

РЭСПУБЛІКА БЕЛАРУСЬ



ПАТЭНТ

НА ВЫНАХОДСТВА

№ 14978

Способ получения композиционного криопроводника

выдадзены

Нацыянальным цэнтрам інтэлектуальнай уласнасці
ў адпаведнасці з Законам Рэспублікі Беларусь
«Аб патэнтах на вынаходствы, карысныя мадэлі, прамысловыя ўзоры»

Патэнтаўладальнік (патэнтаўладальнікі):

Государственное научно-производственное объединение "Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению" (ВУ)

Аўтар (аўтары):

Демьянов Сергей Евгеньевич; Петров Александр Владимирович
(ВУ)

Заяўка № а 20091706

Дата падачы: 2009.12.02

Зарэгістравана ў Дзяржаўным рэестры
вынаходстваў:

2011.06.23

Дата пачатку дзеяння:

2009.12.02

Генеральны дырэктар

Л.І. Варанецкі

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 14978

(13) С1

(46) 2011.10.30

(51) МПК

H 01B 1/02 (2006.01)

(54)

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО КРИОПРОВОДНИКА

(21) Номер заявки: а 20091706

(22) 2009.12.02

(43) 2011.08.30

(71) Заявитель: Государственное научно-производственное объединение "Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению" (ВУ)

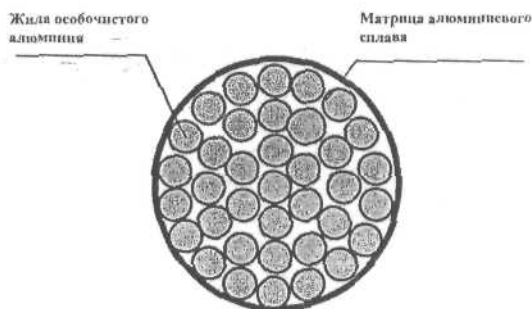
(72) Авторы: Демьянов Сергей Евгеньевич; Петров Александр Владимирович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Государственное научно-производственное объединение "Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению" (ВУ)

(56) US 4711825 A, 1987.
RU 2063080 C1, 1996.
SU 1772827 A1, 1992.
GB 1469916 A, 1977.
JP 7150278 A, 1995.
FR 2822288 A1, 2002.
CN 201215868 Y, 2009.

(57)

Способ получения композиционного криопроводника, при котором создают упрочняющую матрицу, выполненную в виде трубок из сплава Al-Mg-Mn, содержащего 94 мас. % алюминия, в каждую из которых помещают жилы из особоочищенного алюминия чистотой 99,9995 %; указанные трубки помещают в трубку из сплава Al-Mg-Mn, формируя в ней плотную сотовую структуру, и выполняют высокотемпературное прессование при температуре от 180 до 200 °С с последующей прокаткой при комнатной температуре.



Фиг. 1

Изобретение относится к низкотемпературному материаловедению и криогенной технике и может быть использовано в обмотках сильноточных электромагнитов, генераторов, электродвигателей, трансформаторов, индуктивных накопителей энергии для физики низких температур, в установках для термоядерных исследований с магнитным удержанием

горячей плазмы, в бортовых системах энергообеспечения космических аппаратов с криогенным охлаждением.

Известен способ получения композиционного одножильного криопроводника на основе особолистого алюминия, заключенного в оболочку из высокопрочного сплава на основе алюминия [1]. Данный способ заключается в том, что формирование композиционного материала проводилось с использованием метода порошковой металлургии. На первом этапе создавалась матрица из атомизированных порошков высокопрочного сплава состава Al-Fe-Ce, которая подвергалась холодному отверждению и горячей прессовке в вакууме до достижения максимальной плотности. После горячей прессовки в полученной заготовке прецизионно высверливалось отверстие в соответствии с конфигурацией криопроводящей жилы из особолистого алюминия. После помещения этой жилы в матрицу алюминиевого сплава проводилось прессование композиционного криопроводника при температуре 480-510 °С, что приводило к диффузии компонентов матрицы алюминиевого сплава, имеющего низкую диффузионную способность, в жилу особолистого алюминия. При измерении его электропроводящих характеристик установлено, что отношение электросопротивлений при комнатной и гелиевой температурах $R_{293K}/R_{4,2K}$ составляет приемлемую для эксплуатации криопроводника величину 800-900, а относительное магнитосопротивление R_H/R_0 при этом является растущей функцией магнитного поля и при его индукции более 8 Тл достигает значений порядка 30-35.

