

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2804202

СПОСОБ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛЬНОЙ ЗАГОТОВКИ АУСТЕНИТНОГО КЛАССА С ДРОБЛЕНИЕМ СТРУЖКИ

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

Авторы: *Максаров Вячеслав Викторович (RU), Нгуен Ван Дао (RU), Ефимов Александр Евгеньевич (RU)*

Заявка № 2023101748

Приоритет изобретения 27 января 2023 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 26 сентября 2023 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 27 января 2043 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B23B 1/00 (2023.08)

(21)(22) Заявка: 2023101748, 27.01.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.01.2023

Дата регистрации:
26.09.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.01.2023

(45) Опубликовано: 26.09.2023 Бюл. № 27

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

(72) Автор(ы):

Максаров Вячеслав Викторович (RU),
Нгуен Ван Дао (RU),
Ефимов Александр Евгеньевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

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

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2641444 C2, 17.01.2018. SU
1583216 A1, 07.08.1990. SU 1161251 A1,
15.06.1985. US 20180043504 A1, 15.02.2018. DE
4290891 T0, 13.05.1993.

(54) СПОСОБ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛЬНОЙ ЗАГОТОВКИ АУСТЕНИТНОГО КЛАССА С ДРОБЛЕНИЕМ СТРУЖКИ

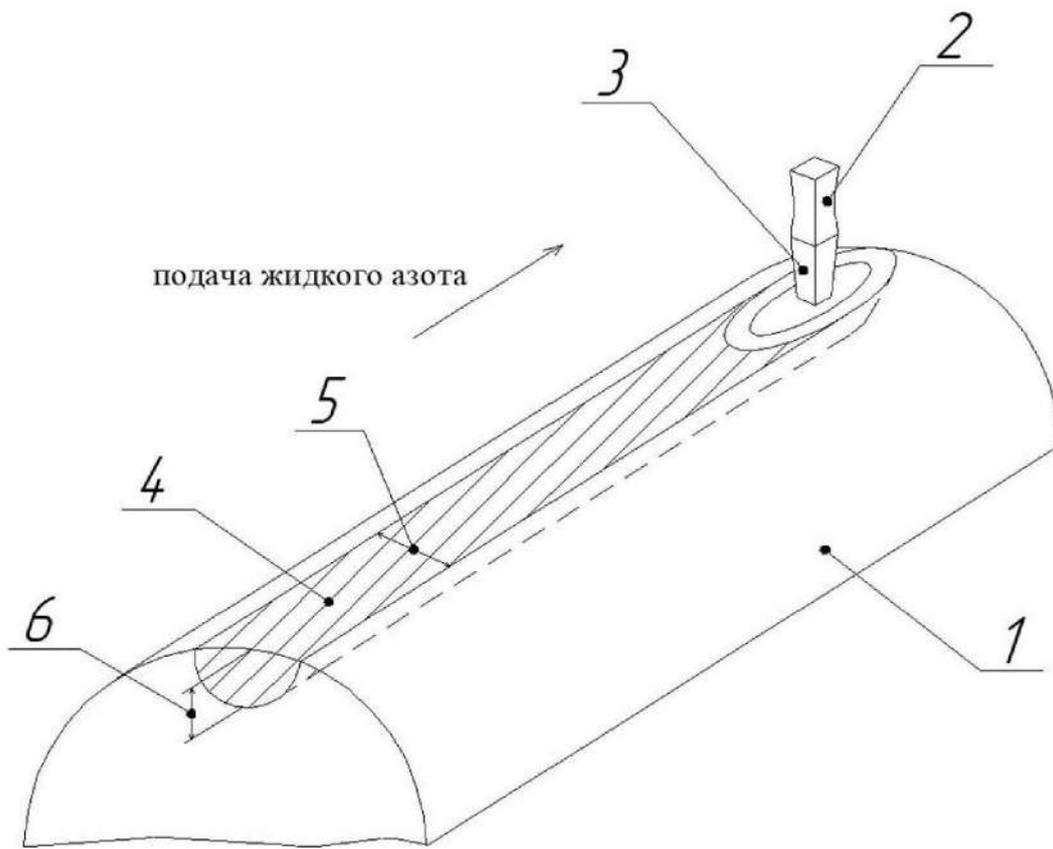
(57) Реферат:

Изобретение относится к области механической обработки и предназначено для обработки сталей аустенитного класса. Способ механической обработки стальной заготовки с дроблением стружки включает предварительную подготовку обрабатываемой поверхности путем термического воздействия на глубину снимаемого припуска. Предварительную подготовку осуществляют по прямой траектории параллельно оси заготовки под прямым углом к обрабатываемой поверхности путем локального криогенного непрерывного воздействия жидким азотом под давлением от 0,2 МПа до 0,5 МПа и температуре от - 120 до - 130°C. Пятно контакта диаметром $d_{л}$ обеспечивает структурные превращения и фазовые переходы в аустенитной

