



(51) МПК

C21D 1/09 (2006.01)*C21D* 9/22 (2006.01)*B22F* 3/24 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013100379/02, 09.01.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.01.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.01.2013

(45) Опубликовано: 27.05.2014 Бюл. № 15

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2460811 C1, 20.01.2011. RU 2125615 C1, 27.01.1999. SU 1601139 A1, 23.10.1990. SU 1781309 A1, 15.12.1992. KZ 18694 B, 15.12.2009. US 20080216926 A1, 11.09.2008

Адрес для переписки:

355029, г.Ставрополь, пр-кт Кулакова, 2, Северо-Кавказский федеральный университет

(72) Автор(ы):

Пинахин Игорь Александрович (RU),
Копченков Вячеслав Григорьевич (RU),
Брацихин Андрей Александрович (RU),
Тоекин Станислав Александрович (RU),
Пинахин Антон Игоревич (RU),
Ягмуров Михаил Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Северо-
Кавказский федеральный университет" (RU)

(54) СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ И КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ОБЪЕМНОГО ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО УПРОЧНЕНИЯ (ОИЛУ)

(57) Реферат:

Изобретение относится к области машиностроения, в частности к обработке лазером при изготовлении и ремонте различных машин и механизмов. Для повышения физико-механических свойств инструментальных и конструкционных материалов осуществляют лазерную обработку изделий с использованием лазера импульсного действия при полезной

энергии импульса 60-500 Дж, плотности мощности импульса $1,2 \cdot 10^{10}$ - $4,3 \cdot 10^{11}$ Вт/м², длине волны $1,064 \cdot 10^{-6}$ м, продолжительности импульса $0,8 \cdot 10^{-3}$ с, диаметре луча $1,2 \cdot 10^{-3}$ - $2,5 \cdot 10^{-3}$ м и расстоянии от места облучения до упрочняемой поверхности 12-30 мм. 7 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C21D 1/09 (2006.01)
C21D 9/22 (2006.01)
B22F 3/24 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2013100379/02, 09.01.2013

(24) Effective date for property rights:
09.01.2013

Priority:

(22) Date of filing: 09.01.2013

(45) Date of publication: 27.05.2014 Bull. № 15

Mail address:

355029, g.Stavropol', pr-kt Kulakova, 2, Severo-Kavkazskij federal'nyj universitet

(72) Inventor(s):

Pinakhin Igor' Aleksandrovich (RU),
Kopchenkov Vjacheslav Grigor'evich (RU),
Bratsikhin Andrej Aleksandrovich (RU),
Toeskin Stanislav Aleksandrovich (RU),
Pinakhin Anton Igorevich (RU),
Jagmurov Mikhail Aleksandrovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija "Severo-Kavkazskij federal'nyj universitet" (RU)

(54) **INCREASING PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF TOOL AND STRUCTURAL STEELS BY VOLUMETRIC PULSED LASER HARDENING**

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: article is processed by pulse laser with efficient pulse energy of 60-500 J, pulse power density of $1.2 \cdot 10^{10}$ - $4.3 \cdot 10^{11}$ W/m², wavelength of 1.064- 10^{-6} m, pulse duration of $0.8 \cdot 10^{-3}$ s, beam diameter of

$1.2 \cdot 10^{-3}$ - $2.5 \cdot 10^{-3}$ m and distance fro irradiated point to surface being hardened of 12-30 mm.

EFFECT: higher physical-mechanical properties.
7 dwg

RU 2 517 632 C1

RU 2 517 632 C1

Изобретение относится к области получения материалов с новыми свойствами, в частности при изготовлении и ремонте различных машин и механизмов.

Известен способ упрочнения режущего инструмента из быстрорежущей стали ударной лазерной обработкой (А.с. №1078939 А (СССР)), заключающийся в том, что после термической обработки производят ударную лазерную обработку с плотностью энергии 5-30 Дж/мм².

Данный способ может применяться только для быстрорежущих инструментальных сталей.

