

М.338308

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

Ананьян Рафаэль Вазгенович

И С С Л Е Д О В А Н И Е
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ
ИЗ ЭЛЕКТРОКОРУНДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАННОЙ
ПОРИСТОСТЬЮ

(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 ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена на Московском трижды ордена Ленина,
ордена Октябрьской революции и ордена Трудового Красного
Знамени Автозаводе им. И.А.Лихачева (Производственное
объединение ЗИЛ)

Научные руководители - доктор технических наук
профессор ГРАНОВСКИЙ Г.И.
кандидат технических наук
доцент ПОПОВ С.А.

Официальные оппоненты - доктор технических наук
профессор КУЗНЕЦОВ А.М.
кандидат технических наук
ИВАШИННИКОВ В.Т.

Ведущее предприятие - Всесоюзный научно-исследователь-
ский институт абразивов и шлифо-
вания (ВНИИАШ)

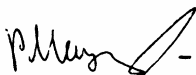
Защита диссертации состоится "_____" _____ 1979 г.
на заседании специализированного Совета по технологии маши-
ностроения, шифр К-053.15.15. МВТУ им. Н.Э.Баумана по ад-
ресу: 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская, 5.

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

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверен-
ные печатью, прошу направлять по указанному адресу.

Автореферат разослан "_____" _____ 1979 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА
К.Т.Н., доцент

 - МЕЩЕРЯКОВ Р.К.-

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



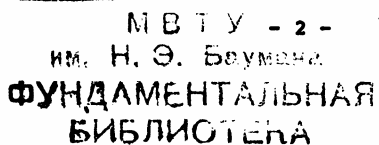
1338308

Ананьян Р.В. Исследование

Актуальность проблемы. Важнейшей задачей машиностроения в настоящее время является повышение производительности и качества обработки. Особенно высокие требования предъявляются к операциям шлифования, т.к. они являются финишными и определяют окончательное качество поверхностных слоев деталей, их износостойкость и долговечность. Наиболее трудоемкими являются операции абразивной обработки трудношлифуемых сталей и сплавов, где возможность образования прижогов и трещин сдерживает повышение производительности процесса. Иногда внедряемые новые материалы обладают пониженной шлифуемостью по сравнению с базовыми, что снижает производительность их обработки. Например, на ЗИЛе брак по прижогам и трещинам на операции шлифования шариковой гайки гидроусилителя руля, изготавливаемой из цементуемой стали 25ХГТ, достигал 2,5 %, а трудоемкость шлифования при обработке быстрорежущих закаленных сталей Р6М5, Р9К10, Р9Ф5 и др. на 10-30 % выше по сравнению со сталью Р18. В связи с этим возникает необходимость изыскания резервов бесприжогового высокопроизводительного шлифования закаленных инструментальных и конструкционных сталей. Накопленный опыт показывает, что повышение производительности и качества при шлифовании этих материалов можно достигнуть применением высокопористых кругов и кругов из легированных электрокорундов. Однако до настоящего времени не разработано рекомендаций по выбору характеристик этого инструмента и режимов при шлифовании труднообрабатываемых закаленных сталей. Поэтому данная проблема является актуальной.

Цель исследования. Выявить зависимости геометрии рельефа режущей поверхности шлифовальных кругов из электрокорундовых материалов при изменении параметров их характеристики, установить закономерности изменения показателей процесса при шлифовании закаленных сталей высокопористыми, высокоструктурными и обычными кругами на различных режимах. На основании полученных результатов разработать рекомендации по абразивной обработке при изготовлении деталей и инструментов из трудношлифуемых закаленных сталей.

Методы исследования. Данная работа проводилась по комплексной методике, предусматривающей изготовление и контроль шлифовальных кругов в абразивном цехе ЗИЛа, исследование в лабора-



торных условиях геометрии рельефа их режущей поверхности, температуры и мощности шлифования, удельного объемного съема металла и качества обработанной поверхности с последующим технико-экономическим анализом полученных результатов, апробированием и внедрением рекомендаций в производственных условиях.

Научная новизна. Исследована геометрия рельефа режущей поверхности высокопористых, высокоструктурных шлифовальных кругов и определены ее основные параметры.

