

„Uwarunkowania krystalograficzne oraz mikrostrukturalne efektu MFIS oraz międzymartenzytycznej przemiany w stopach na bazie NiMnGa”

Mgr inż. Arkadiusz Szewczyk

Promotor: **dr hab. inż. Robert Chulist, prof. instytutu**, Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN.

Stopy na bazie NiMnGa, nazywane również stopami Heuslera klasyfikowane są jako materiały inteligentne z zachodzącą w nich termosprężystą, w pełni odwracalną przemianą martenzytyczną odpowiedzialną za efekt pamięci kształtu. Transformacja fazowa odbywa się na skutek dystorsji struktury $L2_1$, a więc wyjściowego austenitu, prowadząc do uzyskania wielowariantowego układu martenzytu. Efekt, który czyni stopy na bazie NiMnGa wyjątkowymi jest tzw. magnetycznie indukowane odkształcenie (MFIS ang.). Polega on na reorientacji wariantów martenzytycznych na skutek przyłożonego pola magnetycznego. Jest to możliwe z uwagi na wysoką anizotropię magnetokrystaliczną samego materiału oraz ekstremalnie niskie naprężenie bliźniacze rzędu 0.01-0.5 MPa. Odkształcenie to uzyskane zostaje jako wyniki przemieszczania granic bliźniaczych, których ruch reorientuje warianty martenzytyczne. Indukować je można również używając zewnętrznego pola naprężeń. Wymienione właściwości badanych stopów, skutkują powstawaniem wielu prac oraz prób wdrożenia ich w przemyśle między innymi w postaci siłowników, ze względu na małe natężenie pola magnetycznego potrzebne do uzyskania odkształcenia, jak i również dużą trwałość eksploatacyjną (wykonanie kilkuset milionów cykli odkształcania). W zależności od składu chemicznego, możliwe jest występowanie trzech różnych rodzajów wyżej wspomnianego martenzytu tj. dwóch modulowanych jednoskośnych struktur 10M oraz 14M, jak i również niemodulowanego, tetragonalnego martenzytu NM. Podczas przejścia między tymi fazami zachodzi odwracalna przemiana międzymartenzytyczna zwyczajowo nazywana efektem supersprężystym. Skutkuje ona również odwracalnym odkształceniem rzędu 18% czyniąc powyższy materiał bardzo atrakcyjnym w kontekście potencjalnego zastosowania.

Dlatego celem pracy doktorskiej jest zbadanie wpływu struktury oraz mikrostruktury wspomnianych stopów na efekt MFIS, jak i przemiany międzymartenzytyczne. W tym celu wytworzone zostały trzy różne struktury krystaliczne, które występowały w trzech różnych formach tj. monokryształu, polikryształu oraz proszku. Początkowym etapem badań, było sprawdzenie wpływu stanu występowania materiału, na parametry strukturalne. Otrzymane wyniki uzyskane dzięki użyciu wysokoenergetycznej wiązki synchrotronowej, jednoznacznie pokazały, iż w celu wyznaczenia struktury krystalicznej, należy używać materiału monokrystalicznego. Związane jest to z występowaniem w materiałach polikrystalicznych defektów strukturalnych, jak i w przypadku proszku, naprężenia wprowadzanego podczas procesu mielenia, które znacząco wpływają na parametry sieci. W celu wykazania zmian mikrostrukturalnych tj. błędy ułożenia, granice ziaren oraz błędy inwersyjne użyta została wysokorozdzielcza mikroskopia elektronowa. Dodatkowo przy użyciu wspomnianej wiązki synchrotronowej oraz aparatury grzewczej, wyindukowano oraz zarejestrowano sekwencje przemian międzymartenzytycznych. Przebadano również wpływ treningu materiału na poziom naprężenia bliźniakowania, jak i odkształcenie w odpowiednio zorientowanych próbkach. Pomiar wykonany przy użyciu SEM/EBSD oraz stolika grzewczego pozwoliły na orientowanie monokryształu w stanie jednowariantowego austenitu, co przełożyło się na bardzo dużą ich dokładność. To z kolei skutkowało uzyskaniem maksymalnego odkształcenia, jak i minimalnego naprężenia bliźniakowania. W kolejnych badaniach pokazano wpływ mikrostruktury wyjściowej badanego materiału na proces trenowania. Zmiany mikrostrukturalne zarówno materiałów polikrystalicznych jak i monokrystalicznych zostały zarejestrowane przy użyciu technik mikroskopii skaningowej na różnych etapach badań. Dodatkowo przeprowadzono analizę strukturalną granic bliźniaczych w celu pokazania realnej struktury atomowej wyżej wspomnianej granicy, popartą wysokorozdzielczą mikroskopią transmisyjną.