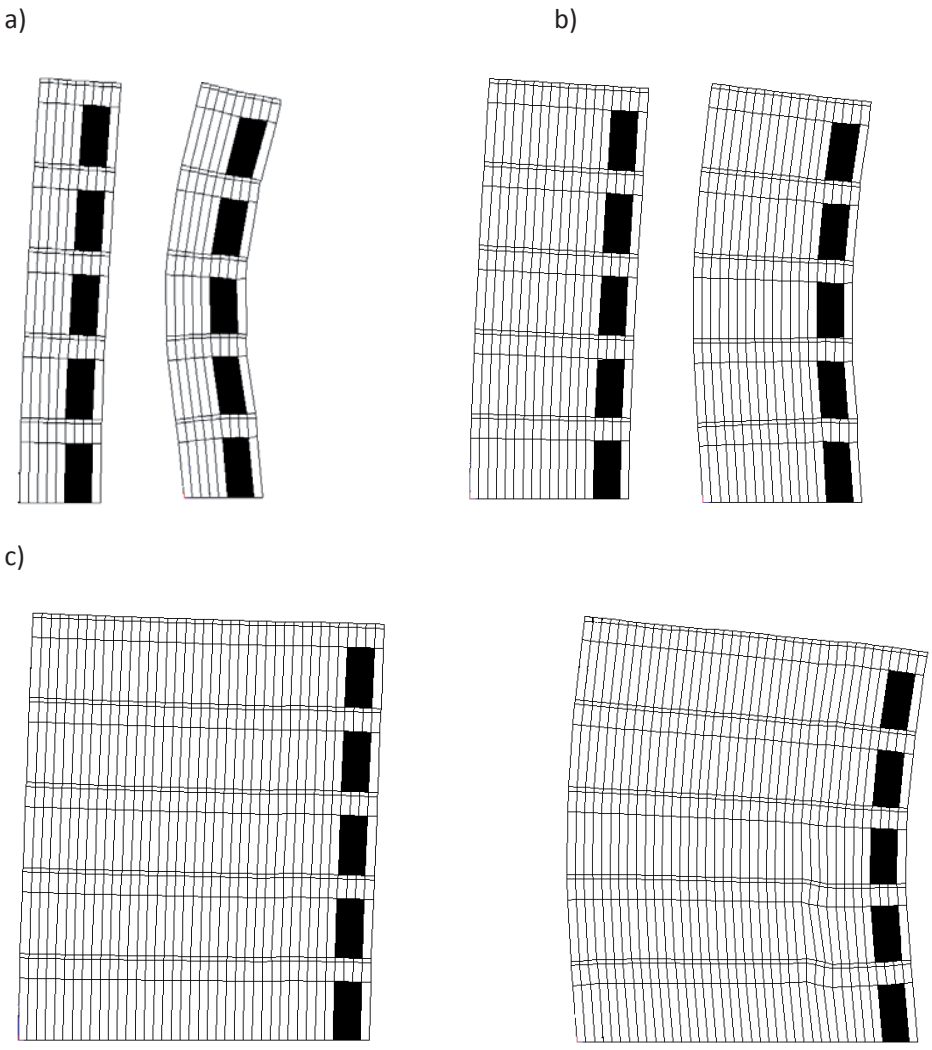
Ryc. 8 i ryc. 9 zawierają analogiczne zestawienia w odniesieniu do drugich częstotliwości drgań własnych, a na ryc. 10 pokazano przykładowo pierwszą i drugą postać drgań własnych ścian w przypadku, gdy otwory o szerokości 90 cm znajdują się w odległości 30 cm od krawędzi ściany.



Ryc. 8. Zależność drugiej częstotliwości drgań własnych od położenia otworów (szer. 90 cm)



Ryc. 9. Względna zmiana d_2 pierwszej częstotliwości drgań własnych



Ryc. 10. Pierwsza i druga postać drgań własnych ścian w przypadku otworów o szerokości 90 cm w odległości 30 cm od krawędzi ściany: a) 2,7 m, b) 5,4 m, c) 11,7 m

Stwierdzono, że położenie otworów (odległość od krawędzi) wpływa istotnie na wartości częstotliwości drgań własnych ściany, czego należało się spodziewać. Największą zmianę wartości pierwszych częstotliwości drgań własnych (ich zmniejszenie, a więc spadek sztywności ściany) powoduje usytuowanie otworów w odległości 30 cm od krawędzi ściany o szerokości 2,7 m i 5,4 m (por. ryc. 7). Efekt ten jest szczególnie widoczny dla tarczy 2,7 m, gdzie powierzchnia otworów stanowi około 25% powierzchni całości. W przypadku tej ściany względna redukcja wartości pierwszej częstotliwości drgań własnych f_1 wynosi ponad 16%. Tak duży spadek wartości częstotliwości drgań własnych w przypadku ścian o szerokości 2,7 m i 5,4 m, gdy otwory znajdują się blisko krawędzi może być spowodowany tym, że praktycznie szerokość tarczy ulega znaczącemu zmniejszeniu, gdyż sztywność wąskiego paska między krawędzią a otworami staje się pomijalnie mała.

Ścianę o dużym stosunku wysokości do szerokości (np. ok. 5:1 w przypadku ściany 2,7 m, lub nawet 3:1 w przypadku ściany 5,4 m) można w przybliżeniu potraktować jako pręt wspornikowy. Wtedy jej sztywność jest tym większa, im większy jest moment bezwładności przekroju, czyli im bliżej środka przekroju znajdują się otwory. Zatem w przypadku tarczy o dużym stosunku wysokości do szerokości (większym od 2) ta prawidłowość dotycząca prętów wspornikowych jest zachowana.

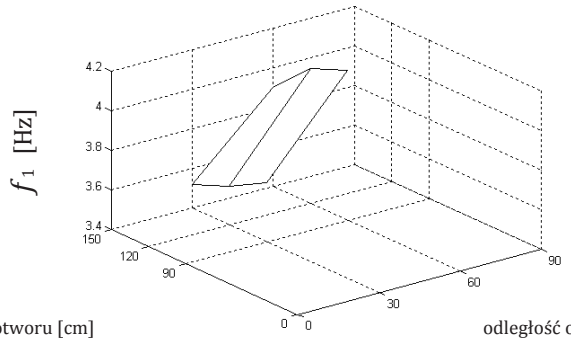
Analizując częstotliwości drgań własnych tarcz o małym stosunku wysokości do szerokości (np. ok. 1:1 w przypadku ściany o szerokości 11,7 m), który często występuje w rzeczywistych ścianach, stwierdzono, że taka prosta zależność wartości tych częstotliwości od położenia otworów w tarczy nie zachodzi (por. ryc. 7). W zakresie takich proporcji wymiarów ścian następuje nakładanie się efektów tarczowych (z uwagi na stosunek długości boków) oraz efektów spowodowanych wewnętrznym podziałem ustroju na pasma przez połączenie – tutaj otwory [2].

Na ryc. 11 i 12 przedstawiono odpowiednio wartości pierwszej i drugiej częstotliwości drgań własnych analizowanych ścian w funkcji odległości otworów od krawędzi ściany oraz szerokości otworów.

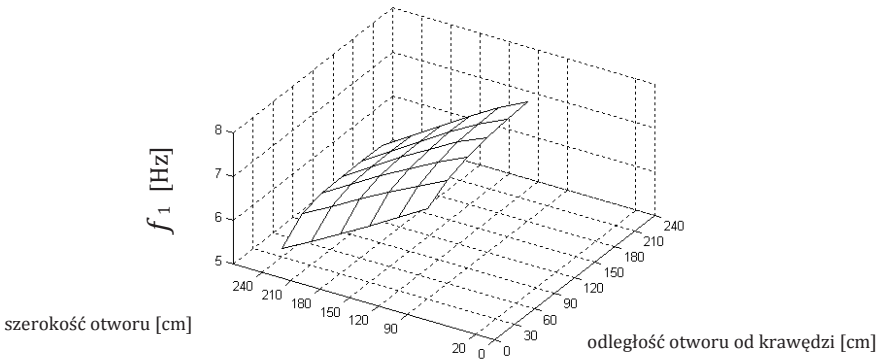
Przykładowo: na ryc. 13 pokazano względną zmianę d_1 pierwszej częstotliwości drgań własnych tarczy w przypadku zmian położenia i szerokości otworów dla ściany 11,7 m.

Dla ścian 2,7 m i 5,4 m najbardziej niekorzystne okazały się otwory o największej szerokości (odpowiednio 150 i 240 cm) zlokalizowane najbliżej krawędzi. Odpowiednie częstotliwości drgań własnych są wtedy najmniejsze. Natomiast dla ściany 11,7 m najmniejsze wartości częstotliwości drgań własnych występują, gdy duże otwory (480 cm szerokości) usytuowane są blisko środka jej szerokości. Wtedy względna redukcja wartości pierwszej częstotliwości drgań własnych f_1 wynosi aż ponad 50% (ryc. 13). Podobne trendy w charakterze zmian obserwowane były w przypadku otworów o szerokości 90 cm (bez poszerzania).

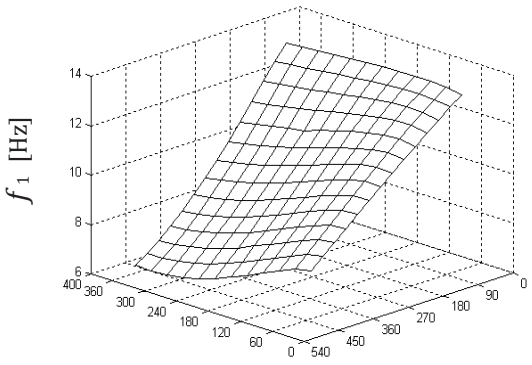
a)



b)

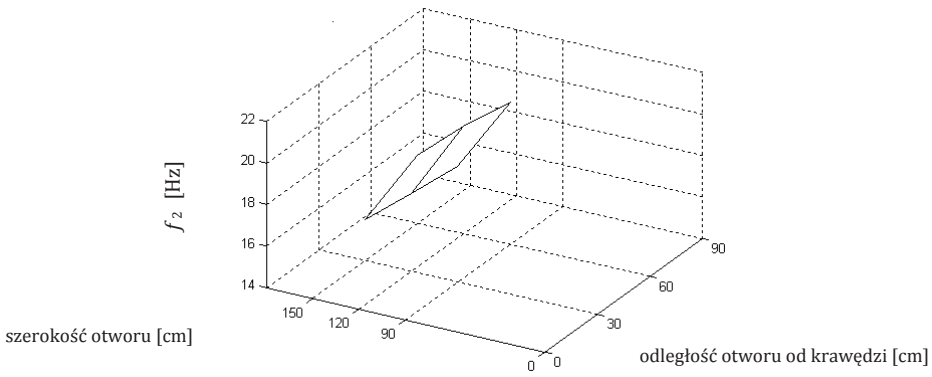


c)

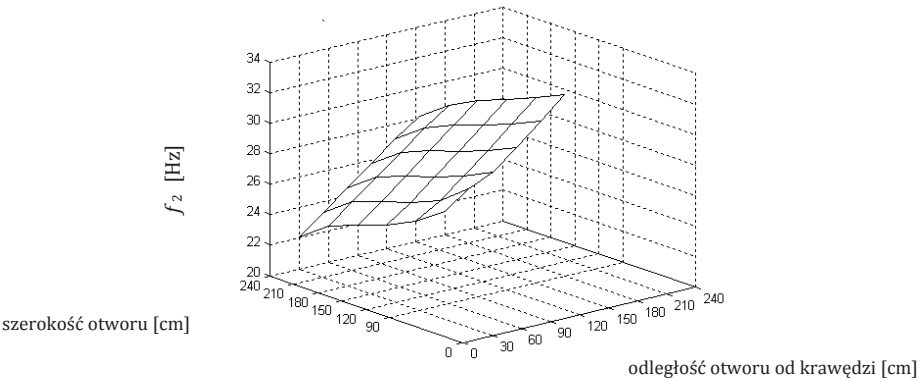


Ryc. 11. Pierwsza częstotliwość drgań własnych w zależności od szerokości i odległości otworu od krawędzi dla ściany o szerokości: a) 2,7 m, b) 5,4 m, c) 11,7 m

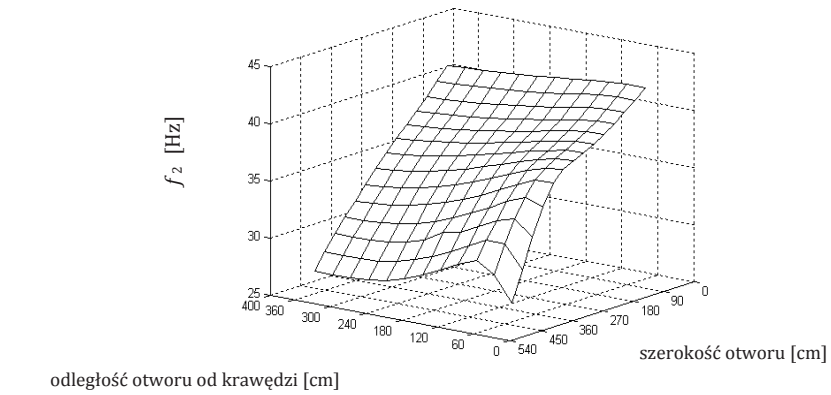
a)



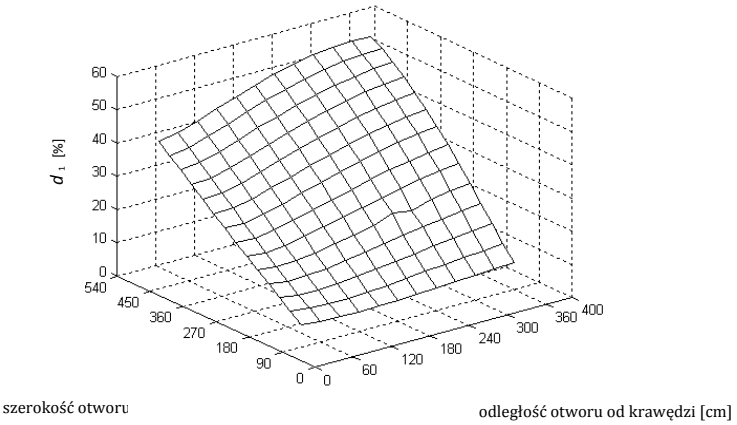
b)



c)



Ryc. 12. Druga częstotliwość drgań własnych w zależności od szerokości i odległości otworu od krawędzi dla ściany o szerokości: a) 2,7 m, b) 5,4 m, c) 11,7 m



Ryc. 13. Względna zmiana pierwszej częstotliwości drgań własnych tarczy w przypadku zmian położenia i szerokości otworów dla ściany 11,7 m

Wnioski

Oceny zmiany sztywności ścian konstrukcyjnych w wyniku przebijania, poszerzania oraz różnego położenia otworów w stosunku do krawędzi ściany dokonano poprzez badanie zmian częstotliwości drgań własnych tych ścian. Analizą objęto trzy typowe ściany, których stosunek wysokości do szerokości wynosił około 5:1, 3:1 oraz 1:1. Zgodnie z oczekiwaniami stwierdzono, że położenie i wielkość otworów wpływa istotnie na wartości częstotliwości drgań własnych ściany. W przypadku ścian „wąskich" największą zmianę sztywności powoduje umieszczenie otworów najbliżej krawędzi ściany, podczas gdy w przypadku ścian „szerokich" – w środku.

Bibliografia

[1] Bobola K., Tatara T., *Drgania budynków prefabrykowanych podlegających działaniom parasejsmicznym*, Inżynieria i Budownictwo, **5**, 1983, s. 198–202

[2] Cholewicki A., *Obliczanie ścian usztywniających*, COBPBO, Warszawa 1980

[3] Cholewicki A., Chyży T., Szulc J., *Nowe otwory w ścianach konstrukcyjnych budynków wielkopłytowych*, Instrukcja 385/2003, ITB, Warszawa 2003

[4] Ciesielski R., Kuźniar K., Maciąg E., Tatara T., *Empirical formulae for fundamental natural periods of buildings with load bearing walls*, Archives of Civil Engineering, **38**, 4, 1992, pp. 291–299

[5] Lewandowski R., *Dynamika konstrukcji budowlanych*, Wydaw. Politechniki Poznańskiej 2006

[6] Maciąg E., *Experimental evaluation of changes of dynamic properties of buildings on different grounds*, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, **14**, 1986, pp. 925–932

[7] Maciąg E., Kuźniar K., *The influence of ground flexibility on the fundamental frequencies of natural vibrations of medium-height buildings with load bearing concrete walls*, Archives of Civil Engineering, **39**, 2, 1993, pp. 139–151

[8] Release 11.0 Documentation for Ansys, 2007

The analysis of the modification of load-bearing walls dynamic properties resulting from their modernization

Abstract

The paper deals with an analysis of the new door-way size and position effect on the modification of the typical medium-height load-bearing walls stiffness. The changes were estimated by the comparison of the natural frequencies of vibrations of the load-bearing walls with and without holes.

Key words: load-bearing wall, natural frequency of vibrations

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Elżbieta Mastalerz

Preferencje zawodowe słuchaczy kończących studia w Instytucie Techniki Akademii Pedagogicznej

Jednym z najtrudniejszych zadań w życiu człowieka jest wybór dróg zawodowej. Wiele w życiu zależy od tego, gdzie pracujemy, jak awansujemy, czy odczuwamy satysfakcję z wykonywanej pracy, jaki jest nasz status społeczny. Z obserwacji życia można wywnioskować, że tylko nieliczni młodzi ludzie konsekwentnie podążają raz trafnie obraną drogą, zdobywają wykształcenie kierunkowe stosownie do zamierzeń i pokonują kolejne szczeble wtajemniczenia w obranej profesji. Niejasne reguły zatrudniania pracowników, mizerne zarobki, uboga infrastruktura mieszkaniowa powodują, że podejmowana praca przez młodych wchodzących na rynek pracy w niewielkiej części jest spełnieniem ich marzeń.

Dążąc do optymalnego rozwoju społeczeństwa, podnoszenia kultury, gospodarnego wykorzystania potencjału rozwojowego współczesnej młodzieży, decydenci winni poświęcać znacznie więcej uwagi problemom kształcenia zawodowego, trafnego rozpoznania uzdolnień i predyspozycji każdej jednostki. Nie oznacza to zawężania możliwości wyboru, ale odpowiednio wcześniejszego zainteresowania się dzieckiem, rozpoznawania uzdolnień i predyspozycji, wspomagania jego wyborów. Udział rodziców w wyborze zawodu dzieci jest najważniejszy, niestety nie w każdej rodzinie odpowiednio akcentowany. Wynika to zazwyczaj z braku rozeznania na zmiennym rynku pracy i nowych specjalności zawodowych, a czasem z zaborczej, autorytarnej postawy rodzica. Decyzje edukacyjno-zawodowe nie są prostym sumowaniem wiedzy i umiejętności szkolnych, ale trudnym, wieloaspektowym zadaniem każdej jednostki ludzkiej i najbliższego otoczenia.

Idea kształcenia ustawicznego w edukacji zawodowej

Od kilku lat w Polsce realizowana jest wspólna inicjatywa Instytutu Pracy i Spraw Socjalnych oraz Instytutu Zarządzania pod szerokim hasłem: Inwestowanie w kapitał ludzki. Składają się na nią: program Inwestor w Kapitał Ludzki, który jest realizowany przez Instytut Zarządzania, oraz program Lider Zarządzania Zasobami Ludzkimi, który jest realizowany przez Instytut Pracy i Spraw Socjalnych pod patronatem Ministra Gospodarki i Pracy. Program Inwestor w Kapitał Ludzki działa w Polsce od 2000 roku, rokrocznie przyznaje się wyróżnienie firmom propagującym najlepsze doświadczenia praktyczne w zakresie zarządzania zasobami ludzkimi.

Liderzy otrzymują złotą statuetkę i tytuł Lidera. Ponadto bursztynowe statuetki są przyznawane za osiągnięcia w dziedzinie: restrukturyzacji zatrudnienia, systemów ocen pracowniczych, szkolenia i rozwoju personelu, nowoczesnych metod zarządzania zasobami ludzkimi. W wyniku wielu działań ukierunkowanych na kształcenie i doskonalenie zawodowe przewiduje się:

– podniesienie poziomu wykształcenia polskiego społeczeństwa,

– zwiększenie udziału osób dorosłych w kształceniu ustawicznym,

– podniesienie jakości pracy placówek prowadzących kształcenie i doskonalenie zawodowe,

– zindywidualizowanie ścieżek edukacyjnych ze względu na różny poziom wykształcenia i doświadczenia zawodowego uczestników, ze szczególnym uwzględnieniem wprowadzania nauczania na odległość i kształcenia modułowego,

– zróżnicowanie ofert edukacyjnych nakierowanych na podnoszenie wiedzy i uzyskiwanie kwalifikacji przez młodzież i dorosłych [6].

Wybór zawodu w świetle badań pedagogicznych wśród studentów ostatnich lat studiów

Badania ankietowe przeprowadzono wśród studentów kierunku Edukacja techniczno-informatyczna studiów inżynierskich oraz magisterskich niestacjonarnych z roku 2008. Celem badań było zebranie opinii słuchaczy o zawodach aktualnie wykonywanych lub pożądanych, planowanych w przyszłości – po ukończeniu studiów.

Badaniami objęto młodych studentów, których średni staż pracy wynosił osiem lat. Pierwszy punkt ankiety dotyczył wymarzonych zawodów. Autorka chciała ustalić, jak wielu potencjalnych nauczycieli planowało pracować w zawodzie, czy byli zainteresowani pracą z młodzieżą. Podane przez studentów dane informują, że niewielki procent z nich marzył o pracy w charakterze nauczyciela (16%). Wskazane przez naszych studentów zawody były różne, od medycznych, informatycznych, psychologicznych, po wysoko specjalistyczne, jak pilot, adwokat, muzyk. Aktualnie respondenci pracują głównie w zawodach technicznych i informatycznych (technologii informacyjnej). Tylko siedem osób spośród grupy ankietowanych uczy w szkole podstawowej lub gimnazjum.

Wielu uzupełniających studia było zatrudnionych w przemyśle – głównie na stanowiskach kierowniczych – dyplom wyższej uczelni wspomagał ich awans zawodowy w zakładzie pracy.

Zawody, w których pracują studiujący w systemie niestacjonarnym na omawianym kierunku, są w większości związane z techniką i informatyką. Jest jednak kilka osób, głównie w grupie studentów na studiach inżynierskich, pracujących w zawodach nie związanych z podjętym profilem techniczno-informatycznym, jak np. księgowa, handlowiec, kelner, telemarketer. Potrzeba wiedzy ogólnotechnicznej w wielu zawodach budowlanych, biurowych, służbach mundurowych powoduje, że młodzi ludzie wybierają właśnie studia na kierunku ETI. Wiedza i umiejętności zorientowane ogólnie na technikę, technologię informacyjną dają podstawę do mobilizacji zawodowej w obszarze zawodów technicznych. Wkraczająca we wszystkie dziedziny życia komputeryzacja stwarza zapotrzebowanie na pracowników

kreatywnych w obszarze technologii informacyjnej, z podstawowym rozeznaniem w materiałoznawstwie, technologii, ochronie środowiska itp.

Kolejne pytanie ankiety dotyczyło motywów podjęcia studiów na kierunku ETI. Najczęściej wskazywanym motywem były wymogi obecnej pracy – taką odpowiedź zaznaczyło 52% respondentów. Niejednokrotnie podejmując pierwszą pracę, młody człowiek nie zamierza pozostawać w niej na dłużej. Jednak pracodawca zachęca do pogłębiania wiedzy i umiejętności, oferując podwyżkę wynagrodzenia i zmianę stanowiska. Stąd w badanej grupie sporo osób wskazało na ten czynnik motywujący. Za namową kolegów studia podjęło 21% respondentów, przypadek zdecydował w 22%. Takie czynniki, jak bliskość siedziby studiów i warunki rodzinne stanowiły motywację dla 17% młodzieży studiującej. Tylko w 4 przypadkach na 75 uzyskanych ankiet studia były ucieczką przed poborem wojskowym.

W pytaniu czwartym autorka zamierzała uzyskać informację o tym, jak dalece użyteczne są wiedza i umiejętności zdobyte na studiach w aktualnie wykonywanej pracy. Respondenci proszeni o zadeklarowanie w przedziale 0–100% wykorzystywania ich w obecnie wykonywanej pracy najczęściej zaznaczali przedział 40–60%, jednak 10% stwierdziło zupełny brak wykorzystania wiedzy techniczno-informatycznej w swojej pracy – byli to studenci z grupy licencjackiej. Słuchacze studiów drugiego stopnia – magisterskich – są w większości inżynierami, pracują w różnych branżach przemysłu i usługach, na ogół technicznych. W odpowiedzi na to pytanie podają więc, że przydatne są szczególnie umiejętności z zakresu technologii informacyjnej, tylko 3 osoby zaznaczyły 0. Zmianę zawodu po ukończeniu studiów planuje połowa respondentów – charakterystyczne jest, że w grupie licencjatów 17 z 23 osób zamierza zmienić zawód. Na studiach uzupełniających magisterskich zwykle są osoby pragnące awansować w miejscu pracy, poszerzać horyzonty, natomiast studia pierwszego stopnia są dla wielu zdobywaniem zawodu. Jedna trzecia respondentów twierdzi, że nie zmieni zawodu, tyle samo nie jest zdecydowana w tej sprawie. Wśród zawodów, do jakich dążą kończący studia na kierunku ETI, najczęściej wymieniane są zawody informatyczne: projektant stron, manager w firmie komputerowej, programista, serwisant itp. Dość liczna grupa studiujących (29%), głównie ze studiów uzupełniających magisterskich, zamierza pracować w charakterze nauczyciela po ukończeniu studiów. Pozostałe zawody podawane w ankiecie jako docelowe to: pracownik biurowy, handlowiec, konsultant techniczny, właściciel prywatnej firmy.

Kolejne pytanie dotyczyło istotnych czynników przy wyborze zawodu. Zdaniem badanych studentów, do najważniejszych należą: zamiłowanie i zainteresowanie wykonywaną pracą oraz wysokość zarobków – tym czynnikom przypisano najwięcej punktów. W dalszej kolejności ważne dla młodych ludzi jest, aby w podjętej przez nich pracy istniały możliwości rozwoju zawodowego i panowała dobra atmosfera. Znacznie mniej uwagi przy wyborze pracy młodzi ludzie poświęcają warunkom socjalnym, uprawnieniom emerytalnym, czy też zwracają uwagę na możliwości kontaktu z ludźmi. Wybór zawodu i pracy jest zapewne uwarunkowany wieloma bardzo różnymi czynnikami, takimi jak np. bliskość miejsca zamieszkania, kontynuacja tradycji rodzinnych, zapotrzebowanie na kadrę w miejscu zamieszkania.

W przypadku mężczyzn zdarzyło się, że podawali dodatkowe atuty ważne dla nich, takie jak prestiż społeczny, unormowany pięciodniowy tydzień pracy. Podjęcie

nauki na kierunku ETI uwarunkowane było dla 50% respondentów zainteresowaniem studiami techniczno-informatycznymi i zamiarem zdobycia wyższego wykształcenia. Można przypuszczać, że dla tej drugiej połowy studentów był to przypadkowy wybór, ewentualnie wymóg podnoszenia kwalifikacji w pracy zawodowej. Jest pozytywną informacją opinia o deklaracji ponownego wyboru studiów na kierunku Edukacja techniczno-informatyczna przez 38% słuchaczy kończących właśnie studia, którzy motywują wypowiedź interesującymi studiami i szerokimi możliwościami zatrudnienia absolwentów. Blisko 25% badanych wybrałoby kierunki studiów zupełnie różne od technicznych, np. filozofię, psychologię, architekturę, handel zagraniczny lub studia muzyczne. Natomiast pozostali respondenci zdecydowaliby o studiach na kierunkach informatycznych.

Ostatnie pytanie ankiety dotyczyło najważniejszych zalet finalizowanych studiów. Wybór ankietowanych mógł dotyczyć kilku spośród sześciu podanych odpowiedzi: a) uprawnienia nauczycielskie, b) tytuł inżyniera, c) wiedza, d) umiejętności, e) dyplom AP, f) wyższe wykształcenie. Zdecydowanie najwyżej badani studenci ocenili zdobycie wyższego wykształcenia w wyniku finalizowania studiów. Nieco mniej punktów przypisano uzyskiwaniu tytułu inżyniera po ukończeniu kierunku ETI. Cenne okazuje się także nabywanie uprawnień nauczycielskich i uzyskiwanie dyplomu Akademii Pedagogicznej. Wiedza i umiejętności, które zdobywa się w wyniku studiowania zostały najniżej docenione. Można to zinterpretować dwojako: albo zdobywa się jej zbyt mało w stosunku do oczekiwań na omawianym kierunku, albo jest to bardzo oczywiste, że w wyniku ukończenia studiów wyższych zdobywa się wiedzę i umiejętności, podobnie jak na innych kierunkach studiów.

Podsumowanie

Na podstawie analizy przeprowadzonych badań ankietowych wśród osób kończących studia licencjackie i magisterskie na kierunku Edukacja techniczno-informatyczna można wywnioskować, iż proces dojrzałości zawodowej jest zdecydowanie wyższy u studentów kończących studia magisterskie, niż u tych, którzy kończą studia pierwszego stopnia. Wynika to z faktu, że prawie wszyscy badani pracują i studiują, lecz na początku studiów zazwyczaj są to zawody bez kwalifikacji, których wykonywanie pozwala kontynuować studia. Natomiast podejmując pracę po uzyskaniu tytułu inżyniera, zazwyczaj dążą do ustabilizowania się w zawodzie i do awansu po uzupełnieniu wykształcenia o studia magisterskie. Uzyskane wyniki z badań prowadzonych przez autorkę potwierdzają powszechnie znane opinie o dążeniu młodzieży do pracy ciekawej i atrakcyjnej, pozwalającej uzyskiwać zadawalające dochody finansowe. Istnieje także pozytywne przeświadczenie młodych ludzi, że osiągnięcie sukcesu zawodowego wymaga solidnej pracy i ciągłego poszerzania uprawnień, doskonalenia wiedzy i umiejętności.

Bibliografia

[1] Bożek A., Mastalerz E., *Nauczanie techniki w szkole – wczoraj i dziś,* [w:] *Technika-informatyka-edukacja, Teoretyczne i praktyczne podstawy edukacji technicznej i informatycznej*, suplement 2006, W. Walat (red.), Wydaw. Zakład Dydaktyki i Informatyki Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów 2006, s. 69–73

[2] Mastalerz E., *Modelowanie procesu przygotowania nauczycieli edukacji techniczno-informatycznej,* [w:] *Problemy współczesnej techniki w aspekcie inżynierii i edukacji*, Wyd. Instytut Techniki Akademii Pedagogicznej w Krakowie 2005, s. 329–333

[3] Noga H., *Przydatność do pracy absolwentów szkół zawodowych – doniesienia z badań*, XVII DIDMATTECH 2004, Technika – Informatyka – Edukacja, W. Furmanek, W. Walat (red.), Rzeszów 2004, s. 368–377

[4] Tvarůžka V., Rudolf L., *Systémový pohled na digitální vizuální záznam v technologické edukaci, sborník příspěvků z mezinárodní vědecko-odborné konference*, Mezinárodní konference na Univerzitě Palackého v Olomouci: Trendy ve vzdělávání, Olomouc 20–21.6.2006

[5] Polakova E.: *Prostriedky masovej komunikacje, multikulturna spolocnost a vzdelavanie*, PF UKF, Nitra 2001

[6] Ministerstwo Gospodarki i Pracy, Raport 2006 r.

Professional preferences of to-be graduates in Technical Institute of Pedagogical Academy in Krakow

Abstract

Analyzing materials from her research and information gathered from ETI students, about current and planned workplace and opinions on finished course of studies, the author shows expectations and possibilities of employment for such engineers. Strong advantages of ETI studies, pointed out by its' students, may aid in choosing path of education for the readers, as well as motivate ETI freshmen to study hard, and remind all academic teachers to revise education programs, allowing maximum compatiblity with student's own interests and job market needs.

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Elżbieta Mastalerz, Ladislav Rudolf, Vaclav Tvarůžka

Organizacja nauczania istotnym elementem przygotowania dydaktycznego współczesnego nauczyciela

Praca nauczyciela jest zdeterminowana, bardziej niż jakakolwiek inna ludzka działalność, przez zachodzące procesy społeczne, polityczne, przez zmiany w nauce, technice i kulturze, ale głównie przez oczekiwania społeczne, co do jej rezultatów. Taka właśnie sytuacja zmusza nauczyciela do korzystania z nowych teorii, z innych dziedzin nauki. Obok jakże ważnych funkcji dydaktycznych, wychowawczych i opiekuńczych, jakie ma do spełnienia nauczyciel, szczególnego znaczenia nabierają jego zdolności organizacyjne. To właśnie on musi przyjmować rolę organizatora procesów osobowościowotwórczych oraz kierować zespołem uczniowskim i indywidualnym rozwojem uczniów.

Proces uczenia się to motywowanie, samodzielne i aktywne nastawienie uczniów na odkrywanie przez poznawanie, działanie i doświadczanie. Nauczyciel jest przewodnikiem w tych doświadczeniach. Organizuje on sytuacje, w których możliwe staje się zdobycie wiedzy i umiejętności przez uczniów. By sprostać trudnym zadaniom edukacji i wychowania młodzieży niezbędne staje się wyposażenie nauczycieli w podstawy organizacji pracy, tak aby ich działania przynosiły efekty i mogły stanowić wzór dla ucznia. „Wzór osobowy, będący jednocześnie autorytetem moralnym, jest nosicielem wartości" [4].

Na gruncie teorii organizacji cały proces organizowania pracy dzieli się na dwie zasadnicze fazy:

– preparacji, czyli przygotowania działań,

– realizacji, czyli wykonania.

Powstaje uzasadnione pytanie: jakie umiejętności powinien opanować nauczyciel w toku przygotowania do zawodu, aby jego działanie pozostawało w zgodzie z założeniami teorii cyklu zorganizowanego działania?

Problematyka umiejętności nauczyciela w kontekście zasad organizowania pracy

Nauczyciel w trakcie przygotowania zawodowego na uczelni zdobywa umiejętności głównie w zakresie planowania i wykonania dokumentacji, np. planów pracy dydaktyczno-wychowawczej, wymagań edukacyjnych, konspektów lekcji, narzędzi do sprawdzania wiedzy i umiejętności uczniów, narzędzi do ewaluacji procesu

dydaktycznego i działań wychowawczych. W trakcie lekcji próbnych i praktyk pedagogicznych student nabywa umiejętności realizacji zaplanowanego procesu dydaktycznego oraz podstawy współpracy ze środowiskiem szkolnym (nauczycielami, dyrekcją, rodzicami, organizacjami szkolnymi i środowiskowymi). Umiejętności opiekuńczo-wychowawcze są także w niewielkim zakresie kształtowane w trakcie studiów, student – kandydat na nauczyciela zdobywa raczej teoretyczne podstawy działania w tym zakresie. W dotychczasowym dorobku literatury pedagogicznej sporo uwagi poświęca się kierowniczej roli nauczyciela i wychowawcy (R. Polny, W. Kobyliński, B. Kiernicki i inni). Dla teorii kształcenia ogólnotechnicznego najcenniejszy jest wkład W. Okonia (ogniwa lekcji jako osnowa działania nauczyciela na zajęciach) oraz B. Kiernickiego (fazy cyklu organizacyjnego jako osnowa dla lekcji wytwórczo-praktycznych uczniów).

Zakresy działań nauczyciela w pracy zawodowej

Analizując literaturę pedagogiczną, widzimy, jak szerokiej skali oddziaływań dydaktyczno-wychowawczych nauczyciela poddana jest młodzież i że wiąże się z tym potrzeba wielostronnego przygotowania go do zawodu. Celem kształcenia wielostronnego jest zapewnienie jednostce harmonijnego rozwoju, wyzwalając u niej wszechstronną aktywność [3]. Wielostronność kształcenia nauczycieli podkreślają m.in. W. Okoń, T. Lewowicki, M. Śnieżyński. W procesie edukacji szkolnej zasadnicze działania nauczyciela skupiają się w dwóch zakresach: dydaktycznym i wychowawczym. Akcentując w tym opracowaniu przygotowanie dydaktyczne nauczycieli, ograniczymy się do wyliczenia umiejętności metodycznych niezbędnych w praktyce szkolnej. Podstawę działań dydaktycznych stanowi umiejętność planowania pracy – dotyczy to nauczania całościowego (w całym etapie edukacji szkolnej ucznia) i pojedynczych zajęć/lekcji szkolnych. Kolejna umiejętność dydaktyczna wiąże się z doborem programu nauczania (a co za tym idzie – treści nauczania), doborem środków (w tym multimedialnych) i materiałów do ćwiczeń oraz optymalnych metod pracy z uczniami. Niezbędne jest przy tym formułowanie tematów lekcji i określanie celów dydaktyczno-wychowawczych oraz zadań dydaktycznych każdej jednostki lekcyjnej. Przygotowanie do zawodu nauczyciela winno obejmować podstawy organizacji pracy, dotyczące nie tylko jej planowania. Rezultaty działania dydaktycznego muszą być kontrolowane i oceniane, wymaga się więc znajomości zasad poprawnej kontroli i ewaluacji procesu kształcenia. Wyliczenie umiejętności tylko w jednym z głównych obszarów działań nauczyciela wskazuje na wielorakość dziedzin, które obejmuje przygotowanie zawodowe nauczyciela.

Lekcja jako główna dziedzina działalności organizatorskiej nauczyciela

Podstawową formą organizowanego przez szkołę procesu dydaktyczno-wychowawczego jest lekcja – forma najbardziej dojrzała i wypróbowana, utrwalona wieloletnią tradycją, powszechnie uznawana i akceptowana. Wszelkie próby jej wyeliminowania lub zastąpienia inną formą pracy skończyły się niepowodzeniem [1]. Kształtowanie umiejętności organizacyjnych nauczyciela prowadzi się więc głównie podczas pracy z uczniami na lekcji. Punktem wyjścia wszelkich procesów organizowania pracy – jak twierdzą reprezentanci teorii organizacji – powinno być poprawne sformułowanie celów, których realizacji ma służyć działanie. Poprawne,

to jest dostatecznie szczegółowe i przystające do tematu lekcji, operacyjne formułowanie celów dydaktyczno-wychowawczych, jest naczelną umiejętnością dydaktycznego przygotowania nauczyciela [5]. Cele nauczania muszą być znane nie tylko nauczycielowi, powinien on bowiem potrafić przekazać je – w przystępnej i komunikatywnej formie – uczniom, zazwyczaj na początku współpracy. Umiejętności organizacyjnych i kierowniczych wymaga od nauczyciela także ten zespół czynności, który teoretycy organizacji określają jako pozyskiwanie i wykorzystanie zasobów. Zasobami w pracy nauczyciela są zarówno środki dydaktyczne, materiały i urządzenia techniczne (zasoby rzeczowe), jak i ludzie będący obiektem jego zainteresowania, tj. uczniowie i ich rodzice, pozostali członkowie personelu szkoły (zasoby osobowe). W teorii organizacji tym ostatnim poświęca się szczególnie dużo uwagi. Dla nauczyciela – realizatora procesu dydaktycznego – ważne są zasoby rzeczowe, gdyż dają poczucie pewności przygotowania się do lekcji, znacznie ułatwiają uczniom proces poznawania, ale przede wszystkim czynią lekcję ciekawszą, a zatem wpływają na pozyskanie zainteresowania uczniów omawianymi zagadnieniami [6]. Osiągnięcie oczekiwanego przyrostu wiedzy i umiejętności uczniów objętych oddziaływaniem nauczyciela – organizatora procesu dydaktycznego, nie jest możliwe bez racjonalnego planowania pracy. Walory dobrze zaplanowanej pracy są powszechnie znane, znaczenie planowania w pracy nauczyciela omówiono w artykule poświęconym kształtowaniu tych umiejętności w trakcie ćwiczeń z dydaktyki techniki [5]. Planowanie pracy nie daje gwarancji sukcesu, wskazuje natomiast najbardziej skuteczną i odpowiednią drogę. Stwarza szansę równomiernego rozłożenia obciążeń i dostosowania ich do możliwości uczniów, pozwala uniknąć spiętrzenia zadań, chroni przed popełnieniem błędów. Nauczyciel musi pamiętać o respektowaniu planu i traktowaniu go jako pomocnego narzędzia w pracy z uczniami. Powyższe rozważania dotyczą tych czynności, które w literaturze z zakresu teorii organizacji określa się jako preparacja działań. Najważniejsze zadania w realizacji lekcji, wynikające z teorii organizacji to: poprawne sformułowanie zadań dydaktycznych lekcji, racjonalny podział pracy wśród uczniów, sprawne i szybkie komunikowanie się, koordynacja zespołowych przedsięwzięć, a przede wszystkim życzliwy, konkretny styl współdziałania z uczniem, opierający się na zasadach demokratyzmu i partnerstwa. Istotne wydaje się też opanowanie przez nauczyciela umiejętności racjonalnego gospodarowania czasem. Czas pracy, zarówno nauczyciela, jak i ucznia, stanowi cenną wartość, a umiejętne gospodarowanie nim urasta do jednego z ważniejszych problemów edukacyjnych. Nie jest przecież rzeczą obojętną, w jakim czasie uczniowie zdołali opanować daną partię materiału przewidzianego w programie, czy spędzili czas pożytecznie, czy też nie. Jeśli nauczyciel jest słabym organizatorem, może stać się mimowolnym sprawcą marnotrawstwa czasu swoich uczniów, skazując ich na pracę w domu lub korepetycje. Nie mniej ważną umiejętnością w pracy szkolnej nauczyciela jest kontrola postępów uczniów. Podkreślana jest ostatnio w szkolnictwie polskim potrzeba kontroli i oceny przyrostu wiedzy z poszczególnych dziedzin w kolejnych etapach edukacyjnych (szkoła podstawowa, gimnazjum, liceum). Prowadzone są aktualnie poszukiwania najlepszych sposobów badania uczniów w tym zakresie. Zebranie wiarygodnych danych, porównanie ich ze standardami kształcenia, porównanie z punktem odniesienia uznanym za pożądany ma doprowadzić do optymalizacji pracy dydaktyczno-wychowawczej. Dynamizm procesów

edukacyjnych nie pozwala na wypracowanie uniwersalnego algorytmu postępowania, stawia się więc na twórcze i organizacyjnie sprawne działanie nauczyciela. Implikuje to konieczność odpowiedniego przygotowania młodej kadry pedagogicznej w omawianym tu zakresie organizacji pracy.

Kierunki kształtowania umiejętności organizacyjnych w ramach dydaktyki przedmiotowej

Do najważniejszych zadań dydaktyki jako dyscypliny przygotowania pedagogicznego nauczyciela należy, oprócz wiedzy pedagogicznej, wyposażenie kandydata omawianej profesji w umiejętności planowania szeroko rozumianej pracy. Najlepszym ćwiczeniem jest samodzielne opracowanie rocznego planu pracy dydaktyczno-wychowawczej przez studenta, następnie budowanie wymagań edukacyjnych dla zamierzonych działań. Nader ważna jest umiejętność sprawnego, poprawnego zaprojektowania pojedynczej lekcji, wraz z przejrzystym zapisem w formie konspektu. W dobie komercjalizacji wielu działań istnieje potrzeba kształtowania umiejętności sprawnej, obiektywnej kontroli działań nauczyciela i uczniów, do czego niezbędne jest tworzenie narzędzi do sprawdzania wiedzy i umiejętności. Ważnym elementem organizacji pracy na lekcji jest dokładne zlecanie zadań dla uczniów, najlepiej w formie krótkich, komunikatywnych pytań lub poleceń. Należy dodać, że zadbanie o uporządkowane stanowisko pracy ucznia i nauczyciela jest jednym z przejawów właściwej postawy na lekcji. Bezpośrednim sprawdzianem przydatności zawodowej studenta jest pozytywnie oceniona lekcja i pozytywna opinia z praktyki szkolnej. Uzyskiwanie najwyższych ocen za wykonane ćwiczenia, a także aktywne i twórcze podejmowanie zadań, powinno być wyznacznikiem najwyższej jakości przygotowania do zawodu.

Podsumowanie

Reasumując rozważania nad problemem uwzględniania organizacji pracy w kształceniu studentów kierunków nauczycielskich, należy stwierdzić niedosyt w tym zakresie. W planach studiów jest stosunkowo mało godzin na zajęcia (przedmiot Organizacja pracy ma skromny wymiar godzinowy, w wielu specjalnościach w ogóle nie występuje). Dydaktyki szczegółowe różnie traktują omawiane tu zagadnienia, zbyt mało uwagi poświęca się racjonalnemu gospodarowaniu czasem na lekcjach, marnotrawiąc cenne minuty czasu szkolnego. Jedynie praktyka w ramach lekcji próbnych pozwala na dokładne zgłębienie i uwypuklenie tych ważnych pedagogicznie problemów, lecz jest uwarunkowana postawą i zrozumieniem roli organizacji działania w edukacji nauczyciela przez prowadzącego zajęcia ze studentami.

Bibliografia

[1] Kobyliński W., *ABC organizacji pracy nauczyciela*, WSiP, Warszawa 1988

[2] Kobyliński W., *Umiejętności organizatorskie i kierownicze nauczyciela jako niezbędny składnik jego kwalifikacji zawodowych*, [w:] *Drogi i bezdroża kształcenia nauczycieli w Polsce*, red. F. Szlosek, Wyd. WSI, Radom 1995

[3] Kuźma J., *Optymalizacja systemu pedagogicznego kształcenia, dokształcania i doskonalenia nauczycieli*, PWN, Warszawa–Kraków 1993

[4] Noga H., *Istota i pogranicze pedagogiki*, Henryk Noga, Kraków 2004

[5] Mastalerz E., *Kształcenie umiejętności nauczyciela w zakresie planowania pracy dydaktycznej*, [w:] *SCHOLA 2006 Kvalita vychovy a vzdelavania*, wyd. Slovenska Technicka Univerzita w Bratyslave 2006, s. 262–268

[6] Tvarůžka V., Rudolf L., *Digitální vizuální klip jako prostředek pojmové a konceptuální prezentace učiva technologické edukaci*, [w:] *Modernizacje vysokoškolské výuky technických předmětů II*.. Hradec Králové : Gaudeamus 2008, s. 204–207

Organisation of teaching as an important factor of teacher's preparation

Abstract

In this article authors discuss forming of teacher's organizational abilities, derived from achievements in organization theory, especially so-called cycle of organized actions. Basics of organized action are to be included in teacher's pedagogical education process. Conducting lessons basing on the rules of mentioned theory gives, in the opinion of the author, best of possible results.

Key words: organisation, teaching, teacher

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Krzysztof Mroczka[1], Sylwia Ożóg[2]

Analiza mikroskopowa SEM wybranych włókien stosowanych w przemyśle włókienniczym

Produkcja tekstyliów i odzieży uznawana jest za jedną z podstawowych gałęzi przemysłu w wielu krajach. Na czele producentów i eksporterów produktów tej branży jest Unia Europejska (ok. 40% globalnego eksportu), natomiast w rankingu krajów dominują Chiny (20%) [1, 3]. Oprócz przyczyn ekonomicznych, na tak intensywny rozwój tej branży mają wpływ nowoczesne technologie wytwarzania włókien syntetycznych, a przede wszystkim nowe metody produkcji włókien naturalnych, oparte na najnowszych osiągnięciach z zakresu biotechnologii. W ten sposób zwiększa się wydajność upraw, polepsza się właściwości mechaniczne, a nawet uzyskuje się różną kolorystykę (bawełna o barwie brązowej, zielonej, w perspektywie najbliższych lat również czerwona, niebieska, czarna [1]). Z kolei włókna syntetyczne posiadają różną morfologię, kształty przekroju poprzecznego (np. okrągłe rurki o porowatych ściankach) oraz składy chemiczne nadające im określone cechy fizyczne, chemiczne lub biochemiczne – np. oddziaływanie antybakteryjne [2, 8, 9].

Włókna są tworzywami przemysłu przędzalniczego, mają formę owalną lub płaską. Charakteryzują się smukłością, znaczną długością w stosunku do wymiarów poprzecznych, są wrzecionowate, cienkie i giętkie. Dzięki swym właściwościom użytkowym nadają się do procesów przędzalniczych. Ciała włókniste rozłożone na drobne nitki dają włókienka lub włoski, poprzez skręcenie włókien możliwe jest otrzymanie przędzy, a przez skręcenie przędzy – nici. Nici i przędza są surowcami stosowanymi do wyrobów materiałów włókienniczych. Podstawą klasyfikacji surowców włókienniczych jest ich pochodzenie. Wszystkie surowce włókiennicze dzieli się na naturalne i chemiczne. W każdej z tych grup wyróżnia się na włókna pochodzenia organicznego i nieorganicznego. Do włókien naturalnych zalicza się wszystkie włókna, które są pozyskiwane z przyrody. Włókna naturalne organiczne dzieli się na roślinne i zwierzęce. Włókna naturalne organiczne roślinne, w zależności od miejsca powstawania włókien, dzieli się na nasienne, łodygowe, liściowe, owocowe. Naturalne włókna organiczne zwierzęce dzielimy na włókna pochodzące

[1] Zakład Technologii i Inżynierii Materiałów, Instytut Techniki, Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie.

[2] Absolwentka, Instytut Techniki, Akademia Pedagogiczna w Krakowie.

z owłosienia zwierząt (wełny, włos, sierści, włosie) oraz jedwabie (morwowy, dębowy). Nieorganiczne włókna mineralne to przede wszystkim azbest, który jest kopaliną stanowiącą podwójny krzemian magnezu i wapnia [4].

Włókna chemiczne stanowią drugą znaczącą grupę surowców włókienniczych. Podobnie jak naturalne, dzieli się je na organiczne i nieorganiczne. Włókna chemiczne organiczne, w zależności od sposobu ich wytwarzania, dzieli się na włókna z polimerów naturalnych oraz włókna z polimerów syntetycznych. Pierwsze są wytwarzane przez człowieka, do ich produkcji używane są substancje pochodzenia naturalnego, jak celuloza lub białko, oraz określone związki chemiczne. Włókna celulozowe, w zależności od metody wytwarzania, to włókna wiskozowe, miedziowe oraz octanowe. Włókna sztuczne to również włókna białkowe kazeinowe, kauczukowe gumowe. Druga grupa włókien chemicznych organicznych to włókna otrzymywane z polimerów syntetycznych w wyniku syntezy złożonych związków chemicznych, przede wszystkim pochodnych węgla.

Najpopularniejsze włókna syntetyczne to: poliamidowe, poliestowe, poliakrylonitrylowe, pilochlorowinylowe. Do grupy włókien chemicznych nieorganicznych zaliczamy włókna szklane i metalowe.

Zastosowanie poszczególnych rodzajów włókien zależy od ich właściwości fizykochemicznych, technologicznych oraz struktury. W niniejszej pracy przedstawione zostały struktury różnych rodzajów włókien, obserwowane za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego. Badania wykonano w Zakładzie Technologii i Inżynierii Materiałów Instytutu Techniki UP w Krakowie.

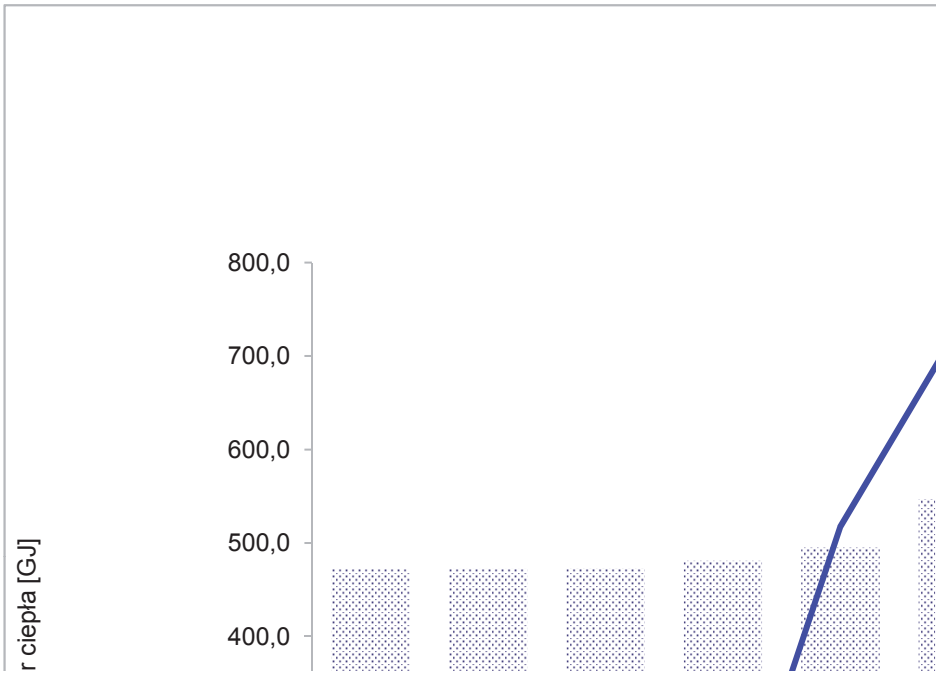
Metodyka badań, wyniki

Obserwacjom poddano włókna pochodzenia naturalnego (roślinne i zwierzęce) oraz włókna chemiczne, w stanie możliwym do uzyskania, tj. w tkaninach lub w stanie luźnym, lecz po procesach technologicznych wytwarzania.

Włókna, zarówno naturalne jak i syntetyczne, które poddano badaniom, nie są przewodnikami prądu elektrycznego. Ta cecha stwarza utrudnienia przy wykorzystaniu skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) do obserwacji takich obiektów, gdyż ładunek elektryczny wytwarzany w obszarze działania wiązki elektronów nie jest odprowadzany z powierzchni badanego materiału. Nowsze konstrukcje mikroskopów SEM dają możliwość wykonywania obserwacji preparatów nieprzewodzących, w tzw. trybie Low Vacuum (niskiej próżni). Niejednokrotnie i w tym przypadku lepsze rezultaty obserwacji uzyskuje się, nanosząc warstwę przewodnika (elektrycznego) na powierzchnię badanego obiektu. Przygotowanie preparatów do obserwacji polegało więc na naniesieniu warstwy złota o grubości kilku nm na badane włókna przy wykorzystaniu napylarki magnetronowej. Przekroje poprzeczne uzyskiwano przez umieszczenie włókien w otworach o średnicy ϕ1,2 mm wykonanych w cienkich blaszkach miedzianych, a następnie ścięciu wystającej ponad blaszkę części włókien; całość napylano złotem. Od spodu włókna były przyklejone do blaszki klejem grafitowym. Sposób przygotowania preparatów pokazano na ryc. 1.

