

УДК 620.186.82

В.А. Носенко, профессор, д-р техн. наук,

А.А. Александров, магистрант

*Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», ул. Энгельса, 42а, г. Волжский, Россия, 404121
nosenko@volpi.ru*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОХОДНОГО И НЕПРОХОДНОГО РАЗМЕРА ШИРИНЫ ЗЁРЕН В ПРОБАХ ПРИ РАССЕВЕ ШЛИФОВАЛЬНОГО ПОРОШКА 54CF60 НА КОНТРОЛЬНЫХ СИТАХ

Приведена методика проверки соответствия шлифовального порошка 54CF60 требованиям ГОСТ Р 52381 по зерновому составу. Показана возможность прохождения зерен, имеющих определенную ширину, через ячейку контрольного сита.

Ключевые слова: шлифовальный порошок, ширина зерна, контрольное сито.

Введение. Размер абразивных зерен является одной из основных характеристик абразивного инструмента. Без знания размеров зерен и их формы невозможно провести глубокое исследование механизма стружкообразования и всего процесса абразивной обработки.

Производительность процесса и качество поверхности детали при абразивной обработке во многом зависит от формы и размера применяемых шлифовальных порошков. Поэтому исследованию геометрических параметров абразивных материалов в исходном состоянии и в процессе обработки уделяется большое внимание [1-3].

Известно большое количество параметров, характеризующих форму и размеры зерна [4, 5], из которых наиболее распространенным параметром является ширина b зерна. Ширина зерна равна сумме расстояний между двумя наиболее удаленными точками профиля, лежащими по разные стороны от линии, соединяющей две наиболее удаленные точки профиля зерна, определяющей длину зерна.

Наиболее распространенным способом классификации зерен по размерам является рассев на ситах. Считается, что при расसेве через сита основным параметром классификации является ширина зерна. Например, по ГОСТ Р 52381 на зернистость шлифовальных порошков из искусственных и природных абразивных материалов, для контроля качества зернового состава шлифовальные порошки размером от 45 до 4750 мкм просеивают через контрольные сита с различным размером ячеек.

Целью данной статьи является сопоставление фактической ширины зерен карбида кремния черного марки 54С зернистостью F60 с размерами ячеек контрольных сит.

Основное содержание работы. Сущность контроля зернового состава заключается в определении содержания остатков шлифовального порошка на каждом из контрольных сит и поддоне при расसेве. Для ситового контроля используют пять сит, номинальный размер ячеек которых W_i указан в таблице 1. Контрольные сита должны соответствовать ГОСТ 51568 и не иметь видимых дефектов: разрывов, утолщений, засоров ячеек, натяжения сетки, перекосов рамки и дефектов пайки.

Таблица 1 – Зерновой состав шлифовального порошка 54CF60

Контрольное сито	Размер стороны ячейки сита, мкм	Остаток пробы, %	
		по ГОСТ Р 52381	фактически
1	425	—	—
2	300	≤ 30	12
3	250	≥ 40	59
4	212	≥ 65 (масса на ситах 3+4)	59+26=85
5	180	не регламентируется	2,5
6	Остаток на поддоне	≤ 3	0,5

Набор из пяти сит, необходимых для контроля шлифовального порошка, собирают по размерам сторон ячейки сита в порядке убывания в стопку сверху вниз. Нижнее сито ставят на поддон. Пробу шлифовального порошка сушат при температуре 105 °С в течение 30 минут и после остывания сокращают до 100 г. Остывшую пробу засыпают на верхнее сито и закрывают крышкой. Стопку сит устанавливают в машину для встряхивания. Продолжительность встряхивания – 5 минут. Затем контрольные сита вынимают из машины и последовательно ссыпают полученные на ситах остатки шлифовального порошка. Остаток взвешивают, начиная с верхнего сита.

При расसेве анализируемый шлифовальный порошок без остатка проходит 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.

В пяти пробах шлифовального порошка по методике [7] с использованием программного обеспечения [8] проведены измерения ширины зерен (рисунок 1).

При анализе полученных результатов примем следующую модель прохождения зерен через ячейку сита. Зерно может занимать любое положение относительно ячейки, в том числе, и в направлении своей длины. При необходимости зерно может поворачиваться в плоскости сита, занимая наиболее удобное положение для прохождения через ячейку.

