



Kompozyt na osnowie stopu wysokiej entropii zbrojony cząsteczkami TiC

Przedmiotem wynalazku jest kompozyt na osnowie stopu wysokiej entropii zbrojony cząsteczkami TiC

5

Z opisu zgłoszenia patentowego CN112708817A znany jest materiał stopowy o wysokiej entropii o wysokiej plastyczności i niskim przekroju absorpcji neutronów oraz metoda jego wytwarzania, gdzie w skład stopu wchodzi pierwiastki takie jak Al, Ti, Nb, Zr, które mogą mieć zastosowanie w kompozytach wzmacnianych TiB_2 .

10 Z opisu zgłoszenia patentowego CN116623038A znany jest BCC jednofazowy lekki stop o wysokiej entropii i jego metoda wytwarzania, który charakteryzuje się obecnością Ti i innych pierwiastków o wysokiej entropii, a jego mikrostruktura umożliwia efektywne wzmacnianie przez dodatek TiB_2 .

Z opisu zgłoszenia patentowego CN114752794A znany jest stop o wysokiej entropii i sposób jego przygotowania, w którym określone proporcje Al, Co, Cr, Fe, Ni i Ti pozwalają na optymalizację 15 właściwości mechanicznych i stabilności mikrostrukturalnej w obecności wzmacniających faz, takich jak TiB_2 .

Z opisu zgłoszenia patentowego CN118360538A znany jest stop o wysokiej entropii oraz metoda zwiększania jego odporności na zużycie, gdzie zastosowanie struktury gradientowej i faz wzmacniających, takich jak TiB_2 , pozwala na uzyskanie lepszej odporności na ścieranie.

20 Z opisu zgłoszenia patentowego CN106319260A znana jest metoda wytwarzania stopu wysokotemperaturowego o wysokiej entropii oraz jego powłoka ochronna, w którym wykorzystuje się Ti oraz B, co wskazuje na możliwość zastosowania zbrojenia TiB_2 w celu poprawy właściwości materiału.

Z opisu patentowego CN115612907B znany jest wysokowydajny sześciokładnikowy stop o wysokiej 25 entropii, zawierający Al, Co, Cr, Fe, Ni i Ti, który posiada mikrostrukturę BCC i FCC, umożliwiającą efektywne wzmacnianie dodatkiem TiB_2 .

Z opisu zgłoszenia patentowego WO2017209419A1 znany jest stop o wysokiej entropii, w którym faza BCC obejmuje pierwiastki takie jak Cr, Mo, V, Hf, Zr oraz Ti, a struktura umożliwia wprowadzenie 30 cząstek wzmacniających, w tym TiB_2 .

30 Z opisu patentowego CN112831712B znany jest jednorodny stop średniej entropii CoCrNi-B o wysokiej wytrzymałości oraz metoda jego wytwarzania, w którym wykorzystuje się pierwiastki boru i tytanu w celu poprawy właściwości mechanicznych, co może obejmować TiB_2 jako zbrojenie.

Z opisu zgłoszenia patentowego CN108130470A znany jest stop wysokiej entropii MoNbTaZrHf oraz metoda jego wytwarzania, gdzie zastosowanie Ti w strukturze stopu sugeruje możliwość wzmacniania 35 poprzez wprowadzenie TiB_2 jako elementu poprawiającego twardość i odporność na ścieranie.

Z opisu zgłoszenia patentowego CN115896581A znany jest lekki stop wysokiej entropii TiNiFeCoNb o wysokiej wytrzymałości i elastyczności oraz metoda jego przygotowania, w którym Ti odgrywa kluczową rolę w strukturze stopu, a możliwość dodania TiB_2 może poprawić właściwości 40 wytrzymałościowe.

Przedmiotem wynalazku jest kompozyt na osnowie stopu wysokiej entropii zbrojony cząstkami TiC. Jego istotą jest to, że jego osnowa zawiera pierwiastki: Al, Co, Cr, Fe, Ni, Ti, o molowym składzie $Al_{0,7}CoCrFeNiTi_{0,2}$. Kompozyt zawiera fazę wzmacniającą w postaci cząstek TiC, w ilości od 5% do 30% objętościowo. Kompozyt wytwarzany jest poprzez proces mieszania proszków, prasowania na zimno i wielokrotnego topienia łukowego w atmosferze argonu, z zachowaniem wysokiej próżni w komorze pieca. Skład chemiczny kompozytu po procesie topienia jest jednorodny.

Korzystnym skutkiem kompozytu według wynalazku jest to, że dzięki zastosowaniu cząstek wzmacniających TiC w osnowie stopu wysokiej entropii $Al_{0,7}CoCrFeNiTi_{0,2}$ uzyskano istotne polepszenie właściwości mechanicznych i tribologicznych materiału. W szczególności:

- Zwiększona twardość materiału

Dodatek TiC powoduje znaczący wzrost twardości kompozytu – od 457,3 HV dla materiału bazowego do 696 HV przy 30% objętości cząstek TiC.

Oznacza to wyższą odporność na miejscowe odkształcenia plastyczne takie jak wgniecenia, zarysowania i ścieranie.

