

УДК 621.923

**Полтавец В.В.**

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина

## **УПРАВЛЕНИЕ РЕЖУЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ НА ОСНОВЕ КУБИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА**

### **Введение**

Шлифовальные круги, в которых в качестве абразивного материала используются плотные модификации кубического нитрида бора (эльбор, кубонит, гексанит, боразон), широко применяются при шлифовании нескольких групп труднообрабатываемых материалов:

- сложнолегированных сталей с HRC 55 и выше;
- твердых сплавов;
- композиций конструкционных сталей с труднообрабатываемыми материалами, в частности, с твердыми сплавами.

В группу сложнолегированных сталей высокой твердости включают инструментальные легированные стали, быстрорежущие и штамповые стали, а также специальные жаропрочные и нержавеющие стали на основе никеля, кобальта, молибдена и вольфрама [1].

Наибольшая эффективность применения кругов из эльбора и других модификаций кубического нитрида бора (КНБ) достигается в двух областях: при заточке металло- и деревообрабатывающего инструмента, а также при шлифовании заготовок из указанных выше групп материалов [1].

Заточка инструмента эльборовыми кругами характеризуется относительно небольшой длительностью контакта круга с обрабатываемой заготовкой, малым числом ходов, небольшим объемом снимаемой стружки в единицу времени. При этом круги обладают высокой стойкостью, работают, как правило, в режиме самозатачивания и практически не требуют повторных правок.

При шлифовании заготовок из труднообрабатываемых заготовок условия работы кругов из эльбора значительно сложнее и характеризуются высокой интенсивностью и изменчивостью во времени параметров физико-механических, физико-химических и теплофизических процессов в зоне резания.

Известно, что наибольшую стойкость кругов из сверхтвердых материалов обеспечивают металлические связки – в 5-10 раз более стойкие, чем органические [2]. Металлические связки превосходят полимерные и керамические связки прочностью, пластичностью, теплопроводностью и способностью удерживать абразив. Несмотря на отмеченные превосходства, существует ряд проблем в применении металлических связок при изготовлении кругов из КНБ. В частности, вюрцитный нитрид бора BN<sub>v</sub> (основная фаза гексанита-А) термодинамически неустойчив при повышенных температурах и претерпевает обратное фазовое превращение вюрцитной модификации BN<sub>v</sub> в графитоподобную BN<sub>г</sub>, начиная с температуры  $T = 600^{\circ}\text{C}$  по мартенситному механизму. Графитоподобная фаза в гексаните-А (более 2 % фазы BN<sub>г</sub> по объему) резко ухудшает режущие свойства абразивного материала [3].

В связи с этим возникает задача управления характеристиками шлифовального инструмента с целью предотвращения выхода температурных параметров процесса обработки за допустимые границы. Решение указанной задачи сводится к поддержанию требуемой режущей способности шлифовального круга с помощью управляющих воздействий на его рабочую поверхность.

На этой основе целью данной работы является определение наиболее эффективных методов управления характеристиками кругов из кубического нитрида бора в процессе обработки.

### **Основное содержание работы**

Методы управления характеристиками шлифовального инструмента в процессе обработки разделяются по характеру воздействия на три группы [4]:

- механические;
- электрохимические;
- электрофизические.

Механические воздействия на шлифовальные круги из СТМ могут осуществляться алмазными карандашами и роликами, свободным абразивом, гибкими щетками из полимерных материалов с алмазным напылением и специальными устройствами для активизации рабочей поверхности кругов. Эти воздействия преимущественно используются для алмазных шлифовальных кругов, у зёрен которых и при правке, и в процессе обработки формируются контактные площадки на задних поверхностях. В результате высокоскоростного ударного взаимодействия алмазного зерна с активизирующим элементом на площадках контакта происходят микроразрушения и значительно увеличивается развитость микрорельефа.

В отличие от алмазных шлифовальных кругов, для кругов из КНБ нет необходимости в принудительном развитии микрорельефа зёрен, так как при обработке непрерывно происходят микросколы зёрен КНБ и, соответственно, развитость микрорельефа практически не снижается.

