

Министерство высшего и среднего специального
образования С С С Р

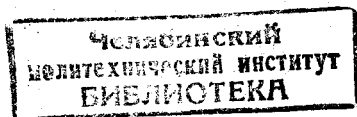
ЧЕЛЯБИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени ЛЕНИНСКОГО КОМСОМОЛА

ШАМИН Владимир Юрьевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА И
ИЗНОСА КРУГОВ ПРИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ ПЛИЗОВАНИИ
РАЗНЫХ СТАЛЕЙ

Специальность 05.02.08 —
"Технология машиностроения"

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



Челябинск

1973

Работа выполнена в Челябинском политехническом институте имени Ленинского комсомола.

Научный руководитель - кандидат технических наук,
доцент С.Н.КОРЧАК

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Л.В.ХУДОБИН
(г.Ульяновск);

- кандидат технических наук
В.А.АКАНОВИЧ (г.Минск).

Ведущее предприятие - Челябинский тракторный
завод имени В.И.Ленина.

Автореферат разослан "___" _____ 1973 г.

Защита диссертации состоится "___" _____ 1973 г.
в 15 часов в ауд.244 (конференц-зал) на заседании Совета
по присуждению ученых степеней машиностроительных факуль-
тетов Челябинского политехнического института имени
Ленинского комсомола.

Отзыв в двух экземплярах, заверенных печатью, просим
направлять по адресу: 454044, г.Челябинск, пр.им.В.И.Ленина,
76, Челябинский политехнический институт им.Ленинского
комсомола, ученому секретарю Совета института, тел.39-39-64.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
института.

Ученый секретарь Совета,
канд.техн.наук, доцент

 (А.Э.ДАММЕР)

ВВЕДЕНИЕ

Создание материально-технической базы коммунистического общества определяется в первую очередь темпами роста производительности труда во всех отраслях народного хозяйства СССР в том числе и в машиностроении. Решениями XXIV съезда КПСС предусмотрено увеличить в IX пятилетке производительность труда в машиностроении до 1,8 раза. Определение путей повышения производительности обработки деталей машин при одновременном повышении точности их изготовления является одной из важнейших задач технологии машиностроения.

Большие резервы в повышении производительности механической обработки заложены в использовании новых комбинированных способов, к числу которых относится электрохимическое шлифование. Электрохимическое шлифование основано на непосредственном применении электрической энергии в технологических целях. Сущность этого способа обработки заключается в объединении двух различных процессов воздействия на металл: электрохимического анодного растворения и механического разрушения обрабатываемой поверхности металла с одновременным удалением продуктов растворения абразивными зернами круга. Это позволяет при неизменной точности обработки повышать производительность за счет увеличения поперечной подачи или при неизменной подаче обеспечивает получение более точных по размеру и форме деталей с высокой чистотой и качеством обработанных поверхностей.

Успешное внедрение операций электрохимического шлифования стальных деталей во многом определяется составом и концентрацией электролита. Агрессивные составы вызывают быструю коррозию конструкционных материалов основных узлов станка, а высокие концентрации способствуют образованию отложений на трущихся частях механизмов при испарении электролитов и ухудшению санитарно-гигиенических условий работы. Известные литературные данные по электрохимичес-

кому шлифованию сталей с использованием антикоррозионных составов электролитов относятся лишь к отдельным маркам и весьма противоречивы. А между тем возможность применения антикоррозионных электролитов, близких по своему составу и концентрации содовым растворам СОЖ, позволяет успешно внедрять операции электрохимического шлифования на серийном высокоточном шлифовальном оборудовании.

Используя результаты предварительных исследований и опыт внедрения, было установлено, что электрохимическое шлифование в антикоррозионных составах электролитов способно до 200% увеличивать интенсивность съема металла при обработке некоторых марок сталей. В то же время многократно были отмечены и такие факты, когда съем металла при электрохимическом шлифовании оказывался меньше сравнительного обычного шлифования. Это противоречит мнению большинства исследователей о том, что общий съем металла при электрохимическом шлифовании всегда больше, чем при обычном шлифовании, а сами факты парадоксального снижения производительности до настоящего времени не нашли своего отражения в современной научно-технической литературе по электрофизическим и электрохимическим методам обработки металлов.

Многообразие процессов, происходящих в точке контакта абразивного зерна с металлом, поверхностный слой которого насыщен продуктами анодного растворения, не всегда позволяет правильно объяснить некоторые практические результаты электрохимического шлифования. Изучение этих процессов и установление их взаимного влияния является сложной научно-технической проблемой, а решение ее основных вопросов будет способствовать успешному внедрению в промышленность электрохимического способа шлифования.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовательских работах по электрохимическому шлифованию большое внимание уделяется изучению процессов анодного растворения, возможных электроэрозионных процес-

сов (в контакте токопроводящий круг - обрабатываемая поверхность металла), проводится количественная оценка доли участия каждого из процессов (анодного растворения, электроэрозионного и механического разрушения) в общем сьеме металла. Большой вклад в изучение электрохимического шлифования и особенно процессов анодного растворения внесли своими трудами В.Ю.Вероман, В.В.Гостев, Г.Д.Гридин, Э.Я.Гродзинский, В.Н.Гусев, Н.Н.Гусев, В.А.Костяковский, А.И.Левин, А.Л.Лившиц, И.И.Мороз, А.К.Ольховацкий, В.Д.Охтеня, Ю.П.Петров, Л.Я.Попилов, В.П.Ревякин, А.Г.Рябинок, А.Г.Саркисов, И.Е.Ульман, Л.Н.Фрумкин и многие другие исследователи.

