

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЗЕРЕН ШЛИФОВАЛЬНОГО ПОРОШКА КАРБИДА КРЕМНИЯ ЧЕРНОГО 54CF60 ПРОИЗВОДСТВА ВОЛЖСКОГО АБРАЗИВНОГО ЗАВОДА

Носенко В.А.¹, Александров А.А.¹, Ганшу Е.Ф.¹

¹Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», Волжский, Россия (404121, Волжский, ул. Энгельса, 42а), e-mail: alexalexal2011@yandex.ru

Приведены результаты измерений длины, ширины, площади и периметра, приведенного диаметра пяти проб зерен карбида кремния черного 54CF60, полученных при рассеве на контрольных ситах. Рассмотрены закономерности распределения параметров, взаимосвязь между ними и размерами ячеек контрольных сит. Установлено, что нормальному закону подчиняется распределение ширины зерна, кроме самой мелкой фракции (остаток на поддоне), затем приведенный диаметр (три фракции) и площадь проекции профиля зерна на горизонтальную плоскость (две фракции). Распределение длины зерна и отношения длины к ширине нормальному закону не подчиняются. В результате классификации зерен на игольчатые, изометричные и промежуточные установлено, что содержание игольчатых зерен от пробы 3 к пробе 6 возрастает почти в 5 раз, в то время как содержание изометричных зерен снижается в 2,7 раза.

Ключевые слова: шлифовальный порошок, ширина зерна, контрольное сито

GRAIN GEOMETRIC PARAMETERS OF GRINDING POWDERS OF BLACK SILICON CARBIDE 54CF60 PRODUCED BY VOLZHISKY ABRASIVE PLANT

Nosenko V.A.¹, Alexandrov A.A.¹, Ganshu E.F.¹

¹ Volzhsky Polytechnic Institute (branch) of FSBEI HPE "Volgograd State Technical University", Volzhsky, Russia (404121, Volzhsky, Engels str. 42a), e-mail: nosenko@volpi.ru

The results of measurements of length, width, area and perimeter, reduced diameter of five samples of black SiC grains 54CF60 obtained by sieving on control sieves are showed. The characteristics of the distributions of the parameters, the relationship between them and the mesh size of the test sieves are determined. Found that the normal distribution is subject to the width of the distribution of grain, except for the fine fraction (residue per pallet), then reduced diameter (three fractions) and the projected area of the grain profile on the horizontal plane (two fractions). Distribution of the length and grain length to width do not obey the normal law. As a result of classification on the needle grains isometric and intermediates found that the content of acicular grains from 3 samples to the sample 6 is increased about 5 times, while the content of isometric grains decreases 2.7 times.

Keywords: Grinding powder, grain width, control sieve.

Введение

Крупнейшими сферами использования карбида кремния являются металлургия (около 45 % мирового спроса), производство абразивных материалов (до 30 %) и огнеупоров (до 25 %) [4].

Ведущим производителем карбида кремния в Европе является ОАО «Волжский абразивный завод», выпускающий две разновидности материала – карбид кремния черный и зеленый. Черный карбид кремния, как абразивный материал используется в несвязанном виде, в абразивных кругах на керамических и органических связках.

Одной из основных характеристик абразивного инструмента является зернистость, регламентированная ГОСТ Р 52381, по которому предусмотрено 26 зернистостей от F4 до

F220. В пределах одной зернистости геометрические параметры зерен измеряются в достаточно широком интервале размеров. Например, ширина зерна шлифпорошка зернистости F60 может изменяться от 525 мкм до 87 мкм [2]. Для контроля качества зернового состава по ГОСТ Р 52381 шлифовальные порошки размером от 45 до 4750 мкм просеивают через контрольные сита с различным размером ячеек.

Без знания размеров зерен, а также их формы невозможно провести глубокое исследование механизма стружкообразования и всего процесса абразивной обработки. Поэтому исследованию геометрических параметров абразивных материалов в исходном состоянии и в процессе обработки уделяется большое внимание [5, 7, 8]. Большинство исследователей рассматривают закономерности изменения геометрических параметров зерен основной фракции или пробы, выделяемой при расसेве шлифпорошка на контрольных ситах.

Цель исследования

Цель данной работы заключалась в исследовании геометрических параметров зерен всех проб, образующихся при рассеве шлифовального порошка на контрольных ситах по ГОСТ Р 52381.

Материал и методы исследования

Для исследований выбран шлифовальный порошок 54С зернистостью F60, серийно изготавливаемый на ОАО «Волжский абразивный завод».