Поэтому в производственной практике механические воздействия на шлифовальные круги из КНБ для обеспечения или поддержания требуемой макрогеометрии круга. Для придания кругу требуемой геометрической формы используется ряд способов с применением подвижных и неподвижных алмазных правящих инструментов, например алмазные карандаши типа 04 – с неориентированным расположением алмазов. Запатентован способ правки эльборовых кругов молибденовым стержнем. При этом способе одновременно достигается и требуемая точность формы рабочей поверхности круга, и требуемая ее режущая способность [1].

Использование алмазных роликов для правки кругов из эльбора до настоящего времени носит экспериментальный характер и на промышленных предприятиях практически не применяется [1].

Объектом управления в случае механических воздействий на РПК с применением алмазов или специального инструмента с наложением вибраций является зерно КНБ. Связка управляющим воздействиям или вообще не подвергается, или подвергается незначительно по сравнению с зёрнами.

В отличие от рассмотренных способов, для обеспечения заданной величины выступания зёрен СТМ над связкой используют механические воздействия свободным абразивом, который может подаваться к рабочей поверхности круга всухую, в виде абразивной суспензии или в составе правящего инструмента, корпус которого играет роль притира.

Воздействия на РПК потоком свободных абразивных частиц имеют низкую эффективность, так как процесс характеризуется низкой управляемостью и большим расходом абразивного материала. Более эффективным является воздействие на круг с использованием специального инструмента – притира [5].

Способ механических воздействий свободным абразивом с притиром характеризуется хорошей управляемостью, относительно меньшим расходом абразивного материала и требует небольших затрат энергии. Объектом управления является преимущественно связка, воздействие на зёрна СТМ незначительно. Вместе с тем при данном способе воздействий абразивные зерна неизбежно будут попадать на обработанную поверхность заготовки и шаржироваться в неё. Этим обусловлена большая часть практических проблем при применении метода механических управляющих воздействий свободным абразивом в производственных условиях. К тому же, оценка характера последствий взаимодействия зёрен свободного абразива с зёрнами КНБ достаточно сложна и требует проведения дополнительных исследований.

Для повышения режущей способности шлифовальных кругов из СТМ на металлических связках хорошо зарекомендовали себя методы, основанные на использовании электрохимических и электрофизических процессов.

Электрохимические методы управляющих воздействий, которые достаточно просто могут быть реализованы при предварительной подготовке шлифовального инструмента к работе, имеют ряд существенных ограничений для использования в процессе обработки:

- сложность изоляции зоны обработки заготовки от зоны управляющих воздействий на шлифовальный круг;
- неизбежное загрязнение рабочей жидкости продуктами обработки;
- необходимость учитывать взаимодействие рабочей жидкости с обработанной поверхностью;
- недопустимость использования агрессивных электролитов при шлифовании многих видов материалов и др.

Объектом управления в случае электрохимических воздействий на РПК является связка, так как зерна алмаза и кубического нитрида бора не принимают участия в электрохимических процессах.

Перечисленные ограничивающие факторы и обусловленные ими трудности технической реализации электрохимических управляющих воздействий на РПК в процессе обработки не дают возможность рекомендовать для практического применения электрохимические методы управления параметрами поверхности и режущей способностью шлифовальных кругов из КНБ на металлической связке.

Среди электрофизических методов воздействий на РПК нашли применение анодно-механическая, алмазно-катодная, электроконтактная и электроэрозион-

ная обработка. Анодно-механические и алмазно-катодные процессы требуют применения электролитов, вследствие чего они имеют те же ограничения и сложности использования для осуществления управляющих воздействий в процессе обработки, что и электрохимические процессы.

Электроконтактный метод воздействий основывается на использовании вращающегося гибкого электрода, который для обеспечения высокой плотности тока выполняется в виде круговой щетки, набранной из проволочных, радиально расположенных, гибких элементов (рис. 1). Эти элементы способны проникать в межзеренное пространство и взаимодействовать со связкой круга как механически, так и электрофизически, обуславливая возникновение электрических разрядов в процессе прерывистого электрического контакта с материалом связки [6].