Ryc. 1. Sposób przygotowania włókien do analizy przekroju poprzecznego

Włókna naturalne roślinne

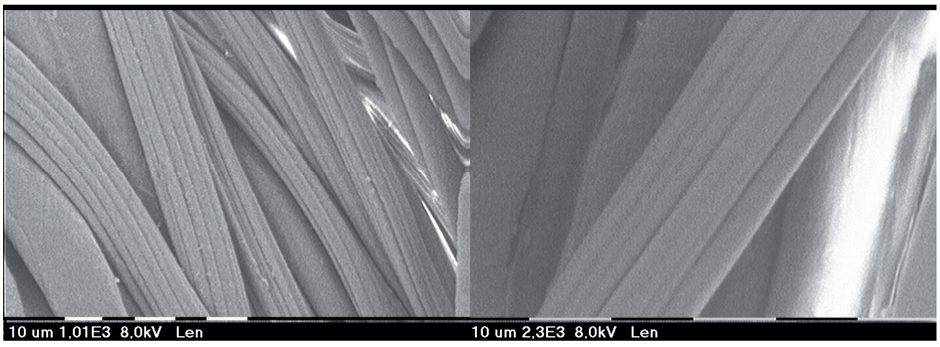


Ryc. 2. Struktura włókien bawełny – widok powierzchni włókien

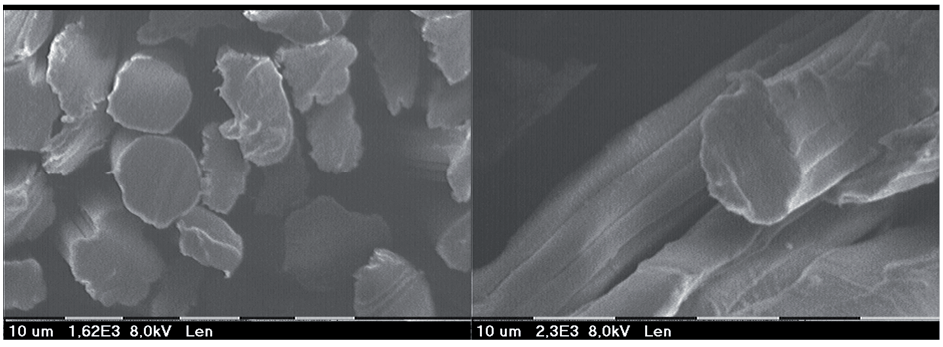
Ryc. 3. Struktura włókien bawełny – widok przekroju włókien

Bawełna jest jednym z najczęściej stosowanych surowców do produkcji odzieży. Materiały wyprodukowane z włókien bawełny posiadają korzystne cechy, m.in. dzięki specyficznej strukturze włókien. Na ryc. 3 pokazano bawełnę w widoku podłużnym – ma ona kształt spiralnie skręconej wstążeczki z widocznymi wklęśnięciami. Deformacje powstają na skutek wysychania włókien. Po zakończeniu wzrostu włókno oddaje wilgoć do otoczenia i ulega skręceniu. Wewnątrz włókna znajduje się kanał zwany lumenem, który jest wypełniony powietrzem. Taka budowa włókien zapewnia dobrą izolację cieplną oraz zdolność do pochłaniania wilgoci bez wrażenia, że materiał jest mokry.

Na powierzchni włókien naturalnych w stanie nieprzetworzonym (przed obróbką chemiczną) obserwowane są różnego rodzaju substancje (woski, hemiceluloza, lignina, pektyna), które wpływają na morfologię powierzchni. Po przetworzeniu, większość tych substancji jest usuwana, co zmienia morfologię powierzchni włókna i ma wpływ na właściwości połączeń (o charakterze adhezyjnym) z osnową polimerową przy wytwarzaniu kompozytów [5, 6].



Ryc. 4. Struktura włókien lnu – widok powierzchni włókien



Ryc. 5. Struktura włókien lnu – widok przekroju włókien

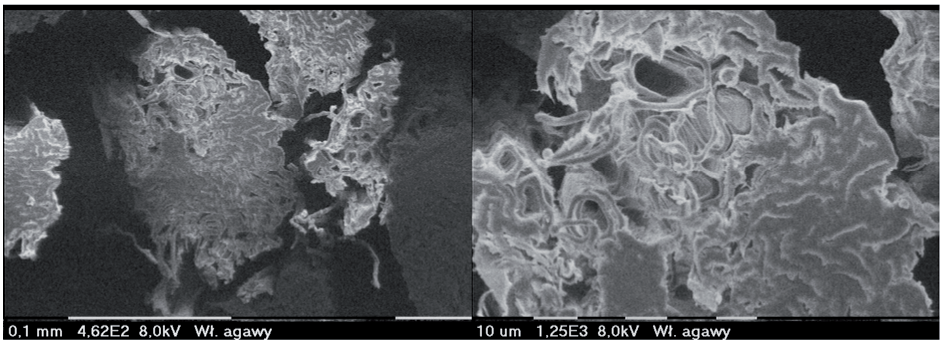
Len jest prawdopodobnie najwcześniej stosowanym włóknem przez człowieka – świadczą o tym wykopaliska, m.in. w Egipcie sprzed 5000 lat. Rysunki znajdujące się w egipskich grobowcach ilustrują sposób uzyskiwania i przerobu tego włókna, a mumie faraonów owijane były w tkaniny lniane [4].

Len jest włóknem łykowym, które jest otrzymywane z roślin zielonych, których łodygi wraz z liśćmi zamierają z nadejściem zimy. Łodygi tych roślin są zbudowane z tkanek o komórkach miękiszowych i tkanek o komórkach włóknistych. Tkanki z komórek włóknistych charakteryzują się wydłużonym kształtem i właśnie one są źródłem surowca.

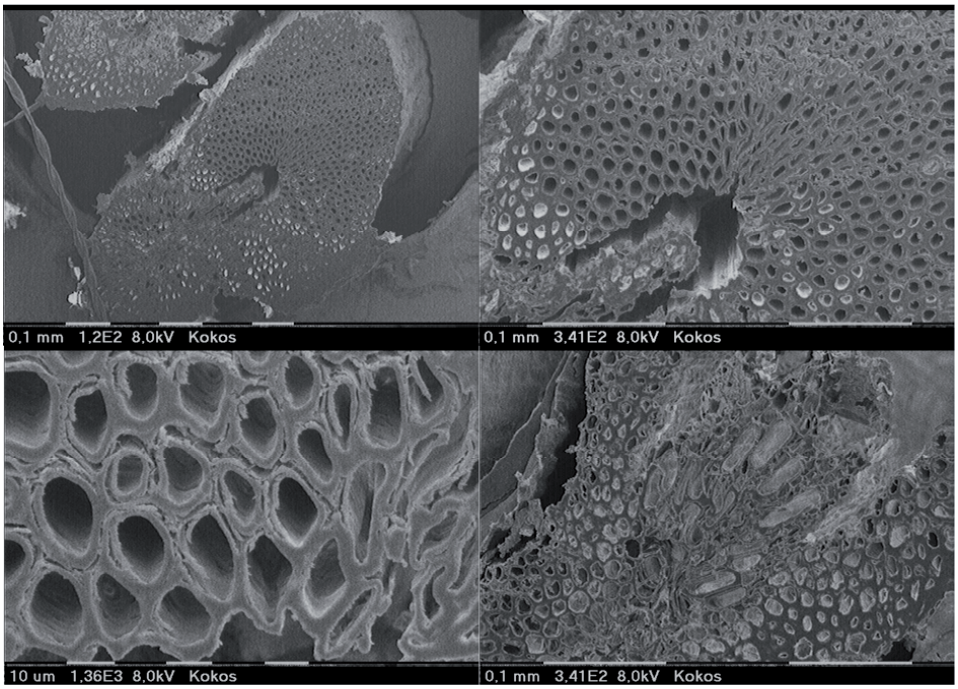
Na rycinach 4 i 5 przedstawiono włókna lnu. Len w widoku podłużnym jest prostoliniowy z widocznymi na swojej powierzchni zgrubieniami. W widoku poprzecznym ma kształt wieloboczny, nieregularny, co przedstawiono na rycinie 5. Uzyskane obserwacje powierzchni oraz przekroju poprzecznego włókien lnu korespondują z badaniami opisanymi w pracy [7].

Włókna agawy, nazywane również włóknami sizalu, są to włókna o nieregularnych kształtach z widocznymi ciemnymi miejscami, które świadczą o tym, że wewnątrz znajdują się kanały, najprawdopodobniej wypełnione powietrzem. Włókna te pochodzą z liści drzewa agawy. Przekrój poprzeczny włókien przedstawiono na rycinie 6.

Kokos to kolejne źródło włókien o złożonej budowie wewnętrznej. Rycina 7 przedstawia przekroje poprzeczne włókien kokosu. Włókna kokosowe w celu wydobycia moczy się w wodzie morskiej, następnie miażdży łuski i oddziela włókno. Na rycinie 7 można zaobserwować, że kanały uległy częściowej deformacji, być może w wyniku procesu uzyskiwania włókien lub podczas dalszej obróbki. Tego typu kanał lub kanały w środkowej części włókna są charakterystyczne dla wielu włókien naturalnych [5].

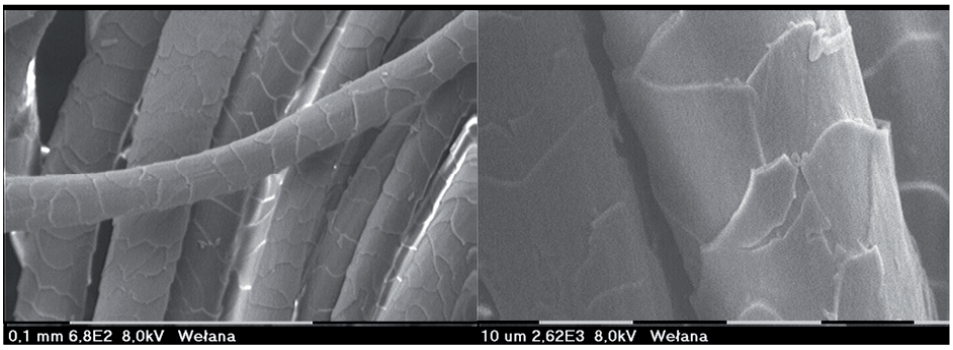


Ryc. 6. Struktura włókien agawy – widok przekroju włókien

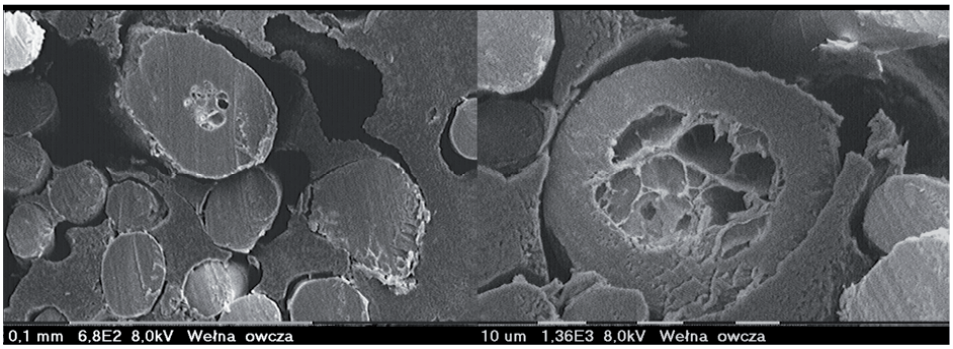


Ryc. 7. Struktura włókien kokosu – widok przekroju włókien

Włókna zwierzęce



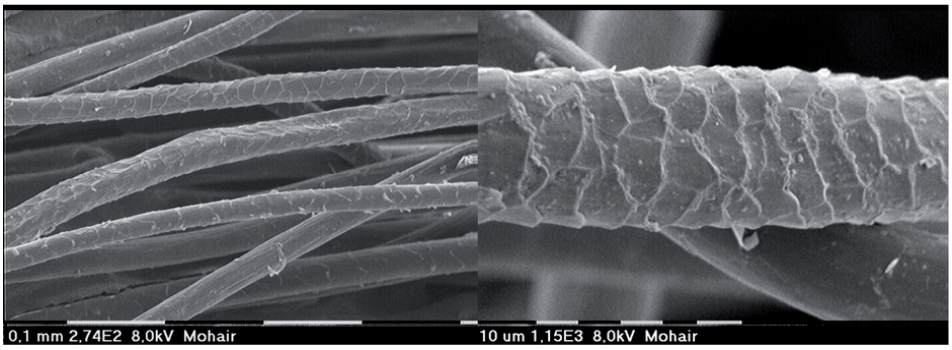
Ryc. 8. Struktura włókien wełny owczej – widok powierzchni włókien



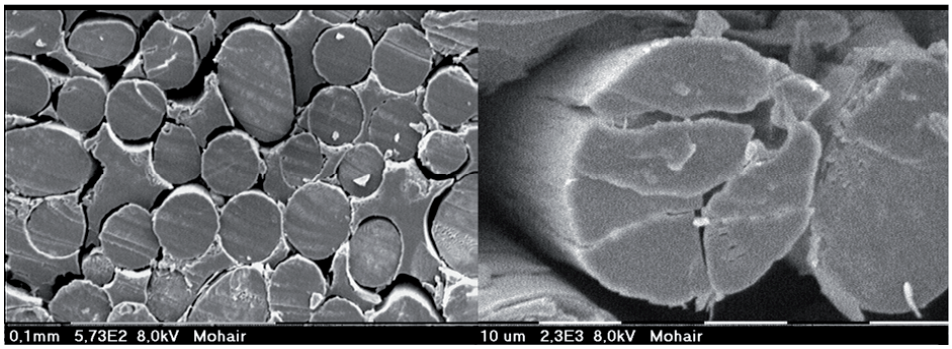
Ryc. 9. Struktura włókien wełny owczej – widok przekroju włókien

Wełna jest najbardziej rozpowszechnionym włóknem zwierzęcym. Jej budulcem jest białko – keratyna. Włókna wełny składają się z nabłonka zewnętrznego, naskórka, warstwy korowej oraz rdzenia. Elementy struktury włókna (po przetworzeniu) można zaobserwować na rycinach 8 i 9 przedstawiających włókna wełny owczej. Naskórek to bardzo cienkie, zachodzące na siebie dachówkowato płaskie łuski pokryte tłuszczopotem, których zadaniem jest ochrona włosa przed wnikaniem wody; ich kształt oraz gęstość ułożenia decydują o szorstkości, połysku i spilśnieniu się wełny. Wyroby wełniane łatwiej ulegają zmoczeniu niż czysta wełna ponieważ naskórek jest usuwany podczas przerobu mechanicznego. Warstwa korowa znajdująca się pod naskórkiem złożona jest z komórek o wydłużonym kształcie (melaminy) nadających włóknu wytrzymałość mechaniczną. Rdzeń włókna zbudowany jest z komórek o cienkich ściankach wypełnionych powietrzem, które obniża przewodność cieplną włókna [4].

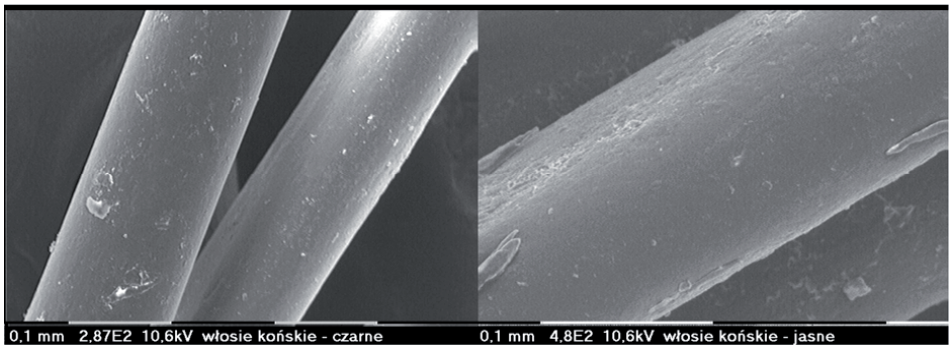
Na rycinach 10 i 11 przedstawiono natomiast strukturę wełny koziej (mohairu). Powierzchnia tych włókien zbliżona jest wyglądem do budowy wcześniej przedstawionych włókien wełny owczej. Jednak analiza przekroju poprzecznego wykazuje brak rdzenia. Tworzenie materiałów z udziałem wełny koziej bardzo często związane jest z mieszaniem jej z innymi rodzajami włókien, głównie z włóknami wełny owczej.



Ryc. 10. Struktura włókien wełny koziej – widok powierzchni włókien

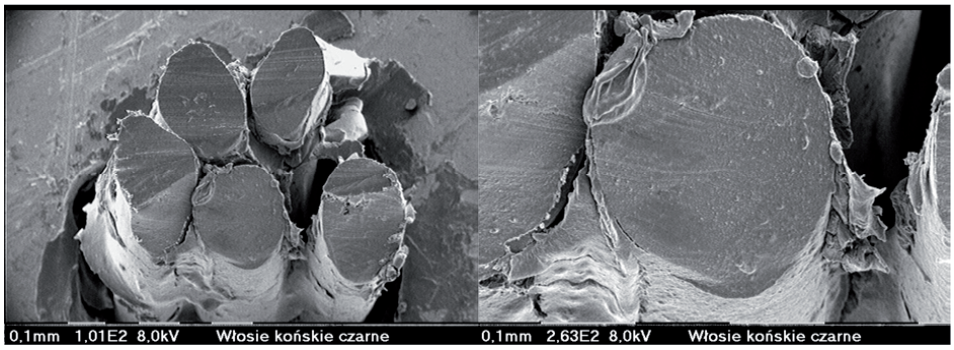


Ryc. 11. Struktura włókien wełny koziej – widok przekroju włókien

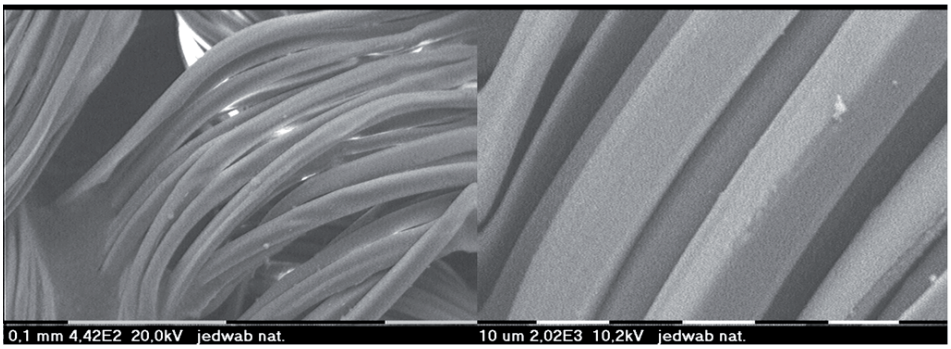


Ryc. 12. Struktura włókien, włosia końskiego – widok powierzchni włókien

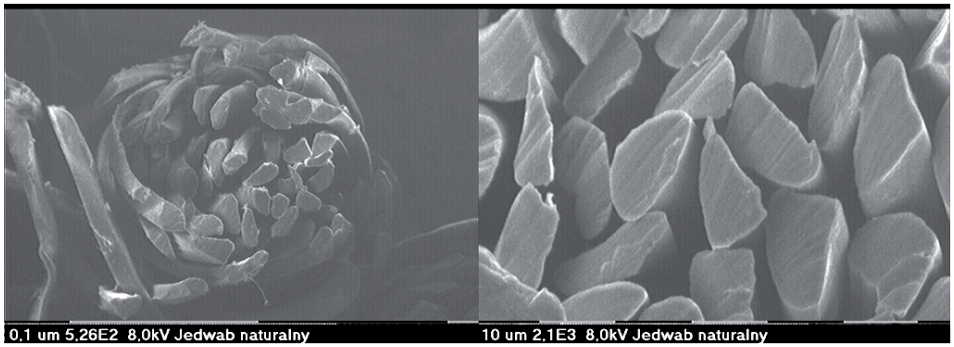
Struktura włosia końskiego przedstawiona została na rycinach 12 i 13. W odróżnieniu od wełny, włosie końskie jest gładkie i posiada spójną strukturę obserwowaną na przekroju poprzecznym; mechanicznie jest twardsze i bardziej sztywne. Włosie końskie przypomina budową włókna syntetyczne.



Ryc. 13. Struktura włókien, włosia końskiego – widok przekroju włókien



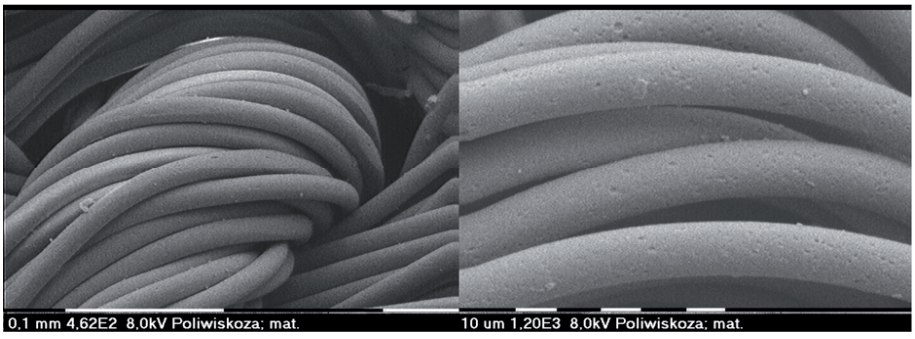
Ryc. 14. Struktura włókien jedwabiu – widok powierzchni włókien



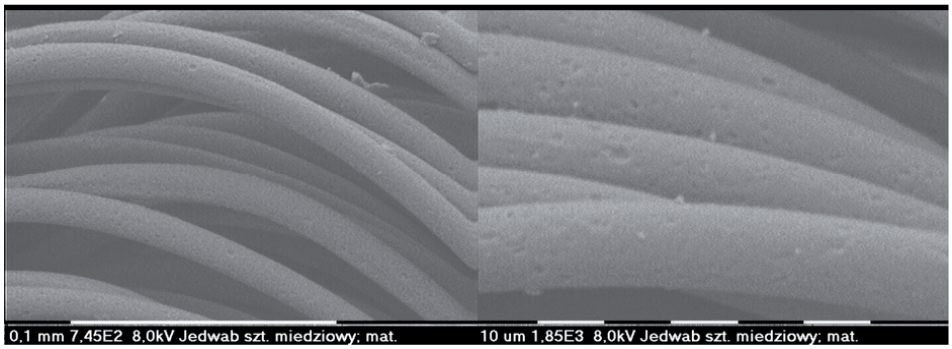
Ryc. 15. Struktura włókien jedwabiu – widok przekroju włókien

Włóknem uznawanym za najszlachetniejsze, o specyficznym wyglądzie, charakterystycznym połysku i dużej wytrzymałości jest jedwab. Występuje on w przyrodzie w stanie gotowym, wymaga jedynie odmotania oprzędu (kokonu) wytworzonego przez gąsienice motyla – jedwabnika. Struktura tego włókna (już po usunięciu z jego powierzchni serycyny) przedstawiona została na rycinach 14 i 15. Włókna charakteryzują się niewielkim przekrojem poprzecznym (8–12 μm) o kształcie zbliżonym do trójkąta oraz dużą gładkością. Mają budowę jednorodną, wewnątrz nie widać kanałów ani rdzenia.

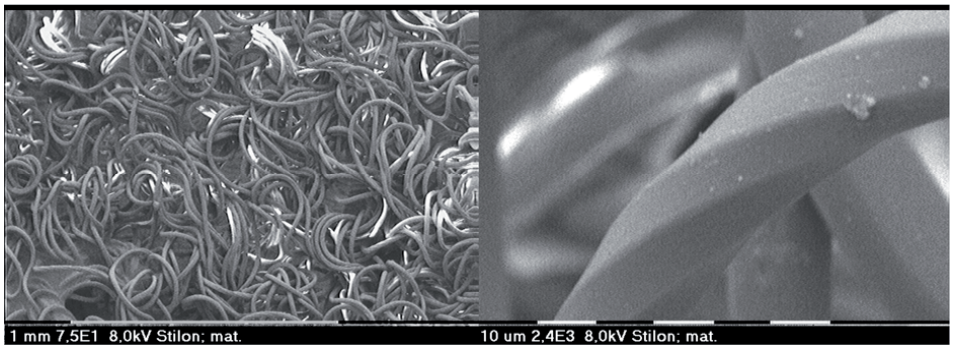
Włókna chemiczne



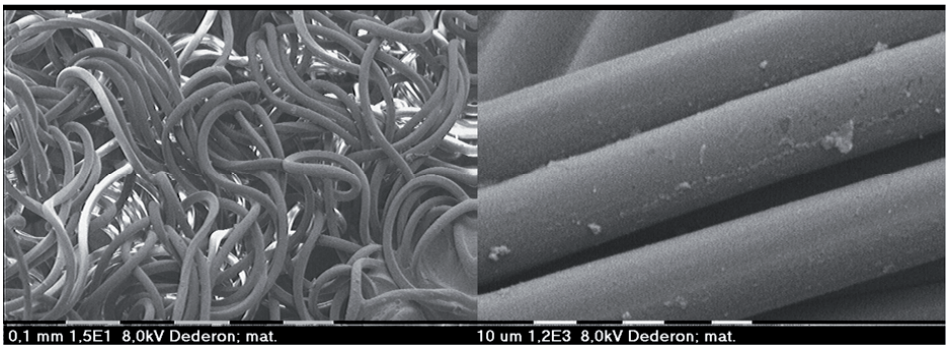
Ryc. 16. Struktura włókien poliwiskozy – widok powierzchni włókien



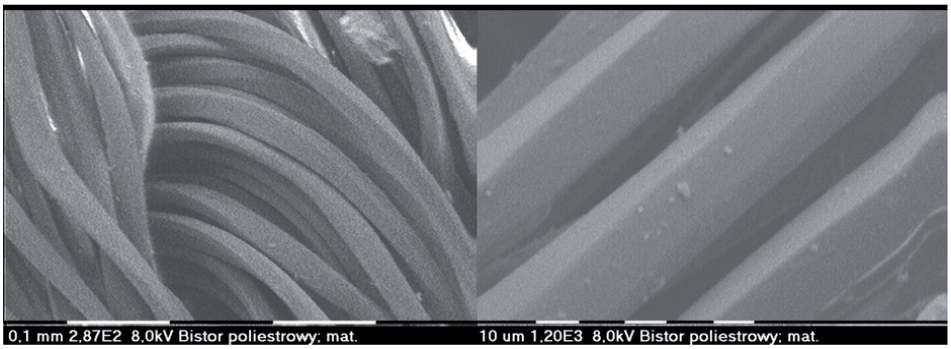
Ryc. 17. Struktura włókien miedziowych – widok powierzchni włókien



Ryc. 18. Struktura włókien stilonu – widok powierzchni włókien



Ryc. 19. Struktura włókien dederonu – widok powierzchni włókien



Ryc. 20. Struktura włókien bistoru poliestrowego – widok powierzchni włókien

Na rycinach 16–20 przedstawiono różne rodzaje włókien wytwarzanych w procesach technologicznych. Bez względu na rodzaj włókna, ich powierzchnie są płaskie i gładkie. Wynika to głównie z procesu produkcji, gdyż większość włókien syntetycznych wytwarzana jest metodą wyciskania przez otwory w matrycy, nadające im kształt i wymiary przekroju poprzecznego. Ten rodzaj powierzchni, tj. płaski i bez widocznych zróżnicowań obserwowany jest również na włóknach naturalnych po obróbce chemicznej, co stwierdzono na przykładzie włókien z łodyg kukurydzy [6] lub pokazanych wcześniej (włókna jedwabiu, włosie końskie). Wobec bardzo podobnych struktur (wewnętrznych i zewnętrznych), o właściwościach materiałów wytworzonych z tych włókien decydują ich właściwości fizykochemiczne. Włókna syntetyczne są również często wykorzystywane do wytwarzania kompozytów włóknistych.

Podsumowanie

Zaawansowane technologicznie systemy produkcji włókien, zarówno naturalnych, jak i syntetycznych, umożliwiają uzyskiwanie wysokiej jakości materiałów charakteryzujących się różnymi właściwościami fizykochemicznymi i użytkowymi. Do istotnych czynników wpływających na właściwości, także technologiczne, zaliczana jest struktura wewnętrzna i zewnętrzna włókien. Przedstawione na zamieszczonych zdjęciach włókna naturalne charakteryzują się ciekawą budową powierzchni oraz złożoną budową wnętrza włókna, jak np. włókna agawy czy kokosu. Z kolei włókna syntetyczne posiadają strukturę znacznie prostszą, ale ponieważ są wytwarzane sztucznie, łatwiej jest im nadać określone właściwości fizyczne czy chemiczne przez modyfikację substancji wyjściowej do ich produkcji. Również koszt i czas ich wytworzenia jest zazwyczaj niższy w stosunku do produkcji włókien naturalnych. Przyszłością włókiennictwa są bez wątpienia rośliny modyfikowane genetycznie. Przyspieszony wzrost oraz możliwość prowadzenia upraw na słabych jakościowo glebach obniża koszty produkcji. Modyfikacja genetyczna to również specjalne właściwości włókien, np. oddziaływanie antybakteryjne, ułatwiające gojenie ran czy zainfekowanych miejsc. Włókna to także surowce do produkcji kompozytów z udziałem włókien wprowadzanych odrębnie lub w postaci materiału o określonym splocie.

Bibliografia

[1] Chen J., Wang Q., Hua Z., Du G., *Research and application of biotechnology in textile industries in China*, Enzyme and Microbial Technology 40 (2007) pp. 1651–1655

[2] Dubas S.T., Kumlangdudsana P., Potiyaraj P., *Layer-by-layer deposition antimicrobial silver nanoparticles on textile fibers*, Colloids and surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 289 (2006) pp. 105–109

[3] Li JB, *Present situation and prospects of future for China dyeing and printing industry*, [in:] *Proceeding of international conference for dyeing-printing-finishing technology and development*, China Dyeing and Printing Association, Beijing 2005, pp. 1–4

[4] Ożóg S., *Analiza wybranych włókien stosowanych w przemyśle włókienniczym,* praca magisterska, Instytut Techniki, Akademia Pedagogiczna w Krakowie 2008

[5] Reddy N., Yang Y., *Biofibers from agricultural byproducts for industrial application*, Trends in Biotechnology, vol. 23, no. 1, January 2005

[6] Reddy N., Yang Y., *Structure and properties of high quality natural cellulose fibers from cornstalks*, Polymer 46 (2005), pp. 5494–5500

[7] Stamboulis A., Baillie C. A., Peijs T., *Effects of environmental conditions on mechanical and physical properties of flax fibers*, Composites: Part A 32 (2201) pp. 1105–1115

[8] Yu D.-G., Teng M.-Y., Chou W.-L., Yang M.-C., *Characterization and inhibitory effect of antibacterial PAN-based hollow fiber loaded with silver nitrate*, Journal of Membrane Science, 225 (2003) pp. 115–123

[9] Yuranowa T., Rincon A.G., Bozzi A., Parra S., Pulgarin C., Albers P., Kiwi J., *Antibacterial textiles prepared by RF-plasma and vacuum-UV mediated deposition of silver*, Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry 161 (2003) pp. 27–34

[10] Kubiak K., Wspólnota wiedzy i informacji szansą przemysłu włókienniczego, Przegląd włókienniczy – włókno odzież, skóra 8 (2008)

SEM studies of selected fibers used in textile industry

Abstract

Fibers are basic component in textile and clothing industry and of different types of composites. Nowadays there are produced varieties of natural and synthetic fibers which have different internal and external structure. This work includes results of observations of selected fibers using scanning electron microscope (SEM). More complex surface structure was observed in case of natural fibers. Complicated internal structure, for example core or passage was observed as well. Whereas synthetic fibers are similar to each other and they also have more homogeneous internal structure.

Key words: fibers, textile industry, SEM

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Henryk Noga, Jana Depešova, Mária Vargova

Aksjologiczne wyzwania wobec socjalizacyjnych treści medialnych i multimedialnych

Kultura i cywilizacja, będące ideową emanacją naszego życia i aktywności, niosą nowe wyzwania określane jako postmodernizm lub ponowoczesność. Niekiedy – jak wiadomo – mówi się o nowej fazie w rozwoju ludzkości i o zupełnie nowych czasach. Bez wątpienia należy także mówić o nowym człowieku, człowieku ponowoczesnym, umiejącym funkcjonować w zmieniającej się rzeczywistości społecznej, kulturowej czy gospodarczej. Przekonanie o wzrastającym znaczeniu kultury jako podstawowego czynnika wzorotwórczego znacząco i nieodwracalnie przekształca styl i sposób życia człowieka. Dominantą współczesnej kultury jest postmodernizm [21]. Według postmodernistów, nowego człowieka charakteryzuje:

– radykalny pluralizm rozumiany jako uniwersalna i powszechna zasada określająca wszelkie przejawy ludzkiego życia. Pluralizm jest wartością pozytywną i nierozerwalnie związaną z demokracją, tolerancją i różnorodnością. Pozwala to funkcjonować obok siebie różniącym się od siebie strukturom. Otwartość i pluralizm daje prawo do swobodnej ekspresji i nieskrępowania we wszystkich obszarach życia;

– uznawanie jako równoprawne najróżniejszych form wiedzy i koncepcji życia;

– antytotalitaryzm rozumiany jako postawa człowieka kierującego się racjonalnością i budującego symboliczną reprezentację świata, zwaną wiedzą.

Sygnalizując zagadnienia postmodernizmu w treściach medialnych i multimedialnych, na początku artykułu scharakteryzowano człowieka ponowoczesnego będącego odbiorcą treści przekazywanych przez media i multimedia. Ze względu na ograniczony charakter opracowania zwrócono uwagę na wybrane treści prasowe, telewizyjne i „komputerowe".

Zanik aksjonormatywnego ładu społecznego jako przejaw postmodernizmu

Aksjonormatywny ład społeczny to uporządkowany porządek wyborów, oparty na przyjętej hierarchii wartości, wyznaczający porządek dążeń jednostki ludzkiej. W takim rozumieniu osobowość może być pojmowana jako ciągłe tworzenie ładu moralnego w sobie, a także odpowiedniego ładu w otaczającej człowieka rzeczywistości. Na tej podstawie wyodrębniamy ład jednostkowy i ład społeczny. Podmiotem

ciągłego tworzenia ładu jednostkowego jest osobowość ludzka; chodzi tu o ład myśli, ich wewnętrzną i logiczną spójność, ich hierarchizację, podporządkowanie, sprowadzenie do najogólniejszych zasad i tworzenie w ten sposób jednolitego obrazu świata, ale też i własnego miejsca w świecie rzeczy i ludzi. Tworzenie takiego ładu w sobie i poza sobą dokonuje się na przestrzeni całego życia ludzkiego [1].

Wydaje się, że postmodernistyczna rzeczywistość powoduje rozchwianie aksjonormatywnego ładu społeczno-moralnego. Oznacza to, że jednostki i grupy wielokrotnie zapominają o wartościach moralnych, że są one lekceważone lub że nie ma na nie miejsca w jednostkowej i społecznej świadomości, co może oznaczać brak elementarnej wiedzy na ten temat.

Elementy składowe, konstytuujące rozchwianie ładu społeczno-moralnego w polskim społeczeństwie opisywał Józef Majka. Na pierwszym miejscu wymienił kryzys prawdy oznaczający zakłamanie w życiu społecznym, przejawiający się m.in. w:

– dziedzinie ideologicznej, z jej indoktrynacją młodego pokolenia,
– zafałszowaniu języka społeczno-politycznego – języka moralności,
– budowaniu tzw. „socjalistycznego systemu wartości",
– oportunizmie myślowym, oznaczającym obłudę wypowiedzi – wypowiedzi według życzenia,
– braku odpowiedzialności za wypowiedziane, głoszone treści. Wynikał on z monopolu władzy na informację, z cenzury, z „prawa" do tajemnicy państwowej [10].

Nową sytuację społeczno-moralną okresu liberalizmu i postmodernizmu, zdaniem wielu moralistów, wyznacza:

– skrajny, nieliczący się z dobrem wspólnym indywidualizm,
– praktyczny materializm,
– nade wszystko – moralny relatywizm.

Głównymi kategoriami, wokół których koncentruje się działanie człowieka systemu liberalnego, są:

– swoiste pojmowanie dobra i zła,
– wolność jako przymiot i prawo osoby ludzkiej,
– pluralizm jako cecha kultury,
– tolerancja jako regulator życia społecznego.

Moralność postmodernistyczna opiera się na przekonaniu, że każdy człowiek może czynić i zaniedbywać wszystko, co zechce, bowiem:

– wszystko jest tyle samo warte,
– każdy może mieć swoją własną prawdę,
– każdy może mieć swoje własne dobro moralne,
– nie istnieje żadne absolutne kryterium poznawcze, etyczne, estetyczne dobra i zła,
– nie istnieje obiektywna prawda.

Treści pism młodzieżowych

Wolność, którą cieszą się media, niesie ze sobą z jednej strony wiele pozytywnych skutków, z drugiej jednak pojawiają się liczne zagrożenia. Odbiór przekazów (programów) rozstrzyga się po stronie odbiorczej.

Jeśli chodzi o pisma młodzieżowe, to ze względu na ich wielość i różnorodność możliwe jest tutaj podanie jedynie informacji natury ogólnej. Są to zatem pisma kolorowe, zawierające wiele zdjęć, zwłaszcza idoli muzyki młodzieżowej. Publikują ponadto plotki z życia gwiazd, o aktorach, informacje na temat miłości i seksu, filmu, urody, mody, zawierają także reklamy.

Nie tylko jednak treści, ale sposób ich przedstawiania może wzbudzać kontrowersje. Pisma te bowiem kreują ponowoczesną rzeczywistość, lansując pewne wzorce zachowań i wzory osobowe. Na podstawie analizy pisma „Bravo" można powiedzieć, że lansowany jest następujący model: dziewczyna dba jedynie o wygląd zewnętrzny: cerę, włosy, paznokcie itd. Jeśli zaś dziewczyna poznaje chłopaka, to na początku powinna sprawdzić, spod jakiego jest znaku zodiaku [3].

W pismach młodzieżowych przedstawiany jest zatem nadzwyczaj ubogi ideał osobowy. Dziewczyna skoncentrowana jest właściwie jedynie na swoim wyglądzie zewnętrznym, który w istocie decyduje o jej powodzeniu – dostrzegamy tutaj model dziewczyny ponowoczesnej, wyzwolonej. Warto zwrócić uwagę, że w analizowanych pismach przeznaczonych dla młodzieży propaguje się specyficzne podejście do sfery seksualnej, która jest całkowicie oddzielona od miłości, oczywiście także od miłości małżeńskiej. Pomija się przy rozważaniu tych tematów całkowicie aspekty społeczne, moralne czy religijne, propagując wzory hedonistycznego zachowania, łatwe i nie wymagające wysiłku, odwołujące się do najbardziej powierzchniowej sfery życia człowieka. Przy okazji prezentacji tych treści nie wspomina się o odpowiedzialności za podejmowane czyny.

Postmodernistyczne oddziaływanie treści przekazów telewizyjnych

Sygnalizując rolę telewizji, a zwłaszcza jej znaczenie aksjologiczno-społeczne w przekazywaniu wzorów i modeli propagujących ponowoczesnego człowieka i ponowoczesny sposób funkcjonowania w społeczeństwie, należy zwrócić uwagę na to, że telewizja, podobnie jak inne media, oddziałuje poprzez treści, ale także poprzez czas, który odbiorca im poświęca. Możemy więc powiedzieć o oddziaływaniu indywidualnym, ale także o oddziaływaniu, które wpływa na funkcjonowanie rodziny.

O ile technika w nowoczesności sprzyjała opanowywaniu natury, tak w postmodernizmie możliwości techniki, także techniczne możliwości mass mediów, wypierają naturę, również wówczas, kiedy funkcjonuje ona poprawnie.

Lansowany przez telewizję, szczególnie poprzez reklamy, konsumpcyjny styl życia, związany jest bezpośrednio z industrializacją i komercjalizacją. Przedstawiane w programach telewizyjnych i reklamach takie dziedziny życia, jak nauka, kultura, sport, a nawet religia podporządkowane są zasadom gry rynkowej. Aby jednak możliwa była komercjalizacja, niezbędny jest wzrost konsumpcji dotyczący coraz większej liczby klientów. Odbiorca programów telewizyjnych jest zachęcany do konsumpcyjnego stylu życia poprzez nieustannie doskonaloną sztukę marketingu oraz rozbudowany przemysł reklamowy. Tak więc konsumowane są dobra wytwarzane w nadmiarze.

Również współczesny postmodernistyczny człowiek w ogromnym stopniu „konsumuje" dobro, którym jest informacja, wręcz zachłystuje się stworzonymi przy pomocy wyrafinowanych technik kolorowymi obrazami, będącymi synonimem nieograniczonych możliwości, czy też nieograniczonej wolności. Propagowana przez media potrzeba spontanicznego samostanowienia skłania go do odrzucenia związanych z tradycją konwenansów.

Bezpośrednio z powyższym związany jest proces globalizacji, będący formą dominacji i zależności, której istotą jest podporządkowanie peryferii normatywnemu centrum, mającemu edukować świat w sposób cywilizowany [14].

W programach telewizyjnych, a także w analizowanych wcześniej czasopismach dla młodzieży można zauważyć zasygnalizowane wyżej zjawiska – przejawy aksjologiczno-społeczne postmodernizmu. Są to: konsumpcjonizm, uniformizacja oraz globalizacja.

Reklamy poprzez ukazywanie określonych wzorców promują konsumpcyjny styl życia, kształtują potrzebę posiadania nowych i coraz to nowszych produktów, czy też zdobywania nowych doświadczeń [9]. Funkcją reklamy oprócz informowania, nakłaniania, przypominania i wzmacniania jest również tworzenie u widza przekonania o przynależności do określonych wspólnot. Używając określonych produktów można zostać zaliczonym do ludzi nowoczesnych, oszczędnych, pozbawionych stresu itp.

Rola socjalizacyjno-wychowawcza komputera i multimediów

Treści gier komputerowych

Gry komputerowe należy także analizować pod kątem treści. Dla dziecka zaciera się granica pomiędzy światem rzeczywistym a tym oglądanym na ekranie komputera. Oddziaływanie poszczególnych treści na psychikę gracza spotęgowane jest przez coraz doskonalszą grafikę, perfekcyjnie dobraną muzykę i efekty dźwiękowe. Ogólny klimat gry tworzony jest przez dźwięk, kolor i obraz [4, 17]. Powyższe elementy łącznie działają na psychikę odbiorcy. Świat gier jest odmienny od świata rzeczywistego.

Także wartości, które odgrywają priorytetową rolę w grach, nie zawsze są zgodne z tymi, które człowiek ceni w prawdziwym życiu. Wydaje się, że relatywność i względność wartości musi mieć wpływ na życie „komputerowców". Zauważamy tutaj swoiste pojmowanie dobra i zła, przy czym w grach nie ma wyraźnej różnicy między dobrem a złem. Dlatego też gracz, który wykonuje złe czyny bez poczucia winy za nie, po pewnym czasie może zatracić umiejętność rozgraniczania dobra i zła.

Z badań przeprowadzonych w Katedrze Psychologii Wychowawczej i Rodziny Katolickiego Uniwersytetu Lubelskiego wynika, że wartości wyznawane przez „komputerowców" rzeczywiście ulegają zmianie. Dla „komputerowców" „bycie dobrym człowiekiem" nie przedstawia właściwie żadnej wartości.

Większość popularnych gier komputerowych powszechnego użytku zawiera treści agresywne, magiczne, czy wręcz pornograficzne. Gry komputerowe często zawierają elementy zafałszowujące moralność. Propagują brak odpowiedzialności, a nade wszystko lansują relatywizm. Treści gier zawierają przemoc, magię oraz pornografię.

Wielokrotnie jedynym przeznaczeniem domowego komputera stają się gry komputerowe propagujące **przemoc i wyszukaną agresję**. W ten sposób ogólnodostępne gry trafiają na najbardziej „podatny grunt", jakim jest psychika dziecka.

W grach ogólnodostępnych na rynku przemoc jest czymś powszechnym, choć częstokroć tych gier nie zalicza się do gier agresywnych. Przykładem niech będą chociażby niektóre gry RPG (*role-playing games*), np. *Diablo czy Helen II:* „widać tylko poświatę wokół idącej postaci, słychać odgłosy stawianych kroków, chrupot powstających z ziemi kościotrupów, szelest skrzydlatych bestii" [10, s. 257].

Wiele popularnych gier komputerowych zawiera także **treści magiczne**. Dla przykładu w popularnej grze *Dungeons and Dragons* (*Lochy i smoki*) grający wciela się podczas walki w różne postacie, spotykają go różne wydarzenia. „Akcja toczy się w świecie magii [...]. Gra w sympatyczny początkowo sposób zwabia do królestwa magii, ciemności i piekła" [15, s. 91].

Także w grze *Doom* w pierwszym etapie pojawia się symbolika satanistyczna i masońska (głowa kozła wpisana w koło i ograniczona pentagramem, trójkąt z cyrklem i węgielnicą z wpisanym w środek „Okiem Opatrzności"). Jednym z etapów gry jest nawet przygotowanie do czarnej mszy. Na ekranie ukazuje się ołtarz, wspomniany już trójkąt, a wszystko to wieńczy świeżo wyrwane, czerwone serce. Z przykrością trzeba stwierdzić, iż nie mamy tu do czynienia ze światem bajkowym, który uruchamiałby wyobraźnię. Gdzie zło byłoby nazwane po imieniu, a dobro zawsze odniosłoby zwycięstwo. Prawda nie jest tu oczywista, jest raczej rozmyta i niepewna. Mamy tu nawet wielokrotnie do czynienia z okultyzmem [15, s. 91].

Magiczne umiejętności posiada także bohater gry przygodowej *Psychic Detektive*. Gracz wnika w umysły napotkanych postaci, mogąc w nieskrępowany sposób uczestniczyć w ich życiu. Od obserwatora zdarzeń odbiorca gier komputerowych przeszedł więc do roli obserwatora życia [10, s. 227]. Przerażający jest fakt, iż można bez żadnych zobowiązań uczestniczyć w cudzym życiu.

Analizując treści gier komputerowych, możemy mówić dziś o **komputerowym przemyśle pornograficznym**. Wśród gier komputerowych znaleźć można te najprostsze: zestawy obrazków, rozbierane pokery, ale także gry stricte erotyczne a nawet tzw. cyberseks.

Pewien niepokój może wzbudzać już sam wygląd niejednej bohaterki gry komputerowej – młoda kobieta, skąpo ubrana, o nienagannych kształtach, a często jej pierwowzorem bywa jakaś znana modelka czy popularna aktorka.

Producenci gier komputerowych posuwają się jednak znacznie dalej. Wystarczy chociażby przytoczyć jako przykład grę o znaczącym tytule *Erotica Island.* „Nikt nikogo nie morduje. Nie leje się krew. Ale gra jest od lat 18. Dlaczego?" [11, s. 61]. Na to pytanie bardzo łatwo odpowiedzieć – wystarczy przeanalizować jej akcję. Wszystko dzieje się na wyspie, bynajmniej nie bezludnej. Bohaterem jest mężczyzna mający za zadanie „zbałamucić" siedem najpiękniejszych kobiet. Zadaniem gracza jest mu w tym pomóc. Nietrudno wyobrazić sobie, jak wyglądają bohaterki i jakże skąpe (o ile w ogóle) są ich ubiory.

Nie można oczywiście generalizować, twierdząc, że wszystkie gry zawierają w swej treści przemoc, pornografię czy magię. Są i takie, które rozwijają wyobraźnię przestrzenną, sprzyjają rozwijaniu umiejętności planowania strategicznego, poszerzają wyobraźnię, uczą podejmowania decyzji i zastanawiania się nad ich konsekwencjami.

Oddziaływanie gier komputerowych na dzieci i młodzież

Producenci gier komputerowych prześcigają się w pomysłach, aby zaskoczyć, olśnić i oszołomić graczy swoim nowym produktem. Czasami niestety usiłują zwrócić uwagę na swoje gry poprzez eskalację w nich przemocy. W wyniku tego gry coraz częściej przerażają ogromnym ładunkiem agresji i wyrafinowanego okrucieństwa. Według badaczy, wiele z nich (ok. 85–90%) przedstawia akty przemocy i destrukcji, pokazując śmierć i zniszczenie [15, s. 105–125].

W zdecydowanej większości gier głównym tematem są zmagania pojedynczych bohaterów lub całych armii z wirtualnym przeciwnikiem. Są one pełne scen przemocy, krew leje się obficie, a zwycięzcą zostaje ten, kto w sposób wyrafinowany i okrutny unicestwi przeciwnika. Bardzo często cała akcja sprowadza się tylko do jednego celu, a mianowicie: zabić wszystko, co się porusza. Bohater, w którego wciela się sam gracz, ma za zadanie unicestwić wszystkie napotkane stworzenia, używając w tym celu rozmaitych narzędzi. To właśnie on – użytkownik komputera – jest w centrum toczącej się akcji i to on sam wybiera możliwości pokierowania nią. Żeby grać i wygrywać, musi identyfikować się z agresorem, czyli osobą dokonującą czynów przemocy. Bywa również, że agresja jest środkiem do osiągnięcia celu, występuje jakby przy okazji. Wielokrotnie gry są tak skonstruowane, że w polu widzenia uczestnika znajdują się przeciwnicy, a także jego ręka z bronią, np. rewolwerem, pistoletem czy piłą mechaniczą. Dokładnie widoczni są atakujący przeciwnicy, akt zabijania oraz ich zakrwawione szczątki. Czasami istnieje możliwość ponownego obejrzenia zabitego przeciwnika z różnych punktów widzenia, można spojrzeć konającej ofierze w oczy, czy nawet podeptać zwłoki. Wszystko to odbywa się w odpowiedniej oprawie muzycznej, w towarzystwie krzyków, jęków ofiary czy odgłosów łamanych kości. Gracz, którym najczęściej jest dziecko, nie tylko ogląda te nasycone przemocą „zabawy", ale sam dokonuje czynów agresji.

Faktem jest, że gry komputerowe nie niosą groźby wyniszczenia biologicznego, ale człowiek przestaje być panem samego siebie i swojego czasu. Zdarza się także, że z powodu zaangażowania w gry komputerowe osoba wchodzi w konflikt ze swoim najbliższym otoczeniem, najczęściej z rodzicami. Gry komputerowe określa się czasem w literaturze jako „elektroniczne LSD".

Internet i jego możliwości w ponowoczesnym świecie

Internet jest jednym z czynników kształtujących nie tylko postawy społeczne, ale i moralne młodzieży – w szczególności dotyczące stosunku do dobra i zła [17, s. 41 i nast.].

Wśród korzystających z Internetu obserwuje się zjawisko uzależnienia podejmowanych decyzji od opinii znalezionych w Internecie (opinie, które nie zawsze są zgodne z prawdą). Nie należy zapominać również o tym, że dzięki Internetowi dzieci, bez względu na wiek, mają dostęp do filmów przesyconych przemocą, które poprzez zawarte w nich brutalne sceny sprawiają, że młody człowiek oswaja się z agresją, obojętnieje na nią. Co prawda wprowadzane są ograniczenia poprzez stosowanie filtrów, np. rodzinnego, jednakże strony zawierające np. treści pornograficzne często mieszczą się na stronach o niewinnych tytułach. W Internecie jest bardzo dużo stron pornograficznych wypaczających pojęcie miłości i kształtujących w młodych ludziach przedmiotowe ujęcie płciowości, a nawet oferujących możliwość zarobkowania poprzez działania związane z szerzeniem pornografii. Użytkownicy

często wchodzą na strony niepożądane dlatego, że ich nazwy nie odzwierciedlają zawartości. Dlatego w niektórych przypadkach dostęp dzieci i młodzieży do sieci powinien zostać ograniczony.

Internet daje nieograniczone możliwości porozumiewania się. Jeśli wymieniamy poglądy z osobą poznaną przez sieć, to tak naprawdę nie wiadomo, kto siedzi „z drugiej strony ekranu" i czy treści, które czytamy, są prawdziwe. Anonimowość odbiorcy i nadawcy, szczególnie w odniesieniu do tak nieakceptowanych społecznie dziedzin, jak pornografia, jest niezwykle groźna ze względu na trudności wynikające z identyfikacji autora niecenzuralnych treści.

W przypadku nieustającego kontaktu z technologią informacyjną świat przez nią kreowany staje się z czasem światem wirtualnym, całkowicie zastępującym rzeczywistość, co nie pozostaje bez wpływu na kształtowanie osobowości, nie zawsze oczekiwanej przez społeczeństwo.

Pojawienie się komputerów spowodowało więc z jednej strony wzrost możliwości pracy intelektualnej, stymulując zmiany kulturowe i społeczne, ale z drugiej strony wytworzyło sztuczny, wirtualny świat, coraz trudniej odróżniany od rzeczywistości [20, s. 5]. Zastosowanie Internetu przyczynia się także do zagubienia prywatności ucznia, nawet w środowisku szkolnym i domowym. Coraz częściej młodzi ludzie próbują zamknąć się w czterech ścianach własnego pokoju, łudząc się, że w ten sposób znajdą choć chwilę dla siebie. Tymczasem podłączenie komputera do sieci sprawia, że coraz trudniej jest zachować anonimowość i spędzić chwilę w samotności. Kontakt z rówieśnikami, rodzicami czy nauczycielami zostaje coraz częściej ograniczony do minimum, gdyż młodzi ludzie wolą przeznaczyć czas na przesiadywanie przed ekranem monitora. Tymczasem życie w świecie mnogości informacji płynących z sieci, w którym każda sekunda jest tak cenna, sprawia, że użytkownik nie umiejący wyszukiwać interesujących go treści, gubi się. Problemem staje się więc wybór między tym, co pożądane, niezbędne a tym, co niepotrzebne, lub wręcz szkodliwe. Wynika z tego wniosek, iż z komputera należy korzystać rozważnie, aby wirtualny świat nie przesłonił rzeczywistości.