Установлена взаимосвязь основных показателей процесса шлифования (температуры, мощности, удельного объемного съема металла, качества поверхности) с характеристикой кругов, геометрией рельефа их режущей поверхности при различных режимах обработки.

Для установления основных закономерностей шлифования труднообрабатываемых закаленных сталей разработана комплексная методика исследования.

Практическая ценность. На основании технико-экономического анализа результатов исследования обоснованы рекомендации по выбору абразивного инструмента и режимов при обработке трудношлифуемых закаленных сталей. Использование рекомендуемых характеристик шлифовальных кругов в производственных условиях ЗИЛа показало, что это позволяет:

- а) увеличить общий ресурс абразивного инструмента и стойкость его между правками (на ряде операций до 50%);
- б) при заданных режимах обеспечить шлифование без прижогов и трещин;
- в) отказаться от применения импортного инструмента на ряде операций.

Рекомендуемый абразивный инструмент внедрен на ЗИЛе с общим экономическим эффектом 22764 руб/год (по отчетным данным за 1978 г.).

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на четырех научных семинарах кафедры "Теория механической обработки и инструмента" МВТУ им. Баумана 1974 - 1977 г.г., на IV и V научно-технических конференциях молодых ученых и специалистов НИИТавтопрома и ЗИЛа, Москва, 1976 - 1977 г.г.

Объем работы. Диссертационная работа изложена на 143 стра-

ницах машинописного текста, включающих введение, семь глав, основные выводы и приложение. Работа иллюстрирована 53 рисунками, содержит 40 таблиц, список литературы включает 107 наименований.

В первой главе приведен литературный обзор о применении высокоструктурных и высокопористых шлифовальных кругов и кругов из легированных электрокорундовых материалов при обработке трудношлифуемых закаленных сталей, определены цель и задачи исследования.

Из анализа литературных источников и практики Зила установлено, что применение электрокорундов титанистого и хромотитанистого взамен белого в обычных шлифовальных кругах повышает стойкость абразивного инструмента, производительность обработки и качество деталей. Также выявлено, что высокопористые круги обладают лучшими режущими свойствами и в сравнении с обычными позволяют вести процесс шлифования с меньшими силами, мощностью, температурой и глубиной дефектного слоя обрабатываемых поверхностей. Применение высокопористых кругов позволяет либо повышать режимы и производительность шлифования до определенной величины без ущерба для качества, либо при неизменных режимах улучшать качество поверхности обрабатываемых деталей.

Однако до настоящего времени недостаточно или совсем не изучены вопросы влияния на геометрию рельефа режущей поверхности кругов и показатели процесса шлифования (мощность, температуру, удельный объемный съем и т.д.) параметров характеристики абразивного инструмента (структуры, пористости, размеров порообразующего наполнителя, зернистости, материала зерна), а также количественная взаимосвязь теплового режима шлифования и показателей качества поверхности деталей. В связи с этим нет обоснованных рекомендаций по выбору характеристик кругов и режимов шлифования.

Поэтому в работе были поставлены следующие задачи:

1. Изучение геометрии рельефа шлифовальных кругов разных характеристик;
2. Определение зависимостей температуры и мощности от режимов шлифования;

3. Выявление влияния характеристики шлифовальных кругов и геометрии их рельефа на основные показатели процесса шлифования;

4. Выбор характеристик шлифовальных кругов и режимов обработки;

5. Исследование влияния характеристики абразивного инструмента на показатели качества шлифованной поверхности.

Во второй главе описана методика экспериментального исследования. Исследование эксплуатационных свойств абразивного инструмента проводилось в лабораторных условиях на плоскошлифовальном станке модели 3П71 на заготовках из закаленной инструментальной стали Р6М5 твердостью HRC 62...64. Контролируемыми параметрами, выбор которых определялся задачами данной работы, являлись: геометрия рельефа режущей поверхности кругов и показатели процесса шлифования (температура, мощность, удельный объемный сьем металла). В связи с этим станок был оснащен ваттметром для записи мощности, установкой для измерения температуры в зоне шлифования бесконтактным методом, установкой для профилографирования режущей поверхности круга, приспособлением для измерения износа шлифовального круга.

