

Диапазон малых подач, как следует из рис. 6 и 8, обеспечивает наилучшую чувствительность сигнала виброускорений к наличию и величине износа режущей кромки инструмента и может быть рекомендован для проведения оценки состояния режущего инструмента по вибрационным критериям.

При росте скорости резания ожидаемо происходит увеличение СКЗ виброускорений (рис. 9). Это происходит при любом значении величины износа. Однако однозначного влияния величины износа на интенсивность отмеченного роста СКЗ не выявлено, поэтому данный аспект требует дополнительных исследований.

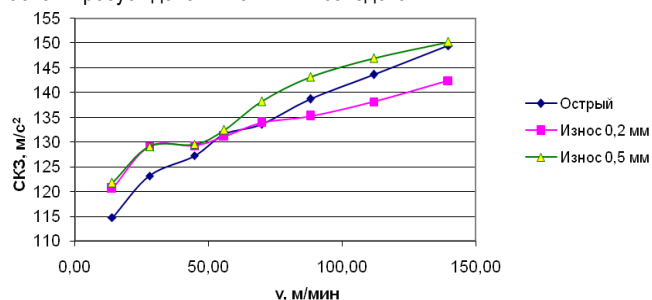


Рис. 9. Характер изменения СКЗ вибрации в зависимости от скорости резания v для трёх различных состояний режущего инструмента ($S = 0,2$ мм/об, $t = 1$ мм)

Заключение

1. Усилия резания и вибрации пригодны в качестве диагностического критерия при оценке технического состояния режущего инструмента, определяемого износом, что подтверждают проведенные экспериментальные исследования.
2. Использование в качестве диагностического параметра вибрационного сигнала обеспечивает лучшую технологичность использования по сравнению с силовым параметром, так как обес-

печивает сходную информативность о состоянии инструмента и не требует применения специализированной оснастки на станке, что позволяет производить мониторинг состояния инструмента в процессе его работы в производственных условиях.

3. Установлены диапазоны режимов резания, на которых износ в большей степени влияет на вибрации и силы резания. Результаты предварительных исследований показывают лучшую чувствительность отмеченных параметров к величине износа при больших глубинах резания и малых величинах подачи.
4. Для разработки прикладных методик мониторинга технического состояния режущего инструмента и уточнённых количественных критериев состояния необходимы дополнительные исследования, что является целью дальнейших работ по данной тематике. Исследования проведены при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

СПИСОК ЦИТИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Билл, Б. Пьезоэлектрические датчики / Б. Билл, К. Госсвайлер, А. Кирххайм, Д. Оттер // Материалы 9 симпозиума «Датчики и сбор данных измерения», 4–6 июня 2002 г. – Техническая академия Есслинген, 2002.
2. Kosmol, J. Automatyizacja obrabiarec i obrobki skrawaniem. – Warszawa: WNT, 2000.
3. Akesson, Henrik Active control of vibration and analysis of dynamic properties concerning machine tools / Licentiate Dissertation Series №2007:04. – Blekinge Institute of Technology, 2007.
4. Драган, А.В. Новые аппаратно-программные средства для исследования и диагностики механических систем / А.В. Драган, И.П. Стецко, Д.А. Ромашко, Н.В. Левкович // Вестник БрГТУ. – № 4: Машиностроение, 2006. – С. 17–26.
5. Грановский, Г.И. Резание металлов / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский – М.: Высшая школа, 1985.

Материал поступил в редакцию 13.10.10

DRAGAN A.V., SALIVONSHIK Y.N., SOKOL V.A. Research of dynamic processes at cutting

In article the analysis of the dynamic processes caused by cutting, and also their interrelation with a current condition of the cutting tool are carried out. The technique of carrying out of researches of influence of deterioration on dynamic processes in a wide range of mode combinations of cutting is developed. Some ranges of deterioration's sizes and cutting modes on which these changes are shown to the greatest degree are revealed and this can be used at the solving of problems of monitoring and diagnostics of a condition of tools.

