



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C21D 8/02 (2025.01); B21B 3/02 (2025.01)

(21)(22) Заявка: 2024131287, 17.10.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.10.2024Дата регистрации:
31.03.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.10.2024

(45) Опубликовано: 31.03.2025 Бюл. № 10

Адрес для переписки:

308015, г.Белгород, ул. Победы, 85, НИУ
"БелГУ", Цурикова Наталья Дмитриевна,
Цурикова Наталья Дмитриевна

(72) Автор(ы):

Долженко Анастасия Сергеевна (RU),
Долженко Павел Дмитриевич (RU),
Газизова Марина Юрьевна (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 2735777 C1, 09.11.2020. RU
2611252 C1, 21.02.2017. WO 2017022027 A1,
09.02.2017. CN 108950423 B, 23.06.2020. CN
109778079 B, 16.06.2020. SU 1788758 A1,
20.08.1996.(54) СПОСОБ ДЕФОРМАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ АУСТЕНИТНОЙ
КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии и медицинского материаловедения, а именно к получению листовой заготовки из аустенитной коррозионностойкой стали типа UNS S31673 (ASTM F 138) и может использоваться в качестве конструкционного материала, а также в производстве хирургических имплантатов. Первый способ включает предварительную и окончательную обработки. Предварительная обработка включает нагрев заготовки до температуры 1000°C из расчета 1 мм сечения в минуту при этой же температуре с последующей многократной прокаткой с 10%-ым обжатием за проход до суммарного обжатия 60%, после чего осуществляют охлаждение в воде. После каждого прохода заготовку подогревают до заданной температуры. Окончательная обработка включает нагрев заготовки до температуры 850°C

из расчета 1 мм сечения в минуту при этой же температуре с последующей многократной прокаткой с 10%-ным обжатием за проход до суммарного обжатия 60%, после чего осуществляют охлаждение в воде. После каждого прохода заготовку подогревают до заданной температуры. Второй способ включает предварительную и окончательную обработки. Предварительная обработка включает нагрев заготовки до температуры 1000°C из расчета 1 мм сечения в минуту при этой же температуре с последующей многократной прокаткой с 10%-ным обжатием за проход до суммарного обжатия 60%, после чего осуществляют охлаждение в воде. После каждого прохода заготовку подогревают до заданной температуры. Окончательная обработка включает два этапа. На первом этапе проводят нагрев заготовки до температуры 850°C

из расчета 1 мм сечения в минуту при этой же температуре с последующей многократной прокаткой с 10%-ым обжатием за проход до суммарного обжатия 60%, после чего осуществляют охлаждение в воде. После каждого прохода заготовку подогревают до заданной температуры. На втором этапе заготовку нагревают до температуры 300-400°С из расчета 1 мм сечения в минуту при этой же температуре

с последующей многократной прокаткой с 10%-ным обжатием за проход до суммарного обжатия 60%, затем осуществляют охлаждение в воде. После каждого прохода заготовку подогревают до заданной температуры. Технический результат заключается в требуемом сочетании прочности и пластичности в стали типа UNS S31673 (ASTM F 138). 2 н.п. ф-лы, 1 табл., 2 пр.

R U 2 8 3 7 4 0 6 C 1

R U 2 8 3 7 4 0 6 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

C21D 8/02 (2025.01); B21B 3/02 (2025.01)(21)(22) Application: **2024131287, 17.10.2024**(24) Effective date for property rights:
17.10.2024Registration date:
31.03.2025

Priority:

(22) Date of filing: **17.10.2024**(45) Date of publication: **31.03.2025** Bull. № 10

Mail address:

**308015, g.Belgorod, ul. Pobedy, 85, NIU "BelGU",
Tsurikova Natalya Dmitrievna, Tsurikova Natalya
Dmitrievna**

(72) Inventor(s):

**Dolzhenko Anastasiia Sergeevna (RU),
Dolzhenko Pavel Dmitrievich (RU),
Gazizova Marina Iurevna (RU),
Beliakov Andrei Nikolaevich (RU),
Kaibyshev Rustam Oskarovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia "Belgorodskii gosudarstvennyi
natsionalnyi issledovatel'skii universitet" (NIU
"BelGU") (RU)**(54) **METHOD FOR DEFORMATION-THERMAL TREATMENT OF AUSTENITIC CORROSION-RESISTANT STEEL**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy; medicine.

