

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

**№ 2779978**

**СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБА КОВША  
ЭКСКАВАТОРА**

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

Авторы: *Болобов Виктор Иванович (RU), Ахмеров Эрик Викторович (RU), Ракитин Илья Витальевич (RU)*

Заявка № **2022108356**

Приоритет изобретения **30 марта 2022 г.**

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации **16 сентября 2022 г.**

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает **30 марта 2042 г.**

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Ю.С. Зубов*





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
E02F 9/2808 (2022.08); B21J 5/02 (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2022108356, 30.03.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
30.03.2022

Дата регистрации:  
16.09.2022

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 30.03.2022

(45) Опубликовано: 16.09.2022 Бюл. № 26

Адрес для переписки:  
190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,  
СПГУ, ИВАНОВ МИХАИЛ  
ВЛАДИМИРОВИЧ

(72) Автор(ы):  
Болобов Виктор Иванович (RU),  
Ахмеров Эрик Викторович (RU),  
Ракитин Илья Витальевич (RU)

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

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: CN 104002099 A, 27.08.2014. RU  
2048255 C1, 20.11.1995. RU 2228409 C1,  
10.05.2004. RU 2269628 C2, 10.02.2006. CN  
105483344 A, 13.04.2016. CN 106311945 A,  
11.01.2017.

## (54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБА КОВША ЭКСКАВАТОРА

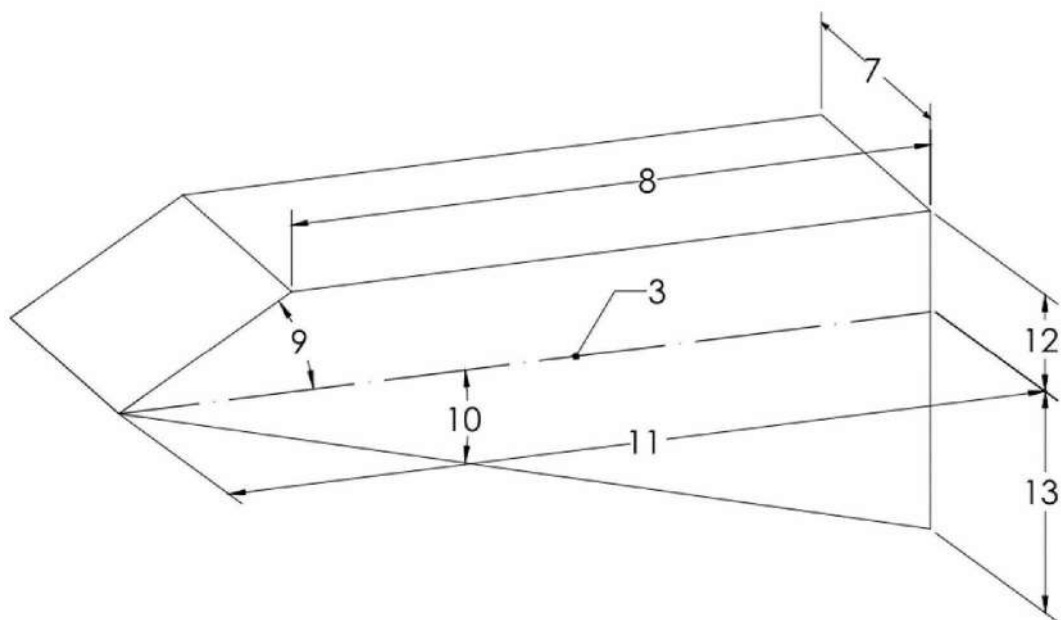
(57) Реферат:

Изобретение относится к конструктивным элементам экскаваторов и других землеройных машин. Технический результат - повышение износостойкости зуба и снижения энергозатрат на экскавацию породы. В результате интенсивной высокотемпературной пластической деформации в сочетании с быстрым охлаждением металл нижней половины зуба, подвергающейся наибольшему износу, получает повышенную интенсивность пластической деформации,

сохраняющуюся при охлаждении и закалке, что обеспечивает придание этой половине зуба износостойкости, превышающей износостойкость верхней половины, вследствие чего обе половины зуба в процессе эксплуатации будут изнашиваться с одинаковыми скоростями с сохранением зубом своей первоначальной формы, т.е. будет обеспечиваться эффект самозатачивания зуба. 9 ил., 1 табл.

RU 2 779 978 C1

RU 2 779 978 C1



Фиг. 2

RU 2779978 C1

RU 2779978 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*E02F 9/2808* (2022.08); *B21J 5/02* (2022.08)

(21)(22) Application: **2022108356, 30.03.2022**

(24) Effective date for property rights:  
**30.03.2022**

Registration date:  
**16.09.2022**

Priority:  
(22) Date of filing: **30.03.2022**

(45) Date of publication: **16.09.2022** Bull. № 26

Mail address:  
**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, SPGU,  
IVANOV MIKHAIL VLADIMIROVICH**

(72) Inventor(s):  
**Bolobov Viktor Ivanovich (RU),  
Akhmerov Erik Viktorovich (RU),  
Rakitin Iliia Vitalevich (RU)**

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

(54) **METHOD FOR MANUFACTURING THE TOOTH OF THE EXCAVATOR BUCKET**

(57) Abstract:

FIELD: excavator structural elements.