Запись температуры в зоне шлифования осуществлялась с помощью приемника инфракрасного излучения - болометра пирозлектронического БП2-6, сигнал от которого усиливался усилителем У4-1 и регистрировался на шлейфовом осциллографе Н-117. Болометр БП2-6 тарировался хромель-алюмелевой термопарой с использованием специальной установки.

Геометрия рельефа режущей поверхности шлифовальных кругов профилографировалась прибором, оснащенным самописцем БВ-662 и индукционным датчиком БВ-844, соединенным с алмазной иглой. Применяемая для ощупывания алмазная игла по ГОСТ 7765-70 с углом при вершине $50 \pm 5^\circ$ и радиусом закругления 2-4 мкм позволяет с высокой точностью воспроизводить профиль режущей поверхности абразивного инструмента.

Для проведения экспериментальных работ из проверенных основных исходных материалов (зерна, связки, порообразующего наполнителя) по рецептуре ВНИИАШ в абразивном цехе ЗИЛа была изготовлена гамма высокопористых и обычных шлифовальных кругов

ИШ 250х20х75. Изменяемыми параметрами характеристики инструмента являлись: структура (от 6 до 8 для обычных кругов, от 6 до 15 для высокопористых), пористость (соответственно от 42 до 62 %), размеры наполнителя (от Б20 до Б120), зернистость (25, 16, 12) и материал зерна (для обычных кругов - 24А, 37А; для высокопористых - 24А, 37А, 91А). Готовый абразивный инструмент контролировался по твердости и пористости.

Режимы обработки изменялись в широких пределах: при однопроходном шлифовании врезанием без охлаждения (определялись температура и мощность) скорость круга - 18-35 м/с, продольная скорость заготовки - 4-16 м/мин, подача на врезание - 0,005-0,05 мм; при многопроходном шлифовании с охлаждением НГЛ-205 (определялся удельный объемный сьем металла) скорость круга - 27 м/с, скорость заготовки - 12 м/мин, поперечная подача - 1 мм/ход, глубина подачи - 0,02-0,06 мм.

Правка кругов производилась алмазно-металлическим карандашом С-4-2 с продольной подачей - 0,2 м/мин, поперечной подачей - 0,02 мм/ход и последним зачистным проходом.

В третьей главе приводятся результаты экспериментального исследования режущей поверхности высокопористых и обычных шлифовальных кругов с помощью профилографирования.

Профилографирование шлифовальных кругов производилось непосредственно после правки и определенного периода работы круга со снятием с заготовки 2000-2500 мм³ металла при многопроходном шлифовании.

Профиль режущей поверхности записывался на длине 240 мм, глубина оцупывания составляла 50 мкм. Запись производилась со скоростью вращения круга 5,4 мм/мин, вертикальным увеличением-1000^x, горизонтальным - 22,5^x.

Профилограмма режущей поверхности абразивного инструмента представляет чередующиеся участки впадин и выступов.

Параметрами, оценивающими геометрию рельефа режущей поверхности шлифовального круга являлись:

а) относительная опорная длина профиля, характеризующая контактную поверхность круга с заготовкой:

$$t_p = \frac{\sum_{i=1}^n b_{pi}}{l}, \quad (I)$$

где $\sum b_{pi}$ - сумма длин отрезков профиля на фиксированном уровне Р в пределах базовой длины;

l - базовая длина;

б) средний шаг (средние расстояния) между выступами (зернами):

$$S_p = \frac{l}{Z_p}, \quad (2)$$

где Z_p - число выступов (зерен) на фиксированном уровне Р в пределах базовой длины;

в) средняя длина отрезков выступов:

$$b_p = \frac{\sum b_{pi}}{Z_p} = t_p \cdot S_p, \quad (3)$$

г) процентное соотношение одновершинных, двухвершинных и многовершинных участков профиля (зерен), которое рассчитывалось из количественных соотношений соответствующих выступов в промежутке уровней от 0 до 50 мкм;

д) средневероятностные расстояния между выступами, измеряемые на глубине 20 мкм от линии выступов.

