

P. JÓŹWIK*, Z. BOJAR*

ANALYSIS OF GRAIN SIZE EFFECT ON TENSILE PROPERTIES OF Ni₃Al – BASED INTERMETALLIC STRIPS

ANALIZA WPŁYWU WIELKOŚCI ZIARNA NA PARAMETRY WYTRZYMAŁOŚCIOWE TAŚM ZE STOPU NA OSNOWIE FAZY MIĘDZYMETALICZNEJ Ni₃Al

The results of investigation of grain size effect on mechanical properties of Ni₃Al – based intermetallic strips measured in a tensile test at room temperature in air have been shown in the paper. Thin intermetallic strips with average grain size of 1, 5, 7, 26, 43 and 83 micrometers prepared by cold rolling and heat treatment at parameters chosen on the basis of our earlier completed recrystallization maps have been used for tensile tests.

It has been stated that increasing of basic γ' phase grain refinement caused intensive increase of tensile yield strength (TYS) and lower increase of ultimate tensile strength (UTS). The highest effectiveness of grain boundary strengthening has been found for average grain size up to 10 micrometers and was connected with a strong reduction of intermetallic material plasticity as well with increasing of its elasticity finding expression in TYS/UTS ratio. However, even for extremely fine-grained Ni₃Al sample (average grain size approximately 1 micrometer) a value of ultimate tensile elongation obtained at room temperature in air ("hard conditions" for intermetallic alloys sensitive to environmentally influenced brittleness) was still high – approximately 30% at tensile yield strength above 1200 MPa. The results obtained (for recrystallized Ni₃Al) were much better than those for appropriate alloys described in literature. In the analyzed grain size range, a classic exponential dependence of yield strength on average grain size was confirmed.

Tension test results were in good correlation with fracture structure. It has been stated that fractures of samples with different grain size were quite similar and mixture-type. There was cleavage fracture via micro-volume of each grain, related to ductile fracture via microregions along grain boundaries. For all tested range of grain sizes a fraction of ductile fracture microregions was high, but higher for coarse-grained samples with ultimate elongation ran into 70%.

A dependence of a phase structure (a fraction of γ disordered phase) and degree of γ' phase ordering on mechanical properties and fracture in a tensile test at room temperature in air was also discussed in the paper.

Keywords: nickel aluminide, thermomechanical processing, nanostructure, tensile properties, fracture

W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu wielkości ziarna na parametry wytrzymałościowe taśm ze stopu na osnowie fazy międzymetalicznej Ni₃Al mierzone w próbie statycznego rozciągania, w temperaturze pokojowej, w atmosferze powietrza. Po szczegółowej analizie morfologii budowy ziarnowej materiału w stanie po wygrzewaniu rekrytalizującym prowadzonym przy wykorzystaniu map rekrytalizacji opracowanych we wcześniejszych badaniach do analizy wybrano próbki o średniej wielkości ziarna: 1 μm , 5 μm , 7 μm , 26 μm , 43 μm i 83 μm .

Stwierdzono, wraz ze wzrostem stopnia rozdrobnienia fazy γ' stanowiącej osnowę badanego materiału, intensywny przyrost granicy plastyczności oraz mniej intensywny przyrost doraźnej wytrzymałości na rozciąganie. Wykazano, że największa skuteczność umocnienia granicami ziaren (poprzez rozdrobnienie ziarna) ma miejsce w przedziale wielkości ziarna do ok. 10 μm , co odpowiada jednocześnie, zachodzącemu równolegle intensywnemu zmniejszeniu plastyczności materiału i zwiększeniu jego „wydolności sprężystej” wyrażonej stosunkiem R_c/R_m . Jednak nawet dla skrajnie drobnoziarnistego stopu (średnia średnica ziarna około 1 μm) wydłużenie uzyskiwane w próbie rozciągania prowadzonej w temperaturze otoczenia w powietrzu (bardzo ważne czynniki „obciążające” wyniki uzyskiwane dla próbek stopów intermetalicznych) jest bardzo wysokie, bo bliskie 30%, przy także wysokiej granicy plastyczności powyżej 1200 MPa. Uzyskane wyniki, dla stopu w stanie równowagowym (po rekrytalizacji), są nieporównywalnie korzystniejsze od odpowiadających im nielicznych danych dostępnych w literaturze.

Potwierdzono także, w rozpatrywanym przedziale wielkości ziarna, „klasyczny” przebieg wykładniczej zależności granicy plastyczności od wielkości ziarna. Wyniki badań statycznego rozciągania korespondują z budową fraktograficzną powierzchni przelomów. Stwierdzono, że przelomy badanego stopu w stanie bez umocnienia ale przy zróżnicowanej wielkości ziarna wykazują wiele wspólnych cech budowy – są efektem pęknięcia łupliwego w mikroobszarach i pęknięcia ciągliwego stref granic ziaren, natomiast różnią się udziałem obu tych składowych. Przelomy badanego stopu, w całym rozpatrywanym przedziale

* FACULTY OF ADVANCED TECHNOLOGY AND CHEMISTRY, MILITARY UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, 00-908 WARSZAWA, 2 KALISKIEGO STR., POLAND

wielkości ziarna, charakteryzują się dużym udziałem odkształcenia plastycznego w granicach ziaren – zauważalnie większym dla ziarna o większych rozmiarach pozwalającym na uzyskanie wydłużenia równomiernego na poziomie 70%. Dyskutowano także problem wpływu budowy fazowej (udział nieuporządkowanej fazy γ) oraz zmian stopnia uporządkowania podstawowej fazy γ' na właściwości mechaniczne i budowę przełomów w próbkach po rozciąganiu w temperaturze pokojowej, w atmosferze powietrza.