

Л.Ю. Юрченко, В.Ф. Бердиков, С.И. Сухонос

О НЕКОТОРОЙ ИНВАРИАНТНОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЕГО ДРОБЛЕНИЯ

(Представлено академиком М.А. Садовским 29 XII 1985)

В работе изучаются особенности структуры и технологические свойства шлифматериалов. Отправной точкой исследования является оптимизация промышленного выхода зерен размером 525 и 325 мкм (основная фракция зернистостей 40 и 25) после измельчения, в то время как менее потребляемые зернистости 50, 32 и 20 с размером зерен основных фракций 650, 450 и 270 мкм имеют преимущественный относительный выход. Данное явление не находит объяснения в рамках существующей теории измельчения [1].

Мы видим связь этого явления с обнаруженными М.А. Садовским «преимущественными» размерами для минералогических структур — 200 и 950 мкм. В работе [2] М.А. Садовским обобщены результаты широких исследований частоты встречаемости в природе чрезвычайно разнообразных классов объектов (в основном минералогических) в зависимости от их размеров: от частиц торфа размером 0,75 мкм до блоков земной коры и тел солнечной системы размером 4200 км. Для всех объектов однозначно установлена фундаментальная закономерность: независимо от предыстории и вида материала этих объектов, способов измельчения (или природы происхождения) и методов измерения объективно существуют устойчивые «преимущественные» размеры объектов с промежуточными размерами. Среднее отношение между соседними «преимущественными» размерами $l_k / l_{k+1} \sim 3,5$. Аналогичное явление было качественно предсказано в работе [3].

В результате анализа зернового состава шлифматериалов 158 массивов зерновых характеристик мокрого стержневого помола (рис. 1) и 73 массивов сухого измельчения свободным ударом (рис. 2) выявлено стабильное повышение выхода частиц размерами (ширина) 1000 ± 50 , 450 ± 20 , 270 ± 30 и 175 ± 20 мкм. Из рис. 1, 2 видно, что при измельчении черного карбида кремния повторяется пик, установленный в [2], 950(1000) мкм и выявляется более тонкий спектр «преимущественных» размеров с шагом от 1,6 до 2,1. Однако эти дополнительные пики при любых способах измельчения не дают большего абсолютного выхода, чем основной пик на 1000 мкм.

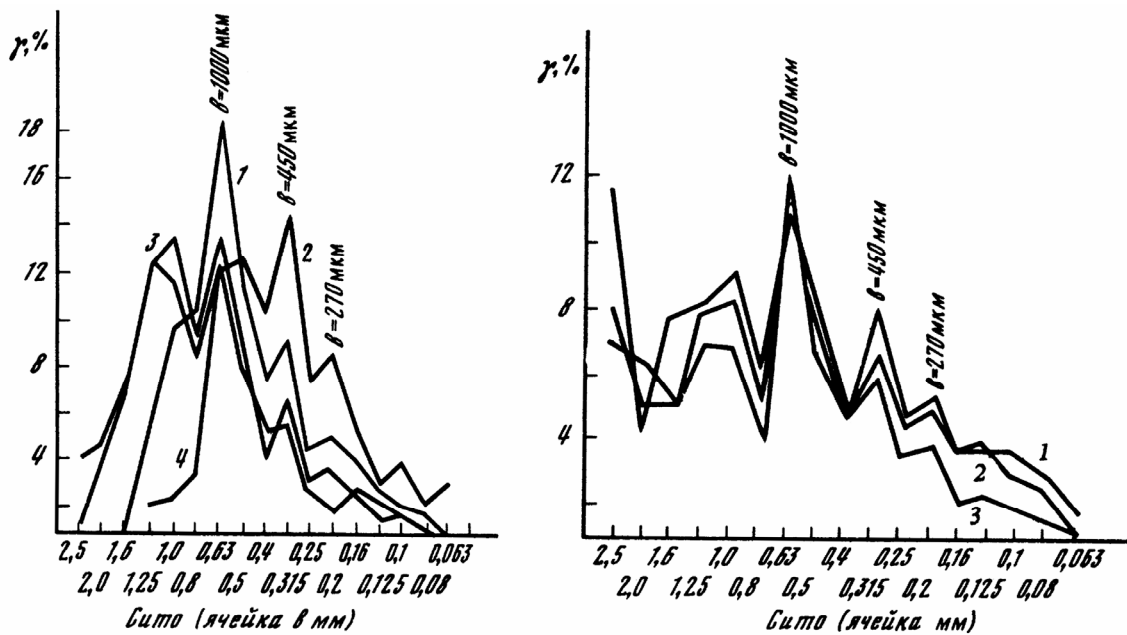


Рис. 1.

