

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ КЕРАМИКИ ПРИ АЛМАЗНОМ ШЛИФОВАНИИ**Гусев В.В., Молчанов А.Д., Cellary A., Jozwiak K.***(ДонНТУ, Познаньская политехника, г. Донецк, г. Познань, Украина, Польша)*

Одна из основных проблем машиностроения – обеспечение качества деталей машин, которое определяется совокупностью их свойств, обуславливающих их соответствие функциональному назначению в заданном диапазоне изменения условий эксплуатации. Эксплуатационные показатели деталей, наряду с условиями работы и физико-механическими свойствами взаимодействующих поверхностей деталей машин, определяются параметрами, характеризующими состояние их поверхностного слоя, которые формируются в процессе механической обработки. Для оценки качества поверхностного слоя используют как геометрические параметры (отклонения от заданной геометрической формы, параметры волнистости, характеристики шероховатости, направление следов обработки), так и его физико-механические (в том числе особенности структуры материала), химические свойства. Влияние структуры дефектного слоя керамики на ее прочностные свойства рассмотрены в работах [1, 2]. Из геометрических параметров детали наиболее изучено влияние на ее эксплуатационные показатели шероховатости поверхности, которая является простым и надежным критерием оценки состояния технологического процесса механической обработки и последующих условий эксплуатации изделий. Рекомендуемыми параметрами состояния рабочих поверхностей деталей машин являются среднее арифметическое отклонение профиля шероховатости R_a , высота сглаживания профиля с высоты наибольшего выступа R_p , средний шаг неровностей профиля S_m , относительная опорная длина профиля tr и наибольшая высота профиля R_{max} [3].

Наличие функциональной связи между эксплуатационными показателями и параметрами качества поверхностных слоев, с одной стороны, и параметрами качества и технологическими факторами, с другой стороны, позволяет обоснованно подойти к формированию параметров поверхностного слоя деталей [1, 3]. Формирование требуемого микрорельефа поверхностного слоя изделий из керамики в производственных условиях обычно достигается опытным путем за счет подбора рациональных характеристики алмазного инструмента и режимов резания и требует определенных затрат времени и средств. Имеющиеся в литературе рекомендации и зависимости, позволяющие выбрать характеристику алмазного инструмента и режимы резания, не позволяют прогнозировать параметры шероховатости обработанной поверхности керамики, так как они не учитывают влияние физико-механических характеристик материала на разрушение припуска и формирование микрорельефа.

Применение математических моделей для расчета параметров микрорельефа поверхностного слоя позволяет без проведения длительных и дорогостоящих экспериментальных исследований выбрать рациональные, с точки зрения эксплуатации, характеристику алмазного круга и режимы обработки изделий из конструкционной керамики (КК).

Степень влияния хрупкого разрушения припуска на процесс формирования параметров микрорельефа поверхностного слоя керамики до настоящего времени глубоко не изучена. Целью настоящей работы является разработка математической модели формирования микрорельефа деталей из керамики с учетом вероятностного характера вы-

рыва группы зерен обрабатываемого материала при алмазном шлифовании и анализ формирования параметров микрорельефа поверхностного слоя с помощью этой модели.

Для учета влияния физико-механических характеристик хрупких неметаллических материалов на разрушение припуска и формирование микрорельефа поверхности конструкционной керамики была разработана математическая модель формирования микрорельефа с учетом случайного характера хрупкого разрушения в виде сколов материала припуска алмазным зерном при шлифовании. При разработке модели были приняты следующие допущения:

- математическая модель разрабатывалась применительно к схеме плоского шлифования периферией круга;
- процесс пластического оттеснения керамики при резании алмазным зерном в модели не учитывался, так как он играет значительную роль лишь при сверхвысоких скоростях резания;
- при глубине шлифования, большей значения параметра шероховатости R_{max} , шероховатость поверхности формируется за один проход, в противном случае шероховатость поверхности формируется за несколько проходов круга;
- процесс шлифования протекает без вибраций;
- плотность алмазных зерен на единице рабочей поверхности круга n_z и параметры плотности распределения Вейбулла (δ, λ) вершин зерен по высоте примем в соответствии с экспериментальными данными [4];
- для создания случайного вектора распределения зерен по высоте используем стандартную статистическую функцию, имеющуюся в MathCAD 2001 PRO, $rweibull(N_z, \delta)$, где N_z – число зерен, проходящих через сечение шириной Δ , δ – параметр формы распределения;
- зависимость изменение ширины зерна b от его высоты u , отсчитываемой от вершины алмазного зерна, описывается степенной зависимостью $b = C_b u^{m_z}$, где C_b и m_z – соответственно эмпирический коэффициент и показатель степени;
- скол припуска может произойти лишь при сечении среза материала, превышающем некоторое критическое значение $f_{кр}$, которое определяется физико-механическими свойствами обрабатываемого материала;
- вероятность появления сколов описывается распределением Пуассона $P_m(c)$

$$P_m(c) = \frac{a_c^m}{m!} e^{-a_c} \quad (m = 1, 2, 3, \dots) \quad \text{при } f_3 > f_{кр}, \quad (1)$$

