

Цифровые контуры, распознанные в структуре цифрового изображения зоны  $A_1^T$  и определенные в его системе координат, трансформируются и воспроизводятся в системе координат 2D (рис. 1.а) и 3D (рис. 1. б - д) моделей РЧ. Примеры предварительных оценок прочности РЧ резца, в структуре которого распознаны зона  $A_2^T$  и проточина на главной РК ( $Pr_{21}^T$ ), с использованием МКЭ приведены на рис.2.е. В настоящее время авторами производится дальнейшая обработка 2D - и 3D - моделей РЧ изношенных РИ, уточнение условий закрепления и нагружения РИ, комплекса параметров материалов РЧ и других граничных условий выполнения расчетов.

#### *Выводы.*

1. Изложен подход к использованию структурно - параметрических моделей режущей части для отображения эволюции состояний инструмента. Показана возможность построения комбинированных 3D – моделей РЧ, формируемых на основе исходной ее геометрии и по результатам периодического контроля изнашиваемого инструмента системой технического зрения. Модели класса СМ и СПМ (здесь показаны лишь простые их варианты) компактны и удобны для хранения в базах данных разрабатываемой в настоящее время экспертной системы интеллектуального комплекса диагностирования и многопараметрического прогнозирования состояний РЧ инструментов.

2. Изложен подход к формированию моделей для периодической оценки прочности РЧ по результатам автоматического контроля состояний инструментов. Планируется дальнейшая обработка 2D и 3D моделей РЧ изношенных РИ, уточнение условий закрепления и нагружения РИ, комплекса параметров материалов РЧ и других условий. Полученные предварительные результаты показали хорошее совпадение построенных моделей РЧ с образцами режущей части, регистрируемыми двумя телекамерами СТЗ. Это свидетельствует, по мнению авторов, о перспективности изложенного подхода.

**Список использованных источников:** 1. Дерев'янченко О.Г. Диагностивання станів різальних інструментів при прецизійній обробці/ О.Г. Дерев'янченко, В.Д. Павленко, А.В. Андреев. – Одеса: Астропрінт, 1999. – 184 с. 2. Криворучко Д.В., Сторчак М.Г., Залого В.А. Моделирование процессов обработки материалов резанием / Оборудование и инструмент для профессионалов. -2009. № 4 (115), С. 46 – 48.

*Статья представлена в редакцию 25.05.2011*

**Bibliography (transliterated):** 1. Derev'janchenko O.G. Diagnostuvannja staniv rizal'nih instrumentiv pri precizijnij obrobci/ O.G. Derev'janchenko, V.D. Pavlenko, A.V. Andreev. – Odesa: Astroprint, 1999. – 184 s. 2. Krivoruchko D.V., Storchak M.G., Zaloga V.A. Modelirovanie processov obrabotki materialov rezaniem / Oborudovanie i instrument dlja professionalov. -2009. № 4 (115), S. 46 – 48.

УДК 621.923

Ш.К. Джха, канд. техн. наук, Нью Дели, Индия, Р. М. Стрельчук, М. Д. Узунян, д-р техн. наук, Харьков, Украина

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ НАНОСТРУКТУРНЫХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ**

*Представлені результати досліджень шорсткості поверхні при алмазно-іскровому шліфуванні наноструктурних твердих сплавів. Показано, що нанорозмірна структура твердих сплавів сприяє отриманню менших значень шорсткостей поверхонь, забезпечуючи кращу працездатність ріжучих інструментів.*

*Представлены результаты исследований шероховатости поверхности при алмазно-искровом шлифовании наноструктурных твердых сплавов. Показано, что наноразмерная структура твердых сплавов способствует получению меньших значений шероховатостей поверхностей, обеспечивая лучшую работоспособность режущих инструментов.*

SH. K. DJHA, R. M. STREL'CHUK, M. D. UZUNJAN  
RESEARCH AND THE ANALYSIS OF THE SURFACE ROUGHNESS AT GRINDING OF NANOSTRUCTURED FIRM ALLOYS

*The results of studies of surface roughness during the grinding of nanostructured hard alloys. Shown that the nanoscale structure helps to ensure a hard alloy of smaller values of surface roughness, thereby providing better performance cutting tools.*

