М 335871

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР

Московское ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

ТАРАХНОВ Николай Семенович

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖУЩИХ СВОЙСТВ АЛМАЗНЫХ КРУГОВ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СВЯЗКАХ ПРИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОМ ШЛИФОВАНИИ БЕЗВОЛЬФРАМОВЫХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

(05.03.01 – Процессы и машины обработки материалов резанием; автоматические линии)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва – 1978

Работа выполнена в Московском ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана.

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
ТЕРЕЩЕНКО Леонид Михайлович

Официальные оппоненты:
д.т.н., профессор ПОДУРАЕВ Виктор Николаевич
к.т.н., с.н.с. КАМЕНКОВИЧ Анатолий Самойлович

Ведущее предприятие - производственное объединение "ЗИЛ"

Защита диссертации состоится "19" февр 1979г. на заседании специализированного совета КО 53.I5.I5 по технологии машиностроения МВТУ им.Н.Э.Баумана по адресу:

I07005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская ул., д.5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ имени Н.Э.Баумана.

Ваши отзывы и предложения на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью, просим направлять по указанному адресу.

Автореферат разослан "9" января 1979г.

КОВ

Л - 72567 по
Тираж I00 эк
Ротапринт МВ

М33871

Актуальность работы. В основных направлениях развития народного хозяйства СССР на IO-ю пятилетку поставлена задача ускорения темпов научно-технического прогресса, как решающего условия повышения эффективности общественного производства и улучшения качества выпускаемой продукции. В десятой пятилетке предусматривается проведение работ по созданию, освоению и широкому внедрению в промышленность инструментов из сверхтвердых композиционных материалов, минералокерамики и безвольфрамовых сплавов. Безвольфрамовые твердые сплавы являются высокоэффективными заменителями сплавов на основе карбидов вольфрама. Весь прирост выпуска твердосплавных инструментов в IO-й пятилетке планируется достигнуть в результате увеличения в 6,4 раза производства инструментов с многогранными пластинами. С расширением выпуска твердосплавных инструментов увеличивается объем работы по их механической обработке. Обработка безвольфрамовых твердых сплавов затруднена по сравнению со сплавами на основе карбидов вольфрама - в 3-5 раз выше удельный расход алмазов, значительно меньше удельная интенсивность шлифования. Эффективным способом обработки твердых сплавов является электролитическое шлифование (ЭлШ), которое по сравнению с обычным алмазным шлифованием (АШ) позволяет увеличить удельную интенсивность шлифования в 2-5 раз при одновременном уменьшении расхода алмазов. Широкое внедрение этого способа в промышленность сдерживается отсутствием научно разработанных режимов шлифования, несовершенной конструкцией алмазного круга для ЭАШ, кроме того недостаточно исследован процесс взаимодействия микроцарапания и электрохимических процессов. Исследование этих вопросов применительно к электролитическому алмазному шлифованию безвольфрамовых твердых сплавов является актуальной задачей, так как позволит шире внедрять в промышленность данный способ обработки этих материалов.

Целью работы является исследование взаимодействия электрохимических процессов и механического микрорезания для нахождения оптимальных технико-экономических показателей электролитического алмазного шлифования безвольфрамовых твердых сплавов.

Методы исследования, применяемые в данной работе, основыва-

ТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана
335871
арахнов Н.С. Исследование

лись на теории электрохимической кинетики, теории шлифования и включали комплексные испытания алмазных кругов при ЭАШ безвольфрамовых твердых сплавов с различной основой: карбонитрид титана - КНТ-16, КНТ-20, КНТ-30, карбид титана ТН-20, карбид титана и ниобия ТМЗ. Условие взаимодействия процессов микрорезания алмазными зернами и электрохимического воздействия в частности его продолжительности проводилось путем экспериментального моделирования. Оценка состояния поверхностного слоя безвольфрамовых твердых сплавов после обработки проводилось на специальных образцах путем определения предела прочности на изгиб. Сравнение показателей ЭАШ безвольфрамовых твердых сплавов проводилось со сплавом Т15К6. Обработка результатов экспериментов проводилась с использованием методов математической статистики по стандартным программам на ЭВМ ЕС-1010.

Научная новизна. Впервые проведено исследование режущих свойств алмазных кругов при ЭАШ и АШ безвольфрамовых твердых сплавов марок КНТ-16, КНТ-20, КНТ-30, ТН-20, ТМЗ. Установлено, что при ЭАШ твердых сплавов причиной изменения режущих свойств алмазных кругов является различная интенсивность износа алмазных зерен и связки, вследствие чего происходит изменение периода электрохимического воздействия и как следствие эффективности электрохимических процессов. Для оценки эффективности электрохимических процессов рекомендовано использовать в качестве критерия - коэффициент абразивного резания.