где m – число сколов, $a_c = k_m \cdot \left| f_3 / f_{кр} \right|$ – интенсивность сколов, k_m – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на интенсивность сколов, f_3 – сечение среза обрабатываемого материала на алмазном зерне;

– разрушение керамики в виде очагов шириной b_c является случайным процессом, зависящим от сечения среза на алмазном зерне;

– элементарная случайная функция ширины скола $B(f_3)$ имеет вид [5]:

$$B(f_3) = b_c \cdot f_3 + k, \quad (2)$$

где b_c – случайная величина, распределенная нормально с параметрами m_b, σ_b ; форма скола может быть описана степенной зависимостью [6], а глубина скола t_c определяется по зависимости

$$t_c = (b_c / C_c)^{1/m_3}, \quad (3)$$

где C_c – коэффициент формы скола.

Рассмотрим схему резания плоского попутного шлифования периферией круга радиуса R , проведенного через наиболее выступающие зерна его рабочей поверхности (рис. 1), при глубине t и скорости заготовки V_d . Скорость зерен на рабочей поверхности круга V_k примем в первом приближении постоянной. Точка А на этой схеме является начальной точкой контакта круга с рассматриваемым сечением заготовки и характеризует врезание круга. Выход шлифовального круга из контакта происходит в точке В. Удаление материала припуска рассматривали отдельно для участков врезания ОАД и выхода круга ОВД.

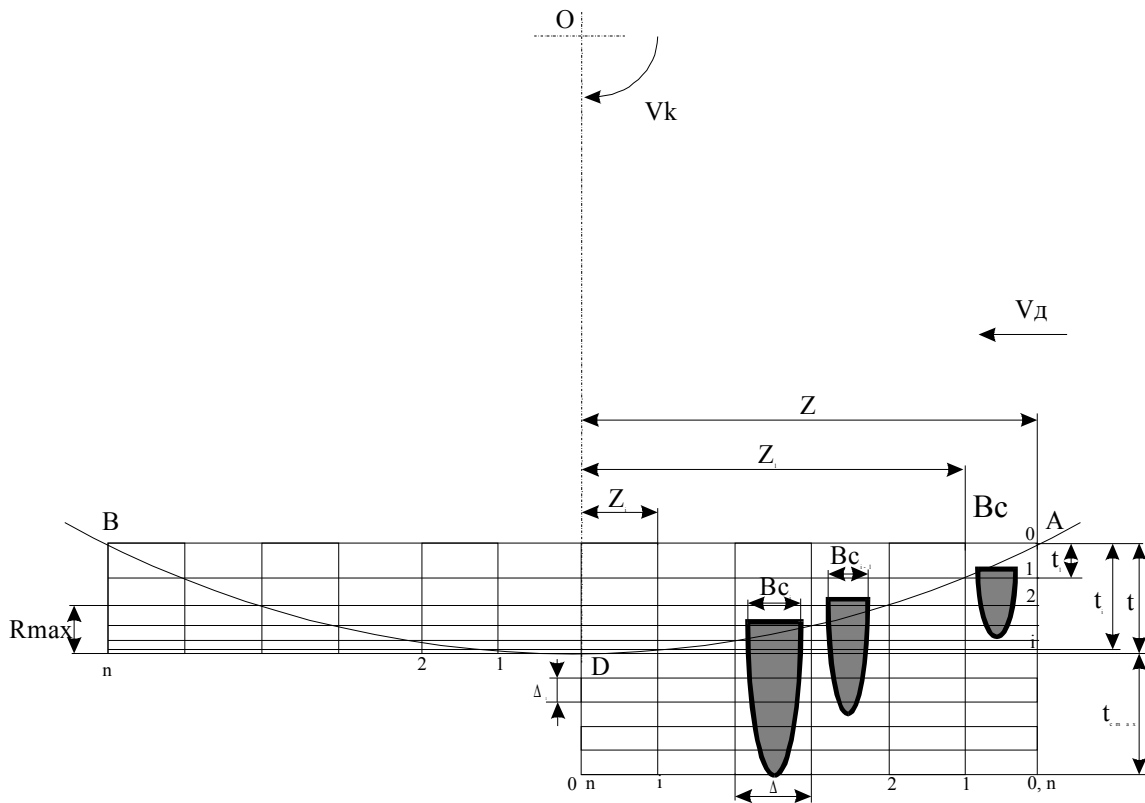


Рис.1. Схема формирования микрорельефа поверхностного слоя с учетом сколов при плоском шлифовании периферией круга

Разделим выделенное сечение заготовки на вертикальные и горизонтальные слои, причем, вертикальные слои равноотстоят друг от друга на величину Δ . Горизонтальные слои образуются пересечением вертикальных слоев с траекторией движения круга. Количество вертикальных и горизонтальных сечений i определится по зависимости

$$i = \sqrt{2 \cdot t \cdot R - t^2} / \Delta. \quad (4)$$

Горизонтальные строки обозначим переменной n , а вертикальные столбцы – переменной m . Вероятность появления сколов определим с помощью функции генерации случайных чисел по всем интервалам, сумма высоты которых составляет глубину резания. Эта задача решается при использовании математического пакета MathCAD с

