

05.02.08

6

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ЧЕЛЯБИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
им. ЛЕНИНСКОГО КОМСОМОЛА

На правах рукописи

РАЙТ Вальтер Вильгельмович

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ПЛОСКОГО ТОРЦОВОГО
ШЛИФОВАНИЯ КРУГАМИ НА БАКЕЛИТОВОЙ СВЯЗКЕ

Специальность 05.02.08 - "Технология машиностроения"

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск - 1981

ЧПИ

Работа выполнена в Уральском филиале Всесоюзного научно-исследовательского института абразивов и шлифования и на кафедре "Технология машиностроения" Челябинского политехнического института имени Ленинского комсомола.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
Корчак С.Н.

Официальные оппоненты- доктор технических наук, профессор
КОРОЛЕВ А.В.,
кандидат технических наук
МУБАРАКШИН Р.М.

Ведущее предприятие - Московское производственное
объединение автоматических линий
имени 50-летия СССР.

Защита диссертации состоится 26 июня 1981 года, в 14 часов,
на заседании Специализированного совета К053.13.01 Челябинского
политехнического института имени Ленинского комсомола, по адресу:
454044, г. Челябинск, пр-т им. В.И. Ленина, 76.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Челябинского
политехнического института.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенных
печатью, просим выслать по указанному адресу.

Автореферат разослан " _____ " _____ 1981 г.

Ученый секретарь
Специализированного совета,
кандидат технических
наук, доцент



В.М. МЕНЬШАКОВ



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Повышение качества деталей машин при максимальной производительности их изготовления определяет, в конечном счете, эффективность технологических процессов в машиностроении.

В последнее десятилетие в машиностроении (особенно на предприятиях с крупносерийным и массовым производством) получает развитие высокопроизводительный вид шлифования - шлифование плоских поверхностей деталей торцом круга. Ввиду большой площади и длительности контакта круга с деталью, этот вид шлифования характеризуется высокой теплонпряженностью, что является определяющим фактором при формировании физико-механических свойств обработанных поверхностей.

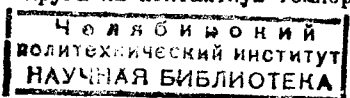
Необходимость обеспечения заданного качества поверхностного слоя часто заставляет ограничивать режимы шлифования, что прямым образом отражается на производительности обработки.

Достижения последних лет в области снижения теплонпряженности процессов шлифования не решают в полной мере проблемы высокопроизводительного бездефектного шлифования торцом круга. Так, наиболее эффективным способом снижения теплонпряженности процесса является применение высокопористых шлифовальных кругов, которые используются на операциях шлифования периферией круга на керамической связке.

В области торцового шлифования с применением высокопористых кругов на бакелитовой связке пока не было исследований, а прямое использование здесь рекомендаций, предназначенных для шлифования периферией круга, невозможно, в силу особенностей этого вида абразивной обработки. Высокопористые круги на бакелитовой связке для торцешлифования до настоящего времени абразивной промышленностью не выпускались.

В связи с изложенным, задачи создания практических рекомендаций по изготовлению и применению высокопористых шлифовальных кругов на бакелитовой связке, основанных на комплексном исследовании показателей процесса плоского торцового шлифования, с учетом основных технологических факторов этого процесса, являются актуальными.

Цель работы состоит в том, чтобы на основе исследований влияния структуры высокопористого круга на контактную температуру



и другие показатели процесса плоского торцевого шлифования разработать методику расчета структуры круга и режимов шлифования по заданным технологическим условиям, применение которой позволит повысить производительность и качество обработки.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие основные задачи.

1. Разработка способа изготовления высокопористых шлифовальных кругов на бакелитовой связке.

2. Построение на базе теории теплопроводности температурной задачи применительно к плоскому торцевому шлифованию и вывод ее численного решения с использованием структуры круга в качестве управляемого параметра.

3. Разработка инженерной методики определения структуры круга по условиям шлифования и температурному критерию.

4. Промышленные испытания и внедрение результатов исследований.

