



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
C22C 9/02 (2019.08); C22C 9/04 (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2018141509, 26.11.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.11.2018

Дата регистрации:
23.12.2019

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 26.11.2018

(45) Опубликовано: 23.12.2019 Бюл. № 36

Адрес для переписки:
308036, Белгородская обл., г. Белгород, ул.
Победы, 85, ОИС, Цуриковой Н.Д.

(72) Автор(ы):
Морозова Анна Игоревна (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: JP 2010-126783 A, 10.06.2010. JP 2015-
101773 A, 04.06.2015. JP 2014-080677 A,
08.05.2014. JP 2013-108122 A, 06.06.2013. JP
2014080681 A, 08.05.2014. US 2016/0056698 A1,
25.02.2016. RU 2482204 C2, 20.05.2013.

(54) Низколегированный медный сплав

(57) Реферат:
Изобретение относится к области
металлургии, в частности к медным сплавам,
используемым в качестве материала контактной
сети высокоскоростного железнодорожного
транспорта. Низколегированный медный сплав
содержит олово, цинк, медь и примеси, в том
числе свинец, железо и алюминий, при следующем
соотношении, мас. %: Sn 0,25-0,4, Zn 0,5-1,0, Pb

менее 0,003, Fe менее 0,003, Al менее 0,1, медь -
остальное, при этом структура сплава содержит
мелкодисперсные выделения интерметаллидов
Cu₃Sn размером 5-10 нм. Сплав имеет комплекс
высоких эксплуатационных характеристик, а
именно высокую прочность, высокую
электропроводность, термостойкость и
технологичность. 1 ил., 2 табл., 1 пр.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
C22C 9/02 (2019.08); C22C 9/04 (2019.08)

(21)(22) Application: **2018141509, 26.11.2018**

(24) Effective date for property rights:
26.11.2018

Registration date:
23.12.2019

Priority:

(22) Date of filing: **26.11.2018**

(45) Date of publication: **23.12.2019 Bull. № 36**

Mail address:

**308036, Belgorodskaya obl., g. Belgorod, ul.
Pobedy, 85, OIS, Tsurikovoj N.D.**

(72) Inventor(s):

**Morozova Anna Igorevna (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) LOW-ALLOYED COPPER ALLOY

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention relates to metallurgy, particularly, to copper alloys used as material of contact network of high-speed railway transport. Low-alloyed copper alloy contains tin, zinc, copper and impurities, including lead, iron and aluminum, at the following ratio, wt%: Sn 0.25–0.4, Zn 0.5–1.0, Pb less than 0.003,

Fe less than 0.003, Al less than 0.1, copper – balance, wherein alloy structure contains fine precipitation of Cu₃Sn intermetallics with size of 5–10 nm.

EFFECT: alloy has a complex of high operational characteristics, namely high strength, high electrical conductivity, heat resistance and manufacturability.

1 cl, 1 dwg, 2 tbl, 1 ex

Изобретение относится к области металлургии, в частности к медным сплавам, используемым в качестве материалов 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 увеличения силы натяжения провода. 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 контактный провод из медно-хром-титанового сплава и способ его получения (CN №103966475 А, публ. 06.08.2014), применяемый для контактных проводов. Контактный провод из медно-хром-титанового сплава производят с помощью непрерывного литья, непрерывной экструзии, термообработки, прокатки и волочения медного сплава, содержащего 0,15-0,35% Cr, 0,10-0,23% Ti, 0-0,05% Mg и 0-0,02% Si, примеси не более 0,1%, медь - остальное. Контактный провод имеет относительно высокую прочность на разрыв 465-550 МПа, отличную электропроводность - 76-85% от электропроводности чистой меди (% IACS), хорошую термостойкость и износостойкость под напряжением.

Недостатком данного сплава является недостаточная технологичность из-за сложности введения в расплав элементов IV группы таблицы Менделеева, которые активно взаимодействуют с кислородом. Из-за сильного окисления Cr и Ti в расплаве в процессе горячей обработки давлением формируются некачественные отливки с развитыми горячими трещинами, что недопустимо при непрерывном производстве провода и ведет к браку готовых изделий (Гершман И.С., Миронос Н.В., Требования к контактным проводам для высокоскоростного железнодорожного транспорта // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2011, - №3, - с. 13-17; Берент В.Я., Материалы и свойства электрических контактов в устройствах железнодорожного транспорта. Москва: Интекст, 2005, 408 с.).

