



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014142856/28, 23.10.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.10.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 23.10.2014

(45) Опубликовано: 20.12.2015 Бюл. № 35

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2194263 C1 10.12.2002. RU 2121660
C1 10.11.1998. RU 2386116 C1 10.04.2010. US
5293320 A 08.03.1994.

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
ФГБОУ ВПО "Национальный минерально-
сырьевой университет "Горный", отдел
интеллектуальной собственности и трансфера
технологий (отдел ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Болобов Виктор Иванович (RU),
Бочков Владимир Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Национальный минерально-сырьевой
университет "Горный" (RU)

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ НАКЛЕПАННОГО СЛОЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к методам испытания металлов, в частности к методам определения толщины наклепанного слоя металлических деталей, и может быть применено в дробеструйной обработке рабочих поверхностей. Сущность: осуществляют поверхностное пластическое деформирование до получения остаточного отпечатка, измерение диаметра остаточного отпечатка на поверхности детали и определение расчетным путем толщины упрочненного дробеструйной обработкой поверхностного слоя. Перед проведением дробеструйной обработки определяют исходную твердость материала детали по методу Бринелля,

измеряют плотность материала дробы, а также рассчитывают скорость дробы в момент удара, исходя из которых определяют толщину упрочненного дробеструйной обработкой поверхностного слоя, измеряя диаметр шара (дробы) D , плотность материала ρ и скорость шаров в момент удара V , а также статическую твердость обрабатываемой поверхности $HВ$. Рассчитывают толщину упрочненного наклепом поверхностного слоя по формуле. Технический результат: снижение времени определения толщины наклепанного слоя за счет уменьшения количества измеряемых параметров.

RU
2 571 305
C1

RU
2 571 305
C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014142856/28, 23.10.2014

(24) Effective date for property rights:
23.10.2014

Priority:

(22) Date of filing: 23.10.2014

(45) Date of publication: 20.12.2015 Bull. № 35

Mail address:

199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 linija, 2, FGBOU
VPO "Natsional'nyj mineral'no-syr'evoj universitet
"Gornyj", otdel intellektual'noj sobstvennosti i
transfera tekhnologij (otdel IS i TT)

(72) Inventor(s):

**Bolobov Viktor Ivanovich (RU),
Bochkov Vladimir Sergeevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Natsional'nyj
mineral'no-syr'evoj universitet "Gornyj" (RU)**

(54) **METHOD OF THICKNESS DETERMINATION OF COLD-WORKED LAYER**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: surface plastic deformation is performed until obtaining of the residual imprint, diameter of the residual imprint on the part surface is measured, and thickness of the surface layer reinforced by shot blasting is calculated. Prior to the shot blasting the initial hardness of the part material is determined as per Brinell method, density of shot material is determined, and shot speed at the moment of impact is calculated based on them the thickness of the surface

layer reinforced by the shot blasting is determined by measurement of the ball (shot) diameter D , material density ρ , and balls speed at the impact moment V , as well as static hardness of the treated surface HB . Thickness of the cold-worked surface layer is determined using the equation.

EFFECT: reduced time of determination of the thickness of the cold-worked layer due to reduced number of measured parameters.

Изобретение относится к методам испытания металлов, в частности к методам определения толщины наклепанного слоя металлических деталей, и может быть применено в дробеструйной обработке рабочих поверхностей.

5 Известен способ определения толщины упрочненного наклепом поверхностного слоя (Авторское свидетельство №1422081, опубл. 07.09.1988), заключающийся в том, что из исследуемой детали вырезают два плоских образца так, чтобы плоскости реза были перпендикулярны поверхностному слою, образцы совмещают по поверхностям упрочненного слоя так, чтобы поверхности реза лежали в одной плоскости, а перед операцией шлифования закрепляют совмещенные образцы в фиксаторе, образцы 10 подвергаются пластическому деформированию в направлении, параллельном упрочненному слою, а за искомую величину толщины принимают расстояние от наклепанной поверхности до линии начала отклонения профиля реза от плоскости.

Недостатком этого способа является то, что для проведения измерений необходимо проводить технологическую операцию разрезания образца перпендикулярно 15 упрочненному слою, что приводит к разрушению образца.

Известен способ определения толщины упрочненного наклепом поверхностного слоя (Авторское свидетельство №1404879, опубл. 23.06.1988), заключающийся в том, что образец материала детали, состоящий из двух частей с полированными контактирующими поверхностями подвергают поверхностной пластической деформации 20 и определяют границу помутнения контактирующих поверхностей, по которой судят о толщине упрочненного слоя, при этом используют образец, одна из частей которого выполнена с монотонно изменяющейся толщиной вдоль поверхности контакта, поверхностной пластической деформации подвергают эту часть со стороны, противоположной поверхности контакта, а толщину упрочненного слоя определяют 25 по толщине этой части на границе помутнения.

