

Металломатричный композит инструментального назначения на основе твердого сплава с добавкой наноструктурного импактного алмаза (тагамита)

В. Т. Сенють^{1*}, П. А. Витязь¹, В. И. Жорник¹, В. П. Афанасьев², И. Е. Григорьев³

¹*Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, ул. Академическая, 12, 220072 г. Минск, Беларусь*

²*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, пр. акад. Коптюга, 3, 630090 г. Новосибирск, Россия*

³*Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова, 13 А, 220006 г. Минск, Беларусь*

* e-mail: vsenyut@tut.by

Аннотация

Представлены результаты исследований свойств металломатричного композита (ММК) инструментального назначения на основе твердого сплава ВК-8 и импактного алмаза (ИА). Методом термобарического спекания получен композит, содержащий 6,25-25 об. % ИА, характеризующийся в 30-50 раз более высокой износостойкостью по сравнению со спеченным твердым сплавом без алмазов. Введение в состав ММК добавки тагамита, содержащего в своем составе 4 % ИА, позволяет повысить абразивную способность ММК до 5 раз по сравнению с исходным композитом на основе твердого сплава.

Ключевые слова: импактный алмаз, тагамит, твердый сплав, спекание.

Введение

Современное производство предъявляет к инструментам и инструментальным материалам растущие требования по обеспечению работоспособности в условиях больших скоростей резания и динамических нагрузок, интенсивного теплового и химического взаимодействия с обрабатываемыми материалами. Необходима все более высокая производительность при соблюдении точности геометрии и размеров деталей, качества их рабочих поверхностей. Наиболее полно таким требованиям отвечают инструментальные материалы, содержащие алмаз и кубический нитрид бора [1].

Применение нового вида наноструктурированных алмазов – импактных алмазов (ИА) Попигайского месторождения (Россия) предполагает существенное повышение свойств алмазосодержащих материалов и инструментов, в первую очередь вследствие высокой абразивной способности ИА, превосходящей данный показатель для природных и синтетических технических алмазов в 1,5-2 раза [2, 3]. Исходная коренная порода тагамит, представляющая собой слабо раскристаллизованную матрицу на основе SiO₂ и Al₂O₃, и содержащая ИА (до 20 карат/т) [4], также вызывает интерес как абразивная добавка для инструментальных материалов.

Цель работы – разработка металломатричного композита (ММК) инструментального назначения на основе твердого сплава ВК-8 с добавлением ИА (тагамита) и изучение свойств полученного материала.

Экспериментальная часть

Для изготовления первой партии металломатричного композита (ММК) на основе твердого сплава использовали очищенный порошок ИА зернистостью 315/200 мкм, на который методом химико-термического осаждения наносили титановое покрытие. Исходные составы для 1-й партии ММК содержали ИА в количестве 6,25; 12,5 и 25 об.%. В шихту для 2-й партии ММК вводили тагамит фракции 0-0,1 мм в количестве 25 об.%, содержащий в

своем составе до 4 % импактного алмаза, а также оксиды кремния (61,7-63,3 %), алюминия (корунда) (14,2-15,4 %) и железа (8,2-9,2 %) [5].

Матричный композит спекали из порошка WC-Co с размером частиц менее 40 мкм, который получали путем размолв в атриторе спеченных изделий из твердого сплава ВК-8 (ГОСТ 3882-74) (т.н. «вторичный» твердый сплав). Для активации процесса спекания композита в реакционную шихту добавляли порошок меди ПМС-1 (ГОСТ 7885-86) в количестве 5 мас.%, а для повышения адгезии алмазных зерен к матрице в шихту вводили порошок карбонильного никеля ПНК в количестве 9 мас.% (ГОСТ 9722-97). Образцы в виде цилиндров высотой до 10 мм и диаметром 10 мм получали методом термобарического спекания на гидравлическом прессе ДО-138Б с усилием 6,3 МН при давлении 2,5 ГПа.

Измерение микротвердости полученных образцов методом Виккерса при нагрузке 200 г. показало, что в зависимости от температуры спекания, микротвердость материала с 25 об.% ИА находится в пределах 4,5-7,5 ГПа, что сравнимо с микротвердостью материала, не содержащего алмаз (5,5-6,5 ГПа). Уменьшение содержания ИА с 25 об.% до 12,5 об.% ведет к более существенному росту микротвердости композиционного материала до 12-15 ГПа, что связано как со снижением пористости образцов, так и с дисперсным упрочнением композита мелкими частицами ИА, образующимися при разрушении крупных алмазных зерен. Микротвердость ММК с добавкой тагамита находится в пределах 4,5-5 ГПа. На рисунке 1 показаны внешний вид и микроструктура ММК ВК-8 -12,5 об. % ИА.

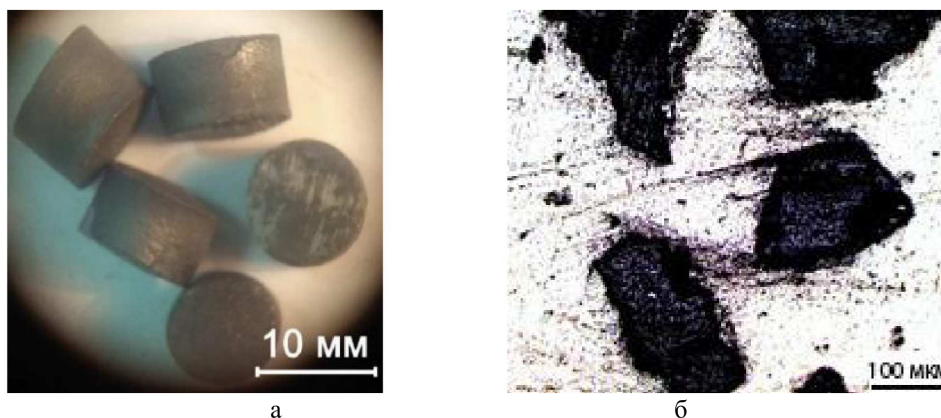


Рисунок 1. ММК твердый сплав ВК-8- 12 об.% ИА, полученный методом термобарического спекания:
а – внешний вид образцов; б – микроструктура

По разработанной ранее методике [6] исследовали удельную производительность (или износостойкость) полученных композитов, которую определяли как величину отношения объема (см³) абразивного шлифовального круга на основе SiC марки 63С 100 ГОСТ 2424-83, снятого образцом композита, к величине потери массы композита (мг). Результаты испытаний на износостойкость спеченных ММК приведены на рисунке 2.

В ходе испытаний было установлено, что композит на основе твердого сплава, не содержащий ИА (состав №1), характеризуется достаточно низкой удельной производительностью. Наиболее высокой абразивной способностью обладает композит с 12,5 об.% ИА, средняя удельная производительность которого до 50 раз превышает значения данного параметра для твердого сплава без алмазов. Увеличение содержания ИА до 25 об.% приводит к снижению удельной производительности материала в 1,4-1,7 раза. В этом случае в первые 15-20 с испытаний наблюдается интенсивный съем обрабатываемого материала, однако затем к середине цикла происходит ухудшение абразивных свойств ММК вследствие интенсивного выкрашивания алмазных зерен из матрицы и «засаливания» рабочей поверхности образцов.

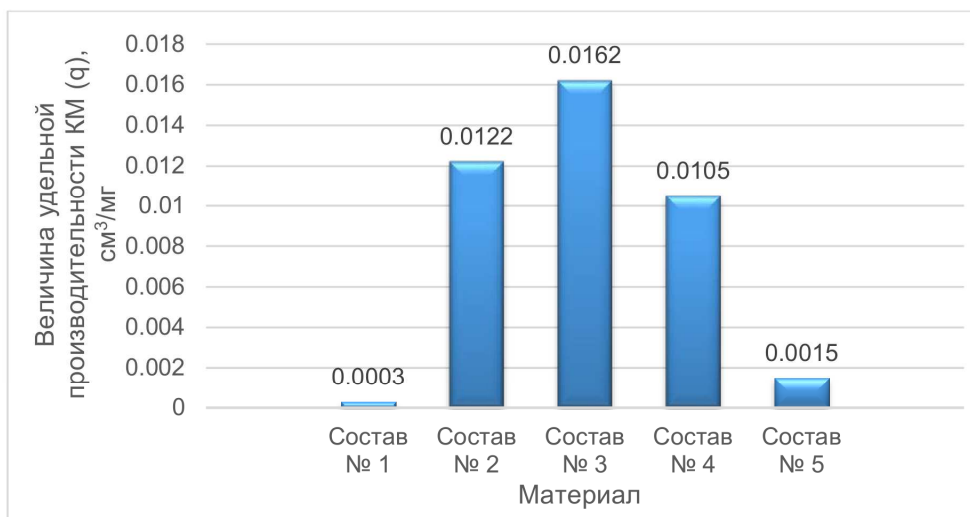


Рисунок 2. Результаты сравнительных испытаний образцов матричных композитов на удельную производительность: 1- композит без добавки ИА; 2- добавка 6,25 об. % ИА; 3- добавка 12,5 об. % ИА; 4- добавка 25 об. % ИА; 5-добавка 25 об. % тагамита

Снижение интенсивности съема для состава №2 по сравнению с составом №3 обусловлено, скорее всего, уменьшением количества режущих алмазных зерен в зоне контакта испытываемого образца с обрабатываемым материалом. Применение в составе ММК тагамита, содержащего до 4 % ИА, также позволяет повысить абразивную способность композита до 5 раз по сравнению с исходным твердым сплавом.

Заключение

Показано положительное влияние добавок ИА и тагамита в количестве 6,25-25 об.% на эксплуатационные характеристики металлматричного композита на основе спеченного переработанного твердого сплава ВК-8. Дальнейшие возможности повышения свойств ММК связаны с разработкой составов адгезионно-активных связей для улучшения алмазоудержания в матрице и оптимизацией дисперсности наполнителей и параметров спекания материала.

Благодарность (финансирование)

Работа выполнена в рамках ГП «Научно-технологические технологии и техника», подпрограмма 2 «Освоение в производстве новых и высоких технологий», мероприятие 20.

Список использованных источников:

- [1] Г. П. Богатырева [и др.] Инструменты из сверхтвердых материалов. Машиностроение (2014) 608.
- [2] В.П. Афанасьев [и др.] Инноватика и экспертиза. 1 (2013) 8-15.
- [3] V. Afanasiev [et al.] Proc. of 14th Int. Congress on Applied Mineralogy (ICAM-2019). Belgorod, V.G. Shukhov Belgorod State Tech. University (2019) 179-182.
- [4] В.Л. Масайтис [и др.] Алмазоносные импактиты Попигайской астроблемы. ВСЕГЕИ (1998) 179.
- [5] В.Т. Сенюль [и др.] Актуальные вопросы машиноведения, 13 (2024) 262–266.
- [6] В.Т. Сенюль [и др.] Актуальные вопросы машиноведения, 11 (2022) 339–345.