

MECHANIKA

CZASOPISMO TECHNICZNE
TECHNICAL TRANSACTIONS

MECHANICS

WYDAWNICTWO

POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

4-M/2011

ZESZYT 7

ROK 108

ISSUE 7

YEAR 108

ANNA DOBRZAŃSKA-DANIKIEWICZ*

KOMPUTEROWO WSPOMAGANE METODY FORESIGHTOWE W ZASTOSOWANIU DO INŻYNIERII POWIERZCHNI

COMPUTER AIDED FORESIGHT METHODS APPLIED INTO SURFACE ENGINEERING AREA

Streszczenie

Celem niniejszego artykułu jest prezentacja idei e-foresightu technologicznego i zbioru metod służących ocenie strategicznych perspektyw rozwojowych priorytetowych innowacyjnych technologii. Przedstawione podejście pozwala uporządkować, usprawnić i unowocześnić proces badań w ramach foresightu technologicznego, co zostało zweryfikowane w odniesieniu do inżynierii powierzchni materiałów.

Słowa kluczowe: Foresight technologiczny, inżynieria powierzchni materiałów, mapy drogowe technologii

Abstract

The aim of this paper is to present an e-foresight idea and a set of methods for evaluating the strategic development perspectives of priority innovative technologies. The presented approach allows for organizing, enhancing and modernizing the process of testing in the framework of the technology foresight, what has been verified with reference to material surface engineering.

Keywords: technology foresight, material surface engineering, technology roadmaps

* Dr inż. Anna Dobrzańska-Danikiewicz, Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska.

1. Wstęp

Zgodnie z definicją Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD) Gospodarka oparta na wiedzy (GOW) to gospodarka oparta wprost na tworzeniu, dystrybucji oraz praktycznym wykorzystaniu wiedzy i informacji [1]. Gospodarka ta promuje przedsiębiorstwa, w tym małe i średnie, będące systemami innowacyjnymi, edukacyjnymi i informacyjno-komunikacyjnymi, świadomie zarządzającymi wiedzą, jako zasobem strategicznym z uwzględnieniem oddziaływania mikro- i makrootoczenia. Kluczowe staje się zatem priorytetowe ukierunkowanie badań naukowych na najlepiej rokujące dziedziny i dyscypliny naukowe, mogące mieć duży wpływ na szybki rozwój cywilizacyjno-gospodarczy, co jest celem wielu aktualnie realizowanych lub niedawno zakończonych projektów, np. [2–7]. Technologie inżynierii powierzchni materiałów są silnie reprezentowane wśród priorytetowych innowacyjnych technologii. Przykładowo według danych źródłowych z 2008 roku 8–10% produkcji sprzedanej w gospodarce niemieckiej zostało zrealizowane w tej właśnie branży przemysłowej. Można zatem założyć, że analogiczne zjawisko powinno wystąpić w niedługim czasie w szybko rozwijającej się gospodarce polskiej. Szeroko rozumiana obróbka powierzchniowa i pokrywanie powierzchni są realizowane w niemal wszystkich sektorach produkcyjnych przemysłu, dobrze rokując na przyszłość i potencjalnie stanowiąc istotny przyczynek do wzrostu gospodarczego kraju.