УДК 621.922. 546

Аршиков А.С., Лысов А.А.

КОНТАКТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ И ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ АЛМАЗНО-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Введение. На работоспособность алмазных инструментов существенное влияние оказывают физико-химические параметры связи, качество и морфология исходного алмазного сырья. Алмазно-металлические инструментальные композиции, как правило, включают в себя несколько фаз, которые должны быть совместимы друг с другом как физически, так и химически. Для создания такой совместимой системы алмаз-матрица необходимо, чтобы образовались прочные связи на поверхности раздела матрица-зерно. Эти связи необходимы для эффективной передачи нагрузки и предотвращения разрушения материала в результате образования реакционной зоны при взаимодействии алмаза с материалом матрицы. Принято считать, что реакционная зона создает новые участки зарождения трещин в композиционном материале. Для того чтобы не произошло преждевременное разрушение композита, дефекты переходного слоя должны быть значительно меньше, чем дефекты в

частицах алмаза и металлической матрице [1].

Методика исследований. Различие в структуре алмазно-металлических композиций – высокая объемная концентрация хрупких частиц алмаза, микротрещины, разрывы, дефекты алмазных зерен приводят к появлению напряжений.

Анализ причин разрушения указанных композиций позволит разработать способы управления ими, позволит понять механизм и физический смысл хрупкости данных материалов и расширить область их использования.

При изготовлении алмазно-металлических композиций одним из наиболее широко применяемых металлов в качестве основы является медь.

В процессе шлифования металлов пластичная медь налипает на зерна алмазов, и инструмент теряет свои режущие свойства, «засаливается». Установлено, что для предотвращения засаливания и

Аршиков Александр Сергеевич, к.т.н., доцент, зам. декана машиностроительного факультета Полоцкого государственного университета.

Лысов Александр Аркадьевич, к.т.н., доцент, декан машиностроительного факультета Полоцкого государственного университета. Беларусь, 211440, Витебская обл., г. Новополоцк, ул. Блохина, 29.

повышения твердости металлической связки целесообразно использовать сплавы на основе меди с добавками олова, цинка, алюминия и других металлов.

Связки на основе медь – олово являются наиболее распространенными. Они используются в качестве связки обычно под индексом M2-01 или M1 (Cu – 80 %, Sn – 20 %). Однако, отличаясь сравнительно высокой прочностью и пластичностью, связка практически не смачивает алмаз и его закрепление в матрице происходит в основном за счет механического охвата.

Прочность закрепления алмазов в матрице можно повысить путем введения в состав матрицы или пропиточного сплава химических активных к алмазу элементов, образующих адгезионно-химическую связь алмаза с матрицей. Многочисленные исследования в этой области показали, что хорошей степени смачиваемости алмаза можно добиться в тех случаях, когда металл или сплав активно взаимодействует с углеродом, образуя карбиды. Эффективным карбидообразующим элементом зарекомендовал себя титан. Сплавы системы Cu-Sn-Ti широко применяют в качестве припоев для пайки и металлизации алмазов, а также связок для изготовления высокоизносостойких инструментов. Обладая высокой адгезионной активностью по отношению к алмазу, такие сплавы обеспечивают прочное закрепление алмазных зерен в матрице инструментов.

При получении образцов для исследования применялся метод излома, исключающий загрязнение межфазной границы. Получение плоского образца связано со значительными технологическими трудностями, так как присутствие в пластичной металлической матрице частиц алмаза практически исключает возможность получения качественных шлифов традиционными методами шлифования.

Для количественного анализа элементов в поверхностных областях образцов используют метод локального рентгеноспектрального анализа на установке УРС-60 в кобальтовом $K\alpha$ -излучении.

Топография поверхности разрушения исследовалась методом сканирующей электронной микроскопии на приборах «Cam Scan» и «Nanolab-7» фирмы «Олтон» Германия.

