

**ОДЕССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

На правах рукописи

**МЕЩАНИНЕЦ Анатолий Андреевич**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА  
ШЛКФОВАНИЯ ХРОМИРОВАННЫХ  
ПОКРЫТИЙ**

Специальность 05.02.08 —

**ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

Одесса 1992 г.

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00816146 (Q)

ОДЕССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ

На правах рукописи

МЕЩАНИНЕЦ АНАТОЛИЙ АНДРЕЕВИЧ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ  
ХРОМИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ

Специальность 05.02.08 – Технология машиностроения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Одесса, 1992

Работа выполнена на кафедре "Технология машиностроения"  
Одесского ордена Трудового Красного Знамени политехнического  
института и Хмельницким ПО "Термопластавтомат"

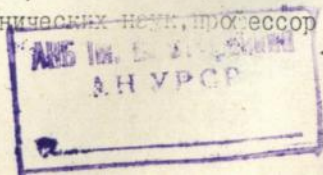
- Научный руководитель — Заслуженный деятель науки Украины,  
доктор технических наук,  
профессор Якимов А.В.
- Официальные оппоненты — Заслуженный деятель науки и техни-  
ки Украины, доктор технических наук,  
профессор Гавриш А.П.  
Кандидат технических наук, доцент  
Сазонов Н.П.
- Ведущее предприятие — Одесское ПО "Прессмаш"

Защита состоится "30" мая 1992 г. в 14<sup>00</sup> часов на  
заседании специализированного Совета К 068.19.02 по техническим  
наукам /машиноведение и детали машин, технология машиностроения/  
Одесского ордена Трудового Красного Знамени политехнического  
института /270044, г.Одесса, пр.Шевченко, I, ОПИ/.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОПИ.

Автореферат разослан "30" октября 1992 г.

Ученый секретарь специализированного Совета  
кандидат технических наук, профессор



М.С.Беллев

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В машиностроении одно из первых мест как технологический метод повышения износостойкости деталей, работающих в условиях трения, занимает электролитическое хромирование. Износостойкость хромированных деталей возрастает в 5-15 раз. Колонны, штоки и другие детали литевой машины подвергают покрытию путем электролитического осаждения слоя хрома на закаленную сталь подложки.

В большинстве случаев хромирование не обеспечивает получение заданных параметров без механической обработки. Это объясняется неравномерностью распределения хрома на поверхности детали, обусловленной низкой рассеивающей способностью хромового электролита.

Наиболее распространенным методом окончательной обработки хромированных заготовок является шлифование. При шлифовании возможно появление шлифовочных трещин и других дефектов, причины появления которых не исследованы. Поэтому задача, посвященная исследованию причин, порождающих появление шлифовочных трещин в основном материале подслоя и разработка рекомендаций по устранению этих дефектов, является актуальной.

Цель работы. Повышение эффективности процесса шлифования хромированных покрытий путем установления функциональных связей толщины хромовых покрытий и режимов шлифования с предельно-напряженным состоянием материалов изделия до и после шлифования и разработка рекомендаций по обеспечению требуемого качества изделий.

Методы исследования. Теоретические исследования проводили на базе научных основ технологии машиностроения, теплофизики, процесса резания, прикладной теории упругости и пластичности материалов.

Экспериментальные исследования процесса шлифования хромированных заготовок проводились сплошными и прерывистыми шлифовальными кругами на современных металлорежущих станках с использованием специальных приспособлений и необходимой контрольно-измерительной аппаратуры по схеме - предварительное шлифование осуществлялось абразивными кругами прямого профиля, а окончательное - путем доводочного шлифования торцами прерывистых алмазных чашечных кругов. Экспериментальные данные обрабатывались метода-

ми математической статистики.

Научная новизна. Получены аналитические выражения для расчета температуры в зоне контакта шлифовальных кругов и хромированных заготовок, на границе слоя хрома и подложки, а также в глубине основного металла, определены граничные температуры трещинообразования закаленных сталей подложек, что позволило вывести формулы для определения продольной подачи, при которой возникающие максимальные напряжения в подложке равны пределу прочности материала, при которых трещинообразование по технологическим причинам в подложке исключено. Даны рекомендации по выбору высокопроизводительных режимов прерывистого шлифования с учетом ограничений по температуре.