SUBSTANCE: invention relates to metallurgy and medical materials science, namely to production of sheet workpiece from austenitic corrosion-resistant steel of UNS S31673 (ASTM F 138) type and can be used as structural material, as well as in production of surgical implants. First method includes preliminary and final processing. Preliminary processing includes heating of the workpiece to temperature of 1000 °C at rate of 1 mm of section per minute at the same temperature with subsequent multiple rolling with 10% reduction per pass to total reduction of 60%, then cooling in water is performed. After each pass the workpiece is heated to the specified temperature. Final processing includes heating of the workpiece to temperature of 850 °C at rate of 1 mm of section per minute at the same temperature with subsequent multiple rolling with 10% reduction per pass to total reduction of 60%, after which cooling in water is performed. After each pass the workpiece is heated to the specified temperature. Second method involves preliminary and final processing. Preliminary processing

includes heating of the workpiece to temperature of 1000 °C at rate of 1 mm of section per minute at the same temperature with subsequent multiple rolling with 10% reduction per pass to total reduction of 60%, then cooling in water is performed. After each pass the workpiece is heated to the specified temperature. Final processing includes two stages. At the first stage, the workpiece is heated to temperature of 850 °C at 1 mm of section per minute at the same temperature with subsequent multiple rolling with 10% reduction per pass to total reduction of 60%, after which it is cooled in water. After each pass the workpiece is heated to the specified temperature. At the second stage, the workpiece is heated to temperature of 300-400 °C at rate of 1 mm of section per minute at the same temperature with subsequent multiple rolling with 10% reduction per pass to total reduction of 60%, then cooling in water is performed. After each pass the workpiece is heated to the specified temperature.

EFFECT: required combination of strength and ductility in UNS S31673 (ASTM F 138) steel.

2 cl, 1 tbl, 2 ex

Изобретение относится к области металлургии и медицинского материаловедения, а именно к получению листовой заготовки из аустенитной коррозионностойкой стали типа UNS S31673 (ASTM F 138), которая может использоваться в качестве конструкционного материала, а также в производстве хирургических имплантатов.

5 Большинство аустенитных коррозионностойких сталей после стандартной обработки на твердый раствор имеют крупнокристаллическую структуру и низкий предел текучести порядка 200 - 250 МПа (W.Martienssen and H.Warlimont, Springer Handbook of Condensed Matter and Materials Data, 2005), что сдерживает их применение в качестве конструкционного материала и мешает расширению области применения в медицине.
10 Существует несколько подходов к повышению прочностных свойств аустенитных коррозионностойких сталей. Традиционный подход основан на введении дополнительных легирующих элементов, что позволяет повысить предел текучести аустенитных сталей за счет твердорастворного и/или дисперсионного упрочнения. Альтернативный подход к повышению прочностных свойств заключается в
15 использовании деформационно-термической обработки в условиях теплой деформации, которая позволяет повысить предел текучести за счет деформационного и/или структурного упрочнения.

Для достижения требуемых свойств в материале необходимо разработать оптимальный режим деформационно-термической обработки.

20 Известен способ получения высокопрочного проката аустенитной нержавеющей стали с наноструктурой (RU № 2611252, опубликован 21.02.2017). Способ изготовления проката включает горячую ковку при температуре 1373 К до истинной степени деформации $\epsilon=0,5$ с последующим охлаждением в воде, полученные заготовки подвергают теплой прокатке в лист до истинной степени деформации $\epsilon=3$ при
25 температуре 473-673 К, которая исключает протекание мартенситного превращения. Технический результат заключается в получении проката аустенитной нержавеющей стали с нанокристаллической структурой и повышенными прочностными свойствами, предел текучести составляет более 1000 МПа.

Недостатком данного способа является то, что при значении предела текучести 1070
30 МПа удлинение составляет всего 9,3%, т.е. он не обеспечивает получение оптимального сочетания прочностных и пластических свойств.

Известен способ многократной деформационно-термической обработки аустенитной коррозионностойкой стали (RU № 2790707, опубликован 28.02.2023), который включает деформационно-термическую обработку заготовки из аустенитной коррозионностойкой
35 стали путем прокатки и термической обработки. Обработку заготовки из аустенитной коррозионностойкой стали 03X17H12M2 проводят в пять этапов, при этом на первом этапе заготовку подвергают отжигу при температуре 1100°C в течение 30 минут с последующим охлаждением в воде, на втором этапе проводят прокатку заготовки при температуре 300°C до истинной степени деформации $\epsilon = 2$ с последующим охлаждением
40 в воде листовой заготовки, на третьем этапе листовую заготовку отжигают при температуре 700°C в течение 2 часов с последующим охлаждением в воде, на четвертом этапе проводят прокатку при температуре 300°C до истинной степени деформации $\epsilon = 1$ с последующим охлаждением в воде, а на пятом этапе проводят заключительный отжиг листовой заготовки при температуре 700°C в течение 2 часов с последующим
45 охлаждением в воде. Обеспечивается получение листовой заготовки из стали 03X17H12M2 с одновременно высокой прочностью и пластичностью.

