

мальное описание всех процессов, происходящих при жидкофазном спекании, практически исключено в связи с тем, что кинетика уплотнения и формирования твердофазного скелета определяются многими процессами, происходящими одновременно и во взаимосвязи. Принято выделять три последовательно сменяющие друг друга механизма (стадии) уплотнения при жидкофазном спекании:

- жидкое течение, т.е. перемещение твердых частиц под действием капиллярных сил;
- растворение и осаждение, т.е. перенос через жидкость растворимого в ней вещества тугоплавкой фазы с поверхности частиц меньшего размера к поверхности более крупных частиц;
- твердофазное спекание, т.е. срастание частиц тугоплавкой фазы с образованием жесткого каркаса («скелета»).

Например, реакционное спекание нитридной керамики связано с взаимодействием газообразного азота с кремнием или кремнийсодержащими соединениями, в результате чего образуется вторичный Si_3N_4 или окси нитрид кремния Si_2ON_2 . При реакционном спекании Si_3N_4 происходят следующие элементарные процессы: испарение кремния, его взаимодействие в парогазовой фазе с азотом с образованием вторичного α - Si_3N_4 ; растворение азота в кремниевом расплаве; кристаллизация из расплава вторичного β - Si_3N_4 на частицах первичного нитрида кремния. Примеси металлов или оксидов способствуют растворению азота в кремнии и кристаллизации β - Si_3N_4 . Поскольку в ходе реакционного спекания доминирующую роль играет газовая фаза, от пористости заготовки -зависит полнота азотирования кремния. Установлено, что при азотировании прессовок из порошка кремния их максимальная относительная плотность не должна превышать 60 %. При меньшей пористости реакционное спекание не обеспечивает полное азотирование.

На начальной стадии при 1100-1350°C синтезируется α - Si_3N_4 , заполняющий поры. При температурах выше точки плавления кремния кристаллизуются из расплава частицы α - и β - Si_3N_4 , образующие непрерывный нитридный каркас. Следует отметить, что объем пор является основной средой, в которой проходят газотранспортные химические реакции, направленные на формирование вторичных фаз.

Поэтому остаточная пористость реакционноспеченных материалов на основе Si_3N_4 неизбежна. Для ее снижения разработаны способы дополнительной обработки, которые связаны с пропиткой пористого каркаса галогенидами кремния и последующей обработкой в среде аммиака для образования имида кремния. Это соединение при термообработке превращается в Si_3N_4 , а галогенид аммония удаляется. При многократном повторении такой операции пористость реакционноспеченной нитридной керамики снижается с 20 до 5 %. В результате реакционного спекания при повышенном давлении азота с использованием кремнийсодержащих засыпок, способствующих переносу паров Si и осаждению Si_3N_4 в порах спекаемого материала, также возможно получение нитридной керамики с повышенной плотностью.

УДК 629.115

Испытание фрикционного материала для самосвала Белаз

Студент гр.104612 Леонович А.С.

Научные руководители – Лешок А.В., Хренов О.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Карьерные самосвалы грузоподъемностью от 30 до 60 тонн, погрузчики, специальные транспортные средства производства Белорусского автомобильного завода (БелАЗ), а так же самосвалы и машины Могилёвского автомобильного завода (МоАЗ) комплектуются гидромеханической передачей (ГМП). Фрикционы гидромеханических передач работают в сложных, напряженных условиях. В процессе включения они воспринимают статические и дина-

мические нагрузки, поверхности трения фрикционных подвержены воздействию большой удельной тепловой энергии и интенсивному изнашиванию. Максимальное удельное давление на поверхности дисков для некоторых режимов работы ГМП может достигать 6 МПа (60 кгс/см²).

Проведенные исследования поведения фрикционных дисков различных материалов и производителей на инерционном стенде «УЛИС» показали, что режимам эксплуатации ГМП БелАЗ (это относительно жесткие условия эксплуатации: перебои подачи масла, кратковременные аварийные изменение скорости и нагрузки) наиболее соответствуют фрикционный материал МК-5 и материал фирмы «Wellman». Фрикционный материал на целлюлозно-бумажной основе, материал на основе латуни и материал ФМ-12 может быть применён только в узлах трения с гарантированно стабильной и обильной смазкой, или высокой скоростью отвода тепловой энергии.

Численное значение показателей работы дисков приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний фрикционных материалов на стенде «УЛИС» (давление 2 и 4 кгс/см², расход масла 0.3 м³/с и 8.8 м³/с, скорость скольжения 2400 мин⁻¹, длительность цикла торможения не более 120 сек)

Производитель	Коэффициент трения (динамический)	Максимальный коэффициент трения	Стабильность коэффициента трения	Средний износ мкм/км
БелАЗ	0,033-0,037	0,069	0,47	4,0
Miba	0,044-0,049	0,085	0,55	8,9
Miba	0,03	0,075	0,46	12,5
Wellman	0,037-0,044	0,088	0,50	2,6
ИПМ	0,050-0,054	0,082	0,70	6,9

Фрикционный материал МК-5 обладает относительно низким коэффициентом трения 0,033-0,037 из всех исследованных материалов, при этом материал имеет более высокую износостойкость. При экстремальных условиях практически не наблюдается перенос материала на диск стальной.

Фрикционный материал на основе латуни имеет относительно высокий коэффициент трения и более стабильный. Однако, при недостаточной смазке, материал склонен к быстрому схватыванию и катастрофическому износу. Такие особенности износа фрикционного материала по-видимому связаны с его химическим составом (7 – 8 % Zn) и структурой характерной для латуней.

Фрикционный материал на целлюлозно-бумажной основе обладает высоким и стабильным коэффициентом трения, практически не происходит схватывания. Однако, при недостаточной смазке происходит деструкция фрикционного слоя и его разрушение.

УДК 621.375.826

Исследование зоны термического влияния КЭП обработанного высокоэнергетическим источником энергии

Студент гр.104813 Шугай С.В.
Научный руководитель – Боровик Д.И.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Представлены результаты исследований влияния лазерной обработки на структуру и свойства композиционного электрохимического покрытия (КЭП) на железной основе с наполнителем в виде порошка (Cr₇C₃ - TiC - Cr₃C₂).