

М 357283

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское

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

На правах рукописи

ПАНАЙОТИ Владимир Александрович

И С С Л Е Д О В А Н И Е
ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ С
НАНЕСЕНИЕМ ТВЕРДЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА
РЕЖУЩУЮ ПОВЕРХНОСТЬ ЭЛЬБОРОВЫХ КРУГОВ

(Специальность 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 учёной степени
кандидата технических наук

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

Научный руководитель: кандидат технических наук,
доцент ПОПОВ Сергей Александрович

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
ФРАГИН И.Е.
кандидат технических наук,
доцент Островский В.И.

Ведущее предприятие: I-й Государственный подшипниковый завод.

Защита диссертации состоится " 12 " _____ 1980 г.
на заседании специализированного Учёного совета К 053.15.15 по
технологии машиностроения Московского высшего технического училища им. Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва, 2-я Бауманская
ул., дом. 5.

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

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные
печатью, просим направлять по указанному адресу

Автор

Г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
кандидат

до

РЯКОВ Р.К.

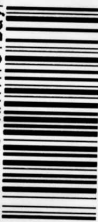
Л № 6

Тираж 100

И П.Л.

ВНСК

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1357283

Панайоти В.А. Исследование

М357283

МЗ 557283

Актуальность проблемы. Научно-технический прогресс в нашей стране, основные направления которого определены решением XXV съезда КПСС, тесно связан с проблемой ускорения технического перевооружения производства и широкого внедрения прогрессивной техники и технологии, обеспечивающих повышение производительности труда и качества продукции. Для решения этой проблемы, в частности, необходимо удовлетворение потребностей машиностроения, металлообработки и других отраслей в абразивных изделиях высокой стойкости. В связи с этим большое внимание уделяется различным методам улучшения эксплуатационных свойств абразивного инструмента. В ряде случаев стандартный абразивный инструмент не в состоянии обеспечить необходимую производительность операции шлифования при сохранении требуемого качества поверхности. Традиционные технологические методы преодоления этих трудностей: применение специальных смазочно-охлаждающих жидкостей, регулирование режимов резания и подбор характеристик абразивного инструмента - оказываются иногда недостаточно эффективными. Кроме того, некоторые конструкции станков не предусматривают работу с СОЖ. К таким процессам относятся, например, заточка и доводка многолезвийного инструмента из быстрорежущих сталей. Для улучшения эксплуатационных характеристик абразивных кругов представляется целесообразным использовать их пористость, т.е. размещать в порах некоторые вещества, облегчающие процесс резания.

Твердые смазочные материалы (ТСМ) обладают способностью значительно снижать силы трения при контакте двух поверхностей и открывают перед исследователями большие возможности для повышения эффективности шлифования. В связи с этим развитие исследований, связанных с повышением производительности процесса шлифования труднообрабатываемых быстрорежущих сталей эльборовым абразивным инструментом с применением новых эффективных твердых смазочных материалов и высокопроизводительной технологии их нанесения на режущую поверхность круга, является актуальной задачей.

Цель исследования. Установить закономерности процесса шлифования труднообрабатываемых высокопроизводительных быстрорежущих сталей с применением новых эффективных составов твердых смазочных материалов и высокопроизводительной технологии их нанесения на режущую поверхность эльборового абразивного инструмента.

На основании полученных результатов разработать рекомендации по выбору характеристик эльборовых кругов и режимов резания при

НА ДОМ
НЕ ВНОСИТЬСЯ

ИЗДАНИЕ
АВТОМАТИЧЕСКОЕ
А 100 1000

шлифовании различных материалов с применением ТСМ.

Методы исследования. Данная работа проводилась по комплексной методике, предусматривающей изыскание новых эффективных составов ТСМ и разработку технологии их нанесения на режущую поверхность эльборовых кругов, оценку смазывающей способности ТСМ по нормальной и тангенциальной составляющим силы резания, коэффициентам абразивного резания и трения, удельной работе шлифования, исследование в лабораторных условиях износа и геометрии рельефа режущей поверхности круга, теплового режима обработки и качества обработанной поверхности (шероховатости, микротвердости и содержания аустенита) с последующим технико-экономическим анализом полученных результатов, апробирования и внедрением рекомендаций в производственных условиях.

