



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2013108959/28, 28.02.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.02.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.02.2013

(45) Опубликовано: 27.08.2014 Бюл. № 24

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2466813 C2 20.11.2012 . RU  
2007113281 A 20.10.2008 . SU 888658 A1  
15.07.1991 . US 8042405 B2 25.10.2011

Адрес для переписки:

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр. 1,  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для  
Ярославцева В.М. (каф. МТ-13)

(72) Автор(ы):

Ярославцева Нина Александровна (RU),  
Ярославцев Виктор Михайлович (RU),  
Назаров Николай Григорьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

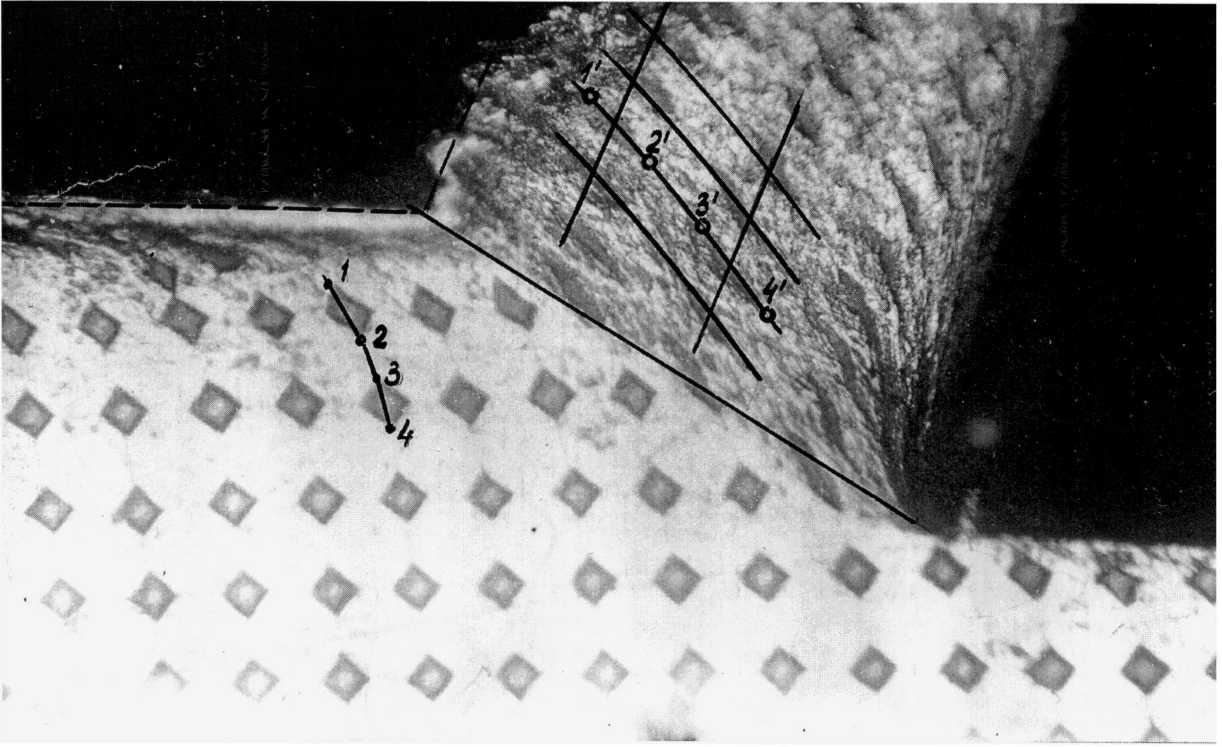
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
"Московский государственный технический  
университет имени Н.Э. Баумана" (МГТУ  
им. Н.Э. Баумана) (RU)

**(54) СПОСОБ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЛАСТИЧЕСКОЙ  
ДЕФОРМАЦИИ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано для изучения деформированного состояния обрабатываемого материала в зоне пластического деформирования при механической обработке с помощью делительных сеток. Сущность: осуществляют нанесение системы координатных меток на поверхности образца с помощью прижима к этой поверхности инструмента, твердость которого превышает твердость материала детали. В качестве инструмента используют клише с острыми выступающими элементами, имеющими форму четырехгранных пирамид, образующими заданную систему координатных (реперных) точек, являющихся точками пересечения

плоскости исследуемого образца с гранями индентора. Образованные углубления заполняют нетвердеющей люминесцентной краской, сохраняющей свои свойства при пластическом деформировании, после чего производят механическую обработку образца, а затем измеряют параметры измененного рисунка сетки, по которым вычисляют параметры пластического деформирования. Технический результат: повышение качества картины поля деформации и увеличение точности измерения параметров пластического деформирования материала образца за счет более точного определения расположения меток сетки. 3 ил.



