

УДК: 621.025

*А.С. Янюшкин**, *О.И. Медведева*, *П.В. Архипов*, *В.Ю. Попов*

МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПЛЕНОК НА АЛМАЗНЫХ КРУГАХ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СВЯЗКОЙ

Статья посвящена проблеме потери работоспособности алмазных кругов при обработке твердосплавных материалов. Основное внимание уделено составу засаленного слоя и механизму образования защитных пленок на поверхности алмазных кругов. Установлено, что при шлифовании твердых сплавов возможны условия блокирования засаленного слоя и повышения режущих свойств алмазных кругов с металлической связкой.

Ключевые слова: алмазные круги, металлическая связка, проблема засаливания, устранение засаливания, повышение работоспособности алмазных кругов.

Интенсивное использование различных методов металлообработки обусловлено характерными для отечественного машиностроения тенденциями развития, связанными с производством высокопрочных и труднообрабатываемых материалов. Особенно остро стоит задача интенсификации производства изделий, которые должны удовлетворять самым высоким требованиям качества. Высокая гибкость и технологичность использования прогрессивных методов обработки позволяет решить эти задачи [1].

Для обработки, например, твердых сплавов широко распространены алмазные круги на металлической связке, но проблема заключается в быстрой потере их работоспособности из-за интенсивного засаливания и отсутствия режущих зерен, в особенности при шлифовании без применения рациональных режимов и специальных методов обработки, при использовании технологических сред, СОЖ, ПАВ и т. д. Помимо этого, через некоторое время режущие зерна на поверхности покрываются отходами шлифования, и затупившиеся зерна не могут удаляться (вскрывать) как отработанные.

В зоне контакта в реальных условиях происходят процессы, достаточно полно описания которых в настоящее время нет. Сложность в построении математической модели взаимодействия обраба-

тываемого материала и шлифовального круга заключается в том, что данный процесс подчиняется сложным физико-химическим законам. Поэтому для выбора рациональных режимов шлифования, обеспечивающих максимальную производительность и качество обработанной поверхности при изменении параметров обработки, требуются обширные теоретические и экспериментальные исследования. Для исключения засаливания шлифовального круга необходимо знать причины этого явления. Это необходимо для того, чтобы путем применения специальных средств, способов обработки и их вариаций достичь оптимальных результатов.

При шлифовании, например, твердого сплава ВК8 без соблюдения определенных режимов, особенно без СОЖ, на поверхности алмазного круга обнаруживаются только элементы, принадлежащие обрабатываемому материалу. При этом затупившиеся зерна полностью покрыты засаленным слоем, что является причиной потери работоспособности круга (рис. 1). Обстоятельства, связанные с образованием новых соединений, можно трактовать следующим образом. Поскольку в твердом сплаве ВК8 свободный вольфрам отсутствует, фазы W_2C , WSi_2 могут возникнуть при деструкции WC сначала до W_2C , а затем до чистого

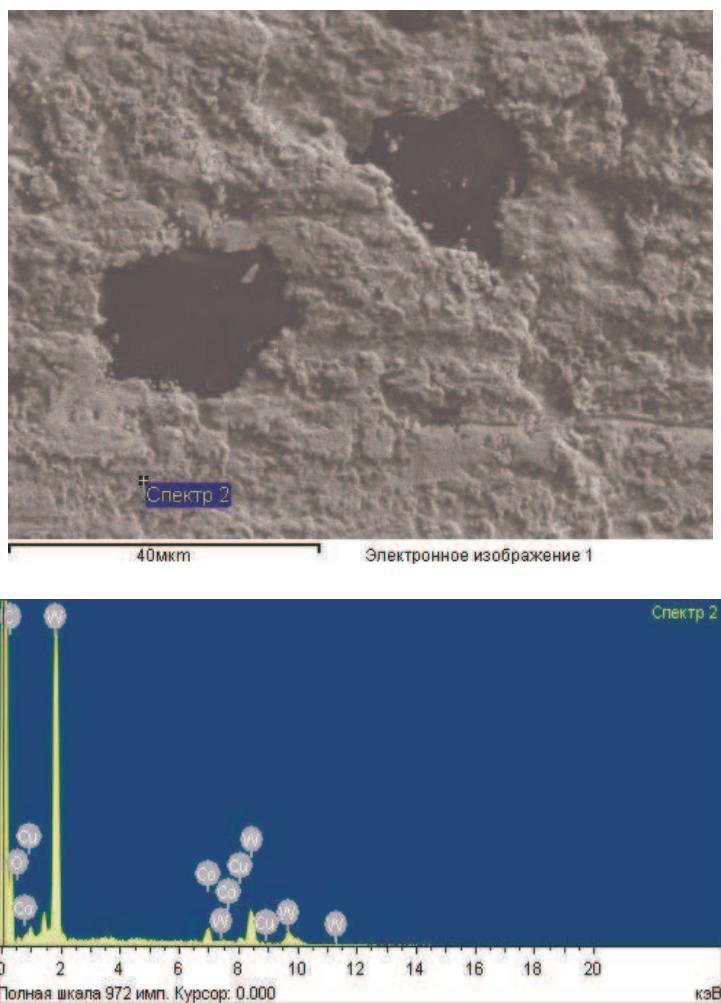


Рис. 1. Поверхность круга АС6 и анализ состава засаленного слоя после обработки.

вольфрама W, который, соединяясь с Si, образует WSi_2 . Образование фаз ($W_2C + W$) может происходить в интервале температур 2400...2700 °С, причем, в условиях недостатка углерода. Соединение CoO образовалось в результате взаимодействия Co, находящегося в связке твердого сплава, с кислородом воздуха.

Суммируя данные о кобальте, можно констатировать, что он присутствует в засаленном слое как в чистом виде, так и в окисленном [2]. На участке, с которого сняты данные о составе, видимых крупных включений не обнаружено. Они либо спрессованы, либо покрыты засаленным слоем. Высокий уровень содержания углерода это, с одной стороны, результат процесса графитизации и высокой кон-

центрации карбидов в составе сплава, с другой – наличие алмазных зерен, выступающих над засаленным слоем. Остальные обнаруженные металлы содержатся либо в форме твердых растворов, либо в виде спрессованной механической смеси удаленных частиц сплава.

Отследить процесс образования засаленного слоя достаточно сложно, поскольку наросты, налипсы, адгезионные и диффузионные процессы происходят стохастично, и характеристики нарастают интегрированно, с каждым проходом. Процессы, происходящие на поверхности зерна и связки в первые моменты обработки, определяют поведение как металлов сплава, так и скорость образования и состав засаленного слоя.

Существует мнение [3], что новообразование на зернах является следствием того, что налипы металла заполняют впадины субмикрпрофиля. В результате развития этого процесса налипами может покрываться вся поверхность круга. Данные явления могут протекать на поверхности алмаза, поэтому их связь с кристаллом, а также со связкой круга и является главной задачей при исследовании.

Многие из поверхностных дефектов на алмазных зернах представляют собой ряды и сетки дислокаций, а совокупность таких сеток образует в поликристаллах границы зерен. На этих границах собираются примесные атомы и инородные частицы. Существующие несовершенства кристалла алмаза (рис. 2) являются концентраторами напряжений вследствие выхода на поверхность блуждающих электронов и дислокаций. Величина напряжений зависит от природы и формы дефектов строения алмаза – технологическое несовершенство или полученное в результате электрохимического пробоя, вырывания и т. д.

В связи с тем, что несовершенства структуры, такие как трещины, сколы находятся на ребре зерна, процессы адгезионного взаимодействия в этой области происходят наиболее интенсивно. На рис. 3 видно, что кромка алмазного зерна по-



Рис. 2. Дефекты поверхности алмазного зерна, увеличение $\times 27570$.

крыта новообразованиями. При этом грани свободны от налипов и кристаллов.

Спектральный анализ состава налипа (нароста) на алмажном зерне (рис. 4) показывает, что кристаллы содержат не только элементы твердого сплава, но и элементы связки круга. Механически, в виде налипов элементы круга на ребре зерна оказаться не могли. Следовательно, эти образования являются следствием того, что в зоне контакта, кроме механически срезанных частиц материала, присутствуют совершенно новые материалы, количественный состав которых пока не известен.

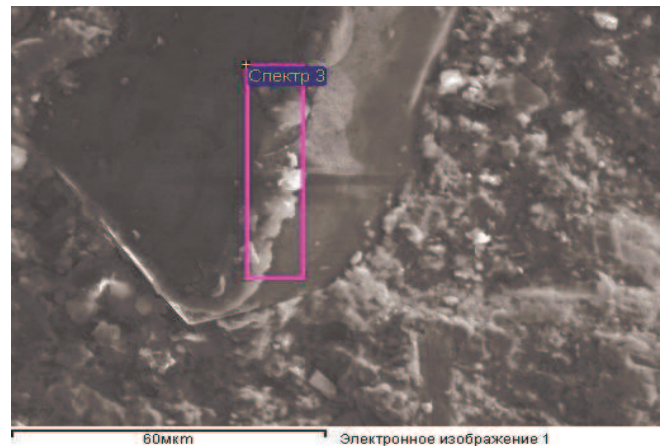


Рис. 3. Налипы на режущей части алмазного зерна.

Самый большой пик принадлежит углероду. Во-первых, это связано с тем, что алмаз сам является углеродом, а во-вторых, углерод это составная часть карбидов. Существуют две теории о причинах образования графита. Согласно первой, выделение графита происходит из жидкого раствора или из твердого раствора – аустенита. Вторая теория предполагает процесс графитизации, как кристаллизацию графита из выделившихся карбидов, причем предполагается, что время существования этих карбидов незначительно, и процесс распада происходит в момент их выделения. Наличие различных фаз углерода является одним из важных фактов, влияющих на многообразие процессов в зоне контакта. Это объясняется тем, что углерод в виде алмаза является диэлек-

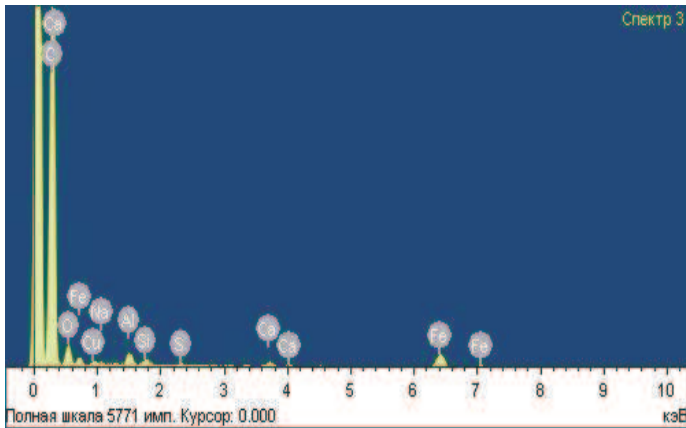


Рис. 4. Спектральный анализ налипов на режущей части зерна.

триком, а в виде графита он обладает большой проводимостью. Наличием графита можно объяснить высоту пика углерода (рис. 1, 4) [4].

Карбиды вольфрама обладают вязкой матрицей с распределенными в ней очень твердыми частицами. Это свойство твердых сплавов обеспечивает высокую стойкость к абразивному изнашиванию. При высоких температурах, когда складываются благоприятные условия разложения карбида вольфрама на углерод и вольфрам, металл стремится к образованию двойных карбидов сопутствующих металлов и вольфрама $M_xM'_yC_z$, снижающих вязкость обрабатываемого сплава,

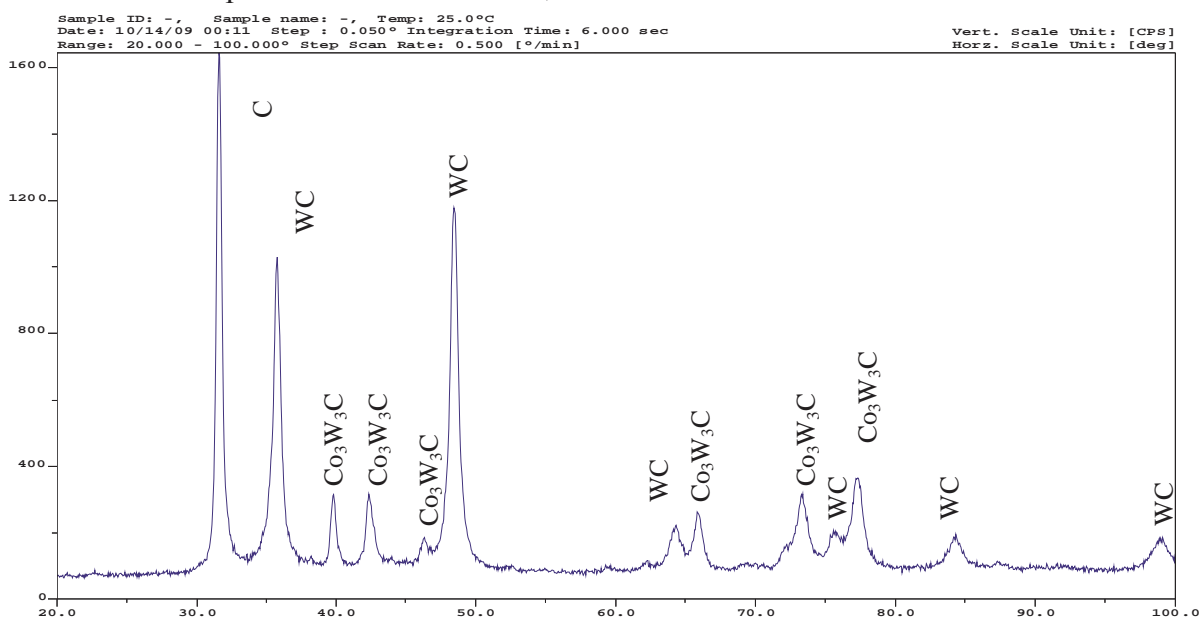


Рис. 5. Фазовый состав круга АС6 после 30 минут шлифования сплава ВК8.