стали на глубину от 0,3 до 0,5 величины снимаемого припуска и формирует метастабильную структуру, с которой снимают слой металла режущим инструментом на глубину резания t_p , которая должна превышать глубину метастабильной структуры. Частоту пересечений плоскостью резания с зоной локального криогенного воздействия f_m определяют исходя из диаметра заготовки D_3 , необходимой скорости резания V_p м/мин и длины образуемых отрезков $L_{лр}$ прямой стружки зависимостью $f_m = \pi D_3 n_3 / 60 L_{лр} \xi = 1000 V_p / 60 L_{лр} \xi$. Обеспечивается повышение надежности дробления сливной стружки при механической обработке нержавеющей аустенитных сталей. 7 ил.

RU 2 804 202 C1

RU 2 804 202 C1



Фиг. 1

RU 2804202 C1

RU 2804202 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
B23B 1/00 (2023.08)

(21)(22) Application: **2023101748, 27.01.2023**

(24) Effective date for property rights:
27.01.2023

Registration date:
26.09.2023

Priority:

(22) Date of filing: **27.01.2023**

(45) Date of publication: **26.09.2023** Bull. № 27

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

**Maksarov Viacheslav Viktorovich (RU),
Nguen Van Dao (RU),
Efimov Aleksandr Evgenevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

(54) **METHOD FOR MECHANICAL PROCESSING OF AUSTENITIC CLASS STEEL BLANK WITH CHIP CRUSHING**

(57) Abstract:

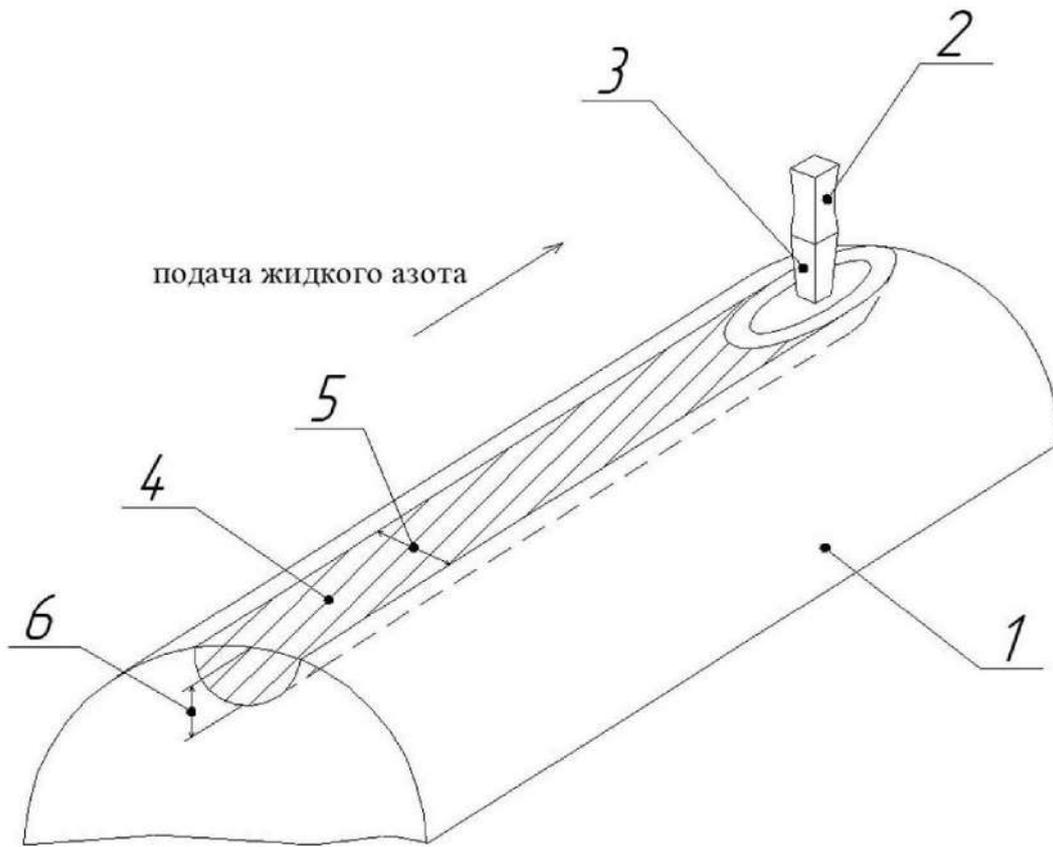
FIELD: mechanical processing.