Фиг.1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 527 139** (13) **C1**

(51) Int. Cl.

*G01N* 1/30 (2006.01)

*G01N* 3/58 (2006.01)

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2013108959/28, 28.02.2013

(24) Effective date for property rights:  
28.02.2013

Priority:

(22) Date of filing: 28.02.2013

(45) Date of publication: 27.08.2014 Bull. № 24

Mail address:

105005, Moskva, 2-ja Baumanskaja ul., 5, str. 1,  
MG TU im. N.Eh. Baumana, TsZIS, dlja  
Jaroslavl'tseva V.M. (kaf. MT-13)

(72) Inventor(s):

Jaroslavl'tseva Nina Aleksandrovna (RU),  
Jaroslavl'tsev Viktor Mikhajlovich (RU),  
Nazarov Nikolaj Grigor'evich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe  
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego  
professional'nogo obrazovanija "Moskovskij  
gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet imeni  
N.Eh. Baumana" (MG TU im. N.Eh. Baumana)  
(RU)

## (54) EXPERIMENTAL DETERMINATION OF PLASTIC STRAIN PARAMETERS AT MACHINING OF METALS

(57) Abstract:

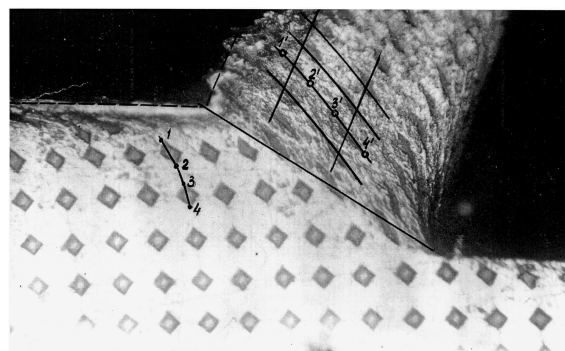
FIELD: machine building.

SUBSTANCE: coordinate marks are applied on specimen surface by pressing the tool there against, tool hardness exceeding that of the part material. Said tool represents an etching with sharp protruding elements shaped to tetrahedral pyramid that make a preset system of coordinate (reference) points. The latter are the points of intersection of analysed specimen with faces on indenter. Produced recesses are filled with non-solidifying luminescent dye not losing its properties at plastic strain. Now, said specimen is subjected to machining. Then, parameters of grating changed pattern are measured to calculate the plastic strain parameters.

EFFECT: higher pattern quality and accuracy of

metal plastic strain parameter measurement.

3 dwg



Фиг. 1

## Область техники

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано для изучения деформированного состояния обрабатываемого материала в зоне пластического деформирования при механической обработке с помощью делительных сеток.

## Уровень техники

Известны способы исследования деформированного состояния материала с помощью делительных сеток, позволяющие получать наиболее полную информацию о процессе деформации (Гольдшмидт М.Г. Деформации и напряжения при резании металлов. - Томск: STT, 2001, - 180 с.). На первом этапе из образца исследуемого материала изготавливают шлиф, затем на полированной поверхности образца наносят с определенным шагом делительную сетку. После чего подготовленный образец подвергают энергетическому воздействию обработкой давлением или обработкой резанием и измеряют геометрические параметры измененного рисунка сетки, по которым определяют параметры пластической деформации образца. Сетку наносят царапанием, а также вдавливанием в поверхность образца конического индентора. Недостатком таких способов является недостаточная (неудовлетворительная) точность определения параметров деформированного состояния образца при больших пластических деформациях, особенно при высоких степенях пластического деформирования, например резании с предварительным пластическим деформированием (ППД) и т.п.

