

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2800258

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ДРОБЯЩИХ ПЛИТ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК

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

Авторы: *Болобов Виктор Иванович (RU), Иванов Юрий Сергеевич (RU)*

Заявка № 2022132279

Приоритет изобретения 09 декабря 2022 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 19 июля 2023 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 09 декабря 2042 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B02C 1/10 (2023.05)

(21)(22) Заявка: 2022132279, 09.12.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.12.2022

Дата регистрации:
19.07.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.12.2022

(45) Опубликовано: 19.07.2023 Бюл. № 20

Адрес для переписки:
190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,
ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный
университет", Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Болобов Виктор Иванович (RU),
Иванов Юрий Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

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

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: SU 328179 А, 02.02.1972. RU 2756554
С1, 01.10.2021. RU 124189 U1, 20.01.2013. RU
2675423 С2, 19.12.2018. CN 101455986 А,
17.06.2009. CN 101709403 А, 19.05.2010.

(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ДРОБЯЩИХ ПЛИТ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК

(57) Реферат:

Изобретение относится к изготовлению износостойких конструкций, используемых в дробильном оборудовании с возвратно-поступательным движением рабочих органов. Способ заключается в изготовлении отливок из высокомарганцовистой стали, закалке и выдержке в печи. При этом плиты выполняют в форме отдельных секций, заготовку секции в течение от 2,1 до 2,3 часов нагревают до температуры от

1100 до 1200°C и выдерживают в печи при температуре от 1100 до 1200°C в течение от 2,7 до 2,9 часов. После выдерживания заготовку секции в течение от 25 до 35 секунд штампуют в закрытом штампе штамповочного прессы с усилием 200МН, после чего заготовку секции закаливают в воде. Способ обеспечивает повышение износостойкости плит щековой дробилки. 5 ил., 1 табл.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
B02C 1/10 (2023.05)

(21)(22) Application: **2022132279, 09.12.2022**

(24) Effective date for property rights:
09.12.2022

Registration date:
19.07.2023

Priority:

(22) Date of filing: **09.12.2022**

(45) Date of publication: **19.07.2023** Bull. № 20

Mail address:

**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, FGBOU
VO "Sankt-Peterburgskij gornyj universitet",
Patentno-litsenziionnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Bolobov Viktor Ivanovich (RU),
Ivanov Iurii Sergeevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

(54) **METHOD FOR MANUFACTURING WEAR-RESISTANT CRUSHING PLATES FOR JAW CRUSHERS**

(57) Abstract:

FIELD: crushing equipment.

SUBSTANCE: method consists in making castings from high-manganese steel, hardening and soaking in a furnace. The plates are made in the form of separate sections, the section blank is heated for 2.1 to 2.3 hours to a temperature of 1100 to 1200°C and soaked in a furnace at a temperature of 1100 to 1200°C for 2.7 to

2.9 hours. After soaking, the section blank is forged for 25 to 35 seconds in a closed die of a stamping press with a force of 200MN, after which the section blank is quenched in water.

EFFECT: improved wear resistance of jaw crusher plates.

1 cl, 5 dwg, 1 tbl

RU 2 800 258 C 1

RU 2 800 258 C 1

Изобретение относится к изготовлению износостойких конструкций, используемых в дробильном оборудовании с возвратно-поступательным движением рабочих органов.

Известен способ повышения износостойкости (патент RU № 2293792, опубл. 20.02.2007) стальных изделий, включающий диффузионное насыщение поверхности стальных изделий карбидообразующими элементами путем выдержки стального изделия в легкоплавком свинцовом или свинцово-висмутовом расплаве, содержащем в растворенном состоянии титан. Для исключения образования под покрытием обезуглероженного слоя перед нанесением покрытий изделие подвергают кратковременной цементации длительностью 20-30 минут при температуре 950-1050°C. Техническим результатом изобретения является повышение износостойкости стальных изделий, испытывающих в процессе эксплуатации механические нагрузки.

Недостатком данного способа является то, что он не обеспечивает исключение образования под формирующимся покрытием на базе титана мягкого, относительно основы и покрытия, подслоя.

Известен способ повышения износостойкости изделий за счет осаждения из газовой фазы покрытий на базе нитрида титана (Витязь П.А., Дубровская Г.Н., Кирилук Л.М. Газофазное осаждение покрытий из нитрида титана. - Минск: Наука и техника, 1983. - 96 с.). Данный способ заключается в нагреве исходного изделия из нитрида титана до температуры испарения. Испарение вещества происходит, когда с повышением температуры средняя колебательная температура его частиц возрастает настолько, что становится выше энергии связи с другими частицами, и они покидают поверхность. В результате испарения или сублимации вещества переходят в паровую фазу.