Как правило, антикоррозионные составы электролитов при электрохимическом шлифовании сталей снижают скорость электрохимических реакций. В этом случае абразивные зерна круга одновременно с удалением продуктов анодного растворения активно участвуют в работе по механическому разрушению (резанию) обрабатываемой поверхности металла. Это обязывает рассматривать процессы, происходящие в зоне контакта абразивного зерна с электрохимически окисленной поверхностью металла, с учетом: теплофизики и динамики шлифования; закономерностей формирования поверхностных слоев детали; влияния физико-химических свойств материала детали, инструмента (абразива) и внешней среды (продуктов анодного растворения).

Изучая химическую активность соприкасающихся пар (абразив-металл) в вакууме при высоких температурах, Г.В.Бокучава и Т.Н.Лоладзе доказали, что в зоне шлифования между исходным абразивным материалом и обрабатываемым сплавом успевают протекать физико-химические процессы, в результате которых происходит сложный вид износа зерен круга. При электрохимическом шлифовании обрабатываемая поверхность металла насыщена продуктами анодного растворения, содержащими окислы и гидраты окислов элементов сплава. Присутствие в высокотемпературной зоне контакта продуктов анодного растворения в зависимости от их химсостава может

увеличивать или уменьшать интенсивность физико-химических процессов, оказывая существенное влияние на затупление зерен круга.

Поэтому в качестве основной рабочей гипотезы в данном исследовании принято предположение о том, что многообразные окислы элементов из состава обрабатываемых сталей и сплавов, контактируя с режущей кромкой абразивного зерна в условиях высоких температур шлифования, могут с различной активностью влиять на изнашивание зерен шлифовального круга за счет различной интенсификации физико-химических процессов в зоне обработки.

В работах советских ученых Н. И. Богомолова, Г. В. Бокучавы, Г. И. Грановского, Н. Н. Зорева, М. И. Клушина, М. Н. Ларина, Т. Н. Лоладзе, Е. Н. Маслова, А. А. Маталина, В. И. Меламеда, В. И. Островского, И. П. Третьякова, Л. В. Худобина, П. И. Ящерицына и многих других, посвященных изучению процессов шлифования, особое внимание уделяется исследованию природы и условий возникновения износа абразивных зерен с использованием возможности изучения процессов на молекулярном уровне.

В свою очередь, степень затупления тесно связана с производительностью обработки.

Поэтому целью настоящей работы является исследование влияния элементов химического состава разных сталей на износ абразивных зерен и изменение производительности электрохимического шлифования в антикоррозионных электролитах для выявления сталей, электрохимическое шлифование которых является наиболее эффективным.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Теоретически исследовать физико-химические процессы между материалом абразивных зерен круга и различными по химсоставу продуктами анодного растворения при температурах шлифования.
2. Экспериментально определить влияние продуктов анодного растворения разных марок сталей на износ абразивных зерен и съем металла при электрохимическом шлифовании.

3. По результатам исследования определить марки сталей, которые по своему химсоставу являются наиболее перспективными для электрохимического шлифования, и разработать практические рекомендации по повышению производительности электрохимического шлифования разных сталей.

2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В плане поставленных задач и сформулированной предпосылки возникла необходимость предпринять теоретические исследования с детальным анализом физико-химических процессов, происходящих в высокотемпературной зоне контакта абразивного зерна с окисленной поверхностью металла при электрохимическом шлифовании. Для этого были использованы данные ряда исследователей по термодинамическому анализу и опытным плавкам абразивных материалов с различными металлами и окислами, а также известные результаты из металлургии стали, химической электротермии и силикатной технологии.

Для изучения центральной задачи исследования и подтверждения основных теоретических положений на базе круглошлифовального станка была создана экспериментальная установка, которая позволяла проводить сравнительные опыты по обычному и электрохимическому шлифованию электродными абразивно-алмазными кругами. Все опыты эксперимента проводились в условиях обеспечения одной точности обработки, достигаемой постоянством усилий прижима образца к шлифовальному кругу. Усилие прижима, равное одному килограмму на один сантиметр высоты образца, выбиралось из расчета работы круга в режиме затупления, характерного для чистового шлифования.

Электрохимическое растворение металла при работе по принятой схеме происходило вне зоны резания с помощью дополнительного электрода (катода), охватывающего часть обрабатываемой поверхности. Процесс стабилизировался по плотности тока, которая соответствовала 4 а/см^2 и поддер-

живалась изменением рабочего напряжения в диапазоне 12-18 вольт. Площадь катода - 10 см². Водный раствор кальцинированной соды (2,5%) и нитрита натрия (2,5%) подавался одновременно поливом в зону шлифования и через каналы электрода. При отключенном технологическом токе раствор выполняет основные функции СОЖ, а при включении тока, кроме того, и роль электролита, участвуя в реакциях по образованию продуктов анодного растворения. В процессе шлифования вращающаяся деталь транспортирует эти продукты в зону шлифования, изменяя условия обработки.

Исследованию были подвергнуты образцы из двадцати марок сплавов, химический состав которых обеспечивает различные комбинации легирующих элементов. Образцы проходили термообработку, характерную для готовых деталей (под шлифование) для каждой марки сплава.

Оценка экспериментальных результатов исследования проводилась по величине и характеру затупления абразивных зерен круга (по специально разработанной методике) и по величине и характеру изменения удельного съема металла при смене способов обычного и электрохимического шлифования. Узкие стальные образцы шлифовались широким кругом, что позволяло проводить сравнительные испытания обычного и электрохимического шлифования при одной правке круга.

Ошибка эксперимента и необходимое число дублирующих опытов для получения достоверных результатов определялись методами математической статистики.

8. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МАТЕРИАЛА АБРАЗИВНЫХ ЗЕРЕН С ОКИСЛЕННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ РАЗНЫХ СТАЛЕЙ

Для подтверждения рабочей гипотезы о влиянии окислов обрабатываемого металла железистых сплавов в условиях высоких температур шлифования на износ абразивных зерен круга необходимо предварительно теоретически сравнить активность физико-химических процессов взаимодействия абразивных материалов, с одной стороны, с чистым железом,

а с другой – с оксидами различных элементов, образующимися при электрохимическом шлифовании.

