

М 308643

Министерство высшего и среднего специального образования
С С С Р

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

ЛУКАШЕВ Лев Константинович

На правах рукописи

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРАВКИ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ
ОДНОКРИСТАЛЛЬНЫМИ И МНОГОКРИСТАЛЛЬНЫМИ ПРАВИЛЬНЫМИ
ИНСТРУМЕНТАМИ С АДЗАМИ ЕСТЕСТВЕННОЙ
И СПЕЦИАЛЬНОЙ ФОРМЫ

(Специальность 05.03.03 -
Обработка материалов резанием)

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

Москва

1977

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

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

Научные руководители - доктор технических наук
профессор ГРАНОВСКИЙ Г.И.

кандидат технических наук
доцент ПОПОВ С.А.

Официальные оппоненты - доктор технических наук
профессор МИХАЙЛОВ А.А.
кандидат технических наук
заведующий лабораторией
САФРОНОВ В.Г.

Ведущее предприятие - Объединение МОСАВТОЗИЛ.

Защита диссертации состоится "17" октября 1977 года
на заседании специализированного Совета по технологии маши-
ностроения, шифр К-053.15.15 МВТУ им.Н.Э.Баумана по адресу:
107005, Москва Б-5, 2-й Бауманская, 5.

Работу можно увидеть в 2-х экземплярах, заверенных печатью,
просьба прислать по указанному адресу.

Можно ознакомиться в библиотеке МВТУ

имени

1977 г.

ЕРЯКОВ Р.К.

М 308643

НТБ МВТУ им. Н.Э. Баумана



1308643

Лукашев П. К. Исследование

Актуальность проблемы. Важнейшей задачей X пятилетки является повышение эффективности производства и качества выпускаемой продукции. Вместе с этим предусматривается всемерное повышение производительности труда и интенсификации производства во всех отраслях народного хозяйства. Объем абразивной обработки в металлообрабатывающей промышленности будет еще более увеличиваться. Требования, предъявляемые к качеству, эксплуатационным свойствам деталей из конструкционных и труднообрабатываемых инструментальных сталей также непрерывно растут. В связи с этим возникает необходимость изыскания резервов повышения производительности процесса шлифования и качества выпускаемой продукции.

Повышение производительности труда и качество шлифуемых деталей зависят не только от обрабатываемого материала и режимов шлифования, а в большей степени - от характеристики и других эксплуатационных свойств абразивных кругов.

Эксплуатационными свойствами кругов и качеством шлифованной поверхности можно активно управлять оптимальной правкой алмазными правящими инструментами.

Цель исследования - изыскание резервов повышения производительности и улучшения качества обработанной поверхности при шлифовании конструкционных и труднообрабатываемых инструментальных сталей.

В работе ставились следующие задачи:

- исследовать эффективность алмазных правящих инструментов различных конструкций, работающих по методу обточка;
- исследовать влияние правки на эксплуатационные свойства абразивных кругов различных характеристик при шлифовании конструкционных и инструментальных сталей;
- произвести сравнительный анализ экономической эффективности применения однокристалльных и многокристалльных алмазных правящих инструментов естественной и специальной формы.

Методы исследования. Оценка эффективности правящих инструментов и эксплуатационных свойств абразивных кругов при шлифовании конструкционных и инструментальных сталей осуществлялась по комплексной методике, включающей: изучение состарившихся силы правки; геометрии режущей поверхности абразивных кругов после

правки и в течение периода стойкости; составляющих силы резания при шлифовании; качественных параметров шлифованной поверхности.

Научная новизна. Разработана комплексная методика исследования влияния конструктивных особенностей правящего инструмента на эффективность процесса шлифования. Исследована режущая поверхность абразивных кругов после правки различными правящими инструментами в течение периода стойкости круга. Установлена взаимосвязь геометрических параметров режущей части правящих инструментов с рельефом режущей поверхности абразивных кругов и выходными параметрами шлифования.