Практическая ценность. Разработаны рекомендации по выбору характеристики алмазных кругов, а также электрических, механических режимов шлифования для ЭАШ и АШ безвольфрамовых твердых сплавов КНТ-16, ТН-20, ТМЗ. Рекомендовано повышать режущие свойства кругов на связке МВ1 путем введения в ее состав наполнителя, позволяющего уменьшить удельный расход алмазов при обработке безвольфрамового твердого сплава КНТ-16 в 2 раза. Предложена конструкция алмазного круга, обеспечивающего оптимальный период электрохимического воздействия и наибольший съем при шлифовании. Внедрение результатов работы на Полтавском заводе искусственных алмазов и алмазного инструмента и Куйбышевском авиационном заводе в 1977-1978 г.г. позволило получить экономический эффект 45 тыс. руб.

Апробация работы. Результаты работы доложены на научных семинарах кафедры "Теория механической обработки и инструмент" Мос-

МВТУ им. Н. Э. Баумана ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ БИБЛИОТЕКА

ковского высшего технического училища имени Н.Э.Баумана в 1975-1978 г.г.,на всесоюзной конференции "Новое в теории и практике создания и применения синтетических сверхтвердых материалов в народном хозяйстве" - Киев,1977 г.,на всесоюзной научно-технической конференции "Пути повышения производительности,качества и эффективности процессов абразивной,алмазной и эльборной обработки в машиностроении" - Москва,1976 г.По материалам исследования опубликовано шесть работ.

Объем работы. Диссертация изложена на 130 листах машинописного текста,включает введение,шесть глав,технико-экономический анализ,выводы по главам и общие выводы.Содержит 58 таблиц,64 рисунка,список литературы из 107 наименований и приложение.

Во введении обосновывается актуальность проведения исследования режущих свойств алмазных кругов при ЭАШ безвольфрамовых твердых сплавов и направления исследований.

В первой главе проведен обзор основных литературных источников по ЭАШ и АШ твердых сплавов.Проанализированы существующие точки зрения на физические основы и критерии оценки ЭАШ, зависимость износа кругов от условий шлифования,качество поверхностного слоя и микрогеометрия обработанной поверхности.Несмотря на то,что проведено большое количество исследований, к настоящему времени не существует единой точки зрения на роль электрохимических процессов при ЭАШ и их взаимодействие с микрорезанием. До настоящего времени не показано как влияет длительность электрохимического воздействия непосредственно в зоне резания на режущие свойства кругов при ЭАШ.Хотя проведено большое количество исследований по изучению влияния режимов ЭАШ характеристики алмазных кругов на шероховатость обработанной поверхности.В то же время отсутствует единая точка зрения по влиянию ЭАШ на шероховатость обработанной поверхности.В соответствии с целью работы определены следующие задачи и этапы исследования:

1. Установление критерия оценки эффективности электрохимических процессов при ЭАШ.

2. Исследование влияния периода электрохимического воздействия на эффективность ЭАШ.

3. Исследование влияния характеристики круга,материала,размера и концентрации наполнителя на показатели АШ и ЭАШ безвольфрамовых твердых сплавов.

4. Исследование влияния механических и электрических режимов на показатели АШ и ЭАШ безвольфрамовых твердых сплавов.

5. Разработка рекомендаций по применению ЭАШ и АШ, режимов шлифования, характеристики кругов для обработки безвольфрамовых твердых сплавов.

Во второй главе описаны средства обеспечения экспериментальных исследований. При выполнении работы использованы алмазные круги чашечной формы ГОСТ 16172-70 на различных металлических связках: ТМ2-5, МВ1, МВ1К, МО13Э, МС1, МО16. Эксперименты проводились по методу упругой и жесткой подачи на станке 3А64Ш, модернизированном для ЭАШ. Для оценки ЭАШ использовались следующие показатели: удельный расход алмазов, удельная интенсивность шлифования, коэффициент абразивного резания. Оценка состояния рельефа алмазного круга проводилась путем профилографирования на профилометре-профилографе модели "Калибр-201", и при этом определялись относительная опорная длина профиля, средний шаг между зернами, количество зерен на трассе профилографирования. Шероховатость обработанной поверхности образцов измерялась на профилометре модели "Калибр-253" и оценивалась по критерию R_a. Износ кругов определялся линейным способом на длиномере модели ИЗВ-21 с точностью отсчета - 1 мкм.

