



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVEDČENÍU

240461

(11)

(B1)

(51) Int. Cl.⁴
H 01 L 39/00

(22) Prihlášené 11 05 84

(21) (PV 3486-84)

(40) Zverejnené 16 07 85

(45) Vydané 15 08 87

(75)

Autor vynálezu

ŠETINA PETER ing.; KOVÁČ PAVOL ing., BRATISLAVA

(54) Supravodič na báze Nb_3Sn , stabilizovaný bezkyslíkatou meďou a opatrený difúznou bariérou a spôsob jeho výroby

1

2

Vynález sa týka konštrukčného prevedenia supravodiča na báze Nb_3Sn , stabilizovaného bezkyslíkatou meďou a opatreného difúznou bariérou a spôsobu jeho výroby v zjednodušenej forme.

Podstatou vynálezu je, že obvodová stabilizačná vrstva a difúzna bariéra je vytvorená vo forme segmentov, zhotovených vo forme výlisok alebo delením dvoch rôznych materiálov do pásov, výhodne stabilizačnej meďi a tantalového plechu, alebo tantalovej fólie, prípadne dvomi fóliami z daných rôznych materiálov, zvinutých do zvitku a vsunutých medzi obvodovú vrstvu multifilamentov a stredové jadro alebo medzi vonkajšie obvodové puzdro a zväzok multifilamentov, ako aj kombináciou týchto usporiadaní navzájom. Výlisok, či pás difúznej bariéry z tantalového plechu alebo fólie je oproti pásom alebo výlisokom z medeného plechu širší, kde tieto presahujúce rozmery sa po celej dĺžke ohnú a pri skladaní supravodiča vsunú danými bokmi medzi steny segmentov stabilizačnej vrstvy pre vytvorenie spoja tlakom.

Vynález sa týka supravodiča na báze Nb_3Sn stabilizovaného bezkyslíkatou medťou a opatreného difúznou bariérou a spôsobu jeho výroby v zjednodušenej forme.

Pri metalurgickej stabilizácii multifilamentárnych Nb_3Sn supravodičov je treba tvárniť kompozity obsahujúce niekoľko kovových materiálov s rôznymi mechanickými vlastnosťami. Sú to napríklad cínový bronz, niob technickej čistoty, tantal a vysokovodivá bezkyslíkatá meď. Bronzová matrica, rovnomerne vyplnená niobovými jadrami, resp. vláknami je od stabilizačného materiálu, obvykle veľmi čistej bezkyslíkatej medi oddelená difúznou bariérou v tvare rúrky, alebo nanesením vrstvy iných vhodných kovov. Tento bariérový prvok v mnohovláknitom kompozite bráni difúzii cínu zo zliatiny matrice do stabilizačnej vrstvy medi, umiestnenej v centre vodiča alebo na vonkajšom obvode kompozitu a tým bráni poklesu jej tepelnej a elektrickej vodivosti.

Požiadavkou na tantalovú bariéru je zachovanie celistvosti v procese tvárnenia z tovaru pred pretláčaním až do finálnych rozmerov vodiča, čo vyžaduje redukciu prierezu až 99,99 %. Keďže rekryštalizačné žiňanie je v procese tvárnenia kompozitu nemožné, preto, že jeho teplota je vysoko nad teplotou difúzie cínu v bronzovej zliatine, kladú sa zvláštne nároky na tvárne vlastnosti difúznej bariéry, zakomponovanej do kompozitu pred dopredným pretláčaním.

Materiál bariéry musí byť vysoko chemicky čistý s veľmi jemnozrnnou a homogennou štruktúrou, aby zachoval svoju celistvosť a rovnomernú hrúbku na hranici styku stabilizačnej vrstvy medi a bronzovej matrice s rozptýlenými vláknami. Materiál pre takúto bariéru je veľmi drahý a k jeho cene prispieva najmä výroba rúrky definovaných rozmerov, ktorá vyžaduje špeciálne technologické postupy vo vákuu a ochranných atmosférach. K uvedeným technologickým problémom ešte prispieva nemalej mierou presný návrh hrúbky vrstvenia jednotlivých materiálov, ich zloženia a vzájomné väzby, aby sa zachovala tak adiabatická ako aj dynamická stabilita kompozitu a pritom zabezpečila difúzia bez znečistenia priľahlej vrstvy.

Podľa súčasného stavu techniky sa uvádza používanie jednotlivých vlákien stabilizačného materiálu, zakomponovaných vo forme ostrovčekov alebo pridávanie ďalších rozptýlených prvkov, ako aj nanášanie vrstiev bariéry práškovou metalurgiou alebo voľné použitie práškov ako bariéra.

K závažným nevýhodám používania trubiek, resp. kompaktných rúrok ako difúzna bariéra patrí fakt, že priemer východzieho polotovaru je obmedzovaný priemerom jadra.

