

К ВОПРОСУ О ГЕОМЕТРИИ АБРАЗИВНОГО ЗЕРНА

Канд. техн. наук, доц. И.П. НИКИФОРОВ

При помощи графоаналитических зависимостей определены диапазоны варьирования и средние значения геометрических параметров абразивных зёрен.

By means of semi graphical dependences the bands of variation and the average values of geometrical parameters of abrasive grains are determined.

В последнее время все большую популярность приобретает моделирование процессов абразивной обработки. При этом исследователи сталкиваются с определенными трудностями, обусловленными разнообразием формы, ориентированием абразивного зерна и характером его взаимодействия с обрабатываемой поверхностью. Геометрические параметры зерна определяются его формой, величиной переднего угла γ , угла K_Φ при вершине, а также радиусом ρ закругления режущей кромки. Диапазон варьирования параметров довольно велик, что вызывает дополнительные трудности и неопределенности для их использования.

В работе [1] шла речь о возможности моделирования абразивного зерна при помощи триангуляции Делоне — функции, входящей в пакет среды MATLAB. Координаты узловых точек, необходимых для реализации данной функции, находятся по формулам:

$$X = \varphi \cos(2\pi\alpha_1) \sin(2\pi\alpha_2); \quad (1)$$

$$Y = \varphi \sin(2\pi\alpha_1) \sin(2\pi\alpha_2); \quad (2)$$

$$Z = \varphi \cos(2\pi\alpha_2); \quad (3)$$

$$\varphi = \frac{\alpha_3 D_{з\max}}{2}, \quad (4)$$

где $D_{з\max}$ — максимальный размер зерна, в соответствии с зернистостью круга (ГОСТ 3647—80); $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ — векторы длиной q , элементы которых — случайные числа от 0 до 1.

Результат триангуляции Делоне — модели абразивных зерен случайной формы, показаны на рис. 1, а; фотография реальных зерен из кубического нитрида бора (эльбора) — на рис. 1, б.

По внешнему виду зерна довольно схожи, но в данном случае важно, чтобы по геометрическим параметрам модель была адекватна оригиналу. Это достигается варьированием числа граней, посредством изменения значения q . Число точек, являющихся вершинами треугольных пирамид, из которых составляется многогранник — модель зерна, чуть меньше числа узловых точек q , т.к. часть из них попадет внутрь сфер, проходящих через вершины пирамид. По принципу Делоне такие точки игнорируются. Поскольку их количество непостоянно, то и число треугольных пирамид варьируется. Следовательно, и количество граней моделируемого зерна тоже будет непостоянным и колеблется в некотором диапазоне.

Графики, показывающие зависимость между числом узловых точек q и углами при вершине зерна ϵ , построенные с учетом среднестатистических расчетных данных, приведены на рис. 2. Между количеством узловых точек и углами при вершине зерна (средними значениями) автором установлена следующая корреляционная зависимость:

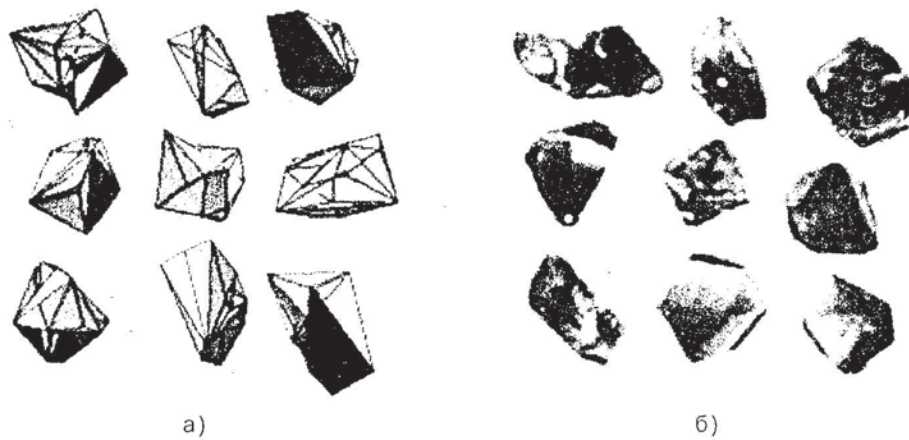


Рис. 1. Абразивные зерна: *а* — смоделированные при помощи триангуляции Делонса; *б* — фотография реальных зерен из кубического нитрида бора (эльбор)

$$\varepsilon_{\text{ср}} = -0,01q^2 + 1,57q + 66,7 \quad (5)$$

Исследования показали, что для того, чтобы модель зерна была адекватна оригиналу, количество узловых точек, необходимых для реализации триангуляции, должно быть в среднем $q \approx 20 \div 40$ (на рисунке область заштрихована). Большие значения рекомендуется принимать для алмазных зерен, имеющих более округлую форму, меньшие — для абразивных. Для некоторых алмазных порошков, цифровой индекс марки которых (ГОСТ 9206—80)

довольно высок, значение q может достигать до 75.