SUBSTANCE: invention is intended for the processing of steels of the austenitic class. The method of mechanical treatment of a steel billet with chip crushing includes preliminary preparation of the machined surface by thermal action on the depth of the allowance to be removed. Preliminary preparation is carried out along a straight path parallel to the axis of the workpiece at right angles to the surface being treated by local cryogenic continuous exposure to liquid nitrogen under pressure from 0.2 MPa to 0.5 MPa and temperature from -120 to -130°C. A contact patch with a diameter d_p ensures structural transformations and phase transitions in austenitic steel to a depth of 0.3 to

0.5 of the allowance being removed and forms a metastable structure from which the metal layer is removed with a cutting tool to a cutting depth t_p , which should exceed depth of the metastable structure. The frequency of intersections of the cutting plane with the zone of local cryogenic impact f_m is determined based on the diameter of the workpiece D_w , the required cutting speed V_c m/min and the length of the formed segments L_{str} straight chips by the dependence $f_m = \pi D_w n_w / 60 L_{str} \xi = 1000 V_c / 60 L_{str} \xi$.

EFFECT: increased reliability of crushing of drain chips during machining of austenitic stainless steels.

1 cl, 7 dwg



Фиг. 1

RU 2804202 C1

RU 2804202 C1

Изобретение относится к области механической обработки и предназначено для обработки сталей нержавеющей аустенитного класса. Основным требованием являются обеспечение сегментирования и дробления стружки, с последующим обеспечением качества поверхностей обрабатываемой стальной заготовки.

5 Известен способ дробления стружки (авторское свидетельство SU № 664753, опубл. 30.05.1979 г.), при котором стружку завивают в спираль, диаметр которой вписывается в область термического влияния дуги, а затем осуществляют дополнительную ориентацию стружки в направлении, перпендикулярном оси ее перемещения с помощью свободно вращающегося на оси ролика.

10 Недостатком является необходимость обеспечивать изменение ориентации стружки в зависимости от изменяющихся режимов резания и размеров припуска в рабочем пространстве технологического оборудования с помощью свободно вращающегося на оси ролика.

15 Известен способ механической обработки с подогревом (авторское свидетельство SU № 665983, опубл. 05.06.1979 г.), заключающиеся в том, что для осуществления дробления стружки создаются периодические кратковременные воздействия импульса тока плазматрона на поверхность резания для нанесения стружкоразделительных канавок.

20 Недостатком является наличие ударных нагрузок на режущий клин при прохождении стружкоразделительных канавок, приводящих к возникновению вибраций резца и снижению стойкости режущего инструмента. Помимо этого, одновременное совмещение нанесения канавок и лезвийной обработки для устойчивой сегментации стружки является технологически сложным процессом.

25 Известен способ механической обработки с подогревом (авторское свидетельство SU № 860936, опубл. 07.09.1981 г.), при котором перед резцом на поверхности резания источником-плазмотроном на пересечении поверхности резания и обработанной поверхности, образуют канавку при помощи нагрева слоя металла, подлежащего удалению до температуры, при которой его механические свойства изменяются, с последующим удалением обычным резцом.

30 Недостатком способа является возможность обеспечения стружкодробления исключительно на технологических операциях обдирки литых и кованных слитков, что является энергозатратным процессом.

35 Известен способ механической обработки труднообрабатываемых материалов с подогревом срезаемого слоя (авторское свидетельство SU № 982847, опубл. 23.12.1982 г.), в соответствии с которым осуществляют локальный нагрев срезаемого слоя выше температуры рекристаллизации металла.

40 Недостатком способа является высокий коэффициент износа режущего кромки лезвийного инструмента, вызванного тем, что в зоне резания образуются высокие температуры из-за одновременного опережающего нагрева срезаемого слоя и операции точения, приводящего к увеличению вязкости обрабатываемого металла, что не позволяет обеспечить равномерную сегментацию сливной стружки.

45 Известен способ механической обработки с дроблением стружки (авторское свидетельство SU № 1024155, опубл. 23.06.1983 г.), включающий нагрев обрабатываемой поверхности заготовки, осуществляемый газовой горелкой по винтовой линии с последующим охлаждением.

Недостатком способа является неустойчивость сегментирования стружки при механической обработке на различных режимах вследствие неопределенности параметров теплового воздействия и несогласованности их с параметрами механической

обработки, приводя к неравномерным нагрузкам на режущий инструмент.

Известен способ механической обработки с дроблением стружки (патент РФ № 2578875, опубл. 27.03.2016 г.), включающий нагрев обрабатываемой поверхности заготовки пламенем газовой горелки, при этом ось факела расположена по касательной к обрабатываемой поверхности, за счёт чего на этапе механической обработки обеспечивается безударное врезание лезвийного инструмента, вследствие параллельного расположения главной режущей кромки, в линию с локальным термическим воздействием, что приводит к дроблению стружки вследствие изменения упругих ее свойств.

