



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C21D 1/02 (2022.08); C21D 8/06 (2022.08); B21J 5/00 (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2022111890, 29.04.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
29.04.2022Дата регистрации:  
26.10.2022

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.04.2022

(45) Опубликовано: 26.10.2022 Бюл. № 30

Адрес для переписки:

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

(72) Автор(ы):

Панов Дмитрий Олегович (RU),  
Черниченко Руслан Сергеевич (RU),  
Наумов Станислав Валентинович (RU),  
Кудрявцев Егор Алексеевич (RU),  
Перцев Алексей Сергеевич (RU),  
Салищев Геннадий Алексеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

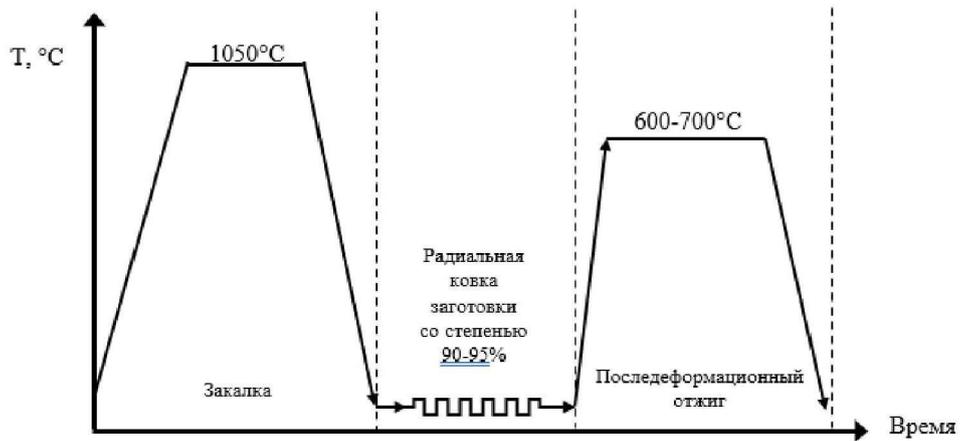
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Белгородский государственный  
национальный исследовательский  
университет" (НИУ "БелГУ") (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2749815 C1, 17.06.2021. RU  
2532600 C1, 10.11.2014. RU 2644089 C2,  
07.02.2018. RU 2751207 C2, 12.07.2021.

(54) Способ получения упрочненных заготовок из немагнитной коррозионностойкой аустенитной стали

(57) Реферат:

Изобретение относится к металлургии, а именно к способам получения заготовок и их термической обработки из немагнитных коррозионностойких аустенитных сталей, и может быть использовано в машиностроительной, энергетической, химической и других отраслях промышленности, которые являются потребителями немагнитных коррозионностойких аустенитных сталей с сочетанием высокой прочности и пластичности. Способ получения прутков из немагнитных нержавеющей аустенитных сталей, включающий предварительную закалку заготовок прутков от температуры 1050°C, холодную пластическую деформацию закаленных заготовок прутков с получением прутков, последующую термическую

обработку с получением градиентной структуры прутков и охлаждение на воздухе. Обработке подвергают заготовки прутков из стали 08X17H13M2T, холодную пластическую деформацию закаленных заготовок прутков осуществляют при комнатной температуре методом радиальнойковки со степенью деформации 90-95%, обеспечивающей заданный диаметр прутков, термическую обработку осуществляют путем ускоренного нагрева прутков в печи с воздушной атмосферой до температуры 600-700°C и выдержки в течение 1-2 часа. Прутки с градиентной структурой характеризуются высокой пластичностью, низкой магнитной проницаемостью при высоком уровне прочностных характеристик. 3 ил., 1 табл., 6 пр.