Наиболее близким техническим решением является способ экспериментального определения параметров пластической деформации при резании металлов с использованием способа получения координатной сетки, включающего нанесение системы координатных меток на поверхности образца путем прижима к этой поверхности инструмента, твердость которого превышает твердость материала образца, в качестве инструмента используют металлическое клише с острыми выступающими элементами, имеющими форму четырехгранных пирамид, образующими заданную систему координатных точек (Патент РФ №2466813, МПК В21D 22/02, G01N 1/28 опубл. 27.05.2011 г.). Основным недостатком этого способа является то, что достаточно достоверные результаты определения параметров пластической деформации достигаются при относительно небольших степенях пластической деформации, когда различимы координатные (реперные) метки сетки, т.е. границы углублений, после осуществления процесса пластического деформирования. С увеличением степени пластической деформации границы меток, их расположения становятся все более неопределенными в связи с деформационным изменением структуры материала (образованием текстуры) на поверхности образца, в которой углубления нанесенной сетки становятся практически неразличимыми, сливаясь с рисунком текстуры. В этом случае ухудшается качество наглядной картины поля деформации и, соответственно, возможность провести на ней точные измерения.

## Раскрытие изобретения

Задачей изобретения является повышение качества картины поля деформации и увеличение точности измерения параметров пластического деформирования материала образца за счет более точного определения расположения меток сетки.

Задача решается за счет того, что в способе экспериментального определения параметров пластической деформации при механической обработке металлов, включающем нанесение системы координатных (реперных) меток на поверхности образца с помощью прижима к этой поверхности инструмента, твердость которого превышает твердость материала детали, в качестве инструмента используют клише с острыми выступающими элементами, имеющими форму четырехгранных пирамид,

образующими заданную систему координатных (реперных) точек, образованные углубления заполняют нетвердеющей люминесцентной краской, сохраняющей свои свойства при пластическом деформировании, после чего производят механическую обработку образца, а затем измеряют параметры измененного рисунка сетки, по

5 которым вычисляют параметры пластического деформирования.

Перечень фигур

На фиг.1 показана микрофотография деформированного состояния прямоугольной делительной сетки в корнях стружки (увеличение  $\times 487$ ) при резании стали 40ХСШ (резание с ППД).

10 На фиг.2 показана микрофотография деформированного состояния прямоугольной делительной сетки в корнях стружки ( $\times 487$ ) при резании стали 12Х18Н9Т (резание).

На фиг.3 показана микрофотография деформированного состояния прямоугольной делительной сетки в корнях стружки ( $\times 487$ ) при резании стали 12Х18Н9Т (резание с ППД).

15 Осуществление изобретения

Осуществление изобретения проводят в несколько этапов:

1. Изготовление шлифов из образцов исследуемых материалов толщиной 3 мм.

2. Разметка способом царапания микрокоординатной делительной сетки на полированной поверхности образцов, шаг сетки 0,05 мм.

20 3. Накернивание углублений в углах ячеек сетки с помощью индентора микротвердомера ПМТ-3, сторона квадрата углубления около 12 мкм и образование таким образом системы координатных (реперных) точек, являющихся точками пересечения плоскости исследуемого образца с гранями индентора.

4. Заполнение углублений люминесцентной краской ФЛК-01 путем нанесения кистью и снятие излишков краски эластичным шпателем непосредственно перед проведением

25 исследования, не допуская высыхания краски (процесс высыхания около 2 часов).  
5. Проведение процесса механической обработки, в частности резания. При резании с ППД в зоне перед резцом устанавливают накатной деформирующий ролик. Элементы режима резания, материал и геометрические параметры режущего инструмента

30 выбирают в соответствии с принятыми нормативами.  
6. Получение картины измененной сетки с помощью приспособления для мгновенного фиксирования процесса резания (устройство мгновенного останова), или с помощью высокоскоростной микрофото- и микровидеосъемки (с помощью микроскопа).

7. Измерение геометрических элементов измененного рисунка сетки и определение  
35 на этой основе расчетным путем параметров пластической деформации исследуемого материала. Изменение положения координатных (реперных) точек нанесенной координатной сетки (за реперные точки принимают точки пересечения плоскости исследуемого образца с гранями индентора) при деформации позволяет из геометрических соотношений расстояний между ними определить величину  
40 относительного сдвига  $\varepsilon$  в зоне стружкообразования. В условиях, например, резания, относительный сдвиг связан с интенсивностью деформации  $\varepsilon_i$ , соотношением

$$\varepsilon_i = \frac{\varepsilon}{\sqrt{3}}.$$

45 По интенсивности деформации в предположении единой кривой течения находится величина интенсивности деформации  $\delta_i$ . В соответствии с этим изменение картины координатной сетки дает возможность определить напряженно-деформированное состояние  $\delta_i$ - $\varepsilon_i$  в любой точке зоны стружкообразования.