Недостатком способа является длительный нагрев поверхностного слоя и низкая скорость охлаждения после термической обработки. Сформировавшаяся структура неравномерно распределяется в поверхностном слое по объёму термического воздействия, приводя в процессе резания к периодическим ударным нагрузкам инструмента, что сказывается на кинетике изнашивания режущей кромки, а также понижает надёжность стружкодробления.

Известен способ лазерно-механической обработки (авторское свидетельство SU № 1583216, опубл. 07.08.1990 г.), с целью повышения точности и расширения технологических возможностей, включающий нагрев заготовки лучом лазера, охлаждения её до температуры окружающей среды, причем глубину лазерного воздействия определяют из соотношения $h_c - f \leq t \leq h_c$, где h_c - глубина лазерного воздействия; f - допустимая глубина дефектного слоя; t - глубина резания.

Недостатком предлагаемого способа является скалывание режущей кромки по передней и задней поверхности в результате ударной нагрузки инструмента об упрочнённый слой с микротвёрдостью $H = 165 \text{ кг/мм}^2$, что не позволит достичь снижения шероховатости по параметру R_z в 2.5 раза.

Известен способ механической обработки стальной заготовки с дроблением стружки (патент РФ № 2641444, опубл. 17.01.2018 г.), принятый за прототип, включает предварительную подготовку обрабатываемой поверхности путем нагрева непрерывным лазерным лучом на глубину снимаемого припуска. Лазерный луч перемещают по прямой траектории с линейной скоростью и с постоянными мощностью излучения и длиной волны под углом наклона к обрабатываемой поверхности заготовки в пределах от 75° до 80° в виде сфокусированного светового пятна, диаметр которого выбирают из условия обеспечения плотности мощности, достаточной для фазовых превращений в структуре заготовки на глубину припуска и формирования в ней локальной метастабильной зоны с измененными упругими свойствами, пересечение которой с плоскостью резания обеспечивает сегментацию и дробление стружки. Достигается повышение надежности стружкодробления.

Недостатком является высокая динамическая силовая нагрузка на вершину резца, образованной передней и вспомогательной режущей кромкой, возникающая при соударении с метастабильной структурой, сформированной на глубину припуска, что приводит к снижению стойкости, возникновению механических дефектов на вершине и формирующих её прилегающих кромках, увеличению вибраций, ухудшению шероховатости поверхности, снижению сегментирующих свойств. Кроме того, лазерное воздействие приводит к большим энергетическим затратам.

Техническим результатом является повышение надежности дробления сливной стружки при механической обработке нержавеющих аустенитных сталей.

Технический результат достигается тем, что предварительную подготовку осуществляют по прямой траектории параллельно оси заготовки под прямым углом к обрабатываемой поверхности путем локального криогенного непрерывного воздействия жидким азотом под давлением от 0,2 МПа до 0,5 МПа и температуре от - 120 до - 130°С, при этом пятно контакта диаметром d_{II} обеспечивает структурные превращения, и фазовые переходы в аустенитной стали на глубину от 0,3 до 0,5 величины снимаемого припуска и формирует метастабильную структуру, с которой снимают слой металла режущим инструментом на глубину резания t_p , которая должна превышать глубину метастабильной структуры, при этом частота пересечений плоскостью резания с зоной локального криогенного воздействия f_m определяются исходя из диаметра заготовки D_3 , необходимой скорости резания V_p м/мин и длины образуемых отрезков $L_{пр}$ прямой стружки зависимостью

$$f_m = \pi D_3 n_3 / 60 L_{пр} \xi = 1000 V_p / 60 L_{пр} \xi, \text{ где}$$

ξ - коэффициент продольной усадки стружки,

n_3 - частота вращения заготовки, об/мин,

D_3 - диаметр цилиндрической заготовки, мм,

$L_{пр}$ - длина отрезков прямой стружки, мм,

а длину отрезков прямой стружки $L_{пр}$, мм, которые образуются при точении заготовок и предварительно подвергнутых локальному криогенному воздействию, определяют по формуле:

$$L_{пр} = \pi d_c L_B / h_c, \text{ где}$$

L_B - длина образуемых отрезков витой стружки;

h_c - шаг витка стружки, мм;

d_c - диаметр витка стружки.