В третьей главе исследованы режущие свойства кругов при ЭАШ безвольфрамовых твердых сплавов, которое позволяет существенно уменьшить удельный расход алмазов и составляющие силы резания по сравнению с алмазным шлифованием. Однако при этом алмазные круги на различных связках проявляют разные режущие свойства. Исследование проведено при установившемся режиме ЭАШ, когда рельеф круга стабилизировался и неустановившемся режиме, при изменении рельефа круга. В установившемся режиме ЭАШ твердых сплавов марок КНТ-16, ТН-20, ТМ3 удельная интенсивность шлифования кругами на металлических связках ТМ2-5, МВ1, МВ1К, МО13Э, МС1, МО16 находилась в диапазоне 3÷55 мм^3/мин.кгс. Исследование неустановившегося режима шлифования показало, что при электролитическом алмазном шлифовании сплавов КНТ-16, ТМ3, ТН-20 за время 250 мин. кругами на связках ТМ2-5, МВ1, МВ1К наблюдается рост удельной интенсивности шлифования, который свидетельствует о повышении режущих свойств алмазных кругов. Напротив, для алмазных кругов на связках МО16, МС1, МО13Э во всех проведенных опытах наблюдается снижение

удельной интенсивности шлифования вследствие потери режущих свойств кругов. Характер изменения удельного расхода алмазов совпадает с характером изменения удельной интенсивности шлифования для кругов на всех исследованных связках.

Режущая способность алмазных кругов при ЭАШ твердых сплавов зависит от износа их рабочей поверхности. В условиях ЭАШ безвольфрамовых твердых сплавов на режущей поверхности кругов наблюдалось большое количество зерен с площадками износа и следами механического воздействия. Таких площадок износа на алмазных зернах не наблюдалось при шлифовании сплава Т15К6. Безвольфрамовые твердые сплавы содержат в большем количестве основную фазу, обладающей высокой твердостью и в качестве связки в них используется никель и молибден. Последний обладает значительно большей ударной вязкостью при повышении температуры, чем кобальт. Вследствие этих особенностей алмазные зерна и связка кругов подвергаются интенсивному износу. Определенное влияние на интенсивность износа алмазных зерен и связки кругов оказывает способность связки удерживать алмазные зерна. Рельеф режущей поверхности кругов зависит от интенсивности износа алмазных зерен и связки. Анализ профилограмм режущей поверхности показывает, что рельеф алмазных кругов на связках МСІ, МОІ6, МОІЭЭ сглаживается. Для кругов на связках МВІК, МВІ, ТМ2-5 в процессе работы имеет место значительное развитие рельефа, о чем свидетельствует увеличение количества алмазных зерен на базовой длине профилографирования.

В зависимости от используемых связок износ алмазных зерен происходит неодинаково. Износ тем больше, чем больше сила алмазоудержания связки. Это приводит к изменению распределения алмазных зерен в поверхностном слое кругов, вследствие чего изменяется расстояние между зернами. Изменение режущей поверхности круга характеризуется относительной опорной длиной профиля по высоте рельефа круга и может быть определено зависимостью

$$B = \int_0^P t(p)\,dp,$$

где $t(p)$ - относительная опорная длина профиля на различном уровне высоты рельефа - р.

Эксперименты по шлифованию сплава Т15К6 кругами на связке МВІ и МВІК и сплава КНТ-І6 кругом на связке МВІК показали, что между изменением относительной опорной длиной профиля и удель-

ной интенсивностью шлифования имеет место тесная корреляционная связь. Значения коэффициентов парной корреляции составляют γ = = 0,91-0,95. Это свидетельствует о том, что рельеф круга оказывает существенное влияние на показатели ЭАШ. Вследствие этого же происходит изменение шероховатости обработанной поверхности. Как показали эксперименты при ЭАШ сплава КНТ-16 шероховатость во всех случаях уменьшается, а при обработке сплавов Т15К6, ТН-20, ТМ3 увеличивается. Изменение шероховатости по критерию R_a и составляющих силы резания P_y, P_z совпадают по своей направленности. С повышением эффективности электрохимических процессов происходит уменьшение составляющих силы резания. Более полную оценку изменений условий ЭАШ может дать коэффициент абразивного резания, равный отношению тангенциальной к нормальной составляющих силы резания. Характер зависимости коэффициента абразивного резания от времени работы круга при ЭАШ различных марок твердых сплавов кругами на различных связках совпадает с изменением значений шероховатости обработанной поверхности по критерию R_a, что позволяет установить между ними корреляционную связь. Значения коэффициентов корреляции находятся в пределах γ = 0,81 - 0,92.

Таким образом, важным условием, регулирующим режущие свойства кругов, является сила алмазоудержания, влияющей на линейный износ алмазных зерен. Износ алмазных зерен приводит к изменению рельефа режущей поверхности круга, что влияет на эффективность электрохимических процессов.

В четвертой главе исследовано влияние периода электрохимического воздействия на показатели ЭАШ.

