



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
C21D 8/02 (2022.05); B21B 3/02 (2022.05)

(21)(22) Заявка: 2022101640, 25.01.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.01.2022

Дата регистрации:
06.09.2022

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 25.01.2022

(45) Опубликовано: 06.09.2022 Бюл. № 25

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

(72) Автор(ы):
Долженко Анастасия Сергеевна (RU),
Беляков Андрей Николаевич (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: RU 2633412 C1, 12.10.2017.
ДОЛЖЕНКО А.С. и др. Микроструктура и
ударная вязкость высокопрочной
низколегированной стали после
темпформинга. Физика металлов и
металловедение, N 10, Москва, Российская
Академия Наук, 2021, том 122, стр. 1091-1100.
RU 2631068 C1, 18.09.2017. RU 2629422 C2,
29.08.2017. KR 1020140021422 A, 20.02.2014.

(54) Способ деформационно-термической обработки биметаллического материала

(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии, в частности к деформационно-термической обработке металлов, а именно к производству слоистых конструкционных металлических материалов. Способ включает получение заготовки листа, состоящей из основного слоя и плакирующего слоя из коррозионно-стойкой стали, и ее прокатку. Двухслойную заготовку нагревают до температуры 650°C, после выдержки в течение 1 часа заготовку подвергают темпформингу в несколько проходов с обжатием 10% и подогревом до температуры отпуска до конечной истинной степени деформации не менее 1,5, после

чего заготовку охлаждают на воздухе. В качестве основного слоя используют высокопрочную низколегированную сталь. Технический результат заключается в возможности осуществления деформационно-термической обработки, которая позволяет исключить пакетную прокатку, а также в получении уникальной комбинации механических, технологических и эксплуатационных свойств в биметаллическом материале для применения в изделиях нефтегазохимии и высокоскоростного транспорта, работающих в экстремальных условиях эксплуатации, в том числе в агрессивных средах.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
C21D 8/02 (2022.05); B21B 3/02 (2022.05)

(21)(22) Application: **2022101640, 25.01.2022**

(24) Effective date for property rights:
25.01.2022

Registration date:
06.09.2022

Priority:

(22) Date of filing: **25.01.2022**

(45) Date of publication: **06.09.2022** Bull. № 25

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

**Dolzhenko Anastasiya Sergeevna (RU),
Belyakov Andrej Nikolaevich (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) **METHOD FOR DEFORMATION-HEAT TREATMENT OF BIMETALLIC MATERIAL**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention relates to the field of metallurgy, in particular to the deformation-heat treatment of metals, namely the production of layered structural metal materials. The method includes obtaining a sheet blank consisting of a base layer and a cladding layer of corrosion-resistant steel and rolling it. A two-layer billet is heated to a temperature of 650°C, after holding for 1 hour, the billet is subjected to tempforming in several passes with a reduction of 10% and heating to a tempering temperature to a final true degree of deformation of at least 1.5, after which

the billet is cooled in air. High-strength low-alloy steel is used as the main layer.

EFFECT: invention provides the possibility of performing deformation-heat treatment, which makes it possible to exclude package rolling, as well as in obtaining a unique combination of mechanical, technological and operational properties in a bimetallic material for use in petrochemical products and high-speed transport operating under extreme operating conditions, including aggressive environments.

1 cl

Изобретение относится к области металлургии, в частности к деформационно-термической обработке металлов, а именно к производству слоистых конструкционных металлических материалов, которые могут быть использованы для создания металлических конструкций, предназначенных для применения в изделиях нефтегазохимии и высокоскоростного транспорта, работающих в экстремальных условиях эксплуатации, в том числе в агрессивных средах.

В настоящее время железнодорожные и автомобильные цистерны для широкого класса грузов изготавливаются из стали 09Г2С, а также биметаллического листа ВСтЗсп5 + 12Х18Н10Т. Предел прочности этих сталей не превышает 550 МПа, а величина

ударной вязкости составляет 40 Дж/см² при комнатной температуре. Предел текучести этих сталей не более 350 МПа и 250 МПа, соответственно. Ударная вязкость КСЧ сталей 09Г2С и ВСтЗсп5 при минус 60°С не превышает 34 Дж/см², а ударная вязкость нержавеющей стали существенно выше и может достигать 160 Дж/см² (Д.В.Ноняк, А.А.Бердыченко, Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности, 117-120, 2016).