Podsumowanie

Wydaje się, że obecnie dla zbyt wielu ludzi takie słowa, jak moralność, dobro, zło, wartość moralna to nic innego, jak puste dźwięki. Media i multimedia sprzyjają budowaniu przekonania, że czyny oraz słowa nie zawsze mają wymiar moralnego dobra lub zła.

Dzięki mass mediom i multimediom, oprócz zasygnalizowanych wcześniej treści, mamy zatem dostęp do informacji na temat:

– upadku moralności w sferze gospodarczej – moralności pracy, który przejawia się w zaniku związku między obowiązkami a prawami w dziedzinie życia gospodarczego,

– upadku moralności społecznej, przejawiającej się m.in. w takich postaciach, jak bezład w życiu społecznym, paraliż twórczej inicjatywy społecznej i gospodarczej,

– bezsilności wobec wszechwładzy biurokracji,

– upadku moralności, przejawiającym się w aborcji, narkomanii i pospolitym bandytyzmie, alkoholizmie.

Ponowoczesny człowiek funkcjonuje w ponowoczesnych czasach, w których media i multimedia odgrywają niezaprzeczalną rolę. Aby pozostał on dalej indywidualnym, odrębnym bytem, z wszystkimi przymiotami konstytuującymi go jako osobę, winien mieć także świadomość roli mediów i multimediów.

Podnoszenie wartości osoby ludzkiej, także w czasach ponowoczesności, winno odbywać się:

– na płaszczyźnie kształtowania postaw — sięgając do duchowego wnętrza człowieka i uświęconych tradycją niezmiennych norm moralnych,

– na płaszczyźnie struktur — dla uzdrawiania organizmu społecznego zdeprawowanego w minionym okresie i demoralizowanego pod wpływem tendencji sekularystycznych postmodernizmu.

Podsumowując, należy stwierdzić, że z jednej strony postmodernistyczny relatywizm wyłączający niezmienne prawa moralne, z drugiej strony powszechność mass mediow i multimediów – mających wpływy socjalizacyjne lub antywychowawcze – ujawniają potrzebę wychowania prawych sumień, kształtowania świadomości prymatu wartości moralnych. Wydaje się to niekwestionowanym warunkiem budowy zdrowych moralnie struktur społecznych, politycznych czy ekonomicznych, co z kolei stwarza dogodne warunki rozwoju osoby, w końcu społeczeństwa.

Pedagodzy, nie poprzestając na analizie rzeczywistości edukacyjnej, mają świadomość, że edukacja nie przebiega w izolacji od sytuacji społeczno-moralnej ludzkości. Nie bez znaczenia są także różnego rodzaju szersze wpływy kulturowe, cywilizacyjne, także te związane z powszechnością mediów, mass mediów i multimediów i przekazywanymi przez nie treściami oraz czasem im poświęcanym.

Bibliografia

[1] Adamski F., *Edukacja, rodzina, kultura,* Kraków 1999

[2] Burgerová J., *Internet vo výčbe a štýly učenia,* Prešov 2001

[3] Bobrowska B., *Nowe pisma młodzieżowe a wychowanie*, [w:] *Wychowanie na rozdrożu. Personalistyczna filozofia wychowania*, F. Adamski (red.), Kraków 1999

[4] Braun-Gałkowska M., Ulik I., *Zabawa w zabijanie*, Warszawa 2000

[5] Burgerová J., Burger V., Stémové a aplikačné program pre person±lne počitače, Prešov 2002

[6] Depešová J., *Príprava učiteľov na prácu s deťmi so špeciálnymi potrebami so zameraním na technické vzdelávanie*, [in:] Zborník *Príprava učiteľov elementaristov a európsky multifunkčný priestor*, PU PF, Prešov 2005, s. 595–600

[7] Depešová, J., *Ľudové remeslá v zahraničí,* [in:] Zborník *Technické vzdelanie ako súčasť všeobecného vzdelania*, FPV UMB, Banska Bystrica 2005, s. 89–92

[8] Depešová, J., *Činnostná terapia postihnutých a tradičné technológie*, [in:] Zborník *Technické vzdelanie ako súčasť všeobecného vzdelania,* FPV UMB, Banska Bystrica: 2002. s. 190

[9] Ejsmond M., Kosmalska B., *Media, wartości wychowanie*, Kraków 2005

[10] Gawrysiak P., Mańkowski P., Uchański A., *Biblia komputerowego gracza*, Warszawa 1998

[11] Łukasik A., *Erotica Island,* „Secret Service", nr 7–8, 2001

[12] Majka J., *Kościół wobec społeczno-moralnej odnowy narodu polskiego*, „Znaki Czasu" 1988, nr 10

[13] Mastalerz E., Bożek A., *Kształtowanie postawy ucznia priorytetowym zadaniem edukacji ogólnotechnicznej,* [w:] *Research In Didactics of Chemistry, Dyduchem,* C. Plewka (red.), Kraków 2006

[14] Melosik Z., *Postmodernistyczne kontrowersje wokół edukacji*, Toruń–Poznań 1995

[15] Noga H., *Bohaterowie gier komputerowych – implikacje pedagogiczne*, Kraków 2005

[16] Porubská G., *Postavenie a význam didaktiky v priprave učiteľov 1. stupňa ZŠ,* [in:] *Za vyššiu úroveň ýchovy a vzdelávania a prestiž učiteľa ZŠ*, PdF, Nitra 1999, s. 67–71

[17] Pytel K., *Ocena znajomości technik e-lerningu przez wybraną grupę studentów uczelni pedagogicznej,* [w:] *Technika-Informatyka-Edukacja. Teoretyczne i praktyczne problemy edukacji informatycznej,* W. Walat (red.), Rzeszów 2007

[18] Pytel K., *Wpływ Internetu na rozwój i zachowanie dzieci i młodzieży*, [w:] *Cyberuzależnienia: przeciwdziałanie uzależnieniom od komputera i Internetu,* E. Mastalerz (red), NZS AP, Kraków 2006

[19] Pytel K., *Wybrane przykłady wykorzystania hybrydowych układów pozyskiwania energii odnawialnej,* Ogólnopolskie Forum Odnawialnych Źródeł Energii 2004, Warszawa 29–31 III 2004

[20] Siemieniecki B., *Komputer w edukacji. Podstawowe problemy technologii informacyjnej,* Toruń 1995

[21] Smart B., *Postmodernizm,* Poznań 1998

Axiological challenges towards socializing media and multimedia contents

Abstract

Culture and civilization, which constitute the ideological manifestation of our life and activeness, bring new challenges described as postmodernism. This is sometimes perceived as an entirely new phase in the development of mankind. Undoubtedly, a human being should also be perceived as a new postmodern man who is able to function in a constantly changing social, cultural and economical reality. A belief in the growing importance of culture as the basic pattern-creating element is changing our lifestyle in a significant and irreversible manner. The dominant feature of our contemporary culture is postmodernism.

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Krzysztof Parliński

Modelowanie materiałów i przewidywanie ich właściwości

Modelowanie materiałów odbywa się za pomocą znanych narzędzi, będących częścią praktyki inżynieryjnej. Szczególnie znane są metody elementów skończonych i obliczeniowa dynamika cieczy. Jednakże aktualne modelowanie materiałów idzie znacznie dalej. Obliczenia struktury elektronowej pozwalają zaproponować cementy z określonym czasem twardnienia lub pożądane właściwości piezoelektrycznych transducerów. Badania na poziomie atomowym pozwalają przewidzieć prawidłowe działanie katalizatorów, czy też zachowanie się paliwa nuklearnego w warunkach ekstremalnych. Ilościowy opis struktury w mesoskali i zrozumienie tworzenia się takiej struktury umożliwia udoskonalenie polimerów, tekstury lodów i barier termicznych warstw ochronnych. Jeden z takich obszarów aktywności, będący komercyjnie wykorzystywany, stanowi użycie ilościowej termodynamiki, kinetyki i statystyki modelującej produkcje stopów z podwyższonymi parametrami i poprawioną powtarzalnością.

Pojęcie modelowania materiałów ma obecnie bardzo wiele znaczeń. Nie jest to fizyka ciała stałego, z wyjątkiem wyprowadzenia metody i jej uzasadnienia. Oprócz takich metod, jak CAD (*computer-aided design*) i metoda elementów skończonych, modelowanie wykorzystuje wielorakie strategie, nie wyłączając z tego metod analitycznych. Ich wykorzystanie i rola w dużej części zależy od zaangażowanego w tematykę przemysłu. Przy projektowaniu leków, struktura i właściwości molekuły są zasadniczym problemem, i w tym obszarze obserwuje się dużą aktywność badawczą i rozwojową. Modelowanie, wytypowanie i wczesna selekcja nowych molekuł są uzasadnione również z ekonomicznego punktu widzenia, ponieważ odkrycia generują też popyt. Jednocześnie istnieje jednak ograniczenie, ponieważ żaden lek nie otrzyma zezwolenia na zastosowanie, jeżeli jest tylko modelowany komputerowo. Tym niemniej modelowanie daje wymierne oszczędności ekonomiczne przy produkcji nowych leków. W zagadnieniach eksploracji przestrzeni kosmicznej jest wiele odkryć, a mniej badań, gdyż dla tej dziedziny rozwiązania są bardziej związane z wieloma technologiami, a mniej z wykorzystaniem pojedynczych wynalazków. Przemysł chemiczny częściej wybiera CFD (*computational fluid dynamics*) i inne narzędzia oparte na ruchu masy i wynikach termodynamicznych.

Przemysł półprzewodników zainteresowany jest zjawiskami deformacji warstw półprzewodzących, procesami towarzyszącymi wzbudzeniu elektronów i gradientów stężeń w ciele stałym. Wymagania przemysłowe doprowadziły do powstania tego typu kodów obliczeniowych, które w następstwie wykorzystane zostały do modelowania materiałowego.

Modelowanie materiałowe rozciąga się od wizualizacji do najnowocześniejszych dokładnych metod wyliczania wartości parametrów. Nie ma jednak uniwersalnej, najlepszej metody: doskonałość modelowania jest wprost proporcjonalna do włożonego wysiłku. Jakie są więc cele modelowania? Zadania zmieniają się w szerokim zakresie i nie ograniczają się do niektórych wcześniej przewidzianych struktur kryształów czy materiałów. Proste właściwości, takie jak moduł sprężystości, cieszyły się skromnym zainteresowaniem. Przemysł natomiast był zainteresowany szczególnie poprawą jakości już istniejących materiałów, a raczej skierowaniem nowych produktów na rynek zgodnie z zapotrzebowaniem, wykorzystując ścisłą współpracę inżynierów z naukowcami. Co więcej, przemysł jest zainteresowany identyfikacją przedsięwzięć, których *nie* należy podejmować z racji negatywnego rezultatu wynikającego z modelowania.

Powstało bardzo wiele programów (softwarów) używanych w nowoczesnym modelowaniu i wykorzystywanych w większości przez uniwersytety. Do czego służą te programy? Popularne jest stosowanie ich do wyznaczania struktur molekularnych i krystalicznych, szczególnie związków organicznych przy badaniu leków lub minerałów pod wysokimi ciśnieniami w celu poznania fizyki Ziemi oraz określenia właściwości elektrycznych, optycznych, oraz drgań cząsteczek i kryształów. Badania materiałów obejmują właściwości oscylacyjne, stałe elastyczne, widma absorpcyjne i przemiany fazowe, elektronowe przerwy energetyczne i ich szerokość, powinowactwo elektronowe i efektywne masy ładunków. Właściwości powierzchni kryształów zawierają zmiany na powierzchni, energię powierzchniową i napięcia powierzchniowe.

Istotne zagadnienie stanowi modelowanie defektów powstających wewnątrz materiałów. Tematyka ta była częściowo wymuszana przez rozwój techniki reaktorów jądrowych. Bardzo dobre wyniki dają wyliczenia właściwości prostych defektów, zawierające modele oparte na siłach międzyatomowych, które mogą być opisane w dynamice molekularnej i pozwalają przewidzieć właściwości termodynamiczne. W półprzewodnikach modelowanie odnosi sukcesy w różnych zagadnieniach. Teoria mas efektywnych charakteryzuje się dużą dokładnością. Jest wiele niewiadomych, szczególnie w zrozumieniu zjawiska dyfuzji w warunkach rzeczywistych dla nowoczesnych, szybkich procesów termicznych. Jest też wiele do zrobienia celem pełnego zrozumienia roli stanów o różnych ładunkach i stanów elektronów wzbudzonych. Dla kryształów metody pseudopotencjałów międzyatomowych dają bardzo dobre wyniki. Właściwości energii powierzchniowej dają się z większą dokładnością wyliczyć niż zmierzyć.

Stanom wzbudzonym w kryształach jonowych poświęcono wiele uwagi z powodu ich ważnej roli w fotografii i innych systemach specjalistycznych. Napotyka się jednakże na rozliczne trudności dla układów nieuporządkowanych, w których pojawiają się jednocześnie problemy energetyczne i kombinatoryczne. Sprzężenie elektron-fonon może zmieniać się od jednego układu do drugiego w sposób

znaczący, z zachowaniem małych polaronów, potrzebnych do zrozumienia zachowania materiałów, począwszy od takich, jak paliwa jądrowe, a skończywszy na tlenkach o gigantycznym magnetooporze. Określając jasno, modelowanie materiałów opisuje ogromną zmienność zachowań, znacząco bardziej różnorodną niż modelowanie leków. Jest to cecha jednocześnie słaba i silna – silna z powodu bogactwa możliwości i wyzwań, a słaba ze względu na ograniczenie zakresu narzędzi i możliwości ich wykorzystania.

Jak wiadomo, moce komputerowe i oprogramowania mają też swoje ograniczenia. Potrzebne jest, aby postawienie problemu oraz interpretacja wyników obliczeń były proste i niedwuznaczne. Najbardziej efektywne modelowanie jest powiązane z obliczeniami na skomplikowanym poziomie. Wiedza i doświadczenie, bardziej niż oprogramowanie, decydują o powodzeniu. Które z tych elementów wydają się zatem najtrudniejsze? Po pierwsze, postawienie zagadnienia tak, aby je można było modelować, znając w przybliżeniu szczegóły i dokładność. Po drugie, poznanie na tyle wydajności modelowania, aby można było dać prawidłową odpowiedź. Po trzecie, należy dowierzać wynikom modelowania, aby móc podejmować niepopularne decyzje. Ważnym jest, aby wcześniej wiedzieć, co może nie działać w modelowaniu.

Na koniec należy wspomnieć o współpracy z odpowiednią ilością specjalistów. Niewystarczająca jest praca jednej osoby nad danym zagadnieniem. Jest ona wówczas w pewnym sensie izolowana, a tym samym ograniczona w wydawaniu odpowiedzialnych ekspertyz i wiarygodnych wyników badań. Bardziej wydajna jest praca małego zespołu, gdyż wówczas ma się znacznie większą pewność, że wyniki modelowania będą wiarygodne.

Modeling of materials and predicting their properties

Abstract

Development of computing technique permitted to create a number of computer programs, which are able to calculate selected parameter's values of molecules, crystals and materials. Some of most known computing methods has been cited, and the advantages of applications of each such computing simulation has been referred.

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Małgorzata Piaskowska, Stanisław Gumuła[1]

Ekonomiczne i ekologiczne aspekty pozyskiwania energii w energetyce cieplnej

Ciągły wzrost zapotrzebowania na energię połączony z szybującą w górę ceną coraz bardziej obciążają nasz domowy budżet. Dlatego wielu z nas zadaje sobie pytanie, jak zaoszczędzić? Jaki nośnik energii wybrać, aby było jak najtaniej?

Obok ceny, o sposobie ogrzewania powinny decydować względy ekologiczne. Jest to tym bardziej istotne, że wraz z wstąpieniem Polski do Unii Europejskiej nałożono na nas obowiązek stopniowej redukcji emisji zanieczyszczeń.

W artykule przeprowadzona zostanie analiza ekonomiczna i ekologiczna tradycyjnych nośników energii, co pozwoli odpowiedzieć na postawione tu pytania, a następnie wybrać wariant najbardziej optymalny.

Analiza ekonomiczna

Do rozważań przyjęto budynek jednorodzinny, wolnostojący, o powierzchni 100 m^2 oraz wskaźnik rocznego zużycia energii wynoszący 100 $\frac{kWh}{m^2a}$. Na podstawie ofert firm produkcyjnych i zakładów instalacyjnych dobrano urządzenia grzewcze z uwzględnieniem ich sprawności. Przyjęto ponadto wartości opałowe nośników energii (tabela 1).

Na tej podstawie obliczono ceny jednostkowe nośników energii z uwzględnieniem sprawności urządzeń. Roczne koszty ogrzewania otrzymano opierając się na cenach nośników energii, zużyciu nośników energii, sprawności urządzeń grzewczych oraz kosztach amortyzacji urządzeń.

Amortyzację określono, rozkładając koszty inwestycji równomiernie na 25 lat eksploatacji urządzeń. Nie uwzględniono wzrostu cen energii, jak również zmiany wartości pieniądza w czasie, czyli stopy dyskontowej. Założono, że wzrost cen energii kompensuje w przybliżeniu wyższą wartość pieniądza, którą posiadał on w chwili wykonywania inwestycji.

Wyniki analiz w formie liczbowej przedstawione są w tabelach 1 i 2 oraz w formie graficznej na rysunku 1.

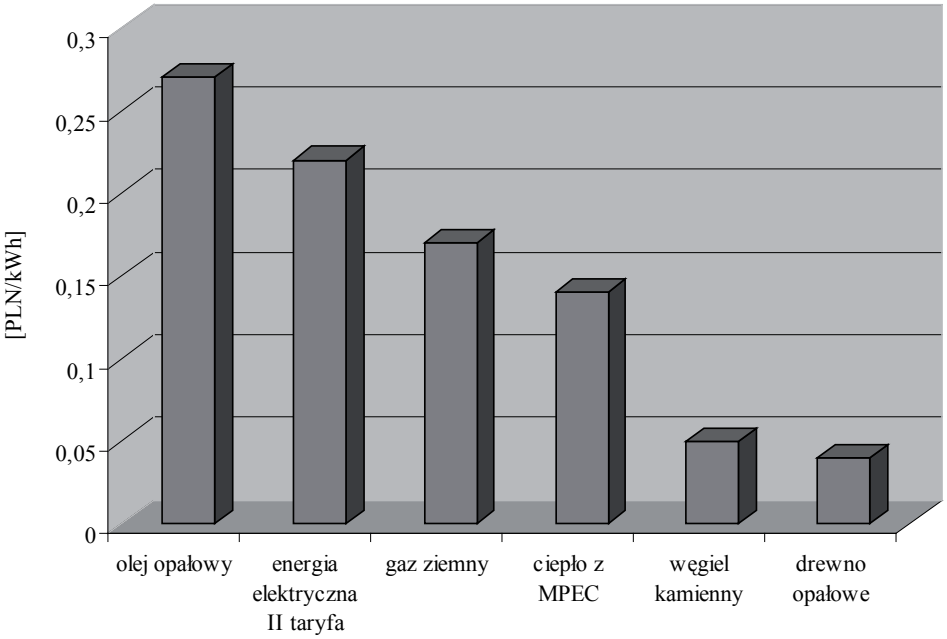
[1] Katedra Maszyn i Urządzeń Energetycznych, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie.

Tab. 1. Koszty instalacji i nośników energii

Nazwa nośnika	Koszt instalacji [PLN]	Sprawność [%]	Cena jednostkowa nośnika [PLN/kWh]	Wartość opałowa
olej opałowy	9 200	90	0,24	10 kWh/kg
energia elektryczna II taryfa	6 500	100	0,22	–
ciepło z MPEC	3 500	95	0,13	–
gaz ziemny	4 500	90	0,15	8,89 kWh/m^3
węgiel kamienny	4 200	80	0,04	8,14 kWh/kg
drewno opałowe	3 900	80	0,03	4,2 kWh/kg

Tab. 2. Koszty ogrzewania

Nazwa nośnika	Cena jednostkowa nośnika uwzględniająca sprawność [PLN/kWh]	Koszt amortyzacji [PLN/a]	Roczny koszt ogrzewania 1 m^2 budynku [PLN]	Roczny koszt ogrzewania budynku [PLN]
olej opałowy	0,27	368	27	2 700
energia elektryczna II taryfa	0,22	260	22	2 200
ciepło z MPEC	0,14	140	14	1 400
gaz ziemny	0,17	180	17	1 700
węgiel kamienny	0,05	168	0,5	500
drewno opałowe	0,04	156	0,4	400



Ryc. 1. Cena jednostkowa nośników energii z uwzględnieniem sprawności ich przetwarzania w ciepło

Analiza ekologiczna

Szczegółowej analizie poddano emisję zanieczyszczeń powstałą przy centralnym ogrzewaniu zasilanym olejem opałowym, gazem ziemnym, węglem kamiennym oraz drewnem opałowym. W obliczeniach uwzględniono wskaźniki emisji dla danego paliwa oraz sprawność urządzeń. Uzyskane wyniki przedstawione zostały w tabeli 3.

Zdecydowanie największa emisja dwutlenku siarki towarzyszy spalaniu węgla kamiennego, najmniejsza natomiast występuje przy ogrzewaniu gazem ziemnym. Podobnie wygląda sytuacja w przypadku tlenków azotu, jednak rozrzut wartości pomiędzy poszczególnymi paliwami jest wyraźnie mniejszy. Jeśli chodzi o tlenek węgla, w dalszym ciągu największą emisję powoduje węgiel kamienny, natomiast najmniejszą – olej opałowy. W przypadku węglowodorów i pyłu, głównym ich źródłem jest węgiel kamienny, a najbardziej śladowe ilości powstają z gazu ziemnego. Kolejne emitowane do atmosfery zanieczyszczenie stanowi metan. Największy udział ma w tym węgiel kamienny, a najmniejszy – olej opałowy. Inaczej sytuacja wygląda z tlenkiem azotu, gdzie większą emisję powoduje w takim samym stopniu węgiel kamienny i drewno opałowe, a mniejszą (równą co do wartości) – olej opałowy i gaz ziemny. W przypadku niemetanowych lotnych związków organicznych (NM-LZO) największy udział w ich wytworzeniu ma węgiel kamienny, a najmniejszy – gaz ziemny. Nieco inaczej wygląda sytuacja z dwutlenkiem węgla. Choć najmniejszą jego emisję powoduje nadal gaz ziemny, to największa jest przypisywana drewnu opałowemu.

Tab. 3. Emisja zanieczyszczeń przy centralnym ogrzewaniu zasilanym olejem opałowym, gazem ziemnym, węglem kamiennym oraz drewnem opałowym

Nazwa nośnika	SO_2	NO_x	CO	C_xH_y	Pył	CH_4	N_20	NM-LZO	CO_2
	[g/kWh]								
olej opałowy	3,0	3,8	0,24	1,8	0,12	0,04	0,04	0,2	3 040
gaz ziemny	0,04	2,4	1,6	0,24	0,02	0,2	0,04	0,08	2 200
węgiel kamienny	29,25	6,97	211,5	18,9	7,2	4,72	0,14	14,17	4 275
drewno opałowe	0,5	4,95	63	1,35	3,15	0,36	0,14	1,04	4 815

W tabeli 4 przedstawiona została emisja zanieczyszczeń powstałych przy wytworzeniu energii elektrycznej oraz ciepła z MPEC. Założono, że nośnikiem tzw. energii pierwotnej jest węgiel kamienny, a sprawność wynosi odpowiednio 33% i 75%.

Tab. 4. Emisja zanieczyszczeń przy wytworzeniu energii elektrycznej oraz ciepła z MPEC

Nazwa nośnika	SO_2	NO_x	Pył	CO_2
	[g/kWh]			
energia elektryczna	27,57	6,97	4,54	3 030
ciepło z MPEC	12,1	3,06	1,99	1 330

Jak można łatwo zauważyć, uzyskaniu u odbiorcy 1 kWh energii elektrycznej towarzyszy około dwukrotnie większa emisja SO_2, NO_x, pyłu i CO_2 w porównaniu z ciepłem z MPEC.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy ekonomicznej nośników energii, można stwierdzić, że zdecydowanie najtańsze jest ogrzewanie drewnem opałowym i węglem kamiennym. Najgorzej pod tym względem wypada energia elektryczna w II taryfie oraz olej opałowy. Jednak obok ceny energii, równie istotnym czynnikiem powinny być względy ekologiczne.

Analiza emisji zanieczyszczeń powstałych podczas spalania rozpatrywanych nośników energii wykazała, że węgiel kamienny stanowi największe obciążenie dla środowiska. W przypadku energii elektrycznej i ciepła z MPEC, gdzie jest on nośnikiem energii pierwotnej, sytuacja ta wygląda zdecydowanie lepiej. Dlaczego? Elektrociepłownia zapewnia dużo większe moce, a co za tym idzie sprawność, w porównaniu z centralnym ogrzewaniem odbiorców indywidualnych. Wyposażona jest ponadto w urządzenia oczyszczające gazy wylotowe, czego oczywiście domowe instalacje nie posiadają.

Obok węgla kamiennego, drugi wyróżniający się pod względem wielkości emisji nośnik energii stanowi drewno opałowe. Najczystsze ekologicznie są natomiast gaz ziemny oraz olej opałowy.

Bibliografia

[1] *Dębski B. i in., Wskazówki dla wojewódzkich inwentaryzacji emisji na potrzeby ocen bieżących i programów ochrony powietrza*, Krajowe Centrum Inwentaryzacji Emisji, Atmoterm Warszawa 2003

[2] Norwisza J. (red.), *Termomodernizacja budynków dla poprawy jakości środowiska*, Wyd. Narodowa Agencja Poszanowania Energii S.A., Gliwice 2004

[3] Różycki A., Szramka R., *Wytwarzanie energii w skojarzeniu*, Biuletyn Urzędu Regulacji Energetyki, nr 2/2001

[4] Szargut J., *Termodynamika techniczna*, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005

[5] www.atmopol.pl, dostęp: 01.01.2009

[6] www.ekoszok.pl, dostęp: 01.01.2009

[7] www.ulrich.com.pl, dostęp: 01.01.2009

Economical and ecological aspects of gaining energy in thermal power engineering

Abstract

In the article were presented the results of the analyses devoted to comparison of the costs of heating the residential buildings, taking into consideration fuel oil, natural gas, hard coal, fuel wood, heat from MPEC and electric energy in the II tariff. The calculations were made on the basis of the cost of investment in the devices, the cost of energy carriers and the operation period of the devices.

Apart from the economy, the second relevant factor determining the utilization of the considered energy carriers should be ecology. In the case of heating the residential buildings with fuel oil, natural gas, hard coal and fuel wood one could easily calculate the volume of emission. It's much more difficult to define the influence of heat from MPEC and electric energy on the environment, because it will depend on, among others, the kind of carrier used at their production.

Key words: energy carriers, heating cost, pollution

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Ladislav Rudolf, Václav Tvarůžka, Elżbieta Mastalerz

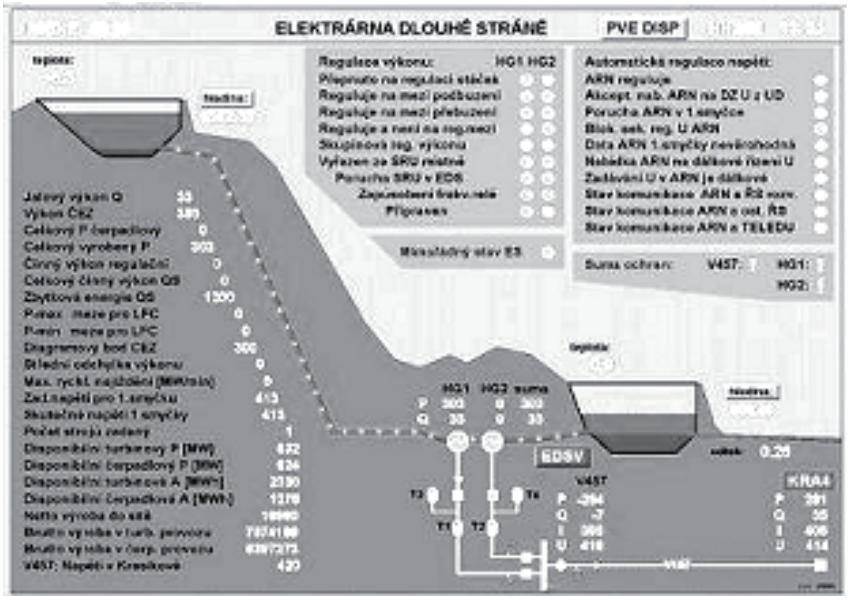
Visualisation of the pumped storage hydroelectric plant Dlouhé Stráně and its use in education

Visualisation is a modern phenomenon of the present time. Visualisation of technological processes is an important element for optimization of controlling difficult technical systems. We have modern technical instruments for recording. Among these instruments there are computer, came cord, digital cameras, data projectors, visualisers etc. Necessary condition for creation and presentation of a record is software, at the most of instruments. In our case it is software for creation digital records made in practice. In the story there is mentioned demonstration of working in the pumped storage hydroelectric plant Dlouhé Stráně. There is filmed a short video at the dispatching centre from the aspect of controlling the power station by a shift-dispatcher. From it, it is possible to see if the power station is running and create or use electricity. And also what capacity is in the lead, what is a voltage, stage of water in the upper and lower basin etc. This visualisation can be called dynamic, when the process is recorded in the way that we can see the changes in working of the power station from the record at the specific time section. We can also define the static visualisation which shows us the specific view on the specific appliance at the specific time moment i.e. the view on the distribution point of the station, turbine, block transformer etc. Such records can be made by digital cameras and the outcome is a photo-documentation, where, through suitable browsers, we can do viewing of the equipment of the power station. In conditions of teaching at schools it is possible to familiarize students with working of the station (thanks to a computer and a data projector) from the aspect of controlling (dynamic visualisation – video) and view of the viewing and interpretation of the power station (static visualisation - photo documentation).

Description of the Power Station Dlouhé Stráně

The pumped storage hydroelectric plant Dlouhé Stráně is situated by the river Divoká Desná in Jeseníky Mountains, at the village of Loučná nad Desnou in the county of Šumperk. Its function is to fulfil static and dynamic services for electro energetic system of our republic by its capacity of 650 MW. Static services are effective change of energy excess in the system to peak energy. This process takes place by

pumping water from the lower basin into the upper basin in time of its excess and to the contrary – by production of electric energy by the turbine operation. Among dynamic services, there belongs mainly a share of the station in the regulation of capacity and of an electricity cycle in system and a function of the prompt reserve in system. Water from the upper basin, situated in 1350 ms above the level of the sea, is lead by two pressure feeders with the average of 3,6 ms and length 1,5 kms into turbines. Both reverse machine sets, each with the capacity of 325 MW, are situated in the underground cavern of turbines with the length of 87 ms, wide of 25,5 ms and high of 50 ms. Block transformers are situated in the underground chamber with the length of 117 ms, wide of 17 ms and high of 21,5ms. In the underground there are also communication, technological and ventilation tunnels and tunnels with the complete length of 8,5kms. Underground power station is joined with the lower basin by two runaway tunnels with the inner diameter of 5,2 ms. A capacity is lead from underground by cables with the voltage of 400 kW metal-enclosed distribution board and from there by outer cable with the length of 52 kms into the distribution point in Krasíkov.



Ryc. 1. Animated working of the hydroelectric plant

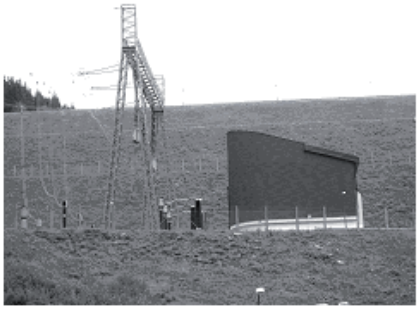
The Dynamic Visualisation and its Application in Example of the Hydroelectric Plant Working

The term of a dynamic visualisation of a digital record means that a specific process is recorded in a specific time section and describes a real process which has run in time. In our case it is working of the hydroelectric plant Dlouhé Stráně. Here there is a dynamic record scanned by a digital camera as a video. At the picture 1 there is mentioned preview of the video which describes working of one of turbines of the power station from the sight of the dispatcher controlling. Working is

animated, flow of water is symbolized by white balls and in video they move. The upper and the lower basin, turbines, distribution point, lead are mentioned in form of pictures and signs. Number data about working, necessary for controlling the station, are seen numeric and they change their value after a station working. Enclosure of the story is a short video that will be presented at the conference.

The Static Visualisation, Practical Examples

One of possibilities of a static visualisation is i.e. creation of a photo documentation of a specific object (system) and creation of a band of pictures that we can present chronologically behind them. In our case it is a system of the station Dlouhé Stráně. On the contrast of the dynamic visualisation which displays a time section, static visualisation creates an image about a complex view at specific equipment or object. For this sake it is necessary to have permission to take photographs in the object (power station) and make a photo-documentation of a high quality which can't always be managed. Pictures 2, 3, 4 and 5 present part of many photographs that are necessary for creation of the static visualisation of the object (power station).



Ryc. 2. Distribution point

Ryc. 3. Undergound cavern of turbines

Utilization of Visualisation in the Process of Teaching

Visualisation in the process of teaching at all grades of schools means utilization of a modern technique in education. For creation of a background of visualisation it is, in practice, important to dispose of dimension of technological literacy that is described i.e. by Salomon. Than it is possible to demonstrate technological principles of the technical system by visualisation and make possible to realize ideas of the teacher in education process with respect to the aim of the lesson. If we can realize a material for visualisation (to process a digital record – video, photographs) and prepare them as a background for teaching, we can accede to verification in education. With using of modern technique (computers, data projectors) we can present materials after the chosen topic.

Possibilities of Creation Materials for Visualisation

As it was written in the story, visualisation is very modern activity that enriches teaching. Its preparation is, from the view of a teacher, more difficult, it lays higher calls to literacy.

Preparation and subscription of the dynamic visualisation

During defining of the dynamic visualisation we must respect in order to a time section of a specific situation was recorded. For this record it can be just tens of seconds – max. one minute. More time of recording is not suitable because the process repeats itself. In the demonstration of the dynamic visualisation on the example of working of the pumped storage hydroelectric plant Dlouhé Stráně there is possible to see that the digital record, of the length of tens of seconds, describes the principle of working of the power station. During its starting through the programme i.e. Media Player and with a teacher's comment, students understand how the power plant works and how it is controlled from the controlling dispatching point from the view of the dispatching control. The dynamic visualisation can be used in various special subjects where is possible to demonstrate various actions and principles. To create material that fulfils demands of the dynamic visualisation is not a big technical problem. It is important to find a suitable object where a short time section describes a principle or working of a specific appliance. From the view of electro energetic there are more possibilities of video records for the dynamic visualisation. I.e. working of the power plant, time run of disconnection of the lead by breaker and buffer, make and break of the transformer, chokes and other appliances. Such digital video records are possible to archive in PCs as little files and they are prepared as theme complexes for teaching.

Preparation of material of the static visualisation for teaching

The static visualisation is quite simpler than the dynamic one. In practice it means that during preparation for teaching we must have at disposal an area or a set of pictures that show specific object (i.e. power plant, distribution point). Than we can chronologically order these pictures and describe what is at them. For using it during teaching we can insert these pictures into the presentation programme – i.e. Power Point – with a suitable comment and we have prepared a material for teaching. Again it is possible to archive such material in PCs.

Conclusion

At present, when technique enables us to do digital records it is important to accept the fact and use it for enriching and modernisation of teaching. A digital record of the picture enables simple adaptation on conditions of the present teaching process. In the story there is mentioned utilisation of a digital record during teaching. It is working of the pumped storage hydroelectric plant Dlouhé Stráně. Utilisation of such record during education process is big, because students gain an idea how such action has run (working of the power plant from the view of the dispatching control). These video records are possible to present through the programme of Media Player which is a part of Windows. In the end it is possible to say that utilisation of the dynamic and the static visualisation leads to enriching teaching and to its modernisation.

Ryc. 4. Leading out of the capacity from the station

Ryc. 5. Metal-enclosed distribution board

Literature

[1] Rudolf L. *Fotodokumentace z přečerpávací vodní elektrárny Dlouhé Stráně*, 2006

[2] Rudolf L., Tvarůžka V. *Videozáznam provozu elektrárny Dlouhé Stráně, nasnímaný z řídícího systému na energetickém dispečinku podniku ČEPS, a.s.*, 2006

[3] Salomon, J.J.*, Technologický úděl.* Přel. Ivana Holzbachová. Filosofia, Praha 1997 s. 287

Wizualizacja pracy hydroelektrowni szczytowo-pompowej Dlouhe Strane i jej zastosowania edukacyjne

Streszczenie

Wizualizacja jest nowoczesną tendencją we współczesnych systemach kontroli i monitoringu. W artykule zaprezentowano przykład użycia wizualizacji w przedstawieniu działania czeskiej hydroelektrowni szczytowo-pompowej Dlouhe Strane. W tym celu przygotowano nagranie wideo z systemu kontroli. Wizualizacja działania elektrowni oparta jest również na dokumentacji fotograficznej. W artykule wskazano, które materiały mogą zostać wykorzystane w wizualizacji, oraz zademonstrowano ich użycie na konkretnym przykładzie zaczerpniętym z praktyki.

Słowa kluczowe: wizualizacja, pojemność elektrowni, centrum dyspozytorskie, rejestracja wideo, zbiornik górny, zbiornik dolny

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Iwona Sulima[1], Andrzej Pilch[2]

Właściwości mechaniczne żył miedzianych stosowanych w produkcji kabli telekomunikacyjnych

Miedź jest metalem o szerokim spektrum zastosowań w różnych gałęziach przemysłu, głównie w przemyśle budowy maszyn, elektrycznym i elektronicznym oraz w transporcie i budownictwie. Powszechne zastosowanie miedzi w przemyśle elektrotechnicznym warunkowane jest jej unikalnymi właściwościami, takimi jak wysoka przewodność elektryczna, duże przewodnictwo cieplne, podatność na przeróbkę plastyczną niezbędną przy wytwarzaniu drutów oraz wysoka odporność na korozję. Przewodność elektryczna zależy od czystości miedzi. Wszystkie domieszki, z wyjątkiem tlenu, w ilości do ok. 0,05% wag. obniżają przewodność elektryczną.

Omawiany metal charakteryzuje się niską wytrzymałością na rozciąganie, ale bardzo dobrymi właściwościami plastycznymi. Można ją umocnić tylko na drodze przeróbki plastycznej na zimno (zgniot). Ze wzrostem stopnia zgniotu następuje podwyższenie właściwości wytrzymałościowych przy obniżeniu właściwości plastycznych. Wskutek zgniotu wytrzymałość na rozciąganie miedzi zwiększa się z 25 MPa do około 400 MPa, ale wtedy przewodność elektryczna ulega zmniejszeniu do około 98% swej normalnej wartości, jaką posiada w stanie miękkim. Aby zwiększyć właściwości wytrzymałościowe miedzi, często stosuje się, równolegle z obróbką plastyczną na zimno, dodatki stopowe, które zwiększają wytrzymałość przy jednoczesnym niewielkim zmniejszeniu przewodności elektrycznej. Typowym reprezentantem tych dodatków jest kadm, którego dodatek w ilości 1% wag. zwiększa wytrzymałość na rozciąganie miedzi o ok. 50%, przy spadku przewodności spowodowanym tym dodatkiem rzędu ok. 8%.

Miedź jest najtańszym materiałem charakteryzującym się kowalnością, czyli łatwością formowania i walcowania. Do najważniejszych właściwości technologicznych miedzi zalicza się bardzo dużą podatność na przeróbkę plastyczną za pomocą walcowania, przeciągania, prasowania wypływowego, kucia itp. [1–5].

[1] Instytut Techniki, Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie.

[2] TELE-FONIKA Kable S.A. w Myślenicach.

Metodyka badań

Na przykładzie dwóch wybranych produktów TELE-FONIKI Kable S.A w Myślenicach przeprowadzono badania właściwości mechanicznych żył miedzianych stosowanych w produkcji kabli telekomunikacyjnych. Zakład ten specjalizuje się w produkcji kabli teleinformatycznych i telekomunikacyjnych wszystkich typów, m.in. miedzianych kabli telekomunikacyjnych, kabli teleinformatycznych (komputerowych) kategorii 5 i 6 oraz kabli światłowodowych.

Badania przy zastosowaniu próby rozciągania [6] dwóch gatunków żył miedzianych (czerwonej oraz zielonej) zostały przeprowadzone przy użyciu maszyny wytrzymałościowej ZWICK Z020. Badania przeprowadzono na próbkach z walcówki oraz drutu miedziowego o przekroju okrągłym. Skład chemiczny badanej miedzi zamieszczono w tabeli 1. Badania przeprowadzono na próbkach z walcówki o średnicy 7,960 oraz na drutach miedzianych o średnicach: 2,560 mm, 2,170 mm, 1,740 mm, 0,800 mm, 0,600 mm, 0,500 mm, 0,400 mm, 0,250 mm oraz 0,200 m. Prędkość rozciągania wynosiła 100 mm/min., naprężenie wstępne F_v = 1,5 N.

Tab. 1. Skład chemiczny walcówki czerwonej i zielnej stosowanej do badań [7]

Rodzaj i cecha materiału	Skład chemiczny [ppm]												
	Ag	Bi	Pb	Sb	As	Fe	Ni	Sn	Zn	S	Se	Te	O_2
Cu-ETP-1-8-CL czerwona	9	0,1	0,7	0,7	0,6	1,7	1,8	0,3	1,6	2,7	0,1	0,2	190
Cu-ETP-1-8-CL zielona	9	0,1	0,7	0,7	0,6	1,7	1,8	0,3	1,6	2,8	0,1	0,2	192

Wyniki badań oraz dyskusja

Tabela 2 oraz rysunek 1 zawierają uzyskane wyniki badań właściwości mechanicznych badanych gatunków żył miedzianych stosowanych w produkcji kabli telekomunikacyjnych. Otrzymane wyniki ze statycznej próby rozciągania wykazały, że walcówka czerwona charakteryzuje się większą wytrzymałością na rozciąganie (227,4 MPa) oraz wydłużeniem (51,5%) w porównaniu z walcówką zieloną (R_m= 222,7 MPa oraz A = 50,5%). Różnica właściwości spowodowana jest mniejszą ilością domieszek, takich jak tlen i siarka w składzie chemicznym walcówki czerwonej (tabela 1). Walcówka oznaczona kolorem czerwonym jest najczęściej wykorzystywana do produkcji kabli w zakładzie TELE-FONIKA Kable S.A. w Myślenicach. Wytwarza się z niej szeroki asortyment drutów o różnych przekrojach, ponieważ charakteryzuje się ona najlepszymi parametrami gatunkowymi dla produkcji drutu [7].

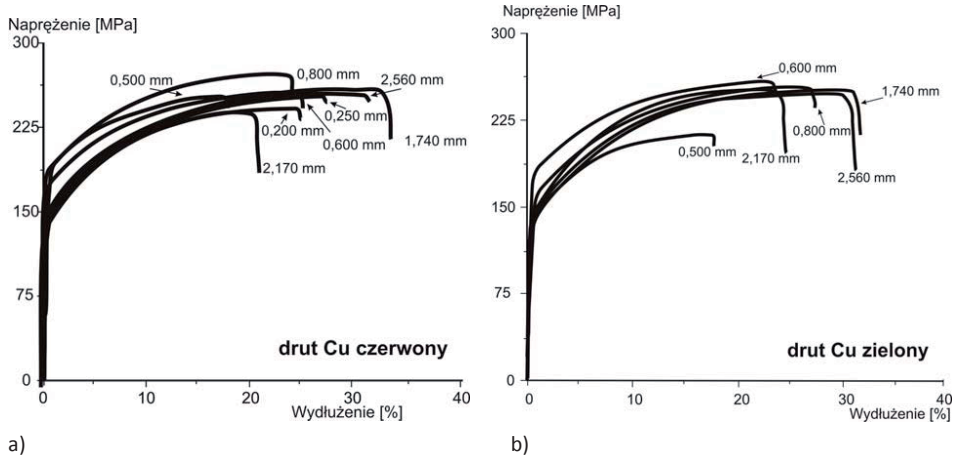
Dla drutu miedzianego czerwonego wyznaczano wytrzymałość na rozciąganie i wydłużenie w szerokim zakresie przekrojów 2,560–0,200 mm, przy czym wytrzymałość na rozciąganie zawierała się w granicach 255,5–266,0 MPa. Należy zaznaczyć, że wydłużenie drutu Cu czerwonego zmniejsza się wraz ze zmniejszeniem przekroju (od 2,560 mm do 0,200 mm) odpowiednio od 34,4% do 26,3%.

Tab. 2. Wyniki badań właściwości mechanicznych dla dwóch gatunków żył miedzianych (czerwonej i zielonej) stosowanych w produkcji kabli telekomunikacyjnych

Lp.	Rodzaj materiału	Przekrój [mm]	Wytrzymałość [MPa]	Wydłużenie [%]
1.	walcówka czerwona	7,960	227,4	51,5
2.	walcówka zielona	7,960	222,7	50,5
3.	drut Cu czerwony	2,560	255,5	34,4
4.	drut Cu zielony	2,560	252,2	31,7
5.	drut Cu czerwony	2,170	251,9	22,4
6.	drut Cu zielony	2,170	252,2	24,4
7.	drut Cu czerwony	1,740	257,4	33,3
8.	drut Cu zielony	1,740	247,6	31,0
9.	drut Cu czerwony	0,800	263,1	23,1
10.	drut Cu zielony	0,800	256,5	27,3
11.	drut Cu czerwony	0,600	258,6	25,6
12.	drut Cu zielony	0,600	261,0	23,3
13.	drut Cu czerwony	0,500	248,8	17,7
14.	drut Cu zielony	0,500	270,1	20,5
15.	drut Cu zielony	0,400	228,6	16,8
16.	drut Cu czerwony	0,250	268,7	27,3
17.	drut Cu czerwony	0,200	266,0	26,3

Walcówka zielona jest również stosowana do produkcji kabli teleinformatycznych, jednakże jej zastosowanie jest ograniczone. Ze względu na gorsze parametry gatunkowe nie używa się jej do wytwarzania drutów o najmniejszych przekrojach (0,250 mm i 0,200 mm), ze względu na częste zerwania drutu w trakcie procesu ciągnienia. W związku z tym, dla drutu Cu zielonego wyznaczono wytrzymałość na rozciąganie i wydłużenie tylko dla przekrojów: 2,560 mm, 2,170 mm, 1,740 mm, 0,800 mm, 0,600 mm, 0,500 mm oraz 0,400 mm, dla których wytrzymałość na rozciąganie wynosiła odpowiednio 252,2, 252,2, 247,6, 256,5, 261,0, 270,1, 228,6 MPa. Wydłużenie odpowiadające tym przekrojom (2,560–0,400 mm) wynosiło 31,7–16,8%.

Dla porównania, dla przekroju drutu miedzianego czerwonego 0,250 mm wydłużenie jest znacznie większe (27,5%) niż wydłużenie drutu miedzianego zielonego (16,8%) dla przekroju 0,400 mm. Dla drutu Cu zielonego o przekroju 0,400 mm wytrzymałość na rozciąganie oraz wydłużenie znacząco się obniżyły, co może świadczyć o tym, że wytworzenie takiego drutu o przekroju mniejszym niż 0,400 mm może powodować jego zerwanie podczas procesu ciągnienia.



Ryc. 1. Krzywe rozciągania dla dwóch gatunków żył miedzianych: a) czerwonej oraz b) zielonej, stosowanych w produkcji kabli telekomunikacyjnych

Wnioski

1. Otrzymane wyniki próby rozciągania wykazały, że walcówka czerwona charakteryzuje się większą wytrzymałością na rozciąganie oraz wydłużeniem w porównaniu z walcówką zieloną.

2. Walcówka czerwona jest najczęściej wykorzystywana do produkcji kabli teleinformatycznych, ponieważ charakteryzuje się najlepszymi parametrami gatunkowymi do produkcji drutu i spełnia najwyższe normy jakościowe. Zastosowanie walcówki zielonej do produkcji kabli teleinformatycznych jest ograniczone, zwłaszcza do produkcji żył o bardzo małych przekrojach, ze względu na ich gorsze parametry gatunkowe.

Bibliografia

[1] Knych T., Mamala A., Smyrak B., *Charakteryzacja miedzi beztlenowej z linii upcast, Rudy i metale nieżelazne*, 2007, nr 11 s. 797–806

[2] Łatkowski A., Jarominek J., *Metaloznawstwo metali nieżelaznych*, Wyd. AGH, Kraków 1994.

[3] Kurski K., *Miedź i jej stopy techniczne*, Wyd. „Śląsk", Katowice 1967.

[4] Korbel A., Bochniak W., Pawełek A., *Optymalizacja własności wytrzymałościowych i elektrycznych miedzi stopowych*, Archiwum Hutnictwa, t. 26, z. 2, PWN, Warszawa–Kraków 1981

[5] PN-EN 1977 Miedź i jej stopy. Produkt do ciągnienia z miedzi (walcówka)

[6] PN-EN 10002-1:2002 Próba rozciągania

[7] Dokumenty własne firmy TELE-FONIKA Kable S.A.

Podziękowanie

Autorzy pracy składają podziękowania Kierownictwu TELE-FONIKA Kable S.A. za udostępnienie materiałów do badań oraz umożliwienie wykonania badań mechanicznych.

Properties of conductors of a cable in production of cables for telecommunication applications

Abstract

The aim of the paper was investigation of mechanical properties of two grades of the copper conductor of a cable which find application in telecommunication cable production, for example TELE-FONIKA Kable S.A. products. Researches were conducted taking advantage of the static tensile test in order to determine the plastic and strength properties of copper, which have a great effect on the copper production.

Key words: copper conductor, tensile strength, elongation

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Iwan Szczerba

Struktura elektronowa granatów typu $R_3Ga_5O_{12}$

Grupa minerałów zawiera nie tylko ważne materiały, lecz również wyjściowe elementy składowe takich związków, które nie są spotykane w naturze. Niekiedy elementy składowe są trudne do rozpoznania, stąd też w przypadku granatów upłynie wiele czasu, zanim elementy zostaną ujawnione i opisane.

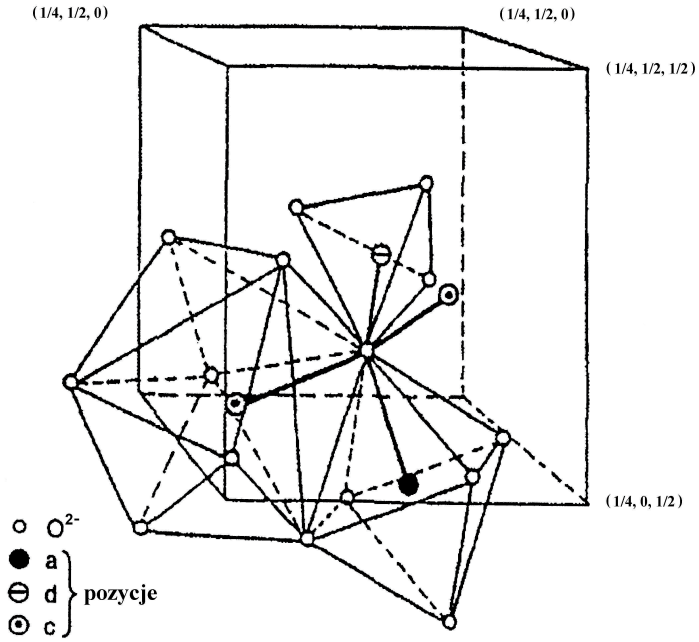
Ogólnie do granatów zaliczamy związki ze wzorem stechiometrycznym $A_3B_5O_{12}$ lub $A_3B_2(BO_4)$, gdzie A – jony itru lub pierwiastków ziem rzadkich, B = Al, Ga, Fe, Sc i inne. Komórka elementarna zawiera 8 jednostek wzoru. Struktura YAG (*Yttrium-Aluminium-Garnet*) należy do przestrzennej grupy 1a3d z symetrią sześcienną. Według własności optycznych, YAG jest izotropowy, czyli jego wskaźnik załamania nie zależy od polaryzacji i kierunku rozchodzenia światła. Czysty YAG jest optycznie przeźroczysty w zakresie 240–6000 nm i ma dobre parametry termomechaniczne i termooptyczne. W YAG – Nd w przerwie energetycznej pojawiają się poziomy jonów neodymu. W charakterze aktywnych elementów lasera, oprócz YAG, stosowane są również granaty o innych składach: gadolinowo-galowe (GGG) $Gd_3Ga_5O_{12}$, gadolinowo-skandowo-galowe (GSGG) $Gd_3Sc_2Ga_3O_{12}$, itrowo-skandowo-galowe (YSGG) $Y_3Sc_2Ga_3O_{12}$, itrowo-galowe (YGG) $Y_3Ga_5O_{12}$ i inne. GSGG ($Gd_3Sc_2Ga_3O_{12}$) jest typowym przedstawicielem kryształów sześciennych z grupy granatu $A_3B_2C_3O_{12}$, a jego struktura krystalochemiczna jest identyczna z YAG. Granaty galowe mają zadowalające dla matryc laserowych właściwości mechaniczne oraz przewodnictwo cieplne, mają również przewagę nad aleksandrytem i YAG. Najlepsze wyniki uzyskano na kryształach granatów galowych $Gd_3Sc_2Ga_3O_{12}$ (GSGG) i $Y_3Sc_2Ga_3O_{12}$ (ISGG), aktywowanych neodymem i wynosiły one odpowiednio 7,1 i 8,6% w systemie swobodnego generowania.

W charakterze matrycy dielektrycznej lasera neodymowego można wykorzystać kilkadziesiąt kryształów oraz niektóre szkła sylikatowe i fosforanowe, lecz najpopularniejszy jest granat glinoitrowy $Y_3Al_5O_{12}$ (YAG), na osnowie którego w 1964 r. zbudowany został pierwszy laser.

Kryształy YAG hodowane są różnymi metodami kierunkowej krystalizacji, najczęściej metodą Czochralskiego.

