



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
C22C 9/00 (2006.01); H01B 1/02 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017146225, 27.12.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
27.12.2017

Дата регистрации:  
22.01.2019

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 27.12.2017

(45) Опубликовано: 22.01.2019 Бюл. № 3

Адрес для переписки:  
308015, Белгородская обл., г. Белгород, ул.  
Победы, 85, НИУ "БелГУ, Цуриковой Н.Д.

(72) Автор(ы):  
Морозова Анна Игоревна (RU),  
Тагиров Дамир Вагизович (RU),  
Кайбышев Рустам Оскарович (RU)

(73) Патентообладатель(и):  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Белгородский государственный  
национальный исследовательский  
университет" (НИУ "БелГУ") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: SU 522247 A1, 25.07.1976. JP  
83053057 B, 26.11.1983. CN 103276237 A,  
04.09.2013. US 6241831 B1, 05.06.2001. EP  
1873266 A1, 02.01.2008.

(54) Высокопрочный медный сплав

(57) Реферат:  
Изобретение относится к области  
металлургии, в частности к медным сплавам,  
используемым в качестве материала контактной  
сети высокоскоростного железнодорожного  
транспорта. Медный сплав содержит, мас. %:

магний 0,15-0,35, мишметалл МЦ50Ж3 0,05-0,1,  
медь - остальное. Техническим результатом  
является повышение прочности с сохранением  
высокой электропроводности, термостойкости и  
технологичности. 1 пр., 2 табл.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*C22C 9/00* (2006.01); *H01B 1/02* (2006.01)

(21)(22) Application: **2017146225, 27.12.2017**

(24) Effective date for property rights:  
**27.12.2017**

Registration date:  
**22.01.2019**

Priority:

(22) Date of filing: **27.12.2017**

(45) Date of publication: **22.01.2019** Bull. № 3

Mail address:

**308015, Belgorodskaya obl., g. Belgorod, ul. Pobedy, 85, NIU "BelGU, Tsurikovoj N.D.**

(72) Inventor(s):

**Morozova Anna Igorevna (RU),  
Tagirov Damir Vagizovich (RU),  
Kajbyshev Rustam Oskarovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Belgorodskij gosudarstvennyj  
natsionalnyj issledovatel'skij universitet" (NIU  
"BelGU") (RU)**

(54) **HIGHLY STRONG COPPER ALLOY**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention relates to the field of metallurgy, in particular to copper alloys used as a material for a contact network of high-speed rail transport. Copper alloy contains, wt%: magnesium 0.15–0.35, mischmetall MTs50Zh3 0.05–0.1, copper –

the rest.

EFFECT: increase in the strength while maintaining high electrical conductivity, heat resistance and processability.

1 cl, 1 ex, 2 tbl

**RU 2 677 902 C1**

**RU 2 677 902 C1**

Изобретение относится к области металлургии, в частности к медным сплавам, используемым в качестве материала контактной сети высокоскоростного железнодорожного транспорта.

Низколегированные медные сплавы, благодаря высокой прочности и выдающейся электропроводности находят свое применение в качестве линий контактной сети железнодорожного транспорта. Повышение скорости перемещения железнодорожных транспортных средств требует увеличения прочности контактных проводов, из-за возрастающих прижимных нагрузок пантографа на контактную сеть во время движения. К материалу для контактной сети также предъявляются требования по термической стойкости структуры в связи с частыми перегревами провода при эксплуатации до 300°C. Кроме того, важным параметром производства контактного провода является высокая технологичность материала провода и возможность производства из него неразрывных изделий длиной более 1500 м. Известно, что повышение прочности практически во всех случаях негативно сказывается на электропроводящих и пластических характеристиках материала. Оптимизация химического состава и микроструктурного дизайна низколегированных сплавов позволит повысить прочностные свойства материалов для контактных проводов при сохранении электропроводности и термической стойкости на высоком уровне и решить проблему технологичности производства проводов для контактной сети высокоскоростного железнодорожного транспорта.

