

## Оценка шероховатости гладких поверхностей неметаллов микроинтерференционным методом

С. В. Сохань<sup>1)</sup>, Й. Гавлик<sup>2)</sup>, М. Нимчевска-Войцек<sup>3)</sup>, Д. В. Ефросинин<sup>4)</sup>, Н. А. Мельник-Кагляк<sup>5)</sup>

<sup>1), 4), 5)</sup> *Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, ул. Автозаводская, 2, г. Киев, Украина, 04074;*

<sup>2), 3)</sup> *Краковский технический университет «Политехника Краковска», г. Краков, Польша*

### Article info:

Paper received:

24 November 2015

The final version of the paper received:

09 December 2015

Paper accepted online:

10 December 2015

### Correspondent Author's Address:

<sup>1)</sup> [svsokh@ukr.net](mailto:svsokh@ukr.net)

Оценка шероховатости поверхностей, характеризуемых  $Ra \leq 0,01$  мкм, может быть выполнена измерительной системой «Micron-alpha» на базе оптического прибора МИИ-4. Устройство цифровой фиксации последнего позволяет сканировать участок поверхности размером не более  $250 \times 190$  мкм. Однако в этом случае из регламентированных стандартом ISO величины базовой длины (0,08 мм) и соотношения базовой длины и длины оценки (0,08/0,4) последнее не выполняется. В статье показано, что значения параметров шероховатости поверхности таких материалов, как сапфир и керамика на основе диоксида циркония, определенные указанной измерительной системой, сопоставимы с результатами оценки шероховатости, полученными при сканировании участка поверхности на порядок большего размера. Вместе с тем большая чувствительность такой методики оценки к местным дефектам поверхности – выходам пор на поверхность, мелким выколкам, царапинам, требует использовать при измерении не менее 10 трасс оценки.

**Ключевые слова:** шероховатость поверхности сапфира, керамика на основе диоксида циркония, микроинтерференционный метод оценки, сканирующая измерительная система на базе оптического прибора МИИ-4, параметры шероховатости.

### ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития электроники, электротехники, машиностроения, медицинской техники возрастает спрос на изделия из высококачественных материалов, для которых точность изготовления и качество поверхности являются ключевыми факторами, определяющими длительность их срока службы. Ввиду большого разнообразия форм и размеров таких изделий и зачастую сравнительно небольших объемов выпуска для их производства лучше всего подходят высокоточные механообрабатывающие центры, которые могут выполнять сложные технологические переходы и в то же время обладают высокой гибкостью переналадки [1]. Для того чтобы снизить стоимость производства, изготовители заинтересованы в развитии простых и достоверных методов контроля, пригодных для повседневной производственной работы и с высокой степенью количественной точности и повторяемости данных. Одним из показателей качества обработанной поверхности является ее геометрическая структура, то есть набор микро- и макрогеометрических отклонений от номинального контура заданной чертежом поверхности. Между этими видами погрешностей нет четкого физического различия, однако условно их можно разделить по отношению шага  $S$  к значению

отклонения  $\Delta$  от номинального контура. Неровности, для которых отношение  $S/\Delta < 40$ , относят к шероховатости, при  $1000 > S/\Delta > 40$  – к волнистости, при  $S/\Delta > 1000$  – к отклонениям формы.

Во многих технических приложениях точная характеристика шероховатости поверхности является задачей первостепенной важности из-за ее значительного влияния на функциональные возможности произведенных продуктов (Whitehouse 2011) [2]. Например, в отдельных случаях трибологии шероховатость поверхности влияет на адгезию, блеск, трение и износ в условиях влажной или сухой среды (Yang, 2008) [3]. Топографический метод является наиболее осуществимым в оценке шероховатости обработанной поверхности произведенных продуктов. Из-за возрастающего интереса науки и промышленности распространение параметров шероховатости, иногда исчисляемое сотнями, было вызвано необходимостью не только описать различные виды морфологии, особенно поверхностей со специальными функциями, свойствами или назначением, но также и характеризовать деградацию материалов, подчиняющуюся различным трибологическим механизмам. Несмотря на такое увеличение количества параметров, названное «сыпью параметров» (Whitehouse, 1982) [4], все еще нет полного всестороннего представления относительно уместности

этих параметров шероховатости (Kubiak, 2011) [5]. При оценке шероховатости поверхности возникают и некоторые специфические метрологические проблемы. Чертежом, как правило, задаются требования к шероховатости всей рабочей поверхности детали. Контроль соблюдения этих требований осуществляется обычно по некоторому числу профилей ограниченной длины. При этом возникают вопросы, связанные с выбором исследуемых профилей: какой длины должен быть каждый исследуемый профиль, т. е. участок оценки; сколько должно исследоваться таких участков; какие участки выбирать для измерений, чтобы оценить качество поверхности в целом.

Для получения прецизионных изделий из сапфира, керамики на основе диоксида циркония применяют методы алмазной обработки. В случае прецизионной алмазной обработки изделий с точностью формы  $\leq 1$  мкм из указанных труднообрабатываемых материалов, например наружной и внутренней сферической поверхности керамических компонентов эндопротеза тазобедренного сустава человека, проблема состоит в обеспечении шероховатости поверхности изделия, характеризуемой параметром  $R_a$  0,01 – 0,02 мкм и ниже (рис. 1) [6].

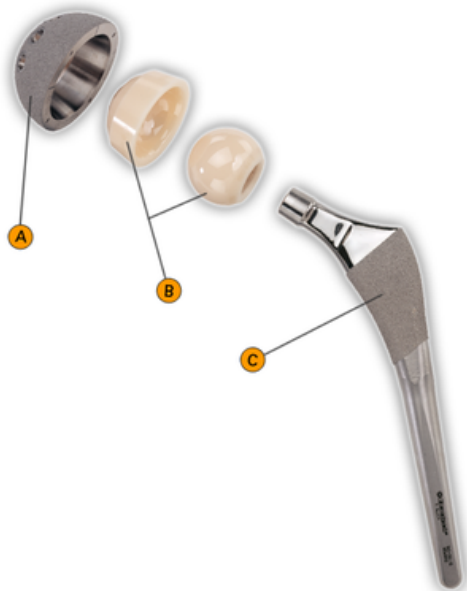


Рисунок 1 – Компоненты эндопротеза тазобедренного сустава человека: а - ацетабулярная чаша; в - керамические головка и вкладыш; с - ножка