Osobliwości struktury krystalicznej granatów

W komórce elementarnej granatów $A_3B_5O_{12}$ lub $A_3B_2(BO_4)$ mieści się 8 jednostek wzoru, jony 5- zajmują dwa typy węzłów z różną koordynacją tlenową: 16 oktaedrycznych (a-pozycja) i 24 tetraedrycznych pozycji (pozycje d). Węzły typu a tworzą przestrzennie centrowaną sześcienną sieć (ryc. 1). 24 jony typu A mają dodekaedryczną koordynację (c-pozycja). Jako matryce aktywnych elementów lasera, oprócz YAG, stosowane są również granaty o innych składach: $Gd_3Ga_5O_{12}$ (GGG), $Gd_3Sc_2Ga_3O_{12}$ (GSGG), $Y_3Ga_5O_{12}$ (YGG) i inne. Duże domieszki pierwiastków ziem rzadkich w YAG zastępują pozycje Y, natomiast jony grupy żelaza (Cr, Fe i inne) rozmieszczają się w pozycjach oktaedrycznych i tetraedrycznych.

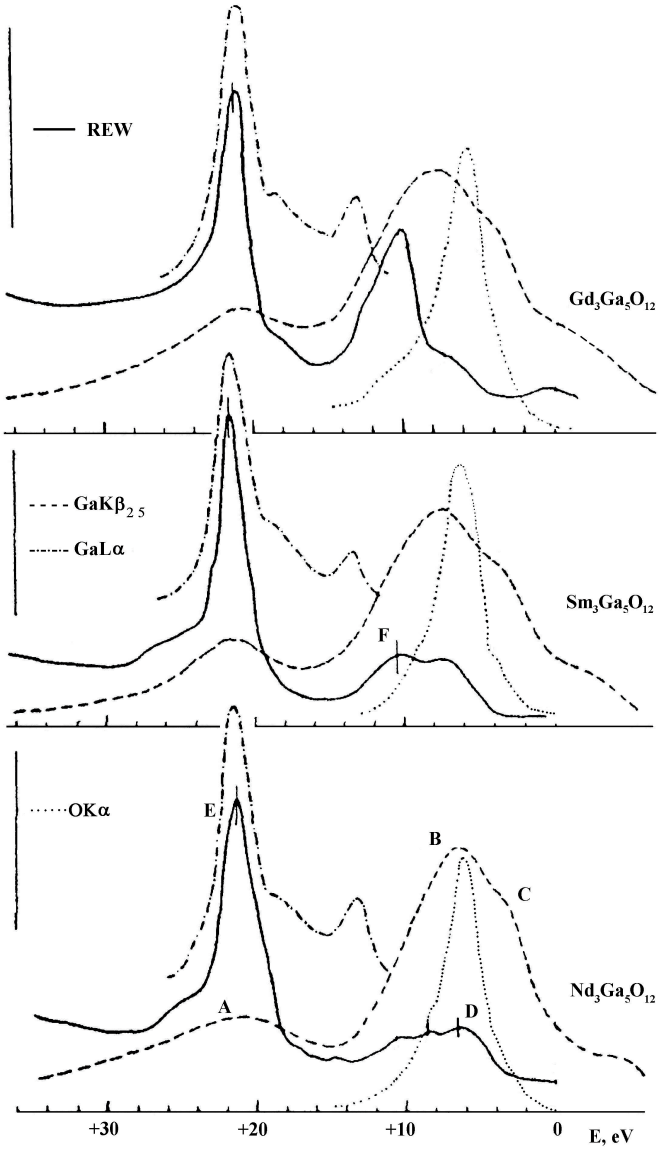


Ryc. 1. Fragment struktury granatu

Spektroskopia wysokoenergetyczna $R_3Ga_5O_{12}$

Dotychczas granaty galowe były badane głównie metodami spektroskopii optycznej, stąd też szereg zagadnień dotyczących struktury strefy walencyjnej związków tej klasy pozostaje niezbadanych. Wartość użytkowa granatów galowych jest niezwykle duża, znajomość rozkładu stanów energetycznych składników o różnej symetrii jest zatem przydatna dla poszerzenia ich właściwości fizyczno-chemicznych, a w niektórych przypadkach pozwala nimi kierować. Jednakże zainteresowanie budową elektronową granatów, wynika stąd, że zmiana wariacyjna bliskiego otoczenia atomów galu pozwala na określenie jego wpływu na strukturę widm rentgenowskich.

W tym celu przeprowadzono pełne rentgenospektralne i rentgenoelektronowe badania pasma walencyjnego związków $R_3Ga_5O_{12}$ (R = Nd, Sm, Gd). Widma, połączone za pomocą energii wiązania elektronów zrębowych $Ga2p_{3/2}$- i O1s- w ujednoliconej skali energetycznej, pokazano na rycinie 2. Pasmo Kα tlenu uzyskano na rentgenowskim spektrometrze-monochromatorze RSM-500, natomiast rentgenoelektronowe widma pasma walencyjnego kryształów otrzymano na spektrometrze elektronowym. Monokryształy granatów wyhodowane zostały metodą Czochralskiego w piecu z nagrzewaniem indukcyjnym.



Ryc. 2. Połączone w ujednoliconej skali energii rentgenowskie widma emisyjne komponentu i rentgenoelektronowe widmo pasma walencyjnego $R_3Ga_5O_{12}$

Analiza struktury widma energetycznego elektronów walencyjnych badanych związków pokazała, że pasmo $GaK\beta_{2,5}$ w granatach to dwa wystarczająco dobrze rozdzielone podpasma, między którymi odległość energetyczna w związkach istotnie zmniejsza się, co świadczy o zwiększeniu pokrywania się górnych orbitali walencyjnych z wewnętrznymi orbitalami 3d. Oprócz tego, przejściu od galu do granatów towarzyszy zmniejszenie względnej całkowitej natężenia podpasma $K\beta_2$, co wskazuje na obniżenie gęstości stanów p w strefie promieniującego atomu. Rozpatrując galowce miedzi, obserwowano nieobecność subtelnej struktury podpasma $K\beta_2$ galu. W przypadku granatów na podpaśmie $K\beta_2$ Ga pojawia się dodatkowe wysokoenergetyczne maksimum, którego pochodzenia nie można jednoznacznie wyjaśnić.

Wydaje się wiarygodnym przypuszczenie, że dwie komponenty podpasma $K\beta_2$ powstają z dwóch promieniujących atomów galu, które mają różne otoczenie w matrycy krystalicznej granatu: oktaedryczne i tetraedryczne. W obydwu przypadkach w najbliższym otoczeniu galu znajdują się tylko atomy tlenu. W ten sposób, pole tworzone przez najbliższe otoczenie tlenowe powoduje pojawienie się jonów galu z różnym obsadzeniem orbitali p. W związku z tym, że rentgenoelektronowe widmo strefy walencyjnej granatów ma bogatą strukturę subtelną, jego pełna interpretacja jest możliwa tylko przy wspólnym rozpatrywaniu z widmami rentgenowskimi emisji przy uwzględnieniu przekrojów fotojonizacji.

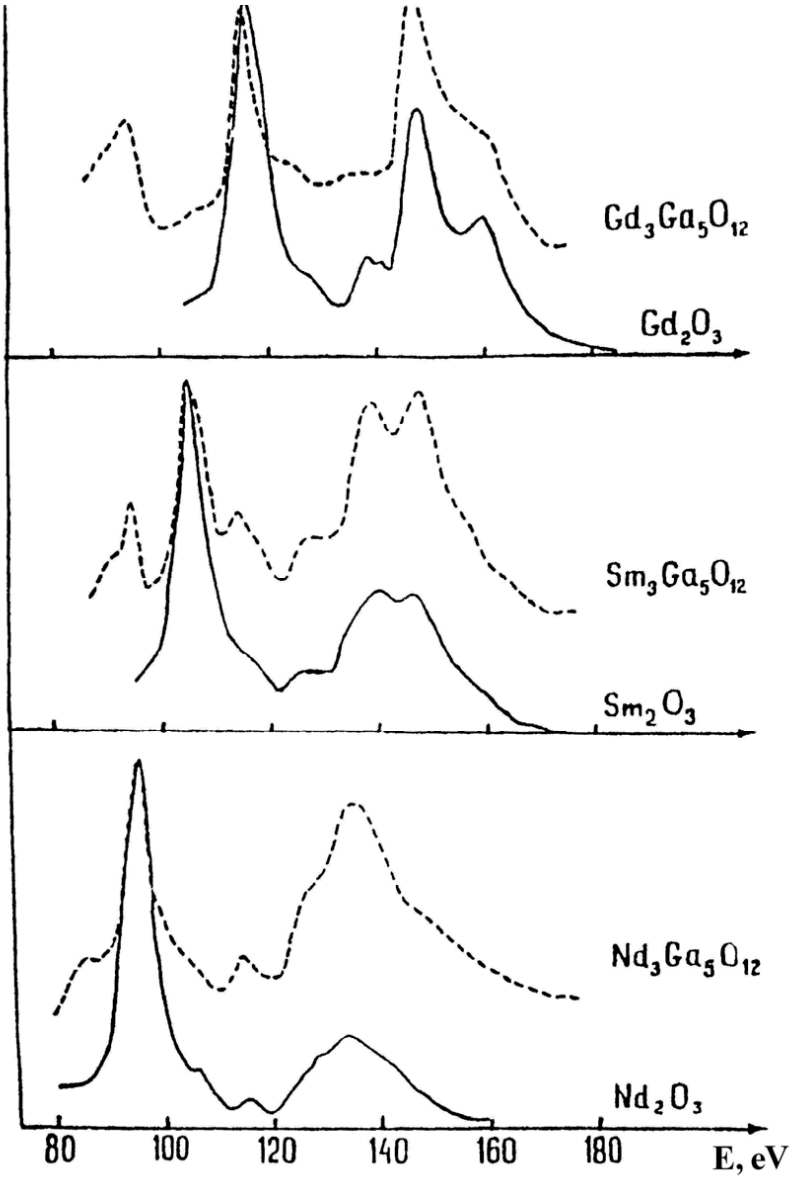
Przy łączeniu widm w jednej skali energii, maksimum podstawowe podpasma $K\beta_2$ galu odpowiada najbardziej energetycznemu maksimum widma fotoelektronowego. Energię wiązania elektronów walencyjnych odliczano od góry strefy walencyjnej. Wiąże się to z tym, że granaty należą do klasy dielektryków, w których przerwa energetyczna wynosi 4,2 eV. Maksimum widma fotoelektronowego z energią 10–11 eV, podobnie jak w tlenkach R_2O_3, odpowiada udziałowi elektronów 4f pierwiastka ziem rzadkich. Przy zmianie R-pierwiastka w kierunku większego Z, natężenie tego maksimum wzrasta regularnie, co wiąże się ze zwiększeniem zasiedlenia powłoki f.

Analiza dynamiki wzajemnego rozmieszczenia maksimów w rozkładzie gęstości elektronowej różnych symetrii w górnej części strefy walencyjnej wykazała, że zamiana pierwiastka R, bez względu na zachowanie symetrii sieci krystalicznej, wpływa na pozycję maksimum w rozkładzie gęstości elektronów p galu i na strukturę subtelną linii Kα tlenu. Przy zwiększeniu obsadzenia orbitali 4f maksimum podpasma $K\beta_2$ przesuwa się do środka strefy walencyjnej, co prowadzi do lepszego energetycznego pokrywania się funkcji falowych f i p pierwiastka R i galu.

Ponieważ pozycja linii Kα pozostaje niezmienna, to po uwzględnieniu powyższych obserwacji można wyciągnąć wniosek o zmniejszeniu się energetycznego pokrywania się funkcji falowych stanów p tlenu i galu. Powstanie struktury subtelnej linii Kα może świadczyć o hybrydyzacji stanów p tlenu ze stanami 4f pierwiastka ziem rzadkich.

Na rycinie 3 przedstawiono otrzymane przy napięciu anodowym 500V widmo emisyjne stanów 4f emisji pierwiastków R w granatach i tlenkach R_2O_3. Jak wynika z ryciny 3, mają one skomplikowaną strukturę multipletową i dużą rozpiętość energetyczną. Część niskoenergetyczna (maksimum A) uformowana jest przez wewnętrzne przejścia 5p–4d, a część wysokoenergetyczna (maksimum B) powstaje w wyniku rozpadu radioaktywnego pseudodyskretnych stanów autojonizacyjnych, które odpowiadają za powstawanie gigantycznych rezonansów 4d fotopochłaniania.

Widma R-pierwiastków w granatach i tlenkach R_2O_3 mają podobną strukturę, przy czym mniejsza kontrastowość widm granatów ma związek z mniejszą zawartością atomów R-pierwiastków w warstwie promieniującej w porównaniu z tlenkami. Ponieważ tak w tlenkach, jak i w granatach atomy R-pierwiastków są ukierunkowane tlenem, z podobieństwa struktur multipletów można wyciągnąć wniosek, że stopień uczestnictwa stanów 4f w chemicznym łączeniu się z tlenem jest jednakowy w tych związkach.



Ryc. 3. Widma emisji R-pierwiastka w granatach i tlenkach pierwiastków ziem rzadkich

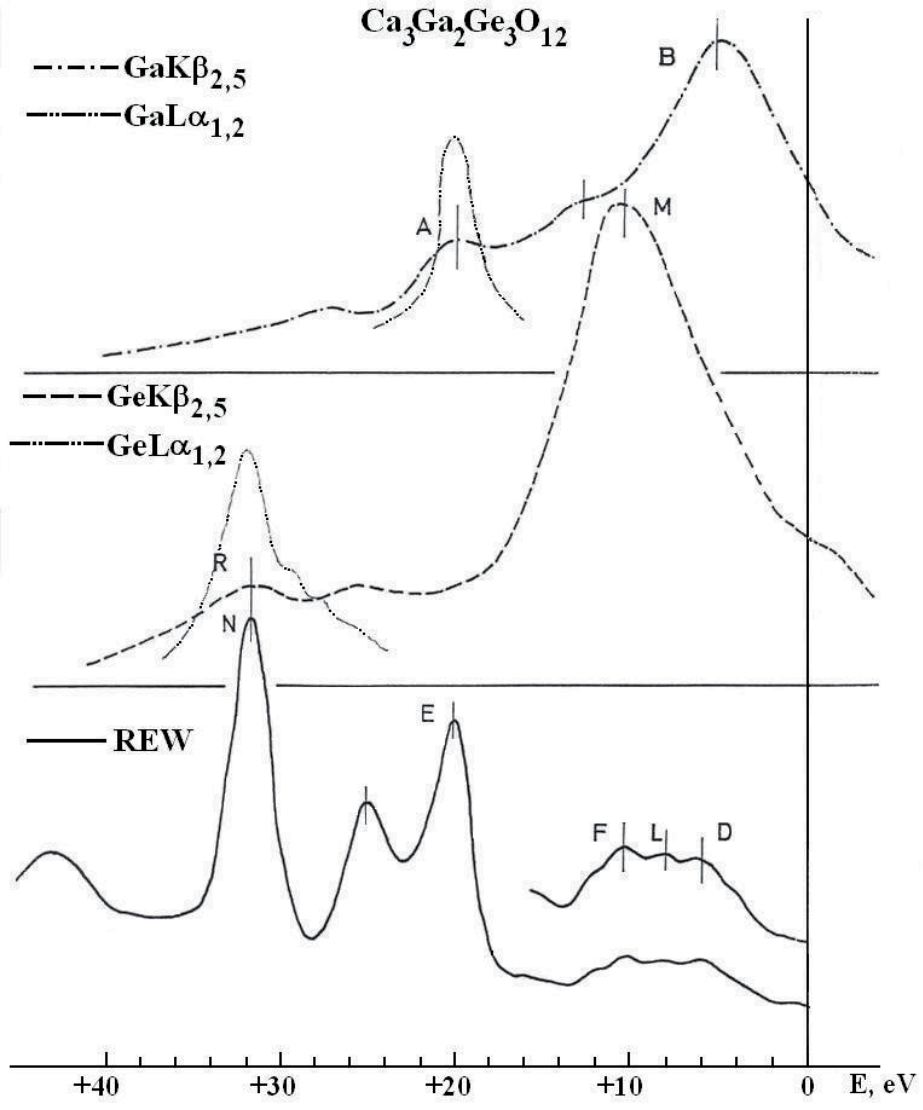
Najistotniejszą różnicą pomiędzy widmami emisyjnymi stanów 4d pierwiastka R w granatach a tlenkami R_2O_3 jest większe natężenie względne części wysokoenergetycznej. Można przypuszczać, że ten efekt wywołany został wspólnym działaniem kilku czynników: wyjściowego atomu R wskutek różnicy składu chemicznego granatów i tlenków R_2O_3, zmianą charakteru funkcji falowej w rejonie pokrywania się stanów 5p ze stanami 2s tlenu, zmianą charakterystyk efektywnego potencjału elektronów 4d wskutek zmiany liczby koordynacyjnej atomów pierwiastka R tlenu z 6 w tlenkach do 8 w granatach. Ujawniony efekt wykazuje wrażliwość struktury widm pasma 4d na stan krystalochemiczny atomów R-pierwiastków i może być wykorzystany w przeprowadzanych badaniach.

Podczas badań granatów o strukturze $Y_3Ga_5O_{12}$ stwierdzono, że interpretacja struktury subtelnej ostatniego pasma emisyjnego galu nie może być jednoznaczna. Wynika to głównie z tego, że przy braku obliczeń teoretycznych struktury strefowej oraz niewystarczającej zdolności rozdzielczej spektrometru rentgenowskiego, bardzo trudno jest oddzielić wkład elektronowych stanów p galu od dwóch, krystalicznie nierównoważnych pozycji promieniującego atomu. Z tych względów związek $Ca_3Ga_2Ge_3O_{12}$ okazał się praktycznie idealnym realnym modelem do zweryfikowania stwierdzenia: dwa maksima $K\beta_2$-emisyjnego pasma galu są powiązane z dwoma atomami galu, które znajdują się w krystalograficznych (odpowiednio oktaedrycznej i tetraedrycznej) pozycjach. W granacie $Ca_3Ga_2Ge_3O_{12}$ atomy galu znajdują się w tetraedrycznym wieloboku, podczas gdy atomy germanu są rozmieszczone w oktaedrycznym wieloboku koordynacyjnym. Wynika z tego, że jeśli obserwacja dla potrójnych granatów jest słuszna, to na ostatnim emisyjnym rentgenowskim paśmie galu drugie maksimum (będące jeszcze elementem struktury subtelnej) powinno być nieobecne.

Przed przystąpieniem do analizy wyników rentgenospektralnego i rentgenoelektronowego badania wspomnianego granatu, należy zauważyć, że nie będą uwzględniane efekty korelacyjne. Wynika to z tego, że takiego rodzaju efekty są nadzwyczaj ważne dla związków z elementami przejściowymi, gdzie istotnie ułatwiają wyjaśnienie właściwości elektrofizycznych. Nadto nawet dla tlenków elementów przejściowych uwzględnianie oddziaływania elektronów odgrywa zasadniczą rolę, ponieważ istotnie zmienia właściwości układu. W związkach metali przejściowych współoddziaływanie okazuje się silnym, jeśli średnia odległość między elektronami jest większa od ich orbity. Wówczas korelacja międzyelektronowa określa, czy dany związek będzie metalem czy dielektrykiem – i dlatego wyliczenia teoretyczne dla pełniejszego obrazu należy wykonywać z uwzględnianiem efektów korelacyjnych.

Na rycinie 4 pokazano połączone w jednej skali energetycznej rentgenowskie emisyjne pasma galu i germanu. Połączenia dokonano przy pomocy walencyjnych poziomów galu i germanu, uzyskanych przy badaniu rentgeno-elektronowym. Widma emisyjnych pasm K i L jednego komponentu sprowadzane były do jednej skali energii przy pomocy energii fotonu $K\alpha_1$. Jak wynika z ryciny 4, pasmo emisyjnej $K\beta_2$ galu w granacie $Ca_3Ga_2Ge_3O_{12}$ posiada dwa dobrze rozdzielone podpasma (maksima A i B), które zgodnie z zasadami doboru odpowiadają rozdziałowi odpowiednio gęstości elektronowej stanów d i p w zapełnionej części walencyjnej strefy granatu. Maksimum A przy połączeniu pokryło się z głównym maksimum linii $L\alpha$ galu, która swą genezę zawdzięcza przejściom pomiędzy poziomami walencyjnymi $3d \rightarrow 2p$.

Należy zwrócić uwagę, że wysokoenergetyczna część linii Lα galu zawiera pewną ilość niediagramowych linii, których pochodzenie zostało ustalone przez wykonanie szeregu badań. W efekcie końcowym przyjęto twierdzenie, że krótkofalowe maksima tej linii należą do satelitów Koster-Kroninga. Oczywistym jest, że to one zniekształcają linię główną, w konsekwencji nie pozwalają na oddzielenie wkładu stanów d od całkowitego natężenia linii. Z tych względów, aby uniknąć niepożądanego wkładu satelitów, linię Lα galu uzyskiwano przy minimalnym potencjale wzbudzającym lampy rentgenowskiej (około 1,2 kV).



Ryc. 4. Połączone w jednej skali energetycznej rentgenowskie emisyjne pasma galu, germanu i XPS

Porównując uzyskaną linię galu w granacie z taką samą linią w stanie elementarnym, nie zauważono istotnych zmian tak parametrów głównych, jak i jej położenia energetycznego. Świadczy to, że elektrony 3d galu, z powodu dość głębokiego usytuowania w zapełnionej części strefy walencyjnej, nie biorą aktywnego udziału w formowaniu wiązania chemicznego. Pasmo emisyjne galu ($Kβ_2$) w $Ca_3Ga_2Ge_3O_{12}$ jest o wiele szersze (o czym świadczy jego kształt) niż w czystym galu i prostym tlenku Ga_2O_3. Wynika to przede wszystkim z tego, że otoczenia krystalograficzne w tlenku galu i granacie są różne. Krystaliczne pole tetraedrycznego otoczenia galu w $Ca_3Ga_2Ge_3O_{12}$ znacząco wpływa na szerokość energetyczną stanów p galu i prowadzi do dużej rozciągłości, lub innymi słowy zwiększa ich dyfuzyjność. Główne maksimum A pasma emisyjnego galu $Kβ_5$ w $Ca_3Ga_2Ge_3O_{12}$ pokrywa się z maksimum E (energia około 20 eV) fotoelektronowego widma elektronów walencyjnych, co, przy uwzględnieniu efektywnego przekroju σ, świadczy o poprawności interpretacji uzyskanych wyników. Dodatkowa struktura na niskoenergetycznym ogonie emisyjnego pasma galu $Kβ_{2,5}$ w $Ca_3Ga_2Ge_3O_{12}$ należy do hybrydyzowanych stanów elektronów 2s tlenu i jest bardziej znana jako satelita Kβ". Zgodnie z zasadami doboru promieniowania dipolowego przejście z s-elektronowych poziomów na poziomy o tej samej symetrii (czyli poziomy s) jest wzbronione. Z powstaniem silnego wiązania chemicznego, które zostało wywołane zmniejszeniem odległości międzyatomowych Ga-O, co z kolei powoduje znaczne pokrywanie orbitali zewnętrznych, elektrony s tlenu zmieniają swą symetrię i w stosunku do atomów galu zostają elektronami o symetrii p, a to już znosi zakaz zasad doboru. Uśrednione natężenie satelity Kβ" wskazuje na siłę wiązania między atomami tlenu i galu. Z porównania natężenia satelity Kβ" uzyskanego w badanym granacie z analogicznym w granatach $R_3Ga_5O_{12}$ wynika, że w tym ostatnim, gdzie ilość atomów tlenu w otoczeniu galu jest większa, także natężenie jest wyższe. Możemy zatem wnioskować o wysokiej czułości satelity Kβ" na nawet najmniejszą zmianę krystalograficznego otoczenia promieniującego atomu. Należy jeszcze zaznaczyć, że pozycja energetyczna tego satelity we wszystkich związkach typu M-pierwiastek (niezależnie od tego, czy jest on pierwiastkiem przejściowym, czy nieprzejściowym) – pierwiastek sp (np. tlen, siarka) zawsze pokrywa się z położeniem stanów ns.

Następnym etapem analizy struktury energetycznej walencyjnej strefy granatu $Ca_3Ga_2Ge_3O_{12}$ było zbadanie pasma emisyjnego $Kβ_{2,5}$ germanu. Nie bacząc na bliskość usytuowania germanu względem galu w układzie okresowym pierwiastków, jego właściwości istotnie się różnią. Podczas gdy gal jest często zaliczany do półmetali, german jest klasycznym półprzewodnikiem. Tym niemniej, z punktu widzenia teorii rentgenowskiej spektroskopii emisyjnej, informatywność ich widm jest praktycznie identyczna. Dlatego przy rozpatrywaniu struktury subtelnej widma emisyjnego $Kβ_{2,5}$ pasma germanu często porównujemy ją z taką samą strukturą dla galu. Przede wszystkim stwierdzamy o wiele głębsze umiejscowienie w strefie walencyjnej głównego maksimum tego pasma (maksimum M), które, jak widać na rycinie 4, znajduje się w zakresie energetycznym 10–11 eV. W ten sposób u góry strefy walencyjnej dominują elektronowe stany p galu, a gęstość stanów p germanu jest dużo mniejsza. Wiadomo, że wyznaczenie poziomu Fermiego dla dielektryków jest eksperymentalnie bardzo trudne. Problem w tym, że przy napromieniowaniu próbki o właściwościach dielektrycznych zazwyczaj odbywa się jej dodatnie ładowanie, co

z kolei prowadzi do zwiększenia energii wiązania nie tylko elektronów walencyjnych, ale i poziomów elektronów strefy walencyjnej. Istnieją w spektrometrach rentgenoelektronowych różne metody pozbywania się tego zniekształcającego efektu. Tym niemniej zawsze istnieje większy błąd przy pomiarze energii wiązania poziomów elektronów w półprzewodnikach czy dielektrykach w porównaniu z metalami, w których wskutek kontaktu elektrycznego i wysokiego przewodnictwa nadmiar ładunku dodatniego szybko się niweluje. Wróćmy ponownie do rozpatrywania emisyjnego rentgenowskiego pasma germanu. Jak i dla galu na tym paśmie w odległości 25,5 eV od góry strefy walencyjnej wyraźnie spostrzegamy dodatkowe maksimum, które nie występuje dla germanu jako pierwiastka. Jego geneza, a konkretnie satelita Kβ", jest analogiczna z tą, którą ustalono dla ostatniego emisyjnego rentgenowskiego pasma galu. Przedstawia ona hybrydyzację elektronów 2s tlenu z elektronowymi stanami 4p germanu, które ma miejsce w granacie $Ca_3Ga_2Ge_3O_{12}$. Możemy obserwować, że z jednej strony oktaedryczne otoczenie germanu zawiera większą ilość atomów tlenu, stąd należało oczekiwać wzrostu natężenia satelity Kβ" w porównaniu z analogicznym dla galu. Jednocześnie należy uwzględnić, że w germanie na jeden elektron o symetrii p na poziomach zewnętrznych jest więcej (w stosunku do galu), a więc i całkowite natężenie widma emisyjnego pasma $Kβ_2$ germanu będzie większe (w porównaniu do pasma $Kβ_2$ galu).

Z przedstawionych na rycinie 4 danych wynika, że główne maksima ostatnich rentgenowskich emisyjnych pasm K galu i germanu w granacie $Ca_3Ga_2Ge_3O_{12}$ pozbawione są dodatkowych maksimów w okolicy głównego szczytu, co potwierdza hipotezę wysuniętą przy interpretacji widma pasma $Kβ_2$ galu w granatach typu $R_3Ga_5O_{12}$ (R = Nd, Sm, Gd).

Widmo rentgenofotoelektronowe elektronów walencyjnych granatu $Ca_3Ga_2Ge_3O_{12}$ dostatecznie koreluje ze strukturą subtelną ostatnich rentgenowskich widm emisyjnych pasm K galu i germanu. Maksimum N z energią wiązania około 31 eV pokrywa się z maksimum R pasma $Kβ_5$ germanu, co odzwierciedla pojawienie się stanów elektronowych 3d germanu w zapełnionej części strefy walencyjnej granatu. Główne maksimum E z energią wiązania około 20 eV pokrywa się z maksimum A $Kβ_5$-pasma galu, co z kolei odzwierciedla stany elektronowe 3d w zapełnionej części strefy walencyjnej granatu. Maksimum z energią wiązania 25 eV widma rentgenofotoelektronowego jest genetycznie związane ze stanami 2s tlenu, które znajdują się w tej strefie. Fakt ten niejednokrotnie był potwierdzany obliczeniami teoretycznymi.

Najtrudniejszą do zinterpretowania eksperymentalnego widma rentgenoelektronowego granatu $Ca_3Ga_2Ge_3O_{12}$ jest niewątpliwie jego strefa energetyczna w zakresie 11–0 eV. Natężenie widma w dużej mierze zależy od fotoprzekroju. Jak wynika z rysunku 4, natężenie tej części widma fotoelektronowego jest o wiele niższa w porównaniu z maksimami, odzwierciedlającymi stany d galu, germanu, a nawet stany 2s tlenu. Do wyjaśnienia tego mogą służyć dane tablicowe o przekrojach elektronowych orbitali p – odpowiednio (zgodnie ze wzrostem energii wiązania) galu, tlenu i germanu. Potwierdzeniem tego jest także zbieg maksimum M i F oraz B i D. Maksimum L widma fotoelektronowego odzwierciedla stany p tlenu.

Przy braku eksperymentalnych pasm emisyjnych Ca (uzyskanie których, wskutek słabego natężenia najbardziej informatywnych pasm, może doprowadzić

w przebiegu eksperymentu do niezwykle dużych ekspozycji, z niewytłumaczalnym wydatkiem zapasów energetycznych) wyodrębnienie jego stanów jest problematyczne. Tym niemniej możemy logicznie połączyć maksimum z energią wiązania 11 eV z zewnętrznymi stanami p Ca, a maksimum – z energią wiązania 4 eV z przejawem stanów s Ca.

Podsumowaniu tego eksperymentu służy zbudowany strefowy schemat energetyczny wszystkich stanów, biorących udział w formowaniu strefy walencyjnej granatu $Ca_3Ga_2Ge_3O_{12}$. Stwierdzono, że strefa energetyczna jest skomplikowana, i bardzo istotnym jest, iż łączne rozpatrywanie we wspólnej skali energii dało możliwość dokładnego zidentyfikowania całej struktury subtelnej widma rentgenoelektronowego elektronów walencyjnych. Ponadto zostały ustalone strefy energetyczne, typy symetrii elektronowych oraz stopień ich hybrydyzacji.

Wnioski

Na podstawie wyników badań rentgenospektralnych i rentgenoelektronowych po raz pierwszy ustalono istotne zmiany struktury elektronowej granatów typu $R_3Ga_5O_{12}$ (R = Nd, Sm, Gd):

a) wykazano, że jony galu, koordynowane tlenem, znajdując się w oktaedrycznych i tetraedrycznych pozycjach, mają różne obsadzenie orbitali p, które skutkuje powstaniem struktury subtelnej na rentgenowskich pasmach emisyjnych,

b) zmiana R-pierwiastka z zachowaniem symetrii sieci krystalicznej granatów wpływa na energetykę stanów elektronowych asymetrii tlenu i galu, co przy zwiększonym obsadzeniu poziomów p prowadzi do wzmocnienia energetycznego przekrywania się pasm,

c) odkryto istotną różnicę pomiędzy widmami emisyjnymi 4d R-pierwiastka w granatach a tlenkami R_2O_3, wywołaną zmianą charakteru funkcji falowej w rejonie pokrywania się (nakładania) stanów 5p ze stanami 2s tlenu i transformacją charakterystyk efektywnego potencjału elektronów 4f wskutek zwiększenia liczby koordynacyjnej atomów R-pierwiastka względem tlenu z 6 w tlenkach do 8 w granatach.

Na podstawie rozpatrywania we wspólnej skali energetycznej rentgenowskich widm emisyjnych galu i germanu w granacie $Ca_3Ga_2Ge_3O_{12}$ oraz widma rentgenofotoelektronowego elektronów walencyjnych ustalono jego strukturę strefową.

1. Szerokość strefy walencyjnej wynosi około 30 eV. Dno pasma walencyjnego kształtują elektronowe stany d germanu, których udział w formowaniu wiązania chemicznego jest nieznaczny. Powyżej tej strefy energetycznej dominują stany 2s tlenu, które znacznie hybrydyzują się ze stanami p galu i germanu, co przejawia się powstaniem dodatkowego maksimum, znanego jako niewykresowa linia satelity Kβ".

2. Średnia strefa należy do stanów d galu. Strefa energetyczna w przedziale energii 11–0 eV ukształtowana jest stanami p germanu, galu i tlenu, które są w znacznym stopniu hybrydyzowane.

3. Nieobecność struktury subtelnej na ostatnim rentgenowskim emisyjnym paśmie K galu granatu $Ca_3Ga_2Ge_3O_{12}$ potwierdziła interpretację analogicznego pasma w granatach typu $R_3Ga_5O_{12}$ (R = Nd, Sm, Gd).

4. Uzyskane dane eksperymentalne kryształów o strukturze granatu mogą być wykorzystane w modelowaniu materiałów i ich własciwości.

5. Ustalona struktura elektronowa granatów znajduje zastosowanie przy wyborze parametrów w elektronice kwantowej.

Bibliografia

[1] Matkowski A., *Materiały elektroniki kwantowej,* Liga-Pres, Lwów 2000

[2] Geller S., *Crystal chemistry of the granets*, Z. Kristalographie, 1967

[3] Antypenko B.M., Mak A.A., *Lasery na ciele stałym. Współczesne problemy spektroskopii*, L., 1985

[4] Kamynski A.A., *Kryształy laserowe*, 1975

[5] Zwierew G.M., Golajew J.D., Szalajew E.A., Szokin A.A., *Laser na glinoitrowym granacie z neodymem*, M., 1989

[6] Riabcew N.G., *Materiały elektroniki kwantowej*, M., 1972

[7] Grygorczuk W.G., Korotkow A.P., Chyżniak A.I., *Fizyka laserowa*, K., 1997

[8] Gryń J.N., Gładyszewski R.E., *Metalurgia*, M., 1989

[9] Nosenko A.E., Ridosz M.S., Szczerba I.D., *Budowa elektronowa samarogalowego granatu*, Wisnyk LNU. Ser. Fiz., 1987

[10] Woodgate G.K., *Struktura atomu*, PWN, Warszawa 1974

[11] Ginter J., *Wstęp do fizyki atomu, cząsteczki i ciała stałego*, PWN, Warszawa 1979

[12] Kunisz D., *Fizyczne podstawy emisyjnej analizy widmowej*, PWN, Warszawa 1973

[13] Nye J.F., *Własności fizyczne kryształów*, PWN, Warszawa 1962

[14] Kittel C., *Wstęp do fizyki ciała stałego*, PWN, Warszawa 1976

[15] Banwell C.N., *Fundamentals of Molecular Spectroscopy*, McGraw-Hill Publ. Co., London 1955

[16] Kęcki Z., *Podstawy spektroskopii molekularnej*, PWN, Warszawa 1975

[17] Sukiennicki A., Zagórski A., *Fizyka ciała stałego*, WNT, Warszawa 1984

[18] Haken H., *Światło, fale, atomy*, PWN, Warszawa 1993

[19] Kaczmarek F., *Wstęp do fizyki laserów*, PWN, Warszawa 1986

Electron structure of garnets $R_3Ga_5O_{12}$ type

Abstract

The garnets $R_3Ga_5O_{12}$ type are of interest as a laser crystals and substrate materials for magnetic epitaxial in magnetic bubble devices. For present investigation $R_3Ga_5O_{12}$ crystals were grown from platinum crucibles by the Czochralski method. The crystals were being grown in the flow of dried oxygen at the excess pressure of about 1 atm. The basic components were gallium dioxide, germanium dioxide, and calcium carbonate (all of high purity). The best single crystals were obtained by growing on seeds oriented in [001] direction.

We present experimental results of electronic structure investigations of $R_3Ga_5O_{12}$ by X-ray emission spectroscopy and X-ray photoelectron spectroscopy methods. The X-ray spectral data allow qualitative description of the structure of the valence band of gallium garnet.

Key words: electronic structure, X-ray spectroscopy, garnet

FOLIA 74

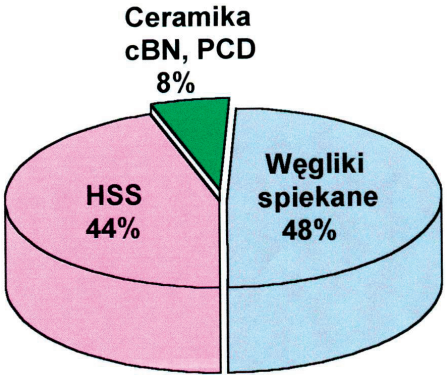
Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Magdalena Szutkowska, Lucyna Jaworska

Materiały ceramiczne przeznaczone na ostrza narzędzi skrawających i kierunki ich rozwoju

Techniczne możliwości tradycyjnych materiałów narzędziowych są już niewystarczające do rozwiązania wielu problemów obróbki skrawaniem, wobec czego sukcesywnie zastępuje się je nowymi, m.in. ceramicznymi materiałami narzędziowymi. Ocenia się, że stanowią one około 8% wszystkich stosowanych materiałów narzędziowych (ryc. 1) [1].

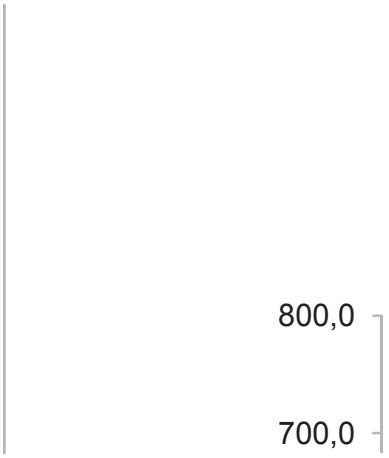


Ryc. 1. Udział materiałów narzędziowych stosowanych do obróbki skrawaniem wyrażony w procentach (HSS – stale szybkotnące, cBN – regularny azotek boru, PCD – polikrystaliczny diament) [1]

Jak widać na rycinie 1, w obróbce skrawaniem metali dominują nadal narzędzia ze stali szybkotnącej i węglików spiekanych, to jednak do celów specjalnych (do pracy narzędzi przy dużych szybkościach skrawania i szybkościach posuwu) stosuje się ceramiczne materiały narzędziowe. Narzędzia te odznaczają się dużą odpornością na zużycie ścierne i są przeznaczone do obróbki wiórowej szerokiego asortymentu materiałów, takich jak stal normalizowana i utwardzona, żeliwa i stopy specjalne. Umożliwiają one wydajną obróbkę wykańczającą materiałów, do której zwykle stosuje się szlifowanie. Zastępowanie pewnych operacji szlifowania poprzez wysokodokładną obróbkę skrawaniem w próbach toczenia, szczególnie

podczas obróbki bardzo twardych materiałów, to jeden z kierunków zmierzających do poprawy efektywności procesu obróbki mechanicznej. Przewiduje się, że toczenie skróci czas obróbki mechanicznej do 1/3 w porównaniu do szlifowania.

Pozwoli to na oszczędność energii i tańszy recykling wiórów toczenia w porównaniu z utylizacją zbędnego szlamu po szlifowaniu. Zainteresowanie ceramicznymi narzędziami spowodowane jest z jednej strony zanikającymi zasobami surowców wyjściowych, wolframu i kobaltu oraz związane z tym wysokie ceny w odniesieniu do tradycyjnie stosowanych narzędzi z węglików spiekanych, z drugiej zaś strony, dzięki opracowaniu nowych materiałów ceramicznych na bazie tlenku glinu o podwyższonej odporności na pękanie, nastąpił wzrost wydajności obróbki skrawaniem narzędziami ceramicznymi do 300% (dzięki wzrostowi szybkości skrawania do ponad 1000 m min^{-1}). Ponadto kobalt wywołuje alergie oraz niektóre rodzaje nowotworów i stanowi zagrożenie dla środowiska człowieka, stąd prace badawcze dotyczą ograniczenia zawartości kobaltu w narzędziach, zastąpienia go innymi rodzajami fazy wiążącej. Wprawdzie postęp w zakresie tworzenia nowych materiałów narzędziowych nie jest już tak spektakularny, jak w poprzednich dekadach, dużą wagę przywiązuje się jednak do opracowania nowych materiałów na bazie znanych wcześniej związków, a mianowicie drogą polepszania ich właściwości poprzez udoskonalenia technologii, modyfikację mikrostruktury i kombinację szeregu składników. Zastosowanie ceramicznych materiałów o dużej twardości, odporności chemicznej i odporności na ścieranie (także w temperaturach powyżej 1000°C) na narzędzia pozwoliło na unowocześnienie technologii obróbki skrawaniem. Najważniejszym jej osiągnięciem jest rozwój obróbki z wyższymi parametrami skrawania, obróbka „na sucho" bez użycia płynów chłodzących szkodliwych dla otoczenia, a także możliwość obróbki materiałów utwardzonych i zahartowanych. Stwarza to wymierne efekty ekonomiczne oraz korzyści ekologiczne. Wybór materiału przeznaczonego na ostrza narzędzi skrawających, szczególnie w przypadku dokładnej i wysokowydajnej obróbki, jest kompromisem pomiędzy materiałem o wysokiej odporności na ścieranie a jego odpornością na kruche pękanie. Na rycinie 2 przedstawiono zależność odporności na zużycie ścierne różnych materiałów narzędziowych w funkcji odporności na pękanie [2].



Ryc. 2. Odporność na zużycie ścierne i odporność na pękanie materiałów narzędziowych [2]

Materiały, z których można wykonać narzędzia skrawające, muszą charakteryzować się szeregiem właściwości zapewniających im długotrwałą eksploatację. Najistotniejszą ich cechą jest wysoka twardość i odporność na ścieranie, aby narzędzie nie wymagało częstej regeneracji. Niezbędną właściwością materiału skrawającego jest wysoka odporność na dynamiczne obciążenia i kruche pękanie. Te ostatnie zabezpieczają ostrze skrawające przed wykruszeniami (powstającymi np. z powodu niejednorodności właściwości obrabianego materiału czy niewystarczającej stabilności pracy wrzeciona obrabiarki). Z uwagi na nagrzewanie się narzędzia podczas pracy, materiał powinien zachowywać właściwości w szerokim zakresie temperatur. Z tego też względu korzystną cechą materiału jest wysoki współczynnik przewodzenia ciepła, gdyż nie we wszystkich przypadkach obróbki skrawaniem jest możliwe stosowanie cieczy chłodzących. Niemniej istotną cechą materiału narzędziowego jest odporność chemiczna, wykluczająca możliwość reakcji chemicznej z obrabianym materiałem, a tym samym jego korozyjne niszczenie. Oprócz wymienionych cech, materiały przeznaczone na ostrza skrawające powinny być obrabiane w efektywny sposób, zapewniający właściwy kształt i geometrię narzędziom.

Systematyka materiałów narzędziowych

Materiały narzędziowe stosowane w obróbce skrawaniem dzieli się na konwencjonalne, na bazie węglików spiekanych i azotków, i ceramiczne. W tabeli 1 przedstawiono ogólny podział materiałów narzędziowych.

Tab. 1. Ogólny podział materiałów narzędziowych [3, 4]

Materiały narzędziowe konwencjonalne	**Materiały narzędziowe na bazie węglików spiekanych i azotków**	**Ceramiczne materiały narzędziowe**
stale narzędziowe – węglowe stale szybkotnące	węgliki spiekane cermetale	ceramika narzędziowa materiały supertwarde

Powstające coraz to bardziej udoskonalone gatunki stali szybkotnących charakteryzują się zwiększoną twardością i lepszymi właściwościami skrawnymi, ostrza takie muszą być jednak chłodzone. Aby umożliwić pracę na sucho, na płytki ze stali nanoszone są odporne na ścieranie powłoki, np. z Al_2O_3. Oddzielną grupę materiałów tworzą cermetale, które nie są przyporządkowane ani do węglików spiekanych, ani do ceramiki narzędziowej. Nazwa cermetal powstała z połączenia dwóch określeń: **cer**amika i **met**al. Pierwsze cermetale narzędziowe wyprodukowano już w 1931 roku (*Metallwerk Plansee*), nie znalazły one jednak szerszego zastosowania z powodu zbyt dużej kruchości i złego lutowania. Dzisiaj pod pojęciem cermetalu rozumie się cząstki ceramiczne, najczęściej TiC i TiN (ale także Mo_2C, TaC, WC, TaN i VC) w osnowie Co, Ni lub Mo [5]. Dzięki małemu powinowactwu do stali i odporności na utlenianie w podwyższonych temperaturach, cermetale wykazują znacznie lepsze właściwości skrawne z węglikami spiekanymi. Cermetale są tańsze od węglików spiekanych i wykazują dużo większą trwałość, ich zastosowanie przynosi znaczne efekty ekonomiczne. Twardy składnik cermetalu tworzą przede wszystkim węglikoazotki tytanu, węglik tytanu i węglik molibdenu, zaś nikiel lub nikiel/kobalt, jako

metalowa faza wiążąca, zapewniają pożądane zwilżanie węglików i innych stosowanych związków ceramicznych, stabilne wiązanie ziaren i niezbędną ciągliwość, przy czym jednak zawartość Co zwiększa zużycie ścierne. Związki z układu Ti-N wykazują wysoką termodynamiczną stabilność i małą skłonność do reagowania ze stopami żelaza. Węglik tytanu podwyższa twardość i odporność na zużycie, ale ze wzrostem jego zawartości maleje ciągliwość. TaC poprawia odporność na naprężenia cieplne. Należy podkreślić, że ponad połowa płytek wymiennych stosowanych w przemyśle japońskim to płytki z cermetali [6]. Początkowo cermetale miały małą ciągliwość i wymagały obrabiarek o dużej sztywności, obecnie ten warunek nie musi być spełniony, ponieważ nowe gatunki cermetali mają wyższą ciągliwość. Firma SUMITOMO ELECTRIC oferuje bardzo duży wybór płytek wymiennych, zapewniający wysoką jakość powierzchni obrobionej i niewielkie opory skrawania.

Następną generację cermetali narzędziowych wyprodukowano w latach 50. XX wieku w firmie Ford Motor Co. W tych cermetalach narzędziowych jako fazę twardą wykorzystano TiC z Mo_2C, a jako fazę wiążącą zastosowano nikiel [7].

Materiały ceramiczne stosowane na narzędzia skrawające

Po materiałach funkcjonalnych, dla urządzeń szeroko pojętej elektroniki najważniejsze pod względem znaczenia materiałów ceramicznych są zaawansowane ceramiczne materiały konstrukcyjne, pozwalające w wielu przypadkach sprostać wymogom pracy w trudnych warunkach eksploatacyjnych [8].

Do głównych wyrobów ceramicznych, w przypadku których wykorzystuje się odporność na zużycie, należą m.in. narzędzia dla obróbki skrawaniem metali. Stosuje się je najczęściej w postaci trójkątnych lub kwadratowych płytek mocowanych w uchwycie narzędziowym. Podczas skrawania metali konieczne jest wytworzenie w metalu wysokich naprężeń ścinających w pobliżu ostrza narzędzia skrawającego, stąd materiał, z którego wykonuje się narzędzie, musi być bardzo odporny na odkształcenie plastyczne i charakteryzować się wysoką twardością. Odkształcenie metalu powoduje silny wzrost temperatury i narzędzie musi także odprowadzać ciepło (ryc. 3).

Ryc. 3. Temperatury skrawania: a) rozkład temperatur w strefie skrawania, b) dopuszczalna temperatura skrawania różnych materiałów narzędziowych [9]

Z tego względu narzędzie skrawające powinno charakteryzować się wysokim przewodnictwem cieplnym oraz niskim współczynnikiem rozszerzalności, gdyż pozwala to na uzyskanie dużej odporności narzędzia na gwałtowne zmiany temperatury (odporność na wstrząsy cieplne). Jest to istotne dla obróbki skrawaniem odbywającej się w sposób nieciągły, gdy narzędzie przejściowo ochładza się. Niewątpliwą zaletą materiałów ceramicznych jest zachowanie ich dobrych właściwości mechanicznych do wysokich temperatur przy dużych szybkościach obróbki skrawaniem w warunkach pracy, w których wydziela się znaczne ciepło i podnosi się silnie temperatura układu.

Wyróżnia się następujące grupy ceramicznych materiałów narzędziowych [10]:

– ceramika tlenkowa (Al_2O_3, Al_2O_3+ ZrO_2),

– ceramika mieszana (Al_2O_3 z dodatkami ZrO_2, TiC, TiN lub Ti(C,N) w tym ceramika umocniona wiskerami lub monokryształami płatkowymi, najczęściej SiC),

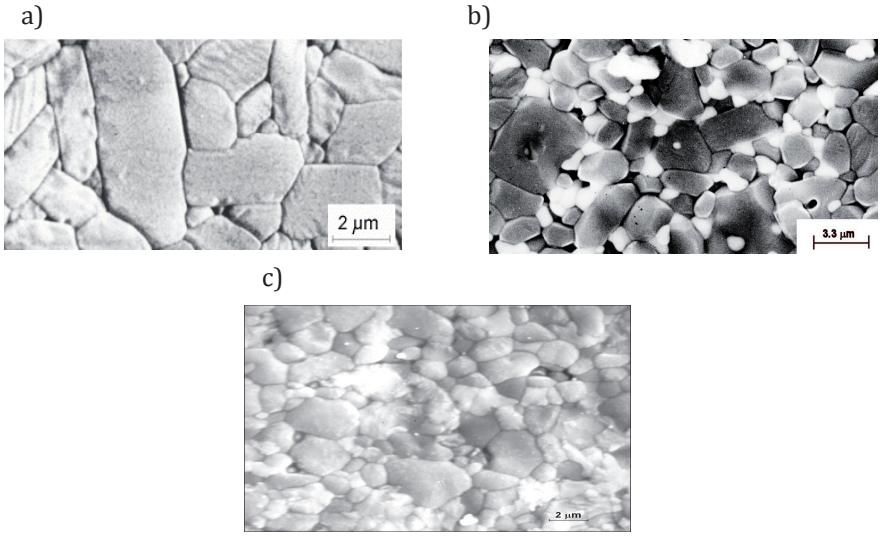
– ceramika azotkowa – Si_3N_4 z dodatkami ułatwiającymi spiekanie oraz SiAlON,

– materiały supertwarde – diament i regularny azotek boru.

Ceramiczne materiały narzędziowe charakteryzują się następującymi właściwościami: małą przewodnością cieplną i elektryczną, małą gęstością, dużą wytrzymałością w wysokich temperaturach, wysoką wartością współczynnika sprężystości wzdłużnej, dużą odpornością na zużycie ścierne, dużą odpornością na korozję chemiczną, wysoką temperaturą mięknięcia i topnienia.

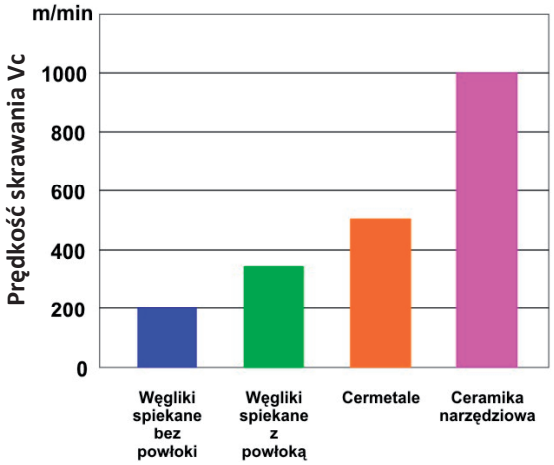
Narzędzia z ceramiki na bazie tlenku glinu odznaczają się dużą odpornością na zużycie ścierne i są przeznaczone do obróbki wiórowej szerokiego asortymentu materiałów, takich jak stal znormalizowana i utwardzona, żeliwa i stopy specjalne. Umożliwiają one wydajną obróbkę wykańczającą materiałów, do której zwykle stosuje się szlifowanie. Przy wielu zaletach spiekanych materiałów ceramicznych na bazie tlenku glinu, takich jak odporność chemiczna, stabilność w atmosferze obojętnej i utleniającej, a także odporność na ścieranie, dostępność surowców, stosunkowo prosta i tania technologia, znaczna kruchość i zmęczenie cieplne ograniczają ich szersze zastosowanie w przemyśle narzędziowym. Celem zwiększenia odporności na pękanie tych materiałów wykorzystuje się technikę dyspersji cząstek „drugiej" fazy o znacznej różnicy współczynnika rozszerzalności cieplnej w stosunku do materiału matrycy. Prowadzone badania nad zjawiskiem wzmacniania transformacyjnego kompozytów ziarnistych typu Al_20_3-$Zr0_2$ potwierdziły skuteczność tego działania. Do najbardziej rozpowszechnionych należy grupa kompozytów ziarnistych zawierających w kruchej osnowie Al_20_3 dyspersyjne cząstki $Zr0_2$ w ilości 3–15%. Podczas chłodzenia od temperatury spiekania w zakresie temperatur 1473–1273 K, $Zr0_2$ podlega bezdyfuzyjnej martenzytycznej przemianie odmiany tetragonalnej w trwałą odmianę jednoskośną. Zmianom strukturalnym $Zr0_2$ towarzyszy około 9-procentowy wzrost objętości. Temperatura przemiany polimorficznej zależy od wielkości cząstek i jest tym niższa, im mniejsze są cząstki $Zr0_2$. Cząstki $Zr0_2$, mniejsze od pewnej wielkości krytycznej (ok. 0,5 μm), utrzymują nawet w temperaturze otoczenia budowę tetragonalną. Stosując cząstki $Zr0_2$ o określonej średnicy oraz/lub częściową stabilizację dodatkami CaO, MgO, Y_2O_3, można otrzymać ceramikę tlenkowo-cyrkonową o zwiększonej o nawet 40% odporności na pękanie i wytrzymałości

na zginanie w porównaniu z czystą ceramiką tlenkową. Jak wykazały badania, dodatek 10% masy $Zr0_2$ powoduje dwukrotny wzrost odporności na pękanie, 70-procentowy wzrost wytrzymałości na zginanie oraz wyraźny spadek ścieralności [11]. Dyspersyjne umocnienie ceramiki tlenkowej poprzez dodatki TiC i/lub TiN ma na celu przede wszystkim zwiększenie ciągliwości tego materiału. Jednocześnie dzięki dużej twardości dodatków TiC i TiN obserwuje się wzrost twardości kompozytu o około 10% w porównaniu z twardością ceramiki tlenkowej [12]. Mikrostrukturę spieków ceramicznych na osnowie tlenku glinu: tlenku glinu α-Al_20_3 trawionego termicznie, kompozytu ziarnistego Al_20_3–10% mas. $Zr0_2$ i kompozytu Al_20_3/TiC+TiN przedstawiono na rycinie 4.