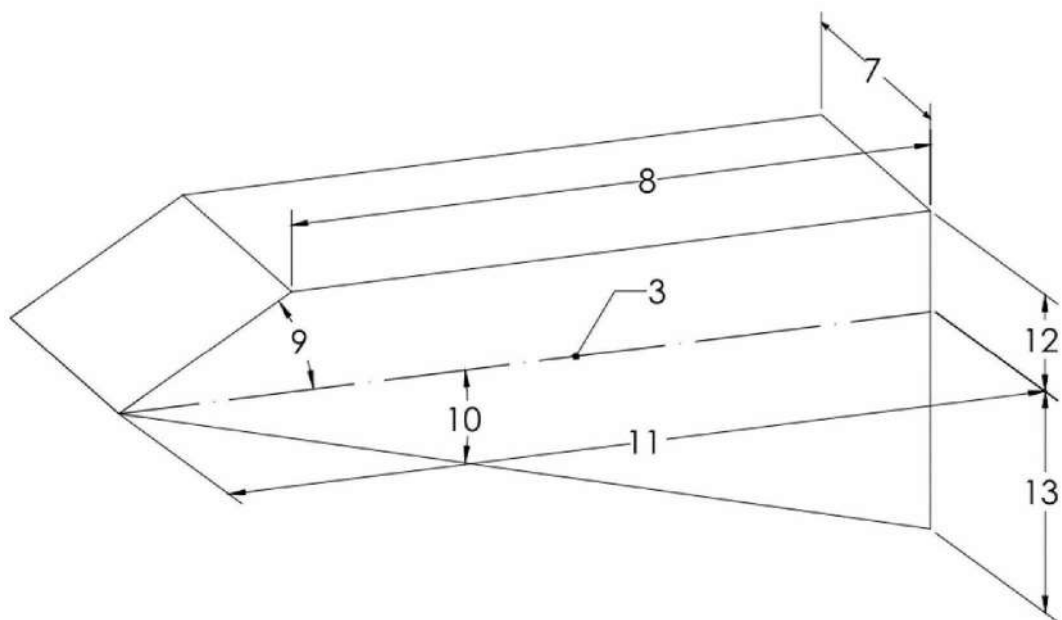
SUBSTANCE: invention relates to structural elements of excavators and other earth-moving machines. As a result of intense high-temperature plastic deformation in combination with rapid cooling, the metal of the lower half of the tooth, which is subject to the greatest wear, receives an increased intensity of plastic deformation, which remains during cooling and hardening, which ensures that this half of the tooth is

given wear resistance that exceeds the wear resistance of the upper half, as a result of which both halves of the tooth during operation, they will wear out at the same speeds with the tooth retaining its original shape, i.e. the effect of self-sharpening of the tooth will be provided.

EFFECT: increasing the wear resistance of the tooth and reducing energy consumption for rock excavation.  
1 cl, 9 dwg, 1 tbl

**RU 2 779 978 C1**

**RU 2 779 978 C1**



Фиг. 2

RU 2779978 C1

RU 2779978 C1

Изобретение относится к конструктивным элементам экскаваторов и других землеройных машин.

Известен способ отливки зубьев экскаватора (патент RU № 2048255, опубл. 20.11.1995), заключающийся в заливке стали в литейную форму и регулируемом охлаждении одной или двух боковых поверхностей зуба, при котором скорость охлаждения увеличивается в 2,5-10 раз по сравнению с обычной скоростью охлаждения торцевых поверхностей, для повышения износостойкости и обеспечения эффекта самозатачивания зуба в процессе работы.

Недостатком данного способа является низкая твердость и износостойкость литого зуба по сравнению с зубьями, изготовленными методом штамповки.

Известен зуб ковша экскаватора и способ его изготовления (патент RU № 2269628, опубл. 10.06.2004), заключающийся в повышении срока службы и эффекте самозатачивания за счет расположения в стальной отливке зуба на одной из его поверхностей мелких деталей из износостойкого чугуна, предохраняющих стальную основу от интенсивного абразивного износа.

Недостатком данного способа является низкая стойкость износостойкого чугуна к ударным воздействиям, имеющим место при работе зуба ковша экскаватора, что может привести к разрушению изготовленных из него деталей.

Известен способ изготовления зуба землеройной машины (RU №2228409, опубл. 10.05.2004), заключающийся в соединении отдельных элементов зуба, выполненных из различных износостойких материалов, последовательно один в другой при помощи сварки.

Недостатком данного способа является возникновение в зубе послесварочных напряжений, что может привести к преждевременному разрушению зуба в процессе работы.

Известен способ изготовления зубьев ковша карьерного экскаватора (патент CN № 105483344 А, опубл. 13.04.2016), заключающийся в определенном процессе термообработки отливок зуба, состоящем из: нагрева зубьев до 940°С со скоростью 200°С/ч и выдержке при этой температуре 3-4 ч, охлаждении до 630-650°С со скоростью 150°С/ч и выдержке при этой температуре 30-50 минут, охлаждении до 300-320°С и выдержке в печи с соляной ванной на протяжении 150 минут с последующим охлаждением на воздухе.