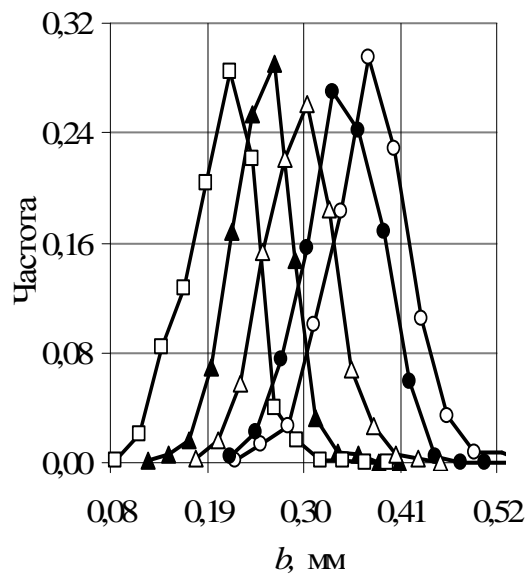


Рисунок 1 – Распределение ширины зерен в пяти пробах: \circ – Q_2 ; \bullet – Q_3 ; Δ – Q_4 ; \blacktriangle – Q_5 ; \square – Q_6

Проанализируем размеры зерен проб, полученных после отсева зернистости F60 на контрольных ситах, исходя из возможных размеров стороны и диагонали ячеек, как величин, определяющих ширину зерен.

В ГОСТ Р 51568 на сита лабораторные из металлической проволоки указано, что размер ячеек сита должен удовлетворять следующим требованиям: $W_1=425\pm 16$ мкм, $W_2=300\pm 12$ мкм, $W_3=250\pm 9,9$ мкм, $W_4=212\pm 8,7$ мкм, $W_5=180\pm 7,6$ мкм. Максимальный размер одной ячейки первого сита W_{X1} может достигать $425+81=506$ мкм, причем количество ячеек с увеличенным номинальным размером от $W_{Z1}=473$ мкм до $W_{X1}=506$ мкм не должно превышать 6 % от общего количества ячеек. Максимальный размер одной ячейки второго сита может достигать $W_{X2}=365$ мкм и 6 % ячеек иметь максимальный размер от $W_{Z2}=338$ до $W_{X2}=365$ мкм. Размеры ячеек сит в соответствии с ГОСТ Р 51568 и размеры диагоналей ячеек представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Размеры ячеек W контрольных сит по ГОСТ Р 52381 и их диагоналей D

Номер сита	W	W_Y	W_{+Y}	W_Z	W_X	D_W	D_{+Y}
1	425	409	441	473	506	601	624
2	300	288	312	338	365	424	441
3	250	240	260	284	308	354	368
4	212	203	221	242	264	300	312
5	180	172	188	207	227	255	265

Прокладним или непроходним размером может быть ширина или диагональ ячейки. Считая в каждой пробе верхнее сито прокладным, нижнее – непроходным, сравним фактические значения ширины зерна с размерами ячейки соответствующего сита и её диагонали (таблицы 3 и 4).

Таблица 3 – Относительное количество зерен в пробах, имеющих ширину b больше размеров ячейки прокладного сита и её диагонали

Проба	n , шт.	$b > W$, %	$b > W_{+Y}$, %	$b > W_Z$, %	$b > W_X$, %	$b > D_W$, %	$b > D_{+Y}$, %
2	700	12,1	6,3	1,9	0,7	0,0	0,0
3	700	84,6	77,4	56,4	32,6	1,3	0,1
4	666	88,1	80,0	61,7	37,2	5,3	3,2
5	636	87,3	80,7	61,6	37,6	4,9	3,1
6	700	74,7	68,3	50,9	28,7	5,3	3,1

Таблица 4 – Относительное количество зерен в пробах, имеющих ширину b меньше размера ячейки непроходного сита

Проба	n , шт.	$b < W$, %	$b < W_{-Y}$, %
2	700	4,4	2,6
3	700	1,6	0,7
4	666	1,7	0,8
5	636	1,6	0,6
6	700	1,9	1,1

Рассмотрим ширину зерен второй пробы. Очевидно, что максимальный размер b не должен быть больше максимального прокладного размера ячеек сита 2. Как следует из табл. 3 в пробе 2 нет зерен, ширина которых была бы больше диагонали ячейки сита номинально размера D_{W1} . Присутствуют около 0,7 % зёрен, ширину которых можно сопоставить с размером ячейки W_{X1} . Но делать окончательное заключение о максимальном прокладном размере сита 1 по анализу размеров пробы 2 нельзя. Дело в том, что для пробы 2 нет данных о возможных максимальных размерах ширины зерна. Поэтому более объективное заключение о максимально возможной ширине зерен и её связи с соответствующим размером ячейки прокладного сита будет сделано в результате анализа следующих проб.