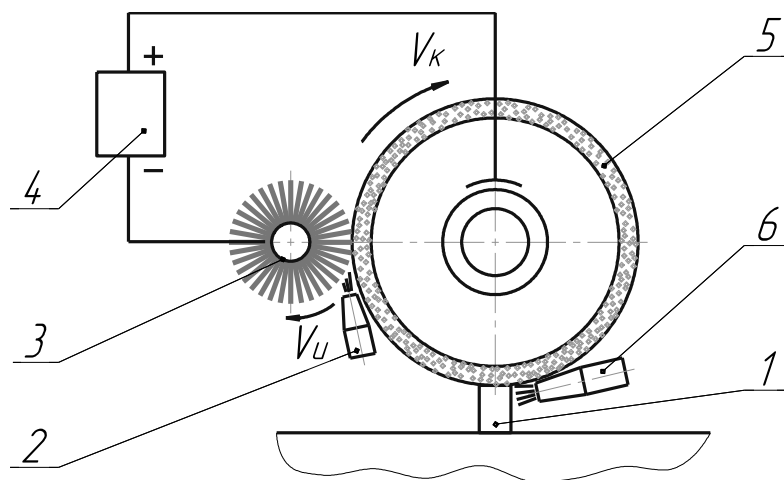


Рис. 1. Плоское шлифование с электроконтактными управляющими воздействиями на РПК с помощью круглой щетки из гибких элементов: 1 – обрабатываемая заготовка, 2 – сопло для подачи рабочей среды в межэлектродный промежуток, 3 – вращающаяся щетка из гибких электродов, 4 – источник технологического тока, 5 – шлифовальный круг, 6 – сопло для подачи рабочей среды в зону резания

Диаметр проволочных электродов выбирается таким образом, чтобы они свободно проникали в межзеренное пространство для контактирования со связкой круга. Оптимальная разность линейных скоростей шлифовального круга и правящей щетки составляет 0,1-1, 0 м/с. Механическое воздействие проволочек и доступ СОЖ в зону воздействий обеспечивают надежное удаление шлама с РПК и высокую термическую стойкость электродов при большой плотности тока. Управляющие воздействия проводятся при напряжениях от 5 до 60 В и плотности тока от 5 до 600 А/см<sup>2</sup>. Широкий диапазон электрических параметров процесса позволяет использовать в качестве рабочей среды не вредные для здоровья станочника электролиты, а обычные СОЖ.

Электроэрозионные методы воздействий (рис. 2) показали свою высокую эффективность при поддержании режущей способности кругов из СТМ на ме-

таллической связке в процессе обработки. Это обусловлено специфическими особенностями электроэрозионного процесса, среди которых первостепенными являются следующие:

- наличие зазора между поверхностями круга и электрода-инструмента, что позволяет осуществлять воздействия с минимальным усилием подачи электрода и незначительным его износом;
- высокая избирательность и дискретность воздействий;
- термический характер электрической эрозии позволяет применять метод для токопроводных связок с различными физико-механическими свойствами.

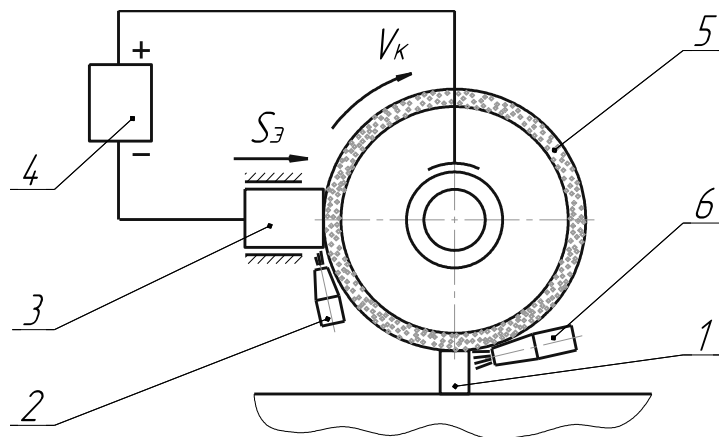


Рис. 2. Плоское шлифование с электроэрозионными управляющими воздействиями на РПК с помощью электрода-инструмента в автономной зоне: 1 – обрабатываемая заготовка, 2 – сопло для подачи рабочей среды в межэлектродный промежуток, 3 – электрод-инструмент, 4 – источник технологического тока, 5 – шлифовальный круг, 6 – сопло для подачи рабочей среды в зону резания

Объектом управления в электрофизических методах воздействий является токопроводная связка. Вместе с тем экспериментально установлено, что при электроэрозионной обработке могут возникать условия, когда на поверхности нетокопроводных зёрен создаётся электропроводный слой из продуктов пиролиза рабочей среды и обрабатываемого материала [6] или же формируются токопроводные мостики из элементов стружки между связкой и слоем обрабатываемого материала на контактных площадках зерен.