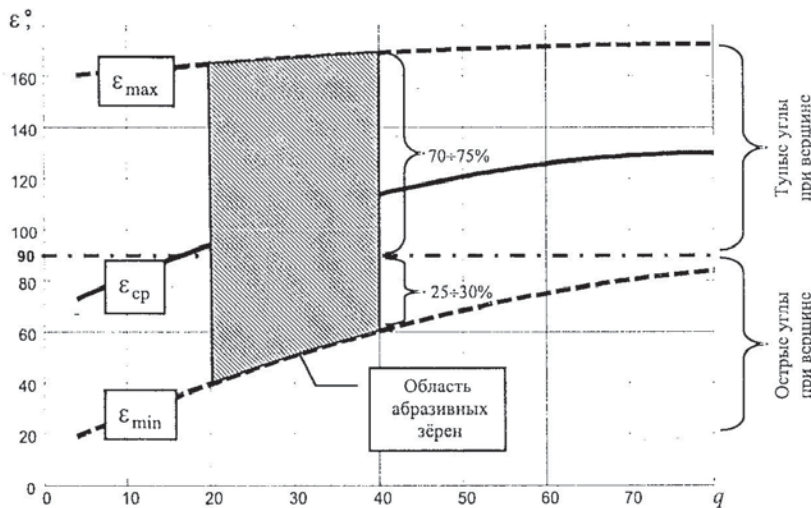


Рис. 2. График зависимости углов ε при вершине зерна от параметра q

Подставляя значения q в формулу (5), имеем $\varepsilon_{\text{ср}} = 94,1 \div 113,4^\circ$. Это согласуется с данными, приведенными в табл. 1, которые получены Ваксером Д.Б. методом зарисовок [2]. При выборе оптимальных значений q учитывалось также, что количество зерен с острыми углами при вершине составляет примерно 25÷30% [3].

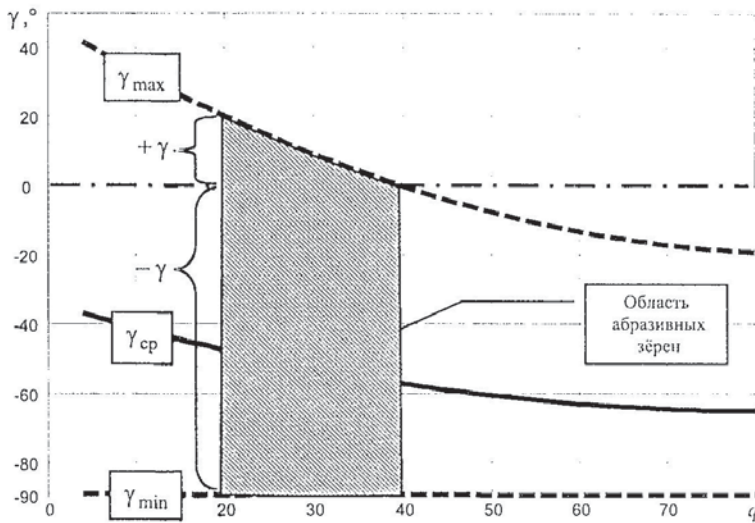
В работе [2], для белого электрокорунда А40 установлена зависимость между углами ε_{max} при вершинах

зерен (в радианах) и радиусами закругления вершин (мм):

$$\begin{cases} \rho_{\text{max}} = 0,032\varepsilon_{\text{max}} + 0,0096 \\ \rho_{\text{min}} = 0,032\varepsilon_{\text{max}} - 0,0636 \end{cases} \quad (6)$$

где ε_{max} , ε_{min} — наибольшая и наименьшая величины углов при вершине зерна.

Важную роль в процессе резания играет передний угол γ . Расчеты показали, что величина γ для абразивных зерен почти всегда отрицательная, но бывают и исключения.



Зависимость величины переднего угла абразивного зерна от количества узловых точек q показана на рис. 3. При этом учитывается не только форма зерна, но и его случайное ориентирование при закреплении в связке. Установлена следующая зависимость:

$$\gamma_{\text{ср}} = 0,0051q^2 - 0,82q - 32,22, \quad (7)$$

т.е. средние расчетные значения угла $\gamma_{\text{ср}} = -(46,6 \div 56,9)^\circ$.

