

# INŻYNIERIA POWIERZCHNI

## SURFACE ENGINEERING

**K w a r t a l n i k**  
**3'2014**

### REDAGUJE KOLEGIUM

#### Redaktor Naczelny

dr hab. inż. Tomasz BABUL  
☎ 22 663 43 35

#### Z-ca Red. Naczelnego

mgr inż. Henryk ANDRZEJEWSKI  
☎ 22 560 25 15

#### Redaktorzy Tematyczni

prof. dr hab. inż. Tadeusz BURAKOWSKI

prof. dr inż. Witold MILEWSKI

prof. dr hab. inż. Jan SENATORSKI

dr inż. Piotr TOMASSI

#### Redaktor Statystyczny

mgr Joanna LUDWICZAK

#### Redaktor Językowy

mgr Sylwia WODZISŁAWSKA

#### Sekretarz Redakcji

Alicja BANASZKIEWICZ  
☎ 22 560 25 25

### WYDAWCA

Instytut Mechaniki Precyzyjnej  
Nakł. 400 egz.

**I S S N 1426-1723**

Zgłoszenia na prenumeratę  
przyjmuje:

Instytut Mechaniki Precyzyjnej  
Sekcja Wydawnicza

ul. Duchnicka 3, 01-796 Warszawa

☎ 22 560 25 25

fax: 22 663 43 32

e-mail: [inte@imp.edu.pl](mailto:inte@imp.edu.pl)

[www. imp.edu.pl](http://www.imp.edu.pl)

### SPIS TREŚCI

str.

#### Seminarium

#### „Obróbka cieplna narzędzi i części maszyn”

R. Mruk, J. Michalski, J. Słoma, P. Wach – Wykorzystanie metod sztucznej inteligencji w projektowaniu procesów regulowanego azotowania gazowego stali .....	3
E. Wołowicz, P. Kula, M. Korecki, J. Olejnik – Współczesna obróbka cieplna narzędzi do pracy na gorąco według światowych standardów .....	12
A. Ciski, T. Babul, K. Lankiewicz, Z. Obuchowicz – Wegloazotowanie fluidalne stali X37CrMoV5-1 w złożu aktywnym chemicznie .....	17
A. Malinowski, J. Senatorski, J. Tacikowski, P. Mączyński – Właściwości obrobionej cieplno-chemicznie stali konstrukcyjnej przy zintegrowanych narażeniach mechanicznych	26
G. Biernat, M. Ogórek, T. Frączek, M. Knapieński, M. Pilarska – Odporność na zużycie tribologiczne azotowanej jonowo stali austenitycznej 304 .....	31
Z. Gronostajski, M. Hawryluk, M. Kaszuba, M. Zwierzchowski – Zjawiska występujące w warstwie wierzchniej matryc stosowanych w procesie kucia koła czołowego .....	38
A. Pertek-Owsianna, D. Kapcińska-Popowska, A. Bartkowska – Wpływ parametrów laserowego borowania na właściwości stali średniowęglowej z mikrodotądkiem boru .....	49
K. Czechowski, D. Tobała, I. Wronska, P. Rusek – Wybrane aspekty obróbki cieplnej, cieplno-chemicznej i powierzchniowej narzędzi ze stali proszkowych .....	55

◆◆◆◆◆

A. Gajewska-Midziałek, A. Mazurek, B. Szeptycka – Powłoki niklowe osadzone elektrochemicznie na stopach aluminium .....	64
P. Mayer, A. Bugała – Wytrzymałość na odrywanie powłok polimocznikowych od podłoża aluminiowego .....	70
Konferencje .....	76
Książki .....	78
Wynalazki .....	79

### CONTENTS

p.

