

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ  
№ 2853835

### СПОСОБ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II" (RU)*

Авторы: *Шахназаров Карэн Юрьевич (RU), Рафиков Артур Русланович (RU)*

Заявка № 2025115894

Приоритет изобретения **09 июня 2025 г.**

Дата государственной регистрации  
в Государственном реестре изобретений  
Российской Федерации **26 декабря 2025 г.**

Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает **09 июня 2045 г.**

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Ю.С. Зубов*





(51) МПК  
*C21D 1/25* (2006.01)  
*C21D 1/58* (2006.01)  
*C21D 6/00* (2006.01)  
*C21D 9/00* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

*C21D 1/25 (2025.08); C21D 1/58 (2025.08); C21D 6/00 (2025.08); C21D 9/00 (2025.08)*

(21)(22) Заявка: **2025115894, 09.06.2025**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**09.06.2025**

Дата регистрации:  
**26.12.2025**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **09.06.2025**

(45) Опубликовано: **26.12.2025** Бюл. № 36

Адрес для переписки:

**199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
 Санкт-Петербургский Горный Университет,  
 Патентно-лицензионный отдел**

(72) Автор(ы):

**Шахназаров Карэн Юрьевич (RU),  
 Рафиков Артур Русланович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное  
 образовательное учреждение высшего  
 образования "Санкт-Петербургский горный  
 университет императрицы Екатерины II"  
 (RU)**

(56) Список документов, цитированных в отчете  
 о поиске: **SU 1696511 A1, 07.12.1991. SU 1203114  
 A1, 07.01.1986. RU 2837323 C1, 28.03.2025. EP  
 3828293 B1, 12.02.2025. CN 109385510 B,  
 18.09.2020. CN 110938733 A, 31.03.2020.**

## (54) СПОСОБ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

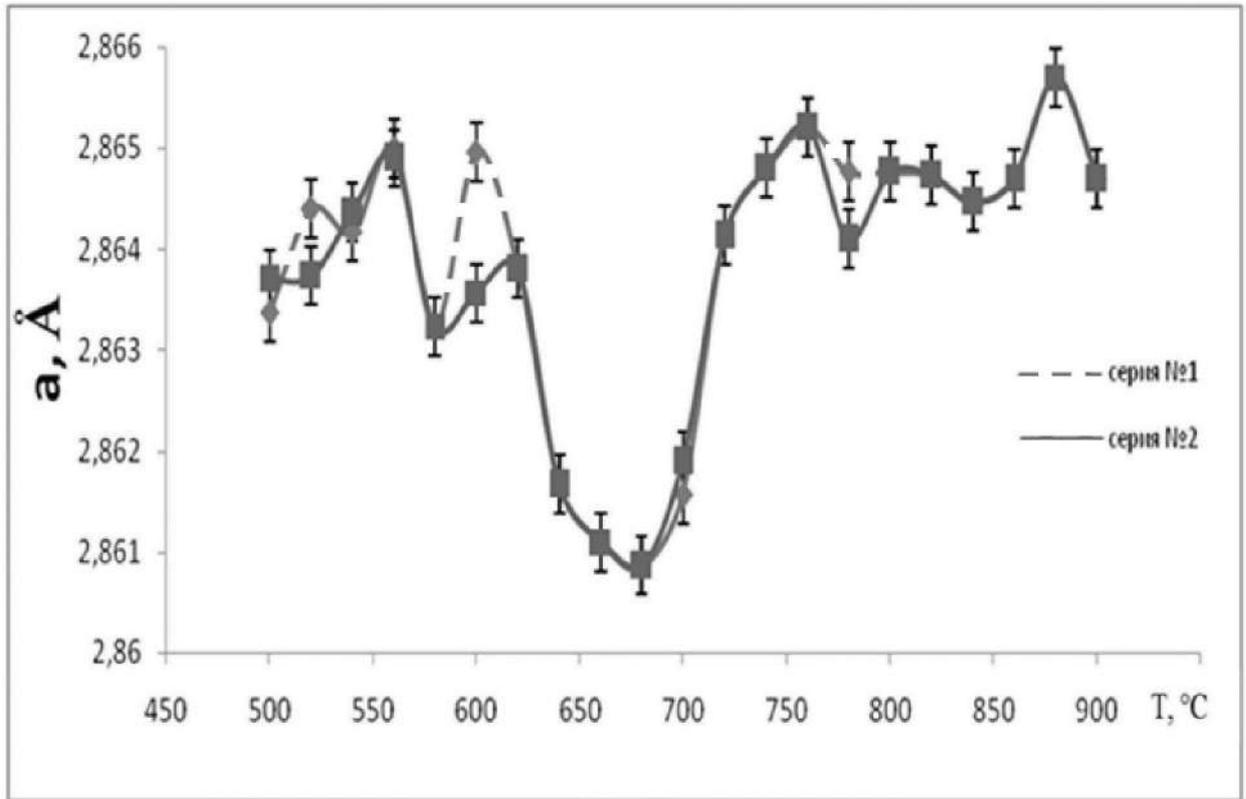
(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии. Способ термической обработки поковки из стали включает нагрев до температуры аустенизации, выдержку и охлаждение. Поковки из стали помещают в камерную печь, нагревают до температуры от 860 до 880°C и выдерживают в течение не менее 1 часа. После этого поковки переносят в закалочный бак со средой, в качестве которой используют минеральное закалочное масло Термоойл 26 или полимерную закалочную жидкость ПК-2, и выдерживают в баке до достижения поверхностными слоями поковки температуры от 640 до 660°C. После этого