В результате исследования высокопористых и обычных шлифовальных кругов выявлено, что изменяя характеристику абразивного инструмента можно управлять геометрией рельефа его режущей поверхности. Использование порообразующего наполнителя при изготовлении кругов значительно расширяет пределы регулирования геометрии рельефа их режущей поверхности: с увеличением пористости, структуры от 6 до 15 относительная опорная длина профиля и средний шаг между выступами изменяются почти в 4 раза.

Для высокопористых кругов, также как и для обычных, установлено, что применение легированных электрокорундов слабо влияет на геометрию рельефа режущей поверхности абразивного инструмента, увеличение твердости и уменьшение зернистости увеличивает относительную опорную длину профиля и уменьшает средний шаг между выступами, основные изменения геометрии рельефа при затуплении круга происходят на глубине до 30 мкм.

Наиболее благоприятными показателями (меньшими значениями

относительной опорной длины профиля, средней длины отрезков выступов, доли двухвершинных выступов, большими средними расстояниями между выступами) обладают высокопористые круги с размерами порообразующего наполнителя равными 1,5-3,2 размера шлифовального зерна 8-13 структуры.

При одновременном изменении двух параметров характеристики инструмента (зернистости и структуры; твердости и структуры) возможно получение одинаковых величин основных показателей геометрии рельефа (относительной опорной длины профиля и среднего шага между выступами).

Статистическое распределение шага между выступами кругов различных структур, пористостей достаточно хорошо аппроксимируется логарифмически нормальным распределением:

$$f(S, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma S \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2\sigma^2} (\ln S - \mu)^2 \right], \quad (4)$$

где S - шаг между выступами;
 μ и σ оцениваются из статистических данных по соотношениям:

$$\hat{\mu} = \frac{1}{n} \sum \ln S_i;$$

$$\hat{\sigma} = \left[\frac{\sum \ln^2 S_i}{n} - \frac{(\sum \ln S_i)^2}{n^2} \right]^{1/2},$$

где n - число всех наблюдений (300).

Основные параметры распределения равны:

математическое ожидание - $e^{\mu + \sigma^2/2}$;

дисперсия - $e^{2\mu + \sigma^2} (e^{\sigma^2} - 1)$.

Выявлено, что при переходе от 6 к 15 структуре величина математического ожидания шага между выступами увеличивается в 2 раза, соответственно, в 2 раза уменьшается максимальное значение плотности вероятности. Размеры порообразующего наполнителя на кривую распределения влияния не оказывают.

В четвертой главе рассмотрены эксплуатационные свойства

шлифовальных кругов: выявлены зависимости показателей процесса шлифования от параметров характеристики абразивного инструмента при различных режимах обработки, а также их связь с геометрией рельефа.

С целью выявления наиболее эффективных режимов обработки зависимости температуры и мощности рассматривались при постоянной производительности, т.е. $V_s \cdot t = \text{const}$ (где V_s и t соответственно продольная скорость заготовки и глубина подачи).

Установлено, что с увеличением структуры, пористости инструмента уменьшаются температура в зоне резания, мощность шлифования, а также удельный объемный съем металла. При размерах порообразующего наполнителя равных 1,5-3,2 размера зерна затраты эффективной мощности минимальны.

Применение легированных электрокорундов (например, титанистого) снижает тепловой режим шлифования только при обработке кругами нормальной пористости. Изготовление высокопористого абразивного инструмента из легированных электрокорундов (взамен электрокорунда белого) не улучшает его режущих свойств.

При обработке высокопористыми кругами, как и при шлифовании обычными кругами, с уменьшением зернистости увеличиваются температура и мощность шлифования, а также удельный объемный съем металла.

При шлифовании кругами с одинаковыми показателями относительной опорной длины профиля и среднего шага между выступами, полученными при одновременном изменении двух параметров характеристики, инструмент повышенной структуры и пористости позволяет вести процесс обработки с меньшей температурой и мощностью при большей величине удельного объемного съема металла.

Установлено, что при многопроходном шлифовании в режиме затупления повышенная пористость круга не ухудшает шероховатости поверхности при обработке по сравнению с обычным абразивным инструментом.

Основные показатели геометрии рельефа режущей поверхности шлифовальных кругов (относительная опорная длина профиля, средние расстояния между выступами) связаны корреляционно с процессом шлифования (температурой T , мощностью N , удельным объемным съемом Q_v).