Ryc. 4. Mikrostruktura spieków ceramicznych na osnowie tlenku glinu: a) tlenku glinu α-Al_20_3 trawionego termicznie, b) kompozytu ziarnistego Al_20_3-10% mas.$Zr0_2$, c) kompozytu Al_20_3/TiC+TiN (próbka trawiona termicznie w próżni) [8, 13]

Zwiększona twardość ma szczególne znaczenie przy termicznym obciążaniu ostrza w zakresie od temperatury otoczenia do około 1070 K, ponieważ przy dobrej ciągliwości prowadzi to do dalszego wzrostu odporności na zużycie ścierne i erozyjne. Wytwarzanie kompozytu Al_20_3/TiC+TiN wiąże się z pewnymi trudnościami, wymaga bowiem stosowania wyższych temperatur spiekania w atmosferze nie utleniającej. Kompozyt Al_20_3/TiC+TiN wykazuje dużą stabilność termodynamiczną Dzięki małej rozszerzalności cieplnej, a także dobrej przewodności cieplnej, ceramika mieszana wykazuje znaczną odporność na szoki termiczne. Stosowanie narzędzi z ceramiki mieszanej w obróbce skrawaniem umożliwia w wielu przypadkach zastąpienie operacji szlifowania i to przy niższych kosztach narzędzia i większej wydajności produkcji [13]. Stosuje się je do obróbki wykańczającej i średniodokładnej żeliw, stali ulepszonych cieplnie (do twardości 58 HRC) i żeliw utwardzonych. Nie są przydatne do obróbki wysokostopowych stali żaroodpornych oraz stopów aluminium. Porównanie prędkości skrawania dla różnych materiałów narzędziowych przedstawiono na rycinie 5. Ceramika narzędziowa umożliwia skrawanie materiału z maksymalna prędkością do ponad 1000 m/min.



Ryc. 5. Porównanie prędkości skrawania dla różnych materiałów narzędziowych [12]

Silne kowalencyjne wiązania zapewniają azotkowi krzemu dużą wytrzymałość, dużą twardość i odporność na utlenianie, dobrą przewodność cieplną i odporność na szoki termiczne. Te doskonałe właściwości, które azotek krzemu zachowuje również w wysokich temperaturach, ulegają znacznemu ograniczeniu na skutek dodatków niezbędnych w procesie spiekania. Dodatki, najczęściej MgO lub Y_2O_3, w połączeniu z warstewką tlenków SiO_2 pokrywających cząstki Si_3N_4 prowadzą do utworzenia tzw. fazy szklistej. Faza ta ułatwia spiekanie pod ciśnieniem zewnętrznym, przyczyniając się do otrzymania dobrze zagęszczonych spieków. Jednakże równocześnie obecność fazy szklistej oddziałuje niekorzystnie na właściwości ceramiki azotkowej w wysokiej temperaturze, zwłaszcza przy skrawaniu stali tworzącej wiór wstęgowy. Powstający w temperaturze powyżej 1200°C krzemek żelaza prowadzi do intensyfikacji zużycia chemicznego i w efekcie do szybkiego stępienia ostrzy przy skrawaniu stali. W celu zmniejszenia szybkości przebiegu przyspieszonych procesów zużycia chemicznego, występującego przy obróbce bogatych w żelazo stopów, produkowane są płytki narzędziowe z ceramiki Si_3N_4 pokryte cienką warstwą Al_2O_3 (o grubości do 1 μm). Termodynamicznie stabilne warstwy Al_2O_3 stanowią barierę dyfuzyjną pomiędzy płytką narzędziową i spływającym po niej wiórem, zwiększając zasadniczo odporność płytki na zużycie – przykładem jest materiał WIDIANIT CN-100 (firmy Krupp Widia) [6, 12]. Dobre właściwości skrawne ceramiki azotkowej Si_3N_4, podobnie jak w przypadku ceramiki tlenkowej mogą być polepszone przez wprowadzenie dodatków ZrO_2, TiN lub whiskerów SiC. To korzystne oddziaływanie wymienionych dodatków polega na wzroście twardości, ciągliwości i odporności na zużycie ceramiki Si_3N_4 [7]. Umocnienie ceramiki Si_3N_4 whiskerami SiC pozwala na 3-krotne zwiększenie trwałości narzędzia [6]. Oczywiście poprawy właściwości wytrzymałościowych ceramiki Si_3N_4 dokonuje się także poprzez zastosowanie submikroproszków [14, 15].

Spieki na bazie azotku krzemu wykazują ciągliwość podobną do węglików i odporność temperaturową charakterystyczną dla tlenków. Rozszerza to zakres ich zastosowań i pozwala je stosować m.in. do obróbki zgrubnej i półwykańczającej odlewów żeliwnych toczeniem i frezowaniem, jak też obróbki stopów specjalnych

o wysokiej zawartości niklu (CC690, f-my COROMANT) [6, 16]. W ofercie firmy COROMANT pojawił się nowy gatunek czystego azotku krzemu CC6090 przeznaczony do obróbki żeliwa szarego z dużymi prędkościami skrawania. Natomiast płytki skrawające z podłożem z Si_3N_4 oraz warstwą TiN, np. materiał GC1690 (firmy COROMANT) zalecane są do obróbki zgrubnej, średniodokładnej i wykańczającej żeliw [16]. Zastosowanie tego materiału umożliwia znaczne skrócenie głównego czasu skrawania, zarówno przy toczeniu, jak i frezowaniu przy prędkościach większych od 1000 m/min, niemożliwych do uzyskania przy obróbce płytkami z węglików spiekanych lub materiałów tlenkowych czy tlenkowo-węglikowych. Ważnymi cechami azotku krzemu są duża przewodność cieplna i bardzo mała rozszerzalność cieplna. Umożliwia to chłodzenie cieczą narzędzi z tego tworzywa podczas skrawania, co jest niemożliwe przy zastosowaniu węglików spiekanych lub tlenkowych materiałów ceramicznych [17].

Firma Lucas Cookson Syalon Ltd pierwsza podjęła produkcję materiału będącego roztworem stałym Al_2O_3 w Si_3N_4. Al i O_2 mogą zastępować część Si i N_2 w azotku, co pozwala zwiększyć stabilność chemiczną i ułatwia spiekanie. Skład chemiczny β'-SiAlONu jest następujący: $Si_{6-z}Al_2O_2N_{8-z}$, gdzie z oznacza poziom zastępowania Si przez Al, o maksymalnej wartości do 4,5 [18]. Własności mechaniczne i fizyczne β'-SiAlONu są zbliżone do właściwości Si_3N_4, własności chemiczne odpowiadają z kolei Al_2O_3. SiAlON może syntezować w różny sposób, np. przez wzajemną selekcję Si_3N_4, Si, Al_2O_3 i AlN. Metoda firmy Lucas zaleca mieszanie proszków Si_3N_4 z Al_2O_3 i Y_2O_3 oraz innymi dodatkami, które odgrywają rolę fazy ciekłej w procesie spiekania [18].

Dostępnych jest kilka gatunków SiAlONów:

– SiAlON inżynieryjny, stosowany w ceramice konstrukcyjnej i narzędziowej,

– SiAlON ogniotrwały.

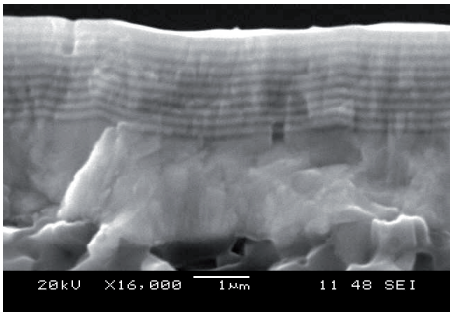
Uważa się, że lepsze właściwości mechaniczne posiada SiAlON o niskim stopniu podstawienia <0,8 i SiAlON, w którym ziarna β wiązane są krystaliczną fazą międzyziarnową, np. granatem itrowo-glinowym, lub SiAlON, w którym atomy metalu, np. itru, magnezu, wapnia, wbudowane są w sieć krystaliczną SiAlON-u, tworząc α'SiAlON [19]. Wprowadzenie do spieku β'-SiAlON-u dodatków innych tlenków, np. Y_2O_3, jest korzystne ze względów technologicznych, gdyż powoduje to zmniejszenie prężności par i decyduje o obniżeniu temperatury topnienia SiAlON-u. Niższa temperatura spiekania umożliwia zachowanie struktury drobnoziarnistej, a przez to podwyższenie właściwości wytrzymałościowych spieku. Wpływa jednocześnie na zmniejszenie odporności na utlenianie i sprzyja przyspieszonemu rozpadowi roztworu w wysokiej temperaturze. Z cieczy powstałej w przestrzeniach międzyczą-steczkowych podczas zagęszczania SiAlON-u z dodatkiem Y_2O_3 w wysokiej temperaturze podczas chłodzenia powstaje szkło. Powtórna obróbka cieplna takiego spieku w temperaturze 1400°C powoduje przebieg reakcji z osnową, a w wyniku tej reakcji na granicach ziaren powstaje $Y_3Al_5O_{12}$ nazywany granatem itrowo-aluminiowym, w skrócie oznaczany YAG. Występowanie tego związku bardzo efektywnie polepsza odporność SiAlON-u na utlenianie i poprawia odporność na pełzanie [17].

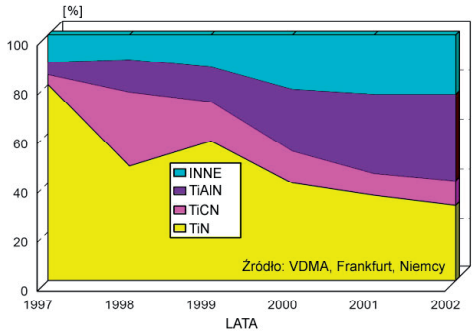
SiAlON charakteryzuje się bardzo dobrymi właściwościami mechanicznymi w niskich i w wysokich temperaturach do 1300°C, wysoką twardością, dużą odpornością na pękanie, niskim współczynnikiem tarcia oraz niskim współczynnikiem rozszerzalności.

Narzędzia wykonane z SiAlON-u z powodzeniem są stosowane do toczenia i frezowania stali i stopów trudnoobrabialnych, m.in. żeliwa, stali ulepszonej cieplnie, stopów niklu, tytanu i aluminium oraz stopów wysoko żarowytrzymałych. Wydajność skrawania przy użyciu SiAlON-u jest znacznie większa niż w przypadku zastosowania innych materiałów ceramicznych lub węglików spiekanych pokrywanych wielowarstwowo. Stwierdzono przy tym, że zużycie narzędzi zmniejsza się ze wzrastająca prędkością skrawania [15].

Osobną grupę materiałów narzędziowych stanowią płytki wieloostrzowe z twardymi warstwami powierzchniowymi nanoszonymi różnymi technikami, głównie metodą PVD (*Physical Vapour Deposition*, fizyczne osadzanie z fazy gazowej) oraz CVD (*Chemical Vapour Deposition*, krystalizacja chemiczna z fazy gazowej) – rycina 6a. Zmiany udziału w rynku podstawowych rodzajów powłok na narzędziach skrawających w latach 1997–2002 przedstawiono na rysunku 6b.

a) b)





Ryc. 6a. Zdjęcie przełomu powłoki wielowarstwowej Ti-Zr-N / 10x (TiN/ZrN) na ceramicznej płytce skrawającej typu TACN [20]. **Ryc. 6b**. Zmiany udziału w rynku podstawowych rodzajów powłok na narzędziach skrawających w latach 1997–2002 [21]

Zastosowanie wielowarstwowych powłok PVD w skali nano zapewnia: stabilność geometrii ostrzy i ich równomierne zużywanie się spowodowane optymalnym stosunkiem twardości do naprężeń własnych, obróbkę na sucho z większymi prędkościami, mniejsze zużycie żłobkowe na skutek wyższej wytrzymałości termicznej i chemicznej powłok, lepsze formowanie się wióra, wyższą jakość obrobionej powierzchni w wyniku polepszenia właściwości ślizgowych oraz większą odporność na zużycie (zmniejszone koszty narzędzia). Warstwami nanoszonymi na płytki skrawające są złożone powłoki, odporne na utlenianie, warstwy mikrokrystaliczne i nanokrystaliczne oraz warstwy diamentowe. Całkowicie nowymi rozwiązaniami powłok, np. do obróbki na sucho, są ponadazotki (*supernitrides*) ze „smarowaniem in situ". Te nowej generacji materiały powłokowe – nieprzewodzące tytanowo-glinowe azotki, ze skrajnie dużym udziałem glinu i bardzo drobnokrystaliczną strukturą – skutecznie przeciwdziałają tworzeniu się narostów na ostrzu i przyklejaniu się wiórów do przedmiotu. Mają dużą wytrzymałość cieplną i twardość w podwyższonych temperaturach, jak też wysoką odporność na utlenianie i ścieranie. Powstające w procesie obróbkowym ciepło wytwarza na powierzchni powłoki produkty reakcji o bardzo dobrych właściwościach ciernych, wyzwalające efekt samosmarowania. Nową grupę narzędzi i materiałów narzędziowych stanowią narzędzia

przeznaczone do submikro- i nanoobróbki. Są to narzędzia wykonywane np. z monokryształów diamentu – charakteryzujące się niezwykłą dokładnością i precyzją wykonania ostrza. Żaden ze znanych materiałów, przeznaczonych na narzędzia skrawające, nie spełnia wszystkich wymagań stawianych ostrzom. Najbliższe ideału są materiały supertwarde: diament monokrystaliczny i polikrystaliczny oraz polikrystaliczny regularny azotek boru z metaliczną i niemetaliczną fazą wiążącą. Diament, najtwardszy spośród wszystkich naturalnych i syntetycznych materiałów, charakteryzuje się najwyższym przewodnictwem cieplnym ale jego wadą jest kruchość i brak odporności na działanie temperatur przekraczających 970 K i na utlenianie. Ostrza diamentowe wytwarzają jakościowo lepsze powierzchnie, zmniejszają natężenie hałasu podczas obróbki i pozwalają na stosowanie znacząco większych prędkości skrawania [10]. O wyborze materiału na ostrze narzędzia skrawającego decydują następujące kryteria [22, 23]:

– trwałość ostrza – przy ustalonych parametrach skrawania określonego materiału, zastosowanie narzędzia z materiału o większej odporności na zużycie przyczynia się do wzrostu trwałości ostrza,

– właściwości materiału obrabianego – skład chemiczny i właściwości materiału skrawanego wpływają na intensywność zużycia ostrza, co jest związane z jego trwałością i wydajnością obróbki; z tego względu do skrawania materiałów o większej twardości i wytrzymałości, a przede wszystkim ścieralności, dobiera się materiały narzędziowe bardziej odporne na zużycie; twardość materiału ostrza powinna być co najmniej o 30 HRC większa od twardości materiału obrabianego,

– rodzaj obróbki – z rodzajem obróbki (zgrubna, średnio dokładna i dokładna) związane są parametry skrawania. Ponieważ prędkość skrawania ma największy wpływ na temperaturę skrawania i trwałość ostrza, dlatego przy zmianie rodzaju obróbki od zgrubnej do dokładnej zalecane jest stosowanie innych gatunków materiałów narzędziowych, wykazujących zwiększoną odporność na zużycie w trudniejszych warunkach pracy narzędzia,

– względy techniczno-ekonomiczne – wykonanie ostrza z tańszego lub droższego materiału powinno być rozpatrywane na tle ogólnych kosztów jego wykonania i eksploatacji; koszt materiału narzędzia stanowi tylko niewielką część całkowitego kosztu jego wykonania,

– względy ekologiczne.

Kierunki rozwoju ceramicznych materiałów narzędziowych

Rozwój cywilizacji narzuca konieczność nowych rozwiązań. Bierze się pod uwagę nowe czynniki, na które do chwili obecnej nie zwracano uwagi. Podstawowym czynnikiem jest oczywiście zdrowie i środowisko człowieka. Pewne rodzaje materiałów były i są stosowane pomimo ich szkodliwości, z powodu braku zamienników. Prace badawcze zmierzają w kierunku otrzymania uniwersalnego materiału narzędziowego lub projektowania materiałów i narzędzi przeznaczonych do obróbki ściśle określonych tworzyw. Cele te realizowane są kilkoma drogami zgodnymi z ogólnymi tendencjami pojawiającymi się w technologiach materiałów i ich wytwarzania, a są to:

– opracowanie nowych lub modyfikacja istniejących metod wytwarzania i przygotowywania proszków (w tym otrzymywanie i zastosowanie nanoproszków),

– modyfikacja i optymalizacja składu chemicznego (np. wykorzystanie spiekania reakcyjnego czy nowoczesnych związków, takich jak dwuborek tytanu),

– opracowanie nowych metod zagęszczania proszków,

– doskonalenie technik pokrywania powierzchni twardymi warstwami przeciwzużyciowymi.

Bibliografia

[1] Gorham Cutting Tools Conference 51. Metal Powder Report, 1996, pp. 10–12

[2] Riedel R., *Handbook of Ceramic Hard Materials*. **I**.1,2 Wiley-Vch., 2000

[3] Oczoś K.E., *Postęp w Obróbce Skrawaniem III. Obróbka materiałów twardych i utwardzonych*, Mechanik, **7**, 1998, pp. 419–426

[4] Bruchhas T, Hagemeyer C., *Neue einsatzgebiete der Keramische Werkstoffe beim BTA-Tiefbohren,* 46, p. 321

[5] Smuk B., Walter J., „Badania nad opracowaniem materiału narzędziowego z udziałem faz azotowych". Prace IOS, Seria Spraw., 7881 IOS, 1993

[6] Gałązka M.-Dahlke, *Wpływ pokryć na zwiększenie odporności na zużycie narzędzi skrawających. Cz. I Przegląd nowoczesnych materiałów narzędziowych,* Zeszyty Politechniki Białostockiej 1996, Nauki Techniczne, 107, Mechanika, z. 16, 1996, s. 219–228

[7] Sglavo M., Bosetti P., *Fracture toughness of SiC whiskers reinforced silicon nitride at various temperatures*. Ceramics Getting into the 2000's Part C, Techna 1999, pp. 739–746

[8] Szutkowska M., *Odporność na pękanie spieków ceramicznych stosowanych na ostrza narzędzi skrawajacych*, PIOS seria Zeszyty Naukowe, 85, 2005

[9] Jemielniak K., *Obróbka skrawaniem*, WPW, 2004

[10] Jaworska L., *Diament – otrzymywanie i zastosowanie w obróbce skrawaniem*, WNT, Warszawa 2007

[11] Tomaszewski H., *Wpływ stopnia stabilizacji ZrO_2 tlenkiem itrowym na właściwości termomechaniczne ceramiki z układu Al_2O_3- ZrO_2*, Inżynieria materiałowa, XI, 1990, s. 144

[12] Wysiecki M., *Nowoczesne materiały narzędziowe*, WNT, Warszawa 1997

[13] Szutkowska M., Sprawozdanie merytoryczne z realizacji Projektu Badawczego nr 7 T08D 029 20, 2003

[14] Sobczak N., Jaworska L., Podsiadło M., Smuk B. i in., *Nitride and carbide preforms for infiltration process*, Archives of Materials Science and Engineering, 28, 11, 2007, pp. 653–656

[15] MitomoM. i in., *Fine grained silicon nitride ceramics prepared from β-powder.* J.Am.Ceram.Soc.78, **1**, 1995, pp. 211–214

[16] Narzędzia Tokarskie. Sandvik Coromant 2000, Elanders 2001

[17] Dobrzański L., *Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo.* WNT, Warszawa 2002

[18] *New material for metal cutting.* Tooling, nr 12, 1983, 2

[19] Kinoshita T., *Sintering and toughening of hot-pressed silicon nitride composite reinforced with silicon carbide whiskers.* Ceramics Getting into the 2000's Part C, Techna 1999, pp. 795–804

[20] Czechowski K., Pofelska-Filip I., i in., *Effect of nitride nano-scale multilayer coatins on functional properties of composite ceramic cutting inserts*. Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences, 53, **4**, 2005, pp. 423–431

[21] Cselle T., *Application of Coatings for Tooling. Quo Vadis 2005*. Vacuum Best VIP, 2003

[22] Silicon Nitride, Technical Brochure, Ceradyne Inc., Costa Mesa, CA, 1994

[23] Smolik H., Czechowski J., *Opracowanie azotkowych materiałów narzędziowych typu SiAlON.* Instytut Materiałów Ogniotrwałych 1990, Sprawozdanie 2659/300457/BM/90

Ceramic materials for cutting tool inserts and their development trends

Abstract

Ceramic cutting tool materials currently used in industry have been presented. Five groups of ceramic materials: oxide ceramics, composite ceramics with alumina matrix, nitride ceramics, SiAlON and superhard materials were characterized. Development trends of ceramic tool materials were determined.

Key words: cutting tool ceramics, cermetals, alumina, ceramic composites, superhard materials

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

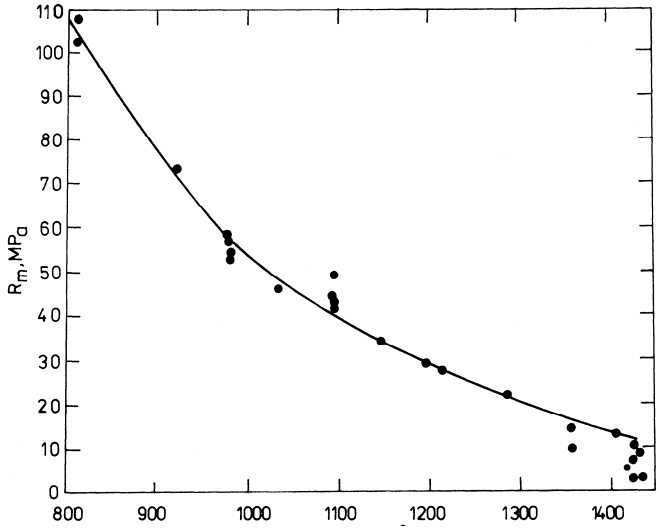
Ireneusz Telejko

Model pękania krzepnącego stopu

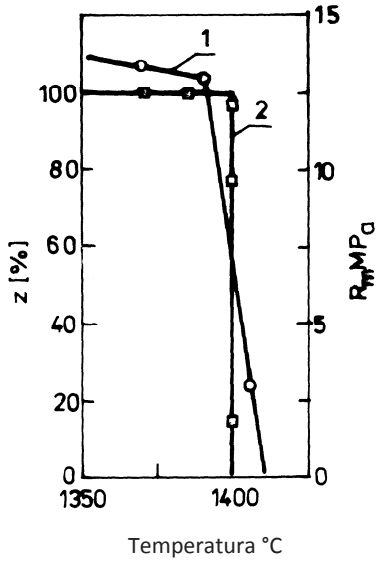
Zmienne w czasie i przestrzeni pola temperatury w krzepnącym i stygnącym metalu (w procesie odlewania wlewków, zalewania form odlewniczych metalem, spawania czy lutowania) wywołują zmiany jego objętości i kształtu. Z polem temperatury związane są również przemiany fazowe, przejawiające się w lokalnych zmianach objętości właściwej metalu. Zmianom tym z reguły przeciwstawiają się opory stawiane przez konstrukcję wyrobu i/lub przez formę, w której on krzepnie; w metalu pojawiają się naprężenia których porównanie z naprężeniem dopuszczalnym pozwala ocenić, jak daleko metal oddalony jest od swego stanu krytycznego. Najważniejszą wiadomością pozwalającą przewidywać zachowanie się materiału jest informacja o jego właściwościach mechanicznych – podstawowym kryterium odporności na działanie naprężeń. Badania właściwości mechanicznych stopów metali w temperaturach położonych wokół temperatury solidus oraz mechanizmu pękania są ważnym kierunkiem prac naukowo-badawczych dotyczących naprężeń w okresie krzepnięcia i ich skutków.

Jednym ze sposobów badania właściwości mechanicznych metali i ich stopów jest próba rozciągania. Na ryc. 1–3 pokazano wyniki dla stali uzyskane w próbie rozciągania w wysokich temperaturach. Wytrzymałość na rozciąganie stali obniża się wraz ze wzrostem temperatury, w podwyższonych temperaturach wyraźnie, w miarę wzrostu temperatury badania – coraz wolniej. W pewnej temperaturze zaczyna się gwałtowny spadek wytrzymałości na rozciąganie do bardzo niskich, bliskich zeru wartości (ryc. 1, 2).

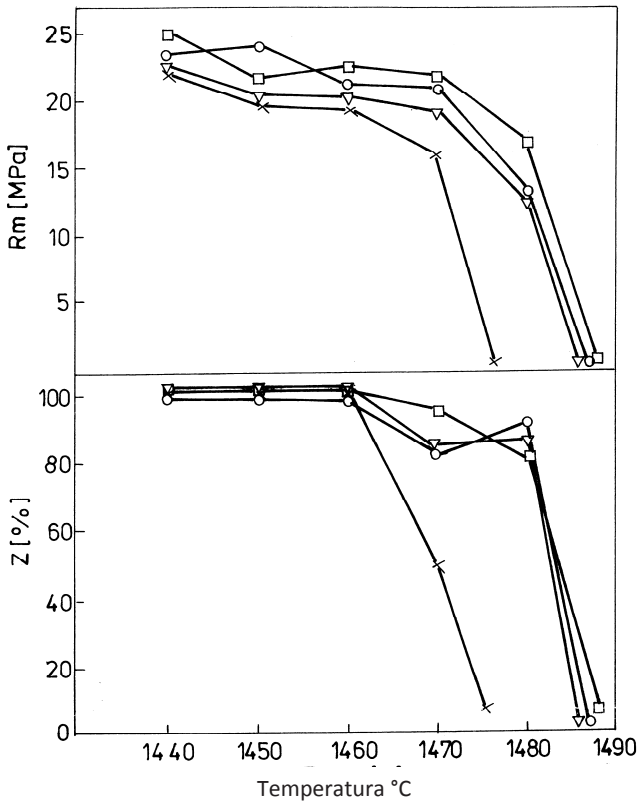
Stal w wysokich temperaturach charakteryzuje się dużymi wartościami wydłużenia i przewężeniem bliskim 100% (ryc. 2, 3). W temperaturze bliskiej temperatury gwałtownego obniżania wytrzymałości na rozciąganie obserwuje się gwałtowny spadek wydłużenia i przewężenia do zawsze bardzo niskich, bliskich zeru wartości. Zbliżona do pionowej część krzywej zależności przewężenia stali od temperatury jest temperaturą zerowej ciągliwości T_{ZC} i granicą pomiędzy zakresem temperatur plastyczności i zakresem temperatur kruchości.



Ryc. 1. Wpływ temperatury na wytrzymałość na rozciąganie stali węglowej o zawartości: C=0,35%, Mn=0,98%, S=0,046% [1]



Ryc. 2. Temperatura graniczna T_{zc} pomiędzy zakresami kruchości i plastyczności stali węglowej (0,39%C) [2]. 1 – wytrzymałość na rozciąganie; 2 – przewężenie



Ryc. 3. Wpływ tytanu na właściwości mechaniczne staliwa L0H13N6M w wysokich temperaturach, x – bez dodatku Ti, Δ – 0,10% Ti, o – 0,15% Ti, – 0,30% Ti [3]

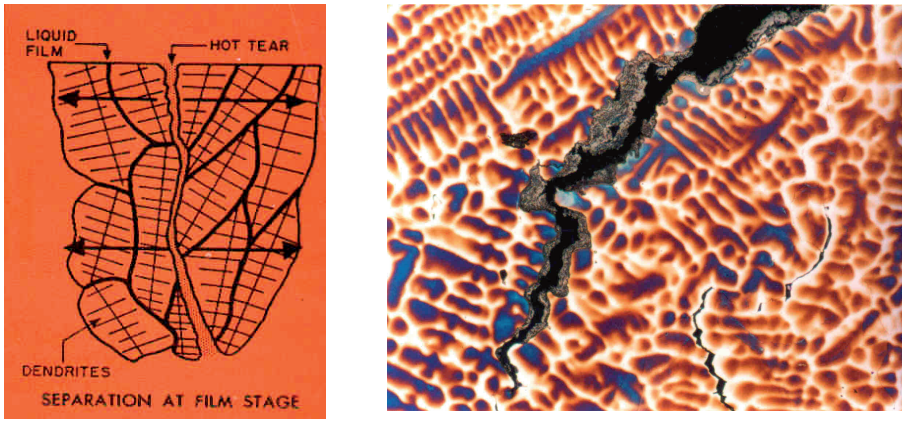
Modele pękania na gorąco stopu

Pękanie przez rozerwanie warstewki cieczy międzykrystalicznej

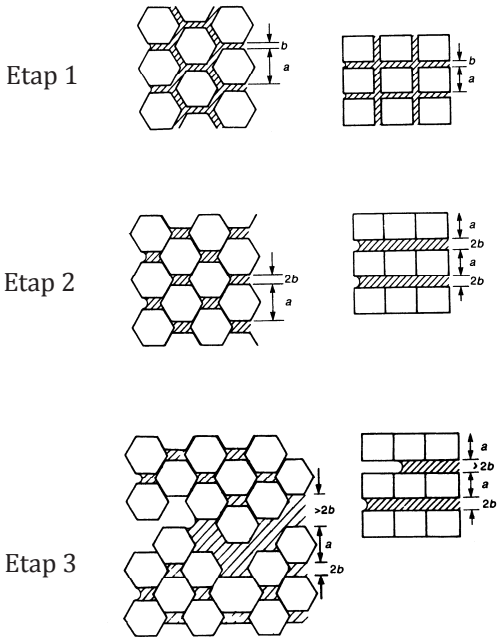
Pokazaną na rys. 1–3 zależność właściwości mechanicznych stali (stopów metali) od temperatury tłumaczy się, wykorzystując teorię „ciekłego filmu" (*liquid film theory*) W.S. Pelliniego [4] (ryc. 4).

Duża zgodność modelu pękania z rzeczywistym przebiegiem procesu przyczyniła się do tego, że teoria „ciekłego filmu" jest wykorzystywana przez metalurgów, odlewników i spawalników. Aktualną wersję teorii ciekłego filmu przedstawiono na ryc. 5 [5]. W pewnej temperaturze krzepnący stop ma strukturę składającą się z pasm zakrzepłego metalu o grubości *a*, rozdzielonych warstewkami cieczy (ciekłymi filmami) o grubości *b* (etap 1); stop znajduje się w zakresie temperatury stanu stało-ciekłego. W wyniku działania siły rozciągającej przesuwające się kryształy tworzą wspólne granice, a wyciśnięta z tych granic faza ciekła skupia się w odizolowanych od siebie ciekłych międzykrystalicznych przewarstwieniach (etap 2). Siły napięcia powierzchniowego powodują utworzenie się menisku wklęsłego (ciecz zwilża kryształy). Dalsze działanie siły wywołuje przemieszczanie się menisku cieczy międzykrystalicznej w głąb stopu (etap 3); tworzy się pęknięcie.

a) b)



Ryc. 4. Pękanie stopu w stanie stało-ciekłym przez naruszenie ciągłości „ciekłego filmu"; a) model pękania, b) fragment pęknięcia na gorąco w odlewie ze staliwa



Ryc. 5. Model procesu pękania stopu w zakresie temperatury stanu stało-ciekłego [5]

Powierzchnia cieczy pomiędzy kryształami przybiera kształt półcylindra. Błonka powierzchniowa cieczy jest podobna do rozciąganej błonki sprężystej, dąży więc do przyjęcia kształtu płaskiej powierzchni, rozciągając warstewki cieczy pod nią położone. Oznacza to, że błonka powierzchniowa wywiera na ciecz o płaskiej powierzchni dodatkowe ciśnienie ujemne, którego wartość jest równa:

$$p = \frac{2\gamma_{c-g}\cos\Theta}{b} \tag{1}$$

gdzie: γ_{c-g} – napięcie powierzchniowe cieczy, Θ – kąt zwilżania fazy stałej przez ciecz, b – grubość warstewki cieczy pomiędzy kryształami.

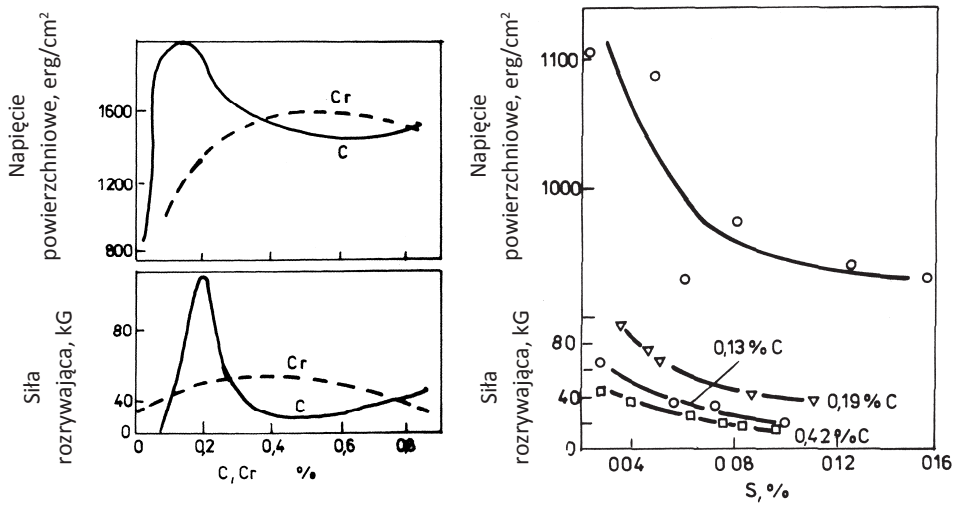
Analiza równania (1) pozwala na sformułowanie następującego wniosku: wytrzymałość na rozciąganie stopu w stanie stało-ciekłym jest proporcjonalna do napięcia powierzchniowego cieczy międzykrystalicznej i odwrotnie proporcjonalna do grubości warstewki cieczy. Do wywołania pęknięcia wystarczy zatem siła potrzebna do przezwyciężenia sił napięcia powierzchniowego cieczy międzykrystalicznej. Dlatego w obecności międzykrystalicznych ciekłych warstewek, w stanie stało-ciekłym, właściwości mechaniczne metalu są bardzo niskie; stop znajduje się w temperaturowym zakresie kruchości. Efektywnym sposobem podwyższenia właściwości mechanicznych stali w temperaturach stanu stało-ciekłego jest zatem zwiększenie napięcia powierzchniowego ciekłej stali (ryc. 6) oraz rozdrobnienie struktury pierwotnej.

Pękanie na skutek wad struktury powstających podczas krzepnięcia staliwa

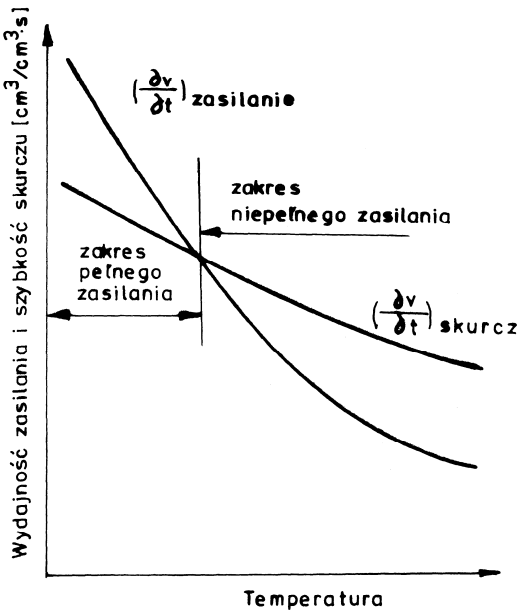
Niektórzy autorzy [np. 6–8] upatrują przyczynę kruchości stali (stopów metali) w wysokich temperaturach w wadach struktury powstałych podczas krzepnięcia. Budowane modele powstawania i/lub rozwoju zarodków pęknięć, którymi są nieciągłości struktury, bazowane są na rozwiązaniach dotyczących transportu ciepła i masy w ośrodkach porowatych. Wynikiem niektórych rozważań są ilościowe kryteria opisujące warunki, których spełnienie zapobiega tworzeniu się wad struktury wywołujących gwałtowną utratę właściwości mechanicznych stopu. Najstarszym należącym do tej grupy jest kryterium U. Feurera [6]. Graficzną interpretację kryterium przedstawia ryc. 7. Mikroporowatość (zarodek pęknięcia) w krzepnącym stopie o założonym składzie chemicznym tworzy się od temperatury, od której szybkość skurczu objętościowego krzepnącego stopu przewyższa wydajność zasilania cieczą obszarów międzydendrytycznych.

Model autorów [8] uwzględnia warunki zasilania cieczą przestrzeni międzydendrytycznych i równoczesne rozciąganie szkieletu kryształów w kierunku prostopadłym do osi dendrytów. Autorzy [8] wprowadzają pojęcie krytycznej szybkości lokalnego odkształcenia, tj. takiej, której przekroczenie powoduje, że ciśnienie cieczy w obszarze pomiędzy wtórnymi gałęziami dendrytów obniża się do takiego, że w strukturze krzepnącego stopu pojawia się nieciągłość, która nie może zostać skompensowana dopływem cieczy z zewnątrz.

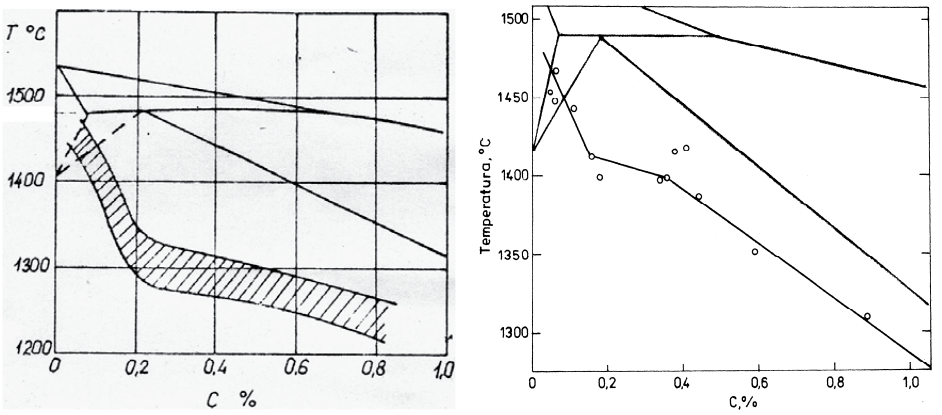
Obecność wad – zarodków pęknięć, powstających podczas krzepnięcia, jest przyczyną kruchości stali dlatego, że wydzielenia na granicach ziaren oraz towarzyszące im mikropory skurczowo-naprężeniowe osłabiają wytrzymałość granic ziaren w wysokich temperaturach. Obecność wad (przede wszystkim mikroporowatości, ale także wtrąceń niemetalicznych) sprzyja propagacji kruchego międzykrystalicznego pęknięcia [7]. Inicjacja takiego pęknięcia następuje po zakrzepnięciu niskotopliwych eutektyk, w temperaturze znacznie niższej od temperatury solidus (ryc. 8).



Ryc. 6. Wpływ składników na napięcie powierzchniowe ciekłej stali i jej wytrzymałość na rozciąganie w stanie stało-ciekłym [10]: a – wpływ węgla i chromu, b – wpływ siarki



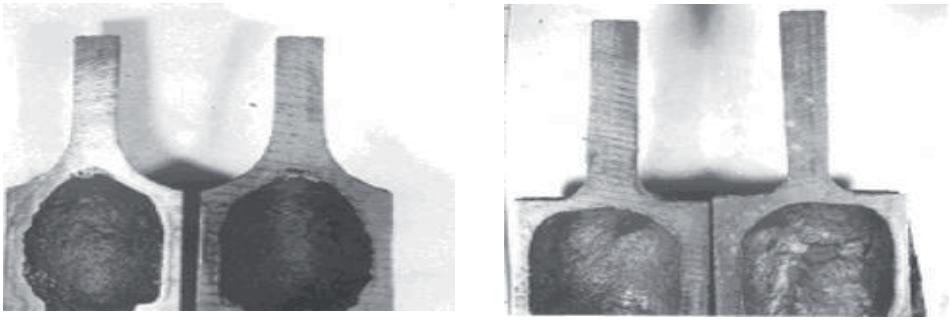
Ryc. 7. Graficzna interpretacja kryterium U. Feurera



Ryc. 8. Wyniki pomiarów granicy pomiędzy zakresem kruchości a zakresem plastyczności staliwa węglowego

Proponowany model pękania – rozwój wewnętrznych zarodków pęknięć wypełnionych cieczą

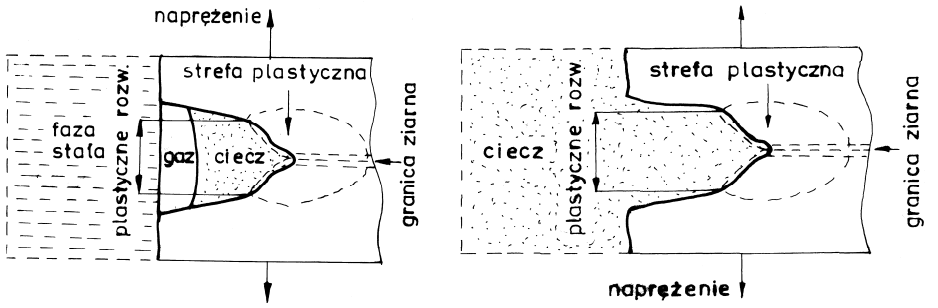
Model budowy stopu, przedstawiony na rys. 5, jest prawdziwy tylko wtedy, jeżeli krzepnięcie stopu odbywa się w warunkach krzepnięcia równoczesnego, tj. w takich, w których nie występują różnice temperatury na przekroju ścianki krzepnącego stopu lub różnice są tak małe, że można je pominąć. Tylko przy takim krzepnięciu struktura stopu jest jednakowa w każdym miejscu przekroju ścianki. Rzeczywiste warunki krzepnięcia znacznie różnią się od warunków krzepnięcia równoczesnego. Na ryc. 9 pokazano przekrój wlewków stalowych, krzepnących w formach piaskowych, które w krótkim czasie po zalaniu obrócono o 180^0. Widoczna jest zewnętrzna warstwa zakrzepłego metalu.



Ryc. 9. Warstwa zakrzepła na przekroju krzepnącego wlewka

Na przekroju ścianki stopu krzepnącego w zakresie temperatury w warunkach rzeczywistych można zatem wyróżnić warstwy: w pełni zakrzepłą warstwę zewnętrzną oraz stało-ciekłą i/lub ciekłą warstwę wewnętrzną.

Fragment stopu, składający się z dwóch ziaren mających kontakt z faza ciekłą, pokazano na ryc. 10. „Wtrącenie" fazy ciekłej jest zarodkiem pęknięcia. Utworzenie pęknięcia polega na rozwoju tego zarodka.



Ryc. 10. Schemat powstawania pęknięcia w krzepnącym stopie: a) – za mało fazy ciekłej do całkowitego wypełnienia pęknięcia, b) – ilość fazy ciekłej wystarczająca do wypełnienia pęknięcia [11]

Praca rozwoju zarodka w pęknięcie jest pracą utworzenia powierzchni poprzez rozdzielenie granic kryształów. Do zapisania zależności na wartość tej pracy w przeliczeniu na jednostkę powierzchni (pracy właściwej) można wykorzystać rozważania o pracy adhezji lub kohezji, podawane w podręcznikach np. do chemii fizycznej. Dla układu ciecz – ciało stałe, praca $W_{s\text{-}c}$ oddzielenia kryształów wzdłuż granic ich ziaren wynosi:

$$W_{s-c} = 2\gamma_{s-c} - \gamma_{s-s} \tag{2}$$

gdzie: γ – energia międzyfazowa, indeksy, *s* – faza stała, *c* – ciecz, *g* – gaz.

Powstająca szczelina może zostać wypełniona fazą ciekłą. Możliwe są dwa przypadki utworzenia pęknięcia. Dla rozerwania warstewki cieczy pomiędzy kryształami potrzebna jest praca:

$$W_{c-g} = 2\gamma_{c-g} \tag{3}$$

Natomiast praca potrzebna do oderwania warstewki cieczy od kryształu wynosi:

$$W_{c-k} = \gamma_{c-g} - \gamma_{s-g} - \gamma_{s-c} \tag{4}$$

Z warunku równowagi sił działających na linię graniczną pomiędzy ciałem stałym, cieczą i gazem mamy zależność (ryc. 11):

$$\gamma_{s-g} = \gamma_{s-c} + \gamma_{c-g}\cos\Theta \tag{5}$$

gdzie Θ – kąt zwilżania.

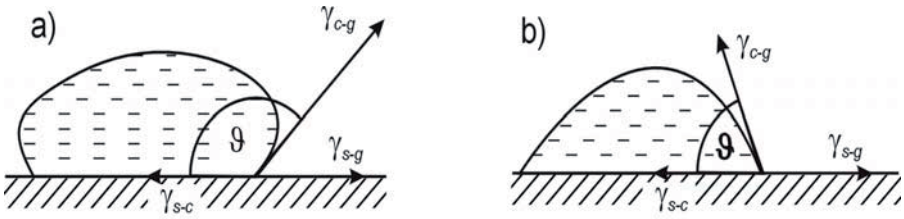
Uwzględniając powyższy warunek, można zapisać:

$$W_{c-k} = \frac{1}{2}W_{c-g}\left(1+\cos\Theta\right) = \gamma_{c-g}\left(1+\cos\Theta\right) \tag{6}$$

Jeżeli wartość kąta zwilżania jest równa zeru (idealna zwilżalność fazy stałej przez ciecz powstałą z tej fazy), to $W_{c\text{-}g} = W_{c\text{-}k}$. Praca właściwa utworzenia pęknięcia przez oderwanie cieczy od kryształu nie może być zatem większa od pracy właściwej

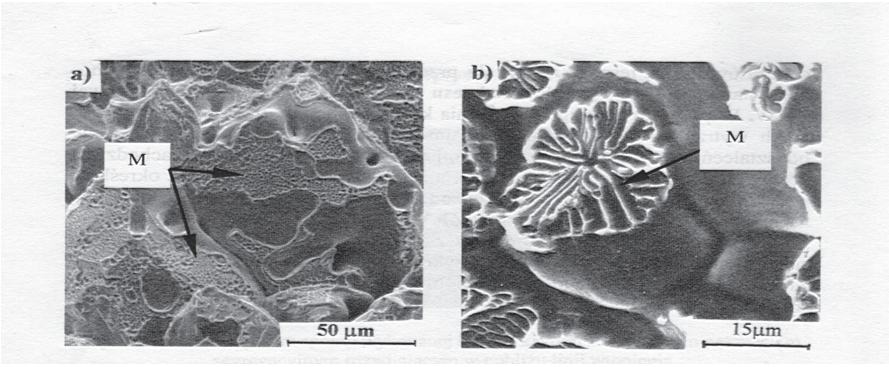
utworzenia pęknięcia przez rozerwanie warstewki cieczy pomiędzy kryształami (może być co najwyżej równa).

Rozwojowi i wypełnianiu pęknięcia cieczą towarzyszy zwiększenie wymiarów mikroobszaru odlewu, w którym pęknięcie powstaje. Wzrost objętości spowodowany rozwojem pęknięcia sprawia, że za pęknięciem wypełnionym cieczą tworzy się najpierw pustka (ryc 10a), a następnie dopływ cieczy do wierzchołka pęknięcia zostaje przerwany. Utworzenie pustki na drodze rozwoju pęknięcia powoduje, że praca potrzebna dla dalszego rozwoju pęknięcia zmienia się z wartości danej zależnością $W_{s-c} = 2\gamma_{s-c} - \gamma_{s-s}$ na pracę równą $W_{s-g} = 2\gamma_{s-g} - \gamma_{s-s}$. Ponieważ $\gamma_{s-g} >> \gamma_{s-c}$, to utworzenie pustki na drodze rozwoju pęknięcia oznacza znaczny wzrost pracy potrzebnej dla propagacji pęknięcia. W ten sposób rozwój kruchego pękania zostaje znacznie utrudniony, a działające naprężenie wywoływać będzie odkształcenie plastyczne. Wytworzona pustka jest zatem wynikiem utworzonego pęknięcia, nie zaś, jak twierdzą autorzy [8], jego przyczyną.

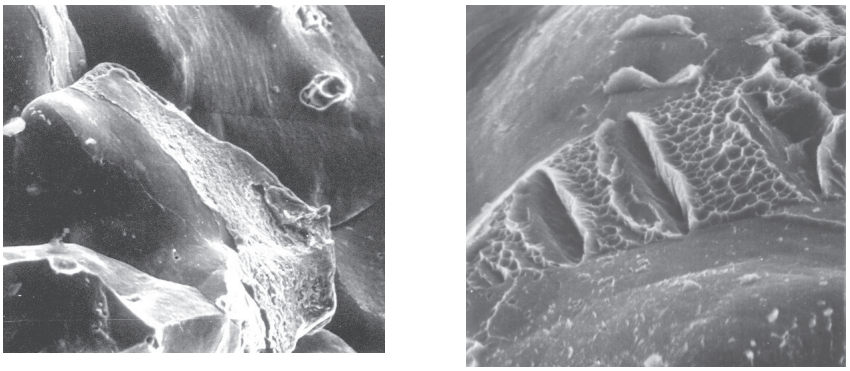


Ryc. 11. Równowaga sił energii międzyfazowych na granicy styku faz

W procesie dalszego chłodzenia krzepnie metal w warstewkach międzydendrytycznych, tworzą się nowe powierzchnie kontaktu dendrytów. W temperaturze solidus metal warstewki o grubości rzędu setek mikrometrów jest jeszcze układem zbliżonym do koloidalnego, ale równocześnie jest już zdolny do przejęcia odkształceń plastycznych. Dalsze odkształcenie stopu może zatem zachodzić poprzez lokalne odkształcenie plastyczne warstewki przygranicznej kryształów (ryc. 12 i 13).



Ryc. 12. Charakterystyczne miejsca styku dendrytów – mostki (M) na powierzchni pęknięcia gorącego w spoinie stali [12]



Ryc. 13. Stal węglowa 0,37%C, temperatura rozciągania 1440°C, a) pow. 600 x, przełom po nadtopionych granicach pierwotnych ziaren, b) pow. 2500 x, fragment przełomu z ryc. 12 a. Widoczny dołeczkowy i gładki charakter przełomu [13]

Poniżej temperatury solidus stop jest już w pełni zakrzepły. Praca właściwa potrzebna dla zapoczątkowania procesu pękania w pełni zakrzepłym stopie jest równa:

– dla pęknięcia wewnątrzkrystalicznego

$$W_1 = 2\gamma_{s-g} \tag{7}$$

– dla pęknięcia przechodzącego po granicy kryształów

$$W_2 = 2\gamma_{s-g} - \gamma_{s-s} \tag{8}$$

Ponieważ

$$\gamma_{s-g} = \gamma_{s-c} + \gamma_{c-g}\cos\Theta \tag{9}$$

to

$$W_{s-c} < W_{c-k} < W_{c-g} < W_2 < W_1 \tag{10}$$

lub

$$W_{s-c} < W_1 \tag{11}$$

Podsumowanie

Z przedstawionych rozważań wynika, że pojawienie się fazy ciekłej jest przyczyną gwałtownego obniżenia pracy właściwej pękania, a zanik fazy ciekłej – gwałtownego jej wzrostu [13]. Zatem w temperaturach powyżej temperatury solidus, dopóki w krzepnącym stopie obecna jest faza ciekła, stop znajduje się w temperaturowym zakresie kruchości, w temperaturach niższych od temperatury solidus, kiedy w stopie występuje tylko faza stała, stop znajduje się w temperaturowym zakresie plastyczności.

Stwierdzenie powyższe pozostaje w sprzeczności z wynikami badań pokazanych na rycinie 7. Jest to jednak sprzeczność pozorna. Układ Fe-C podaje temperaturę solidus stopu podwójnego żelaza z węglem krzepnącego w warunkach równowagowych. Oznacza to, że skład cieczy zmienia się wzdłuż linii likwidus, a skład kryształów będących w równowadze z cieczą wzdłuż linii solidus tylko w warunkach nieskończenie powolnego obniżania temperatury stopu, przez co rozumie się warunki, w których proces dyfuzji węgla w stanie stałym pozwoli na wyrównanie składu wcześniej i później utworzonych obszarów kryształów roztworu stałego. Stal jest stopem żelaza nie tylko z węglem, ale również z innymi pierwiastkami, krzepnącym w warunkach rzeczywistych**,** z szybkością nie pozwalającą na zajście procesów dyfuzyjnych. Dlatego będą miały miejsce odchylenia od składu równowagowego fazy stałej. Stal zawsze zawiera pierwiastki, takie jak tlen i siarkę, które w bardzo niewielkim stopniu rozpuszczają się w austenicie. Prawidłowo przeprowadzony sposób odtleniania co najmniej poważnie ogranicza wpływ tlenu na położenie temperatury kończącej stan stało-ciekły (kruchości) stali. Niektórzy autorzy [np. 12] uważają, że tlen podnosi temperaturę kończącą stan stało-ciekły stali, tłumacząc to przeprowadzeniem cienkiej błonki eutektyk o niskiej temperaturze topnienia w kompleksowo zbudowane wtrącenia niemetaliczne odznaczające się nie tylko wyższą temperaturą topnienia, ale również małą zwilżalnością pierwotnych granic ziaren.