помощью функции $rnd(x)$. Таким образом, вероятность появления сколов в i -том интервале равна

$$(P_m(c))_i = rnd(0,1). \quad (5)$$

Для определения количества сколов в i -том интервале необходимо найти обратное значение (квантиль) распределения Пуассона. В результате моделирования определяются ячейки, в которых произошел скол, и количество сколов. Ширина скола Bc определялась генерированием случайной величины, распределенной по нормальному закону. Глубина скола определяется из зависимости (3). Это позволяет найти величину распространения сколов в глубь обрабатываемого материала. Далее определяют число сколов n_c и их глубина на уровне максимально выступающего из связки зерна. По сколу, имеющему наибольшую глубину распространения за линию среза $t_{c\max}$, достраивается матрица удаляемого материала на K ячеек, где $\kappa = t_{c\max}/\Delta$. Для всех ячеек, в которых произошел скол материала, определяется его ширина $Bc_{n,m}$.

Алгоритм расчета параметров рельефа поверхностного слоя керамики представлен на рисунке 2. Он позволяет определять параметры микрорельефа поверхностного слоя без учета сколов (блоки 1-12) и с учетом сколов (блоки 13-19). Программа реализована в MathCAD 2001 PRO. При расчете параметры микрорельефа поверхностного слоя для фиксированных режимов резания и состояния рабочей поверхности круга изменяются. Это связано с вероятностным характером, как места, так и величины скола. В результате в отличие от известных математических моделей формирования и расчета параметров микрорельефа можно получить их статистические характеристики (математическое ожидание, дисперсию).

Параметры шероховатости определяли с допущением того, что все вершины выступов микронеровностей находятся на одной линии в интервале, где происходит перекрытие поперечных срезов. Анализ влияния кинематических параметров на параметры микрорельефа определим для схемы плоского врезного шлифования периферией круга. На формирование поверхностного слоя без учета скола материала припуска на алмазном зерне оказывают геометрия зерен и характер их распределения по высоте, кинематика процесса резания. Основным фактором, влияющим на количество зерен, участвующих в формировании поверхностного слоя, является отношение скоростей шлифовального круга и заготовки $i = V_K/V_D$. Зависимость параметров микрорельефа от соотношения скоростей круга и заготовки имеет экспоненциальный характер

$$\begin{aligned} R_{\max} &= 1,67 \cdot \exp(-0,0012 \cdot i) + 3,18, \\ R_a &= 0,7 \cdot \exp(-0,0012 \cdot i) + 0,3, \\ R_z &= 2,01 \cdot \exp(-0,0012 \cdot i) + 1,4. \end{aligned} \quad (6)$$

Между высотными параметрами шероховатости поверхности наблюдается тесная связь. Корреляционные связи между параметрами шероховатости, формируемые под влиянием соотношения скоростей алмазного круга и заготовки при шлифовании, являются тесными (коэффициенты парной корреляции находятся в пределах 0,985... 0,997), что соответствует ранее полученным результатам [3].