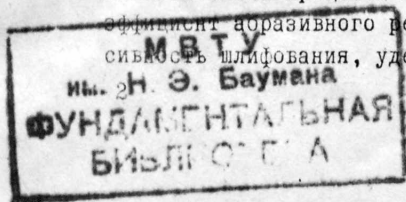
Научная новизна. Теоретически и экспериментально обоснована целесообразность и возможность применения твердых смазочных материалов для повышения эффективности абразивной обработки трудношлифуемых быстрорежущих сталей. Проведено изыскание эффективных составов ТСМ и предложена комплексная методика исследования их смазывающей способности.

Установлены закономерности процесса шлифования быстрорежущих сталей различных марок с применением ТСМ. Изучены особенности формирования рельефа режущей поверхности эльборовых кругов при шлифовании с ТСМ. В результате аналитического описания теплового режима обработки выявлены закономерности снижения температуры при шлифовании с ТСМ.

Выявлена взаимосвязь и получены аналитические зависимости основных показателей процесса шлифования с ТСМ и качества обработанной поверхности различных марок быстрорежущей стали от технологических факторов: режима резания и характеристики круга.

Практическая ценность. Разработан ряд новых эффективных составов ТСМ и рекомендована технология их нанесения на режущую поверхность эльборовых кругов для повышения производительности шлифования при сохранении требуемого качества обрабатываемого материала. Спроектированы и испытаны приспособления для смазывания абразивного инструмента непосредственно в процессе шлифования.

В результате изучения влияния твердого смазочного материала на показатели процесса шлифования (составляющие силы резания, коэффициент абразивного резания, удельная работа и удельная интенсивность шлифования, удельный расход эльбора, температура) и ка-



чества поверхности обрабатываемых быстрорежущих сталей (шероховатость, глубина и величина наклепа, микроструктура и фазовый состав), а также технико-экономического анализа обоснованы рекомендации по выбору технологических факторов (характеристики эльборового инструмента и режима резания) при обработке различных марок быстрорежущей стали.

Испытание оптимальной композиции твердого смазочного материала в производственных условиях на ЗИЛе и на Черниговском инструментальном заводе Минстанкинпрома СССР показало, что интенсивность шлифования можно увеличить в 1,6-2,2 раза при отсутствии на поверхности обрабатываемого материала прижогов и трещин. Износ эльборового круга при этом сохраняется на прежнем уровне.

Экономический эффект от внедрения новой технологии шлифования в народное хозяйство составляет около 30 000 руб/год, что подтверждено соответствующими актами.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на трех научных семинарах кафедры "Теория механической обработки и инструмент" МВТУ им. Н.Э.Баумана 1977-1979г.г., на Всесоюзной научно-технической конференции "Прогрессивные технологические процессы изготовления и рациональная эксплуатация режущего инструмента" - Харьков, 1979 г.

Объем работы. Диссертационная работа изложена на 149 страницах машинописного текста, включающих введение, восемь глав и основные выводы. Работа иллюстрирована 87 рисунками, содержит 19 таблиц, список литературы включает 113 наименований.

В первой главе представлен литературный обзор, определена цель и поставлены задачи исследования.

Анализ литературных данных показал, что пропитывание абразивных инструментов как способ повышения их режущих свойств при шлифовании труднообрабатываемых материалов находит применение в промышленности. В настоящее время исследователями предлагается большое количество пропитывающих составов. Однако их широкому внедрению препятствуют определенные недостатки, основными из которых являются: присутствие в большинстве пропитывающих составах активных токсичных элементов (серы, хлора, фосфора); необходимость промежуточной технологической операции (пропитки) при подготовке абразивного инструмента к эксплуатации; использование специального оборудования и дополнительных производственных площадей.

Среди пропитывающих составов можно выделить отдельную груп-

лу, основным компонентом которых является твердый смазочный материал. Эффект от применения таких составов достигается за счёт снижения сил трения при взаимодействии абразивного инструмента и обрабатываемого материала в процессе шлифования. Немногочисленные опубликованные данные показали перспективность использования ТСМ для улучшения режущей способности абразивного инструмента и повышения его надежности. Однако данный способ введения ТСМ в поры абразивного инструмента ограничивает его широкое применение из-за трудности проникновения и закрепления частиц смазочного материала в круге.

Другим способом введения твердого смазочного материала в зону резания является его размещение в специальных пазах на рабочей поверхности абразивного круга. Этот способ предусматривает использование шлифовальных кругов специальной конструкции с прерывистой режущей поверхностью; недостатком этого метода является и сложность регулирования подачи смазочных веществ в зону шлифования.