Недостатком данного способа является необходимость использования сложного термического оборудования, обеспечивающего нагрев и охлаждение зуба с заданной скоростью на трех этапах его термической обработки.

Известен способ изготовления зуба ковша экскаватора (патент CN № 107663614 А, опубл. 06.02.2018), заключающийся в последовательной отливке из сплавов определенного состава держателя зуба и головки зуба, последующей термообработки и сварки двух составных частей при помощи электрода из чугуна с высоким содержанием хрома.

Недостатком данного способа изготовления является возникновение в зубе послесварочных напряжений, что может привести к преждевременному разрушению зуба в процессе работы.

Известен способ изготовления зуба ковша экскаватора (патент CN № 106311945 А, опубл. 11.01.2017), заключающийся в нагреве цилиндрической заготовки с определенными геометрическими параметрами до температурыковки, предварительного этапаковки, для придания заготовке приблизительных геометрических форм и заключительного, где с применением специальных штампов формируется окончательная

форма зуба, и последующей термообработки, которая заканчивается ступенчатым охлаждением, повышающих показатель прочности на режущей кромке на 12-14% относительно остальной части зуба.

Недостатком данного способа является необходимость применения штампов сложной геометрической формы, для изготовления которых требуется специализированное оборудование.

Известен способ изготовления зуба ковша экскаватора (патент CN №104002099 А, опубл. 27.08.2014), принятый за прототип, заключающийся в нагреве железного слитка, ковке, состоящей из предварительного этапа, для придания заготовке приблизительных геометрических форм и заключительного, где формируется окончательная форма зуба, маркировку, нормализацию и термическую обработку.

Недостатком данного способа является то, что при его применении получают изделия, у которых верхняя и нижняя половины зуба обладают одинаковой износостойкостью, что приводит к более быстрому изнашиванию нижней половины зуба и его притуплению в процессе работы, сопровождающемуся увеличением энергозатрат на экскавацию породы.

Техническим результатом является повышение износостойкости зуба и снижения энергозатрат на экскавацию породы.

Технический результат достигается тем, что на предварительном этапековки заготовке придают форму пятиугольной прямой призмы, высота которой, совпадает с шириной зуба, а основание выполнено из двух частей, одна из которых в виде прямоугольного треугольника с углом при вершине равном половине угла заострения зуба  $\alpha$  повторяет форму верхней половины зуба и с противолежащим катетом  $H$ , который равен половине высоты зуба, вторая в виде прямоугольной трапеции с меньшим основанием  $l$  и большим основанием  $L$ , которое равно длине зуба, контактирующим с первой частью по оси симметрии зуба, а наклонная сторона трапеции расположена к оси зуба под углом  $\beta$ , который определяет отношение деформаций верхней и нижней частей поковки, а его величину определяют по формуле:

$$\beta = (1,0-2,7) \cdot \alpha,$$

значения угла  $\beta$  и длины  $l$  взаимосвязаны, и обеспечивают условия равенства объёмов верхней и нижней частей будущей поковки, при этом длину  $l$  определяют по формуле:

$$l = \sqrt{L^2 - \frac{H \cdot L}{\operatorname{tg}\beta} \cdot k_{\text{обл}}},$$

где  $k_{\text{обл}}$  - коэффициент, компенсирующий потери металла при штамповке в зависимости от значения угла  $\beta$ , рассчитывают по формуле:

$$k_{\text{обл}} = 0,005 \cdot \beta + 0,75$$

Способ поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 - общий вид зуба ковша экскаватора;

фиг. 2 - общий вид предлагаемой литейной заготовки;

фиг. 3 - общий вид поковки зуба после предварительного этапаковки;

фиг. 4 - распределение интенсивности пластической деформации металла по сечению поковки зуба, установленное при помощи компьютерного моделирования при  $\beta = 25^\circ$ ;

фиг. 5 - значения деформации верхней части поковки в зависимости от угла наклона  $\beta$ ;

фиг. 6 - значения деформации нижней части поковки в зависимости от угла наклона

$\beta$ ;

фиг. 7 - средние отношения деформаций верхней и нижней части поковки в зависимости от угла наклона  $\beta$ ;

фиг. 8 - объем металла, вытекающий в облойную канавку штампа;

5 фиг. 9 - график зависимости потери относительной массы образцов с различной степенью укова от времени испытания, где:

1 - угол заострения зуба;

2 - длина зуба;

3 - ось симметрии зуба;

10 4 - ширина зуба;

5 - высота зуба;

6 - посадочная полость;

7 - высота призмы;

8 - длина меньшего основания прямоугольной трапеции;

15 9 - угол между наклонной стороной трапеции и осью зуба;

10 - половина угла заострения зуба;

11 - большее основание прямоугольной трапеции;

12 - высота прямоугольной трапеции;

13 - половина высоты зуба.