Недостатком данного способа является высокая хрупкость получившегося покрытия и слабая адгезионная связь покрытия с материалом изделия.

Известен способ повышения износостойкости стальных изделий, заключающийся в диффузионном насыщении их поверхностных слоев титаном из среды легкоплавких жидкометаллических растворов (А.Г.Соколов, В.П.Артемьев. Повышение эксплуатационных свойств инструмента методами диффузионной металлизации. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2006.). Нанесение покрытий данным способом осуществляется путем выдержки изделия в легкоплавком свинцовом или свинцово-висмутовом расплаве, содержащем в растворенном состоянии титан. В результате выдержки изделия в расплаве происходит адсорбция титана на поверхности изделия, а также диффузия титана вглубь изделия. При этом, так как титан является сильным карбидообразующим элементом, он забирает углерод из цементита стали и образует собственные карбиды, которые выделяются на поверхности изделия. Карбиды титана обладают очень высокой твердостью, что обеспечивает изделию высокую износостойкость и коррозионную стойкость.

Недостатком данного способа является то, что при нанесении титана на поверхности чугунного изделия образуется очень хрупкое покрытие, это связано с содержанием большого количества углерода в чугуне. Покрытия, формирующиеся на чугуне, скалываются с поверхности изделия при его охлаждении после процесса титанирования.

Известен способ повышения износостойкости путем получения диффузионного покрытия (авторское свидетельство SU № 1145051A1 опубл. 15.03.1985), включающий титанирование при 1000-1030°C в порошкообразной засыпке при пониженном давлении в течение 0,5-1 ч. с последующим карбонитрированием, при этом карбонитрирование проводят в среде четыреххлористого углерода при давлении 270-300 Па, и осуществляют в атмосфере азота с добавлением четыреххлористого углерода в количестве 1-2 г на 1 м² обрабатываемой поверхности.

Недостатком данного способа является то, что одновременная адсорбция из насыщающей среды титана и углерода приводит к образованию на поверхности изделия слоя карбида титана, диффузионно не связанного с основным материалом покрываемого изделия, что снижает прочность сцепления покрытия с основой. При этом само покрытие
 5 обладает очень высокой твердостью и хрупкостью. Кроме этого, использование четыреххлористого углерода в настоящее время запрещается вследствие его негативного влияния на озоновый слой Земли и высокой канцерогенности.

Известен способ повышения износостойкости отливок из высокомарганцовистых сталей для изготовления изнашивающихся частей горного оборудования (авторское
 10 свидетельство SU 328179, опубл. 02.11.1972), принятый за прототип, обеспечивающий повышение стойкости в условиях ударного износа на 90% при сохранении уровня ударной вязкости, путем термической обработки отливок, включающий выбивку отливок из формы при температуре на 230-250°C выше линии выделения карбидов из аустенита, которая составляет 1150°C, последующую выдержку при температуре на
 15 180-200°C выше линии выделения карбидов из аустенита, которая составляет 1100°C и последующую закалку в воде.

Недостатком данного способа является слишком быстрая потеря заданной геометрии после выбивки детали при резком перепаде температуры, а также высокая скорость охлаждения при пониженных температурах, что приводит к возникновению больших
 20 структурных напряжений и создает опасность возникновения трещин и в следствие этого, растрескивание и коробление деталей, что приводит к ускоренному изнашиванию после их охлаждения, и, как следствие, с дальнейшей потребностью в дополнительной механической обработке детали.

Техническим результатом является повышение износостойкости плит щековой
 25 дробилки.

Технический результат достигается тем, что плиты выполняют в форме отдельных секций, заготовку секции в течение от 2,1 до 2,3 часов нагревают до температуры от 11000С до 12000С и выдерживают в печи при температуре от 11000С до 12000С в течение
 30 от 2,7 до 2,9 часов, после выдерживания заготовку секции в течение от 25 до 35 секунд штампуют в закрытом штампе штамповочного пресса с усилием 200МН, после чего заготовку секции закалывают в воде

Способ поясняется следующими фигурами:

- фиг. 1 – моделирование процесса штамповки секции плиты;
- фиг. 2 – моделирование процесса штамповки треугольного выступа секции плиты;
- 35 фиг. 3 – график зависимости интенсивности деформации в слое металла выступа от радиуса притупления, соответствующего данному слою;
- фиг. 4 – график зависимости усилия штамповки от перемещения штампа;
- фиг. 5 – термограмма процесса изготовления дробящей плиты.