Общая методика исследований. Для достижения поставленной цели в данной работе принят аналитически-экспериментальный метод, применяемый обычно при решении прикладных задач в технике. На базе теоретического анализа температуры в зоне контакта круга с деталью построена тепловая математическая модель процесса плоского торцевого шлифования, учитывающая все основные факторы процесса, включая новый фактор (ранее не учитываемый) - структуру шлифовального круга.

Создание способа изготовления высокопористых шлифовальных кругов на бакелитовой связке и комплексное исследование их физико-механических и эксплуатационных свойств с получением уравнений регрессии, отражающих количественную связь входных параметров (структуры круга, режимов и прочих условий шлифования) с выходными (силы резания, износ круга, шероховатость обработанной поверхности и др.) позволили на базе теории теплопроводности получить численное решение температурной задачи.

Используя численное решение температурной задачи и полученные зависимости показателей процесса торцевого шлифования, которые выступают в качестве технологических ограничений, построена методика расчета оптимальных условий процесса плоского торцевого шлифования деталей из стали ШХ15.

Научная новизна. 1. Впервые предложена тепловая математическая модель процесса плоского торцевого шлифования и выведено численное решение температурной задачи, учитывающее все основные факторы процесса, в том числе - параметры структуры круга.

2. Исследованы и представлены в виде уравнений регрессии зависимости основных технологических показателей процесса плоского торцевого шлифования высокопористыми кругами на бакелитовой связке от параметров режимов шлифования и структуры круга.

3. На основе численного решения температурной задачи, выведенного на базе теории теплопроводности, и полученных эмпирических зависимостей физико-механических и эксплуатационных свойств высокопористых кругов от их структуры, разработана методика расчета структуры круга и режимов бесприжогового шлифования стали ШХ15 по температурному критерию и технологическим условиям плоского торцевого шлифования.

Практическая ценность. Разработан способ изготовления высокопористых шлифовальных кругов на бакелитовой связке (а.с. № 686863), по которому часть шлифматериала в рецептуре (до 30%) заменяется порообразователем, в результате чего сокращается расход абразивных материалов при изготовлении абразивного инструмента.

Разработанный способ определения структуры абразивного инструмента без нарушения его целостности (положительное решение ВНИИГПЗ по заявке № 26730II от 16.10.78) позволяет контролировать и определять структуру круга при его изготовлении и эксплуатации.

Применение высокопористых шлифовальных кругов по разработанной методике оптимизации технологических параметров процесса позволяет повысить производительность бесприжогового шлифования деталей из стали ШХ15 до 2-х раз.

Реализация работы. Технология изготовления высокопористых кругов на бакелитовой связке для торцешлифования внедрена на Златоустовском опытном абразивном заводе. Опытные и промышленные партии высокопористых кругов прошли испытания в производственных условиях ряда машиностроительных предприятий (ГПЗ-1, ГПЗ-3, ГПЗ-18, Авто-ВАЗ и МосЗАЛ) и рекомендованы к промышленному применению.

Процессы шлифования торцов колец подшипников высокопористыми

крутами, внедренные на ГПЗ-1 и МосЗАЛ, экспонировались в составе автоматического комплекса в 1977 г. на ВДНХ СССР; разработчик удостоен медали выставки.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались на Всесоюзной научно-технической конференции "Пути повышения производительности, качества и эффективности процессов абразивной, алмазной и эльборной обработки в машиностроении" (г. Москва, 1976 г.), на 5-й Всесоюзной конференции "Теплофизика технологических процессов" (г. Волгоград, 1980 г.) и на зональном научно-исследовательском семинаре "Современный абразивный инструмент и методы повышения эффективности процессов шлифования" (г. Челябинск, 1980 г.).

Диссертация в целом докладывалась и обсуждалась на заседании научно-технического совета УралВНИИАШ и на заседании кафедры "Технология машиностроения" Челябинского политехнического института имени Ленинского комсомола (ноябрь-декабрь, 1980 г.).