Практическая ценность. Разработан способ определения режимов шлифования хромовых покрытий, исключая дефекты в подложке при шлифовании сплошными и прерывистыми кругами, что позволяет управлять качеством шлифования хромированных изделий. Разработаны алгоритмы для выбора режимов шлифования в соответствии с изменением толщины хромированного слоя. Полученные зависимости дают возможность разработать графики для неавтоматизированного проектирования технологического процесса, а также для ввода в терминалы ЭВМ информации для автоматизированной разработки технологических процессов.

Реализация результатов исследования. Разработаны новые технологические процессы при шлифовании хромированных заготовок литейных машин, подобраны режимы шлифования и внедрены на ряде машиностроительных предприятий, что позволило повысить производительность в 1,2 раза, сократить до минимума возникновение дефектов в поверхностном слое и исключить трещинообразование в подложке по технологическим причинам.

Шлифование хромированных колонн литейной машины с рекомендованными режимами по результатам проведенных исследований в сочетании с обработкой бронзовых втулок методом одновременного дорнования и редуцирования пары "колонна-втулка" позволило повысить моторесурс узла запирающей литейной машины на 20%. Общий годовой экономический эффект от внедрения составил 312,8 тыс. руб. по расценкам 1990 года.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены на кафедре технологии машиностроения ОПМ /Одесса, 1991 -

-1992 г. Отдельные ее результаты обсуждены на совещании ВПО "СОЮЗКУЗМАШ" Минстанкопрома по качеству "Финишная обработка абразивно-алмазным инструментом хромированных деталей", г.Москва, 1987 г., заводской конференции по качеству при Хмельницком ПО "Термопластавтомат" с представителями заводов-потребителей литьевых машин "Увеличение ресурса узла запирания литьевых машин", г.Хмельницкий, 1988 г., научно-технической конференции в ГПТИ-КУЗМАШе "Прогрессивные методы обработки и автоматизации в станкостроительной промышленности", г.Воронеж, 1989 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 печатных работ, получено 2 авторских свидетельства.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и общих выводов, изложенных на 132 страницах машинописного текста, списка литературы, включающего 151 наименование, и приложений на 106 страницах. В работе имеется 59 рисунков и 61 таблица.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В введении рассмотрен вопрос актуальности исследования процесса шлифования хромовых покрытий, приведена аннотация работы.

В первой главе рассмотрено состояние вопроса по шлифованию хромированных заготовок и на базе литературных источников и заводского опыта исследованы причины шлифовочных дефектов в заготовках с хромовыми покрытиями и сформулированы задачи исследования.

В работах Михайлова А.А., Анельчика В.Д., Сазонова И.П. исследованы причины шлифовочных трещин в деталях с покрытиями.

Обзор работ, посвященных качеству деталей, с покрытиями при шлифовании показал, что в настоящее время аналитически не исследован процесс трещинообразования в основном металле хромированных заготовок.

Для управления процессом шлифования хромированных заготовок необходимо установить функциональную связь толщины хромового покрытия и температур на границе между хромированным слоем и подложкой с напряжениями, а также разработать рабочие циклы последовательного удаления слоя хрома с учетом теплонапряженности на указанной границе и разработать технологию черного и чистового шлифования. Концепцией для устранения трещин в подслое является

уменьшение температуры на границе "покрытие-подложка".

Во второй главе аналитически исследовали температурное поле в заготовке с хромовым покрытием, установили связь режимов шлифования, теплофизических характеристик хромового покрытия и подложки при определении максимальной температуры в зоне контакта при шлифовании абразивными кругами прямого профиля и торцом алмазного чашечного круга, исследованы силы резания и распределение температуры вглубь заготовки как в хромированном слое, так и в подложке.