Известен также способ поверхностной импульсной лазерной обработки материалов (Коваленко В.С. Упрочнение деталей лучом лазера. - Киев: Техника, 1981. - 131 с.; SU 1752514 А1 07.08.1992; А.Г.Григорьянц, А.Н.Сафонов. Основы лазерного термоупрочнения сплавов. - М.: Высшая школа, 1988, кн.3, с.98-102, 118-119, кн.6, с.106-107, 124; технология «Laser shot peening». Институт лазерной физики (г.Санкт-Петербург)), который представляет собой последовательную закалку материала изделия при облучении лазером. Основные недостатки поверхностной импульсной лазерной обработки изделий следующие:

- одновременное упрочнение нескольких поверхностей недопустимо;
- прилегающие поверхности после импульсной лазерной обработки ослаблены против действия сил хрупкого разрушения;
- процесс продолжителен во времени (за счет многократного облучения одного изделия) и требует значительных энергетических затрат;
- при износе или переточке изделия упроченный слой удаляется.

Зоны упрочнения материала различными методами с использованием лазера показаны на фиг.1, где 1 - методы ударной и импульсной лазерной обработки (1-3 мм); 2 - метод объемного импульсного лазерного упрочнения (18-30 мм).

В патенте RU 2460811 C1 «Способ повышения работоспособности твердосплавного режущего инструмента методом импульсной лазерной обработки» предложен метод объемного импульсного лазерного упрочнения (далее - ОИЛУ) для упрочнения инструментов из твердых сплавов. В данном патенте рассматриваются общие подходы использования ОИЛУ для различных материалов. Кроме того, термин «импульсная лазерная обработка» принято использовать для обозначения поверхностной термической обработки с применением лазера импульсного действия [Яресько С.И. Физические и технологические основы упрочнения твердых сплавов. - Самара: изд-во Самарского научного центра РАН, 2006. - 244 с.]. Для исключения возможного недопонимания нами предлагается название разработанного метода - «Объемное импульсное лазерное упрочнение» [Пинахин И.А. Объемное импульсное лазерное упрочнение режущих инструментов. Твердые сплавы. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG., 2012. - 122 с.].

Основной задачей, на решение которой направлен заявленный способ, является повышение технического ресурса изделий при наименьших энерго- и трудозатратах.

Технический результат изобретения заключается в получении материалов с улучшенными физико-механическими свойствами, которые после износа или переточек сохраняются.

Указанный технический результат достигается тем, что в способе объемного импульсного лазерного упрочнения инструментальных и конструкционных материалов изделие подвергается лазерной обработке с использованием лазера импульсного действия при полезной энергии импульса 60-500 Дж (плотность мощности импульса $1,2 \cdot 10^{10}$ - $4,3 \cdot 10^{11}$), длина волны $1,064 \cdot 10^{-6}$ м, продолжительность импульса $0,8 \cdot 10^{-3}$ с,

диаметр луча $1,2 \cdot 10^{-3}$ - $2,5 \cdot 10^{-3}$ м, расстояние от места облучения до упрочняемой поверхности 12-30 мм.

Схемы упрочнения изделий по прототипу и заявленному способу представлены на фиг.2, где 3 - лазер импульсного действия; 4 - упрочняемое изделие; 5 - приспособление для установки упрочняемого изделия.

Способ упрочнения твердосплавного режущего инструмента заключается в следующем. На лазере импульсного действия 1 устанавливается режим генерации импульса с энергией от 100 до 500 Дж (в зависимости от вида и типоразмера режущего инструмента) и длительностью $0,8 \cdot 10^{-3}$ с. Световой импульс фокусируется на поверхность упрочняемого изделия 2, который закреплен в приспособлении 3. Облучение производится однократным импульсом. Место облучения зависит от материала, формы и назначения упрочняемого изделия. Так, например, для режущего инструмента облучение производится по передней поверхности для сменных пластин или по задней вспомогательной поверхности для напайных пластин.