Недостатком данного способа является очень большая трудоемкость и энергозатратность технологического процесса.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению является способ получения катанных полуфабрикатов из аустенитной коррозионностойкой стали (RU № 2735777, опубликован 09.11.2020). В предложенном способе проводят горячую ковку стальных заготовок при температуре 1100°C до истинной степени деформации $0,7 < \epsilon < 0,8$ с последующим охлаждением в воде. Затем кованные стальные заготовки подвергают высокотемпературному отжигу при температуре 1050°C в течение 30 минут с охлаждением в воде. Полученные заготовки подвергают листовой прокатке при температуре 300°C до истинной степени деформации $0,4 < \epsilon < 0,45$. Обеспечивается получение катаных полуфабрикатов из аустенитной коррозионностойкой стали, обладающих одновременно высокой пластичностью и вязкостью в сочетании с повышенной прочностью при сохранении коррозионной стойкости при температуре от 20°C до минус 60°C.

К недостаткам данного способа можно отнести трудоемкость и ресурсозатратность двукратных высокотемпературных нагревов (выше 1000°C), а также недостаточный уровень прочностных свойств после теплой прокатки.

Задачей предлагаемого изобретения является разработка способа деформационно-термической обработки аустенитной коррозионностойкой стали с целью улучшения механических свойств, а именно получить сталь с пределом текучести более 600 МПа при относительном удлинении более 30% и с пределом текучести более 700 МПа при относительном удлинении более 20%.

Технический результат заключается в улучшении механических свойств, а именно прочности и пластичности в аустенитной коррозионностойкой стали.

Поставленная задача решается предложенной деформационно-термической обработкой аустенитной коррозионностойкой стали по двум вариантам.

По первому варианту предложенный способ включает предварительную и окончательную обработки. Предварительная обработка включает нагрев заготовки до температуры 1000°C из расчета 1 мм сечения в минуту при этой же температуре с последующей многократной прокаткой с 10%-ым обжатием за проход до суммарного обжатия 60%, после чего осуществляют охлаждение в воде. После каждого прохода заготовку подогревают до заданной температуры. Окончательная обработка включает нагрев заготовки до температуры 850°C из расчета 1 мм сечения в минуту при этой же температуре с последующей многократной прокаткой с 10%-ым обжатием за проход до суммарного обжатия 60%, после чего осуществляют охлаждение в воде. После каждого прохода заготовку подогревают до заданной температуры.

По второму варианту предложенный способ включает предварительную и окончательную обработки. Предварительная обработка включает нагрев заготовки до температуры 1000°C из расчета 1 мм сечения в минуту при этой же температуре с последующей многократной прокаткой с 10%-ым обжатием за проход до суммарного обжатия 60%, после чего осуществляют охлаждение в воде. После каждого прохода заготовку подогревают до заданной температуры. Окончательная обработка включает два этапа. На первом этапе проводят нагрев заготовки до температуры 850°C из расчета 1 мм сечения в минуту при этой же температуре с последующей многократной прокаткой с 10%-ым обжатием за проход до суммарного обжатия 60%, после чего осуществляют охлаждение в воде. После каждого прохода заготовку подогревают до заданной температуры. На втором этапе заготовку нагревают до температуры 300-400°C из расчета 1 мм сечения в минуту при этой же температуре с последующей многократной прокаткой с 10%-ым обжатием за проход до суммарного обжатия 60%, затем осуществляют охлаждение в воде. После каждого прохода заготовку подогревают до

заданной температуры.

Таким образом, поставленная задача решена - требуемое сочетание прочности и пластичности в аустенитной коррозионностойкой стали типа UNS S31673 (ASTM F 138) достигается в результате формирования развитой дислокационной субструктуры в условиях теплой деформации при активном развитии процессов динамического возврата, контролируемых размер и разориентировку компонентов субструктуры.

Примеры осуществления:

Пример 1 (вариант 1). Заготовка из стали 03X17H14M3 была подвергнута предложенной деформационно-термической обработке. Исходный материал был подвергнут нагреву в печи до 1000°C (выдержка для прогрева 45 минут), после чего подвергнут многократной прокатке с обжатием 10% за проход до суммарного обжатия 60% (истинная степень деформации $\epsilon=0,9$) с последующим охлаждением в воде.

Следующей стадией была многократная прокатка при температуре 850°C (выдержка для прогрева 20 минут) с обжатием 10% за проход до суммарного обжатия 60% (истинная степень деформации $\epsilon=0,9$) с последующим охлаждением в воде. Все стадии прокатки проводились с промежуточным подогревом до необходимой температуры.