Прогресс современного машиностроения, связан с необходимостью высокопроизводительной механической обработки резанием новых конструкционных материалов, и поэтому предъявляют повышенные требования к работоспособности инструментов. С одной стороны это вызывает необходимость создания и совершенствования инструментальных материалов, в частности твердых сплавов, с другой – определение условий качественной их обработки. Разработанный новый наноструктурный твердый сплав на основе монокарбида вольфрама (WC) «ВолКар» отвечает отмеченным тенденциям [1]. В связи с этим изучение и анализ шероховатости поверхности из этого сплава при шлифовании представляет интерес, поскольку до настоящего времени не проводились. Поэтому в рассматриваемой статье рассмотрены результаты исследований шероховатости поверхности приведенного материала после шлифования.

Для эксплуатационной надежности и работоспособности режущих инструментов большое значение имеет оптимальная микрогеометрия поверхностей режущей части инструментов. Особо важное значение имеет шероховатость поверхности для режущих инструментов, работающих, как известно, в условиях контактного нагружения рабочих поверхностей. Поэтому к качественной обработке режущих инструментов предъявляются повышенные требования.

Шлифование является одним из наиболее распространенных процессов окончательной обработки режущих инструментов, при этом достаточно много работ посвящено изучению шероховатости поверхности, обработанной алмазными кругами [2, 3, 4]. Для определения шероховатости поверхности в настоящее время существует много приборов и методов. Наибольшее распространение получили контактные (профилометры-профилографы) и бесконтактные (оптические приборы) методы измерения.

Шероховатость поверхности измерялась на профилометре-профилографе SURTRONIC 3+ фирмы TAYLOR – HOBSON и изучалась с применением методики многофакторного планирования экспериментов, позволяющей описать процесс в виде уравнений регрессии, т. е. получить математические модели параметра шероховатости поверхности. При этом необходимо знать область изменения независимых переменных, соответствующую наилучшему значению изучаемого параметра шероховатости поверхности, что дает возможность правильно выбрать интервалы варьирования факторов, т.е. определить наиболее рациональный диапазон условий практического применения режимов резания и характеристик алмазных кругов. Коэффициенты полинома (уравнения регрессии) рассчитывались по стандартной программе MS Excel «Многофакторный регрессионный анализ».

В процессе шлифования использовались наноструктурные твердосплавные пластины «ВолКар», представляющие собой геометрическую фигуру типа диска диаметром 20 мм и толщиной 5 мм. Для проведения экспериментальных исследований пластинам придавалась форма квадрата с размером  $14 \times 14$  мм.

Исследовалось влияние режимов резания – нормального давления ( $P_n$ ), скорости резания ( $V$ ) и характеристик алмазного круга – зернистости ( $Z$ ), концентрации ( $K$ ).

После проведения канонических преобразований анализ поверхностей отклика осуществляли с помощью двумерного сечения. Для анализа влияния отдельных факторов на показатель шероховатости поверхности строились однофакторные зависимости.

На рис. 1 показано двумерное сечение поверхности отклика  $Ra - f(P_n, V)$ ; увеличение нормального давления вызывает интенсивный рост шероховатости поверхности, а увеличение скорости резания приводит к ее снижению. Интенсивный рост шероховатости поверхности с увеличением нормального давления для всех значений скорости резания вызван, прежде всего, значительным ростом сечения среза, приходящегося на каждое алмазное зерно. Однофакторные зависимости позволяют удобно проиллюстрировать влияние рассматриваемых факторов (рис. 2).

При изменении скорости резания в диапазоне от 15 до 35 м/с качество поверхности улучшается. Уменьшение шероховатости поверхности при увеличении скорости резания для всех значений нормального давления происхо-

дит за счет уменьшения сечения среза, приходящегося на каждое зерно, т. е. в данном случае влияние скорости резания проявляется как действие чисто геометрического фактора. С увеличением скорости растет температура в зоне шлифования, образующееся тепло в первую очередь локализуется в гребешках, размягчая их, тем самым облегчается процесс выравнивания микронеровностей шлифуемой поверхности. Помимо этого на снижение интенсивности роста шероховатости поверхности сказывается дробление алмазных зерен, выкрашивание и образование добавочных режущих кромок на рабочей поверхности круга.