который может обнаруживать совершенно новые свойства. Известно, что повышение твердости сопровождается снижением пластичности (вязкости), повышением чувствительности к трещинообразованию и склонности к хрупкому разрушению.

При нагреве высокотемпературного карбида вольфрама более чем на 900 °С начинается эвтектоидный распад $\beta\text{-WC} \rightarrow \alpha\text{-WC} + \text{W}_2\text{C}$ [5]. Гексагональный плотноупакованный $\alpha\text{-WC}$, обладающий сверхструктурой, не склонен к образованию твердых растворов, поэтому имеет место распад твердого раствора. Избыточная свободная энергия границ зерен создает избыточный термодинамический потенциал в связи с тем, что напряжение, при котором происходит анодное растворение сплава, повышается по сравнению с его значением при растворении чистого карбида вольфрама. Что же касается W_2C , то одновременно с кобальтом данная структура существовать не может и приводит к образованию сложных вольфрамо-кобальтовых карбидов, так называемой η -фазы (рис. 5).

В структуре обрабатываемого сплава образуется избыток ионов углерода,

когда нарушенная обработкой кристаллическая решетка обменивается электронами связки и самим зерном круга. В связи с нарушением структуры процессы адгезионного взаимодействия наиболее интенсивно переходят в физико-химические процессы в области с повышенной концентрацией углерода вследствие того, что скорость выхода углерода на обрабатываемую поверхность выше, чем вольфрама.

Пленочная теория о соединении материалов в твердой фазе основана на предположении, что образование соединений возможно при сближении ювенильных поверхностей на расстояние межатомного взаимодействия. При этом соединение образуется в результате схватывания, представляющего бездиффузионный процесс объединения кристаллических решеток алмазного зерна и связки круга. Образуется пленка (рис. 6). В рассматриваемой системе происходит обмен атомами между областями, следствием которого является перемещение границы. Очевидно, что скорость перемещения и, соответственно, скорость роста зерен определяется скоростью направленного переноса атомов через границу между зернами, которая, в свою очередь, зависит от частоты перескоков атомов в прямом и обратном направлении.

Засаливание круга может быть уменьшено, если между активными взаимодействующими поверхностями поместить нейтральную в химическом отношении пленку. Можно предположить, что образование пленок происходит естественным образом на первых этапах шлифования, но далее они играют отрицательную роль, являясь активатором засаливания алмазного круга.

Чем пленка мягче, тем больше она растекается в процессе деформации и увеличения площади контактирующих поверхностей. Твердые пленки растрескиваются без увеличения их поверхности и дают возможность выхода на контактную поверхность ионов и электронов металла.

Поэтому важно знать характеристики образованного слоя на поверхности алмазного круга. Пленка является защитной, если имеет достаточное сцепление с поверхностью и высокую коррозионную стойкость. Кроме этого, она должна обладать достаточной эластичностью или высокой скоростью образования. По мере утолщения слоя пленки действие ориентационных сил на поверхности ослабевает, и она стремится принять стабильную в данных условиях структуру. Вследствие того, что в атомных слоях формируется неоднородность по химическому составу, содержание составляющих твердого сплава падает в направлении к поверхности, и в нем увеличивается содержание углерода.

Если пленка обладает высокой вязкостью или низкой скоростью образования и достаточной жесткостью, то она разрушается при внешнем воздействии и может являться твердой смазкой. Этот факт может быть полезным, так как, являясь новообразованием, пленка оказывается доставленной к месту взаимодействия инструментального и обрабатываемого материалов. Но для того, чтобы токи правки и травления работали эффективно, пленка должна обладать электропроводностью.

Разрушение окисной пленки влечет за собой появление такого влияния, как коррозия. Точечная коррозия часто возникает на совершенно гладкой поверхности и носит точечный, местный характер [6]. В остальной части пленка устойчива к внешним воздействиям. Данный процесс можно объяснить наличием вышедших на поверхность дефектов, таких, как вакансии, дислокации, блуждающие атомы. При этом в области взаимодействия имеются ионы-активаторы Cl и др., являющиеся причиной появления солей, окислов и карбидов. Этим можно объяснить тот факт, что на поверхности алмазных зерен обнаруживаются составляющие связки круга.