Были рассмотрены основные абразивные материалы, применяемые при шлифовании: алмаз, карбид кремния и электрокорунд. Высокотемпературные физико-химические взаимодействия этих материалов с различными металлами и оксидами изучаются во многих областях науки и технологии. В настоящей работе использованы лишь некоторые хорошо известные результаты и закономерности из термодинамического анализа, опытных плавок, металлургии стали, химической электротермии и основ силикатной технологии, которые получены в интервале температур шлифования. Причем учитывалось, что температуры в точке контакта абразивного зерна с металлом, где в основном протекают физико-химические процессы взаимодействия, могут достигать высоких температур, характерных для шлифования.

Алмаз представляет собой кристаллический углерод. При 1153°C алмаз в контакте с железом образует жидкую фазу (эвтектику). Разрушение алмаза с поверхности в результате активных физико-химических взаимодействий с железоуглеродистыми сплавами начинается с $800-1000^{\circ}$, а за счет окислительного действия среды многие исследователи наблюдали разрушение алмаза с поверхности при температуре 500°C . Особенно быстро повышается химическая активность (реакционная способность) алмаза в присутствии оксидов железа, когда начало разрушения алмаза с поверхности отмечается уже с 450° .

Отмечена и другая особенность алмаза. Его химическая активность уменьшается в присутствии титана, вольфрама, кобальта, графита и особенно сильно при наличии в контакте с ним оксидов алюминия, марганца и кремния.

Практикой производства доказана высокая эффективность алмазного шлифования вольфрамо-кобальтовых и титано-кобальтовых сплавов, стекла (обилие оксидов кремния) и чугуна. При шлифовании в высокотемпературной зоне обработки происходит активное окисление обрабатываемой поверхности. Порядок окисления составляющих элементов сплава определяется

их сродством к кислороду. По сравнению с железом кремний и марганец являются наиболее активными легирующими элементами. Они одни из первых окисляются в зоне шлифования, насыщая своими окислами обрабатываемую поверхность. В процессе высокотемпературного окисления чугуна, в котором только 2% кремния, на его поверхности образуется окисная пленка, содержащая более 40% окиси кремния. Обилие окиси кремния и графита на обрабатываемой поверхности чугуна снижает химическую активность алмаза при шлифовании, повышая стойкость круга и эффективность обработки.

Химическая активность с одновременным разрушением алмаза повышается в присутствии окислов железа. При электрохимическом шлифовании разных сталей на обрабатываемой поверхности металла образуется обилие окислов железа. Поэтому при одинаковых усилиях обработки обычного и электрохимического шлифования алмазными кругами железоуглеродистых сплавов наблюдается повышенный минутный износ алмазных зерен, работающих по окисленной поверхности, сопровождаемый ростом на их режущих кромках площадок износа.

Электрохимические процессы, способствующие образованию окислов железа и повышающие физико-химический износ зерен могут наблюдаться и при обычном алмазном шлифовании. В месте соприкосновения зерна с обрабатываемой деталью возникают электрические заряды с положительной полярностью на металле. При шлифовании сталей в присутствии водных растворов СОЖ эти явления способствуют протеканию электрохимических процессов с образованием окислов металла на всей обрабатываемой поверхности.

Из термодинамического анализа и экспериментальных плавов можно проследить поведение карбида кремния при его высокотемпературном взаимодействии с некоторыми металлами и окислами. Так, обмен атомами между железом и карбидом кремния с разрушением карбида кремния начинается при 1165°C , а между карбидом кремния и окислами железа при более низкой температуре - 910° . В то же время карбид кремния реагирует с окислами алюминия или кремния

лишь при 1600°C . То есть прослеживаются закономерности, присущие высокотемпературному поведению алмаза с этими же компонентами. И это не случайно. Построение атомно-молекулярной решетки карбида кремния отличается от алмаза только тем, что у него половина атомов углерода равномерно замещена атомами кремния. Опыт использования абразивных кругов из карбида кремния подтверждает высокую стойкость этих кругов (аналогично алмазным) на операциях шлифования твердого сплава и деталей из чугуна.

При шлифовании железистых сплавов, когда температуры в зоне контакта близки к 1500°C , может происходить интенсивное взаимодействие карбида кремния с чистым железом и некоторыми легирующими элементами сплава. Но особенно быстро происходит разрушение зерен карбида кремния в присутствии окислов железа, образованию которых способствует кислород воздуха и водные растворы CO_2 . Кроме того, электрические заряды, возникающие от действия абразивных зерен по металлу с положительным потенциалом на обрабатываемой поверхности, имеют наибольшую величину при работе карборундовыми кругами (до одного вольта). Положительный потенциал вызывает на поверхности металла процессы электрохимического окисления. Комплекс физико-химических явлений при высоких температурах шлифования различных сталей абразивными кругами из карбида кремния интенсифицирует износ инструмента, снижая его стойкость.

Э л е к т р о к о р у н д является наиболее распространенным абразивным материалом для обработки железистых сплавов. И это не случайно. Он химически стоек со сталью даже при температурах жидкой ванны металла. Температура плавления электрокорунда высокой чистоты, в котором среди общих примесей отмечаются только следы окиси железа, 2050°C . Содержание примесей от 5 до 17% (среди которых содержание окиси железа составляет 1,93%) понижает температуру плавления электрокорунда на 400° . Влияние различных окислов на электрокорундовый абразивный материал можно проследить по высокотемпературным диаграммам состоя-

ния систем, из которых видно, что в результате взаимодействия электрокорунда с окислами железа, марганца и кремния возможно образование легкоплавких эвтектик.