Фиг. 1

RU 2782370 C1

RU 2782370 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11)**2 782 370** <sup>(13)</sup> **C1**

(51) Int. Cl.  
*C21D 1/02* (2006.01)  
*C21D 8/06* (2006.01)  
*B21J 5/00* (2006.01)

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*C21D 1/02 (2022.08); C21D 8/06 (2022.08); B21J 5/00 (2022.08)*(21)(22) Application: **2022111890, 29.04.2022**(24) Effective date for property rights:  
**29.04.2022**Registration date:  
**26.10.2022**

Priority:

(22) Date of filing: **29.04.2022**(45) Date of publication: **26.10.2022 Bull. № 30**

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

**Panov Dmitrij Olegovich (RU),  
Chernichenko Ruslan Sergeevich (RU),  
Naumov Stanislav Valentinovich (RU),  
Kudryavtsev Egor Alekseevich (RU),  
Pertsev Aleksej Sergeevich (RU),  
Salishchev Gennadij Alekseevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Belgorodskij gosudarstvennyj  
natsionalnyj issledovatel'skij universitet" (NIU  
"BelGU") (RU)****(54) METHOD FOR PRODUCING HARDENED WORKPIECES FROM NON-MAGNETIC CORROSION-RESISTANT AUSTENITIC STEEL**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention relates to metallurgy, and in particular to methods for producing blanks and their heat treatment from non-magnetic corrosion-resistant austenitic steels, and can be used in engineering, energy, chemical and other industries that are consumers of non-magnetic corrosion-resistant austenitic steels with a combination of high strength and ductility. A method for producing bars from non-magnetic stainless austenitic steels, including preliminary hardening of bar blanks from a temperature of 1050°C, cold plastic deformation of hardened bar blanks to obtain bars, subsequent heat treatment to obtain a gradient structure

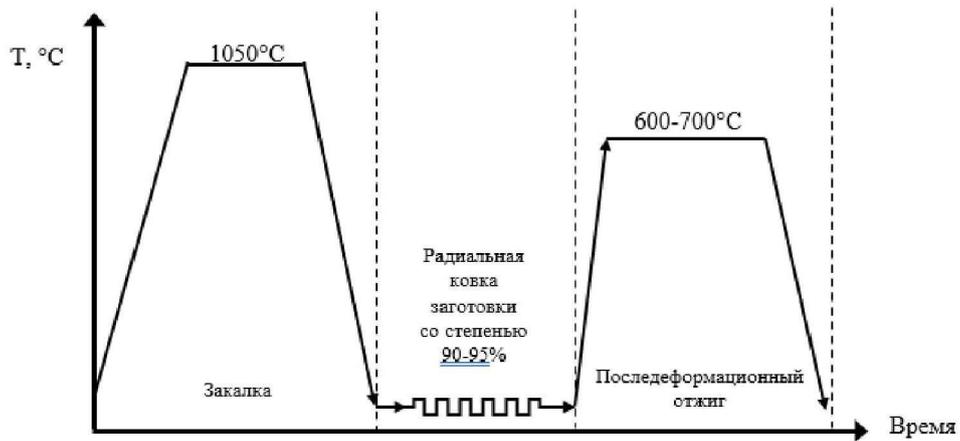
of bars and cooling in air. Bar blanks made of steel 08Kh17N13M2T are subjected to processing, cold plastic deformation of hardened bar blanks is carried out at room temperature by radial forging with a degree of deformation of 90-95%, providing a given diameter of the bars, heat treatment is carried out by accelerated heating of the bars in an air atmosphere furnace to a temperature of 600- 700°C and exposure for 1-2 hours.

EFFECT: bars with a gradient structure are characterized by high plasticity, low magnetic permeability and a high level of strength characteristics.

1 cl, 3 dwg, 1 tbl, 6 ex

RU 2 782 370 C1

RU 2 782 370 C1



Фиг. 1

RU 2782370 C1

RU 2782370 C1

Изобретение относится к металлургии, а именно к способам получения заготовок и их термической обработки из немагнитных коррозионностойких аустенитных сталей, и может быть использовано в машиностроительной, энергетической, химической и других отраслях промышленности, которые являются потребителями немагнитных коррозионностойких аустенитных сталей с сочетанием высокой прочности и пластичности.

Повышенные требования к эксплуатационным характеристикам изделий из немагнитных коррозионностойких изделий приводят к необходимости разработки способов получения немагнитных коррозионностойкой аустенитных сталей с высокими показателям прочности, пластичности и ударной вязкости, отвечающих требованиям современного рынка высокопрочных немагнитных материалов. Одним из наиболее перспективных направлений повышения всего комплекса характеристик механических свойств немагнитных коррозионностойких изделий является совершенствование механо-термической обработки таких сталей с получением объемного структурного градиента.