Для оценки шероховатости таких «гладких» поверхностей используют бесконтактные методы, среди которых - микроинтерференционный. Метод реализуется с помощью оптических приборов типа МИИ-4, МИИ-5 и ряда других. Эти оптические приборы представляют собой микроинтерферометр В. П. Линника (сочетание интерферометра Майкельсона с измерительным микроскопом) и служат для лабораторных измерений параметров  $R_z$  и  $S$  и фотографирования микронеровностей поверхностей с  $R_z = 0,03 - 1$  мкм. Принцип работы приборов основан на получении в поле зрения микроскопа увеличенного изображения интерференционной картины. В местах выступов и впадин на исследуемой поверхно-

сти интерференционные полосы искривляются. Степень искривления полос и характеризует неровность поверхности. Современные сканирующие измерительные системы, например, такие как «Микрон-Альфа» на базе оптического прибора МИИ-4, оснащены устройством для цифровой фиксации данных и последующей передачи их для обработки на персональный компьютер.

Параметрами шероховатости рабочих поверхностей деталей машин, влияющими на их эксплуатационные характеристики, являются согласно ГОСТ 25142-82 [7]: среднее арифметическое отклонение профиля  $R_a$ , среднее квадратичное отклонение профиля  $R_q$ , высота наибольшего выступа профиля  $R_p$ , средний шаг неровностей профиля  $S_m$ , относительная опорная длина профиля  $t_p$  и наибольшая высота неровностей профиля  $R_{max}$ . Стандарт ISO 4287:1997 [8] оперирует с такими же параметрами описания профиля –  $R_a$ ,  $R_q$ ,  $R_p$ ,  $S_m$ ,  $t_p$ ,  $R_t$  ( $R_{max}$ ), а также  $R_v$  (глубина наибольшей впадины профиля),  $R_z$  (высота неровностей профиля по десяти точкам, применяют в случаях, когда  $R_a < 0,01$  мкм) и  $R_{ku}$  (степень заостренности неровностей профиля). Стандарт ДСТУ ISO 12085-2001 [9] рекомендует использовать средний шаг структурных элементов шероховатости  $AR$  ( $S_m$ ), среднюю глубину элементов  $R$  и максимальную глубину структурных неровностей  $R_x$  ( $R_{max}$ ).

В настоящее время считается, что параметр  $R_a$  является малочувствительным к элементам топографии поверхности (выступам или впадинам). Поэтому склоняются к анализу другого амплитудного параметра  $R_q$  (среднего квадратичного отклонения шероховатости), более чувствительного в этом отношении. Параметр  $R_{ku}$  является мерой выгнутости кривой несущей способности поверхности и очень чувствителен к местным неровностям (выступам или впадинам). При значении  $R_{ku} = 3$  мы имеем дело с нормальным распределением ординат кривой несущей способности поверхности. В случае, когда параметр  $R_{ku}$  достигает 20, это означает, что распределение ординат имеет либо высокие выступы (что маловероятно в случае финишной обработки), либо глубокие впадины.

Для оценки шероховатости поверхностей непериодического профиля, характеризуемой  $R_a < 0,02$  мкм, стандартом ISO 4288:1996 [10] регламентирована величина базовой длины (0,08 мм) и соотношение базовой длины и длины оценки (0,08/0,4). Строго говоря, выбор базовой длины должен быть сделан после изучения периодичности особенностей профиля (пиков и впадин), вызванной процессом механической обработки. Используют эмпирическое правило – базовая длина  $l_s$  должна быть установлена приблизительно в пять раз меньше, чем эта периодичность.

Поскольку у сканирующей измерительной системы на базе оптического прибора МИИ-4 размеры участка сканирования зависят от возможностей устройства цифровой фиксации (250×190 мкм) и являются существенно (до 2 раз) меньшими, чем регламентированная длина оценки, важным является вопрос достоверности получаемых таким способом результатов оценки шероховатости. Целью настоящего исследования было сравнить результаты оцен-

ки шероховатости гладкой поверхности микроинтерференционным методом с использованием оптического прибора МИИ-4 с результатами 2D-анализа шероховатости той же поверхности, полученными после сканирования геометрической структуры участка поверхности размером 1,64×1,64 мм.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Шероховатость поверхности оценивали на образцах в виде плоских плиток размерами 36×19×6 мм из промышленного сапфира и керамики на основе нанопорошка диоксида циркония (рис. 2).



Рисунок 2 – Плоские образцы из сапфира и керамики диоксида циркония

Заготовки из указанных материалов были изготовлены в институтах НАН Украины: соответственно сотрудниками Харьковского института монокристаллов и Донецкого физико-технического института им. А. А. Галкина. Некоторые физико-механические свойства этих материалов приведены в табл. 1.

Методика подготовки образцов предусматривала их алмазное шлифование на плоскошлифовальном станке для обеспечения габаритных размеров и исправления погрешностей формы после спекания или разрезания. Далее исследуемую поверхность образцов доводили на полировально-доводочном станке

типа ЗПД-320, используя для предварительной доводки притир из чугуна и водную суспензию алмазного микропорошка зернистостью 40/28. Плитки доводили до тех пор, пока поверхность граней всех плиток не становилась полностью матовой, после чего переходили на водную суспензию алмазного микропорошка зернистостью 14/10, на которой обеспечивали съём припуска толщиной не менее 40 мкм. Окончательную доводку поверхности выполняли на притире из текстолита, используя водную суспензию алмазного микропорошка зернистостью 5/3, на которой обеспечивали съём припуска толщиной не менее 3 – 5 мкм.

Шероховатость поверхности образцов оценивали при помощи бесконтактной сканирующей измерительной системы (БСИС) «Micron-alpha» на базе оптического прибора МИИ-4. Внешний вид оптического прибора МИИ-4 показан на рис. 3 а (позиция 1 – корпус; 2 – предметный столик; 3 – кольцо ирисовой диафрагмы; 4 – винт изменения ширины интерференционных полос; 5 – рукоятка включения шторки; 6 – микрометрический винт перемещения интерференционной головки; 7 – цифровая камера; 8 – кнопка включения; 9 – индикатор отсутствия связи с камерой; 10 – индикатор связи с камерой; 11 – лампа-источник белого света; 12 – выдвигающаяся пластинка с отверстием-ирисовой диафрагмой).