Недостаток указанного способа обусловлен тем, что при сохранении достаточно высокой электропроводности материала при низких температурах его магнитосопротивление в 10 раз превышает магнитосопротивление особолистого алюминия, что связано с большим контактным электросопротивлением на границе матрица (алюминиевый сплав) - проводящая жила (особолистый алюминий), обусловленным искажением поля Холла и добавлением его вклада в результирующую токнесущую способность материала.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому изобретению является способ получения криопроводника, заключающийся в создании многожильного композиционного криопроводника (19 жил особолистого алюминия в матрице сплава Al-Fe-Ce) [2]. Многожильный криопроводник изготовлен по методу порошковой металлургии, а именно создавалась матрица из атомизированных порошков высокопрочного сплава состава Al-Fe-Ce, которая подвергалась холодному отверждению и горячей прессовке в вакууме до достижения максимальной плотности. После горячей прессовки в полученной заготовке прецизионно высверливались 19 отверстий в соответствии с конфигурациями криопроводящих жил из особолистого алюминия. После помещения этих жил в матрицу алюминиевого сплава проводилось прессование композиционного криопроводника при температуре 480-510 °С, что приводило к диффузии компонентов матрицы алюминиевого сплава, имеющего низкую диффузионную способность, в жилы особолистого алюминия. При измерении электропроводящих свойств были получены следующие характеристики: отношение электросопротивлений при комнатной и гелиевой температурах $R_{293K}/R_{4,2K} = 390-410$, а относительное магнитосопротивление R_H/R_0 достигает значений 5,0-5,5 при 6 Тл, являясь растущей функцией магнитного поля. Уменьшение величины $R_{293K}/R_{4,2K}$ связано с увеличением объемной доли примесей матрицы в высокопроводящих жилах криопроводника при совместной термообработке. При этом величина магнитосопротивления, оставаясь растущей функцией магнитного поля, приемлема для эксплуатации композиционного криопроводника в реально достижимых магнитных полях.

Недостатком данного способа являются высокие электро- и магнитосопротивление композиционного криопроводника, что существенно снижает эффективность его применения при низких температурах из-за тепловых энергопотерь. Это связано с тем, что увеличение числа проводящих жил приводит к повышению площади поверхности контакта с матрицей и соответственно, диффузии примесей в объем проводника в процессе термообработки.

BY 14978 C1 2011.10.30

Задачей заявляемого решения является разработка способа получения многожильного композиционного криопроводника с низкими электро- и магнитосопротивлением.

Поставленная задача решается тем, что в способе получения композиционного криопроводника создают упрочняющую матрицу, выполненную в виде трубок из сплава Al-Mg-Mn, содержащего 94 мас. % алюминия, в каждую из которых помещают жилы из особочистого алюминия чистотой 99,9995 %; указанные трубки помещают в трубку из сплава Al-Mg-Mn, формируя в ней плотную сотовую структуру, и выполняют высокотемпературное прессование при температуре от 180 до 200 °С, с последующей прокаткой при комнатной температуре.

Сущность изобретения заключается в использовании в качестве упрочняющей матрицы набора трубок из поликристаллического сплава Al-Mg-Mn, в каждую из которых вставлялись жилы особочистого Al, в исключении высокотемпературной обработки композита при последующем прессовании и в увеличении его токонесущей способности за счет уменьшения тепловых потерь.

На фиг. 1 приведено схематическое изображение конструкции заготовки 37-жильного композиционного криопроводника.

На фиг. 2 приведена фотография поперечного сечения 37-жильной композиционной шины, полученной прокаткой.

На фиг. 3 приведена полевая зависимость относительного поперечного магнитосопротивления 37-жильной композиционной шины.