Известен способ упрочнения аустенитной немагнитной стали (патент RU №2405840, опубликован 10.12.2010), где для повышения предела текучести аустенитной стали при сохранении высокого уровня характеристик пластичности сталь нагревают до 1150–1250°C, охлаждают до температуры 950–1100 °С, проводят пластическую деформацию на 30% при указанных температурах с последующей выдержкой на воздухе в течение 60±5 секунд и охлаждение в воде. В результате предложенной технологии  $\sigma_B=1015-1072$  МПа,  $\sigma_{0,2}=822-913$  МПа,  $\delta=26,3-34,7\%$ . Несмотря на хорошую пластичность,  $\sigma_B$  и  $\sigma_{0,2}$  имеют недостаточно высокие показатели, помимо этого деформацию проводят при высоких температурах, что требует дополнительного контроля процесса и поддержания температуры при деформировании.

Известен способ получения высокопрочного проката аустенитной нержавеющей стали с наноструктурой (патент 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 тепловой прокатке в лист до истинной степени деформации  $\epsilon=3$  при температуре 473–673 К, которая исключает протекание мартенситного превращения, что, по-видимому, сохраняет данную сталь в немагнитном состоянии. Технический результат заключается в получении проката аустенитной нержавеющей стали с нанокристаллической структурой и повышенными прочностными свойствами:  $\sigma_B=1175$  МПа,  $\sigma_{0,2}=1070$  МПа,  $\delta=9,3\%$ . Однако, получая хорошие прочностные свойства, пластичность материала остается на низком уровне. Дополнительно, в данном способе применяется несколько операций термомеханической обработки, а именно горячую ковку и теплую прокатку, что усложняет технологию получения заготовок из нержавеющей аустенитной стали.

Известен способ получения нержавеющей стали для хирургических имплантов (патент RU №2367692, опубликован 20.09.2009). Способ включает выплавку в вакуумной индукционной печи с финишным раскислением расплава и получением первичной литой нержавеющей стали. При этом осуществляют дополнительный вакуумный переплав первичной литой нержавеющей стали в электронно-лучевой печи с получением слитка, который подвергают комплексной термомеханической обработке, включающей скоростное прессование, закалку при 1100-1150°C в воду, последующую деформацию при 20°C или 600°C с обжатием 30%, старение при 600°C в течение 100 часов. Из экспериментальной части видно, что достигается комплекс механических свойств в среднем  $\sigma_B=1200$  МПа,  $\sigma_{0,2}=1060$  МПа,  $\delta=12\%$  после деформации при 20°C и  $\sigma_B=1020$

МПа,  $\sigma_{0,2}=940$  МПа,  $\delta=22\%$  после деформации при  $600^\circ\text{C}$ . Недостатком способа являются дополнительное легирование стали дорогостоящими редкоземельными элементами, а также длительная термообработка, что в целом снижает технологичность предложенного способа и повышает себестоимость продукции. Дополнительно, при  
5 сохранении высокой пластичности не достигаются высокие пределы прочности и текучести.

Наиболее близким к заявляемому изобретению по совокупности существенных признаков является способ получения упрочненных заготовок крепежных изделий из нержавеющей аустенитной стали (патент RU №2749815, C21D 1/02, 8/00, 9/00,  
10 опубликован 17.06.2021). Способ включает предварительную закалку, пластическую деформацию методом радиальнойковки при комнатной температуре с получением заготовки крепежного изделия и последующую термическую обработку. Предварительную закалку стали 08X18H10T проводят при  $1050^\circ\text{C}$ , пластическую деформацию проводят со степенью деформации 85–90% для обеспечения заданного  
15 диаметра заготовки крепежного изделия в виде шпильки, а в качестве последующей термической обработки осуществляют отжиг при  $400\text{--}500^\circ\text{C}$  в течение 1–2 часов с последующим охлаждением на воздухе с получением градиентной структуры заготовки крепежного изделия. Технический результат заключается в уменьшении количества операций упрочнения материала заготовок с достижением комплекса механических  
20 свойств стали 08X18H10T:  $\sigma_B=1547\text{--}1592$  МПа,  $\sigma_{0,2}=1430\text{--}1566$  МПа,  $\delta=8,6\text{--}9,4\%$ .

