



УКРАЇНА

(19) UA (11) 42487 (13) A

(51) 7 H01B12/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ НІОБІЙ-ТИТАНОВОГО НАДПРОВІДНИКА

(21) 2001031671

(22) 12 03 2001

(24) 15 10 2001

(33) UA

(46) 15 10 2001, Бюл. № 9, 2001 р

(72) Чорний Олег Володимирович, Стародубов
Яків Дмитрович, Волчок Олег Йосипович, Сторо-
жилов Геннадій Євгенович(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР "ХАР-
КІВСЬКИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", UA(57) 1 Спосіб виготовлення ніобій-титанового над-
провідника, який включає плакування зливка ніо-
бій-титанового сплаву міддю та утворення прутка,
наступне волочіння заготовки, що складається,

принаймні, з одного прутка, з проміжними термо-
обробками, а також проведення заключної дефор-
мації волочінням до кінцевого діаметра, який від-
різняється тим, що перед плакуванням зливок ні-
обій-титанового сплаву піддають принаймні, одно-
му циклу осадки та пресування при температурі
(0,25-0,35)Тпл, де Тпл - температура плавлення ні-
обій-титанового сплаву, а проміжну термообробку
здійснюють із сумарною тривалістю 400-4000 го-
дин та кількістю термообробок не менше 3
2 Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що во-
лочіння заготовки перед заключною деформацією
проводять при криогенних температурах

Винахід має відношення до електротехніки,
зокрема до надпровідників на основі ніобій-
титанового сплаву, та може бути використаний при
виготовленні криоманітних систем різного призна-
чення, а також у лініях передач енергії на великі
відстані

Відомий спосіб виготовлення ніобій-титаново-
го надпровідника, який включає плакування зливка
ніобій-титанового сплаву міддю та утворення прут-
ка, наступне волочіння заготовки, яка складається,
принаймні, з одного прутка, з проміжними термо-
обробками (заявка Великобританії № 1164816,
B21F21/00, B21C1/00, 1969) [1] При цьому перед
плакуванням зливок сплаву піддають куванню при
700°C та наступному загартуванню при 20°C По-
тім заготовку піддають багаторазовому (до 18 про-
ходів) волочінню при кімнатній температурі Воло-
чіння заготовки веде до формування дефектної
структури, яка забезпечує під час наступної термо-
обробки випадіння фази α -Ti та, відповідно,
зростання густоти критичного струму (J_c) Після та-
кої обробки було досягнуто невисокого рівня гу-
стоти критичного струму Так, J_c у полі 4,5 Тл скла-
дала $1,61 \cdot 10^5$ А/см²

Відомий спосіб виготовлення ніобій-титаново-
го надпровідника, який включає плакування зливка
ніобій-титанового сплаву міддю та утворення прут-
ка, наступне волочіння заготовки, яка складається,
принаймні, з одного прутка, з проміжними термо-
обробками, а також проведення заключної дефор-
мації волочінням до кінцевого діаметра (Металло-
ведение и технология сверхпроводящих материа-

лов / Под ред. С. Фонера, Б. Шварца, Пер. с англ. -
М. Металлургия, 1987 - С. 147, 264-265) [2] При
цьому волочіння після плакування здійснюють при
кімнатній температурі

Заклучна деформація волочінням до кінцево-
го діаметра створює оптимальну для підвищення
струмонесучої здатності ніобій-титанового сплаву
структуру, яка містить подовжені виділення фази
 α -Ti При цьому після термообробки, у міру збіль-
шення степеня кінцевого обтіснення дроту від 80
до 93%, густість критичного струму підвищується
до $2,9 \cdot 10^5$ А/см² у полі 5 Тл

Однак спосіб виготовлення надпровідника,
який описаний у [2], не дозволяє у повній мірі сфо-
рмувати оптимальну дефектно-фазову структу-
ру, яка визначає можливості підвищення J_c

В основу винаходу поставлена задача у спо-
собі виготовлення ніобій-титанового надпровідни-
ка, шляхом уведення нових технологічних опера-
цій та режимів проведення обробки, підвищити гу-
стість критичного струму надпровідника

Поставлена задача вирішується у способі ви-
готовлення ніобій-титанового надпровідника, який
включає плакування зливка ніобій-титанового
сплаву міддю та утворення прутка, наступне воло-
чіння заготовки, яка складається, принаймні, з од-
ного прутка, з проміжними термообробками, а та-
кож проведення заключної деформації волочінням
до кінцевого діаметра Згідно з винаходом, перед
плакуванням зливок ніобій-титанового сплаву під-
дають, принаймні, одному циклу осадки та пресу-
вання при температурі (0,25-0,35)Тпл, де Тпл - те-

мпература плавлення ніобій-титанового сплаву, а проміжну термообробку здійснюють із сумарною тривалістю 400-4000 годин та кількістю термообробок не менше 3. Більш високі значення j_0 можливо досягти у випадку, якщо волочіння заготовки після заключної деформації проводити при криогенних температурах.

Здійснення, принаймні, одного циклу осадки та пресування при температурі (0,25-0,35)Тпл, веде до підвищення структурної однородності матеріала та формування субзернистої структури з оптимальної, з точки зору наступного зароджування та росту виділень фази α -Ті, дезорієнтування субзерен та, як наслідок, до підвищення густоти критичного струму. Наступне волочіння заготовки з проміжними термообробками із сумарною тривалістю 400-4000 годин та кількістю термообробок не менше 3 веде до формування гетерофазної структури з високим вмістом виділень фази α -Ті та, відповідно, до зростання густоти критичного струму. Заклучна деформація волочінням до кінцевого діаметра створює оптимальну для підвищення струмонесучої здатності ніобій-титанового сплаву структуру, яка містить стрічкові виділення фази α -Ті. Проведення після плакування волочіння заготовки при криогенних температурах, у порівнянні із волочінням при кімнатній температурі, сприяє підвищенню густоти дефектів кристалічної будови і забезпечує під час наступної термообробки збільшення числової густоти та об'ємної кількості виділень фази α -Ті та, відповідно, зростання густоти критичного струму.

Якщо осадку та пресування проводити при температурі менше 0,25 Тпл, то замість субзернистої відбувається утворення слабдезорієнтованої комірчастої структури, що веде до зменшення j_0 . Осадку та пресування при температурі більше 0,35 Тпл веде до створення сильнорезорієнтованої зернистої структури з малою числовою густотою виділень фази α -Ті та їх максимальним об'ємним вмістом, що також сприяє зменшенню j_0 .

Якщо сумарна тривалість проміжних термообробок заготовки менше 400 годин, а кількість їх менше 3, то виділень фази α -Ті утворюється мало, що сприяє зменшенню j_0 . Збільшення тривалості проміжних термообробок заготовки більше 4000 годин сприяє зростанню великих за розміром виділень фази α -Ті з низькою кількістю густоти, що веде до зменшення j_0 .

Пропонований спосіб виготовлення надпровідника здійснюється так.

Приклад 1. Зливку сплаву ніобій-титан - НТ-50 (Тпл=1875°C) із вмістом титана 50 ваг % піддавали одноразовому циклу осадки та пресування при температурі 550°C (0,29Тпл). Після такої обробки зливку діаметром 90 мм розміщали у мідному стакані. Для запобігання хімічної взаємодії між міддю та сплавом зливку покривали прошарком з ніобію товщиною 1,5 мм. Потім такий зливку пресували, внаслідок чого формувалася прутка діаметром 22 мм. Отриману таким чином заготовку у вигляді прутки піддавали волочінню при кімнатній температурі з 4 проміжними термообробками при 390°C. Сумарна тривалість проміжних термообробок при цьому складала 2000 годин. Далі заготовку піддавали заключній деформації волочінням до кінцевого діаметра, що дорівнював 0,2 мм. Густість критичного струму отриманого одноволоконного надпровідника складала $3,7 \cdot 10^5 \text{ A/cm}^2$ у полі 5 Тл.

Приклад 2. Заготовку, яку отримували також, як і у прикладі 1, волочили при 77 К (-196°C) з 5 проміжними термообробками при 390°C. Сумарна тривалість проміжних термообробок складала 400 годин. Після цього заготовку волочили до кінцевого діаметра - 0,2 мм. Густість критичного струму отриманого одноволоконного надпровідника складала $3,8 \cdot 10^5 \text{ A/cm}^2$ у полі 5 Тл.

У таблиці наведені значення густоти критичного струму ніобій-титанових надпровідників, які були виготовлені за різними режимами обробки.

Таким чином пропонований спосіб дозволяє підвищити густість критичного струму ніобій-титанового надпровідника у порівнянні із способом, що обраний як прототип.

Таблиця

№ п/р	Кількість цикл осадки і пресування	Температура циклу, °C	Кільк проміж термооброб	Сумарна тривал проміж термооброб, год	Температура волочіння, °C	Густість критичн струму (у полі 5 Тл) $\times 10^5 \text{ A/cm}^2$	Примітка
1	-	-	4	80	293	2,9	прототип
2	1	550 0,29Тпл	4	2000	293	3,7	
3	3	550 0,29Тпл	4	400	293	3,3	
4	3	450 0,24Тпл	4	400	293	2,8	
5	2	600 0,32Тпл	4	400	293	3,2	
8	2	650 0,35Тпл	4	400	293	3,3	
7	2	675 0,36Тпл	4	400	293	2,5	

Продовження таблиці

№ п/р	Кількість цикл осадки і пресування	Температура циклу, °С	Кільк про- між термо- оброб	Сумарна тривал про- між термо- оброб, год	Температура волокіння, °С	Густість кри- тичн струму (у полі 5 Тл) $\times 10^5$ А/см ²	При- мітка
8	2	600 0,32Тпл	3	400	293	3,0	
9	2	600 0,32Тпл	2	400	293	2,3	
10	2	600 0,32Тпл	5	300	293	2,6	
11	1	600 0,32Тпл	4	2000	293	3,8	
12	2	600 0,32Тпл	4	4000	293	3,5	
13	1	600 0,32Тпл	4	8000	293	2,8	
14	1	550 0,29Тпл	5	400	77	3,8	

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв, Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-81-97

Підписано до друку _____ 2002 р, Формат 60х84 1/8,
Обсяг _____ обл.-вид, арк, Тираж 50 прим, Зам, _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул, Горького, 180,
(044) 268-25-22