Процесс электрохимического воздействия нельзя представить только в виде анодного растворения поверхности обрабатываемого сплава. Он является более сложным и в особенности для сплавов, включающих твердую фазу - карбиды, нитриды, карбонитриды, связывающие металлы (кобальт, молибден, никель), поскольку при ЭАШ имеет место растворение по границам межфазовых зон, в местах дислокаций на определенную глубину. Эффективность электрохимических процессов зависит также от напряженного состояния поверхностного слоя обрабатываемого сплава.

При ЭАШ твердых сплавов в электролитах, представляющих собой водный раствор нейтральных солей, на поверхности образцов образу-

ется оксидная пленка.Скорость роста пленки подчиняется законам электрохимической кинетики и описывается уравнением:

$$\frac{d\delta}{dt} = A\left(i_0 e^{\beta \frac{\Delta\varphi}{\delta}} - i_к\right),$$

где δ - толщина оксидной пленки; t - время роста пленки; A - объемный электрохимический эквивалент оксидной пленки; i_0 - начальная плотность ионного тока в пленке; β - коэффициент,характеризующий изменение электрического уровня иона,формирующего слой,с ростом толщины слоя; $\Delta\varphi$ - разность потенциалов внутри слоя; $i_к$ - плотность тока растворения пленки.

Образующаяся пленка обладает большим омическим сопротивлением и кроме того препятствует доступу электролита к неокисленной поверхности обрабатываемого сплава.Глубина слоя сплава,подвергнутого электрохимическому воздействию,зависит от толщины пленки, время роста которой определяется шагом между последовательно работающими алмазными зернами - ΔS.Время,за которое последовательно работающие алмазные зерна перемещаются на величину,равную расстоянию между ними,назовем периодом электрохимического воздействия - $T_{эх}$.

$$T_{эх} = \frac{\Delta S}{V}.$$

При ЭАШ период электрохимического воздействия меняется вследствие вырывания алмазных зерен из связки круга,а также изменения распределения их по высоте рельефа.Влияние периода электрохимического воздействия на удельную интенсивность шлифования изучалось путем экспериментального моделирования с помощью специальных алмазных кругов (рис.I).На рабочей поверхности кругов имеются безалмазные участки различной длины,обеспечивающие определенный период электрохимического воздействия.

На рис.2 представлен график зависимости удельной интенсивности шлифования от периода электрохимического воздействия при ЭАШ сплава КНТ-I6.Наивысшую производительность при выбранных условиях ЭАШ обеспечивают алмазные круги с периодом $T=5{,}2 \cdot 10^{-4}$с. Уменьшение периода электрохимического воздействия прерывает активный процесс электрохимического растворения,поэтому производительность процесса уменьшается.Увеличение $T_{эх}$ сверх его оптимальной величины также приводит к снижению эффективности электрохимических процессов вследствие того,что образовавшаяся оксидная пленка обладает значительным омическим сопротивлением и препят-

ствует доступу электролита к поверхности сплава.Для сплава Т15К6 при тех же условиях ЭАШ наивысшая удельная интенсивность шлифования достигнута при периоде электрохимического воздействия $T=4,0.10^{-4}$с .Из результатов проведенного исследования следует,что эффективность электрохимических процессов зависит от $T_{эх}$.Для достижения наибольшей удельной интенсивности шлифования при обработке различных марок твердых сплавов необходимо обеспечить соответствующий период электрохимического воздействия.Изменение периода электрохимического воздействия,а следовательно и эффективности электрохимических процессов,оказывает влияние на составляющие силы резания.При малых значениях $T_{эх}$ алмазное зерно снимает большую толщину стружки,что приводит к росту составляющих силы резания P_y , P_z .Рост сил P_y , P_z в свою очередь приводит к увеличению числа выпадающих зерен и,следовательно,периода электрохимического воздействия.Увеличение периода электрохимического воздействия приводит к повышению эффективности электрохимических процессов и,следовательно,к снижению составляющих силы резания P_y , P_z ,но при этом они уменьшаются с различной интенсивностью.Так при ЭАШ сплава КНТ-16 кругом на связке МВ1 за время 250 мин. составляющая P_y уменьшилась в 1,4 раза,а P_z в 1,8 раза.Коэффициент абразивного резания при этом составил в начале f =0,111, а в конце f =0,088.Следовательно с повышением эффективности электрохимических процессов коэффициент абразивного резания уменьшается.Проведенное экспериментальное моделирование влияния периода электрохимического воздействия на значение коэффициента абразивного резания показало,что наименьшее значение f соответствует оптимальному периоду электрохимического воздействия.Значения коэффициента абразивного резания в зависимости от периода электрохимического воздействия приведены в табл. 1.