Анализ литературных данных также показал противоречивость взглядов как о действии твердых смазочных материалов на эксплуатационные свойства абразивного инструмента, так и о влиянии их на характеристики шлифования различных материалов. Из обзора очевидна несомненная перспективность применения твердых смазочных материалов для повышения эффективности процесса шлифования эльборовым абразивным инструментом при сохранении требуемого качества обрабатываемого материала.

В связи с этим в работе были поставлены следующие задачи:

1. Изыскание новых эффективных составов ТСМ для шлифования труднообрабатываемых быстрорежущих сталей эльборовыми кругами. Определение оптимальной композиции ТСМ и разработка высокопроизводительной технологии её нанесения на круг.

2. Исследование особенностей формирования рельефа режущей поверхности эльборового круга при шлифовании с применением ТСМ.

3. Установление закономерностей процесса шлифования быстрорежущих сталей эльборовым абразивным инструментом с ТСМ и определение влияния характеристики круга и режима обработки на показатели процесса шлифования.

4. Исследование качества шлифованной поверхности быстрорежущих сталей различных марок.

5. Разработка рекомендаций по выбору характеристик эльборовых кругов и режимов резания при шлифовании быстрорежущих сталей

с применением ТСМ.

Во второй главе описана методика экспериментального исследования процесса шлифования быстрорежущих сталей с применением ТСМ.

В качестве абразивного инструмента использовали эльборовые круги ЛЧК 125x45x32x10x5 различной зернистости (от Л06 до Л016) и твердости (от М2 до СТ3), 100%-й концентрации структуры № 8 на керамической связке С10. Твердость эльборовых кругов предварительно контролировали по ГОСТ 19202-73. В качестве обрабатываемого материала были выбраны широко применяемые быстрорежущие стали различных марок: Р18 (HRC 63...66), Р6М5 (HRC 63...65), Р9К5 (HRC 63...66), Р9Ф5 (HRC 63...65), Р9К10 (HRC 63...66), Р12Ф3К10М3 (HRC 63...66). Все экспериментальные исследования выполнены на универсально-заточном станке модели ЗА64Д, оснащенном механизированным приводом продольной и поперечной подач, при следующих режимах резания: скорость круга от 13 до 38 м/с, продольная подача от 0,5 до 4 м/мин, поперечная подача от 0,01 до 0,08 мм/дв.ход.

Для измерения нормальной и тангенциальной составляющих силы резания был использован двухкомпонентный динамометр ДШЗ-2, конструкции ИВТУ им. Н.Э.Баумана, тензостанция УТС-1-12/35 и осциллограф Н700. Износостойкость эльборового инструмента оценивали по удельному расходу эльбора. Измерение координат рабочей поверхности круга проводили на оптическом длиномере ИЗЗ-2 с точностью ± 1 мкм. Изучение особенностей формирования геометрии рельефа режущей поверхности эльборовых кругов проводили с помощью профилографа модели 201 завода "Калибр" по ряду основных критериев: относительной опорной длине профиля, шагу между соседними профилями зерен, среднему числу зерен на единице длины на различных фиксированных уровнях сечения профиля.

Тепловые явления, сопровождающие процесс шлифования, исследовали с помощью искусственной термопары. Получаемый в результате температурных измерений электрический сигнал определяли по показаниям осциллографа С1-68 и универсального вольтметра В7-16.

Шероховатость шлифованной поверхности быстрорежущей стали оценивали по среднему арифметическому отклонению профиля R_a на профилографе модели 201 завода "Калибр". Металлографические исследования выполняли на косых микрошлифах с помощью микроскопа МИМ-7. Испытание шлифованных образцов на микротвердость проводили мето-

дом вдавливания алмазной пирамиды на приборе ПМТ-3. Фазовый состав шлифованной поверхности сталей определяли как фотографическим, так и ионизационным методами рентгеноструктурного анализа, соответственно с помощью установок УРС-55а и ДРОН-1.

В третьей главе теоретически и экспериментально обоснован выбор эффективных составов ТСМ и разработана технология их нанесения на режущую поверхность абразивного круга.

В результате анализа литературных данных выбран и рассмотрен ряд наиболее перспективных наполнителей и связующих для разработки новых эффективных составов ТСМ. Выбор этих компонентов определялся: надёжностью работы в большом диапазоне скоростей скольжения, давлений и температур; различием в химическом составе и физико-механических свойствах; широким применением в промышленности, т.е. недифицитностью и экономичностью.

Для исследования были изготовлены 24 композиции различных составов на основе графита, дисульфида молибдена и нитрида бора в виде брусков размером 15х15х50 мм. Для введения смазочного материала в зону резания брусок смазывающей смеси прижимали к рабочей поверхности круга непосредственно в процессе шлифования. В результате на режущей поверхности круга остается тонкий слой смазочного материала.

Применение в процессе шлифования различных композиций твердого смазочного материала не одинаково влияет на исследуемые показатели процесса резания. Установлено, что наиболее эффективным является состав на основе нитрида бора. Концентрация компонентов ТСМ оказывает существенное влияние на показатели шлифования. Определено оптимальное содержание компонентов: 35% нитрида бора и 65% связующего. Применение данной композиции смазочного материала приводит к уменьшению тангенциальной составляющей силы резания на 40% и снижению удельного расхода эльбора в 2 раза.

Разработана технология смазывания режущей поверхности эльборового круга в процессе шлифования. Сконструированы и испытаны приспособления для смазывания абразивного круга в процессе его эксплуатации способами, обеспечивающими заданное давление или заданный расход смазочной смеси. Последний из способов является наиболее перспективным. Наименьший расход смазочного материала для обеспечения эффективности шлифования достигается при введении в зону резания ТСМ в количестве 10 мг/дв.ход.

Исследован процесс проникновения смазочного материала в по-

ры абразивного круга. Показано, что количество ТСМ, попадающего в поры и активно участвующего в процессе резания, зависит от величины давления бруска смазывающей смеси на круг и температуры в зоне шлифования. Удельный расход эльбора и величина силы резания практически не зависят от нанесенного количества смазочного материала. Увеличение частоты смазывания круга улучшает условия шлифования. Для производственных условий рекомендовано нанесение смазочного материала с частотой до 50 дв.ходов, что практически обеспечивает оптимальные условия эксплуатации абразивного инструмента.

Таким образом, в результате проведенного исследования разработана новая композиция твердого смазочного материала и технология её нанесения на эльборовый круг непосредственно в процессе шлифования с целью повышения производительности обработки трудношлифуемых быстрорежущих сталей.

В четвертой главе проведена оценка смазывающей способности ТСМ при шлифовании быстрорежущих сталей эльборовыми кругами по нормальной и тангенциальной составляющим силы резания, коэффициентам абразивного резания и трения, а также по удельной работе шлифования.

Экспериментально полученные зависимости указанных показателей процесса шлифования от технологических факторов описаны уравнениями типа:

$$P = c \cdot x^a \cdot e^{bx} \quad (1)$$

Для сравнительного анализа экспериментальные данные были также аппроксимированы степенными функциями более простого вида:

$$P = c_x \cdot x^m, \quad (2)$$

где c, c_x, a, b, m — постоянные коэффициенты;

x — скорость резания, продольная подача, поперечная подача, осредненный размер зерна эльбора, твердость круга или коэффициент легированности стали.

Установлено, что смазывание режущей поверхности эльборового круга ТСМ оказывает влияние на величину силы резания: тангенциальная составляющая силы резания в этих условиях снижается в 1,5–1,7 раза, а её нормальная составляющая увеличивается в 1,1–1,2 раза. При этом коэффициент абразивного резания снижается в 1,6–2 раза, а удельная работа шлифования — в 1,5–1,7 раза.

Предложенную композицию ТСМ можно применять при шлифовании всех исследованных быстрорежущих сталей. При этом шлифуемость сталей 118, Р6М5, Р9К5, Р9Ф5, Р9К10 и Р12ФЗК10М3 в основном зависит от легированности мартенсита.

Улучшение режущей способности абразивного инструмента при введении смазочного материала в зону резания обусловлено уменьшением трения при взаимодействии круга с обрабатываемым материалом.

В пятой главе проведены результаты исследования влияния смазывания эльборового круга ТСМ на его износ при шлифовании быстрорежущих сталей, рассмотрено влияние технологических факторов на удельный расход эльбора.