В результате облучения наблюдается изменение микроструктуры материала за счет прохождения ударной волны, что подтверждают данные рентгеноструктурного анализа. Это приводит к повышению физико-механических свойств упрочняемого материала. На фиг. 3 показан механизм объемного импульсного лазерного упрочнения.

Проведенные экспериментальные испытания инструментальных материалов (твердых сплавов, быстрорежущих сталей) показали, что объемное импульсное лазерное упрочнение повышает их прочность в 1,2-1,3 раза, абразивную износостойкость в 1,3-1,4 раза и уменьшение коэффициента вариации износа в 1,5 раза, что приводит к следующим результатам промышленных испытаний:

- повышению стойкости режущих инструментов в 2,0-2,5 раза;
- уменьшению коэффициента вариации стойкости в 1,3-3,1 раза;
- повышению гамма-процентной стойкости в 1,7-2,8 раза;
- уменьшению количества выкрашиваний, поломок в зоне приработки режущего инструмента в 2,7 раза;
- повышению величины оптимальной подачи в 1,2-1,3 раза;
- повышению производительности в 1,1-1,2 раза.

Следует также отметить, что упрочнение носит объемный характер, так, например, при пяти переточках наблюдается повышение стойкости режущего инструмента в 5-7,5 раз, повышение производительности обработки на 20-40% без дополнительных затрат времени и средств на упрочнение. Кроме того, повышение стабильности свойств режущего инструмента (коэффициент вариации стойкости, гамма-процентная стойкость) позволяет применять его в условиях автоматизированного производства.

В качестве проверки предлагаемого способа в сравнении с прототипом были проведены испытания проходных резцов при следующих условиях:

- обрабатываемый материал - серый специальный чугун К-1;
- инструментальный материал - твердый сплав ВК6;
- режущий инструмент - проходной резец с напайной пластиной ($\gamma=10^\circ$, $\alpha=8^\circ$, $\varphi=60^\circ$),
- обрабатывающее оборудование - станок МК 6026;
- операция - расточка-обточка по копиру;
- обрабатываемая поверхность - литейная корка;
- обрабатываемая деталь - кольцо поршневое $D=150 \div 110$ мм, $\delta=3 \div 6$ мм;
- режимы резания: скорость резания $v=42$ м/мин, подача $S=0,15$ мм/об, глубина резания $t=1,0$ мм;

- режимы упрочнения: плотность мощности облучения $1,25 \cdot 10^{11}$ Вт/м², длина волны: $1,064 \cdot 10^{-6}$ м, продолжительность импульса: $0,8 \cdot 10^{-3}$ с, диаметр луча: $2,0 \cdot 10^{-3}$ м, расстояние от главной режущей кромки до места облучения 14,8 мм; место облучения - вспомогательная задняя поверхность; число импульсов - 1.

Также было выявлено влияние объемного импульсного лазерного упрочнения на структуру и свойства конструкционных сталей. В качестве примера рассмотрено влияние объемного импульсного лазерного упрочнения на армко-железо. Слиток армко-железа размером $10 \times 10 \times 100$ миллиметров был получен индукционным переплавом в вакууме. Вырезанные из этого слитка образцы размером $10 \times 10 \times 20$ миллиметров отожжены в печи при температуре 1050°C в течение часа и охлаждены с печью. Поверхность образцов после отжига протравлена в азотной кислоте для удаления окалина без внесения каких-либо искажений в микроструктуру и свойства поверхности (ГОСТ 5639-82).

Металлографический анализ, проведенный на микроскопе in Via Raman Microscope при увеличении $\times 200$, и измерение микротвердости при помощи твердомера ПМТ-3 согласно ГОСТ 9450-76 показали, что все образцы имеют одинаковую крупнозернистую структуру и допускаемые отклонения значений микротвердости ($\pm 5\%$).