Определение максимальной контактной температуры свели к решению одномерного дифференциального уравнения

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 \theta}{\partial \gamma^2} \quad (I)$$

при начальных и краевых условиях

$$\theta(\gamma, \tau) \Big|_{\tau=0} = \theta_0; \quad \theta(\gamma, \tau) \Big|_{\gamma=0} = \theta; \quad \frac{\partial \theta(\gamma, \tau)}{\partial \gamma} \Big|_{\gamma=\infty} = 0$$

где  $\theta_0$  - начальная температура заготовки, равная температуре среды;  $\theta$  - температура зоны контакта;  $\tau$  - время;  $a$  - коэффициент температуропроводности.

В результате решения дифференциального уравнения (I) с приведенными граничными условиями методом разделения переменных величин и после соответствующих подстановок значений количества теплоты, выделенной при шлифовании в единицу времени, интенсивности источника тепла, коэффициента доли тепла, идущего в заготовку, получили формулы для определения максимальной температуры в зоне контакта шлифовального круга и заготовки при шлифовании с охлаждением:

а) при шлифовании абразивным кругом прямого профиля

$$\theta_{max} = \frac{1,32 \cdot 10^{-2} P_z V_k \sqrt{\tau_c \lambda_k C_k \gamma_k V_k}}{\lambda_x C_x \gamma_x H V_a \sqrt{L} \left( 1 + \sqrt{\frac{\lambda_k C_k \gamma_k V_k}{\lambda_x C_x \gamma_x V_a}} \right)} \quad (2)$$

б) при шлифовании торцом алмазного чашечного круга

$$\theta_{\max} = \frac{41,8 \cdot 10^{-2} P_z \delta \sqrt{\tau_c}}{\sqrt{(R^2 - h^2)} \lambda_x C_x \gamma_x V_d L} \quad (3)$$

В формулах (2) и (3):  $P_z$  - главная составляющая силы резания, Н;  $V_k$  - окружная скорость шлифовального круга, м/с;  $\lambda_k$  и  $\lambda_x$  - коэффициенты теплопроводности материала абразивного круга и хрома Вт / (М·К);  $C_k$  и  $C_x$  - теплоемкость материала абразивного круга и хрома, кДж/К;  $\gamma_k$  и  $\gamma_x$  - плотность абразивного круга, м<sup>3</sup>;  $V_d$  - окружная скорость заготовки, м/мин;  $H$  - высота шлифовального круга, м;  $\delta$  - доля тепла, идущая в хромированную заготовку при шлифовании торцом алмазного чашечного круга;  $R$  - наружный радиус чашечного круга, м;  $h$  - расстояние между осями вращения заготовки и чашечного круга, м.

Обработка экспериментальных данных позволила вывести формулы для определения величин главной составляющей силы резания при шлифовании хромированных заготовок цилиндрической формы:

а) абразивным кругом прямого профиля 24A20HC16K5A

$$P_z = 28,44 V_d^{0,7} S_{np}^{0,7} t^{0,6}, \quad (4)$$

где  $S_{np}$  - продольная подача, мм/об;  $t$  - поперечная подача, мм/дв.ход.

б) торцом алмазного чашечного круга AC2I00/804FI

$$P_z = 3144 S_M^{0,33} V_d^{-0,1} V_k^{-0,72} S_{nop}^{0,3} \quad (5)$$

где  $S_M$  - скорость продольной подачи, м/мин;  $S_{nop}$  - поперечная подача, мм/дв.ход.

Получена формула для расчета распределения температур в глубинных слоях заготовки

$$\theta_{г\lambda} = \theta_{\max} \left[ 1 - \operatorname{erf} \left( \frac{r - r_1}{2\sqrt{\alpha_x \tau}} \right) \right] \left[ 1 - \operatorname{erf} \left( \frac{r - r_1'}{2\sqrt{\alpha_0 \tau}} \right) \right], \quad (6)$$

где  $erf(u)$  - функция ошибок;  $r$  - радиус заготовки после хромирования, м;  $r_1$  - радиус заготовки до хромирования, м;  $r'$  - радиус заготовки в глубине хромированного слоя, м;  $\alpha_x$  и  $\alpha_0$  - температуропроводности слоя хрома и основного металла, м<sup>2</sup>/мин;  $\tau$  - время, мин.