Публикация. По материалам диссертации опубликовано 10 работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, семи глав, общих выводов, приложений и списка литературы. Работа изложена на 125 страницах машинописного текста, содержит 49 рисунков, 22 таблицы, список литературы из 190 наименований и приложения на 36 страницах. Общий объем работы - 235 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Большое многообразие применяемых схем и наладок при торцешлифовании, выявленное в результате изучения свыше 100 операций на 30-ти машиностроительных предприятиях, по способу базирования детали можно объединить в два типа:

- двустороннее шлифование без закрепления детали в приспособлении с совмещенными базовыми и обрабатываемыми поверхностями;
- одно- или двустороннее шлифование с жестким закреплением детали в приспособлении по базовым поверхностям.

При шлифовании по второй схеме деталь, закрепленная в приспособлении, лишена свободы перемещения под действием сил резания (как по первой схеме) и опасность прижогов здесь выше. Поэтому при торцешлифовании с закреплением детали в приспособлении используют обычно более мягкие круги и низкие режимы.

Основные особенности плоского торцового шлифования – большая площадь и длительность контакта круга с деталью, неблагоприятные условия подачи СОЖ и удаления стружки из зоны контакта. Эти особенности и обуславливают основной отличительный признак торцового шлифования, заключающийся в высокой интенсивности и теплонапряженности процесса, что является причиной возникновения шлифовочных дефектов (прижогов и трещин) на деталях.

В технике известен ряд способов снижения теплонапряженности шлифования: вымачивание бакелитовых кругов в содовом растворе для снижения их твердости, применение усовершенствованных составов СОЖ и способов их подачи в зону резания, применение кругов с прерывистой рабочей поверхностью, применение сборных кольцевых ступенчатых кругов и другие.

Каждый из перечисленных способов снижения теплонапряженности процесса торцового шлифования может быть использован с учетом конкретных условий процесса, но ни один из них не нашел широкого промышленного применения по причинам либо сложности реализации и управления процессом, либо по причинам возникновения побочных отрицательных явлений (снижение стойкости абразивного инструмента, снижение точности шлифования, вибрации и др.).

Эффективным способом снижения температуры шлифования является применение высокопористых шлифовальных кругов. Однако обширный исследовательский материал о шлифовании высокопористыми кругами относится исключительно к кругам на керамической связке при шлифовании периферией круга. Полное отсутствие в технической литературе сведений о торцовом шлифовании высокопористыми кругами объясняется отсутствием экономических способов их изготовления.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ПРЕДПОСЫЛКА

Температура в поверхностном слое шлифуемой детали формируется в результате последовательного наложения тепловых импульсов от отдельных абразивных зерен, действующих через определенный временной интервал. Если допустить, что в круге обычной структуры абразивные зерна расположены на равном расстоянии друг от друга и плотность теплового потока от действия каждого источника одинакова, то температуру в поверхностном слое детали можно рассчитать по известному выражению в критериальной (безразмерной) форме:

$$\theta = \sum_{k=0}^{n-1} \sqrt{\beta-k} \operatorname{erfc} \frac{\delta}{\sqrt{\beta-k}} H(\beta-k) - \sqrt{\beta-\alpha-k} \operatorname{erfc} \frac{\delta}{\sqrt{\beta-\alpha-k}} H(\beta-\alpha-k). \quad (I)$$

Здесь $\alpha = \frac{t}{T}$ - безразмерное время импульса;

$\delta = \frac{y}{\sqrt{4aT}}$ - безразмерная глубина;

$\beta = \frac{\tau}{T}$ - безразмерное текущее время;

$\theta = \frac{U\lambda}{2\sqrt{a\tau}}$ - безразмерная температура;

$H(z) \begin{cases} 0, & z < 0 \\ 1, & z \geq 0 \end{cases}$ - функция Хевисайда.