Температура плавления электрокорунда в присутствии окислов железа снижается с 2050 до 1305⁰, а с окислами марганца и кремния - до 1140. Комплексное взаимодействие окислов железа и кремния может снизить температуру эвтектического состояния системы до 1083⁰, а в присутствии окислов натрия - до 980⁰С. Окислы железа, марганца и кремния увеличивают химическую активность и скорость разрушения электрокорунда, резко снижая точку его эвтектического состояния.

Как было отмечено рядом исследователей, при шлифовании в зоне контакта абразивного зерна с металлом успевают протекать физико-химические процессы, существенно влияющие на разрушение зерен круга. Эти же процессы взаимодействия могут наблюдаться в контакте зерен электрокорунда с химически активными по отношению к нему окислами. Поэтому присутствие в высокотемпературной зоне контакта окислов железа кремния и марганца должно особенно сильно влиять на износ зерен электрокорунда. Например, хорошо известно, что круги из электрокорунда не могут быть использованы для обработки стекла на высоких скоростях шлифования. Если учесть, что стекло содержит более 70% окиси кремния и до 14,5% окиси натрия, то становится понятным особенно быстрое затупление кругов на электрокорунда при шлифовании стекла. Известно явление повышенного износа зерен электрокорунда при шлифовании серого чугуна, в химическом составе которого содержится до 2,7% кремния и до 1,4% марганца. Активность этих элементов к кислороду в условиях шлифования - наивысшая. Следовательно, одной из причин повышенного износа кругов из электрокорунда при шлифовании серых чугунов являются физико-химические процессы взаимодействия электрокорунда с окислами кремния и марганца.

Таким образом, наличие на обрабатываемой поверхности изделия окислов железа в условиях высоких температур шли-

фования способствует повышенному износу всех рассмотренных абразивных материалов: алмаза, карбида кремния и электрокорунда. Кроме того, износ кругов из электрокорунда будет возрастать в присутствии окислов железа, марганца и кремния.

Окислы алюминия и кремния снижают химическую активность алмаза и карбида кремния. Присутствие этих окислов в зоне шлифования кругов из карбида кремния и алмаза снижает интенсивность физико-химических процессов, увеличивая стойкость инструмента.

4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

При электрохимическом шлифовании обрабатываемая поверхность покрыта продуктами анодного растворения, которые содержат окислы и гидраты окислов элементов сплава. Поэтому характер физико-химических процессов, происходящих при работе зерна по окисленной поверхности разных сталей, будет подчиняться только что рассмотренным теоретическим закономерностям. А именно: электрохимическое шлифование сплавов, в составе которых отсутствует железо, марганец и кремний, электрокорундовыми кругами не должно сопровождаться повышенным затуплением абразивных зерен в сравнении с обычным шлифованием; при электрохимическом шлифовании сталей с высоким процентным содержанием кремния и марганца износ абразивных зерен электрокорунда должен значительно возрасти.

Для проверки этого положения был поставлен эксперимент, в котором оценка затупления производилась по величине суммарной площади отпечатков зерен круга на алюминиевой фольге толщиной пять микрометров. Одновременно фиксировалось количество отпечатков и подсчитывался средний приведенный диаметр отпечатка. Сравнительные опыты по обычному и электрохимическому шлифованию проводились за одну правку круга на режимах, исключающих самозатачивание.

Поэтому на рабочей поверхности инструмента одновременно можно наблюдать и сравнивать две зоны затупления, характерные для обычного и электрохимического шлифования.

Количественная оценка затупления зерен круга при обычном и электрохимическом шлифовании была проведена на двух сплавах, значительно отличающихся по своему химическому составу друг от друга. Сталь 30ХГСА содержит 1,15% кремния, 1,10% марганца и до 95% железа, а в сплаве Х20Н80ТЗ содержится только 0,2% кремния, 0,1% марганца и полностью отсутствует железо.

После правки суммарная площадь отпечатков на 100 мм² рабочей поверхности шлифовального круга 3940СТ1К составила 2,03 мм². Через 15 минут обычного шлифования сплава Х20Н80ТЗ площадь отпечатков увеличилась почти вдвое (с 2,03 до 4,00 мм²), а количество отпечатков со 140 до 194. После 15 минут шлифования стали 30ХГСА суммарная площадь отпечатков увеличилась до 4,50 мм², а количество отпечатков - до 203 (табл.1).

Таблица 1

Число отпечатков зерен круга 3940СТ1К
и их суммарная площадь со 100 мм² рабочей поверхности
шлифовального круга

№ п.п.	Марка сплава	Способ обработки	Время работы круга, мин	Число отпечатков, шт	Суммарная площадь отпечатков, мм	Средний приведенный диаметр отпечатка, мм
1.	Круг после правки		0	140	2,03	0,136
2.	Х20Н80ТЗ	ОШ	15	194	4,00	0,162
3.	Х20Н80ТЗ	ЭХШ	15	187	3,47	0,154
1.	Круг после правки		0	140	2,03	0,136
2.	30ХГСА	ОШ	15	203	4,50	0,168
3.	30ХГСА	ЭХШ	15	242	8,47	0,211

ОШ - обычное абразивное шлифование;
ЭХШ - электрохимическое шлифование.

При электрохимическом шлифовании сплава Х20Н80Т3 в высокотемпературной зоне контакта отсутствуют окислы железа и лишь следы окислов марганца и кремния. Учитывая, что смазочное действие продуктов анодного растворения способствует снижению абразивного износа, можно заранее предположить о снижении суммарной площади износа и числа работающих зерен круга после 15 минут электрохимического шлифования сплава Х20Н80Т3 в сравнении с показателями обычного абразивного шлифования. Это подтверждается данными табл.1, из которых видно, что число отпечатков со 194 снизилось до 187, а суммарная площадь отпечатков износа уменьшилась с 4,00 до 3,47 мм².