Распределение размеров частиц черного карбида кремния, измельченного в стержневых мельницах. Выход фракций измельченного материала с верхней предельной крупностью частиц соответственно 1,12 (1), 1,74 (2), 2,8 (3), 3,42 мм (4)

Рис. 2.

Распределение размеров частиц черного карбида кремния, измельченного свободным ударом (в центробежно-роторной дробилке) с верхней крупностью частиц 1,6 мм. Выход фракций измельченного карбида кремния зон кристаллизации: периферической (1), среднекристаллической (2), прикернавой (3)

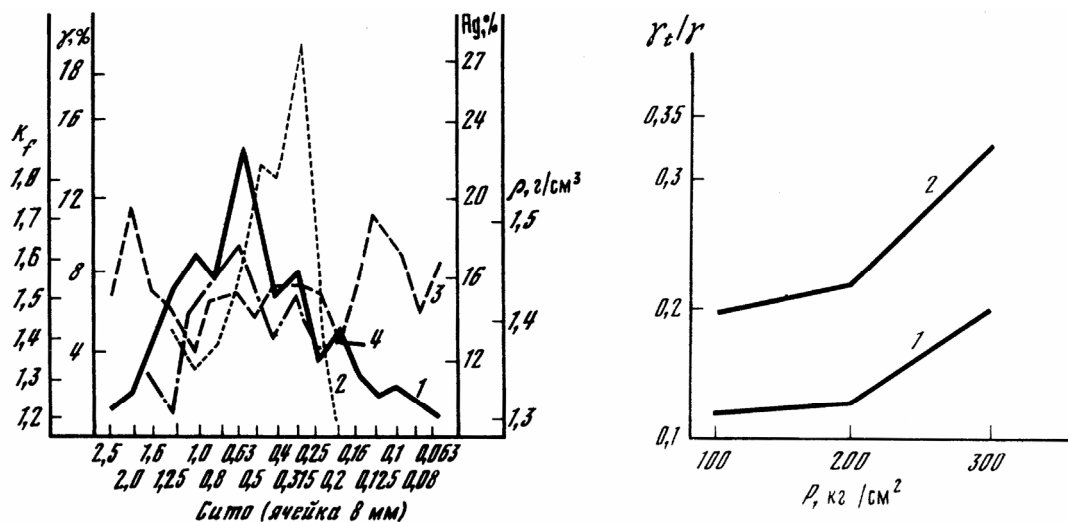


Рис. 3.

Технологические свойства фракций черного карбида кремния промышленного стержневого помола: 1 — выход фракций γ ; 2 — динамическая прочность A_d ; 3 — коэффициент формы K_f ; 4 — насыпная плотность ρ

Рис. 4.

Статическая прочность. Фракции: 1 — 0,525 мм (основная фракция зернистости 40); 2 — 0,45 мм (основная фракция зернистости 32)

Можно предположить, что исследованные нами фракции черного карбида кремния повышенного выхода отличаются по своим физико-механическим свойствам от фракций пониженного выхода. Для проверки были определены коэффициент формы, насыпная плотность, динамическая и статическая прочность этих зернистостей (рис. 3, 4).

Коэффициент формы определяли по Ваксеру [4], объемную плотность (без встряхивания) — взвешиванием материала, заполнившего стакан заданного объема при свободном истечении через воронку. Динамическую прочность определяли по методу, разработанному авторами, который заключается в измерении плюсового остатка на сите 02 (размер ячейки 200 мкм) после измельчения навески выбранной фракции в вибророликовой лабораторной мельнице (частота вибрации 50 Гц при отношении массы ролика к массе навески 1 : 20). Статическую прочность зерен определяли методом раздавливания навески материала заданной крупности в пресс-форме на 500-тонном прессе по остатку массы нераздавленных зерен исходной крупности.

Результаты проведенного исследования показали, что коэффициент формы зерен обратно пропорционален выходу фракции, а насыпная масса, динамическая и статическая прочностности прямо пропорциональны выходу фракции. Это объясняет «преимущество» зернистостей за счет изометричности форм зерен и большей их прочности.

Таким образом, в результате исследований можно сделать следующие выводы.