Учитывая, что двойные системы Cu-Sn, Cu-Ti, Sn-Ti сложны и в каждой из них образуется ряд интерметаллических соединений, резко отличающихся между собой по кристаллической структуре, стехиометрическому составу и другим свойствам, что вызвано различием кристаллохимических свойств входящих в них элементов, трудно предсказать образование фаз и соединений в тройной системе Cu-Sn-Ti.

Большинство металлических композиций, используемых в качестве связок, не взаимодействует с поверхностью алмаза, и закрепление алмазных частиц происходит за счет сил механического заземления. На рис. 1 представлен внешний вид поверхности излома алмазно-композиционного материала на основе связки M1 и алмазов марки AC6 с грануляцией 100/80. На поверхности излома отчетливо виден механический характер взаимодействия связки M1 и алмазов AC6. Смачиваемость расплавом поверхности алмазного зерна практически отсутствует.

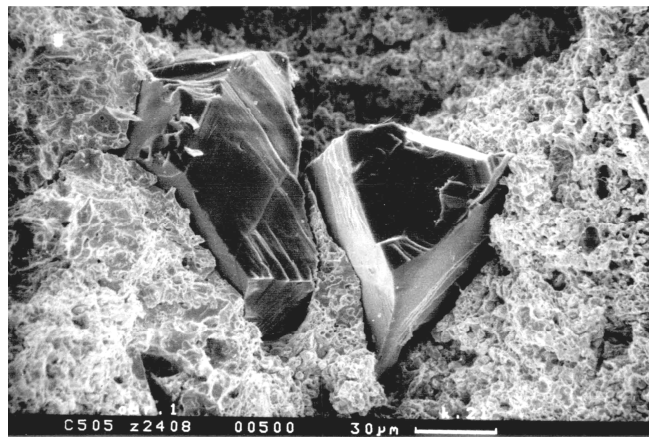


Рис. 1. Внешний вид излома алмазно-композиционного инструментального материала (связка M1 – алмаз AC6 100/80)

Медно-оловянистые сплавы не смачивают поверхность алмаза, образуя краевые углы смачивания около $130-140^\circ$. Добавки олова не вызывают заметного изменения значений краевого угла. Полученные данные свидетельствуют о физическом типе взаимодействия на межфазной границе металлический расплав-алмаз, что согласуется с данными работы [2].

Введение в состав связок адгезионно-активного компонента (титан) способствует резкому понижению краевого угла смачивания и повышению работы адгезии сплава по отношению к алмазу. Смачивание здесь определяется химическим взаимодействием металлического расплава с поверхностью алмаза и образованием на границе промежуточного слоя карбида титана [3-4]. На рис. 2. представлен внешний вид поверхности излома алмазно-композиционного материала на основе связки медь-олово-титан.

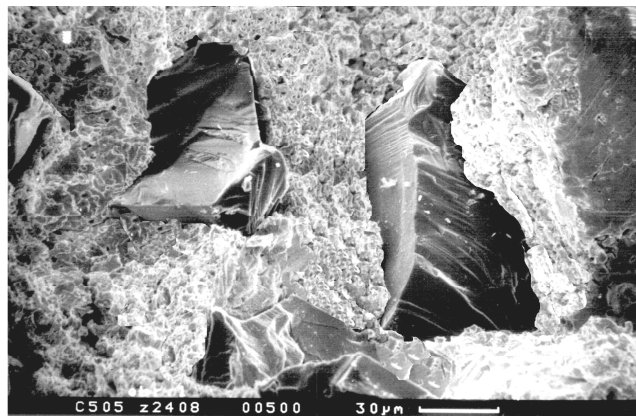


Рис. 2. Внешний вид излома алмазно-композиционного инструментального материала (связка M1 + Ti - 10% – алмаз AC6 100/80)

При исследовании излома линейным сканированием через вертикальные сколы граней в промежуточном слое на границе алмаз-сплав обнаружен тонкий промежуточный слой, обогащенный титаном.

Наличие таких участков свидетельствует о том, что взаимодействие алмаза и материала связки имеет химический характер.