поковки извлекают из бака на воздух и выдерживают в течение от 13 до 15 минут. Затем поковки переносят в закалочный бак со средой, в качестве которой используют минеральное закалочное масло Термоойл 26 или полимерную закалочную жидкость ПК-2, и выдерживают в баке до достижения температуры от 20 до 23°C на поверхности поковки. После чего поковки переносят в камерную печь и проводят нагрев при температуре от 600 до 620°C не менее 2 часов, далее поковки вынимают из печи и охлаждают. Техническим результатом является снижение коробления и повышение предела текучести. 3 ил., 1 табл.

**RU 2 853 835 C1**

**RU 2 853 835 C1**



Фиг. 3



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*C21D 1/25* (2006.01)  
*C21D 1/58* (2006.01)  
*C21D 6/00* (2006.01)  
*C21D 9/00* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*C21D 1/25 (2025.08); C21D 1/58 (2025.08); C21D 6/00 (2025.08); C21D 9/00 (2025.08)*

(21)(22) Application: **2025115894, 09.06.2025**

(24) Effective date for property rights:  
**09.06.2025**

Registration date:  
**26.12.2025**

Priority:

(22) Date of filing: **09.06.2025**

(45) Date of publication: **26.12.2025** Bull. № 36

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, Sankt-Peterburgskij Gornyj Universitet, Patentno-litsenzionnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Shakhnazarov Karen Iurevich (RU),  
Rafikov Artur Ruslanovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi universitet imperatritsy Ekateriny II» (RU)**

(54) **METHOD FOR HEAT TREATMENT OF STEEL PRODUCTS**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: method for heat treatment of steel forgings includes heating to the austenitising temperature, holding and cooling. Forgings made of steel are placed in a chamber furnace, heated to a temperature from 860 to 880°C and held for at least 1 hour. After that, the forgings are transferred to a quenching tank with a medium, mineral quenching oil Thermoil 26 or polymer quenching fluid PK-2 being used as the medium, and held in the tank until the surface layers of the forgings reach a temperature from 640 to 660°C. After that, the forgings are removed from the tank to air and held for 13 to 15 minutes. Then the