Измерения геометрических параметров зерен производили фотометрическим методом с использованием микроскопа МБС-9, камеры высокого разрешения Levenhuk C510 NG 5M и специально разработанного программного обеспечения [6]. После загрузки электронных фотографий в программу, она производит анализ исходного изображения и выделяет контур абразивного зерна. Определяли следующие геометрические характеристики зерен: длина l , ширина b , периметр P , площадь S . Кроме перечисленных параметров рассчитывали приведенный диаметр d и коэффициент формы зерна, определяемый отношением l/b .

Длину зерна находили как расстояние между двумя максимально удаленными точками на профиле зерна, ширину – как сумму величин двух перпендикуляров, построенных от вектора длины зерна к максимально удаленным точкам с каждой стороны профиля.

Периметр зерна P равен сумме всех векторов, образующих контур зерна.

Площадь зерна S рассчитывали по следующей формуле:

$$S = \frac{\left| \sum_{i=0}^{n-1} (x[i](y[i-1] - y[i+1])) \right|}{2},$$

где $x[i]$ и $y[i]$ - координаты соответствующей вершины вектора.

Приведённый диаметр находили по окружности, площадь которой равна площади контура зерна S :

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}.$$

Для ситового контроля по ГОСТ Р 52381 использовали пять сит, номинальный размер ячеек W_i которых указан в таблице 1.

Таблица 1 – Размер ячеек контрольных сит W_i и относительная масса проб Q_i шлифовального порошка 54CF60

№ контрольного сита и пробы	W_i , мкм	Q_i , %	
		по ГОСТ Р 52381	фактически
1	425	–	–
2	300	≤ 30	12
3	250	≥ 40	59
4	212	$Q_3 + Q_4 \geq 65$	$59 + 26 = 85$
5	180	не регламентируется	2,5
6	Остаток на поддоне	≤ 3	0,5

После анализа результатов отсева определяли законы распределения, которым подчиняется каждый из указанных выше геометрических параметров зерен. В качестве примера на рис. 2 приведены функции распределения двух параметров зерен b и l/b пяти проб.

В соответствии со значениями коэффициента формы, зерна каждой пробы классифицировали на игольчатые ($l/b > 2$), изометричные ($l/b < 1,3$) и промежуточные. Относительное содержание зерен различной формы в каждой пробе на рис. 2 представлено в зависимости от номинальной ячейки проходного сита W_i .

Результаты исследования и их обсуждение

При отсева анализируемый шлифовальный порошок без остатка проходил через сито с размерами ячеек в свету W_1 , что соответствует требованиям стандарта. На сите с размером ячейки W_2 относительная масса порошка Q_2 составляет 12 % (по ГОСТ – менее 30 %). Сито с размером ячейки W_3 определяет минимальное количество зёрен, относительная масса которых должна быть более 40 %, по факту – 59 %. Масса зёрен, задерживающихся на сите W_4 , отдельно не регламентируется, но общая масса проб $Q_3 + Q_4$ должна быть более 65 %. В результате отсева относительная масса $Q_3 + Q_4 = 85$ %, что также согласуется с требованием ГОСТ Р 52381. Масса порошка, задерживающаяся на пятом сите, также не регламентируется. Относительная масса порошка ΔQ , оставшаяся на поддоне или прошедшая через сито с размером ячейки W_5 , составляет 0,5 % (по ГОСТ – менее 3 %).

Таким образом, анализируемый шлифовальный порошок по зерновому составу отвечает требованиям ГОСТ Р 52381.

Графики плотности распределения параметра b по сравнению с l/b выглядят более симметричными. Во всех фракциях правая ветвь кривой $F(l/b)$ более пологая и вытянутая по сравнению с левой.

С целью проверить принадлежность исследуемых выборок по геометрическим параметрам нормальному закону распределения, проведено сравнение наблюдаемых и теоретических частот при уровне значимости $\alpha=0,05$. Наблюдаемое значение критерия χ^2 для всех исследованных параметров в зависимости от размера ячейки верхнего контрольного сита W приведены в табл. 2. Критическое значение $\chi_{кр}^2$ найдено для принятого уровня значимости и числа степеней свободы $k=s-1-r$, где s – число групп выборки, r – число параметров предполагаемого распределения (табл. 2). Число групп для всех выборок принято равным 12, число параметров нормального закона распределения $r=2$, тогда $k=9$. Критическое значение критерия $\chi_{кр}^2=16,9$ [1]

Из табл. 2 следует, что в большей степени нормальному закону распределения удовлетворяет параметр b . Невыполнение гипотезы о нормальном законе распределения параметра b наблюдается в пробе 6. Это связано с тем фактом, что предыдущие пробы отсеиваются по двум размерам (верхнее проходное сито и нижнее – непроходное). Самая мелкая фракция 6 отсеивается только по верхнему размеру.