20 Способ осуществляется следующим образом. Для изготовления зуба ковша экскаватора, с углом заострения зуба 1 (фиг. 1), длиной зуба 2, шириной зуба 4, высотой зуба 5, осью симметрии зуба 3 и посадочной полостью 6 методом литья изготавливается заготовка в форме пятиугольной призмы, где высота призмы 7 (фиг. 2), совпадает с шириной зуба 4. Основание призмы представляет собой совокупность двух  
25 геометрических фигур. Первая - прямоугольный треугольник, который повторяет форму сечения верхней половины зуба с углом при вершине равным половине угла заострения зуба 10 и с противолежащим катетом, равным половине высоты зуба 13. Вторая - прямоугольная трапеция с меньшим основанием 8 и большим основанием 11, равным длине зуба 2, контактирующим с большим катетом прямоугольного  
30 треугольника по оси симметрии зуба 3. Наклонная сторона трапеции расположена к оси симметрии зуба 3 под углом между наклонной стороной трапеции и осью зуба 9, значение которого определяется из равенства:

$$\beta = (1,0-2,7) \cdot \alpha \quad (1)$$

35 где  $\beta$  - угол между наклонной стороной трапеции и осью зуба

Так как значение угла между наклонной стороной трапеции и осью зуба 9 и длины меньшего основания прямоугольной трапеции 8 взаимосвязаны и определяются из условия обеспечения равенства объемов верхней и нижней частей будущей поковки, то величина длины меньшего основания прямоугольной трапеции 8 рассчитывается по  
40 следующей формуле:

$$l = \sqrt{L^2 - (H \cdot L) / \operatorname{tg} \beta} \quad (2)$$

где  $l$  - длина меньшего основания прямоугольной трапеции;

$L$  - длина зуба;

45  $H$  - половина высоты зуба.

Так как геометрические размеры верхней части заготовки формируют недостаточный объем для заполнения ручья пуансоном за счет того, что часть металла заготовки вытекает в облойную канавку штампа, в зависимости от угла наклона длина 8



умножается на коэффициент компенсации потери металла на облой  $k_{обл}$ , определяемый по формуле:

$$k_{обл} = 0,005 \cdot \beta + 0,75 \quad (3).$$

5 Затем заготовка помещается в печь, где происходит ее нагрев до оптимальной начальной температурыковки  $T_1$ , характерной для каждой марки стали. Время нагрева  $t_1$  в часах от  $0^\circ\text{C}$  до температуры  $T_1$  рассчитывается по формуле:

$$t_1 = kD\sqrt{D}, \quad (4)$$

10 где  $D$  - высота заготовки, м;

$k$  - коэффициент, равный 10 для железа и мягкой стали и 20 - для высоколегированной стали.

Далее следует предварительный этапковки, на котором заготовка извлекается из печи и в нагретом состоянии подвергается ковке на штамповочной машине или  
15 ковочном прессе с приобретением внешнего очертания готового зуба ковша экскаватора, с углом заострения зуба 1 (фиг. 3), длиной зуба 2, осью симметрии зуба 3, шириной зуба 4 и высотой зуба 5. При помощи специально спроектированной геометрической формы заготовки, течение ее материала на этой стадииковки приводит к формированию в объеме верхней половины поковки зоны повышенной интенсивности  
20 пластической деформации металла, установленной при помощи компьютерного моделирования на фиг. 4.

На заключительном этапековки в заготовке формируется полость, представляющая собой посадочное место для соединения с ковшом экскаватора и происходит обрезка  
25 выдавленного из полости объема металла с приобретением зубом своей окончательной формы.

После этого поковка извлекается из полости штампа и подвергается закалке путем погружения в охлаждающую жидкость.

Затем производится низкотемпературный отпуск при температуре  $150-200^\circ\text{C}$  в течение времени  $t_2$ , рассчитываемого по формуле:

$$30 \quad t_2 = 10 + \delta, \quad (5)$$

где  $t_2$  - продолжительность низкотемпературного отжига, мин;

$\delta$  - время в минутах, принимаемое равным высоте заготовки, выраженной в мм.

35 После завершения термической обработки зуб проходит этапы пескоструйной очистки, с целью удаления с поверхности продуктов окисления, и дефектоскопии, на котором происходит поиск дефектов на поверхности зуба.

В результате интенсивной высокотемпературной пластической деформации в сочетании с быстрым охлаждением металл нижней, подвергающейся наибольшему износу, половины зуба получает повышенную интенсивность пластической деформации,  
40 сохраняющуюся при охлаждении и закалке, что обеспечивает придание этой половине зуба износостойкости, превышающей в 1,5 - 1,7 раз износостойкость верхней половины, вследствие чего обе половины зуба в процессе эксплуатации будут изнашиваться с одинаковыми скоростями с сохранением зубом своей первоначальной формы, т.е. будет обеспечиваться эффект самозатачивания зуба.

45 Способ поясняется следующим примером.

Требуется изготовить зуб ковша экскаватора, с шириной зуба 4 = 150 мм, длиной зуба 2 = 525 мм, высотой зуба 5 = 292 мм, углом заострения зуба 1 =  $30^\circ\text{C}$  и посадочным отверстием 6.