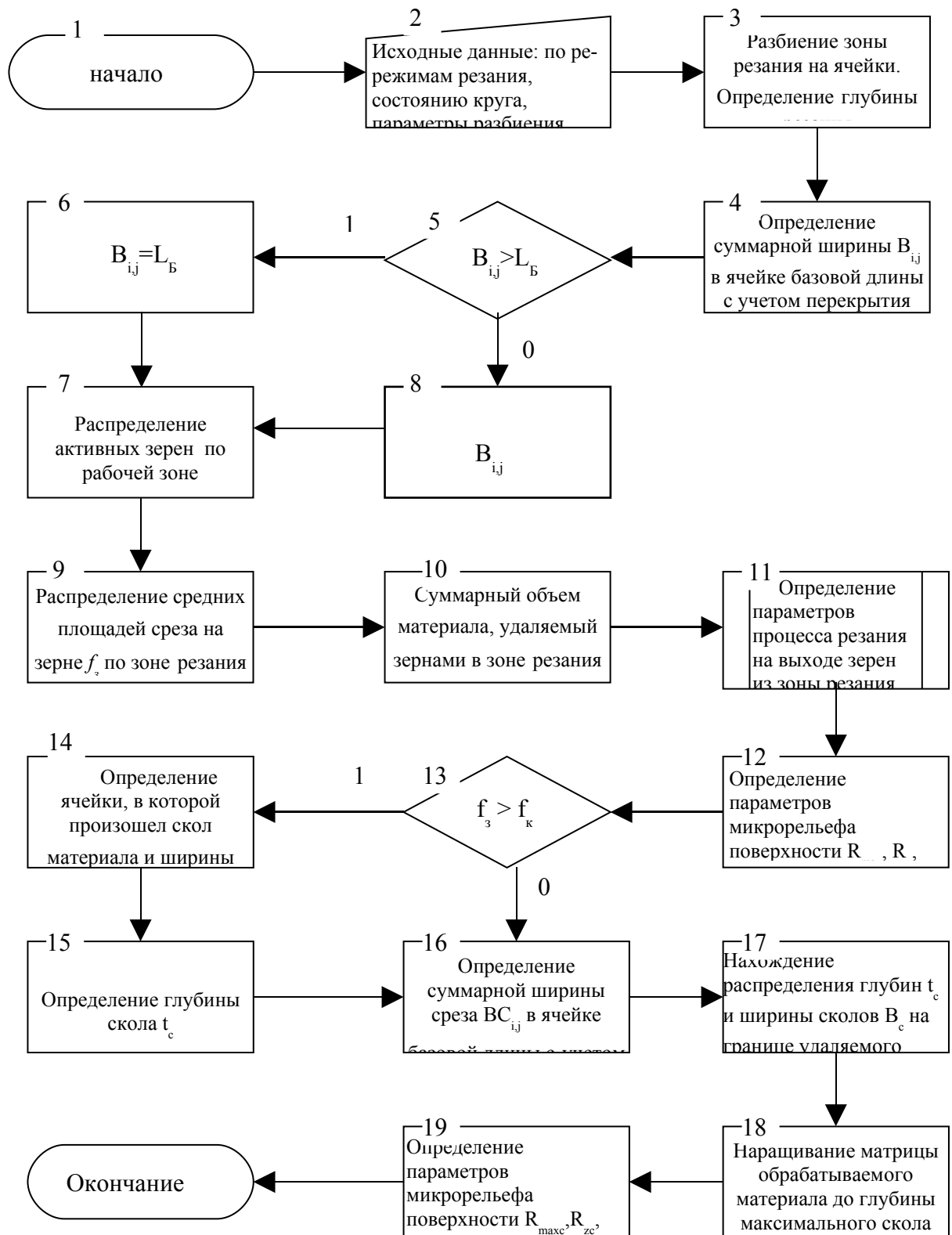


Рис. 2. Алгоритм расчета параметров микрорельефа поверхности КК с учетом сколов

Были проведены исследования влияния коэффициента формы зерна C_b (9...23) в математической модели на высотные параметры шероховатости поверхностного слоя при неизменных значениях: параметров распределения зерен по высоте на рабочей поверхности круга ($\delta=1,88$; $\lambda=560$; $n_3=20,5$ шт/мм²), режима обработки ($V_k=24$ м/с; $V_d=6$ м/мин; $t=0,02$ мм) и без учета сколов обрабатываемого материала. На основании проведенных исследований были получены следующие регрессионные зависимости

$$\begin{aligned} R_{\max} &= 4,56 - 0,09 \cdot C_b, & R_z &= 3,3 - 0,09 \cdot C_b, \\ R_a &= 1,04 - 0,021 \cdot C_b, & R_p &= 3,13 - 0,05 \cdot C_b. \end{aligned} \quad (7)$$

Дисперсия расчетных значений без учета сколов имеет значения $S_{R_{\max}}^2=0,64$, $S_{R_z}^2=0,55$. С ростом коэффициента формы зерна C_b высотные параметры микрорельефа уменьшаются. Так как удаление материала происходит в основном вершинами зерен, то в дальнейшем для круга после правки коэффициент формы зерен C_b принимался равным 10, а по мере затупления круга его значение следует увеличивать.

Так как результаты моделирования формирования характеристик поверхностного слоя носят статистический характер, то выборочные характеристики (среднее арифметическое значение параметра, его среднее квадратическое отклонение S), рассчитываемые на основе ограниченного числа наблюдений n , будем находить с надежностью $\alpha=0,95$ и с точностью определения числа сколов на базовой поверхности детали равной одному сколу. Необходимый объем выборки n определяли, пользуясь методикой, приведенной в работе [9]. Среднеквадратическое отклонение определяли по результатам обработки выборок небольшого объема $n=10...20$ шт. при неизменных значениях как режимов резания, так и параметров модели m_b, σ_b и коэффициента k_m . Общее число выборок m составило 140. Однородность дисперсий числа сколов на базовой поверхности проверяли с помощью критерия Кохрана. Гипотеза постоянства мгновенного рассеяния числа сколов подтверждается, так как расчетное значение критерия меньше табличного $G=0,014 < G_r=0,028$. Средняя дисперсия всех выборок составила $S^2=8,18$. Принятого числа опытов ($n=10$) оказалось достаточно для определения числа сколов на базовой поверхности с точностью ± 1 .

При неизменной величине изменения ширины скола m_b , ее дисперсии σ_b^2 и коэффициента интенсивности сколов k_m гипотеза постоянства мгновенного рассеяния R_{\max}, R_z, R_a также подтверждается. При сравнении дисперсий параметров микрорельефа поверхностного слоя с ростом дисперсии изменения ширины скола σ_b^2 проверку постоянства величины мгновенного рассеяния осуществляли с помощью критерия Романовского. При изменении σ_b^2 мгновенное рассеяние не остается постоянным и возрастает с ростом дисперсии ширины скола. Регрессионный анализ показал наличие нелинейной зависимости среднеквадратического отклонения параметров поверхностного слоя R_{\max}, R_z от σ_b^2 :

$$S_{R_{\max}} = 0,59 + 0,025 \cdot \sigma_b^{1,54}, \quad S_{R_z} = 0,51 + 0,01 \cdot \sigma_b^{1,54}.$$

Значимость коэффициентов регрессии определяли с помощью критерия t_α ($t_\alpha=2,78$) при уровне значимости 0,05 и числе степеней свободы 4. Коэффициент корреляции составил 0,98.