#### Seminar

#### „Heat treatment of tools and machin elements”

R. Mruk, J. Michalski, J. Słoma, P. Wach – The use of artificial intelligence methods in designing the processes of controlled gas nitriding of steel .....	3
E. Wołowicz, P. Kula, M. Korecki, J. Olejnik – Modern heat treatment of tools made of hot work tool steel according to world standards .....	12
A. Ciski, T. Babul, K. Lankiewicz, Z. Obuchowicz – Fluidized bed nitrocarburizing in chemically active powders of X37CrMoV5-1 steel .....	17
A. Malinowski, J. Senatorski, J. Tacikowski, P. Mączyński – Properties of thermo-chemical treated constructional steel under integrated mechanical hazard .....	26
G. Biernat, M. Ogórek, T. Frączek, M. Knapieński, M. Pilarska – Resistance on tribological wear of ion nitrided 304 austenitic steel .....	31
Z. Gronostajski, M. Hawryluk, M. Kaszuba, M. Zwierzchowski – The wear phenomena occurring in the surface layer of die inserts used in the forging process of front wheel .....	38
A. Pertek-Owsianna, D. Kapcińska-Popowska, A. Bartkowska – Influence of laser boriding parameters on properties of medium carbon steel with boron microalloyed .....	49
K. Czechowski, D. Tobała, I. Wronska, P. Rusek – Selected aspects of heat, thermo-chemical and surface treatments of tools produced from powder steels .....	55

◆◆◆◆◆

A. Gajewska-Midziałek, A. Mazurek, B. Szeptycka – The nickel electrochemical coatings on the aluminium alloys .....	64
P. Mayer, A. Bugała – The peel strength of the polyurea coating of aluminium substrate ...	70
Conferences .....	76
Books .....	78
Inventions .....	79

# WYKORZYSTANIE METOD SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W PROJEKTOWANIU PROCESÓW REGULOWANEGO AZOTOWANIA GAZOWEGO STALI

## THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS IN DESIGNING THE PROCESSES OF CONTROLLED GAS NITRIDING OF STEEL

### STRESZCZENIE

*W artykule omówiono modele wspomagające projektowanie i symulacje procesów azotowania gazowego. Podano przykłady wykorzystania modeli: heurystycznych – umożliwiających wyznaczenie parametrów atmosfery wlotowej na podstawie zakładanego przebiegu temperatury i potencjału azotowego w czasie trwania procesu; analitycznych – umożliwiających prognozowanie grubości warstwy azotowanej na podstawie kinetycznych współczynników wzrostu uzyskanych w badaniach grawimetrycznych; neuronowych – przeznaczonych do prognozowania właściwości warstwy azotowanej zdefiniowanej grubością efektywną i grubością warstwy azotków żelaza na podstawie wartości parametrów procesu azotowania. Wykazano, że zastosowane sieci neuronowe o właściwościach aproksymujących pozwoliły na budowę modeli dobrze dopasowanych do danych eksperymentalnych, w których uwzględnione są zależności nieliniowe.*

### Słowa kluczowe

*Regulowane azotowanie gazowe, sztuczna sieć neuronowa, model heurystyczny, pomiary grawimetryczne, model analityczny*

### SUMMARY

*The article discusses the various models used in the design and simulation of gas nitriding processes. Examples for the use of models are presented, including: heuristic models, enabling the determination of the inlet atmospheric parameters on the basis of the estimated temperature changes and nitrogen levels during the nitriding process; analytical models, enabling the prediction of the thickness of the nitrided layer on the basis of growth kinetic coefficients derived from gravimetric studies; neural models, enabling the forecasting of properties of the nitrided layer, defined by its effective thickness and the thickness of the iron nitride layer, on the basis of a nitriding process parameters. It has been demonstrated that the applied neural networks with their approximating properties allow for the construction of models which are well-suited to the experimental data which include non-linear dependence.*

### Key words

*Regulated gas nitriding, artificial neural network, heuristic models, gravimetric measurements, analytical modeling*

---

<sup>1</sup> Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Katedra Organizacji i Zarządzania, Warszawa

<sup>2</sup> Instytut Mechaniki Precyzyjnej, Warszawa

# WSPÓŁCZESNA OBRÓBKA CIEPLNA NARZĘDZI DO PRACY NA GORĄCO WEDŁUG ŚWIATOWYCH STANDARDÓW

## MODERN HEAT TREATMENT OF TOOLS MADE OF HOT WORK TOOL STEEL ACCORDING TO WORLD STANDARDS

### STRESZCZENIE

*W artykule podjęto zagadnienia dotyczące obróbki cieplnej form, matryc i narzędzi wykonanych ze stali H11/H13. Przedstawiono obowiązujące standardy na bazie wymagań NADCA, FORD i GM oraz opisano różnice między nimi. Omówiono przykładowy, produkcyjny proces obróbki cieplnej matrycy, jego cechy charakterystyczne, elementy krytyczne oraz metody kontroli, począwszy od etapu nagrzewu do austenityzacji po odpuszczanie, szczególnie zaś etap hartowania i przystanku izotermicznego. Zaprezentowano zintegrowany symulator G-Quench Pro, który na podstawie parametrów procesu obróbki cieplnej, cech hartowanego elementu oraz właściwości pieca HPGQ określa krzywą chłodzenia, a na tej podstawie przewiduje twardość po hartowaniu, ponadto umożliwia obróbkę danych historycznych oraz śledzenie i analizę procesu w czasie rzeczywistym.*