В третьей главе исследовались остаточные напряжения в хромированных заготовках, эффективная мощность и интенсивность съема хромового покрытия при шлифовании абразивными крутами прямого профиля и при доводочном шлифовании торцом алмазного чашечного круга, дана методика управления слоем припуска, установлены граничные температуры трещинообразования, аналитически исследованы напряжения в основном металле хромированной пластины до шлифования, определены деформации и напряжения в подложке при шлифовании, выведены формулы для определения оптимальных режимов шлифования хромированных заготовок абразивными и алмазными крутами, при которых исключается температурное трещинообразование, а также получены эмпирические формулы для определения качества (шероховатости и микротвердости) при шлифовании хромированных поверхностей.

Для определения остаточных напряжений в хромированной пластине до шлифования использовался известный метод плоского гибкого катода.

Проведенные исследования позволили установить, что величина остаточных напряжений уменьшается с увеличением толщины хромового покрытия.

Экспериментально установлена эффективная мощность, интенсивность съема хромового покрытия при различных режимах шлифования и стойкость шлифовальных крутов.

Управление слоем припуска при шлифовании хромированных заготовок проводилось путем разделения припуска на проходы шлифования с использованием численного метода расчета температурных полей. На каждом проходе шлифования задавались произвольным значением снимаемого припуска с расчетом максимального значения температуры граничной поверхности заготовки.

Установлено, что для стали 45 граничной температурой трещинообразования является 380°C, для стали 18ХГТ - 460°C, для стали 30ХГСА - 490°C, для стали 30ХГТ - 560°C и для стали 40Х - 620°C.

Полученные граничные температуры позволили исследовать соответствующие напряжения, возникающие в подложке, при которых возможно образование трещин. Теоретическое исследование напряжений проводили в хромированной пластине. Расчеты проводили в соответствии с теорией термоупругости и термопластичности. Приращение напряжений определяли от повышения температуры при шлифовании, и от приращения объемных и поверхностных сил. В результате получили суммарную формулу приращения напряжения  $d\hat{\sigma}_z$

$$d\hat{\sigma}_z = \left\{ (1-\rho)\hat{\sigma}_z + (1-\mu)[(1-\rho) + (1-\psi)]\hat{\sigma}_c + \frac{2}{B} \int_0^{\delta/2} (1-\rho)\hat{\sigma}_z + (1-2\mu)[(1-\rho) + (1-\psi)]\hat{\sigma}_c \right\} dx, \quad (7)$$

где

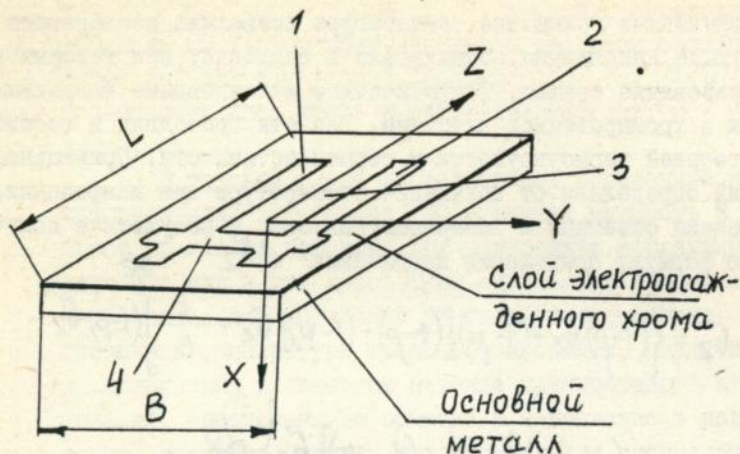
$$\rho = \frac{\hat{\sigma}_{окт.}}{\hat{\sigma}_c}; \quad \psi = \frac{\hat{\sigma}_c}{\hat{\sigma}_c}, \quad (8)$$

где  $\hat{\sigma}_c$  и  $\hat{\sigma}_{окт.}$  — напряжения в различных точках тела в начале расчетного отрезка времени;  $\hat{\sigma}$  и  $\hat{\sigma}_{окт.}$  — среднее и касательное октаэдрическое напряжения в конце расчетного отрезка времени от нагрева тела при шлифовании;  $B$  — ширина пластины (или ширина шлифования).