Облучение образцов проводилось на лазере ГОС 1001 при следующих рабочих режимах: длина волны $1,064 \cdot 10^{-6}$ м, продолжительность импульса $0,8 \cdot 10^{-3}$ с, диаметр луча лазера $1,2 \cdot 10^{-3} - 2,5 \cdot 10^{-3}$ м, полезная энергия облучения 50-150 Дж (плотность мощности облучения $10^{10} - 1,3 \cdot 10^{11}$ Вт/м²). После облучения проводился металлографический анализ образцов и измерение их микротвердости. Результаты позволили выявить экстремум изменения структуры и микротвердости образцов, который соответствует диаметру луча лазера $1,4 \cdot 10^{-3}$ м, полезной энергии облучения 80 Дж (плотность мощности облучения $6,4 \cdot 10^{10}$ Вт/м²).

На фиг.4 (исходный образец) и фиг.5 (образец, прошедший ОИЛУ (расстояние от места облучения 15 миллиметров)) показано, что для облученных образцов наблюдается дробление исходных зерен на более мелкие фрагменты, что, как правило, приводит к изменению физико-механических свойств материалов, появлению внутренних напряжений и т.д.

На фиг.6 показана зависимость коэффициента изменения микротвердости от расстояния от места облучения. Коэффициент изменения микротвердости определялся по формуле:

$$K_{HV} = \frac{HV_{\text{ОИЛУ}}}{HV_{\text{исх}}}, \quad (1)$$

где $HV_{\text{исх}}$ и $HV_{\text{ОИЛУ}}$ - соответственно микротвердость по Виккерсу неупрочненных и прошедших ОИЛУ образцов.

Как видно из фиг.6 (доверительный интервал: $\Delta K_{HV} = \pm 0,0224$) наблюдается повышение микротвердости армко-железа после ОИЛУ. При этом максимум увеличения микротвердости (10%) соответствует расстоянию 16 миллиметров от места облучения.

Чертеж режущего инструмента, на котором обозначены место облучения и расстояние от места облучения до главной режущей кромки показан на фиг.7.

Формула изобретения

Способ объемного импульсного лазерного упрочнения изделий из инструментальных и конструкционных материалов, заключающийся в том, что изделие подвергают

лазерной обработке с использованием лазера импульсного действия при полезной энергии импульса 60-500 Дж, плотности мощности импульса $1,2 \cdot 10^{10}$ - $4,3 \cdot 10^{11}$ Вт/м², длине волны $1,064 \cdot 10^{-6}$ м и продолжительности импульса $0,8 \cdot 10^{-3}$ с, при этом диаметр
5 луча равен $1,2 \cdot 10^{-3}$ - $2,5 \cdot 10^{-3}$ м, а расстояние от места облучения до упрочняемой поверхности - 12-30 мм.

