

УДК 66.017.621.922

П. А. КОСТЮКЕВИЧ

А. М. КУЗЕЙ, д-р техн. наук, доц.

В. Я. ЛЕБЕДЕВ, канд. техн. наук

А. В. ФРАНЦКЕВИЧ

Физико-технический институт НАН Беларуси» (Минск, Беларусь)

РАСШИРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

Аннотация

Изучено влияние фракционного состава алмазосодержащих композиционных материалов на эксплуатационные характеристики алмазно-абразивного инструмента при круглом шлифовании сверхтвёрдых материалов. Показано, что стабильные значения режущей способности инструмента при обработке монокристаллов алмаза и композиционного материала на основе кубического нитрида бора достигаются изменением структуры и физико-механических характеристик связки алмазосодержащих композиционных материалов в процессе шлифования сверхтвёрдого материала.

Ключевые слова:

шлифование, монокристалл алмаза, кубический нитрид бора, алмазосодержащий композиционный материал.

Эффективность алмазно-абразивного инструмента определяется рядом факторов. Алмазно-абразивный инструмент должен обеспечивать достижение характеристик, предъявляемых к качеству обрабатываемых поверхностей и экономические показатели обработки. Принято считать, что эти характеристики определяются свойствами инструмента (алмазосодержащего композиционного материала) и режимами обработки. Корреляция между ними достигается в узком диапазоне режимов обработки (так называемый режим «самозатачивания инструмента»), который реализуется при определённой структуре, составе алмазосодержащего композиционного материала. Экономические показатели алмазно-абразивной обработки считаются превалирующими при разработке алмазно-абразивного инструмента. Такой подход к разработке алмазно-абразивного инструмента был обусловлен реалиями 60–70-ых годов, когда стоимость алмазного порошка в инструменте составляла большую часть стоимости инструмента. Принято считать, что экономическая эффективность алмазно-абразивной обработки (с точки зрения величины удельного расхода алмаза) достигается, когда скорость изнашивания алмазных зёрен коррелирует и компенсируется изнашиванием связки алмазосодержащего композиционного материала. Эти представления справедливы в случае обработки твёрдых сплавов, закаленных сталей, керамики, камня, стекла и т. д., когда твёрдость обрабатываемого инструмента – единичного алмазного зерна, превышает твёрдость обрабатываемых материалов.

На основе этого подхода разработана гамма алмазного инструмента, адаптированного для обработки одного или определённой группы материалов. Та-

кой подход использован при разработке алмазно-абразивного инструмента для обработки монокристаллов алмаза, композиционных материалов на основе алмаза и кубического нитрида бора, твердость которых превышает (моно-, поликристаллы алмаза) твердость синтетических алмазных порошков. Подавление эффекта снижения режущей способности инструмента достигается за счет увеличения концентрации алмазных зёрен (до 125–200 отн. %) в алмазосодержащем композиционном материале. Повышение и стабилизация значений режущей способности алмазно-абразивного инструмента при обработке группы сверхтвёрдых материалов может быть достигнута повышением физико-механических характеристик (твердость, прочность) алмазосодержащего композиционного материала и снижением этих характеристик в тонком приповерхностном слое композиционного материала. Последний эффект достигается формированием пор в приповерхностном слое в процессе обработки сверхтвёрдых материалов. В качестве порообразователя в связке алмазосодержащего композиционного материала использовался фосфат натрия. В качестве дисперсных наполнителей – карбид кремния (10 об. %) и диоксид кремния.

Обработку (шлифование) заготовок кубического нитрида бора и монокристаллов алмаза осуществляли алмазно-абразивным инструментом формы 1A1 (150×5×6×32, АС – 6, 150 отн. %) с алмазными порошками зернистостью 100/80 мкм и 80/63 мкм на круглошлифовальном станке ШП – 6 при скорости вращения алмазного круга 200 об/мин, частоте осцилляции вращающейся заготовки (2000 об/мин) по поверхности круга 10 двойных ходов в мин. Длительность цикла шлифования составляла 4 мин. Выделение продуктов изнашивания алмазосодержащего композиционного материала и монокристаллов алмаза проводили обработкой шлама из продуктов изнашивания в расплаве гидроксида натрия при 675 К.

Режущая способность алмазно-абразивного круга с алмазным порошком зернистостью 100/80 мкм при шлифовании заготовки синтетического алмаза размерно-весовой группы 3G (160 мг) составила 2,7 мг/мин. Режущая способность круга с алмазным порошком зернистостью 80/63 мкм составила 2,1 мг/мин.

Относительный расход алмаза при шлифовании заготовок синтетического алмаза размерно-весовой группы 3G кругом с алмазным порошком зернистостью 100/80 мкм составил 53 мг/мг. Относительный расход алмаза при шлифовании заготовок синтетического алмаза кругом с алмазным порошком зернистостью 80/63 мкм составил 72 мг/мг.

Режущая способность круга с алмазным порошком зернистостью 100/80 мкм при шлифовании заготовок синтетического алмаза размерно-весовой группы -7 – +6 (массой 20 мг) составила 3,2 мг/мин. Режущая способность круга с алмазным порошком зернистостью 80/63 мкм составила 2,9 мг/мин.

Относительный расход алмаза при обработке заготовок синтетического алмаза размерно-весовой группы -7 – +6 кругом с алмазным порошком зернистостью 100/80 мкм составил 46 мг/мг, относительный расход алмаза при обра-

ботке заготовок синтетического алмаза кругом с алмазным порошком зернистостью 80/63 мкм составил 52 мг/мг.

Режущая способность круга с алмазным порошком зернистостью 100/80 мкм при шлифовании заготовки из кубического нитрида бора массой 103 мг составила 3,8 мг/мин. Режущая способность круга с алмазным порошком зернистостью 80/63 мкм при шлифовании заготовок из кубического нитрида бора массой 110 мг составила 3,1 мг/мин.

Режущая способность круга с алмазным порошком зернистостью 100/80 мкм при шлифовании заготовки из кубического нитрида бора массой 63 мг составила 3,1 мг/мин. Режущая способность круга с алмазным порошком зернистостью 80/63 мкм при шлифовании заготовки из кубического нитрида бора составила 2,6 мг/мин.

Анализ фракционного состава порошка, образовавшегося при шлифовании заготовок синтетического алмаза размерно-весовой группы 3G, показал, что основной фракцией является фракция – 10 мкм. Содержание в шихте частиц алмаза фракции +50 мкм достигает 12 масс. % от содержания алмазного порошка в круге. Лишь отдельные частицы со следами сколов представляют фракцию + 80 мкм (рис.1).