Признаки прототипа, совпадающие с существенными признаками заявляемого изобретения: закалка материала при температуре  $1050^\circ\text{C}$ , последующая холодная пластическая деформация материала осуществляется при помощи технологии радиальнойковки, после деформации осуществляется термическая обработка, а  
25 заготовка или изделие имеет градиентную структуру.

Недостатком известного способа, принятого за прототип, является то, что при высоких значениях  $\sigma_B$  и  $\sigma_{0,2}$  пластичность находится на низком уровне, а в силу присутствия мартенсита деформации в структуре стали 08X18H10T является магнитной.

Технической задачей изобретения является комплексное повышение механических  
30 свойств, а именно одновременно прочностных свойств при получении хорошей пластичности заготовок из немагнитной коррозионностойкой аустенитной стали 08X17H13M2T, расширение области использования немагнитной коррозионностойкой аустенитной стали с градиентной структурой.

Поставленная задача решается с помощью предлагаемого способа получения прутков  
35 из немагнитных нержавеющей аустенитных сталей, включающего предварительную закалку заготовок прутков от температуры  $1050^\circ\text{C}$ , холодную пластическую деформацию закаленных заготовок прутков с получением прутков, последующую термическую обработку с получением градиентной структуры прутков и охлаждение на воздухе, причем, обработке подвергают заготовки прутков из стали 08X17H13M2T,  
40 холодную пластическую деформацию закаленных заготовок прутков осуществляют при комнатной температуре методом радиальнойковки со степенью деформации 90–95%, обеспечивающей заданный диаметр прутков, термическую обработку осуществляют путем ускоренного нагрева прутков в печи с воздушной атмосферой до температуры  $600\text{--}700^\circ\text{C}$  и выдержки в течение 1–2 часа.

45 Признаки заявляемого технического решения, отличительные от прототипа:

- немагнитная коррозионностойкая аустенитная сталь 08X17H13M2T. Данная сталь обладает повышенной устойчивостью к деформационно-индуцированному мартенситному превращению при комнатной температуре, что позволяет сохранить

немагнитность (низкий уровень магнитной проницаемости) в процессе деформации по сравнению со сталью 08X18H10T.

- степень деформации до 90–95% (истинная степень деформации 2,3–2,5). При используемых высоких степенях деформации обеспечивается значительное измельчение структуры аустенита с получением объемного структурного градиента без реализации деформационно-индуцированного мартенситного превращения, что обеспечивает немагнитность материала. Большие степени деформации приводят к шелушению поверхности прутка, а меньшие к меньшему уровню прочности.

- отжиг при температуре 600-700°C с охлаждением на воздухе обеспечивает формирование более выраженного градиента аустенитной структуры по сечению и снижению деформационных остаточных напряжений. Дополнительно при этих температурах снимаются остаточные напряжения после деформации, но не происходит катастрофическое падение прочностных характеристик. Эти факторы обеспечивают получение немагнитной коррозионностойкой аустенитной стали с сочетанием высокой прочности, релаксационной стойкости и пластичности. Большие температуры отжига вызывают значительное укрупнение структуры и соответственно падение прочности и твердости, а меньшие – получение меньшего уровня пластичности.

Отличительные признаки изобретения в совокупности с известными позволяют значительно повысить комплекс механических и физических свойств заготовок в виде прутков из немагнитных нержавеющей аустенитных сталей с градиентной структурой:  $\sigma_B=1150–1350$  МПа;  $\sigma_{0,2}=1030–1310$  МПа;  $\delta=10,5–16,1$  %; магнитная проницаемость ( $\mu$ ) края и центра прутка 1,005 и 1,059, соответственно.

Предлагаемый способ поясняется рисунками, представленными на фиг.1-3.

На фиг.1 приведена схема заявленного способа упрочнения заготовок из немагнитной коррозионностойкой аустенитной стали 08X17H13M2T.

На фиг.2 приведено распределение микротвердости в поперечном сечении прутка из стали 08X17H13M2T, подвергнутого различным последеформационным отжигам. Пруток предварительно был подвергнут закалке с 1050°C, последующей радиальной ковке со степенью деформации 90-95%.

