

УДК 621 923

ВЫБОР ЗЕРНОВОГО СОСТАВА АБРАЗИВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ПО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОМУ ИНДЕКСУ

С.А. Крюков

Дан анализ влияния зернового состава абразивных материалов на показатели работы шлифовальных кругов. Показан неоднозначный характер этого влияния исходя из гранулометрического индекса, установленного по содержанию и соотношению между собой отдельных фракций зернового состава абразивных материалов.

Ключевые слова: гранулометрический индекс, зерновой состав, шлифовальные круги, показатели.

Введение

Одним из перспективных путей повышения качества шлифования и производительности абразивных инструментов является рациональный выбор их зернового состава. Содержание отдельных фракций зернового состава и различные соотношения их между собой оказывают непосредственное влияние на структурно-механические свойства инструментов и показатели их работы, определяя режущую способность, износ, стойкость инструмента, а также качество обработанной поверхности изделия. Между тем при выборе характеристик инструментов для шлифования эти факторы часто не учитываются. В научной и производственной литературе по вопросам шлифования влияние зернового состава абразивных материалов на характеристики инструментов до сих пор не получило должной оценки.

В связи с этим получение научно обоснованных рекомендаций по выбору рациональных зерновых составов формовочных смесей для изготовления абразивных инструментов с регламентированными характеристиками под заданные процессы шлифования является актуальной задачей исследования. Целью данной работы явилась разработка единого интегрального показателя зернового состава абразивных

материалов для анализа и оценки характеристик инструментов и их показателей при шлифовании.

Постановка задачи

Оценка характеристик абразивных материалов с учетом их зернового состава часто приводит к противоречивым выводам. Например, зарубежные шлифовальные круги (фирмы «Нортон»), имеющие содержание основной фракции зернового состава абразивного материала в пределах 27...32 %, демонстрировали значительно лучшие результаты, чем отечественные шлифкруги, содержащие основную фракцию зернового состава в пределах 42...45 %. В то же время в работе [1] показано, что с повышением содержания в зерновом составе основной фракции с 42 до 85 % существенно улучшаются все показатели процесса шлифования.

Вероятно, это связано с тем, что наличие различных по размерам зерен (фракций) в абразивном инструменте заданной зернистости, а также различие их по процентному содержанию затрудняют проведение объективного анализа и оценки как структурно-механических характеристик инструментов, так и показателей их работы.

Для решения этой задачи необходимо иметь единый интегральный показатель по существующим зерновым составам абразивных материалов, что даст возможность проводить объективную и достоверную оценку функционально-эксплуатационных показателей инструментов.

Разработка показателя зерновых составов

Зерновые составы абразивных материалов, выпускаемые отечественными производителями, регламентируются соответствующими стандартами и другими нормативными документами. Согласно им каждый зерновой состав абразивов состоит, как правило, из пяти фракций: предельной P_{ϕ} , крупной Kp_{ϕ} , основной O_{ϕ} , дополнительной к основной D_{ϕ} и мелкой M_{ϕ} . Введена и комплексная фракция Ko_{ϕ} , которая складывается из крупной, основной и дополнительной фракций.

Исходя из того, что режущая способность материала определяется, прежде всего, работой зерен крупной и основной фракций, а шероховатость поверхности – предельной, крупной и мелкой фракций и с учетом ведущей роли зерен основной фракции в формировании структуры инструмента, был разработан интегральный показатель зерновых составов в виде гранулометрического индекса $i_{гр}$, который можно вычислить по формуле

$$i_{гр} = \frac{O_{\phi}}{P_{\phi} + Kp_{\phi} + O_{\phi} + M_{\phi}}. \quad (1)$$

Статистическая обработка и анализ более 80 различных зерновых составов отечественных и зарубежных производителей абразивных материалов позволили установить закономерности изменения процентного содержания отдельных фракций в зависимости от гранулометрического индекса. При регрессионном анализе доверительные интервалы для средних значений процентного содержания фракций с надежностью 0,95 не превышали $\pm 10\%$. Коэффициент корреляции полученных зависимостей колебался от 0,685 до 0,80.

Графические зависимости содержания основной, крупной и мелкой фракций зерновых составов абразивных материалов от гранулометрического индекса были аппроксимированы показательными функциями следующего вида:

$$O_{\phi} = 98,2 i_{гр}^{1,31}; \quad (2)$$

$$M_{\phi} = 1,07 i_{гр}^{-4,03}; \quad (3)$$

$$Kp_{\phi} = \begin{cases} 36,2 \cdot i_{гр}^{0,76} & \text{при } 0,40 \leq i_{гр} \leq 0,57; \\ 13,9 \cdot i_{гр}^{-0,76} & \text{при } 0,57 \leq i_{гр} \leq 0,85. \end{cases} \quad (4)$$

При этом отклонения расчетных значений O_{ϕ} , M_{ϕ} и Kp_{ϕ} по формулам (2), (3) и (4) от фактических данных находились в пределах 4...9 %.