Данные,приведенные в таблице,подтверждают,что с повышением эффективности электрохимических процессов значение коэффициента абразивного резания уменьшается.Эта связь позволяет использовать его для оценки эффективности электрохимических процессов.Наименьшее значение коэффициента абразивного резания при ЭАШ данной марки твердого сплава показывает, что эффективность электрохимических процессов наибольшая.

Снижение составляющей силы P_z с повышением эффективности

Таблица I.

Период электрохимического воздействия, сек.	Показатели процесса ЭАШ сплава					
	КНТ-I6			Т15К6		
	f	q, мг/см^3	R_a, мкм	f	q, мг/см^3	R_a, мкм
$3,0.10^{-4}$	0,143	29,17	0,268	0,314	28,87	0,590
$4,0.10^{-4}$	0,119	28,59	0,241	0,289	23,26	0,400
$5,2.10^{-4}$	0,107	25,25	0,203	0,287	27,66	0,550
$7,1.10^{-4}$	0,129	27,80	0,403	0,341	29,01	0,580
$10,3.10^{-4}$	0,151	32,81	0,463	0,388	38,96	0,630

электрохимических процессов приводит к уменьшению числа выпадающих алмазных зерен и как следствие к снижению удельного расхода алмазов и шероховатости обработанной поверхности. Исследование влияния периода электрохимического воздействия на удельный расход алмазов и шероховатость обработанной поверхности показало, что зависимости $q=\varphi(T_{эх})$ и $R_a=\varphi(T_{эх})$ носят экстремальный характер. Наименьшие удельный расход алмазов и шероховатость обработанной поверхности также имеют место при ранее установленном оптимальном значении периода электрохимического воздействия. Значения удельного расхода алмазов и шероховатости обработанной поверхности в зависимости от периода электрохимического воздействия приведены в таблице I. При этом между коэффициентом абразивного резания и шероховатостью обработанной поверхности имеет место корреляционная связь $\eta=0,81-0,92$.

В пятой главе исследовано влияние характеристики круга и технологических режимов на режущие свойства кругов в условиях АШ и ЭАШ безвольфрамового твердого сплава марки КНТ-I6.

АШ и ЭАШ сплава КНТ-I6 имеют существенное различие. При АШ с увеличением поперечной подачи от 0,02 мм/дв.ход до 0,05мм/дв.ход удельная интенсивность шлифования возросла соответственно с 3,51 мм^3/мин.кгс до 6,20 мм^3/мин.кгс, а удельный расход алмазов увеличился при этом с 23,52 мг/см^3 до 75,15 мг/см^3. То есть в условиях АШ при росте удельного расхода алмазов в 2-3 раза удельная интенсивность шлифования увеличивается в 1,5-2 раза. Указанная закономерность сохраняет свое значение и при варьировании продольной подачи. При ЭАШ с увеличением поперечной подачи от 0,02 мм/дв.ход до 0,05 мм/дв.ход удельная интенсивность шлифования возросла соответственно с 7,79 мм^3/мин.кгс до 11,25 мм^3/мин.кгс,

а удельный расход алмазов увеличился с 36,40 мг/см^3 до 59,47 мг/см^3.Из приведенных данных видно,что ЭАШ в два раза повышает удельную интенсивность шлифования по сравнению с алмазным шлифованием.При этом для ЭАШ характерен меньший удельный расход алмазов.Исследование влияния режимов шлифования,характеристики круга на режущие свойства кругов при ЭАШ показали,что между коэффициентом абразивного резания и удельной интенсивностью шлифования имеется достаточно тесная корреляционная связь.Значения коэффициента линейной корреляции составили γ =0,69-0,96.Установлено, что электрические параметры режимов ЭАШ оказывают наибольшее влияние на режущие свойства алмазных кругов.Этому соответствует наибольшее значение коэффициентов корреляции (γ =0,91-0,96) между коэффициентом абразивного резания и удельной интенсивностью шлифования.Так,например, с увеличением зернистости алмазов в круге с 63/50 до 160/125 удельная интенсивность при АШ остается практически постоянной,а при ЭАШ она увеличивается в 1,6 раза. Рост удельной интенсивности шлифования также наблюдается при увеличении продольной и поперечной подач,концентрации алмазов в круге,но наиболее существенное влияние на нее оказывает плотность тока.С увеличением плотности тока с 50 до 116 А/см^2 она возросла в 2,5 раза.Режимы ЭАШ,характеристика алмазного круга оказывают влияние на эффективность электрохимических процессов,так как изменяют рельеф режущей поверхности алмазного круга и в особенности при обработке безвольфрамовых твердых сплавов,когда происходит интенсивный износ алмазных зерен.С увеличением зернистости, концентрации алмазов в круге, продольной и поперечной подач,плотности тока и напряжения происходит увеличение относительной опорной длины профиля вследствие изменения среднего шага между алмазными зернами.Изменение среднего шага между алмазными зернами оказывает влияние на период электрохимического воздействия,определяющий эффективность электрохимических процессов.Повышение эффективности электрохимических процессов снижая составляющие силы резания и в особенности тангенциальную P_z ,уменьшает шероховатость обработанной поверхности.Между коэффициентом абразивного резания и шероховатостью обработанной поверхности имеется связь,зависящая от эффективности электрохимических процессов.Для исследованных диапазонов механических и электрических режимов шлифования, зернистости и концентрации алмазов в круге значения коэффициентов парной корреляции между шероховатостью обработанной поверх-