Экспериментальные данные описаны эмпирическими зависимостями:

а) от режимов шлифования (для круга ЛО8 С1 100% С10)

$$q = c_1 \cdot t^{a_1} \cdot S^{b_1} \cdot V^{d_1} \quad (3)$$

Постоянные коэффициенты при шлифовании с применением смазочного материала и без него соответственно равны:

$$\begin{aligned} c_1 &= 7,3 \times 10^3; & a_1 &= 1,18; & b_1 &= 1,28; & d_1 &= -1,20; \\ c'_1 &= 4,7 \times 10^3; & a'_1 &= 1,20; & b'_1 &= 0,96; & d'_1 &= -1,54; \end{aligned}$$

б) от интенсивности шлифования (для того же круга)

$$q = c_2 \cdot Q^{a_2} \quad (4)$$

где коэффициенты равны:

$$\begin{aligned} \text{с ТСМ при } t &= 0,02 \text{ мм/дв.ход или } S = 1 \text{ м/мин: } c_2 = 0,016; & a_2 &= 1,15; \\ \text{без ТСМ при } t &= 0,02 \text{ мм/дв.ход: } c'_2 &= 0,091; & a'_2 &= 0,96; \\ \text{при } S &= 1 \text{ м/мин: } c'_2 &= 0,036; & a'_2 &= 1,19. \end{aligned}$$

в) от зернистости и твердости кругов:

$$q = c_3 \cdot 3^{a_3} \cdot HRB^{b_3} \quad (5)$$

где коэффициенты равны:

$$\begin{aligned} \text{с ТСМ: } c_3 &= 5,5 \times 10^4; & a_3 &= -1,82; & b_3 &= -0,43; \\ \text{без ТСМ: } c'_3 &= 7,2 \times 10^4; & a'_3 &= -1,99; & b'_3 &= -0,49. \end{aligned}$$

В результате изучения износа эльборовых кругов при шлифовании быстрорежущих сталей установлено, что удельный расход эльбора снижается в исследуемом интервале режимов резания и при заданных характеристиках круга в 1,5-2 раза.

Исследована геометрия рельефа режущей поверхности и свойства смазочного эльборового круга.

Введение смазочного материала в поры инструмента оказывает комплексное влияние на свойства эльборового круга: уменьшает налипание обрабатываемого металла на его рабочую поверхность за счёт снижения интенсивности адгезионных и диффузионных процессов, снижает истирание керамической связки, способствует заклиниванию зерен абразива в матрице связки и изменяет условия износа зерен эльбора в связи с дополнительным использованием их свойств обновлять активные элементы путем микровыкрашиваний. Твердость абразивного инструмента повышается на одну степень по сравнению с исходным значением, что улучшает способность связки удерживать зерна эльбора в круге.

В шестой главе изложены результаты изучения теплового режима шлифования с ТСМ.

Экспериментально показано, что при нанесении предложенной композиции смазочного материала на режущую поверхность абразивного инструмента контактная температура на поверхности стали при шлифовании на различных режимах резания кругами разной зернистости и твердости уменьшается в 1,5-2 раза.

Для описания теплового режима шлифования выбрана его математическая модель, в основу которой положено уравнение теплопроводности Фурье. Температурное поле полосового источника шириной $2h$, движущегося в бесконечной теплопроводящей среде, может быть описано формулой:

$$T = \frac{q_r \cdot \alpha_a}{\pi \cdot \lambda_a \cdot V_a} \int_{z-h}^{z+h} \exp(-\xi) K_0(\sqrt{X^2 + \xi^2}) d\xi \quad (6)$$

В уравнении (6) обозначено:

$$X = \frac{V_a \cdot x}{2\alpha_a}; \quad Z = \frac{V_a \cdot z}{2\alpha_a}; \quad H = \frac{V_a \cdot h}{2\alpha_a}; \quad \xi = \frac{V_a(z-z')}{2\alpha_a};$$

где V_a - продольная подача образца, см/с;

λ_a - коэффициент теплопроводности обрабатываемого материала, кал/см·с·град;

α_a - коэффициент температуропроводности обрабатываемого материала, см²/с;

X, Z - координаты точек шлифуемой поверхности, см.

Полную плотность теплового потока определяли по формуле:

$$q_r = \frac{P_z \cdot V_{кр}}{0,427 \cdot S_k}, \quad (7)$$

где P_z - тангенциальная составляющая силы резания, кгс;
 $V_{кр}$ - скорость круга, м/с;
 S_k - площадь зоны контакта, см²;
 0,427 - механический эквивалент теплоты.