10

15

20

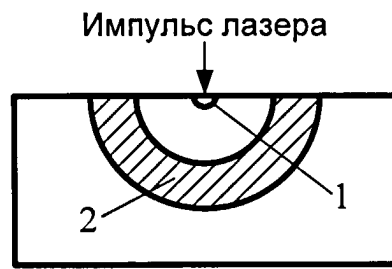
25

30

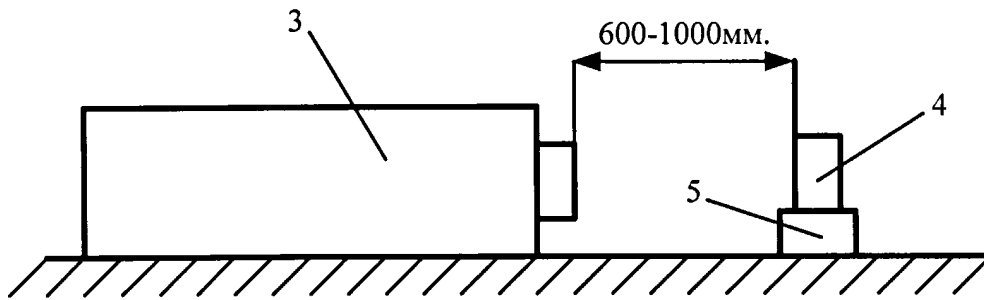
35

40

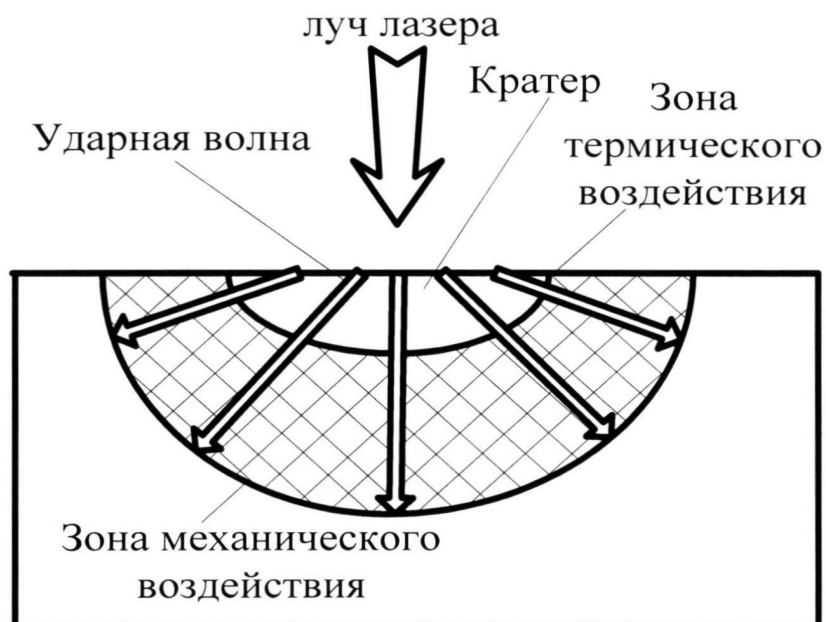
45



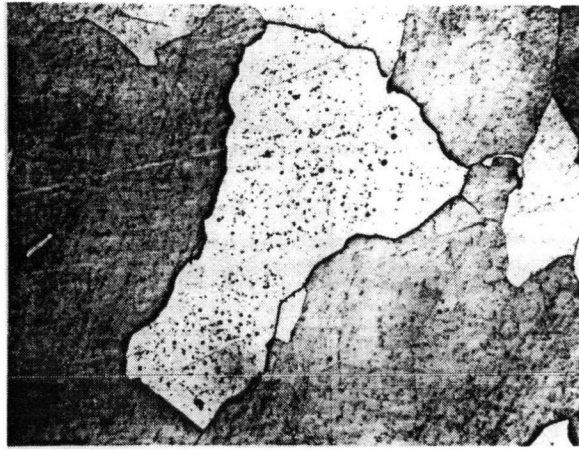
