



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B23K 35/36 (2024.01); B23K 35/368 (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2023122461, 30.08.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.08.2023Дата регистрации:
06.02.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.08.2023

(45) Опубликовано: 06.02.2024 Бюл. № 4

Адрес для переписки:

654007, Кемеровская обл.-Кузбасс, г.
Новокузнецк, Центральный р-н, ул. Кирова,
зд. 42, Володина Ольга Федоровна

(72) Автор(ы):

Малушин Николай Николаевич (RU),
Громов Виктор Евгеньевич (RU),
Бащенко Людмила Петровна (RU),
Гостевская Анастасия Николаевна (RU),
Черепанова Галина Игоревна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Сибирский государственный
индустриальный университет" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2634526 C1, 31.10.2017. SU
1274895 A1, 07.12.1986. SU 1639922 A1,
07.04.1991. EP 1295672 A1, 26.03.2003. WO
2017055560 A1, 06.04.2017.

(54) Шихта порошковой проволоки

(57) Реферат:

Изобретение может быть использовано при наплавке порошковой проволокой рабочих поверхностей деталей горно-металлургического оборудования, к которым предъявляются высокие требования по твердости и износостойкости. Шихта порошковой проволоки содержит, мас. %: углерод 1,0-3,6; цианамид кальция 8,0-20,0; молибден 5,0-21,0; вольфрам 1,0-8,0; ванадий 2,0-6,0; алюминий 1,0-4,5; никель 3,2-20,0; пыль электрофильтров алюминиевого производства 1,0-15,0; железо - остальное. Технический

результат заключается в повышении износостойкости и твердости наплавленного металла за счет увеличения количества остаточного аустенита, карбонитридной фазы и эффекта дисперсионного твердения высоколегированного аустенита при отпуске. Порошковая проволока обеспечивает также предотвращение образования холодных трещин в процессе многослойной наплавки за счет увеличения количества стабилизированного аустенита. 2 табл.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
B23K 35/36 (2006.01)
B23K 35/368 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
B23K 35/36 (2024.01); B23K 35/368 (2024.01)

(21)(22) Application: **2023122461, 30.08.2023**

(24) Effective date for property rights:
30.08.2023

Registration date:
06.02.2024

Priority:

(22) Date of filing: **30.08.2023**

(45) Date of publication: **06.02.2024** Bull. № 4

Mail address:

**654007, Kemerovskaya obl.-Kuzbass, g.
Novokuznetsk, Tsentralnyj r-n, ul. Kirova, zd. 42,
Volodina Olga Fedorovna**

(72) Inventor(s):

**Malushin Nikolai Nikolaevich (RU),
Gromov Viktor Evgenevich (RU),
Bashchenko Liudmila Petrovna (RU),
Gostevskaia Anastasiia Nikolaevna (RU),
Cherepanova Galina Igorevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia "Sibirskii gosudarstvennyi
industrialnyi universitet" (RU)**

(54) **FLUX-CORED WIRE CHARGE**

(57) Abstract:

FIELD: mining industry.

SUBSTANCE: invention can be used for surfacing with flux-cored wire the working surfaces of parts of mining and metallurgical equipment, which have high requirements for hardness and wear resistance. The flux-cored wire charge contains, wt.%: carbon 1.0-3.6; calcium cyanamide 8.0-20.0; molybdenum 5.0-21.0; tungsten 1.0-8.0; vanadium 2.0-6.0; aluminium 1.0-4.5; nickel 3.2-20.0; dust from aluminium electrostatic

precipitators 1.0-15.0; iron - the rest.

EFFECT: increasing the wear resistance and hardness of the deposited metal due to an increase in the amount of retained austenite, carbonitride phase and the effect of dispersion hardening of high-alloy austenite during tempering. Flux-cored wire also prevents the formation of cold cracks during multilayer surfacing by increasing the amount of stabilized austenite.

1 cl, 2 tbl

RU 2 813 060 C1

RU 2 813 060 C1

Изобретение относится к сварочному производству, в частности к производству порошковой проволоки, и может быть использовано при наплавке рабочих поверхностей деталей горно-металлургического оборудования, к которым предъявляются повышенные требования по твердости и износостойкости.