Способ осуществляется следующим образом. Отдельные секции плиты изготавливают
 40 из высокомарганцевой стали, например, марки 110Г13Л, также известной как сталь Гадфильда. Основной особенностью этой стали является то, что под действием динамических нагрузок происходит ее самоупрочнение вплоть до 600НВ.

Сначала изготавливают деревянные модели заготовки будущей секции плиты. Далее выполняют полости в опоках, помещая данную деревянную модель в формовочную
 45 смесь, и создают литниковую систему, которую заполняют жидким металлом. После остывания формы на воздухе извлекают полученную отливку.

Далее проводят нагрев полученной отливки заготовки будущей секции плиты в печи до температуры от 1100 °С до 1200 °С. Время нагрева в печи, определяют по формуле:

$$T_{\text{нагр}} = K_{\text{л}} \alpha_{\text{укл}} D_{\text{заг}}, \text{ где}$$

(1)

$K_{\text{л}}$ – коэффициент, учитывающий вид стали;

$\alpha_{\text{укл}}$ – коэффициент, зависящий от способа укладки отливок в печи;

$D_{\text{заг}}$ – диаметр заготовки, размер условного сечения, м.

Исходя из расчетов, нагрев заготовки секции производится от 2,1 до 2,3 часов. Далее выдерживают заготовку в печи в течение от 2,7 до 2,9 часов при температуре от 1100°C до 1200°C. После выдержки в печи полученную заготовку штампуют в закрытом штампе штамповочного пресса с усилием 200 МН, в течение от 25 до 35 секунд, после чего закаляют в воде. Перед непосредственной эксплуатацией данные плиты монтируются на щековой дробилке с помощью болтовых соединений, отверстия для которых присутствуют на каждой изготавливаемой секции. Высота выступов равна высоте выступа стандартной плиты, для отсутствия необходимости изменять угол захвата дробилки.

Данная секционная конструкция даёт возможность заменять в процессе работы не целую плиту или совершать её переворачивание, а заменять только конкретную износившуюся секцию. Также секционная конструкция даёт возможность применить операцию штамповки для итогового повышения износостойкости и ресурса плиты.

Способ поясняется следующим примером.

Полученную методом литья в песчано-глинистую форму заготовку из стали

Гадфильда предлагается нагревать до температуры от 1100°C до 1200°C в печи. Важно подобрать рациональное время нагрева, т.к. при слишком быстром повышении температуры возможно образование трещин, а слишком медленный нагрев нецелесообразен с точки зрения организации технологического процесса изготовления плит.

$$T_{\text{нагр}} = K_{\text{л}} \alpha_{\text{укл}} D_{\text{заг}} = 20 * 1 * 0,11 = 2,2 \text{ ч} \quad (2)$$

где $K_{\text{л}} = 20$ для легированной стали; $\alpha_{\text{укл}} = 1$, как для заготовок уложенных отдельно;

$D_{\text{заг}} = 0,11$ м условное сечение секции, м.

Далее выдерживаем заготовку секции при температуре от 1100°C до 1200°C в течение от 2,7 до 2,9 ч, из расчета 1,5 минут на 1 мм условного сечения или 25 ч/м:

$$T_{\text{выд}} = 25 \cdot D_{\text{заг}} = 25 \cdot 0,11 = 2,75 \text{ ч}, \quad (3)$$

где $D_{\text{заг}} = 0,11$ м - условное сечение секции, м.

Далее штампуют секцию в закрытом штампе. Штамповка производится в течение 30 секунд с окончанием штамповки при температуре от 600°C до 700°C, так как при более низких температурах существенно возрастает сопротивление материала поковки пластической деформации.

Для подбора необходимого штамповочного оборудования при моделировании процесса течения металла в программе Deform-3D производился замер усилия при штамповке (фиг. 4), максимальное значение которого составило 102,72 МН.

Следовательно, потребуется пресс УЗТМ с усилием 200 МН.

В таблице 1 и графике (фиг. 3) представлены интенсивности деформации различных слоев металла по высоте выступа от его вершины и соответствующий каждому слою

радиус притупления R_B выступа, увеличивающийся по мере истирания металла при работе дробилки.