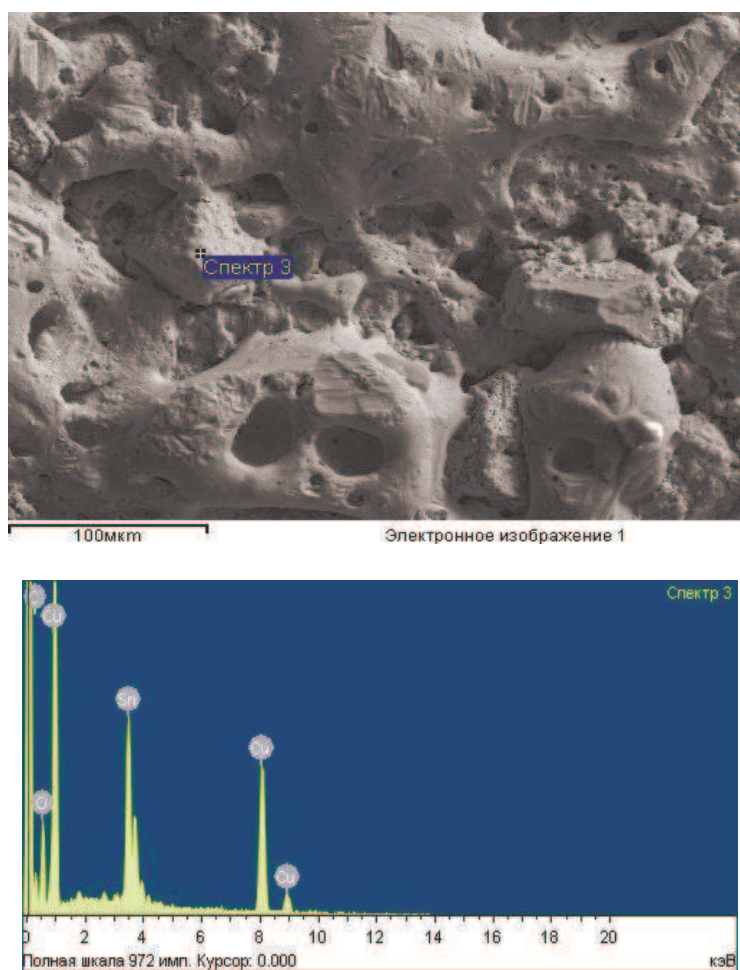


Рис. 6. Поверхность круга АС6 после электрохимической правки.

Межкристаллитная коррозия имеет место вследствие того, что границы зерен более подвержены разведанию. Также возможны разупрочнение связующей фазы кобальта и унос частично растворившихся карбидов вольфрама.

Учитывая экспериментальные данные, можно утверждать, что с помощью различных способов обработки и целенаправленных добавок в связку алмазных кругов и технологические среды можно сформировать в зоне контакта пленку, которая сможет осуществлять функцию экрана для протекающих процессов. Хотя проведенные работы уже дали первые практические результаты, требуются усилия для их дальнейшего развития, при которых за счет минимизации засаливания алмазных кругов область их исполь-

зования может быть значительно расширена.

Литература

1. Янюшкин А. С., Лобанов Д. В., Якимов С. А. Состояние твердосплавного инструмента, заточенного различными методами электроалмазной обработки // Вест. Иркут. регионального отд-ния АН ВШ России. 2006. № 2 (9). С. 100-104.
2. Янюшкин А. С., Шоркин В. С. Контактные процессы при электроалмазном шлифовании. М.: Машиностроение-1, 2004. 230 с.
3. Худобин Л. В., Унянин А. Н. Минимизация засаленных шлифовальных кругов. Ульяновск : УлГТУ, 2007. 298 с.

4. Путинцева М. Н. Особенности химического состава диспергированных порошков группы ВК. Курск : КГТУ, 2009. URL:

http://sciencebsea.narod.ru/2003/mashin_2003/putinceva.htm (дата обращения : 12.05.2010).

5. Исхакова Г. А., Мапрусина В. И., Рахимьянов Х. М. Определение микротвер-

дости частиц карбида вольфрама, полученных в искровом разряде // Порошковая металлургия. 1987. № 10. С. 83-89.

6. Стекольников Ю. А., Стекольников Н. М. Физико-химические процессы в технологии машиностроения : учеб. пособие. Елец : ЕлецГУ, 2008. 126 с.