Данное изобретение, а именно получение композиционного криопроводника, реализуется следующим образом. В качестве матрицы использовались 37 трубок из сплава Al-Mg-Mn, содержащего 94 мас. % Al, имеющего высокий предел текучести 360 МПа при 4,2 К, а также теплопроводность и коэффициент линейного расширения, близкие к чистому Al. В эти трубки диаметром 5 мм плотно вставлялись жилы особочистого алюминия чистотой 99,9995 % с отношением сопротивлений $R_{293K}/R_{4,2K} = 11000$. Далее все заготовки помещались в трубку из аналогичного сплава Al диаметром 35 мм таким образом, что в ней формировалась плотная сотовая структура расположения жил (фиг. 1).

Сконструированная таким образом комбинированная заготовка подвергалась радиальному прессованию при температуре 180-200 °С в провод круглого сечения с 50-кратным уменьшением поперечного сечения по отношению к исходному. Далее, композиционному криопроводнику придавалась форма плоской шины прямоугольного сечения путем прокатки через валки при комнатной температуре. Представленная на фиг. 2 фотография поперечного сечения композита после прокатки свидетельствует, что несмотря на сильную деформацию, материал сохранил схему расположения токопроводящих жил, окруженных упрочняющей матрицей.

Известно, что особочистый алюминий после пластической деформации восстанавливает до 80 % своих низкотемпературных электропроводящих свойств после 2-3 часового отжига деформационных дефектов уже при комнатной температуре (293 К). Измерения показали, что после такого отжига шина многожильного композиционного криопроводника имеет отношение сопротивлений $R_{293K}/R_{4,2K} = 2650-2750$, что значительно выше, чем у композиционных криопроводников, полученных методом порошковой металлургии с применением высокотемпературной обработки. Для сравнения, подобная высокотемпературная обработка шины привела к уменьшению ее проводимости в 2,5 раза из-за диффузии примесей Mg и Mn и загрязнения материала проводящих жил Al.

Известно, что относительное поперечное магнитосопротивление особочистого алюминия при температуре жидкого гелия $T = 4,2$ К в сильных магнитных полях насыщается, достигая значения $R_H/R_0 = 2,8-3,0$. Этот параметр является одним из основных для алюминия преимуществ, как криопроводника, для его применения в качестве материала токопроводящей обмотки в высокоточных криогенных электромагнитных системах. Данные измерений магнитосопротивления многожильной шины в поперечных магнитных полях

BY 14978 C1 2011.10.30

до 8 Тл представлены на фиг. 3. Видно, что в полях до 4 Тл магнитосопротивление возрастает до значений R_H/R_0 порядка 3, стремясь к насыщению, как и в особочистом алюминии. Однако дальнейшее увеличение индукции поля приводит к слабому линейному росту R_H/R_0 , достигающему при 6 Тл значения 4,0, что немного меньше, чем в работе [2]. Причиной такого поведения магнитосопротивления является различие холловских напряжений на границах матрицы и проводящей жилы, приводящее к искажению результирующего электрического поля в многожильных композитах. Меньшее значение R_H/R_0 в криопроводящей шине по сравнению с данными работы [2] связано с меньшим различием в проводимости материалов матрицы и проводника.

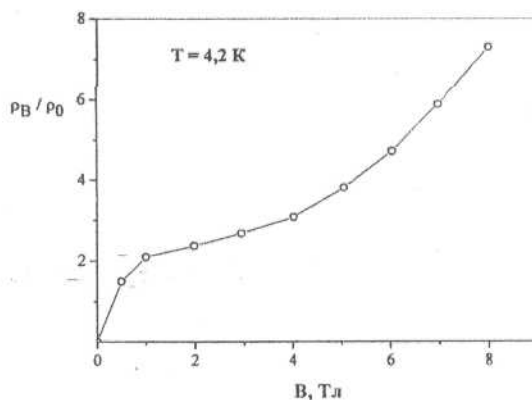
Преимуществом заявляемого изобретения по сравнению с известным является: исключение из процесса изготовления композиционного криопроводника метода порошковой металлургии и высокотемпературной обработки, уменьшение диффузии примесей сплава матрицы в проводящие жилы, уменьшение значения электросопротивления и уменьшение магнитосопротивления в сильных магнитных полях.

Источники информации:

1. Eckels P.W., Lyer N.C., Patterson A., Male A.T., Parker J.H., Coltman J.W. // Cryogenics . - 1989. - Vol. 29. - P. 748-752.
2. Патент США 4,711,825, 1987.



Фиг. 2



Фиг. 3