БСИС «Micron-alpha» позволяет получать цифровое 2D-изображение участка, например, плоской или сферической поверхности размером 250×190 мкм при увеличении ×320, а также количественно оценивать шероховатость поверхности путем компьютерной обработки последовательности интерференционных данных (картин), регистрируемых цифровой камерой в белом свете. Кроме того, система позволяет строить по полученным данным 3D-картину отсканированного участка исследуемой поверхности.

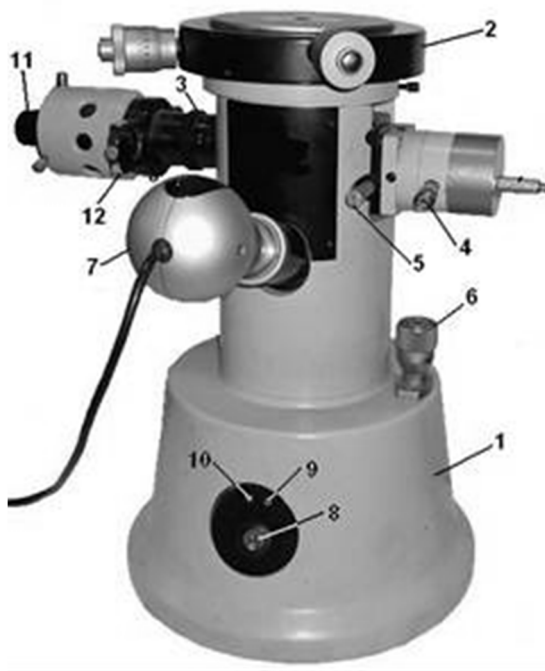
Технические характеристики БСИС «Micron-alpha»:

Поле сканирования (X, Y), мкм ..... 250×190  
 Разрешение по горизонтали (X, Y), мкм ..... 0,16  
 Максимальная измеряемая высота рельефа (Z), мкм..... 40  
 Разрешение по вертикали (Z), нм ..... 3

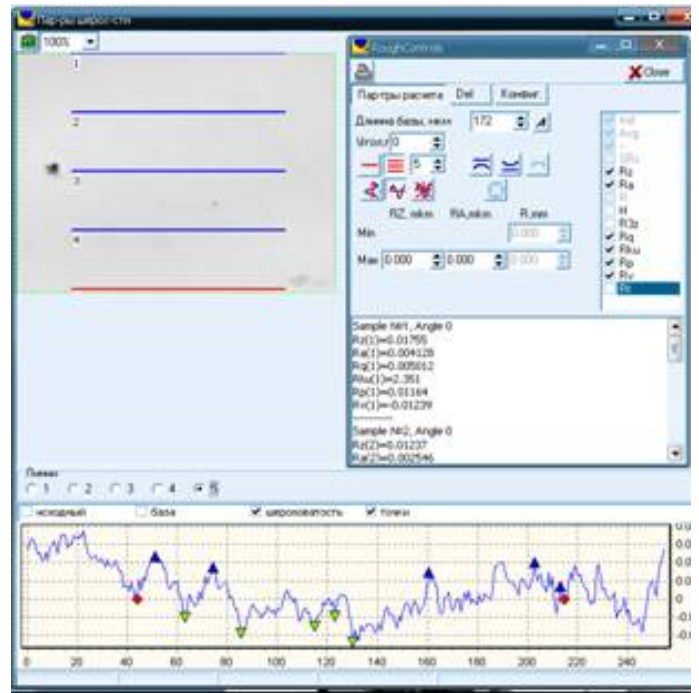
Таблица 1 - Некоторые физико-механические свойства сапфира и керамики на основе нанопорошка диоксида циркония (ZrO<sub>2</sub>) [11]

Показатель	Сапфир	ZrO <sub>2</sub> -керамика*
Прочность при изгибе, Мпа	> 400	850
Критическая интенсивность трещинообразования K <sub>1с</sub> , МПа·м <sup>-1/2</sup>	3,5	8 - 11
Модуль Юнга, Гпа	400	209
Плотность, г/см <sup>3</sup>	3,99	6,05
Микротвердость, Гпа	19,4 - 22	10 - 12

\* Керамика химического состава (ZrO<sub>2</sub>(+HfO<sub>2</sub>) – основной компонент, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 5,3 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – < 0,05%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – < 0,01 %, SiO<sub>2</sub> – < 0,02 %), содержание тетрагональной фазы 96 %, моноклинной 4 %.



а



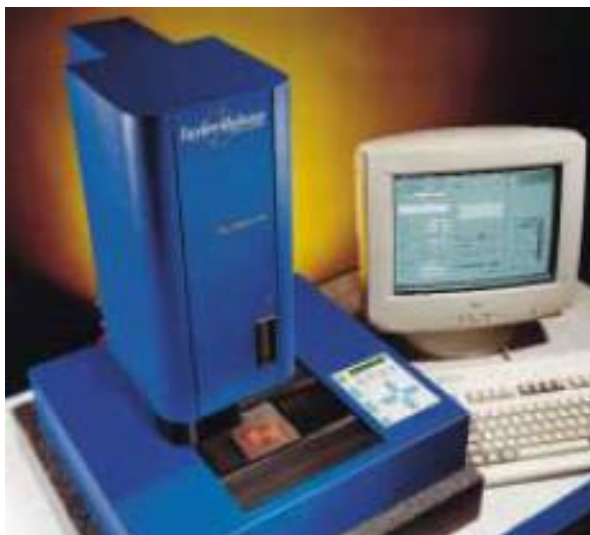
б

Рисунок 3 - Внешний вид оптического прибора МИИ-4 (а) и интерфейса бесконтактной сканирующей измерительной системы «Micron-alpha» (б)

