

УДК 621.81:621.78

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Н. К. Криони¹, А. А. Мингажева², Н. А. Соколова³

¹www.tm.ugatu.su

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Поступило в редакцию 22.07.2013

Аннотация. Предложен метод оценки параметров качества поверхностного слоя деталей ГТД после механической обработки. Приводятся данные экспериментов по определению параметров упрочнения поверхностного слоя образцов из углеродистой стали.

Ключевые слова: пластическая деформация, упрочнение, поверхностный слой, наклеп, индентор, микротвердость.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что пластическая деформация материала поверхностного слоя детали после различных видов размерной или упрочняющей обработки характеризуется изменением степени пластической деформации по глубине поверхностного слоя [1]. Упрочнение поверхностного слоя оценивают, определяя глубину и степень наклепа, а интенсивность наклепа — по глубине поверхностного слоя — градиентом наклепа. При этом основным способом определения механических характеристик поверхностного слоя является измерение микротвердости (например, с использованием индентора в виде алмазной пирамидки). Исследование степени упрочнения по глубине поверхностного слоя оценивается на практике измерением микротвердости на микрошлифе, который выполнен в виде косо́го среза под углом $0^{\circ}30' - 2^{\circ}$ [1].

Оценку физико-механических свойств поверхности деталей производят также путем: либо внедрения сферического индентора, замера диаметра и глубины остаточного отпечатка на поверхности испытуемого материала [2], либо внедрения индентора в исследуемый материал при регистрации кинематических характеристик ударного вдавливания с учетом ориентации материала относительно индентора и энергии пластического деформирования [3].

Однако указанные методы характеризуются значительной трудоемкостью оценки характеристик упрочненного поверхностного слоя, поскольку это связано с приготовлением наклонного шлифа и пошаговым измерением микро-

твердости по глубине поверхностного слоя на поверхности шлифа. Кроме того, оценка параметров поверхностного слоя, как правило, дает их усредненные значения по глубине, поскольку индентор, внедряясь в материал, охватывает сразу несколько уровней поверхностного слоя. Кроме того, точечный характер внедрения индентора (в качестве которого используется алмазная пирамидка) имеет случайный характер, связанный с неоднородностью твердости испытуемого материала, что также вносит погрешность в результаты оценки свойств материала поверхностного слоя.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В этой связи в настоящей работе предлагается новая методика, обеспечивающая возможность оперативной и достоверной оценки параметров упрочнения поверхностного слоя материала исследуемых деталей [4].

Сущность предлагаемой методики заключается в следующем: приготовление шлифа в зоне внедрения индентора, внедрение индентора в испытуемый образец и определение глубины отпечатка (рис. 1).

Шлиф подготавливают на торце испытуемого образца, поверхность шлифа выполняют перпендикулярной к испытуемой поверхности образца (рис. 2). Индентор изготовлен в форме ножа, имеющего лезвие с сечением в виде равнобедренного треугольника с углом острия либо 45° , либо 60° , либо 90° . Индентор вводят в испытуемый образец по нормали к его испытуемой поверхности на глубину h_0 , превышающую

глубину упрочненного слоя $h_{уп}$, создавая, при внедрении индентора по обе стороны от его отпечатка, зоны пластической деформации.

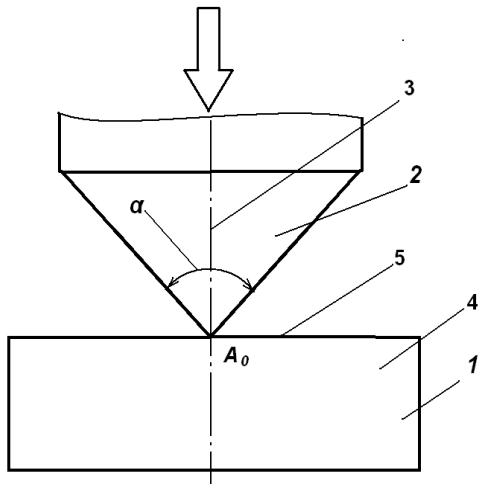


Рис. 1. Схема внедрения индентора в испытуемый образец: 1 – испытуемый образец; 2 – индентор (призматический нож); 3 – нормаль к поверхности испытуемого образца (ось индентора; направление внедрения индентора); 4 – поверхность шлифа (торцевая поверхность образца); 5 – исходная поверхность образца; α – угол острия индентора; незакрашенной стрелкой обозначена сила, действующая на индентор

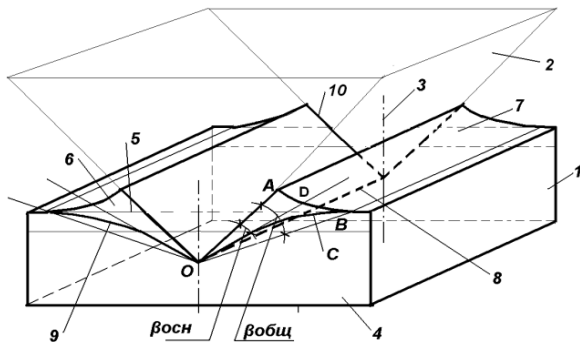


Рис. 2. Отпечаток от индентора на образце: 1 – испытуемый образец; 2 – индентор; 3 – нормаль к поверхности испытуемого образца; 4 – поверхность шлифа; 5 – исходная поверхность образца; 6 – зона пластической деформации; 7 – бугор (наплыв) зоны деформации испытуемого образца; 8 – линия, образованная лезвием индентора; 9 – граница зоны деформации; 10 – отпечаток на образце