### Słowa kluczowe

*Obróbka cieplna, stale narzędziowe, symulator G-Quench*

### SUMMARY

*The article will be taken on heat treatment of moulds, dies and tools made of steel H11/H13. It will be introduced valid standards on the base of requirements NADCA, FORD and GM and demonstrated the differences between them. It is presented is a modern single-chamber vacuum furnace equipped with a dynamic cooling system in a gas under high pressure 15/25 bar, and its performance and capabilities as well as the cooling rate achieved. The dynamic cooling system allows programmable change the direction of the gas inflow into the cooling load and implementation of isothermal quenching. The process of hardening is supported by an integrated simulator that allows to predict the course of cooling and its result, and track the process on-line.*

### Key words

*Heat treatment, tool steels, G-Quench simulator*

---

<sup>3</sup> Politechnika Łódzka, Instytut Inżynierii Materiałowej

<sup>4</sup> Seco/Warwick S.A., Świebodzin

# WĘGLOAZOTOWANIE FLUIDALNE STALI X37CrMoV5-1 W ZŁOŻU AKTYWNYM CHEMICZNIE

## FLUIDIZED BED NITROCARBURIZING IN CHEMICALLY ACTIVE POWDERS OF X37CrMoV5-1 STEEL

### STRESZCZENIE

*W artykule przedstawiono nową metodę węglazotowania fluidalnego w złożu aktywnej chemicznie mieszaniny proszkowej fluidyzowanej za pomocą drgań mechanicznych. Badaniom w zakresie mikrostruktury, twardości, odporności na zużycie przez tarcie oraz udarności poddano próbki ze stali narzędziowej stopowej do pracy na gorąco X37CrMoV5-1 poddanej węglazotowaniu w temperaturze 560°C i czasie obróbki cieplno-chemicznej 4 i 8 godzin. Uzyskane wyniki zostały odniesione do stali poddanej konwencjonalnej obróbce cieplnej polegającej na hartowaniu i odpuszczaniu. Przeprowadzone procesy węglazotowania umożliwiły wytworzenie warstw o parametrach zbliżonych do warstw uzyskiwanych dzięki zastosowaniu innych technik węglazotowania, np. metody skrzynkowej w proszkach aktywnych chemicznie lub w atmosferach gazowych. W drugiej części pracy przedstawiono wyniki badań stopnia zużycia wykorzystywanej podczas węglazotowania mieszaniny proszkowej zawierającej jako główne składniki aktywne żelazocyjanek potasu oraz węgiel aktywny. Przedstawiono także wyniki badań w zakresie mikrostruktury, twardości powierzchni oraz rozkładu twardości próbek wykonanych ze stali X37CrMoV5-1 węglazotowanych w mieszaninach proszkowych regenerowanych według nowo opracowanej metody ich regeneracji. Otrzymane wyniki badań porównano z wynikami otrzymanymi dla procesów węglazotowania przeprowadzonych w nieużytych złożach proszkowych.*

### Słowa kluczowe

*Węglazotowanie, złożo fluidalne, proszek aktywny chemicznie*

### SUMMARY

*This paper presents a new method of nitrocarburizing in chemically active powders fluidized by mechanical vibrations. The research in the field of microstructure, hardness, wear resistance and impact strength were performed on specimens made of X37CrMoV5-1 alloy tool steel subjected to nitrocarburizing at a temperature 560°C and thermo-chemical treatment time 4 and 8 hours. The obtained results were related to the steel subjected to conventional heat treatment consisting of quenching and tempering. Conducted nitrocarburizing processes enabled the creation of layers with parameters similar to the layers obtained using other nitrocarburizing techniques, such as box methods in chemically active powders or in gaseous atmospheres. The second part of this paper presents the results of the wear degree of used for nitrocarburizing powder mixtures containing potassium ferrocyanide and activated carbon. The paper presents also the results of microstructure, surface hardness and hardness distribution research of specimens made of X37CrMoV5-1 steel nitrocarburized in regenerated powder mixtures according to the newly developed method for their regeneration. The presented results were compared with the results obtained for the processes carried out during the nitrocarburizing with unused powder mixtures.*