Изучение сплава Cu – 20% Sn с добавками 10 и 20 % Ti показывает, что образуется химическое соединение, идентичное соединению Ti_5CuSn_3 [1].

В промежуточном слое обнаружен карбид титана толщиной (50–80 Å), а также медь. Аналогичные результаты получены в работе [3].

Частицы алмаза достаточно равномерно распределены в структуре композиции. Поверхность разрушения покрыта микроскопическими порами и ямками, которые, скорее всего, возникают из-за разрастания пор и смежных пустот в результате пластического течения и разрыва материала матрицы. Исходные пустоты появляются под воздействием внутренних напряжений на границе алмаз-сплав на определенных структурных элементах, что и приводит к образованию и раскрытию микропор. При возникающей деформации матрицы, особенно во время работы инструмента, частицы алмаза и интерметаллидные включения также подвергают силовому воздействию, что приводит к скапливанию дислокаций и возникновению микротрещин. Макродеформированию препятствуют растущие поры, приводя к разрушению композиции.

Процесс разрушения алмазно-металлических композиций достаточно сложен для описания и исследования в виду высокой скорости его протекания, наличия большого количества внешних и внутренних факторов.

Анализ имеющихся литературных источников и экспериментальных данных, а также результаты последних исследований позволяют сделать вывод, что дефекты и пороки алмазного сырья являются основной причиной возникновения трещин и последующего разрушения алмазно-металлической композиции (рис. 3).

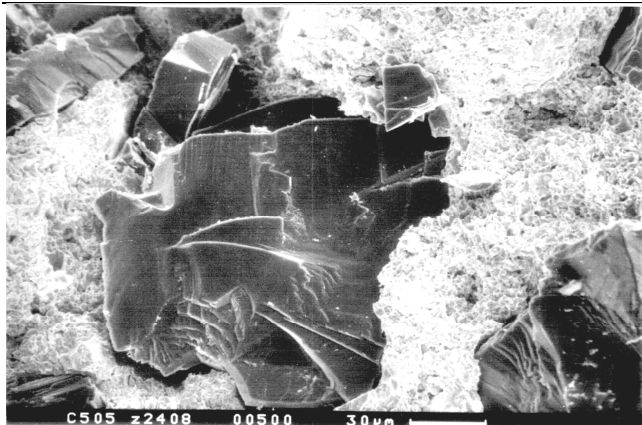


Рис. 3. Скол алмазного зерна при разрушении алмазно-металлической композиции

Изучение природы разрушения этой композиции показывает, что при нагружении алмаз разрушается хрупко, раскалывается, а металлическая матрица оказывается неспособной релаксировать трещины, зародившиеся как в алмазе, так и в матрице [5].

Заключение. По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Введение в состав связей адгезивно-активного компонента (титан) способствует резкому понижению краевого угла смачивания и повышению работы адгезии сплава по отношению к алмазу. Смачивание здесь определяется химическим взаимодействием металли-

ческого расплава с поверхностью алмаза и образованием на границе промежуточного слоя карбида титана.

При исследовании особенностей процесса деформации и разрушения алмазно-металлических композиций основными факторами, влияющими на него, являются прочность алмаза и межфазной границы, а также пластичность матрицы.

Исследование поверхности изломов алмазно-металлических композиций, полученных с присутствием жидкой фазы, позволяет сделать вывод, что характер разрушения композиций имеет транскристаллитный характер. Разрушение алмазно-металлической композиции наступает либо вследствие развития микропластической деформации, либо из-за имеющихся в зернах алмазов дефектов.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кизиков, Э.Д. Алмазно-металлические композиции / Э.Д. Кизиков, Н.С. Верник. – К.: Техника, 1988. – 164 с.
2. Кизиков, Э.Д. Исследование спекания алмазов с медно-оловотитановым сплавом / Э.Д. Кизиков, И.А. Лавриненко, Ю.В. Найдич // Синтетические алмазы, 1973. – Вып. 2. – С. 13–17.
3. Лавриненко, И.А. Исследование адгезии и контактного взаимодействия медно-олово-титановых сплавов с алмазом / И.А. Лавриненко, Э.Д. Кизиков // Синтетические алмазы, 1987. – Вып. 6. – С. 21–25.
4. Пайка и металлизация сверхтвердых инструментальных материалов / Ю.В. Найдич, Г.А. Колесниченко, И.А. Лавриненко, Я.Ф. Моцак. – К.: Наук. думка, 1977. – 183 с.
5. Кизиков, Э.Д. Исследование сплавов, используемых в качестве связей для алмазно-абразивного инструмента / Э.Д. Кизиков, И.А. Лавриненко // Металловедение и термическая обработка металлов, 1975. – № 1. – С. 57–62.

Материал поступил в редакцию 27.09.10

ARSHIKOV A.S., LYSOV A.A. Contact interaction and character of destruction of diamond-metal tool compositions

The analysis of the reasons for the destruction of diamond-metal tool compositions is carried out. The effect of the introduction in the composition of metal matrices adhesive-active component is investigated. It is shown that introduction in the composition of metal matrixes of an adhesive-active component (titanium) causes a decrease of the regional angle of wetting and raise of work in an alloy adhesion in relation to the diamond.

УДК 621: 787

Довгалев А.М., Маковецкий И.И., Свирепа Д.М.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКОГО РАСКАТЫВАНИЯ

Введение. Большой научно-практический интерес представляет метод магнитно-динамического упрочнения (МДУ), при котором поверхностное пластическое деформирование поверхности осуществляют деформирующими элементами за счет энергии магнитного поля. В основе метода МДУ лежит механизм ударного воздействия на обрабатываемую поверхность детали деформирующими шарами, осуществляющими сложное пространственное движение в окружном и радиальном направлениях, определяемое режимами обработки и конструктивными параметрами инструмента, в том числе характеристикой магнитной системы [1–9].

Объект исследований. На рис. 1 показана схема реализации метода с использованием магнитно-динамического раскатника, содержащего: оправку 1; диски 2, 3; деформирующие шары 4 из ферромагнитного (магнитопроводного) материала, установленные в кольцевой камере 5; ротор 6; источники магнитного поля 7, расположенные на роторе 6 с равномерным угловым шагом и последовательным чередованием полюсов N и S. Источники магнитного поля 7

выполнены в виде постоянных магнитов или электромагнитов, и их полюса выведены на периферию ротора 6 в области кольцевой камеры 5. Оправка 1, диски 2, 3 и ротор 6 изготовлены из немагнитопроводного материала. Оправку 1 инструмента закрепляют в вертикально или горизонтально расположенном шпинделе, а деталь 8 устанавливают в приспособлении станка. Инструмент вводят в отверстие упрочняемой детали 8, сообщают ему вращательное движение и перемещают с рабочей подачей. Вращающиеся вместе с ротором 6 источники магнитного поля 7 периодически воздействуют магнитным полем на деформирующие шары 4 и перемещают их в окружном направлении кольцевой камеры 5. При этом угловая скорость вращения источников магнитного поля 7 превышает угловую скорость вращения деформирующих шаров 4. На деформирующие шары 4 одновременно действуют центробежная и периодическая магнитная силы, соответственно прижимающая и отрывающая их от упрочняемой поверхности. В результате осуществляется ударное взаимодействие деформирующих шаров 4 с деталью 8, обеспечивается поверхностное пластическое деформирование поверхностного

Довгалев Александр Михайлович, к.т.н., доцент, декан факультета довузовской подготовки и профориентации Белорусско-Российского университета.

Маковецкий Илья Иванович, к.ф.-м.н., доцент, декан экономического факультета Белорусско-Российского университета.

Свирепа Дмитрий Михайлович, ассистент кафедры металлорежущих станков и инструментов Белорусско-Российского университета. Беларусь, 212000, г. Могилев, пр-т Мира, 43.