Для определения деформаций и напряжений в основном металле при шлифовании опытным путем использовали следующий метод.

На специальной пластине, на одной из сторон которой электролитическим путем осаждался хром, параллельно оси  $Z$  (см. рис.) в зоне шлифования прорезали две прорези 1 и 2 шириной 1 мм, которые образовали стержень 3, связанный с телом пластины по торцам. Третьей прорезью 4, перпендикулярной стержню, разрежали стержень 3 с целью высвобождения его конца. В процессе шлифования изменение ширины прорези 4 представляет разность между деформациями, вызванными внутренними силами от нагрева и напряжения оси стержня  $Z$  и свободной температурной деформации выделенного стержня.

Шлифовалась пластина со стороны хромированного слоя по всей ее ширине  $B$ , равной 30 мм. С противоположной стороны пластины на стержень 4 наклеили двухэлементную розетку тензметров типа МПБ-2-100 клеем циакрин, соединенную с преобразователем и усилителем модели ТОПАЗ-3.



1 - Прорезь; 2 - Прорезь; 3 - Стержень; 4 - Прорезь.

Тензометры устанавливали под углом друг к другу, близким  $90^\circ$ . Во время шлифования производились замеры контактной температуры в зоне шлифования при помощи термопары, вмонтированной в шлифовальный круг, а также замеры величин максимальных и минимальных деформаций. Весь процесс разбивался на отдельные периоды времени и находилось приращение деформаций  $d\varepsilon_z^{n+1}$ ,  $d\varepsilon_\gamma^{n+1}$ ,  $d\tilde{\varepsilon}^{n+1}$  на каждом интервале времени от  $n$  до  $(n + 1)$ . Напряжения, соответствующие граничным температурам трещинообразования в металле подложке из сталей 45, 18ХГТ, 30ХГСА, 30ХГТ и 40Х, определялись из уравнений.

$$\left. \begin{aligned} d\tilde{\sigma}_\gamma &= \frac{E}{1-\mu^2} (d\varepsilon_\gamma + \mu d\varepsilon_z) + \alpha \theta_r; \\ d\tilde{\sigma}_z &= \frac{E}{1-\mu^2} (d\varepsilon_z + \mu d\varepsilon_\gamma) + \alpha \theta_r; \\ d\tilde{\sigma}_\alpha &= \frac{E}{2(1+\mu)} d\tilde{\varepsilon}_\alpha, \end{aligned} \right\} (9)$$

где  $\tilde{\sigma}_\gamma, \tilde{\sigma}_z$  - напряжения в основном металле по осям  $\gamma$  и  $z$ ;

$E$  - модуль упругости первого рода основного металла;

$\varepsilon_\gamma, \varepsilon_z$  - полные деформации по осям  $\gamma$  и  $z$ ;  $\mu$  - коэффициент Пуассона;  $\alpha$  - температурный коэффициент линейного расширения основного металла;  $\theta_r$  - граничная температура между слоем хрома и основным металлом.

Результаты расчета напряжений приведены в таблице.

Таблица

Величины деформаций и напряжений при граничных температурах трещинообразования для различных сталей

Марка основ- ного метал- ла (под- ложки)	Пре- дел проч- ности ( $\sigma_B$ ) основ- ного метал- ла (МПа):	Гра- нич. темпе- ратур. трещи- нооб- разов. °C	Величина деформаций, соответствующ. гра- ничной температуре трещинообразования,		Величина напряжений, соответствующих гранич- ной температуре трещи- нообразования,		
			мм	мм	МПа	МПа	МПа
			$\epsilon_{max}$	$\epsilon_{min}$	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{max} \eta$
45	810	380	0,00281	0,00234	810,46	734,54	37,96
18ХГТ	981	460	0,00340	0,00284	981,23	890,77	45,23
30ХГСА	1035	490	0,00359	0,00300	1036,15	940,85	47,65
30ХГТ	1178	560	0,00408	0,00341	1177,0	1069,38	54,12
40Х	1276	620	0,00442	0,0369	1275,46	1151,54	58,96

Граничные температуры для сталей, применяемых в качестве подложки при хромировании, позволили определить максимальные режимы шлифования хромированных заготовок, обеспечивающих высокую производительность шлифования без образования трещин.