При введении индентора линию, образованную его лезвием, ориентируют перпендикулярно поверхности шлифа, а на шлифе определяют: точку O максимальной глубины h_o отпечатка индентора, оставленную лезвием индентора,

точку B границы зон деформированного и недеформированного материала на поверхности испытуемого образца и точку A края отпечатка индентора на поверхности испытуемого образца (рис. 2, 3), определяют границу зон деформированного и недеформированного материала, а затем определяют угол общей зоны деформации $\beta_{общ} = \angle AOB$ и на шлифе по месту преломления границы зон деформированного и недеформированного материала определяют точку B_1 перехода от деформированной зоны основного материала к деформированной зоне упрочненного поверхностного слоя, соединяют точку O и B_1 прямой и определяют угол деформации основного материала $\beta_{осн} = \angle AOB_1$ и по соотношению углов $\beta_{общ}$ и $\beta_{осн}$ судят о степени упрочнения поверхностного слоя ϵ_β , применяя формулу

$$\epsilon_\beta = \frac{\beta_{общ}}{\beta_{осн}}. \quad (1)$$

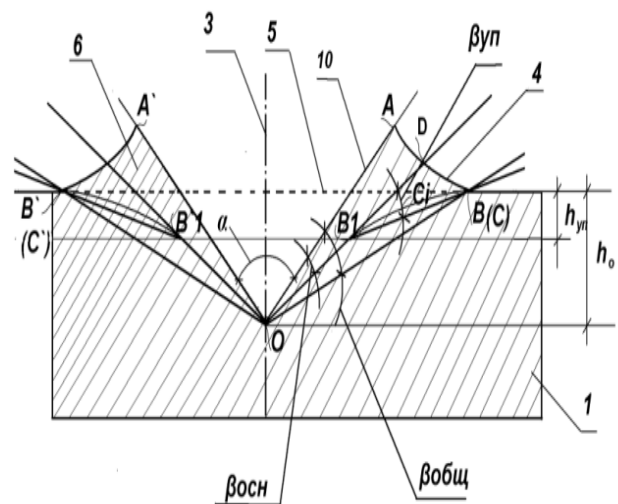


Рис. 3. Схема деформации в зоне отпечатка индентора

Индентор вводят на глубину h_o в два раза превышающую глубину упрочненного слоя $h_{уп}$, дополнительно определяют угол градиента упрочнения $\beta_{уп} = \angle DB_1B$, по величине которого судят об интенсивности изменения зоны упрочнения, где точка D лежит на пересечении прямой OB_1 с испытуемой поверхностью образца.

О величине упрочнения i -го слоя, расположенного на глубине h_i от испытуемой поверхности образца судят по отношению значений B_1C_i / A_1C_i или по отношению значений B_1C_i / A_iB_{1i} (где B_1C_i – расстояние между границей зон де-

формированного и недеформированного материала и линией OB_1 , измеренное на поверхности шлифа в направлении, параллельном исходной испытываемой поверхности образца на глубине h_i ; A_iC_i – расстояние между границей зон деформированного и недеформированного материала и линией OA , измеренное на поверхности шлифа в направлении, параллельном исходной испытываемой поверхности образца на глубине h_i ; A_iB_{1i} – расстояние между линией OA и линией OB_1 , измеренное на поверхности торца-шлифа в направлении, параллельном исходной испытываемой поверхности образца на глубине h_i ; h_i – глубина i -го слоя; OC – граница зон деформированного и недеформированного материала). Для повышения достоверности оценки проводят аналогичные измерения и расчеты на поверхности торца-шлифа на симметрично расположенной относительно отпечатка зоне деформации.

Согласно описанной методике оценивались параметры качества поверхностного слоя образцов из углеродистой стали. На цилиндрических и плоских образцах, упрочненных по различным вариантам (табл. 1), подготавливались шлифы в зоне внедрения индентора, затем производили внедрение индентора в испытуемый образец и производили измерения параметров отпечатка и зоны деформации на поверхности шлифов. Для облегчения оценки параметров отпечатка и деформированной зоны образца в результате внедрения индентора, шлиф в зоне отпечатка фотографировали, и на фотографиях шлифов производили необходимые замеры. Шлиф подготавливали на торце испытуемого образца, поверхность шлифа выполняли перпендикулярной к испытываемой поверхности образца. Индентор в поверхностный слой образца вводили на различную глубину и предварительно оценивали глубину зоны упрочнения. Для большей четкости картины деформации

в зоне отпечатка индентор вводили на глубину h_0 , в два раза превышающую глубину упрочненного слоя $h_{уп}$.