Рис. 3. График зависимости передних углов γ от параметра q

Таблица 1

Геометрия режущих кромок, по данным [1]

Зернистость	Радиус закругления ρ , мкм		Угол при вершине ϵ , °	
	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее значение	Пределы колебаний
40	30	6÷100	109	40÷140
25	21	6÷80	108	45÷145
16	14	3÷60	111	50÷145
3	4	0,7÷7	97	50÷150

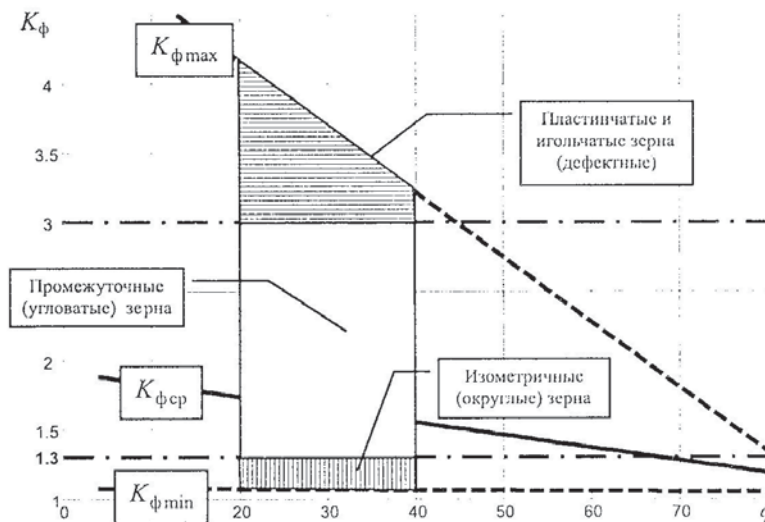


Рис. 4. График зависимости коэффициента формы зерен K_ϕ от параметра q

По форме зерна подразделяются на изометричные (округлые), промежуточные (угловатые), пластинчатые и игольчатые. Критерием принадлежности к той или иной группе является коэффициент формы зерна, определяемый как отношение длины проекции зерна к ширине проекции (ГОСТ 3647-80, 9206-80).

Таблица 2

Значения параметров ε , γ и K_ϕ

Автор	Угол при вершине ε , °		Передний угол γ , °		Коэффициент формы K_ϕ
	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее значение	Пределы колебаний	
Никифоров И.П.	94÷113	40÷169	-(47÷57)	-90÷+20	1,1÷3,0
Бакуль В.Н.	—	40÷145	—	—	—
Дудин-Барковский Ю.М.	—	40÷150	—	—	—
Лоладзе Т.Н., Бокучава Г.В.	80÷110	—	-(40÷60)	—	—
Лурье Г.Б.	106÷110	—	—	—	1,7÷2,4
Маслов Е.Н.	91,5÷110	40÷150	—	—	—
Орбинский В.М.	90	—	-45	—	—
Снодзак И.	—	до 165	—	—	—
Филимонов Л.Н.	97÷111	—	-(45÷55)	—	—

Зависимость коэффициента формы моделируемых зерен от числа узловых точек показана на рис. 4. Установлена следующая линейная зависимость:

$$K_\phi = -0,0092q + 1,92. \quad (8)$$

Согласно формуле (8) средний коэффициент формы $K_\phi = 1,55 \div 1,74$. Это говорит о том, что преобладающая часть зерен имеет промежуточную форму, т.к. игольчатые и пластинчатые зерна ($K_\phi > 3$), имеющие низкую прочность, считаются дефектными, и основная их часть отсеивается еще при сепарации [3]. В разработанной модели такие зерна тоже не участвуют.

В табл. 2 представлены обобщенные данные о величине ε , γ и K_ϕ , по различным литературным источникам. В первой строке, для сравнения, данные, полученные автором.

Итак, использование триангуляции Делоне позволило получить адекватную модель абразивного зерна и определить средние значения параметров, характеризующих его геометрию, а также диапазон варьирования этих параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никифоров И. П. Стохастическая модель процесса шлифования // Известия вузов. Машиностроение. — 2003. — №6. — С. 64—72.
2. Ваксер Д. Б. Пути повышения производительности абразивного инструмента при шлифовании. — М.-Л.: Машиностроение, 1964. — 123 с.
3. Основы проектирования и технология изготовления абразивного и алмазного инструмента. — М.: Машиностроение, 1975. — 296 с.