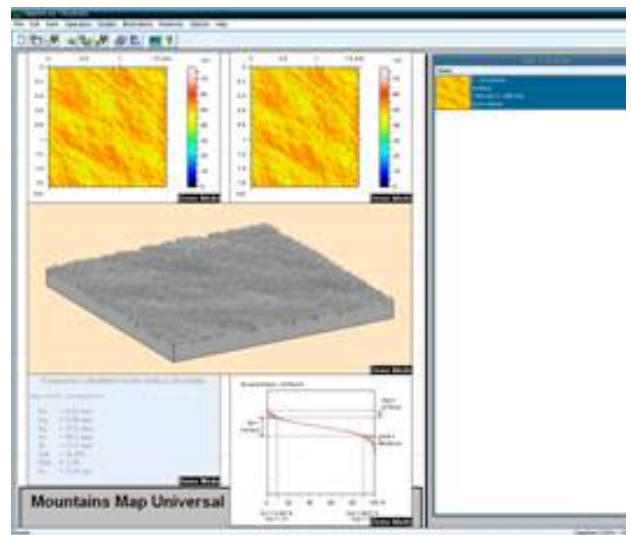
Полученные при помощи БСИС «Micron-alpha» результаты оценки шероховатости поверхности образцов сапфира и керамики диоксида циркония сравнивали с результатами 2D анализа, полученными после сканирования геометрической структуры участка поверхности на 3D сканирующей измерительной системе «Talyscan 150» (рис. 4, а). Она позволяет сканировать топографию участка поверхности размером до 10×10 мм, а программное обеспечение,

например «3D Surface Texture Mountains Map» (рис. 4 б), позволяет выполнять не только 2D-, но и 3D-анализ геометрической структуры поверхности.

Расположение трасс оценки шероховатости участков поверхности размером 250×190 мкм (при использовании БСИС «Micron-alpha») показано на рис. 5 а, образцов размером 1,64×1,64 мм (при использовании системы «Talyscan 150», выделена 1-я трасса оценки) – на рис. 5 б.



а



б

Рисунок 4 – Внешний вид 3D-сканирующей измерительной системы «Talyscan 150» (а) и интерфейса программной среды «Mountains Map» (б).

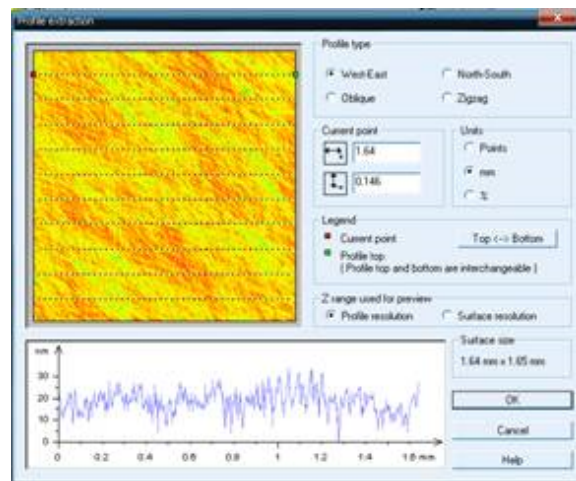
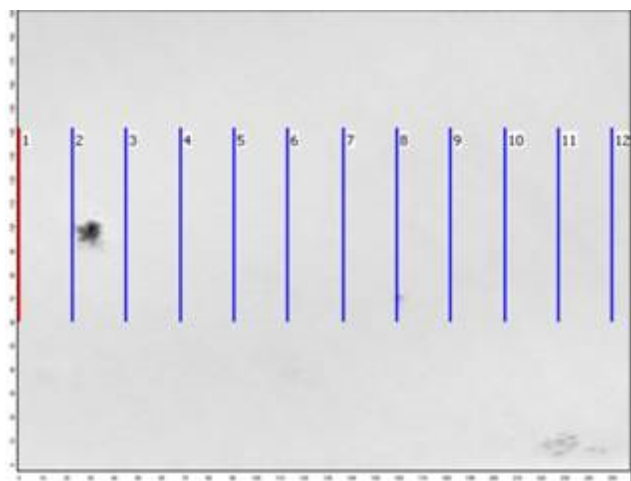


Рисунок 5 – Расположение трасс оценки шероховатости участков поверхности: размером 250×190 мкм (а) и размером 1,64×1,64 мм (б).

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В табл. 2 представлены средние значения параметров шероховатости поверхности образцов, рассчитанные по десяти трассам оценки, расположение которых показано на рис. 5 (при измерении при помощи БСИС «Micron-alpha» – трассы 2 - 11), и их среднеквадратичные отклонения. Значения  $S_m$  и  $tp$  определены на уровне средней линии для трассы, на которой величина  $R_t$  оказалась наиболее близкой к указанному в табл. 2 среднему значению. Согласно рекомендациям статистической обработки данных при вычислении средних значений параметров исключены с доверительной вероятностью 0,90 резко выделяющиеся результаты измерений (см. табл. 2).

Изображение участка поверхности размером 250×190 мкм образца керамики, полученное при помощи БСИС «Micron-alpha», 3D-картина этого участка поверхности, а также профилограмма профиля поверхности вдоль 10-й трассы, для которой величина  $R_t$  оказалась наиболее близкой (0,0159 мкм) к указанному в табл. 2 среднему значению, показаны на рис. 6.

На рис. 7 показано 3D-изображение участка поверхности размером 1,64×1,64 мм образца керамики,

полученное в программной среде «Mountains Map», а также профилограмма профиля и значения параметров шероховатости поверхности вдоль 10-й трассы, для которой величина  $R_t$  оказалась наиболее близкой (0,0310 мкм) к указанному в табл. 2 среднему значению.

Изображение участка поверхности размером 250×190 мкм образца сапфира, полученное при помощи БСИС «Micron-alpha», 3D-картина этого участка поверхности, а также профилограмма профиля поверхности вдоль 5-й трассы, для которой величина  $R_t$  оказалась наиболее близкой (0,0192 мкм) к указанному в табл. 2 среднему значению, показаны на рис. 8.

На рис. 9 показано 3D изображение участка поверхности размером 1,64×1,64 мм образца сапфира, полученное в программной среде «Mountains Map», а также профилограммы профиля и значения параметров шероховатости поверхности вдоль 8-й трассы, для которой величина  $R_t$  оказалась наиболее близкой (0,00892 мкм) к указанному в табл. 2 среднему значению.

