

АНАЛИЗ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ АЛМАЗНЫХ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

Лазарев Д.С., Гусев В.В. (кафедра МСМО, ДонНТУ, г. Донецк,)

Аннотация. В статье проанализированы методы правки алмазных шлифовальных кругов. Наибольшей производительностью обладает метод правки свободным абразивом.

Ключевые слова: шлифование, правка, алмазный шлифовальный круг, свободный абразив.

Введение

В настоящее время наиболее эффективным методом обработки деталей из труднообрабатываемых металлов является шлифование алмазными шлифовальными кругами (АШК). Применение АШК обеспечивает значительный рост производительности труда, снижение затрат и повышение эффективности производства при достижении высоких эксплуатационных свойств обработанных поверхностей [1].

Главные показатели работы АШК — необходимые точность и качество поверхности шлифования при высокой производительности, определяемой съемом материала. Между тем эти параметры не остаются постоянными в процессе шлифования, так как происходит изменение режущих свойств круга. Зерна шлифовального круга, участвующие в работе, испытывают периодическое силовое, тепловое и химическое воздействие в момент контакта с обрабатываемой заготовкой. В результате этих явлений режущие кромки зерен истираются или скалываются, происходит вырывание целых зерен из связки круга. Неравномерный износ АШК приводит к искажению его формы, изменяются его режущие свойства. Вместе с тем, правка алмазных кругов является технологически сложной и трудоемкой операцией [2].

Цель работы и задачи исследования. На основе анализа методов правки алмазных шлифовальных кругов обосновать выбор способа правки алмазного шлифовального круга.

Основное содержание работы

Правка – процесс восстановления режущей способности шлифовального круга (ШК) и правильной геометрической формы инструмента. Правке подвергается вновь устанавливаемые на станок инструменты и затупившиеся в процессе работы. На правку расходуется от 45% до 80% полезного объема ШК. Затраты на правку могут достигать до 40% штучного времени обработки и более. Методы правки кругов на металлической связке по характеру воздействия на рабочую поверхность круга (РПК) делятся на [3]:

- механические;
- химические;
- физические;
- комбинированные.

Связь между этими методами может быть представлена в виде следующей схемы (рис.1).