Недостатком этого способа является необходимость дополнительного изготовления из материала детали специального образца, состоящего из двух частей и последующего поверхностного пластического деформирования этого образца, что приводит к удорожанию процесса определения упрочненного слоя.

30 Известен способ определения толщины упрочненного наклепом поверхностного слоя (Патент РФ №2194263, опубл. 10.12.2002), выбираемый в качестве прототипа. Сущность данного способа заключается в следующем, материал детали подвергают поверхностной пластической деформации до получения остаточного отпечатка на поверхности детали, измеряют диаметр остаточного отпечатка на поверхности детали 35 и определяют соотношение статической твердости материала дробы и статической твердости материала детали, по которому определяют соотношение динамической твердости материала дробы и динамической твердости материала детали, исходя из которого, расчетным путем, определяют толщины упрочненного наклепом поверхностного слоя.

40 Недостатком указанного способа является то, что необходимо определять соотношение статических и динамических твердостей дробы и детали, что приводит к увеличению времени определения толщины наклепанного слоя.

Техническим результатом данного изобретения является снижение времени определения толщины наклепанного слоя за счет уменьшения количества измеряемых 45 параметров.

Технический результат достигается тем, что перед проведением дробеструйной обработки определяют исходную твердость материала детали по методу Бринелля, измеряют плотность материала дробы, а также рассчитывают скорость дробы в момент

удара, исходя из которых определяют толщину упрочненного дробеструйной обработкой поверхностного слоя, измеряя диаметр шара (дробин) D , плотность материала ρ и скорость шаров в момент удара V , а также статическую твердость обрабатываемой поверхности HB , рассчитывают толщину упрочненного наклепом поверхностного

$$h = 0,015 \cdot D \cdot \left(\frac{\rho V^2 d_{ш}^{2,2}}{340} \right)^{0,25} \cdot (1,54 - HB \cdot 10^{-3})$$

где $d_{ш}$ - диаметр отпечатка на материале с заданной твердостью HB , полученной по методу Бриннеля, и рассчитываемый по формуле

$$d_{ш} = \left(100 - \left(10 - \frac{191}{HB} \right)^2 \right)^{0,5}$$

Способ осуществляется следующим образом, известна формула (1), связывающая диаметр d сферической вмятины, образующейся на поверхности пластины в результате ударного воздействия шарообразного предмета, с его диаметром D , плотностью материала ρ , скоростью в момент удара V (Саверин М.М. Дробеструйный наклеп. М.: Машгиз, 1955. - 312 с., на с. 16, формула 7)

$$d = 2 \cdot D \cdot \sqrt[4]{\frac{\rho \cdot V^2}{6 H_d}} \quad (1)$$

где

$$H_d = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4}} \quad (2)$$

- динамическая твердость материала пластины, не зависящая от величины энергии удара и диаметра шара (Там же на с. 15, формула 6).

Поскольку значения H_d в литературных источниках приведены для весьма ограниченного числа материалов, этот параметр предлагается устанавливать, исходя из твердости HB конкретного материала при статическом вдавливании шарика, по следующей методике.

В соответствии с законом Майера (Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 2, М., 2005. - 544 с. на с. 71, формула 20.2), справедливого при вдавливании шарика в пластину, как в статических, так и в динамических условиях

$$P = \frac{a_0 \cdot d^n}{D_{ш}^{n-2}}, \quad (3)$$

где $D_{ш}$ - диаметр вдавливаемого шарика, a_0 , n - постоянные, характеризующие материал пластины.

Исходя из условий проведения замеров статической твердости материалов по методу Бриннеля (усилие вдавливание $P=3000$ кгс, диаметр вдавливаемого шарика $D_{ш}=10$ мм), по величине HB анализируемого материала определяется (4) соответствующий ему диаметр $d_{ш}$ отпечатка. Расчет проводится по общеизвестной формуле (4)

$$d_{\text{ш}} = \left(D_{\text{ш}}^2 - \left(D_{\text{ш}} - \frac{2P}{D_{\text{ш}} \pi HB} \right)^2 \right)^{0,5} = \left(100 - \left(10 - \frac{191}{HB} \right)^2 \right)^{0,5}, \quad (4)$$

По величине $d_{\text{ш}}$ на основании (3) по формуле (5) рассчитывается соответствующее значение постоянной $a_{0\text{стат}}$ для статических условий. При этом за значение n принимается усредненная для всех классов материалов величина $n=2,2$ из таблицы приведенной в книге Шапошникова Н.А. Механические испытания металлов. М. - Л.: Машгиз, 1954. - 443 с., на с. 341, таблица 29.