Таблица 2 - Параметры шероховатости поверхности керамики диоксида циркония и сапфира

Параметр, размерность Материал образца, прибор		Параметры шероховатости поверхности								
		$R_a$ , мкм	$R_q$ , мкм	$R_p$ , мкм	$S_m$ , мкм	$tp$ , %	$R_t$ , мкм	$R_z$ , мкм	$Rku$	$Rv$ , мкм
Керамика на основе нанопорошка ZrO <sub>2</sub>	Micron-alpha	0,0030* <sup>1</sup> ± 0,0006	0,0039* <sup>1</sup> ± 0,0010	0,0087 ± 0,0018	22,0	65,6	0,0157* <sup>4</sup> ± 0,0031	0,0114* <sup>1</sup> ± 0,0088	3,572* <sup>2</sup> ± 1,355	0,0078* <sup>4</sup> ± 0,0022
	Taly-scan 150	0,0042 ± 0,0004	0,0053 ± 0,0007	0,0153 ± 0,0019	–	60,3	0,0321* <sup>1</sup> ± 0,0034	0,0317* <sup>1</sup> ± 0,0038	3,206* <sup>1</sup> ± 0,388	0,0166* <sup>1</sup> ± 0,0029
Сапфир	Micron-alpha	0,0032* <sup>2</sup> ± 0,0005	0,0040* <sup>2</sup> ± 0,0005	0,0094* <sup>1</sup> ± 0,0024	22,9	50,4	0,0187* <sup>1</sup> ± 0,0045	0,0110* <sup>2</sup> ± 0,0014	2,991* <sup>2</sup> ± 0,691	0,0104* <sup>2</sup> ± 0,0024
	Taly-scan 150	0,0021* <sup>1</sup> ± 0,0010	0,0029* <sup>1</sup> ± 0,0016	0,0046* <sup>1</sup> ± 0,0013	–	56,4	0,0119* <sup>4</sup> ± 0,0046	0,0115* <sup>4</sup> ± 0,0045	3,062* <sup>4</sup> ± 0,711	0,0073* <sup>4</sup> ± 0,0034

\* – исключены резко выделяющиеся результаты измерений, следующей цифрой показано количество исключенных значений

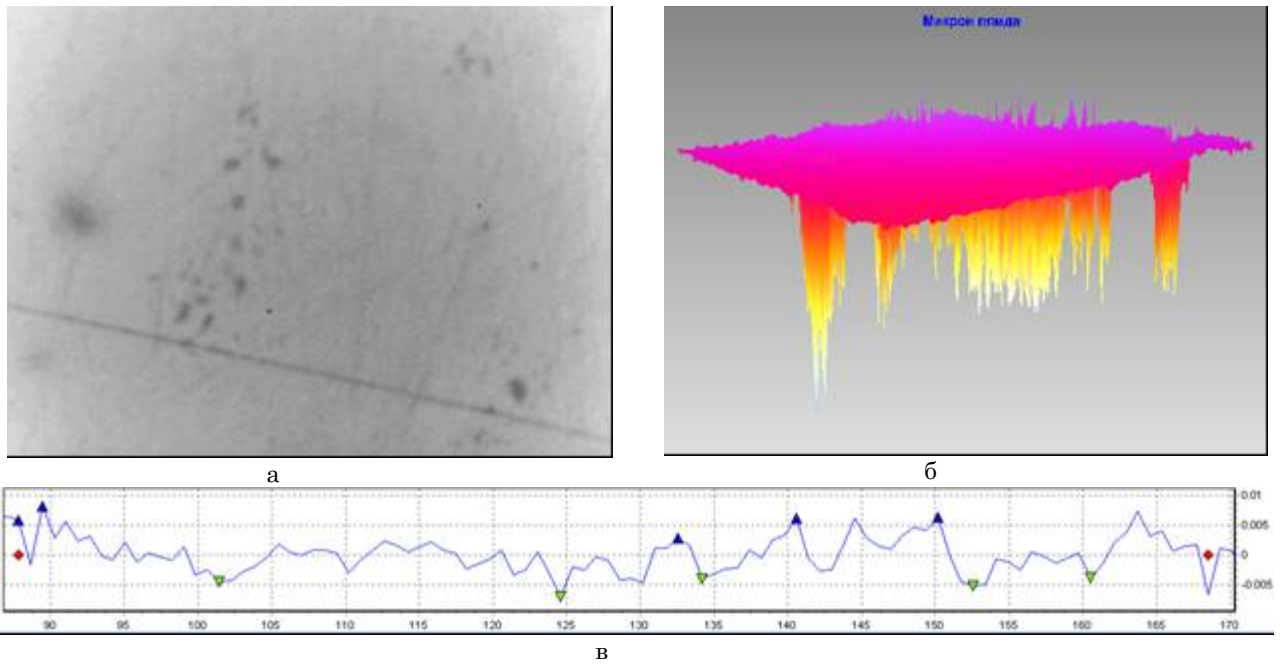


Рисунок 6 – Изображение участка поверхности образца керамики (а), 3D-картина этого участка поверхности (б), а также профилограмма профиля поверхности вдоль 10-й трассы оценки (в)