Способ механической обработки стальной заготовки аустенитного класса с дроблением стружки поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 - схема предварительного локального криогенного воздействия на поверхность цилиндрической заготовки;

фиг. 2 - схема процесса механической обработки заготовки с метастабильной структурой;

фиг. 3 - микроструктура поверхностного слоя заготовки из стали 45X14H14B2M с зоной криогенного воздействия;

фиг. 4 - графическая зависимость влияния давления на глубину метастабильной структуры при различных значениях температуры криогенного воздействия;

фиг. 5 - стружки при точении с локальным криогенным воздействием в области параметров выше линии a-b;

фиг. 6 - стружки при точении с локальным криогенным воздействием в области параметров a-b-c-d;

фиг. 7 - стружки при точении с локальным криогенным воздействием в области параметров ниже линии c-d; где:

1 - цилиндрическая заготовка;

2 - устройство с жидким азотом;

3 - сопло устройства с жидким азотом;

4 - метастабильная структура;

5 - ширина метастабильной структуры;

- 6 - глубина метастабильной структуры;
- 7 - режущий инструмент;
- 8 - стружка;
- 9 - поверхностный слой;
- 5 10 - зона локального криогенного воздействия;
- 11 - исходная структура.

Способ осуществляется следующим образом. На стадии предварительной технологической подготовки, к локальной поверхности цилиндрической заготовки 1

10 (фиг. 1) с исходной структурой 11 (фиг. 3) с диаметром D_3 под прямым углом β° подводится устройство с жидким азотом 2. Сопло устройства с жидким азотом 3 настраивается на поверхности цилиндрической заготовки 1 таким образом, чтобы пятно контакта диаметром d_n обеспечивало структурные превращения, и фазовые переходы в аустенитной стали на глубину от 0,3 до 0,5 величины снимаемого припуска и формирования в её поверхностном слое структурной зоны с измененными свойствами.

15 Соплу устройства с жидким азотом 2 сообщают линейное перемещение v_k параллельно осевой линии цилиндрической заготовки 1 по поверхностному слою 9 (фиг. 3). Через сопло устройства с жидким азотом 3 происходит непрерывная подача локального криогенного воздействия под давлением от 0,2 МПа до 0,5 МПа и температурой в диапазоне от -120° до -130°C . В результате происходят фазовые превращения из аустенита в мартенсит, что формирует метастабильную структуру 4 шириной 5 и глубиной 6 (фиг. 1). Метастабильная структура 10 (фиг. 3) формируется в поверхностном слое 9 и в исходной структуре 11 заготовки.

25 На этапе механической обработки цилиндрической заготовке 1 диаметром D_3 с метастабильной структурой 4 придается вращение с частотой n_3 . В результате происходит срез слоя металла режущим инструментом 7 на глубину резания t_p , которая должна превышать глубину метастабильной структуры 6 (фиг. 2). При этом частота пересечения плоскостью резания с зоной локального криогенного воздействия f_p определяется исходя из диаметра заготовки D_3 , необходимой скорости резания V_p м/мин и длины образуемых отрезков L_B витой стружки 8 зависимостью:

$$f_p = \pi D_3 n_3 / 60 L_{пр} \xi = 1000 V_p / 60 L_{пр} \xi,$$

где: ξ - коэффициент продольной усадки стружки;

35 n_3 - частота вращения заготовки, об/мин;

$L_{пр}$ - длина отрезков прямой стружки.

Длина отрезков прямой стружки $L_{пр}$, мм, образующейся при точении заготовок, предварительно подвергнутых локальному криогенному воздействию, определяется по формуле:

$$40 L_{пр} = \pi d_c L_B / h_c,$$

где: L_B - длина образуемых отрезков витой стружки;

h_c - шаг витка стружки, мм;

d_c - диаметр витка стружки.

45 При пересечении режущим инструментом 7 зоны с метастабильной структурой 4 происходит сегментация сливной стружки 8 на равные участки в диапазоне L_B от 100 до 200 мм.

Предлагаемый способ механической обработки стальной заготовки аустенитного

класса с дроблением стружки позволяет: существенно снизить динамические нагрузки на режущий инструмент и колебательный процесс при механической обработке; увеличить стойкость режущих кромок резцов; обеспечить устойчивое сегментирование сливной стружки.

5 Способ поясняется следующим примером. Устройством осуществляют нанесение жидкого азота под прямым углом $\beta^\circ = 90^\circ$ на поверхность заготовки из стали 45X14H14B2M.