Наличие люминесцентной краски при ультрафиолетовом облучении позволяет точно определить расположение координатных (реперных) точек на измененной картине сетки в том случае, когда зрительно положение этих точек становится неопределимым даже при большом увеличении. Светящиеся же частицы краски показывают

5 месторасположения реперных точек.

Использование предложенного способа позволило воспроизвести реальную картину деформаций, происходящих в зоне резания, и впервые дать математические зависимости для расчетов напряженно-деформированных состояний материала в зоне резания во времени. Нанесение микрокоординатных сеток при исследовании напряженно-

10 деформированного состояния зоны резания дало возможность уточнить величину зоны стружкообразования и рассчитать время протекания деформационных процессов, а также время перехода исходного материала заготовки в материал стружки ( $10^{-4} \dots 10^{-7}$  с).

Способ применим для исследования пластических деформаций при проведении других

15 технологических операций, связанных с пластическим деформированием, таких как осадка, ковка, гибка, холодное выдавливание, высадка, вытяжка.

### Формула изобретения

Способ экспериментального определения параметров пластической деформации при механической обработке металлов, включающий нанесение системы координатных

20 меток на поверхности образца с помощью прижима к этой поверхности инструмента, твердость которого превышает твердость материала детали, в качестве инструмента используют клише с острыми выступающими элементами, имеющими форму четырехгранных пирамид, образующими заданную систему координатных (реперных)

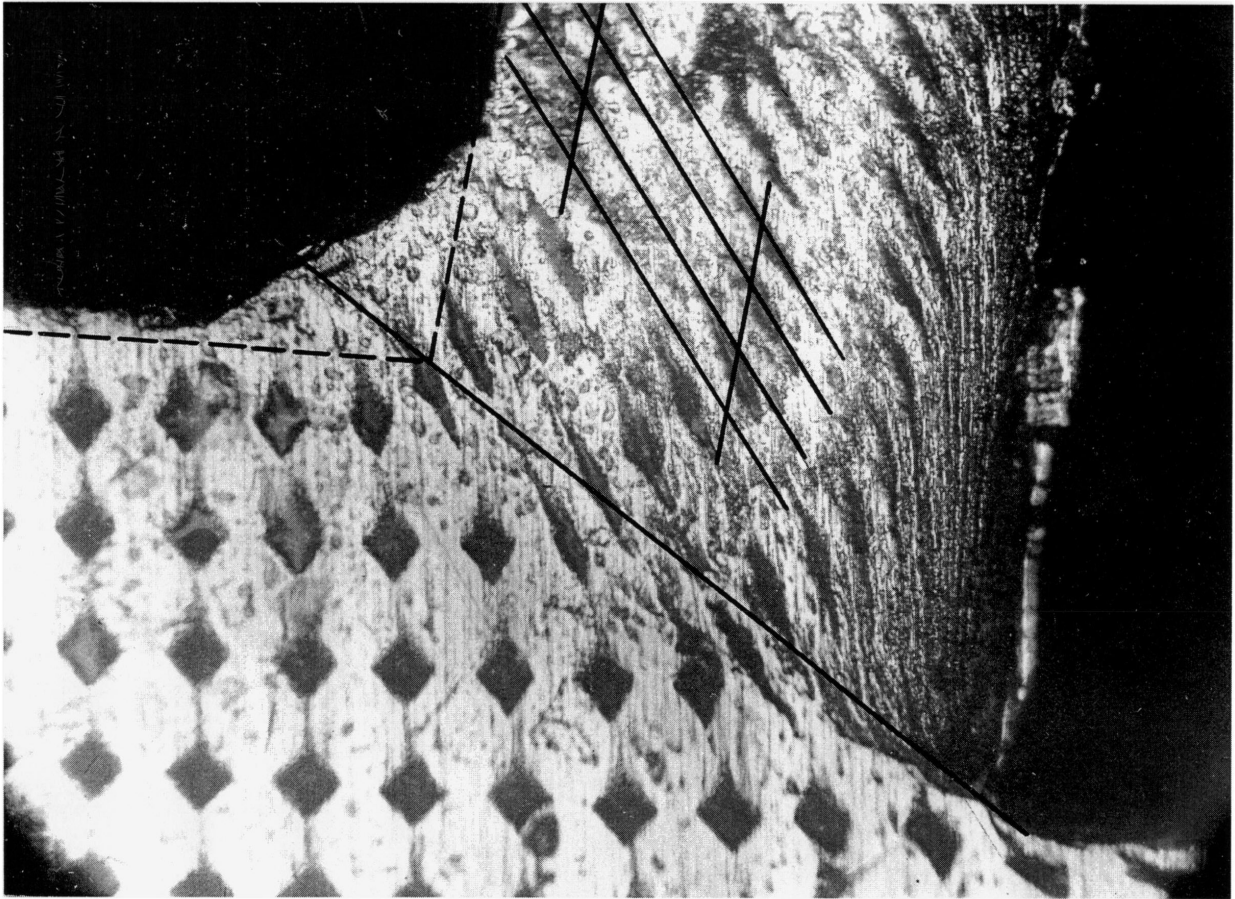
25 точек, являющихся точками пересечения плоскости исследуемого образца с гранями индентора, отличающийся тем, что образованные углубления заполняют нетвердеющей люминесцентной краской, сохраняющей свои свойства при пластическом деформировании, после чего производят механическую обработку образца, а затем измеряют параметры измененного рисунка сетки, по которым вычисляют параметры