На фиг.3 (а, б) приведены изображения микроструктуры, полученной методом просвечивающей электронной микроскопии, прутка из немагнитной коррозионностойкой стали 08X17H13M2T после упрочнения по заявленному способу с применением последеформационного отжига при температуре 700°C по примеру 5:

3а - микроструктура центра прутка;

3б - микроструктура края прутка.

Способ упрочнения заготовок из немагнитной коррозионностойкой аустенитной стали осуществляется следующим образом.

С целью получения структуры однородного по химическому составу аустенита исходного прутка из стали 08X17H13M2T перед радиальной ковкой проводили закалку с нагревом до 1050°C, выдержкой в течение 2 часов и последующим охлаждением в воде для предотвращения выделения избыточных фаз.

После закалки проводится радиальная ковка при комнатной температуре с использованием радиально-ковочной машины SXP 16. Радиальную ковку осуществляли четырьмя радиально перемещающимися бойками для получения прутка заданного диаметра, с исходного диаметра прутка 42 мм до 12 мм, что составляет 92% деформации прутка (2,5 истинной степени деформации). Пруток в процессе деформации охлаждался водой комнатной температуры. Дляковки использовали следующий режим деформации: скорость подачи заготовки – 180 мм в минуту, количество ударов бойков – 1000 ударов

в минуту, скорость вращения заготовки – 25 оборотов в минуту. Вращение прутка при ковке при одновременном воздействии четырех бойков в радиальном направлении приводит к циклической локальной деформации и получению объемного структурного градиента по сечению обрабатываемой заготовки. Далее проводили

5 последеформационный отжиг.

Последеформационный отжиг прутка из стали 08X17H13M2T после радиальнойковки проводили в интервале температур 600-700°C в течение 1-2 часов и последующим воздушным охлаждением, что сопровождается эффектом одновременного повышения характеристик прочности ( $\sigma_b$ ,  $\sigma_{0,2}$ ) и пластичности (таблица 1), что обусловлено

10 формированием объемного структурного градиента – грубой пластинчатой структуры в сердцевине (Фиг. 3а) и мелкозернистой структуры аустенита на поверхности прутка (Фиг. 3б). Отжиг при температуре ниже 600°C реализует более низкие характеристики пластичности и таком же уровне прочности, а нагрев выше 700°C вызывает катастрофическую потерю прочностных свойств несмотря на увеличение пластичности.

15 Длительность выдержки определяется временем прогрева прутка, снятием остаточных напряжений и частичным развитием возврата и первичной рекристаллизации, что и определяет получение окончательного объемного структурного градиента в поперечном сечении заготовки.

Аттестацию микроструктуры, характеристик прочности и пластичности заготовок из немагнитной коррозионностойкой аустенитной стали, полученного заявленным

20 способом, осуществляли следующим образом.

По ГОСТ 1497-84 оценивали прочностные характеристики (временное сопротивление -  $\sigma_b$ , предел текучести -  $\sigma_{0,2}$ ) и пластичность (относительное удлинение -  $\delta$ ) при одноосном растяжении при комнатной температуре со скоростью деформации 0,001

25 с-1 на универсальной машине Instron 5882. Микроструктуру определяли на просвечивающем электронном микроскопе JEOL 2100. Магнитную проницаемость определяли с использованием измерителя магнитной проницаемости FERROMASTER.

На фиг. 1 приведена схема реализации заявленного способа с отжигом.

Сравнительный анализ механических свойств упрочненных сталей по заявленному

30 способу и по прототипу приведены в таблице 1.

Пример 1. Прутки из стали 08X17H13M2T обрабатывали по следующему режиму (Таблица 1, п. 5): закалка с 1050°C (нагрев до 1050°C, выдержка 2 ч и охлаждение в воде) → радиальная ковка со степенями 85-90% без последующего отжига. В результате такой обработки получена повышенная магнитная проницаемость ( $\mu_{\text{край}}/\mu_{\text{центр}} =$

35  $1,070/1,113$ ), пониженные характеристики прочности ( $\sigma_b = 1015$  МПа;  $\sigma_{0,2} = 840$  МПа) и релаксационной стойкости ( $\sigma_{0,2}/\sigma_b = 0,82$ ). Однако пластичность находится на приемлемом уровне ( $\delta=13,5\%$ ).

