

УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ТВЁРДОГО СПЛАВА ВК10КС ПРИ ДВУХКОМПОНЕНТНОМ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОМ ЛЕГИРОВАНИИ

© 2012 Т.Н. Осколкова, Е.А. Будовских

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Поступила в редакцию 16.03.2012

Проведено электровзрывное легирование поверхности твердого сплава ВК10КС титаном и титаном с навеской алмазной пудры. Показано, что обработка приводит к формированию структуры в поверхностном слое, состоящей из соединений TiC, (Ti, W)C, (W,Ti)C_{1-x} и W₂C. Шероховатость поверхности не превышает Ra=1,98 мкм, нанотвердость достигает 25000 МПа. Износостойкость, оцененная по глубине трека износа, повышается в 10 раз.

Ключевые слова: буровой и горно-режущий инструмент, карбидовольфрамовые твёрдые сплавы, поверхностное упрочнение, электровзрывное легирование

В настоящее время для увеличения долговечности твёрдосплавных пластин группы ВК применяют методы упрочнения, использующие концентрированные потоки энергии [1]. Один из методов такой обработки – электровзрывное легирование (ЭВЛ) [2]. Он заключается в формировании структуры и изменении свойств металлов и сплавов при импульсном воздействии на поверхность многофазной плазменной струёй, сформированной из продуктов электрического взрыва проводников. Ранее [3] было показано, что обработка твердого сплава ВК10КС с использованием электровзрыва углеграфитовых волокон или алюминиевой фольги с внесением в область взрыва навески частиц алмазной пудры позволяет повысить его поверхностную твердость. Вместе с тем, вклад в упрочнение частиц алмазной пудры остается не выясненным. Кроме того, представляет интерес изучить возможности ЭВЛ при упрочнении твердых сплавов с использованием других взрывааемых проводников.

Цель настоящей работы: изучение структуры и свойств твердого сплава ВК10КС при электровзрывном легировании титаном и титаном с навеской алмазной пудры.

Твёрдые сплавы системы WC-Co остаются основным материалом при производстве различного инструмента. Так, сплавы ВК10 и ВК15, обладающие высокой вязкостью, используют для волоочильных, буровых и горно-режущих инструментов [4]. Их эксплуатационные свойства в основном определяются износостойкостью и прочностью. Одной из причин образования дефектов, возникающих в рабочем слое вставки из твёрдого сплава, является абразивное изнашивание

поверхности. В настоящей работе для исследования использованы твёрдосплавные пластины из сплава ВК10КС производства ОАО «Кировоградский завод твёрдых сплавов», выпускаемые по техническим условиям ТУ 48-19-367-83.

Работа импульсного плазменного ускорителя подробно описана в работах [2, 5]. Обработку проводили в режиме, при котором поглощаемая плотность мощности составляла 6,0 ГВт/м². В качестве проводника использовали титановую фольгу массой 80 мг. Дополнительно в область взрыва была внесена порошковая навеска синтетической алмазной пудры АС2 массой 60 мг, которая могла создать на поверхности твёрдого сплава алмазное покрытие, учитывая очень короткое (10⁻⁴ с) время обработки. Выбор титана в качестве проводника основан на большой его склонности к карбидообразованию и формированию твёрдого соединения TiC.

Микрогеометрию поверхности после упрочнения изучали методом профилометрии на установке «Micro Measure 3D station». Глубину зоны плазменного воздействия и особенности структуры определяли с использованием сканирующего электронного микроскопа «Philips SEM 515». Изменение фазового состава поверхностных слоёв определяли с использованием рентгеновского дифрактометра ДРОН-2,0 в железном K_α-излучении. Наноиндентирование поверхности производили на приборе «Nano Hardness Tester» фирмы CSEM. Износостойкость твёрдого сплава до и после упрочнения определяли с помощью высокотемпературного трибометра «High Temperature Tribometer» этой же фирмы. Износ образцов определяли при комнатной температуре путем измерения глубины и площади сечения трека, образованного в результате действия неподвижного индентора на вращающийся образец при нагрузке 3 Н, числе оборотов 4000 и линейной скорости движения 2,5 см/с. В качестве индентора использовали четырехгранную алмазную пирамиду. Износ образцов определяли по результатам 10 измерений.