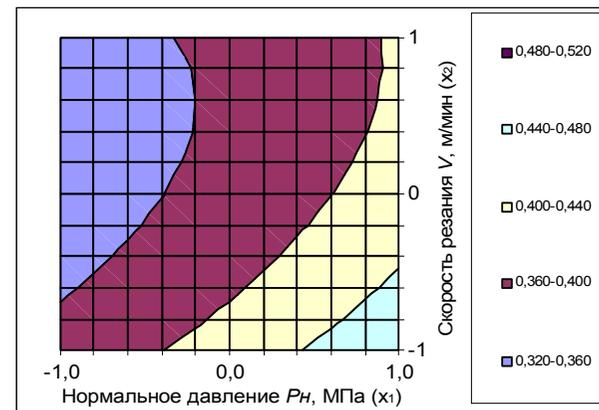


Рисунок 1 – Двумерные сечения поверхности отклика  $Ra - f(P_n, V)$ :  $Z 100/80$ ;  $K = 4$

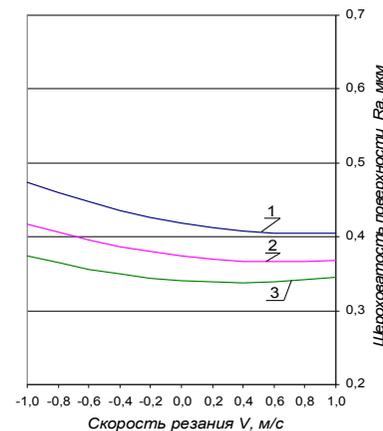


Рисунок 2 – Влияние  $V$  на  $Ra$ :  $Z 100/80$ ,  $K = 4$ ;  
1 –  $P_n = 2,0$  МПа, 2 –  $P_n = 1,6$  МПа, 3 –  $P_n = 1,2$  МПа

Взаимосвязь скорости резания и зернистости и их влияние на формирование микронеровностей показана на двумерных сечениях поверхности отклика  $Ra - f(V, Z)$  рис. 3, как видно их влияние проявляется по-разному.

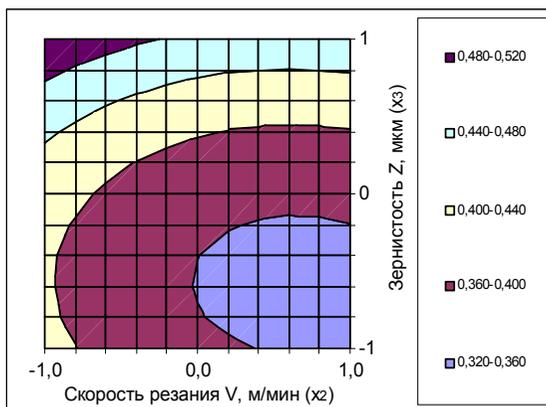


Рисунок 3 – Двумерные сечения поверхности отклика  $Ra - f(V, Z)$ :  $P_n = 1,6$  МПа;  $K = 4$ .

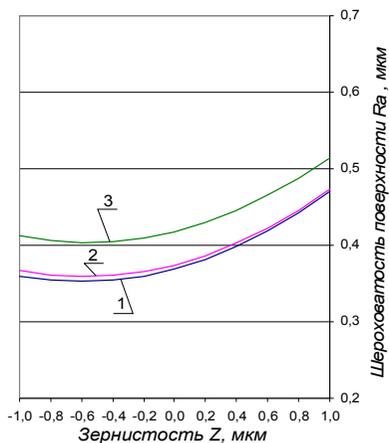


Рисунок 4 – Влияние  $Z$  на  $Ra$ :  $P_n = 1,6$  МПа,  $K = 4$ ;  
1 –  $V = 35$  м/с, 2 –  $V = 25$  м/с, 3 –  $V = 15$  м/с

Однофакторные зависимости приведены на рис. 4. С увеличением зернистости кругов в диапазоне от 50/40 до 160/125 мкм шероховатость поверхности возрастает, т. к. уменьшается количество алмазных зерен на его рабочей поверхности, вследствие чего при шлифовании увеличивается расстояние между рисками от отдельных зерен и сечение единичных срезов. Последнее приводит к увеличению высоты микронеровностей и ухудшению качества

поверхности. Изменение высоты микронеровностей при увеличении зернистости круга до 100/80 мкм остается практически постоянной и повышается при ее дальнейшем увеличении.

