

Warszawa, dnia 11.04.2007

Doc. dr hab. inż. Zbigniew Kowalewski  
Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN  
00-049 Warszawa, ul. Świętokrzyska 21

**RECENZJA**  
**pracy doktorskiej mgr inż. Michała Maja**  
**pt.**  
**Wpływ kierunku wstępnego odkształcenia na proces magazynowania**  
**energii w polikryształach**

**wykonana na wniosek Rady Naukowej IPPT PAN**

**1. Treść i zakres rozprawy**

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy problemów związanych z wpływem wstępnej deformacji na proces magazynowania energii w polikryształach. Praca podzielona została na dziewięć rozdziałów zawierających łącznie 56 rysunków, spis treści oraz wykaz literatury obejmujący 83 pozycje. Cała rozprawa zajmuje w sumie 99 stron.

W części wprowadzającej rozprawy Doktorant podaje, że jej celem jest zbadanie wpływu kierunku wstępnej deformacji plastycznej na proces magazynowania energii podczas jednoosiowego rozciągania materiałów polikrystalicznych oraz wyjaśnienie jak wpływa zmiana kierunku odkształcenia na bilans energii podczas deformacji plastycznej i jakie zjawiska mikroskopowe temu towarzyszą.

W rozdziale drugim Doktorant definiuje zasadnicze pojęcia związane z przemianą energii w czasie prowadzenia deformacji plastycznej.

Rozdział trzeci obejmuje dość obszerny przegląd metod wyznaczania energii zmagazynowanej.

W rozdziale czwartym omówiono metodę wyznaczania energii zmagazynowanej opracowanej w IPPT PAN, którą wykorzystywano w recenzowanej rozprawie doktorskiej. Metodę tę przyjęto z uwagi na jej możliwości wyznaczania energii w dowolnym punkcie procesu bez potrzeby jego przerywania i dodatkowo bez konieczności stosowania kalorymetru. Wykorzystywaną metodę można tylko stosować w zakresie deformacji makroskopowo jednorodnej. Do pomiaru rozkładu temperatury badanej powierzchni próbek zastosowano system termowizyjny AGA 680, który zmodernizowano przez wbudowanie do systemu przetwornika analogowo-cyfrowego. Dało to możliwość wzmocnienia sygnału z

wyjścia detektora i jednocześnie zapewniło bezpośrednie zbieranie danych i ich obróbkę przy pomocy dostępnego oprogramowania komputerowego.

W rozdziale piątym omówiono charakterystykę występujących rodzajów defektów sieci krystalicznej i ich znaczenie w procesie magazynowania energii. Ponieważ defekty w strukturze, ich charakter i liczba, wpływają na przebieg wielu procesów – ze względu na właściwości geometryczne - podzielono je na punktowe, liniowe i powierzchniowe. Przeprowadzona dyskusja wspomnianych efektów doprowadziła do konkluzji mówiącej, że oddziaływanie defektów sieci krystalicznej powoduje nakładanie się pól naprężeń z nimi związanych. W rozprawie doktorskiej usiłuje się zbadać przyczynę występowania maksimum zdolności magazynowania energii, występującego na początku deformacji plastycznej materiałów i przeanalizowanie jego możliwego związku z polem naprężeń, powstałych w wyniku odkształcenia sąsiadujących ze sobą ziaren. Założenie to przedyskutowano na podstawie badań zjawiska poślizgu oraz obserwacji obszarów przy granicy ziarna. Na tej podstawie stwierdzono, że na maksimum zdolności magazynowania energii w początkowym stadium odkształcenia plastycznego mają wpływ dyslokacje geometryczne niezbędne w celu akomodacji plastycznej naprężeń na skutek niekompatybilnych poślizgów. Jako główny cel pracy Doktorant wskazał wyznaczanie energii zmagazynowanej w próbkach poddanych wstępnej deformacji plastycznej i analizę zmian mikrostruktury.

Przeprowadzone badania doświadczalne omówiono w rozdziale szóstym. Wykonano je dla stali austenitycznej 316L charakteryzującej się dużą opornością właściwą, niską przewodnością elektryczną i cieplną. Próbki do badań wycinano z arkusza blachy obrabianej cieplnie. W badaniach stosowano trzy rodzaje próbek różniące się kierunkiem wstępnej deformacji. Wykonano również próbki z materiału w stanie nieodkształconym, które stanowiły punkt odniesienia w stosunku do próbek z historią deformacji. Dla wszystkich rozciąganych próbek wyznaczono energię zmagazynowaną. Próby rozciągania prowadzono na nowoczesnej maszynie wytrzymałościowej firmy MTS. Z kolei określanie charakterystyk termomechanicznych i symulacje procesu nagrzewania próbki prowadzono z wykorzystaniem własnych układów pomiarowych, wcześniej już zaprojektowanych i zweryfikowanych pod względem poprawności ich działania. Rejestrację obrazów termicznych, siły i wydłużenia dokonywano z częstotliwością 10 Hz. Dla wszystkich badanych próbek określono obciążenia, przemieszczenia i zmiany temperatury w zależności od czasu.

Istotną część pracy stanowią badania mikroskopowe przedstawione w rozdziale siódmym. Prowadzono je przy użyciu mikroskopu optycznego pracującego w kontraście interferencyjnym oraz transmisyjnego mikroskopu elektronowego. Przeprowadzone badania