Известен ГОСТ 2584-86 «Провода контактные из меди и ее сплавов», где в качестве материала для контактной сети предлагаются 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 использования в производстве дополнительных систем вентиляции и средств индивидуальной защиты персонала, а также особых условий утилизации отходов.

Известен сплав, описанный в патенте на изобретение «Производство контактного провода из сплава системы Cu-Sn» CN 105127233 A (09.12.2015, Китай). Процесс производства контактного провода из оловянно-медного сплава включает непрерывное литье, непрерывную экструзию и процедуру холодной прокатки сплава, содержащего
 5 0,2-0,23% олова, остальное - медь. Основным недостатком сплава - недостаточная прочность (420 МПа), которая не может гарантировать надежное использование контактного провода при движении поездов со скоростью свыше 150 км/ч.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению является сплав системы Cu-Sn, описанный в патенте «Медный сплав для контактного провода и его применение» (CN
 10 101684529 A, публ. 31.03.2010). В качестве материала для проводов контактной сети в патенте предложено использовать медный сплав, содержащий 0,01-0,4% (мас.%) олова или медные сплавы, легированных оловом, хромом и/или цирконием в количестве 0,01-0,5% (мас.%), остальное - медь. Медный сплав, легированный только оловом обладают
 15 - 75% IACS, дополнительное легирование хромом и цирконием позволяет повысить предел прочности до 450-520 МПа при электропроводности 80-85% I.ACS. Однако, как отмечалось выше, легирование сплавов Cr и Zr ограничивает применение медных сплавов в качестве материалов для контактного провода из-за горячеломкости в процессе прокатки данных сплавов, таким образом, основной проблемой предложенных
 20 в патенте сплавов является их низкая технологичность.

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

Поставленная задача решается с помощью предлагаемого низколегированного
 25 медного сплава, включающего олово, причем сплав содержит дополнительно цинк и ограниченно примеси свинца, железа и алюминия при следующем соотношении компонентов в мас.%:

30	Sn	0,25-0,4
	Zn	0,5-1,0,
	Pb	менее 0,003,
	Fe	менее 0,003,
	Al	менее 0,1,
	медь	остальное

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

40	Zn	0,5-1,0,
	Pb	менее 0,003,
	Fe	менее 0,003,
	Al	менее 0,1,
	медь	остальное

Техническим результатом изобретения является полученный химический состав, обеспечивающий оптимальное соотношение прочности, электропроводности, термической стойкости и технологичности, и позволяющий применять его в качестве
 45 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 олова 0,25-0,4% и цинка 0,5-1,0% необходимо для дисперсионного и твердорастворного

упрочнения, соответственно. Легирование оловом способствует формированию мелкодисперсных интерметаллидов Cu_3Sn размером 5-10 нм, упрочняющих сплав.

Данные частицы обеспечивают стабильность структуры при нагреве до высоких температур и хорошую термостойкость. Легирование цинком обеспечивает твердорастворное упрочнение, снижает энергию дефекта упаковки, что способствует развитию деформационного двойникования, а также облегчает накопление дислокаций в материале. Это приводит к повышению эффективности деформационного упрочнения при большой пластической деформации. Легирование сплава оловом и цинком ниже заявленных пределов приводит к сильному снижению прочностных свойств, а его добавка свыше заявленных пределов влечет сильное падение электропроводности материала (Фиг. 1).

Ограничение содержания примесей свинца, железа и алюминия, связано с тем, что даже микролегирование данными компонентами влечет ухудшение технологичности и сильное снижение электропроводности до 50-60% IACS.

Влияние легирующих элементов на электрическую проводимость бронз с учетом предельной растворимости элементов (Осинцев О.Е., Федоров В.Н., Медь и медные сплавы. - Машиностроение, 2004. - 336 с.) представлено на Фиг. 1.

Содержание легирующих элементов в заявленных пределах позволяет повысить прочностные характеристики и обеспечить термостабильность микроструктуры и свойств, сохранив технологичность и электропроводность медного сплава для контактной сети высокоскоростного железнодорожного транспорта на высоком уровне. Высокая прочность провода обеспечит возможность надежного осуществления движения поездов со скоростью более 250 км/ч.

