

**ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ  
КАРБИД БОРА–ОКСИД-ПОЛИМЕРНОЕ СВЯЗУЮЩЕЕ**

**Якубовская С.В., Корбит А.А., Ходан Е.П.**

*Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Беларусь, E-mail: almain@mail.ru*

Существенное влияние на эксплуатационные характеристики алмазобразивного инструмента оказывает прочность закрепления алмазного зерна в матричном материале-связке. Принято считать, что основной вклад в значение показателя алмазоудержания вносит вид химической связи между алмазом и связующим. Алмаз практически не взаимодействует с основными связующими (полимерами, медно-оловянными сплавами) при температурах технологических процессов изготовления алмазобразивного инструмента. Расплавы оксидных стекол, наоборот, активно взаимодействуют с алмазом, окисляя его при температурах изготовления инструмента и формируя на начальной стадии взаимодействия (смачивания и растекания по поверхности) пленки стекла, прочно связанные с поверхностью алмаза. Однако достаточно высокая твердость стекол, используемых в качестве связующих в алмазобразивном инструменте на керамических связках, придает матричным материалам высокую износостойкость, что приводит к снижению абразивной способности алмазосодержащих композиционных материалов. Полимерные связующие на основе фенолформальдегидной смолы и наполнителей (карбиды бора, кремния) имеют меньшую твердость, чем оксидные стекла, и алмазосодержащие композиционные материалы на их основе имеют высокую абразивную способность. Однако невысокая прочность сцепления полимерных связующих с алмазом приводит к повышенному расходу алмаза из-за выкрашивания алмазных зерен из матрицы (связки). Можно полагать, что использование композиции из оксидных и полимерных связующих позволит наряду с повышением твердости и прочности связки повысить прочность сцепления абразива со связкой и, тем самым, эффективность работы инструмента. Структура и физико-механические характеристики таких оксид-полимерных связующих будет зависеть от концентрации компонентов и режимов получения композиционных материалов.

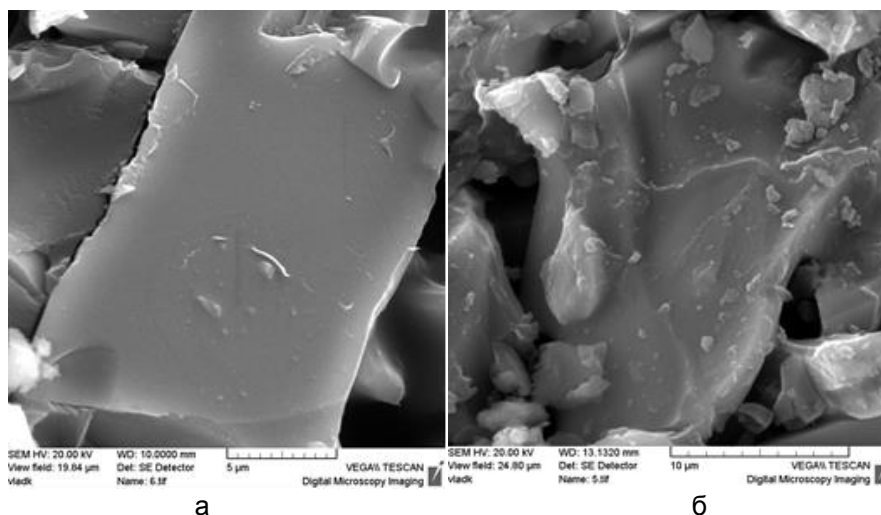
Целью настоящей работы являлось исследование микроструктуры и микротвердости композиционных материалов карбид бора–оксид-полимерное связующее в зависимости от условий получения.

В качестве основы для получения связующего использовали прекурсор стекла, представляющий собой гидроксидное стекло на основе дигидрофосфатов калия, натрия, цинка. Флюсующей добавкой служил фторид натрия. Полимерной компонентой связующего являлась фенолформальдегидная смола. В качестве наполнителя, снижающего пластичность связующего и повышающего прочность связки использовали порошок карбида бора.

Исследование морфологии и структуры композиционного материала карбид бора–оксид-полимерное связующее осуществляли на растровом электронном микроскопе VEGA/TESCAN (Япония).

Согласно полученным экспериментальным данным (рис.1-3), спекание шихты карбид бора–оксид-полимерное связующее приводит к формированию композиционных материалов, структура которых зависит от концентрации стекла и полимера в оксид-полимерном связующем и температуры спекания.

Характер изменения микроструктуры композиционных материалов в зависимости от концентрации стекла в связующем при температуре спекания 575–600 К показывает, что увеличение содержания стекла в полимерной матрице приводит к увеличению числа контактов стекло–карбид бора (рис.1).



а б  
Концентрация стекла в оксид-полимерном связующем, об. %: а – 5; б – 20.  
Рисунок 1 – Микроструктура композиционных материалов карбид бора (80 об. %)–оксид-полимерное связующее. Температура спекания 600 К, длительность спекания 0,5 ч

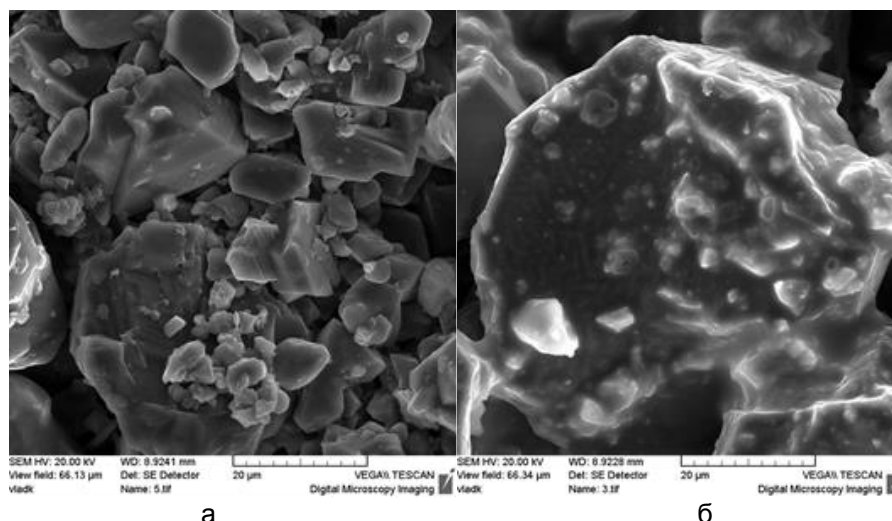
Частицы стекла присутствуют в структуре композиционного материала в виде индивидуальных частиц. Частицы стекла, которые контактируют с поверхностью частиц карбида бора, образуют с ними конгломераты (рис.1,б). Фенолформальдегидная смола присутствует в виде пленок на поверхности частиц карбида бора и между частицами карбида бора (рис.1).

При повышении температуры спекания шихты карбид бора–оксид-полимерное связующее до 625–675 К и концентрации стекла в связующем 5-10 об. % в структуре композиционных материалов присутствуют частицы стекла, преимущественно в форме пленок и округлых частиц, и прослойки фенолформальдегидной смолы. Контактные мостики с частицами карбида бора формируют как частицы стекла, так и прослойки фенолформальдегидной смолы (рис.2,а).

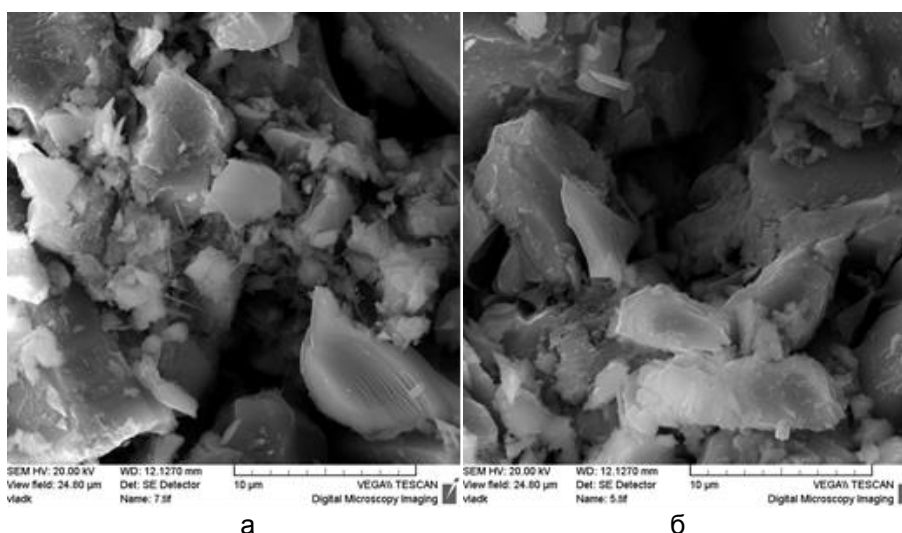
Увеличение объемного содержания в фенолформальдегидной смоле оксидного стекла до 20% приводит к формированию в процессе спекания при 625–675 К связующего, представляющего собой агломераты из частиц смолы и стекла (рис.2,б). Формирование композиционного материала при спекании обеспечивается смачиванием расплавом связующего поверхности частиц карбида бора.

Структура композиционных материалов карбид бора–оксид-полимерное связующее с концентрацией фенолформальдегидной смолы 15–20 об. %, полученных спеканием шихты при 625–675 К, представляет собой каркас из частиц карбида бора, объединенных прослойками оксид-полимерного связующего (рис.3). Присутствие индивидуальных частиц фенолформальдегидной смолы в композиционном материале не отмечается. Это свидетельствует о том, что в процессе спекания шихты частицы фенолформальдегидной смолы взаимодействуют с прекурсором стекла и образуют композиции, представляющие собой частицы фенолформальдегидной смолы, пропитанные стеклом.

Отжиг композиционного материала карбид бора (80 об. %)–оксид-полимерное связующее (концентрация стекла в связующем 20 об. %) при 675 К сопровождается повышением твердости и после 3 ч отжига твердость композиционного материала составляет 94 HRB, что позволяет использовать связующее при изготовлении алмазoабразивного инструмента.



а  
б  
Концентрация стекла в оксид-полимерном связующем, об. %: а – 10; б – 20.  
Рисунок 2 – Микроструктура композиционных материалов карбид бора (80 об. %)–оксид-полимерное связующее. Температура спекания 675 К, длительность спекания 0,5 ч



а  
б  
Концентрация фенолформальдегидной смолы в связующем, об. %: а – 10; б – 20.  
Рисунок 3 – Микроструктура композиционных материалов карбид бора (80 об. %)–оксид-полимерное связующее. Температура спекания 675 К, длительность спекания 0,5 ч

Таким образом, микроструктура композиционных материалов карбид бора–оксид-полимерное связующее, полученных спеканием шихты при 625-675 К, представляет собой каркас из частиц карбида бора, объединенных прослойками связующего.

Структура связующего, в свою очередь, зависит от концентрации компонентов. В области концентраций одного из компонентов 5–10 об. % связующее имеет гетерогенную структуру. При концентрации одного из компонентов более 10 об. % в процессе спекания композиционных материалов при 625-675 К формируется оксид-полимерное связующее с гомогенной структурой, что обусловлено взаимодействием между исходными компонентами связующего.

Повышение твердости композиционных материалов при высокотемпературном отжиге (675 К) обусловлено полимеризацией фенолформальдегидной смолы и повышением прочности прослоек полимера.