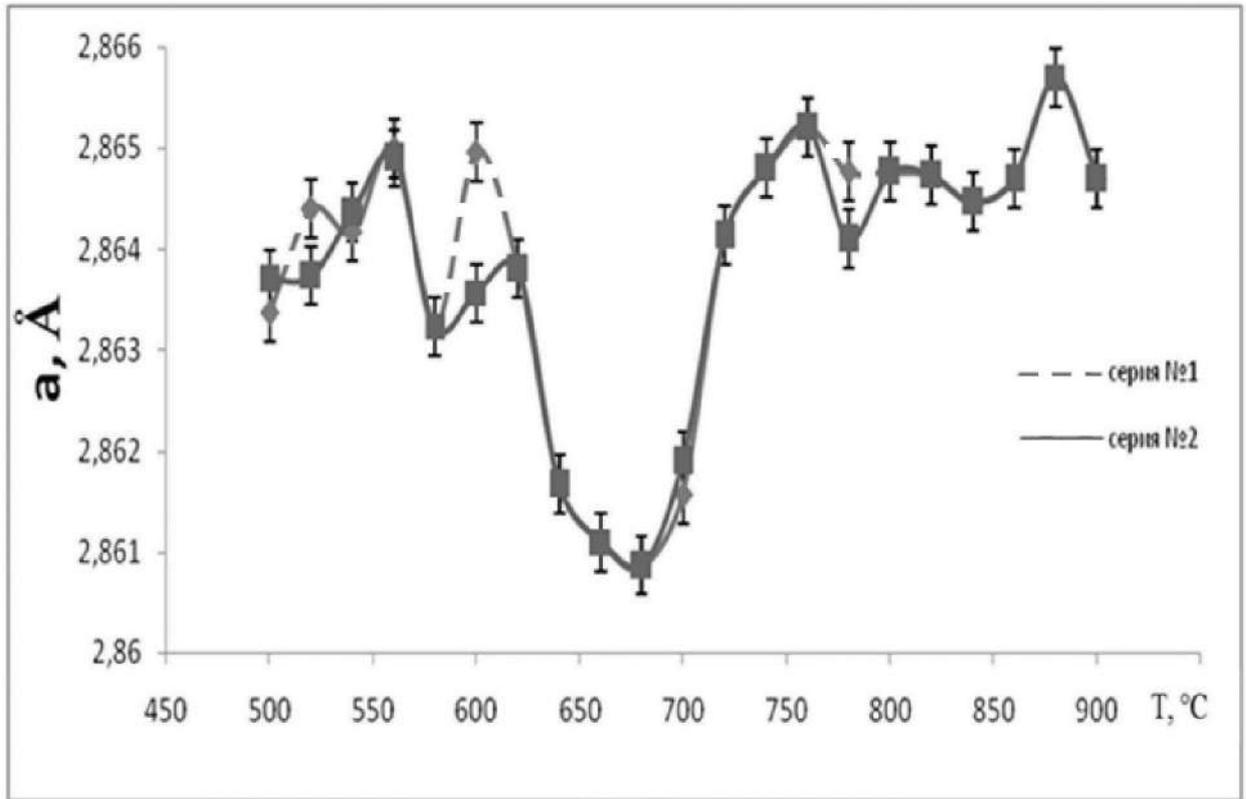
forgings are transferred to a quenching tank with a medium, mineral quenching oil Thermoil 26 or polymer quenching fluid PK-2 being used as the medium, and held in the tank until the temperature on the surface of the forgings reaches from 20 to 23°C. After which the forgings are transferred to a chamber furnace and heated at a temperature from 600 to 620°C for at least 2 hours, then the forgings are removed from the furnace and cooled.

EFFECT: reducing warping and increasing the yield strength.

1 cl, 3 dwg, 1 tbl

**RU 2 853 835 C1**

**RU 2 853 835 C1**



Фиг. 3

Изобретение относится к области металлургии и может быть использовано при закалке длинномерных стальных изделий, преимущественно цилиндрической формы диаметром 40-170 мм. В частности к поковкам из стали 36Х2Н2МФА с целью снижения коробления и повышения предела текучести.

5 Известен способ термической обработки конструкционных сталей (Патент РФ №2348701, опубл. 2009.03.10), заключающийся в закалке с последующим охлаждением в ванне с расплавленной щелочью до температуры изотермической выдержки с последующим охлаждением на воздухе.

10 Недостатком данного способа является применение для конкретных низколегированных сталей с содержанием углерода до 0,35%. Кроме того, охлаждение производится в ванне с расплавленной щелочью, что может повлечь за собой экологические последствия и причинения вреда здоровью.