Для расчета температурного поля при шлифовании высокопористым кругом, на рабочей поверхности которого блоки равномерно распределенных абразивных зерен чередуются с крупными искусственными порами, можно использовать выражение (I), приняв за тепловой источник действие не отдельных абразивных зерен, а блоков зерен, скрепленных связкой. На рис. I представлены температурно-временные кривые "ощущений" в точке, лежащей на поверхности детали, при шлифовании кругом обычной структуры (кривая 1) и высокопористым кругом (кривая 2).

Величина (протяженность) режущих блоков зерен прямым образом связана с объемным содержанием шлифматериала в круге ($\sqrt{3}$). Кроме того, при шлифовании с самозатачиванием высокопористого круга величина режущего блока зависит от прочности удержания абразивных зерен в блоке, которая, в свою очередь, зависит от количества связки в единице объема круга.

Степень охлаждения элементарного участка на поверхности детали после прохождения через него очередного режущего блока зависит от промежутка времени между действием соседних тепловых источников, а также условий теплоотдачи в охлаждающую среду и теплофизических свойств обрабатываемого материала. Временная протяженность паузы между действиями отдельных режущих блоков и число этих пауз прямым образом связаны с размером и количеством пор в круге (\sqrt{n}).

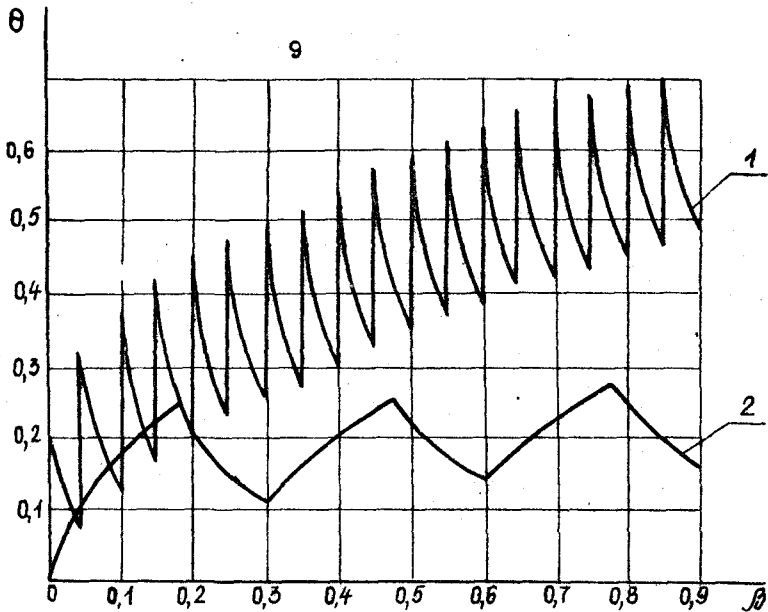


Рис. 1. Температура θ в функции времени β (безразмерные критерии) при шлифовании кругом обычной структуры (кривая 1) и высокопористым кругом (кривая 2).

Тепловую модель процесса шлифования можно представить в самом общем виде как функцию

$$T(x, y, z, \tau) = F(A, B, C, D, E),$$

где $T(x, y, z, \tau)$ - температура детали в точке с координатами x, y, z в момент времени τ ;

- A - параметры детали (геометрические и теплофизические);
- B - температурные условия (начальные и граничные);
- C - параметры режимов шлифования;
- D - геометрические параметры круга;
- E - параметры структуры круга.

Таким образом, при определенных условиях шлифования теплонапряженность процесса определяется соотношением объемного содержания зерна (V_3), связи (V_c) и пор (V_n), т.е. структурой шлифовального круга.

Разработка способа изготовления высокопористого шлифовального круга с управляемой в широком диапазоне структурой и введение параметров структуры круга в тепловую математическую модель позволяют управлять теплонапряженностью процесса шлифования в широких пределах. Задаваясь температурным критерием и прочими исходными параметрами процесса, можно определять и назначать структуру круга для бездефектного (бесприжогового) шлифования.

2. СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ВЫСОКОПОРИСТЫХ КРУГОВ НА БАКЕЛИТОВОЙ СВЯЗКЕ

Сущность способа изготовления высокопористого шлифовального круга заключается в том, что определенная часть абразивных зерен в круге при приготовлении абразивно-бакелитовой смеси для формования изделия заменяется порообразователем. В качестве порообразователя используются гранулы хлористого калия размером от 200 до 1000 мкм (а.с. 686863), которые в процессе шлифования с охлаждающей жидкостью легко растворяются в СОЖ, образуя дополнительные поры на рабочей поверхности круга.

С использованием математического планирования эксперимента определены основные физико-механические свойства высокопористых кругов в зависимости от структуры: объемного содержания шлифматериала (V_3), связи (V_c) и пор (V_n). Полученные зависимости твердости (h), прочности при растяжении (b_b), скорости прохождения ультразвуковых импульсов (C) и плотности абразивных изделий (γ) от их структуры аппроксимированы степенными функциями:

$$h = 3150 V_3^{-0,45} V_c^{-1,53}; \quad (2)$$

$$b_b = 7532 V_3^{0,75} V_c^{1,16}; \quad (3)$$

$$C = 206,4 V_3^{0,35} V_c^{0,40}; \quad (4)$$

$$\gamma = 0,477 V_3^{0,32} V_c^{0,08}. \quad (5)$$

II

Допустимая рабочая скорость круга по условию его прочности с учетом коэффициента запаса прочности $[n_6] = 3,4$

$$[v] = \frac{3,72 V_3^{0,22} V_c^{0,54}}{\sqrt{1 + \frac{z_{кр}}{R_{кр}} + \left(\frac{z_{кр}}{R_{кр}}\right)^2}}, \quad (6)$$

где $R_{кр}$ и $z_{кр}$ - наружный радиус и радиус отверстия круга, соответственно.

На основании проведенных исследований зависимостей физико-механических свойств шлифовальных кругов от их структуры разработан новый способ определения структуры абразивного инструмента (заявка на изобретение № 26730II с положительным решением ВНИИПЭ от 28.05.79).

Сущность способа основана на использовании известных зависимостей каких-либо (по крайней мере двух) физико-механических свойств от структуры абразивного инструмента. Структура круга определяется решением системы двух уравнений, например,

$$\begin{cases} h = 3150 V_3^{-0,45} V_c^{-1,53} \\ c = 206,4 V_3^{0,35} V_c^{0,40} \end{cases} \quad (7)$$

Подставив в выражение (7) полученные путем измерений значения h и c , получаем значения параметров структуры: объемное содержание шлифматериала V_3 , связки V_c и пор $V_n = 100 - (V_3 + V_c)$, %.

Создание новых способов изготовления высокопористых кругов в сочетании со способом определения их структуры позволяет проектировать структуру абразивного инструмента с заданными свойствами

3. ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАДАЧИ

Учитывая наиболее существенные признаки процесса плоского торцового шлифования высокопористыми кругами с регулируемой структурой и вводя определенные допущения, тепловую задачу можно сформулировать следующим образом.

На поверхность полубесконечного тела, имеющего равную во всех точках начальную температуру, одновременно действуют два типа источников: тепловой источник $\mathcal{J}q$ - результат механического взаимодействия круга с деталью и температурный сток $\mathcal{J}T$ - результат действия охлаждающей среды, находящейся в порах круга. На бесконечном удалении от поверхности тела тепловой поток равен нулю, а температура T_0 постоянна.

Математическая интерпретация сформулированной задачи есть уравнение теплопроводности с краевыми условиями. Ввиду того, что глубина прогреваемого слоя детали намного меньше ширины детали, тепловая задача сводится к решению дифференциального уравнения теплопроводности с одномерным потоком

$$\frac{\partial T(y, \tau)}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 T(y, \tau)}{\partial y^2} a,$$

при краевых условиях

$$T(y, 0) = T_0, \quad (8)$$

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial y}(+0, \tau) = \alpha(\tau) \left[T(-0, \tau) - T(+0, \tau) + \frac{q(\tau)}{\alpha(\tau)} \right],$$

$$T(\infty, \tau) = T_0, \quad \frac{\partial T(\infty, \tau)}{\partial y} = 0.$$