Оценка режущих свойств шлифовальных кругов с различной гео-

метрией рельефа проводилась по показателю шлифуемости, представляющему отношение удельного объемного съема к затратам эффективной мощности $\left(\frac{Q_v}{N}\right)$. Установлено, что лучшей работоспособностью обладают круги с меньшей относительной опорной длиной профиля и определенным средним шагом между выступами.

В табл. I. представлены корреляционные связи параметров геометрии рельефа режущей поверхности кругов, взятых на уровне сечения профиля 10 мкм, и процесса шлифования при следующих режимах обработки: $V_k = 27$ м/с; $V_a = 8$ м/мин; $Q = 1920$ мм³/мин; значения N' определялись при $Q = 4000$ мм³/мин.

Таблица I.

Корреляционные связи параметров геометрии рельефа режущей поверхности кругов и процесса шлифования

Уравнение корреляционной связи	Коэффициент корреляции	Корреляционное отношение
$\bar{T} = 2698t_{10} + 227$	0,806	0,861
$\bar{N} = 15,9t_{10} + 0,67$	0,921	0,942
$\bar{N}' = 30,1t_{10} + 1,33$	0,891	0,900
$\bar{T} = 606 - 174,3S_{10} + 2,1S_{10}^2$	-0,847	0,936
$\bar{N} = 2,82 - 1,00S_{10} + 0,13S_{10}^2$	-0,825	0,912
$\bar{Q}_{vcp} = 52,9t_{10} + 2,24$	0,809	0,826
$\bar{Q}_{vcp} = -1,33S_{10} + 7,73$	-0,878	0,917
$\frac{\bar{Q}_{vcp}}{\bar{N}} = 3,95 - 29,4t_{10} + 1,43t_{10}^2$	-0,702	0,944
$\frac{\bar{Q}_{vcp}}{\bar{N}} = -1,07 + 4,09S_{10} - 0,92S_{10}^2$	0,688	0,951

В пятой главе приводятся результаты изучения качества поверхности после шлифования врезанием рекомендуемым высокопористым кругом характеристики 24A 25 CMI IOK5 (см. главу 6) и

кругом нормальной пористости 24А 25 СМІ 6К5.

Изложена методика проведения экспериментального исследования. Контролируемыми показателями качества являлись микротвердость (прибор ПМТ-3), количество остаточного аустенита (дифрактометр "Дрон-2"), шероховатость поверхности (профилометр "Пертен"), наличие либо отсутствие прижогов (визуально).

Выявлено, что показатели качества шлифованной поверхности (микротвердость, содержание остаточного аустенита) в основном определяются величиной температуры в зоне резания при разных параметрах геометрии рельефа режущей поверхности круга, его характеристики и скорости заготовки.

При одинаковых режимах обработки высокопористый круг вышеуказанной характеристики позволяет вести процесс шлифования с лучшими показателями по микротвердости и количеству остаточного аустенита. Эти данные подтверждаются и микроструктурным анализом.

Производительность шлифования высокопористым кругом при условии обеспечения одинакового качества поверхности на уровне границы бесприжоговой зоны может быть увеличена в 1,5-2,0 раза по сравнению с кругом нормальной пористости.

При шлифовании с одинаковыми режимами шероховатость поверхности, обработанной высокопористым кругом в сравнении с обычным, больше на I-2 разряда. Выявлено, что для обеспечения необходимой шероховатости поверхности без ущерба для качества, последние I-2 прохода необходимо производить с меньшей скоростью заготовки (около 4 м/мин) и глубиной подачи (0-0,01 мм).

В шестой главе по результатам, приведенным в 4 и 5 главах, обосновывается выбор характеристики абразивного инструмента и режимов шлифования.

Выявлено, что с увеличением продольной скорости заготовки от 4 до 12 м/мин при постоянной производительности процесса наблюдается падение температуры и мощности в среднем в 1,5 раза. Дальнейшее увеличение скорости практически не изменяет теплового режима шлифования. Поэтому рекомендуется применять скорость заготовки 12 м/мин.

Анализ влияния окружной скорости круга на тепловой режим шлифования показывает, что при скоростях резания 18 и 27 м/с

температуры и мощности одинаковы. Увеличение скорости шлифования до 35 м/с повышает температуру и мощность. Поэтому рекомендуется применять скорость круга около 27 м/с.

Подача на глубину выбирается в зависимости от материала заготовки, условий обработки и требований к качеству шлифуемой поверхности.

Характеристика абразивного инструмента выбирается по двум показателям процесса шлифования: техническому (показатель шлифуемости - $\frac{Q_v}{N}$) и экономическому (затраты на снятие 1 см³ металла).

Себестоимость определялась по формуле:

$$C = \frac{C_p}{Q} + \frac{C_a}{Q_v} + (C_p \cdot T_n + C_a \cdot M_n) \frac{1}{T \cdot Q}, \text{ коп/см}^3 \quad (5)$$

где C_p - стоимость рабочей силы, коп/мин;
 C_a - стоимость единицы полезного объема круга, коп/см³;
 Q_v - удельный объемный съем без учета правки, см³/см³;
 T_n - время на правку круга, мин;
 M_n - расход круга на правку, см³;
 T - стойкость инструмента, мин;
 Q - интенсивность съема металла, см³/мин.

Расчет производился по данным полученным при врезном и многопроходном шлифовании при условии обеспечения одинакового качества обработанной поверхности.

Результаты выбора шлифовальных кругов по вышеуказанным показателям аналогичны.

В табл.2. приведены рекомендуемые характеристики высококопρισного абразивного инструмента и режимы шлифования.

В седьмой главе представлены результаты производственных испытаний и внедрения рекомендуемых характеристик абразивного инструмента. Для опробования в производственных условиях были выбраны операции, осуществление которых сопряжено с трудностями в связи с возможностью возникновения на обрабатываемых поверхностях прижогов и трещин. Материалами деталей являлись за-

Таблица 2.

Рекомендации по выбору характеристики высокопористого абразивного инструмента и режимов обработки трудношлифуемых закаленных сталей

Х а р а к т е р и с т и к а к р у г а		
Материал зерна		Электрокорунд белый
Размеры наполнителя		I,5-3,2 размера зерна
Структура		IO - II
При структуре больше I2		Уменьшать размер зерна
Р е ж и м ы ш л и ф о в а н и я		
Скорость круга, м/с		27
Скорость заготовки, м/мин	Предварительная обработка	I2
	Окончательная обработка	4
Глубина подачи, мм	Предварительная обработка	0,03 - 0,05
	Окончательная обработка	0 - 0,01

каленные инструментальные и конструкционные стали: P9K10, P9Ф5 P6M5, 25XГТ, ШХ-15. Было выявлено, что применение высокопористых кругов рекомендуемых характеристик улучшает показатели процесса шлифования: увеличивает общий ресурс абразивного инструмента и стойкость его между правками; при заданных режимах позволяет вести обработку без прижогов и трещин, что снижает брак.

Приведен пример расчета условной годовой экономической эффективности от внедрения в производство высокопористых кругов на операции шлифования винтовой канавки шариковой гайки узла гидроусилителя руля автомобиля ЗиЛ-130 при получении экономии по всем показателям и в сфере производства (за счет увеличения производительности труда, повышения общего ресурса абразивного инструмента, ликвидации брака по прижогам и трещинам) и в сфере потребления (за счет увеличения долговечности узла). Общий условный экономический эффект составляет 58741 руб/год.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ:

1. Разработана комплексная методика экспериментального исследования работоспособности высокопористого и обычного абразивного инструмента при шлифовании труднообрабатываемых закаленных сталей, предусматривающая:

а) изготовление и контроль шлифовальных кругов в лабораторных условиях абразивного цеха ЗИЛа;

б) исследование на плоскошлифовальном станке геометрии рельефа их режущей поверхности, температур и мощности шлифования, удельного объемного съема металла, качества поверхности;

в) опробование и внедрение рекомендаций в производство.

2. Разработаны и изготовлены устройства, позволяющие регистрировать параметры процесса шлифования и абразивного инструмента: температуру и мощность, геометрию рельефа режущей поверхности круга и его износ.