### Key words

*Nitrocarburizing, fluidized bed, chemically active powder*

---

<sup>1</sup> Instytut Mechaniki Precyzyjnej, Warszawa

# WŁAŚCIWOŚCI OBROBIONEJ CIEPLNO-CHEMICZNIE STALI KONSTRUKCYJNEJ PRZY ZINTEGROWANYCH NARAŻENIACH MECHANICZNYCH

## PROPERTIES OF THERMO-CHEMICAL TREATED CONSTRUCTIONAL STEEL UNDER INTEGRATED MECHANICAL HAZARD

### **STRESZCZENIE**

*W pracy omówiono wyniki badań właściwości tribologicznych oraz zmęczenia konstrukcyjnej stali 40HM (42CrMo4) po procesie azotowania gazowego, a także chromowania. Wykazano, że zastosowane procesy obróbki cieplno-chemicznej w istotny sposób zmieniają odporność na zużycie tribologiczne oraz zmęczenie stali konstrukcyjnej 40HM (42CrMo4).*

### **Słowa kluczowe**

*Stal konstrukcyjna, azotowanie gazowe, chromowanie, właściwości tribologiczne, zmęczenie*

### **SUMMARY**

*Investigation results of tribological properties and fatigue of nitrided and chromized layers on constructional steel 40HM (42CrMo4) are presented in this work. It has been revealed that application of thermo-chemical processes significantly change of tribological resistance and fatigue of constructional steel 40HM (42CrMo4).*

### **Key words**

*Constructional steel, gas nitriding, chromizing, tribological properties, fatigue*

---

<sup>5</sup> Były pracownik Instytutu Mechaniki Precyzyjnej, Warszawa

<sup>6</sup> Instytut Mechaniki Precyzyjnej, Warszawa

# ODPORNOŚĆ NA ZUŻYCIE TRIBOLOGICZNE AZOTOWANEJ JONOWO STALI AUSTENITYCZNEJ 304

## RESISTANCE ON TRIBOLOGICAL WEAR OF ION NITRIDED 304 AUSTENITIC STEEL

### STRESZCZENIE

*W pracy zaproponowano wielomianową interpolację tensorową uzyskanych wyników badań tribologicznych stali austenitycznej gatunku 304 według AISI (X5CrNi18-10 wg PN-EN 10088-1:1998), poddanej procesowi azotowania jonowego w zakresie temperatury  $T = 538-673\text{K}$  ( $325-400^\circ\text{C}$ ) i w czasie od 7,2 do 14,4 ks (od 2 do 4 h), po dwóch różnych wariantach rozmieszczenia próbek w komorze jarzeniowej. Pierwszy wariant – elementy przeznaczone do azotowania zostały umieszczone na katodzie, wariant drugi – azotowane elementy umieszczone na katodzie zostały dodatkowo osłonięte ekranem aktywnym w celu intensyfikacji oddziaływania plazmy wyladowania jarzeniowego w procesie azotowania. Interpolacja poszczególnych wyników odporności na zużycie ściernie pozwoliła opisać tę cechę w postaci funkcji wielomianowej i uzyskać wartości tej funkcji w niemierzonych punktach. Dla osiągnięcia założonych celów pracy przeprowadzono badania tribologiczne na testerze T-05, zarówno próbek po procesach azotowania jonowego, jak i próbek ze stali 304 w stanie dostawy. Określono wpływ zadanych parametrów azotowania na ubytek masy próbek w teście ścieralności.*

### Słowa kluczowe

*Austenityczne stale nierdzewne, azotowanie jarzeniowe, ekran aktywny, struktura warstwy wierzchniej*

### SUMMARY

*The paper proposes a polynomial tensor interpolation of obtained tribological results of austenitic stainless steel 304 according to AISI (X5CrNi18-10 acc. PN-EN 10088-1:1998), subjected to ion nitriding process in the temperature range  $538-673\text{K}$  and at 2–4 hours for two different variants of distribution of samples in the fluorescent chamber. The first variant - elements for nitriding were placed on the cathode, the second option – nitrided components placed on the cathode were additionally protected by active screen in order to increase the impact of glow discharge plasma nitriding process. Interpolation of the individual abrasive wear resistance allowed to describe this feature in the form of a polynomial function and get the value of this function in not measured points. To achieve the objectives of the work tribological tests were carried out using T-05 tester, both the samples after ion nitriding processes, as well as samples of steel 304 in the state of delivery. The influence of selected parameters on the nitriding weight loss of the samples in the test abrasion was assessed.*