При сравнении ширины зерен пробы 2 с ячейками нижнего непроходного сита исходим из минимального размера ячеек. Минимальный размер ширины зерен в пробе 2 не должен быть меньше минимального прокладного размера сита 2. Если в качестве непроходного размера принять номинальный размер стороны ячейки сита $W_2=300$ мкм, около 4 % зерен пробы 2 имеют размер $b_2 < W_2$. Исходя из допуска на номинальный размер ячейки, её минимальная величина может достигать $W_{Y2}=288$ мкм. Тем не менее, в пробе 2 присутствуют 2,6 % зерен, ширина которых меньше прокладного размера.

Дело в том, что при определении ширины зерна по методике [6] исследуемый объект в самом общем случае может занять лежать на боку. Вероятность такого положения зерна невысока, но исключать её нельзя. Тогда при обработке электронной фотографии проекции зерна фактически будет измерена не ширина, а толщина зерна. Не исключена возможность и слипания зерен, что также затрудняет их проход через ячейку сита.

Поэтому размер $W_{Y2}=288$ мкм можно считать минимальным непроходным размером нижнего сита для пробы 2.

Третья проба зерен проходит через сито 2 и задерживается ситом 3. При анализе пробы 3 сито 2 будем рассматривать как прокладное. В соответствии с допуском на номинальную ширину ячейка сита при номинальной величине 300 мкм диапазон изменения составляет 288–312 мкм. Диапазон варьирования диагоналей этих ячеек от 424 до 441 мкм. В пробе 3 есть одно зерно, ширина которого $b=449$ мкм превосходит диагональ максимальной ячейки D_{+Y2} , (рисунок 2). Это соответствует относительному количеству зерен около 0,1 %.

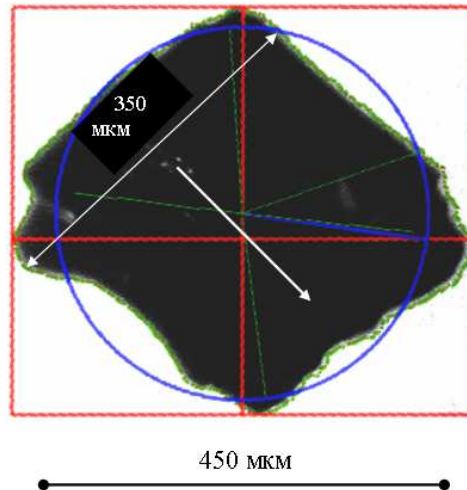


Рисунок 2 – Пример зерна, превосходящего по ширине диагональ D_{W2max}

Ячейку сита зерно может проходить не строго параллельно длине, а в направлении стрелки. При таком моделировании прохождения зерна через ячейку максимальный задерживающий размер составляет около 350 мкм. Поэтому рассматриваемое зерно может пройти ячейку сита по диагонали. Сито, согласно ГОСТ Р 52381, может содержать менее 6 % ячеек, которые имеют допустимое максимальное значение в интервале от 338 до 365 мкм. Таким образом, ширина всех зерен пробы 3, проходящих через ячейки сита 2, согласуются с размерами ячеек проходного сита. Для рассмотренной пробы 3 проходным размером является диагональ ячейки сита D_{+Y2} , заданной полем допуска на номинальный размер $+Y_2$ или ячейки сита с размерами от 351 до 365 мкм, определяемые допусками Z и Y .

Номинальный размер ячейки задерживающего сита $W_3=250$ мкм. Относительное число зерен, ширина которых меньше этого размера, в пробе 3 составляет около 2 %. В соответствии с допуском минимальный размер ячейки $W_{Y3}\approx 240$ мкм. Количество зерен, ширина которых в пробе 3 будет меньше 240 мкм, не превышает 1% (см. табл. 4). Таким образом, минимальный проходной размер ячейки нижнего сита при расसेве пробы 3, как и пробы 2 определяется нижней границей допуска на номинальный размер ячейки сита $+Y_3$.