3. Изучение геометрии рельефа абразивного инструмента, выполненное с использованием вероятностно-статистических методов, выявило возможности регулирования геометрии рельефа режущей поверхности кругов за счет изменения их характеристики.

Для высокопористых и обычных кругов установлено следующее:

- марка применяемых легированных электрокорундов слабо влияет на геометрию рельефа;

- увеличение твердости и уменьшение зернистости вызывает увеличение относительной опорной длины профиля и уменьшение среднего шага между выступами;

- в процессе затупления круга основные изменения геометрии рельефа происходят на глубине до 30 мкм;

- применение порообразующего наполнителя при изготовлении кругов значительно расширяет пределы регулирования геометрии рельефа их режущей поверхности;

- распределение расстояний между выступами подчиняется логарифмически нормальному закону.

4. Наиболее благоприятными показателями (меньшими значениями относительной опорной длины профиля, средней длины отрезков выступов, доли двухвершинных и многовершинных выступов, большими средними расстояниями между выступами) обладают высокопористые круги с размерами порообразующего наполнителя равными

1,5 - 3,2 размера зерна 8 - I3 структуры.

5. Параметры геометрии рельефа шлифовальных кругов (относительная опорная длина профиля, средний шаг между выступами) и процесса шлифования (температура, мощность, удельный объемный сьем, показатель шлифуемости) связаны корреляционно.

Лучшими режущими свойствами по показателю шлифуемости обладают круги с меньшей относительной опорной длиной профиля и определенным средним шагом между выступами.

6. Микротвердость и количество остаточного аустенита шлифованной поверхности в основном зависят от температуры в зоне резания при разных значениях параметров геометрии рельефа режущей поверхности круга, его характеристики и скорости заготовки.

Применение высокопористого абразивного инструмента рекомендуемых характеристик позволяет в 1,5 - 2 раза поднять производительность при сохранении качества обработки.

7. Легированные электрокорунды (титанистый) позволяют получать положительный эффект при использовании в кругах нормальной пористости.

8. На основе обобщения экспериментальных данных разработаны рекомендации по выбору характеристики кругов и режимов при шлифовании труднообрабатываемых закаленных сталей.

9. В результате производственных испытаний установлено, что рекомендуемый высокопористый абразивный инструмент улучшает показатели процесса шлифования:

- увеличивает общий ресурс кругов и стойкость их между правками (до 50%);

- при заданных режимах обеспечивает обработку без прижогов и трещин;

- позволяет отказаться от применения импортного инструмента, используемого на ряде операций при изготовлении деталей автомобиля и в инструментальном производстве ЗИЛа.

10. Внедрение на ЗИЛе на ряде операций высокопористых кругов позволило получить подтвержденный общий экономический эффект на сумму 22764 руб/год (по данным за 1978 г.).

Условный годовой экономический эффект от внедрения высокопористых кругов только на операции шлифования шариковой гайки гидроусилителя руля на станках фирмы "Матрикс" /ФРГ/ при уче-

те экономии в сферах производства и эксплуатации составляет 58741 руб.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Ананьян Р.В. Сравнение работоспособности высокопористых и обычных кругов. IV научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов. НИИТавтопром, Зил. Тезисы докладов. М., 1976, 122-124 с.

2. Ананьян Р.В. Выбор характеристики высокопористых абразивных кругов. V научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов. НИИТавтопром, Зил. Тезисы докладов. М., 1977, 91-92 с.

3. Попов С.А., Ананьян Р.В. Эксплуатационные свойства высокопористых абразивных кругов. "Станки и инструмент", 1977, № 3, 22-23 с.

4. Попов С.А., Ананьян Р.В. Установки для исследования режущих свойств высокопористых шлифовальных кругов. М., НИИМАШ, Сб. "Абразивы", 1977, № 8, 4-6 с.

5. Попов С.А., Ананьян Р.В. О рельефе режущей поверхности высокопористых шлифовальных кругов. М., НИИМАШ, Сб. "Абразивы", 1976, № 6, 3-5 с.

6. Авторское свидетельство № 469582. Бюллетень № 17, 1975.

Л 77090 зил цкмл зак. 706 - 150 79 г.