Uvedené nevýhody v značnej miere odstraňuje a výrobu podstatne zjednodušuje riešenie podľa vynálezu, ktorého podsta-

ta je, že obvodová stabilizačná vrstva a difúzna vrstva bariéry je vytvorená vo forme segmentov z dvoch rôznych materiálov, výhodne stabilizačnej medi a tantalového plechu alebo tantalovej fólie, či dvomi fóliami z rôzneho materiálu, ako medenej a tantalovej o hrúbke 0,2 až 0,5 mm zvnutých do zvitku a vsunutých medzi vrstvu multifilamentov a stredové jadro alebo medzi vonkajšie obvodové puzdro a zväzok multifilamentov ako aj kombináciou týchto usporiadaní navzájom.

Výroba supravodiča na báze Nb_3Sn , podľa vynálezu spočíva v tom, že obvodová stabilizačná vrstva sa vytvorí vo forme segmentov v počte 3 až 6 kusov, zhotovených pozdĺžnym delením zkrúženého medeneho plechu hrúbky 2,0 až 4,0 mm, ktoré sa zasunú medzi vonkajšie obvodové puzdro a vrstvu multifilamentových zväzkov a difúzna bariéra sa vytvorí tiež vo forme segmentov, zhotovených delením tantalového plechu hrúbky 1,0 až 3,0 mm do pásov, kde okraje pozdĺžnych bokov daných pásov sa ohnú cez bočné steny segmentov medenej stabilizačnej vrstvy, pre vytvorenie spoja tlakom.

Ďalšou variantou výroby supravodiča na báze Nb_3Sn podľa vynálezu je, že segmenty obvodovej stabilizačnej vrstvy z medeneho plechu hrúbky 2,0 až 4,0 mm, ako aj segmenty difúznej bariéry z tantalového plechu hrúbky 1,0 až 3,0 mm sa zhotovia vo forme výliskov, tak, že výlisky obvodovej stabilizačnej vrstvy sa tvarujú ako časti pozdĺžne delenej trubky alebo zkrúže a segmenty difúznej bariéry z tantalového plechu sa vytvoria zo širších pásov, rozmerovo 6,0 až 8,0 mm viac oproti šírke segmentov stabilizačnej vrstvy z medi, pričom boky segmentov bariérovej vrstvy sa po celej dĺžke ohnú a pri skladaní supravodiča ohnutými bokmi vsunú medzi delené segmenty, pre vytvorenie spoja tlakom.

Takto zhotovený polotovar o celkovom priemere 30 až 60 mm sa v prvej etape ďalšieho spracovania podrobí redukcii priemeru tvárnením za tepla až na priemer 14,0 až 16,0 mm a v konečnom spracovaní zredukuje až na priemer 0,3 až 1,0 mm, podrobením tvárneného supravodiča po každej fáze redukcie tepelnému spracovaniu žiňaním za účelom zvýšenia ťažnosti.

Výhody navrhovaného riešenia spočívajú v podstatnom zjednodušení celého zhotovenia supravodiča, nakoľko sa odstráni zhotovenie tantalovej rúrky požadovaných parametrov alebo dovoz týchto výrobkov zo zahraničia. Použitie fólií alebo listových plechov vo väčšine prípadov umožňuje lepšiu voľbu konštrukčných rozmerov a možnosť výhodného koeficientu zaplnenia prierezu vodiča. Pri vhodnej voľbe hrúbky jednotlivých vrstiev kompozitu je možno pri zachovaní všetkých požadovaných parametrov a podmienok dosiahnuť kvalitné výrobky lacnejšie a menej prácnou výrobou.

Príklad 1

Konštrukčným prevedením a spôsobom podľa vynálezu bol zhotovený supravodič s externou stabilizáciou, kde vychodzí polotovar pozostával z medeného puzdra $\varnothing 44,5$, s hrúbkou steny 2,0 mm a výšky 115,0 milimetrov. Hlavová vrstva zvarená elektro- novým lúčom o hrúbke 5,0 mm, dno hrúbky 10,0 mm so skosením pre nábeh v procese dopredného pretláčania. Do daného medeného puzdra bol vložený zväzok niobových tyčiek, spolu 72 zväzkov s celkovým počtom filamentov 1368, ktoré boli zabudované v bronzovej matrici, usporiadané centrálne v ose vodiča.

Okolo takto vytvoreného jadra zväzkov filamentov a medzi vonkajším puzdrom boli vsunuté segmenty v počte 6 kusov zo stabilizačnej medi, zhotovené delením trubky s hrúbkou steny 3,0 mm, ktoré boli potom pospájané so segmentami bariérovej vrstvy z tantalového plechu, zhotovenými delením, zkrúženého pásu hrúbky 1,5 mm, o šírke pruhov 28,0 mm a dĺžke 100,0 mm. Dané pruhy boli na oboch stranách po celej dĺžke poohýbané smerom nahor a pri skladaní boli tieto ohnuté hrany vsunuté medzi delené segmenty stabilizačnej vrstvy, pre vytvorenie tlakového spoja.