2. E-foresight technologiczny

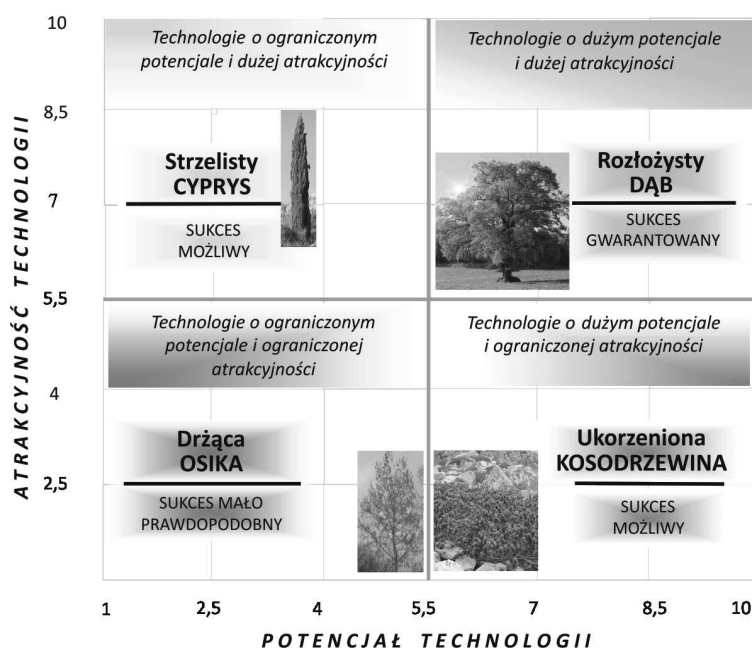
Praktyczna realizacja badań foresightowych dotyczących inżynierii powierzchni materiałów [2] natrafiła na przeszkody i trudności, wynikające głównie z szerokiej skali zaplanowanych do przeprowadzenia badań. W ramach badań zaplanowano trzy iteracje ankiet adresowanych do wysokiej klasy ekspertów i pozyskanie po 210 wypełnionych ankiet w każdej z trzech iteracji badań foresightowych – łącznie 630. Pojawiła się zatem uzasadniona konieczność opracowania metodyki i technologii informacyjnej, służących uporządkowaniu, usprawnieniu i unowocześnieniu procesu prowadzonych badań foresightowych. Tak narodziła się idea e-foresightu, w nawiązaniu do znanych już i powszechnie używanych pojęć [8]: e-zarządzanie, e-biznes, e-handel, e-bankowość, e-logistyka, e-usługi, e-administracja, e-edukacja – zawsze oznaczających prowadzenie określonych działań z wykorzystaniem sieci komputerowych, w szczególności Internetu.

E-foresight to prowadzenie badań foresightowych, zmierzających do wytypowania priorytetowych innowacyjnych technologii i kierunków rozwoju strategicznego badanego obszaru tematycznego, z wykorzystaniem Internetu [9]. Dla realizacji założonych celów badawczych opracowano autorską metodologię komputerowo wspomaganego zintegrowanego zarządzania badaniami foresightowymi (ang. Computer Aided Foresight Integrated Researches Management – CA FIRM) [9] wraz z powołaniem do życia towarzyszącej jej technologii informacyjnej, obejmującej następujące elementy składowe: organizację wirtualną dla zarządzania zintegrowanymi badaniami foresightowymi (ang. Virtual Organisation for Foresight Integrated Researches Management – VO FIRM), platformę internetową dla zarządzania zintegrowanymi badaniami foresightowymi (ang. WebPlatform for Foresight Integrated Researches Management – WP FIRM) oraz sieci neuronowe dla zarządzania zintegrowanymi badaniami foresightowymi (ang. Neural

Networks for Foresight Integrated Researches Management – NN FIRM). Metodologia CA FIRM opisuje kroki postępowania w ramach e-foresightu technologicznego dla jego realizacji w sposób uporządkowany, sprawny i nowoczesny.

3. Ocena wartości i prognozowanie przyszłego rozwoju technologii

Prowadzone badania mają charakter interdyscyplinarny, dotyczą w głównej mierze foresightu technologicznego i inżynierii powierzchni materiałów. Zgodnie z przyjętym trybem postępowania badania obejmują kolejno: wyodrębnienie grup technologii do badań eksperymentalno-porównawczych, zebranie opinii ekspertów, przeprowadzenie analizy wielokryterialnej i naniesienie jej wyników na macierz dendrologiczną i meteorologiczną, określenie strategii dla technologii, wyznaczenie ścieżek rozwoju strategicznego technologii, przeprowadzenie serii specjalistycznych badań materiałoznawczych z wykorzystaniem wysokiej klasy aparatury naukowo-badawczej oraz sporządzenie map drogowych technologii.

