

Инструментальные материалы на основе додекаборида циркония

А. Б. Лященко, А. А. Адамовский, В. Н. Падерно,
В. Б. Филиппов, А. В. Евдокимова

Разработаны и получены плавлением композиционные инструментальные материалы на основе додекаборида циркония, модифицированного титаном или вольфрамом. Установлено отсутствие взаимодействия этих материалов с титаном до температуры 1000 °С и показано, что абразивные порошки из них по прочности при сжатии превосходят алмазные порошки марки АСб. Это позволяет рекомендовать новые материалы в качестве инструментальных при обработке титана и его сплавов. Установлена взаимосвязь трещиностойкости композиционных материалов и прочности при сжатии их порошков.

Ключевые слова: прочность, порошки, додекаборид циркония.

Для получения качественной поверхности при механической обработке металлов, в частности титана и его сплавов, которые широко используются в современном машиностроении, важен правильный выбор инструментального материала. При одинаковых режимах обработки износостойкость резцов и шероховатость обработанной поверхности определяются физико-механическими характеристиками обрабатывающего инструмента. Для обеспечения качественного точения титана и его сплавов инструментальный материал должен обладать достаточной твердостью и пластичностью, а также не взаимодействовать с обрабатываемой деталью в зоне резания (при соответствующих температуре и давлении).

В качестве одного из критериев оценки прочностных свойств инструментального материала можно использовать его микротвердость, поскольку существует взаимосвязь этих характеристик [1, 2].

Изнашивание в процессе резания происходит в результате механического и молекулярного взаимодействий поверхности обрабатываемой детали и резца в условиях высоких температуры и давления, возникающих при резании. Вследствие локализованного молекулярного взаимодействия (адгезии), которое сопровождается образованием хемосорбционных связей, осуществляется схватывание трущихся поверхностей, что приводит к повышенному износу режущего инструмента и ухудшению качества поверхности обрабатываемой детали. При обработке титановых сплавов твердосплавными пластинами ВК (карбид вольфрама—кобальт) увеличение износа возможно вследствие взаимодействия титана с металлом связи твердого сплава (при температурах, выше эвтектидной) [3], что вызывает катастрофический рост коэффициента трения и выкалывание зерен карбида вольфрама.

Для обеспечения высокоэффективной обработки титановых сплавов и повышения качества обрабатываемой поверхности необходимо создать новый инструментальный материал с достаточно высокой прочностью

зерен, фазовые составляющие которого не будут взаимодействовать с титаном при температурах резания, что и было основной задачей настоящего исследования.

Наиболее перспективными в этом отношении являются бориды, имеющие достаточно высокие модуль упругости и относительную пластичность. Учитывая высокую стабильность боридов, априори можно предположить, что они не должны взаимодействовать со сплавами на основе Ti вплоть до 1500 °C.

По результатам наших исследований [4], порошок додекаборида циркония показал высокую эффективность при шлифовании титана и его сплавов, что, в частности, объясняется полным отсутствием взаимодействия с поверхностью обрабатываемой детали. Установлено, что единичное зерно ZrB_{12} при микрорезании ведет себя подобно тому, как это наблюдалось для алмазных зерен. Следует отметить, что, в отличие от других абразивов, в случае использования зерен ZrB_{12} в приповерхностных слоях формируются сжимающие остаточные напряжения, что приводит к повышению циклической прочности металла и удлинению срока службы обработанных деталей [5].

Однако применение монокристаллов додекаборида циркония ограничивается весьма сложным и плохо воспроизводимым процессом их получения. В большинстве случаев после плавления (как в дуговой печи, так и в установке Кристалл-111) материал содержит достаточно крупные (более 40 мкм) пластинчатые включения диборида. На основании имеющегося опыта высказано предположение, что за счет введения в материал малых добавок и создания композитов на основе ZrB_{12} можно повысить технологичность процесса получения материала и обеспечить диспергирование включений. Уменьшение размеров включений до субмикронных позволит получить необходимую однородность структуры композита и создать новые инструментальные материалы, обладающие более высокими прочностными характеристиками, в том числе повышенной трещиностойкостью.