Зерна синтетических алмазов марки АС6 приобретают весьма развитую режущую поверхность при обработке наноструктурного твердого сплава за счет введения дополнительной энергии в зону резания. На развитость режущей поверхности зерен оказывают влияние особенно физико-механические свойства обрабатываемого материала. В связи с тем, что наноструктурный твердый сплав обладает повышенной по сравнению с традиционными твердыми сплавами твердостью ( $HRA$  94-97), поэтому режущая поверхность зерен при обработке наноструктурного твердого сплава более развита. Совместное влияние характеристик кругов на шероховатость обработанной поверхности  $Ra - f(V, Z)$  приведено на рис. 5.

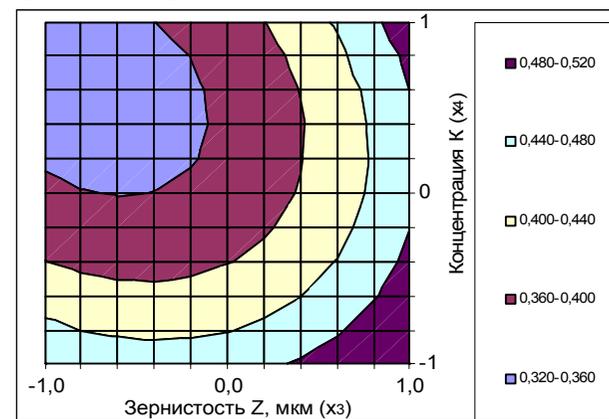


Рисунок 5 – Двумерные сечения поверхности отклика  $Ra - f(V, Z)$ :  $P_n = 1,6$  МПа;  $V = 25$  м/с

С увеличением концентрации круга от 2 до 6 для различных зернистостей шероховатость обработанной поверхности уменьшается; однофакторные зависимости показаны на рис. 6. Однако с увеличением зернистости характер зависимостей шероховатости поверхности от концентрации несколько изменяется. Это объясняется влиянием размера алмазных зерен на механизм резания и особенностями взаимодействия их с микронеровностями на обработанной поверхности. С увеличением концентрации круга от 2 до 4 для различных зернистостей уменьшается поперечное сечение единичных срезов, что приводит к сглаживанию больших микровыступов и выравниванию глубоких остаточных рисок на шлифуемой поверхности. Дальнейший рост концентрации круга от 4 до 6 для различных зернистостей незначительно влияет на изменение высоты микронеровностей.

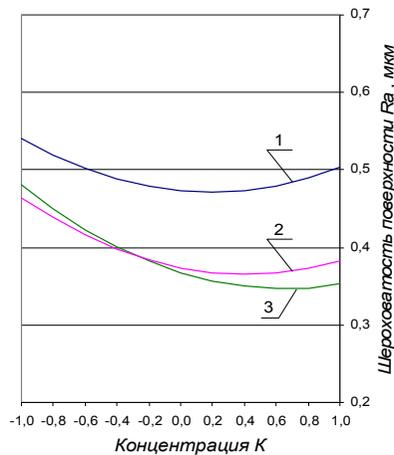


Рисунок 6 – Влияние  $K$  на  $Ra$ :  $P_n = 1,6$  МПа,  $V = 25$  м/с;  
1 –  $Z=160/125$ , 2 –  $Z=100/80$ , 3 –  $Z=50/40$

Сравнение шероховатости поверхностей сплава «ВолКар» с традиционными твердыми сплавами после алмазно-искрового шлифования показывает преимущество первого. Например, при шлифовании наноструктурного сплава «ВолКар»  $Ra=0,32$  мкм ( $P_n=1,2$  МПа,  $V=25$  м/с; круг 12A2-45° AC6 100/80 M1-01-4), а у сплава ВК6 при таких же условиях  $Ra=0,47$  мкм.

Таким образом, можно отметить, что наноразмерная структура материала в значительной степени приводит к снижению шероховатости обработанной поверхности, обеспечивая лучшую работоспособность режущих инструментов.