На основе аналитического описания теплового режима шлифования установлено, что снижение контактной температуры на поверхности обрабатываемой быстрорежущей стали при использовании ТСМ происходит в результате уменьшения тепловой мощности, выделяющейся в зоне резания, в 1,5-2 раза. Часть выделенного в зоне резания тепла (10-20%) поглощается связующим, входящим в состав смазочного материала, и идет на его расплавление.

Вопрос о распределении тепла между контактируемыми телами решали, исходя из условия теплового контакта между шлифуемым изделием, эльборовым кругом и стружкой. При больших скоростях шлифования, учитывая преимущественное тепловыделение на активных зернах, можно моделировать каждое такое зерно в виде полупространства, имеющего контакт на небольшом участке с другим полупространством, движущимся относительно первого со скоростью круга.

Коэффициенты распределения тепловых потоков рассчитывали по формуле, учитывающей скорость возникновения и распространения тепла:

$$\psi_a = \frac{1}{1 + 1,125 \frac{\lambda_a}{\lambda_s} \sqrt{\frac{2a_s}{V_{кр} \cdot d_{э.э.}}}}, \quad (8)$$

где λ_a и λ_s - коэффициенты теплопроводности абразива и обрабатываемого материала, кал/см·с·град;
 $d_{э.э.}$ - диаметр эффективного пятна контакта эльборового зерна, см.

Установлено, что перераспределение тепловых потоков, идущих в абразивный круг и обрабатываемую деталь, при смазывании эльборового инструмента обусловлено изменением геометрии профиля рельефа его режущей поверхности. При шлифовании без ТСМ в эльборовый круг поступает 25% выделенного в зоне резания тепла, а при его применении - 30%.

Долю тепла, идущего в стружку, оценивали, исходя из предположения, что стружка нагревается до максимальной контактной температуры. В этом случае долю тепла, поступающего в деталь, рассчитывали по формуле:

$$\beta_a = \frac{1}{1 + t \sqrt{\frac{2V_{кр}}{\pi \cdot h \cdot a_a}}} \quad (9)$$

Проведенный расчёт показал, что на нагрев стружки пойдет около 1% общего количества тепла, выделившегося в процессе шлифования.

Учитывая распределение тепловых потоков, определили изменение температуры на глубине поверхностного слоя быстрорежущей стали. Долю тепла, поступающего в тело детали, учитывали рассчитанными коэффициентами. Характер изменения температуры по глубине поверхностного слоя детали, определенный расчетным путем, хорошо совпадает с экспериментально полученным.

В седьмой главе приведены результаты исследования качества поверхности обрабатываемого материала после шлифования со смазочным материалом.

Контролируемыми показателями состояния поверхности шлифованной стали являются шероховатость поверхности, наличие или отсутствие прижогов, микроструктура, микротвердость и фазовый состав поверхностного слоя.

Твердый смазочный материал оказывает существенное влияние на высоту микронеровностей шлифуемой поверхности стали. Шероховатость поверхности металла после обработки с применением ТСМ снижается на 1-2 разряда, что связано с уменьшением контактной температуры при шлифовании и изменением опорной длины профиля рельефа режущей поверхности эльборового круга.

В результате изучения микроструктуры поверхностного слоя шлифованной быстрорежущей стали металлографическим и микродюрметрическим методами показано, что нанесение смазочной композиции на режущую поверхность эльборового круга приводит к уменьшению глубины наклепа в 1,8-2,2 раза и его величины на поверхности в 1,2-2 раза после различных условий шлифования. Установлено, что деформационное упрочнение поверхностного слоя быстрорежущей стали связано с тепловыми процессами, сопровождающими процесс обработки.

Фазовый состав поверхности быстрорежущих сталей после шлифо-

вания исследовали рентгеноструктурным методом. Фотографический метод позволил установить присутствие в стали после шлифования мартенсита ($\alpha - \text{Fe}$), аустенита ($\gamma - \text{Fe}$) и различных карбидов. Область углов дифракции при ионизационном способе была выбрана таким образом, чтобы на рентгенограмме получить пики от наиболее сильных линий ($\text{II}0_{\alpha}$ мартенсита и (III) $_{\alpha}$ аустенита).