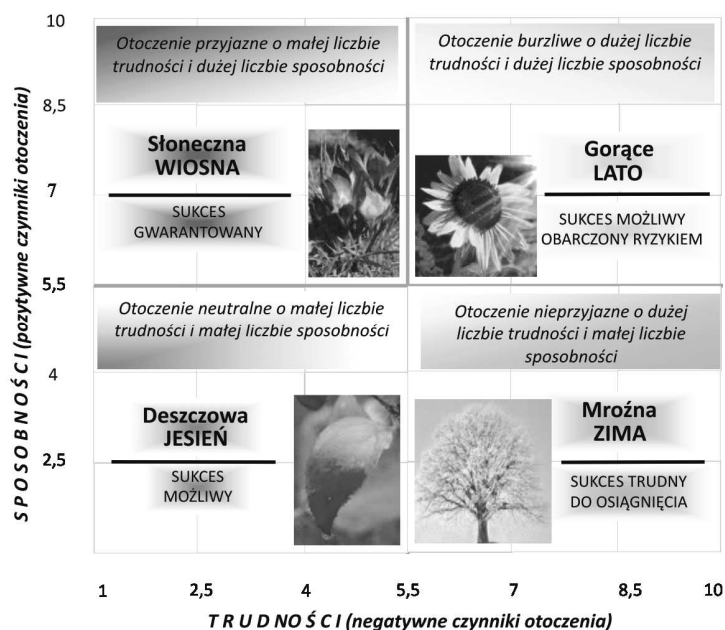


Rys. 1. Dendrologiczna macierz wartości technologii. Prezentacja podejścia
Fig. 1. The dendrological matrix of technology value. The approach presentation [11]

Przeprowadzenie badań foresightowo-materiałoznawczych w pierwszym rzędzie wymaga wyodrębnienia spośród analizowanych technologii kilku homogenicznych grup, w celu poddania ich planowanym badaniom o charakterze eksperymentalno-porównawczym. Do określenia zobiektywizowanych wartości poszczególnych wyodrębnionych technologii wykorzystywana jest dendrologiczna macierz wartości technologii, a do okreś-

lenia siły pozytywnego i negatywnego oddziaływania mikro- i makrootoczenia na dane technologie – meteorologiczna macierz oddziaływania otoczenia. Konstrukcja metodologiczna obu tych macierzy odwołuje się do znanych powszechnie w naukach o zarządzaniu metod portfelowych, z których najbardziej znana jest macierz Boston Consulting Group – BCG [10], zawdzięczająca swoją niebywałą popularność odwołaniem do prostych skojarzeń i intuicyjnego wnioskowania. Do oceny poszczególnych grup technologii pod kątem ich wartości i siły oddziaływania otoczenia przyjęto dziesięciopunktową uniwersalną skalę stanów względnych, według której najmniejsza wartość 1 odpowiada poziomowi minimalnemu, a najwyższa wartość 10 to poziom doskonałości.

Dendrologiczna macierz wartości technologii (rys. 1) przedstawia graficznie wyniki oceny poszczególnych grup technologii pod kątem ich potencjału stanowiącego rzeczywistą obiektywną wartość danej technologii i atrakcyjności odzwierciedlającej, jak dana technologia jest subiektywnie postrzegana wśród jej potencjalnych użytkowników. Potencjał danej grupy technologii, naniesiony na oś poziomą macierzy dendrologicznej, jest wynikiem analizy wielokryterialnej przeprowadzonej na podstawie oceny eksperckiej. Na oś pionową macierzy dendrologicznej został natomiast naniesiony poziom atrakcyjności danej grupy technologii, będący średnią ważoną oceny eksperckiej dokonanej w odniesieniu do przyjętych kryteriów szczegółowych. W zależności od wartości potencjału i poziomu atrakcyjności, dana technologia może zostać umieszczona w jednej z ćwiartek macierzy.



Rys. 2. Meteorologiczna macierz oddziaływania otoczenia.
Prezentacja podejścia

Fig. 2. The meteorological matrix of environment influence.
The approach presentation [11]

Meteorologiczna macierz oddziaływania otoczenia (rys. 2) przedstawia graficznie wyniki oceny oddziaływania czynników zewnętrznych na poszczególne grupy technologii, które zostały podzielone na trudności oddziałujące negatywnie i sposobności wpływające pozytywnie na analizowane technologie. Badanie opinii ekspertów na temat pozytywnych i negatywnych czynników oddziałujących na dane technologie odbywa się za pomocą kwestionariusza ankietowego złożonego z kilkudziesięciu pytań dotyczących mikro- i makrootoczenia w ściśle określonych proporcjach. Trudności zewnętrzne niesprzyjające technologii, będące wynikiem analizy wielokryterialnej przeprowadzonej na podstawie oceny eksperckiej, zostały naniesione na oś poziomą macierzy meteorologicznej. Natomiast na oś pionową tej macierzy naniesiono sposobności, czyli pozytywne czynniki oddziaływania otoczenia, będące średnią ważoną oceny eksperckiej dokonanej w odniesieniu do kryteriów szczegółowych. W zależności od określonego, w ramach oceny eksperckiej, poziomu oddziaływania pozytywnych i negatywnych czynników otoczenia na analizowaną technologię, zostaje ona umieszczona w jednej z ćwiartek macierzy.