Inaczej zachowuje się siarka. Ze względu na śladową rozpuszczalność w stałym żelazie, siarka koncentruje się w obszarze granicy faz, skąd poprzez dyfuzję i konwekcję jest odprowadzana w głąb cieczy. W momencie zetknięcia się ziaren, zamykających ograniczoną objętość cieczy, zaczyna się gwałtowny wzrost stężenia siarki odpychanej od frontu krzepnięcia. W układzie podwójnym Fe-S, nawet przy bardzo niewielkiej początkowej zawartości siarki, zawsze powstaje eutektyka Fe-FeS, krzepnąca w temperaturze 988^{o}C. Natomiast w procesie krzepnięcia stali wydzielenie się całej nadmiernej ilości siarki przybierze formę siarczków żelaza i/lub składników stali o wyższym od żelaza powinowactwie z siarką**.** W efekcie w stali pojawią się eutektyki siarczkowe, których temperatura topnienia jest znacznie niższa niż temperatura solidus osnowy stali. Siarczki te są ciekłymi zarodkami pęknięć na gorąco. Stal w końcowym etapie krzepnięcia można zatem rozpatrywać jako stop żelaza w pierwszej kolejności z siarką; wpływ innych pierwiastków – składników staliwa polega na ich wpływie na zachowanie się siarki.

W efekcie w stali powstają resztkowe fazy, których temperatura końca krzepnięcia jest niekiedy niższa lub znacznie niższa od temperatury krzepnięcia osnowy. Najczęściej ciepła krystalizacji takich cienkich niskotopliwych warstewek na granicach ziaren nie rejestruje analiza termiczna. Wówczas granica pomiędzy zakresem kruchości a plastyczności jest niższa od zmierzonej temperatury solidus stopu.

Bibliografia

[1] Weinberg F., Metall. Trans. 1983, vol. 14B, no 7, pp. 285–289

[2] Weinberg F., Mat. Konf. „Solidification Technology in the Foundry and Casthouse". The Metal Soc., Warwick 1980, ref. 77

[3] Kalas P., Slovak S., Slevarenstvi 1987, no 9, s. 380–386

[4] Pellini W.S., Foundry 1952, vol. 80, no 11, pp. 124–152

[5] Campbell J., Casting. Butterworth Heinemann, London 2003

[6] Feurer U., Giesserei-Forschung 1976, no 2, pp. 75–80

[7] Stachura S., Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej 1988, Hutnictwo, z. 9, s. 153–169

[8] Rappaz M i in., Metall. and Material Trans. 1999, vol. 30A, no 2, pp. 449–455

[9] Patterson S. i in., Giesserei-Forschung 1967, no. 4, pp. 161–174

[10] Briggs C.W., *Hot tears in steel casting*, Steel Founder's Soc. of America, Ohio 1986

[11] Chojecki A. Telejko I., *Odlewnictwo staliwa*, Akapit 2003

[12] Tasak E., *Metalurgia spawania*, JAK, Kraków 2008

[13] Telejko I., *Kruchość staliwa w zakresie temperatur stanu stało-ciekłego*, Akapit, Kraków 2004

Model of solidification cracking of an alloy

Abstract

In general there are at least two zones in the wall cross section of solidifying metal: an external solid layer and an internal zone that contains crystals and liquid phase (mushy zone). Crystal boundaries being in contact with liquid forms a nuclei of cracks. Development of crack consists in separation of crystals along their boundaries. Presence of liquid phase makes energy needed to develop of nuclei lower and process of increasing of crack dimensions quicker. So, brittleness of metal is caused by presence of liquid. Manifestation of brittleness can be described by violent reduction of deformation time to failure. At temperature at which presence of liquid ends in solidifying metal plastic temperature range starts.

Key words: hot tearing, shrinkage brittleness, solidification cracking, mushy state

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Agnieszka Twardowska

Lasery technologiczne przeznaczone do spawania

Jednym z pierwszych doświadczeń przeprowadzonych z użyciem lasera było zogniskowanie wiązki za pomocą zwykłej soczewki na próbce metalu i wypaleniu w niej serii otworów [1]. Jednakże nowa technologia nie mogła początkowo skutecznie konkurować z technologiami konwencjonalnymi ze względu na wysokie koszty ówczesnych urządzeń oraz ich eksploatacji, oraz niską trwałość pierwszych obrabiarek laserowych – dlatego też przemysłowe linie technologiczne wykorzystujące urządzenia laserowe do obróbki materiałów pojawiły się ze znacznym opóźnieniem. Obecnie lasery i procesy z użyciem wiązki laserowej stały się przemysłową praktyką.

Zakres zastosowań laserów w procesach obróbki materiałów jest bardzo szeroki. Obejmuje procesy obróbki powierzchniowej, jak również cięcia i spajania. Technologie laserowe umożliwiają [2]:

– zlokalizowanie bardzo dużej ilości energii na niewielkiej powierzchni [3],

– możliwość transmisji wiązki laserowej na dowolny dystans przez atmosferę bez wyraźnego jej tłumienia czy optycznej degradacji,

– czystość, precyzję,

– szybki start i zatrzymanie procesu dzięki temu, że światło daje się łatwo skupić i nie wykazuje bezwładności,

– duże prędkości,

– łatwość kontroli i automatyzacji procesu.

Lasery technologiczne przeznaczone do spawania

Rodzaj ośrodka czynnego

Ze względu na rodzaj ośrodka czynnego lasery przeznaczone do przemysłowego spawania dzielą się na dwie grupy: lasery na ciele stałym, w których ośrodkiem aktywnym są najczęściej jony neodymu (Nd^{+++}), stanowiące domieszkę w szkle bądź kryształach $Y_3Al_5O_{12}$ (YAG), emitujące promieniowanie o długości fali λ=1,06 μm oraz lasery gazowe, w których substancją aktywną są cząsteczki dwutlenku węgla, emitujące promieniowanie o długości fali λ=10,6 μm. Ponieważ energia promieniowania laserów na ciele stałym jest lepiej absorbowana przez metale, zastosowanie

laserów Nd:YAG jest korzystniejsze, dodatkową zaletą tych laserów jest możliwość doprowadzenia wiązki do obszaru spawania za pomocą giętkich przewodów światłowodowych.

Tryb pracy

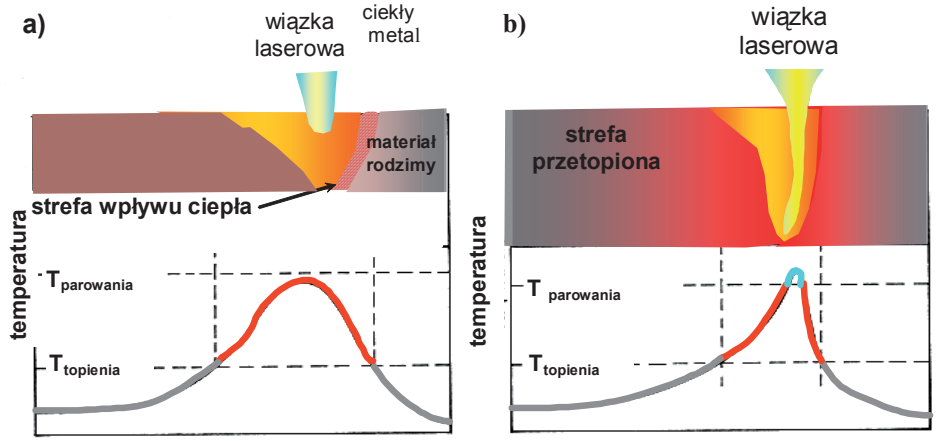
Zarówno lasery Nd:YAG jak i lasery CO_2 mogą działać zarówno impulsowo, jak i w sposób ciągły. Lasery o działaniu impulsowym (głównie lasery na ciele stałym) służą do wykonywania spoin punktowych w elektronice, w produkcji przyrządów półprzewodnikowych, układów mikroelektronicznych, lamp elektronowych i innych miniaturowych podzespołów elektronicznych, gdzie obowiązuje bardzo duża precyzja (np. przy łączeniu wyprowadzeń o średnicy kilku mikronów [4]) i niezwykle ważne jest uniknięcie niebezpieczeństwa termicznego uszkodzenia struktury elementu w bezpośrednim sąsiedztwie spoiny.

Lasery pracy ciągłej są wykorzystywane do wykonywania spoin liniowych, co wymaga uzyskania gęstości energii rzędu 10^6–10^9 W/cm^2. Z tego powodu w przemyśle najczęściej stosowane są lasery CO_2, ponieważ do 1995 roku urządzenia z laserami Nd:YAG nie uzyskiwały mocy powyżej 500 W [5, 6].

W zależności od ilości energii dostarczanej na jednostkę powierzchni, spawanie laserowe wiązką o działaniu ciągłym może być realizowane jako [7]:

– spawanie limitowane przewodnictwem temperaturowym materiału,

– spawanie w warunkach głębokiej penetracji wiązki.



Ryc. 1. Schemat spawania laserowego [na podst. 7]: a – spawanie limitowane przewodnictwem cieplnym spawanego materiału, b – spawanie w warunkach głębokiej penetracji wiązki (spawanie z wytworzeniem kanału parowego)

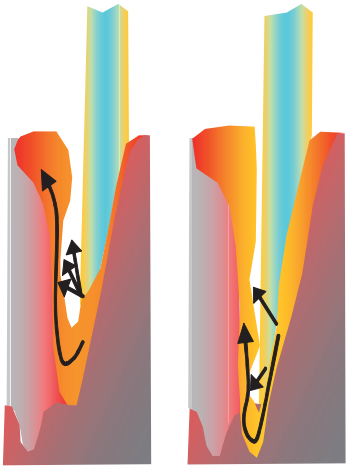
W przypadku laserowego spawania limitowanego przewodnictwem cieplnym spawanego materiału (ryc. 1a), analogicznie jak w większości konwencjonalnych procesów spawania materiałów, energia dostarczona jest do powierzchni materiału, a następnie poprzez tą powierzchnię przekazywana jest do wnętrza na drodze przewodnictwa cieplnego. Proces prowadzi do utworzenia na powierzchni spawanych elementów jeziorka spawalniczego, które stanowi objętościowe źródło ciepła

przemieszczające się wraz z wiązką laserową. Ponieważ energia potrzebna do przetopienia głębszych warstw materiału przekazywana jest na drodze przewodnictwa cieplnego, głębokość wykonanej w ten sposób spoiny uzależniona jest od głębokości, na jaką docierające ze zrozumiałymi stratami ciepło zdolne jest roztopić materiał. Proces laserowego spawania przewodnościowego wymaga zastosowania laserów o mocy nominalnej do 1 kW.

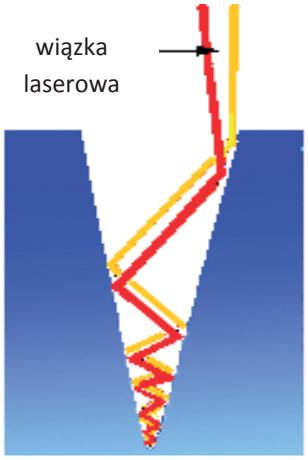
Spawanie w warunkach głębokiej penetracji wiązki (ryc. 1b) jest określane jako spawanie z oczkiem [5], albo jako spawanie z wytworzeniem kanału parowego i przebiega bardzo podobnie jak spawanie z użyciem wiązki elektronów [2]. Ten sposób spawania laserowego prowadzony przy użyciu laserów o mocy nominalnej powyżej 1 kW, gdyż wymaga dostarczenia do powierzchni materiału energii rzędu 10^6–10^9 W/cm^2 [8]. Tak wysokie gęstości energii powodują stopienie, jak również parowanie materiału z powierzchni łączonych elementów. Powstałe pary silnie absorbują energię wiązki laserowej, w wyniku czego jonizują się, tworząc plazmę, której ciśnienie stopniowo wzrasta. Gdy ciśnienie to stanie się większe od ciśnienia stopionego materiału, ciecz wypierana jest ze strefy parowania, a na powierzchni jeziorka spawalniczego tworzy się zagłębienie. Wiązka laserowa zaczyna naświetlać głębiej położone warstwy materiału, a front parowania przesuwa się niżej. Jeżeli ilość energii wiązki laserowej jest wystarczająco wysoka, utworzone zagłębienie wypełnia się parami metalu i wzrasta sukcesywnie, drążąc strefę stopioną i przekształcając się ostatecznie w kanał parowy (ryc. 2).

Energia wiązki laserowej wnikająca do wewnątrz kanału parowego jest częściowo odbijana, a częściowo absorbowana przez materiał znajdujący się na wewnętrznych ściankach kanału. Absorpcja energii następuje głównie dzięki ogniskowaniu odbiciowemu wiązki określanemu jako zjawisku Fresnela (ryc. 3). Polega ono na wielokrotnym odbijaniu się promieniowania laserowego od ścianek kanału, przy czym każdemu odbiciu towarzyszy jednoczesna absorpcja części energii wiązki przez materiał tworzący ścianki oraz przez pary metaliczne, wypełniające kanał.

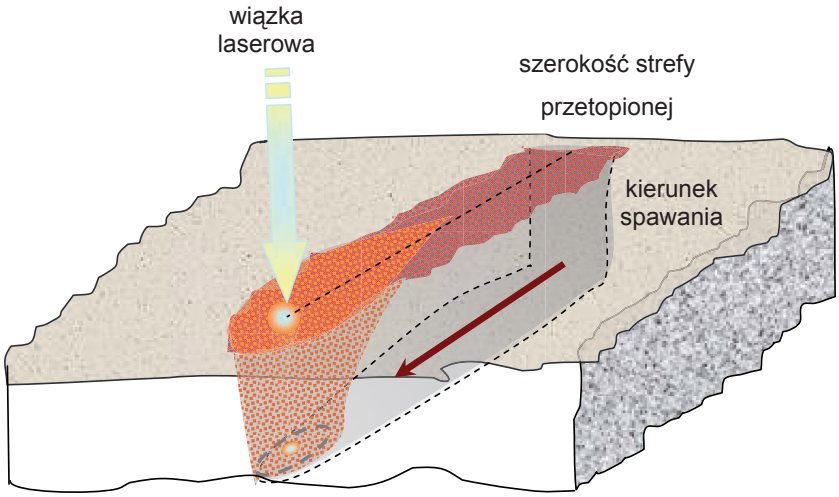
W wyniku odbijania i absorbowania promieniowania laserowego następuje nagrzewanie materiału tworzącego ścianki kanału do temperatury bliskiej, a nawet przewyższającej temperaturę wrzenia spawanego materiału. Dalszy wpływ ciepła powoduje częściową jonizację odparowanego materiału i utworzenie się plazmy. Ze względu na wysoką temperaturę wewnątrz i na ściankach kanału, materiał otaczający kanał ulega nadtopieniu. Roztopiony materiał nie zalewa kanału podczas spawania, jeśli zachowana jest równowaga między ciśnieniem par znajdujących się wewnątrz kanału a sumą napięcia powierzchniowego i ciśnienia hydrodynamicznego cieczy znajdującej się na jego ściankach. Ruch wiązki powoduje przemieszczanie się kanału parowego zgodnie z kierunkiem spawania. Kanał parowy jest naświetlany niesymetrycznie. Wiązka pada głównie na przednią ścianę kanału (ryc. 2). Stopiony materiał przepływa wzdłuż bocznych ścian kanału w kierunku jego dna, a następnie w kierunku ściany tylnej, gdzie ulega akumulacji oraz ponownemu krzepnięciu tworząc w ten sposób połączenie spawanych elementów. Szerokość i głębokość formującej się spoiny determinowana jest szerokością strefy stopionego materiału otaczającej kanał parowy (ryc. 4) [9].



Ryc. 2. Etapy formowania się kanału parowego w procesie laserowego spawania [na podst. 7]



Ryc. 3. Ogniskowanie odbiciowe wiązki [na podst. 7]



Ryc. 4. Schemat procesu spawania laserowego przebiegającego z wytworzeniem kanału parowego [na podst. 9]

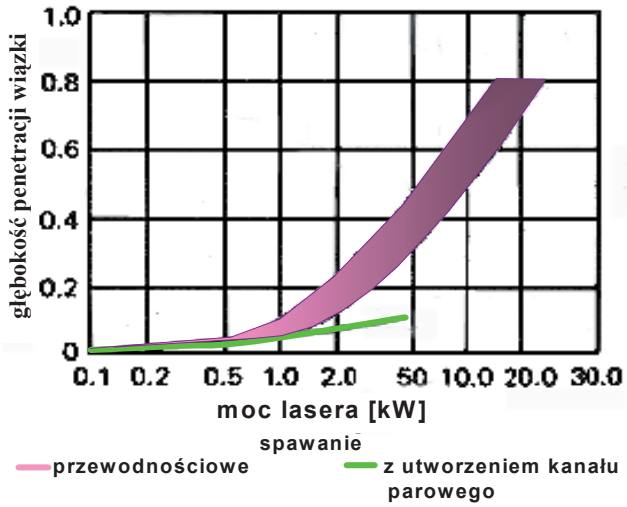
Parametry procesu laserowego spawania

Jakość i kształt spoin wykonanych za pomocą wiązki laserowej jest uzależniona od stosowanych parametrów spawania. Do podstawowych parametrów laserowego spawania należą:

- moc wiązki,
- średnica plamki laserowej,
- prędkość spawania,
- sposób ogniskowania wiązki względem powierzchni spawanych elementów,
- rodzaj, wydatek i kierunek nadmuchu gazu ochronnego,
- własności spawanego materiału.

Moc wiązki

Zarówno dla spawania laserowego limitowanego przewodnictwem cieplnym spawanego materiału, jak i dla procesu spawania przebiegającego w warunkach głębokiej penetracji wiązki laserowej, wraz ze wzrostem mocy lasera wzrasta głębokość penetracji (ryc. 5).



Ryc. 5. Zależność głębokości penetracji od mocy wiązki [7]

Przy stałej prędkości spawania wielkości te związane są wyznaczoną eksperymentalnie zależnością [2]:

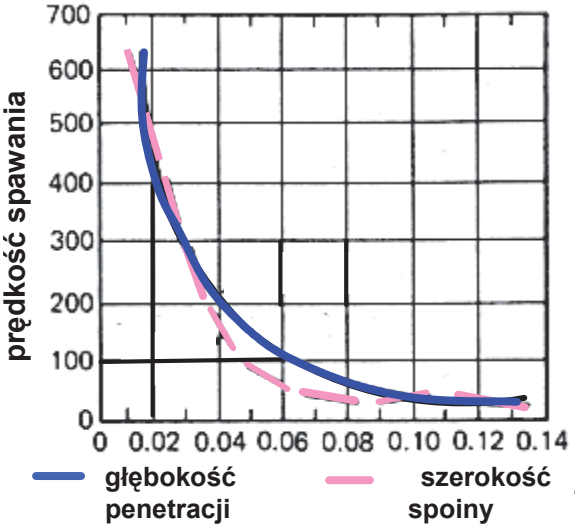
$$p=\alpha P^{\beta},$$

gdzie: P – moc lasera, p – głębokość penetracji, α – współczynnik proporcjonalności, zależny od szybkości spawania, charakterystyk termodynamicznych materiału, jak również od rozkładu energii na poziomie ogniskowej, β – wyznaczana eksperymentalnie wartość z przedziału (0,6–1,2).

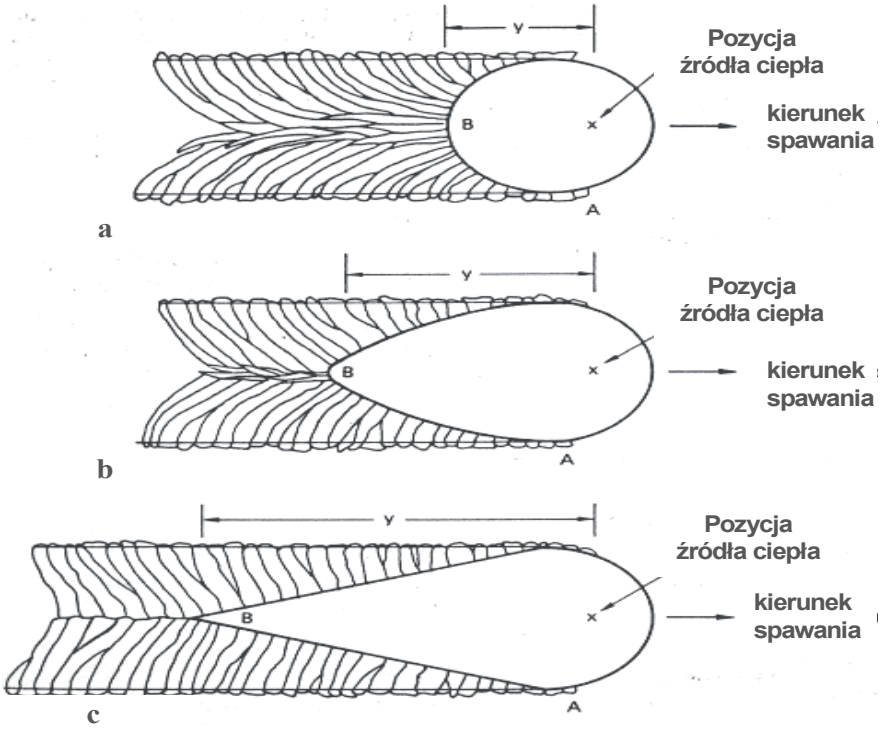
Prędkość spawania

Prędkość spawania ma zasadniczy wpływ na głębokość penetracji wiązki i objętość stopionego materiału. Przy stałej mocy wiązki laserowej wzrost prędkości spawania powoduje zmniejszenie głębokości penetracji wiązki i poszerzenie spoiny od strony lica (ryc. 6) [7].

Prędkość spawania determinuje kształt i wielkość jeziorka spawalniczego [10]. W miarę powiększania się prędkości spawania v, przy niezmienności pozostałych parametrów procesu, jeziorko spawalnicze staje się coraz węższe i bardziej wydłużone (ryc. 7).



Ryc. 6. Wpływ prędkości spawania laserowego na głębokość i szerokość spoiny [7]



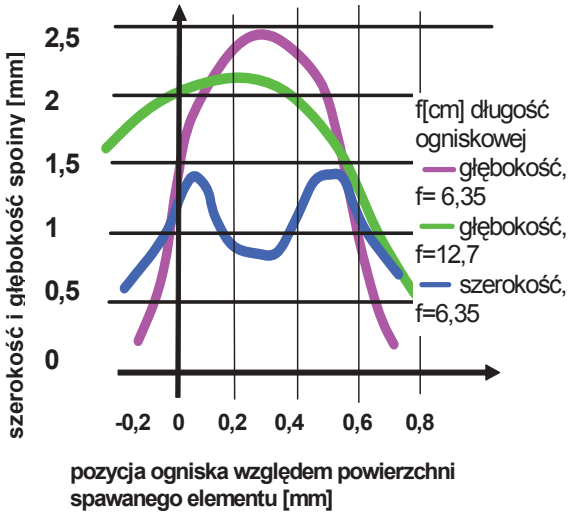
Ryc. 7. Zależność kształtu i wielkości jeziorka spawalniczego od prędkości spawania [11]

Przy spawaniu z małymi prędkościami jeziorko spawalnicze przyjmuje kształt elipsy (ryc. 7a). Kierunek największego gradientu temperatur zmienia się w sposób ciągły, w zakresie od 90° na granicy wtopienia (punkt A), do kąta ~0° (w punkcie B). Rosnące ziarna muszą zatem, również w sposób ciągły, dopasowywać swoją orientację w zależności od położenia źródła ciepła w danej chwili. Ziarna o orientacji zgodnej z kierunkiem najszybszego odprowadzania ciepła rosną szybciej niż pozostałe, przy czym kierunek ⟨001⟩ jest uprzywilejowany dla wzrostu kryształów o sieci regularnej ściennie centrowanej i regularnej przestrzennie centrowanej.

Ziarna spoin wytworzonych przy dużych prędkościach spawania odchylają się w mniejszym stopniu niż spoin uzyskanych przy małych prędkościach, zbyt duże prędkości spawania (ryc. 7c) sprzyjają makrosegregacji poprzez wzrost ziaren kolumnowych o zbliżonej orientacji z granicy wtopienia w kierunku osi spoiny. Powstałe w takich warunkach złącza charakteryzują się niską odpornością na pękanie na gorąco, której przyczyną jest segregacja niskotopliwych zanieczyszczeń i składników stopowych do osi spoiny.

Ogniskowanie wiązki

Zarówno głębokość penetracji wiązki, jak i wielkość przekroju poprzecznego utworzonej spoiny zależą od pozycji ogniska względem powierzchni spawanych elementów (ryc. 8). Głębokość penetracji, określająca wysokość spoiny, jest największa, gdy ognisko znajduje się nieznacznie pod powierzchnią spawanych elementów [7]. Przekrój spoin otrzymanych przy takim sposobie ogniskowania ma brzegi niemal równoległe.



Ryc. 8. Głębokość penetracji i szerokość lica spoiny w zależności od pozycji ogniska względem spawanej powierzchni [11]

Własności spawanego materiału

Wynik spawania zależy nie tylko od parametrów wiązki laserowej, ale także od właściwości materiału spawanego – najważniejszy wpływ mają: gęstość, pojemność cieplna, entalpia, przewodnictwo cieplne właściwe, dyfuzyjność cieplna

(współczynnik dyfuzji) oraz współczynnik absorpcji materiału dla zastosowanego promieniowania laserowego [12].

Dyfuzyjność cieplna jest niezwykle istotna, ponieważ decyduje o szybkości przewodzenia ciepła przez spawany materiał. Im wyższa dyfuzyjność cieplna materiału, tym szybsze przewodzenie ciepła i większa głębokość spawania.

Współczynnik absorpcji A materiału decyduje o efektywności procesu spawania. Wartość współczynnika absorpcji metalu dla promieniowania elektromagnetycznego wyznacza się z równania [13]:

$$A = \frac{4n}{(n+1)^2 + k^2}$$

gdzie n i k są odpowiednio częścią rzeczywistą i urojoną liczby zespolonej m, oznaczającej współczynnik refrakcji materiału dla promieniowania elektromagnetycznego wyrażoną równaniem [13]:

$$m=n-ik$$

Ponieważ dla metali zarówno n jak i k przyjmują wartości większe od 1, wartość współczynnika absorpcji tej grupy materiałów dla promieniowania podczerwonego jest mała. Przykładowo współczynnik absorpcji aluminium dla promieniowania o długości fali λ=1,06 μm wynosi 0,06, a dla długości fali λ=10,6 μm (laser CO_2) A=0,02. Absorpcyjność materiału zależy nie tylko od długości fali promieniowania lasera, ale także od sposobu przygotowania powierzchni i temperatury obrabianych elementów oraz czasu oddziaływania promieniowania laserowego na materiał. Najmniejszą absorpcyjność dla promieniowania laserowego mają metale o wypolerowanej powierzchni. Przeprowadzone przez Klejmana [3] próby spawania laserowego metali o różnie przygotowanych powierzchniach nie wykazały jednakże wyraźnych różnic w ilości energii wymaganej do uzyskania spoiny o całkowitym przetopie. Oznacza to, że współczynnik absorpcji materiału jest parametrem istotnym tylko w początkowym etapie oddziaływania wiązki laserowej na materiały.

Rodzaj atmosfery ochronnej

Spawanie laserowe większości materiałów sprowadzi się zazwyczaj pod osłoną gazu obojętnego, najczęściej aronu lub helu [13]. Podczas spawania impulsowego lub spawania w trybie pracy ciągłej laserami średniej mocy gaz osłaniający dostarczany jest współbieżnie z wiązką laserową. Spawanie za pomocą laserów dużej mocy wymaga najczęściej zastosowania takiego ustawienia dyszy, które zapewni całkowitą osłonę stopionego materiału. Spawanie wiązką impulsową za pomocą laserów na ciele stałym ze względów ekonomicznych prowadzi się najczęściej bez stosowania atmosfery ochronnej, co oczywiście odbywa się kosztem właściwości mechanicznych wytworzonego połączenia. Spawanie punktowe laserami na ciele stałym można prowadzić bez osłony gazowej, ponieważ materiał znajduje się w stanie ciekłym tylko przez bardzo krótki okres czasu (impuls trwa ok. 1–10 ms, a materiał jest w stanie ciekłym nawet krócej) [14]. Dla pozostałych procesów spawania laserowego zaleca się stosowanie atmosfery gazów osłaniających. Rodzaj stosowanego gazu nie jest bez znaczenia. Hel posiada wyższy potencjał jonizacji niż argon,

z tego powodu uznany jest jako gaz „cieplejszy", bardziej użyteczny do spawania cienkich płyt oraz wysoko przewodzących materiałów, takich jak stopy miedzi i stopy aluminium. Argon natomiast, w porównaniu do helu, jest bardziej gęsty i, co nie bez znaczenia, również tańszy.

Bibliografia

[1] Ready J.F., *Effects of high-power laser radiation*, Academic Press, New York–London 1971, pp. 360–371

[2] Mazumder J., *Laser Welding: State of the Art.- Review*, Journal of Metals, July 1982, pp. 16–24

[3] Klejman H., *Lasery,* PWN, Warszawa 1974, p. 76

[4] Klejman H., *Lasery,* PWN, Warszawa 1974, pp. 356–363

[5] Gourd M.L., *Podstawy procesów spawalniczych*, WNT, Warszawa 1997, p. 241

[6] Bartler W., Pathe D., Roatzsch R., Weick J.M.:P., *Influence of beam quality when welding with Nd:YAG and CO_2 lasers*, Lasers in Material Processing, Proceedings of SPIE 16–20 June 1997, Munich, FRG, EUROPTO series vol. 3097, pp. 147–156

[7] Metals Handbook, vol. 6, Welding, Brazing and Soldering: laser Beam Welding, ASM 1983

[8] Burakowski T., Wierzchoń T., *Inżynieria powierzchni metali*, WNT, Warszawa 1995, p. 324

[9] Schuöcker D., *Modeling of deep penetration laser welding*, ICALEO(1991) pp. 32–39

[10] Devletian J.H., Wood W.E., *Principles of Joining Metallurgy*, Metals Handbook, Welding, Brazing and Soldering 1981, p. 28

[11] Swift-Hook D.T., Gick A., Welding Journal 52, Nov. 1973, p. 3895

[12] Albright C.G. i in., *Laser Beam Welding, Special Welding Processes*, Metals Handbook, Welding, Brazing and Soldering 1981, p. 654

[13] Metals Handbook, vol. 6, Welding, Brazing, Soldering. Laser Beam Welding, p. 659

[14] Klemens P.G., Journal of Applied Phisics 51, 2, 1980, p. 941

Lasers in Technological Welding

Abstract

Lasers are widely used in surface engineering, cutting, drilling and welding materials. Laser welding is now the usual practice in electronics, motor-car and massive product industries. In this work both keyhole and heat conduction limited laser welding processes are discussed as well as the influence of basic parameters of the processes on the geometry and structure forming of laser welds.

Key words: welding, laser welding, welding parameters

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Miluše Vítečková[1], Antonín Víteček[1,2], Kazimierz Jaracz[3]

Dobór nastaw regulatorów metodą SIMC

Przemysł wymaga prostych i obliczeniowo łatwych metod doboru nastaw regulatorów, które jednocześnie zapewniają dostatecznie wysoką jakość regulacji nawet przy bardzo uproszczonych modelach matematycznych obiektów. Do takich metod można zaliczyć np. metodę odpowiedzi skokowej Zieglera – Nicholsa [10], metody oparte na regulacji z modelem wewnętrznym (IMC – Internal Model Control, λ-tuning) [2], metodę pożądanego modelu [6–8]. Należy do nich również przedstawiona w niniejszej pracy metoda SIMC. Została ona wyprowadzona na postawie zasad regulacji z modelem wewnętrznym i dlatego jej autor – S. Skogestad – zaproponował jej nazwę – metoda SIMC. Nazwę tą można według niego interpretować jako „SIMple Control" lub „Skogestad IMC" [3, 4].

Metoda SIMC

Metoda SIMC została opracowana na podstawie regulacji z modelem wewnętrznym (IMC). Dla zaprojektowania regulatora można skorzystać ze znanego wzoru dla syntezy bezpośredniej [3, 4]

$$G_R(s) = \frac{1}{G_{OB}(s)} \frac{G_{wy}(s)}{1 - G_{wy}(s)} \tag{1}$$

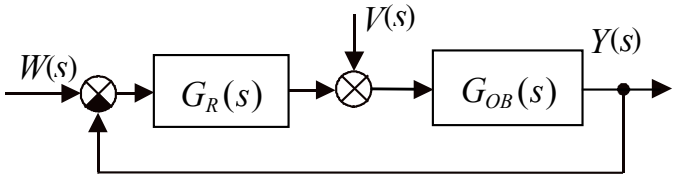
$$G_{wy}(s) = \frac{Y(s)}{W(s)}$$

gdzie: $G_R(s)$ – transmitancja regulatora, $G_{OB}(s)$ – transmitancja obiektu, $G_{wy}(s)$ – pożądana transmitancja układu regulacji (rys. 1), $W(s)$ – transformata wielkości zadanej, $Y(s)$ – transformata wielkości regulowanej, $V(s)$ – transformata wielkości zakłócającej.

[1] VŠB – Uniwersytet Techniczny Ostrawa.

[2] Politechnika Świętokrzyska w Kielcach.

[3] Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie.



Ryc. 1. Schemat układu regulacji

Związek między syntezą bezpośrednią oraz metodą IMC jest szczegółowo opisany np. w [2].

Algorytm postępowania przy projektowaniu regulatora zostanie zaprezentowany dla obiektu o transmitancji

$$G_{OB}(s) = \frac{k_1}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} \mathrm{e}^{-T_o s}, \qquad T_1 \geq T_2 \tag{2}$$

gdzie: k_1 – współczynnik wzmocnienia, T_1 i T_2 – stałe czasowe, T_o – opóźnienie.

Zakłada się, że pożądana transmitancja układu regulacji ma postać

$$G_{wy}(s) = \frac{1}{T_w s + 1} \mathrm{e}^{-T_o s} \tag{3}$$

gdzie: T_w – stała czasowa układu regulacji.

Po podstawieniu (2) i (3) do (1) otrzymuje się

$$G_R(s) = \frac{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)}{k_1} \frac{1}{T_w s + 1 - \mathrm{e}^{-T_o s}} \tag{4}$$

Po zastosowaniu aproksymacji

$$\mathrm{e}^{-T_o s} \approx 1 - T_o s \tag{5}$$

z zależności (4), otrzymuje się równanie transmitancji regulatora PID z interakcją, tj. transmitancję regulatora PID_i (tab. 1)

$$G_R(s) = k_P (1 + \frac{1}{T_i s})(1 + T_d s) \tag{6a}$$

$$k_P = \frac{T_1}{k_1 (T_w + T_o)}, \quad T_i = T_1, \quad T_d = T_2 \tag{6b}$$

gdzie: k_p – wzmocnienie regulatora, T_i – czas zdwojenia, T_d – czas wyprzedzenia.

Przez dobór stałej czasowej T_w można uzyskać odpowiedzi o różnej szybkości, ale równocześnie o różnych wymaganiach odnośnie do wielkości sterującej.

Dobór nastaw regulatora będzie [1]:

agresywny	$0{,}1T_1 < T_w < 0{,}8T_o$	(7a)
średni	$T_1 < T_w < 8T_o$	(7b)
konserwatywny	$10T_1 < T_w < 80T_o$	(7c)

Jest oczywiste, że im bardziej „agresywne" będą nastawy regulatora, tym szybsze będą odpowiedzi, ale równocześnie będą wymagane wyższe wartości wielkości sterującej.

Niekiedy stałą czasową T_w oznacza się literą λ i wtedy mówi się o λ-strojeniu regulatorów.

Tab. 1. Transmitancje regulatorów

Rodzaj regulatora	Regulator analogowy
I	$\frac{1}{T_i s} k_P$
PI	$k_P\left(1+\frac{1}{T_i s}\right)$
PID	$k_P\left(1+\frac{1}{T_i s}+T_d s\right)$
PID_i	$k_P\left(1+\frac{1}{T_i s}\right)\left(1+T_d s\right)$

Dobór nastaw regulatorów na podstawie zależności (6) zapewnia stosunkową bardzo dobrą odpowiedź na skokową zmianę wielkości zadanej $w(t)$, ale w przypadku

$$T_1 >> T_o \tag{8}$$

bardzo wolną odpowiedź na skokową zmianę wielkości zakłócającej $v(t)$, oddziaływającej na wejście obiektu, (rys.1). Z tego powodu Skogestad zmodyfikował algorytm regulacji przez wybór czasu zdwojenia T_i na podstawie zależności

$$T_i = \min\left[T_1,\ 4\left(T_w + T_o\right)\right] \tag{9}$$

Jego następna modyfikacja polega na przyjęciu

$$T_w = T_o \tag{10}$$

Wybór czasu zdwojenia według relacji (9) i stałej czasowej układu regulacji według (10) zapewnia stosunkowo szybką odpowiedź tak na zakłócenie oddziaływające na wejściu obiektu, jak i na zmianę wielkości zadanej i równocześnie zapewnia dobrą odporność całego układu regulacji [3–5].

Po uwzględnieniu zależności (9) i (10) otrzymuje się wzory dla obliczeń nastaw regulatorów dla metody SIMC (wiersze 4 i 5 w tab. 2). Wartości nastaw oznaczono gwiazdką.

Odpowiednie wzory dla obliczenia nastaw regulatora PID bez interakcji

$$G_R(s) = k_P\left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s\right) \tag{11}$$

uzyska się łatwo przez proste przeliczenie (wiersze 6 i 7 w tab. 2) [5].

Tab. 2. Wzory do obliczania nastaw regulatorów dla metody SIMC

	Obiekt	Regulator				Uwaga
		Rodzaj	k_P^*	T_i^*	T_d^*	
1	$k_1 \mathrm{e}^{-T_o s}$	I	–	$2k_1T_o$	–	–
2	$\frac{k_1}{T_1 s + 1}\mathrm{e}^{-T_o s}$	PI	$\frac{T_1}{2k_1T_o}$	T_1	–	$T_1 \le 8T_o$
3			$\frac{T_1}{2k_1T_o}$	$8T_o$	–	$T_1 > 8T_o$
4	$\frac{k_1}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)}\mathrm{e}^{-T_o s}$ $T_1 \ge T_2$	PIDi	$\frac{T_1}{2k_1T_o}$	T_1	T_2	$T_1 \le 8T_o$
5			$\frac{T_1}{2k_1T_o}$	$8T_o$	T_2	$T_1 > 8T_o$
6		PID	$\frac{T_1 + T_2}{2k_1T_o}$	$T_1 + T_2$	$\frac{T_1T_2}{T_1 + T_2}$	$T_1 \le 8T_o$
7			$\frac{T_1(T_2 + 8T_o)}{16k_1T_o^2}$	$T_2 + 8T_o$	$\frac{8T_2T_o}{T_2 + 8T_o}$	$T_1 > 8T_o$
8	$\frac{k_1}{s}\mathrm{e}^{-T_o s}$	PI	$\frac{1}{2k_1T_o}$	$8T_o$	–	–
9	$\frac{k_1}{s(T_2 s + 1)}\mathrm{e}^{-T_o s}$	PIDi	$\frac{1}{2k_1T_o}$	$8T_o$	T_2	–
10		PID	$\frac{T_2 + 8T_o}{16k_1T_o^2}$	$T_2 + 8T_o$	$\frac{8T_2T_o}{T_2 + 8T_o}$	–
11	$\frac{k_1}{s^2}\mathrm{e}^{-T_o s}$	PIDi	$\frac{1}{16k_1T_o^2}$	$8T_o$	$8T_o$	–
12		PID	$\frac{1}{8k_1T_o^2}$	$16T_o$	$4T_o$	–

Jest oczywiste, że podobnie dla jednakowej pożądanej transmitancji układu regulacji (3) można otrzymać nastawy regulatora PI dla obiektu o transmitancji (wiersze 2 i 3 w tab. 2)

$$G_{OB}(s) = \frac{k_1}{T_1 s + 1}\mathrm{e}^{-T_o s} \tag{12}$$

W przypadku, kiedy spełniona jest nierówność (8), transmitancję (12) lub (2) dla częstotliwości roboczych $\omega >> \frac{1}{T_1}$ można zastąpić transmitancjami o charakterze całkującym, tj.

$$\frac{k_1}{T_1 s+1}\mathrm{e}^{-T_o s} = \frac{\frac{k_1}{T_1}}{s+\frac{1}{T_1}}\mathrm{e}^{-T_o s} \approx \frac{\frac{k_1}{T_1}}{s}\mathrm{e}^{-T_o s} \tag{13}$$

lub

$$\frac{k_1}{(T_1 s+1)(T_2 s+1)}\mathrm{e}^{-T_o s} = \frac{\frac{k_1}{T_1}}{(s+\frac{1}{T_1})(T_2 s+1)}\mathrm{e}^{-T_o s} \approx \frac{\frac{k_1}{T_1}}{s(T_2 s+1)}\mathrm{e}^{-T_o s} \tag{14}$$

Ponieważ zakłada się spełnienie nierówności (8), tj. $T_1 > \ T_o \Rightarrow T_1 > 8T_o \Rightarrow T_i^* = 8T_o$ dlatego po uwzględnieniu zależności (13) lub (14) we wzorach w wierszu 8 lub 9 otrzyma się wzory, które odpowiadają wierszowi 3 lub 5 w tabeli 2. Widać, że nastawy są prawie jednakowe [3, 4].

Przypadki w wierszach 1, 2, 4 i 6 w tabeli 2 są zgodne z metodą pożądanego modelu dla przeregulowania względnego około $\kappa \approx 0{,}05$ (5%) [5–8].

Upraszczanie transmitancji obiektów

Wygodnie jest otrzymać w wyniku odpowiedniej identyfikacji transmitancję obiektu bezpośrednio o postaciach przedstawionych w tabeli 2. Jeżeli transmitancja obiektu nie ma postaci odpowiedniej dla zastosowania metody SIMC, to należy ją aproksymować do pożądanej postaci najczęściej przez uproszczenie. Ponieważ metoda SIMC jest bardzo odporna, to można zastosować dowolną metodę np. [5, 7].

Skogestad [3, 4] poleca stosować empiryczną „regułę połowy" (*half rule*). Przy założeniu, że transmitancja obiektu ma postać z zerami niestabilnymi

$$G_{OB}(s) = \frac{\prod_j (1-\tau_{j0}s)}{\prod_k (T_{k0}s+1)} e^{-T_{o0}s}, \quad T_{k0} \geq T_{k+1,0} > 0, \quad \tau_{j0} \geq 0 \tag{15}$$

to na podstawie „reguły połowy" dla transmitancji (12) otrzyma się

$$T_1 = T_{10} + \frac{T_{20}}{2}, \quad T_o = T_{o0} + \frac{T_{20}}{2} + \sum_{k\geq 3} T_{k0} + \sum_j \tau_{j0} \tag{16}$$

lub dla transmitancji (2)

$$T_1 = T_{10} + \frac{T_{20}}{2}, \quad T_o = T_{o0} + \frac{T_{20}}{2} + \sum_{k\geq 3} T_{k0} + \sum_j \tau_{j0} \tag{17}$$

Uproszczenie transmitancji z zerami stabilnymi jest bardziej złożone i można go znaleść w publikacjach [3, 4].

Przykład obliczeniowy

Dla obiektu o transmitancji

$$T_1 = T_{10}, \quad T_2 = T_{20} + \frac{T_{30}}{2}, \quad T_o = T_{o0} + \frac{T_{30}}{2} + \sum_{k\geq 4} T_{k0} + \sum_j \tau_{j0} \tag{18}$$

należy dobrać nastawy regulatorów PI i PID na podstawie metody SIMC (stałe czasowe podano w sekundach).

Rozwiązanie:

Na podstawie „reguły połowy" można pisać (T_{10} = 10, T_{20} = 6, T_{30} = 4, T_{40} = T_{50} = 2, T_{o0} = 0, k_1 = 1, τ_{10} = 1):

a) Transmitancja zastępcza (12) [16]:

$$T_1 = T_{10} + \frac{T_{20}}{2} = 13\,\text{s}, \quad T_o = T_{o0} + \tau_{10} + \frac{T_{20}}{2} + T_{30} + T_{40} + T_{50} = 12\,\text{s}$$
$$G_{OB}(s) = \frac{1-s}{(10s+1)(6s+1)(4s+1)(2s+1)^2} \approx \frac{1}{13s+1}\mathrm{e}^{-12s} \tag{19}$$

Ponieważ $T_1 < 8T_o$, to na podstawie wiersza 2 w tabeli 2 otrzyma się

$$k_P^* = 0{,}54; \quad T_i^* = 13\,\text{s}$$

b) Transmitancja zastępcza (2) [17]:

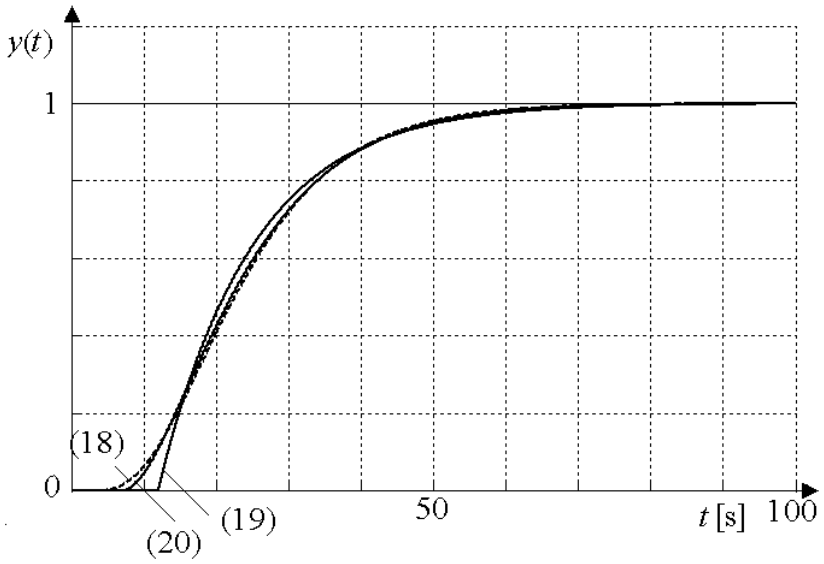
$$T_1 = T_{10} = 10\,\text{s}, \quad T_2 = T_{20} + \frac{T_{30}}{2} = 8\,\text{s}, \quad T_o = T_{o0} + \tau_{10} + \frac{T_{30}}{2} + T_{40} + T_{50} = 7\,\text{s}$$
$$G_{OB}(s) = \frac{1-s}{(10s+1)(6s+1)(4s+1)(2s+1)^2} \approx \frac{1}{(10s+1)(8s+1)}\mathrm{e}^{-7s} \tag{20}$$

Ponieważ $T_1 < 8T_o$, to na podstawie wiersza 6 w tabeli 2 otrzyma się

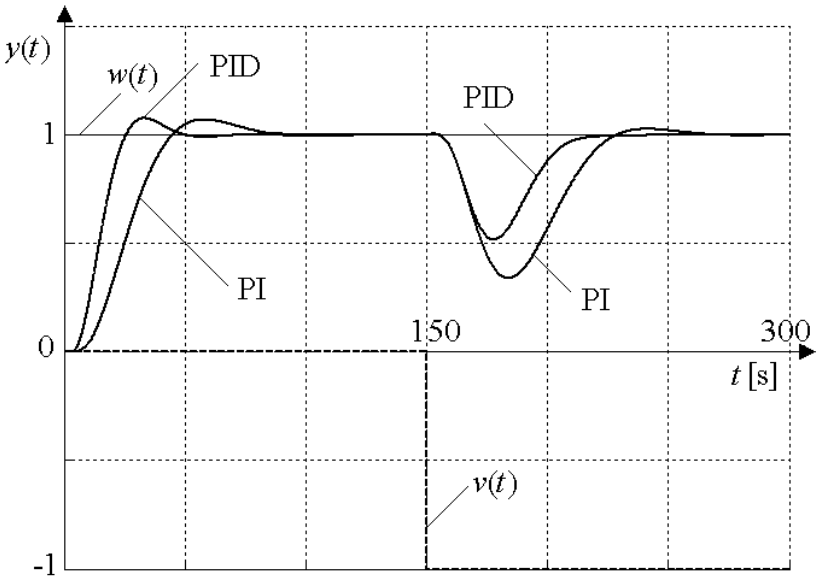
$$k_P^* = 1{,}29; \quad T_i^* = 18\,\text{s}; \quad T_d^* = 4{,}44\,\text{s}$$

Charakterystyki skokowe uzyskane na podstawie transmitancji oryginalnej (18) i transmitancji uproszczonych (19) i (20) pokazano na rycinie 2. Wynika z niego, że zgodność między tymi charakterystykami jest zadowalająca.

Odpowiedzi skokowe układu na jednostkowe skokowe zmiany wielkości zadanej $w(t) = \eta(t)$ i zakłócającej $v(t) = -\eta(t\text{-}150)$ przedstawiono na rycinie 3. Z przebiegów tych wynika, że nawet dla bardzo grubych uproszczeń transmitancji obiektów otrzymano zadowalające wyniki, które świadczą o dobrej możliwości zastosowania metody SIMC w praktyce inżynierskiej.



Ryc. 2. Charakterystyki skokowe obiektu dla różnych uproszczeń



Ryc. 3. Odpowiedzi układu regulacji na skokowe zmiany wielkości zadanej i zakłócającej

Dla metody pożądanego modelu [8] dla jednakowego uproszczenia transmitancji oraz dla przeregulowania względnego około $\kappa \approx 0{,}05$ uzyska się jednakowe przebiegi.

Wnioski

W artykule stosunkowo szczegółowo opisany jest dobór nastaw analogowych regulatorów konwencjonalnych metodą SIMC dla powszechnie spotykanych obiektów. Prostota i uniwersalność metody SIMC zapowiadają jej szerokie zastosowanie w praktyce regulacyjnej.

Dla proporcjonalnych obiektów nieoscylacyjnych z inercją pierwszego i drugiego rzędu i opóźnieniem przy spełnieniu warunku $T_1 \leq 8T_o$ metoda SIMC dla przeregulowania względnego około 5% jest równoważna metodzie pożądanego modelu [5, 8].

Bibliografia

[1] Arbogast J., Cooper D.J., Rice R.C., *Model – Based Tuning Methods for PID Controllers*, http://www.bin95.com/PID_Controller_Desing.htm, dostęp: 1995

[2] Ogunnaike B.A., Ray W.H., *Process Dynamics, Modeling and Control*, Oxford University Press, New York–Oxford 1994

[3] Skogestad S., *Probably the best simple PID tuning rules in the world*, paper no. 276h presented at AIChE Anual meeting, Reno, NU, USA, November 19, 2001, pp. 1–28

[4] Skogestad S., *Simple analytic rules for model reduction and PID controller tuning*. Journal of Process Control 13 (2003), pp. 291–309

[5] Šulc B., Vítečková M., *Teorie a praxe návrhu regulačních obvodů*, Vydavatelství ČVUT, Praha 2004

[6] Vítečková M., *Využití metod inverze dynamiky při syntéze systémů řízení*, Kandidátská disertační práce, FS VŠB – TUO, Ostrava 1992

[7] Vítečková M., *Syntéza číslicových a analogových regulačních obvodů metodou inverze dynamiky*, Habilitační práce, FS VŠB – TUO, Ostrava 1996

[8] Vítečková M., Jaracz K., *Metoda doboru nastaw regulatorów przy pożądanym modelu matematycznym układu regulacji,* Anales Academiae Paedagogicae Cracoviensis. Studia Technica I, Folia 32, s. 129–135, Wyd. Nauk. Akademii Pedagogicznej, Kraków 2006

[9] Vítečková M., *Jednoduché seřízení regulátorů metodou SIMC*. AT&P journal PLUS, 2/2006, s. 50–54

[10] Ziegler J.G., Nichols N.B., *Optimum Settings for Automatic Controllers*, Transactions of the ASME, November 1942, pp. 759–768

Controller tuning by SIMC method

Abstract

The article deals with the simple analog controller tuning method SIMC on the basis of the simplified plant transfer functions which was developed by S. Skogestad. The SIMC method gives good control quality, which assumes its wide application in industrial practice. The use is shown in the example.

Key words: controller tuning, SIMC method, time delay, PID

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Jerzy Zieliński[1]

Techniczne i psychofizyczne problemy zobrazowań wirtualnych

Pierwsze badania nad nowymi, możliwie wiernie odtwarzającymi rzeczywistość systemami zobrazowania finansowane były przez lotnictwo, które potrzebowało nowych rozwiązań dla systemów treningowych. Jednocześnie w samolotach wojskowych pojawiający się problem zobrazowania w czasie lotu – kiedy to jednoczesną obserwację przez pilota wielu przyrządów: radaru, otoczenia, celu – rozwiązano, zastępując jednym kompilowanym przez komputer obrazem. Równocześnie najtańsze i najprostsze wersje rozwiązań VR zaczęto stosować masowo w coraz bardziej zaawansowanych grach komputerowych.

Obecnie rynek zapotrzebowań na systemy VR (*virtual reality*) jest bardzo duży i obejmuje m.in. medycynę, reklamę, architekturę i projektowanie wnętrz, nauczanie, rozrywkę, gry, technologię – zwłaszcza na etapie opracowania nowych konstrukcji – symulacje i telewizję.

500,0 ┐

Ryc. 1. Wykorzystanie systemów hełmofonowych na sali operacyjnej i przez pilotów wojskowych – przykłady

[1] Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie, Instytut Techniki.

Wymagania na układy zobrazowania „wirtualnej rzeczywistości"

Aby jednoznacznie rozumieć, co mamy na myśli, posługując się stwierdzeniem „wirtualna rzeczywistość" (VR), musimy to pojecie – mimo jego ciągłych zmian i modyfikacji – określić i zdefiniować. Jak podał R. Holmes [1] w 1997 roku:

> Wirtualna rzeczywistość jest matematycznie skonstruowanym, generowanym komputerowo trójwymiarowym obrazem, składającym się z modelu geometrycznego i otaczającego środowiska z tym wszystkim, co użytkownik może odebrać w rzeczywistym czasie (10 klatek na sekundę lub szybciej).