15 Известен способ термической обработки инструментальной стали (Патент РФ №1062296, опубл. 1983.12.23), заключающийся в ступенчатой закалке с последующим охлаждением в масле и отпуском двух разных инструментальных сталей.

Недостатком данного способа является необходимость в нагреве до 1205-1220°C, что приводит к окислению стали.

20 Известен способ термической обработки конструкционных сталей на высокопрочное состояние (Патент РФ №2506320, опубл. 2014.02.10), заключающийся в закалке конструкционной стали на мартенсит с последующим воздействием на нее пульсирующего дозвукового воздушного потока с определенными частотой и звуковым давлением при комнатной температуре.

25 Недостатком данного способа является увеличение производственного цикла, заключающегося в предварительном воздействии на изделие пульсирующего дозвукового воздушного потока, имеющего частоту 1130-2100 Гц и звуковое давление 120-140 дБ.

30 Известен способ термической обработки крупных поковок (авторское свидетельство СССР №1528798, опубл. 1989.12.15), заключающийся в термоциклической обработке поковок около точки  $A_{c1}$ . Обработка ведется таким образом, что перегрев относительно точки  $A_{c1}$  осуществляется на 5-20°C, а охлаждение - до температур выше начала мартенситного превращения. При этом количество циклов должно обеспечивать первоначальное значение температуры  $A_{c1}$ .

35 Недостатком данного способа является в необходимости проведения термоциклической обработке вблизи температуры  $A_{c1}$ , что значительно увеличивает продолжительность полного цикла термической обработки.

40 Известен способ термической обработки стальных изделий (авторское свидетельство СССР №1696511, опубл. 1991.12.07), принятый за прототип, включающий нагрев до аустенизации, выдержку и охлаждение в среде с чередованием с максимальной и минимальной охлаждающей способностью.

Недостатком данного способа является необходимость наличия нескольких видов охлаждающих сред: минимальной, максимальной и промежуточной, снижение предела текучести, а также повышенное биение заготовок.

45 Техническим результатом является снижение коробления и повышение предела текучести.

Технический результат достигается тем, что поковки из стали помещают в камерную печь, нагревают до температуры от 860 до 880°C и выдерживают в течение не менее 1 часа, после этого поковки переносят в закалочный бак со средой, в качестве которой

используют минеральное закалочное масло Термоойл 26 или полимерную закалочную жидкость ПК-2, и выдерживают в баке до достижения поверхностными слоями поковок температуры от 640 до 660°C, после этого поковки извлекают из бака на воздух и выдерживают в течение от 13 до 15 минут, затем поковки переносят в закалочный бак со средой, в качестве которой используют минеральное закалочное масло Термоойл 26 или полимерную закалочную жидкость ПК-2, и выдерживают в баке до достижения температуры от 20 до 23°C на поверхности поковок, после чего поковки переносят в камерную печь и проводят нагрев при температуре от 600 до 620°C не менее 2 часов, далее поковки вынимают из печи и охлаждают.

Способ поясняется следующими фигурами.

Фиг. 1 - график зависимости усредненного по трем точкам уширения дифракционных максимумов линии  $V_{110}$  по двум сериям эксперимента от температуры отпуска чистого железа с содержанием углерода 0,008% после предварительной закалки от 1050°C.

Фиг. 2 - график зависимости усредненного по трем точкам уширения дифракционных максимумов линии  $V_{220}$  по двум сериям эксперимента от температуры отпуска чистого железа с содержанием углерода 0,008% после предварительной закалки от 1050°C.

Фиг. 3 - график зависимости усредненного по трем точкам параметра решетки ( $a$ ) по двум сериям эксперимента от температуры отпуска чистого железа с содержанием углерода 0,008% после предварительной закалки 1050°C.