ности и коэффициентом абразивного резания составил γ = 0,6I - 0,80.Приведенное исследование показало,что наибольшая эффективность процесса ЭАШ обеспечивается кругами зернистостью I00/80 - I25/I00.При этой же зернистости наблюдается наименьший удельный расход алмазов.При обработке твердых сплавов в поверхностном слое изделий могут возникать остаточные напряжения,микротрещины и другие дефекты,которые приводят к снижению прочности и уменьшению надежности изделий.

В результате проведенной работы установлено,что ЭАШ обеспечивает высокое качество обработанной поверхности.Исследование показало,что увеличение плотности тока с 50 А/см^2 до 80 А/см^2 приводит к увеличению $\sigma_{изг.}$ образцов.Увеличение плотности тока уменьшает работу механического микрорезания,что способствует снижению глубины дефектного слоя и приводит к повышению прочности образцов.При значении поперечной подачи 0,03-0,05 мм/дв.ход имеет место наибольший предел прочности образцов при изгибе вследствие высокой эффективности электрохимических процессов.Связка алмазных кругов также оказывает влияние на качество поверхностного слоя.При ЭАШ кругами на более прочных связках (МОI6) предел прочности при изгибе образцов меньше,чем при ЭАШ кругами на связках МВI,ТМ2-5,обеспечивающих более развитый рельеф режущей поверхности круга.

В шестой главе исследовано влияние наполнителя на режущие свойства алмазных кругов при ЭАШ безвольфрамовых твердых сплавов.Период электрохимического воздействия можно регулировать путем направленного изменения характеристики или конструкции алмазного круга.На $T_{эх}$ оказывает влияние сила алмазоудержания связки, повысить которую можно посредством армирования ее твердыми микропорошками (наполнителями).Для исследования влияния наполнителя на режущие свойства алмазных кругов при ЭАШ безвольфрамовых твердых сплавов были изготовлены специальные круги с различными наполнителя,их концентрацией и размером микропорошка.

Наполнители TiC, B_4C, $TiCN$ оказывают различное влияние на режущие свойства кругов.Оценка значений удельного расхода алмазов,а также составляющих силы резания для исследованных кругов позволяет сделать вывод,что лучшими режущими свойствами обладают круги с наполнителем TiC .Различная концентрация наполнителя в связке,которая берется в пределах 0-35 % оказывает сущест-

венное влияние на удельный расход алмазов.Наименьший удельный расход алмазов по результатам проведенных исследований имеет круг с концентрацией наполнителя 25 %.По сравнению с кругом без наполнителя удельный расход алмазов уменьшился в I,5 раза.С увеличением размера частиц наполнителя происходит уменьшение удельного расхода алмазов.В алмазоносный слой вводился наполнитель с размером частиц в пределах 5/3-I00/80.Наименьший удельный расход алмазов наблюдался при размере частиц наполнителя 80/63.Применение кругов с разной концентрацией наполнителя и размером частиц приводит к изменению силы алмазоудержания и рельефа режущей поверхности круга - меняется средний шаг между алмазными зернами,что оказывает влияние на период электрохимического воздействия.С введением наполнителя зернистостью 80/63 - в количестве 25 % от объема алмазоносного слоя для данных кругов обеспечивается оптимальный период электрохимического воздействия.

Общие выводы

I.Проведенными исследованиями установлено,что обрабатываемость безвольфрамовых твердых сплавов марок КНТ-I6,КНТ-20,КНТ-30,ТМ3,ТН-20 алмазными кругами характеризуется низкой удельной интенсивностью шлифования,большими усилиями резания и значительным удельным расходом алмазов.Применение ЭАШ для обработки этих сплавов повышает удельную интенсивность шлифования в 2-5 раз, снижает составляющие силы резания в 2-5,а удельный расход алмазов в I,2-I,5 раза.

