

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **234348**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **410151**

(22) Data zgłoszenia: **14.11.2014**

(51) Int.Cl.

**H01B 13/00 (2006.01)**

**H01B 12/00 (2006.01)**

**H01B 12/10 (2006.01)**

**H01B 1/02 (2006.01)**

**H01L 39/24 (2006.01)**

(54)

**Sposób wytwarzania kompozytów multi-włóknistych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**14.09.2015 BUP 19/15**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**28.02.2020 WUP 02/20**

(73) Uprawniony z patentu:

**SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ – INSTYTUT  
METALI NIEŻELAZNYCH, Gliwice, PL  
INSTYTUT FIZYKI MOLEKULARNEJ POLSKIEJ  
AKADEMII NAUK, Poznań, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**WOJCIECH GŁUCHOWSKI, Gliwice, PL  
ZBIGNIEW RDZAWSKI, Gliwice, PL  
JOANNA SOBOTA, Sosnowiec, PL  
JERZY STOBRAWA, Gliwice, PL  
KRZYSZTOF MARSZOWSKI, Gliwice, PL  
BARTŁOMIEJ ANDRZEJEWSKI, Poznań, PL  
WOJCIECH KEMPIŃSKI,  
Ostrów Wielkopolski, PL**

**PL 234348 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania kompozytów multi-włóknistych osnowa Cu włókna z metalu z grupy A (Nb, Fe, Ni, Al, Mg, Ti, Co, Zn lub stopy tych metali) w sposób ciągły, stosowany zwłaszcza do produkcji drutów o wysokich właściwościach wytrzymałościowych i elektrycznych.

Z opisu patentowego EP 1973677 jest znany sposób wytwarzania przewodu elektrycznego, składającego się ze stopu bazowego z CuAg z udziałem Ag 0,08–0,12%, i krawędzi lub rdzenia przewodu złożonego składającego się ze stopu CuMg z udziałem Mg 0,1–0,7%.

Z opisu patentowego US 6836955 jest znany proces wytwarzania nadprzewodnika kompozytowego włóknistego na bazie niobu (włókno niobu w zakresie 1–25  $\mu\text{m}$ ). Ujawniony wynalazek dotyczy wytwarzania nadprzewodników kompozytowych multi-włóknistych typu A-15 (przez „A-15” rozumie się międzymetaliczne związki mające strukturę  $\beta\text{W}$ ), należą do nich  $\text{Nb}_3\text{Sn}$  i  $\text{Nb}_3\text{Al}$ , ważne ze względu na wysokie własności polowe. Niestety, są to kruche związki, trudne do wykonania w postaci drobnych włókien i w rezultacie są bardzo drogie. Z tych powodów, nadprzewodniki typu NbTi zdominowały rynek, pomimo że ich maksymalne pole magnetyczne jest ograniczone do mniej niż 8 Tesli. W celu komercjalizacji nadprzewodników „A-15” konieczne jest znaczne zwiększenie pola magnetycznego do 12 Tesli. Wynalazek ma zastosowanie także do produkcji nadprzewodników „B1”. Z opisu patentowego U S4402768 znany jest sposób wytwarzania multi-włóknistego nadprzewodnika składającego się z niobu i aluminium w miedzi lub stopie miedzi.

Z opisu patentowego US 4049426 znane są stopy na bazie miedzi zawierające chrom, cyrkon i niob, jak również proces ich obróbki cieplnej i mechanicznej. Połączenie pierwiastków stopowych, obróbka plastyczna na zimno i na gorąco, wyżarzanie i starzenie zwiększa przewodność elektryczną bez nadmiernej obróbki plastycznej na zimno. Z opisu patentowego US 5390722 znany jest sposób wytwarzania kompozytu o osnowie metalowej lub osnowie ze stopów metali i jednorodnym rozłożeniu drugiej fazy w osnowie. Drugą fazą jest metal wysokotopliwy lub niemetal. Element, który reaguje zarówno z osnową, jak i drugą fazą jest dodawany w celu zwiększenia gęstości drugiej fazy i w celu poprawy przyczepności pomiędzy składnikami kompozytu. Gdy osnową stopu metalu jest miedź lub stop na bazie miedzi, odpowiednimi reaktywnymi pierwiastkami są cyrkon, tytan, chrom oraz ich mieszaniny.