Jest to więc swoista komputerowa „stop-klatka" otoczenia. Typowe cechu VR zestawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Cechy charakterystyczne wirtualnej rzeczywistości (VR)

1.	Zobrazowanie trójwymiarowe
2.	100% interakcyjności
3.	Wejście do innego światła („zanurzenie")
4.	Korzystanie z wielu źródeł (detektorów) (obraz, dotyk, słuch)

Już z tego krótkiego zestawienia widać, z jak złożonym problemem mamy do czynienia. Zobrazowanie VR obejmuje bowiem całą gamę zastosowań – od bardzo złożonych i widowiskowych gier komputerowych, poprzez różnego rodzaju trenażery, np. do szkolenia pilotów samolotów pasażerskich, układy do symulacji „trójwymiarowych", a skończywszy na systemach hełmofonowych wykorzystywanych przez pilotów wojskowych.

Przedmiotem niniejszej pracy są tzw. systemy immersyjne, czyli całkowicie „odcinające" obserwatora od otoczenia. Są to systemy uwalniające operatora sprzętu od konieczności jednoczesnej obserwacji wielu obiektów (ekranów) i wykonywania jakościowo różnych czynności, jak słuchanie, patrzenie, ruch dźwigni, pokręteł. Jednocześnie, montując displej w okularach hełmu, mamy możliwość uzyskania obrazu stereoskopowego, bez konieczności sztywnego usadzania operatora. Oczywiście ten „komfort" jest okupiony komplikacją budowy hełmu.

Dodatkowo musimy zauważyć, że w miarę realne odtworzenie obrazu otaczającego świata – wykorzystujące w pełni możliwości naszego wzroku – jest możliwe dopiero przy wykorzystaniu displeja o rozdzielczości 4800x3800 pikseli (osobnych punktów obrazu) [2]. W chwili obecnej nawet monitory telewizji HD (wysokiej rozdzielczości) nie dysponują takimi rozdzielczościami.

Czynniki fizjologiczne w zobrazowaniach VR

Systemy VR „współpracują" z naszym najważniejszym organem, a mianowicie mózgiem. Współpraca ta odbywa się za pośrednictwem innego bardzo ważnego organu – zmysłu wzroku. W systemach VR obraz „widziany przez mózg" jest tak naprawdę złożeniem „sztucznie generowanych" obrazów i nie znajduje on

odbicia w odczuciach innych zmysłów, w tym zmysłu równowagi. Siedząc wygodnie w nieruchomym fotelu, możemy zatem widzieć, że jedziemy „kolejką górską" lub skoczyliśmy w przepaść. Takie stany nie są obojętne dla organizmu i u znacznej grupy obserwatorów mogą wywołać np. chorobę lokomocyjną lub epilepsję. Dodatkowo na te negatywne reakcje organizmu mają wpływ migotanie obrazu, jego nierównomierna jasność, błyski punktów adresowanych itp.

Epilepsja jest poważnym problemem wśród korzystających dłużej z VR, bowiem mimo że tylko 0,5% społeczeństwa cierpi na aktywną postać tej choroby (padaczka, epilepsja), to 5% miewa pojedyncze ataki w przypadku, gdy zostanie odizolowana od otoczenia. Niestety jednym z dodatkowych czynników pobudzających niekorzystnie organizm jest „migotanie" obrazu właściwe dla pracy części displejów (np. CRT). Migotanie obrazu jest czynnikiem zdecydowanie niekorzystnym – przy czym krańcowo niekorzystne jest migotanie o częstotliwości 7÷30 Hz [3]. Stąd tendencja do wykorzystywania innych wyświetlaczy, np. LCD.

Kolejnym negatywnym skutkiem korzystania z VR może być choroba lokomocyjna. Objawy, takie jak nudności, wymioty czy dezorientacja pojawiły się u pierwszych pilotów trenujących na trenażerach i były opisane już w połowie lat 50. Przyczyny są analogiczne, jak opisane powyżej i wynikają z istoty sposobu zobrazowania. Najogólniej, przyczyną choroby lokomocyjnej jest brak stopniowej adaptacji organizmu (mózgu) do nowych warunków. Zakładamy „okulary" i natychmiast zmieniają się docierające do nas bodźce. Jednocześnie nie zawsze bodźce odbierane przez wzrok są zgodne z odbieranymi przez inne zmysły – np. za pośrednictwem wzroku odbieramy gwałtowny skręt, zjazd lub wznoszenie się, ale pozostałe zmysły nie odbierają bodźców, do których w takim przypadku jest przyzwyczajony organizm. Zjawiskom tym towarzyszy znaczne ograniczenie pola widzenia w stosunku do tego, do którego jesteśmy przyzwyczajeni [4].

Niezależnie od tych objawów chorobowych, u osób często korzystających z systemów VR może nastąpić swoista akomodacja (konwergencja) mózgu do innego widzenia świata.

Problemy akomodacji i konwergencji wynikają z zasadniczej różnicy odbioru obrazu trójwymiarowego w rzeczywistości i jego „złudzenia" realizowanego w systemie komputer–displej. W systemie generowane są dwa obrazy płaskie, których złożenie ma dać złudzenie (i tylko złudzenie) widzenia przestrzennego. W praktyce więc oszukujemy nasz mózg, który dodatkowo podświadomie rejestruje przechodzące z częstotliwością 1÷8 Hz pionowe lub poziome paski będące skutkiem adresowania wyświetlacza.

Podsumowując, droga (sposób) uzyskania obrazu przestrzennego w systemie na tyle znacząco różni się od normalnej fizjologii widzenia, że musi to powodować reakcję organizmu obserwatora [5]. Techniczne elementy służące zobrazowaniu, poza oczywistymi wymaganiami dotyczącymi jakości (kontrast, paleta barw, dynamika przełączeń itp.), powinny zatem w możliwie dużym stopniu eliminować sygnalizowane problemy fizjologiczne odbioru obrazu.

Techniczne rozwiązania displejów stosowanych w systemach „wirtualnej rzeczywistości''

Lampy elektronopromieniowe (CRT)

W immersyjnych systemach VR wcześniejszych generacji najczęściej stosowane były lampy CRT. Te najlepiej dopracowane i poznane typy displejów – dające obecnie najwierniejsze odtworzenie kolorów – w tych konkretnych zastosowaniach wykazują dużo wad praktycznie niemożliwych do usunięcia, bo wynikających z fizycznej istoty wykorzystanego w CRT efektu.

Lampa taka emituje pole magnetyczne, które może wpływać niekorzystnie zarówno na obserwatora ubranego w hełm, jak i na otaczające go sensory (czujniki) położenia głowy. Poza tym lampa wydziela pewne ilości ciepła, co skutkuje niekorzystnym ogrzaniem głowy obserwatora. Przytychwyżejwymienionychbezpośrednich skutkach, pozostałe pośrednie wynikające z wagi, wymiarów geometrycznych (a zwłaszcza głębokości) czy konieczności doprowadzenia do hełmu wysokiego napięcia są już mało istotne.

Wydzielane szkodliwe promieniowanie X, które jeszcze kilka lat temu stanowiło bardzo poważny problem, dzisiaj w dobie powszechnego wykorzystania monitorów o niskiej emisji [1] jest już na granicy akceptowalnej przez odbiorcę.

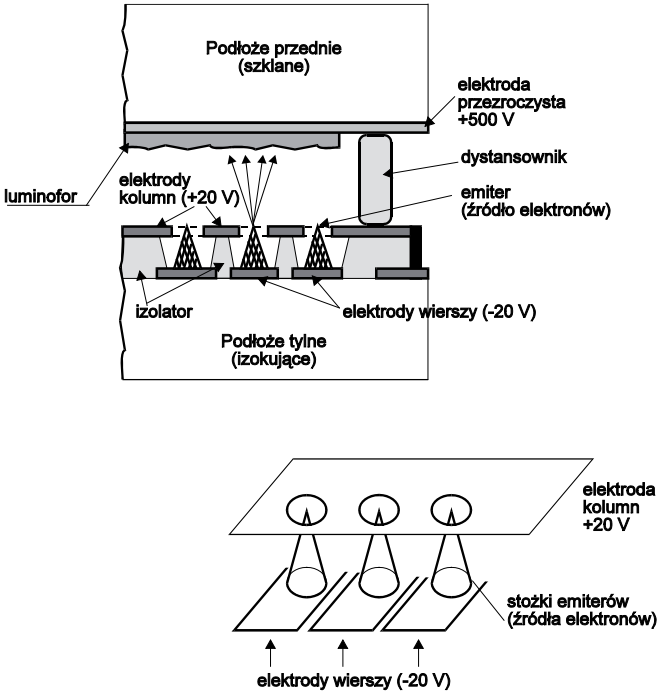
Podsumowując te właściwości monitorów CRT i dodając niewątpliwe zalety, do których należy możliwość uzyskania rozdzielczości -1000 linii/cal i stosunkowo niska cena, możemy stwierdzić, że displeje CRT w zastosowaniach do systemów hełmofonowych (HMD) spełniają postawione cele zaledwie w stopniu zadawalającym.

Displeje bazujące na emisji polowej – płaskie lampy kineskopowe FED

Walka z ewidentnymi wadami wyświetlaczy CRT, takimi jak waga, objętość, ciężar, trwały bardzo długo i dopiero koncepcja wykorzystania jako źródła elektronów adresowanej matrycowo wielopunktowej katody zaowocował opracowaniem modeli możliwych do praktycznego wdrożenia i produkcji. Displeje takie nazwane FED = *Field Emissive Display* (displeje bazujące na emisji „zimnych" elektronów pod wpływem pola elektrycznego), są, ogólnie patrząc, zbudowane w sposób przedstawiony na rysunku 1 [6].

Zimne katody w postaci igieł (stożków) metalicznych lub monokrystalicznych są umieszczone na dolnym podłożu. Napięcie adresujące przyłożone pomiędzy elektrodą wiersza i kolumny jest wystarczające do wywołania emisji elektronów z ostrza katody. Następnie elektrony te są przyspieszane w polu elektrycznym i docierają do warstwy luminoforu [1, 2].

Technologia ta jest na tyle ciekawa i obiecująca, że specjaliści sądzą, że w krótkim czasie ma szansę zastąpić, przynajmniej częściowo klasyczne objętościowe lampy elektronopromieniowe CRT. W tabeli 2 zestawiono zalety obu tych grup displejów klasycznego CRT i dodatkowe zalety płaskiego FED.



Ryc. 2. Schemat budowy displeja FED

Tab. 2. Cechy displejów FED

Właściwości displeja CRT	Dodatkowe zalety płaskiego FED
– pełna gama kolorów – pełna gama stopni szarości – wysoka jasność – szybka zmiana obrazu umożliwiająca odtwarzanie video – szeroki kąt widzenia obrazu – szeroki zakres temperatur i wilgotności	– cienkość i mała waga – dobra liniowość – brak szkodliwych pól magnetycznych – brak szkodliwego promieniowania X

Dodatkowo ekrany FED mają szanse być lekkie, zwarte konstrukcyjnie i mogą być zasilane mniejszymi napięciami i prądami, jak klasyczne lampy elektronopromieniowe.

Natomiast do pełnego rozwiązania problemu wielkoseryjnej produkcji tego typu wyświetlaczy pozostało jeszcze:

– opracowanie technologii fotolitografii o dokładności lepszej od 1 μm na dużych powierzchniach,

– opanowanie wydajnej i taniej technologii półprzewodnikowej na dużej powierzchni,

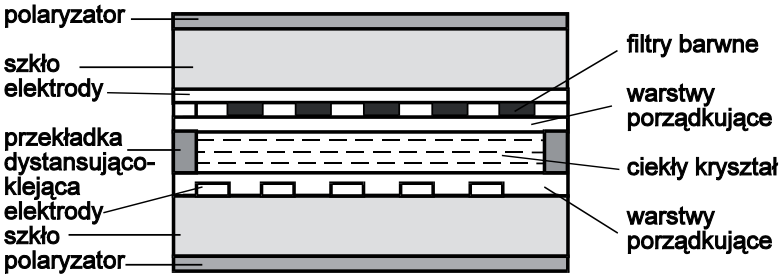
– zwiększenie gęstości ostrzy emitujących elektrony (budowa, materiał, technologia),

– opracowanie nowych materiałów luminoforów, wydajnych przy pobudzaniu niskonapięciowym.

Displeje ciekłokrystaliczne

Displeje – wyświetlacze ciekłokrystaliczne – od początku lat 90. opanowują coraz to nowe dziedziny zastosowań. Dzisiaj normalnym widokiem są kilkudziesięciocalowe monitory HDTV.

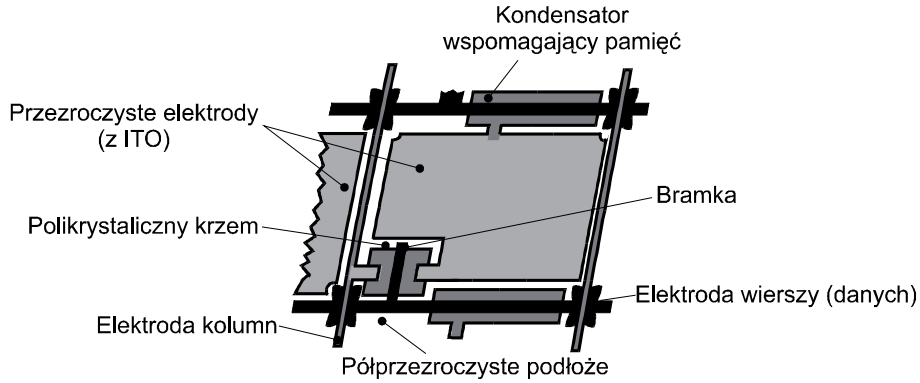
Typowy przetwornik ciekłokrystaliczny jest przedstawiony na rycinie 2.



Ryc. 3. Schemat budowy typowego wyświetlacza ciekłokrystalicznego

Jak widać, jego budowa jest stosunkowo prosta, zwarta konstrukcyjnie, a co najważniejsze wyświetlacz jest cienki i lekki. Grubość jego jest praktycznie równa grubości użytego na podłoża szkła, pozostałe warstwy mają bowiem w sumie mniej niż 10 μm grubości [7].

Niestety w wyświetlaczach graficznych tak proste rozwiązania – ze względu na łagodną statyczna charakterystykę elektrooptyczna i długie czasy przełączania (5–15ms) – nie są wystarczające. Adresowanie wyświetlaczy graficznych jest możliwe tylko za pomocą tzw. „matrycy aktywnej", czyli wbudowanego w wyświetlacz układu adresującego każdy punkt. Schemat takiego układu dla jednego punktu obrazu przedstawiono na rycinie 3.



Ryc. 4. Schemat budowy wyświetlacza AM LCD – jeden punkt obrazu.

Adresowanie matrycy tranzystorów odbywa się zatem z szybkością właściwą dla układów elektronicznych (μs–ns), a układ tranzystora adresuje warstwę ciekłego kryształu w optymalny dla jej własności sposób. Warstwa ciekłego kryształu staje się jednym z „elementów" tranzystora, powoduje to konieczność zachowania

stabilnych parametrów co najmniej przez 100 000 godzin, co dla mieszanin związków organicznych nie jest sprawa banalną [8].

W systemach VR dodatkowo pojawia się problem dużego obszaru, na którym nie ma elektrody. Typowa apertura wyświetlacza adresowanego matrycą aktywną (czyli stosunek powierzchni czynnej piksela do całej powierzchni) wynosi 40–60%.

Stosowane w systemach VR wyświetlacze bazują na typowych technologiach stosowanych do wykonania mikrodisplejów ciekłokrystalicznych, a są to technologie krzemu amorficznego lub polikrystalicznego. W tych systemach nie wykorzystuje się praktycznie przetworników na monokrystalicznym krzemie.

Obecnie najczęściej wykorzystywaną technologią w displejach dostępnych na rynku jest technologia polikrystalicznego krzemu. Najogólniej patrząc, w tej technologii podłoże z adresującymi układami jest wykonywane klasycznymi technologiami układów scalonych na płytkach krzemowych o średnicy 6 lub 8 cali.

Kolejnym bardzo obiecującym kierunkiem badań jest opracowanie technologii niskotemperaturowego krzemu polimorficznego (LTPS = *Low Temperature – Polysilicon AMLCD*), umożliwiającej wykonanie warstw, a zatem również struktur na podłożach szklanych o wymiarach 400x500 mm. Pozwala to na znaczne obniżenie ceny przetwornika przy zachowaniu dobrych parametrów elektrycznych. Dominującą natomiast obecnie technologią są displeje realizowane na podstawie wysokotemperaturowej technologii krzemu. Oferują one w pełni kolorowy obraz o wysokim kontraście i dużej dynamice zmian, a jednocześnie zadowalają się napięciami zasilającymi i adresującymi rzędu 5–8 V i bardzo małym poborem mocy. Jednocześnie displej taki jest płaski i lekki, a obraz nie płynie (jest *flicker-free*). Dodając zatem do tego niskie koszty produkcji, displeje AM TFTLCD niewątpliwie należą do czołówki nowych płaskich wyświetlaczy, które mogą być wykorzystywane w immersyjnych systemach VR [9].

Displeje elektroluminescencyjne

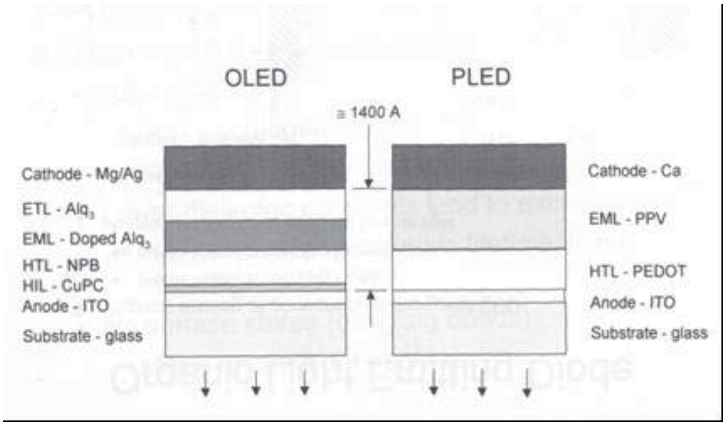
Displeje elektroluminescencyjne za sprawą wprowadzenia na rynek wyświetlaczy bazujących na materiałach organicznych przeżywają drugą młodość i gdyby nie ciągle ograniczony czas ich pracy, już dziś stanowiłyby realne zagrożenie dla wyświetlaczy ciekłokrystalicznych. Ogólnie rzecz ujmując, zjawisko elektroluminescencji polega na zamianie zimnej (nietermicznej) energii elektrycznej na energię promieniowania.

Dzisiaj, poza już ustabilizowanymi na rynku wyświetlaczami opartymi na warstwach nieorganicznych [10] coraz częściej pojawiają się displeje elektroluminescencyjne realizowane na podstawie warstw organicznych. Są one realizowane dzieki przetwornikom z tak zwanymi warstwami organicznymi (OLED) lub polimerowymi (PLED).

Oba typy przetworników LED, zarówno organiczne LED'y (OLEDs), jak i polimerowe LED'y (PLEDs) są zbudowane i działają na podstawie takich samych podstaw fizycznych. Ich budowa została schematycznie przedstawiona na rycinie 4. W obu przypadkach występuje elektroda ITO, która ze względu na wysoką wartość pracy wyjścia jest dobrym emiterem dziur, katoda jest metaliczna i pełni role emitera elektronów. Również w obu przypadkach właściwa „aktywna" warstwa z materiału organicznego ma około 140 mm. Bardziej złożona jest struktura OLED.

W tym przypadku pierwszą warstwą nałożoną na elektrodę ITO jest cienka (15–20 nm) warstwa buforująca lub wstrzykująca dziury, kolejna o grubości 50–60 nm spełniała rolę warstwy transportującej dziury. Właściwa warstwa emitująca ma grubość 35–40 nm i jest wykonana z Alq_3 domieszkowanego organicznym barwnikiem. Następna warstwa wykonana z niedomieszkowanego Alq_3 o grubości 35–40 nm jest wykorzystywana jako transportująca elektrony i buforująca – izolująca warstwę emitującą do metalicznej katody.

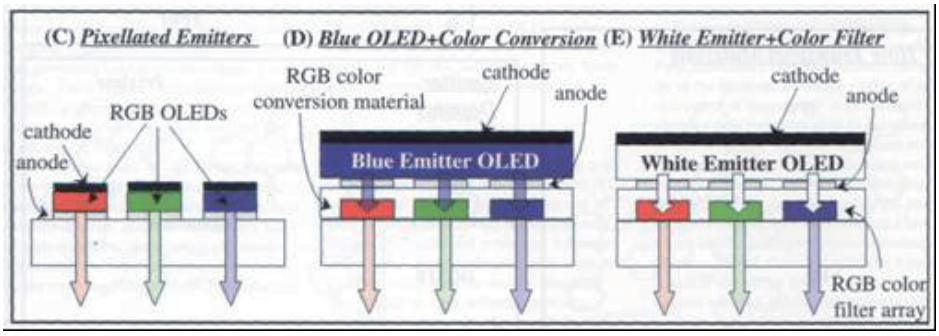
Struktura PLED jest prostsza i ogólnie patrząc, składa się z dwóch warstw organicznych nałożonych na elektrody ITO: pierwszej, spełniającej rolę transportera dziur, oraz drugiej, PPV, formowanej na drodze polimeryzacji. Również w tym przypadku całkowita grubość warstw organicznych wynosi około 140 nm.



Ryc. 5. Budowa wyświetlaczy OLED i PLED (schemat)

Dodatkową zaletą jest stosunkowo łatwy sposób budowy wyświetlaczy barwnych. Istnieją trzy układy umożliwiające uzyskanie zobrazowania barwnego (ryc. 5):

– wykorzystanie białego emitera i filtrów,
– wykorzystanie niebieskiego emitera i warstw (barwników) reemitujących,
– wykorzystanie trzech różnych emiterów.



Ryc. 6. Schemat możliwych sposobów uzyskiwania zobrazowania barwnego w organicznych LED-ach

Rozwiązanie pierwsze jest potencjalnie proste i pozwala na wykorzystanie doświadczeń i technologii opracowanych dla displejów ciekłokrystalicznych i kamer CCD. Wadą użycia filtrów natomiast jest pochłanianie co najmniej 2/3 światła, co znacznie ogranicza jasność obrazu.

W rozwiązaniu drugim (opracowanym przez KODAK i Idemitsu Kosan) wykorzystuje się niebieski emiter, a w miejscu filtrów pojawiają się warstwy pochłaniające światło niebieskie i reemitujące odpowiednio światło zielone i czerwone.

Oczywiście najwydajniejszą techniką uzyskania obrazu barwnego jest wykorzystanie trzech niezależnych emiterów. W tym przypadku pojawia się jednak na razie nie rozwiązany problem naniesienia matrycy barwnych emiterów. Dla displejów o dużych wymiarach piksela w technologii OLED wykorzystuje się w tym celu naparowanie przez maskę, a dla displejów PLED nadruk.

Największe obecnie problemy występujące przy wykorzystywaniu OLED do budowy displejów, zwłaszcza tych o większej liczbie pikseli, jest niekompatybilność konwencjonalnej fotolitografii stosowanej dla elektrod i materiału aktywnego. W displeju mamy złożenie warstw metalicznych, półprzewodnikowych i organicznych warstw aktywnych. Tak więc najczęściej oddzielnie (w innym układzie) są wykonywane procesy fotolitografii elektrod, w innym zaś obróbka warstw organicznych.

Dodatkowe problemy to higroskopijność materiałów aktywnych i krótki (do 10 000 godzin) czas ich pracy.

Ogólne właściwości displejów VR

To, że displeje do systemów immersyjnych (hełmofonowych) muszą się różnić od tych obserwowanych z pewnej odległości, np. monitorów komputerowych lub video, jest sprawą oczywistą. Poniżej przedstawione zostaną wybrane zagadnienia dotyczące wymagań na displeje VR.

Podświetlenie jest konieczne dla displejów pasywnych (ciekłokrystalicznych). Są to płaskie panele (*flat cold cathode backlight panels*), które oferują lepsze parametry w stosunku do wcześniej wykorzystywanych miniaturowych lamp fluorescencyjnych. Pojawiają się jednak rozwiązania tańsze, cieńsze, lżejsze i mniej ogrzewające otoczenie – są to specjalne tworzywa (fotopolimery), emitujące światło o prawie białym widmie.

Rozdzielczość jest ściśle związana z ilością wyświetlanych punktów obrazu i, oczywiście, im większa rozdzielczość, tym większa dokładność odtworzenia obrazu.

W systemach VR o stosunkowo małej rozdzielczości ze względu na bardzo bliskie umieszczenie displeja przy oku, powstawaniu obrazu towarzyszy szkodliwy efekt pikselizacji. Polega on na tym, że obserwator widzi obraz punktowy, dodatkowo „skażony" rozdzielnym widzeniem poszczególnych pól barwnych. Dlatego też konieczne jest wprowadzenie dyfuzora, który by ujednorodniał obraz.

Problem dodatkowego dyfuzora zaczyna znikać w miarę wprowadzania displejów o większej rozdzielczości – oko ludzkie może bowiem rozróżnić jako różne punkty widziane pod kątem 1'30'' (jeśli będą wyświetlane przez 50% czasu obserwacji). Pewien wpływ na poprawę odczucia odbioru obrazu może mieć również kształt punktu obrazowego. I tak, zamiast typowych kwadratowych (prostokątnych)

punktów realizowanych w klasycznych monitorach, w displejach dla hełmofonów postuluje się punkty heksagonalne, które pozornie zbliżają do siebie poszczególne punkty obrazu, likwidując szkodliwe wrażenie odczuwane przez obserwatora.

Transmisja światła od źródła do oka jest parametrem limitującym wagę i budowę całego hełmofonu. Jest to szczególnie ważne w przypadku displejów ciekłokrystalicznych, gdzie do transmisji warstwy, rozumianej jako transmisja układu polaryzator, szkło, elektrody, filtry barwne, warstwy porządkujące ciekły kryształ itd., dochodzi jeszcze znaczne zmniejszenie transmisji wynikające z zajęcia znacznej powierzchni czynnej przez nieprzeźroczystą strukturę tranzystora polowego.

W pierwszych konstrukcjach tranzystor zajmował około 60% powierzchni, co już u podstaw zmniejszało transmisję co najmniej dwukrotnie. Obecne rozwiązania zmniejszają tę powierzchnię do 25–40% (mimo jednoczesnego zmniejszenia wymiarów pojedynczego piksela).

Problem transmisji światła w sumie odbija się na trwałości przyrządu (hełmofonu), do oka musi bowiem dotrzeć określona ilość światła. Im więc mniejsza transmisja, tym mocniejsze musi być źródło. Im mocniejsze źródło, tym krótszy czas jego pracy. W krańcowym przypadku dochodzimy do czasu pracy układu oświetlającego, a zatem również całego hełmofonu, rzędu 5000–10 000 godzin.

Pole widzenia jest kolejnym parametrem charakteryzującym displej immersyjny do obserwacji wirtualnej rzeczywistości. Optymalne typowe dla człowieka pole widzenia jest w rzeczywistości zakłócone zarówno w kierunku pionowym, jak i poziomym przez wymiary samego displeja, który z reguły jest kwadratowy (lub prostokątny), oraz towarzyszące temu zniekształcenia obrazu na obrzeżach pola widzenia.

Typowe **wymiary displejów** wykorzystywanych w systemach hełmofonowych to 1–2''. Displeje mniejsze od 0,5'' są stanowczo za małe, aby zapewnić dobre widzenie, zwłaszcza to pseudoprzestrzenne. W tak małych displejach praktycznie nie ma możliwości uzyskania częściowego pokrycia obszarów widzenia. U dorosłego człowieka odległość źrenic to około 63 mm i to limituje zarówno rozmieszczenie, jak i wymiar displejów.

Natomiast displeje większe od 3,5'' są za duże i za ciężkie (oczywiście wraz z układem oświetlającym), aby móc je montować w hełmofonie. Również widoczny jest znaczny wzrost ceny źródeł światła, zwłaszcza tych o średnicach powyżej 2 cali.

Częstość powtarzania obrazu stosowana zwykle w telewizji to 25 obrazów na sekundę, dodatkowo podwojona przez wybór półobrazów do 50. Taka częstotliwość ze względu na długie czasy przełączenia w przypadku displejów LCD jest praktycznie nieosiągalna. Dlatego też barierę stanowi czas reakcji oka, które nie rozróżnia jako osobnych obrazów powtarzanych z częstotliwością większą od 12 Hz, czas powstawania obrazów musi być zatem krótszy od 40 ms. Omawiany wcześniej system Visette 2000 w temperaturze 25^0C wykazuje czas reakcji właśnie 40 ms.

Alternatywne rozwiązania dla immersyjnych systemów VR

Omówione powyżej systemy immersyjne są w pewnym sensie najpełniejsze i najdoskonalsze. Praktycznie uniezależniają obserwatora od wpływu otoczenia. Przekazywany obraz jest niezależny od tego, czy poruszamy się w pełnym słońcu

w dzień, czy w gęstej mgle w nocy. Ale to, co jest z jednej strony zaletą, może być jednocześnie bardzo poważną wadą.

Przykładowo: pilot samolotu ma na głowie ciężki hełm, który przy wykonywaniu manewrów z przyspieszeniami 9 g może spowodować urazy kręgosłupa, a zawsze stanowi bardzo poważne obciążenie. Poprzez całkowite odcięcie od otoczenia pilot „nie widzi" kabiny ani realnej rzeczywistości, a przekazanie wiarygodnego obrazu wymaga stosowania wielokanałowego pozyskiwania informacji, a następnie złożonego jej przetwarzania w systemach komputerowych.

Najchętniej wykorzystywana obserwacja w podczerwieni „nie widzi" linii energetycznych (groźnych dla pilotów lecących na niskich wysokościach lub dla pilotów śmigłowców), tak więc system musi być wzmocniony obserwacją radarową, a komputer – nakładać na siebie te dwa obrazy.

System hełmofonowy z całkowitym odcięciem od otoczenia – (*immersive HMD*) – nie jest zatem jedynym uniwersalnym rozwiązaniem. Dla tej grupy użytkowników, którzy nie mogą całkowicie zrezygnować z obserwacji otoczenia lub nie chcą tego robić, pojawia się ekwiwalentne rozwiązanie tak zwanych układów wzmacniających (*aungmented HMD*) [11]. Charakteryzują się one tym, że displej zajmuje tylko część pola widzenia i wyświetlane na nim są tylko te informacje, których obserwator nie widzi gołym okiem. Displej ten spełnia rolę okienka informatycznego w normalnym polu widzenia.

Oczywiście biorąc pod uwagę fakt, że zobrazowywana jest informacja graficzna i alfanumeryczna, a nie obrazowa, displej może charakteryzować się mniejszą rozdzielczością, a zatem również ceną.

Podsumowanie

Przedstawione problemy wynikające z psychofizycznego oddziaływania displeja na organizm człowieka i techniczne możliwości ich pokonania stanowią o istocie rozwoju nowej technologii zobrazowań wirtualnej rzeczywistości dla potrzeb nowoczesnej techniki, medycyny i sztuki.

Jednocześnie pojawia się problem kosztów i możliwości technicznych systemów towarzyszących, które muszą z wielu źródeł informacji złożyć obraz optymalny z punktu widzenia obserwatora. Dodatkowo obraz ten, mimo że jest w pełni sztuczny (złożenie widzenia w zakresie widzialnym podczerwieni, obrazu radarowego i elektronicznych przyrządów pomiarowych), powinien możliwie nieznacznie różnić się od tego, co obserwator zwykł widzieć realnie. W zastosowaniach medycznych jest to złożenie obrazu z kilku kamer z obrazem badań diagnostycznych: rentgenowskich, USG, tomografii itp.

Bibliografia

[1] Holmes R., *Head-mounted display technology in virtual reality systems*, [in:] *Display Systems*, Edited by L.W. Mac Donald and A.C. Lowe 1997 John WILEY & Sons Ltd.

[2] McKenna M., Zeltzer D., *There-dimensional visual display system for virtual environments*, Presence, vol. 1 no 4, 1992

[3] Binnie C.D., Jeavons P.M., *Photosensitivity epilepsy,* [in:] *Epileptic Syndromes in Infancy, Childhood and Adolescence*, 2nd edition, John LIBBEY, London and Pans 1992, pp. 299–305

[4] Howarth P.A., *Virtual Reality: an occupation health hazard of the future,* paper presented at RCN Occupational Nurses Forum, Glasgow Working for Health 1994

[5] Mon-Williams M., Wann J.P., Rushton S., *Binocular vision in a virtual world – visual deficits following the wearing of an HMD, Ophthalmic & Physiological Optics*, vol. 13, no 4, 1993, pp. 387–391

[6] Blazejewski E.R. i in., *Field Emitter Displays for Future High Requirements Applications*, SPIE Cocpit Displays III. Proc. of SPIE vol. 2734, 66, 1996

[7] Żmija J. , Zieliński J., Nowinowski-Kruszelnicki E., Parka J., *Displeje ciekłokrystaliczne – fizyka, technologie, zastosowanie*, PWN, Warszawa 1993

[8] Steemers H., *Fundamentals of Liquid Crystal Displays*, SID Short Course S-1, 1995

[9] Zieliński J., Olifierczuk M., "Do LCD have a chance to keep a leading position on the flat panel display market", XV Conference on Liquid Crystals, Zakopane, Polska 13–17.10.2003 r.

[10] Żmija J., Małachowski M.J., Zieliński J., Wacławek M., *Inżynieria materiałów organicznych w elektronice,* Chemia, Dydaktyka, Ekologia, Metrologia VR. 10. nr 1–2, 2005

[11] Holzel T., *Are Head - Mounted Displays Going Anywhere*, Information Display, vol. 15, no 10, p. 16–18, 1999

Technical and psychophysical problems of virtual visualisations

Abstract

Independently from universally applied of TV or computer monitors in our everyday life, it more and more often one need steps out possibly faithful reproducing the image of surrounding us world on completely different level. Virtual reality (VR) systems find in technique, medicine, art and entertainment more universally use. They are more and more perfect, more faithfully reproducing reality.

To their buildings be used both the of CRT lamp the how and the flat displays as – LCD, FED, EL. Technology of their realization undergoes the continuous modification. From one side deciding improves quality, from second displays are more and more cheaper, lighter and more reliable.

During works over VR systems it appears one more very serious problem. They are this of the observer's organism connected physiological reactions, from this that the vision "observed by brain" is the only illusion and the answering him stimuli from different senses do not reach.

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Jolanta Zielińska

Przygotowanie studentów kierunków nauczycielskich do wykorzystania potencjału e-edukacji w procesie samokształcenia

Specyfiką pracy nauczyciela jest twórczy charakter, a jej istotą podmiotowe traktowanie wychowanków i stymulowanie ich do rozwoju, samowychowania i samokształcenia. Jest to możliwe do osiągnięcia tylko wtedy, gdy sam nauczyciel doskonali swój warsztat pracy i ciągle pogłębia wiedzę [1]. Stąd tak ważnym elementem tego zawodu jest ciągłe dokształcanie się. Jedną z jego form jest autoedukacja, działanie samoedukacyjne i autokreatywne, istotny element kształcenia ustawicznego [2]. Przejście od uczenia się kierowanego do niekierowanego, czyli od heteronomii do autonomii w uczeniu się, jest zdeterminowane m.in. instytucjonalnie. Niemniej w samokształceniu istotniejszą rolę niż w kształceniu odgrywa samodzielność i samoświadomość podmiotu, czyli osoby uczącej się. Stąd wydaje się, że właśnie ta forma doskonalenia jest najbardziej przydatna i wskazana w zawodzie nauczyciela. Powstaje pytanie, czy czynni zawodowo nauczyciele korzystają z niej, w jakim zakresie, jakie media i dlaczego wykorzystują, realizując w praktyce autoedukację. Pozostaje mieć nadzieję, że zaprezentowane w pracy badania chociaż w części odpowiedzą na te i inne pytania dotyczące samokształcenia tej grupy zawodowej.

Cel badań

Celem badań było określenie znajomości, wykorzystania na co dzień i oczekiwań związanych ze stosowaniem różnego rodzaju mediów w procesie samokształcenia czynnych zawodowo nauczycieli, uczących w szkołach podstawowych bądź gimnazjalnych. Badania dotyczyły z jednej strony samego procesu samokształcenia, motywacji nauczycieli do podejmowania związanego z nim wysiłku i samoświadomości jego istotności w rozwoju zarówno osobowym, jak i zawodowym. Z drugiej strony obejmowały zagadnienia związane z udziałem w tym procesie różnego rodzaju mediów, rozległości i płaszczyzn ich zastosowań, dostępności, sposobów praktycznego wykorzystania oraz oczekiwań związanych z ich stosowaniem.

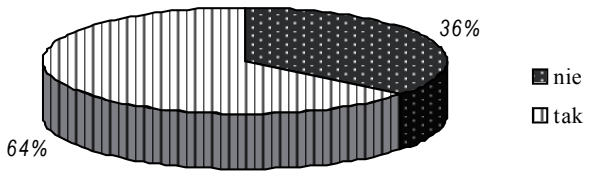
Materiał i metoda badawcza

Materiał badawczy stanowiła grupa 152 czynnych zawodowo nauczycieli, uczących w szkołach podstawowych lub gimnazjalnych województwa małopolskiego.

Uczyli oni wszystkich przedmiotów przewidzianych w programach szkolnych, przy czym 52% dwóch przedmiotów, pozostałe 48% jednego. Większość badanych nauczycieli, bo 81%, uczyło w miejscowościach liczących powyżej 500 tys. mieszkańców, 14%: 10–50 tys., 5%: poniżej 10 tys. Największą liczebnie grupę stanowili nauczyciele najmłodsi stażem, uczący w szkole 1–5 lat, pozostałe 28% badanych pracowało w szkolnictwie 11–15 lat, 12%: 16–20 lat, 16% powyżej 25 lat. Jako metody badawczej użyto ankiety, której kwestionariusz składał się z 17 pytań. Pytania posiadały różny charakter – od otwartych, półotwartych do zamkniętych. Wyniki opracowano za pomocą diagramów procentowych i tabel. Najciekawsze rezultaty badań przedstawiono w prezentowanej pracy.

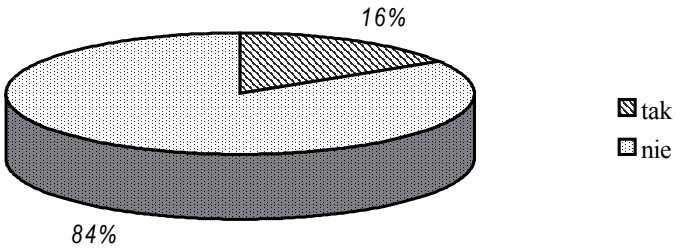
Wyniki badań

Uzyskane wyniki badań w pierwszej kolejności dotyczyły pojęcia samokształcenia, jego rozumienia przez ankietowanych oraz przewidywanych cech osobowościowych i warunków wspomagających efektywność autoedukacji. Większość badanych (98%) przez samokształcenie rozumiała samodzielne, dobrowolne i stałe doskonalenie swojej wiedzy i umiejętności w zawodzie nauczyciela poprzez udział w kursach, szkoleniach, warsztatach, na podstawie fachowej literatury, komputera, Internetu, ale także pogłębianie wiedzy ogólnej i związanej z własnymi zainteresowaniami. Pojęcie to kojarzono również z rozpoznawaniem celów rozwoju własnej osoby. Jako cechy wspomagające i decydujące o efektywności samokształcenia wymieniane były wytrwałość w dążeniu do celu (50%), chęć pogłębiania wiedzy, silna wola, ciekawość, ambicja, samodyscyplina, otwartość na świat i ludzi, systematyczność, samokrytycyzm, odpowiedzialność, upór, dokładność. Rzadziej w odpowiedziach pojawiała się inteligencja, obowiązkowość, predyspozycje umysłowe, determinacja, optymizm, wysoka motywacja, umiejętność komunikacji międzyludzkiej. Tylko jedna osoba wymieniła odpowiednio wysokie nakłady finansowe, czyli skupiła się na warunkach procesu, a nie na cechach osoby uczestniczącej w nim. Kolejne pytanie dotyczyło informacji, czy podczas studiów, czyli ostatniego zorganizowanego etapu kształcenia, ankietowany został przygotowany i zmotywowany do podjęcia podczas przyszłej pracy zawodowej samodzielnego procesu dokształcania się. Wyniki prezentuje wykres 1. Jak z niego wynika, znaczna część (64%) badanych nauczycieli została zmotywowana i przygotowana podczas studiów wyższych do podjęcia samokształcenia po ukończeniu studiów. Z uzyskanych odpowiedzi wynikało, że o sposobach samokształcenia dowiedzieli się oni głównie w ramach zajęć fakultatywnych. Brak było natomiast wyspecjalizowanych kursów organizowanych przez uczelnie dotyczących tej tematyki, a nawet jeśli miały miejsce, to obejmowały one zbyt mało godzin.



Wykres 1. Odpowiedź na pytanie „Czy podczas studiów został Pan/Pani przygotowany i zmotywowany do podjęcia podczas pracy zawodowej autoedukacji?"

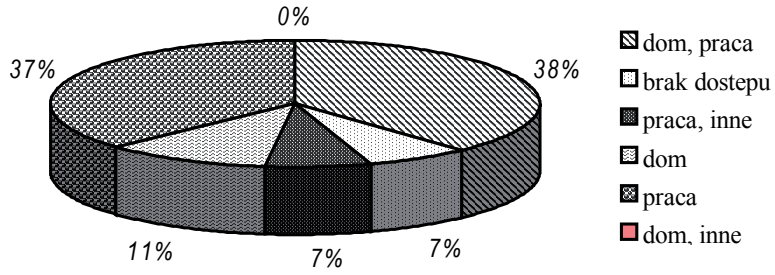
Następne pytanie pozwoliło uzyskać informacje, czy samokształcenie kojarzone jest przez badaną grupę nauczycieli głównie z ich rozwojem zawodowym. Wyniki przedstawia wykres 2.



Wykres 2. Odpowiedź na pytanie „Czy samokształcenie wiąże Pan/Pani głównie ze swoim rozwojem zawodowym"?

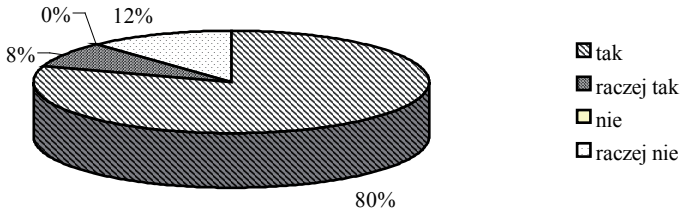
Uzyskane wyniki wskazały, że większość ankietowanych nauczycieli (84%) kojarzy samokształcenie z rozwojem zawodowym. Jako przyczynę podawano pracochłonność i czasochłonność zawodu nauczyciela, co nie pozwala na szersze rozwijanie pozazawodowych zainteresowań. Z rozwojem zawodowym łączyło się pytanie o motywacje do podejmowania działań autoedukacyjnych. Większość badanych podała, że do samokształcenia motywuje ich chęć podnoszenia kwalifikacji zawodowych. Na drugim miejscu znalazły się zainteresowania oraz własna satysfakcja, jako ostatni wymieniany był zysk finansowy.

Kolejne pytanie dotyczyło dostępu do Internetu jako nowoczesnego medium samokształcenia, z wymienieniem miejsc tego dostępu. Wyniki przedstawia wykres 3.



Wykres 3. Odpowiedź na pytanie „Czy posiada Pan/Pani dostęp do Internetu i gdzie?"

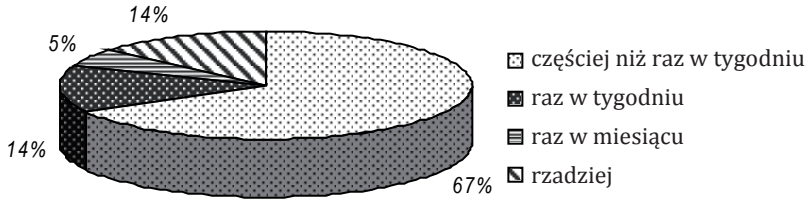
Zdecydowana większość ankietowanych (93%) posiada dostęp do Internetu – 38% w domu i w pracy, 37% tylko w pracy, czyli w szkole, pozostałymi wymienianymi miejscami były kafejki internetowe i domy znajomych. Bardzo mało, bo jedynie 7% badanych nauczycieli nie posiada możliwości korzystania z Internetu w razie zaistnienia takiej potrzeby. W dalszej kolejności oceniony został wpływ wykorzystania podczas samokształcenia Internetu na szybkość i efektywność tego procesu. Otrzymane wyniki przedstawia wykres 4.



Wykres 4. Odpowiedź na pytanie „Czy Internet wpływa w sposób znaczący na szybkość i efektywność autoedukacji?"

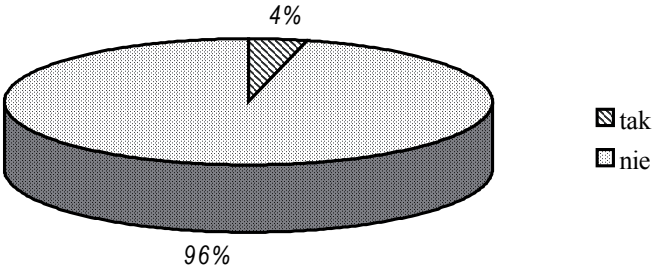
Jak można się było spodziewać, badani nauczyciele w przeważającej większości (80%) bardzo wysoko ocenili pozytywny wpływ nowoczesnego medium, jakim jest Internet, na szybkość i efektywność samokształcenia. Część ankietowanych (12%) była odmiennego zdania. Świadczy to o tym, że nauczyciele doceniają rolę Internetu w autoedukacji i jego zalety, niemniej nie kierują się w swojej ocenie ogólnie przyjętymi stereotypami, ale praktyką i własnym doświadczeniem.

Kolejne pytanie dotyczyło czynnego udziału nauczycieli w wymienianiu doświadczeń zawodowych poprzez forum dyskusyjne i częstotliwości podejmowania tego typu działań. Badania wykazały, że zdecydowana większość, bo 96% ankietowanych, wprawdzie z bardzo różną częstotliwością (wykres 5), ale korzysta z forum dyskusyjnego.



Wykres 5. Odpowiedź na pytanie „Jak często wymienia Pan/Pani doświadczenia zawodowe poprzez forum dyskusyjne?"

Jak wykazują badania, aż 67% nauczycieli korzystających z forum dyskusyjnego robi to częściej niż raz w tygodniu. Natomiast 14% rzadziej niż raz w miesiącu. Krańcowo różne od prezentowanych wyniki otrzymano, jako odpowiedź na pytanie o udział ankietowanych nauczycieli w wideokonferencjach. 100% z nich stwierdziło, że nigdy nie uczestniczyło w takiej formie dokształcania. Podobnie niskie, negatywne wyniki dotyczyły udziału w kształceniu na odległość. Prezentuje je wykres 6. Aż 96% badanych nie uczestniczyło w kształceniu na odległość, chociaż wie, na czym ono polega.



Wykres 6. Odpowiedź na pytanie „Czy brał Pan/Pani udział w kształceniu na odległość?"

Wyniki badań dotyczące rodzaju najczęściej wykorzystywanych przez nauczycieli mediów podczas procesu ich autoedukacji prezentuje tabela 1.

Tab. 1. Odpowiedź na pytanie „Jakie media najczęściej wykorzystuje Pan/Pani w procesie autoedukacji?"

książka drukowana	80
telewizja	55
radio	13
wideo	25
komputer	67
Internet	55
poczta elektroniczna	22
forum dyskusyjne	22
fotografia	22
programy multimedialne	55

Jak wykazały badania, wszyscy ankietowani nauczyciele najwyżej jako medium autoedukacji cenią sobie tradycyjna książkę. Na drugim miejscu znalazł się komputer, co przełożyło się na wykorzystanie Internetu i programów multimedialnych. Stosunkowo wysokie miejsce zajęła telewizja, najrzadziej stosowanym medium okazało się radio. Wideo zaznaczyli wszyscy nauczyciele wychowania fizycznego i niektórzy uczący biologii, geografii, chemii i fizyki. Tłumaczy to oczywiście specyfika wymienionych przedmiotów i udział w nich samokorekty i samooceny działania. Forum dyskusyjne, poczta elektroniczna i fotografia zajęły niewysokie, równorzędne miejsca.

Wnioski i postulaty

Z badań wynika, że wszyscy ankietowani nauczyciele podejmują, choć w różnym stopniu, wysiłki związane z autoedukacją. Rozumieją oni potrzebę, a nawet konieczność samokształcenia, pojmowanego z uwagi na specyfikę ich grupy

zawodowej, jako samodzielne, dobrowolne i stałe doskonalenie wiedzy i umiejętności w zawodzie nauczyciela poprzez udział w kursach, szkoleniach, warsztatach, dzięki fachowej literaturze, wykorzystaniu komputera i Internetu. Samokształcenie w ocenie ankietowanych to również pogłębianie wiedzy ogólnej, rozwój zainteresowań oraz własnej osoby. Analiza materiału badawczego wykazała, że nauczyciele zdają sobie sprawę ze związanej z wychowaniem przyszłego pokolenia odpowiedzialności, jaka na nich ciąży i z tego, że tylko ustawiczne kształcenie gwarantuje im odpowiednio wysokie kompetencje zawodowe. Wykorzystują oni w samokształceniu nowoczesne media, takie jak Internet, doceniając w nim szybki i łatwy dostęp do różnorodnej, aktualnej informacji. Niemniej najwyżej cenią sobie jako medium autoedukacyjne książkę drukowaną, czyli to, co w kulturze i jej przekazie pozostaje od pokoleń niezmienne, trwałe i fundamentalne. W praktyce codziennej nauczyciele wymieniają doświadczenia poprzez forum dyskusyjne i pocztę elektroniczną, korzystając więc w tej dziedzinie ze zdobyczy techniki. Jakby na marginesie badań pojawiły się problemy finansowe. Wydaje się, że właśnie nimi należy w dużej części tłumaczyć brak zainteresowania ze strony ankietowanych nauczycieli taką formą uzupełniania wiedzy, jak nauczanie na odległość, chociaż w przeważającej większości jako przyczynę podawali oni brak kursów organizowanych w formie e-learningu, zgodnych z ich oczekiwaniami i zapotrzebowaniem [4]. Może to stanowić wskazanie dla przyszłych działań dla osób zajmujących się problematyką autoedukacji nauczycieli, podobnie jak zapewnienie możliwości ich udziału w wideokonferencjach, przykładowo poprzez wyposażenie szkół w stosowny sprzęt i oprogramowanie. Badania wykazały, że nauczyciele, jako grupa zawodowa, są otwarci na zachodzące w kształtującym się społeczeństwie informacyjnym zmiany, gotowi są w nich czynnie uczestniczyć m.in. poprzez samokształcenie prowadzone z użyciem nowoczesnych mediów, w tym Internetu. Niemniej ich działania w tym zakresie oprócz wysokiej samoświadomości, związanej z wykonywanym zawodem, po części wymuszone są przez uczniów i szkolną, codzienną rzeczywistość.

Strony Internetowe przydatne w procesie samokształcenia nauczycieli

http://www.menis.gov.pl
http://www.eduseek.ids.pl
http://www.e_uczelnia.pl
http://www.odz_kaczmarek.com.pl
http://oen.agh.edu.pl
http://wkjo-legnica.oswiata.prg.pl
http://szkoly.edu.pl
htpp://finus.com.pl
http://wsns.lublin.pl
http://uniwersytet_wirtualny.com.pl

Bibliografia

[1] Gaś Z., *Doskonalący się nauczyciel*, Wyd. UMCS, Lublin 2001

[2] Jankowski D., *Autoedukacja wyzwaniem współczesności*, Wyd. A. Marszałek, Toruń 1999

[3] Kwiatkowska B., Lewowicki T., Dylak S., *Współczesność a kształcenie nauczycieli,* Wyd. ITE, Warszawa 2000

[4] Radziwiłowicz R., *Sposoby samokształcenia – w poszukiwaniu jego nowego sensu,* Wyd. Oświatowo-Dydaktyczne, Jelenia Góra 1997

Preparation of pedagogical studies graduates to use the potential of e-learning for the self-education process

Abstract

In this paper were presented results of the research, which were performed to specify knowledge and expectations of use of media by active teachers, from primary and high schools, in their self-learning process. The research concerned self-learning process, teachers motivation to make an effort connected with this process and awareness of its importance in mentally development, as well as in living. They also included issues connected with participation of varied media in this process, the range of their application, access, ways of practical use and expectations connected with taking advantages of them. The research material was a group of 152 active teachers from primary and high schools in Małopolska Province.

Key words: self-education, e-education, Internet

FOLIA 74

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica III (2010)

Mária Vargova, Henryk Noga, Jana Depešova

Opinie nauczycieli zawodu o powodzeniach i niepowodzeniach w pracy dydaktyczno-wychowawczej

Problem powodzeń i niepowodzeń w pracy nauczycieli jest w literaturze pedeutologicznej traktowany łącznie, najczęściej analizy dotyczą aspektu dydaktycznego (związanego z nauczaniem) lub aspektu wychowawczego (związanego z wychowaniem) młodzieży. Opisane w niniejszym artykule badania dotyczyły startu zawodowego młodych nauczycieli, cech psychofizycznych nauczyciela, cech osobowości zawodowej pożądanych u nauczyciela lub zakresu niezbędnych wiadomości i umiejętności. Praca nauczyciela, także nauczyciela zawodu, stwarza wiele problemów związanych z organizacją procesu dydaktycznego. Realizacja zadań zawodowych w przypadku nauczyciela zawodu nie ogranicza się do nauczania treści przedmiotowych. Postęp techniczny powoduje zmiany w technologii, materiałów, sposobów ich obróbki i przeróbki. Powstają nowe maszyny, narzędzia, przybory i urządzenia. Zawód krawiec (także krawiec odzieży lekkiej) zmienia się nie tylko w zakresie zadań zawodowych i pełnionych funkcji w zakładach produkcji odzieży. Zmiany dotyczą także kształcenia przyszłych kadr dla gospodarki narodowej [5]. Omawiany problem nabiera szczególnego znaczenia w okresie przeobrażeń gospodarczo-ekonomiczno-politycznych ostatnich lat w Polsce.

