

УДК 621.923

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ ПРИ АЛМАЗНОМ ШЛИФОВАНИИ

Погребной Н.А., канд. техн. наук, Шевченко С.М., Ткаченко В.П., Дитиненко С.А.

(г. Харьков, Украина)

In activity the outcomes of experimental researches of parameters of quality of processing of hard alloys are adduced on the basis of tungsten carbide after diamond grinding with applying of electroerosive editing of diamond circles on metallical flow bundle.

Опыт применения алмазного шлифования труднообрабатываемых материалов на основе карбида вольфрама свидетельствует о том, что алмазный круг претерпевает достаточно быстрый износ и потерю режущих свойств. Первоначально достаточно высокая производительность процесса к концу периода стойкости инструмента резко понижается из-за интенсивного засаливания круга. Стойкость круга составляет 6-15 минут. Для восстановления режущих свойств алмазного круга возникает необходимость в правке. Такой интенсивный износ в основном объясняется высокой твердостью обрабатываемого материала: микротвердость WC составляет порядка 1585-1730 кг/мм². Основной эксплуатационной характеристикой качества рабочих поверхностей алмазных инструментов является их режущая способность. Сохранение этих свойств в течении длительного периода времени находится в прямой зависимости от применяемого метода шлифования, позволяющего в той или иной степени поддерживать высокую развитость рельефа алмазного круга, исключать его засаливание в процессе работы и обеспечивать необходимое выступание режущих зерен над связкой алмазного круга. Опыты многих исследователей [1] показывают, что алмазные круги после электроэрозионной правки обладают высокими режущими свойствами, которые существенно превышают режущие свойства, получаемые после других видов правки – абразивной, катодной и пр. Они довольно долго сохраняют режущую способность, хотя в начальный период приработки наблюдается некоторое снижение производительности. При этом имеет место повышенный расход алмазов вследствие вырывания наиболее выступающих слабо закрепленных зерен. Если работа производится в режиме алмазно-искрового шлифования, то режущая способность круга стабильно сохраняется в течение длительного времени (несколько часов). В результате электро-искрового воздействия существенно повышается режущая способность кругов. Это проявляется в остаточном напряженном состоянии обрабатываемой поверхности. Так, в результате шлифования сплавов ВК8 алмазными кругами одинаковой зернистости, но с различным способом правки круга (абразивная, электроэрозионная), наблюдается формирование в карбидной фазе сжимающих остаточных напряжений, обнаружена тенденция к их возрастанию в 2 раза при шлифовании кругами, правленными электроэрозионным способом (режим механической обработки образцов – $V_{кр} = 30$ м/с, $S = 1$ м/мин, режим электроэрозионной правки кругов при помощи генератора импульсов $-f = 8$ кГц, $W = 0,009$ Дж) [2].

Сжимающий характер остаточных напряжений указывает на существенное значение силового фактора в формировании напряженного состояния обрабатываемой поверхности в обоих случаях правки и меньшим тепловыделением вследствие лучшей микрогеометрии алмазных зерен и большего выступления их над связкой в случае шлифования кругами, подвергнутыми правке электроэрозионным способом. Процесс алмазно-искрового шлифования (АИШ) основан на совмещении в зоне обработки механического резания и электроискрового воздействия.

Исследование качества поверхности труднообрабатываемых сплавов после АИШ представляет практический интерес. Твердые сплавы на основе WC имеют относительно низкую прочность на изгиб; как известно, твердость карбида вольфрама очень высокая, но в то же время он очень хрупкий. При АИШ высокотемпературный и высокоскоростной, локальный нагрев приводит к существенным изменениям в условиях работы алмазных зерен и, следовательно, может влиять на фазовый состав, микроструктуру и напряженное состояние обработанной поверхности. Одновременно с этим происходит электроискровое воздействие на материал инструмента и его правка, что в свою очередь отражается на параметрах состояния поверхностного слоя. На процесс формирования обработанной поверхности при АИШ оказывают влияние в основном электрические параметры обработки: силы тока, напряжения. С увеличением силы тока (от 10 до 60А) высота микронеровностей несколько уменьшается.

Это объясняется тем, что с увеличением силы тока повышается интенсивность электрохимических процессов, что уменьшает долю механического съема. Некоторое уменьшение микротвердости при электрохимическом алмазном шлифовании может быть объяснено меньшими силовыми воздействиями на обрабатываемую деталь вследствие преимущественного растворения кобальтовой связки [2].

Цель работы – провести оценку параметров качества обработки крупнозернистых и мелкозернистых твердых сплавов на основе карбида вольфрама после алмазно-искрового и обычного алмазного шлифования кругами формы 12А1 и 1А1 на металлической связке М1-01.

Первоначально исследования процесса алмазного шлифования кругом 12A1 45° 150x10x3x32 AC6 125/100 M1-01 4 (с применением электроэрозионной правки) торца кольца, выполненного из композиции “твердый сплав “Релит”- медь”. Твердый сплав релит представляет собой зерна литого карбида вольфрама размером 0,18 – 0,28 мм, твердостью 2100-2800 кг/мм². Композиция “твердый сплав “Релит”-медь” получена методом прессования с удельным давлением 3-4 т/см² и последующим спеканием в вакуумной печи при температуре 1150-1200°С.

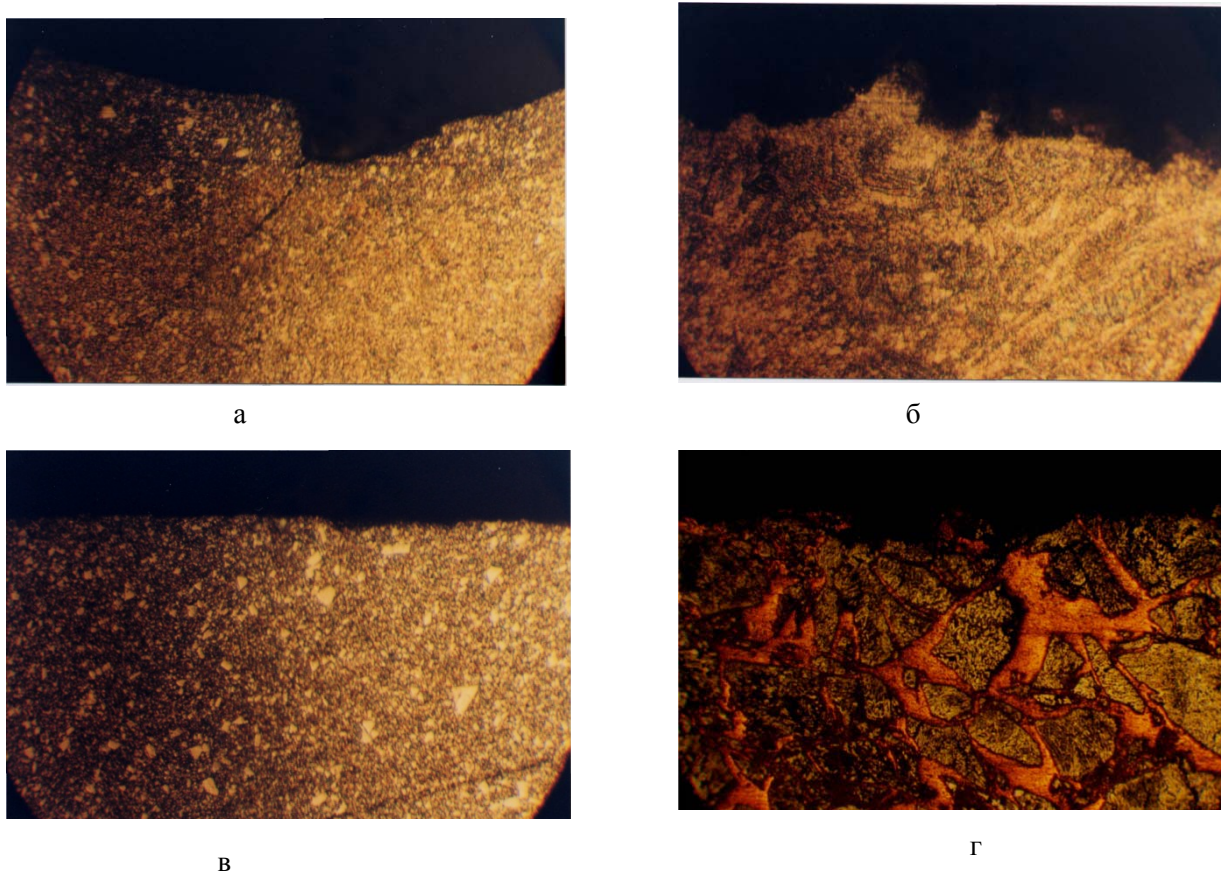


Рис.1. Микроструктура твердых сплавов на основе карбида вольфрама.

Структура сплава «Релит» представляет собой вольфрамовый каркас, поры которого заполнены медью (рис.1,а). Медь и вольфрам практически не растворяются друг в друге ни в жидком, ни в твердом состоянии. Твердые сплавы на основе WC имеют простую кристаллическую решетку, которая не распадается при нагреве и отличается высокой прочностью. Особенностью данного сплава является то, что размер зерна WC составляет 0,2 мм и выше, что затрудняет процесс шлифования.

Шлифование торца вращающегося кольца торцом алмазного круга производилось на внутришлифовальном станке. Кольцо устанавливалось в патроне. Круг устанавливался на шпинделе станка и прижимался к торцу кольца. Скорость подачи круга в радиальном направлении составляла 1,5 мм/мин, скорость вращения круга - - 30 м/сек, скорость вращения кольца – 60 м/мин, СОЖ – 3%-ный раствор Na₂NO₃. Электроэрозионная правка алмазного круга производилась с использованием источника постоянного тока мощностью до 2-х кВт.