Пример осуществления

Было отлито три сплава с химическим составом, представленным в таблице 1. В состав шихты для плавки входили отходы производства куксовые - 28-30%; переплав собственного производства - 13-15%, вторичная медь - 52-55%, лигатуры Cu-Zn (30% Zn) - 1,4-2,0%, Cu-Sn (20% Sn) - 0,6-1%. Сплавы подвергались гомогенизации при температуре 800°C 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	Sn, мас. %	Zn, мас. %	Pb, мас. %	Fe, мас. %	Al, мас. %	Cu, мас. %
1	0,23	0,58	0,002	0,001	0,06	остальное
2	0,48	0,79	0,002	0,002	0,05	остальное
3	0,34	0,86	0,001	0,002	0,02	остальное

В таблице 2 приведены эксплуатационные характеристики сплава после деформационно-термической обработки. Испытания на одноосное растяжение были проведены при комнатной температуре согласно ГОСТ 1497-84 на испытательной машине «Instron 5882» с целью определения предела прочности (σ_B) и относительного удлинения (δ). Электропроводность была определена вихретоковым методом в соответствии с ГОСТ 27333-87. Термическая стойкость была оценена по размягчению после часового отжига при температуре 300°C. Технологичность была оценена по наличию трещин и литейных дефектов с помощью визуального наблюдения и

дефектоскопии с использованием вихретокового дефектоскопа ВД-70 (НПК ЛУЧ), соответственно данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

№ сплава	σ_B , МПа	δ , %	Электропроводность, % IACS	Термостойкость	Технологичность
1	480	5	89	хорошая	хорошая
2	540	4	85	хорошая	хорошая
3	560	4	83	хорошая	хорошая

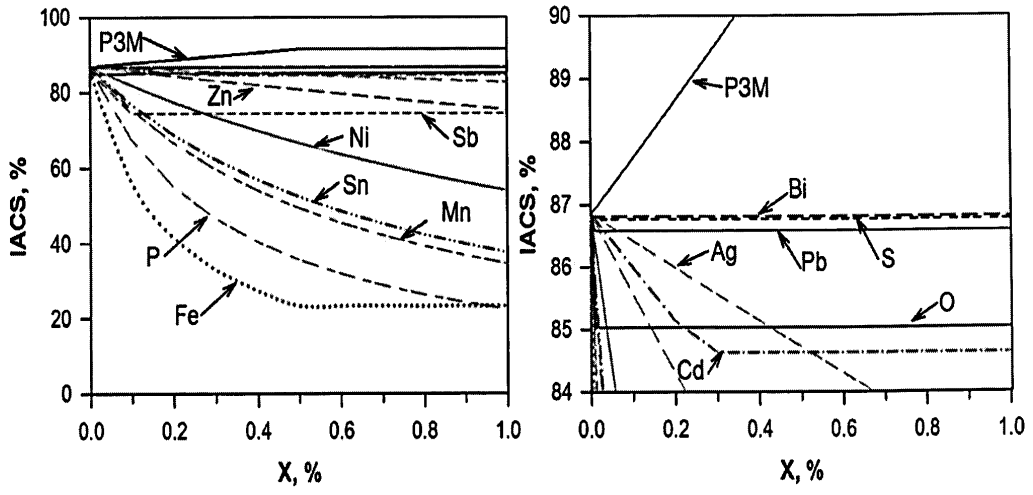
Как видно из таблицы 2, комплекс эксплуатационных свойств сплавов позволяет применять данные материалы для изготовления контактного провода высокоскоростного железнодорожного транспорта. Легирование оловом и цинком при ограниченном содержании примесей свинца, железа и алюминия позволяет получить сплавы с высокой прочностью, электропроводностью, высокой термостойкостью и технологичностью.

(57) Формула изобретения

Низколегированный медный сплав, содержащий олово, цинк, медь и примеси, в том числе свинец, железо и алюминий, отличающийся тем, он содержит компоненты при следующем соотношении, мас. %:

Sn	0,25-0,4
Zn	0,5-1,0,
Pb	менее 0,003,
Fe	менее 0,003,
Al	менее 0,1,
медь	остальное,

при этом структура сплава содержит мелкодисперсные выделения интерметаллидов Cu_3Sn размером 5-10 нм.



Фиг. 1