$$a_{0\text{стат}} = \frac{P \cdot D_{\text{ш}}^{n-2}}{d_{\text{ш}}^n} = \frac{3000 \cdot 10^{0,2}}{d_{\text{ш}}^{2,2}} = \frac{4755}{d_{\text{ш}}^{2,2}}, \text{ кгс/мм}^2 \quad (5)$$

Поскольку, как следует из сравнения данных таблицы (там же на с. 341, таблица 29) для динамических условий практически для всех материалов $n=2$, а значения $a_{0\text{дин}} \approx 1,5 a_{0\text{стат}}$, уравнение (2), с учетом (3) и (5), преобразовывается к виду

$$H_{\text{д}} = \frac{4 \cdot a_{0\text{дин}}}{\pi} = \frac{4 \cdot 1,5 \cdot 4755}{d_{\text{ш}}^{2,2} \cdot 3,14} = \frac{9085}{d_{\text{ш}}^{2,2}}, \text{ кгс/мм}^2 \quad (6)$$

После подстановки установленного значения $H_{\text{д}}$ в (1) рассчитывается (7) диаметр сферической вмятины d от единичного удара шара в процессе дробеструйной обработки

$$d = 2 \cdot D \cdot \sqrt[4]{\frac{\rho \cdot V^2}{6 \cdot H_{\text{д}}}} = 2 \cdot D \cdot \left(\frac{\rho V^2 d_{\text{ш}}^{2,2}}{6 \cdot 9085 \cdot K} \right)^{0,25} = 0,01 \cdot D \cdot \left(\frac{\rho V^2 d_{\text{ш}}^{2,2}}{340} \right)^{0,25} \quad (7)$$

где K - коэффициент, равный 10^7 , для перевода величины $H_{\text{д}}$ из кгс/мм^2 в систему СИ (Н/м^2), а $d_{\text{ш}}$ - диаметр отпечатка в мм, получаемый при вдавливании шарика по методу Бринелля в материал с заданной твердостью HB, рассчитываемый по формуле (4).

Многократное воздействие дроби учитывается по формуле (8), взятой из статьи Кудрявцева И.В. «Влияние кривизны соприкасающихся поверхностей на глубину пластической деформации при упрочнении деталей поверхностным наклепом» / И.В. Кудрявцев, Г.Е. Петушков // Повышение прочности деталей машин поверхностным деформированием: материалы II научно-технической конференции. Пермский политехнический институт. Пермь, 1967. С 40-52 на стр. 42

$$d_{\text{м}} = d \cdot (1,54 - HB \cdot 10^{-3}) \quad (8)$$

Толщина наклепанного слоя h рассчитывается по формуле (9) из статьи того же автора (формула 2 б на стр. 41)

$$h = 1,5 \cdot d_{\text{м}}, \quad (9)$$

С учетом (8), (9) выражение для расчета толщины наклепанного слоя в результате многократного воздействия дроби примет вид

$$h = 0,015 \cdot D \cdot \left(\frac{\rho V^2 d_{\text{ш}}^{2,2}}{340} \right)^{0,25} \cdot (1,54 - HB \cdot 10^{-3}),$$

где $d_{ш} = \left(100 - \left(10 - \frac{191}{HB}\right)^2\right)^{0,5}$, при D [м], ρ [кг/м³], V [м/с], HB [кгс/мм²].

5

Формула изобретения

Способ определения толщины упрочненного наклепом поверхностного слоя металлических деталей при дробеструйной обработке, включающий поверхностное пластическое деформирование до получения остаточного отпечатка, измерение диаметра остаточного отпечатка на поверхности детали и определение расчетным путем толщины упрочненного дробеструйной обработкой поверхностного слоя, отличающийся тем, что перед проведением дробеструйной обработки определяют исходную твердость материала детали по методу Бринелля, измеряют плотность материала дробы, а также рассчитывают скорость дробы в момент удара, исходя из которых определяют толщину упрочненного дробеструйной обработкой поверхностного слоя, измеряя диаметр шара (дробы) D , плотность материала ρ и скорость шаров в момент удара V , а также статическую твердость обрабатываемой поверхности HB , рассчитывают толщину упрочненного наклепом поверхностного слоя по формуле

$$h = 0,015 \cdot D \cdot \left(\frac{\rho V^2 d_{ш}^{2,2}}{340}\right)^{0,25} \cdot (1,54 - HB \cdot 10^{-3})$$

20

где $d_{ш}$ - диаметр отпечатка на материале с заданной твердостью HB , полученной по методу Бринелля, и рассчитываемый по формуле

$$d_{ш} = \left(100 - \left(10 - \frac{191}{HB}\right)^2\right)^{0,5}$$

25

30

35

40

45