- Poprawiona odporność na zużycie tribologiczne

Współczynnik zużycia w teście „ball-on-disc” zmniejszył się z $6,55 \times 10^{-6} \text{ mm}^3 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ dla stopu bazowego do $1,37 \times 10^{-6} \text{ mm}^3 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ przy 30% TiC.

To oznacza dłuższą trwałość materiału w warunkach tarcia, np. w elementach mechanicznych pracujących w środowisku wodnym.

- Jednorodny skład chemiczny i mikrostruktura

Wielokrotne przetapianie w atmosferze argonu umożliwia ujednorodnienie składu chemicznego i równomierne rozłożenie fazy zbrojącej w całym materiale.

Przekłada się to na stabilność właściwości mechanicznych w całej objętości kompozytu.

- Możliwość regulacji właściwości materiału

Zmieniając zawartość TiC, można precyzyjnie dostosować twardość i odporność na zużycie materiału do konkretnego zastosowania.

Daje to elastyczność projektową i możliwość optymalizacji materiału w zależności od potrzeb technicznych.

Przykład wykonania kompozytu na osnowie stopu wysokiej entropii z cząstkami TiC

1. Skład osnowy kompozytu

Osnowę kompozytu stanowił sześciokładnikowy stop wysokiej entropii (HEA), zawierający proszki metali przedstawione w tabeli 1 o molowym składzie stopu odpowiadającym wzorowi: $Al_{0,7}CoCrFeNiTi_{0,2}$.

2. Zbrojenie kompozytu cząstkami TiC

W celu otrzymania kompozytu, do osnowy HEA dodawano cząstki węgla tytanu TiC o parametrach: rozmiar: -325 mesh, czystość: 99,8%.

Przygotowano pięć wariantów kompozytu o różnych zawartościach objętościowych TiC:

- 1) Baza: 0% TiC
- 2) Baza + 5% TiC
- 3) Baza + 10% TiC
- 4) Baza + 15% TiC
- 5) Baza + 30% TiC

3. Etapy przygotowania kompozytów

a) Mieszanie proszków:

10 Proszki osnowy i TiC mieszano w młynie bębnowym przez 2 godziny w celu uzyskania jednorodnej dyspersji cząstek wzmacniających.

b) Prasowanie:

Mieszanki prasowano na zimno w prasie hydraulicznej, formując walce o średnicy 15 mm i wysokości ok. 10 mm.

c) Topienie łukowe:

15 Wypraski umieszczono w piecu łukowym. Komorę opróżniono z powietrza do 5×10^{-2} mbar, trzykrotnie przepłukano argonem (czystość 5N), a następnie uzyskano wysoką próżnię ($\sim 5 \times 10^{-5}$ mbar) przy użyciu pompy dyfuzyjnej.

Proces topienia prowadzono w atmosferze argonu, z pięciokrotnym przetopem każdej wypraski (z odwracaniem), celem ujednorodnienia składu chemicznego.

20 Po zakończeniu topienia próbki schładzano w atmosferze argonu i wyjmowano z komory.

4. Charakterystyka końcowego materiału

25 Kompozyt zawiera fazę wzmacniającą w postaci cząstek TiC (śred. rozmiar ok. -325 mesh, czystość 99,8%) w zakresie od 5% do 30% objętościowo. Wytwarzanie kompozytu obejmuje sekwencję procesów: mieszania, prasowania i wielokrotnego topienia łukowego w osłonie argonu, przy zachowaniu wysokiej próżni.

5. Właściwości mechaniczne

Próbki poddano badaniom twardości z użyciem twardościomierza Vickers'a przy obciążeniu HV2, które to wyniki badań przedstawiono w tabeli 2 oraz badaniom zużycia tribologicznego "ball-on-disc" w wodzie destylowanej, którego wyniki przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 1 Charakterystyka proszków użytych do wytworzenia osnowy kompozytu

Składnik	Rozmiar cząstek	Czystość
Al	-325 mesh	99,8%
Co	1,6 μm	99,80%
Cr	-325 mesh	99,0%
Ni	-325 mesh	99,8%
Fe	<10 μm	99,50%
Ti	-325 mesh	99,0%

Tabela 2 Wyniki badań twardości z użyciem twardościomierza Vickers'a

Zawartość TiC [% obj.]	Twardość [HV2]
0%	457,3 \pm 3,8
5%	504,7 \pm 9,5
10%	587,6 \pm 41,2
15%	587,6 \pm 33
30%	696 \pm 57,1

5 Tabela 3 Wyniki badań zużycia tribologicznego "ball-on-disc" w wodzie destylowanej:

Zawartość TiC [% obj.]	Współczynnik zużycia [$\text{mm}^3 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$]
0%	$6,55 \times 10^{-6} \pm 7,56 \times 10^{-7}$
30%	$1,37 \times 10^{-6} \pm 6,44 \times 10^{-7}$

RZECZNIK PATENTOWY

Maciej Nowicki
mgr inż. Maciej Nowicki
Nr wp. 3476