На стадии предварительной технологической подготовки, к локальной поверхности
10 цилиндрической заготовки диаметром $D_3 = 50$ мм под прямым углом $\beta^\circ = 90^\circ$ подводится устройство с жидким азотом. Сопло устройства с жидким азотом настраивается на поверхность цилиндрической заготовки под прямым углом к обрабатываемой поверхности и осуществляет с линейной скоростью по прямой траектории параллельно оси заготовки локальное криогенное воздействие жидким
15 азотом под давлением в диапазоне $P_{ЛКВ}$ и при температуре $T_{ЛКВ}$. В поверхностном слое заготовки по прямой траектории параллельно оси заготовки создается пятно контакта диаметром $d_{л}$ криогенного воздействия, которое осуществляет фазовый структурный переход из аустенита в мартенсит в обрабатываемой стали на глубину
20 $t_{ЛКВ}$ что позволяет сформировать метастабильную структуру с измененными свойствами по сравнению с исходным материалом заготовки. На металлографическом микроскопе мод. МИМ8М наблюдается структура поверхностного слоя заготовки из стали 45X14H14B2M с зоной локального криогенного воздействия (фиг. 3).

Проводя эксперименты при разных значениях температуры локального криогенного
25 воздействия от -100°C до -150°C , полученные глубины метастабильной структуры с увеличением давления локального криогенного воздействия от 0,1 МПа до 0,6 МПа, действующего на поверхности заготовки, увеличивается с 0,1 мм до 0,75 мм (фиг.4). Так как необходимые значения глубины локального криогенного воздействия находятся в диапазоне 0,3 мм до 0,5 мм, поэтому нужно выбрать температуру и давление
30 локального криогенного воздействия так, чтобы обеспечивать устойчивую сегментацию и дробление стружки на равные участки.

Исходя из экспериментальных исследований получена графическая зависимость, позволяющая определить параметры устойчивой сегментации и дробления стружки. В области параметров выше линии a-b (фиг. 4) при осуществлении локальных криогенных
35 воздействий происходит сегментация стружки, но концентратора напряжения недостаточно для осуществления ее дробления. В области параметров a-b-c-d (фиг. 4) происходит устойчивая сегментация и дробление стружки. В области параметров ниже линии c-d (фиг. 4) при осуществлении локальных криогенных воздействий не происходит сегментация стружки, так как концентратор напряжения не достаточный для сегментации
40 стружки;

Таким образом, для обеспечения устойчивой сегментации и дробления стружки, можно выбрать температуру локального криогенного воздействия от -120°C до -130°C и давления локального криогенного воздействия от 0,2 МПа до 0,5 МПа. При этом глубина метастабильной структуры равна от 0,3 до 0,5 глубины срезаемого припуска.

45 На этапе механической обработки изделия типа «тело вращения» из стали 45X14H14B2M диаметром $D_3 = 50$ мм, с режимными параметрами: скорость резания $V_p = 70$ м/мин, подача $S = 0,12$ мм/об и глубина резания $t = 1$ мм режущей пластиной марки Т5К10 с геометрическими параметрами: передний угол $\gamma = 5^\circ$, задний угол $\alpha = 7^\circ$,

осуществляется процесс резания, при котором происходит пересечение в плоскости резания поверхностного слоя припуска с траекторией локальной метастабильной структуры, что формирует сегментацию и последующее отделение витков стружки. Длина образуемых отрезков витой стружки равна 120 мм, что соответствует ГОСТ 2787-75 по формированию отрезков витой стружки в диапазоне L_B от 100 до 200 мм. Фотография стружки при точении с локальным криогенным воздействием приведена на фиг. 4.

Таким образом, частота пересечения плоскостью резания с зоной локального криогенного воздействия определяется зависимостью:

$$f_p = \pi D_3 n_3 / 60 L_{пр} \xi = 1000 V_p / L_{пр} \xi,$$

где: ξ - коэффициент продольной усадки стружки, $\xi = 1,2$;

n_3 - частота вращения заготовки, об/мин;

V_p - скорость резания, м/мин;

D_3 - диаметр цилиндрической заготовки, мм;

$L_{пр}$ - длина отрезков прямой стружки, мм.

Длина отрезков прямой стружки $L_{пр}$, мм, образующейся при точении заготовок, предварительно подвергнутых локальному криогенному воздействию, определяется по формуле:

$$L_{пр} = \pi d_c L_B / h_c$$

где: L_B - длина образуемых отрезков витой стружки;

h_c - шаг витка стружки, $h_c = 10,5$ мм;

d_c - диаметр витка стружки, $d_c = 4,5$ мм.

$$L_{пр} = \pi d_c L_B / h_c = 3,14 \cdot 4,5 \cdot 120 / 10,5 = 161,5 \text{ мм},$$

Следует:

$$f_p = 1000 V_p / 60 L_{пр} \xi = 1000 \cdot 70 / 60 \cdot 161,5 \cdot 1,2 = 6 \text{ Гц}.$$

Способ позволяет уменьшить силовые нагрузки и износ оборудования, а также обеспечивает повышение производительности технологического процесса, за счет применения в зоне локального криогенного воздействия фазового превращения, которое приводит к формированию метастабильной структуры с измененными свойствами на глубину, а в точках пересечений плоскости резания с метастабильной структурой формируется концентратор напряжений, который обеспечивает сегментацию и дробление стружки на равные участки.