2.Основной причиной,определяющей режущие свойства алмазных кругов,является его рельеф,состояние которого зависит в значительной степени от способности связки удерживать алмазные зерна (вид связки).Так при использовании кругов на различных металлических связках: ТМ2-5,МВI,МВIК,МОI39,МОI6,МСI отмечается изменение удельной интенсивности шлифования в I,2-2 раза,удельного расхода алмазов в I,I-2,5 раза, составляющих силы резания в I,2-2 раза.

3.Установлено,что эффективность ЭАШ зависит от периода электрохимического воздействия,предоставляющего собой отношение расстояния между последовательно работающими алмазными зернами к окружной скорости круга.Для различных марок твердых сплавов установлен оптимальный период электрохимического воздействия,при котором обеспечивается наибольший съем материала,для КНТ-I6 он

составляет $5,0.10^{-4}$ с , для Т15К6 - $4,0.10^{-4}$ с .Наибольший съем материала и наименьшие значения удельного расхода алмазов и шероховатости обработанной поверхности имеют место при оптимальном периоде электрохимического воздействия.

4.Важным показателем,характеризующим эффективность электрохимических процессов при ЭАШ,является коэффициент абразивного резания,равный отношению составляющих силы резания - $f = \frac{P_z}{P_y}$. Проведенное исследование показало,что наибольшей эффективности электрохимических процессов соответствует наименьшее значение коэффициента абразивного резания.При ЭАШ сплава КНТ-16 с оптимальным периодом электрохимического воздействия f =0,080-0,100.

5.Одним из путей повышения силы алмазоудержания является введение в состав связки наполнителей.Установлено,что при ЭАШ безвольфрамового твердого сплава КНТ-16 в качестве наполнителя целесообразно применять карбид титана в количестве 25 % от объема алмазоносного слоя,зернистостью 80/68-100/80,что позволяет снизить удельный расход алмазов в 1,5-2 раза по сравнению с кругами без наполнителей.

6.Показано,что безвольфрамовые твердые сплавы на основе карбонитридов титана,карбидов титана и ниобия обладают худшей шлифуемостью по сравнению со сплавами на основе карбидов вольфрама. При шлифовании безвольфрамовых твердых сплавов удельный расход алмазов в 4-10 раз, а составляющие силы резания в 5-10 раз больше,чем сплава Т15К6.По сравнительной шлифуемости их можно расположить в следующей последовательности ТН-20 (обладает наилучшей шлифуемостью) ТМЗ,КНТ-16.

7.ЭАШ сплава ТН-20,ТМЗ обеспечивает шероховатость обработанной поверхности 9-го класса,сплава КНТ-16 10-го класса.АШ сплава КНТ-16 обеспечивает шероховатость обработанной поверхности 11-го класса.ЭАШ способствует улучшению качества обработанной поверхности.Увеличение плотности тока до 80 А/см^2 и поперечной подачи до 0,03-0,05 мм/дв.ход приводит к повышению предела прочности при изгибе на 15-20 %.

8.Для ЭАШ безвольфрамовых твердых сплавов целесообразно использовать алмазные круги следующих характеристик: алмазный порошок по прочности не ниже марки АСВ,зернистостью в пределах 100/80-125/100,концентрация алмазного порошка в круге - 100 %; связки металлические соответственно для сплавов:

КНТ-16 – МВІК
ТН-20, ТМ3 – ТМ2-3, МВІК

9.Для ЭАШ сплава КНТ-16 режимы шлифования на станках типа ЭА64М: V = 24,7 м/с , $S_{пр}$ = 1,25 - 1,75 м/мин, $S_{поп}$ = 0,03 - 0,05 мм/дв.ход, i = 100 - 120 А/см^2, U = 7-8 В. Для ЭАШ безвольфрамовых твердых сплавов типа КНТ рекомендуется электролит состава: $NaNO_3$ - 9 %, $NaNO_2$ - 4 %, $NaCl$ - 2 %, остальное - вода.

10.Разработана конструкция алмазного круга для ЭАШ,обеспечивающего оптимальный период электрохимического воздействия,в результате чего удельная интенсивность шлифования повышается в 1,8 раза по сравнению с ЭАШ обычными кругами.

11.Экономический эффект от внедрения результатов работы в народное хозяйство составил 45 000 руб., что подтверждается актами (см. приложение).

Полученные результаты можно использовать в машиностроительной промышленности.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Тарахнов Н.С. Шлифование безвольфрамовых твердых сплавов алмазными кругами на металлических связках. В сб."Пути повышения производительности, качества и эффективности процессов абразивной,алмазной и эльборной обработки в машиностроении" (тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции. Москва, 23-25 ноября 1976 г.). М., 1976, с. 228-229.

