

металла составляет 9000–9500 МПа при средней глубине зоны упрочнения до 1,2–1,5 мм, а средняя стойкость к изнашиванию увеличивается в 3 раза.

3. Установлено, что жесткие требования, предъявляемые к изменению линейных размеров и формы деталей, могут быть обеспечены в случае использования технологии лазерного упрочнения.

Литература

1. Козлов, Г.И. Образование сверхтвердых структур и фазовые превращения углерода, происходящие в приповерхностном слое чугуна при лазерном воздействии / Г.И. Козлов // Журнал технической физики. – М.: Наука, 2002. – Т. 72. – Вып. 4. – С. 81–87.

2. Минаев, В.П. Фирма и ее лидер. Часть 2. / В.П. Минаев // М.: Лазеринформ, 2006. – № 8 (335). – С. 1–14.

3. Ильющенко, А.Ф. Сотрудничество НАН Беларуси и ПО «МТЗ». Разработка и внедрение новых материалов и технологий. В сб. научных докладов «Порошковая металлургия в автотракторном машиностроении» / А.Ф. Ильющенко, Л.Н. Крупец, П.Н. Киреев // ГНУ ИПМ, Минск. – 2007. – С. 30–33.

4. Архипов, В.Е. Лазерная обработка ферритного чугуна / В.Е. Архипов, А.Я. Гречин, М.Л. Хива // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1980. – № 4. – С. 16.

5. Кидин, И.Н. Фазовые превращения при ускоренном нагреве стали / И.Н. Кидин. – М.: Металлургиздат, 1957. – 45 с.

6. Хрущев, М.М. Закономерности абразивного изнашивания / М.М. Хрущев // Износостойкость. – М.: Наука, 1957. – Вып. 3. – С. 5–28.

7. Спиридонов, Н.В. Плазменные и лазерные методы упрочнения деталей машин / Н.В. Спиридонов, О.С. Кобяков, И.Л. Куприянов. – Мн.: Вышэйшая школа, 1988. – 155 с.

8. Блантер, М.А. Термическое упрочнение низкоуглеродистой нелегированной стали / М.А. Блантер, А.А. Гольденберг. – М.: Машиностроение, 1967. – 40 с.

9. Физические основы электротермического упрочнения стали / В.Н. Гриднев, Ю.Л. Мешков, С.Л. Ошкадеров, В.Л. Трефилов. – Киев: Наук. Думка, 1973. – 335 с.

М.П. Купреев, Е.Н. Леонович

**УО «Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины», Гомель, Беларусь**

ШЛИФОВАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕННОЙ СТОЙКОСТИ НА ЛЕГКОПЛАВКОЙ КЕРАМИЧЕСКОЙ СВЯЗКЕ

Введение

Режущие свойства абразивного инструмента во многом зависят от связки, применяемой для закрепления зерен в рабочем слое. Наиболее распространенной является керамическая связка. Значительно уменьшить затраты абразивного производства позволяет использование керамических связок с более низкими температурами огнеупорности. Анализ литературных источников показывает [1], что так называемые «легкоплавкие связки», температура плавления которых находится в пределах от 700 °С до 800 °С, относятся к разновидностям плавящихся связок. Они содержат в своем составе низкоплавкие стеклообразующие оксиды натрия, калия, лития, свинца, бора, а также соединения фтора. Составы связок различны и определяются видом абразивного зерна.

Для инструмента из кубического нитрида бора в качестве керамической связки предлагается использовать либо литий бор силикатную фритту, либо смесь фритты и огнеупорной глины [2]. В состав фритты вводится содержащий литий концентрат сподумена, а также борное стекло. Обжиг инструмента производится при температуре 950–1000 °С.

Для абразивного инструмента из циркониевого электрокорунда разработана связка [3], содержащая: литий бор силикатную фритту, глину огнеупорную, криолит, тетраборат натрия. Предлагаемая связка позволяет получать инструмент высокой механической прочности при температуре обжига от 850 °С до 1050 °С.