В пробе 4 относительное количество зерен, ширина которых больше размера диагонали сита D_{W3} , составляет около 5 %, больше $D_{+Y3} - 3$ %. Детально проанализированы форма и размеры 20 зерен, составляющих эти 3 % на возможность их прохождения через ячейки сита с учетом допусков на номинальный размер, в том числе по диагонали ячеек. Установлено, что все зерна, у которых $b>D_{+Y3}$, с учетом фактической формы могут пройти через ячейки сита 3, по крайней мере, с ориентацией по диагонали ячеек. Исходя из этого, размер диагонали D_{+Y3} принят в качестве проходного размера для зерен пробы 4.

В качестве непроходного размера в пробе 4, как и в пробах 2 и 3, принимаем величину W_{-Y4} (таблица 4).

В пробе 5 количество зерен, ширина которых больше $D_{Y4}\approx 342$ мкм, составляет около 3 %. В результате анализа формы и размеров профиля зерен подтверждена возможность их прохождения ячейки сита, в том числе по диагонали. В пробе 6, также как и в пробе 5 содержание зерен, ширина которых $b>D_{+Y5}$ составляет около 3 %. Но форма и размеры этих зерен позволяют пройти через ячейки сита 5 по их диагонали.

В качестве непроходного размера в пробе 5, как и в ранее рассмотренных пробах принимаем W_{-Y} . В пробе 6 непроходного сита нет.

Выводы.

Исследуемый шлифовальный порошок из карбида кремния черного 54CF60 производства ОАО «Волжский абразивный завод» по зерновому составу соответствует требованиям ГОСТ Р 52381.

В качестве проходного размера ширины зерна при рассеве шлифовального порошка на пробы по ГОСТ Р 52381 можно принять размер диагонали ячейки сита D_{+Y} , размер ячейки которого с учетом поля допуска на номинальный размер равен $W+Y$, в качестве непроходного размера – минимально допустимое значение ячейки сита $W-Y$ (обозначения даны по ГОСТ Р 52382).

Перспективы дальнейших исследований в данной области. Для окончательного обоснования проходного и непроходного размера ширины зерен при рассеве шлифовального порошка через контрольные сита на пробы необходимо расширить диапазон исследуемых зернистостей в соответствии с ГОСТ Р 52381.

Библиографический список использованной литературы

1. Рыбаков В.А. Влияние способа измельчения абразивных материалов на форму и физико-механические свойства полученных зерен / В.А. Рыбаков, О.Н. Дроздова // Абразивы. — 1963. — Вып. 4. — С. 15–28.
2. 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.
3. Королев А.В. Исследование процессов образования поверхностей инструмента и детали при абразивной обработке / А.В. Королев. — Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1975. — 192 с.
4. 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: Изд-во СО РАН, 2013. — 222 с.
5. 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.
6. Носенко В.А. Статистические параметры геометрических размеров зерен микрошлифпорошков карбида кремния / В.А. Носенко, И.А. Макушкин, А.А. Шегай // Известия Волгоградского государственного технического университета. — 2011. — Т. 13. — № 7. — С. 32–34.
7. Свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2011610144 от 11.01.11. РФ. 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.

Поступила в редакцию 11.01.2014 г.

Носенко В.А., Александров А.А. Визначення прохідні і непрохідні розміру ширини зерен у пробах при розсвіві шліфувальних порошку 54CF60 на контрольних ситах

Наведено методику перевірки відповідності шліфувального порошку 54CF60 вимогам ГОСТ Р 52381 за зерновим складом. Показано можливість проходження зерен, що мають певну ширину, через осередок контрольного сита.

Ключові слова: шліфувальний порошок, ширина зерна, контрольне сито.

Nosenko V.A., Alexandrov A.A. Determination of the size width and impassable grains in samples at sieving grinding powders 54CF60 on control sieves

The technique of checking the conformity of the grinding powder 54CF60 to requirements of GOST R 52381 on grain composition is showed. The possibility of the passage of grains having a certain width, through the cell control screen, is showed.

Keywords: grinding powder, abrasive grain, test sieves.