Совершенно другая картина наблюдается при электрохимическом шлифовании сплава 30ХГСА. Как и следовало ожидать, обилие окислов железа, марганца и кремния на обрабатываемой поверхности сплава при электрохимическом шлифовании и их химическая активность к электрокорунду при высоких температурах шлифования в точке контакта абразивного зерна с окисленной поверхностью металла проявились в интенсивном росте суммарной площади износа. Если через 15 минут обычного шлифования сплава 30ХГСА суммарная площадь отпечатков по сравнению с неработавшим кругом увеличилась в 2,2 раза (с 2,03 до 4,50 мм²), а количество отпечатков в 1,45 раза (со 140 до 203), то через 15 минут электрохимического шлифования суммарная площадь износа увеличилась в 4,2 раза (с 2,03 до 8,47 мм²), а количество отпечатков в 1,7 раза (со 140 до 242).

Этот эксперимент подтвердил теоретические предпосылки о влиянии химически активных продуктов анодного растворения на затупление абразивных зерен круга при электрохимическом шлифовании. Но практику прежде всего интересует производительность электрохимического шлифования разных сталей. Поэтому в дальнейшем влияние элементов сплава и их окислов на эффективность процесса оценивалась по величине съема металла за определенное время работы круга без правки при постоянном усилии прижима образца к кругу.

Этот показатель характеризует съем металла в единицу времени к одному килограмму силы прижима ($\text{мм}^3/\text{мин}\cdot\text{кг}$) и комплексно учитывает влияние различных процессов, происходящих в зоне шлифования.

На рис.1 показан средний удельный съем металла за 15 минут работы круга при обычном и электрохимическом шлифовании всех марок сплавов, участвующих в эксперименте. Как и следовало ожидать, удельный съем при электрохимическом шлифовании большинства сталей превосходит съем от обычного шлифования. Исключение составляет стали с повышенным содержанием марганца и кремния. И хотя общий съем металла при электрохимическом шлифовании электронейтральным абразивным инструментом складывается из доли анодного растворения и доли механической работы абразивных зерен в результате быстрого затупления круга произошло настолько быстрое снижение съема (за счет снижения доли механической работы), что общий съем металла при электрохимическом шлифовании сталей 30ХГСА, 17СГ2Ф, 35Х2ГСВ и 12Х2Н4А оказался меньше, чем при обычном сравнительном шлифовании. В этих сталях содержание марганца достигает 1,15%, а кремния - 1,92%.

Известно, что масло, экранируя абразивные зерна круга, снижает интенсивность физико-химических процессов в зоне шлифования и уменьшает износ инструмента. Это подтверждается характером изменения удельного съема при шлифовании с маслом всех марок сплавов. Для примера вновь рассмотрим сталь 30ХГСА и сплав Х20Н8ОТ3. Сравнивая съем металла при шлифовании с водным раствором СОЖ и маслом, можно отметить, что после 15 минут шлифования с маслом, в последующие 5 минут работы с водным раствором СОЖ величина съема остается на уровне съема при работе острым кругом, то есть на уровне первых 5-ти минут шлифования с водным раствором СОЖ (рис.2).

На следующем этапе экспериментального исследования сравнивались съемы после обычного шлифования с водным раствором СОЖ и после электрохимического шлифования, когда тот же раствор выполняет роль электролита при включенном

Марки слэбов



Рис. 1. Средний удельный стем при обычном и электрохимическом шлифовании за 15 минут работы круга без правки

технологическом токе, а на обрабатываемой поверхности образуется пленка из продуктов анодного растворения, содержащая окислы элементов сплава. При работе зерен электрокорунда по окисленной поверхности сплава Х20Н80Т3 износ круга меньше, чем при обычном абразивном шлифовании, и это еще раз подтверждается величиной удельного съема металла в период с 15-й по 20-ю минуту, когда после 15 минут электрохимического шлифования был отключен технологический ток (рис.2). Величина удельного съема находится на уровне работы круга за первые 5 минут при шлифовании с водным раствором СОЖ, то есть круг почти не затупился. Продукты анодного растворения на сплаве Х20Н80Т3 не содержат химически активных окислов по отношению к электрокорунду, а их высокое смазочное действие увеличивает период стойкости круга при достаточно высокой производительности обработки.

Совершенно другой характер изменения удельного съема наблюдается после 15 минут электрохимического шлифования стали 30ХГСА. Величина удельного съема за последующие 5 минут работы с отключенным технологическим током (с 15-й по 20-ю минуту) меньше, чем за тот же период 20-ти минутного шлифования с водным раствором СОЖ. Начинает сказываться повышенный износ зерен электрокорунда, работающих по продуктам анодного растворения, насыщенным окислами железа, кремния и марганца. Подобная экспериментальная проverka была проведена на всех остальных марках сталей.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований позволили установить элементы, окислы которых в условиях высоких температур шлифования способствуют интенсификации физико-химических процессов. В свою очередь, эти процессы оказывают существенное влияние на износ круга и производительность электрохимического шлифования. Электрохимическое шлифование электронейтральным абразивным инструментом с использованием в качестве электролитов содовых растворов СОЖ железоуглеродистых сплавов, содержащих повышенный процент кремния и марганца (стали типа: 30ХГСА, 17СГ2Ф, 36У2ГСВ, 12Х2Н4А и др.), кругами из электрокорунда