### Key words

*Austenitic stainless steel, glow discharge nitriding, active screen, surface layer structure*

<sup>7</sup> Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki

<sup>8</sup> Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów

# ZJAWISKA WYSTĘPUJĄCE W WARSTWIE WIERZCHNIEJ MATRYC STOSOWANYCH W PROCESIE KUCIA KOŁA CZOŁOWEGO

## THE WEAR PHENOMENA OCCURRING IN THE SURFACE LAYER OF DIE INSERTS USED IN THE FORGING PROCESS OF FRONT WHEEL

### STRESZCZENIE

*W pracy przedstawiono opis zjawisk zachodzących na powierzchni matryc do kucia odkuwki koła czołowego w trzech operacjach. Analizie poddano wkładki matrycowe (dolne) stosowane w poszczególnych operacjach, dla których średnie trwałości są następujące: I operacja – ok. 30 000 szt. odkuwek, II operacja – ok. 10 000 szt. oraz III operacja – 20 000 szt. Wskutek długotrwałej pracy narzędzi, niezależnie od liczby odkutych odkuwek dla wkładek w poszczególnych operacjach zaobserwowano, że najbardziej intensywne ich zużywanie zachodzi w miejscu najdłuższego kontaktu z kutym materiałem. Opisane w pracy badania wykazały, że najbardziej niebezpiecznym czynnikiem, szczególnie dla matryc z II operacji, jest zmęczenie cieplno-mechaniczne, które w efekcie szybko prowadzi do powstania pierwotnej siatki pęknięć na całej powierzchni kontaktu narzędzia z kutym materiałem, a wraz z upływem czasu także wtórnej siatki pęknięć. Z kolei w warstwie wierzchniej narzędzi stosowanych w I i III operacji dominujące jest zużycie ściernie powstałe na skutek intensywnego płynięcia materiału w obecności cząstek ściernych (tlenków).*

### Słowa kluczowe

*Kucie matrycowe, zużycie ściernie, zmęczenie cieplno-mechaniczne, odkształcenia plastyczne*

### SUMMARY

*The paper presents a description of the phenomena occurring on the surface of front wheel forging dies in 3 operations. Bottom die inserts in individual operations, were analyzed, which the average tool lives are as follows: I operation about 30 000 pieces, II operation about 10 000 pieces and III operation 20 000 pieces. The long-term work of the tool, regardless of the number of produced forgings, causes the most intensive wear in the location of the longest contact of the die with the forged material. The research proves that the most dangerous factor, especially for dies of the second operation is the thermo-mechanical fatigue, which in effect quickly leads to the formation of the initial grid cracks, and with time the secondary grid cracks, on the whole contact area. On the other hand in the surface layer of the tools used in the first and third operation is the dominant of the abrasive wear caused by the intensive material flow with occurrence of the abrasive particles (oxides) has been discussed.*