В промышленности для изготовления инструмента из кубического нитрида бора используются связки марок С 10 и К27 [4]. Связка С10 включает оксиды кремния, алюминия, бора, лития, натрия, калия, магния, кальция, а также соединения фтора. К ее недостатку относят невысокое взаимодействие с эльбором. Связка К27 включает оксид свинца, а инструмент на ее основе имеет недостаточную прочность при глубинном шлифовании [4]. Это устраняется при введении в стекло связку оксидов бария и стронция [4].

Анализ составов известных легкоплавких керамических связок показывает, что содержание оксидов бора, натрия, калия, лития, кремния, алюминия в них различно. В связи с этим изучение влияния на физико-механические свойства керамической связки перечисленных выше компонентов и на основе этого определение оптимального химического состава легкоплавкой керамической связки для абразивного инструмента из электрокорунда представляет актуальную

задачу и является целью исследований.

1. Методика экспериментальных исследований

Были подобраны и рассчитаны опытные составы низкотемпературной керамической связки, в качестве основных компонентами которых использовались мелкодисперсные порошки оксида кремния (60–70 % по массе), оксида алюминия (20–30 % по массе), борная кислота (15–20 % по массе), соли натрия, калия, лития (в количестве 3–8 %) по массе каждой. Для достижения высокой степени керамической связки исходные компоненты вначале тщательно перемешивались, а затем из смеси прессовались брикеты диаметром 60 мм и высотой 50–60 мм, которые обжигались при температуре 800–900 °С до получения оплавленной массы. Оплавленная масса дробилась, размалывалась в шаровой мельнице и просеивалась через сито с ячейкой 40 мкм.

В процессе исследований изучались плавкость и вязкость связки, а также твердость и прочность изготовленной с ее использованием абразивной композиции.

Вязкость связок определялась методом растекания расплава по горизонтальной плоскости, разработанным Л.Ф. Рентелем [1]. Для этого из полученного микропорошка фриттованной связки прессовались цилиндрические образцы (рисунок 1) диаметром 16 мм одинаковой массы (по 5 г).

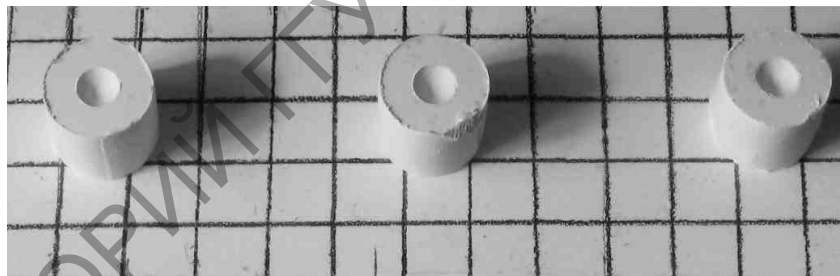


Рисунок 1 – Спрессованные образцы керамической связки на огнеупорной плитке

Далее отформованные цилиндрики устанавливались на плитку из огнеупорного материала с предварительно нанесенной на ее поверхности равномерной прямоугольной координатной сеткой, выполненной с шагом 10 мм. Состояние образцов при различных температурах фиксировалось с помощью фотосъемки, и по фотографиям определялся диаметр (D) основания цилиндрика при температурах фотосъемки. Повышение температуры в печи осуществлялось со скоростью 100 градусов/час.

Растекаемость связки $\frac{1}{\mu}$ (в процентах) определялась по формуле (1):

$$\frac{1}{\mu} = \left(\frac{D}{16} - 1 \right) \cdot 10 \% . \quad (1)$$

Определение прочности материала при изгибе осуществлялось путем разрушения образца абразивной композиции размером 5x5x35 мм, свободно лежащего на двух опорах, приложенной к нему посередине расстояния между опорами нагрузкой, на испытательной машине Р- ,5 (ГОСТ 18228-85).

Твердость абразивной композиции рассчитывалась исходя из диаметра лунки, образующейся на поверхности образца под действием вдавливаемого на твердомере стального шарика, по формуле 2. Образцы для испытаний изготавливались в виде цилиндров диаметром 20 мм и высотой 10 мм.

$$H = F/S = 2F/3,14D[D - (D^2 - d^2)^{1/2}], \quad (2)$$

где F – нагрузка, Н; D – диаметр шарика, мм; d – диаметр лунки, мм.