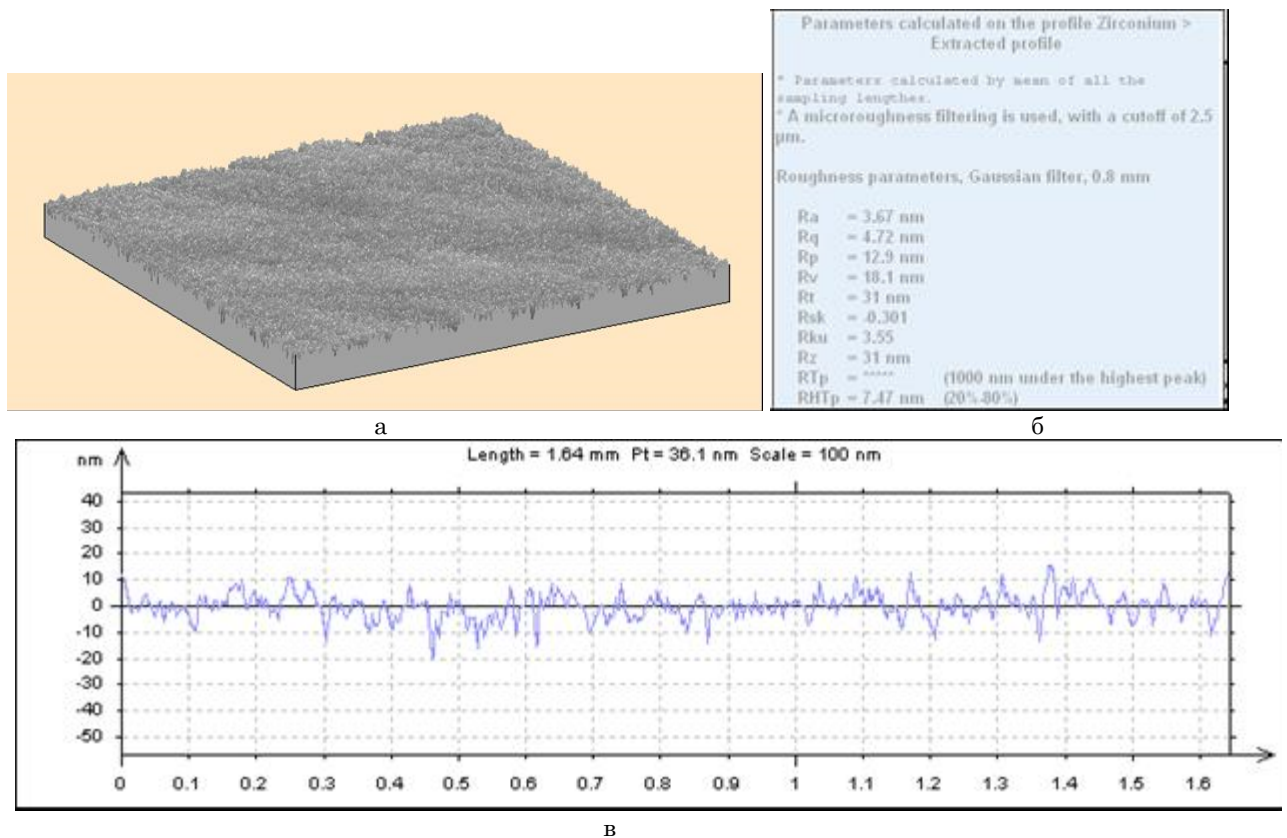


Рис. 7 – 3D-изображение участка поверхности образца керамики (а), параметры шероховатости (б) и профилограмма профиля поверхности (в) вдоль 10-й трассы оценки

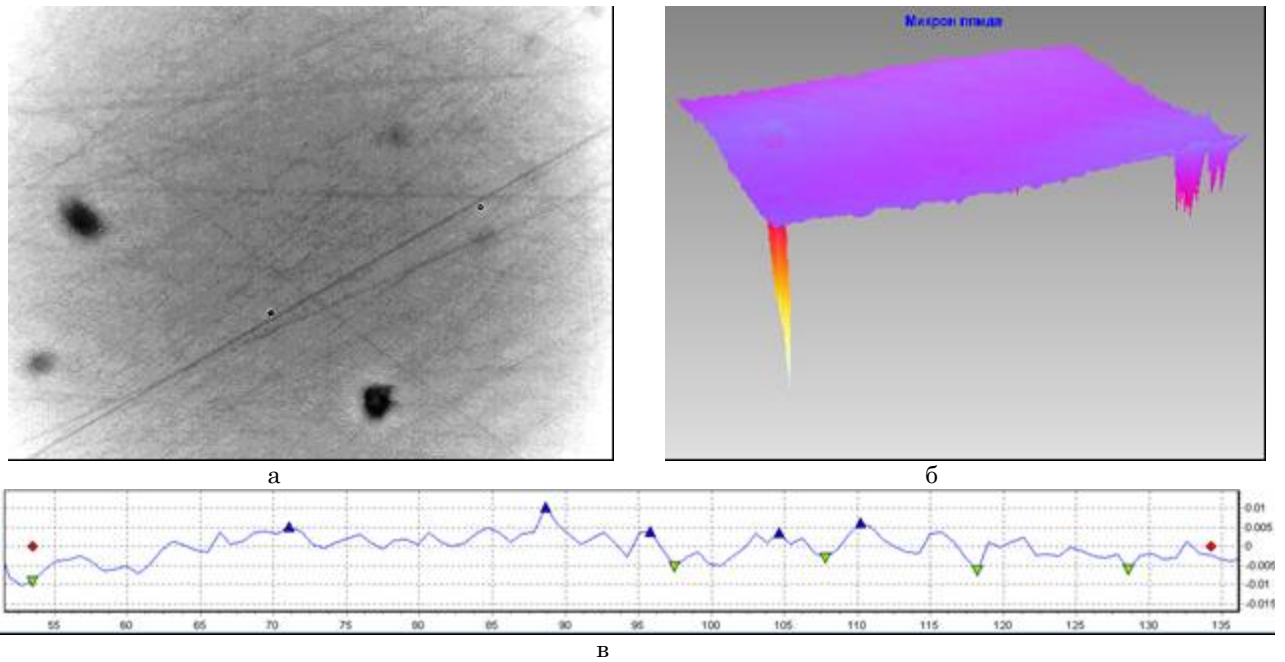


Рисунок 8 – Изображение участка поверхности образца сапфира (а), 3D-картина этого участка поверхности (б), а также профилограмма профиля поверхности вдоль 5-й трассы оценки (в)