Практическая ценность. Выявлены оптимальные области применения однокристалльных и многокристалльных правящих инструментов с алмазами естественной и специальной формы, даны обоснованные рекомендации по режимам правки, режимам шлифования на основе изучения составляющих сил правки абразивных кругов, геометрии рельефа режущей поверхности абразивных кругов, сил резания при шлифовании, качества поверхностного слоя шлифуемой детали.

Апробация работы. Результаты экспериментальных исследований докладывались и обсуждались на трех научных семинарах кафедры "Теория механической обработки и инструмента" МВТУ им. Баумана в 1974-1976 гг., на республиканской научно-технической конференции "Новое в абразивной обработке труднообрабатываемых материалов", Киев, 1976.

Результаты работы апробированы также в объединении авто-ВАЗ, 1977 г., что подтверждено соответствующим актом.

Объем работы. Диссертационная работа изложена на 140 страницах машинописного текста, включающих в себя введение, шесть глав, общие выводы и приложение. Работа иллюстрирована 54 рисунками, содержит 30 таблиц, список литературы 125 наименований.

В первой главе приведен литературный обзор результатов исследований советских и зарубежных исследователей в области повышения эксплуатационных свойств абразивных кругов, установлены

цель исследования и его задачи, разработана методика проведения экспериментов. Анализ литературных источников показал, что в настоящее время накоплен определенный опыт в области повышения эксплуатационных свойств абразивных кругов. Различными исследователями освещаются разные аспекты повышения эффективности шлифования: увеличение режимов шлифования, применение новых конструкций абразивного инструмента, использования активных СОЖ, повышение жесткости системы СИД и т.д.

Большинство исследователей едины в своем мнении, что правка абразивных кругов существенно влияет на режущую поверхность абразивного круга. Но мнение различных исследователей о процессе восстановления режущих свойств абразивного круга не всегда совпадает, а иногда и противоречит друг другу в связи с недостаточной изученностью данного вопроса.

В настоящее время в промышленности применяется большая группа правящих инструментов из алмазов и сверхтвердых материалов. Влияние того или иного правящего инструмента на процесс формирования режущей поверхности абразивного круга, а, следовательно и на его эксплуатационные свойства, практически не исследовалось. Для более полного раскрытия закономерностей правки абразивных кругов однокристалльными и многокристалльными правящими инструментами с алмазами естественной и специальной формы исследование проводилось в следующих направлениях:

1. Вероятностно-статистическая оценка основных параметров режущей поверхности круга.
2. Изучение сил, возникающих в процессе правки кругов различных характеристик и их зависимость от режимов правки и типа правящего инструмента.
3. Изучение составляющих сил шлифования в зависимости от рельефа режущей поверхности круга сформированного при правке.
4. Определение составляющих силы резания при шлифовании конструкционных и инструментальных сталей.
5. Изучение изменения основных параметров рельефа режущей поверхности круга после гравки и в процессе шлифования.
6. Оценка качественных показателей шлифуемой поверхности (шероховатость, микротвердость, наличие остаточного аустенита

микротрещины.

7. Установление взаимных связей между процессом шлифования и качеством шлифованной поверхности с параметрами рельефа режущей поверхности абразивного круга.

Методикой предусматривалось проведение экспериментальной части исследования в лаборатории кафедры "Теория механической обработки и инструментов" МВТУ им.Баумана с последующим апробированием результатов в производственных условиях. Исследование производилось на стенде, сконструированном на базе станка 3А151. Эксперименты проводились на кругах различных характеристик с твердостью СМ1, СТ1, Т1 и зернистостью 25 - 40. Исследовались правящие инструменты: алмазно-металлические карандаши, алмазные пластины, алмазы в оправе, алмазные гребенки и алмазные карандаши на твердосплавной основе.