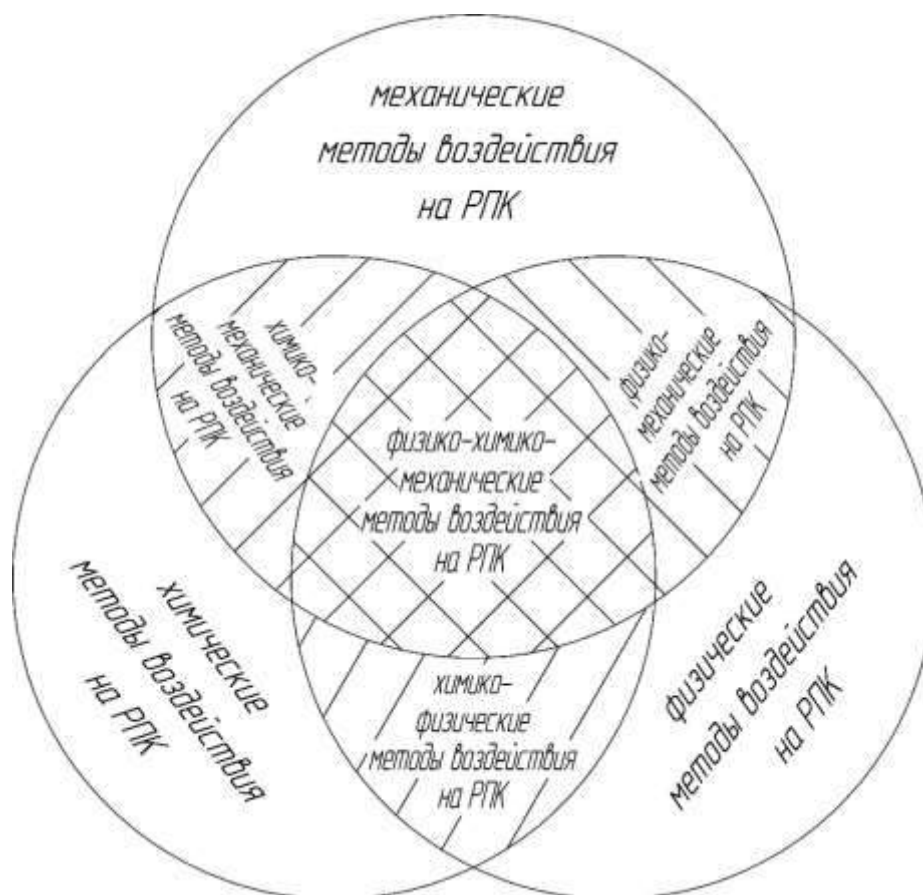


Рис.1. Методы управляющих воздействий на РПК

Электрохимические методы воздействия на РПК применяются с использованием электрического тока и механического воздействия. Правка такими способами характеризуется высокой точностью, применима для кругов на металлической и металлоорганической связке. Сюда относится электролитическая правка с использованием обратной схемы электролитического шлифования: круг – анод, а катод – деталь в виде пластины, трубы, круга (рис.2) и химическое травление в растворе щелочей и кислот. Химическое травление эффективно очищает рабочую поверхность инструмента, но не восстанавливает ее необходимый профиль. Правку кругов из алмаза на металлической связке производят шлифованием кругами из зеленого карбида кремния или электроабразивной обработкой [4]. После травления для восстановления формы круга необходимо механическое воздействие на РПК.

Электрофизические методы воздействия на РПК, в частности правка электроэрозией (рис.3), способны обеспечить необходимую точность. Для осуществления правки требуется правящий инструмент (электрод), достаточно простой в конструктивном исполнении. Суть метода состоит в испарении частиц связки круга с поверхности абразивного инструмента импульсным током [5].