Таким образом, в процессе управляющих электрофизических воздействий могут сформироваться такие условия, когда электрический разряд будет инициироваться непосредственно на зерно и объектами управления будут оба компонента структуры круга: зерна и связка.

### Выводы

1. Механические воздействия на рабочую поверхность кругов из КНБ с применением алмазов или специального инструмента с наложением вибраций не оказывают существенного влияния на режущие свойства таких кругов.

2. Оценка эффективности применения для управления режущей способностью кругов из КНБ свободного абразива требует проведения дальнейших исследований.

3. Если объектом управления является связка круга, то для шлифовальных кругов из КНБ на металлической токопроводящей связке наиболее эффективными представляются воздействия с использованием электрической энергии или комбинации электрической энергии с другими её видами.

4. При применении электрофизических воздействий на РПК объектами управления будут оба компонента структуры круга из КНБ: зерна КНБ и удерживающая их связка.

**Список литературы:** 1. Зубарев Ю.М., Приемьшев А.В. Эффективность применения при шлифовании кругов из кубического нитрида бора// Сучасні технології у машинобудуванні: Зб. наукових статей/ За заг. ред. А.І. Грабченка. – Том 1. – Харків: НТУ "ХПІ", 2006. – С. 93-98. 2. Галицкий В.Н., Курищук А.В., Муровский В.А. Алмазно-абразивный инструмент на металлических святках для обработки твердого сплава и стали. – Киев: Наукова думка, 1986. – 144 с. 3. Опыт и эффективность применения специального инструмента из гексанида-А при шлифовании пазов форвакуумного насоса/ В.М. Волкогон, Л.Л. Таланцев, С.К. Аврамчук, А.В. Кравчук// Сучасні технології у машинобудуванні: Зб. наукових статей/ За заг. ред. А.І. Грабченка. – Том 1. – Харків: НТУ "ХПІ", 2006. – С. 57-63. 4. Полтавец В.В. Повышение степени управляемости технологической системой шлифования кругами из сверхтвердых материалов за счет воздействий на характеристики инструмента/ Наукові праці ДонНТУ. Серія Машинобудування і машинознавство. Випуск 6 (154). – Донецьк: ДонНТУ, 2009.– С. 79-86. 5. Бурмистров В.В., Хроменко А.Д., Гомон В.М., Дубовик В.Н. Способ правки шлифовального инструмента свободным абразивом. А. с. СССР № 967784, кл. В 24 В53/013. Донецкий политехнический институт, 1981. – Опубл. 1982. Бюл. № 39. 6. Прогрессивные методы правки абразивных кругов / В.Н. Малышев, В.И. Пилинский, Г.Г. Покладий и др. – К.: Техніка, 1985. – 112 с.

## УПРАВЛЕНИЕ РЕЖУЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ НА ОСНОВЕ КУБИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА

Полтавец В.В.

Выполнен анализ методов контроля режущей способности шлифовальных кругов из кубического нитрида бора в процессе обработки.

## УПРАВЛІННЯ РІЖУЧОЇ ЗДАТНІСТЮ ШЛІФУВАЛЬНИХ КРУГІВ НА ОСНОВІ КУБІЧНОГО НІТРИДУ БОРУ

Полтавец В.В.

Виконано аналіз методів контролю ріжучої здатності шліфувальних кругів з кубічного нітриду бору в процесі обробки.

## MANAGEMENT OF CUTTING CAPACITY OF GRINDING WHEEL BASED ON CUBIC BORON NITRIDE

Poltavets V.V.

The analysis of methods of cutting capacity control of grinding wheels from cubic nitride of boron in machining process is made.