Исследовано влияние различных технологических факторов шлифования на содержание аустенита в стали. Следует отметить, что повышение степени легированности быстрорежущей стали приводит к более устойчивому к температурным флуктуациям, сопровождающим процесс шлифования, состоянию её основы — легированного мартенсита. Указанное положение одинаково относится к шлифованной стали как с применением ТСМ, так и без него. Однако при использовании смазочного материала количество остаточного аустенита в стали в 1,4–1,7 раза меньше. Аустенит в структуре стали появляется за счёт превращения его из мартенсита в результате тепловых флуктуаций в зоне шлифования.

Таким образом установлен, что введение смазочного материала в зону резания снижает интенсивность нежелательных фазовых превращений.

В восьмой главе представлены технико-экономический анализ шлифования быстрорежущих сталей с применением ТСМ и рекомендации по выбору технологических параметров.

При назначении оптимальных условий шлифования основные удельные затраты определяли как сумму затрат в коп, отнесенных к съему припуска объёмом 100 мм^3 , по формуле:

$$C_{\text{оп}} = C_z + C_s + C_n + C_{\text{доп}} \quad (10)$$

где C_z , C_s , C_n и $C_{\text{доп}}$ — удельные затраты, соответственно связанные с заработной платой рабочего, с расходом эльборочного инструмента, с правкой круга и с дополнительными расходами на электроэнергию, смазочный материал и пр.

В результате проведенного анализа установлено, что основные удельные удельные затраты при шлифовании быстрорежущих сталей с применением ТСМ в 1,5–2 раза меньше, чем при оптимальных режимах резания без смазывания круга.

Полученные экспериментальные зависимости всех показателей процесса шлифования и качества обрабатываемого материала от технологических факторов: режима резания и характеристики эльборово-

го круга аппроксимировали степенными функциями. Обобщенные зависимости показателей процесса шлифования от технологических факторов описаны уравнением вида:

$$P = c_n \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^z \cdot 3^n \cdot HRB^m \cdot e^d \cdot K_m, \quad (II)$$

где c_n, x, y, z, n, m, d – постоянные коэффициенты;
 t, S, V – режимы резания: поперечная подача, продольная подача и скорость резания;
 $3, HRB$ – осредненный размер зерна эльбора и среднее значение твердости круга;
 K_m – коэффициент, учитывающий марку быстрорежущей стали.

Постоянные коэффициенты в уравнении (II) рассчитаны на ЭВМ "Электроника 50С".

На основании полученных закономерностей процесса шлифования и анализа технико-экономических затрат разработаны рекомендации по выбору характеристики эльборового круга и режима резания при обработке с ТСМ быстрорежущих сталей (см. табл.).

Таблица

Рекомендуемые характеристики эльборового круга
и режимы обработки при шлифовании с ТСМ

Х А Р А К Т Е Р И С Т И К А К Р У Г А	
Материал зерна	эльбор ЛО
Зернистость	10-16
Твердость	С1-СТЗ
Концентрация эльбора	100%
Структура	№ 8
Р Е Ж И М Ы Ш Л И Ф О В А Н И Я	
Скорость круга, м/с	26-38
Продольная подача, м/мин	2-3
Поперечная подача, мм/дв.ход	0,04-0,06

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Комплексное исследование процесса шлифования труднообрабатываемых быстрорежущих сталей (Р18, Р6М5, Р9К5, Р9Ф5, Р9К10,

PI2Ф3КИОМЗ) с нанесением твердых смазочных материалов на режущую поверхность эльборовых кругов позволило установить закономерности процесса и изучить влияние технологических факторов: характеристики круга и режима обработки на показатели шлифования.

2. На основе исследования ряда новых составов ТСМ с различными компонентами был предложен состав, который оказался наиболее эффективным и позволяющим улучшить режущую способность эльборовых кругов.

3. Наиболее перспективным способом смазывания эльборового круга является нанесение ТСМ на его режущую поверхность непосредственно в процессе шлифования. Сконструированы и изготовлены приспособления для смазывания круга способом, обеспечивающим постоянное прижимающее усилие, или заданный расход смазочного материала. Наилучшие результаты шлифования достигаются при введении в зону резания ТСМ в количестве 10 мг/дв.ход.

4. Смазывание круга ТСМ оказывает влияние на величину силы резания: тангенциальная составляющая силы резания снижается в 1,5-1,7 раза, а нормальная составляющая силы резания увеличивается в 1,1-1,2 раза. Коэффициент абразивного резания снижается в 1,6-2 раза, а удельная работа шлифования - в 1,5-1,7 раза. Удельная интенсивность шлифования при этом уменьшается в 1,1-1,2 раза. Улучшение режущей способности круга при введении смазочной композиции в зону резания обусловлено уменьшением трения при взаимодействии инструмента с обрабатываемым материалом. Указанные закономерности подтверждены при шлифовании шести марок быстрорежущей стали.