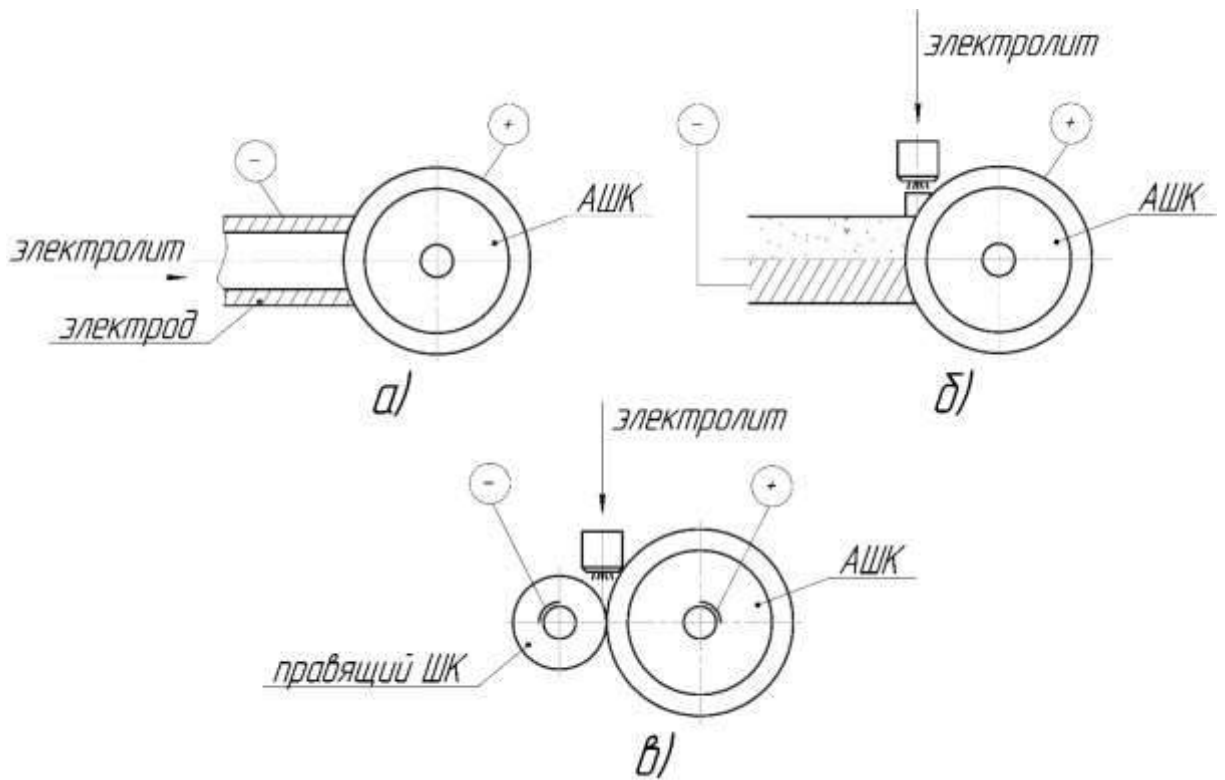


Рис.2. Схема электрохимической правки: а)катод-труба; б)катод-пластина; в) катод-круг [4]

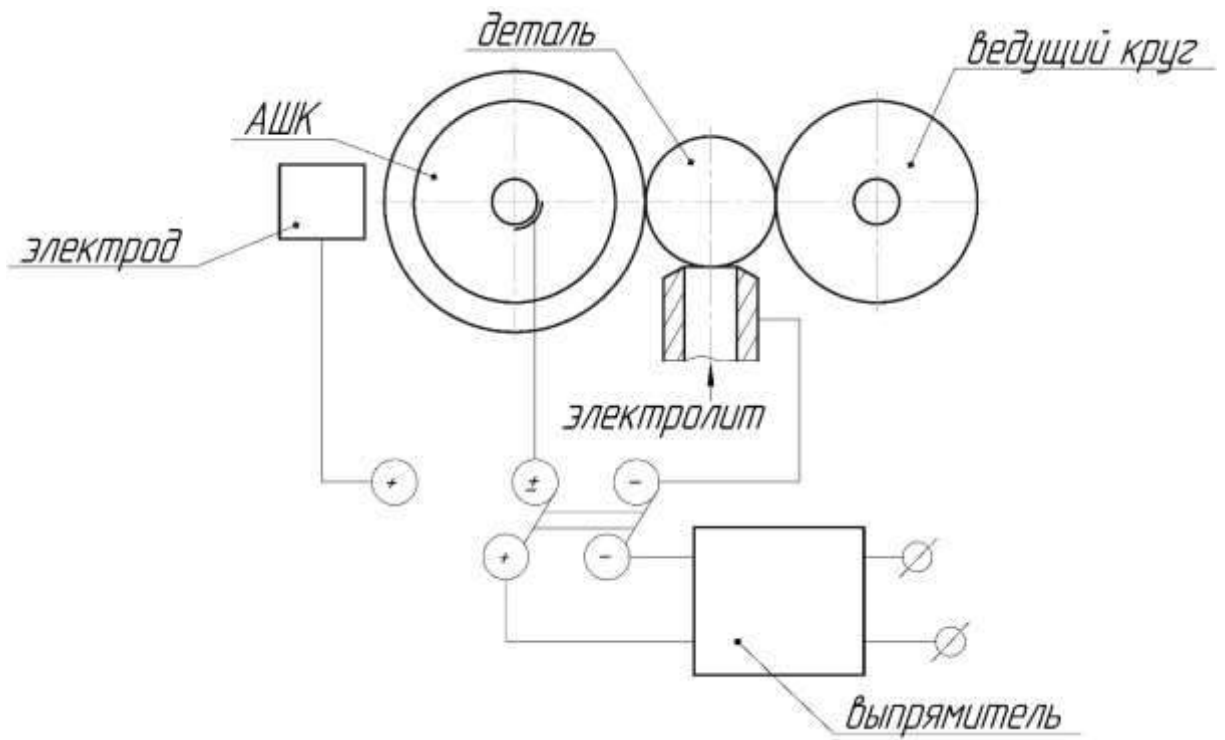


Рис.3. Схема электроэрозионной правки [4]