Для определения фазового состава проводились рентгеновские съемки поверхностного и предповерхностного слоя (около 5 мкм от поверхности) шлифованного образца на дифрактометре Дрон-2,0 в излучении хромового анода. Дифрактограммы записывались автоматически при непрерывном вращении образца и счетчика. На дифрактограммах поверхностного и предповерхностного слоя выявляются линии только WC и Cu. Линии достаточно сильные и идентифицируются уверенно. Интенсивность дифракционных линий поверхностного слоя меньше, чем предповерхностного, что объясняется различной чистотой поверхности.

Металлографический анализ выявляет наличие микролунок (рис. 1,а). Под действием электрического разряда происходит быстрый высокотемпературный локальный нагрев поверхности электродов с образованием микролунок за счет плавления, кипения, испарения металла. Глубина лунок на поверхности нашего образца в среднем равна 4 мкм.

Измерение микротвердости *H* поверхностного и предповерхностного слоя образца при нагрузке 100 г выявили наличие упрочнения в поверхностном слое: *H* поверхностного слоя составляет 1226,8 [кг/мм²], а приповерхностного слоя *H*=1062,3 [кг/мм²]. Опыты многих исследователей показали, что существует оптимальная микротвердость поверхностных слоев трущихся деталей. Для повышения износоустойчивости деталей машин

необходимо создавать в процессе АИШ микротвердость поверхностных слоев трения, равную или несколько большую оптимальной для данных условий трения поверхностей. Задача будущих исследований – определить оптимальную величину микротвердости для сплава «Релит» после АИШ для заданных условий трения.

Остаточные ориентированные напряжения σ определялись рентгенографическим методом многократных наклонных съемок ($\sin^2\Psi$ -метод) на дифрактометре Дрон-1 в излучениях хромового анода. Регистрация профилей дифракционных линий проводилась по точкам – способом набора заданного числа импульсов. Расчет напряжений в поверхностном слое сплава показал наличие растягивающих напряжений в карбидной фазе: $\sigma = +24,43$ кг/мм²; напряжения в медной составляющей сплава равны 0. На основании приведенных выше результатов можно сделать следующие выводы:

1. Авторами впервые исследован процесс алмазного шлифования крупнокарбидного композиционного материала типа сплава «Релит».
2. Электрические разряды выполняют вспомогательную роль, их действие способствует интенсификации основного процесса шлифования, а именно поддерживают высокую режущую способность алмазного круга.
3. Исследование показателей качества поверхностного слоя сплава выявили оптимальные значения с точки зрения износостойкости, а именно: отсутствие фазовых превращений; отсутствие микротрещин; наличие упрочнения поверхностного слоя.

