



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Uniwersytet Śląski w Katowicach  
Wydział Informatyki i Nauki o Materiałach  
Instytut Nauki o Materiałach



# PRACA DOKTORSKA

„Wpływ wydzielenia fazy  $\gamma$  na strukturę i właściwości  
ferromagnetycznych stopów z pamięcią kształtu  
Ni-Co-Mn-In”

**Autor:**

Mgr inż. Katarzyna Reclik

**Promotor:**

Dr hab. Prof. UŚ Danuta Stróż

Katowice, 2013



Autorka niniejszej pracy jest Stypendystką projektu „DoktorIS – Program stypendialny na rzecz innowacyjnego Śląska” współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

W niniejszej pracy badano wpływ wydzieleni fazy  $\gamma$  na temperatury przemiany martenzytycznej, magnetycznej wytrzymałość na ściskanie, twardość i moduł Younga, ferromagnetycznych stopów z pamięcią kształtu z układu Ni-Co-Mn-In. Badano cztery stopy wytworzone metodą odlewania w piecu indukcyjnym, a następnie wyżarzono w temperaturze 1173 K przez 24 godziny z zastosowaniem powolnego chłodzenia z piecem. Finalnie je przesycono, tj. wygrzano w temperaturze 1173 K przez 20 min. i szybko chłodzono do temperatury wody z lodem. Stopy różniły się składem chemicznym, a dokładniej zawartością niklu i indu, co pozwoliło na uzyskanie stężeń elektronowych e/a w przedziale między 7.9 a 8.1. W stanie surowym stopy A, B oraz C wykazywały strukturę martenzytu modulowanego 14M. Stop o najwyższej wartości stężenia elektronowego e/a (stop D) wykazywał duży udział wydzieleni fazy  $\gamma$  (około 18%). Zastosowana obróbka cieplna spowodowała pojawienie fazy  $\gamma$  dodatkowo w stopach B i C, a ilość tej fazy zależała od obróbki oraz składu chemicznego stopów. Powolne chłodzenie z piecem, zastosowane po wyżarzeniu, spowodowało wydzielenie się dużej ilości fazy  $\gamma$ . Dla stopów B i C zawartość tej fazy wynosiła odpowiednio 11% i 15%, a dla stopu D zawartość fazy  $\gamma$  wzrosła z 18% do 25%. W wyniku przesykania doszło do rozpuszczenia (w temperaturze 1173 K) części fazy  $\gamma$ , a zastosowanie szybkiego chłodzenia nie dopuściło do jej ponownego wydzielenia. Temperatury przemiany martenzytycznej silnie zależą od stężenia elektronowego e/a. Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem stosunku e/a następuje wzrost temperatur przemiany martenzytycznej. Obecność dużej ilości wydzieleni fazy  $\gamma$  powoduje przesunięcie temperatur przemiany martenzytycznej w stronę niższych wartości, aż do całkowitego zaniku przemiany, powyżej  $\gamma = 18\%$ . Obecność fazy  $\gamma$  powoduje również znaczny wzrost wytrzymałości na ściskanie, z około 400 MPa dla stopu jednofazowego do ponad 1000MPa dla stopu zawierającego około 25% fazy  $\gamma$ . Równocześnie rośnie prawie dwukrotnie umowna granica plastyczności i ponad pięciokrotnie odkształcenie względne. Badania wykonane przy użyciu nanoindentera wykazały, że moduł sprężystości i twardość fazy macierzystej i martenzytycznej niewiele się różnią, natomiast znacząco wyższe wartości tych parametrów otrzymano dla wydzieleni fazy  $\gamma$ . Stwierdzono, że faza  $\gamma$  jest bardziej plastyczna. Kształt obserwowanych wytłoczeń wokół wgłębień reszkowych (tzw. „pile up”) świadczy o większej plastyczności cząstek fazy  $\gamma$  w porównaniu do osnowy. Reasumując, stopy dwufazowe zawierające wydzielenia fazy  $\gamma$  charakteryzują się wyższymi właściwościami mechanicznymi w stosunku do stopów jednofazowych, co może korzystnie wpłynąć na ich praktyczne zastosowanie w przemyśle.