

РЕЖУЩИЕ ПЛАСТИНЫ И ИНСТРУМЕНТ НА ОСНОВЕ ТЕРМОСТОЙКИХ ПОЛИКРИСТАЛЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В СИСТЕМЕ АЛМАЗ-КАРБИД КРЕМНИЯ

Шишонок Н.А., Петрашко В.В., Леусенко А.А., Гатальский Г.В.
ГНУ Институт физики твердого тела и полупроводников НАНБ
220072, Минск, П.Бровки,17

Введение. Поликристаллы алмаза находят широкое применение в лезвийном инструменте для обработки цветных металлов и сплавов, пластмасс, а также в буровом и породоразрушающем инструменте. Одним из факторов, существенным образом влияющим на эксплуатационные свойства инструмента, является термостойкость алмаза. Термостойкость лимитирует, с одной стороны, предельные режимы эксплуатации инструмента, при которых происходит перегрев режущего лезвия, а с другой стороны, ограничивает технологические возможности при изготовлении инструмента (пайка, пропитка). Физическими причинами, ограничивающими предельные температурные воздействия, являются окисление, потеря прочности при термоциклировании и, наконец, при достаточно высоких температурах, начало обратного фазового превращения алмаз-графит.

Одной из основных причин снижения термостойкости и прочности синтетического алмаза является включение в растущий кристалл металлов или сплавов, используемых при синтезе в качестве катализаторов-растворителей. Широко распространенные синтетические поликристаллические материалы типа баллас и карбонадо, обладая высокими физико-механическими свойствами, отличаются невысокой термостойкостью. В процессе получения растущий поликристалл захватывает примеси, главным образом металл-катализатор, концентрация которого может достигать 20 мас%. Примесь располагается как внутри кристаллитов, так и на их границах, часто образуя вторую фазу. Это обстоятельство обуславливает низкую термостойкость этих поликристаллов, резко ограничивающую их работоспособность в инструменте. Так, для изготовления буровых коронок с такими поликристаллами приходится применять низкотемпературные связки.

Поликристаллы алмаза, получаемые компактированием порошков в присутствии добавок – активаторов спекания, также характеризуются наличием в составе второй фазы. Спеканием алмазных порошков без активирующих добавок можно получить поликристаллы, не обладающие этим недостатком. Так, фирма “Megadiamond Inc” (США) производит материал “Megadiamond” без использования каких-либо добавок. Однако технологический процесс их получения отличается достаточно высокими параметрами: давление 7-10 ГПа, температура - около 2400К. Снижение параметров приводит к существенному ухудшению механических свойств.

В настоящей работе проблема повышения термостойкости решается за счет исключения из состава поликристалла металлических компонент. Целью настоящей работы является получение поликристаллов на основе алмаза и карбида кремния, исследование их фазового состава, функциональных свойств.

Эксперимент. Поликристаллические алмазные материалы получали путем спекания алмазных порошков зернистостью 63/40 и 40/20 в смеси с керамической связкой на основе карбида кремния при высоких давлениях и температурах в области термодинамической устойчивости алмаза. Фазовый состав полученных поликристаллов исследовали методом рентгенодифракционного анализа на дифрактометре ДРОН-3 (Cu K_α-излучение). Прочность на сжатие определяли при комнатной температуре методом одноосного сжатия на универсальной испытательной машине марки ZDM 2,5/91, оснащенной дополнительным устройством типа “реверсор” для нагружения образцов сверхтвердых материалов. Испытания

материала на абразивный износ проводили по методике ВНИИ БТ, согласно которой испытуемым материалом производят правку (точение) абразивного круга из карбида кремния КЗ63С4ОСТ1. Скорость обтачивания составляла 6...7 м/с при подаче $S = 0,1$ мм/об и глубине резания $t = 0,1$ мм. Пластина СТМ была ориентирована относительно круга под нулевым углом $\gamma = 0^\circ$. Исследовали линейный износ на километр пути резания и удельный массовый инструментального материала. Стойкостные испытания проводились в процессе продольного точения на токарно-винторезном станке 16К20 заготовок диаметром 150 мм из сплава Д16 и АМг3. Точение вели в типовом случае со скоростью $V = 600...1000$ м/мин при глубине резания $t = 0,2...2$ мм и подаче $S = 0,05...0,1$ мм/об. Износ режущего элемента определяли измерением ширины ленточки износа по задней поверхности при критерии $h_3 \leq 0,3$ мм.

Результаты. В результате проведенного исследования было установлено, что выбором оптимальных параметров (давление-температура-время) можно получить поликристаллические образцы, состоящие практически из двух фаз (алмаза и карбида кремния). Типичная дифрактограмма одного из таких образцов представлена на рис. 1.

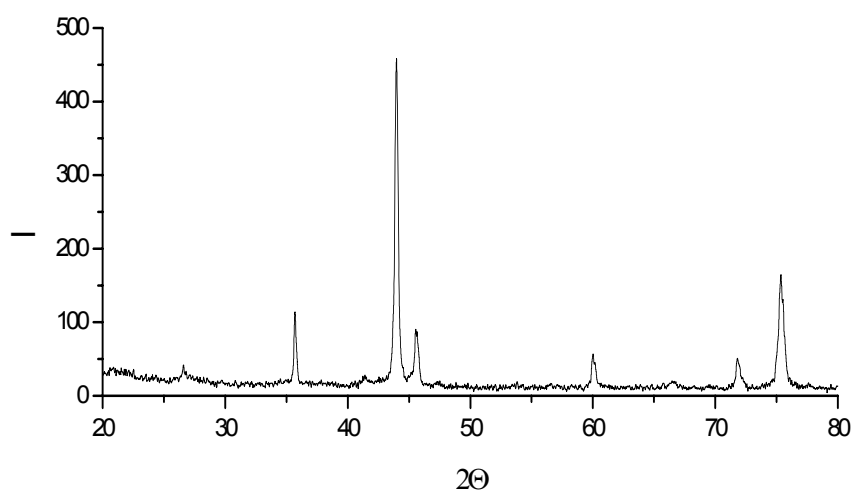


Рис. 1. Дифрактограмма поликристаллического образца на основе системы алмаз-карбид кремния.

Видно, что полученные образцы состоят в основном из двух фаз: алмаза и кубического карбида кремния. Присутствующие в виде следов примеси из-за малой концентрации не анализировались. Содержание алмазной фазы в образце составляло не менее 90%. Оптимизацию технологических режимов получения (давление, температура) проводили по минимизации присутствия графита и по функциональным характеристикам поликристаллов. Исследование прочности на сжатие показало, что разрушение материала носит интеркристаллитный характер, что свидетельствует об образовании прочных межзеренных связей. Предел прочности на сжатие поликристаллов, синтезированных в режимах, близких к оптимальным, составляет 4...4,5 ГПа.

Исследование абразивной стойкости поликристаллов показало, что полученные поликристаллы могут быть успешно использованы в правящем инструменте. Лучшие полученные показатели износостойкости достигали 0,013...0,03 мм/км, а средние значения по полному циклу испытаний составляют 0,05...0,07 мм/км.

Серия отобранных поликристаллов была использована для изготовления лезвийного инструмента. Пластины Ø 5.56 мм и высотой 2 мм были напаяны адгезионно-активным припоем на резцовые вставки, изготовленные в соответствии с СТБ ГОСТ Р 50302-2003. В качестве обрабатываемого материала использовали алюминиевый сплав АМг5 и Д16Т. Обработку проводили при скоростях 600..650 м/мин при подаче $S = 0,1$ мм/об и глубине резания $t = 0,1$ мм. Контролировали величину ленточки износа и параметр шероховатости обработанной поверхности. В результате проведенных испытаний установлено, что режущие пластины при критерии износа по задней поверхности h_3 , равном 0,3 мм, обеспечивают стойкость не менее 70 мин, при этом шероховатость обработанной поверхности достигает значений $R_a 0,2...0,1$. На графике (рис. 2) хорошо заметен начальный участок приработки (до 5...7 мин) с последующим участком стабильной работы. Полученные результаты свидетельствуют о высокой перспективности разработанных алмазных поликристаллов в качестве инструментального материала при работе по цветным металлам.

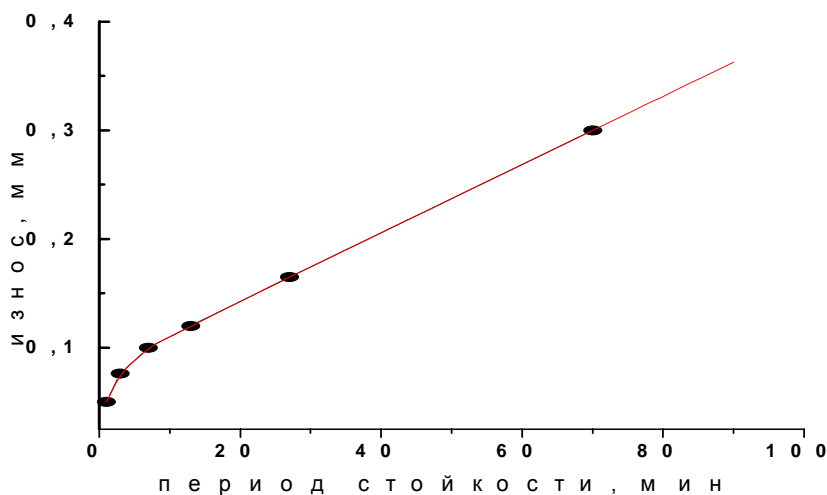


Рис.2. Зависимость величины износа режущей пластины по задней грани от времени течения по сплаву АМг-5.

На основе полученных поликристаллов были изготовлены правящие карандаши типоразмеров 3998–0086, 3998–0091 (ТУ РБ 00226773.086-95) и типа 01 - с алмазами, расположенными цепочкой по оси карандаша (ГОСТ 607-80). Проведенные предварительные испытания показали, что их работоспособность при правке абразивных кругов твердостью СМ-1 – СТ-1 не уступает стандартным и сопоставима со стойкостью карандашей из природных алмазов.

Заключение. Разработаны составы и созданы поликристаллические материалы инструментального назначения на основе алмаза и карбида кремния, характеризующиеся мелкозернистой структурой и высоким уровнем физико-механических свойств. Изготовлены экспериментальные образцы лезвийного и абразивного инструмента, испытания которого показали высокую перспективность при обработке цветных металлов и сплавов, а также на правке абразивных кругов. В настоящее время проводится изготовление технологической оснастки для налаживания серийного выпуска такого инструмента.

Работа выполнена в рамках проекта Ф03-309, финансируемого ФФИ Республики Беларусь.