Сплав ВК8 (92% WC и Co 8%) относится к I группе твердых сплавов. Применяется в основном для обработки чугуна, цветных металлов. Порошок WC прессуют и спекают при высокой температуре (1400°C) с порошком кобальта, при этом кобальт является пластичной связкой для WC и сплавов, неметаллических материалов [3]. Весьма целесообразно применение резцов, оснащенных ВК8 при непрерывном точении жаропрочных сплавов (ЭИ437А, ЭИ767, ЭИ766, ЭИ787, ЭИ827), например при обработке дисков турбин. Одновременно установлена невозможность использования твердых сплавов при непрерывном точении жаропрочных сплавов, так как уже в первые минуты работы резцов имеют место крупные сколы пластинок, после чего их дальнейшее использование становится невозможным. Наблюдения за износом резцов, оснащенных твердым сплавом при непрерывном точении сплава ЭИ437, показывают, что имеет место сваривание образующейся стружки с твердым сплавом. При срыве налипших частиц приварившейся стружки происходит отслаивание твердого сплава как по передней, так и по задней поверхностям [4].

Таким образом, резцы из твердых сплавов типа ВК8 работают в условиях высоких температур и знакопеременных нагрузок. Поэтому большой интерес представляют вопросы изучения влияния условий АИШ на основные характеристики качества поверхности, которые определяют поведение резцов и других деталей в процессе эксплуатации.

Качество поверхностного слоя пластинок из твердого сплава оценивается совокупностью показателей, характеризующих геометрию поверхностного слоя и его физико-механические свойства. Первая группа показателей включает характеристику макро- и микронеровностей поверхности; наличие или отсутствие микротрещин является важным показателем работоспособности инструмента, а вторая - характеристики структуры, напряженное состояние, фазовый состав и твердость [5]. Усталостная прочность является одной из основных эксплуатационных характеристик для твердосплавных инструментов. Как было установлено многочисленными наблюдениями исследователей, очаги разрушения деталей от усталости материала зарождаются на их поверхности. Поэтому усталостная прочность деталей машин в значительной степени определяется шероховатостью их поверхностей и физическим состоянием поверхностного слоя. Наличие на поверхности детали, работающей в условиях циклической и знакопеременных нагрузок, отдельных дефектов и шероховатостей способствует концентрации напряжений, величина которых может превысить предел усталости материала. В этом случае поверхностные дефекты и обработочные риски играют роль очагов возникновения субмикроскопических нарушений сплошности материала поверхностного слоя и его разрыхления, являющихся первопричиной образования усталостных трещин.

Для исследования качества поверхности сплава ВК8 были взяты четыре образца, прошлифованные на круглошлифовальном станке алмазным кругом 1А1 300x25x6 АС6 125/100 М1-01 4. Образец №1 шлифовался в режиме алмазно-искрового шлифования: сила тока $I=20$ А, поперечная подача $S_{non}=0,2$ мм/дв.ход, скорость круга $V_{кр}=25$ м/с, скорость вращения заготовки - $V_{вр.заг.}=180$ об/мин, скорость движения стола - $V_{стола}=12$ м/мин, съем материала составил 6 мм. Образец №2 после шлифования на выше указанном режиме подвергался выхаживанию, то есть шлифованию без подачи (в течение 3 минут) до полного исчезновения искры. Съем материала также составил 6 мм.

Образец №3 обрабатывался по режиму обычного алмазного шлифования, с теми же механическими параметрами обработки. Однако алмазный круг предварительно подвергался электроэрозионной правке. Стойкость его работы увеличилась примерно в 10 раз.