Пример 2. Прутки из стали 08X17H13M2T обрабатывали по следующему режиму (Таблица 1, п. 6): закалка с 1050°C (нагрев до 1050°C, выдержка 2 ч и охлаждение в

40 воде) → радиальная ковка со степенями 90-95 % без последующего отжига. В результате такой обработки получена повышенная магнитная проницаемость ( $\mu_{\text{край}}/\mu_{\text{центр}} = 1,143/1,265$ ), пониженная пластичность ( $\delta = 9,4 \%$ ) и релаксационная стойкость ( $\sigma_{0,2}/\sigma_b = 0,88$ ). Однако характеристики прочности находятся на высоком уровне ( $\sigma_b = 1220$  МПа;  $\sigma_{0,2} = 1080$  МПа).

Пример 3. Прутки из стали 08X17H13M2T обрабатывали по следующему режиму (Таблица 1, п. 7): закалка с 1050°C (нагрев до 1050°C, выдержка 2 ч и охлаждение в

45 воде) → радиальная ковка со степенями 90-95 % → последеформационный отжиг при 500°C (нагрев до 500°C, выдержка 1-2 ч и охлаждение на воздухе). В результате такой

обработки получена повышенная магнитная проницаемость ( $\mu_{\text{край}}/\mu_{\text{центр}} = 1,060/1,125$ ) и пониженная пластичность ( $\delta = 8,5\%$ ). Наблюдается неоднородное распределение твердости в поперечном сечении с выраженным градиентом от центральной области к краю прутка (Фиг. 2). Однако характеристики прочности ( $\sigma_{\text{в}} = 1380$  МПа;  $\sigma_{0,2} = 1340$  МПа) и релаксационная стойкость ( $\sigma_{0,2}/\sigma_{\text{в}} = 0,97$ ) находятся на высоком уровне.

Пример 4. Прутки из стали 08X17H13M2T обрабатывали по следующему режиму (Таблица 1, п. 3): закалка с  $1050^{\circ}\text{C}$  (нагрев до  $1050^{\circ}\text{C}$ , выдержка 2 ч и охлаждение в воде)  $\rightarrow$  радиальная ковка со степенями 90-95 %  $\rightarrow$  последеформационный отжиг при  $600^{\circ}\text{C}$  (нагрев до  $600^{\circ}\text{C}$ , выдержка 1-2 ч и охлаждение на воздухе). В результате такой обработки получены хорошие показатели механических и физических свойств: хорошая магнитная проницаемость ( $\mu_{\text{край}}/\mu_{\text{центр}} = 1,019/1,059$ ), высокие характеристики прочности ( $\sigma_{\text{в}} = 1355$  МПа;  $\sigma_{0,2} = 1310$  МПа), релаксационной стойкости ( $\sigma_{0,2}/\sigma_{\text{в}} = 0,97$ ) и пластичности ( $\delta = 10,5\%$ ). При этом также формируется неоднородное распределение твердости в поперечном сечении с выраженным градиентом от центральной области к краю прутка (Фиг. 2) вследствие получения структурного градиента. Твердость при этом находится на том же уровне, что после отжига при  $500^{\circ}\text{C}$  (Пример 3).

Пример 5. Прутки из стали 08X17H13M2T обрабатывали по следующему режиму (Таблица 1, п. 4): закалка с  $1050^{\circ}\text{C}$  (нагрев до  $1050^{\circ}\text{C}$ , выдержка 2 ч и охлаждение в воде)  $\rightarrow$  радиальная ковка со степенями 90-95 %  $\rightarrow$  последеформационный отжиг при  $700^{\circ}\text{C}$  (нагрев до  $700^{\circ}\text{C}$ , выдержка 1-2 ч и охлаждение на воздухе). В результате такой обработки получены хорошие показатели механических и физических свойств: хорошая магнитная проницаемость ( $\mu_{\text{край}}/\mu_{\text{центр}} = 1,002/1,005$ ), высокие характеристики прочности ( $\sigma_{\text{в}} = 1145$  МПа;  $\sigma_{0,2} = 1030$  МПа), релаксационной стойкости ( $\sigma_{0,2}/\sigma_{\text{в}} = 0,90$ ) и пластичности ( $\delta = 16,1\%$ ). При этом уровень твердости несколько понижается, но градиент твердости в поперечном сечении прутка от центральной области к краю по-прежнему присутствует (Фиг. 2). В сердцевине при этом наблюдается грубая пластинчатая аустенитная структура (Фиг. 3а), а на краю прутка – мелкозернистая разносная аустенитная структура (Фиг. 3б).

