



Kompozyt na osnowie stopu wysokiej entropii zbrojony cząsteczkami TiB_2

Przedmiotem wynalazku jest kompozyt na osnowie stopu wysokiej entropii zbrojony cząsteczkami TiB_2

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 entropii, zawierający Al, Co, Cr, Fe, Ni i Ti, który posiada mikrostrukturę BCC i FCC, umożliwiającą 25 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 cząstek wzmacniających, w tym TiB_2 .

Z opisu patentowego CN112831712B znany jest jednorodny stop średniej entropii CoCrNi-B o wysokiej 30 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 poprzez wprowadzenie TiB_2 jako elementu poprawiającego twardość i odporność na ścieranie.

35 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 wytrzymałościowe.

Przedmiotem wynalazku jest kompozyt na osnowie stopu wysokiej entropii zbrojony cząstkami TiB_2 . **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 TiB_2 , w ilości od 5% do 30% objętościowo. Materiał wytwarzany jest poprzez proces mieszania proszków, prasowania na zimno i wielokrotnego topienia łukowego w atmosferze argonu, z zachowaniem wysokiej próżni w komorze pieca, a skład chemiczny kompozytu po procesie topienia jest jednorodny.

Korzystnym skutkiem kompozytu według wynalazku jest to, że dzięki zastosowaniu cząstek wzmacniających TiB_2 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 TiB_2 powoduje znaczący wzrost twardości kompozytu – od 457,3 HV dla materiału bazowego do 554,7 HV przy 30% objętości cząstek TiB_2 .

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 $1,67 \times 10^{-6} \text{ mm}^3 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ przy 30% TiB_2 .

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 TiB_2 , 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 TiB_2

1. Skład osnowy kompozytu

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

2. Zbrojenie kompozytu cząstkami TiB_2

W celu otrzymania kompozytu, do osnowy HEA dodawano cząstki węgliku tytanu TiB_2 o parametrach: rozmiar: 10 μm , czystość: 99,7%.

Przygotowano pięć wariantów kompozytu o różnych zawartościach objętościowych TiB_2 :

- 1) Baza: 0% TiB_2
- 2) Baza + 5% TiB_2
- 3) Baza + 10% TiB_2
- 4) Baza + 15% TiB_2
- 5) Baza + 30% TiB_2

3. Etapy przygotowania kompozytów

a) Mieszanie proszków:

Proszki osnowy i TiB_2 mieszano w młynie bębnowym przez 2 godziny w celu uzyskania jednorodnej dyspersji cząstek wzmacniających.

b) Prasowanie:

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

c) Topienie łukowe:

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.

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

4. Charakterystyka końcowego materiału

Kompozyt zawiera fazę wzmacniającą w postaci cząstek TiB_2 (śred. rozmiar ok. 10 μm , czystość 99,7%) 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	99,8%
Cr	-325 mesh	99,0%
Ni	-325 mesh	99,8%
Fe	<10 μm	99,5%
Ti	-325 mesh	99,0%

Tabela 2 Wyniki badań twardości z użyciem twardościomierza Vickers'a

Zawartość TiB_2 [% obj.]	Twardość [HV2]
0%	457,3 \pm 3,8
5%	477,4 \pm 13,2
10%	552,8 \pm 35,5
15%	664,4 \pm 27,3
30%	554,75 \pm 49

5

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

Zawartość TiB_2 [% 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%	$1,67 \times 10^{-6} \pm 7,24 \times 10^{-7}$

RZECZNIK PATENTOWY

Maciej Nowicki
mgr inż. Maciej Nowicki
Nr wp. 3476