Problem badawczy w literaturze

Istotnymi składnikami wiadomości pedagogicznych, psychologicznych i socjologicznych nauczyciela kształcenia zawodowego powinny być wiadomości z dziedziny pedagogiki pracy, psychologii pracy oraz socjologii pracy i innych nauk o pracy ludzkiej [10, 30]. W szczególności chodzi o następujące treści:

1) z dziedziny pedagogiki pracy:

– wybrane problemy kształcenia i wychowania przedzawodowego (wychowania przez pracę, kształcenia technicznego oraz orientacji szkolnej i zawodowej),

– kształcenie i wychowanie zawodowe realizowane w szkole i w zakładzie pracy, prowadzące do uzyskania kwalifikacji zawodowych,

– pedagogikę zakładu pracy, obejmującą problemy oświatowe i wychowawcze współczesnego zakładu pracy,

2) z dziedziny psychologii pracy, dotyczące tych wszystkich sytuacji, dla których uwarunkowanie zachowań i postaw ludzi stanowi ich praca, jak również tych

wszystkich właściwości i zjawisk osobowościowych, które uzewnętrzniają się na tle relacji człowiek–potrzeby–zadania–praca–wynik,

3) z dziedziny socjologii pracy:

– rola pracy ludzkiej w procesie życia zbiorowego,

– społeczne problemy zakładu pracy,

– społeczne uwarunkowania zawodu i struktury zawodowej,

4) z dziedziny innych nauk o pracy, dotyczące relacji człowiek–maszyna–pracownik–środowisko pracy itp.

Wiadomości te powinny być poszerzone o wiedzę z zakresu głównych dyscyplin systemu nauk pedagogicznych (pedagogiki ogólnej, historii wychowania, teorii wychowania i dydaktyki), jak również o informacje z metodyk przedmiotowych.

Do podstawowych zdolności pedagogicznych nauczyciela przedmiotów zawodowych należy zaliczyć umiejętności:

– planowania działalności pedagogicznej,

– organizowania i rozwiązywania sytuacji dydaktycznych oraz wychowawczych,

– poznawania i kontaktowania się z uczniem oraz rozwijania jego zdolności poznawczych i motywacji uczenia się,

– systematycznego organizowania i prowadzenia teoretycznych zajęć dydaktycznych, dobierania odpowiednich treści kształcenia,

– stosowania aktywizujących metod nauczania, posługiwania się dostępnym zestawem środków dydaktycznych, bieżącego analizowania przebiegu pracy uczniów oraz oceniania ich wyników,

– prowadzenia zajęć praktycznych w warsztacie szkolnym, w zakładzie pracy czy też w pracowni (na stanowisku pracy ucznia) zgodnie z podstawowymi wymaganiami metodyki zajęć praktycznych w szkole zawodowej,

– uogólniania doświadczeń, wykorzystywania teorii i weryfikowania jej we własnej praktyce,

– nawiązywania kontaktów ze środowiskiem, głównie z zakładami pracy,

– organizowania współzawodnictwa i wytwarzania klimatu dobrej roboty,

– bycia w każdej sytuacji pedagogicznej dobrym nauczycielem, wykonawcą własnych zadań, organizatorem pracy uczniów, doświadczonym przewodnikiem i doradcą uczącej się młodzieży,

– dostrzegania potrzeby czytania i korzystania z podręczników i opracowań z różnych dziedzin nauki w codziennej pracy pedagogicznej [1, 29].

Od nauczyciela w szkole zawodowej oczekuje się odpowiednich właściwości psychofizycznych i zdrowotnych. Opis pożądanych cech fizycznych przedstawia się następująco: pełna sprawność fizyczna (wzrok, słuch, ruch), odpowiedni wzrost, budowa ciała, siła fizyczna, wygląd zewnętrzny schludny i staranny. Jeśli chodzi o opis pożądanych cech i właściwości psychicznych (osobowościowych), można wymienić trzy grupy cech osobowości pracownika-nauczyciela:

– osobowości, związane ze stosunkiem człowieka do zadania (pracowitość, odpowiedzialność, ambicja, inicjatywa, pomysłowość, inteligencja, wiedza fachowa itp.),

– związane ze stosunkami międzyludzkimi w zakładzie pracy (zdyscyplinowanie, koleżeńskość, szczerość, zdolność i chęć do współdziałania, bezkompromisowość itp.),

– związane z warunkami pracy (tolerancja na stres, wytrzymałość, tempo, odpowiednia organizacja pracy itp.).

Przeciwwskazania zawodowe, głównie zdrowotne i psychiczne, takie jak stan nadmiernej pobudliwości, stan niezrównoważenia, brak opanowania w sytuacjach trudnych, utrata samokontroli nad gestami i ruchami oraz mową to główne przyczyny, które wykluczają podjęcie pracy na stanowisku nauczyciela przedmiotów zawodowych i zajęć praktycznych w szkole zawodowej.

W rozumieniu ogólnym powodzenie jest to pomyślny (upragniony) wynik określonych działań, złożonej działalności lub wszelkich form aktywności życiowej razem wziętych. W pracy – jest pomyślny rezultat wykonywania obowiązków zawodowych. Powodzi się komuś w pracy, jeśli mu się układają warunki i wyniki jego pracy i jeśli pomyślnie (korzystnie) zapowiada się realizacja jego zamierzeń i dalszych planów. Nie powodzi się komuś, jeśli w pracy ponosi on porażki lub napotyka na trudności nie do przezwyciężenia.

Nie ma wyraźnych granic między powodzeniem a niepowodzeniem. Są to niejako dwa bieguny, między którymi zachodzi wiele form pośrednich, z tym że przeważają przypadki powodzenia częściowego. Każdemu powodzeniu i niepowodzeniu towarzyszy proces psychiczny o zabarwieniu emocjonalnym. Wyraża się to w zadowoleniu lub niezadowoleniu, może dawać satysfakcję i rodzić chęć do dalszego działania lub powodować zniechęcenie i doprowadzać do stanów frustracyjnych.

Warunki powodzenia i przyczyny niepowodzeń są na ogół złożone, z reguły w grę wchodzi wiele warunków obiektywnych i subiektywnych łącznie: stan zdrowia i sił fizycznych, cechy temperamentu i charakteru, stan uzdolnień i umiejętności, ogólne warunki środowiskowe. Źródło niepowodzeń może więc tkwić albo w warunkach zewnętrznych, albo też w samym człowieku. W pierwszym przypadku jednostce pozostaje przystosować się do otoczenia lub w miarę możliwości bezkonfliktowo przekształcać je, co oczywiście nie jest łatwe. W przypadku drugim zachodzi potrzeba pracy nad sobą.

O powodzeniu i niepowodzeniu w pracy nauczycieli, także nauczycieli zawodu, decydują następujące czynniki:

a) treści kształcenia,

b) czynniki związane z osobą i postawą ucznia,

c) czynniki związane z osobą i postawą nauczyciela,

d) warunki wewnętrzne i zewnętrzne realizacji procesu dydaktyczno-wychowawczego.

Powodzenia i niepowodzenia człowieka w pracy zawodowej są to sytuacje i stany będące następstwem stosunku zachodzącego między rzeczywistymi wynikami wysiłku psychicznego i fizycznego pracownika a nałożonymi na niego zadaniami zawodowymi. Ich zgodność lub niewspółmierność powoduje proces psychiczny o zabarwieniu emocjonalnym i prowadzi do różnorodnych zachowań. W przypadku szeroko pojętej działalności człowieka proces dochodzenia do stanu określonego jako powodzenie lub niepowodzenie można ukazać i zinterpretować za pomocą schematu nr 1.

Ze schematu wynika, że każdy człowiek, a tym bardziej człowiek dorosły i pracujący (także nauczyciel zawodu) ma określone potrzeby oraz zadania o przeróżnych możliwościach realizacyjnych. Wyborowi możliwości optymalnej towarzyszy walka

motywów, a w jej wyniku dochodzi do podjęcia decyzji. W normalnych warunkach człowiek przechodzi od decyzji do działania wykonawczego, któremu towarzyszyć mogą różne utrudnienia i przeszkody, tak zewnętrzne (np. brak środków realizacyjnych), jak i wewnętrzne (brak systematyczności, wytrwałości, zdolności itp.). W następstwie działania wykonawczego dochodzi on do wyniku lub nie, przy czym w przypadku dochodzenia do wyniku okazać się może, że jest to wynik pozytywny lub negatywny. Z wynikiem należy wiązać to, co potocznie nazywa się powodzeniem lub niepowodzeniem człowieka. Wynik pozytywny stanowi wyraz powodzenia, natomiast negatywny – niepowodzenia. Każdemu powodzeniu i niepowodzeniu towarzyszy proces psychiczny o zabarwieniu emocjonalnym. Przejawy i rozmiary powodzeń i niepowodzeń oraz ich następstwa mogą być różne.

Warunki powodzenia i równowagi psychicznej pracownika – nauczyciela zawodu to czynniki zewnętrzne i wewnętrzne sprzyjające dochodzeniu do pozytywnego wyniku w działalności zawodowej, jak również do pozytywnego układu reakcji i zachowań w infrastrukturze zakładu pracy, jakim jest szkoła. Do grupy czynników zewnętrznych można zaliczyć: charakter zadań, organizację pracy (naukowa organizacja pracy), sprzyjający układ stosunków międzyludzkich, obiektywny i sprawiedliwy sposób traktowania i oceniania pracownika – nauczyciela zawodu przez przełożonych, stwarzanie pracownikowi szans i możliwości awansu zawodowego oraz dochodzenia do mistrzostwa w zawodzie, wreszcie korzystny układ warunków rodzinnych i środowiskowych. W grupie czynników wewnętrznych, biopsychicznych i osobowościowych znajdują się odpowiednie do zadań kwalifikacje zawodowe, uświadomienie i uspołecznienie, a co z tym się wiąże – odpowiednia postawa zawodowa, sprzyjający system motywacyjny, pozytywne cechy charakterologiczne (charakter) i odpowiedni stan zdrowia.

Przyczyny niepowodzeń pracownika – nauczyciela zawodu w pracy zawodowej:

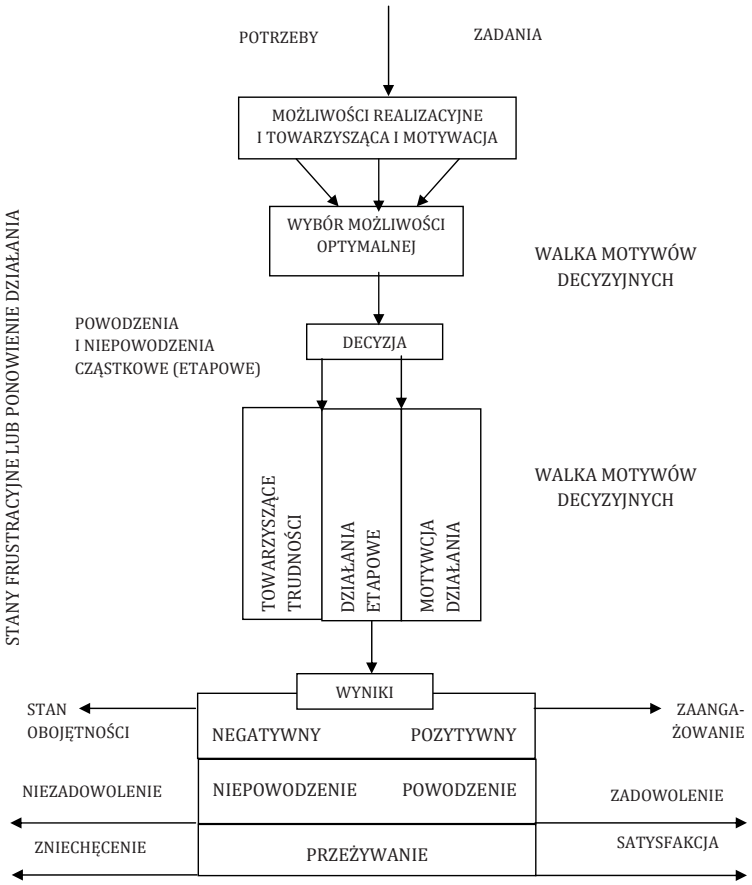
– są związane z bardzo różnymi zadaniami i warunkami pracy,

– zależą w poważnym stopniu od samego pracownika – nauczyciela zawodu,

– mogą być niedostrzegalne z racji niepowodzeń ukrytych. Korzystniej jest posługiwać się grupami niepowodzeń pracowniczych. Wśród nich można wyróżnić:

1) przyczyny społeczno-ekonomiczne związane z ogólnymi warunkami bytowymi, w tym: traktowanie pracy nauczyciela zawodu wyłącznie jako wykonawcy zadań pracowniczych, niezapewnianie odpowiednich warunków życia i pracy, stosowanie niewspółmiernie niskiego do nakładu pracy wynagrodzenia, niestwarzanie pracownikowi szans rozwoju i awansu zawodowo-społecznego,

2) przyczyny profesjonalne związane z organizacją i warunkami pracy w szkole zawodowej, w tym: brak należytej organizacji pracy, akcentowanie jedynie zadań zawodowych (produkcyjnych), a pomijanie, czy też lekceważenie zadań pozaprodukcyjnych przez szkołę, przyczyny związane z samym procesem pracy, stanowiskiem pracy i zadaniami zawodowymi niedostosowanymi do obiektywnych możliwości i potrzeb nauczyciela zawodu, niewłaściwą politykę kadrową, konflikt w zakładzie pracy.



Schemat przebiegu działania (zachowania) będącego źródłem powodzeń i niepowodzeń

3) przyczyny biopsychiczne i osobowościowe, związane z możliwościami, zainteresowaniami i postawą zawodową nauczyciela, w tym brak: odpowiedniego przygotowania do realizacji zadań zawodowych, zainteresowań i pozytywnej motywacji zawodowej, wytrwałości w dążeniu do celu i gotowości oraz umiejętności pokonywania trudności, systematyczności i odpowiedzialności w pracy zawodowej, niesprzyjające warunki zdrowotne, brak pracy nad sobą.

Całkowite zlikwidowanie źródeł i przyczyn niepowodzeń pracowniczych winno stanowić istotny znak naszych czasów. Postępujące zespalanie się dążeń i oczekiwań nauczycieli zawodu stanowi realną szansę i gwarancję dochodzenia do sytuacji, w której przejawy i rozmiary niepowodzeń będą zmniejszały się do minimum, a powodzenia w pracy stawać się będą zjawiskiem dominującym.

Warunki procesu nauczania zależą w najwyższym stopniu od nauczyciela oraz metod i narzędzi jego pracy. Konkretny przebieg procesu nauczania wyznaczony jest przez kwalifikacje zawodowe nauczycieli, ich stosunek do pracy i cechy osobowości. Poznanie uczniów i właściwe kierowanie ich uczeniem się, nadzorowanie toku ich pracy, organizowanie pracy poszczególnych uczniów i grup uczniowskich, częsta kontrola świadomości i umiejętności stanowią warunki powodzenia w pracy

dydaktycznej. Ważnym czynnikiem dydaktycznym, od którego w dużym stopniu zależą wyniki pracy ucznia, są metody nauczania. Dla podniesienia efektywności nauczania konieczna jest aktywizacja uczniów oraz powiązanie procesu nauczania z realnymi warunkami życia i późniejszą działalnością zawodową ucznia. Nauczyciel zawodu podejmuje zadania określone programem nauczania. Wymaga to odpowiedniego wyposażenia pracowni czy warsztatów w maszyny i urządzenia, odpowiednie ich umiejscowienie oraz dbałość o stan techniczny, warunki bhp i przepisy przeciwpożarowe. Zasygnalizowane wyżej wymagania odgrywają ważną rolę w organizacji procesu uczenia się, ponieważ wszystko to rzutuje bardzo wyraźnie na rezultaty pracy szkoły zawodowej. Nauczyciel oddziałuje także na kształtowanie się określonej sytuacji społecznej poszczególnych uczniów w szkole, w zespole klasowym i w grupie warsztatowej. Osobowość nauczyciela, jego upodobania, sposób postępowania, stosunek do uczniów i do swojej pracy, charakter, a także powierzchowność wywierają znaczny wpływ na relacje w kontaktach nauczyciel–uczeń.

W literaturze pedeutologicznej istnieje wiele opracowań na temat nauczyciela wychowawcy. Bardzo ważne są psychiczne właściwości nauczycieli wychowawców, takie jak cierpliwość, sumienność, pracowitość, wyrozumiałość, szczerość, prawość, wytrwałość, uczciwość. W codziennym życiu nie ma jednak idealnych ludzi. Nauczycielowi również nie można stawiać wymagań nierealnych. Trzeba natomiast oczekiwać, że będzie on wzorem dla uczniów. Stanie się tak wtedy, gdy z jego osobą zawsze łączyć się będzie pozytywny model ludzkiego postępowania. Wchodzą tu w grę takie cechy, jak poczucie odpowiedzialności za siebie i za innych, i odpowiednie dyspozycje psychiczne.

Wzajemne stosunki między nauczycielem a uczniem mają bardzo duże znaczenie dla wyników nauczania. Gdy stosunki te mają charakter pozytywny, uczeń uczy się chętnie – wtedy możemy powiedzieć o powodzeniu w pracy. Gdy stosunki wzajemne ulegają pogorszeniu na skutek niechęci lub niesprawiedliwości ze strony nauczyciela, wtedy mówimy o niepowodzeniu w pracy nauczycielskiej. Brak współpracy i zadrażnione stosunki odbijają się niekorzystnie na wychowaniu i postępach szkolnych ucznia, u nauczyciela zaś powodują niespełnienie i niezadowolenie ze swojej pracy zawodowej.

Metodyka badań nad powodzeniami i niepowodzeniami w pracy nauczyciela zawodu

Przedmiot, cel, teren i zakres badań

Przedmiotem badań jest praca nauczyciela zawodu w szkole zawodowej. Celem jest ustalenie, czy i w jakim zakresie nauczyciele zawodu odczuwają sukcesy (powodzenia) i porażki (niepowodzenia) w pracy zawodowej, w wykonywaniu zadań zawodowych i w pełnieniu funkcji społeczno-organizacyjnych.

Terenem badań jest Zespół Szkół Zawodowych nr 3 im. Marii Dąbrowskiej w Puławach (województwo lubelskie). Badaniami objęci zostali nauczyciele zawodu – 22 osoby zatrudnione na pełnym etacie. Dla porównania przeprowadzone zostały badania wśród słuchaczy studiów dla pracujących nauczycieli zawodu (kierunek Edukacja techniczno-informatyczna, specjalność technika z informatyką) na Akademii Pedagogicznej w Krakowie (65 osób, czynnych nauczycieli zawodu w szkołach zawodowych, specjalność krawiec odzieży lekkiej, zajęcia praktyczne

w klasach o kierunku mechanicznym, zajęcia warsztatowe w szkole pożarnictwa, zajęcia praktyczne – stolarz).

Założenia i pytania badawcze

W toku przeprowadzonych badań poszukiwano rozwiązania następujących problemów badawczych:

a) Jak nauczyciele zawodu określają swoją pozycję na tle uzyskiwanych wyników swojej pracy?

b) Co jest wyznacznikiem powodzenia w ich pracy?

c) Jakie rodzaje niepowodzeń występują w pracy nauczyciela zawodu?

d) Od czego, zdaniem nauczycieli zawodu, zależy powodzenie w pracy?

e) Jak nauczyciele zawodu szeregują czynniki mające wpływ na powodzenie w pracy?

f) Jakie czynniki decydują o niepowodzeniu w pracy?

Powyższe problemy będą analizowane i wyjaśnione na podstawie zebranych materiałów.

Warunki pracy nauczycieli zawodu można podzielić na zewnętrzne i wewnętrzne. Do pierwszych zaliczamy: właściwie nakreślone cele kształcenia zawodowego, odpowiednio zaprogramowane treści kształcenia zawodowego, należyte zaopatrzenie szkoły i uczniów w podręczniki i środki dydaktyczne, powiązanie szkoły ze środowiskiem. Do warunków wewnętrznych zaliczamy: odpowiednio zgrany zespół uczniowski, dobraną obsadę kadrową w szkole, odpowiednią bazę materialną szkoły i warsztatów szkolnych, właściwą organizację pracy i życia społeczności szkolnej, klimat pracy i współpracy uczniów, nauczycieli i zespołu kierowniczego szkoły.

Nauczyciel zawodu w szkole zawodowej jest osobą, która wprowadza uczniów od strony praktycznej w tajniki przyszłego zawodu, decyduje i umożliwia realizację własnych oczekiwań młodzieży wobec przyszłych planów zawodowych. Od nauczyciela zawodu oczekuje się zarówno teoretycznego, jak i praktycznego przygotowania w nauczanym zawodzie na miarę obecnych i przyszłych potrzeb gospodarki. Olbrzymi postęp w nauce i technice staje się niejednokrotnie przyczyną dużych zmian i przemian technologicznych – np. zawód krawiec jest podatny na zmiany w procesach technologicznych materiałów włókienniczych.

Powodzenia i niepowodzenia w pracy nauczyciela zawodu są dyktowane przyczynami dydaktycznymi i pozadydaktycznymi, wewnętrznymi i zewnętrznymi. Praca nad sobą, samokształcenie i doskonalenie mogą zmniejszyć trudności w pracy zawodowej nauczyciela zawodu. Obecnie wzrasta zainteresowanie nauczycielem szkoły zawodowej. Mamy za sobą okres, w którym mówiło się i pisało tylko o nauczycielu szkoły ogólnokształcącej. Współcześni pedeutolodzy uważają, że należy prowadzić badania pracy nauczyciela na konkretnym stanowisku i w ściśle określonych warunkach.

Praca nauczyciela zawodu jest złożona. Pełna realizacja zadań i funkcji zawodowych w określonych warunkach pracy przyczynia się do powstawania powodzeń i niepowodzeń. O ile powodzenia w pracy nauczyciela są sprawą codzienną i bardzo często przemilczaną, to niepowodzenia niejednokrotnie urastają do rangi problemów nie do pokonania. Są powodem frustracji, a w skrajnych przypadkach powodują odejście z zawodu.

Na to, czy i w jakim zakresie Zespół Szkół Zawodowych nr 3 w Puławach stwarza właściwe warunki pracy nauczycielom zawodu, spróbujemy odpowiedzieć na to pytanie, analizując wyniki niniejszych badań.

Metody, narzędzia i techniki badawcze

Metoda to sposób postępowania. Metoda badań to zespół teoretycznie uzasadnionych zabiegów koncepcyjnych i instrumentalnych obejmujących całość postępowania badacza zmierzającego do rozwiązania określonego problemu naukowego. To powtarzalny sposób działania, dzięki któremu uzyskiwany jest wynik naukowy, ważny dla badającego.

Metody badania naukowego to określone sposoby poznania wybranego wycinka rzeczywistości, które cechują się tym, że są celowe, planowe, obiektywne, dokładne, wyczerpujące. Opinie nauczycieli zawodu na temat najważniejszych przyczyn powodzeń i niepowodzeń w swojej pracy zawodowej zbierano za pomocą ankiety-kwestionariusza. Przygotowane narzędzie badawcze poddano badaniom wstępnym, a następnie przeanalizowano uzyskane odpowiedzi, uzupełniono zestaw pytań i przeprowadzono badania zasadnicze. Analiza literatury metodologicznej i pedeutologicznej prowadzona była przez okres przygotowywania i opracowywania materiału badawczego.

Badanie dokumentacji szkolnej (plany i programy nauczania w zawodzie krawiec odzieży lekkiej, dzienniki lekcyjne, arkusze spostrzeżeń nauczycieli) stało się niezbędne dla porównania i zweryfikowania danych uzyskanych z badania opinii. Niemałą rolę odegrało także doświadczenie zawodowe autorów niniejszego opracowania.

Powodzenia i niepowodzenia w pracy zawodowej w opinii nauczycieli zawodu

Charakterystyka badanej populacji

Wśród badanych nauczycieli zawodu było 21 kobiet i 1 mężczyzna (razem 22 osoby). Spośród nich wykształcenie wyższe magisterskie posiadało 10 osób, wyższe zawodowe – 1 osoba, półwyższe – 9 osób, średnie z przygotowaniem pedagogicznym – 2 osoby.

Słuchaczami studiów dla pracujących są nauczyciele zawodu w szkołach zawodowych, zarówno w technikach, jak i w zasadniczych szkołach zawodowych, o przygotowaniu szkolnym: 18 osób – ukończone Pomaturalne Studium Pedagogiczne, 16 osób – pomaturalne kursy pedagogiczne, 15 osób – technikum, 14 osób – liceum ogólnokształcące, 2 osoby – brak danych. Staż pracy zawodowej badanych nauczycieli w Puławach: do 5 lat – 1 osoba, 6–10 lat – 4 osoby, 11–20 lat – 6 osób, 21–30 lat – 7 osób, powyżej 30 lat – 4 osoby.

Badani nauczyciele systematycznie podnoszą swoje kwalifikacje poprzez samokształcenie w ramach Rady Pedagogicznej szkoły oraz aktywny udział w konferencjach przedmiotowo-metodycznych. Wśród badanych nauczycieli 4 osoby podjęły kształcenie na studiach podyplomowych, a 2 osoby kontynuują studia licencjackie w szkole wyższej. Większość badanych legitymuje się długoletnim stażem pracy zawodowej.

Spośród 22 badanych respondentów 18 osób stwierdziło stan powodzenia i zadowolenia, natomiast 4 osoby określiły swój stan jako niezadowolenie. Godne

podkreślenia jest to, że nikt z ankietowanych nie określił swego stanu na tle uzyskiwanych wyników w pracy zawodowej jako niepowodzenie.

Stan powodzenia stwierdzają nauczyciele z wyższym wykształceniem i stażem pracy zawodowej powyżej 20 lat. Stan niezadowolenia stwierdzają nauczyciele posiadający wykształcenie średnie i półwyższe o różnym stażu pracy zawodowej.

Powodzenia w pracy dydaktyczno-wychowawczej

Interesującym nas problemem jest ustosunkowanie się nauczycieli zawodu do przyczyn powodzenia i niepowodzenia w pracy zawodowej. Oto zebrane odpowiedzi respondentów:

Tab. 1. Wyznaczniki powodzenia zawodowego nauczycieli zawodu

Lp.	Wyznaczniki powodzenia	Ilość odpowiedzi
1.	dobre wyniki uzyskiwane przez uczniów	22
2.	dobre stosunki w gronie nauczycielskim	20
3.	dobre stosunki z dyrekcją szkoły	18
4.	dobre stosunki z kierownictwem warsztatów szkolnych	14
5.	wysokość premii motywacyjnej	5
6.	nagrody i wyróżnienia	4
7.	inne (miejsce zamieszkania, dobre warunki itp.)	3

Na podstawie zebranych informacji stwierdzamy, że wszyscy respondenci jako najistotniejszy wyznacznik powodzenia w pracy zawodowej wymienili dobre wyniki uzyskiwane przez uczniów. Istotnym czynnikiem powodzenia i zadowolenia nauczycieli z pracy stają się dobre stosunki w gronie nauczycielskim (przyczynę tę wskazało 20 osób). Godnym podkreślenia jest, że badani nauczyciele wysoko cenią sobie stosunki z kierownictwem warsztatów (na 22 osoby – 14 osób podkreśliło tę przyczynę), a także z dyrekcją szkoły (18 osób). Wysokość premii motywacyjnej za wyznacznik powodzenia uznało 5 osób, nagrody i wyróżnienia – 4 osoby. Inne wyznaczniki stanowią przyczyny wymieniane przez 3 osoby.

Tabela 2 przedstawia czynniki mające wpływ na powodzenie w pracy nauczycieli zawodu.

Tab. 2. Czynniki mające wpływ na powodzenie w pracy zawodowej w opinii nauczycieli zawodu

Lp.	Czynniki wpływające na powodzenie w pracy	Ilość odpowiedzi
1.	dobra organizacja pracy	18
2.	trafny wybór zawodu	16
3.	zainteresowanie wykonywaną pracą	16
4.	odpowiednie wykształcenie	6
5.	udział w doskonaleniu zawodowym	3
6.	zadowalające zarobki, sprzyjające warunki bytowe, zdrowie	3

Najważniejszym czynnikiem wpływającym na powodzenie w pracy zawodowej jest dobra organizacja pracy (na 22 osoby ten czynnik wymieniło 18 osób). Za

bardzo ważny uznano także trafny wybór zawodu i zainteresowanie wykonywaną pracą zawodową (po 18 odpowiedzi). Niestety niewielką rolę wśród czynników wpływających na powodzenie w pracy nauczycielskiej ma, zdaniem respondentów, odpowiednie wykształcenie i doskonalenie zawodowe (te czynniki podkreśliło odpowiednio: 6 i 3 osoby). Najmniej osób jako odpowiedź wybrało wysokość zarobków, warunki bytowe i stan zdrowia (razem 3 osoby).

Na pytanie „Od czego zależy powodzenie w pracy nauczyciela zawodu?" odpowiedziały 2 osoby. Ich zdaniem, na powodzenie w pracy dydaktyczno-wychowawczej nauczyciela zawodu mają wpływ dobre wyniki uzyskiwane przez uczniów, dobre stosunki w gronie nauczycielskim, dobra organizacja pracy, dobre stosunki z dyrekcją szkoły i kierownictwem warsztatów szkolnych, trafny wybór zawodu i zainteresowanie pracą, nagrody i wyróżnienia, wysokość premii motywacyjnej, odpowiednie wykształcenie.

Niepowodzenia jako wynik trudności w planowaniu, realizowaniu zadań zawodowych nauczyciela zawodu w świetle badań

Jak już wspomniano, nie ma wyraźnych różnic między powodzeniem a niepowodzeniem. Każdemu niepowodzeniu towarzyszy proces psychiczny i może on wyrażać się w niezadowoleniu. Niezadowolenie może powodować zniechęcenie i doprowadzić do stanów frustracyjnych.

Opinie badanych nauczycieli zawodu o przyczynach niepowodzeń w pracy zawodowej przedstawia tabela 3.

Tab. 3. Przyczyny niepowodzeń w pracy nauczyciela zawodu

Lp.	Przyczyny niepowodzeń	Ilość odpowiedzi
1.	spadek rangi zawodu nauczycielskiego	20
2.	sytuacja gospodarcza kraju, przeobrażenia ustrojowe	18
3.	mało zdolni uczniowie	16
4.	słabe zainteresowanie uczniów nauką zawodu krawiec	14
5.	brak możliwości zabezpieczenia (kształcenia) nauczycieli zawodu	3
6.	trudna sytuacja finansowa warsztatów szkolnych	2

Ankietowani nauczyciele zawodu upatrują przyczyn niepowodzeń w pracy zawodowej głównie w zmniejszeniu rangi i prestiżu stanu nauczycielskiego (20 odpowiedzi). Ważnymi i istotnymi powodami składającymi się na niepowodzenia w pracy zawodowej są, zdaniem badanych, następujące przyczyny: zmieniająca się sytuacja gospodarcza kraju związana z przeobrażeniami ustrojowymi, trudności w doborze odpowiednio przygotowanych i zainteresowanych nauką zawodu krawiec uczniów z gimnazjum, słabe zainteresowanie środowiska szkolnego.

Niepokojące jest, że badani nauczyciele nie zwracają uwagi na niepełne przygotowanie zawodowe nauczycieli podejmujących pracę (coraz więcej jest osób, które podejmują się pracy nauczyciela po szkole średniej i dopiero potem podejmują naukę w szkole wyższej). Są to jednak przyczyny, których nie można nie zauważać, ale z dydaktycznego punktu widzenia są poza naszym zasięgiem wpływów i zmian.

Rodzaje niepowodzeń w pracy nauczycieli zawodu przedstawia tabela 4.

Tab. 4. Rodzaje niepowodzeń występujących w pracy nauczyciela zawodu

Lp.	Rodzaje niepowodzeń	Ilość odpowiedzi
1.	niepowodzenia dydaktyczne	19
2.	niepowodzenia wychowawcze	17
3.	niedocenianie pracy nauczyciela zawodu	12
4.	słaba znajomość wykonywanego zawodu	5
5.	niezadowalające wyniki pracy uczniów	5
6.	zmniejszenie autorytetu nauczyciela zawodu	3
7.	niekorzystna sytuacja finansowa warsztatów szkolnych	1

Jako główne rodzaje niepowodzeń w pracy badani respondenci wymieniają niepowodzenia dydaktyczne (19 osób) i niepowodzenia wychowawcze (17 osób). Ponad połowa respondentów czuje się niedoceniona w swojej pracy zawodowej. Niewielką rolę ankietowani przypisują niezadowalającym wynikom pracy uczniów (przyjmuje się za normalne, że do zawodu krawiec przychodzą uczniowie mniej zdolni, słabsi od innych w nauce). Ankietowani stwierdzają też słabą znajomość wykonywanego przez siebie zawodu. Najbardziej emocjonalne wypowiedzi dotyczyły zmniejszającego się autorytetu nauczyciela zawodu i niekorzystnych warunków finansowych warsztatów szkolnych.

Dotychczasowe materiały badawcze (zebrane i uporządkowane) dostarczają podstaw do stwierdzenia, że na niepowodzenia w pracy nauczyciela zawodu największy wpływ mają następujące przyczyny: spadek rangi zawodu nauczycielskiego, niepowodzenia dydaktyczne, niepowodzenia wychowawcze, sytuacja gospodarcza kraju, mało zdolni uczniowie, słabe zainteresowanie uczniów nauką w zawodzie krawiec odzieży lekkiej, niedocenianie pracy nauczyciela zawodu.

Prezentowane wyniki badań ukazują, jak spadek autorytetu i rangi stanu nauczycielskiego wpływa na niepowodzenia dydaktyczno-wychowawcze. Trudna sytuacja gospodarcza kraju i związane z tym przeobrażenia powodują zmniejszanie zainteresowania uczniów nauką zawodu, a od lat niedoinwestowywane szkoły i warsztaty szkolne odstraszają potencjalnych kandydatów do pracy i nauki w szkolnictwie zawodowym. Od dawna do szkół zawodowych zgłaszają się uczniowie mniej zdolni, ale jaka jest tego przyczyna? Trudno odpowiedzieć na to pytanie w niniejszym opracowaniu, choć zwracamy uwagę na ten fakt.

Sposoby zapobiegania i pokonywania trudności w pracy nauczyciela zawodu

Bardzo ważną cechą ułatwiającą pokonywanie trudności w pracy nauczyciela zawodu jest bogata osobowość i łatwe nawiązywanie kontaktów z ludźmi. Każde słowo i gest nauczyciela zawodu odzwierciedla się w świadomości uczniów. Może on być wzorem do naśladowania i powodem silnego związania uczniów z zawodem. Ważne jest również odpowiednie przygotowanie merytoryczne i dydaktyczne, doskonałe opanowanie nauczanego przedmiotu. Talent dydaktyczny powstaje na podłożu głębokich zainteresowań sprawą kształcenia innych ludzi. Sytuacje trudne

występują wtedy, gdy nie osiąga się oczekiwanych wyników lub jeśli daną pracę wykonuje się ze zmniejszoną sprawnością i skutecznością.

Sytuacje trudne mogą mieć różny charakter, np. ilościowy. Tego typu sytuacje występują wtedy, gdy zadanie przekracza krytyczny punkt możliwości podmiotu, albo zbliża się do niego. Drugi typ sytuacji trudnych wiąże się ze strukturą zadania. Przykładem może być struktura skomplikowanych warunków, od których zależy wykonanie czynności, mogą to być nawet proste czynności w nieregularnym układzie seryjnym. Trzeci typ sytuacji trudnych występuje wtedy, gdy uczący się napotyka przeszkody, które ograniczają jego działanie. Aby pokonać przeszkodę natury fizycznej lub społecznej, przełamuje się ją lub obchodzi z daleka. Czwarty rodzaj sytuacji trudnych ma charakter konfliktów zewnętrznych lub wewnętrznych. Rywalizacja dwóch osób o jakieś miejsce jest konfliktem zewnętrznym, natomiast organizacja czynności na dwóch sprzecznych zasadach jest konfliktem wewnętrznym. Ostatnia grupa sytuacji trudnych występuje wskutek zewnętrznych nacisków, np. człowiek, wykonując czynność, musi się spieszyć albo skupiony nad zadaniem ciągle jest od niego odrywany.

Na postawione w ankiecie pytanie „Jak pokonywać trudności w pracy i w jaki sposób im zapobiegać?" uzyskano następujące odpowiedzi:

– zachowywać wzajemny szacunek wobec siebie,
– zapewnić właściwe wyposażenie i doposażanie warsztatów szkolnych,
– wprowadzić zmiany strukturalne w całym szkolnictwie polskim,
– zacieśniać współpracę między nauczycielami,
– zapewnić możliwość tworzenia własnych programów nauczania w danej szkole zawodowej.

Powyższe sformułowania uzyskano od połowy respondentów. Pozostali nie udzielili odpowiedzi, wyjaśniając, że nie ma to żadnego wpływu na ich pracę zawodową. Nie widzą oni możliwości wyjścia z tej sytuacji w najbliższej przyszłości. Na bieżąco borykają się z trudnościami i na bieżąco starają się im zapobiegać.

Powodzenia i niepowodzenia w pracy zawodowej nauczycieli zawodu są i będą traktowane przez pedeutologów bardzo poważnie. Przeprowadzone badania potwierdzają wcześniejsze wnioski z badań przeprowadzonych pod kierunkiem naukowym Z.Wiatrowskiego.

Ankietowani uznali, że głównymi wyznacznikami powodzenia zawodowego są czynniki etyczne, takie jak dobre wyniki uzyskiwane przez uczniów, dobre stosunki w gronie nauczycielskim, poprawne kontakty z przełożonymi. Mniej ważne okazały się czynniki materialne: wysokość zarobków, nagrody i wyróżnienia, małe wsparcie finansowe bazy dydaktycznej.

Wśród czynników wpływających na powodzenie w pracy na plan pierwszy wysuwają się predyspozycje nauczycieli i ich talent dydaktyczny: dobra organizacja pracy, trafny wybór zawodu i zainteresowanie pracą zawodową.

Niewiele badanych osób uważa, aby odpowiednie wykształcenie i doskonalenie zawodowe mogło mieć wpływ na ich efekty w pracy. Czynniki socjalno-bytowe zostały przez respondentów potraktowane marginalnie.

Wśród przyczyn niepowodzeń w pracy nauczycieli zawodu podkreśla się jako najważniejszą przyczynę spadek rangi zawodu nauczycielskiego. Badania socjologiczne unaoczniają od dawna zauważany spadek autorytetów w naszym kraju. Może to być wynikiem przeobrażeń gospodarczych, transformacji.

Słabe zainteresowanie uczniów nauką zawodu i poszukiwanie łatwego zarobku poza pracą zawodową skutkują tym, że młodzież jest rozleniwiona i znudzona. Wieloletnie zaniedbania w rozwoju oświaty sprawiają, że wśród nauczycieli jest nadal wielu nieprzygotowanych do zawodu nauczyciela na miarę współczesnych potrzeb.

Analiza wyników przeprowadzonych badań sprawiła, że poznano uwarunkowania psychiczne, społeczne i socjalne zbiorowości nauczycieli zawodu. Zapoznano się z opiniami osób ambitnych, pracowitych, rozwijających swoje horyzonty myślowe. Dzięki temu będzie można uniknąć wielu nieprzewidzianych sytuacji i błędów. Wyciągając właściwe wnioski, łatwiej będzie znaleźć korzystne płaszczyzny współpracy, zarówno z nauczycielami, jak i z uczniami. Każdy nauczyciel podczas praktyki pedagogicznej, dążąc do osiągania jak najlepszych wyników dydaktyczno-wychowawczych, powinien realizować następujące wnioski:

1) zachowywać pełną znajomość ucznia oraz jego warunków życiowych,
2) kształtować pozytywną motywację ucznia do nauki,
3) dbać o wszechstronny rozwój swojej osobowości,
4) utrzymywać właściwą atmosferę pracy, w tym szczególnie poprawne stosunki w zespołach nauczycielskich,
5) Poważnie i skrupulatnie traktować obowiązki służbowe,
6) Okazywać zainteresowanie wykonywaną pracą zawodową.

Zaprezentowane powyżej opinie pochodzą od samych nauczycieli zawodu i mogą być subiektywne. Ich weryfikacja wykazała, że nie różnią się od założeń teoretycznych.

Nauczyciel zawodu, realizując powyższe wnioski, będzie mógł likwidować skutecznie niepowodzenia dydaktyczne oraz zapobiegać niepowodzeniom wśród wychowanków. Tym samym osiągnie powodzenie w pracy zawodowej i zadowolenie ze spełniania swoich obowiązków.

Bibliografia

[1] Biegeleisen-Żelazowski B., *Zarys psychologii pracy*, Warszawa 1968

[2] Burgerová J., *Internet vo výčbe a štýly učenia,* Prešov 2001

[3] Burgerová J., Burger V. Stémové a aplikačné program pre personálne počitače, Prešov 2002

[4] Depešová J., *Príprava učiteľov na prácu s deťmi so špeciálnymi potrebami so zameraním na technické vzdelávanie*, [in:] Zborník *Príprava učiteľov elementaristov a európsky multifunkčný priestor*, PU PF, Prešov 2005. s. 595–600

[5] Depešová J., *Ľudové remeslá v zahraničí*, [in:] Zborník *Technické vzdelanie ako súčasť všeobecného vzdelania*, FPV UMB, Banska Bystrica 2005, s. 89–92

[6] Depešová J., *Činnostná terapia postihnutých a tradičné technológie*, [in:] Zborník *Technické vzdelanie ako súčasť všeobecného vzdelania,* FPV UMB, Banska Bystrica 2002, s. 190–195

[7] Kaczor S., Wiatrowski Z., *Kształcenie kadr dla gospodarki narodowej i kultury*, WSiP, Warszawa 1978

[8] Konopnicki J., *Powodzenia i niepowodzenia szkolne*, PZWS, Warszawa 1966

[9] Korabiowska K., *Badania nad przydatnością zawodową absolwentów szkoły odzieżowej*, PWSZ, Warszawa 1964

[10] Kozík T., Depešová J.: *Projekt a realizácia modelu videokonferenčného systému v pedagogickej praxi*, [in:] *Technika – informatyka – edukacja. Teoretyczne i praktyczne problemy edukacji informatycznej*, Tom VIII, Rzeszów 2007, s. 53–59

[11] Kupisiewicz C., *Niepowodzenia dydaktyczne*, PWN, Warszawa 1972

[12] Nowacki T.W, Nowak J., *Przygotowanie pedagogiczne nauczycieli szkół zawodowych*, WSiP, Warszawa 1975

[13] Nowacki T.W., *Podstawy dydaktyki zawodowej*, PWN, Warszawa 1974

[14] Nowacki T.W., *Elementy psychologii*, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław–Warszawa–Kraków–Gdańsk 1976

[15] Okoń W., *Słowik pedagogiczny*, PWN, Warszawa 1984

[16] Piątek T., *Humanistyczno-etyczne aspekty stosowania technologii informacyjnych*, Zborník XX DIDMATTECH, Olomouc 2007, s. 547–549

[17] Pilch T., *Rozważania wokół etyki zawodu nauczyciela*, Szkoła Zawodowa, 1995, nr 5

[18] Porubská G., *Postavenie a význam didaktiky v priprave učiteľov 1. stupňa ZŠ,* [in:] *Za vyššiu úroveň výchovy a vzdelávania a prestiž učiteľa ZŠ*, PdF, Nitra 1999, s. 67–71

[19] Pytel K., *Wpływ Internetu na rozwój i zachowanie dzieci i młodzieży*, [w:] *Cyberuzależnienia. Przeciwdziałanie uzależnieniu od komputera i Internetu*, Mastalerz E. (red.), Konferencja AP, Kraków 2006, s. 68–76

[20] Pytel K., *Komunikacja interpersonalna w społeczeństwie informacyjnym*, INFORMATECH 2007, Moderni informaćni a komunikaćni technologie ve vzdêláváni, Olomouc 11.09.2007, s. 164

[21] Pytel K., *Komunikacja przez sieć komputerową jako sposób na spędzanie wolnego czasu*, Informatech 2007, Moderni informaćni a komunikaćni technologie ve vzdêláváni, Olomouc 11.09.2007, s. 385–388

[22] Redlińska H., *Społeczne przyczyny niepowodzeń i powodzeń szkolnych*, Naukowe Towarzystwo Pedagogiczne, Warszawa 1939

[23] Spionek H., *Psychologiczna analiza trudności i niepowodzeń szkolnych*, PZWS, Warszawa 1970

[24] Torbus W., *Praktyczne nauczanie zawodu*, WSiP, Warszawa 1974

[25] Tomková V., *Grafické vyjadrovanie žiakov 9. ročníka základných škôl*, [in:] Zborník *Modernizace vysokoškolské výuky technických předmětů II,* GAUDEAMUS, Hradec Králové 2006, s. 200

[26] Tomková V., *Grafické vyjadrovanie žiakov základných škôl v edukačnom procese*, [in:] *Technika – Informatyka – Edukacja,* Tom V, Wyd. Diecezjalne i Drukarnia w Sandomierzu, Sandomierz 2006, s. 57–60

[27] Tomková V., *Grafické vyjadrovanie žiakov základných škôl*, [in:] *Trendy ve vzdelávaní 2006. Edukační technológie a inovace technického vzdělávání*, VOTOBIA, Olomouc 2006, s. 178–181

[28] Tomková V., Vargová M., *Súčasný stav ovládania práce s PC u študentov učiteľstva 1. stupňa základných škôl*, [in:] Zborník *Vplyv technickej výchovy na rozvoj osobnosti žiaka*, PF UKF, Nitra 2002, s. 163–166

[29] Vargová M., *Inovačné a alternatívne koncepcie vzdelávania v technickej výchove*. Dizertačná práca, Nitra 2005, s. 144

[30] Vargová M., Depešová, J., P*oznámky k niektorým pojmom technickej terminológie*, [in:] *Vplyv technickej výchovy na rozvoj osobnosti žiaka*, Zborník, PF UKF, Nitra 2000, s. 107–110

[31] Vargová M., Tomková, V., *Pracovné vyučovanie v súvislosti s prácou s počítačom*, [in:] Zborník *Vplyv technickej výchovy na rozvoj osobnosti žiaka*, PF UKF, Nitra 2002, s. 167–170

[32] Wiatrowski Z., *Powodzenia i niepowodzenia szkolne pracujących*, PWN, Warszawa 1975, s. 100

[33] Wiatrowski Z., *Nauczyciel szkoły zawodowej*, WSiP, Warszawa 1982

[34] Wiatrowski Z., *Rola charakterystyk kwalifikacyjnych w kształceniu nauczycieli*, [w:] *Drogi i bezdroża kształcenia nauczycieli w Polsce*, Wyższa Szkoła Inżynierska w Radomiu 1995

Trainee-teachers' opinions about success and failure in didactic-educational work

Abstract

The issue of success and failure in work of a teacher is treated as a whole in pedeutological literature, the analysis concerning the didactic aspect (connected with the very teaching) or the educational aspect (connected with bringing up). The research was concerned with the beginnings of young teachers' professional careers, their psychophysical characteristics and the features of a professional personality necessary for a person to become a good teacher, as well as the range of indispensable skills and knowledge.

Spis treści

Andrzej Baliński
Problemy zaawansowanego utleniania w ekologicznym i technologicznym aspekcie stosowania mas formierskich 3

Jana Depešova, Mária Vargova, Henryk Noga
Specyfika funkcji zawodowych nauczycieli w procesie stosowania technicznych środków nauczania 10

Pavel Dostál, Václav Tvarůžka, Elżbieta Mastalerz
CAD in preparation of the Special Subject teachers 16

Jan Dutkiewicz, Piotr Malczewski
Odkształcenie nadplastyczne w mosiądzach α+β za pomocą ciśnienia gazu .. 20

Radim Farana, Kazimierz Jaracz, Pavel Smutný, Lubomír Smutný
Study plan at university with industrial case studies 29

Stanisław Gumuła, Krzysztof Pytel
Analiza opłacalności wykorzystania energii promieniowania słonecznego w aspekcie edukacyjnym, ekonomicznym i ekologicznym 40

Stanisław Gumuła, Krzysztof Pytel
Ekologiczne i edukacyjne aspekty wykorzystania energii promieniowania słonecznego na przykładzie systemu instalacji kolektorów słonecznych zlokalizowanych na krytej pływalni 49

Wiktor Hudy, Kazimierz Jaracz
Zastosowanie algorytmów ewolucyjnych do optymalizacji układów mechatronicznych 58

Paweł Hyjek
Faza międzymetaliczna Ni_3Al – właściwości i zastosowanie 73

Kazimierz Jaracz
Symulacyjne metody badania elementów i układów regulacji 84

Kazimierz Jaracz, Renata Staśko
Edukacja na odległość – możliwości rozwoju 90

Krystyna Kuźniar
Zastosowanie systemu neuronowego wnioskowania rozmytego w wybranych zagadnieniach drgań budynków 94

Krystyna Kuźniar, Maciej Zając
Analiza zmian właściwości dynamicznych ścian konstrukcyjnych budynków wywołanych ich modernizacją 108

Elżbieta Mastalerz
Preferencje zawodowe słuchaczy kończących studia w Instytucie Techniki Akademii Pedagogicznej 119

Elżbieta Mastalerz, Ladislav Rudolf, Vaclav Tvarůžka
Organizacja nauczania istotnym elementem przygotowania dydaktycznego współczesnego nauczyciela 124

Krzysztof Mroczka, Sylwia Ożóg
Analiza mikroskopowa SEM wybranych włókien stosowanych w przemyśle włókienniczym 129

Henryk Noga, Jana Depešova, Mária Vargova
Aksjologiczne wyzwania wobec socjalizacyjnych treści medialnych i multimedialnych 141

Krzysztof Parliński
Modelowanie materiałów i przewidywanie ich właściwości 150

Małgorzata Piaskowska, Stanisław Gumuła
Ekonomiczne i ekologiczne aspekty pozyskiwania energii w energetyce cieplnej 153

Ladislav Rudolf, Václav Tvarůžka, Elżbieta Mastalerz
Visualisation of the pumped storage hydroelectric plant Dlouhé Stráně and its use in education 158

Iwona Sulima, Andrzej Pilch
Właściwości mechaniczne żył miedzianych stosowanych w produkcji kabli telekomunikacyjnych 163

Iwan Szczerba
Struktura elektronowa granatów typu $R_3Ga_5O_{12}$ 168

Magdalena Szutkowska, Lucyna Jaworska
Materiały ceramiczne przeznaczone na ostrza narzędzi skrawających i kierunki ich rozwoju 179

Ireneusz Telejko
Model pękania krzepnącego stopu 191

Agnieszka Twardowska
Lasery technologiczne przeznaczone do spawania 203

Miluše Vítečková, Antonín Víteček, Kazimierz Jaracz
Dobór nastaw regulatorów metodą SIMC 212

Jerzy Zieliński
Techniczne i psychofizyczne problemy zobrazowań wirtualnych 220

Jolanta Zielińska
Przygotowanie studentów kierunków nauczycielskich do wykorzystania potencjału e-edukacji w procesie samokształcenia 232

Mária Vargova, Henryk Noga, Jana Depešova
Opinie nauczycieli zawodu o powodzeniach i niepowodzeniach w pracy dydaktyczno-wychowawczej 239

Contents

Andrzej Baliński
Superoxidation problems in the ecological and technological aspect of the moulding sands ... 3

Jana Depešova, Mária Vargova, Henryk Noga
Specificity of teachers' professional functions in the process of using technical educational means ... 10

Pavel Dostál, Václav Tvarůžka, Elżbieta Mastalerz
CAD in preparation of the Special Subject teachers ... 16

Jan Dutkiewicz, Piotr Malczewski
Superplastic deformation of α+β brasses by means of gas pressure ... 20

Radim Farana, Kazimierz Jaracz, Pavel Smutný, Lubomír Smutný
Study plan at university with industrial case studies ... 29

Stanisław Gumuła, Krzysztof Pytel
The analysis of providing operation for solar energy on educational, economical and ecological area ... 40

Stanisław Gumuła, Krzysztof Pytel
Taking use of solar energy on basis of solar installation at swimming pool, treat in economical and educational aspect ... 49

Wiktor Hudy, Kazimierz Jaracz
Application of evolutionary algorithms to optimization of mechatronics system ... 58

Paweł Hyjek
Intermetallic phase Ni_3Al – properties and application ... 73

Kazimierz Jaracz
Simulation Methods Investigation of Elements and of Control Systems ... 84

Kazimierz Jaracz, Renata Staśko
Education by correspondence – development possibilities ... 90

Krystyna Kuźniar
The application of fuzzy neural networks in the selected building vibrations problems ... 94

Krystyna Kuźniar, Maciej Zając
The analysis of the modification of load-bearing walls dynamic properties resulting from their modernization 108

Elżbieta Mastalerz
Professional preferences of to-be graduates in Technical Institute of Pedagogical Academy in Krakow 119

Elżbieta Mastalerz, Ladislav Rudolf, Vaclav Tvarůžka
Organisation of teaching as an important factor of teacher's preparation 124

Krzysztof Mroczka, Sylwia Ożóg
SEM studies of selected fibers used in textile industry 129

Henryk Noga, Jana Depešova, Mária Vargova
Axiological challenges towards socializing media and multimedia contents 141

Krzysztof Parliński
Modeling of materials and predicting their properties 150

Małgorzata Piaskowska, Stanisław Gumuła
Economical and Ecological Aspects of Gaining Energy in Thermal Power Engineering 153

Ladislav Rudolf, Václav Tvarůžka, Elżbieta Mastalerz
Visualisation of the pumped storage hydroelectric plant Dlouhé Stráně and its use in education 158

Iwona Sulima, Andrzej Pilch
Properties of conductors of a cable in production of cables for telecommunication applications 163

Iwan Szczerba
Electron Structure of Garnets $R_3Ga_5O_{12}$ type 168

Magdalena Szutkowska, Lucyna Jaworska
Ceramic materials for cutting tool inserts and their development trends 179

Ireneusz Telejko
Model of solidification cracking of an alloy 191

Agnieszka Twardowska
Lasers in Technological Welding 203

Miluše Vítečková, Antonín Víteček, Kazimierz Jaracz
Controller Tuning By Simc Method 212

Jerzy Zieliński
Technical and psychophysical problems of virtual visualisations 220

Jolanta Zielińska
Preparation of pedagogical studies graduates to use the potential of e-learning for the self-education process 232

Mária Vargova, Henryk Noga, Jana Depešova
Trainee-teachers' opinions about success and failure in didactic-educational work 239