Таблица 1 – распределение интенсивности пластической деформации, полученное в результате моделирования в программе Deform-3d

| Соответствующий радиус притупления выступа, мм | Интенсивность пластической деформации ϵ_i |
|--|--|
| 3-10 | 0,85 |
| 10-25 | 0,82 |
| 25-50 | 0,76 |
| 50-75 | 0,67 |
| 75-100 | 0,60 |
| 100-125 | 0,58 |

После завершения операции штамповки полученная секция дробящей плиты закаливается в воде.

Данный способ описывает термограмма процесса изготовления плит штамповкой в виде графика зависимости температуры изделия от времени (фиг. 5).

Исходя из полученных данных (таблица 1), наибольшая интенсивность деформации ϵ_i имеет место в слоях металла, прилегающих к вершине исходного выступа. Так для слоев, соответствующих радиусу притупления выступа $R_B = 3 - 10$ мм среднее значение ϵ_i составляет величину $\sim 0,85$, что обеспечивает, повышение износостойкости плиты до 17%. По мере истирания металла и увеличения радиуса выступа величина ϵ_i уменьшается и имеет значение для $R_B = 100 - 110$ только 0,58. То есть уменьшается в 1,5 раза.

Указанное соотношение между радиусом притупления выступа и интенсивностью пластической деформации металла в поверхностном слое этого выступа удовлетворительно экстраполируется прямой (фиг.3.) и описывается уравнением вида

$$\epsilon_i = -0,003 \cdot R_B + 0,879. \quad (4)$$

Далее рассчитываем значение показателя ресурса и срока службы плиты, состоящей из секций, и сравниваем с цельной конструкцией плиты.

Исходя из результатов компьютерного моделирования по распределению интенсивности деформации в сегменте плиты, полученной в результате высокотемпературной обработки давлением (фиг. 1, 2), уравнение для определения ресурса $Q_{\text{рес}}'$ подвижной и неподвижной дробящих плит, состоящих из фрагментов и полученных высокотемпературной обработкой давлением, имеет вид:

| | |
|--|--|
| $Q_{\text{рес}}' = \frac{\int_{R_{B0}}^{R_{Bmax}} (m_{\text{п}} + m_{\text{н}}) (0,2 \cdot (-0,003 \cdot R_B + 0,879) + 1) k_1 k_2 k_3 dR_B}{\gamma q_p (R_{Bmax} - R_{B0})}, \quad (5)$ | |
| $Q_{\text{рес}}' = 197700 \text{ м}^3, \quad (6)$ | |
| $T = \frac{197700}{311,04} = 636 \text{ ч.} \quad (7)$ | |

Подстановка параметров плиты в уравнение позволила получить значение ресурса $Q_{рес}'$ модифицированных плит равное **197 700 м³**.

С учетом того, что срок службы дробилки Т составит 636 часов, это значение превышает срок службы стандартных плит на 77 часов.

Таким образом, как показывают расчеты, ресурс плиты, подвергнутой в процессе изготовления высокотемпературной обработке давлением, на 14% процентов превышает срок службы литой плиты, не подвергнутой высокотемпературной обработке давлением.

При выполнении всех операций, согласно описанному способу изготовления, был достигнут технический результат – повышение износостойкости плит щековой дробилки, за счет применения процесса штамповки при изготовлении отдельных секций.

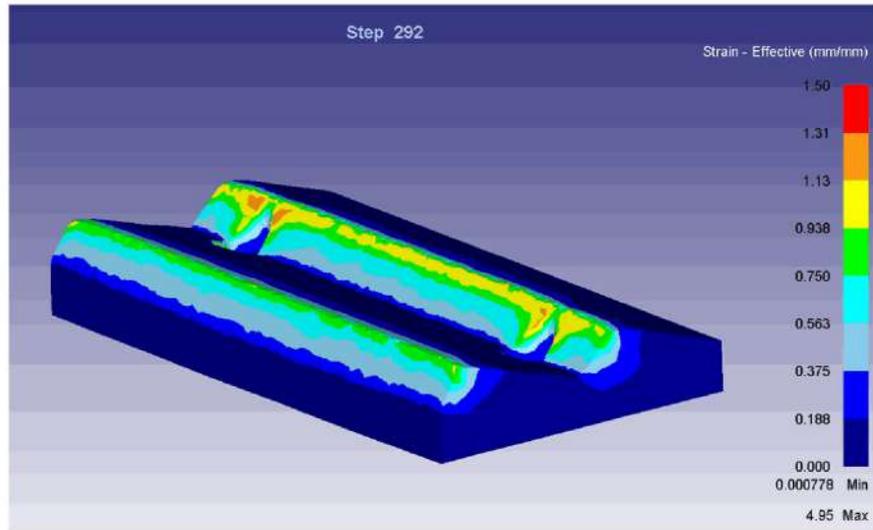
С учетом проведенных ранее опытов с проверкой повышения сопротивления стали 110Г13Л изнашиванию на 40% после применения горячего пластического деформирования, показано практическое применение термомеханической обработки при изготовлении плит, позволившее повысить износостойкость их материала при контакте с абразивом в условиях работы дробилки.