Для изготовления зуба ковша экскаватора методом литья изготавливается заготовка, из стали 110Г13Л, как материала широко применяемого для изготовления зубьев ковшей экскаватора, в форме пятиугольной призмы с высотой призмы  $7 = 150$  мм. Основание призмы представляет собой совокупность двух геометрических фигур. Первая -  
 5 прямоугольный треугольник, повторяющий форму верхней половины зуба с углом при вершине равным половине угла заострения зуба  $10 = 15^\circ$  и с противолежащим катетом, равным половине высоты зуба  $13 = 146$  мм. Вторая - прямоугольная трапеция с меньшим основанием 8 и большим основанием 11, равным длине зуба  $2 = 525$  мм, контактирующим с большим катетом прямоугольного треугольника по оси симметрии  
 10 зуба 3. Так как на основании проведенных экспериментов, результаты которых представлены на фиг. 5 - фиг. 7, значение угла 9 между наклонной стороной трапеции и осью зуба 9 определяет отношение деформации верхней и нижней частей поковки, то для обеспечения наибольшей разницы между степенью деформации обеих частей поковки и, как следствие, равномерной скорости изнашивания зуба, величина угла принимается  
 15 равной  $25^\circ$ .

В связи с проведенным анализом потерь металла в процессе штамповки, результат которого представлен на фиг. 8, геометрические размеры верхней части заготовки формируют недостаточный объём для заполнения ручья пуансона за счет потери объема металла заготовки, который вытекает в облойную канавку штампа. Коэффициент  
 20 компенсации потери металла на облой рассчитывается по формуле 3 и принимается равным 0,875. Таким образом, значение длины меньшего основания прямоугольной трапеции 8 составляет 291,85 мм.

Затем заготовка помещается в печь, где происходит ее нагрев до оптимальной начальной температурыковки  $T_1$ , которая для стали 110Г13Л составляет  $1150^\circ\text{C}$ . Время  
 25 нагрева  $t_1$  в часах от  $0^\circ\text{C}$  до температуры  $T_1$  рассчитывается по формуле Доброхотова и составляет:

$$t_1 = kD\sqrt{D} = 20 \cdot 0,252 \cdot 0,501 = 2,53 \text{ часа} \quad (6)$$

Далее следует предварительный этапковки, на котором заготовка извлекается из  
 30 печи и в нагретом состоянии подвергается ковке на штамповочной машине или ковочном прессе с приобретением внешнего очертания готового зуба ковша экскаватора, с углом заострения зуба 1 (фиг. 3), длиной зуба 2, осью симметрии зуба 3, шириной зуба 4 и высотой зуба 5.

При помощи специально спроектированной формы заготовки, течение ее металла  
 35 на этой стадииковки приводит к формированию в верхней половине зуба зоны повышенной интенсивности пластической деформации металла.

На заключительном этапековки в заготовке формируется полость, представляющая собой посадочное место для соединения с ковшом экскаватора, после чего происходит  
 40 обрезка выдавленного из полости объема металла с приобретением зубом своей окончательной формы.

После этого поковка извлекается из полости штампа и подвергается закалке путем погружения в охлаждающую жидкость (воду).

После чего производится низкотемпературный отпуск при температуре  $200^\circ\text{C}$  в течение времени  
 45

$$t_2 = 10 + \delta = 10 + 252 = 4,3 \text{ ч} \quad (7)$$

После завершения термической обработки закаленный зуб проходит этапы пескоструйной очистки, с целью удаления с поверхности продуктов окисления, и

дефектоскопии, на котором происходит поиск дефектов на поверхности зуба.

Из сравнения результатов, представленных в табл. 1 и фиг. 9, испытаний образцов стали 110Г13Л на абразивную износостойкость при изнашивании по высокоабразивной искусственной породе - электрокорунду видно, что высокотемпературное деформирование стали перед закалкой способствует повышению ее износостойкости, возрастающей с увеличением интенсивности деформации, степени укова,  $\alpha$ : для образца деформированного с максимальной интенсивностью, образец № 2  $\alpha = 2,25$  по сравнению с №5  $\alpha = 0$ , этот параметр возрастает на 66%, 0,48 мм<sup>2</sup>мин/мг по сравнению с 0,29 мм<sup>2</sup>мин/мг.

№ образца	Способ обработки	Степень укова, $\alpha$	$\Sigma \Delta m/S$ , мг/мм <sup>2</sup> за время t, мин						
			0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5
1	Закалка с температуры ковки	2,25	2,20	3,86	5,62	6,97	8,32	9,60	10,74
2	Закалка с температуры ковки	2,25	2,12	3,74	5,08	6,09	7,13	8,12	8,88
3	Закалка с температуры ковки	1,56	2,18	3,80	5,36	6,72	8,65	9,97	11,23
4	Закалка с температуры ковки	1,56	2,01	3,37	5,05	6,68	7,96	9,12	10,34
5	Нагрев и выдержка при 1150°С с последующей закалкой	-	2,17	4,06	5,91	7,87	9,66	10,99	12,77
6	Нагрев и выдержка при 1150°С с последующей закалкой	-	2,09	3,84	5,73	7,28	8,94	10,62	12,10

Таким образом, в результате интенсивной высокотемпературной пластической деформации в сочетании с быстрым охлаждением металл нижней половины зуба, подвергающейся наибольшему износу, половины зуба получает повышенную интенсивность пластической деформации, сохраняющуюся при охлаждении и закалке, что обеспечивает придание этой половине зуба износостойкости, превышающей износостойкость верхней половины, вследствие чего обе половины зуба в процессе эксплуатации будут изнашиваться с одинаковыми скоростями с сохранением зубом своей первоначальной формы, т.е. будет обеспечиваться эффект самозатачивания зуба.

