

STRESZCZENIE

Przedmiotem niniejszej dysertacji są badania dotyczące małowyprężalnego skręcania symetrycznego z zastosowaniem impulsów prądowych oraz ich wpływu na odkształcalność i mikrostrukturę mosiądzu jednofazowego CuZn30.

W rozprawie przedstawiono przegląd literatury w zakresie tematyki pracy. Dalej zdefiniowano cel oraz tezę pracy, scharakteryzowano badany materiał, stanowisko badawcze i metodykę badań. Następnie zaprezentowano wyniki przeprowadzonych badań, podsumowanie i wnioski.

Dokonano przeglądu obecnie stosowanych metod dużych odkształceń plastycznych oraz charakterystyki badań plastometrycznych, stosowanych do oceny technologicznej plastyczności materiałów metalicznych. Przedstawiono aktualny stan wiedzy na temat procesów formowania wspomaganych przepływem prądu elektrycznego oraz wpływu prądu na zachowanie się materiału podczas kształtowania plastycznego.

Szczegółowo opisano stanowisko badawcze – opracowane, skonstruowane i zbudowane w ramach niniejszej rozprawy doktorskiej: chroniony dziewięcioma patentami plastometr skręcający. Został on rozbudowany i wyposażony w zasilacz, który dostarcza impulsy prądowe do próbek oraz w specjalne uchwyty do mocowania próbek, odkształcanych z przepływem prądu.

Badania wstępne przeprowadzono stosując próbę skręcania monotonicznego w temperaturze pokojowej i temperaturze 600 °C, z trzema prędkościami odkształcenia: 0,01 s⁻¹, 0,1 s⁻¹ i 1 s⁻¹. Uzyskane rezultaty posłużyły jako wyniki służące do odniesienia dla przeprowadzonych w następnej kolejności prób małowyprężalnego skręcania symetrycznego. Zrealizowano je w tych samych temperaturach i z tymi samymi prędkościami odkształcenia oraz z amplitudami odkształcenia 0,03, 0,06 i 0,3. Następnie, dla wybranych warunków odkształcenia małowyprężalnego – temperatura pokojowa, prędkość odkształcenia 1 s⁻¹, amplituda odkształcenia 0,06 – przeprowadzono badania z aplikacją impulsów prądowych o różnym czasie trwania i różnym okresie. Ostatnim etapem prac były badania mikrostrukturalne odkształconego materiału – wykonane przy użyciu mikroskopów, w tym mikroskopu z przystawką do dyfrakcji elektronów wstecznie rozproszonych (EBSD).

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że zastosowanie złożonych dróg odkształcenia, realizowanych w próbie małowyprężalnego skręcania symetrycznego, umożliwia sterowanie naprężeniem, odkształceniem i mikrostrukturą oraz związanymi z tym własnościami badanego materiału. Ponadto stwierdzono, że zastosowanie impulsów prądowych w próbach skręcania małowyprężalnego zawsze powoduje obniżenie naprężenia w porównaniu do prób małowyprężalnych w temperaturze otoczenia bez zastosowania przepływu prądu, a w większości przypadków prowadzi także do zwiększenia odkształcenia w porównaniu do prób bez aplikacji impulsów prądowych. Uzyskane w próbach z aplikacją prądu odkształcenia były zawsze większe, niż te uzyskane w próbach odkształcenia małowyprężalnego bez prądu, w temperaturze 600° C. Badania mikrostruktury odkształconej w próbach z impulsami prądowymi wykazały jej włóknisty układ, charakterystyczny dla struktur zgmiotowych.

Zrealizowane w pracy próby skręcania elektroplastometrycznego w procesie objętościowym to pierwsze tego typu badania na świecie.

Effect of minor-cyclic oscillatory torsion using pulsed current on the formability and microstructure of CuZn30 brass

ABSTRACT

The subject of this dissertation is a study on minor-cyclic oscillatory torsion using pulsed current and their effect on the formability and microstructure of CuZn30 α -brass.

In this dissertation, the current state of knowledge on the subject of the work is presented. The purpose and thesis of the work are further defined, the material studied, the test stand and the research methodology are characterized. Next, the results of the tests carried out, the summary and conclusions are provided.

The currently applied methods of several plastic deformations and the characteristics of plastometric tests used to assess the technological plasticity of metallic materials are reviewed. An overview is given of the latest state of knowledge on the electrically assisted forming processes and the effects of the application of current on the behavior of the material during plastic forming processes.

The test stand – developed, constructed and built within the framework of this dissertation: a torsion plastometer protected by nine patents – is described in detail. It was extended and equipped with a power supply to feed pulsed current to a specimen and with special grips to hold the specimens, deformed with current flow.

Preliminary tests were carried out using a monotonic torsion test at room temperature and 600 °C, with three strain rates of 0.01 s⁻¹, 0.1 s⁻¹ and 1 s⁻¹. The results obtained served as reference results for the subsequent minor-cyclic symmetrical torsion tests. These were carried out at the same temperatures and strain rates, and with strain amplitudes of 0.03, 0.06 and 0.3. Thereafter, for selected minor-cyclic deformation conditions – room temperature, strain rate of 1 s⁻¹, strain amplitude of 0.06 – tests were carried out with the application of pulsed current of varied duration and period. The final stage of the work was a microstructural study of the deformed material, performed using microscopy, including electron backscatter diffraction (EBSD).

On the basis of the study, it was shown that the use of complex strain paths, implemented in a minor-cyclic symmetric torsion test, allows for the control of stress, strain and microstructure and related properties of the material under test. Furthermore, it was found that the application of pulsed current in the minor-cyclic torsion tests always results in a reduction in stress compared to minor-cyclic tests at ambient temperature without the application of current flow, and in most cases it also leads to an increase in strain compared to tests without the application of pulsed current. The strains obtained in the tests with the application of current were always higher than those obtained in the minor-cyclic deformation tests without current, at 600 °C. The study of the deformed microstructure in the pulsed current tests revealed its fibrous character of texture.

The electroplastometric torsion tests conducted in this paper in a bulk forming process are the first such studies in the world.

key words: electrically assisted forming (EAF), electro-plastic effect (EPE), CuZn30 brass, plastometric tests, oscillatory torsion