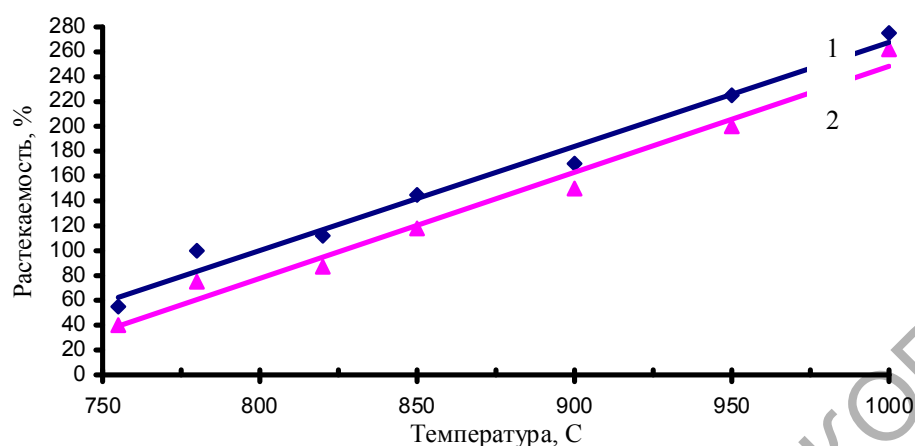
2. Влияния оксидов лития свинца и бария на растекаемость связки

Были изготовлены экспериментальные образцы связок, в которых варьировалось содержание оксидов лития, свинца и бария.

Установлено (рисунок 1), что в интервале температур 750–1000 °С линия, показывающие изменение растекаемости связки, содержащей 2,6 % ВаО и 10 % Li₂О расположена ниже линии, показывающей изменение растекаемости связки, содержащей РbО – 1,0 %, Li₂О – 7,5 %. При этом эти две линии проходят практически параллельно друг другу. Из этого следует, что оксид бария значительно меньше, чем оксид свинца влияет на растекаемость стекло связки.

3. Влияние фтора, оксидов лития, свинца, бария на прочностные свойства керамической связки

Изучены и сопоставлены прочностные свойства абразивных композиций, изготовленных с применением керамических связок трех групп. К первой группе относятся связки, содержащие в своем составе фтор и оксид лития, ко второй группе – связки, содержащие оксид свинца и оксид лития, к третьей группе – связки, содержащие оксид бария и оксид лития.



- 1 – связка содержит (масс. %): PbO – 1,0 %, Li₂O – 7,5 %;
 2 – связка содержит (масс. %): BaO – 2,6 %, Li₂O – 10 %

Рисунок 2 – Растекаемость керамических связок, содержащих в качестве модификаторов различные оксиды

В таблицах 1–2 представлены полученные экспериментальные данные по зависимости твердости (НВ) и прочности на изгиб ($\sigma_{и}$) абразивных композиций из шлифовального зерна М50, от состава керамических связок. Наибольшая прочность выявлена для абразивных композиций, изготовленных на связках, содержащих фтор и оксид лития (таблица 1). Большой твердостью и прочностью на изгиб обладают композиции, изготовленные на связке 2, содержащей в шихте (масс. %) F – 3,5 %, Li₂O – 3 %. Установлено, что при повышении температуры обжига от 900 до 1050 °С твердость и прочность на изгиб изготовленных на этих связках образцов увеличиваются наиболее интенсивно. Начиная с 1050 °С повышение температуры обжига незначительно сказывается на их прочностных свойствах. Связки второй и третьей групп (содержащие оксид свинца и оксид лития, оксид бария и оксид лития) характеризуются более низкой температурой размягчения, однако прочность изготовленных на этих связках и обожженных при температурах 800–870 °С абразивных композиций не высокая. При повышении температуры обжига до 1000 °С их прочность приближается к прочности композиций на связках первой группы ((содержащих фтор и оксид лития). Прочность образцов на связке, содержащей оксид бария, остается на 30 % ниже прочности образцов, изготовленных на связках 1 и 2-ой групп.