5. Использование предложенной композиции твердого смазочного материала позволяет снизить удельный расход эльбора в 1,5-2 раза. Интенсивность шлифования можно повысить в 2-3 раза при одинаковом расходе эльбора за счёт увеличения любой из подач.

6. Введение ТСМ в поры абразивного инструмента влияет на геометрию рельефа его режущей поверхности, уменьшает налипание обрабатываемого материала на поверхность круга, снижает истирание керамической связки, способствует заклиниванию зерен абразива в матрице связки и изменяет условия износа кристаллов эльбора. Твердость абразивного инструмента при введении ТСМ повышается на одну степень.

7. При нанесении смазочного материала на режущую поверхность эльборового круга температура поверхности детали уменьшается в

1,5-2 раза. На основе аналитического описания теплового режима шлифования с ТСМ установлено, что снижение контактной температуры на поверхности шлифуемой стали происходит в результате уменьшения тепловой мощности, выделяющейся в зоне резания, в 1,5-2 раза.

8. Шероховатость поверхности металла после обработки с применением ТСМ снижается на 1-2 разряда.

9. Нанесение смазочной композиции на режущую поверхность эльборового круга способствует уменьшению глубины наклепа в 1,8-2,2 раза, величины наклепа на поверхности - в 1,2-2 раза. Деформационное упрочнение поверхностного слоя быстрорежущей стали связано с тепловыми процессами, сопровождающими шлифование. При введении смазочного материала в зону резания количество аустенита уменьшается в 1,3-1,6 раза.

10. Получены рассчитанные на ЭВМ обобщенные зависимости всех показателей процесса шлифования и качества поверхности обрабатываемого материала от технологических факторов: режима резания и характеристики эльборового круга. Анализ этих зависимостей свидетельствует об эффективности применения разработанной автором технологии обработки с применением ТСМ.

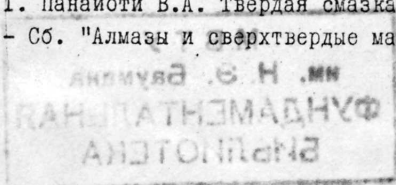
11. На основе обобщения экспериментальных данных разработаны рекомендации по выбору характеристики эльборового круга и режима резания при шлифовании труднообрабатываемых быстрорежущих сталей с применением ТСМ. Целесообразно шлифовать смазанными кругами зернистостью ЛО10-ЛО16, твердостью С1-СТ3 100%-й концентрации при режимах резания: поперечная подача 0,04-0,06 мм/дв.ход, продольная подача 2-3 м/мин, скорость круга 26-38 м/с.

12. На основе анализа основных затрат с целью определения экономической эффективности новой технологии шлифования установлено, что удельные затраты при шлифовании с ТСМ снижаются в 1,5-2 раза.

13. Экономическая эффективность от внедрения результатов работы в народное хозяйство составляет 30 000 руб, что подтверждается актами.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Панайоти В.А. Твердая смазка для пропитки эльборовых кругов. - Сб. "Алмазы и сверхтвердые материалы", М., НИИМАШ, 1979,



вып. 2, с. 8.-9.

2. Панайоти В.А. Влияние твердой смазки на качество поверхности, шлифуемой кругами из эльбора. - Сб. "Алмазы и сверхтвердые материалы", М., НИИМАШ, 1979, вып. 6, с. 9-10.

3. Панайоти В.А., Попов С.А. Использование твердых смазок для повышения эффективности шлифования. Известия высших учебных заведений "Машиностроение", 1979, № 7, с. III-II5.

4. Попов С.А., Панайоти В.А. Повышение надежности и снижение расхода эльборовых абразивных инструментов при использовании твердых смазок. В сб. "Прогрессивные технологические процессы изготовления и рациональная эксплуатация режущего инструмента" (тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции. Харьков, 18-22 июня 1979 г.). М., 1979, с. 283-287.

5. Попов С.А., Панайоти В.А. Применение твердой смазки для повышения эффективности эльборового инструмента. "Станки и инструмент", 1979, № 10, с. 20-21.