Способ осуществляется следующим образом. Поковки из стали, например, марки 36X2H2MФА помещают в камерную печь с выдвижным подом, нагревают до температуры от 860 до 880°C выдерживают в течение не менее 1 часа. После этого поковку переносят из печи в закалочный бак со средой с максимальной охлаждающей способностью, например, в минеральном закалочном масле Термоойл 26 с пониженным содержанием серы, с присадками антиоксидантов, модуляторов и детергентов вязкости или в полимерной закалочной жидкости ПК-2, состоящей из акриловых полимеров, лигносульфонатов, биоцидов и воды до достижения температуры контролируемой с помощью контактной хромель-алюмелевой термопары Тип К ТХА, поверхностных слоев изделия от 640 до 660°C. После чего поковки извлекают из бака на воздух и выдерживают в течение от 13 до 15 минут. Далее переносят в закалочный бак со средой с максимальной охлаждающей способностью, например, в минеральном закалочном масле Термоойл 26 с пониженным содержанием серы, с присадками антиоксидантов, модуляторов и детергентов вязкости или в полимерной закалочной жидкости ПК-2, состоящей из акриловых полимеров, лигносульфонатов, биоцидов и воды до достижения температуры контролируемой с помощью контактной хромель-алюмелевой термопары Тип К ТХА, до достижения комнатной температуры от 20 до 23°C поверхности изделия. После проведения закалки поковки переносят в камерную печь с выдвижным подом для проведения высокого отпуска при температуре от 600 до 620°C, контролируемой с помощью контактной хромель-алюмелевой термопары Тип К ТХА, с выдержкой не менее 2 часов. После отпуска поковки вынимают из печи и охлаждают на воздухе до температуры от 20 до 230°C.

Для проверки радиального биения поковки устанавливают в прибор ПБ-250М, после чего производятся замеры радиального биения в миллиметрах, данные фиксируют и передают для обработки на персональный компьютер. Далее из поковки вырезают образцы 20 на 350 мм на 1/2 радиуса поковки. Образцы помещают в разрывную машину Р-50 и проводят испытания на растяжения, полученные данные передают для обработки на персональный компьютер.

Способ поясняется следующими примерами.

Для проведения эксперимента были выбраны поковки из стали 36Х2Н2МФА диаметром от 40 до 170 мм и длиной 400 мм. Поковки были подвергнуты термической обработке, заключающейся в аустенитизации при температуре от 850 до 910°C.

Наилучшие результаты по уменьшению биения и повышению предела текучести были достигнуты при температурах от 860 до 880°C в образцах 2-4, 8-13, 15-17, 20-22, 24-26 (таблица 1). Время выдержки варьировалось от 30 до 80 минут. Снижение времени выдержки менее 60 минут в образцах 1, 5-7, 14, 18, 19, 23 (таблица 1) приводит к существенному снижению предела текучести. Проведение аустенитизации ниже указанного интервала температур снижает предел текучести в образцах 1, 14, 18, 19, 23 (таблица 1), что вероятно связано с неполным растворением легирующих элементов стали в аустените. Повышение температуры аустенитизации выше указанного интервала приводит к росту зерна аустенита в образцах 5-7 (таблица 1), что также снижает предел текучести, а также повышенному расходу электроэнергии.

Выбор данного интервала подстуживания от 630 до 670°C связан с тем, что в переохлажденном аустените стали 36Х2Н2МФА в данном интервале температур происходят процессы, связанные с образованием в мартенсите, полученном в результате ступенчатой закалки, равновесных областей, имеющих повышенное содержание углерода, ванадия и молибдена, которые при последующем высоком отпуске являются зародышами для образования карбидов, обеспечивая им высокую дисперсность и равномерность распределения, тем самым повышая предел текучести поковок. При последующем отпуске в интервале температур от 600 до 620°C эти микронеоднородности являются зародышами для образования карбидов, обеспечивая им высокую дисперсность и равномерность распределения, что приводит к повышению предела текучести поковок. Поскольку в стали 36Х2Н2МФА 95% атомов это атомы железа, то превращение в железе с содержанием углерода 0,008%, подтвержденное рентгеноструктурным анализом проведенным с помощью дифрактометра ДРОН-2 с диаграммным потенциометром. Скорость вращения счетчика составляла 2 град/мин, а скорость диаграммной ленты - 1800 мм/час. В качестве источника излучения использовалась рентгеновская трубка с медным анодом. Ускоряющее напряжение 25 кВ, ток устанавливался в пределах от 10 до 25 мА. Предел измерения и постоянную времени экспериментально подбирали для каждого образца, таким образом, чтобы исследуемые рентгеновские профили имели достаточную ширину и интенсивность в интервале от 60 до 90 относительных единиц. Исследование проводили дважды на одних и тех же образцах. На фиг. 1-3 приведены данные по двум сериям эксперимента.

