



Struktura materiałów amorficznych na osnowie magnezu

P. Petrus^a, A. Kiljan^b

^a Studentka Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

^b Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Materiałów Nanokrystalicznych i Funkcjonalnych oraz Zrównoważonych Technologii Proekologicznych
email: anna.kiljan@polsl.pl

Streszczenie: Niniejszy artykuł dotyczy zbadania struktury stopów amorficznych w stanie po odlaniu. W ramach badań własnych wytworzono dwie próbki szkła metalicznego o składzie $Mg_{65}Cu_{25}Y_{10}$ w postaci płytek metodą odlewania ciśnieniowego do miedzianej formy chłodzonej wodą. Wykonano badanie analizy rentgenowskiej, które potwierdziło, że otrzymana próbka posiada strukturę amorficzną.

Abstract: The article presents the description of structure of amorphous alloys in as-cast state. In the range of own researches, two samples of metallic glass $Mg_{65}Cu_{25}Y_{10}$ were prepared in form of plates by pressure die casting into water-cooled copper mold. X-ray diffraction was performed, which confirmed that the prepared samples have an amorphous structure.

Słowa kluczowe: szkło metaliczne, magnez, badanie rentgenowskie

1. WSTĘP

Od wielu lat obserwuje się duże zainteresowanie ośrodków badawczych materiałami amorficznymi. Ze względu na interesujące własności szkieł metalicznych można zaliczyć je do grupy materiałów przyszłościowych.

Celem niniejszej pracy było zbadanie struktury otrzymanego szkła metalicznego w postaci płytek wytworzonych metodą odlewania ciśnieniowego do miedzianej formy chłodzonej wodą ze stopu $Mg_{65}Cu_{25}Y_{10}$. W części teoretycznej zostały scharakteryzowane szkła metaliczne na osnowie magnezu, natomiast w części badawczej wykonano badanie analizy rentgenowskiej w celu potwierdzenia struktury amorficznej w otrzymanych próbkach.

2. CHARAKTERYSTYKA SZKIEŁ METALICZNYCH

Określenie materiał amorficzny odnosi się do dowolnego ciała stałego o nieuporządkowanym ułożeniu atomów. Cechą, która odróżnia strukturę atomową ciała amorficznego od ciała krystalicznego jest brak uporządkowania dalekiego zasięgu, co oznacza, że położenia atomów na większych odległościach są nieuporządkowane [1,2].

Według różnych pozycji literaturowych szkło metaliczne to metale lub stopy metali, które po zastosowaniu dużych szybkości chłodzenia rzędu 10^4 ÷ 10^6 K/s przechodzą ze stanu stałego w stan ciekły o strukturze amorficznej [3,4].

Z teorii krystalizacji wiadomo, że wzrost szybkości chłodzenia powiększa szybkość zarodkowania i szybkość krystalizacji. W wyniku tego ciecz krzepnie w fazę krystaliczną o coraz drobniejszym ziarnie. Po przekroczeniu krytycznej szybkości chłodzenia szybkość zarodkowania i krystalizacji zmniejsza się gwałtownie, aż do całkowitego zaniku.

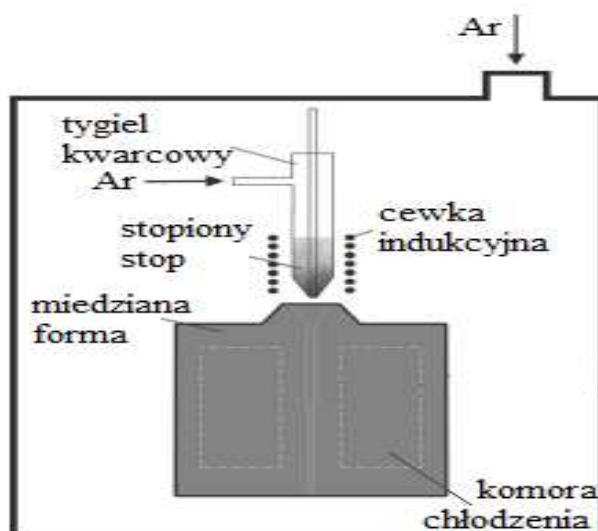
W efekcie przy przechłodzeniu większym od krytycznego ciecz została się w amorficzną strukturę fazy stałej – powstaje szkło [5].

Poza warunkami krzepnięcia na strukturę fazy stałej wpływ wywiera jej budowa krystaliczna. Dla substancji o prostej budowie geometrycznej, złożonej z małej liczby atomów istnieje duże prawdopodobieństwo powstania zarodków krystalizacji, co powoduje, iż dla tej grupy substancji uprzywilejowana jest struktura krystaliczna. Substancje o złożonej budowie geometrycznej, które zawierają dużą liczbę atomów, odznaczają się małym prawdopodobieństwem utworzenia zarodków krystalizacji. Przy odpowiednich szybkościach chłodzenia dla substancji w stanie stałym z tej grupy uprzywilejowana jest struktura bezpostaciowa [4].

Z wyżej wymienionych powodów wynika, że niezbędna do zeszklenia materiałów metalicznych jest duża szybkość chłodzenia. Dostatecznie szybkie chłodzenie pozwala na przechłodzenie cieczy do stanu metastabilnego, poniżej temperatury krzepnięcia. Jeśli szybkość chłodzenia jest większa od szybkości krytycznej, to ciecz zostaje przechłodzona do temperatury zeszklenia. W tej temperaturze następuje jej zestalenie w strukturę amorficzną stanu stałego. Aby faza szklista była trwała, konieczne jest ochłodzenie jej z szybkością krytyczną do temperatury niższej od temperatury zeszklenia [4,5].

2.1. Odlewanie ciśnieniowe do miedzianej formy

Metodą ciśnieniowego odlewania do miedzianej formy można wytworzyć próbki w postaci prętów i płytek. Poprzez cewkę indukcyjną materiał jest topiony w tyglu kwarcowym. Pod wpływem wysokiego ciśnienia gazu obojętnego (argonu) roztopiony stop zostaje wyrzucony do miedzianej formy. Forma ta jest chłodzona wodą (rys. 1) [7].



Rysunek 1. Ciśnieniowe odlewanie do miedzianej formy [11]

Figure 1. Pressure casting into a copper mold [11]

3. SZKŁA METALICZNE NA OSNOWIE MAGNEZU

Szkła metaliczne na bazie Mg znane są z tego, że wykazują dobrą zdolność do zeszklenia (ang. GFA – *glass forming ability*) o szerokim obszarze cieczy przechłodzonej, mają niską temperaturę krystalizacji i niską gęstość. Poza tym wykazują pożądaną odporność na korozję oraz dobre własności mechaniczne [8,9]. Magnez w materiałach amorficznych jest bardzo korzystnym pierwiastkiem ze względu na to, że jest lekki, tani i ma dobre własności wytrzymałościowe. Wytrzymałość szkieł metalicznych na osnowie Mg jest otrzymywana przy niskiej gęstości stopów. Wysoka jakość otrzymywanego materiału wraz z niskim kosztem wytworzenia i możliwością recyklingu sprawia, że takie stopy są bardzo pożądane. Wadą szkieł metalicznych na bazie magnezu jest to, że wykazują niską plastyczność. Kruchość tych stopów ogranicza ich zastosowanie jako materiały konstrukcyjne [10].

4. BADANIA WŁASNE

Celem niniejszej pracy było wytworzenie stopu $Mg_{65}Cu_{25}Y_{10}$ w postaci płytek metodą odlewania ciśnieniowego do miedzianej formy i zbadanie jej struktury oraz wybranych własności. Badanie rentgenowskie zostało przeprowadzone w celu zweryfikowania czy otrzymana próbka posiada strukturę amorficzną.

