

СЕКЦИЯ II СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

УДК 621.762

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИМПАКТНЫХ АЛМАЗОВ

В. И. Жорник, В. Т. Сеньют

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск

Актуальными задачами в области синтеза новых алмазных поликристаллических материалов и инструментальных композитов на их основе являются улучшение их эксплуатационных характеристик и снижение стоимости инструмента. Исключение связующих композиционного материала, катализирующих обратное превращение алмаз–графит, а также применение наноструктурированных порошков алмаза позволит повысить температуру и активировать процесс спекания, что существенно улучшит физико-механические характеристики получаемых алмазных композиционных материалов. Применяемые в настоящее время для этих целей порошки синтетического алмаза имеют достаточно низкий порог графитизации и характеризуются значительной хрупкостью, что приводит к скалыванию режущей кромки, ухудшению качества поверхности обрабатываемого материала и преждевременному выходу из строя алмазного инструмента [2].

Использование в качестве исходного сырья импактных алмазов (ИА) Попигаевского месторождения (Россия) представляется перспективной альтернативой синтетическим алмазам, применяемым сегодня при создании абразивного инструмента для металло- и камнеобработки. Импактные алмазы (или алмаз-лонсдейлитовый абразив) представляют собой новый вид абразивного сырья (его месторождения находятся в настоящее время на стадии начальной разработки), который пока не реализуется на рынке. Однако результаты предварительных исследований ИА свидетельствуют об их высокой абразивной способности, и по этому показателю ИА существенно превосходят природные технические и синтетические алмазы. Данное качество обусловлено особенностью строения ИА, представляющих собой природный наноструктурный композит на основе алмазной и лонсдейлитовой фаз, частицы которого имеют высокоразвитую поверхность. Кроме того, ИА характеризуются повышенной термостойкостью вследствие отсутствия в их структуре примесей, инициирующих графитизацию алмаза при нагреве. В конечном счете эти свойства выражаются в более высокой режущей способности и стойкости алмазного инструмента на основе ИА по сравнению с инструментом из синтетических алмазов [2].

Целью данной работы является разработка композиционных материалов инструментального назначения с применением ИА, исследование их структурных особенностей и эксплуатационных параметров.

Композиционные материалы для магнитно-абразивной обработки (МАО). Изучали перспективы применения ИА для получения композиционных ферроабразивных порошков (КФАП), состоящих из ферромагнитной матрицы и абразивных частиц, предназначенных для формирования микро- и нанорельефа поверхностей труднообрабатываемых сплавов и хрупких неметаллических материалов методом МАО. Композиционные ферроабразивные порошки для МАО на основе

порошков железа ПЖРВ фракции 315/100 и ИА зернистостью 60–250 мкм получали методами термобарической обработки (ТБО) при давлениях 1,0–2,5 ГПа и механо-сплавления (МС) в планетарной шаровой мельнице при энергонапряженности до 3 Вт/г. На рис. 1, *а* показана структура композиционного материала состава Fe-ИА, полученного методом ТБО, а на рис. 1, *б* – структура композита Fe-ИА, синтезированного методом МС.

В матрице КФАП, полученного методом ТБО, наряду с крупными алмазными зёрнами наблюдаются более мелкие (1–10 мкм) частицы алмаза (рис. 1, *а*), образовавшиеся в результате дробления более крупных частиц, что способствует повышению твердости и износостойкости металлической матрицы.



Рис. 1. Композиционный материал железо–импактный алмаз:
а – микроструктура композита после ТБО; *б* – микроструктура гранул после МС

Используемый в работе метод МС позволяет формировать композиционный материал как с матричным строением металлоабразивных гранул, характеризующимся равномерным распределением алмазных зёрен по объёму гранулы, так и со строением типа «ядро-оболочка», при котором частицы алмаза располагаются в поверхностном слое гранулы. В результате размола и МС алмазные зёрна в матрице измельчаются от исходного размера до 0,5–20,0 мкм, а размер гранул можно целенаправленно получать в достаточно широком диапазоне (от 1 до 150 мкм).

Результаты испытаний КФАП на основе синтетических алмазов АСМ и ИА, проведенных при МАО изделий из сплава циркония, показали повышение интенсивности размерного съема для КФАП состава Fe-ИА в 1,5–2 раза и снижение параметра шероховатости R_a обработанной поверхности сплава на 30 % по сравнению с КФАП, содержащим алмаз АСМ.

Композиционные материалы для абразивного инструмента металло- и камнеобработки. В качестве основы композита использовали порошок твердого сплава ВК8 (ГОСТ 3882-74), в который вводили ИА зернистостью 315/200 мкм в количестве 6–25 об. %. Образцы композита в форме цилиндров высотой 10 мм и диаметром 10 мм получали методом ТБО.

По разработанной методике, основанной на определении удельной производительности, исследовали износостойкость полученных композитов, которую определяли как величину отношения объема (см^3) абразивного шлифовального круга марки 63С 100 ГОСТ 2424-83, снятого режущим элементом из полученного композита за цикл испытания, к величине потери массы режущего элемента (мг) при его взаимодействии с абразивным кругом. Было установлено, что наиболее высокой износостойкостью (абразивной способностью) обладает композит, содержащий 12 об. % ИА, средняя удельная производительность которого на порядок превышает значения

данного параметра для немодифицированного твердого сплава ВК8. Более высокое содержание ИА в композите на основе сплава ВК8 (до 25 об. %) приводит к уменьшению его износостойкости вследствие снижения механических характеристик алмазосодержащего композита.

Литература

1. Синтез и спекание сверхтвердых материалов для производства инструмента / под общ. ред. П. А. Витязя и В. З. Туркевича. – Минск : Беларус. навука, 2021. – 337 с.
2. Синтез наноструктурного алмаз-лонсдейлитного инструментального композита для абразивной обработки / П. А. Витязь, В. Т. Сенюць, В. И. Жорник [и др.] // Актуальные вопросы машиноведения : сб. науч. тр. ОИМ НАН Беларуси, 2019. – Вып. 8. – С. 352–356.

УДК 621.793

МНОГОСЛОЙНЫЕ НИТРИДНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ «ТИТАН–ХРОМ»

О. И. Посылкина, И. А. Сечко

Физико-технический институт НАН Беларуси, г. Минск

Технология вакуумно-дугового осаждения покрытий является перспективной для формирования покрытий различного функционального назначения, соответствующих новейшим концепциям градиентных, метастабильных, многокомпонентных, многослойных покрытий. Среди основных направлений совершенствования функциональных покрытий наиболее многообещающим является концепция многослойных покрытий с наноразмерными зёрнами и толщинами слоёв, так как такие покрытия удовлетворяют гамме зачастую противоречивых требований (обеспечение низкого трения, высокой износостойкости, барьерных функций диффузии, тепловым потокам в системе резания при соблюдении высокой прочности межслойной адгезии, снижении уровня внутренних напряжений, сбалансированности твердости и вязкости и т. д.). Кроме того, появляется возможность формирования комбинированных покрытий, включающих чередующиеся метастабильные и многокомпонентные структуры, сочетающие различные свойства отдельных слоёв в одном покрытии. Для многослойно-композиционных наноструктурированных покрытий межзёрненные и межслойные границы являются зоной интенсивной диссипации энергии и отклонения трещин от направления движения, частичного или полного их торможения, что ведет к упрочнению материала. Поэтому покрытия с наноразмерной структурой и многослойной архитектурой имеют существенно более длительный срок работы до разрушения, максимально повышая срок работоспособного состояния инструментов, особенно в условиях действия циклических термо-механических напряжений [1, 2].

На основе анализа механизма разрушения покрытий в процессе работы режущего инструмента [3], многочисленных экспериментальных и теоретических исследований разрабатывалась конструкция многослойного покрытия, включающего адгезионный подслоя, промежуточный слой и защитный слой (износо-, коррозионностойкий).

Адгезионный подслоя должен иметь максимальную кристаллохимическую совместимость и обеспечивать прочную адгезию с материалом подложки. Промежуточный слой должен сглаживать различие кристаллохимических свойств верхнего и нижнего слоёв. При этом промежуточный слой должен иметь большую твердость по сравнению с выше- и нижележащими слоями. Защитный слой должен иметь мини-