

## **Dr inż. Agata Kukuła - Kurzyniec**

Promotor: **prof. dr hab. inż. Jan Dutkiewicz**, promotor pomocniczy: **dr inż. Anna Góral**

**Tytuł rozprawy (w języku polskim): Wytwarzanie i charakteryzacja amorficzno - nanokrystalicznych kompozytów na osnowie Al i jego stopów**

**The title of the thesis (in English): Elaboration and characterization of amorphous - nanocrystalline composites based on Al and Al alloys**

**Słowa kluczowe: kompozyty na osnowie metalicznej, metaliczne materiały amorficzne, stopy aluminium, mikrostruktura i własności**

**Keywords: metal matrix composites (MMCs), metallic amorphous materials, aluminium alloys, microstructure and properties**

**Charakterystyka pracy w języku polskim:**

Przedmiotem badań prowadzonych w ramach rozprawy doktorskiej były kompozyty na osnowie

metalicznej (ang. MMCs - Metal Matrix Composites) w postaci aluminium oraz jego stopów. Cel przewodni stanowiło opracowanie składu chemicznego oraz metody wytwarzania stopów Al o strukturze amorficznej na podstawie wybranych układów (bez zastosowania metali ziem rzadkich), a także wytworzenie oraz charakteryzacja mikrostruktury i własności mechanicznych kompozytów na podstawie czystego aluminium oraz wybranych stopów aluminium (2618A oraz 7475) z dodatkiem metalicznej fazy umacniającej o strukturze amorficznej. W ramach działań związanych z osiągnięciem założonego celu wytworzona została struktura amorficzna w stopach na podstawie aluminium z układów Al-Ni-Zr oraz Al-Si-Ni za pomocą trzech metod: odlewania na wirujący walec, mechanicznej syntezy w planetarnym młynie kulowym oraz atomizacji gazowej. W celu zwiększenia zdolności stopów do zeszklenia zmodyfikowano ich skład poprzez odpowiednie dodatki stopowe, które pozwoliły na uzyskanie nowych stopów aluminium o wysokiej zdolności do amorfizacji. Otrzymane materiały zostały zastosowane jako faza umacniająca kompozytów wytworzonych metodami jednoosiowego prasowania w próżni oraz metody SPS (iskrowego spiekania plazmowego). Przeprowadzono kompleksową charakterystykę mikrostruktury badanych materiałów na każdym etapie prac (metodami SEM, TEM, MO, XRD, DSC), a także ich wybranych własności mechanicznych (twardości, mikrotwardości, wytrzymałości na ściskanie). Zastosowanie aluminiowych stopów amorficznych bez udziału metali ziem rzadkich jako fazy umacniającej kompozytów na podstawie Al pozwoliło na uzyskanie podwyższonych własności mechanicznych oraz dobrej adhezji cząstek fazy zbrojącej i osnowy, wobec czego stanowią one pewną alternatywę dla kompozytów umacnianych cząstkami ceramicznymi.

### **The abstract of the thesis (in English):**

The thesis is concerned with Metal Matrix Composites (MMCs) based on aluminium and its alloys. The main goal of the research was to elaborate the composition and fabrication methods of amorphous structured Al alloys (without the addition of rare earth elements) as well as to characterize the microstructure and properties of composites based on Al and Al alloys (2618A and 7475) reinforced with metallic amorphous phase. In order to reach the above the amorphous structure was obtained in Al-Ni-Zr and Al-Si-Ni systems with three methods: rapid solidification by melt spinning process, mechanical alloying and gas atomization. The additions of chosen elements increased the glass forming ability of the alloys and new compositions of Al based amorphous alloys were formed. The amorphous materials were applied as the reinforcing phase of composites produced with uniaxial hot pressing in vacuum and SPS method. The comprehensive characterization of microstructure of the materials at each stage of experiments was performed with SEM, TEM, OM, XRD and DSC techniques. Moreover, some mechanical properties like hardness, microhardness and compression parameters were determined.

The use of Al based amorphous alloys as the reinforcing phase of aluminium composites leads

to good adhesion of reinforcing/matrix particles and enhancement of mechanical properties of composites. Therefore, they can serve as a substitute of conventional ceramic reinforcing phases.

#### **Publikacje z zakresu pracy:**

1.

**Kukuła - Kurzyniec A.**, Dutkiewicz J., Góral A., Coddet C., Dembinski L., Perrière L., Aluminium based composites strengthened with metallic amorphous phase or ceramic ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) particles, *Materials and Design* 59 (2014) 246-251

2.

Dutkiewicz J., Rogal Ł., Wajda W., **Kukuła-Kurzyniec A.**, Coddet C., Dembinski L., Aluminum matrix composites strengthened with CuZrAgAl amorphous atomized powder particles, *Journal of Materials Engineering and Performance* 24/6 (2015) 2266-2273

3.

**Kukuła - Kurzyniec A.**, Dutkiewicz J., Bobrowski P., Wajda W., Góral A., Ochini P., Perrière L., Strengthening of aluminium based composites with amorphous metallic or  $\text{Al}_2\text{O}_3$  particles, *Composites Theory and Practice* 13/2 (2013) 141-146

4.

**Kukuła-Kurzyniec A.**, Dutkiewicz J., Ochini P., Perrière L., Dłużewski P., Góral A., Amorphous - nanocrystalline melt spun Al-Si-Ni based alloys modified with Cu and Zr, *Archives of Metallurgy and Materials* 58/2 (2013) 419-423

5.

Dutkiewicz J., **Kukuła A.**, Lityńska - Dobrzyńska L., Góral A., Czeppe T., Effect of Fe and V additions on amorphous structure formation in melt spun AlNiZr alloys, *International Journal of Materials Research* 103 (2012) 1122-1124

6.

Dutkiewicz J., **Kukuła - Kurzyniec A.**, Lityńska - Dobrzyńska L., Ochcin P., The structure and properties of composites based on silver and aluminium alloys strengthened with amorphous phase, Composites Theory and Practice 12 (2012) 144 149

7.

Dutkiewicz J., **Kukuła A.**, Lityńska - Dobrzyńska L., Wojciech M., Aluminum alloy based nanocomposites strengthened with amorphous AlNiTiZr phase, Materials Transactions 52/3 (2011) 304-308

8.

Dutkiewicz J., Lityńska - Dobrzyńska L., Maziarz W., Czeppe T., **Kukuła A.**, Rogal Ł., Structure and properties of composites prepared from partially amorphous ZrCuNiTi and nanocrystalline silver, Journal of Alloys and Compounds 56 (2011) 161-165

9.

**Kukuła A.**, Lityńska - Dobrzyńska L., Góral A., Dutkiewicz J., Ball milling of Al-based alloys to obtain amorphous nanocrystalline structure, Inżynieria Materiałowa 32/2 (2011) 77-81

10.

**Kukuła - Kurzyniec A.**, Lityńska - Dobrzyńska L., Góral A., Dutkiewicz J., Wpływ prędkości obrotowej bębna w procesie melt spinning na mikrostrukturę stopu Al Ni-Zr, Materiały konferencyjne „XXXIX Szkoły Inżynierii Materiałowej Kraków - Krynica 27-30 IX 2011” (2011)

11.

Dutkiewicz J., Maziarz W., Lityńska - Dobrzyńska L., Góral A., **Kukuła A.**, Kanciruk A., Kompozyty nanokrystaliczne na podstawie stopu aluminium 6061 z dodatkiem fazy ceramicznej  $\alpha$  Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Kompozyty (Composites) 10:1 (2010) 76-80