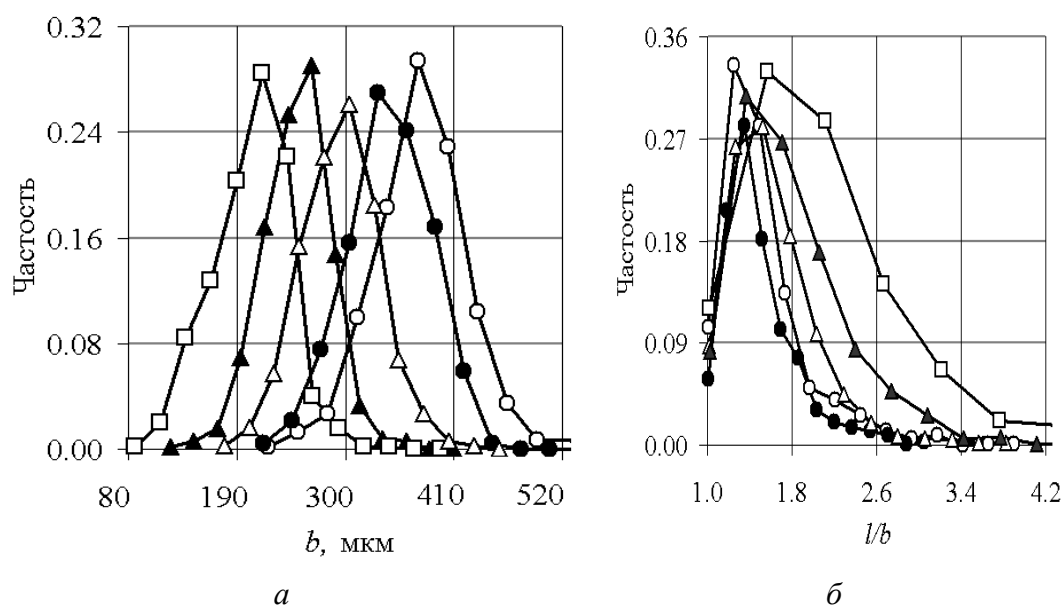


Рис.1. Плотность распределения параметров b (а) и l/b (б) зёрен шлифовальных порошков различных проб: \circ – Q_2 ; \bullet – Q_3 ; Δ – Q_4 ; \blacktriangle – Q_5 ; \square – Q_6

Таблица 2 - Наблюдаемое значение критерия χ^2

Фракция	l	b	P	S	d	l/b
Q_2	120,7	11,9	98,2	67,9	34,1	128,5
Q_3	37,4	8,9	18,3	11,4	9,7	105,8
Q_4	77,1	3,3	38,7	24,3	11,0	55,5
Q_5	47,0	7,6	21,5	19,7	9,8	78,9
Q_6	29,5	34,6	28,0	9,8	20,0	131,0

Распределение параметров l , P и l/b нормальному закону не подчиняется. Из трех перечисленных параметров в большей степени к нормальному закону распределения приближается параметр P .

Похожие закономерности получены при исследовании распределения геометрических параметров микропорошков карбида кремния [3].

В соответствии со значениями коэффициента формы, зерна каждой пробы классифицировали на игольчатые ($l/b > 2$), изометричные ($l/b < 1,3$) и промежуточные. Относительное содержание зерен различной формы в каждой пробе на рис. 2 представлено в зависимости от номинальной ячейки проходного сита W_i . Как было отмечено ранее (см. табл. 1), в соответствии с ГОСТ Р 52381 для второй пробы $W_1 = 425$ мкм, для шестой – $W_5 = 180$ мкм. Полученные графические зависимости свидетельствуют о том, что в пробах 2 и 3 (номинальный размер ячейки проходного сита соответственно $W_1 = 425$ мкм, $W_2 = 300$ мкм) количество изометричных зерен приблизительно одинаково. Начиная от пробы 3 и далее к 6 (соответственно $W_2 = 300$ мкм, $W_5 = 180$ мкм), т.е. с уменьшением размера шлифовального порошка содержание изометричных зерен снижается почти в 2,7 раза, количество игольчатых зерен возрастает более чем в 5 раз. Содержание зерен промежуточной формы с переходом от пробы 2 к 4 возрастает приблизительно на 17 %, затем – снижается к пробе 6 почти на 50 %.