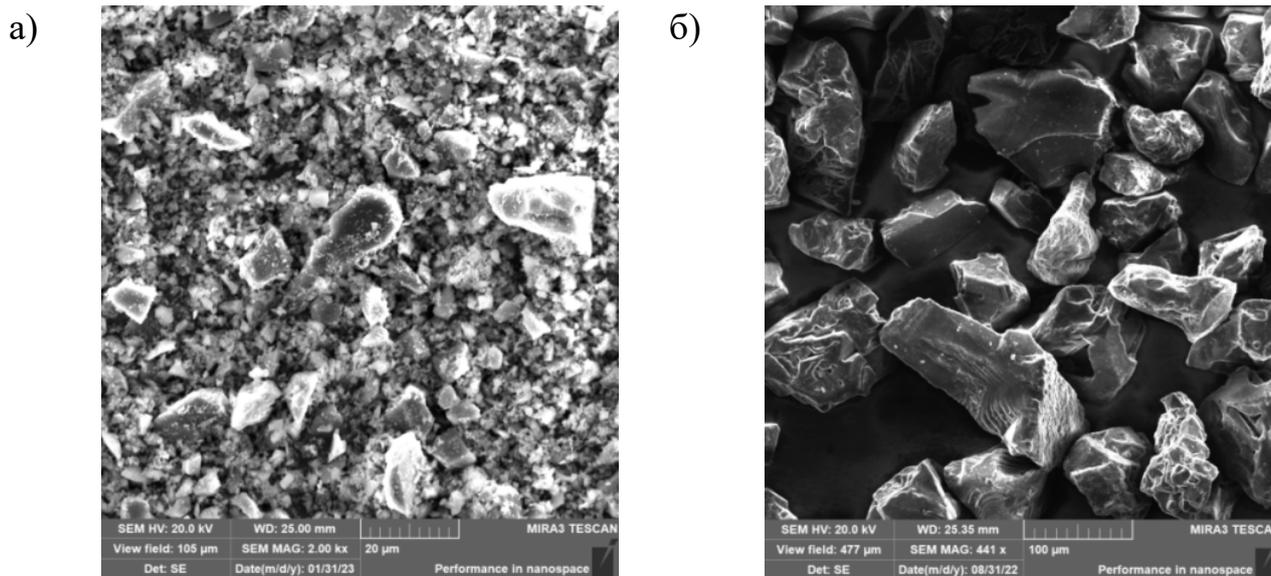


Рис. 1. Морфология поверхности частиц алмаза, выделенных из шлама: *а* – морфология поверхности частиц алмаза фракции - 10 мкм; *б* – морфология поверхности частиц алмаза фракции +50 мкм

Морфология поверхностей заготовок синтетического алмаза (размерно-весовая группа 3G) после шлифования кругами с алмазными порошками зернистостью 100/80 мкм и 80/63 мкм представляет собой совокупность борозд и гребней с плоскими вершинами, ориентированными в направлении шлифования (рис. 2).

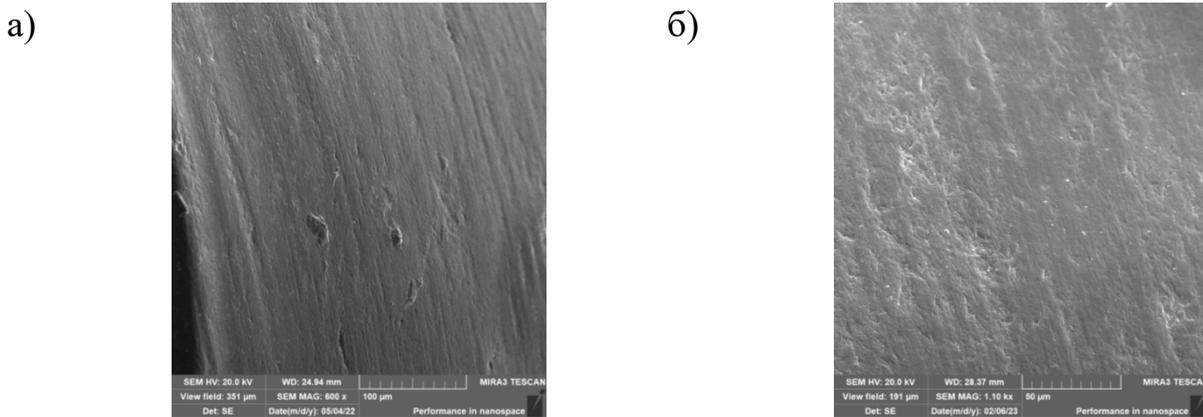


Рис. 2. Морфология поверхности заготовок синтетического алмаза после шлифования кругами с алмазными порошками зернистостью 100/80 мкм (а) и 80/63 мкм (б)

Морфология поверхности изнашивания алмазосодержащего композиционного материала после шлифования заготовок синтетического алмаза с исходной массой 160 мг представляет собой совокупность алмазных зерен со следами сколов и алмазных зёрен с площадками изнашивания (рис. 3, б).