Данные проведенного рентгеноструктурного анализа на фиг. 1 свидетельствуют об остром минимуме уширения дифракционных максимумов линии  $V_{110}$  в интервале температур от 630 до 670°C, что свидетельствует о превращении в тонкой структуре железа в указанном диапазоне температур.

Данные представленные на фиг. 2 свидетельствуют об остром минимуме уширения дифракционных максимумов линии  $V_{220}$  в интервале температур от 630 до 670°C, что также свидетельствует о превращении в тонкой структуре железа в указанном диапазоне температур.

Данные представленные на фиг. 3 свидетельствуют об остром минимуме параметра решетки ( $a$ ) в интервале температур от 630 до 670°C, что также свидетельствует о превращении в тонкой структуре железа в указанном диапазоне температур.

Подстуживание проводилось в интервале времени от 13 до 15 минут, в течение которого не происходит распада аустенита на феррито-карбидную смесь в образцах 2-4, 8-10, 11-13, 15-17, 20-22, 24-26 (таблица 1). Уменьшение или увеличение времени

выдержки при подстуживании в интервале температур от 630 до 670°C в образцах 1, 5-7, 14, 18, 19, 23 (таблица 1) приводит к существенному снижению предела текучести.

После проведения закалки проводился высокий отпуск в интервале температур от 590 до 640°C с временем выдержки от 80 до 130 минут. Проведение отпуска ниже 600°C температуры отпуска приводит к пониженным значениям предела текучести в образцах 1, 14, 18, 19, 23 (таблица 1), а проведение отпуска выше 620°C приводит к пониженным значениям предела текучести, а также к повышенному расходу электроэнергии в образцах 5, 17, 22, 26 (таблица 1) по сравнению с температурой отпуска от 600 до 620°C в образцах 2-4, 6-13, 15, 16, 20, 21, 24, 25 (таблица 1). Время выдержки при отпуске варьировалось от 80 до 130 мин. Пониженные значения предела текучести образцов 1, 2, 3, 6, 7, 10, 11, 14, 16, 18, 21, 23, 25 (таблица 1) могут быть связаны с недостаточным временем выдержки при температуре отпуска, не обеспечивающим достаточно полное выделение карбидной фазы. После отпуска поковки вынимают из печи и охлаждают на воздухе до температуры от 20 до 23°C.

Наилучшими показателями обладают образцы 2-4, 8-10, 11-13, 15-17, 20-22, 24-26 (таблица 1), полученные предложенным способом с биением от 0,45 до 0,65 мм и пределом текучести от 630 до 720 МПа.

Способ, благодаря проведению ступенчатой закалки с подстуживанием, приводит к уменьшению коробления, определяемого по снижению радиального биения и повышению предела текучести поковок.

Таблица 1 - Экспериментальные данные

№ п/п	Размеры поковок, мм	Температура аустенизации, °С	Время выдержки при температуре аустенизации, мин	Температура, при которой проводится подстуживание, °С	Время подстуживания, мин	Температура отпуска, °С	Время выдержки при температуре отпуска, мин	Предел текучести, МПа	Биение, мм
1	40x400	850	30	630	5	590	80	520	0,70
2	40x400	860	60	640	13	600	100	690	0,65
3	40x400	870	70	650	14	610	110	700	0,65
4	40x400	880	80	660	15	620	120	720	0,60
5	40x400	890	45	670	8	630	130	550	0,75
6	40x400	900	50	660	20	600	100	600	0,75
7	40x400	910	55	650	25	610	110	610	0,80
8	80x400	860	60	640	13	610	120	680	0,65
9	80x400	870	70	650	14	600	130	690	0,60
10	80x400	880	80	660	15	620	110	710	0,50
11	110x400	860	60	640	13	600	110	690	0,55
12	110x400	870	70	650	14	610	120	700	0,65
13	110x400	880	80	660	15	620	130	680	0,65
14	130x400	850	40	620	7	590	100	530	0,80
15	130x400	860	60	640	13	600	130	710	0,65
16	130x400	870	70	650	14	620	110	720	0,50
17	130x400	880	80	660	15	640	120	620	0,55
18	130x400	850	35	620	25	590	100	520	0,90
19	160x400	850	40	620	25	590	100	510	0,75
20	160x400	860	60	640	13	600	130	680	0,65
21	160x400	870	70	650	14	620	110	660	0,60
22	160x400	880	80	660	15	640	120	690	0,55
23	170x400	850	50	620	5	590	100	510	0,80
24	170x400	860	60	640	13	600	130	710	0,55
25	170x400	870	70	650	14	620	110	720	0,50
26	170x400	880	80	660	15	640	120	630	0,45