#### (57) Формула изобретения

Способ изготовления зуба ковша экскаватора, включающий нагрев заготовки, ковку, состоящую из предварительного этапа для придания заготовке необходимой геометрической формы и заключительного, где формируется окончательная форма зуба, и термическую обработку, отличающийся тем, что на предварительном этапе ковки заготовке придают форму пятиугольной прямой призмы, высота которой совпадает с шириной зуба, а основание выполнено из двух частей, одна из которых в виде прямоугольного треугольника с углом при вершине, равным половине угла заострения зуба  $\alpha$ , повторяет форму верхней половины зуба, и с противолежащим катетом Н, который равен половине высоты зуба, вторая - в виде прямоугольной трапеции с меньшим основанием l и большим основанием L, которое равно длине зуба, контактирующим с первой частью по оси симметрии зуба, а наклонная сторона трапеции расположена к оси зуба под углом  $\beta$ , который определяет отношение деформаций верхней и нижней частей поковки, а его величину определяют по формуле

$$\beta = (1,0-2,7) \cdot \alpha,$$

значения угла  $\beta$  и длины l взаимосвязаны и обеспечивают условия равенства объемов верхней и нижней частей будущей поковки, при этом длину l определяют по формуле

$$l = \sqrt{L^2 - \frac{H \cdot L}{\operatorname{tg}\beta} \cdot K_{\text{обл}}},$$

5 где  $K_{\text{обл}}$  – коэффициент, компенсирующий потери металла при штамповке в зависимости от значения угла  $\beta$ , рассчитывают по формуле  
 $K_{\text{обл}} = 0,005 \cdot \beta + 0,75$ .