Известен сплав на основе меди, содержащий 0,1-0,3 мас.% фосфида никеля или фосфида кобальта стехиометрического состава, предназначенный для получения проводов контактной сети для высокоскоростного железнодорожного транспорта (Патент № 25409944 C1 от 26.09.2013). Данный сплав после обработки показывает высокие прочностные свойства: временное сопротивление разрыву более 500-540 МПа, электропроводность – 80-85% IACS и хорошую термостойкость вплоть до 400-500°C.

Недостатком данного сплава является недостаточная прочность предлагаемого материала для скоростного движения свыше 300 км/ч.

ГОСТ 2584-86 «Провода контактные из меди и ее сплавов» в качестве материала для контактной сети предлагает магниевые, циркониевые и кадмиевые бронзы. Однако эти сплавы обладают рядом недостатков. Предложенные в ГОСТе 2584-86 магниевые бронзы характеризуются низкой электропроводностью и недостаточной прочностью. Производство циркониевой бронзы нетехнологично и сталкивается с проблемой зашлаковывания зеркала расплава оксидами циркония и получения дефектной структуры отливок. Основным недостатком кадмиевых бронз является высокая токсичность кадмия и необходимость использовать в производстве дополнительных систем вентиляции и средств индивидуальной защиты персонала, а также особых условий утилизации отходов.

Известен «Способ получения контактных проводов из сплавов на основе меди» (RU 2162764 публ. 04.02.1999), который содержит магния 0,04 - 0,34% или олова вместе с одним или несколькими элементами, имеющими большее сродство к кислороду, чем у олова, в суммарном количестве не более 0,12%. После деформационно-термической обработки данный сплав имел электропроводность 96% IACS и прочность 380 МПа. Недостатком данного сплава является пониженная прочность. Кроме того, существенным минусом данного изобретения является неполная информация об элементах легирования, имеющих большее сродство к кислороду, чем олово. Известно, что введение циркония или хрома, которые обладают большим сродством к кислороду, приводит к получению некачественных отливок и ограничивает применение данных

сплавов в качестве материалов для контактной сети.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению является медный сплав, предложенный в патенте «Медный сплав» (US 6241831, публ.05.06.2001). Изобретение относится к сплавам системы Cu – Mg – P и может быть применено в качестве материала для производства контактного провода. В первом варианте осуществления настоящее изобретение представляет собой сплав системы Cu-Mg, содержащий 0,01 - 0,25 мас.% магния, 0,01 - 0,2 мас.% фосфора, 0,001 - 0,1 мас.% серебра, 0,01 - 0,25 мас.% железа, остальное - медь и неизбежные примеси, предпочтительно отношение Mg / P - более 1,0. Второй вариант осуществления настоящего изобретения представляет собой сплав системы Cu-Mg, содержащий 0,01 - 0,25 мас.% магний, 0,01 - 0,2 мас.% фосфор, 0,001 - 0,1 мас.% серебро, 0,05 - 0,2 мас.% никель, остальное - медь и неизбежные примеси, в том числе и кобальт. Сплав обладает повышенной прочностью (540-550 МПа), высокой электропроводностью (90 % IACS), термической стойкостью и технологичностью.

Существенным минусом данного сплава является сложное легирование и наличие в составе дорого легирующего элемента серебра, которое значительно удорожает технологический процесс и себестоимость контактного провода. Кроме того достигнутая прочность является недостаточной для надежного движения высокоскоростных поездов со скоростью более 300 км/ч.

Задачей предлагаемого изобретения является разработка сплава, обладающего повышенной прочностью, высокой электропроводностью, термической стойкостью и технологичностью.

Для решения поставленной задачи предлагается сплав на основе меди, содержащий медь, магний и мишметалл МЦ50Ж3, в состав которого входят Ce, La, Nd и Fe, со следующим соотношением компонентов, мас. %: 0,15-0,35 Mg, 0,05-0,1 мишметалл МЦ50Ж3, медь – остальное.

Предложенный сплав отличается от прототипа тем, что содержит следующие компоненты в мас. %:

Магний 0,15-0,35

Мишметалл МЦ50Ж3 0,05-0,1

Медь остальное.