Шлифованию подвергались конструкционные стали 45 и 40Х в состоянии поставки и закаленные, а также инструментальные стали молибденовой, ванадиевой и кобальтовой групп Р6М5, Р9Ф5, Р9К10 в закаленном состоянии.

Во второй главе описан стенд для исследования правки абразивных кругов различными правящими инструментами. Стенд монтировался на базе круглошлифовального станка 3А151 и включал в себя: а) динамометр правки - ДП-МВТУ-3 для измерения составляющих силы правки; б) рельефограф РГ-МВТУ-4 для записи профиля режущей поверхности абразивных кругов непосредственно на станке; в) динамометрические центры ЦТ-МВТУ-1 для измерения составляющих силы резания при шлифовании; г) усиленную и контрольно-измерительную аппаратуру.

Динамометр ДП-МВТУ-3 рассчитан на измерение двух составляющих силы, возникающей в процессе правки абразивных кругов методом обточка: нормальной P_y и тангенциальной P_z . Чувствительность динамометра $\pm 0,02$ кгс.

Рельефограф РГ-МВТУ-4 предназначен для записи на бумажную ленту профиля режущей поверхности круга с большим увеличением в любой плоскости, перпендикулярной оси. Абразивный круг, вращаясь автономно с очень малой окружной скоростью

(≈ 2 мм/мин) от отдельного привода, осязывается измерительной головкой. Осязвающим элементом измерительной головки является алмазная игла с радиусом округления при вершине 2 мкм и углом при вершине 50° .

Регистрирующим прибором является самописец БВ-662 завода "Калибр". Рельефограф обеспечивает высокую чувствительность и стабильность (повторяемость) записи рельефа режущей поверхности абразивного круга при осязании одной и той же трассы.

Динамометрические центры сконструированы так, что несущими элементами являются цилиндры. Динамометрические центры работают по интегральной схеме, обеспечивая независимость точки приложения силы резания от места нахождения заготовки относительно шлифовального круга. Чувствительность Ц.Т.-МВТУ-1 $\pm 0,2$ кгс.

Разработан также безповодковый привод заготовки при шлифовании в тензометрических центрах. Привод вращения данной конструкции не вносит знакопеременной силы при передаче крутящего момента, что существенно упрощает расшифровку осциллограмм записи сил.

В комплект тензометрической станции входят: динамометры (ДП-МВТУ-3, ЦТ-МВТУ-1), усилитель УТС-12/35, блок питания усилителя ВТ-12, фильтр отсечки высоких частот, шлифовый осциллограф Н-105 или Н-700, блок питания осциллографа.

В третьей главе приводятся результаты экспериментального исследования сил, возникающих при правке кругов однокристалльными и многокристалльными алмазными правящими инструментами в широком диапазоне продольной ($0,25; 0,5; 0,75; 1$ м/мин) и поперечной ($0,005; 0,01; 0,02; 0,03$ мм) подач. Исследовались следующие правящие инструменты: алмазная губка, алмазно-металлический карандаш, алмаз в оправе, алмазная пластина, карандаш на твердосплавной основе.

Во всем диапазоне режимов правки алмазный правящий инструмент, имеющий специальную форму (угол наклона режущего лезвия β) и карандаш на твердосплавной основе при аналогичных режимах показали наименьшие усилия правки по сравнению с алмазом в оправе и алмазно-металлическим карандашом.

При изменении режимов правки в исследованном диапазоне нормальная составляющая силы правки не превышала 10 кгс, а тангенциальная сила - не более 2,1 кгс.

В работе показано, что силы, возникающие в процессе правки абразивных кругов, оказывают большое влияние на точность формирования режущего профиля круга, износ алмазных правящих инструментов. В процессе правки абразивных кругов под действием нормальной составляющей силы правки P_y происходят упругие деформации шпиндельного узла и абразивного круга. Поэтому величина силы P_y в процессе правки имеет первостепенное значение с точки зрения точности формирования режущего профиля круга, а, следовательно и точности шлифуемой детали (особенно при врезном шлифовании).

