

В.И. Лавриненко, д.т.н.**О.О. Пасичный, к.т.н.****Б.В. Сытник, вед. инж.****А.А. Девицкий, инж.***Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля
НАН Украины*

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СПЕЧЕННОГО КОМПОЗИТА С УПОРЯДОЧЕННОЙ СТРУКТУРОЙ

В статье рассмотрено исследование особенностей спеченного композита с упорядоченной структурой.

Введение. Для современного инструментального производства характерно постоянное обновление технологического процесса изготовления инструмента с целью повышения его конкурентоспособности. В настоящее время доля использования инструмента из сверхтвердых материалов (СТМ) непрерывно повышается. При этом реализация, временами уникальных, свойств СТМ в инструменте, определение области и способа их эффективного использования во многом зависит от технологии изготовления инструмента. Ориентация на традиционные, даже высокоэффективные, решения, которые с самого начала не учитывают всех нюансов использования СТМ, способные нивелировать преимущества использования последних, а иногда и создать видимость нерациональности их применения в отдельных случаях.

Одним из наиболее востребованных видов инструмента на основе СТМ являются алмазно-абразивные инструменты. Так, в машиностроении на нее приходится четверть всех операций, а во многих отраслях, таких как, подшипниковое, инструментальное и оптическое производство — более 50 %. При этом в настоящее время характерно существенным возрастанием требований, как к показателям процесса шлифования, так и к характеристикам шлифовального инструмента. И определяющим этого являются основные концепции построения современного обрабатывающего оборудования, которое становится все более универсальным, это:

- принцип комплексности, а именно многошпиндельные многокоординатные станки, с несколькими инструментами на каждом шпинделе;
- принцип развития *CNC*-систем, в том числе с использованием параллельной кинематики.

В обоих случаях суть обработки смещается к формированию поверхности детали, в лучшем случае, сопряженными и весьма короткими дугами контакта поверхности детали и инструмента, а во многих случаях и к точечной обработке. Поэтому к инструменту, помимо возможности высокопроизводительной обработки, чрезвычайно высокие требования предъявляются к точности положения режущего профиля и размерной стойкости. При этом, в силу специфики формирования обработанной поверхности, условия резания на различных участках режущего профиля отличаются в десятки раз, и их распределение вдоль профиля изменяется непрерывно. Отсюда и высочайшие требования к размерной стойкости, и невозможность применения традиционных способов ее обеспечения.

Поэтому если проанализировать структуру инструмента, применяющегося на современном оборудовании, то можно увидеть, что доля шлифовального инструмента чрезвычайно мала, по сравнению с обработкой на традиционном оборудовании. Везде, где возможно, шлифование заменяют микроточением и микрофрезированием. В то же время целый ряд материалов, например керамика, высоколегированные закаленные стали, другие материалы, иначе как шлифованием обработать нельзя.

Основная часть. В следствие вышеизложенного в последнее время наблюдается повышенный интерес к исследованию структуры абразивного инструмента: расположения, ориентации, распределения и формирование режущего рельефа абразивными зёрнами. Из литературы известно, что основные преимущества и недостатки шлифования связаны со спецификой шлифовального инструмента — большим количеством абразивных частиц, равномерно распределенных в рабочем слое [1]. Это одновременно определяет и высокое качество обработки, и, сравнительно, низкие производительность и стойкость инструмента.

Расположение зёрен СТМ в спеченном рабочем слое является случайным, а их выступание неравномерным. Если рассматривать положение зёрен по высоте, то наиболее выступающие зёрна из-за высоких нагрузок либо ломаются, либо вырываются из связки, при этом они не только не принимают участия в процессе резания, но зачастую и портят обрабатываемую поверхность, оставляя на ней глубокие царапины и сколы. Из-за этого приходится уменьшать зёрнистость используемых абразивов, что в общем случае, уменьшает производительность. Зёрна, выступающие из связки меньше определенной высоты, также не способствуют повышению эффективности процесса шлифования — из-за очень незначительной толщины срезаемого слоя они интенсивно изнашиваются по задней поверхности и быстро затупляются, участвуя,

таким образом, не столько в процессе резания-царапания, сколько в процессе трения с обрабатываемой поверхностью, дополнительно повышая интенсивность тепловыделения в зоне обработки. В определенных случаях, для повышения степени самозатачивания таких зерен выбирают абразивы с меньшими прочностными характеристиками, что в общем случае, увеличивает удельный расход инструмента. Аналогичная ситуация и с точностью положения режущего профиля. Если для прецизионных фрез и резцов положения режущей кромки задается с точностью до 20 мкм, то для традиционного абразивного инструмента измерить с точностью 200 мкм положение режущего профиля — задача не тривиальная.

Известные пути повышения этих характеристик для шлифовального инструмента в данном случае не позволяют достичь требуемого уровня. Таким образом, эволюция обрабатывающего оборудования требует разработки и использования принципиально нового шлифовального инструмента. Таким инструментом нового поколения является инструмент с упорядоченной структурой, что позволяет достичь необходимых физико-механических и функциональных показателей конкретных зон рабочего слоя шлифовального инструмента и таким образом обеспечить указанные выше требования.