В процессе выполнения работы выращены монокристаллы ZrB_{12} и получены композиты на его основе как на установке высокочастотной зонной плавки Кристалл-111, так и с использованием стандартного оборудования для дугового плавления материалов. В качестве модификатора для диспергирования включений и обеспечения однородности структуры композиционных материалов на основе додекаборида циркония использованы такие тугоплавкие высокомодульные соединения, как диборид титана или боридные фазы вольфрама.

Как показали результаты металлографического исследования, композиционные материалы на основе ZrB_{12} , содержащие в качестве армирующих фаз боридные бескислородные тугоплавкие соединения, характеризуются сплошной матрицей додекаборида циркония. Последняя имеет многочисленные тонкопластинчатые включения вторых фаз, месторасположение, количество и размеры которых колеблются в зависимости от выбора модификатора и его количества.

Образование таких структур привело к повышению прочностных характеристик материала, в частности коэффициент трещиностойкости K_{Ic} увеличился с 3,1 до 5,0—5,2 МН·м^{1/2}, что обеспечило и возрастание

прочности при сжатии единичных абразивных зерен, полученных после дробления выплавленных слитков.

Проведены измерения прочности при сжатии абразивных порошков, полученных после дробления слитков как индивидуального додекаборида циркония, так и композиционных материалов на его основе. Изучена прочность при сжатии абразивных порошков зернистостью 160/125—315/250 мкм по ГОСТ 9206-080. Результаты испытаний представлены на рис. 1 и 2. Для сравнения на этих графиках нанесены величины прочности при сжатии абразивных порошков эльбора и алмаза по данным работы [6].

Полученные результаты измерения прочности при сжатии единичных абразивных зерен измельченного монокристалла додекаборида циркония показали, что их прочность выше прочности синтетического алмазного порошка марки АС6 и эльбора марки ЛД и приближается к прочности зерен синтетического алмаза марки АС15 (рис. 1). В то же время абразивные порошки на основе додекаборида циркония зернистостью 315/250, содержащие в качестве модификатора диборид титана TiB_2 , практически не уступают по прочности зернам синтетического алмаза марки АС15.

Абразивные порошки композиционных материалов, содержащие в качестве модификатора боридные фазы вольфрама, также могут найти применение в качестве инструментального материала для обработки титана и сплавов на его основе, поскольку благодаря более технологичному процессу их получения обладают достаточно высокой прочностью абразивных зерен при сжатии. Особенно это относится к композиционному материалу зернистостью 315/250 на основе додекаборида циркония, содержащему в качестве модификатора моноборид вольфрама, прочность зерен при сжатии которого превышает эту характеристику для синтетического алмаза марки АС15 той же зернистости: 20,4 и 18,8 Н соответственно (рис. 2).

Как следует из анализа полученных результатов, при изготовлении композиционных материалов на основе додекаборида циркония формируются гетерогенные структуры, обеспечивающие повышение прочностных характеристик и сопротивляемости материала деформационным воздействиям. Прочность зерен при сжатии, которая характеризует в определенной

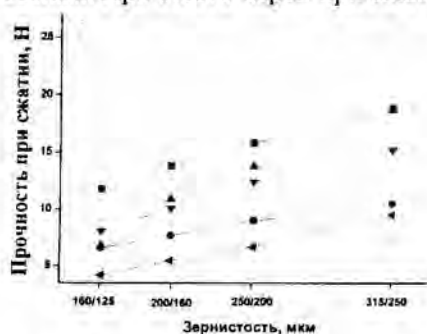


Рис. 1. Зависимость прочности зерен некоторых материалов при сжатии от их зернистости: ■ — алмаз АС15; ● — алмаз АС6; ▲ — $ZrB_{12} + TiB_2$; ▼ — ZrB_{12} ; ◄ — эльбор ЛД.