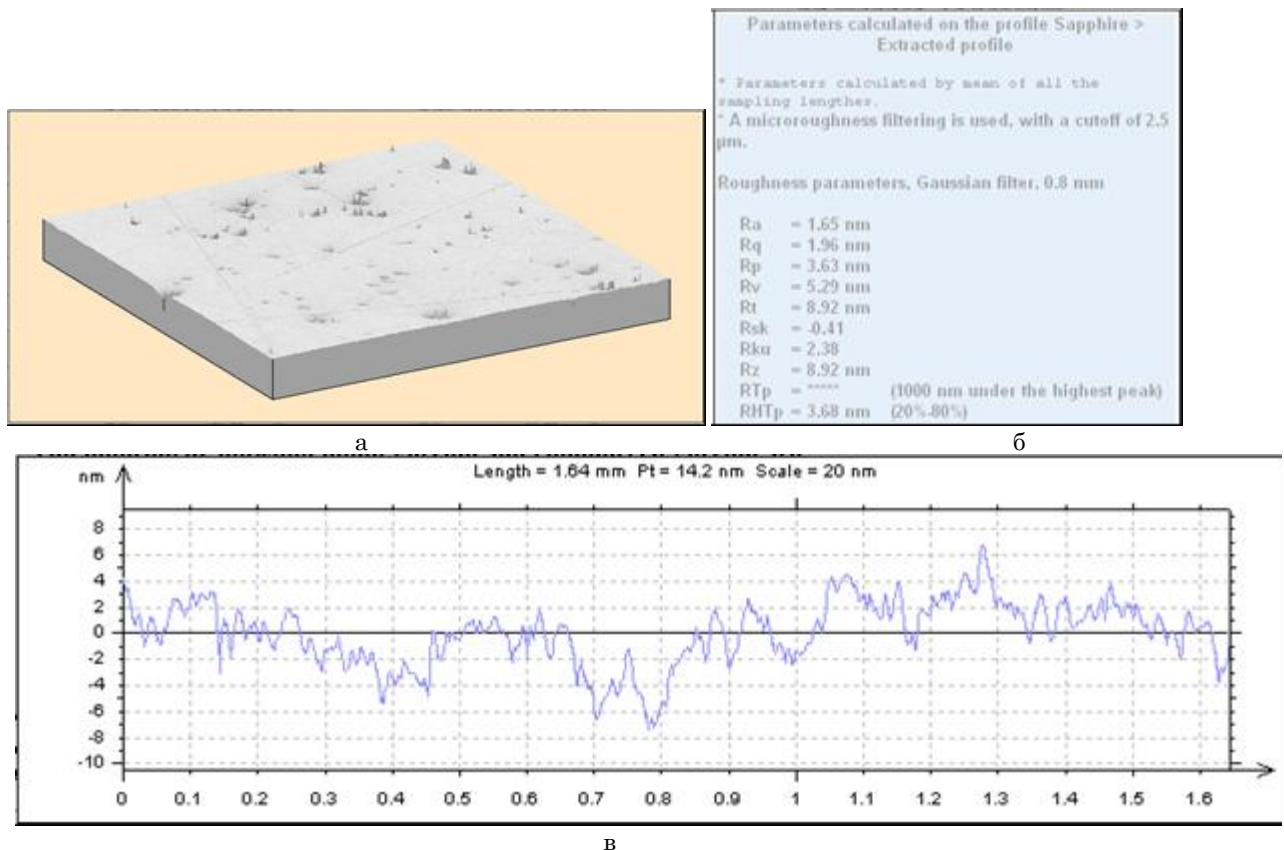


Рисунок 9 – 3D-изображение участка поверхности образца сапфира (а), параметры шероховатости (б) и профилограмма профиля поверхности (в) вдоль 8-й трассы оценки

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Из полученных результатов оценки шероховатости поверхности образцов следует, что значения высотных параметров  $R_a$ ,  $R_q$  керамики диоксида циркония и сапфира практически не отличаются (для

обоих материалов разница значений составляет 1 нанометр). Средние значения параметра  $R_z$  образца сапфира оказались практически одинаковыми при измерении обоими методами и большими примерно в 3 раза для керамического образца при измерении системой «Talyscan 150». Учитывая большую

склонность сапфира к хрупкому скалыванию при алмазной обработке, это различие свидетельствует скорее о влиянии волнистости поверхности керамического образца.

Примерно во столько же раз отличаются средние значения параметров  $R_p$ ,  $R_v$  и  $R_t$ , но на керамике меньшие значения получены при измерении системой «Micron-alpha», а на сапфире – наоборот, системой «Talyscan 150». По-видимому, здесь наблюдается влияние двух факторов: различия в хрупкости материалов и проявления волнистости поверхности с увеличением площади оценивания. При меньшей площади оценивания влияние хрупкости сапфира проявляется более отчетливо. В противном случае у керамического образца более отчетливо наблюдается проявление волнистости.

Судя по средним значениям параметров  $tr$  и  $Rku$  (практически не отличаются) в случае гладких поверхностей речь идет о нормальном распределении ординат кривой несущей способности обеих поверхностей и степени заостренности неровностей профиля, которые не зависят от метода оценки.

Является очевидной большая чувствительность методики оценки системой «Micron-alpha» к местным дефектам поверхности – выходам пор на поверхность, мелким выколкам, царапинам, обусловленным влиянием физико-механических характеристик материалов, шероховатость поверхности которых оценивается. Это приводит к тому, что свыше трети

результатов измерений могут оказаться исключенными при их статистической обработке. Поэтому для адекватной оценки шероховатости гладких поверхностей, характеризуемых  $R_a \leq 0,01$  мкм, при наличии местных дефектов поверхности следует использовать не менее 10 трасс оценки, при этом до трети измерений приходится исключать из рассмотрения из-за влияния указанных дефектов поверхности.

## ВЫВОДЫ

Показано, что определение параметров шероховатости гладких поверхностей неметаллов, характеризуемых  $R_a \leq 0,01$  мкм, бесконтактной сканирующей измерительной системой «Micron-alpha», использующей микроинтерференционный метод оценки шероховатости на участке поверхности размером  $250 \times 190$  мкм, позволяет получить результаты, в целом сопоставимые с результатами оценки шероховатости, полученными при сканировании участка поверхности на порядок большего размера. Вместе с тем большая чувствительность такой методики оценки к местным дефектам поверхности – выходам пор на поверхность, мелким выколкам, царапинам требует использовать при измерении не менее 10 трасс оценки.

## Evaluation of Smooth Surface Roughness of Nonmetallics by Micro Interference Method

S. Sokhan<sup>1)</sup>, J. Gawlik<sup>2)</sup>, M. Niemczewska-Wójcik<sup>3)</sup>, D. Iefrosinin<sup>4)</sup>, N. Melnik-Kagljak<sup>5)</sup>

<sup>1), 4), 5)</sup> National Academy of Sciences of Ukraine, V. Bakul Institute for Superhard Materials, 2, Avtozavodska St., Kyiv, 04074, Ukraine

<sup>2), 3)</sup> Cracow University of Technology 'Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki', 24, ul. Warszawska, Krakow, 31-155, Poland

To estimate a roughness of the surfaces characterized by  $R_a \leq 0,01$   $\mu\text{m}$  is possible by measuring system «Micron-alpha» on the basis of the optical device MII-4. The device for digital fixing of the MII-4 scans a surface area in the size no more  $250 \times 190$   $\mu\text{m}$ . However in this case from regulated by standard ISO of size of sampling length (0,08 mm) and a parity of sampling length and evaluation length (0,08/0,4) the second is not carried out. The article shows that values of surface roughness parameters of such materials as sapphire and zirconium dioxide ceramics calculated by the mentioned measuring system are comparable to results of an evaluation of the roughness, worked out at scanning of surface area of 10 times bigger size. At the same time more high sensitivity of such estimating technique to local defects of a surface such as appearance of a pores on a surface, small chips or scratches, requires to use in measuring not less than 10 evaluation tracks.