1. Независимо от способа разрушения карбида кремния и схемы его измельчения существует явление относительного повышенного выхода фракций с размерами 1000, 450, 270 и 175 мкм и относительного пониженного выхода на размерах между ними. Кроме того, экстремумы на 1000 и 175 мкм являются основными, так как они близки установленным в работе [2] на широком спектре материалов общим преимущественным размерам 950 и 200 мкм. Преимущественные размеры 450 и 270 мкм, установленные для карбида кремния черного, являются промежуточными между основными.

2. Анализ технологических и физико-механических свойств фракций со средними размерами зерен 1000, 450, 270, 175 мкм показал, что они являются более изометричными и прочными.

3. Объяснение явлению «преимущественных» размеров можно дать на базе кластерной масштабной инвариантной модели структуры материалов. Кластеры, как установлено в работах [6, 7], могут существовать в устойчивых и неустойчивых модификациях, что объясняется наличием в них замкнутых симметричных конфигураций, обладающих, по-видимому, повышенной термодинамической устойчивостью. Поэтому любые отклонения от размеров таких кластеров снижают их общую устойчивость. Можно предположить, что их исходные разновидности (состоящие из атомов) способны образовывать полиморфные метакластеры следующего уровня устойчивости, и этот процесс в самых общих чертах масштабной инвариантен — образование устойчивых уровней квазипериодично. В этом случае, пока из кластеров нижнего уровня не образуются устойчивые метакластеры, система термодинамически неустойчива, хотя ее размеры незначительно отличаются от соседних (по масштабу) замкнутых конфигураций. Если исходное разнообразие кластеров велико и все типы равновероятны, то спектр таких уровней может быть сильно «смазан». Но, как правило, термодинамическая устойчивость различных кластеров неодинакова, поэтому наиболее распространенная конфигурация может задавать основной, значительно выраженный масштабный спектр устойчивых размеров. При дроблении такого материала за счет большей прочности образуется

большее число частиц с «преимущественными» размерами и меньшее число их нецелых осколков.

Для черного карбида кремния соответствие этой модели возможно, если предположить, что основной политип 6H α -SiC (который является термодинамически устойчивым кластером атомного уровня [5]) объединяется не в регулярную решетку, а в метакластеры в процессе образования из газовой фазы β -SiC. Когда каждое такое образование завершается полностью, мы и получаем размеры зерен, дающие при дроблении повышенный выход. Кубический карбид кремния (β -SiC) заполняет промежутки между кластерами и дает фоновое неперриодическое распределение по размерам. Следовательно, фракции повышенного и пониженного выхода должны иметь одинаковое содержание β -SiC, но фракции пониженного выхода зернистости должны иметь меньше целых, устойчивых кластеров-зерен и больше всевозможных их осколков, аномальных сростков и т.п. конфигураций, которые имеют более развитую и острогранную поверхность. В результате проявления этих свойств и вытекающей отсюда повышенной способности к скалыванию и образованию новых режущих кромок в абразивном изделии такие фракции имеют относительно лучшую шлифующую способность.

4. Различие физико-механических свойств черного карбида кремния фракций повышенного и пониженного выхода требует избирательного подхода к их применению для свободного или связанного шлифования, к выбору рецептуры шлиф-инструмента. Это позволит повысить стабильность их эксплуатационных показателей и эффективность процесса шлифования.

Проведенные исследования вследствие относительно скромного объема использованной статистики и отсутствия статистических данных по другим видам шлифовальных материалов требуют дальнейшего развития.

Волжский филиал Всесоюзного научно-исследовательского института абразивов и шлифования, г. Волжский

Поступило 10.01.1986

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев С.Е., Зверевич В.В., Перов В.А. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. М.: Недра, 1966. 392 с.
2. Садовский М.А. — ДАН, 1983, т. 269, № 1, с. 69–73.
3. Сухонос С.И. В сб.: Проблемы анализа биологических систем. М.: Изд-во МГУ, 1983, с. 90–112.
4. Ваксер Д.Б. Пути повышения производительности абразивного инструмента при шлифовании. М.; Л.: Машиностроение, 1964. 268 с.
5. Минералогия карбида кремния (карбид кремния в техническом камне и горных породах). Л.: Наука, 1972. 140 с.
6. Sattler K., Mühlbach I., Pfau P., Recknagel E. — Phys. Lett., 1982, vol. 87A, № 8, p. 418–420.
7. Mühlbach I., Sattler K., Pfau P., Recknagel E. — Phys. Lett., 1982, vol. 87A, № 8, p. 415–417.