Пример 6. Прутки из стали 08X17H13M2T обрабатывали по следующему режиму (Таблица 1, п. 8): закалка с  $1050^{\circ}\text{C}$  (нагрев до  $1050^{\circ}\text{C}$ , выдержка 2 ч и охлаждение в воде)  $\rightarrow$  радиальная ковка со степенями 90-95 %  $\rightarrow$  последеформационный отжиг при  $800^{\circ}\text{C}$  (нагрев до  $800^{\circ}\text{C}$ , выдержка 1-2 ч и охлаждение на воздухе). В результате такой обработки получены низкие характеристики прочности ( $\sigma_{\text{в}} = 640$  МПа;  $\sigma_{0,2} = 250$  МПа) и релаксационной стойкости ( $\sigma_{0,2}/\sigma_{\text{в}} = 0,39$ ). Однако наблюдаются хорошие показатели магнитной проницаемости ( $\mu_{\text{край}}/\mu_{\text{центр}} = 1,002/1,002$ ) и пластичности ( $\delta = 45\%$ ).

Сравнительный анализ механических свойств упрочненных заготовок в виде прутков из стали 08X17H13M2T по заявленному способу и по прототипу представлен в таблице 1.

Таблица 1

№	Способ	Сталь	Степень деформации, %	ТО после пластической деформации	Механические и физические свойства					Примечание
				$T_{\text{отж}}$ , °C	$\sigma_s$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	$\sigma_{0,2}/\sigma_s$	$\mu_{\text{центр}}/\mu_{\text{край}}$	
1	Прототип	08X18H10T	85-90	400	1592	1566	8,6	0,98	>2/ >2	Высокая магнитная проницаемость; пониженная пластичность.
2		08X18H10T	85-90	500	1547	1430	9,4	0,92	>2/ >2	Высокая магнитная проницаемость; пониженная пластичность.
3	Заявленный способ	08X17H13M2T	90-95	600	1355	1310	10,5	0,97	1,019/ 1,059	Наилучший комплекс механических и физических свойств
4		08X17H13M2T	90-95	700	1145	1030	16,1	0,90	1,002/ 1,005	
5	Значения за пределами заявленного интервала по $T_{\text{отж}}$ . Радиальная ковка $\varepsilon=90-95\%$ при $T=20^\circ\text{C}$	08X17H13M2T	85-90	-	1015	840	13,5	0,82	1,070/ 1,113	Повышенная магнитная проницаемость; пониженные характеристики прочности и релаксационной стойкости.
6		08X17H13M2T	90-95	-	1220	1080	9,4	0,88	1,143/ 1,265	Повышенная магнитная проницаемость; пониженная пластичность и релаксационная стойкость.
7		08X17H13M2T	90-95	500	1380	1340	8,5	0,97	1,060/ 1,125	Повышенная магнитная проницаемость; пониженная пластичность.
8		08X17H13M2T	90-95	800	640	250	45	0,39	1,002/ 1,002	Низкие характеристики прочности

Преимущества заявленного способа относительно прототипа состоят в том, что заявленный способ позволяет:

1. Достигнуть более высокой пластичности ( $\delta$ ) и низкой магнитной проницаемостью ( $\mu$ ) при достаточно высоком уровне прочностных характеристик, хотя и несколько уступающих прототипу, то есть улучшить комплекс механических свойств и получить немагнитное состояние прутка коррозионностойкой аустенитной стали с градиентной структурой.

2. Расширить технологические возможности обработки материала в широких диапазонах диаметров и длин заготовок и изделий с гарантией получения комплекса высоких характеристик механических и физических свойств.

3. Расширить область применения немагнитных нержавеющей аустенитных сталей типа 08X17H13M2T с градиентной мелкозернистой структурой для изготовления заготовок и изделий в различных областях промышленности.