Выведены формулы, позволяющие определять скорость продольной подачи в зависимости от технологических параметров режима резания, остаточных напряжений в слое хрома, предела прочности стали подложки, а также теплофизических характеристик шлифовальных кругов, их размеров и размеров заготовок, исключая температурное трещинообразование. Эти формулы имеют следующий вид:

а) при шлифовании абразивным кругом прямого профиля

$$V_s \ll \frac{0,56 (\sigma_B - \sigma_0)^{1,43} H^{1,43} n_a (V_a^{0,95} + V_k^{0,95} \sqrt{\frac{\lambda_k C_k \gamma_k}{\lambda_x C_x \gamma_x}})^{1,43} \left( \frac{D_k d}{D_k + d} \right)^{0,36}}{V_a^{0,29} t^{0,86} V_k^{2,14} \frac{(\lambda_k C_k \gamma_k)^{0,71}}{(\lambda_x C_x \gamma_x)^{1,43}} \left[ 1 - \operatorname{erf} \left( \frac{n - n_1}{2 \sqrt{a_x t}} \right) \right]} \quad (10)$$

где  $\sigma_b$  – предел прочности стали подложки, МПа;  $\sigma_0$  – остаточные напряжения в слое хрома, МПа.

б) при шлифовании торцом алмазного чашечного круга

$$S_{M\kappa} \leq \frac{1,49 \cdot 10^{-15} (\sigma_b - \sigma_0)^3 \left[ \sqrt{(R^2 - h^2)} \lambda \times C_x \gamma \times D_{cp} \arcsin \frac{\sqrt{d_{Snop}}}{R_{cp}} \right]^3}{V_a^{-1,8} V_k^{0,84} S_{nop}^{0,99} \delta^3 \bar{k}^{-1,5} \left[ 1 - \operatorname{erf} \left( \frac{r - r_1}{2\sqrt{a \times t}} \right) \right]} \quad (II)$$

где  $D_{cp}$  – средний диаметр алмазного чашечного круга, мм;  
 $R_{cp}$  – средний радиус алмазного чашечного круга, мм.

Качество шлифованных поверхностей хромированных заготовок оценивали по состоянию шероховатости и микротвердости, а также по наличию трещин в металле подложке. Наличие трещин определяли методом магнитной дефектоскопии, а после расхромирования заготовок – методом цветной дефектоскопии.

В четвертой главе установлены функциональные связи основных технологических параметров процесса прерывистого шлифования хромированных заготовок, как наиболее эффективного способа шлифования. Для разработки аналитически обоснованных принципов выбора оптимальных условий управления режущей способностью прерывистых кругов изучен характер изменения скорости износа зерен и связки в зависимости от толщины среза и нагрузки, действующей на максимальной выступающее зерно. Установлена функциональная связь износа зерен с предельно-допустимой толщиной среза. Максимальная (приведенная) толщина среза равна

$$H_{max} = \sqrt{\frac{6,81 \sigma' V_a' (1 + \frac{l_2}{l_1}) (1 - \eta)^2}{\operatorname{tg} \gamma \bar{k} V_k (1 + \eta)}} \quad (12)$$

где  $\sigma'$  – высота наиболее выступающего зерна над уровнем связки круга, мм;  $V_k$  и  $V_a$  – скорость круга и заготовки, м/мин;  $l_2$  и  $l_1$  – длина впадины и режущего выступа, мм.

$$\eta = \gamma_a / \gamma,$$

где  $Y_a$  - координата вершины изношенного максимально выступающего зерна, мм;  $Y$  - уровень максимального заглубления радиально движущейся плоскости в рабочую поверхность, мм;  $\gamma$  - передний угол зерна, град.;  $K$  - поверхностная концентрация зерен на рабочей поверхности, шт/мм<sup>2</sup>.