Доверительные интервалы на средние значения R_{\max} , R_z с увеличением среднего арифметического отклонения σ_b перекрываются для различных значений средней величины приращения скола. Оценка однородности средних арифметических осуществлялась с помощью критерия Крамера [9] с использованием таблиц вероятности по распределению Стьюдента. Анализ результатов моделирования показал, что отклонение средних арифметических значений выборок при различной величине приращения ширины скола, его среднего арифметического отклонения σ_b и интенсивности сколов a_c носит неслучайный характер.

Объем выборки n (число повторов) в каждой точке для определения высоты неровностей поверхностного слоя по десяти точкам R_z с точностью 0,5мкм (0,25 от наименьшего значения R_z) и надежностью 0,95 зависит от среднего арифметического отклонения σ_b на приращение ширины скола. При $\sigma_b \leq 15$ достаточно иметь выборку $n=13$. При $\sigma_b = 20$ объем выборки должен быть равен 16, а при $\sigma_b = 25$ - $n=26$. При этих величинах выборки максимальная высота неровностей определяется с относительной погрешностью не более 0,2. Полученные объемы выборок были приняты для дальнейших исследований.

Проанализируем влияние коэффициента формы скола C_c (зависимость 3) на формирование микрорельефа. Для анализа влияния формы скола на формирования микронеровностей примем $C_c = 15 \dots 30$. На рисунке 3 показано влияние коэффициента формы зерна на среднее число сколов n_c (см. рис.3а) на площади 0,016 мм² и средние

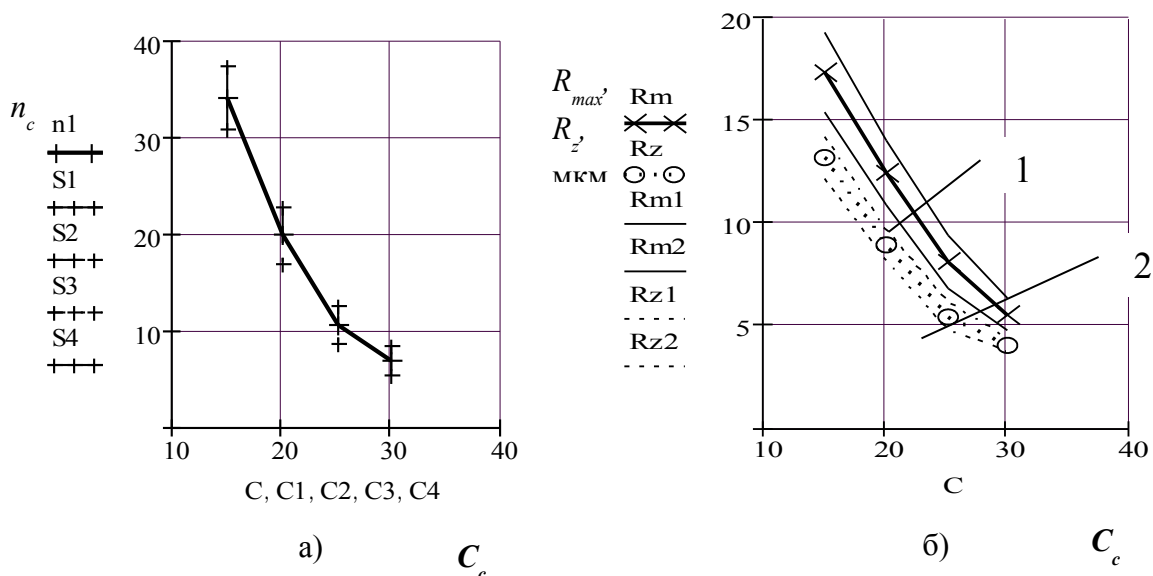


Рис.3. Влияние коэффициента формы скола C_c на: а – число сколов n_c ; б – параметры шероховатости поверхности детали с учетом сколов при $\sigma_b=0,1$, $\sigma_b=20, \sigma_b=10$. Режимы резания: $V_k=24$ м/с, $V_d=6$ м/мин, $t=0,8$ мм

значения параметров R_{\max} , R_z (см. рис. 3б) микрорельефа поверхностного слоя. На графиках также показаны доверительные границы на средние величины при объеме выборки равной 10 (количество повторов моделирования формирования микрорельефа), с учетом дисперсии расчетных величин при уровне значимости 0,05.

Увеличение числа сколов на поверхности при уменьшении коэффициента формы связано с ростом глубины проникновения скола при неизменном значении его ширины. Это вызывает увеличение повреждения поверхностного слоя и приводит к росту R_{\max} , R_z . Без учета сколов в поверхностном слое максимальная величина микронеровностей $R_{\max} = 3,86$ мкм и высота по десяти точкам $R_z = 1,95$ мкм, что в несколько раз меньше расчетных значений с учетом сколов. Дисперсия параметров микрорельефа с уменьшением коэффициента формы скола увеличивается, что связано с ростом разброса числа сколов в поверхностном слое детали.