Фиг. 1



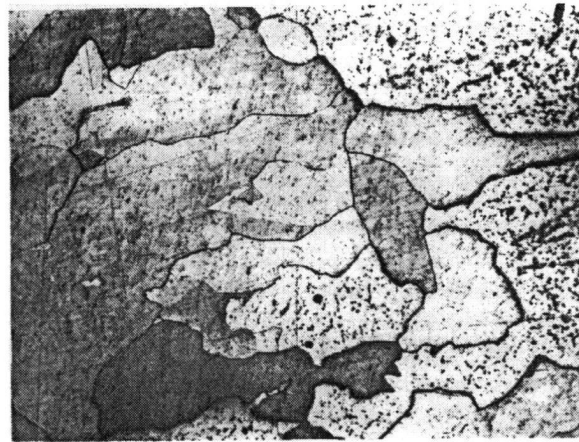
Фиг. 2



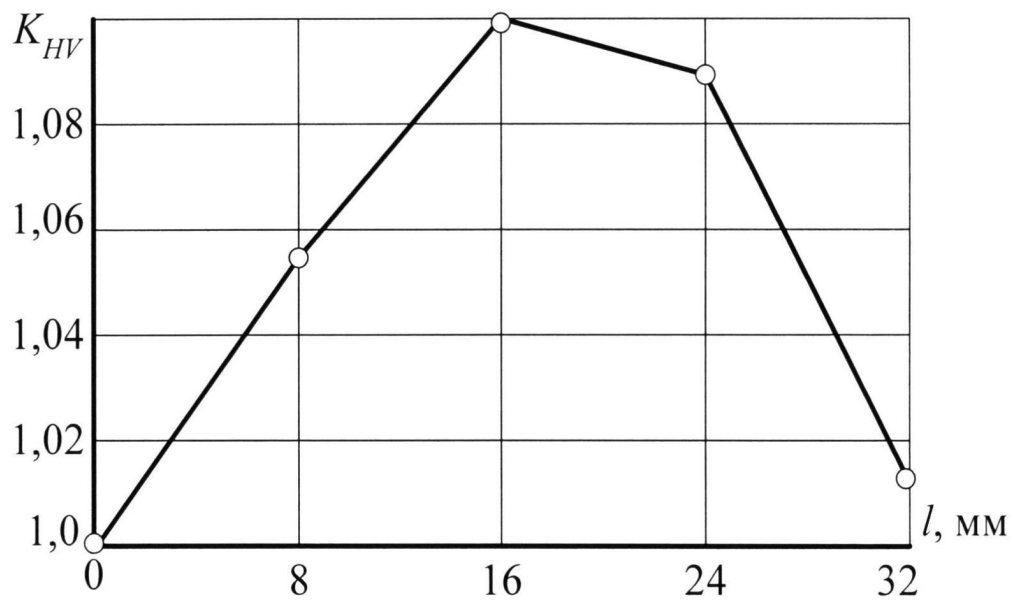
Фиг. 3



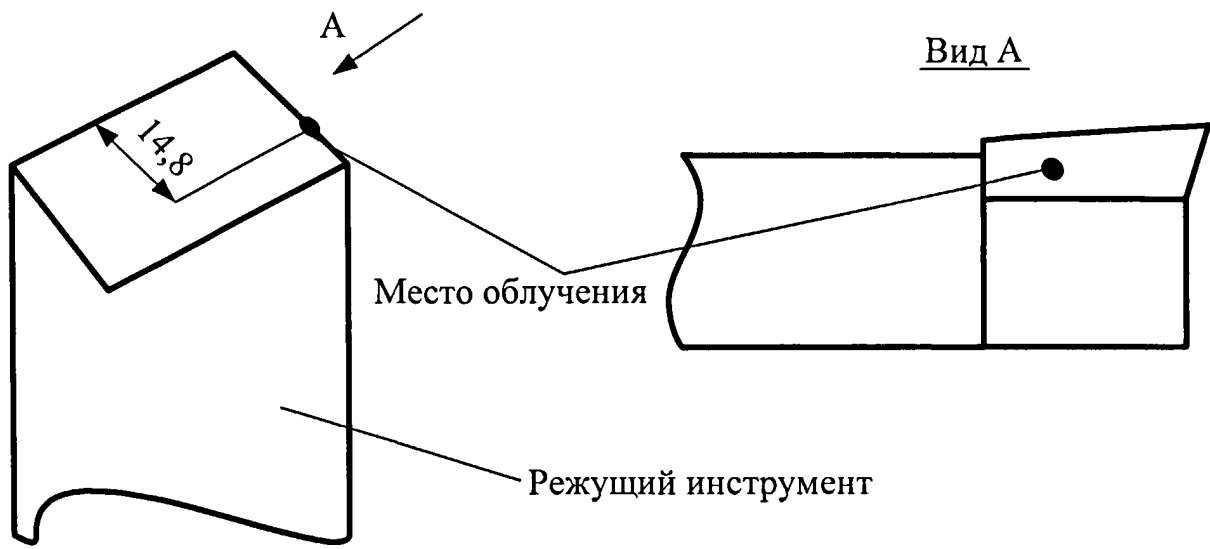
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7