Как видно из приведенных формул, график функции содержания основной фракции O_{ϕ} представляет собой возрастающую параболу; график функции содержания мелкой фракции M_{ϕ} – убывающую гиперболу. Изменение содержания крупной фракции Kp_{ϕ} от индекса $i_{гр}$ является сложной функцией, график которой имеет перегиб при индексе, равном 0,57.

Такие изменения содержания представленных фракций в зерновом составе абразивных инструментов могут вызывать и неоднозначность их влияния на показатели процесса шлифования.

Проведение экспериментов

Для проверки данной гипотезы были проведены испытания ряда шлифовальных инструментов с различными зерновыми составами абразивных материалов.

Исходным абразивным материалом являлся белый электрокорунд (24А) зернистостью № 25. Экспериментальные шлифовальные круги с разными зерновыми составами были изготовлены в Волжском институте строительства и технологии (ВИСТех). В связи с различным содержанием фракций зерна объемная доля связки К5 подбиралась так, чтобы получить примерно одинаковую твердость инструментов и исключить таким образом влияние твердости на показатели процесса шлифования. Твердость экспериментальных шлифовальных кругов отличалась на одну степень, что не оказывало существенного влияния на результаты исследований. Одновременно испытывались шлифовальный круг фирмы «Нортон» и серийный инструмент производства Волжского абразивного завода (ВАЗ). Характеристики опытных шлифовальных кругов, их зерновые составы и соответствующие им гранулометрические индексы, определенные по формуле (1), приведены в табл. 1.

Эксплуатационные показатели опытных шлифовальных кругов испытывались на экспериментальной установке МА-1, созданной на предприятии НПКО «МашТехСервис» [2]. При исследовании использовались образцы

из стали ШХ15 твердостью HRC 55. Размер образцов составлял $50 \times 8 \times 8$ мм³. В качестве СОЖ применялся 5%-ный раствор кальцинированной соды. Режим шлифования: скорость вращения круга $V_k = 35$ м/с, глубина резания $t = 0,01$ мм. Эксплуатационные показатели кругов оценивались в соответствии с ГОСТ2424-83.

Обсуждение полученных результатов и рекомендации

Результаты сравнительных испытаний шлифовальных кругов представлены на рис. 1. Из графиков зависимостей коэффициента шлифования $K_{ш}$, стойкости шлифовальных кругов T и шероховатости R_a обработанной поверхности $i_{гр}$ видно, что существуют неоднозначные области влияния зерновых составов на исследуемые показатели абразивных инструментов. Кривые зависимостей этих показателей от гранулометрического индекса имеют перегиб при индексе, равном 0,57. С левой и правой сторон от этого значения индекса показатели шлифовальных кругов улучшаются, т. е. повышается их эффективность.

Это можно объяснить следующим образом. С увеличением содержания в зерновом составе мелкой фракции и снижением крупной и основной фракций повышается число режущих

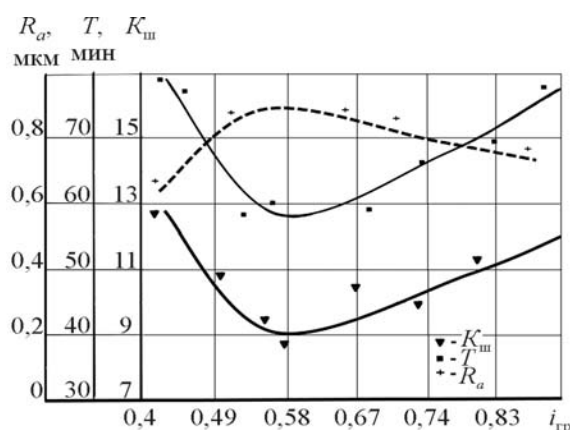


Рис. 1. Зависимость коэффициента шлифования $K_{ш}$, стойкости T и шероховатости R_a обработанной поверхности от гранулометрического индекса

зерен на 1 мм² площади поверхности круга, а также уменьшается среднестатистический размер зерен, что способствует снижению сил резания при шлифовании и износа инструмента.

Кроме того, увеличение содержания мелкой фракции в абразивной смеси ведет к упрочнению черепка круга за счет более плотной упаковки зерен. Это позволяет снизить количество связки на 15–30 % без изменения заданной твердости, за счет этого увеличивается и пористость инструмента. При работе таким

Таблица 1

Зерновой состав и гранулометрический индекс испытанных шлифовальных кругов

Маркировка круга	Изготовитель	Фракции зернового состава, %					Грануло- метрический индекс $i_{гр}$
		П _ф	Кр _ф	О _ф	Д _ф	М _ф	
		Сторона ячейки сита в свету, мкм					
		> 315	315	250	200	160	
38A60L6VBE (24A25CM26K)	Фирма «Нортон»	0	14,3	29,6	25,5	30,6	0,40
24A25CM26K5	ВИSTex*	1,1	16,3	36,0	22,5	24,1	0,46
24A25CM16K5	ВАЗ**	1,8	22,3	45,3	18,6	12,0	0,55
24A25CM26K5	ВИSTex*	0	23,0	51,8	18,8	6,4	0,64
24A25CM16K5	ВИSTex*	0,4	16,5	62,1	18,5	2,5	0,76
24A25M36K5	ВИSTex*	0,8	17,7	75,9	4,6	1,0	0,80
24A25CM16K5	ВИSTex*	0	14,8	85,0	0,1	0,1	0,85

* экспериментальный образец; ** серийный образец.

