

wane w literaturze dla czystych węglików tytanu i niobu. Może to być wpływ bombardowania jonami Ar. W strukturze warstwy zidentyfikowano ponadto następujące tlenki: Al_2O_3 , TiO_2 , Nb_2O_5 , (które w głębszych warstwach, prawdopodobnie pod wpływem bombardowania jonami Ar ulegają redukcji do TiO i NbO), Cr_2O_3 oraz FeO-TABELA 1.

Omówienie wyników badań

Na podstawie przeprowadzonych badań w pracy stwierdzono, iż sposób przygotowania powierzchni przed procesem RF PACVD miał wpływ na uzyskiwane wyniki badań odporności korozyjnej. Próbki o powierzchni utlenionej anodowo z następnie wytworzoną warstwą węglową wykazywały większą odporność korozyjną w odniesieniu do próbek o powierzchni polerowanej z warstwą węglową. Jednakże najkorzystniejszą charakterystykę korozyjną wykazywały próbki o powierzchni polerowanej i utlenianej anodowo. Dla tego sposobu przygotowania powierzchni obserwowano w badanym zakresie najmniejszą gęstość prądu anodowego, który nie przekraczał $0,4 \mu A/cm^2$.

Analizę składu chemicznego przeprowadzono dla próbek o powierzchni utlenianej anodowo z warstwą węglową. Analiza wykazała, że w warstwie powierzchniowej występowały związki węgla, których energie wiązania były bliskie między innymi węglikom (TiC , Fe_3C , NbC , Cr_3C_2) oraz tlenki tytanu, niobu, aluminium i chromu. Stężenie węgla w warstwie zmniejszało się na grubości warstwy, przy czym obserwowano wzrost udziału węgla w postaci węglików. Dla związków występujących w formie utlenionej obserwowano zmniejszenie stopnia utlenienia, co mogło być wynikiem oddziaływania wiązki jonów argonu stosowanej do usuwania kolejnych warstw. Wyniki te wskazują, że proces nanoszenia warstwy węglowej nie zapewnia jednorodnej warstwy węglowej. Dodatkowo na powierzchni próbki obserwowano makroskopowo, zmiany w jej zabarwieniu, co może wskazywać na niejednorodności składu chemicznego.

Na podstawie wykonanych badań nie można jednoznacznie wykazać pozytywnego wpływu wytwarzanych warstw węglowych do zastosowań w medycynie. Dla tak przygotowanych materiałów istnieje niebezpieczeństwo lokalnego uszkodzenia warstwy węglowej na wskutek tarcia lub odkształceń plastycznych ze względu na niejednorodność struktury. W takiej sytuacji może dojść do odsłonięcia podłoża, a tym samym utworzenia ogniw aktywno-pasywnych i rozwoju procesów korozyjnych.

WPŁYW PARAMETRÓW WYŻARZANIA NA PODATNOŚĆ MAGNETYCZNĄ STOPU KOBALTU

B. SUROWSKA*, M. BŁASZCZAK**

*POLITECHNIKA LUBELSKA, WYDZIAŁ MECHANICZNY, KATEDRA MATERIAŁOZNAWSTWA,

**POLITECHNIKA LUBELSKA, WYDZIAŁ MECHANICZNY, INSTYTUT TECHNOLOGICZNYCH SYSTEMÓW INFORMACYJNYCH

[Inżynieria Biomateriałów, 46,(2005),15-17]

Wprowadzenie

Uważa się [1, 2, 3], że stopy metali stosowane w medycynie powinny posiadać właściwości paramagnetyczne. Zmiana właściwości magnetycznych z paramagnetycznych

sults show that carbon layering process using RF PACVD does not ensure to obtain an uniform layer. Additionally, the colour uniformity on the whole surface was observed. It indicated that the layer had varied chemical composition in different parts.

On the basis of obtained results it cannot be stated that the layering of the titanium alloy ($Ti6Al7Nb$) with carbon using the RF PACVD is useful for medical application. It is highly possible that, for the material prepared according to described methodology, the layer will be defaced due to the variety in wear resistance and plastic deformability in certain parts of the layer. In such a case, a part of implant may be denuded resulting in creating active-passive cells which can accelerate corrosion processes.