**Список использованных источников:** 1. United States Patent № 6,617,271 B1 МКИ C04 B35/36. Tungsten carbide cutting tool materials / *Gevorkian E., Kramer M., Kodash V.* – Заявл.08.09.2003;Опубл.17.03.2005 – 14р. 2. Дьяченко П. Е. Острота лезвия инструмента и качество поверхности. – // Станки и инструмент. – 1950. – № 2. – с. 19–20. 3. Электроалмазное шлифование инструментальных материалов. Киев, «Вища школа», 1974. 118 с. Авт.: М. Ф. Семко, А. И. Грабченко, Н. В. Левченко, А. Ф. Раб. 4. Якобсон М. О. Шероховатость, наклеп и остаточные напряжения при механической обработке. М., Машгиз, 1956. 292с., с ил.

Поступила в редколлегию 26.04.2011

*References:* 1. United States Patent № 6,617,271 B1 МКИ S04 V35/36. Tungsten carbide cutting tool materials / *Gevorkian E., Kramer M., Kodash V.* – *Zajavl.08.09.2003;Opubl.17.03.2005 – 14p.* 2. *D'jachenko P. E. Ostrota lezviya instrumenta i kachestvo poverhnosti.* – // *Stanki i instrument.* – 1950. – № 2. – s. 19–20. 3. *Jelektroalmaznoe shlifovanie instrumental'nyh materialov.* Kiev, «Viwa shkola», 1974. 118 s. Avt.: M. F. Semko, A. I. Grabchenko, N. V. Levchenko, A. F. Rab. 4. *Jakobson M. O. Sherohovatosť, naklep i ostatocnyje naprjazhenija pri mehanicheskoj obrabotke.* M., Mashgiz, 1956. 292s., s il.

УДК 621.7

В.Л. Доброскок, д-р техн. наук, В.А. Фадеев, д-р техн. наук,  
Я.Н. Гаращенко, канд. техн. наук,  
С.И. Чернышов, канд. техн. наук, Харьков, Украина

## МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРИАНГУЛЯЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

*У статті запропоновано на базі морфологічного аналізу моделей промислових виробів, що містить топологічний і морфометричний аналізи, розробити методологію автоматизованого вибору стратегії матеріалізації виробів по їх 3D моделі. Представлено структуру й можливості розроблюваної системи морфологічного аналізу триангуляційних 3D моделей.*

*В статье предложено на базе морфологического анализа моделей промышленных изделий включающего топологический и морфометрический анализы разработать методологию автоматизированного выбора стратегии материализации изделий по их 3D модели. Представлена структура и основные возможности разрабатываемой системы морфологического анализа триангуляционных 3D моделей.*

*V.L. DOBROSKOK, V.A. FADEEV, YA.N. GARAWENKO, S.I. CHERNYSHOV*  
*THE MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF TRIANGULATED MODELS OF INDUSTRIAL PRODUCTS*

*In article it is offered on the basis of a morphological analysis of models of industrial products including a topological and a morphometrical analyses to develop methodology of a automated choice of strategy a materialization of 3D models. The structure and possibilities of developing system of the morphological analysis triangulated 3D models is presented.*

### Введение

Современное машиностроение характеризуется высокими требованиями к гибкости ресурсосберегающего производства [1]. Однако до настоящего времени отсутствует научно обоснованная методология выбора стратегии материализации изделий на базе анализа их 3D моделей.

Выбор стратегии материализации 3D модели промышленного изделия существенно определяет трудоемкость, материалоемкость, энергоемкость и себестоимость изготовления с использованием как традиционных, так и генеративных технологий послойного выращивания (Rapid Prototyping) [2, 3]. Такой выбор в основном предопределяется конструкционными особенностями изделия [2, 4].

Для автоматизации выбора стратегии материализации по компьютерной триангуляционной 3D модели промышленного изделия предложено использовать топологический и морфометрический анализ на базе системы безразмерных критериев. Применительно к предметной области машиностроения морфологический анализ можно определить как структурно-количественный анализ строения твердотельного изделия представленного в виде системы элементарных поверхностных объектов, которые ограничивают пространство тела. Морфологический анализ базируется на предыдущей триангуляции, которая унифицирует поверхности изделия и последующем комплексном