Дополнительно определяли угол градиента упрочнения $\beta_{уп} = \angle DB_1B$, по величине которого судили об интенсивности изменения зоны упрочнения (табл. 1).

О величине упрочнения i -го слоя, расположенного на глубине h_i от испытываемой поверхности образца, судили по отношению значений $B_{1i}C_i / A_iC_i$.

Проводили аналогичные измерения и расчеты на поверхности шлифа на симметрично расположенной относительно отпечатка зоне деформации.

Упрочнение поверхностного слоя образцов проводили методами поверхностного пластического деформирования.

В качестве цилиндрических образцов использовались образцы длиной 50 мм и диаметром 20 мм. Плоские образцы имели прямоугольное сечение шириной 4 мм, высотой 10 мм, и длину 50 мм.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В табл. 1 приведены значения результатов измерений отпечатка и параметров зоны деформации при угле острия лезвия индентора $\alpha = 90^\circ$, а также результаты оценки параметров упрочнения поверхностного слоя образцов из углеродистой стали.

Таким образом, предлагаемая методика может быть использована для экспресс-определения физико-механических свойств твердых материалов, в частности, для оценки степени упрочнения поверхностного слоя деталей после защитно-упрочняющей обработки при обеспечении высокой достоверности результатов.

Таблица 1

№ п/п	Материал образца и вид обработки	$h_{уп}$, мм	$\beta_{общ}$, °	$\beta_{осн}$, °	$\epsilon\beta$, %	$\beta_{уп}$, °
1	Сталь 3 (ППД–обработка роликами – режим 1)	0,35	26	18	144	24
2	Сталь 3 (ППД–обработка роликами – режим 2)	0,45	29	17	171	27
3	Сталь 3 (ППД дробеструйная)	0,40	31	19	163	29
4	Сталь 45 (ППД–обработка роликами –режим 1)	0,40	33	21	157	26
5	Сталь 45 (ППД–обработка роликами – режим 2)	0,50	34	22	155	27
6	Сталь 45 (ППД дробеструйная)	0,45	32	20	160	30

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Косилова А. Г.** Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1986. 656 с.

2. **Матлин М. М.** Способ определения твердости: пат. РФ № 2141638. МПК G01N 3/48, 1999.

3. **Способ** определения механических характеристик материалов и устройство для его осуществления: пат. РФ № 2145071. МПК G01N 3/42, 2000.

4. **Криони Н. К. и др.** Способ оценки степени упрочнения поверхностного слоя твердых материалов: заявка РФ № 2011128559. МПК G01N 3/42 (положит. реш. от 13.07.2012).

ОБ АВТОРАХ

КРИОНИ Николай Константинович, проф., проректор. Дипл. инж.-мех. по технологии машиностроения (УАИ, 1971). Д-р техн. наук по трению и износу в машинах (РГУНИГ им. акад. И. М. Губкина, 2005). Иссл. в обл. трибологии, контактного взаимодействия твердых тел.

МИНГАЖЕВА Алиса Аскарровна, асп. каф. технологии машиностроения. Дипл. инж. по машинам и технологиям высокоэффективных процессов обработки (УГАТУ, 2010). Иссл. в обл. армированных теплозащитных покрытий для лопаток ГТД.

СОКОЛОВА Наталья Александровна, ст. преп. каф. технологии машиностроения. Дипл. инж. по технол. машиностроения (УГАТУ, 2006). Иссл. в обл. защитно-упроч. обработки деталей.

METADATA

Title: Estimation of quality parameters machine's surfaces.

Authors: N. K. Krioni, A. A. Mingajeva, and N. A. Sokolova.

Affiliation: Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: kmitlp@mail.ru

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 17, no. 8 (61), pp. 20-23, 2013. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: A method for estimating the parameters of surface layer GTE parts after machining. We present experimental data on the characterization of hardening of the surface layer of carbon steel samples.

Key words: plastic deformation; hardening; surface layer; hardening; indenter; microhardness.

References (English transliteration):

1. A. G. Kosilova, *Directory for technologist machine builder*, vol. 1. Moscow: Mashinostroenie, 1986.
2. M. M. Matlin, *A method for determining the hardness*: Russian patent number 2,141,638. IPC G01N 3/48, 1999.
3. *A method for determining the mechanical properties of materials and device for its implementation*: Russian patent number 2,145,071. IPC G01N 3/42, 2000.
4. N. K. Krioni, *Way to assess the degree of hardening of the surface layer of solid materials*: Application of the Russian Federation no. 2011128559 IPC G01N 3/42 (positive decision from 13.07.2012).

About authors:

KRIONI, Nikolay Konstantinovich, Prof., Vice Rector. Dipl. Mechanical engineer (UAI, 1971). Dr. Tech. Sciences (RGUNIG Gubkin, 2005).

MINGAZHEVA, Alice Askarovna, PhD Student. Dipl. Engineer (USATU, 2010).

SOKOLOVA, Natalia Aleksandrovna, Senior Lecturer. Dipl. Engineer in mechanical engineering (USATU, 2006).