Техническим результатом изобретения является полученный химический состав, обеспечивающий оптимальное соотношение прочности, электропроводности, термостойкости и технологичности медного сплава, и позволяющий применять его в качестве материала контактной сети высокоскоростного железнодорожного транспорта.

В составе сплава компоненты проявляют себя следующим образом.

Благодаря предложенному сочетанию легирующих элементов в медном сплаве удается получить уникальный микроструктурный дизайн. Оптимальное содержание магния в пределах 0,15-0,35% необходимо для твердорастворного легирования. Легирование магнием обеспечивает твердорастворное упрочнение, а также облегчает накопление дислокаций в материале, повышает эффективность деформационного упрочнения при большой пластической деформации. Легирование сплава магнием менее 0,15 % приводит к сильному снижению прочностных свойств, а его добавка свыше заявленных пределов влечет сильное падение электропроводности материала.

Добавка мишметалла не только не снижает электропроводность медных сплавов, но за счет связывания атомарного кислорода, находящегося в твердом растворе после отливки, в частицы дисперсные частицы, обеспечивает ее сохранение или незначительное улучшение. Дисперсные оксиды элементов мишметалла не растворимы в процессе деформации и способствуют стабилизации сформированной в процессе деформационного

воздействия структуры, препятствуя росту зерна и способствуя повышению термостойкости сплава. Кроме того, микролегирование мишметаллом способствует дополнительному дисперсионному упрочнению. Добавка мишметалла свыше 0,1% приводит к формированию в структуре литого сплава грубых хрупких частиц, которые уменьшают технологическую пластичность материала и способствуют растрескиванию заготовки в процессе деформационной обработки.

Добавка магния и мишметалла в заявленных пределах позволяет повысить прочностные характеристики и термическую стойкость, сохранив технологичность и электропроводность медного сплава для контактной сети высокоскоростного железнодорожного транспорта на высоком уровне. Повышение прочности провода обеспечит возможность увеличения скорости движения железнодорожных транспортных средств более 350 км/ч.

#### Пример осуществления

Было отлито два сплава с химическим составом, представленным в таблице 1. Сплавы подвергались гомогенизации при температуре 800 °С в течение 1 ч с последующим охлаждением в воду. После данной термической обработки сплавы подвергались горячей ковке и деформационному воздействию при комнатной температуре с суммарной степенью деформации  $\epsilon=4$ .

Таблица 1. Химический состав разработанных сплавов

№ сплава	Mg, масс. %	Мишметалл МЦ50Ж3, масс. %	Cu, масс. %
1	0,17	0,07	остальное
2	0,34	0,09	остальное

В таблице 2 приведены эксплуатационные характеристики высокопрочного медно-магниевого сплава после термомеханической обработки. Испытания на одноосное растяжение были проведены при комнатной температуре согласно ГОСТ 1497-84 на испытательной машине «Instron 5882» с целью определения предела прочности ( $\sigma_B$ ) и относительного удлинения ( $\delta$ ). Электропроводность была определена вихретоковым методом в соответствии с ГОСТ 27333-87. Термическая стойкость была оценена по размягчению после часового отжига при температуре 300 °С. Технологичность была оценена по наличию трещин и литейных дефектов с помощью визуального наблюдения и дефектоскопии с использованием вихретокового дефектоскопа ВД-70 (НПК ЛУЧ), соответственно.

Таблица 2

№ сплава	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	Электропроводность, % IACS	Термостойкость	Технологичность
1	570	5	80	хорошая	хорошая
2	600	4	78	хорошая	хорошая

Как видно из таблицы 2, комплекс эксплуатационных свойств сплавов позволяют применять данные материалы для изготовления профилей контактного провода высокоскоростного железнодорожного транспорта. Легирование магнием в сочетании с мишметаллом позволяет получить сплавы с высокой прочностью, электропроводностью, хорошей термостойкостью и технологичностью.

(57) Формула изобретения

Высокопрочный медный сплав, содержащий медь и магний, отличающийся тем, что он дополнительно содержит мишметалл МЦ50Ж3 при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Магний 0,15-0,35

5 Мишметалл МЦ50Ж3 0,05-0,1

Медь остальное.

10

15

20

25

30

35

40

45