Kolejny etap prac badawczych sprowadza się do naniesienia na **macierz strategii dla technologii** [11] wyników badań przedstawionych w postaci graficznej za pomocą dentrologicznej macierzy wartości technologii i meteorologicznej macierzy oddziaływania otoczenia. Macierz ta składa się z szesnastu pól odpowiadających poszczególnym wariantom, wynikającym z kompletu kombinacji czterech rodzajów technologii z czterema rodzajami otoczenia. Macierz strategii dla technologii przedstawia graficznie miejsce technologii z uwzględnieniem jej wartości i siły oddziaływania otoczenia oraz wskazuje strategię postępowania, jaką powinno się przyjąć w odniesieniu do danej technologii, wzięwszy pod uwagę analizowane wcześniej czynniki. Wiedząc, w jakim polu macierzy znajduje się dana technologia/grupa technologii w chwili przeprowadzenia badań, przystępuje się do określenia jej **ścieżek rozwoju strategicznego** stanowiących prognozę rozwoju w interwałach czasowych odpowiadających sytuacji w latach kolejno: 2015, 2020, 2025 i 2030 w trzech wariantach: optymistycznym, pesymistycznym i najbardziej prawdopodobnym. Wizualizacja wyników badań następuje przez naniesienie ścieżek rozwoju strategicznego na macierz strategii dla technologii, stanowiąc podstawę analizy porównawczej.

4. Badania materiałoznawcze immanentną częścią metodologii

W opracowanej metodologii istotne miejsce zajmują: szczegółowe badania materiałoznawcze struktury warstw powierzchniowych wytworzonych z wykorzystaniem różnych metod obróbki powierzchniowej, badania własności mechanicznych oraz tribologicznych oraz badania własności użytkowych w warunkach eksploatacji lub do nich zbliżonych. Wyniki tych badań w odniesieniu do technologii wytypowanych opisanymi metodami wartościowania technologii, stanowią istotną przesłankę do opracowania oraz doświadczalnej weryfikacji ocen dokonanych metodami opracowania macierzy strategii dla tychże technologii oraz są niezbędne dla opracowania mapy drogowej technologii i ich kart technologicznych. Synergiczne oddziaływanie metod badań materiałoznawczych i foresightowych jest gwarantem trafności i adekwatności ocen dokonywanych według metodologii opracowanej i opisananej w ramach niniejszego artykułu w odniesieniu do inżynierii powierzchni. Szczegółowe aplikacje opracowanej nowatorskiej metodologii komputerowo wspomaganých badań foresightowych w zakresie inżynierii powierzchni, stanowią już