Образец №4 обработан по схеме: обычное алмазное шлифование + выхаживание (без подачи).

Весьма тонкие поверхностные слои материала после шлифования характеризуются определенными изменениями физико-механических свойств по сравнению со свойствами исходного материала. Для установления наличия фазовых превращений при различных условиях шлифования было проведено рентгеноструктурное исследование четырех образцов (пластин) из твердого сплава марки ВК8. В результате произведенного фазового анализа было установлено наличие только двух фаз WC и Co – β – твердого раствора. Оценка внутренних напряжений в поверхностном слое проводилась по выше описанной методике для сплава «Релит». Показателем

степени напряженного состояния в поверхностном слое является полуширина B дифракционной кривой.

Режим АИШ формирует незначительные растягивающие напряжения $\sigma_{x1} = +24$ кг/мм², что можно объяснить воздействием электрических разрядов на поверхность образца. Глубина лунок около 18 мкм (рис.1,б). Режим №2 несколько уменьшает растягивающие напряжения: $\sigma_{x2} = +15,74$ кг/мм². Сжимающие напряжения выявлены в образце №3 и составляет $\sigma_{x3} = -26,22$ кг/мм².

Многочисленными исследованиями установлено, что при наличии в поверхностном слое сжимающих напряжений усталостная прочность изделия значительно возрастает. В рамках данного режима можно говорить об улучшении состояния поверхностного слоя. Применяемая же доводка в образце №4 меняет знак напряжений и составляет: $\sigma_{x4} = +19,54$ кг/мм². Металлографические исследования образцов также показали различное состояние поверхностного слоя. Особенно необходимо выделить поверхность образца №2 (рис.1,в). На поверхности отчетливо видны микротрещины, которые являются результатом релаксации внутренних напряжений. Такой механизм трещинообразования характерен для хрупких и твердых материалов. Такое объяснение логично сочетается со значением внутренних напряжений данного образца (некоторое снижение растягивающих напряжений по сравнению с режимом АИШ №1). Глубина лунок составляет 8 мкм для образца №2, по сравнению с глубиной микролунок от электрических разрядов после АИШ равной 18 мкм. Поверхность образца №3 является оптимальной, так как на ней отсутствуют задиры, трещины, рис. 1,г.

Полученные данные основных показателей качества наших образцов позволяют рекомендовать режим №3 для шлифования сплава ВК8. Алмазный круг после электроэрозионной правки показывает не только повышенную стойкость, но и одновременно обеспечивает качественный поверхностный слой, а именно: “чистую” поверхность, наличие сжимающих напряжений, оптимальную шероховатость, что в свою очередь должно обеспечить высокую эксплуатационную надежность деталей, выполненных из сплава ВК8.

Литература

1. Беззубенко Н.К. Повышение эффективности алмазного шлифования путем введения в зону обработки дополнительной энергии в форме электрических разрядов. – Автореф. дис. ... докт. техн. наук, Харьков, 1995. – 56 с.
 2. Фукс М.Я., Беззубенко Н.К., Свердлова Б.М. Состояние поверхностного слоя материалов после алмазной и эльбровой обработки. - К.: Вища школа, 1979. – 158 с.
 3. Кузьмин Б.А., Самохоцкий А.И., Кузнецова Т.Н. Металлургия. Металловедение и конструкционные материалы. - М.: Высшая школа, 1977. – 176 с.
 4. Криворуков В.А. Обрабатываемость резанием жаропрочных и титановых сплавов. - М.: Издательство машиностроительной литературы, 1961. – 245 с.
 5. Попов С.А., Малевский Н.П., Терещенко Л.М. Алмазно-абразивная обработка металлов и твердых сплавов. - М.: Машиностроение, 1977. – 263 с.
 6. Теоретические основы резания и шлифования материалов: Учеб. пособие/ А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Г.В. Новиков, Б.С. Серов, А.А. Якимов – Одесса: ОГПУ, 1999. – 450 с.
-