4.1. Materiał do badań

Badanie przeprowadzono na stopie $Mg_{65}Cu_{25}Y_{10}$. Do wytworzenia badanych próbek wykorzystano pierwiastki o czystości 99,9%.

Jako pierwsze zostały przetopione ze sobą miedź i itr z powodu zbliżonej temperatury topnienia. Następnie ten dwuskładnikowy stop został podzielony na małe kawałki i przeto-

piony z magnezem, w wyniku czego otrzymano wlewek stopu $Mg_{65}Cu_{25}Y_{10}$ w postaci pastylki (rys. 2). Stop ten został również podzielony na kawałki w celu odlania go do miedzianej formy.

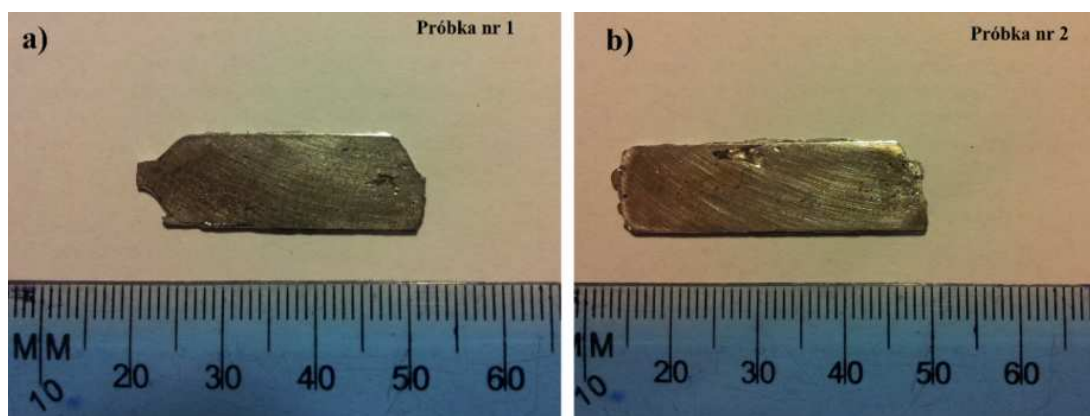


Rysunek 2. Wlewek stopu $Mg_{65}Cu_{25}Y_{10}$

Figure 2. The alloy ingot $Mg_{65}Cu_{25}Y_{10}$

Rozdrobniony trójskładnikowy stop został umieszczony w tyglu kwarcowym i w atmosferze argonu został podgrzany do temperatury około $800^{\circ}C$. Gdy osiągnął postać cieczy został wpuszczony przy pomocy ciśnienia do miedzianej formy, która jest chłodzona wodą w celu pominięcia etapu krystalizacji.

W wyniku odlewania ciekłego stopu do miedzianej formy chłodzonej wodą otrzymano dwie próbki w postaci płytek o wymiarach $30 \times 10 \times 1$ mm i $35 \times 10 \times 1$ mm (rys. 3).



Rysunek 3. Wytworzone próbki stopu $Mg_{65}Cu_{25}Y_{10}$ po przeszlifowaniu powierzchni

Figure 3. The samples of $Mg_{65}Cu_{25}Y_{10}$ alloy after surface sanding

4.2. Badanie rentgenowskie

Do badania rentgenowskiego wykorzystuje się metodę XRD (ang. *X-Ray Diffraction*), czyli dyfraktometrię rentgenowską. Dyfraktometria rentgenowska służy do analizy strukturalnej, do której wykorzystywane jest zjawisko rozpraszania promieni rentgenowskich oraz interferencja atomów lub jonów budujących materiał. Wyżej wymienione zjawiska określa się

jako dyfrakcja. Rodzaj atomów i ich konfiguracja decyduje o otrzymywanym obrazie dyfrakcyjnym – różni się on pod względem geometrycznym i analitycznym. Prawa: Lauego, Braggów i Ewolda odnoszą się do geometrii dyfrakcji. Wyprowadzili oni równania, które określają związek pomiędzy kierunkiem padania wiązki pierwotnej, parametrami sieci krystalicznej a kierunkami możliwych promieni dyfrakcyjnych. Dzięki tym równaniom można zinterpretować obraz dyfrakcyjny i wyliczyć pewne parametry charakteryzujące daną sieć krystaliczną [11].