Piśmiennictwo

- [1] Liua X., Chu P. K., Ding Ch.: Surface modification of titanium, titanium alloys and related materials for biomedical applications. *Materials Science and Engineering R* 47 (2004) 49-12.
- [2] Sul Y.T.: The significance of the surface properties of oxidized titanium to the bone response: special emphasis on potential biochemical bonding of oxidized titanium implant. *Biomaterials* 24 (2003) 3893-3907.
- [3] Liang H., Shi. B, Fairchild A., Cale T.: Applications of plasma coatings in artificial joints: an overview. *Vacuum* 73 (2004) 31-326
- [4] Wierzbom T., Czarnowska E., Krupa D.: Inżynieria powierzchni w wytwarzaniu biomateriałów tytanowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2004.
- [5] Brunette D. M., Tengvall P., Textor M., Thomsen P.: *Titanium in Medicine*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2001.
- [6] Marciniak J. i inni: Projekt badawczy KBN nr 4P05C 059 10, 1996/99.
- [7] Met C., Vandenbulcke L., Saint Catherine M. C., Quiniou L.: Tribological behaviour of prosthetic ceramic materials sliding against smooth diamond-coated titanium alloy. *Key Eng. Materials Vols.* 254-256 (2004) 367-370.
- [8] Uzumaki E. T., Lambert C. S., Zavaglia A. C.: Diamond-like carbon coatings on Ti-13Nb-13Zr alloy produced by plasma immersion for orthopaedic applications. *Key Eng. Materials Vols.* 254-256 (2004) 435-438.
- [9] Marciniak J. i inni: Projekt badawczy KBN nr PBZ-KBN-082/T08/03, 2003/2005.
- [10] PN-EN ISO 5832 - part 11.
- [11] Chrzanowski W., Marciniak J., Nawrat G.: Charakterystyka warstw pasywnych wytworzonych na implantacyjnym stopie tytan. *Inżynieria Biomateriałów* nr 38-43, 2004, 221-23.

THE INFLUENCE OF ANNEALING PARAMETERS ON MAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF COBALT ALLOY

B. SUROWSKA*, M. BŁASZCZAK**

*LUBLIN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING, DEPARTMENT OF MATERIALS SCIENCE,

**LUBLIN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING, INSTITUTE OF TECHNOLOGICAL INFORMATIVE SYSTEMS

[Engineering of Biomaterials, 46,(2005),15-17]

Introduction

It is believed [1, 2, 3] that metal alloys applied in medicine should possess paramagnetic properties. The change

na ferromagnetyczne mogą być przyczyną wykluczenia materiału z zastosowań medycznych.

Celowym staje się więc określenie właściwości magnetycznych oraz wpływu czynników technologicznych, głównie parametrów obróbki cieplnej, na zmiany tych właściwości w stopach zawierających kobalt, nikiel i chrom w ilościach umożliwiających powstawanie fazy ferromagnetycznej.

Materiał i metodyka badań

Materiałem badawczym jest doświadczalny odlewniczy stop kobaltu wytworzony metodą metalurgii próżniowej. Udział procentowy głównych składników stopowych wynosi Co ~68%, Cr - 19,78, Ni - 9,97 [2].

Próbki pobrane z wlewka poddano wyżarzaniu w zakresie temperatury od 1173 do 1473 K przy wzroście temperatury co 50 K w atmosferze powietrza, w czasie 0,75h i 12h z chłodzeniem na powietrzu.

Badania podatności magnetycznej prowadzono przy użyciu wagi magnetycznej.

Wyniki badań

Badanie właściwości magnetycznych stopu kobaltu o strukturze odlewniczej oraz po obróbce cieplnej zostały poprzedzone analizą fazową wykonaną metodą dyfrakcji rtg. w celu określenia wpływu obróbki cieplnej na ilość fazy α -Co. Dobierając próbki do badań magnetycznych zwrócono uwagę na efekt tekstury, który stanowił podstawę do wykluczenia danego materiału z tej części badań, by ograniczyć liczbę czynników mogących mieć wpływ na właściwości magnetyczne. W efekcie zakwalifikowano 4 zestawy próbek (1 - 1223K/0,75h, 2 - 1373 K/0,75h, 3 - 1423 K/0,75h, 4 - 1173 K/12h).

Przedstawione na RYS. 1 i RYS. 2 wielkości koercji świadczą o bardzo słabych właściwościach ferromagnetycznych badanych próbek. Wielkość koercji na poziomie 7÷11 według skali Gaussa może wskazywać, że jest to stop magnetycznie twardy. Jednak na podstawie normy dotyczącej materiałów magnetycznych [4] materiały tego typu należą do materiałów magnetycznie miękkich, jeżeli natężenie koercji jest mniejsze niż 1×10^3 A/m (RYS. 2).

Podatność dla stopu po obróbce cieplnej przyjęto jako wielkość otrzymaną po osiągnięciu stanu nasycenia dla poszczególnych temperatur wyżarzania (RYS. 3). W obliczeniach wykorzystano specjalistyczne oprogramowanie wykonane na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Śląskiego oraz

from magnetic to paramagnetic properties could be the reason for the exclusion of material from medical applications. Therefore, purposeful is to determine the magnetic properties and influence of technological factors, mainly parameters of heat treatment on the modification of these properties in alloys containing cobalt, nickel and chromium in quantities that make the formation of ferromagnetic phase possible.