(57) Формула изобретения

Способ механической обработки стальной заготовки с дроблением стружки, включающий предварительную подготовку обрабатываемой поверхности путем термического воздействия на глубину снимаемого припуска, отличающийся тем, что предварительную подготовку осуществляют по прямой траектории параллельно оси заготовки под прямым углом к обрабатываемой поверхности путем локального криогенного непрерывного воздействия жидким азотом под давлением от 0,2 МПа до 0,5 МПа и температуре от - 120 до - 130°C, при этом пятно контакта диаметром d_H обеспечивает структурные превращения и фазовые переходы в аустенитной стали на глубину от 0,3 до 0,5 величины снимаемого припуска и формирует метастабильную структуру, с которой снимают слой металла режущим инструментом на глубину резания t_p , которая должна превышать глубину метастабильной структуры, при этом частоту

пересечений плоскостью резания с зоной локального криогенного воздействия f_m определяют исходя из диаметра заготовки D_3 , необходимой скорости резания V_p м/мин и длины образуемых отрезков $L_{пр}$ прямой стружки зависимостью

$$f_m = \pi D_3 n_3 / 60 L_{пр} \quad \xi = 1000 V_p / 60 L_{пр} \quad \xi,$$

где

ξ – коэффициент продольной усадки стружки,

n_3 – частота вращения заготовки, об/мин,

D_3 – диаметр цилиндрической заготовки, мм,

$L_{пр}$ – длина отрезков прямой стружки, мм,

а длину отрезков прямой стружки $L_{пр}$, мм, которые образуются при точении заготовок и предварительно подвергнутых локальному криогенному воздействию, определяют по формуле:

$$L_{пр} = \pi d_c L_B / h_c \quad \text{где}$$

L_B – длина образуемых отрезков витой стружки;

h_c – шаг витка стружки, мм;

d_c – диаметр витка стружки.