Аналитически установлена формула для определения главной составляющей силы резания

$$P_z = \frac{2,64 AB V_d \left(1 + \frac{l_z}{l_1}\right) t}{(3-n)(6-n) V_k} \left[ \frac{m V_k P^2}{630 \pi \text{tg} \gamma \bar{x}^3 V_d \left(1 + \frac{l_z}{l_1}\right) A^2 V_t P} \right]^{\frac{\eta}{2n-1}}, \quad (13)$$

где  $A$  - параметр, определяющий прочностные свойства обрабатываемого материала, Н/мм<sup>2</sup>;  $B$  - ширина плоскости шлифования (дуга), мм;  $t$  - глубина шлифования, мм;  $m$  - объемная концентрация зерен в процентах;  $V_k$  - окружная скорость шлифовального круга, м/с;  $P$  - предельная нагрузка, действующая на максимально выступающее зерно, Н;  $n$  - параметр, характеризующий стружкообразование (определяется экспериментально и равен 0,5...2,0);  $\gamma$  - передний угол зерна, град.;  $\bar{x}$  - зернистость круга;  $V_d$  - окружная скорость заготовки, м/мин;  $\rho$  - плотность обрабатываемого материала, кг/м<sup>3</sup>.

За счет изменения параметра  $P$  можно в широких пределах изменять главную составляющую силы резания  $P_z$ .

Полученные расчетные значения  $P_z$  и  $R_a$  позволяют расчетно-экспериментальным путем определить параметры  $P$  и  $A$ , используя экспериментальные данные по силам резания  $P_z$  и шероховатости поверхности  $R_a$ .

Уравнение для расчета температуры в зоне шлифования имеет вид

$$\theta = 5,76 \cdot 10^{-1} \frac{P}{t^{0,875} c \rho \mu^{z+H} \rho^{0,5} \left(1 + \frac{l_z}{l_1}\right)^{0,5}} \left( \frac{m V_k}{\text{tg} \gamma \bar{x}^3 V_d} \right) \left( \frac{P}{A} \right)^2 \times \\ \times c \frac{e^{k_1 V_d}}{100} K_2 \left[ \int_{z-H}^{\infty} \exp(-\varphi) K_0 \sqrt{x^2 + \varphi^2} d\varphi - \right. \\ \left. - \beta \int_{z-H}^{\infty} \exp(\rho x - \varphi) \int_0^{\infty} \exp(-\beta x) K_0 \sqrt{x^2 + \varphi^2} dx d\varphi. \quad (14)$$

Определена также величина затылования режущего выступа и угла атаки фронтальной поверхности.

Обеспечение расчетной величины затылования приводит к тому, что все режущие зерна на режущем выступе будут принимать участие в резании. Произведены расчеты скорости погружения зерен в металл, которая является важным критерием подобия, характеризующим физические процессы, происходящие в зоне работы каждого зерна.

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Установлено, что процессы наружного круглого шлифования термообработанных и хромированных заготовок абразивными кругами прямого профиля и доводочного шлифования алмазными чашечными кругами обладают рядом особенностей, зависящим не только от электролитического хрома, но и от основного металла. Эти особенности и прочностные параметры оказывают серьезное влияние на составляющие силы резания при шлифовании, мгновенную контактную температуру, возникающую в процессе шлифования, деформации и напряжения, шероховатость и микротвердость шлифованных поверхностей.

2. Доказано, что электролитически осажденный слой хрома удовлетворительно обрабатывается абразивными кругами из электрокорунда белого и нормального зернистостью I6 - 20 со степенями твердости C1-C2. Для доводочного шлифования хромированных заготовок торцом алмазного чашечного круга рекомендуется применять прерывистые алмазные круги формы I2M2, AC4I60/I25 I00 IП. Перспективной является обработка прерывистыми эльборовыми кругами, например, эльборовыми кругами ЛОЛВ100КС2307.

3. Установлены аналитические зависимости для расчета режимов шлифования хромированных заготовок, при которых не появляются шлифовочные трещины в основном металле.

