

## ГИБРИДНЫЕ АЛМАЗОАБРАЗИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЗАКАЛЕННЫХ СТАЛЕЙ И СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

Кузей А.М., Филимонов В.А.

Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
 anatkuzei@mail.ru

В технологических процессах изготовления алмазоабразивных композиционных материалов (АКМ, КМ) с керамическими матрицами (связками, КС), полимеры используются в качестве временного связующего на операциях приготовления шихты алмазосодержащего слоя (АС) инструмента. На последующей операции спекания АС полимер выгорает. Однако, введение полимера в КС позволяет упростить технологические операции изготовления алмазоабразивного инструмента (АИ). В зависимости от формы введения полимера в АКМ (в составе оксидного связующего или отдельно) и его концентрации полимер способен выполнять функцию пластификатора и порообразователя: при температурах спекания (перехода оксидного стекла в пластическое, вязко-пластическое состояние) полимер смачивается стеклом и смачивает частицы наполнителя и алмазные зерна. Однако из-за более низкой твердости, чем у стекла, в АКМ он выполняет функцию быстроизнашивающегося компонента, либо поры.

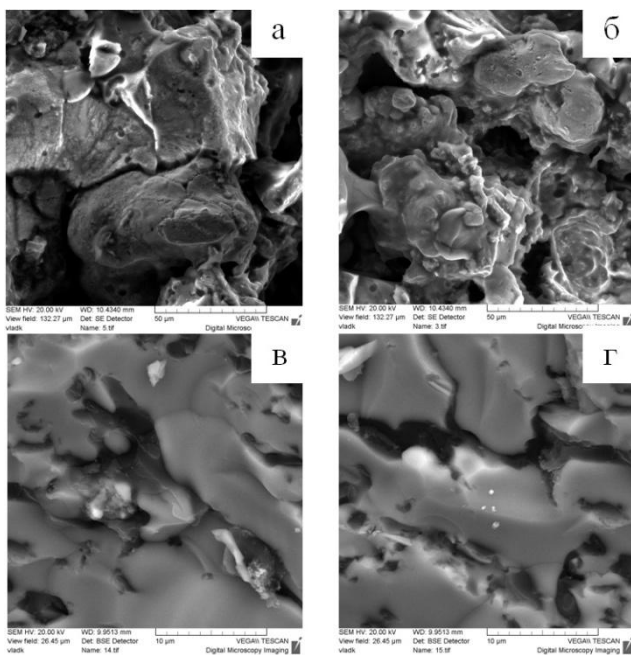


Рисунок 1 - Микроструктура ОПС. Концентрация полимера в связующем, об. %: а, в – 10; б, г – 25. Температура спекания, К: а, б – 575; в, г – 675

Введение полимера в оксидное связующее (ОС) позволяет получить гибридное оксид-полимерное связующее (ОПС) и керамико-полимерную связку АКМ. Эксплуатационные характеристики АИ будут определяться структурой, составом АКМ. Методами электронной сканирующей микроскопии изучена структура ОПС и КМ на их основе, режущая способность инструмента с гибридным ОПС.

Объектами исследования являлись КМ систем: карбид кремния SiC – связующее (оксид, полимер); SiC – связующее – алмаз. Концентрация ОПС в КМ составляла 35 об. %. Концентрация полимера в ОПС – 10; 25 об. %. ОПС получали размолотом в шаровой мельнице порошков оксидного стекла фракции -50 мкм и фенолформальдегидной смолы. КМ получали холодным прессованием шихты из ОПС, порошков наполнителей (SiC, карбида бора B<sub>4</sub>C) и алмазных зерен. Давление холодного прессования составляло 10 МПа. Затем брикеты спекали при 575 К в течение 30 минут, и далее при 625; 650; 675 К в течение 1 часа. Для изготовления АИ использовалось как ОПС, так и ОС (фосфатные стекла с температурой начала растекания 545 К). Концентрация алмазного порошка в КМ составляла 150 об. %. После спекания при 575 К связующее представляет собой матрицу из частиц оксидного стекла, в которой присутствует полимер в форме плоских частиц (рис. 1 а, б). Частицы стекла присутствуют и в пленках полимера после спекания при 675 К (рис. 1 в, г), но в целом увеличение температуры спекания изменяет микроструктуру связующего. Исследовано влияние температуры и продолжительности двухстадийной полимеризации прекурсора ОС на основе дигидрофосфатов натрия, калия, магния, цинка на структуру и физико-механические характеристики композиционных материалов. Микроструктура КМ

систем SiC – связующее и B<sub>4</sub>C – связующее, спеченных при 625 К, представляет собой матрицу из агломератов стекло-полимер, в которой расположены частицы SiC, B<sub>4</sub>C. Структура такой матрицы неоднородная (рис. 2 а, б). Увеличение температуры спекания КМ на основе SiC и B<sub>4</sub>C с 625 до 675 К сопровождается повышением их твердости и изменением микроструктуры. В КМ, спеченных при 650, 675 К, отсутствуют частицы стекла, стекло присутствует в виде пленок на поверхности частиц твердых фаз и в свободных пространствах множественных стыков частиц твердой фазы. В структуре КМ, спеченных при 675 К, большая часть стыков между частицами заполнена связующим, причем частицы полимера присутствуют на поверхности частиц твердой фазы и в стыках между ними (рис. 2 в, г). Твердость КМ SiC – связующее и B<sub>4</sub>C – связующее с концентрацией 10 и 20 об. % полимера в связующем составляет 67; 60 и 57; 54 HRB, соответственно. Твердость КМ систем SiC – ОПС и B<sub>4</sub>C – ОПС достигает максимальных значений при температуре спекания 650 К. Твердость КМ на основе SiC и B<sub>4</sub>C с концентрацией полимера в связующем 10 и 20 об. % составляет 76; 63 и 71; 62 HRB, соответственно. После спекания при температуре 675 К твердость КМ на основе SiC и B<sub>4</sub>C с 10 и 20 об. %

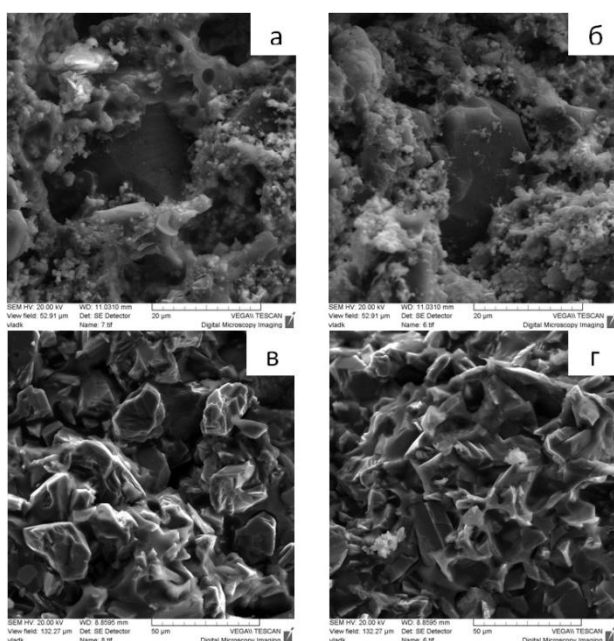


Рисунок 2 - Микроструктура КМ B<sub>4</sub>C (а, б), SiC (в, г) – связующее. Концентрация полимера в связующем, об. %: а, в – 10; б, г – 20. Температура спекания, К: а, б – 625; в, г – 675

полимера в связующем составляет 76; 57 и 72; 54 HRB, соответственно.

Для обработки сверхтвердых материалов (СТМ) монокристаллов (МНК) природного, синтетического алмаза, поликристаллов (ПК) природного, синтетического алмаза, КМ на их основе – в основном используется АИ на КС, реже – инструмент на полимерных связках (ПС). Инструмент на КС обеспечивает большую производительность обработки (режущую способность, РСп), меньший удельный расход алмаза, чем инструмент на ПС. Компоненты КС обеспечивают более прочное закрепление алмазных зерен в АКМ. Однако, более высокие физико-механические характеристики (ФМХ) КС, чем ПС, в том числе такая, как износостойкость, не обеспечивают стабильного значения РСп инструмента. По мере увеличения длительности процесса шлифования,

износ (разрушение, выкрашивание) алмазных зерен не компенсируется износом связки и обнажением не изношенных алмазных зерен.

Снижение ФМХ КС достигается формированием пор в связке. Пористость АКМ на КС достигает 40 об. %. В АКМ на гибридной ОПС роль пор играет полимер. Формирование АКМ на КС с ОПС позволяет снизить их ФМХ при сохранении достаточно высокой прочности закрепления алмазных зерен в связке. РСп КМ алмаз – SiC – связующее (оксидное стекло) при прочих равных условиях зависит от их пористой структуры. Зависимость РСп от микроструктуры КМ проявляется как форма присутствия связующего в КМ: смачивание поверхности частиц прекурсора стекла приводит к тому, что основная часть стекла (при содержании в КМ 10-20 об. %) присутствует в форме пленок на поверхности частиц наполнителей, а не между ними.

На поверхности МНК синтетического алмаза после обработки присутствуют отдельные углубления и сколы, в которых находятся продукты износа связки (рис. 3 а). Содержание кремния в продуктах износа достигает 0,43 мас. %, кислорода 10,44 мас. %. Поверхность ПК после обработки композиционным материалом алмаз – SiC – ОПС состоит из сглаженных участков, между которыми присутствуют участки сколов (рис. 3 б). Морфология поверхности износа ПК марки APC-3 после его обработки АКМ алмаз – SiC – ОПС

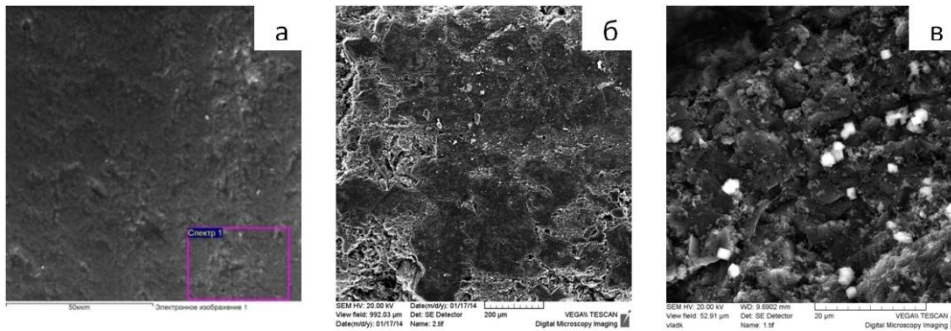


Рисунок 3 - Морфология поверхности износа после шлифования АКМ алмаз – SiC – ОПС: а – МНК синтетического алмаза; б – ПК марки АСПК; в – ПК марки APC-3

представляет собой совокупность исходных алмазных зерен со следами обработки, на отдельных зернах присутствуют участки сколов (рис. 3 в).

Морфологию поверхности износа КМ системы алмаз – SiC – связующее (оксид-полимерное) формируют алмазные зерна с площадками износа, которые выступают над матрицей (связкой).

На поверхности АКМ присутствуют и продукты износа связки (рис. 4 а). При обработке ПК алмаза марки АСПК алмазные зерна на поверхности алмазоабразивного композиционного материала изношены и находятся на одном уровне со связкой, на поверхности связки присутствуют продукты ее износа (рис. 4 б). При обработке ПК типа APC-3 на поверхности износа АКМ алмазные зерна обнажены и выступают над связкой, на поверхности зерна присутствуют участки сколов, площадки износа на алмазных

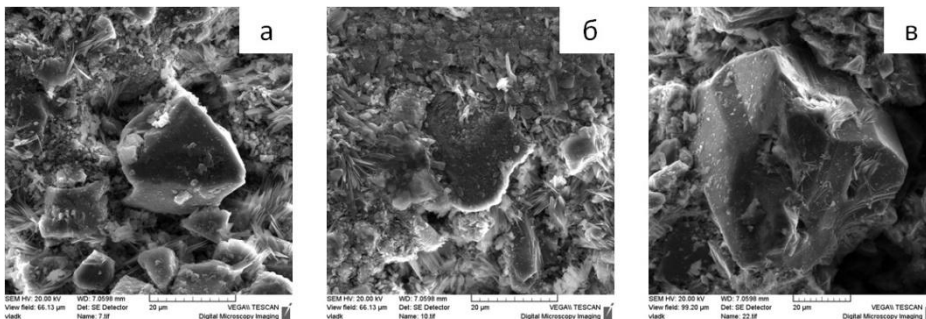


Рисунок 4 - Морфология поверхности износа композиционного материала алмаз – SiC – ОПС после шлифования: а – МНК синтетического алмаза; б – ПК марки АСПК; в – ПК марки APC-3

зерна присутствуют участки сколов, площадки износа на алмазных

зернах отсутствуют (рис. 4 в).

Режущая способность алмазоабразивных композиционных материалов (круг формы 1А1 150 x 5 x 6 x 32) при обработке МНК синтетического алмаза составила 0,028 карат/мин, удельный расход алмаза – 72 карат/карат. РСп АКМ с ОПС при обработке синтетического алмаза и ПК марки АСПК составляет 0,028 и 0,09 карат/мин, а с ОС 0,021 и 0,06 карат/мин. Производительность шлифования АКМ с ОС при обработке закаленной стали составила 390, а с ОПС – 340 мм<sup>3</sup>/мин. Таким образом, АКМ на основе оксид-полимерных матриц позволяют обрабатывать более широкий ассортимент материалов, чем при применении АКМ на керамических связках.

Работа выполнялась в рамках договора Т17 Арм-016 с БРФФИ.