

УДК 621.922. 546

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА РАЗРУШЕНИЯ АЛМАЗНО-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

А.С. АРШИКОВ

(Полоцкий государственный университет)

Рассмотрены причины и механизм разрушения алмазно-металлических инструментальных композиций. Исследован характер взаимодействия зерен алмаза с расплавами различных металлических матриц. Показано, что введение в состав связок адгезионно-активного компонента способствует понижению краевого угла смачивания и повышению работы адгезии сплава по отношению к алмазу. Установлено, что в процессе деформации и разрушения алмазно-металлических композиций основными факторами являются прочность алмаза, межфазной границы и пластичность матрицы.

На работоспособность алмазных инструментов существенное влияние оказывают физико-химические параметры связки, качество и морфология исходного алмазного сырья. Алмазно-металлические инструментальные композиции, как правило, включают в себя несколько фаз, которые должны быть совместимы друг с другом как физически, так и химически. Для создания такой совместимой системы алмаз-матрица необходимо, чтобы образовывались прочные связи на поверхности раздела матрица - зерно. Эти связи необходимы для эффективной передачи нагрузки и предотвращения разрушения материала в результате образования реакционной зоны при взаимодействии алмаза с материалом матрицы. Принято считать, что реакционная зона создает новые участки зарождения трещин в композиционном материале. Для того чтобы не произошло преждевременное разрушение композита, дефекты переходного слоя должны быть значительно меньше, чем дефекты в частицах алмаза и металлической матрице [1].

Различие в структуре алмазно-металлических композиций - высокая объемная концентрация хрупких частиц алмаза, микротрещины, разрывы, дефекты алмазных зерен - приводят к появлению напряжений.

Исследование характера и причин разрушения алмазосодержащих инструментальных композиций позволит понять механизм и физический смысл хрупкости данных материалов и получить конкретные рекомендации при разработке технологических процессов изготовления алмазного инструмента.

Топография поверхности разрушения исследовалась методом сканирующей электронной микроскопии на приборах «Cam Scan» и «Nanolab-7» фирмы «Onton» Германия.

Большинство металлических композиций, используемых в качестве связок, не взаимодействует с поверхностью алмаза, и закрепление алмазных частиц происходит за счет сил механического защемления. На поверхности излома (рис. 1) отчетливо виден механический характер взаимодействия связки М2-01 и алмазов АС6. Смачиваемость расплавом поверхности алмазного зерна практически отсутствует.



Рис. 1. Топография поверхности разрушения алмазно-композиционного материала (связка М2-01 - алмаз АС6 100/80)

Прочность закрепления алмазов в матрице повышают путем введения в состав матрицы или пропиточного сплава химически активных к алмазу элементов, образующих адгезионно-химическую связь алмаза с матрицей. Многочисленные исследования в этой области показали, что хорошей степени смачиваемости алмаза можно добиться в тех случаях, когда металл или сплав активно взаимодействует с углеродом, образуя карбиды. Одной из наиболее широко применяемых карбидообразующих добавок является титан. Сплавы системы Cu-Sn-Ti широко применяют в качестве припоев для пайки и металлизации алмазов, а также связок для изготовления высокоизносостойких инструментов. Обладая высокой адгезионной активностью по отношению к алмазу, такие сплавы обеспечивают прочное закрепление алмазных зерен в матрице инструментов. Введение в состав связок адгезионно-активного компонента (титан) способствует резкому понижению краевого угла смачивания и повышению работы адгезии сплава по отношению к алмазу. Смачивание здесь определяется химическим взаимодействием металлического расплава с поверхностью алмаза и образованием на границе промежуточного слоя карбида титана [2 - 3].

Однако при повышенной концентрации адгезионно-активной добавки и длительного времени её контактирования с алмазом прочность композиций резко снижается. При длительном контакте алмаза с карбидами титана (более 40 мин) происходит прорастание карбидных слоев и диффузионное разупрочнение приповерхностных участков алмазного кристалла (рис. 2). Глубина прорастания карбидных слоев составляет около 0,5 мкм.



Рис. 2. Внешний вид поверхности алмазного кристалла AC 15 200/160 после контактирования с металлическим расплавом связки M2-01 + 10 вес. % Ti ($\tau = 40$ мин) ($\times 200$)

Уменьшение прочности композиции с повышением времени выдержки контактирования расплава с алмазом можно объяснить также тем, что помимо диффузионных процессов наблюдается рост стехиометрии карбида титана на межфазной границе, что приводит к возрастанию его твердости и хрупкости. Следствием этого процесса являются микротрещины и каверны (концентраторы напряжений), разупрочняющие контактную зону алмазного кристалла (Эффект Киркендалла - Френкеля). В результате разрушение композиции происходит по наиболее слабому участку - зоне пор и каверн (рис. 3).



Рис. 3. Топография поверхности разрушения алмазно-композиционного материала (связка M2-01 + 10 % вес. Ti - алмаз AC6 100/80)

При возникающей деформации матрицы, особенно во время работы инструмента, частицы алмаза и интерметаллидные включения также подвергаются силовому воздействию, что приводит к скапливанию дислокаций и возникновению микротрещин. Макродеформированию препятствуют растущие поры, приводя к разрушению композиции.

Процесс разрушения алмазно-металлических композиций достаточно сложен для описания и исследования ввиду высокой скорости его протекания, наличия большого количества внешних и внутренних факторов.

Анализ имеющихся литературных источников и экспериментальных данных, а также результаты последних исследований позволяют сделать вывод, что дефекты и пороки алмазного сырья являются основной причиной возникновения трещин и последующего разрушения алмазно-металлической композиции.

На основании исследования поверхности изломов алмазно-металлических композиций, полученных с присутствием жидкой фазы, можно утверждать, что характер разрушения композиций имеет транскристаллитный характер. Разрушение алмазно-металлической композиции наступает либо вследствие развития микропластической деформации, либо из-за имеющихся в зернах алмазов дефектов [5].

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Введение в состав связок адгезионно-активного компонента (титан) способствует резкому понижению краевого угла смачивания и повышению работы адгезии сплава по отношению к алмазу. Смачивание здесь определяется химическим взаимодействием металлического расплава с поверхностью алмаза и образованием на границе промежуточного слоя карбида титана. В то же время для обеспечения прочного контакта алмаза с металлической матрицей при разработке технологического процесса изготовления алмазного инструмента методами порошковой металлургии необходимо соблюдать достаточно узкий температурно-временной интервал ($t = 900 - 1000$ °С, τ не более 40 мин).

При исследовании особенностей процесса деформации и разрушения алмазно-металлических композиций основными факторами, влияющими на него, являются прочность алмаза и межфазной границы, а также пластичность матрицы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кизиков Э.Д., Верник Н.С. Алмазно-металлические композиции. - Киев: Техника, 1988. - 164 с.
2. Лавриненко И.А., Кизиков Э.Д. Исследование адгезии и контактного взаимодействия медно-олово-титановых сплавов с алмазом // Синтетические алмазы. - 1987. - Вып. 6. - С. 21 - 25.
3. Пайка и металлизация сверхтвердых инструментальных материалов / Ю.В. Найдич, Г.А. Колесниченко, И. А. Лавриненко, Я.Ф. Моцак. - Киев: Наукова думка, 1977. - 183 с.
4. Формирование на углеродных волокнах карбидного покрытия в металлическом расплаве / В.Е. Овчаренко, О.А. Кашин, М.Д. Борисов и др. Адгезия расплавов и пайка материалов. - Киев: Наукова думка, 1978. - Вып. 3. - С. 55 - 56.
5. Кизиков Э.Д., Лавриненко И.А. Исследование сплавов, используемых в качестве связок для алмазно-абразивного инструмента // Металловедение и термическая обработка металлов. - 1975. - №1.-С. 57-62.