Material and methods

The subject of the examinations was an experimental cobalt cast alloy produced by vacuum metallurgy with chemical composition (in wt.%): Co~68, Cr-19.78, Ni-9.97 [2]. The samples were annealed in the temperature ranging from 1173K to 1473 K with the rise in temperature of 50 K in atmospheric air during 0.75 h and 12 h. The samples were cooled in air.

The studies of magnetic susceptibility were conducted with the use of magnetic balance.

Results

The studies of magnetic properties of cobalt alloy with casting structure, after heat treatment XRD phase analysis, were conducted in order to determine the influence of heat treatment on quantity α -Co phase. Selection was based on the texture in order to limit the factors that could have the influence on the magnetic properties. Finally, 4 sets of samples were selected (1 - 1223K/0.75h, 2 - 1373 K/0.75h, 3 - 1423 K/0.75h, 4 - 1173 K/12h).

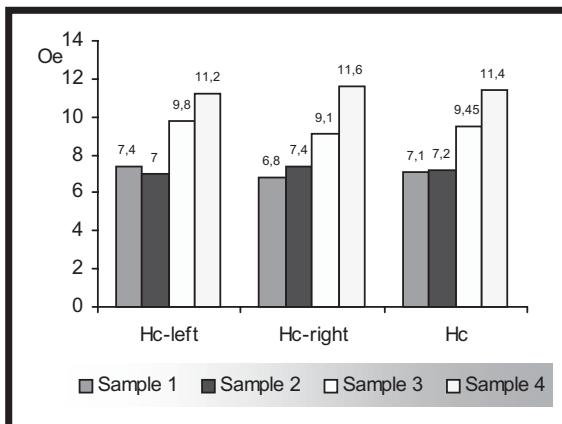
The dimension of coercive force presented in FIG. 1 and 2 proved the very weak magnetic properties of studied samples. The dimension of coercive force on level 7÷11 according to Gauss scale may show that the alloy is magnetically hard. According to standard [4] these materials are considered to be magnetically soft, if the intensity of coercive force is lower than 1×10^3 A/m (FIG. 2).

The magnetic susceptibility of the alloy after heat treatment was considered to be equal to the saturated conditions for following temperature of annealing.

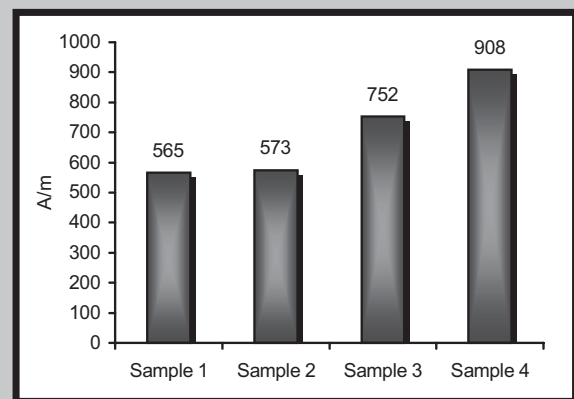
The calculations were examined with the use of the program made by Department of Physics (University of Silesia) and ORIGIN® program for curves analysis.

The following values of magnetic susceptibility were obtained: $\chi_{1173} = 1.45 \cdot 10^{-6}$; $\chi_{1223} = 1.38 \cdot 10^{-6}$; $\chi_{1323} = 1.37 \cdot 10^{-6}$; $\chi_{1373} = 1.39 \cdot 10^{-6}$ and $T_c = 290$ K Curie temperature.

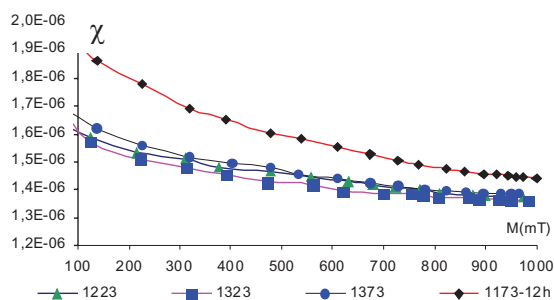
In order to verify the results of magnetization and Curie



RYS. 1. Wykres koercji w jednostkach Gaussa.
FIG. 1. Diagram of coercive force in Gauss unit.



RYS. 2. Wykres koercji w jednostkach SI.
FIG. 2. Diagram of coercive force in SI unit.



RYS. 3. Zmiana podatności magnetycznej stopu wyżarzanego w różnych temperaturach.
FIG. 3. The changes of magnetic susceptibility of alloy annealed at different temperature.