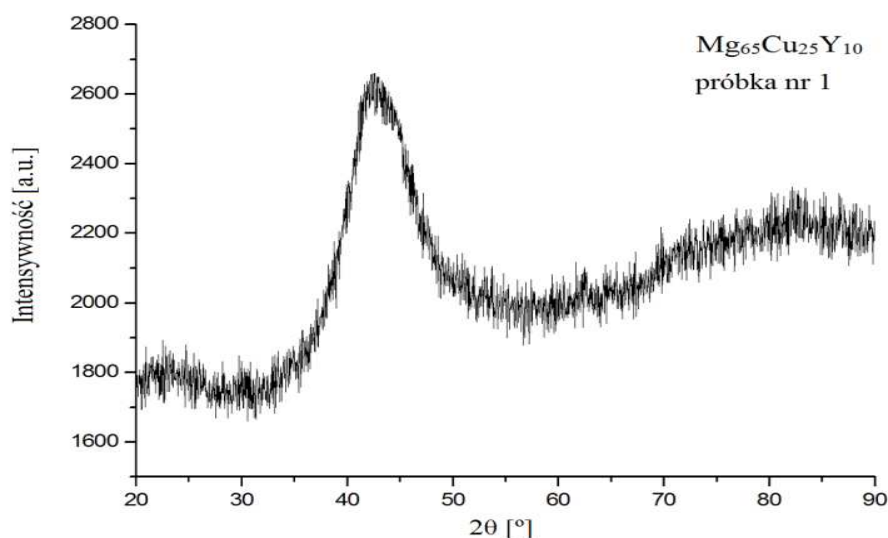
Badanie rentgenograficzne szkła metalicznego $Mg_{65}Cu_{25}Y_{10}$ w postaci płytki zostało wykonane przy użyciu dyfraktometru firmy PANalytical model X'Pert PRO stosując lampę o anodzie kobaltowej ($Co_{K\alpha}$), zasilanej prądem o natężeniu 30 mA przy napięciu 40 kV. Rejestracja została dokonana metodą „step-scanningu” w zakresie kątowym 2θ od 20° do 90° .

Rentgenowskie badanie dyfrakcyjne szkła metalicznego $Mg_{65}Cu_{25}Y_{10}$ w stanie po odlaniu wykazało, że badany materiał posiada strukturę amorficzną. Na rysunkach 4 oraz 5 w zakresie od 30° do 50° można zaobserwować szerokie rozmyte widmo, które jest charakterystyczne dla stopów magnezu.