Появление сколов при обработке приводит к увеличению съема материала с обрабатываемой поверхности. При достаточно большом числе сколов может происходить полное удаление материала в рельефном слое детали и линия выступов микронеровностей может проходить ниже вершины зерна наиболее выступающего из связки круга. В данном случае формирование поверхностного слоя детали будет происходить только за счет сколов. Происходит удаление следов, оставляемых на поверхности детали при резании наиболее выступающими из связки зернами круга. На такую возможность указывалось в работе [6] при обработке покрытий из керамики. При достаточно большом числе сколов ($C_c = 15$) в формировании микрорельефа поверхности участвуют лишь поверхности, образованные сколами, которые полностью покрывают заготовку.

Рассмотрим характер распределения сколов по ширине. Гистограмма плотности распределения сколов по ширине и ее аппроксимация при постоянных значениях коэффициента формы скола $C_c = 25$ и коэффициенте $k_m = 0,2$, учитывающих влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала, представлены на рисунке 4.

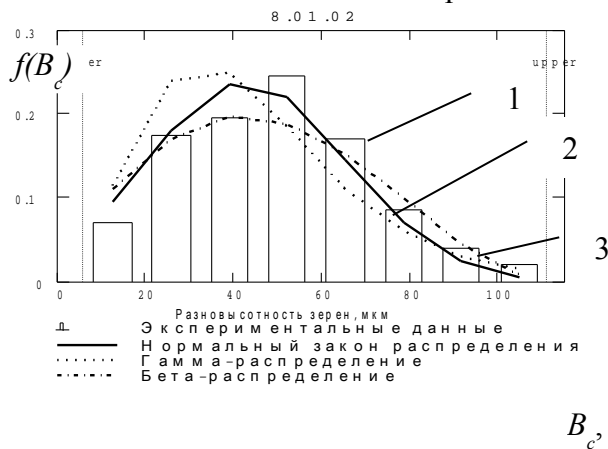


Рис. 4. Расчетные гистограммы ширины сколов на поверхности площадью $0,16 \text{ мм}^2$ детали и аппроксимация их нормальным (1), гамма- (2) и бета- (3) распределениями при следующих параметрах моделирования: $k_m = 0,2$

Анализ полученных результатов показал, что распределение сколов по ширине в поверхностном слое для различных параметров (C_c, k_m, m_b, σ_b) модели формирования сколов адекватно (в соответствии с критерием χ^2 согласия) может быть описано нормальным, гамма- и бета- законами распределения. С увеличением параметров математической модели m_b, σ_b величина средних и максимальных размеров сколов возрастает. С ростом σ_b также возрастает дисперсия параметров микрорельефа.

Важным фактором, влияющим на образование микрорельефа, является интенсивность сколов a_c (1) материала припуска на алмазных зернах при шлифовании, которая при неизменных режимах резания зависит от коэффициента k_m (см. зависимость 1). При увеличении коэффициента k_m линейно возрастает плотность сколов в поверхностном слое. При этом коэффициент корреляции между плотностью сколов и коэффициентом k_m находится в диапазо-

не 0,97-0,998. С приращением ширины скола m_b число сколов возрастает. Это сказывается на уменьшении R_{\max}, R_z . Многократное моделирование формирования параметров поверхностного слоя приводит к длительной цепочке сложных вычислений. Для упрощения вычислений можно построить по результатам моделирования корреляционные функции числа сколов в поверхностном слое n_c и параметров микрорельефа в зависимости от параметров разработанной модели. По результатам корреляционного анализа были найдены следующие регрессионные зависимости средних значений параметров микрорельефа поверхностного слоя (при базовой длине $l_b = 0,8$ мм) при наличии на нем сколов

$$\begin{aligned} n_c &= 16 \cdot k_m + k_m \cdot \sigma_b + (0,14 + 2,55 \cdot k_m) \cdot m_b, \\ R_{\max} &= 3,86 + (0,13 - 0,5 \cdot k_m) \cdot m_b + 0,06 \cdot \sigma_b^{1,6}, \\ R_z &= 1,95 + 5 \cdot k_m + (0,16 - 0,53 \cdot k_m) \cdot m_b + 0,023 \cdot \sigma_b^{1,68}. \end{aligned} \quad (8)$$

Экспериментальные исследования распределения сколов в поверхностном слое образцов из керамики после алмазного шлифования осуществлялась по фотографиям (x1000), полученным на электронном микроскопе. На основе анализа статистических распределений, могут быть построены гистограммы плотности распределения ширины сколов в поверхностном слое при обработке различной керамики. На рис.5 показаны экспериментальные распределения плотности сколов по ширине для ситалла АС-370 и горячепрессованного (Гп) оксида алюминия. Полученные результаты свидетельствуют о качественном совпадении данных эксперимента и моделирования, а также о влиянии физико-механических свойств материалов на размеры сколов.