Анализ литературы и данных Интернет показывает, что на рынке алмазного инструмента начинают появляться алмазные круги нового поколения. Такие круги кардинально изменяют процесс резания. Более того, сам инструмент перестает быть шлифовальным в классическом определении — как инструмент с множеством режущих зерен произвольно расположенных в цементирующей связке. В настоящее время на рынке такой инструмент еще только начинает появляться. Однако производители такого инструмента заявляют, что доля нового инструмента уже в ближайшее будущее составит более 10%. Фактически мы стоим на пороге такого изменения в структуре шлифовального инструмента, которое в свое время произошло в резальном инструменте в связи с распространением сменных режущих пластинок.

В последнее время появился целый ряд работ ведущих специалистов и организаций [2, 3] посвященный разработке многорядных шлифовальных инструментов со спеченным рабочим слоем и упорядоченным расположением зерен СТМ (рис. 1).

Учитывая, что такие инструменты кардинально меняют процесс резания (рис. 2), важными и актуальными являются работы, направленные на его изучение и организацию производства инструмента на основе спеченного композита с упорядоченной структурой.

Нашим інститутом уже проводяться дослідження в цьому напрямленні. Дослідження цієї тематики являються комплексною роботою, виконання її потребує рішення ряду питань і завдань:

- розробка питань теорії шліфування кругами з упорядкованими і орієнтованими зернами;
- встановлення як показателів непрямо процесу обробки, так і показателів формування самого робочого шару;
- розробка спечених багаторішних композитів з упорядкованим розташуванням алмазних зерен;
- визначення характеристик упорядкованого алмазного шару;
- розробка гамми інструментів з упорядкованими і орієнтованими зернами.

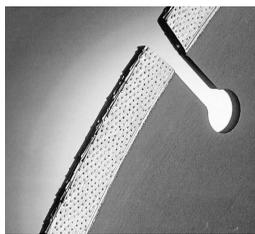


Рис. 1. Інструмент з упорядкованим розміщенням алмазних зерен

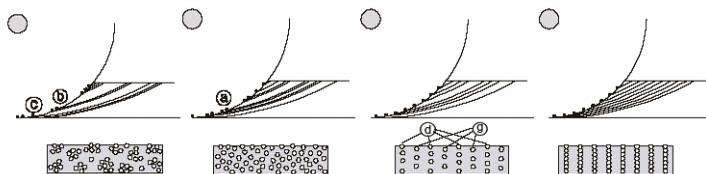


Рис. 2. Зміна умов мікрорізання окремими зернами, в залежності від упорядкованості їх розташування

В наші часи проведено ряд робіт [4, 5, 6], в результаті яких була встановлена яскраво виражена залежність формуючого на поверхні сталого зразка профілю поверхні від величини износу композиту з упорядкованим розміщенням алмазних зерен. Це поставило ряд питань про роботу багаторішних абразивних компози-

тов с упорядоченным размещением алмазных зерен, особенно в условиях обработки таким композитом при смене слоев.

Для выявления и исследования характерных закономерностей при обработке шлифовальным композитом с упорядоченными алмазными зернами в условиях смены слоев были изготовлены образцы многослойных металлических композитов с упорядоченным расположением алмазов как по рабочей поверхности, так и толщине слоя.

Исследуемый композит спекался из предварительно холоднобрикетированных «таблеток» толщиной 0,5 мм с внедренными с определенным шагом зернами алмазов. Поскольку важным является не только положение зерен в связке, но и их ориентация, использовались отсортированные адгезионно-магнитным способом алмазы, с ярко выраженной эллиптической формой.

Шлифы образцов полученного композита были исследованы на растровом электронном микроскопе DC-34 «Тесла» с системой анализа изображений и энерго-дисперсионным анализатором рентгеновского спектра. При этом было установлено, что в процессе спекания, несмотря на высокие температуры и значительное изменение объема композита, изменение положения зерен составило менее 60 мкм (15 % размера зерна), а слои композита сохранили состав соответствующих исходным с незначительной по глубине диффузией в смежных зонах.

Для исследования особенностей шлифования полученным композитом 4 образца этого композита были припаяны к торцу металлического корпуса круга 12A2-45° 150x20x2x32. Также там были размещены два абразивных композита со значительной более высокой концентрацией алмазов, выполненных по традиционной технологии – с равномерным размещением алмазных зерен в материале композита. Полученным инструментом на электроэрозионном станке шлифовался образец из стали.

Выбор материала образца и введение дополнительной энергии в зону обработки (электроискровое шлифование) обусловлены малым количеством алмазных зерен в композите и целью эксперимента — исследовать закономерность формирования обработанной поверхности детали непосредственно режущим профилем, образованным упорядоченными алмазными зернами.

Периодически, по мере изнашивания инструмента, поверхность стального образца исследовалась на профилографе «Taylor-Hobson / Surtronic 3».

В результате проведенных исследований было установлено, что производительность обработки комбинированным инструментом, по сравнению с обработкой только упорядоченным композитом повыси-

лась примерно в 1,5 раза, а микропрофиль формируемый на поверхности детали преимущественно определяется, величиной износа композита с упорядоченным размещением алмазных зерен, как и в случае обработки только упорядоченным композитом (рис. 3).

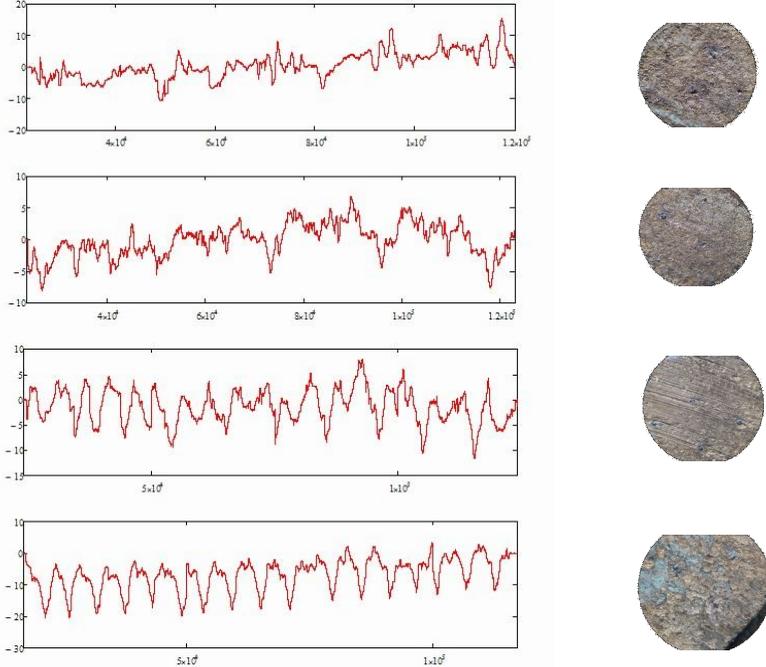


Рис. 3. Профиліограми поверхні образців в залежності від износа інструментального композита з упорядоченим розташуванням зерен алмазов

Выводы. Таким образом, было экспериментально установлено, что при обработке комбинированным инструментом, несмотря на меньшее количество алмазных зерен, размещенных упорядоченно, микропрофиль поверхности обрабатываемой детали, а значит, и условия шлифования определяется именно этими алмазами. Указанная закономерность должна учитываться при разработке инструмента на основе многослойного спеченного композита с упорядоченным расположением алмазных зерен и выборе как закономерности распределения зерен в алмазнесущем слое инструмента, так и взаимного расположения этих слоев.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Маслов Е.Н., Постникова Н.В. Основные направления в развитии теории резания абразивным, алмазным и эльборовым инструментом. – М.: Машиностроение, 1975. – 48 с. с ил.
2. Study for cutting performance in arrayed diamond saw blade / S.P. Pyun, H.W. Lee Lee, J.H. Park // 1st International Industrial Diamond Conference 20–21 October 2005 Barcelona Spain.
3. G. Weber and C. Weiss. DIAMIX – A family of bonds based on DIABASE-V21// Industrial diamond review. –2005, № 6. – P. 27–28.
4. Исследование возможностей формирования спеченного композита с упорядоченной структурой / Лавриненко В.И., Пасичный О.О., Сытник Б.В., Ткач В.Н., Ильницкая Г.Д. – Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях: Материалы Шестой ежегодной конференции с международным участием, 20–24 февраля 2006 г., п. Славское — Киев: УИЦ "Наука. Техника. Технология", 2006 г. – С. 420–422.
5. К вопросу шлифования спеченным композитом с упорядоченными зернами алмаза / Лавриненко В.И., Пасичный О.О., Сытник Б.В.. – Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях: Материалы Седьмой ежегодной международной конференции, 12–16 февраля 2007 г., п. Славское—Киев: УИЦ «Наука. Техника. Технология», 2007. – 512 с.
6. К вопросу о формировании структурной ориентации в рабочем слое шлифовальных кругов из СТМ / Лавриненко В.И., Ткач В.Н., Сытник Б.В., Пасичный О.О., Лешук И.В., Скрыбин В.А. // Резание и инструмент в технологических системах. – 2007. – Вып. 73. – С. 147–153.

ЛАВРИНЕНКО В.И. – доктор технических наук Института сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины.

Научные интересы:

– технология машиностроения.

ПАСИЧНЫЙ О.О. – кандидат технических наук Института сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины.

Научные интересы:

– процессы механической обработки в машиностроении.

СЫТНИК Б.В. – инженер, Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины.

Научные интересы:

– технология машиностроения.

ДЕВИЦКИЙ А.А. – инженер, Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины.

Научные интересы:

– технология машиностроения.

Подано 26.09.2009