Celem wynalazku jest opracowanie nowego sposobu wytwarzania kompozytów multi-włóknistych Cu-inny metal (z grupy A = (Nb, Fe, Ni, Al, Mg, Ti, Co, Zn, lub stopy tych metali), który pozwoli na otrzymanie drutu o wysokich właściwościach wytrzymałościowych i elektrycznych.

Istotą wynalazku jest sposób wytwarzania kompozytów multi-włóknistych osnowa Cu włókna z metalu z grupy A (Nb, Fe, Ni, Al, Mg, Ti, Co, Zn lub stopy tych metali) w sposób ciągły. Rozwiązanie charakteryzuje się tym, że materiał wsadowy stanowi rdzeń i taśma miedziana, a sposób wytwarzania przebiega wg trzech etapów.

Pierwszy etap obejmuje wytworzenie drutu płaszczowego poprzez formowanie w układzie rolek kształtowych tak, aby z taśmy miedzianej ukształtować rurkę wewnątrz której znajdzie się rdzeń w postaci drutu z metalu z grupy A, tak wstępnie ukształtowany kompozyt zamykany jest na drodze ciągłego spawania metodą TIG. Wytworzony drut płaszczowy, korzystnie o średnicy 4,8–5 mm, zwijany jest na wybiegu do postaci kręgu. Tak przygotowany drut płaszczowy poddawany jest procesowi ciągnięcia z wyżarzaniem międzyoperacyjnym, korzystnie do wymiaru 2,5–3,5 mm. Następnie drut kalibrowany jest na drodze ciągnięcia do przekroju sześciokątnego, korzystnie o wymiarze 2–2,5 mm, i dzielony na siedem kręgów. Drugi etap obejmuje pakietowanie drutów płaszczowych, gdzie zestawia się przyległe krawędziami sześciokątów w pakiet siedmiu drutów płaszczowych rozwijanych z siedmiu rozwijaków. W trzecim etapie, gdzie pakiet siedmiu drutów płaszczowych trafia do układu formowania rury miedzianej z taśmy, korzystnie o wymiarach 0,4–1 x 24,2 mm, tak wstępnie ukształtowany kompozyt zamykany jest na drodze ciągłego spawania metodą TIG. Wytworzony kompozyt, korzystnie o średnicy 7,7–8 mm, zwijany jest na wybiegu do postaci kręgu. Tak przygotowany drut płaszczowy poddawany jest procesowi ciągnięcia z wyżarzaniem międzyoperacyjnym, korzystnie do wymiaru 2,5–3,5 mm. Następnie drut kalibrowany jest na drodze ciągnięcia do przekroju sześciokątnego, korzystnie o wymiarze 2–2,5 mm, i dzielony na siedem kręgów. Etap trzeci jest powtarzany co najmniej 4-krotnie a maksymalnie 10-krotnie, a pakiet siedmiu kompozytów każdorazowo zawiera kompozyty wytworzone w poprzedzającym go etapie pakietowania, zaś pomiędzy kolejno następującymi etapami kompozyt Cu metal grupy A każdorazowo poddawany jest procesowi wyżarzania w temperaturze 450–500°C w czasie 20–60 minut.

Szacowana ilość włókien metalu A po kolejnych operacjach pakietowania wynosi odpowiednio:

Nr pakietowania	Liczba włókien
1	7
2	49
3	343
4	2401
5	16807
6	117649
7	823543

Sposób według wynalazku umożliwia rekrytalizację osnowy miedzianej oraz odprężenie włókien metalu A zapewnia również ciągłość nanowłókien metalu A na całej długości drutu. Dobrane warunki obróbki cieplnej nie powodują rozrostu ziaren lub też nadtapiania osnowy miedzianej (temperatura topnienia miedzi – 1084°C, natomiast A – °C). Korzystna zawartość A w kompozycie zawiera się w przedziale 5–30%.