Исследованием рельефа режущей поверхности установлено, что технологическая наследственность правящего инструмента, обусловленная правкой, наиболее проявляется на режимах

$$S_{\text{прод. пр.}} = 0,5 \text{ м/мин}, \quad S_{\text{попер. пр.}} = 0,02 \text{ мм.}$$

Выполненное экспериментальное исследование позволило установить на основе изучения параметров микрорельефа круга: относительной опорной длины профиля и среднего расстояния между зернами, что при определенных условиях правки можно сократить до минимума или совсем избавиться от зачистных циклов правки, увеличивая тем самым режущую способность круга и сокращая время необходимое на правку. Конструктивные особенности режущей части правящих инструментов существенно влияют на силы резания при шлифовании.

При правке кругов твердостью С1, СТ1, Т1 зернистостью 25-40 различие в силах шлифования от вида правящего инструмента сохраняется на протяжении всего периода стойкости круга.

На основе экспериментального исследования сил, возникающих в процессе правки кругов, профиля режущей поверхности кругов, а также выходных параметров шлифования характерными правящими инструментами были признаны: из монокристаллических инструментов - алмазная пластина, из поликристаллических - карандаш на твердосплавной основе.

Четвертая глава посвящена исследованию геометрических параметров режущей поверхности абразивных кругов после правки характерными правящими инструментами при шлифовании закаленных сталей 45 и 40Х, а также инструментальных сталей Р6М5, Р9К10, Р9Ф5.

Профилографирование абразивных кругов производилось непосредственно после правки и через равные промежутки времени в течение периода их стойкости. Период стойкости определялся по появлению прижогов и дроблению на поверхности детали. Профиль режущей поверхности записывался на длине 100 мм, глубина ощупывания составляла 35 мкм. Запись профиля производилась с вертикальным увеличением - $2400^{\times}$ и горизонтальным - $62^{\times}$, что позволяло фиксировать и производить замеры микронеровностей до 1 мкм.

При обработке профилограмм фиксировались следующие параметры профиля режущей поверхности абразивного круга:

- среднее расстояние между последовательно выступающими зернами на фиксированных уровнях - ℓ_{cp}

$$\ell_{cp} = \frac{L_{зан}}{n_i}$$

где $L_{зан}$ - длина трассы профилографирования; n_i - число выступающих зерен в пределах трассы;

- относительная опорная длина профиля на фиксированных уровнях - z

$$z = \frac{\sum \Delta \ell}{L}$$

где $\sum \Delta \ell$ - суммарная длина отрезков $\Delta \ell_1, \Delta \ell_2 \dots \Delta \ell_n$ отсеченных секущей линией в теле абразивного зерна на всей длине профиля L ;

- разновысотность вершин зерен Δh относительно нулевого уровня;

- радиус округления вершин зерен - $R_{окр}$

$$R_{окр} = \frac{a^2}{2f} + \frac{f}{2}$$

где a - размер зерна на постоянном секущем уровне

$$f = 5 \text{ мкм.}$$

Изменение всех геометрических параметров профиля режущей

поверхности абразивного круга в течение периода стойкости иллюстрировано гистограммами и графиками.

Установлен характер изменения параметров режущей поверхности абразивного круга после правки и в течение всего периода стойкости при шлифовании закаленных конструкционных и инструментальных сталей.

Алмазный правящий инструмент с постоянной геометрической формой и площадью контакта формирует стабильный рельеф режущей поверхности кругов различных характеристик. При шлифовании конструкционной стали 40X профиль режущей поверхности абразивных кругов сохраняет лучшие режущие свойства на протяжении всего периода стойкости круга по сравнению с многокристалльным правящим инструментом.

При шлифовании конструкционной стали 45 и инструментальных сталей Р3М5, Р9К10, ^{Р9Р5} профиль режущей поверхности абразивного круга З4А40С16К5, сформированный многокристалльным правящим инструментом на твердосплавной основе, превосходит по своим режущим свойствам профиль, сформированный однокристалльным правящим инструментом с постоянной геометрической формой.

Пятая глава посвящена процессу образования субмикрорельефа режущей поверхности абразивных кругов, определено количество статических и динамических режущих кромок абразивных зерен, рассмотрен процесс формирования субмикрорельефа режущей поверхности абразивных кругов при разных видах правящего инструмента, выявлена взаимосвязь параметров микро- и субмикрорельефа режущей поверхности абразивного круга с силами резания при шлифовании конструкционных и инструментальных сталей, произведена статистическая обработка экспериментальных данных.

В случае правки алмазным однокристалльным правящим инструментом с постоянной геометрической формой доля активных режущих кромок в течение периода стойкости круга З4А40С16К5 при шлифовании инструментальных сталей составляет 65-70%, а после правки многокристалльным инструментом на твердосплавной основе уменьшается до 55-60%. Эта разница в числе потенциальных режущих элементов влияет на эксплуатационные свойства круга.

При шлифовании стали 40X (твердость $H_{\alpha} - 205$) круг, правленный алмазной пластиной, дольше сохраняет остроту режущих кромок. Около 20% режущих кромок на протяжении всего периода стойкости имеют радиус округления вершин зерен в интервале 50 - 100 мкм.

Силы резания при шлифовании существенно зависят не только от параметров микро- и субмикрорельефа режущей поверхности круга, но и от шлифуемого материала, его прочностных свойств. Например, нормальные составляющие силы резания кругом 24A40C16K5 при шлифовании стали 45 и 40X с продольной 2 м/мин и поперечной 0,02 мм/дв.ход подачей составляют: $P_y = 35,5$ кгс при шлифовании стали 40X и $P_y = 24,5$ кгс при шлифовании стали 45 (условия правки идентичны). При поперечной подаче 0,03 мм/дв.ход соответственно $P_y = 52,5$ кгс и $P_y = 36$ кгс.

Силы резания при шлифовании конструкционных и инструментальных сталей были исследованы в широком диапазоне поперечных подач (0,005 - 0,03 мм/дв.ход), а также в течение периода стойкости кругов. Исследования показали, что при шлифовании инструментальных сталей наименьшие силы резания возникают после правки круга многокристалльным инструментом на твердосплавной основе.

При шлифовании стали Р6М5 кругом 34A40C16K5 при правке с поперечной подачей 0,02 мм/дв.ход и продольной 0,5 м/мин нормальная составляющая силы резания при шлифовании после правки многокристалльным инструментом - 24 кгс, а в случае правки алмазной пластиной - 35,8 кгс.

Зависимости параметров рельефа режущей поверхности абразивных кругов после правки и в течение периода стойкости круга аппроксимированы по методу наименьших квадратов полиномами Чебышева второй степени.

Функциональные уравнения имеют вид для $\bar{r}_{\text{ср}}, z$ и Δh

$$y = A_0 + A_1 x + A_2 x^2$$

где $x = h_i$ - высота уровня сечения профиля.

Плотность распределения радиусов округления вершин зерен

$$y = p(h_0 \leq x \leq h_i) = A_0 + A_1 x + A_2 x^2$$

Параметры рельефа режущей поверхности абразивного круга в процессе шлифования тесно взаимосвязаны между собой. Степень взаимосвязи всех параметров в работе производилась по эмпирическим коэффициентам взаимной корреляции.

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

где X и Y - рассматриваемые параметры рельефа. Проверка значимости коэффициента взаимной корреляции производилась по статистическому критерию Стьюдента.

Используя статистические характеристики, полученные в течение периода стойкости круга, можно рассчитать некоторые параметры шероховатости обработанной поверхности (R_a) и прогнозировать шероховатость поверхности во времени.

В работе приведены формулы и методика расчета параметра шероховатости R_a . Разброс экспериментальных и теоретических значений шероховатости - в пределах погрешности эксперимента, что подтверждает справедливость теоретических зависимостей.

В шестой главе отражены результаты исследования влияния алмазных правящих инструментов на некоторые показатели качества шлифованной поверхности и производительность процесса шлифования.

Для изучения состояния поверхностного слоя шлифованной поверхности производился контроль следующих параметров течение периода стойкости круга: шероховатости - R_a , микротвердости, микротрещин, прижоги, наличие остаточного аустенита. Исследованиями установлено, что шероховатость шлифованной поверхности при шлифовании инструментальных РЭМ5, РЭК10, РЭФ5 и конструкционной стали 45 в зависимости от правящего инструмента может изменяться до 2-х классов (8-9 класс при правке многокристалльным инструментом, 7-8 - при правке однокристалльным инструментом). Технологическая наследственность правки почти не проявляется при шлифовании стали 40Х.

Изменение микротвердости поверхностного слоя во времени имеет одинаковую тенденцию при шлифовании конструкционных и

инструментальных сталей. Наивысшее изменение наблюдалось непосредственно после правки круга, в начальный период шлифования, далее процесс стабилизируется и в конце периода стойкости круга опять существенно растет изменение в поверхностном слое шлифованной поверхности.

Сравнивая алмазные правящие инструменты и их влияние на микротвердость и микротрещины, необходимо отметить, что правка круга многокристалльным правящим инструментом обеспечивает наименьшее изменение микротвердости в поверхностном слое детали при шлифовании.

Результаты исследования количества остаточного аустенита в поверхностном слое закаленных инструментальных сталей показали, что в процессе шлифования произошло увеличение содержания остаточного аустенита до 10-30% в зависимости от вида правящего инструмента и шлифуемого материала. Наиболее интенсивный рост содержания остаточного аустенита наблюдался при шлифовании сталей Р9Ф5 и Р9К10 ($\approx 25\%$) в середине периода стойкости круга. Менее интенсивно наблюдался рост при шлифовании стали Р6М5 ($\approx 13\%$) в середине периода стойкости круга. Исследованиями установлено, что нет непосредственной связи количества остаточного аустенита с профилем режущей поверхности круга.

Оценка производительности шлифования производилась по удельной интенсивности шлифования $Q_{уд} = \frac{Q}{P_y} \frac{мм^3}{мин. кгс}$.

Как показали результаты экспериментов, абразивные круги всех характеристик, правленные многокристалльным инструментом на твердосплавной основе, обеспечивали наивысшую удельную интенсивность съема как при шлифовании конструкционных, так и инструментальных сталей. При шлифовании кругом 34А40С16К5 в середине периода стойкости удельная интенсивность съема после правки многокристалльным инструментом была при шлифовании стали Р6М5 выше на 60%, Р9К10 - на 43%, Р9Ф5 - на 32%, чем при правке круга однокристалльным инструментом и составляла 82, 53, 32 $мм^3/мин. кгс$ соответственно.

В работе произведен сравнительный анализ эффективности однокристалльных и многокристалльных алмазных правящих инструментов с алмазами естественной и специальной формы. Расчеты

показали, что условно годовой экономический эффект от замены алмаза в оправе на алмазную пластину составит 2238,6 руб. при годовой программе 1000 шт круглых протяжек. При замене алмазнометаллического карандаша карандашом на твердосплавной основе соответственно 1261 руб.

Внедрение результатов экспериментов дало экономический эффект 60 тыс. рублей в год.

О С Н О В Н Ы Е В Ы В О Д Ы

1. Разработана методика сравнительного анализа влияния конструктивных особенностей правящих инструментов на процесс правки режущей поверхности абразивного круга и на выходные параметры процесса шлифования конструкционных и инструментальных сталей, включающая:

- оценку геометрических параметров режущей поверхности абразивных кругов различных характеристик в течение периода стойкости;
- исследование сил, возникающих в процессе правки абразивных кругов в зависимости от вида правящего инструмента, режимов правки, характеристики абразивного круга;
- исследование составляющих силы резания, стойкости круга, интенсивности шлифования, в зависимости от конструктивных особенностей правящего инструмента, шлифуемого материала, характеристики абразивного круга;
- оценку качественных параметров шлифуемой поверхности в течение периода стойкости круга.

2. Исследование закономерности формообразования и изменение геометрии режущей поверхности абразивного круга в работе выполнено с использованием вероятностно-статистических методов. Оценка геометрии рельефа режущей поверхности абразивного круга и ее изменение в процессе шлифования осуществлялась с помощью ряда параметров:

- среднее расстояние между зернами на разных секущих уровнях - $\bar{L}_{cp}$;
- коэффициент относительной опорной длины профиля - $\bar{z}$;
- разновысотность вершин зерен относительно нулевой линии Δh ;
- радиус округления вершин зерен - $R_{окр}$.

3. Разработаны и изготовлены устройства, позволяющие с высокой разрешающей способностью регистрировать в процессе шли-

фования рельеф режущей поверхности абразивного круга; силы резания при шлифовании; силы, возникающие в процессе правки кругов.

4. Установлено, что геометрические параметры режущей части правящего инструмента оказывают существенное влияние на силы, возникающие в процессе правки абразивных кругов методом обтачивания.

При правке монокристалльными правящими инструментами, имеющими постоянное сечение кристалла и угол наклона режущего лезвия γ , преобладает процесс срезания абразива.

В случае правки круга монокристалльным инструментом, имеющим естественную форму кристалла, преобладает процесс "вспахивания" и вырывания зерен, что сопровождается значительным увеличением сил, возникающих при правке круга. Нормальные составляющие силы правки круга 24A16Ti6K5 алмазом в оправе, в зависимости от режимов правки, больше в 5 - 18 раз, чем при правке круга алмазной пластиной. Тангенциальные составляющие силы правки в аналогичном правлении больше в 7-13 раз. При $S_{\text{прод. пр}} = 0,5 \text{ м/мин}$ и $S_{\text{попер. пр}} = 0,03 \text{ мм}$ составляющие силы правки алмазом в оправе $P_y = 4,5 \text{ кгс}$, $P_z = 1 \text{ кгс}$, а алмазной пластиной $P_y = 0,25 \text{ кгс}$, $P_z = 0,075 \text{ кгс}$.

5. Алмазный правящий инструмент с постоянной геометрической формой кристалла и площадью контакта в процессе правки формирует рельеф режущей поверхности кругов различных характеристик, который по своим режущим свойствам превосходит рельеф круга сформированный кристаллом естественной формы.

При шлифовании стали 45 в нормализованном состоянии после правки круга алмазом в оправе удельная интенсивность саема была $800 \text{ мм}^3/\text{мин.кгс}$, а после правки алмазной пластиной $675 \frac{\text{мм}^3}{\text{мин.кгс}}$

6. Алмазный правящий инструмент на твердосплавной основе обладает лучшими режущими свойствами и формирует рельеф режущей поверхности абразивного круга более "острым" по сравнению с алмазно-металлическим карандашом, что непосредственно оказывает влияние на составляющих силах правки, силах резания при шлифовании конструкционных и инструментальных сталей, качественных параметрах обработанной поверхности.

Нормальная и тангенциальная составляющие силы правки круга монокристалльным правящим инструментом на твердосплавной основе в зависимости от режимов правки в 1,25 - 2,2 раза меньше, чем при правке алмазно-металлическим карандашом и составляет при $S_{\text{прод. пр}} = 0,5 \text{ м/мин}$ и $S_{\text{попер. пр}} = 0,03 \text{ мм}$, $P_y = 2,6 \text{ кгс}$.