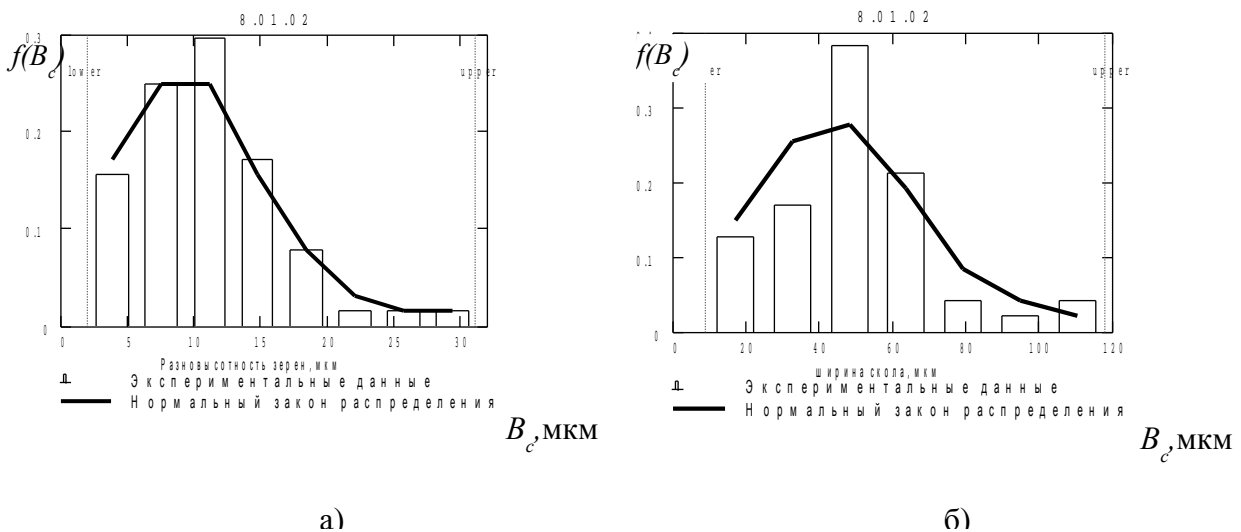


Рис.5. Экспериментальное распределение плотности сколов по ширине B_c после алмазного шлифования кругом 1A1 250x20x32 AC6-4-M2-01-125/100 для следующих материалов и режимов резания: а) Al_2O_3 (Гп) $V_r=42$ м/с, $V=0,5$ м/мин $t=0,03$ мм; б) ситалл АС-370 $V=42$ м/с $V=3$ м/мин $t=0,03$ мм

Для экспериментальной проверки математической модели были использованы также результаты исследования топографии поверхности деталей из ситалла АС-370 и Al_2O_3 (Гп). Исследование 3D топографии обработанной поверхности проводилось на сканирующий приборе «НОММЕЛWЕРКЕ» Turbo Roughness V3.32 с датчиком ТК100 и фильтром М1 (в Познаньской политехнике, г. Познань, Польша). Топографии поверхности детали приведены на рис.6.

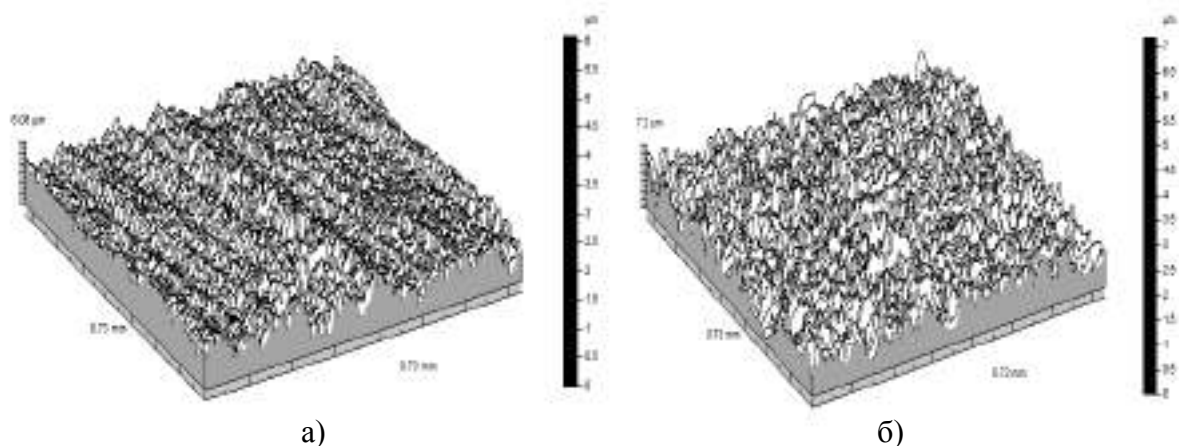


Рис.6 Топография поверхности образцов из Al_2O_3 (Гп) (а) и ситалла АС-370 (б) после врезного алмазного шлифования периферией круга 1А1 200х20х32 АС6-4-М2-01-125/100 с режимами резания: $V_k=24$ м/с; $V=6$ м/мин; $t=0,1$ мм

При малых величинах размеров сколов (см. рис. 5а), имеющих место при алмазном шлифовании Al_2O_3 (Гп), происходят незначительные изменения высотных параметров поверхностного слоя (см. рис. 6), что соответствует $k_m=0,2$, $m_b=5$ и $\sigma_b=3$. С уменьшением прочности материала (ситалла АС-370 по сравнению с Al_2O_3 (Гп)) размеры сколов возрастают, что приводит к существенному увеличению высотных параметров в поверхностном слое керамики. Так при неизменных режимах шлифования средние значения R_{max} выросли более чем в 2,4 раза с 6,84мкм до 16,38мкм, а R_z с 5,36 до 12,11мкм. Если при шлифовании горячепрессованного оксида алюминия на топографии видны следы, оставляемые на поверхности образца при резании наиболее выступающими из связки зернами круга, то формирование поверхностного слоя ситалла АС-370 происходит в основном за счет сколов. На топографии поверхности образца из ситалла видно (см. рис. 6б), что сколы проникают за линию среза материала и их число таково, что они покрывают практически всю поверхность.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- была разработана математическая модель формирования высотных параметров шероховатости поверхностного слоя при алмазном шлифовании керамики с учетом хрупкого разрушения обрабатываемого материала на алмазном зерне;
- математическая модель адекватно отражает реальный механизм формирования высотных параметров микрорельефа керамики при алмазном шлифовании;
- полученные результаты свидетельствуют о существенном влиянии хрупкого разрушения материала припуска на формирование микрорельефа поверхностного слоя изделий из конструкционной керамики;
- физико-механические свойства керамики оказывают влияние на размеры сколов материала припуска и формирование высотных параметров поверхностного слоя детали.

Список литературы: 1. Гусев В.В. Обеспечение эксплуатационных характеристик поверхностного слоя конструкционной керамики // Справочник. Инженерный журнал с приложением. – М.: Машиностроение. – 2002. – Приложение № 9 к журналу Инженерия поверхности. – С. 2-5. 2. Гусев В.В., Калафатова Л.П., Феник Л.Н. Обеспечение эксплуатационных характеристик изделий радиотехнического назначения при алмазном шлифовании // Машиностроение и техносфера ХХ1 века. Сборник трудов

международной научно-технической конференции в г. Севастополе 13-18 сентября 2004 г. В 4-х томах. – Донецк: ДонНТУ, 2004. – Т1. – С. 214-217. **3.** Суслов А.Г., Горленко О.А. Экспериментально-статистический метод обеспечения качества поверхности деталей машин: Монография. – М.: Машиностроение-1, 2003. – 303 с. **4.** Гусев В.В., Калафатова Л.П. Вплив стану робочої поверхні алмазного інструмента на процес шліфування крихких неметалевих матеріалів // Вісник ЖДТУ – № 2 (26). – 2003. – С. 49-54. **5.** Гусев В.В. Влияние хрупкого разрушения материала припуска керамики на формирование микрорельефа поверхности детали при алмазном шлифовании // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: “Машинобудування і машинознавство”. – Донецьк: ДонНТУ, 2004. – Вип. 71. – С. 22-27. **6.** Технологическое обеспечение качества изготовления деталей с износостойким покрытием./ Ю.К. Новоселов, С.П. Кулагин, С.Л. Леонов, Е.Ю. Татаркин – Новосибирск: Издательство Новосибирского университета, 1993. – 205 с. **7.** Лукин Л.Н. Элементы теории алмазно-абразивного инструмента и процесса резания – царапання металла моделью алмазного зерна. Автореф. дис... канд. тех. наук: 05.03.01. – Томск, 1968. – 19с. **8.** Полтавец В.В. Обоснование режимов шлифования труднообрабатываемых материалов при электроэрозионном воздействии на рабочую поверхность круга: Автореф. дис... канд. тех. наук: 05.03.01/ ДонГТУ. – Донецк, 2001. – 19 с. **9.** Колкер Я.Д. Математический анализ точности механической обработки деталей. – Киев: «Техніка», 1976. – 200 с.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ МІКРОРЕЛЬЄФУ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ З КЕРАМІКИ ПРИ АЛМАЗНОМУ ШЛІФУВАННІ

Гусев В.В., Молчанов О.Д., Cellary A., Jozwiak K.

Розроблено математичну модель формування висотних параметрів микрорельєфу поверхневого шару кераміки, що відображає реальний механізм руйнування матеріалу припуска при алмазному шліфуванні.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ КЕРАМИКИ ПРИ АЛМАЗНОМ ШЛИФОВАНИИ

Гусев В.В., Молчанов А.Д., Cellary A., Jozwiak K.

Разработана математическая модель формирования высотных параметров микрорельефа поверхностного слоя керамики, которая отражает реальный механизм разрушения материала припуска при алмазном шлифовании.

FEATURES OF FORMATION OF THE MICRORELIEF OF THE SURFACE OF DETAILS FROM CERAMICS AT DIAMOND GRINDING

Gusev V.V., Molchanov A.D., Cellary A., Jozwiak K.

The mathematical model of formation of high-altitude parameters of a microrelief of a superficial layer of ceramics which reflects the real mechanism of destruction of a material of an allowance at diamond grinding is developed.

Рецензент: д.т.н., проф. Калафатова Л.П.