(57) Формула изобретения

Способ получения прутков из немагнитных нержавеющей аустенитных сталей,

включающий предварительную закалку заготовок прутков от температуры 1050°C, холодную пластическую деформацию закаленных заготовок прутков с получением прутков, последующую термическую обработку с получением градиентной структуры прутков и охлаждение на воздухе, отличающийся тем, что обработке подвергают заготовки прутков из стали 08X17H13M2T, холодную пластическую деформацию закаленных заготовок прутков осуществляют при комнатной температуре методом радиальнойковки со степенью деформации 90-95%, обеспечивающей заданный диаметр прутков, термическую обработку осуществляют путем ускоренного нагрева прутков в печи с воздушной атмосферой до температуры 600-700°C и выдержки в течение 1-2 часа.

15

20

25

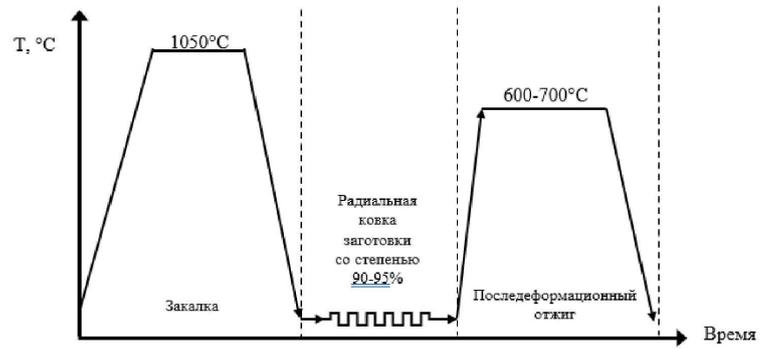
30

35

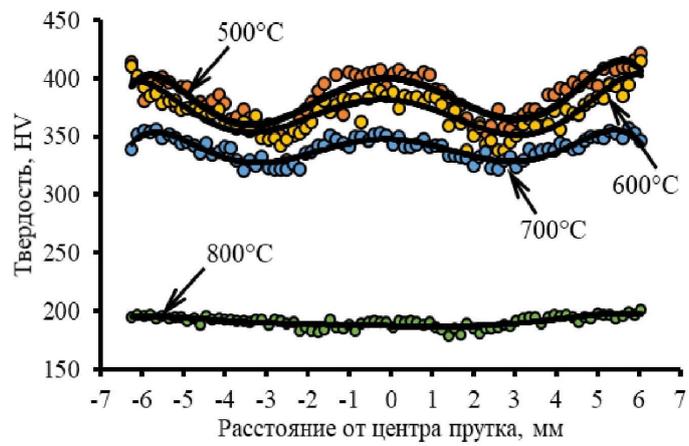
40

45

1

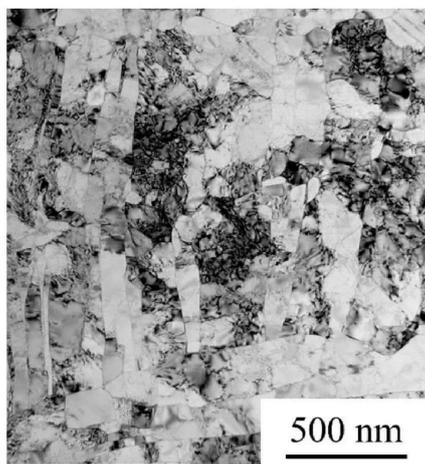


Фиг. 1

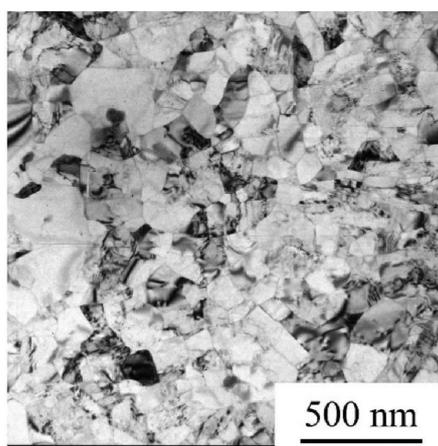


Фиг. 2

2



Фиг. 3а



Фиг. 3б