5 Известна, шихта порошковой проволоки, преимущественно для механизированной износостойкой плазменной наплавки в азотсодержащих защитных газовых смесях (RU №2492981 МПК В23К 35/36, опубл. 20.09.2013), содержащая углерод, хром, молибден, вольфрам, ванадий, алюминий, железо, никель и пыль электрофильтров алюминиевого производства при соотношении компонентов, масс. %:

10	Углерод	1,0-3,6
	Хром	6,5-14,0
	Молибден	5,0-21,0
	Вольфрам	1,0-8,0
	Ванадий	2,0-6,0
15	Алюминий	1,0-4,5
	Никель	3,2-20
	Пыль электрофильтров алюминиевого производства	1,0-15,0
	Железо	Остальное

Недостатками данной шихты порошковой проволоки являются:

20 - пониженные механические свойства наплавленного металла, в частности, износостойкости и твердости, за счет недостаточной легированности остаточного аустенита;

- возможность образования холодных трещин в процессе многослойной наплавки из-за недостаточного количества стабилизированного аустенита в процессе наплавки;

25 - высокая стоимость процесса наплавки за счет использования в значительных количествах дорогостоящих материалов (чистый мелкодисперсный порошок хрома).

30 Известна также шихта порошковой проволоки, преимущественно для механизированной износостойкой плазменной наплавки в азотсодержащих защитных газовых смесях, выбранная в качестве прототипа (RU № 2634526 МПК В23К 35/36, опубл. 31.10.2017), содержащая углерод, азотированный феррохром, молибден, вольфрам, ванадий, алюминий, железо, никель и пыль электрофильтров алюминиевого производства, при соотношении компонентов, масс. %:

35	Углерод	1,0 – 3,6
	Азотированный феррохром	8,0 – 20,0
	Молибден	5,0 – 21,0
	Вольфрам	1,0 – 8,0
	Ванадий	2,0 – 6,0
	Алюминий	1,0 – 4,5
	Никель	3,2 – 20,0
40	Пыль электрофильтров алюминиевого производства	1,0 – 15,0
	Железо	Остальное

Недостатками данной шихты порошковой проволоки являются:

- пониженные механические свойства наплавленного металла, в частности, износостойкости и твердости, за счет недостаточной легированности остаточного аустенита;

45 - возможность образования холодных трещин в процессе многослойной наплавки из-за недостаточного количества стабилизированного аустенита в процессе наплавки;

- высокая стоимость процесса наплавки за счет использования в значительных количествах дорогостоящих материалов (чистый мелкодисперсный порошок

азотированного феррохрома).

Техническая проблема, решаемая предлагаемым изобретением, заключается в повышении износостойкости, прочности и твёрдости наплавленного металла и предотвращении образования холодных трещин, а также порообразования при проведении процесса наплавки.

Для решения существующей технической проблемы предлагается шихта порошковой проволоки, содержащая углерод, молибден, вольфрам, ванадий, алюминий, никель, пыль электрофильтров алюминиевого производства и железо, согласно изобретению, она дополнительно содержит цианамид кальция при следующем соотношении компонентов, масс. %:

Углерод	1,0 – 3,6
Цианамид кальция	8,0 – 20,0
Молибден	5,0 – 21,0
Вольфрам	1,0 – 8,0
Ванадий	2,0 – 6,0
Алюминий	1,0 – 4,5
Никель	3,2 – 20,0
Пыль электрофильтров алюминиевого производства	1,0 – 15,0
Железо	Остальное

Технический результат, получаемый при использовании изобретения заключается:

- в повышении механических свойств наплавленного металла, в частности износостойкости и твердости, за счет увеличения количества остаточного аустенита, карбонитридной фазы и эффекта дисперсионного твердения высоколегированного аустенита при отпуске;

- в предотвращении образования холодных трещин в процессе многослойной наплавки за счет увеличения количества стабилизированного аустенита в процессе наплавки;

- в снижении стоимости процесса наплавки за счет оптимизации состава шихты.

Заявляемые пределы подобраны эмпирическим путем, исходя из качества, получаемого при наплавке металла, стабильности процесса наплавки, предотвращения образования холодных трещин и требуемых механических свойств (твердости и износостойкости).

Стойкость наплавленного металла против образования холодных трещин можно существенно повысить путем регулирования временных напряжений за счет соответствующего выбора химического состава наплавленного металла. От него зависят коэффициент линейного расширения, характер и объемный эффект структурных превращений. Заявляемая шихта порошковой проволоки дополнительно содержит цианамид кальция, что позволяет повысить содержание азота в наплавленном металле в 1,5 – 2,0 раза с 0,06 - 0,08% при наплавке в азотсодержащей защитно-легирующей среде до 0,09 - 0,16%. Введение в состав наплавленного металла сильного стабилизатора аустенита азота повышает количество остаточного аустенита и уменьшает объёмный эффект мартенситного превращения, что уменьшает вероятность образования холодных трещин.

Цианамид кальция (CaCN_2) содержит 20-22% связанного азота и применяется в металлургии при выплавке быстрорежущих сталей с азотом (Геллер Ю.А. Инструментальные стали. Москва: Металлургия, 1983. 527 с.). В предлагаемую шихту порошковой проволоки вводят цианамид кальция, содержащий 20% азота. Для изготовления шихты порошковой проволоки по прототипу использовали феррохром

низкоуглеродистый азотированный марок ФХН400А и ФХН600А, содержащий не менее 60 – 65% хрома и не менее 4,0 – 6,0% азота (ГОСТ 4757 – 91). Содержание азота в цианамиде кальция значительно выше, чем в азотированном феррохроме, что способствует лучшему его усвоению.

5 Введение цианамид кальция в состав шихты позволяет увеличить за счет повышенного содержания азота в наплавленном металле количество остаточного аустенита и карбонитридной фазы. Получение наплавленного металла повышенной твёрдости и износостойкости достигается 3 - 4 – кратным высокотемпературным
10 отпуском остаточного аустенита при 560 - 580⁰С. При отпуске азот выделяется из мартенсита, переходя как в цементитный карбид, так и в карбиды легирующих элементов, и образует нерастворимые мелкодисперсные нитриды и карбонитриды. Азот, увеличивая количество карбонитридной фазы и устойчивость против обратимого разупрочнения, повышает твердость и износостойкость. Износостойкость улучшается из-за увеличения количества выделяющихся фаз – упрочнителей. Твердость
15 наплавленного металла возрастает на 1- 2 НРС, но при этом значительно повышается износостойкость.

Изменение содержания цианамид кальция в составе заявляемой шихты производилось с учетом получения высококачественного наплавленного металла (стабильное горение дуги, хорошее формирование, плотный наплавленный металл без
20 трещин, пор и неметаллических включений), при этом учитывалось содержание остальных компонентов. Порошковая проволока изготавливалась из стальной холоднокатаной ленты 08кп (оболочка) размером 15 x 0,8 мм. Шихта перемешивалась в специальном приспособлении для получения однородной массы. Порошковая
25 проволока прокаливалась для удаления влаги при температуре 250-350⁰С. Коэффициент заполнения составлял 0,32-0,33, диаметр готовой проволоки - 3,7 мм. Порошковой проволокой с предложенной шихтой производилась плазменная наплавка заготовок рабочих валков стана холодной прокатки 425 с диаметром рабочей части 150мм, длиной бочки 425мм. Наплавка производилась в азотсодержащей защитно-легирующей среде
30 на следующих режимах:

Сварочный ток 160-170А

Напряжение дуги 50-60В

Скорость наплавки 11 м/ час

Скорость подачи порошковой проволоки 47 м/час

35 Длина дуги 20 мм

Смещение с зенита 20 мм

Защитный газ азот

Плазмообразующий газ аргон

40 Наплавка производилась с регулируемым низкотемпературным подогревом выше температуры начала фазовых превращений и составляла 200-250⁰С.

В процессе наплавки проводилась экспертная оценка стабильности горения дуги, качества формирования наплавленного металла. Наличие трещин в процессе наплавки оценивали визуально, после наплавки наличие трещин, пор и неметаллических включений оценивали ультразвуковым и магнитопорошковым методами, а также на
45 металлографических шлифах. Содержание водорода и азота в наплавленном металле определялось методом вакуум - нагрева на установке Баталина и на эксхалографе ЕАН-220 фирмы «Бальцерс». Содержание водорода находилось в пределах 0,3-0,6 см³/100 г наплавленного металла при допустимом содержании водорода в

высоколегированном наплавленном металле до $2 \text{ см}^3 / 100 \text{ г}$ металла. Твердость наплавленного металла контролировалась непосредственно после наплавки и после проведения четырехкратного часового отпуска при температуре 580°C . Твердость наплавленного металла после наплавки составляла 52-56 HRC, после четырехкратного часового отпуска при 580°C возрастала до 64-68 HRC. Дефекты (трещины, поры и неметаллические включения) при наплавке порошковой проволокой с шихтой заявляемого состава, содержащей цианамид кальция, не обнаружены.

