

M. STEFAŃSKA-KĄDZIELA*, J. MAJTA*, S. DYMEK*, K. MUSZKA*

EFFECT OF HIGH STRAIN RATE ON THE DISLOCATION STRUCTURE OF MICROALLOYED AND IF STEELS

WPLYW DUŻEJ PRĘDKOŚCI ODKSZTAŁCENIA NA STRUKTURĘ DYSLOKACYJNĄ STALI MIKROSTOPOWEJ IF

The problem of quality and quantity evaluation of dislocation structure under very high strain rates was analyzed. The investigation was performed for two steels of common application: high strength microalloyed Nb(Y) steel and interstitial free (IF) steel. Investigation of microalloyed steel allowed the analysis of dislocation structure evolution in strengthened material (both via precipitations and solid solution). In such conditions, the dislocation movement is difficult and forming substructures are significantly different from those observed in IF steel. In present studies, for suitable evaluation of dislocation structure, an attempt of modification of existing relationships was made. Bergström's proposition was utilized and relationships between dislocation cell size and mean dislocation density were determined.

The axisymmetrical compression tests were performed with different strain rates at room temperature using static and dynamic testing machines and dropweight. The analysis of microstructure of deformed materials was also performed using transmission electron microscopy (TEM). The estimation of the effect of strain rate on microstructure evolution and, first of all, on dislocation cell structure, was made. It was observed that dislocation structure evolution depends on thermomechanical history of deformed material, strain and strain rate.

On the basis of measurements and characteristics of dislocation structure and using Bergström's model it is possible to determine the total dislocation density, taking into account basic process parameters including strain rate under dynamic loading conditions. Obtained results showed a good accuracy of established model to estimate dislocation density on the basis of dislocation cell size.

Keywords: high strain rate, dislocation structure, dislocation density

W pracy podjęto problem oceny jakościowej i ilościowej struktury dyslokacyjnej powstałej w wyniku zastosowania bardzo dużych prędkości odkształcenia. Badania przeprowadzono dla dwóch szeroko stosowanych gatunków stali: mikrostopowej o podwyższonej wytrzymałości (Nb(Y)) oraz IF. Badanie stali mikrostopowej umożliwiło przeprowadzenie analizy rozwoju struktury dyslokacyjnej w materiale umocnionym wydzieleniowo oraz przez roztwór stały. W takich warunkach przemieszczanie się dyslokacji jest utrudnione, a tworzące się podstruktury różnią się znacząco od tych obserwowanych w stali IF. Dla właściwej oceny struktury dyslokacyjnej w obecnych badaniach podjęto próbę modyfikacji istniejących zależności. Wykorzystując propozycję Bergströma, wyznaczono związki pomiędzy wielkością komórek dyslokacyjnych a średnią wartością gęstości dyslokacji.

Przeprowadzono testy osiowoosymetrycznego śpęczania z różnymi prędkościami odkształcenia, w temperaturze pokojowej przy użyciu statycznej i dynamicznej maszyny wytrzymałościowej oraz młota spadowego. Odształcony materiał poddano badaniom mikrostruktury z wykorzystaniem mikroskopii elektronowej. Ocenie poddano wpływ prędkości odkształcenia na rozwój mikrostruktury, w tym przede wszystkim na strukturę komórkową. Zaobserwowano, że rozwój struktury dyslokacyjnej uzależniony jest od rodzaju odkształcanego materiału oraz wielkości i prędkości odkształcenia.

Na podstawie pomiarów i charakterystyki struktury dyslokacyjnej oraz wykorzystując wzór Bergströma można wyznaczyć całkowitą gęstość dyslokacji z uwzględnieniem podstawowych parametrów procesu, w tym z uwzględnieniem prędkości odkształcenia w dynamicznych warunkach obciążenia. Otrzymane wyniki wskazują na poprawność przyjętego modelu do oceny gęstości dyslokacji na podstawie pomiarów wielkości komórek dyslokacyjnych.

* AGH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, 30-059 KRAKÓW, MICKIEWICZA 30, POLAND