

УДК 666.792

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НОВЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ СВЯЗОК ДЛЯ АЛМАЗНЫХ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

М. М. БЛИЗНЕЦ¹, А. А. БОЙКО²⁺, Л. В. СУДНИК³,
Н. Е. ДРОБЫШЕВСКАЯ¹, И. М. МЕЛЬНИЧЕНКО¹, Д. М. АВДЕЕВ²

¹ Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, ул. Советская 104, 246699 г. Гомель, Беларусь.

² Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, пр. Октября 48, 246029 г. Гомель, Беларусь.

³ Научно исследовательский институт порошковой металлургии с ОП, ул. Платонова 41, 220071 г. Минск, Беларусь.

Методом растровой электронной микроскопии исследована структура керамических связок на основе боя строительного стекла и метафосфата натрия (состав 1) и боя строительного стекла, лабрадорита и шамота (состав 2). Установлено, что при формировании керамической связки 1 в ее объеме образуются кристаллические фазы муллита и α -корунда. Дополнительное введение в состав связки 2 лабрадорита и шамота приводит к возникновению в ней кроме муллита и α -корунда фазы анорита. Проведены исследования физико-механических свойств алмазных шлифовальных материалов.

Введение

Срок службы и эксплуатационные характеристики алмазных и абразивных кругов для обработки нержавеющей стали и сплавов на основе железа существенно зависят от качества керамической связки [1]. Установлено [1, 2], что прочностные свойства керамической связки в значительной мере определяются соотношением в ней кристаллической фазы и стеклофазы. Так, например, прочность при растяжении материала уменьшается при увеличении доли остаточного кварца и возрастает при содержании муллита во всей исследованной области. Наибольшее повышение прочности при изгибе достигается увеличением содержания муллита в обожженной фарфорообразной керамической связке за счет уменьшения доли остаточного кварца.

Направленного изменения кристаллической структуры керамической связки можно достичь введением глинистых компонентов различного минералогического состава [3], боя бутылочного стекла [4] и гранитных отсеков [5]. Так, в работе [3] изучены фазовые превращения, протекающие при обжиге глинистой части отходов обогащения циркон-ильменитовых руд. Установлено, что при повышении температуры обжига до 1000 °С на рентгенограмме появляются линии муллита, что свидетельствует о начале кристаллизации. В работе [4] исследована возможность синтеза фарфо-

ровидной связки на основе некондиционного сырья (перлита и трахита) и боя бутылочного стекла, которая характеризуется низкой температурой обжига и предназначена для изготовления финишного и суперфинишного абразивного инструмента. После обжига керамической связки при температурах 1050–1250 °С в ней содержалось 10–16 мас.% муллита, 8–16 мас.% кварца (остальная аморфная фаза).

Из приведенного выше видно, что обжиг абразивного инструмента на известных низкотемпературных связках осуществляют при температурах ≥ 1000 °С, что приводит к выгоранию зерен алмаза. Это делает непригодными известные керамические связки для изготовления алмазных шлифовальных кругов. В связи с этим нами изучены новые низкотемпературные керамические связки для изготовления алмазных шлифовальных кругов, позволяющие обжигать их при температурах ниже 800 °С. Это способствует сохранению зерен алмаза в керамической связке и повышению режущей способности шлифовальных кругов при обработке изделий из кобальтохромовых и нержавеющей сталей.

Материалы и методика эксперимента

Для исследований были разработаны новые керамические связки для изготовления шлифовальных кругов. Связка 1 содержала бой строи-

+ Автор, с которым следует вести переписку

Таблица 1. Состав порошка шихты, %

Образец	Al	Si	P	K	Ca	Fe	Cu	Zn	Cl	Легкие элементы
1	2,222	24,188	–	3,036	11,722	2,617	3,653	15,414	0,234	36,914
2	3,037	27,354	0,061	3,246	12,967	2,415	1,077	11,186	0,647	38,010
3	1,264	20,857	–	4,810	14,193	3,933	2,503	15,998	0,128	36,254
4	4,155	25,152	–	3,496	13,503	1,990	1,533	10,880	0,441	36,892
5	2,696	26,475	–	3,702	13,220	1,680	1,654	12,453	0,303	37,817
6	4,214	25,951	–	3,223	12,792	3,085	0,605	13,486	0,340	36,304
7	3,988	25,474	–	3,316	13,728	2,461	2,057	12,518	0,200	36,258
8	3,204	26,564	–	3,122	12,952	2,649	0,632	12,907	0,009	37,960
9	2,578	24,942	–	3,081	14,430	1,857	3,422	12,284	0,358	37,048
10	3,404	26,837	–	3,203	12,919	3,112	1,219	11,178	0,280	37,848
Среднее	3,072	25,580	0,006	3,423	13,243	2,586	1,836	12,830	0,294	37,131

тельного стекла, электровакуумный алунд, борную кислоту и метафосфат натрия. В связку 2 введены белый электрокарунд, бой строительного стекла, лабрадорит, электролит кислого травления и шамот. Образцы керамических связок приготавливали путем сплавления компонентов при температуре 1200 °С и последующего введения в измельченную сплавленную связку метафосфата натрия. Образцы для исследований изготавливали из шихты методом полусухого формования с последующим высокотемпературным обжигом при температурах 720–780 °С.

В качестве наполнителя использовали алмазный порошок марки АСМ14/10 и электрокарунд марки 14АМ20.

Прочность на изгиб исследовали на разрывной машине Р-20 по ГОСТ 18228-85, твердость в соответствии с ГОСТ 19202-80 – на твердомере ТР 50.60-02 УХЛ.42, пористость – методом набухания в воде по ГОСТ 26849-86. Изучение структуры алмазных шлифовальных материалов проводили по различным методикам с использованием оптической электронной сканирующей микроскопии, а также методами качественного и количественного анализа по дифрактограмме. Исследования подвергались как исходные порошки шихты, так и спеченные при различных температурах и спрессованные при различных давлениях образцы. На образцах, полученных при оптимальных параметрах с точки зрения обеспечения высоких эксплуатационных характеристик, исследовали фрактограммы излома при помощи растровой электронной микроскопии и делали оценочные сравнения с полученными шлифами.

Исследование поверхности излома образцов проводилось на сканирующем микроскопе Nanolab-7, пористости – на ртутном пирометре, плотности – на автоматическом пикнометре и методом гидростатического взвешивания, поверхность шлифа – на оптических микроскопах по стандартным методикам с обчислением характеристик на приборе Magiscan.

Результаты экспериментов и их обсуждение

В табл. 1 приведены результаты микрорентгеноспектрального анализа порошка шихты связ-

ки 2. Из табл. 1 видно, что шихта керамической связки представлена в основном оксидами алюминия, кремния, кальция и цинка. Это способствует образованию в процессе ее обжига при температуре 1200 °С различных кристаллических образований.

Действительно в процессе обжига шихты 1 в объеме керамической связки образуется муллит (0,221 нм) и α - Al_2O_3 (0,255 нм). Дополнительное введение в шихту керамической связки (рис. 1) лабрадорита и шамота приводит к образованию, кроме муллита и α -корунда, анорита (0,320 нм). На рис. 2 представлены фрактограммы излома алмазного композиционного материала на керамической связке. Видно, что керамическая связка обладает хорошей смачивающей способностью к алмазным зернам и скрепляет их в прочный каркас, который обеспечивает высокие физико-механические свойства материала.

Исследовано влияние концентрации компонентов керамической связки (связка 1) на свойства алмазного шлифовального материала для абразивных кругов. В табл. 2 приведено влияние концентрации боя строительного стекла, электровакуумного алунда и борной кислоты на физико-механические свойства алмазного шлифовального материала.

Из табл. 2 видно, что с увеличением содержания боя строительного стекла в керамической

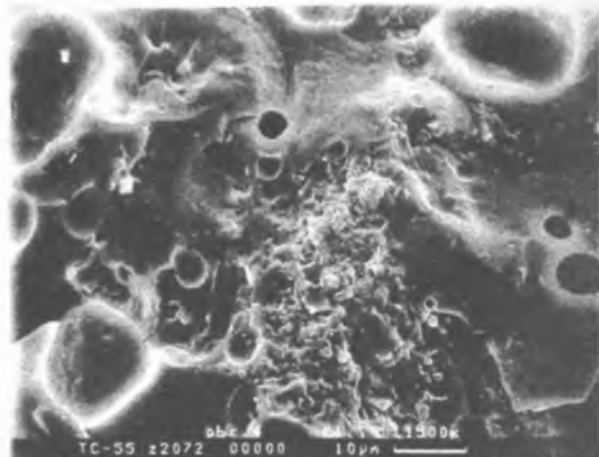


Рис. 1. Фрактограмма спеченной керамической связки

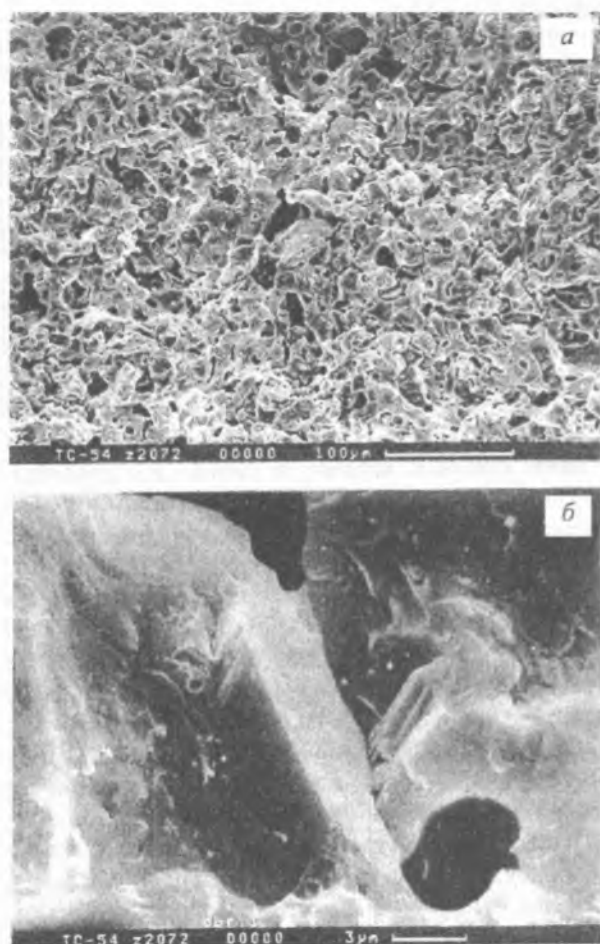


Рис. 2. Фрактограммы изломов алмазного композиционного материала

связке наблюдается снижение прочности на изгиб и твердости абразивного материала, обусловленное повышением его пористости.

При увеличении содержания электровакуумного алунда (табл. 2) прочность при изгибе алмазного шлифовального материала проходит через максимум при содержании 25 мас. ч. наполнителя в связке. В то же время твердость алмазного шлифовального материала снижается с увеличением содержания электровакуумного алунда в керамической связке, что обусловлено повышением пористости материала.

Увеличение содержания борной кислоты (табл. 2) в керамической связке оказывает неоднозначное влияние на свойства алмазного шлифовального материала. Так, например, прочность на

Таблица 3. Свойства известной и разработанной шихты для изготовления алмазных шлифовальных кругов

Параметр	Известная [6]	Разработанная шихта, мас. ч.	
		Состав 1	Состав 2
Режущая способность, 10^{-3} мг/г	23	11	5
Износ инструмента, 10^2 мкм/деталь	6,8	1,8	1,4
Твердость, МПа	574	856	879
Комкуемость массы после трех месяцев хранения в таре, %	18,2	3,2	2,1

изгиб алмазного шлифовального материала несколько уменьшается при повышении концентрации борной кислоты до 25 мас. ч. и остается неизменной до концентрации 30 мас. ч. борной кислоты. Твердость материала монотонно повышается с увеличением содержания борной кислоты, что обусловлено, по-видимому, снижением его пористости.

Таким образом, были подобраны оптимальные составы шихты для изготовления шлифовальных кругов.

Проведены предварительные испытания шлифовальных кругов из разработанных алмазных абразивных материалов на керамической связке и проведен сравнительный анализ с известными шлифовальными кругами. Результаты анализа приведены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, сочетание выбранных компонентов позволило в сравнении с известной повысить в 2,1–4,6 раз режущую способность инструмента при шлифовании деталей из нержавеющей стали и снизить в 3,7–4,5 раз износ инструмента, увеличить в 1,45–1,63 раза твердость материала и уменьшить в 5,7–8,6 раз комкуемость массы при хранении.

Выводы

Методом растровой электронной микроскопии исследована структура керамических связок. Установлено, что при формировании керамической связки 1 в ее объеме образуются кристаллические фазы муллита и α -корунда. Дополнительное введение в состав керамической связки 2 лабораторита и шамота приводит к возникновению в ней кроме муллита и α -корунда фазы анорита. Проведены исследования физико-механических свойств алмазных шлифовальных материалов на двух керамических связках. Показано, что моди-

Таблица 2. Влияние концентрации компонентов (мас.ч) на физико-механические свойства алмазного шлифовального материала

Параметры	Электровакуумный алунд – 25 Борная кислота – 25					Бой строительного стекла – 50, Борная кислота – 25					Бой строительного стекла – 50, Электровакуумный алунд – 25				
	Бой строительного стекла					Электровакуумный алунд					Борная кислота				
	33,18	40,00	50,00	60,00	66,82	8,19	15,00	25,00	35,00	41,82	19,95	22,00	25,00	28,00	30,05
$\sigma_{\text{из}}$, МПа	32,0	31,7	30,4	28,0	25,7	27,8	29,5	30,4	29,5	27,8	32,50	31,40	30,40	29,93	29,91
НВ, МПа	1123	995	870	821	831	1236	1062	870	755	721	667	761	870	947	980
η , %	11,5	18,5	24,7	26,2	24,5	14,2	19,2	24,7	28	29	29,9	27,8	24,7	21,6	19,4

фикаторы, способствующие снижению пористости материалов, приводят к повышению его физико-механических свойств.

Рентгеноспектральный анализ показывает, что разработанные материалы на силикатных связках с применением интенсификаторов спекания в виде боя строительного стекла, борной кислоты и метафосфата натрия могут быть представлены системами:

состав 1: $\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5$;
состав 2: $\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{CuO}$.

Проведены испытания алмазных шлифовальных кругов плоского профиля ПП16×3 на разработанных керамических связках при стандартных условиях на режимах, соответствующих принятым при обработке зубных протезов из нержавеющей стали, а так же цельнолитых бюгельных протезов и других деталей из кобальтохромового сплава (КХС) на базе городской стоматологической поликлиники №1 г. Гомеля. По результатам

испытания шлифовальные круги рекомендованы к серийному производству и практическому применению в стоматологии.

Обозначения

$\sigma_{и}$ – прочность на изгиб; *НВ* – твердость по Бринеллю; η – пористость материала.

Литература

1. Абразивные материалы и инструменты / Под ред. В. Н. Тыркова, М.: ВНИИТЭМП (1986)
2. Креймер Д. Б., Чистякова Т. И. // Стекло и керамика (1989), № 12, 16–17
3. Сулейменов С. Т., Сайбулатов С. Ж., Тошанов И. А. и др. // Стекло и керамика (1987), № 12, 16–17
4. Шюллер К. Г., Хеннике Г. В., Ковзиридзе З. Ф. // Стекло и керамика (1987), № 11, 25–27
5. Кайнарский И. С. Процессы технологии огнеупоров. М.: Недра (1969)
6. Масса для изготовления алмазного инструмента: а. с СССР № 1593935, МКИ В24Д 3/14. БИ (1990) № 3

Bliznets M. M., Boiko A. A., Sudnik L. V., Drobyshevskaya N. E., Melnichenko I. M., Avdeev D. M.

The study of structure and mechanical properties of new ceramic binders for diamond grinding wheel.

The structure of ceramic binders was studied by method of scanning microscopy based on a structural glass waste, metaphosphate (mixture 1) and structural glass waste, labrodorit and chamotte (mixture 2). It was found that while shaping a ceramic binder N1 crystal phases, mullite and α -corundum are formed. Additional portions of labrodorit and chamotte to a ceramic binder N2 leads to creating mullite and α -corundum of anorite phase. Physical and mechanical properties of diamond grinding materials have been studied.

Поступила в редакцию 22.03.2000

© М. М. Близнец, А. А. Бойко, Л. В. Судник, Н. Е. Дробышевская, И. М. Мельниченко, Д. М. Авдеев, 2001.