Эффективность работоспособности образцов при ускоренных испытаниях на лабораторной установке оценивалась по величине износа, которая определялась по потере массы (ΔQ) образцов в процессе работы до появления первых дефектов (трещин и сколов). На лабораторной установке испытывались шесть вариантов дисков, вырезанных из наплавленных заготовок. В качестве наплавочного материала использовали порошковые проволоки, состав шихты которых приведен в таблице 1.

Исследовались 6 вариантов составов шихты (таблица 1) порошковой проволоки, масс. %: 1- прототип; 2- нижний предел заявляемой шихты; 3- среднее содержание состава заявляемой шихты; 4- верхний предел заявляемой шихты; 5- нижний заграничный состав; 6- верхний заграничный состав.

Скорость вращения испытуемых образцов составляла 1000 об/мин, а нагрузка в зоне контакта 1000 МПа, которая соответствовала режимам прокатки в реальных производственных условиях. Стойкость до разрушения образцов, наплавленных по первому варианту (прототип) составляет $(25 - 45) * 10^5$ циклов нагружения против $(50 - 75) * 10^5$ циклов нагружения у образцов, изготовленных с применением шихты заявляемого состава. Потери в весе в зависимости от числа циклов нагружения у образцов с заявляемой шихтой снизились также в 1.5-2.0 раза.

Влияние изменения химического состава на технологические свойства и механические характеристики наплавленного металла приведено в таблице 2. В строке 3 указана твердость наплавленного металла после высокотемпературного отпуска.

Использование заявляемого состава шихты порошковой проволоки по сравнению с базовым составом (прототип) позволяет:

1. Повысить качество наплавленного металла за счет снижения предотвращения образования холодных трещин.
2. Повысить твердость наплавленного металла до HRC 66-68.
3. Повысить износостойкость в 1,5 – 2,0 раза.
4. Снизить себестоимость изготовления порошковой проволоки за счет оптимизации ее состава.

Таблица 1- Состав шихты

Состав шихты, масс. %:	1	2	3	4	5	6
Углерод	2,3	1,0	2,3	3,6	0,9	3,7
Азотированный феррохром	10,2	-	-	-	-	-
Молибден	13,0	5,0	13,0	21,0	4,9	21,1
Вольфрам	4,5	1,0	4,5	8,0	0,9	8,1
Ванадий	4,0	2,0	4,0	6,0	1,9	6,1
Алюминий	3,7	1,0	2,75	4,5	0,9	4,6
Никель	11,5	3,2	11,6	20,0	3,1	20,1
Пыль электрофильтров алюминиевого производства	8,0	1,0	8,0	15,0	0,9	15,1
Цианамид кальция	-	8,0	14,0	20,0	7,9	20,1
Железо	42,8	77,8	39,85	1,9	78,6	1,1

Таблица 2- Характеристики исследуемых параметров в зависимости от состава шихты

Состав шихты	1	2	3	4	5	6
Содержание водорода [H], см ³ /100г металла	1,2-1,5	0,3-0,6	0,3-0,6	0,3-0,6	1,2-1,5	1,2-1,5
Содержание азота, %	0,06- 0,08	0,09 - 0,16	0,09 - 0,16	0,09 - 0,16	0,08 - 0,10	0,08- 0,10
Твердость наплавленного металла, HRC	62-64	66-68	66-68	66-68	62-64	62-64
Число циклов нагружения, 10 ⁵	25-45	50 - 75	50 - 75	50 - 75	25-45	25-45
Наличие трещин в наплавленном металле	Единичные	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют	Единичные	Единичные

(57) Формула изобретения

Шихта порошковой проволоки, содержащая углерод, молибден, вольфрам, ванадий, алюминий, никель, пыль электрофильтров алюминиевого производства и железо, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит цианамид кальция при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Углерод	1,0 – 3,6
Цианамид кальция	8,0 – 20,0
Молибден	5,0 – 21,0
Вольфрам	1,0 – 8,0
Ванадий	2,0 – 6,0
Алюминий	1,0 – 4,5
Никель	3,2 – 20,0
Пыль электрофильтров алюминиевого производства	1,0 – 15,0
Железо	остальное