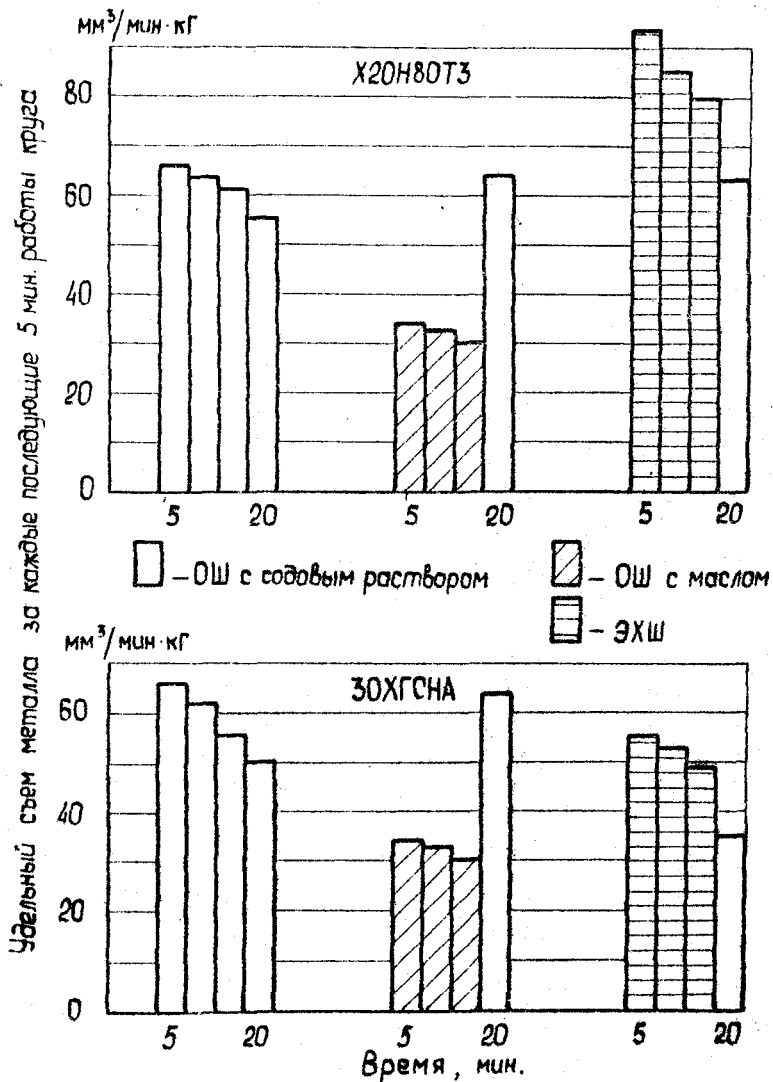


Рис. 2. Удельный съем металла при обычном шлифовании (ОШ) с водным раствором СОЖ и маслом и при электрохимическом шлифовании (ЭХШ) сплавов: Х20Н80Т3, ЗОХГСА

сопряжено с некоторым снижением производительности обработки. При тех же условиях электрохимическое шлифование сплавов, в которых низкое процентное содержание марганца и кремния, но имеется вольфрам, ванадий, никель и титан (сплавы типа: Р9, Р18, Р6М3, Х20Н80Т3 и др.), отмечено повышением производительности обработки до 3-х раз.

Таким образом, выявилась группа сталей с повышенным содержанием марганца и кремния (табл.2), которая не может быть рекомендована для электрохимического шлифования кругами из электрокорунда в содовых электролитах, так как при их обработке наблюдается снижение производительности по сравнению с обычным абразивным шлифованием. В то же время экспериментальные данные позволили определить наиболее перспективную группу сталей, при электрохимическом шлифовании которых отмечен прирост производительности от 17 до 220%.

Эти данные и послужили основой для проведения производственных испытаний в условиях серийного и массового производства.

5. ПРОВЕРКА ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ РАБОТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

В группе хорошо обрабатываемых сталей (табл.2) наибольший интерес вызывает применение электрохимического шлифования быстрорежущих сталей в инструментальном производстве и стали ХХ15, являющейся основным материалом большинства особо точных деталей машиностроения.

Экспериментальная проверка возможностей применения в производственных условиях процессов электрохимического шлифования с использованием электронейтрального корундового абразивного инструмента и в качестве электролита содового раствора ССЖ была проведена на операции чистового шлифования цилиндра плунжера топливного насоса трактора на Челябинском тракторном заводе имени В.И.Ленина. Разработанная схема не требует специальных токопроводящих кру-

Таблица 2

Изменение производительности электрохимического шлифования по сравнению с обычным абразивным шлифованием

№ п.п.	Марка сплава	Производительность, мм ³ /мин			Изменение производительности, %
		ЭХШ	I	ОШ	
1.	P9	72,0		22,5	+ 220,0
2.	P6M3	76,1		46,8	+ 62,7
3.	P18	68,4		46,1	+ 43,8
4.	X20H80T3	155,2		114,8	+ 35,1
5.	ШХ15	94,6		77,4	+ 22,3
6.	X18H10T	107,6		89,5	+ 20,3
7.	XH35BT	61,2		50,9	+ 20,1
8.	5XHM	95,4		81,0	+ 17,8
9.	V10A	113,4		96,8	+ 17,1
10.	18X2H4BA	172,8		155,2	+ 11,4
11.	1X13	117,9		106,6	+ 10,6
12.	65Г	88,4		80,3	+ 10,1
13.	XBF	97,2		89,3	+ 8,9
14.	4X2B5ФМ	84,3		78,5	+ 7,3
15.	X5M	133,7		124,7	+ 7,2
16.	40XHMA	140,9		138,6	+ 1,6
17.	12X2H4A	157,5		171,0	- 8,0
18.	17CG2Ф	58,1		70,7	- 17,8
19.	30XГСНА	90,4		109,9	- 17,8
20.	35X2ГСВ	156,6		191,2	- 18,1

Примечание: условия обработки: круг - Э940СТ1К; скорость круга - 30 м/сек; скорость образца - 20 м/мин; постоянное усилие прижима образца к кругу - 1 кг на 1 см высоты образца; высота образца - 18 мм; начальный диаметр образца - 70 мм; СОЖ (электролит) - 2,5% кальцинированной соды + 2,5% нитрита натрия + 95% воды. При электрохимическом шлифовании (ЭХШ): рабочее напряжение - 12 вольт; рабочий ток - 40 ампер; плотность тока - 4 а/см². ОШ - обычное шлифование с отключенным технологическим током

гов и заключается в установке дополнительного электрода (катода) на стол станка и подключении источника технологического тока. При этом совершенно не нарушается точность и жесткость системы СПИД, так как ни один из рабочих узлов станка не изолируется от общей массы.