Осколкова Татьяна Николаевна, кандидат технических наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой обработки металлов давлением и металловедения. E-mail: oskolkova@kuz.ru

Будовских Евгений Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры физики. E-mail: budovskih_ea@phisys.sibsiu.ru

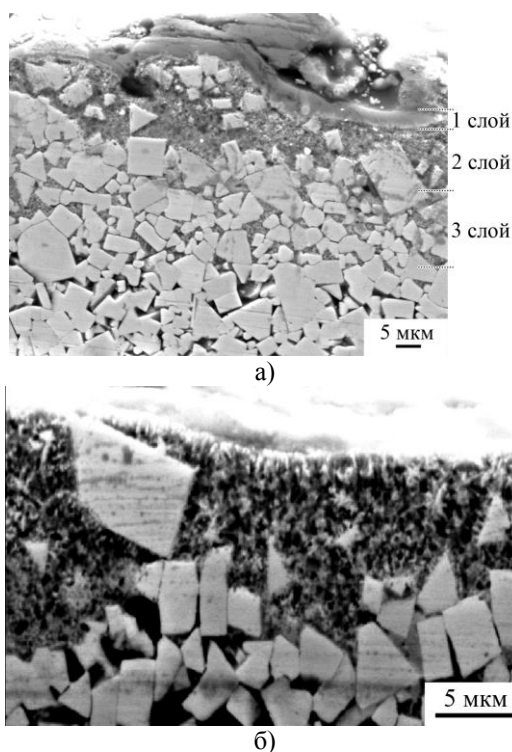


Рис. 1. Микроструктура сплава BK10KC после электровзрывного легирования титаном (а) и титаном с навеской алмазной пудры (б). Сканирующая электронная микроскопия во вторичных электронах

Сканирующая электронная микроскопия поперечных шлифов показала (рис. 1), что при ЭВЛ титаном на облучаемой поверхности формируется плохо травящийся сплошной слой 1 толщиной 3-4 мкм (рис. 1а). Под верхним слоем располагается слой 2 с мелкодисперсной структурой. В этом слое наблюдаются также отдельные частицы WC с исходными размерами. Видимо, они были вынесены из глубины конвективными потоками расплава, образующимися при ЭВЛ [2]. Под ним располагается слой 3, в котором изменения структуры затрагивают только легкоплавкую кобальтовую связку и проявляются в уменьшении исходной пористости. Переход к материалу основы в слое 3 происходит без образования микротрещин. Общая глубина зоны плазменного воздействия составляет 40-50 мкм. Аналогичное строение по глубине имеет и зона плазменного воздействия при ЭВЛ титаном с навеской алмазной пудры (рис. 1б). Вместе с тем, толщина слоя 1 в этом случае существенно меньше – около 1 мкм, а слой 2 достигает толщины 15-20 мкм.

По результатам рентгеноструктурных исследований после ЭВЛ титаном слой 1 состоит из TiC и сложного карбида (Ti, W)C (рис. 2а). Это позволяет предложить следующий механизм его формирования. Поскольку плотность титана примерно в три раза ниже плотности твердого сплава [6], при взаимодействии с поверхностью расплава капельной компоненты продуктов взрыва титановой фольги они не проникают в расплав глубоко, а формируют вблизи поверхности

слой с высокой концентрацией титана. Титан является сильным карбидообразующим элементом, поэтому углерод из расплава диффундирует к поверхности, где и происходит образование фаз TiC и (Ti, W)C. Кроме того, на дифрактограммах наблюдаются пики, соответствующие монокарбиду дивольфрама W₂C [7]. Можно предположить, что эта фаза образуется преимущественно в слое 2 из-за недостатка углерода, который диффундирует вверх и связывается с титаном. После ЭВЛ титаном с навеской алмазной пудры рентгеноструктурный анализ показал наличие на поверхности карбидов TiC, (W,Ti)C_{1-x}, монокарбида дивольфрама W₂C (рис. 2б).

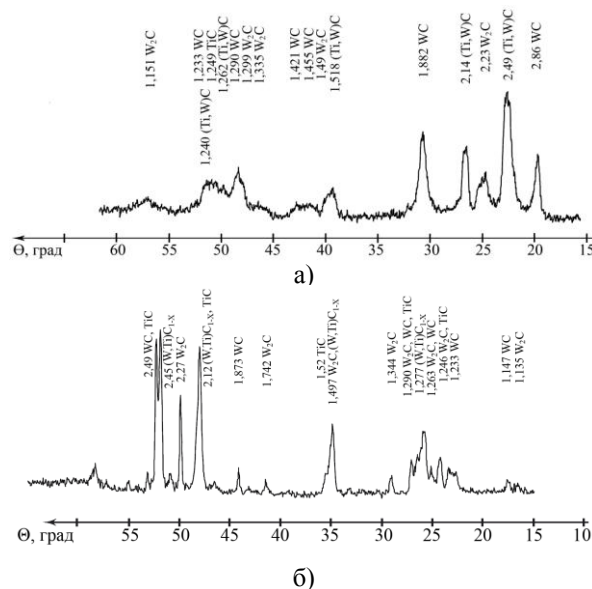


Рис. 2. Дифрактограммы сплава BK10KC после электровзрывного легирования титаном (а) и титаном с навеской алмазной пудры (б)

Вследствие того, что время импульса при ЭВЛ составляет 10^{-4} секунд можно было ожидать получение алмазного покрытия при конденсации на поверхности частиц алмазной пудры. Однако следов алмаза на поверхности твердого сплава не выявлено. Это можно объяснить следующим образом. По мнению авторов [8], с одной стороны, синтетические алмазы типа AC2 имеют большую склонность к графитизации под действием высоких температур и относительно длительной выдержке (более 15 минут), чем естественные алмазы. С другой стороны, по мнению авторов работы [9] присутствие титана и кобальта в твердом сплаве ускоряет процесс графитизации. Таким образом, на поверхности твердого сплава в результате обработки синтетический алмаз трансформируется в графит, который соединяется с титаном и образует карбиды TiC и (W,Ti)C_{1-x}.

Поскольку титан является сильным карбидообразующим элементом, в первую очередь происходит синтез карбидов титана. При этом в некоторых местах слоя 2 происходит обеднение по углероду и в соответствии с диаграммой состояния W-C [7] происходит образование фаз

$W_2C + \alpha-WC$, которые выявляет рентгеноструктурный анализ.

Профилометрия показала, что шероховатость поверхности исходных образцов составляет $Ra=1,32$ мкм. При этом для готовых изделий, таких как буровые коронки и комбайновые резы, оснащённых твёрдосплавными пластинами, допускается чистота обработки твёрдого сплава $Ra=2,50$ мкм. ЭВЛ титаном приводит к незначительному увеличению шероховатости поверхности, сохраняя её в пределах технических требований – $Ra=1,98$. Увеличение шероховатости после ЭВЛ можно связывать с радиальным течением расплава под действием неоднородного давления плазменной струи, а также с осаждением конденсированных частиц продуктов взрыва титановой фольги, которые располагаются в тылу струи, достигают облучаемой поверхности уже на стадии ее кристаллизации и растекаются на ней, формируя новый рельеф [2]. ЭВЛ твёрдого сплава титаном с алмазной пудрой приводит к снижению шероховатости до $Ra=1,16$ мкм. Это можно связывать с тем, что при ЭВЛ с использованием порошковых навесок подавляется радиальное течение расплава на поверхности.

Наноиндентирование показало увеличение твёрдости, измеренной со стороны облучённой поверхности, до значений 25000 МПа при ЭВЛ титаном и 24500 МПа после ЭВЛ титаном с алмазной пудрой. При этом полученные значения превосходят нанотвёрдость образцов в исходном состоянии в 2,0-2,5 раза. Испытания на износостойкость показали, что глубина трека износа составляет 58,0; 5,4 и 5,9 мкм, а площадь трека – 12921, 373 и 448 мкм² на образцах без обработки, после ЭВЛ титаном и после ЭВЛ титаном с алмазной пудрой соответственно. Увеличение износостойкости упрочнённых образцов связано с образованием на поверхности карбидов TiC, W_2C , $(W, Ti)C_{1-x}$, которые имеют большую твёрдость, чем WC [10].