Таким образом, в результате штамповки отдельных секций плиты в сочетании с их закалкой, металл выступов секций, подвергающийся при работе плиты интенсивному изнашиванию, получает интенсивную пластическую деформацию, сохраняющуюся закалке, что обеспечивает придание выступам, и как следствие, всей плите повышенной износостойкости.

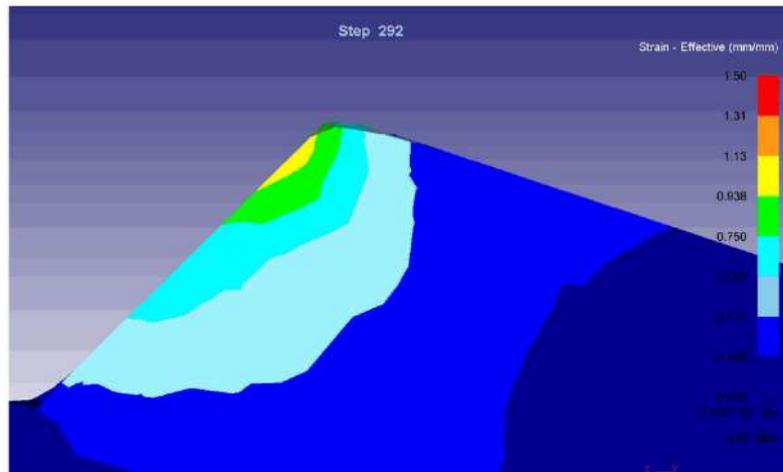
(57) Формула изобретения

Способ изготовления износостойких дробящих плит щековых дробилок, включающий изготовление отливок из высокомарганцовистой стали, закалку и выдержку в печи, отличающийся тем, что плиты выполняют в форме отдельных секций, заготовку секции в течение от 2,1 до 2,3 часов нагревают до температуры от 1100 до 1200°С и выдерживают в печи при температуре от 1100 до 1200°С в течение от 2,7 до 2,9 часов, после выдерживания заготовку секции в течение от 25 до 35 секунд штампуют в закрытом штампе штамповочного прессы с усилием 200МН, после чего заготовку секции закалывают в воде.