30 пластического деформирования.

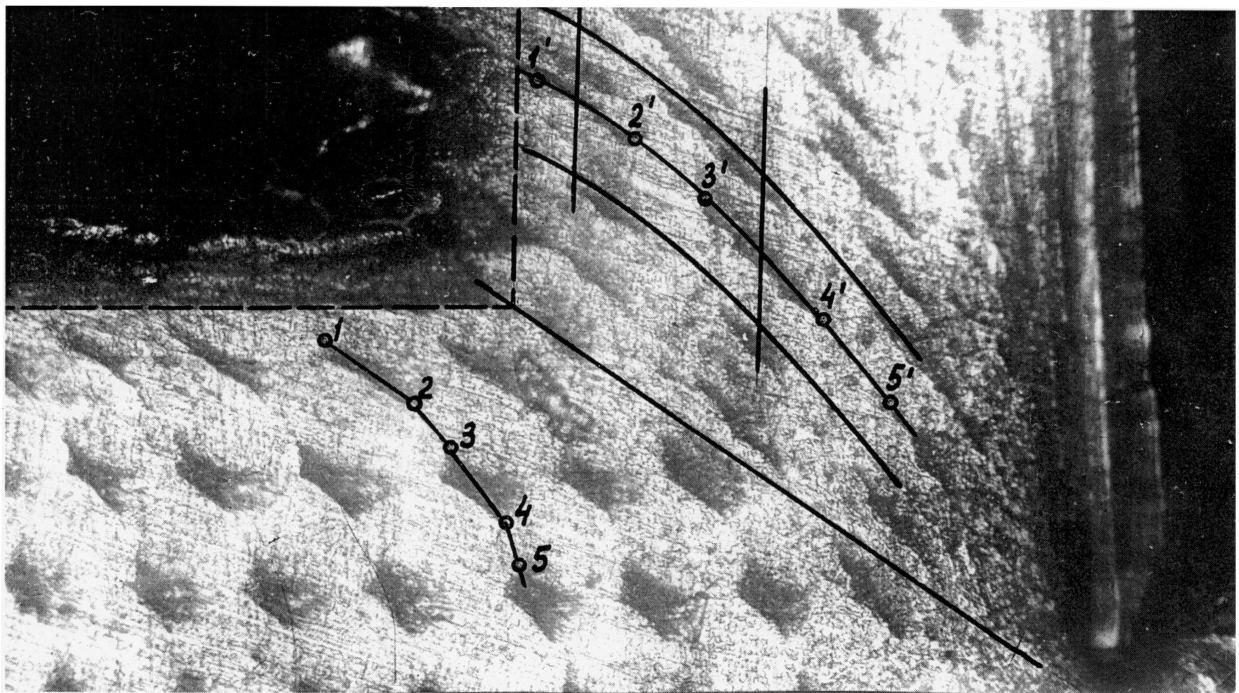
35

40

45



Фиг. 2



Фиг. 3