(57) Формула изобретения

Способ термической обработки поковок из стали, включающий нагрев до температуры аустенизации, выдержку и охлаждение, отличающийся тем, что поковки из стали помещают в камерную печь, нагревают до температуры от 860 до 880°C и выдерживают в течение не менее 1 часа, после этого поковки переносят в закалочный бак со средой, в качестве которой используют минеральное закалочное масло Термоойл 26 или полимерную закалочную жидкость ПК-2, и выдерживают в баке до достижения поверхностными слоями поковок температуры от 640 до 660°C, после этого поковки извлекают из бака на воздух и выдерживают в течение от 13 до 15 минут, затем поковки переносят в закалочный бак со средой, в качестве которой используют минеральное закалочное масло Термоойл 26 или полимерную закалочную жидкость ПК-2, и выдерживают в баке до достижения температуры от 20 до 23°C на поверхности поковок, после чего поковки переносят в камерную печь и проводят нагрев при температуре от 600 до 620°C не менее 2 часов, далее поковки вынимают из печи и охлаждают.

15

20

25

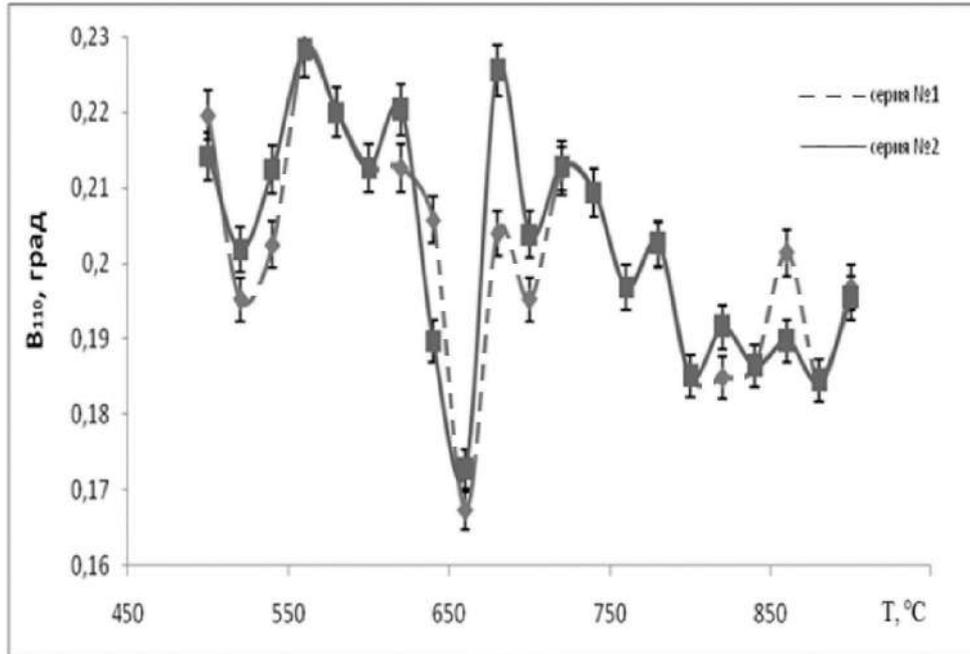
30

35

40

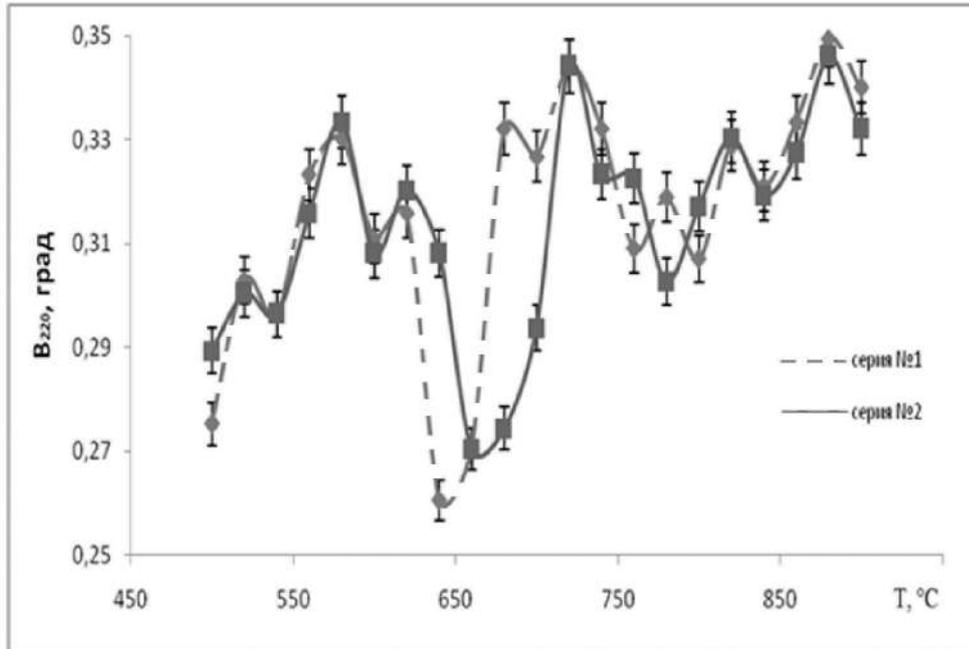
45

1

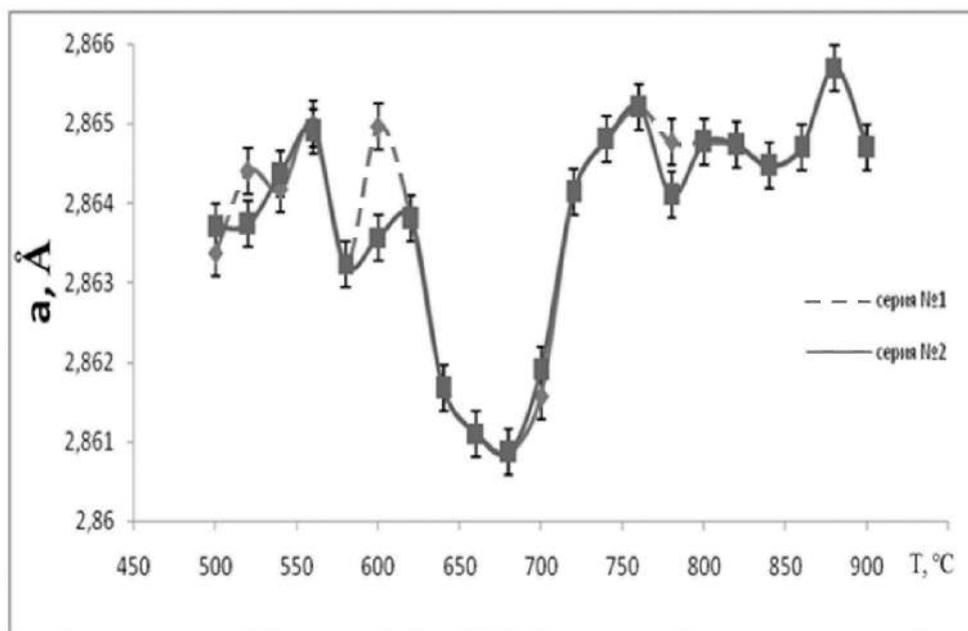


Фиг. 1

2



Фиг. 2



Фиг. 3