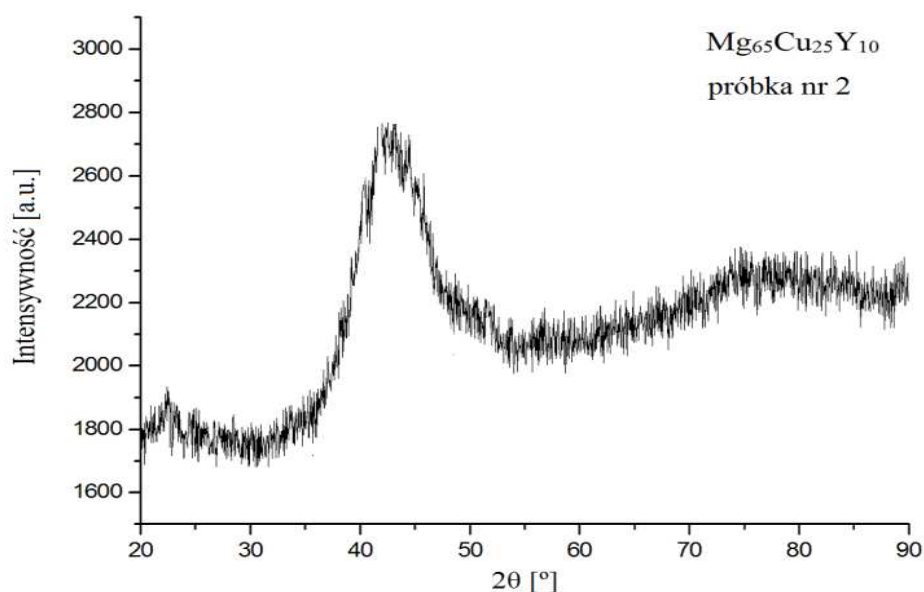
5. PODSUMOWANIE

W pierwszej części pracy został dokonany przegląd literatury na temat szkielek metalicznych. Scharakteryzowano szkła metaliczne, własności szkielek na osnowie magnezu jak również opisano metodę odlewania ciśnieniowego do miedzianej formy.

Druga część pracy miała na celu ukazanie wyników badań, które dotyczyły struktury stopów amorficznych na osnowie magnezu. Badanie rentgenowskie wykazało, iż wytworzone próbki szkła metalicznego $Mg_{65}Cu_{25}Y_{10}$ w postaci płytek posiadają strukturę amorficzną, o czym świadczyło szerokie rozmyte widmo oraz brak pików na rentgenogramie.



Rysunek 4. Dyfraktogram rentgenowski 1 próbki stopu $Mg_{65}Cu_{25}Y_{10}$ w postaci płytki
Figure 4. X-ray diffraction pattern of the first sample $Mg_{65}Cu_{25}Y_{10}$ alloy in the form of a plate



Rysunek 5. Dyfraktogram rentgenowski 2 próbki stopu $Mg_{65}Cu_{25}Y_{10}$ w postaci płytki
Figure 5. X-ray diffraction pattern of the second sample $Mg_{65}Cu_{25}Y_{10}$ alloy in the form of a plate

LITERATURA

1. M. Soiński, Materiały magnetyczne w technice, COSiW SEP, Warszawa, 2001.
2. R. Zallen, Fizyka ciał amorficznych, PWN, Warszawa, 1994.
3. H.K. Lachowicz, Magnetyki amorficzne: metody wytwarzania, właściwości i zastosowania techniczne, Materiały I Krajowego Seminarium na temat Magnetycznych Materiałów Amorficznych, Warszawa, 1983.
4. S. Prowans, Struktura stopów, PWN, Warszawa, 1991.
5. K. Ziewiec, Szkła metaliczne otrzymywane z jednorodnej fazy ciekłej oraz z zakresu niemieszalności cieczy, Wydawnictwo Naukowe UP, Kraków, 2011.
6. T. Czeppe, Szkła metaliczne na podstawie niklu, własności fazy amorficznej i amorficzno-kryształicznej, Polska Akademia Nauk, Kraków, 2011.
7. R. Nowosielski, A. Borowski, A. Guwer, R. Babilas, Fabrication of ternary Ca-Mg-Zn bulk metallic glasses, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 56/2 (2013) 67-74.
8. R. Babilas, A. Lebuda, K. Cesarz-Andraczke, P. Sakiewicz, R. Nowosielski, Technology development of magnesium-based bulk amorphous alloys, Selected Engineering Problems 4 (2013) 9-12.
9. X. Hui, G.Y. Sun, C.M. Zhang, S.N. Liu, E.R. Wang, M.L. Wang, G.L. Chen, Mg-Cu-Y-Ag bulk metallic glasses with enhanced compressive strength and plasticity, Journal of Alloys and Compounds 504 (2010) S6-S9.
10. Y.-K. Xu, H. Ma, J. Xu, E. Ma, Mg-based bulk metallic glass composites with plasticity and gigapascal strength, Acta Materialia 53 (2005) 1857-1866.
11. E. Łągiewka, A. Budniok, Struktura, właściwości i metody badań materiałów otrzymywanych elektrolitycznie, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice, 2010.