### Key word

*Die forging, abrasive wear, thermo-mechanical fatigue, plastic deformation*

---

<sup>9</sup> Politechnika Wroclawska, Katedra Obróbki Plastycznej i Metrologii

# WPLYW PARAMETRÓW LASEROWEGO BOROWANIA NA WŁAŚCIWOŚCI STALI ŚREDNIOWĘGLOWEJ Z MIKRODODATKIEM BORU

## INFLUENCE OF LASER BORIDING PARAMETERS ON PROPERTIES OF MEDIUM CARBON STEEL WITH BORON MICROALLOYED

### STRESZCZENIE

*W pracy przedstawiono wpływ parametrów borowania laserowego na mikrostrukturę, twardość i odporność na zużycie przez tarcie stali borowej zawierającej w % wag.: 0,318% C i 0,002% B. Laserowe borowanie polegało na naniesieniu powłoki z borem na uprzednio obróbną cieplnie stal, a następnie przetopieniu jej wiązką lasera. W wyniku laserowej obróbki cieplnej otrzymano mikrostrukturę złożoną z trzech stref: strefy przetopionej (SP) składającej się z eutektyki zawierającej borki żelaza i martenzyt, strefy wpływu ciepła (SWC) martenzytowo-bainitycznej i martenzytu odpuszczonego w rdzeniu stali. Dzięki tej strukturze uzyskano łagodny gradient twardości między warstwą a rdzeniem w zakresie od ok. 1800 HV0.1 do ok. 300 HV0.1. Badania wykonane przy użyciu tribometru MBT-01, w układzie próbka (obracający się pierścień) – płytka (przeciwpróbka z węgla spiekane S20S o twardości 1430HV wykazały istotny wpływ parametrów laserowego borowania na zmniejszenie zużycia przez tarcie stali w porównaniu ze stalą tylko po obróbce cieplnej.*

### Słowa kluczowe

*Borowanie laserowe, mikrostruktura, twardość, odporność na zużycie przez tarcie, stal borowa*

### SUMMARY

*The influence of parameters laser boriding on microstructure, hardness and wear resistance of the friction boron steel containing, in % by weight.: 0.318% C and 0.002% were investigated. Laser boriding consisted of applying paste with amorphous boron on the steel surface, and then re-melting with a laser beam. As a result, of laser boriding microstructure was obtained which consisted of re-melted zone with boride eutectic and martensite, heat affected zone with martensite and bainite and tempered martensite in core. By this structure obtained a hardness gradient between surface and core from 1800 HV0.1 up to 300 HV0.1. The wear resistance tests were made by means of an MBT-01 Amsler type tribometer in the following system: specimen (rotating ring) – counter specimen (sintered carbide plate) showed significant impact parameters of the laser boriding to reduce the wear resistance of steel compared to steel after heat treatment only.*

### Key words

*Laser boriding, microstructure, hardness, wear resistance, boron steel*

---

<sup>10</sup> Politechnika Poznańska

<sup>11</sup> Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, Poznań



# WYBRANE ASPEKTY OBRÓBKI CIEPLNEJ, CIEPLNO-CHEMICZNEJ I POWIERZCHNIOWEJ NARZĘDZI ZE STALI PROSZKOWYCH

## SELECTED ASPECTS OF HEAT, THERMO- -CHEMICAL AND SURFACE TREATMENTS OF TOOLS PRODUCED FROM POWDER METALLURGY STEELS

### STRESZCZENIE

Przedstawiono wybrane możliwości polepszania jakości narzędzi ze stali otrzymywanych na drodze metalurgii proszków (PM) za pomocą obróbki cieplnej, obróbki cieplno-chemicznej i obróbki powierzchniowej (PVD, nagniatanie itd.). Podano standardowe warunki obróbki cieplnej dla wybranych narzędzi wykonanych ze stali otrzymywanych na drodze metalurgii proszków. Przedstawiono przykładowe możliwości kształtowania jakości narzędzi za pomocą obróbki nagniataniem i cieplno-chemicznej. Omówiono zagadnienia wpływu gatunku materiału narzędzi i warunków jego obróbki cieplnej oraz powierzchniowej na wybrane właściwości fizyczne i użytkowe narzędzi. Przedstawiono przykładowe wyniki badań wykonanych w Instytucie. Otrzymane rezultaty pozwalają m.in. na stwierdzenie, że właściwy dobór gatunku stali i odpowiednie określenie warunków obróbki cieplnej i obróbki powierzchniowej lub specjalnej łączonej obróbki mechanicznej i cieplno-chemicznej stali umożliwiają osiągnięcie wysokiej jakości narzędzi i podwyższenie ich produktywności.

### Słowa kluczowe

Stal proszkowa, metalurgia proszków, obróbka cieplna, obróbka cieplno-chemiczna, obróbka powierzchniowa, nagniatanie, PVD, narzędzie wysokiej jakości

### SUMMARY

Some possibilities of improving the quality of tools of steels manufactured by powder metallurgy (PM) through heat treatment, thermo-chemical treatment and surface processing (PVD, burnishing etc.) are presented. Standard conditions of heat treatment are given for selected PM steel tools. Examples of improving the quality of tools by burnishing and thermo-chemical treatment are presented. The effects of tool material type, heat treatment and surface processing on some the physical and end-use properties of the tools are considered. Typical experimental results obtained in the Institute are presented. These results allow us to conclude, inter alia, that the proper selection of steel grades, heat treatment conditions and surface processing or special combined mechanical and thermo-chemical treatments, make possible the achievement of tools of high-quality and increased productivity.