Выводы: ЭВЛ поверхности твёрдого сплава BK10KC титаном и титаном с навеской алмазной пудры приводит к формированию зоны упрочнения, состоящей из поверхностного слоя,

включающего TiC и сложные карбиды (Ti, W)C и $(W, Ti)C_{1-x}$, промежуточного слоя, содержащего W_2C , и зоны термического влияния с изменённым состоянием кобальтовой связующей. Шероховатость поверхности не превышает $Ra=1,98$ мкм. Нанотвёрдость поверхности достигает 25000 МПа. Износостойкость, оценённая по глубине трека износа, повышается в 10,7 раза, а по его площади – в 34,6 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Тюрин, Ю.Н.* Импульсно-плазменное модифицирование поверхности изделия из сплава WC + 20 % Co / *Ю.Н. Тюрин, С.Н. Кульков, О.В. Колесниченко* // Физ. инженерия поверхности. 2009. № 3. С. 262-267.
2. *Багаутдинов, А.Я.* Физические основы электро-взрывного легирования металлов и сплавов / *А.Я. Багаутдинов, Е.А. Будовских, Ю.Ф. Иванов, В.Е. Грамов.* – Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2007. 301 с.
3. Патент РФ 2413792 МПК C23C 14/32, C23C 14/48. Способ упрочнения поверхности вольфрамокобальтового твёрдосплавного инструмента / *Т.Н. Осколкова, Е.А. Будовских*; заявитель и патентообладатель *Т.Н. Осколкова, Е.А. Будовских* // № 2009134016/02; заявл. 10.09.2009; опубл. 10.03.2011, Бюл. № 7.
4. *Евстратова, Н.Н.* Материаловедение / *Н.Н. Евстратова, В.Т. Компанеев, В.А. Сухарникова.* – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. 268 с.
5. *Осколкова, Т.Н.* Импульсная плазменная обработка поверхности сплава BK10KC / *Т.Н. Осколкова, Е.А. Будовских* // МИТОМ. 2011. № 12. С. 38-41.
6. *Арзамасов, Б.Н.* Конструкционные материалы: Справочник / *Б.Н. Арзамасов, В.А. Брострем, Н.А. Буше.* – М.: Машиностроение, 1990. 688 с.
7. *Чапорова, И.Н.* Структура спечённых твёрдых сплавов / *И.Н. Чапорова, К.С. Чернявский.* – М.: Металлургия, 1975. 248 с.
8. *Поляков, В.П.* Алмазы и сверхтвёрдые материалы / *В.П. Поляков, А.В. Ножкина, Н.В. Чириков.* – М.: Металлургия, 1990. 327 с.
9. *Ножкина, А.В.* Влияние металлов на фазовые превращения алмаза в графит: Направления совершенствования технологических возможностей алмазных инструментов в процессе обработки // Сб. науч. тр. НИИмаш, 1982. С. 1.
10. *Самсонов, Г.В.* Тугоплавкие соединения / *Г.В. Самсонов, И.М. Виницкий.* – М.: Металлургия, 1976. 560 с.

HARDENING OF HARD ALLOY BK10KC SURFACE AT THE TWO-COMPONENT ELECTROEXPLOSIVE ALLOYING

© 2012 T.N. Oskolkova, E.A. Budovskikh
Siberian State Industrial University, Novokuznetsk

The electroexplosive alloying of hard alloy surface by titanium and titanium with shot of diamond powder is carried out. It is shown that processing leads to formation the structure of surface layer, consisting of TiC (Ti, W) C, $(W, Ti) C_{1-x}$ and W_2C . The roughness of a surface doesn't exceed of $Ra=1,98$ micron, nanohardness reaches 25000 MPa. The wear resistance estimated on the depth of wear track, increases in 10 times.

Key words: *drilling and mining cutting instrument, WC hard alloys, surface hardening, electroexplosive alloying*