10

15

20

25

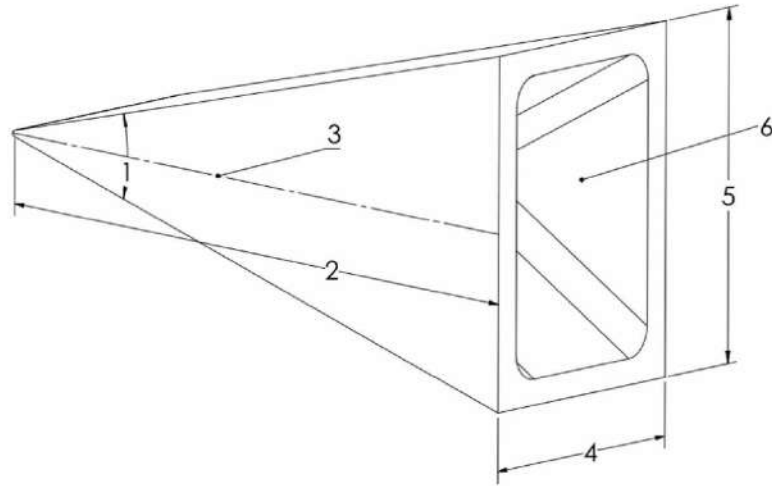
30

35

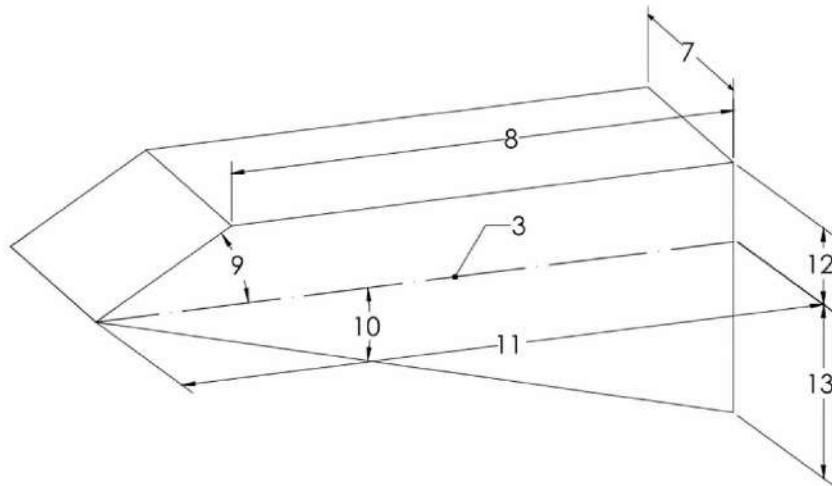
40

45

1

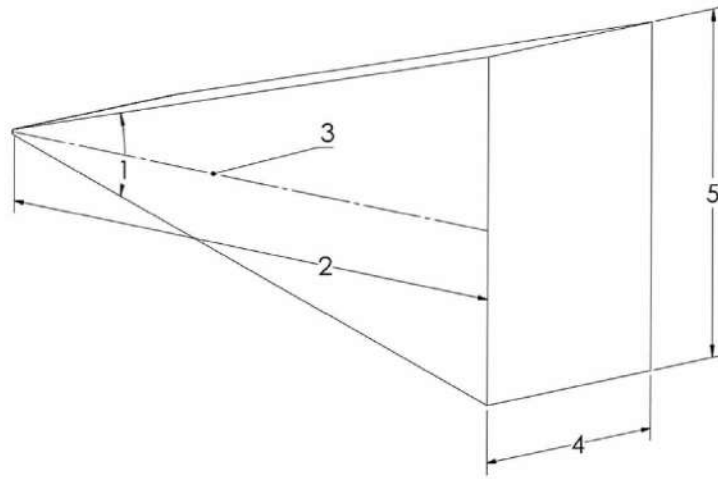


Фиг. 1

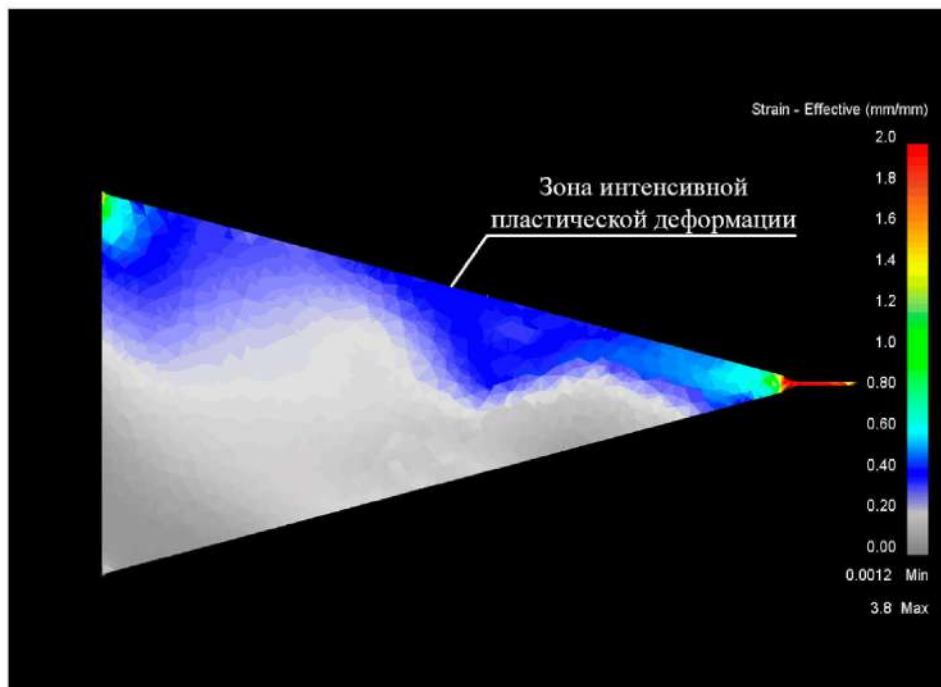


Фиг. 2

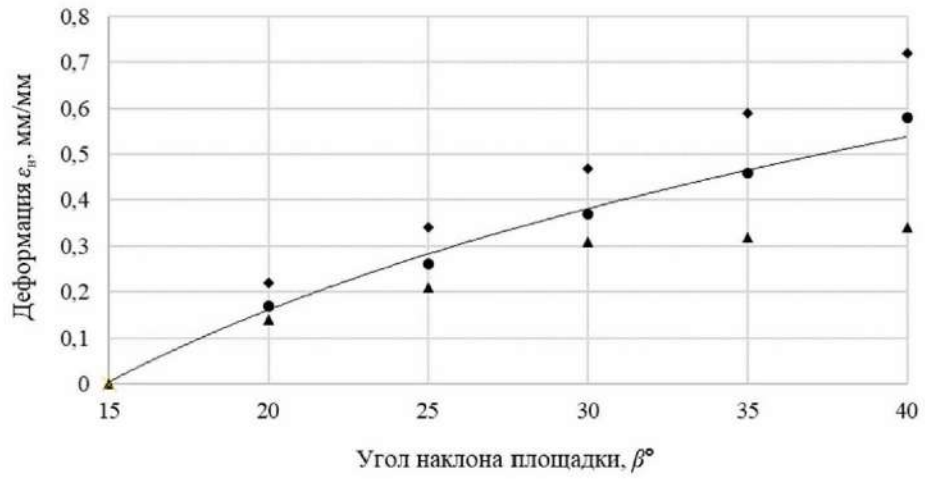