Несмотря на достоинства физического и химического способов правки, необходимо отметить и присущие им недостатки [6]:

- необходимость модернизация существующего оборудования;
- сложная реализация в производственных условиях;
- большие энергозатраты;
- сложность при соблюдении правил техники безопасности в условиях повышенной влажности в зоне работы станочника;
- наличие электрических разрядов большой силы тока;
- невозможность использования этих способов для кругов на неметаллической связке.

Альтернативой электроэрозионному способу правки выступают многочисленные механические способы правки. Механическую правку кругов осуществляют различными методами:

- обтачиванием режущей поверхности правящими инструментами из сверхтвердых материалов (алмазами в оправках, алмазными иглами, алмазными карандашами);
- шлифованием режущей поверхности правящими кругами;
- правка свободным абразивом.

Все эти способы направлены на исправление геометрии инструмента, который подвергается правке, и создание необходимого микропрофиля рабочей поверхности круга РПК. Из перечисленных способов правки шлифовальных кругов видно, что их существует довольно большое количество. Наиболее простым и эффективным управляющим воздействием является разновидность механического метода, к которому относится правка свободным абразивом. Этот метод отличается, по сравнению с другими механическими методами правки, более мягким воздействием на алмазные зерна круга и большей избирательностью воздействия на связку круга.

Правка свободным абразивом. При правке круга свободным абразивом через отверстие в притире подается суспензия, состоящая из абразивных зерен и связки. При вращении шлифовального круга в зазор между кругом и притиром попадает абразив, который увлекается поверхностью круга и держит на расстоянии притир. В процессе перекачивания зерна свободного абразива в рабочей зоне и их шаржирования в притир связка удаляется, при этом за алмазным зерном образуются «подпорки».

Достоинства метода [7,8]:

- производительность правки свободным абразивом в 2-3 раза выше, чем при правке другими механическими методами;
- затрата абразива в 6 раз ниже;
- позволяет интенсифицировать процесс с минимальной затратой абразивного материала.

К недостаткам можно отнести:

- необходимость в специальном устройстве для реализации;
- информации о назначении режимов правки для достижения наибольшей производительности процесса недостаточно;
- при обработке детали существует возможность ухудшения качества поверхности обрабатываемой детали при попадании на нее зерен абразива.

По такому принципу создано большое количество способов правки. Различие же в реализации различных способов правки свободным абразивом заключается в

движения притира и абразива, который используется для доставки правящего абразива в рабочую зону. Рассмотрим некоторые из таких способов.

По способу движения притира:

1). Исходным для всех способов правки свободным абразивом является способ с движущимся возвратно-поступательно притиром (рис.4) [9].

Правка осуществляется следующим образом. К вращающемуся на рабочей скорости кругу (инструменту) 1 подводят до касания притир 2, продольная ось которого наклонена под углом α в пределах от 20° до 60° к вектору скорости круга 1 в точке касания его с притиром. Притиру задают возвратно-поступательное движение вдоль образующей инструмента для формирования продольного профиля круга формы 1А1. В зону контакта инструмента и притира подают свободный абразив, который путем шаржирования в притире и перекатывания по поверхности контакта в направлении вектора скорости вышлифовывает материал притира и связки инструмента.

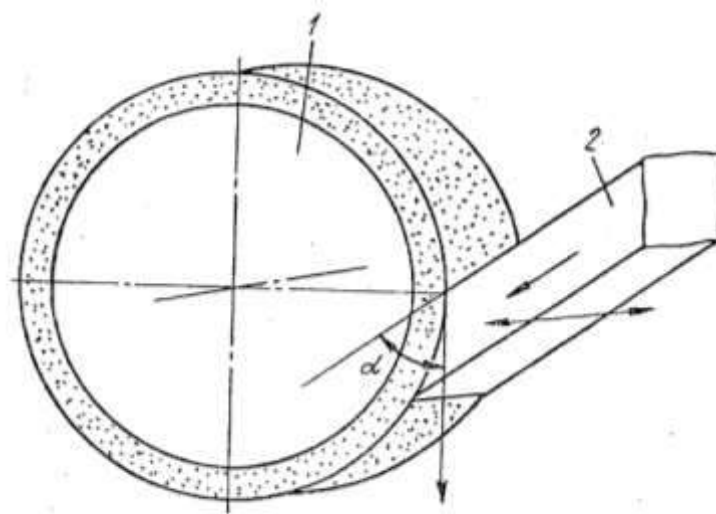


Рис.4. Схема правки свободным абразивом с движущимся возвратно-поступательно притиром [9]

2). Способ правки свободным абразивом с вращающимся притиром (рис.5) [10].

Способ правки шлифовальных кругов свободным абразивом, согласно которому свободный абразив подают в зазор между шлифовальным кругом и притиром, осуществляющим непрерывное движение в направлении по нормали к рабочей поверхности круга, отличающийся тем, что притиру дополнительно предоставляют вращательное движение вокруг оси, нормальной к рабочей поверхности и оси вращения шлифовального круга, причем наибольшую скорость притира выбирают не больше линейной скорости на рабочей поверхности шлифовального круга, и правку совершают вращающимся притиром с периодическими изменениями направления его вращения.

Преимуществами данного способа является:

- отсутствие на поверхности алмазного круга продольных рисок;
- улучшение характеристик РПК;
- равномерный износ притира.

К недостаткам можно отнести увеличенный расход свободного абразива.

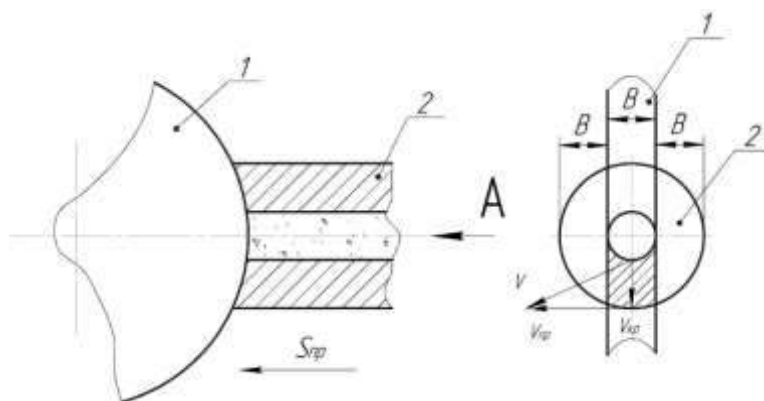


Рис.5. Схема правки свободным абразивом с вращающимся притиром: 1–ШК; 2– притир [10]

3). Способ правки свободным абразивом с дополнительным высокочастотным колебанием притира (рис.6) [11].

Этот метод способ отличается тем, что притир дополнительно осуществляет высокочастотные колебания, направленные вдоль образующей шлифовального круга. Предоставление притиру дополнительных высокочастотных колебаний, направленных вдоль образующей шлифовального круга, заставляет зерна свободного абразива, которые шаржированные в притир, делать дополнительные движения сложной формы, устраняет (или хотя снижает к минимуму) возможность образования зернами свободного абразива кольцевых канавок на поверхности круга и, тем самым, улучшает характеристики его рабочей поверхности, что влияет на качество поверхностного слоя обрабатываемых деталей.

При высокочастотных колебаниях зерна свободного абразива за время пребывания их в зоне контакта притира и шлифовального круга описывают сложную кривую, продлевают рабочий путь по поверхности круга, следовательно, увеличивают производительность правки.