MAPA DROGOWA TECHNOLOGII		Nazwa technologii: Azotowanie i jego odmiany		Nr kat.: M4-02-2010	
Obszar tematyczny: Technologie ciepło-energetyczne		DZIS 2010-2011		2020	
Obszar tematyczny: Technologie ciepło-energetyczne		2030		2030	
Interywały czasowe		Tworzenie scenariuszy przyszłych wydarzeń	Wykorzystywanie sposobności i unikanie trudności	Zróżnicowany rozwój	
Perspektywy ogólnospołeczne i gospodarcze		Tworzenie Księgi kart informacyjnych technologii	Rozwój priorytetowych innowacyjnych technologii	Statystyczne wysoka jakość technologii	
		Rozwijanie społeczeństwa informacyjnego i kapitału intelektualnego	Współpraca dla wzrostu innowacyjności i konkurencyjności gospodarki oraz kapitału intel.	Gospodarka oparta na wiedzy	
Strategia dla technologii		Strategia kosodrzewina	Strategia kosodrzewiny jasienia		
Oddziaływanie obecna wartość technologii		Deszczowe jesiń			
Dlaczego?		Ukorzeniona kosodrzewina			
Co?		Elementy silińców, pomp, maszyn, narzędzia do obróbki plastycznej i skrawające	Elementy silińców, pomp, maszyn, narzędzia do obróbki plastycznej i skrawające	Elementy silińców, pomp, maszyn, narzędzia do obróbki plastycznej i skrawające	
Podstaje		Dość wysoka (7)	Wysoka (8)	Wysoka (8)	
Rodzaje powłok/warstw wierzchnich		Stale stopowe do azotowania np.: 31CrMo12, 41CrAlMo7-10; narzędziowe np.: X40CrMoV5-1, sztybłotnące np.: X2CrNiMo17-12-2			
Polepszone własności materiału		Warstwa nazotowana			
Aparatura naukowo-badawcza		Wzrost twardości, odporności na ścieranie, odporności na korozję, wytrzymałości zmęczeniowej			
Technologie		Mikroskopy: świetlne, elektrony skaningowy, mikrotwardościomierz, mikroanalizator rentgenowski, stanowisko do badania wytrzymałości zmęczeniowej, odporności na ścieranie i odporności na korozję			
Faza cyklu życia		Azotowanie i jego odmiany			
Typ produkcji		Bazowa (3)			
Forma organizacji produkcji		Średnio- i małoseryjna			
Nowoczesność parku		Gniazdowa, potokowa asynchroniczna			
Automatyzacja i robotyzacja		Umiarowana (6)			
Jakość i niezawodność		Dość wysoka (7)			
Proekologiczność		Umiarowana (6)			
Rodzaj organizacji		Średnia (5)			
Reprezentowane gałęzie przemysłu		Dość i średnie przedsiębiorstwa			
Poziom wykształcenia pracowników		Motoryzacyjny, maszynowy, narzędziowy			
Zaangażowanie kadry naukowo-badawczej		Dość wysoki (7)			
Wymagania kapitałowe		Dość wysokie (7)			
Wielkość produkcji w firmie		Średnie (5)			
Warunkująca opłacalność		Umiarowana (6)			
Wielkość produkcji (kraj)		Średnia (5)			

Źródło: Opracowanie własne: A.D. Dobrzańska-Damkiewicz, E. Hajduczek, M. Polok-Rubinec, M. Przybył, K. Adamaszek

Rys. 3. Przykładowa mapa drogowa technologii opracowana dla azotowania i jego odmian

Fig. 3. An example technology roadmap prepared for nitriding and its variants

wydane bądź aktualnie przygotowywane publikacje szczegółowe dotyczące wybranych innowacyjnych technologii dotyczące: nakładania powłok PVD na podłoże [12], obróbki laserowej stopowych stali narzędziowych do pracy na gorąco [13], laserowego przetapiania i wtapiania cząstek węglików w powierzchnię odlewniczych stopów magnezu [14], technologii materiałów gradientowych i kompozytowych powierzchniowo, wybranych metod obróbki cieplno-chemicznej, technologii jonizacyjnych, obróbki powierzchniowej materiałów polimerowych, obróbki powierzchniowej w produkcji ogniw fotowoltaicznych, a także mechanizmów skutkujących uszkodzeniem narzędzi oraz korozją powierzchniową

5. Mapy drogowe technologii

Mapy drogowe technologii są opracowywane na podstawie danych źródłowych pozyskanych podczas przeprowadzonych badań eksperymentalno-porównawczych. Układ każdej mapy drogowej technologii odpowiada pierwszej ćwiartce kartezjańskiego układu współrzędnych. Na osi poziomej umieszczono trzy interwały czasowe dotyczące kolejno: sytuacji w dniu dzisiejszym (lata 2010–2011), za 10 lat (w 2020 roku) oraz za 20 lat (w 2030 roku). Oś pionowa mapy drogowej technologii zawiera siedem warstw głównych, zawierających odpowiedzi na pytania: Kiedy? Dlaczego? Co? Jak? Gdzie? Kto? Ile?, podzielonych na podwarstwy o większym poziomie szczegółowości. Powiązania pomiędzy poszczególnymi warstwami i podwarstwami mapy drogowej technologii są przedstawiane za pomocą zróżnicowanych graficznie strzałek i odnoszą się do związków przyczynowo-skutkowych, powiązań kapitałowych, korelacji czasowych oraz dwukierunkowych przepływów danych i/lub zasobów. Mapy drogowe technologii są bardzo wygodnym narzędziem analizy porównawczej, ułatwiając wybór najlepszej z nich pod względem określonego wybranego kryterium, a uzupełnione o karty informacyjne technologii zawierające precyzyjne szczegóły techniczne, pozwalają na wdrożenie danej technologii w praktyce przemysłowej. Istotną cechą map drogowych technologii jest ich elastyczność, powodująca, że w razie potrzeby mapę można uzupełniać i rozbudowywać o dodatkowe podwarstwy, dostosowując ją w ten sposób przykładowo do specyfiki prac naukowo-badawczych, wymagań danej branży przemysłowej czy wielkości przedsiębiorstwa. Przykładową mapę drogową technologii sporządzoną dla azotowania i jego odmian przedstawiono na rysunku 3.