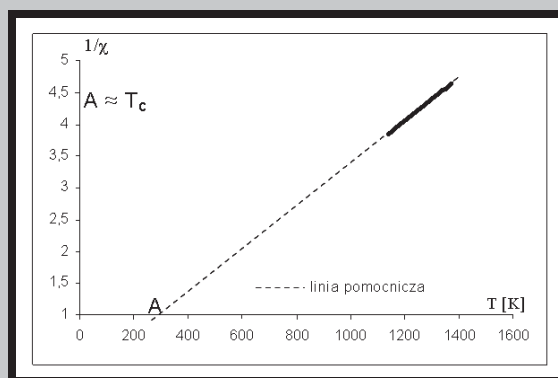
program do analizy krzywych ORIGIN®.

Otrzymano następujące wartości podatności magnetycznej: $\chi_{1173} = 1,45 \cdot 10^{-6}$; $\chi_{1223} = 1,38 \cdot 10^{-6}$; $\chi_{1323} = 1,37 \cdot 10^{-6}$; $\chi_{1373} = 1,39 \cdot 10^{-6}$ oraz temperaturę Curie $T_c = 290$ K.

Celem weryfikacji otrzymanych wyników namagnesowania i temperatury Curie przeprowadzono obliczenia podatności magnetycznej w zależności od temperatury stopu. Do analizy zastosowano metodykę zaczerpniętą z literatury wykorzystując prawo Curie-Weissa. Otrzymane wyniki przedstawia RYS. 4. Zaznaczony na wykresie punkt A przedstawia w przybliżeniu temperaturę Curie.

Podsumowanie

W wyniku prowadzonych badań otrzymano temperaturę Curie dla stopu Co-Ni-Cr wynoszącą $T_c = 290$ K oraz wielkość koercji $H_c < 1000$ A/m, która kwalifikuje ten materiał do grupy bardzo słabych ferromagnetyków. Otrzymane wielkości podatności magnetycznej są na pograniczu materiałów paramagnetycznych i ferromagnetycznych ponieważ $\chi = 1,45 \div 1,37 \cdot 10^{-6}$. Jeżeli podatność jest rzędu $1 \cdot 10^{-6}$ to materiał może wykazywać bardzo słabe właściwości ferromagnetyczne tj. pod działaniem zewnętrznych pól może występować uporządkowanie magnetyczne. Niewielka zmiana podatności magnetycznej wyznaczonej przy zmianie temperatury obróbki cieplnej wiąże się z przemianą fazową oraz zmianą morfologii materiału, co opisano we wcześniejszych publikacjach [5, 6]. Wartość temperatury Curie umożliwia stosowanie stopu jako paramagnetycznego w środowisku organizmu ludzkiego.



RYS. 4. Wykres podatności magnetycznej w zależności od temperatury.
FIG. 4. Diagram of magnetic susceptibility as a function of temperature.

temperature, the calculation of magnetic susceptibility depending on temperature was conducted. For analysis the method was applied from literature with the use of Curie-Weiss law. The results are presented in FIG. 4. The point A approximately marked in the graph shows the Curie temperature.

Summary

Conducted studies show that the Curie temperature of Co-Ni-Cr is equal to $T_c = 290$ K and dimension of coercive force $H_c < 1000$ A/m, which qualify this material to very weak ferromagnetic group. The dimension of magnetic susceptibility lies between the paramagnetic and ferromagnetic materials, because $\chi = 1.45 \div 1.37 \cdot 10^{-6}$. Material may have very weak ferromagnetic properties if susceptibility is of the order of magnitude of $1 \cdot 10^{-6}$ (under the influence of external field magnetic arrangement may occur). The small changes of magnetic susceptibility, determined at temperature change of heat treatment, are connected with phase change and morphology change of the material [5,6]. Value of Curie temperature enables the alloy to be applied as paramagnetic material in human body environment.

Piśmiennictwo

References

- [1] Marciniak J.: Biomateriały, Wyd. PŚ, Gliwice 2002.
- [2] Surowska B.: Kształtowanie składu chemicznego i struktury stopów Co-Cr-Ni-Mo jako biomateriałów, Wyd. Uczelniane PL, Lublin 1997.
- [3] Wadas R.: Biomagnetyzm, PWN, Warszawa 1991.
- [4] Norma IEC Publication 404 - 1. Magnetic materials Part 1: Classification, Genewa 1979.
- [5] Surowska B., Błaszczak M.: Magnetic Properties of Cobalt Cast Alloy. Inżynieria Biomateriałów, 2004, nr 38-42, s. 27-30.
- [6] Błaszczak M., Surowska B.: Zmiany w morfologii stopu Co - Cr - Ni pod wpływem obróbki cieplnej. Systemy Informatyczne w Kształceniu Technicznym, Wyd. Uczeln. PL, Lublin 2005, rozdz. 18, s. 117-121.