Совершенствование конструкций цистерн идет по пути уменьшения их веса. На сегодняшний день основной выигрыш в весе цистерн может дать уменьшение веса ее котла за счет снижения толщины стенок, но для этого необходимо повысить прочность сталей, из которых изготавливаются котлы цистерн. Решение данной задачи требует применения свариваемых сталей с пределом прочности близким к 1000 МПа. С другой стороны, к котлам цистерн нового поколения предъявляются требования по коррозионной стойкости, что важно для транспортировки продуктов нефтехимии, а также пищевых продуктов. Для того чтобы обеспечить необходимую коррозионную стойкость конструкции, применяют нержавеющие стали, имеющие низкий предел текучести. Разрешить противоречие между прочностными и коррозионными свойствами сталей позволяет применение биметалла, в котором основной слой должен обладать высокой прочностью, а поверхностный слой будет представлять собой лист из коррозионностойкой стали.

Традиционными способами производства биметалла являются пакетная прокатка, сварка взрывом, ленточная наплавка, литейный способ, которые имеют существенные недостатки: низкую прочность сцепления слоев; наличие зон несплошностей; высокую себестоимость и низкую производительность. Производимый в настоящее время пакетной прокаткой биметаллический лист, отвечающий необходимым требованиям, согласно ГОСТ 10885-85 не позволяет уменьшить толщину стенок котлов цистерн, поскольку он обеспечивает прочность связи плакирующего и основного слоя (сопротивление срезу) менее 300 МПа.

Известен способ изготовления плакированного металлического листа (RU № 2629422, публ. 29.08.2017), при котором получают двухслойные и многослойные листы и плиты во всем диапазоне толщин от 8 до 120 мм с любым сочетанием марок сталей основного и плакирующих слоев. Технический результат достигается тем, что способ изготовления плакированного металлического листа, включающий подготовку контактных поверхностей плакирующего и плакируемого металлических листов, нанесение на плакирующий лист промежуточного слоя с получением промежуточной двухслойной заготовки, сборку пакета, его нагрев и деформирование горячей прокаткой до заданной толщины изготавливаемого плакированного металлического листа, состоит в том, что нанесение на плакирующий лист промежуточного слоя осуществляется приваркой взрывом листа металла, одинакового по химическому составу с металлом плакируемого

листа и толщина которого меньше, чем толщина лакируемого листа, при этом при сборке пакета полученную промежуточную двухслойную заготовку размещают с одной или обеих сторон лакируемого листа. Перед горячей прокаткой производят сварку пакета, содержащего одну или две промежуточные двухслойные заготовки и лакируемый металлический лист, при этом размеры каждой промежуточной двухслойной заготовки больше или меньше размеров лакируемого листа на величину не менее величины катета сварного шва или размеры каждой промежуточной двухслойной заготовки равны размерам лакируемого листа. Перед сваркой пакета осуществляют подогрев заготовок до температуры не более 400°C, прокатку пакета осуществляют с единичным обжатием не менее 5%, при этом величина катета сварного шва составляет не менее 3 мм.

Недостатками данного способа является необходимость применения специализированного и энергозатратного оборудования, а также многоэтапность процесса. Также описанный способ обработки не обеспечивает получение требуемого уровня механических свойств.

Наиболее близкий к предложенному изобретению способ, принятый за прототип, описан в патенте (RU № 2633412, публ. 12.10.2017), заключающийся в изготовлении листов из лакированной стали, включающий получение заготовки листа, состоящей из основного слоя из углеродистой стали и лакирующего слоя из коррозионно-стойкой стали, и ее горячую прокатку. Нагрев заготовки перед горячей прокаткой осуществляют в диапазоне температур от 1200 до 1250°C, а охлаждение после прокатки ведут до температуры 600-650°C со скоростью не менее 7°C/сек с получением листа из лакированной стали, причем лакирующий слой из коррозионно-стойкой стали имеет мартенситную структуру и содержит компоненты в следующем соотношении, мас. %:

25	Углерод	0,01-0,15
	Кремний	0,20-0,70
	Марганец	0,50-4,5
	Хром	13-16
	Никель	2,7-6,5
30	Молибден	0,01-2,5
	Титан	0,01-0,10
	Ванадий	0,01-0,10
	Ниобий	0,03-0,10
	Азот	0,1-0,5
	Фосфор	Не более 0,003
35	Сера	Не более 0,005
	Железо и неизбежные примеси	Остальное

Недостатком данного способа является то, что хладостойкость основного слоя (ударная вязкость) составляет порядка 30-50 Дж/см² при температуре минус 40°C, что существенно ниже значений, предъявляемых современными требованиями.

Задачей предлагаемого изобретения является разработка способа деформационно-термической обработки биметаллического материала для получения уникального сочетания механических, технологических и эксплуатационных свойств.

Одним из перспективных методов получения биметаллических конструкционных материалов является темпформинг (прокатка при температуре отпуска).

Технический результат заключается в следующем:

- получение биметаллического материала, обладающего уникальной комбинацией механических, технологических и эксплуатационных свойств.

Поставленная задача решается с помощью предлагаемого способа деформационно-

термической обработки биметаллического материала, включающего получение заготовки листа, состоящей из основного слоя и плакирующего слоя из коррозионно-стойкой стали, и ее прокатку, причем, двухслойную заготовку нагревают до температуры 650°C, после выдержки в течение 1 часа заготовку подвергают темпформингу в несколько проходов с обжатием 10% и подогревом до температуры отпуска до конечной истинной степени деформации не менее 1,5 после чего заготовку охлаждают на воздухе, в качестве основного слоя используют высокопрочную низколегированную сталь.

Пример осуществления:

Заготовка биметаллического материала с основой из высокопрочной низколегированной стали типа S700MC и наплавки из аустенитной коррозионностойкой стали типа 316L, полученная методом электрошлаковой наплавки, была подвергнута деформационно-термической обработке по предлагаемому режиму.

В качестве предварительной обработки биметаллической заготовки была выбрана гомогенизация с последующей горячей осадкой. Гомогенизационный отжиг проводили при температуре 1100°C в течение 1 часа, затем стальная заготовка была подвергнута горячей осадке с истинной степенью деформации 0,7 при температуре 1100°C, охлаждение в воде. Далее заготовка была подвергнута очистке от слоя окалины и подготовлена к дальнейшей обработке. Далее двухслойная заготовка была нагрета в муфельной печи до температуры 650°C, после выдержки в течение 1 часа заготовка подвергалась темпформингу (прокатке при температуре отпуска) в несколько проходов до конечной истинной степени деформации 1,6. Обжатие за проход составило 10 %, после каждого прохода прокатки биметаллическую заготовку подогревали до температуры 650°C, охлаждение на воздухе. Ударная вязкость образца с V-образным вырезом в слое основы при комнатной температуре составляет 539 Дж/см², а ударная вязкость образца с V-образным вырезом в наплавленном слое при комнатной температуре составляет 248 Дж/см².

Применение предлагаемой деформационно-термической обработки позволит уйти от энергозатратной и трудоемкой пакетной прокатки, а также получить уникальную комбинацию механических, технологических и эксплуатационных свойств биметаллическом материале для применения в изделиях нефтегазохимии и высокоскоростного транспорта, работающих в экстремальных условиях эксплуатации, в том числе в агрессивных средах.

(57) Формула изобретения

Способ деформационно-термической обработки биметаллического материала, включающий получение заготовки листа, состоящей из основного слоя и плакирующего слоя из коррозионно-стойкой стали, и ее прокатку, отличающийся тем, что двухслойную заготовку нагревают до температуры 650°C, после выдержки в течение 1 часа заготовку подвергают темпформингу в несколько проходов с обжатием 10% и подогревом до температуры отпуска до конечной истинной степени деформации не менее 1,5, после чего заготовку охлаждают на воздухе, в качестве основного слоя используют высокопрочную низколегированную сталь.