Таблица 1

Температура обжига, °С	Связка 1 содержит (масс. %): F – 2,0; Li ₂ O – 1,5			Связка 2 содержит (масс. %): F – 3,5; Li ₂ O – 3		
	σ _и , МПа	НВ, МПа	Степень твердости	σ _и , МПа	НВ, МПа	Степень твердости
900	14	152	М1	23,	181	М2
950	30	158	М1	33	212	М2
1000	34	195	М2	45	260	М3
1050	41	212	М2	54	281	М3
1100	43	231	М3	56	319	СМ1

Таблица 2

Температура обжига, °С	Связка 3 содержит (масс. %): PbO – 1,0; Li ₂ O – 7,5		Связка 4 содержит (масс. %): PbO – 3,0; Li ₂ O – 4,5		Связка 5 содержит (масс. %): BaO – 2,6; Li ₂ O – 10	
	σ _и , МПа	НВ, МПа	σ _и , МПа	НВ, МПа	σ _и , МПа	НВ, МПа
800	10	150	20	151	26	175
850	9	171	22	170	28	186
925	32	178	32	215	30	215
1000	42	192	42	215	36	223

Заключение

Установлено, что связка, содержащая (по массе) 6 % NaF и 3,11 % Li₂O, обеспечивает наибольшую прочность абразивной композиции при температуре ее обжига не ниже 1050 °С. Изготовленные на ней экспериментальные шлифовальные круги по стойкости и режущим свойствам в 2–3 раза превосходят аналогичный инструмент других производителей.

Прочность абразивных композиций на связке, содержащей оксид бария, на 30 % ниже прочности абразивных композиций, изготовленных на связках, содержащих фтор и оксид свинца или фтор и оксид лития.

Литература

1. Любомудров, В.Н. Абразивные инструменты и их изготовление / В.Н. Любомудров, Н.Н. Васильев, Б.Н. Фальковский. – М.: Машгиз, 1953. – 373с.
2. А.с. 218699 СССР, МКИ В24D. Способ изготовления абразивного инструмента / В.С. Павлов, В.С. Лысанов, М.Г. Эфрос и др. (СССР). – №1154805/25-8; заявлено 18.05.67; опубл. 17.05.68.
3. А.с. 878552 СССР, МКИ³ В24D. Керамическая связка для абразивного инструмента / Б.А. Брянцев, Е.К. Назимова, М.Г. Эфрос и

др. (СССР). – №12495961/25-8; заявлено 18.04.77; опубл. 07.11.81

4. Пат. 2082596 С1 РФ, МКИ В24D 3/14. Стекло связка для изготовления абразивного инструмента из кубического нитрида бора / Краснов А. Н. и др. – заявлено 01.22.1993; опубл. 06.27.

Е.Л. Тихова, В.И. Кондратенко, А.А. Кондратенко

**УО «Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины», Гомель, Беларусь**

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ В СЛОИСТО-НЕОДНОРОДНЫХ СРЕДАХ

В работе рассмотрено прохождение и отражение электромагнитной волны при наличии в волноводе слоисто-неоднородной структуры. Получены выражения для матрицы передачи структурного элемента, а также итерационные формулы, описывающие эффективные коэффициенты передачи и отражения при произвольном числе элементов.

Интенсивное развитие технологий, связанных с формированием тонкопленочных слоистых структур, в том числе – наноразмерных, ставит задачу определения их интегральных характеристик еще на стадии проектирования. При этом существенный интерес представляет задача определения параметров образующихся структур – диэлектрической проницаемости, проводимости и удельного ослабления. Конечность числа дискретных элементов структуры предполагает также определение ее интегрального пропускания и отражения. В СВЧ – диапазоне длин волн решение данных задач сводится к определению комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи четырехполюсника, который представляет собой тестируемый образец, помещенный в волновод измерительной системы. При большом затухании, что отвечает достаточно толстому образцу (модуль коэффициента передачи $\theta \sim 0,9 \div 0,95$), характер ослабления в целом соответствует закону Бугера, и процессами переотражений внутри образца можно пренебречь. При достаточно малом ослаблении в отдельном дискрете характер взаимодействия слоистой структуры с электромагнитной волной существенно зависит не только от суммарной толщины образца, но и от числа используемых элементов. Это не позволяет определить удельное поглощение материала путем линеаризации получаемой кривой в