4. Установлены предельные граничные температуры и напряжения трещинообразования в зависимости от режимов резания и позволившие построить номограммы граничных кривых, которые отделяют зоны бездефектной обработки от зон, где трещинообразование возможно, и ввести данные в терминалы ЭВМ для механизированных расчетов по оптимизации процесса шлифования.

5. Полученные положительные результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса шлифования хромированных заготовок по схеме "предварительное шлифование осуществляется аб-

разивными кругами прямого профиля, а окончательное — путем доводочного шлифования торцом прерывистого алмазного чашечного круга" рекомендуется для практического применения на машиностроительных заводах в качестве руководящего материала по разработке технологических процессов обработки хромированных заготовок методом шлифования.

6. Установлены аналитические зависимости для расчета величины затыловки выступов прерывистых кругов, главной составляющей силы резания, шероховатости и проведена оптимизация условий прерывистого шлифования, позволившая рекомендовать их для высокопроизводительной обработки методом шлифования при обеспечении качества хромированных заготовок.

7. Получена математическая модель процессов наружного круглого шлифования абразивными кругами прямого профиля и доводочного шлифования, торцом алмазного чашечного круга при прерывистом шлифовании для вывода по определению режимов шлифования хромированных заготовок с достижением нужной шероховатости и определения микротвердости шлифованной поверхности в зависимости от исходной поверхности и режимов обработки.

8. По результатам проведенных исследований разработаны руководящие технические материалы для отрасли.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. АС.І650380 СССР В24 В1/І00 Способ шлифования хромированных цилиндрических заготовок / Мещанинец А.А. (СССР) — № 46ІІ444/08. Заявлено І0.І0.88. Опубл. 23.05.9І.Бюл. № І8 // Открытия. Изобретения. — І99І. № І9. с. 8І.

2. Мещанинец А.А. Оптимизация процесса шлифования хромированных деталей // Тюменский межотраслевой территориальный центр научно-технической информации и пропаганды / Информационный листок № 24 — 8І 0 научно-техническом достижении. Тюмень. І98І. Серия 46.05.05. — 05. Уч.изд.л.

3. Мещанинец А.А. Выбор режимов шлифования закаленных и хромированных цилиндрических деталей // Технология и организация производства. Украинское республиканское правление НТО МАШПРОМ. Киев. І982. № 4. — с. 32 — 33.

4. Мещанинец А.А. Определение оптимальных режимов

АН УРСР

шлифования цилиндрических хромированных деталей /НИИМАШ, Экспресс - Информация. Абразивы.М.,1982.Вып.8. - с. 4 - 6.

5. Мещанинец А.А. Производительность процесса шлифования хромированных цилиндрических деталей // Технология,оборудования, организация и экономика машиностроительного производства / Минстанкопром.ВНИИТЭР.Отечественный опыт. Экспресс-Информация. Режущие инструменты. М.,1986. Серия 2. Вып.8. - с.10-13.

6. Мещанинец А.А. Увеличение нормативного ресурса пресового узла // Станки и инструмент. М.,1981, № 3. - с.30-31.

7. Мещанинец А.А. Исследование сил резания при доводочном шлифовании цилиндрических хромированных деталей // Алмазы и сверхтвердые материалы / Минстанкопром, НИИМАШ.М.,1982. Вып. 10. - с. 7-8.

8. Мещанинец А.А. Изучение алмазного доводочного шлифования цилиндрических хромированных деталей // Сверхтвердые материалы. Академия наук УССР. Наукова Думка. Киев,1986.№ 2(41) - с. 51 - 53.

9. Мещанинец А.А. Качество обработанных поверхностей при доводочном шлифовании хромированных деталей // Технология и организация производства / УкрНИИТИ Госплана УССР.Киев.1985. № 1. Библиограф.5 наим.1985 - II<sub>С</sub>. № 1550 Ук. - 84 Деп.

10. Мещанинец А.А. Способ шлифования хромированных цилиндрических заготовок торцом чашечного алмазного круга.Заявка № 4795748/08/022807.Приоритет от 23.02.90г.Решением патентной экспертизы ВНИИПЭ признана изобретением от 29.05.1991г.

104X 114



Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page. The text is too light to transcribe accurately.

44





467342

AB 25.760