### Key words

Powder steel, powder metallurgy, heat treatment, thermo-chemical treatment, surface processing, burnishing, PVD, high-quality tool

---

<sup>12</sup> Instytut Zaawansowanych Technologii Wytwarzania, Kraków

## POWŁOKI NIKLOWE OSADZANE ELEKTROCHEMICZNIE NA STOPACH ALUMINIUM

## THE NICKEL ELECTROCHEMICAL COATINGS ON THE ALUMINIUM ALLOYS

### STRESZCZENIE

Zbadano różne warianty przygotowania podłoża przed osadzeniem powłok niklowych na stopach aluminium A1, PA2, PA6, PA11. Do testowania właściwości zastosowano trzy metody przygotowania powierzchni aluminium. Powłoki niklowe osadzano metodą elektrochemiczną z niskostężeniowej kąpieli do niklowania z dodatkiem związków organicznych. Strukturę zglądów poprzecznych wytworzonych powłok badano na mikroskopie Nikon Eclipse JV 150. Pomiary przyczepności powłok do podłoża aluminiowego wykonano metodą scratch testu. Chropowatość podłoży aluminiowych i powłok niklowych mierzono profilografem TR 100. Mikrotwardość mierzono metodą Vickersa przy użyciu mikrotwardościomierza Vickersa, stosując obciążenie 0,05 kG. Powłoki niklowe wytworzone w tych badaniach odznaczały się 4–5-krotnie lepszą mikrotwardością w porównaniu ze stopem PA6 i PA11 i 12-krotnie lepszą w porównaniu z A1.

### Słowa kluczowe

Nikiel, aluminium, elektroosadzanie

### SUMMARY

The different pretreatment cycles was used for nickel plating on aluminium alloys A1, PA2, PA6, PA11. The three pretreatment procedure was used for properties test of the aluminium alloys. Nickel plating bath of low nickel(II) concentration with organic compounds was used for coatings electrodeposition. The cross-sectional structures of the coated samples were studied by Nikon Eclipse JV 150 microscope. For the determination of adhesion, Scratch test was used. The roughness of the aluminium alloys and nickel foils was evaluated using a TR 100 prod. Elcometr Instruments Ltd. profilograph. The microhardness of the deposited layers was measured by Vickers' method at a load of 0.05 kG. The nickel coatings microhardnesses were 4-5 times better than those of the aluminium alloy PA6, PA11 and 12 times better in comparison with A1.

### Key words

Nickel, aluminium, electroplating

---

<sup>13</sup> Instytut Mechaniki Precyzyjnej, Warszawa

# WYTRZYMAŁOŚĆ NA ODRYWANIE POWŁOK POLIMOCZNIKOWYCH OD PODŁOŻA ALUMINIOWEGO

## THE PEEL STRENGTH OF THE POLYUREA COATING OF ALUMINUM SUBSTRATE

### **STRESZCZENIE**

*W publikacji przedstawiono badania dotyczące wytrzymałości na odrywanie powłok polimocznikowych nałożonych na podłoże aluminiowe. W celu zwiększenia przyczepności pomiędzy powłoką polimerową a podłożem zastosowano obróbkę strumieniowo-ścierną podłoża aluminiowego, umożliwiającą otrzymanie wybranej chropowatości podłoża, a także przeprowadzono trawienie kwasem azotowym i fosforowym. Do wyznaczenia wytrzymałości na odrywanie powłok zastosowano metodę odrywania przy użyciu maszyny wytrzymałościowej.*

### **Słowa kluczowe**

*Obróbka strumieniowo-ścierna, trawienie, powłoki polimocznikowe, wytrzymałość na odrywanie powłok polimerowych*

### **SUMMARY**

*The paper presents testing of the peel strength of polyurea coating spreaded on aluminum substrates. In order to increase the adhesion between the polymer coating and the aluminum substrates the abrasive blasting of the substrates was applied effecting in the chosen substrate roughness and etching was performed with nitric acid and phosphoric. For the testing of the peel strength the peel method was applied using a tensile testing machine.*

### **Key words**

*Abrasive blasting, etching, polyurea coatings, peel strength of polymer coatings*

---

<sup>14</sup> Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny