

ИССЛЕДОВАНИЕ ШЛИФОВАНИЯ ЗАКАЛЕННЫХ СТАЛЕЙ С КАТОДНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ РЕЖУЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ КРУГОВ ИЗ СВЕРХТВЁРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Д. М. Алексеенко, канд. техн. наук, доцент
Сумский государственный университет, г. Сумы*

Излагается разработанная автором методика определения износа кругов на токопроводящих связках. Предложено для повышения точности и производительности измерений использовать средства компьютерной техники.

Подтверждена определяющая роль состояния режущего рельефа в достижении оптимальности процесса шлифования пластичных металлов. Зависимости имеют экстремальный характер. Каждому значению глубины шлифования соответствует конкретное, наиболее рациональное состояние рельефа, обеспечиваемое оптимальной интенсивностью воздействия для фиксированных условий установившегося процесса.

ВВЕДЕНИЕ

Значительным резервом повышения эффективности процесса шлифования закалённых сталей являются комбинированные методы обработки кругами из сверхтвёрдых материалов (СТМ) на прочных металлических связках.

Определяющим фактором в обеспечении эффективности комбинированных процессов глубинного и многопроходного шлифования является развитость рабочей поверхности круга (РПК), определённое состояние которой может быть искусственно создано для конкретных условий обработки [1,2 и др.].

Создание устойчивого процесса шлифования с производительностью обработки, определяемой потребностью производства и технологическими возможностями оборудования, а также бездефектностью формируемых режущих лезвий, возможно путём создания соответствующей развитости режущего рельефа и обеспечения его стабильности.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Отсутствие эффективного, экономичного процесса заточки инструмента из закалённых сталей на ряде технологических операций практически исключает применение кругов из СТМ, что является сдерживающим фактором в повышении стойкости лезвийного режущего инструмента, используемого на высокопроизводительном оборудовании.

Существенный интерес представляет обрабатываемость инструментальных сталей Р6М5 и 9ХС кругами из СТМ при глубинном и многопроходном шлифовании для конкретных операций заточки режущего инструмента, характеризующихся определённой спецификой. К этим особенностям можно отнести широкий диапазон изменения глубины резания при заточке сборного многолезвийного инструмента и значительные площади контакта при обработке широких протяженных поверхностей.

С учётом требований полиграфического и ряда инструментальных производств для рассматриваемых технологических операций необходимо определить наиболее эффективные комбинированные методы шлифования и выявить основные факторы, вызывающие наиболее существенные изменения выходных показателей в широком диапазоне режимов шлифования, определяемых реальными условиями.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Создание надежного управляемого процесса возможно на основе обеспечения соответствующего контроля и управления режущим рельефом, для чего разработана комплексная методика оценки состояния РПК, учитывающая специфический характер сглаживания рельефа при обработке пластичных металлов.

На базе станка мод. 3Б667 сконструирован рельефограф (рис.1) для записи профиля круга по ширине РПК в радиальном направлении и по окружности заданного диаметра [3].

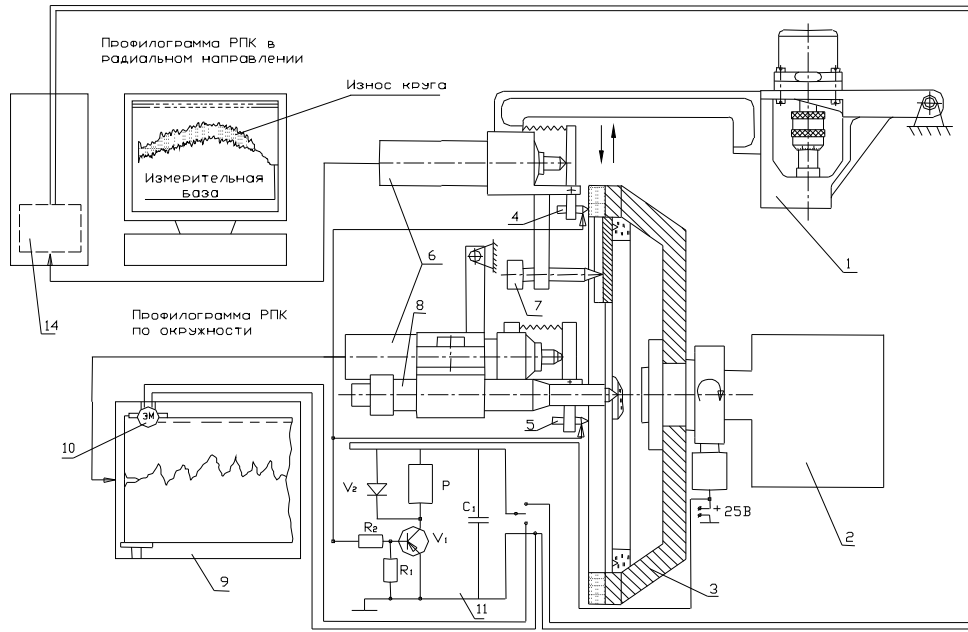


Рисунок 1 – Схема устройства для определения размерного износа круга

Устройство содержит: механизм радиального перемещения 1 для профилографирования круга 3 по ширине, привод медленного вращения шпинделя 2, элементы ощупывания рельефа 4 и 5 с индуктивными датчиками перемещений 6, установочные микрометрические винты 7 и 8, электрические самописцы 9, электромагнит 10, электрическое устройство 11 для определения токопроводящих участков, персональный компьютер 14, оснащённый АЦП ЦПУ с преобразователем ЕТ 1222.

Устройство позволяет идентифицировать на профилограмме участки, соответствующие зёрнам из сверхтвёрдых материалов и токопроводящей связке, а также вести сравнительный анализ профилограмм совмещением базовых линий, что позволяет с высокой точностью определить износ круга.

Для обработки профилограмм используется графический редактор КОМПАС-ГРАФИК. Сервисные возможности редактора позволяют импортировать файлы dxf-формата и обработать их с помощью встроенных Windows API функций.

Графическое изображение радиального сечения изношенного слоя (рис.2) представляет собой замкнутый контур, ограниченный двумя профилограммами и для определения площади такой фигуры используется сервисная команда «Измерить площадь».

Удельный и относительный расход круга вычисляется по утверждённому стандарту формулам с использованием полученных значений площади.

Предложенная методика для определения размерного износа круга позволяет практически исключить временные затраты на обработку профилограмм для вычисления площади сечения изношенного слоя и создаёт возможность автоматизации расчета ряда выходных показателей процесса шлифования. Кроме этого, существенно повышается достоверность результатов и точность измерения, а также появляется возможность расширения использования более оперативных оптических методов оценки состояния рельефа в комплексе с механическими [4,5].

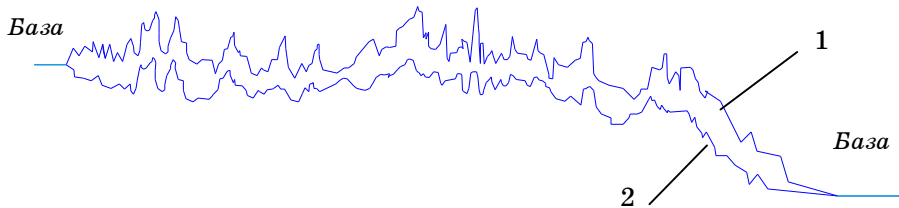


Рисунок 2 – Радиальное сечение изношенного слоя шлифовального круга:
1 – профилограмма РПК в начале установившегося режима,
2 – профилограмма РПК после шлифования.
Шлифовальный круг 12А2х45 200х40х51х20х5 ЛКВ12 МО4 100%. $V=34$ м/с,
 $S_{ноп} = 0,7$ мм/2ход, $S_{пр} = 0,5$ м/мин, количество двойных ходов $n=20$,
плотность тока в цепи управления $J_{упр} = 0,5$ А/см²,
обрабатываемый материал Р6М5

В качестве основного показателя для оптимизации процесса выбран удельный расход кругов из СТМ как наиболее объективно оценивающий эффективность шлифования, в значительной мере определяющий себестоимость обработки.

Особое место в исследовании управляемого процесса шлифования отведено установлению зависимостей удельного расхода круга от интенсивностей управляющего и возмущающих воздействий – силы тока в цепи управления и глубины шлифования.

Эксперимент проводился с целью выявления области рациональных электрических режимов и определения степени их влияния на выходные показатели глубинного шлифования.

Износ круга определялся с учётом формирования соответствующего поперечного профиля, а управление рельефом осуществлялось дифференцированно по ширине круга пропорционально нагрузке. Предварительные эксперименты показали, что при электроэрозионной глубиной обработки быстрорежущей стали для рассматриваемого диапазона величин поперечной подачи и определяющей роли в съеме припуска участка заборного конуса дополнительное управляющее воздействие целесообразно сосредоточить на наиболее нагруженном участке.

Постоянное значение технологического напряжения для различных механических режимов как при прямой, так и при обратной полярности из-за сложности и взаимозависимости электрических процессов не может обеспечить рациональное шлифование путём создания заданного режущего рельефа. Причём использование технологического тока, и в особенности обратной полярности, сопровождается интенсивными электроэрозионными и электроконтактными процессами, что вызывает чрезмерное разрушение РПК.

При установленной глубине шлифования величина технологического тока должна выбираться с учетом её достаточности для электролитического воздействия на шлифуемую поверхность, разрушения диспергированного материала и поддержания необходимой развитости рельефа на плоском участке РПК.

В связи с этим наиболее целесообразным для глубинного шлифования является определённое сочетание характера, условий и интенсивностей электрических режимов.

Для определения взаимосвязей параметров реющего рельефа круга на участке заборного конуса с выходными показателями процесса проведен комплекс практических исследований. Обработка результатов многофакторных экспериментов выполнялась по известной методике [6] с использованием средств вычислительной техники. При этом использовалось оригинальное программное обеспечение, разработанное автором для пакета SuperCalc.

Для наиболее рационального управления процессом и вскрытия резервов повышения его эффективности представляет интерес установление закономерностей, связывающих удельный расход эльбора – q , мг/см³, параметры рельефа РПК с важнейшими факторами процесса: поперечной подачей $S_{поп}$, напряжением в технологической цепи U_t , силой тока в цепи управления $J_{упр}$ и продолжительностью шлифования, которая измерялась в количестве двойных ходов n при постоянной скорости продольной подачи $S_{пр}$. Для этого реализован план полного факторного эксперимента второго порядка – 2^4 . Графический анализ выполнен построением одномерных зависимостей (рис.3–5). Наибольшее влияние на удельный расход эльбора оказывает поперечная подача. Зависимости удельного расхода от поперечной подачи в рассматриваемом диапазоне её значений имеют экстремальный характер, причём минимум наблюдается при $S_{поп} = 0,6-0,7$ мм/2х независимо от условий шлифования (рис.3). Рост поперечной подачи приводит к прямо пропорциональному увеличению производительности процесса, поэтому изменение удельного расхода определяется преобладающим увеличением одного из показателей процесса: износа круга или производительности.

Увеличение $S_{поп}$ до 0,6-0,7 мм/2х в условиях ГЭХШ (глубинного электрохимического шлифования) с дополнительным воздействием на РПК обеспечивает преобладающий рост производительности по отношению к износу круга. При дальнейшем увеличении $S_{поп}$ удельный расход возрастает – в этом случае рост нагрузки на эльборовые зерна и увеличение доли эрозионных разрядов в зоне шлифования приводят к более существенному износу.

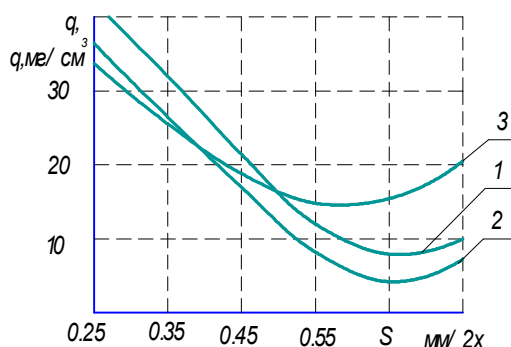


Рисунок 3 – Зависимость удельного расхода круга от поперечной подачи $U_t=8$ В; $n=10$ 2х;

1 – $J_{упр}=5$ А; 2 – $J_{упр}=10$ А; 3 – $J_{упр}=15$ А; $V=34$ м/с

Определённое влияние на рассматриваемые зависимости оказывает сила тока в цепи управления $J_{упр}$, которое наиболее существенно при $S_{ноп} > 0,5$ мм/2х.

С ростом количества двойных ходов (рис.4) удельный расход уменьшается и становится примерно постоянным к $n=12-13$ 2х, что говорит о стабилизации процесса при переходе от максимальной развитости РПК после предварительной правки круга к установившемуся рельефу. Величина стабилизированного q определяется значением $S_{ноп}$ и силой тока $J_{упр}$. При постоянном значении $S_{ноп} = 0,5$ мм/2х наименьший удельный расход за счёт более рационального состояния РПК при шлифовании обеспечивает сила тока $J_{упр}=10$ А.

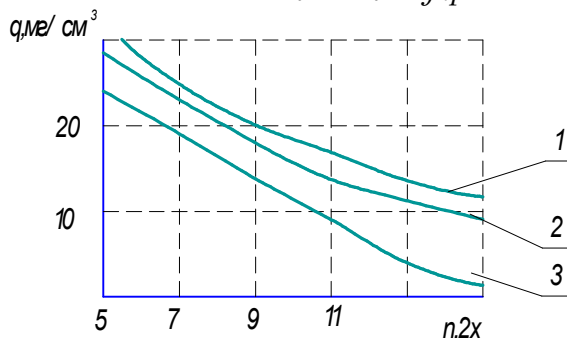


Рисунок 4 – Зависимость удельного расхода круга от количества проходов
 $U_m=8$ В; $S_n=0,5$ мм/2х;
 1 - $J_{упр}=5$ А; 2 - $J_{упр}=10$ А; 3 - $J_{упр}=15$ А

Наибольший интерес представляет определение соответствующего каждому значению $S_{ноп}$ величины $J_{упр}$, обеспечивающей минимум удельного расхода. Из приведенных зависимостей (рис. 5) следует, что эти значения существуют и могут быть найдены для каждой из величин поперечной подачи. Анализ зависимостей показал, что с увеличением $S_{ноп}$ минимум q смещается в сторону меньших значений $J_{упр}$, что может быть объяснено преобладающим воздействием на состояние РПК электрофизических процессов в зоне шлифования вследствие уменьшения межэлектродного зазора. Поэтому большей $S_{ноп}$ для обеспечения при постоянном U_m наиболее рационального состояния РПК достаточно меньшего значения интенсивности дополнительного воздействия $J_{упр}$

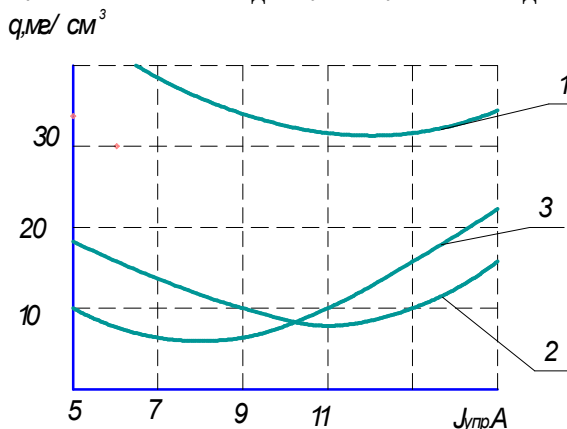


Рисунок 5 - Зависимость удельного расхода от силы тока в цепи управления $U_m=8$ В;
 1 - $S_{ноп}=0,25$ мм/2х; 2 - $S_{ноп}=0,5$ мм/2х; 3 - $S_{ноп}=0,75$ мм/2х; $V=34$ м/с

Развитость РПК определяется целым комплексом параметров, наиболее существенным из которых является высота выступления зёрен над уровнем связки h мкм. После расшифровки профилограмм и обработки данных на ЭВМ получено уравнение

$$h = 48,8 + 0,09S_{non} - 2,88 \tau + 4,71 J_{упр} + 9,28S_{non}^2 - 3,95 \tau^2 + 3,61J_{упр}^2 + 3,38S_{non} \tau - 0,13S_{non} J_{упр} - 5,3 \tau J_{упр}$$

где τ - время дополнительного электрохимического воздействия на РПК.

Из уравнения следует, что наибольшее влияние на h оказывают поперечная подача и сила тока в цепи управления. Представленные на рис. 6 зависимости показывают, что с увеличением $J_{упр}$ высота выступления зерен вначале возрастает интенсивно, затем темпы роста снижаются и при определённом значении силы тока в цепи управления высота выступления зерен стабилизируется. Причём установившееся значение h определяется величиной поперечной подачи. Характер зависимости h от S_{non} экстремальный и объясняется суммарным воздействием на рельеф РПК ряда факторов. Первоначальное уменьшение h (рис.7) с ростом S_{non} вызвано увеличением нагрузки на режущие зёрна, затем существенное уменьшение межэлектродного зазора в зоне шлифования влечет за собой интенсификацию эрозивных разрядов, формирующих более развитый рельеф. На характер указанных зависимостей сила тока $J_{упр}$ влияет незначительно.

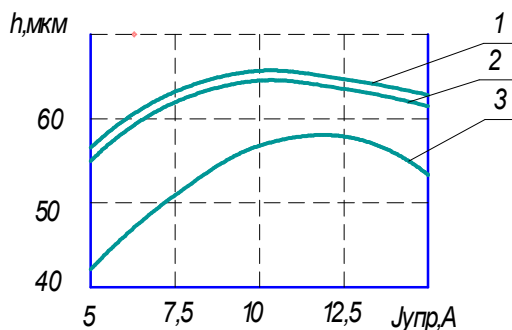


Рисунок 6 – Зависимость высоты выступления зерен от силы тока в цепи управления $U_t = 8$ В; $\tau = 4$ мин;

1 – $S_{non} = 0,15$ мм/2х; 2 – $S_{non} = 0,65$ мм/2х; 3 – $S_{non} = 0,4$ мм/2X; $V = 34$ м/с

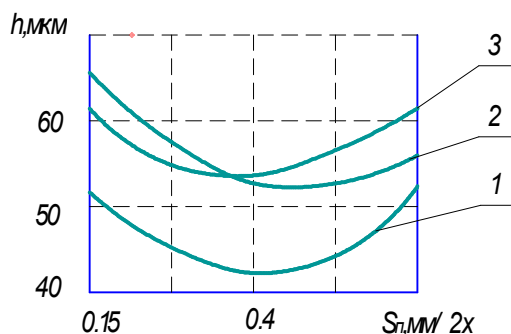


Рисунок 7 – Зависимость высоты выступления зёрен от поперечной подачи $U_t = 8$ В; $\tau = 4$ мин;

1 – $J_{упр} = 5$ А; 2 – $J_{упр} = 10$ А; 3 – $J_{упр} = 15$ А

В установившемся процессе глубинного шлифования, который стабилизируется при условии обеспечения достаточной режущей способности круга, а время переходного процесса зависит от величины и интенсивности съёма материала, для постоянных условий обработки оптимальному значению управляющего воздействия соответствует определенный максимум высоты выступающих режущих зёрен (рис.8,9).

Из графиков следует, что роль электрофизических процессов достаточно велика и для поперечных подач в рассматриваемом диапазоне является определяющей. При постоянном напряжении технологического тока в зоне шлифования происходит сложный процесс электрофизического разрушения как круга, так и обрабатываемого материала, но условия съема припуска могут существенно повлиять на увеличение интенсивности разрушающего эффекта электроэрозионных и электроконтактных процессов, вызывающих неоправданный расход круга.

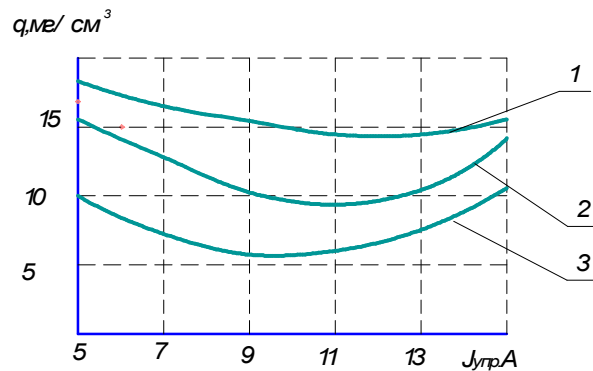


Рисунок 8 – Зависимость удельного расхода круга от силы тока в цепи управления

1 – $S_{поп} = 0,25$ мм/2х; 2 – $S_{поп} = 0,5$ мм/2х; 3 – $S_{поп} = 0,75$ мм/2х;
 $U_m = 8$ В; $S_{пр} = 0,3$ м/мин; $n = 10$ дв. X

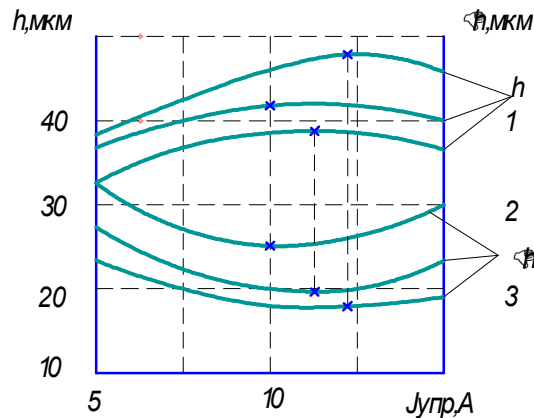


Рисунок 9 – Зависимость высоты выступающих режущих зёрен и линейного износа круга от интенсивности управляющего воздействия

1 – $S_{поп} = 0,25$ мм/2х; 2 – $S_{поп} = 0,5$ мм/2х; 3 – $S_{поп} = 0,75$ мм/2х

ВЫВОДЫ

1 Использование электрической энергии в зоне шлифования целесообразно проводить из условия максимального разрушения продуктов диспергирования и обрабатываемой поверхности при исключении или минимизации электрофизического воздействия на РПК.

2 Компенсацию процесса восстановления рельефа осуществляет

дозированное рациональное электрохимическое воздействие в автономной зоне, в сочетании с которым при глубинном шлифовании электроэрозионная обработка достигает большего эффекта.

3 Подтверждена определяющая роль состояния режущего рельефа в достижении оптимальности процесса шлифования пластичных металлов. Наиболее рациональное состояние рельефа при постоянных условиях обработки достигается соответствующей интенсивностью управляющего воздействия, что следует из существования минимального значения удельного расхода, зависимости имеют экстремальный характер. Причём определённому значению глубины шлифования соответствует конкретное, наиболее рациональное состояние рельефа, обеспечиваемое оптимальной интенсивностью воздействия для фиксированных условий установившегося процесса.

SUMMARY

RESEARCH OF GRINDING OF THE TEMPERED STEELS WITH CATHODIC MANAGEMENT OF THE CUTTING SURFACE OF CIRCLES MADE FROM SUPERFIRM MATERIALS

D.M. Alekseyenko

Sumy State University

An approach to tool life determination of current conductive abrasive wheels is given. An automated measuring equipment was used for increasing of accuracy and productivity of measurement.

It was proved that tool profile allows archive optimum grinding performance. The are extremums on profile parameters – grinding intensity curves. It was found dependences of profile parameters and grinding depth which results on maximum grinding intensity.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грабченко А.И. Расширение технологических возможностей алмазного шлифования. - Харьков: Вища школа, Изд-во при Харьк. ун-те, 1985. - 184 с.
2. Янюшкин А.С., Шоркин В.С. Контактные процессы при электроалмазном шлифовании. - М.: Машиностроение-1, 2004. - 230 с.: ил.
3. Алексеенко Д.М., Алексеев А.Н. Измерение износа кругов из сверхтвёрдых материалов на токопроводящих связках //Вісник аграрної науки Причорномор'я. - Миколаїв: Миколаївський держ. аграрний університет, 2002. - Вип. №4 . -С.102-106.
4. Алексеенко Д.М. Способ контроля режущей способности шлифовального круга. Патент Российской Федерации № 1826374,1992.
5. Алексеенко Д.М. Способ контроля режущей способности и правки шлифовального алмазного круга на металлической связке. Патент Российской Федерации N 1792022,1993.
6. Спиридонов А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. - М.: Машиностроение, 1981, 184с.

Поступила в редакцию 24 марта 2009 г.