**P r z y k ł a d I.** W przykładzie wykonania, w pierwszym etapie powstaje drut płaszczowy poprzez umieszczenie w układzie rolek kształtowych taśmy miedzianej o wymiarach 0,5 x 15 mm oraz drutu Nb o średnicy 3,5 mm stanowiącym rdzeń. Tak wprowadzony wsad jest zamykany na drodze ciągłego spawania metodą TIG. Wytworzony drut płaszczowy o średnicy 4,8 mm zwijany jest na wybiegu do postaci kręgu. Drut płaszczowy poddawany jest procesowi ciągnięcia z wyżarzaniem międzyoperacyjnym do wymiaru 2,5 mm. Następnie drut kalibrowany jest na drodze ciągnięcia do przekroju sześciokątnego o wymiarze 2 mm i dzielony na siedem kręgów. W drugim etapie zestawia się przyległe krawędziami sześciokątów w pakiet siedmiu drutów płaszczowych rozwijanych z siedmiu rozwijaków. W trzecim etapie, gdzie pakiet siedmiu drutów płaszczowych trafia do układu formowania rury miedzianej z taśmą o wymiarach 0,5 x 24,2 mm, tak wstępnie ukształtowany kompozyt zamykany jest na drodze ciągłego spawania metodą TIG. Wytworzony kompozyt o średnicy 7,8 mm zwijany jest na wybiegu do postaci kręgu. Tak przygotowany drut płaszczowy poddawany jest procesowi ciągnięcia z wyżarzaniem międzyoperacyjnym do średnicy 2,5 mm. Następnie drut kalibrowany jest na drodze ciągnięcia do przekroju sześciokątnego o przekątnej 2 mm i dzielony na siedem kręgów, przy czym etap trzeci jest powtarzany 10-krotnie, a pakiet siedmiu kompozytów każdorazowo zawiera kompozyty utworzone w poprzedzającym go etapie pakietowania, zaś pomiędzy kolejno następującymi etapami kompozyt Cu Nb każdorazowo poddawany jest procesowi wyżarzania w temperaturze 500°C w czasie 60 minut.

W przykładzie wykonania, w wyniku 7 pakietowań wytwarza się drut w którym znajduje się ponad 823000 ciągłych włókien Nb. Zawartość Nb w otrzymanym kompozycie wynosiła 12%.

**P r z y k ł a d II**

Przykład drugi różni się od przykładu pierwszego tym, że użyto temperatury 480°C w czasie 30 min, przy pakietowaniu 6-krotnym, otrzymano 117000 włókien i 15%Nb.

**P r z y k ł a d III**

Przykład trzeci różni się od przykładu pierwszego tym, że użyto temperatury 450°C w czasie 20 min, przy pakietowaniu 4-krotnym, otrzymano 2400 włókien i 24%Nb.

## Zastrzeżenie patentowe

1. Sposób wytwarzania kompozytów multi-włóknistych Cu-Nb, **znamienny tym**, że kompozyt uzyskuje się w sposób ciągły z drutu płaszczowego w trzech etapach, gdzie:
  - w pierwszym etapie umieszcza się w układzie rolek kształtowych wsad składający się z taśmy miedzianej oraz drutu Nb stanowiącego rdzeń, i tak wprowadzony wsad zamyka się na drodze ciągłego spawania metodą TIG, a wytworzony drut płaszczowy zwija się na wybiegu do postaci kręgu, poddaje procesowi ciągnięcia z wyżarzaniem międzyoperacyjnym, kalibruje na drodze ciągnięcia do przekroju sześciokątnego i dzieli na siedem kręgów,
  - w drugim etapie kręgi zestawia się przyległe krawędziami sześciokątów w pakiet siedmiu drutów płaszczowych rozwijanych z siedmiu rozwijaków,
  - w trzecim w etapie uformowany pakiet siedmiu drutów płaszczowych umieszcza się w układzie formowania rury miedzianej z taśmy, zamyka na drodze ciągłego spawania metodą TIG, zwija na wybiegu do postaci kręgu i poddaje procesowi ciągnięcia z wyżarzaniem międzyoperacyjnym, kolejno drut kalibrowany jest na drodze ciągnięcia do przekroju sześciokątnego i dzielony na siedem kręgów,
  - przy czym etap trzeci jest powtarzany co najmniej 4-krotnie a maksymalnie 10-krotnie, a pakiet siedmiu kompozytów każdorazowo zawiera kompozyty wytworzone w poprzedzającym go etapie pakietowania, zaś pomiędzy kolejno następującymi etapami kompozyt Cu Nb każdorazowo poddawany jest procesowi wyżarzania w temperaturze 450–500°C w czasie 20–60 minut.