Príklad 2

Podobným spôsobom boli odskúšané supravodiče, kde segmenty bariérovej vrstvy boli zhotovené priamo vo forme výliskov

a segmenty stabilizačnej vrstvy taktiež vo forme výliskov tvaru pozdĺžne delených častí trubky. Rovnako sa odskúšalo prevedenie, kde segmenty bariérovej vrstvy boli zhotovené pozdĺžnym delením tantalovej fólie hrúbky 0,2 mm a ako viacvrstvové poohýbané a dotvarované vsunutím medzi delené segmenty stabilizačnej vrstvy, ktoré boli zhotovené delením zkrúženého medeného plechu, alebo ako výlisky z daného plechu hrúbky 3,0 mm.

Príklad 3

Podobným spôsobom bol zhotovený supravodič so stabilizáciou v ose a uložením zväzkov filamentov po obvode. Priemer vnútorného medeného valca bol 19,0 mm. Okolo tohoto valca bola nasunutá do zvitku zvinutá tantalová fólia hrúbky 0,2 mm a okolo tejto ešte medená fólia hrúbky 0,5 milimetrov, taktiež zvinutá do zvitku, deliac zväzky filamentov usporiadaných po vnútornom obvode vonkajšieho medeného puzdra. Takto zhotovené polotovary boli potom podrobené redukcií priemeru tvárnením za tepla, v prvej etape až na priemer 14,0 mm s nasledným rekryštalizačným žiňaním pri teplote 500 °C a v ďalších etapách viacnásobne, bežným spôsobom znovu podrobené redukcií s nasledným tepelným spracovaním. Konečný priemer hotového supravodiča bol 0,6 mm. Hustota prúdu vykazovala hodnoty 10^9 A na m^2 , pri $B = 5$ T.

PREDMET VYNÁLEZU

1. Supravodič na báze Nb_3Sn , stabilizovaný bezkyslíkatou metódou a opatrený difúznou bariérou, ktorý pozostáva z vonkajšieho medeného puzdra, z vrstvy do zväzkov usporiadaných niobových tyčiek alebo filamentov zapuzdrených v bronzovej matrici s obvodovým alebo stredovým usporiadaním týchto vzhľadom k ose vodiča ako aj s obvodovým alebo stredovým usporiadaním stabilizačnej vrstvy, vyznačujúci sa tým, že obvodová stabilizačná vrstva a difúzna bariéra je vytvorená vo forme segmentov z dvoch rôznych materiálov, výhodne zo stabilizačnej medi a tantalového plechu hrúbky 1,0 až 3,0 mm alebo z tantalovej fólie, či dvomi fóliami z rôzneho materiálu, ako medenej a tantalovej o hrúbke 0,2 až 0,5 mm, zvinutých do zvitku a vsunutých medzi vrstvu multifilamentov a stredové jadro alebo medzi vonkajšie obvodové puzdro a zväzok multifilamentov ako aj kombináciou týchto usporiadaní navzájom.

2. Spôsob výroby supravodiča na báze Nb_3Sn podľa bodu 1, vyznačujúci sa tým, že obvodová stabilizačná vrstva sa vytvorí vo forme segmentov v počte 3 až 6 ku-

sov, zhotovených pozdĺžnym delením medeného plechu alebo medenej trubky hrúbky 2,0 až 4,0 mm, ktoré sa zasunú medzi vonkajšie obvodové puzdro a vrstvu multifilamentových zväzkov a difúzna bariéra sa vytvorí tiež vo forme segmentov, zhotovených delením tantalového plechu hrúbky 1,0 až 3,0 mm do pásov, rozmerove 6,0 až 8,0 mm viac oproti šírke segmentov stabilizačnej vrstvy, kde okraje pozdĺžnych bokov daných pásov sa ohnú cez bočné strany segmentov medenej stabilizačnej vrstvy pre vytvorenie spoja tlakom.

3. Spôsob výroby supravodiča na báze Nb_3Sn podľa bodu 1, vyznačujúci sa tým, že segmenty obvodovej stabilizačnej vrstvy z medeného plechu hrúbky 2,0 až 4,0 milimetrov, ako aj segmenty difúznej bariéry z tantalového plechu hrúbky 1,0 až 3,0 milimetrov sa zhotovia vo forme výliskov tak, že výlisky obvodovej stabilizačnej vrstvy sa tvarujú ako časti pozdĺžne delenej trubky alebo zkrúže a segmenty difúznej bariéry sa zhotovia tiež ako výlisky z tantalového plechu zo širších pásov s ohnutými okrajmi po celej dĺžke, ktoré sa pri sklada-

ní supravodiča týmito ohnutými bokmi vsunú medzi delené segmenty stabilizačnej vrstvy z medi, pre vytvorenie spoja tlakom.

4. Spôsob výroby supravodiča na báze Nb_3Sn podľa bodu 2 a bodu 3, vyznačujúci sa tým, že takto zhotovený polotovár o celkovom priemere 30,0 až 60,0 mm sa v prvej

etape ďalšieho spracovania podrobí redukcii priemeru tvárnením za tepla až na priemer 14,0 až 16,0 mm a v konečnom spracovaní zredukuje viacnásobným pretvorením supravodiča, po každej fáze redukcie podrobením tepelnému spracovaniu, až na priemer 0,3 až 1,0 mm.