Пример 2 (вариант 2). Заготовка из стали 03X17H14M3 была подвергнута предложенной деформационно-термической обработке. Исходный материал был подвергнут нагреву в печи до 1000°C (выдержка для прогрева 45 минут), после чего подвергнут многократной прокатке с обжатием 10% за проход до суммарного обжатия 60% (истинная степень деформации $\epsilon=0,9$) с последующим охлаждением в воде.

Следующей стадией была многократная прокатка при температуре 850°C (выдержка для прогрева 20 минут) с обжатием 10% за проход до суммарного обжатия 60% (истинная степень деформации $\epsilon=0,9$) с последующим охлаждением в воде. Заключительной стадией была многократная прокатка при температуре 300°C (выдержка для прогрева 10 минут) с обжатием 10% за проход до суммарного обжатия 60% (истинная степень деформации $\epsilon=0,9$) с последующим охлаждением в воде. Все стадии прокатки проводились с промежуточным подогревом до необходимой температуры.

Пример 3 (вариант 2). Заготовка из стали 03X17H14M3 была подвергнута предложенной деформационно-термической обработке. Исходный материал был подвергнут нагреву в печи до 1000°C (выдержка для прогрева 45 минут), после чего подвергнут многократной прокатке с обжатием 10% за проход до суммарного обжатия 60% (истинная степень деформации $\epsilon=0,9$) с последующим охлаждением в воде.

Следующей стадией была многократная прокатка при температуре 850°C (выдержка для прогрева 20 минут) с обжатием 10% за проход до суммарного обжатия 60% (истинная степень деформации $\epsilon=0,9$) с последующим охлаждением в воде. Заключительной стадией была многократная прокатка при температуре 400°C (выдержка для прогрева 10 минут) с обжатием 10% за проход до суммарного обжатия 60% (истинная степень деформации $\epsilon=0,9$) с последующим охлаждением в воде. Все стадии прокатки проводились с промежуточным подогревом до необходимой температуры.

Из полученных стальных заготовок были вырезаны образцы для испытаний на определение механических свойств. Образцы вырезались вдоль направления прокатки.

В таблице 1 представлены результаты механических испытаний образцов аустенитной коррозионностойкой стали 03X17H14M3, подвергнутой предложенным деформационно-термическим обработкам. Механические испытания на растяжения проводились в соответствии с ГОСТ 1497-84 при комнатной температуре.

Таблица 1. Механические свойства аустенитной коррозионностойкой стали после проведения деформационно-термических обработок по предложенным режимам.

	Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение до разрушения, %
Пример 1 (вариант 1)	610	760	48
Пример 2 (вариант 2)	925	980	21
Пример 3 (вариант 2)	905	960	28

5 Таким образом, достигнута задача по разработке способа деформационно-термической обработки аустенитной коррозионностойкой стали с целью улучшения механических свойств. Предложенный способ деформационно-термической обработки приводит к повышению показателей прочности при комнатной температуре, сохраняя высокие показатели пластичности.

10 (57) Формула изобретения

1. Способ обработки аустенитной коррозионностойкой стали, включающий листовую прокатку стальных заготовок с последующим охлаждением в воде, отличающийся тем, что вначале нагревают заготовки до температуры 1000°C из расчета 1 мм сечения в
15 минуту при этой же температуре с последующей многократной прокаткой с 10%-ным обжатием за проход до суммарного обжатия 60%, после чего осуществляют охлаждение в воде, причем после каждого прохода заготовку подогревают до заданной температуры, затем нагревают заготовки до температуры 850°C из расчета 1 мм сечения в минуту при этой же температуре с последующей многократной прокаткой с 10%-ым обжатием
20 за проход до суммарного обжатия 60%, после чего осуществляют охлаждение в воде, а после каждого прохода заготовку подогревают до заданной температуры.

2. Способ обработки аустенитной коррозионностойкой стали, включающий листовую прокатку стальных заготовок с последующим охлаждением в воде, отличающийся тем, что вначале нагревают заготовки до температуры 1000°C из расчета 1 мм сечения в
25 минуту при этой же температуре с последующей многократной прокаткой с 10%-ным обжатием за проход до суммарного обжатия 60%, после чего осуществляют охлаждение в воде, причем после каждого прохода заготовки подогревают до заданной температуры, затем нагревают заготовки до температуры 850°C из расчета 1 мм сечения в минуту при этой же температуре с последующей многократной прокаткой с 10%-ным обжатием
30 за проход до суммарного обжатия 60%, после чего осуществляют охлаждение в воде, после каждого прохода заготовки подогревают до заданной температуры, затем заготовки нагревают до температуры 300-400°C из расчета 1 мм сечения в минуту при этой же температуре с последующей многократной прокаткой с 10%-ным обжатием за
35 проход до суммарного обжатия 60%, затем осуществляют охлаждение в воде, а после каждого прохода заготовку подогревают до заданной температуры.

40

45