

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ



Rozprawa doktorska

mgr inż. Adam Gryc

Procesy wydzieleniowe w stopach Mg-Bi oraz Mg-Bi-X (X = Zn, Mn, Ca)

Promotor:

dr hab. inż. Andrzej KIELBUS, prof. PŚ

Katowice, wrzesień 2024 r.

STRESZCZENIE

W pracy podjęto próbę określenia wpływu składu chemicznego i parametrów obróbki cieplnej na procesy wydzieleniowe w stopach Mg-Bi oraz Mg-Bi-X (X = Zn, Mn, Ca). Podjęcie tej tematyki badawczej motywowane było zapotrzebowaniem przemysłu na nowe stopy magnezu do pracy w podwyższonej temperaturze, niezawierające drogich i trudnodostępnych pierwiastków ziem rzadkich. Stopy Mg-Bi z uwagi na podatność na utwardzanie wydzieleniowe mogą stanowić dla nich potencjalną alternatywę. Jednak aktualny stan wiedzy na temat zachodzących w nich procesów wydzieleniowych ogranicza się do zaledwie kilku publikacji naukowych. Wyniki uzyskane w ramach rozprawy doktorskiej pozwoliły na weryfikację tej wiedzy oraz uzupełnienie i częściowe usystematyzowanie informacji na temat wpływu dodatków stopowych na mikrostrukturę i właściwości stopów Mg-Bi oraz zachodzące w nich procesy wydzieleniowe.

Część badawcza pracy obejmowała dobór składu chemicznego stopów do badań w oparciu o dane literaturowe i analizę termodynamiczną metodą CALPHAD, wytworzenie stopów z układu Mg-Bi technologią odlewania grawitacyjnego do form piaskowych, charakterystykę mikrostruktury i właściwości badanych stopów w stanie lanym, dobór parametrów obróbki cieplnej w oparciu o badania dylatometryczne oraz jakościową i ilościową analizę mikrostruktury. Kluczowym etapem pracy była charakterystyka procesów wydzieleniowych, zachodzących w stopach Mg-Bi z wykorzystaniem technik skaningowej i skaningowo-transmisyjnej mikroskopii elektronowej, mikroanalizy rentgenowskiej oraz rentgenowskiej analizy fazowej.

Na podstawie przeprowadzonych badań określono, że w dwuskładnikowych stopach Mg-Bi proces wydzielenia przebiega według następującej sekwencji:

α -Mg \rightarrow drobne wydzielenia o średnicy kilku nm (koherentne) \rightarrow poligonalne wydzielenia fazy Mg_3Bi_2 typu II (koherentne) oraz drobne, płytkowe wydzielenia typu I (niekoherentne lub częściowo koherentne) \rightarrow iglaste lub płytkowe wydzielenia typu I (niekoherentne)

Określono również wpływ dodatków stopowych na procesy wydzieleniowe, zachodzące w stopach Mg-Bi oraz Mg-Bi-X (X = Zn, Mn, Ca). Zn sprzyja powstawaniu w procesach utwardzania wydzieleniowego poligonalnych wydzieleni fazy Mg_3Bi_2 typu II. Powoduje jednak spadek stabilności termodynamicznej fazy Mg_3Bi_2 , prowadzący do ich szybszego rozpuszczania się i sprzyja nieciągłemu wydzieleniu fazy Mg_3Bi_2 przy granicach ziaren. Dodatek wapnia powoduje powstawanie w strukturze masywnych wydzieleni fazy Mg_3Bi_2 . Zarodkują one na drobnych cząstkach fazy Mg_2Bi_2Ca , a w miarę wydłużania czasu starzenia następuje ich nieciągły wzrost. Przyczynia się to do znacznego spadku ilości dyspersyjnych cząstek fazy Mg_3Bi_2 , powstających w wyniku wydzielenia ciągłego. Mangan sprzyja zarodkowaniu płytkowych wydzieleni fazy Mg_3Bi_2 typu I, charakteryzujących się wysoką stabilnością termodynamiczną.

Wzrost właściwości wytrzymałościowych stopów Mg-Bi warunkowany jest rozmiarem oraz morfologią wydzieleni fazy Mg_3Bi_2 . W stanie maksymalnego umocnienia w strukturze utwardzanych wydzieleniowo stopów Mg-6Bi, Mg-6Bi-0,5Mn oraz Mg-6Bi-0,5Zn występowały drobne koherentne wydzielenia fazy Mg_3Bi_2 typu II, drobne płytkowe wydzielenia typu I oraz nieliczne wydzielenia typu I o morfologii igieł lub płytek. Natomiast w stopie Mg-6Bi-0,5Ca stwierdzono znikomy efekt umocnienia wydzieleniowego. Przyczyną była niewielka ilość powstających w trakcie starzenia wydzieleni, wynikająca z nieciągłego wydzielenia fazy Mg_3Bi_2 .