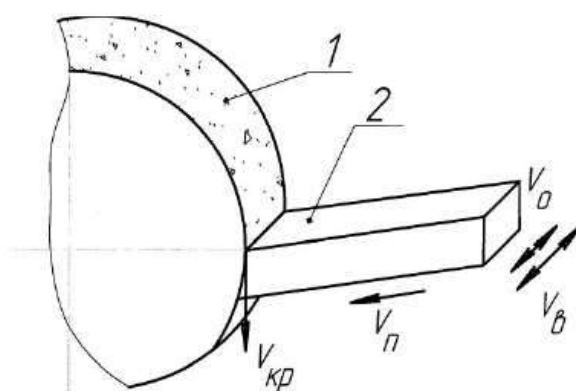


Рис.6. Схема правки свободным абразивом с вращающимся притиром и дополнительным высокочастотным колебанием: $V_{кр}$ – линейная скорость ШК; $V_{п}$ – скорость подачи притира; V_{o} – скорость возвратно-поступательного движения притира вдоль образующей ШК; $V_{в}$ – скорость движения притира при его высокочастотных колебаниях; 1 – ШК; 2 – притир [11]

4). Способ правки свободным абразивом (рис.7) [12].

При правке притир 1, установленный на каретке 2, движется по нормали к рабочей поверхности круга, подвергаемого правке. Каретка 2 приводится в движение механизмом 3 поперечного перемещения. Одновременно с подачей притира 1 осуществляется подача гибкой тонкостенной трубки 6 через цилиндрический канал направляющей 4. При этом трубка 6 сошлифовывается, а свободный абразив 7, находящийся в трубке 6, попадает в зазор между притиром 1 и кругом, подвергаемым правке. Зерна свободного абразива 7 захватываются кругом и перемещаются вместе с ним относительно притира 1. Одновременно с этим происходит торможение зерен за счет их внедрения в притир 1, что приводит к вышлифовыванию связки круга.

Преимуществом данного устройства является повышения производительности правки, за счет смонтированной на станине направляющей с цилиндрическим каналом, в котором расположена трубка, заполненная свободным абразивом, и механизмом подачи трубки.

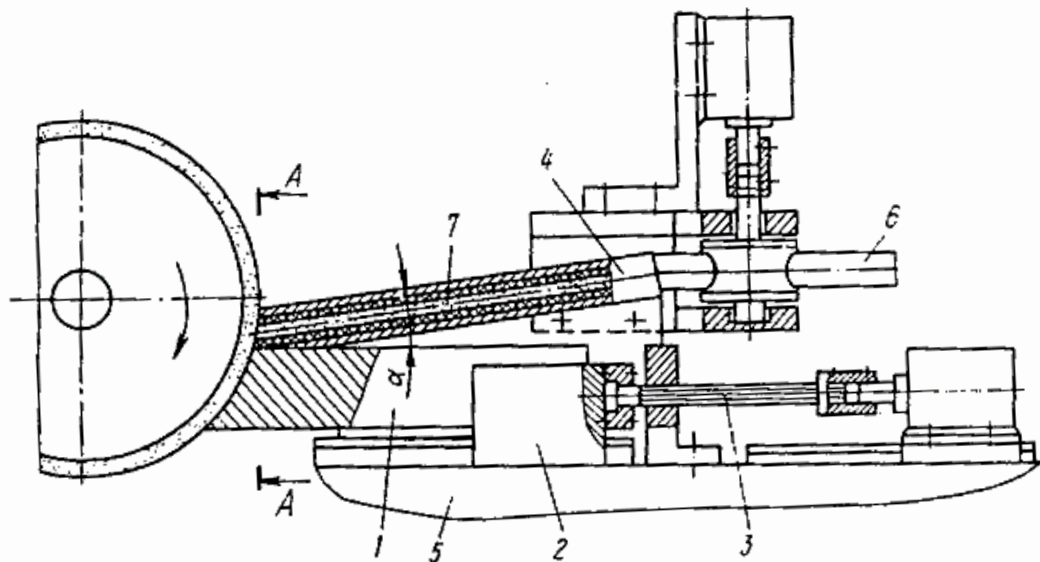


Рис.7. Способ правки свободным абразивом [12]

В качестве связующего вещества для свободного абразива могут выступать:

- полусвязанные абразивные зерна в виде бруска;
- жидкая связка.

1). Полусвязанные абразивные зерна в виде бруска [13].

В зазор между ШК и притиром подают свободный абразив в виде бруска, который состоит из смеси абразивного порошка и связующего элемента (глина, гипс, цемент, алебастр, эпоксидная смола). При правке брусок подают к ШК, который вращается. При этом зерна абразивной смеси, при разрушении бруска кругом, наносятся непосредственно на его рабочую поверхность.

Суть метода правки объясняется графиком зависимости граничной режущей способности ШК (РС), которая получена после правки от прочности бруска, которая определяется временным сопротивлением разрушению бруска при сжатии (Сигма) (рис.8).

Достоинством этого метода является уменьшение количества потребления свободно абразива и улучшение режущей способности ШК.

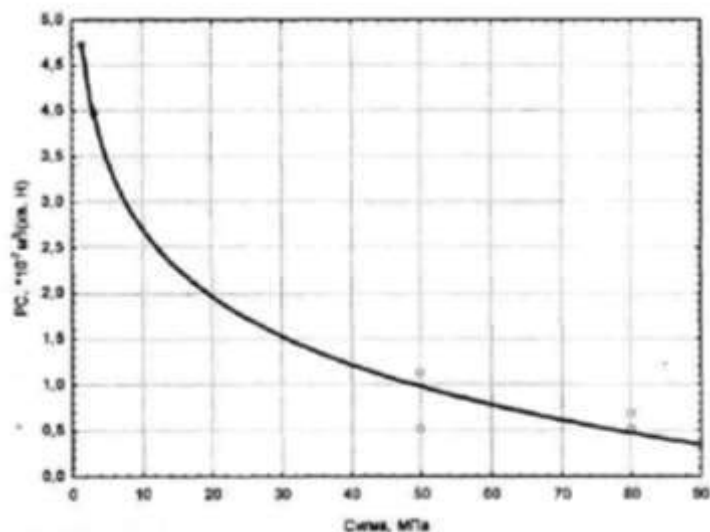


Рис.8. Зависимость режущей способности ШК от сопротивления разрушения бруска при сжатии

2). Жидкая связка[14].

В зазор между абразивным инструментом, который вращается, и притиром подается свободный абразив размером, который равен 0,6-0,9 размера зерен абразивного инструмента в виде суспензии, которая состоит с абразива, глины и жидкости.

Суспензию принимают при следующем отношении компонентов, %:

абразив	51,0-60,0
глина	20,0-25,0
жидкость	остальное

Преимуществом данного метода является повышение производительности правки и качество РПК. Недостаток-большой расход свободного абразива.

Вывод

1. Существует большое количество способов правки АШК. По методу воздействия на РПК они могут быть механические, физические, химические и комбинированные. Химические и физические эффективно очищают рабочую поверхность инструмента, но не восстанавливают ее необходимый профиль. Вследствие этого применяют чаще всего комбинированные методы, совмещающие физические и химические с механическими методами.

2. Механические методы правки направлены на исправление геометрии инструмента и создание необходимого микропрофиля рабочей поверхности круга РПК. Из всех механических методов правки наиболее лучшим является правка свободным абразивом, так как обладает рядом преимуществ:

- избирательное воздействие на абразивные зерна и связку ШК;
- производительность в 2-3 раза выше, чем при правке другими механическими методами;
- затрата абразива в 6 раз ниже;

- позволяет интенсифицировать процесс с минимальной затратой абразивного материала.