Операция чистового шлифования плунжера (сталь ШХ15, твердость - НРС 61-63) выполняется на круглошлифовальном станке мод. 3Е15Э электрокорундовым кругом ЭЭА16С2К. Технологическими требованиями допускается отклонение от правильной геометрической формы: огранка - не более 0,002 мм; овальность - не более 0,004 мм; конусность - не более 0,005 мм. Чистота обработанной поверхности - не менее 9-го класса.

В процессе электрохимического шлифования в качестве электролита использовался водный раствор кальцинированной соды (1,5%) и нитрита натрия (1,5%). При рабочем напряжении в 12 вольт плотность тока соответствовала 4 а/см². Межэлектродный зазор - 0,7 - 1,0 мм. Полуавтоматический цикл работы станка на данной операции обеспечивал отключение технологического тока на период выхаживания.

В сравнении с результатами обычного чистового шлифования цилиндра плунжера электрохимическое шлифование при неизменном штучном времени позволило повысить на 1-2 класса чистоту обработанной поверхности и более чем в 2 раза - точность. Повышение чистоты и точности в 3-5 раз сократило штучное время на последующей ручной доводочной операции.

Большой интерес представляет использование способа электрохимического шлифования электронейтральными абразивными кругами на бесцентровошлифовальных и бесцентроводоводочных станках. Однако данные по применению этой схемы на указанных станках отсутствуют. Такое положение объясняется особой трудностью обеспечения токоподвода на обрабатываемую поверхность изделия. В настоящей работе разработано и испытано токоподводящее устройство, которое исключает возможность искрения и образования дуги на обрабатываемой поверхности изделия; обеспечивает электронейтраль-

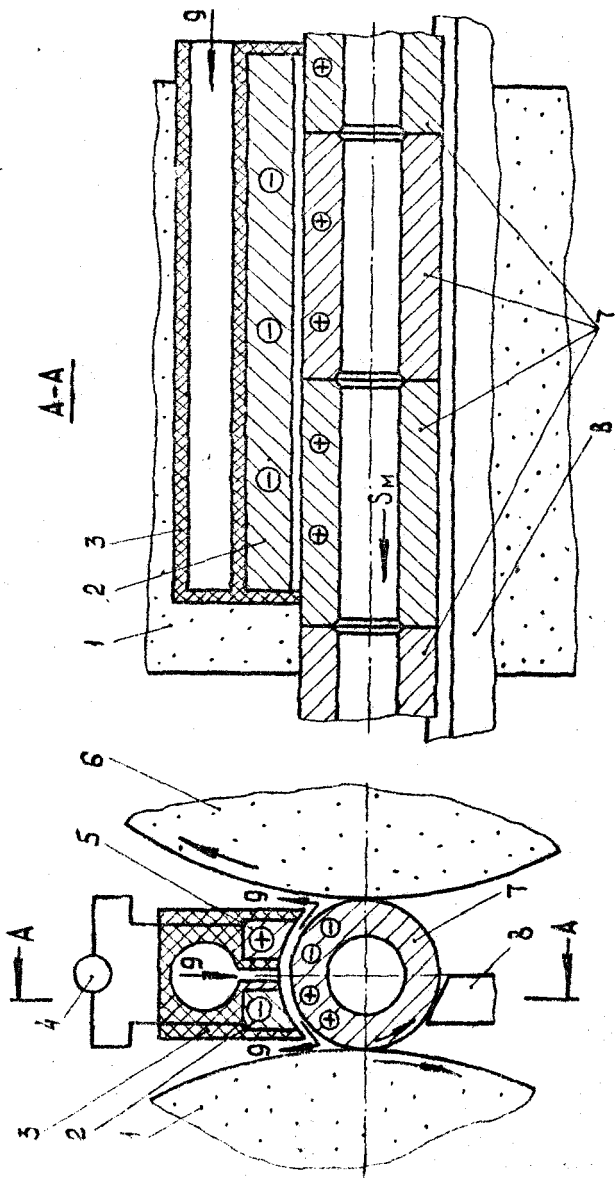


Рис. 3. Схема электрохимического бесцентрового шифровального электронейтральным абразивным инструментом и токособводящее устройство, работающее с использованием эффекта: 1-рабочий шифровальный круг; 2-электрод (катод); 3-корпус изоляционный; 4-источник технологического тока; 5-электрод (анод); 6-ведущий круг; 7-надевание; 8-опорный нож; 9-подача электролита (СОЖ)

ность всех узлов станка относительно источника технологического тока без нарушения точности и жесткости системы СПИД; легко устанавливается как на бесцентровошлифовальных и бесцентроводоводочных станках, так и на любом другом шлифовальном оборудовании, предназначенном под электрохимическое шлифование; обеспечивает полное снятие продуктов анодного растворения за один проход детали (рис.3).