**Keywords:** surface roughness of sapphire, zirconium dioxide ceramics, micro interferential method of evaluation, scanning measuring system on the basis of the optical device MII-4, roughness parameters.

## Оцінювання шорсткості гладких поверхонь неметалів мікроінтерференційним методом

С. В. Сохань<sup>1)</sup>, Й. Гавлик<sup>2)</sup>, М. Нимчевска-Войцек<sup>3)</sup>, Д. В. Ефросинин<sup>4)</sup>, Н. А. Мельник-Кагльяк<sup>5)</sup>

<sup>1), 4), 5)</sup> Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України, вул. Автозаводська, 2, м. Київ, Україна, 04074

<sup>2), 3)</sup> Краківський технічний університет «Політехніка Краківська», м. Краків, Польща

Оцінювання шорсткості поверхонь, що характеризуються  $R_a \leq 0,01$  мкм, може бути виконане вимірною системою «Micron-alpha» на базі оптичного приладу МІІ-4. Пристрій цифрової фіксації останнього дозволяє сканувати ділянку поверхні розміром не більше  $250 \times 190$  мкм. Однак у



цьому випадку з регламентованих стандартом ISO величини базової довжини (0,08 мм), співвідношення базової довжини і довжини оцінювання (0,08/0,4) останнє не виконується. У статті показано, що значення параметрів шорсткості поверхні таких матеріалів, як сапфір і кераміка, на основі діоксиду цирконію, що визначені названою вимірювальною системою, є зіставними з результатами оцінювання шорсткості, одержаними при скануванні ділянки поверхні на порядок більшого розміру. Разом з тим більша чутливість такої методики оцінювання до місцевих дефектів поверхні – виходом пор на поверхню, дрібним відколкам, подряпинам вимагає використовувати при вимірюванні не менше 10 трас оцінювання.

**Ключові слова:** шорсткість поверхні сапфіру, кераміки на основі діоксиду цирконію, мікроінтерференційний метод оцінювання, сканувальна вимірювальна система на базі оптичного приладу МІІІ-4, параметри шорсткості.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гибкая шлифовальная обработка в медицинской технике // Металлообработка и станкостроение. – 2011. – № 10. – С. 30 - 32.
2. Whitehouse D. J. 2011. Handbook of Surface and Nanometrology, New York: CRC Press, Taylor & Francis.
3. Yang C. 2008. Role of Surface Roughness in Tribology: From Atomic to Macroscopic Scale. Berlin: GmbH.
4. Whitehouse D. J. 1982. The parameter rash – is there a cure? Wear 83(1): 75 - 78.
5. Deltombe R., Kubiak K.J., Bigerelle M, How to select the most relevant 3D roughness parameters of a surface (2011), Scanning. doi: 10.1002/sca.21113, which has been published in final form at <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sca.21113/abstract>
6. Эндопротезы суставов человека: материалы и технологии : Монография / под ред. Н. В. Новикова, О. А. Розенберга, Й. Гавлика.– Киев : ИСМ НАН Украины, 2011. – 528 с.
7. ГОСТ 25142-82 Шероховатость поверхности. Термины и определения.
8. ISO 4287:1997/Cor.1:1998 Geometrical product specifications (GPS). Surface texture. Profile method. Terms, definitions and surface texture parameters.
9. ДСТУ ISO 12085-2001 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні. Профільний метод. Параметри структурних елементів (ISO 12085:1996, IDT).
10. ISO 4288:1996 Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Rules and procedures for the assessment of surface texture.
11. Gawlik J., Niemczewska-Wojcik M., Krajewska J., Sokhan S.V., Paschenko E.A., Zuk T.S. The influence of tool composite's structure during process of diamond grinding of ceramic materials / Management and Production Engineering Review. – 2014. – V. 5, No. 4. – P. 9 - 17.

## REFERENCES

1. Gibkaya shlifovalnaya obrabotka v meditsinskoj tehnike / Metalloobrabotka i stankostroenie 2011 No.10 pp. 30 - 32.
2. Whitehouse D. J. 2011. Handbook of Surface and Nanometrology, New York: CRC Press, Taylor & Francis.
3. Yang C. 2008. Role of Surface Roughness in Tribology: From Atomic to Macroscopic Scale. Berlin: GmbH.
4. Whitehouse D. J. 1982. The parameter rash – is there a cure? Wear 83(1): 75 - 78.
5. Deltombe R., Kubiak K.J., Bigerelle M, How to select the most relevant 3D roughness parameters of a surface (2011), Scanning. doi: 10.1002/sca.21113, which has been published in final form at <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sca.21113/abstract>
6. Endoprotezy sustavov cheloveka: materialy i tehnologii / Monograph / Pod red. N.V. Novikova, O.A. Rozenberga, J. Gawlika. – Kiev: ISM NAN Ukraine, 2011. – pp. 528.
7. GOST 25142-82 Sherohovatost' poverhnosti. Terminy i opredeleniya.
8. ISO 4287:1997/Cor.1:1998 Geometrical product specifications (GPS). Surface texture. Profile method. Terms, definitions and surface texture parameters.
9. DSTU ISO 12085-2001 Tehnichni vymohy do geometrii vyrobiv (GPS). Struktura poverhni. Profilny metod. Parametry strukturnyh elementiv (ISO 12085:1996, IDT).
10. ISO 4288:1996 Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Rules and procedures for the assessment of surface texture.
11. Gawlik J., Niemczewska-Wojcik M., Krajewska J., Sokhan S.V., Paschenko E.A., Zuk T.S. The influence of tool composite's structure during process of diamond grinding of ceramic materials / Management and Production Engineering Review 2014 V.5 No.4 pp. 9 - 17.