2



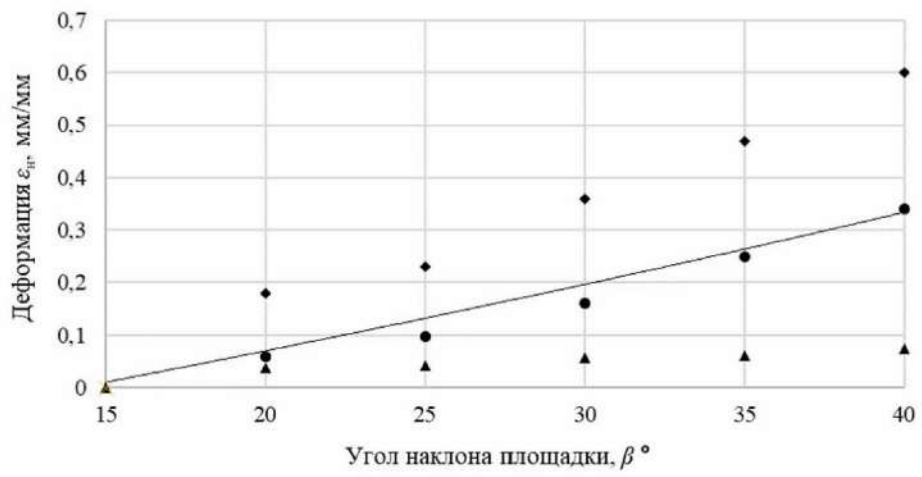
Фиг. 3



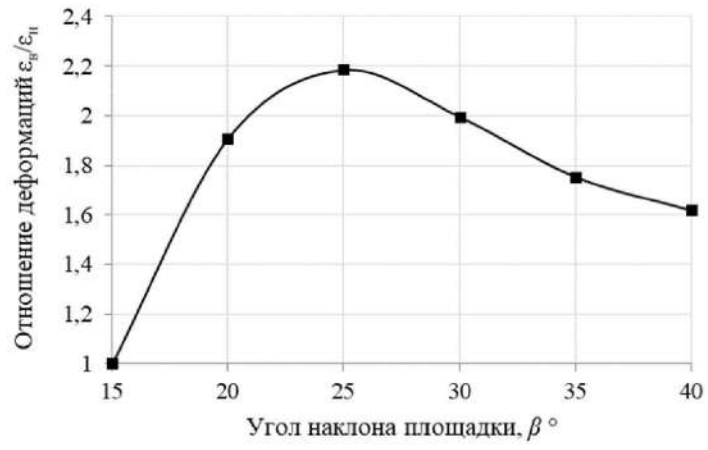
Фиг. 4



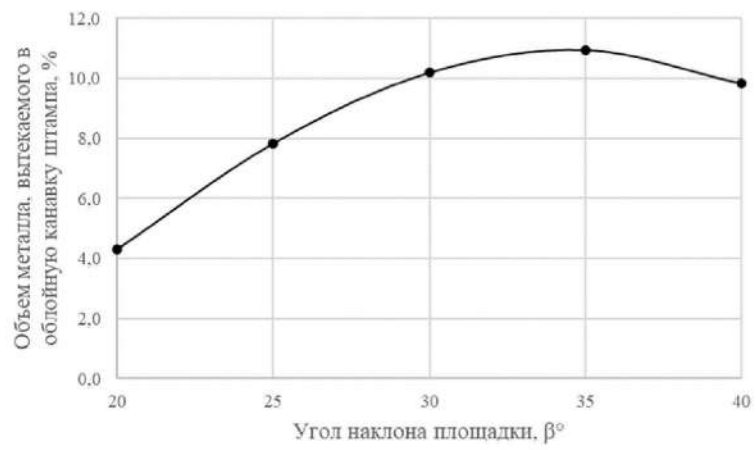
Фиг. 5



Фиг. 6

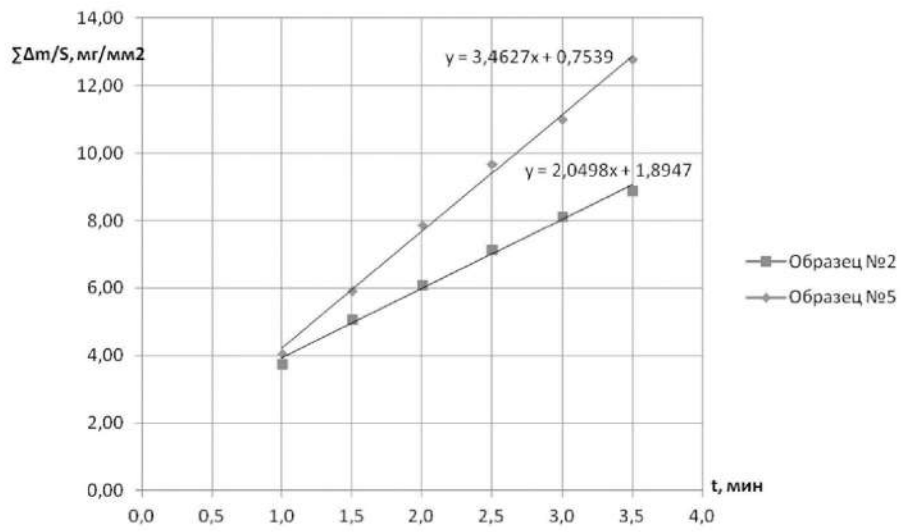


Фиг. 7



Фиг. 8





Фиг. 9