2. Тарахнов Н.С., Терещенко Л.М., Попов С.А., Меркулов Л.П. Исследование влияния электролитического шлифования твердых сплавов на режущую способность алмазных кругов на различных металлических связках. Тезисы докладов на Всесоюзной конференции "Новое в теории и практике создания и применения синтетических сверхтвердых материалов в народном хозяйстве" серия Ш. Синтетические сверхтвердые материалы в металлообработке. Киев, 1977, с. 165-168.

3. Терещенко Л.М., Тарахнов Н.С., Пицков В.В. Алмазное электролитическое шлифование твердых сплавов кругами на металлических связках. "Обработка металлов резанием". Межведомственный (межвузовский) сборник под ред. Горбунова Б.М., М., НИИМАШ,

1976, с. 53-59.

4. Малевский Н.П., Попов С.А., Тарахнов Н.С., Терещенко Л.М. Особенности алмазного шлифования безвольфрамовых твердых сплавов. "Вестник машиностроения", 1976, № 12, с. 53-55.

5. Попов С.А., Терещенко Л.М., Тарахнов Н.С., Барабан В.П., Пицков В.В. Влияние характеристик алмазного круга на показатели процесса шлифования безвольфрамового твердого сплава КНТ-16. "Алмазы и сверхтвердые материалы. Научно-технический реферативный сборник. НИИМАШ, 1977, № 5, с. 5-7.

6. Терещенко Л.М., Тарахнов Н.С. Некоторые особенности электролитического шлифования безвольфрамовых твердых сплавов кругами на металлических связках. "Процессы и оборудование абразивно-алмазной обработки". Межведомственный (межвузовский) сборник под ред. Горбунова Б.И., М., 1977, с. 11-19.

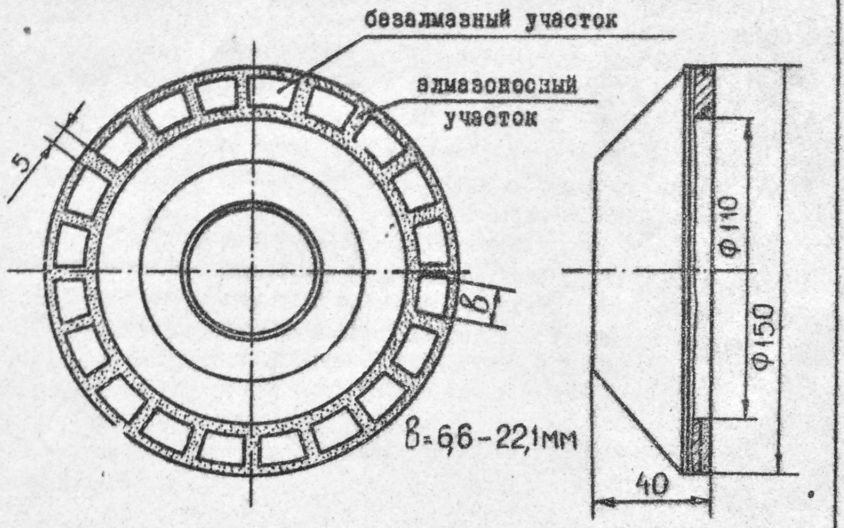


Рис.I. Алмазный круг для исследования влияния периода электрохимического воздействия на удельную интенсивность съема.

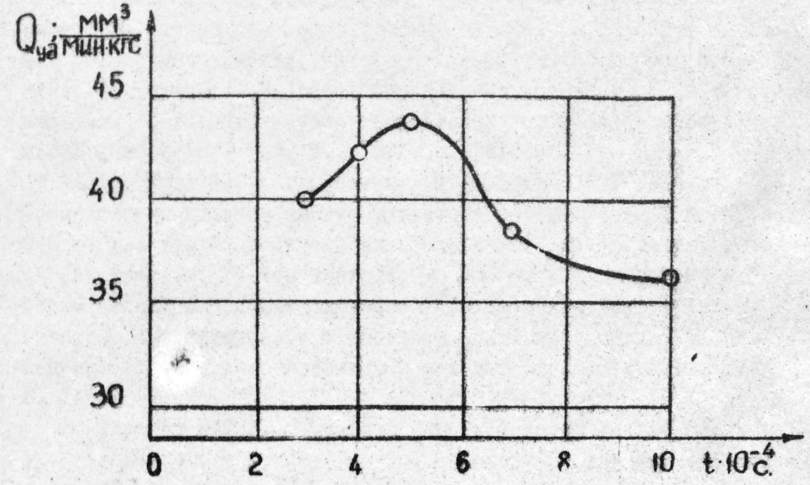


Рис.2. Влияние периода электрохимического воздействия на удельную интенсивность съема. V=24,7м/с; $S_м$=I,5 м/мин; P=3,75кгс; i = 84А/см^2.