6. Wnioski

W niniejszym artykule przedstawiono własną autorską metodologię określania wartości technologii na tle otoczenia wraz z zalecanymi strategiami postępowania i ścieżkami rozwoju strategicznego. Proponowane podejście uwzględnia wpływ każdej z zastosowanych technologii obróbki powierzchni materiałów inżynierskich na jakość, strukturę i własności warstw powierzchniowych uzyskiwanych w wyniku aplikacji tych technologii, a także umożliwia utworzenie serii map drogowych technologii. Opracowanie i użycie przedstawionych narzędzi umożliwia zaprezentowanie w jednolitym przejrzystym formacie różnego rodzaju czynników charakteryzujących bezpośrednio i pośrednio dane

grupy technologii z uwzględnieniem prognozy i perspektyw ich rozwoju w różnych interwałach przyjętego horyzontu czasowego, wraz ze wzajemnymi powiązaniem. Opisane w niniejszym artykule podstawy metodologiczne są stosowane w serii badań foresightowo-materiałoznawczych, stanowiących fragment szerszych działań własnych mających na celu wyodrębnienie, zbadanie, scharakteryzowanie i określenie strategicznych perspektyw rozwojowych priorytetowych innowacyjnych technologii inżynierii powierzchni materiałów inżynierskich w procesie e-foresightu technologicznego. Opracowana metodologia ma jednak znacznie większe znaczenie i może być aplikowana we wszystkich rodzajach foresightów technologicznych i środowiskowych, jak i w innych obszarach zarządzania wiedzą i informacją.

Literatura

- [1] Organization for Economic Co-operation and Development OECD, *The Knowledge-Based Economy*, Paris 1999.
- [2] FORSURF (www.forsurf.pl).
- [3] NANOMAT (www.nanomat.eitplus.pl).
- [4] FORGOM (www.foresightgom.pl).
- [5] Dreher C., *Manufacturing visions: A holistic view of the trends for European manufacturing*, [in:] Montorio M., Taisch M., Thoben K.-D. (eds.), *Advanced Manufacturing. An ICT and Systems Perspective*, Taylor & Francis Group, London 2007.
- [6] Dosch H., Van de Vorde M.H. (eds.), *Gennesys. White Paper. A New European Partnership between Nanomaterials Science & Nanotechnology and Synchrotron Radiation and Neutron Facilities*, Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart 2009.
- [7] Narodowy Program Foresight. Polska 2020 (<http://foresight.polska2020.pl/cms>).
- [8] Kisielnicki J., *MIS. Informacyjne systemy zarządzania*, Placet, Warszawa 2008.
- [9] Dobrzańska-Danikiewicz A.D., *E-foresight of materials surface engineering*, Archives of Materials Science and Engineering, 44/1, 2010, 43-50.
- [10] The Boston Consulting Group, *The Product Portfolio*, Perspectives 66, 1970.
- [11] Dobrzańska-Danikiewicz A.D., *Foresight methods for technology validation, roadmapping and development in the surface engineering area*, Archives of Materials Science Engineering, 44/2, 2010, 69-86.
- [12] Dobrzańska-Danikiewicz A.D., Łukaszewicz K., *Technology validation of coatings deposition onto the brass substrate*, Archives of Materials Science Engineering, 46/1, 2010, 5-38.
- [13] Dobrzańska-Danikiewicz A.D., Jonda E., Labisz K., *Foresight methods application for evaluating laser treatment of hot-work steels*, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 43/2, 2010, 750-773.
- [14] Dobrzańska-Danikiewicz A.D., Tański T., Malara S., Domagała-Dubiel J., *Assessment of strategic development perspectives of laser treatment of casting magnesium alloys*, Archives of Materials Science Engineering, 45/1, 2010, 5-39.