С учетом основных положений исследования на Челябинском заводе специального инструмента и технологической оснастки была проведена большая работа по использованию схем электрохимического шлифования алмазными токопроводящими кругами быстрорежущего инструмента. При внедрении операций электрохимического шлифования комбинированного протяжного инструмента твердосплавные элементы обрабатывались на прямой полярности (деталь - анод, токопроводящий круг - катод), а быстрорежущая часть - на обратной полярности при минимальных напряжениях (2-4 вольта) технологического тока. Обратная полярность обеспечивает присутствие в зоне шлифования окислов алюминия и кремния при анодном растворении токопроводящей связки (МВ-1, М5-5 и др.) и в то же время исключает образование окислов железа на обрабатываемой поверхности изделия.

Рациональное использование схем и режимов электрохимического шлифования позволило значительно увеличить стойкость алмазных кругов при обработке комбинированного протяжного инструмента. На Челябинском заводе специального инструмента и технологической оснастки шлифование токопроводящих материалов на модернизированном круглошлифовальном станке мод.ЗБ12 с учетом основных положений работы и использования различных схем электрохимического шлифования позволило эксплуатировать алмазный круг АПШ 300x15x5x75 - АСП125/100-МВ-1-100 при односменной работе в течение двух лет, а годовой экономический эффект от внедрения новых технологических процессов с использованием операций электрохимического шлифования составил более 85 тысяч рублей.

В В О Д Н

1. На основании теоретических и экспериментальных исследований вскрыты физико-химическая природа влияния продуктов анодного растворения на износ абразивных зерен круга и производительность процесса при электрохимическом шлифовании.

2. Анодное растворение увеличивает общий съём металла, но его продукты, участвуя в физико-химических процессах высокотемпературной зоны шлифования, могут увеличивать или уменьшать химическую активность материала абразивных зерен. Высокая химическая активность способствует быстрому разрушению режущих кромок зерен круга с ростом на них площадок износа.

3. В результате теоретического анализа и результатов экспериментальных исследований установлено, что при высоких температурах шлифования:

- а) окислы железа повышают износ кругов из алмаза, карбида кремния и электрокорунда;
- б) износ кругов из электрокорунда возрастает в присутствии окислов кремния и марганца;
- в) окислы алюминия, кремния и марганца снижают износ кругов из алмаза и карбида кремния.

4. Интенсивные физико-химические процессы в зоне контакта абразивного зерна с окисленной поверхностью могут вызывать настолько быстрое затупление зерен круга, что производительность электрохимического шлифования может оказаться меньше, чем при обычном сравнительном абразивном шлифовании.

5. Так как химсостав продуктов анодного растворения при электрохимическом шлифовании определяется составляющими элементами сплава, то при проектировании технологических процессов с использованием операций электрохимического шлифования необходимо учитывать возможность появления различных окислов на поверхности металла и их влияние на материал абразивных зерен.

6. При электрохимическом шлифовании сталей с повышенным содержанием марганца и кремния. (стали типа: 30ХГСА, 17СГ2Ф и др.) наблюдается особенно быстрый износ зерен электрокорунда. Поэтому электрохимическое шлифование для них с использованием содовых электролитов будет мало эффективно.

7. При электрохимическом шлифовании сталей: ШХ15, Р6М3, Р18 и Р9 с использованием антикоррозионных составов электролитов и электрокорундового инструмента получен прирост производительности до 220% по сравнению с обычным абразивным шлифованием. Электрохимическое шлифование этой группы сталей при данных условиях обработки рекомендуется для внедрения.

Выявленные теоретические закономерности физико-химических процессов в контакте абразивного зерна с окисленной поверхностью обрабатываемого металла, которая покрывается продуктами окисления как от высоких температур шлифования, так и от возникновения электрических зарядов, могут наблюдаться не только при электрохимическом, но и при обычном абразивном шлифовании, объясняя некоторые противоречия в известных данных по различной интенсивности износа зерен кругов и изменению производительности за период их стойкости при шлифовании разных марок сталей.

Основные результаты работы доложены:

1. На Научно-технической конференции по повышению надежности и долговечности деталей машин технологическими методами, Пермь, 1971.

2. На Научно-техническом совещании по методам испытания свойств СОЖ и способов их применения на металлорежущем оборудовании, Ульяновск, 1972.

3. На Всесоюзной конференции по электрохимической размерной обработке металлов, Кишинев, 1972.

4. На Областной научно-технической конференции по электрофизическим и электрохимическим методам обработки, Челябинск, 1971.

5. На Научно-технических конференциях Челябинского политехнического института 1970-1972 гг.

Основные положения диссертационной работы изложены в следующих статьях:

1. Корчак С.Н., Шамин В.Ю. Некоторые особенности влияния СОЖ на производительность шлифования. Сб. "Методы испытания свойств СОЖ и способы их применения на металлорежущем оборудовании", Материалы конференции, Ульяновск, 1972.

2. Шамин В.Ю. Особенности процесса шлифования с предварительным нанесением на обрабатываемую поверхность пассивных окисных пленок. Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки. Сборник научных трудов ЧПИ, № 114, Челябинск, 1972.

3. Шамин В.Ю. Электрохимическое шлифование нейтральным абразивным инструментом. Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки. Сборник научных трудов ЧПИ, № 114, Челябинск, 1972.

4. Шамин В.Ю. Повышение качества деталей топливной аппаратуры путем применения электрохимического шлифования нейтральным абразивным инструментом. Сб. "Повышение качества, надежности и долговечности деталей технологическими методами", Материалы конференции, Пермь, 1971.

5. Шамин В.Ю. Прибор для электрохимического клеймения деталей. Информ. листок ЧЦНТИ № 3, Челябинск, 1971.

6. Шамин В.Ю., Крамаренко А.П. Повышение чистоты и точности круглого наружного шлифования. Сб. "Прогрессивные методы и инструменты для обработки резанием и пластическим деформированием", Материалы конференции, ЧПИ, Челябинск, 1971.

7. Кононенко В.Т., Шамин В.Ю. Твердосплавные выглаживающие блоки для протяжек. "Станки и инструмент", 1969, №8.