инструментом создаются оптимальные условия для удаления стружки, устраняется налипание металла на его рабочую поверхность, улучшается вентиляция и охлаждение шлифуемой поверхности изделия. Все это приводит к увеличению производительности и улучшению качества процесса шлифования инструментом с повышенным содержанием мелкой фракции в зерновом составе.

Такой вывод подтверждается экспериментальными данными других исследователей [2, 3]. Так, в работе [2] приводятся сведения о введении в абразивную смесь 24A40CM27K5 для изготовления инструмента 6 % мелкой фракции, что привело к увеличению режущей способности шлифовального круга на 33,9 % при шлифовании стали 40X и на 24,8 % – при шлифовании стали ШХ15 по сравнению с серийным инструментом. Кроме того, уменьшается линейный износ экспериментального инструмента и снижается шероховатость обработанной поверхности образцов.

Как видно из рис. 1, при изменении значений гранулометрического индекса с 0,57 до 0,85, т.е. при увеличении содержания основной фракции зернового состава с 45,3 до 85,0 % (см. табл. 1) и одновременном снижении содержания крупной и мелкой фракций, коэффициент шлифования испытанных инструментов увеличивается в 1,28 раза, стойкость – в 1,30 раза, а шероховатость поверхности уменьшается в 1,22 раза по сравнению с серийным инструментом. Такие изменения объясняются тем, что с увеличением содержания основной фракции повышается однородность состава по размеру зерен, приводящая к равномерному и упорядоченному распределению их на рабочей поверхности инструмента, уменьшению разноразмерности и увеличению числа зерен, участвующих в процессе шлифования. Все это способствует повышению производительности и улучшению качества шлифования.

Применение единого интегрального показателя зерновых составов абразивных материалов в виде гранулометрического индекса обеспечивает объективную и достоверную оценку их разнонаправленного влияния на показатели процесса шлифования. В связи с этим можно предложить два способа совершенствования абразивных инструментов. Первый способ, требующий высокой степени однородности

зернового состава, был впервые апробирован в работе [1]. Однако до сих пор этот способ не нашел широкого применения из-за того, что для получения однородного по размерам зернового состава необходимо специальное оборудование в виде вибрационных столов, малопроизводительных и сложных в настройке.

Наиболее рациональным и экономичным является второй способ, когда в зерновой состав вводится повышенное количество мелкой фракции. В этом случае для приготовления необходимого зернового состава применяются обычные стандартные зерновые составы разной зернистости в определенном объемном соотношении друг с другом, и не требуется какое-либо новое технологическое оборудование. Кроме того, можно использовать шлифовальные зерна ограниченного спроса из промежуточных номеров зернистости № 20, 32, 63, 100, выход которых составляет 30–40 % от общего объема производства абразивных заводов, а их переработка в другие зернистости представляет собой довольно трудоемкий и неэкономичный процесс. Следует отметить, что имеется опыт использования зерен таких номеров зернистости при создании аналогов зарубежных шлифовальных кругов для ОАО «АвтоВаз» и других машиностроительных предприятий.

Заключение

Разработанный гранулометрический индекс дает возможность объективно и достоверно оценить влияние зерновых составов на показатели абразивных инструментов. Использование гранулометрического индекса позволяет выявить причины разнонаправленного влияния зерновых составов на основные характеристики процесса шлифования и дать рекомендации по выбору и составлению рационального зернового состава абразивных смесей для изготовления инструментов.

Список литературы

1. Ваксер Д.Б. Пути повышения производительности абразивного инструмента при шлифовании. – М.: Машиностроение, 1964. – 124 с.
2. Мироседи А.И. Повышение эффективности шлифования путем совершенствования структуры инструмента с учетом результатов стохастического моделирования: дис. ... канд. техн. наук. – Волжский, 2007. – 158 с.

3. *Сиротин В.П.* Исследование влияния строения и конструкции шлифовальных кругов на их режущую способность и качество поверх-

ностного слоя шлифуемых деталей: дис. ... канд. техн. наук. – Одесса, 1980. – 270 с.

Материал поступил в редакцию 31.10.12.

КРЮКОВ

Сергей Анатольевич

E-mail: **ss.1-09@yandex.ru**

Тел. **(902) 312-56-27**

Кандидат технических наук, доцент, декан строительного факультета Волжского института строительства и технологий. Сфера научных интересов – оборудование и инструменты для абразивной обработки изделий, физико-химическая механика материалов и физико-технические методы совершенствования инструментов. Автор более 40 научных работ.