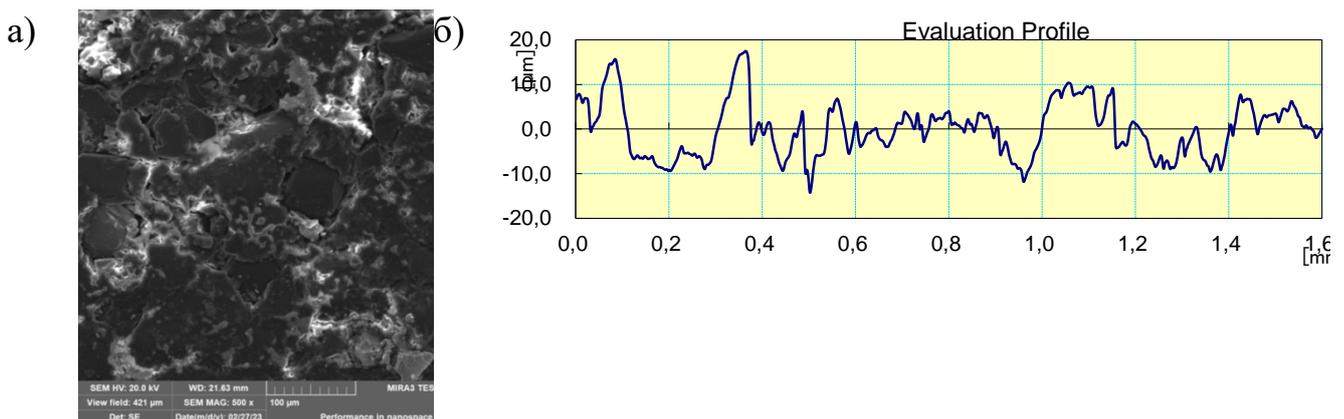


Рис. 3. Шлифование кругом с концентрацией алмазных зёрен в композиционном материале зернистостью 100/80 мкм 150 отн. %: а – морфология поверхности алмазосодержащего композиционного материала; б – профилограмма поверхности алмазосодержащего композиционного материала

Алмазные зёрна, как с плоскими площадками изнашивания, так и со следами сколов выступают над поверхностью связки (рис. 3, а).

При низком содержании (12 масс. %) частиц алмаза фракции +50 мкм в шламе морфология поверхности изнашивания алмазосодержащего композиционного материала показывает, что алмазные зёрна прочно закреплены в связке. Разрушение алмазных зёрен происходит при перемещении заготовки синтетического алмаза по поверхности алмазосодержащего композиционного материала множественными сколами частиц, размеры которых не превышают 10 мкм. Фракционный состав частиц алмаза показывает, что алмазные зёрна разрушаются, а не выкрашиваются из связки. Образование плоских площадок изнашивания на алмазных зёрнах, фракционный состав осколков алмазных зёрен в

шламе показывают, что контактное взаимодействие алмазных зёрен с обрабатываемым материалом сопровождается скалыванием отдельных частиц (рис. 1, *a*). Присутствие в шламе алмазных зёрен со следами сколов (разрушений) свидетельствует, что эти зёрна участвуют в процессе контактного взаимодействия с поверхностью монокристалла алмаза. Большая часть алмазных зёрен была вырвана из связки после сколов с поверхности отдельных фрагментов. Причинами этого могут быть снижение прочности закрепления алмазных зёрен в связке алмазосодержащего композиционного материала и динамические нагрузки на алмазные зёрна. Небольшое количество частиц разрушенных алмазных зёрен в шламе даёт основания считать, что причиной их вырыва из связки являются динамические нагрузки, а не разупрочнение связки. Прочное закрепление алмазных зёрен в связке и одновременно близкие значения режущей способности инструмента при шлифовании заготовок синтетического алмаза и кубического нитрида бора, отличающихся размерами, показывает, что в процессе шлифования режущая способность инструмента (алмазосодержащего композиционного материала) восстанавливается: изнашивание связки приводит к обнажению неизношенных зёрен и их участию в процессе шлифования.

Механизмом, стабилизирующим режущую способность инструмента при обработке монокристаллов, является образование пор в приповерхностном слое. Образование пор происходит в результате растворения частиц наполнителя (фосфата натрия) в смазочно-охлаждающей жидкости. Следствием этого является монотонное снижение твёрдости приповерхностного слоя связки. Одновременно, динамическое воздействие заготовки синтетического алмаза на связку сопровождается её изнашиванием. Варьирование значений давления заготовок сверхтвёрдых материалов на пористую поверхность связки алмазосодержащего композиционного материала позволяет влиять на пористую поверхность связки алмазосодержащего композиционного материала, и изменять скорость изнашивания связки и режущую способность инструмента. Небольшие изменения давления на заготовку сверхтвёрдого материала в процессе шлифования позволяет изменять скорость изнашивания приповерхностного слоя связки. Следствием этого является расширение технологических возможностей инструмента при шлифовании гаммы сверхтвёрдых материалов.

Контакты:

kostykevichP@yandex.ru (Костюкевич Павел Александрович);

anatkuzei@gmail.com (Кузей Анатолий Михайлович);

fti_lebedev@mail.ru (Лебедев Владимир Яковлевич);

fti505.518@gmail.com (Францкевич Алла Владимировна).