20

25

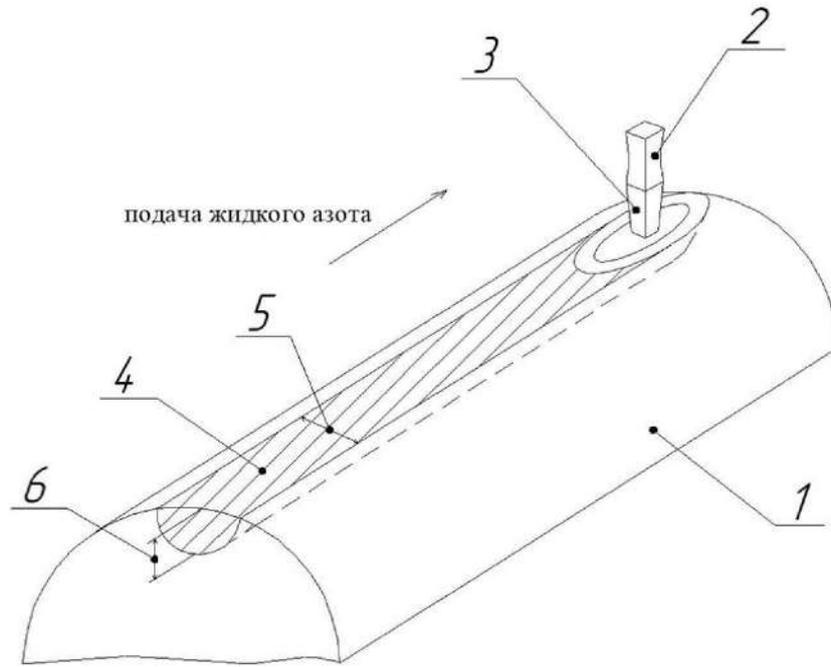
30

35

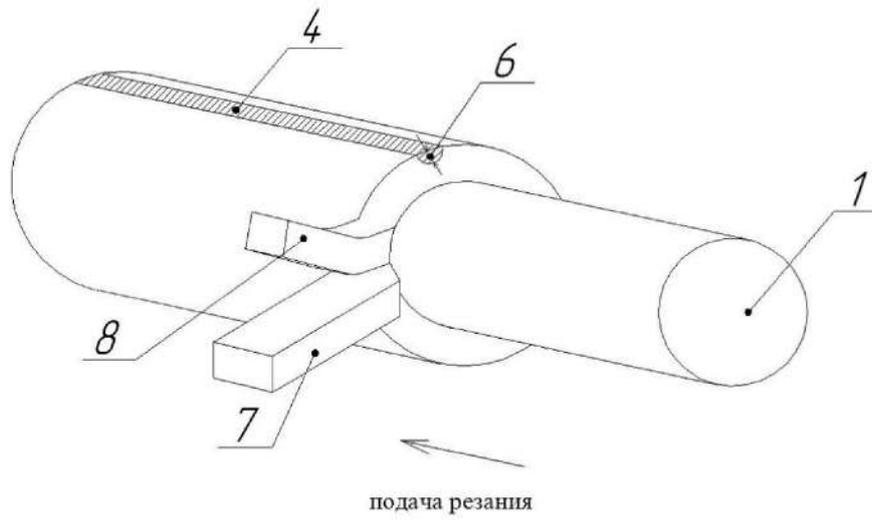
40

45

1

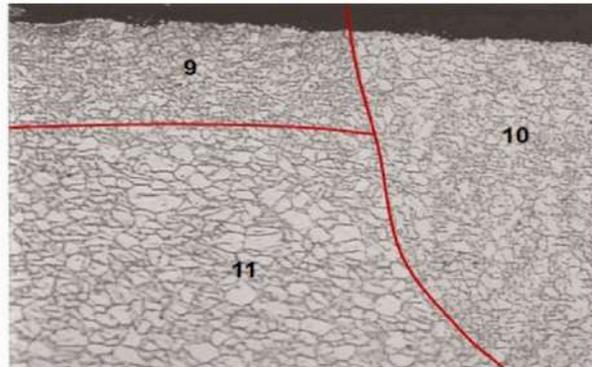


Фиг. 1

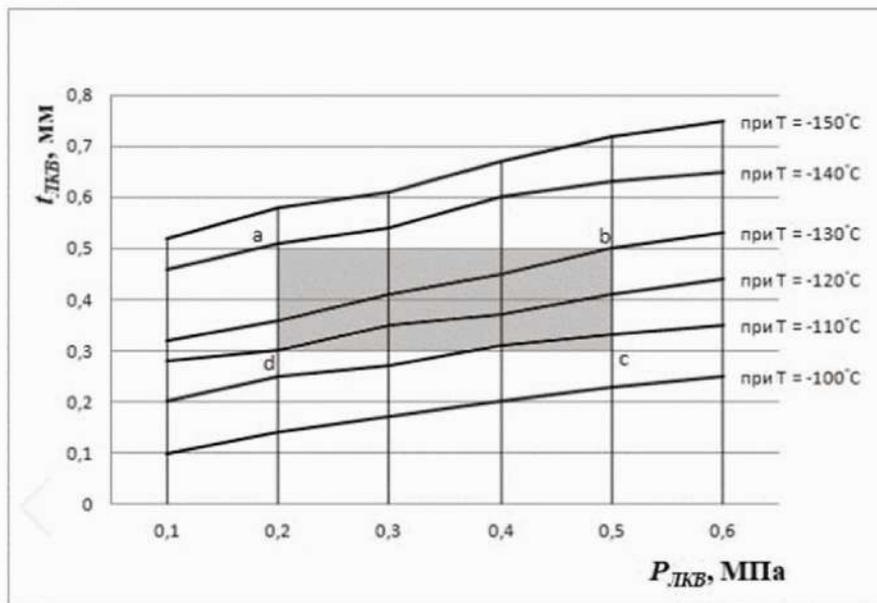


Фиг. 2

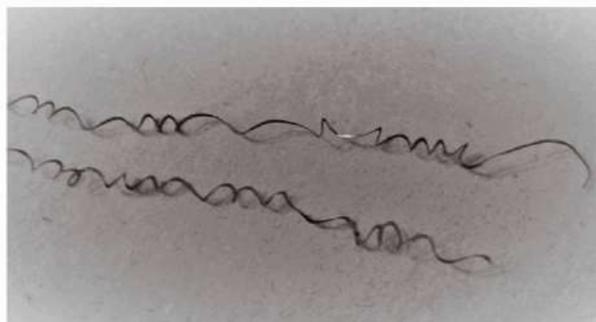
2



Фиг. 3



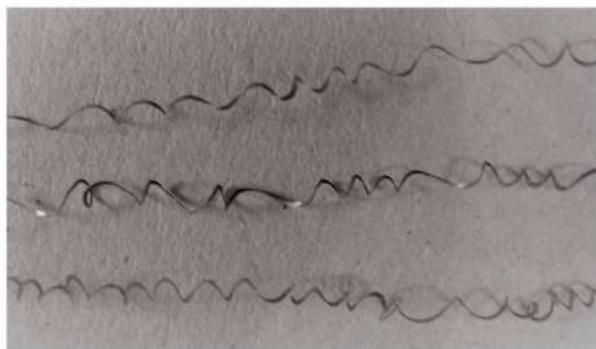
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7