3. Недостаточное количество информации о назначении режимов правки для достижения наибольшей производительности процесса правки свободным абразивом ставит перед нами задачу дальнейших исследований в этом направлении.

Список литературы:

1. Kramer D., Rehsteiner F., Schuhmacher B. ECD (Electrochemical In-Process Controlled Dressing), a New Method for Grinding of Modern High-Performance Cutting Materials to Highest Quality // *Cirp Annals - Manufacturing Technology*. 1999. Vol. 48, no 1. P. 265-268. DOI: 10.1016/S00078506(07)63180-1.
2. Попов, С. А. Шлифовальные работы / С. А. Попов. – М.: Высшая школа, 1987. 383 с.
3. Полтавец, В.В. Повышение степени управляемости технологической системой шлифования кругами из сверхтвердых материалов за счет воздействий на характеристики инструмента / В. В. Полтавец // *Наукові праці ДонНТУ. Серія Машинобудування і машинознавство*. Випуск 6 (154). Донецьк: ДонНТУ, 2009. – С.79-86.
4. Курдюков, В.И. Основы абразивной обработки: учебное пособие / В. И. Курдюков. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2014. – 195 с.
5. Шавва, М. А., Экспериментальная установка для алмазного шлифования с применением непрерывной электрохимической правки шлифовального круга / А. М. Шавва, Е. М. Захаревич; НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ МГТУ ИМ.Н.Э.БАУМАНА. НАУКА и ОБРАЗОВАНИЕ. Эл № ФС77 — 48211. Государственная регистрация № 421 200 025. ISSN 1994–0408. Электронный научно-технический журнал. 2014. – С.44-54.
6. Матюха, П. Г. Устройство для электроэрозионной правки кругов на металлической связке / П. Г. Матюха, В. П. Цокур // *Науч.-техн. реферативный сб. «Электрические и электрохимические методы обработки»*. – М.НИИМАШ. – 1981. – Вып.8. – С.2-3.
7. Чачин, В. Н. Профилирование алмазных шлифовальных кругов / В. Н. Чачин, В. Д. Дорофеев. – Минск: Наука и техника, 1974. – 160 с.
8. Гусев, В. В. Закономерности изменения режущей способности алмазных шлифовальных кругов при правке свободным и полусвязанным абразивом / В. В. Гусев, А. Л. Медведев // *Наукові праці ДонНТУ. Серія Машинобудування і машинознавство*. Випуск 6 (154). Донецьк: ДонНТУ, 2009. – С.41-48.
9. А.с. 1839393 СССР. Способ правки абразивного инструмента / Бурмистров В. В., Байков А. В., Емельянов А. Н., Калафатова Л. П., Хроменко А. Д. // *Бюл.* – 1993. – № 47-48. – 2 с.
10. Пат. 97700Укр. Способ правки шлифовальных кругов свободным абразивом / Гусев В. В., Вяльцев М. В., Молчанов А.Д., Медведев А. Л., Семенюк Д. Ю. // *Бюл.* – 2012. – №5.
11. Пат. 96351Укр. Способ правки шлифовальных кругов свободным абразивом / Гусев В. В., Вяльцев М. В., Молчанов А. Д., Медведев А. Л., Семенюк Д. Ю., Калафатова Л. П. // *Бюл.* – 2011. – №20.
12. А.с.1668121 СССР. Способ правки абразивного инструмента/ В.В. Бурмистров, А.Д. Хроменко, В.В. Машенко, Е.М. Сировский // *Бюл.* – 1991. – № 29. – 3 с.
13. Пат. 99526 Укр. Способ правки шлифовального круга/ Гусев В. В., Вяльцев М.В., Молчанов А. Д., Медведев А. Л., Тупик А. Л., Калафатова Л. П. // *Бюл.* – 2012. – №26.
14. Пат. 3838 Укр. Способ правки шлифовального инструмента /Калафатова Л. П., Шевченко В. А., Поезд С. А. // *Бюл.* – 2004. – №12.