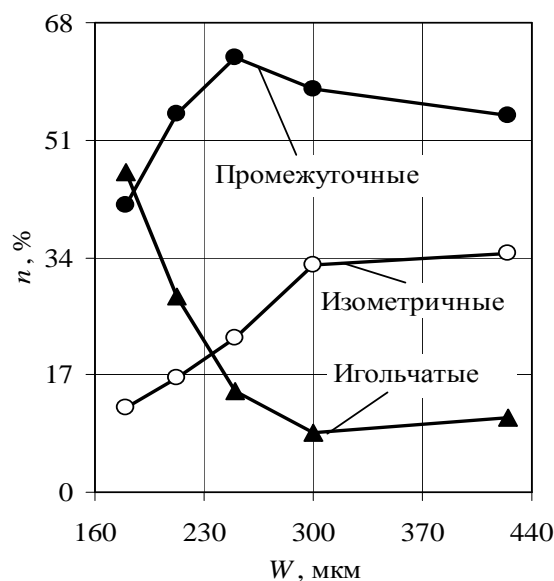


Рис.2. Изменение относительного содержания зерен n определенной формы в пробах в зависимости от номинального размера ячейки W проходного сита

Выводы

1. Определена плотность распределения геометрических параметров (длина, ширина, их отношение, периметр, площадь, приведенный диаметр) пяти фракций шлифовального порошка из карбида кремния черного зернистости F60. Установлено, что нормальному закону подчиняется распределение ширины зерна, кроме самой мелкой фракции (остаток на поддоне), затем приведенный диаметр (три фракции) и площадь проекции профиля зерна на горизонтальную плоскость (две фракции). Распределение длины зерна и отношения длины к ширине нормальному закону не подчиняются.
2. В результате классификации зерен на игольчатые, изометричные и промежуточные установлено, что содержание игольчатых зерен от пробы 3 к пробе 6 возрастает почти в 5 раз, в то время как содержание изометричных зерен снижается в 2,7 раза.

Список литературы

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высш. шк., 2003. 479 с.
2. Носенко В.А. Исследование распределения геометрических параметров фракций шлифовального порошка 54CF60 и их принадлежности к нормальному закону / В.А. Носенко, А.А. Александров// Наука и образование в современной конкурентной среде: материалы Международной научно-практической конференции (Уфа, 15-16 февр. 2014 г.): в 3-х ч. Часть II. – Уфа: РИО ИЦИПТ, 2014. – С. 123-129.
3. Носенко В.А. Статистические параметры геометрических размеров зерен микрошлифпорошков карбида кремния / В.А. Носенко, И.А. Макушкин, А.А. Шегай// Известия ВолгГТУ. Сер. Прогрессивные технологии в машиностроении: межвуз. сб. науч. ст. – Волгоград: ВолгГТУ, 2011. Вып. 7, № 13. – С. 32-34.
4. Руднева В.В. Совершенствование плазмометаллургической технологии производства нанопорошков карбида кремния: дис. докт. техн. наук. – Новокузнецк, 2009. – 355 с.
5. Сафонова М.Н. Компьютерно-аналитические методы диагностики эксплуатационных характеристик алмазных порошков и композиционных материалов на их основе / М.Н. Сафонова, Г.А. Петасюк, А.С. Сыромятникова. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2013. 222 с.
6. Свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2011610144, 11.01.11. Программа для автоматизированного определения геометрических параметров шлифовального зерна по

фотографии «Зерно НМ ВПИ» / В.А. Носенко, А.А. Рыбанов, И.А. Макушкин, А.А. Шегай, К.А. Букштанович. ВолгГТУ, 2011.

7. Ящерицын П. И. Повышение качества шлифованных поверхностей и режущих свойств абразивно-алмазного инструмента / П. И. Ящерицын, А. Г. Зайцев. Минск: Наука и техника, 1972. 480 с.

8. Bouwman A. Which shape factor(s) best describe granules? / A.M. Bouwman, J.C. Bosma, P. Vonk et al.// Powder Technology. – 2004. № 146. – P. 66–72.

Рецензенты:

Сидякин Ю.И., д.т.н., заведующий кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты» ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград.

Полянчиков Ю.Н., д.т.н., профессор кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград.