

Технологии

cfi/Ber. DKG 81 (2004) No. 8

Износостойкие изделия из SiC и Si_3N_4 для систем подготовки порошков

Wear Protection in Powder Processing with SiC and Si_3N_4 Components

Д-р. Карл Беррот, FCT Ingenieurkeramik GmbH, В. Мартин, FCT Hartbearbeitungs GmbH
www.fctkeramik.de

Введение

Для операций подготовки порошков для технологий производства керамической, металлургической и электронной продукции необходимо оборудование свободное от износа или изнашивающееся минимально. Кроме того, необходимо предотвращать загрязнение обрабатываемого порошка инородными частицами изношенного материала. Это можно гарантировать путем использования «конструкционных материалов», отличающихся более высокой твердостью, чем у обрабатываемых продуктов. Кроме того, часто требуется предусмотреть возможность ударных нагрузок.

Материалы и изделия

Плотные спеченные SiC и Si_3N_4 являются прекрасными конструкционными материалами, поскольку, с одной стороны, абразивно изношенные частицы керамических броней реагируют с водой или в процессе спекания с образованием SiO_2 , т.е. образуют вещества, близкие к обрабатываемым продуктам и не загрязняющие их; с другой стороны, материалы SiC и Si_3N_4 отличаются высокой твердостью и стойкостью к коррозии. При использовании в электронной, пищевой или фармацевтической промышленности, они позволяют полностью устранить металлические примеси. В металлических порошках частиц изношенной керамики при спекании восстанавливаются до кремния и растворяются, либо не представляют собой критичной микропримеси, т.к. могут входить в состав легирующих добавок. Различные износостойкие изделия успешно реализованы и испытаны при измельчении и диспергировании таких материалов как пасты припоев, глазури, бой стекла, пигменты/красители, пищевые продукты, краски, обработка шламов, белого портландцемента и др. В статье описываются керамические технологии, где требуется отказ от твердосплава из-за внесения примесей тяжелых металлов.

Износ

Динамика износа определяется по-разному. В описанных процессах есть два способа проведения базового сравнительного анализа для конкретной области применения. Эти способы позволяют смоделировать основные виды износа.



Рис.1 Брони мельницы из SiC : сырая заготовка, обработанная заготовка, спеченная заготовка



Рис. 2 Дисковый фильтр из Si_3N_4

Износ при трении скольжения

Данный вид износа связан, преимущественно, с трением абразивных частиц о поверхность при малом угле падения. Основным свойством материала в данном случае является его твердость, или, точнее, склероскопическая твердость. Если частицы тверже используемого материала - возникает износ, а если мягче – то они не способны повредить материал и износа не происходит. Данный тип износа часто встречается при приготовлении суспензий. Для такого оборудования лучше всего подходит высокоплотный SSiC и LP-SSiC, а не Si₃N₄, ZrO₂ и Al₂O₃.

Таблица. 1 Гидроабразивный износ: параметры испытаний и данные по материалам

Параметры испытаний		Интенсивность изнашивания [мм/а]	
Среда	600 мл воды + 600 г. кварцевого песка	Чугун	40...60
Размер частиц	0,9 - 1,2 мм	Нерж.сталь	40...60
Длительность	2 ч	Отбеленный чугун	4...10
Скорость	3 000 об/мин	Твердый сплав	1,5...3
Образец	Диск Ø55,0 мм x 5 мм	SSiC (FCT)	1
Отверстие	Ø 6 мм	Si ₃ N ₄ (FCT)	1,5
Температура	20°C	Al ₂ O ₃	2...4
		ZrO ₂ (PSZ)	3...6
		SiC/CuSnSi	2,5...4,5

Ударный износ

Такой износ связан ударом частиц о поверхность изделия, часто, с высокой скоростью, под углом > 30°. Кроме твердости, здесь важны прочность и трещиностойкость материала. Для торможения и отклонения частицы требуется поглотить большую долю её кинетической энергии. Благодаря сочетанию высокой твердости и трещиностойкости, Si₃N₄ более устойчив к такому износу, чем SSiC, ZrO₂ и Al₂O₃. Помимо чисто абразивных нагрузок часто добавляется еще коррозионная составляющая. Существенным фактором в уменьшении износа трибосистемы является быстрый отвод тепла, вырабатываемого в системе при трении. Для таких применений ценной является высокая теплопроводность SiC-материалов, в отличие от термоизолирующих свойств ZrO₂. Такая проблема часто встречается при интенсивном размоле в атриторах или тонком диспергировании на каландровых валах. В последние годы SSiC подтвердил свою эффективность в материалах брони для мельниц и измельчительных валков, а также для футеровки барабанов, позволив добиться технического прорыва в ряде секторов. Помимо изделий простой геометрии, в качестве футеровок также используются сложные, перфорированные цилиндры.

Выдающиеся результаты показали SSiC-футеровки каландровых валов для тонкого диспергирования паст, глазурей и пищевых красителей, керамики и электроники. Помимо общей стойкости материала к износу и коррозии, важным фактором является его выдающаяся высокая теплопроводность. Если такие пасты и суспензии перегреваются в процессе интенсивного диспергирования, то диспергирующая добавка испаряется или продукт начинает разрушаться. Это ведет к изменению реологических свойств суспензии и технологических параметров. Благодаря хорошему рассеянию тепла на SSiC удалось существенно повысить производительность. В условиях преобладания ударных нагрузок более успешно зарекомендовал себя Si₃N₄. Его теплопроводность ниже, чем у SSiC, но не уступает высоколегированным, износо- и коррозионностойким сталям, в десять раз превосходя показатели ZrO₂. Лопатки вала завихрителя из Si₃N₄ (сорт FSNI, FCT) для мельниц MAXXMill обеспечивают тот же ресурс, что и твердый сплав, в 2 или 3 раза превосходя диоксид циркония с добавкой MgO -Y₂O₃, и оксид алюминия. Как и ожидалось, SSiC для таких задач неэффективен, т.к. отличается повышенной хрупкостью. Si₃N₄ может с выгодой использоваться в роликах и кожухах труб для дробилок, в лопатках валов завихрителей, дисках, статорах, роторах, лопастях, уплотнениях, ситах/фильтрах и свечах для атриторных мельниц, в плитах щековых дробилок, скребках для цилиндрических барабанных сушилок, пропеллерных завихрителей, форсунок и других приспособлениях. Si₃N₄ с его высокой прочностью и трещиностойкостью способен лучше выдерживать эксплуатационные нагрузки, обеспечивая повышенную надежность изделий. С учетом специфики керамики разработаны и реализованы альтернативные конструкции различных изделий. При сочетании SSiC и Si₃N₄ со сталью при температурах до 350°C важно помнить о разности КТР у такой керамики и стали.

Заклучение

На основе проведенных испытаний показано, что применение изделий из керамики $SSiC$ и Si_3N_4 дает определенные преимущества. Несмотря на исходно более высокую стоимость и усложнение конструкции, увеличение ресурса и снижение уровня вносимых примесей позволяют повысить общую эффективность оборудования с керамическими компонентами.

В ряде технологий удалось существенно снизить эксплуатационную стоимость и технологические затраты, относительно исходной конструкции оборудования, в результате повышения производительности и эксплуатационной готовности. Часто при этом удается повысить качество продукции. В настоящее время налажено производство (в т.ч. серийное) изделий высокой сложности с габаритами до 1 000 мм. В точно воспроизводимых технологиях компании FCT удается получить изделия с точной геометрией и строгими допусками без обработки после спекания. Чистовая обработка проводится только на рабочих поверхностях, которые, как и у металлов, требуют шлифования для достижения требуемой точности. Керамические изделия вполне конкурентоспособны и могут использоваться в оборудовании для подготовки порошков.



Рис.3 Барабаны мельниц из $SSiC$



Рис. 4 Лопасты вала для мельницы Eirich

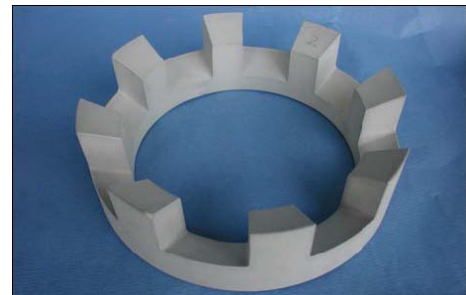


Рис.5 Блок диспергатора из Si_3N_4 для подготовки руды



Рис. 6 Плиты для щековой дробилки



Рис. 7 Пропеллер завихрителя из Si_3N_4