1

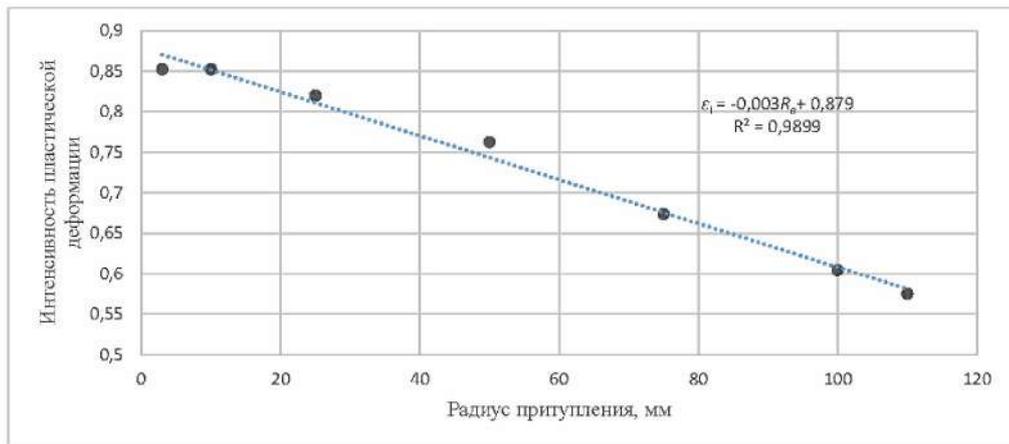


Фиг. 1

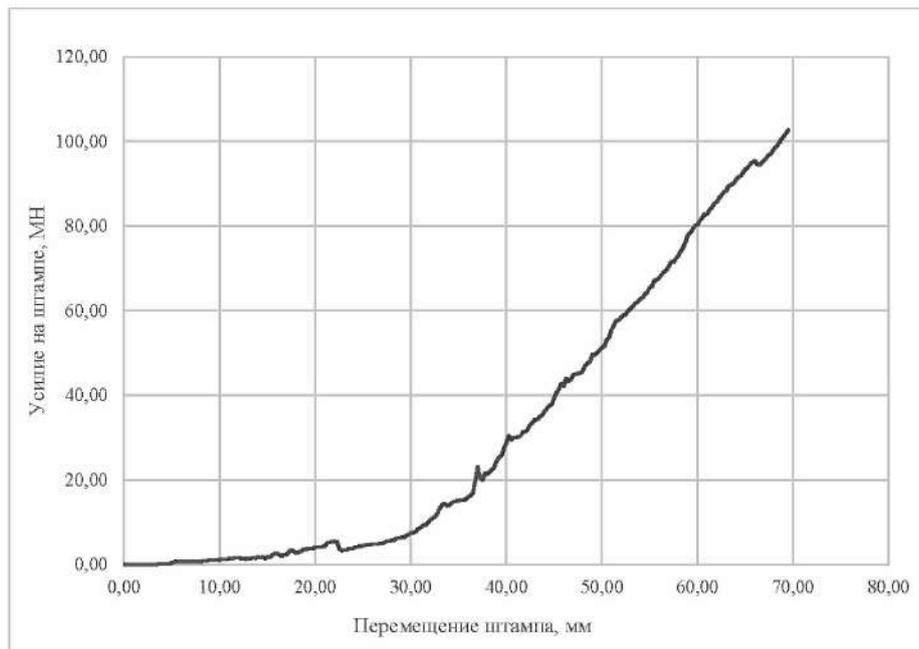


Фиг. 2

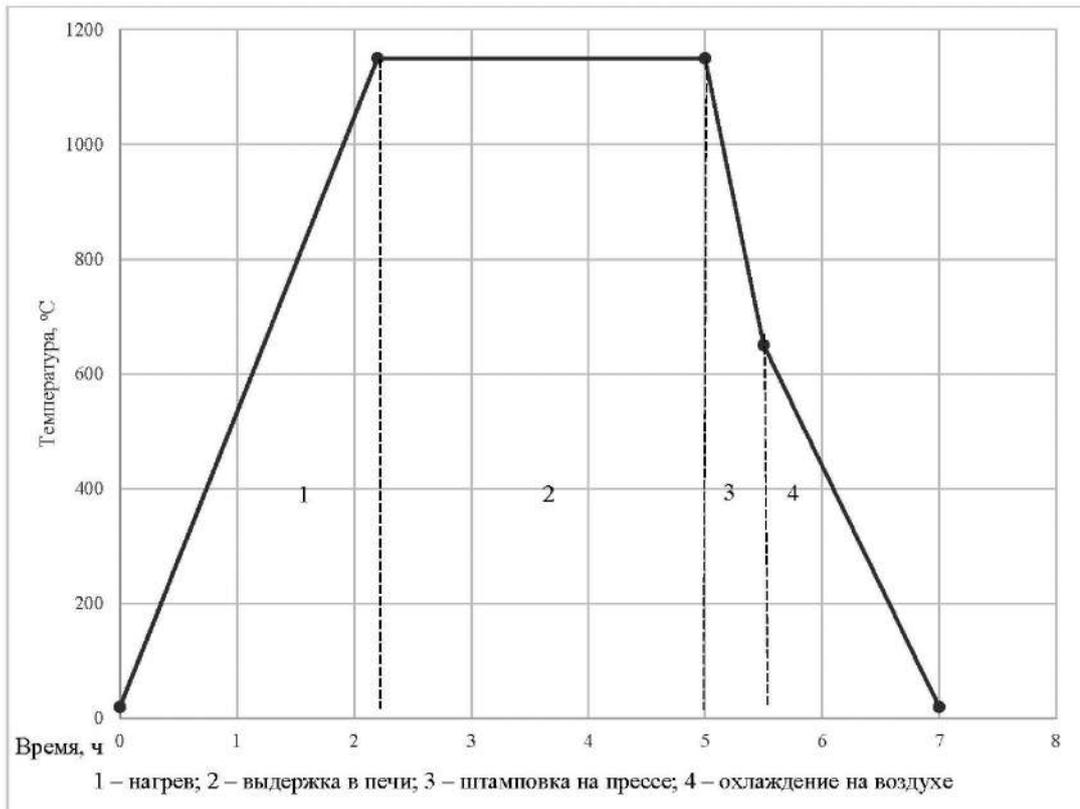
2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5