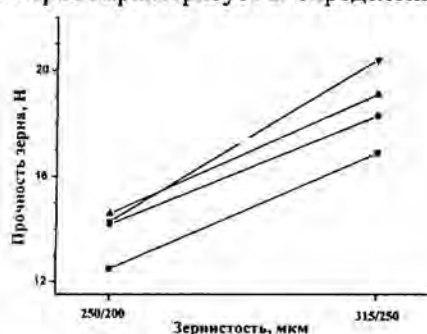


Рис. 2. Зависимость прочности при сжатии зерен композиционных материалов додекаборид циркония—борид вольфрама от их зернистости: ■ — $ZrB_{12} + WB_2$; ● — $ZrB_{12} + W_2B_5$; ▲ — $ZrB_{12} + WB_4$; ▼ — $ZrB_{12} + WB$.

степени склонность материала к трещинообразованию и выкрашиванию режущих кромок, в этом случае возрастает на 10—30% по сравнению с прочностью зерен синтетического алмаза марки АС6. Как уже отмечалось, также наблюдается и возрастание коэффициента K_{1c} .

Благодаря высокой микротвердости, повышенной трещиностойкости и отсутствию взаимодействия с титаном композиционные материалы на основе додекаборида циркония могут применяться в качестве инструментальных, что позволит значительно повысить работоспособность обрабатываемого инструмента и качество обрабатываемой поверхности титана и его сплавов.

1. Гаршин А. П., Гропянов В. М., Лагунов Ю. В. Абразивные материалы. — Л.: Машиностроение, 1983. — 231 с.
2. Семенова-Тянь-Шанская А. С. Взаимосвязь работоспособности резцов с прочностными свойствами алмазного инструмента // Труды ВНИИалмаза. — М., 1982. — 118 с.
3. Еременко В. Н. Титан и его сплавы. — К.: изд-во АН УССР, 1960. — 200 с.
4. Падерно Ю. Б., Адамовский А. А., Лященко А. Б., Падерно В. Н. ZrB_{12} как инструментальный и абразивный материал для механической обработки титановых сплавов // Материалы Междунар. конф. "Новейшие технологии в порошковой металлургии и керамике". — 2002. — С. 212—213А.
5. Адамовский А. А., Лященко А. Б., Падерно Ю. Б. Додекаборид циркония — эффективный абразивный материал // Сверхтвердые материалы. — 2003. — № 3. — С. 60—65.
6. Абразивная и алмазная обработка материалов: (Справ.) / Под ред. А. Н. Резникова. — М.: Машиностроение, 1977. — 390 с.

Інструментальні матеріали на основі ZrB_{12}

А. Б. Лященко, А. А. Адамовський, В. Н. Падерно,
В. Б. Філіпов, А. В. Євдокимова

Розроблено та отримано плавленням композиційні інструментальні матеріали на основі додекабориду цирконію, модифікованого титаном або вольфрамом. Встановлено відсутність взаємодії цих матеріалів з титаном до температури 1000 °С та показано, що їх абразивні порошки по міцності при стисканні перевищують алмазні порошки марки АС6. Це дозволяє рекомендувати нові матеріали як інструментальні для обробки титану та його сплавів. Встановлений взаємозв'язок між тріщиностійкістю композиційних матеріалів та міцністю при стисканні їх порошків.

Ключові слова: міцність, порошки, додекаборид цирконію.

Tool materials based on ZrB_{12}

A. Liashchenko, A. A. Adamowski, V. Paderno, V. Filipov, A. Ievdokymova

Composite tool materials based on zirconium dodecaboride modified with titanium or tungsten have been developed and fabricated by arc melting. It has been shown that there is no interaction between the developed material and titanium up to the temperature 1000 °C. Moreover, the abrasive powders prepared from the developed material have higher compressive strength than diamond powders AC6. This indicates the big potential of the new material for tooling of titanium and titanium-based alloys. Interrelation between the fracture toughness of the developed bulk composites and compressive strength of the powders prepared from these materials has been established.

Keywords: strength, powders, ZrB_{12} .