$P_2 = 0,5$ кгс, а при правке алмазно-металлическим карандашом $P_y = 5,7$ кгс, $P_2 = 1,3$ кгс соответственно..

Максимальные силы правки во всем диапазоне режимов не превышают $P_y = 10$ кгс; $P_2 = 2,1$ кгс. Максимальные силы резания при шлифовании на всем диапазоне режимов не превышают $P_y = 55$ кгс $P_2 = 25$ кгс.

7. Алмазная пластина формирует стабильный профиль режущей поверхности абразивных кругов на всем диапазоне режимов правки. Алмазный карандаш на твердосплавной основе формирует при правке большее число режущих кромок и меньшие радиусы округления вершин зерен.

8. Режущий профиль круга, непосредственно после правки различными правящими инструментами, при определенных режимах, формируется "заглохенным" и обновление его происходит в процессе шлифования, поэтому оценку эффективности правящего инструмента по различным критериям следует производить в течение всего периода стойкости круга.

Технологическая наследственность, обусловленная правящими инструментами, оказывает влияние в течение всего периода стойкости круга и существенно влияет на выходные параметры шлифования.

9. Исходя из особенностей формирования режущей поверхности абразивных кругов различными правящими инструментами рекомендуются следующие области применения и оптимальные условия правки:

- В случаях, когда лимитирующим фактором является постоянство формы режущей поверхности круга и его режущих свойств (например, в случае врезного шлифования) — целесообразно применять для правки алмазную пластину.
- Если лимитирующим фактором является качество поверхностного слоя детали, а также сила резания при шлифовании, то целесообразно применять многокристальный правящий инструмент на твердосплавной связке.
- Если лимитирующим фактором является время правки, то целесообразно использование такого правящего инструмента, при правке которым возникают наименьшие составляющие силы правки (алмазная пластина, карандаш на твердосплавной связке).
- Оптимальные режимы правки однокристалльными и многокристалльными правящими инструментами, работающими по методу обточки

следующие: $S_{\text{прод.пр.}} = 0,5 \text{ м/дв.ход}$, $S_{\text{попер.пр.}} = 0,02 \text{ мм}$.
Число циклов выхаживания зависит от силы, возникающей в процессе правки кругов.

10. При оценке экономической эффективности влияния правящего инструмента на процесс шлифования должны учитываться следующие технико-экономические показатели: интенсивность съема металла, стойкость абразивного круга, время необходимое на правку, уменьшение расходов алмазных правящих средств.

Годовой условно экономический эффект от внедрения результатов исследования составляет 60 тыс.рублей.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Лукашев Л.К. Эффективность правки шлифовальных кругов различными видами правящих инструментов. Сб. "Новое в абразивной обработке труднообрабатываемых материалов", Киев, 1976.

2. Лукашев Л.К., Исследование сил, возникающих в процессе правки абразивных кругов, сб. "Прогрессивные методы обработки металлов лезвийным инструментом", Киев, 1976.

3. Попов С.А., Лукашев Л.К., Процесс формирования режущей поверхности абразивных кругов и изменение режущей поверхности во времени. Сб. "Обработка материалов резанием", М., 1976.

4. Попов С.А., Лукашев Л.К. "Привод для передачи крутящего момента при измерении силы шлифования на круглошлифовальном станке ЗАИ51". Сб. "Обработка материалов резанием", М., 1976.

5. Попов С.А., Малевский Н.П., Булошников В.С., Лукашев Л.К. "Устройство для профилографирования рельефа режущей поверхности шлифовальных кругов на станке ЗАИ51". Сб. "Обработка материалов резанием", М., 1976.

Л.80255. Дата разрешения в печать "7" сентября 1977 г.
Зак.1355 Тир.100 экз. Типография МВТУ им.Баумана