Решая задачу (8) методом функции Грина, получаем общий вид решения температурной задачи:

$$T(y, \tau) = T_0 + \left(T_{охл} - T_0 + \frac{q}{\alpha} \right) \left[\operatorname{erfc} \frac{y}{\sqrt{4a\tau}} - \operatorname{erfc} \frac{y}{\sqrt{4a\tau}} + \frac{\alpha}{\lambda} \sqrt{a\tau} \exp\left(\frac{\alpha y}{\lambda} + \frac{\alpha^2 a \tau}{\lambda^2} \right) \right]. \quad (9)$$

Для численного решения выражения (9) плотность теплового потока q и коэффициент теплоотдачи α необходимо представить в виде функций от параметров режимов шлифования, структуры круга и других условий шлифования.

Плотность теплового потока рассчитывается через тангенциальную силу резания P_z , которая определена экспериментально в зависимости от режимов шлифования стали ШХ15 и структуры круга.

$$q = \frac{8,06}{R_{кр} - z_{кр}} V_3^{0,87} V_c^{1,4} v_{кр,п}^{0,6} (t_g v_g v_g)^{0,5} \frac{R_{кр} + z_{кр}}{2 R_{кр}} \quad (10)$$

Зависимость коэффициента теплоотдачи в СОЖ, находящейся в порах, от структуры круга представлено выражением

$$\alpha = 3,1 \cdot 10^{10} V_3^{-3,59} V_c^{-1,65} \quad (11)$$

Подставив (10) и (11) в (9) с учетом

$$\tau = \frac{R_{кр} - z_{кр}}{2 v_g}, \quad (12)$$

получаем температурную математическую модель процесса плоского торцового шлифования, выраженную через исходные и управляемые параметры реального процесса:

$$T(y) = T_0 + \left[T_{охл} - T_0 + \frac{2,6}{(R_{кр} - z_{кр}) 10^{10}} V_3^{4,46} V_c^{3,05} (t_g v_g v_g)^{0,5} \times \right. \\ \left. \times v_{кр,п}^{0,6} \frac{R_{кр} + z_{кр}}{2 R_{кр}} \right] \left\{ \operatorname{erfc} \frac{y}{\sqrt{4a \frac{R_{кр} - z_{кр}}{2 v_g}}} - \operatorname{erfc} \left(\frac{y}{\sqrt{4a \frac{R_{кр} - z_{кр}}{2 v_g}}} + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{3,1 \cdot 10^{10} \sqrt{a \frac{R_{кр} - z_{кр}}{2 v_g}}}{\lambda V_3^{3,59} V_c^{1,65}} \right) \exp \left[\frac{3,1 \cdot 10^{10} y}{\lambda V_3^{3,59} V_c^{1,65}} + \left(\frac{3,1 \cdot 10^{10}}{\lambda V_3^{3,59} V_c^{1,65}} \right)^2 \right. \right. \\ \left. \left. \times \frac{R_{кр} - z_{кр}}{2 R_{кр}} \right] \right\}. \quad (13)$$

Если пренебречь теплоотдачей в СОЖ, а также принять $y = 0$ и $T_0 = 0$, то выражение (13) существенно упрощается и становится вполне пригодным для практических расчетов:

$$T(y=0) = \frac{8,06 (R_{кр} - z_{кр})}{(R_{кр} - z_{кр}) \lambda R_{кр}} \sqrt{\frac{a (R_{кр} - z_{кр})}{2 \pi v_g}} V_3^{0,87} V_c^{1,4} Q_g^{0,5} v_{кр,п}^{0,6}, \quad (14)$$

где λ, a - коэффициенты теплопроводности и температуропроводности материала детали;

$R_{кр}, z_{кр}$ - наружный и внутренний радиусы круга, м;

$U_{кр.п}$ - скорость круга на периферии, м/с;

U_g - скорость детали, м/с;

$Q_g = t_g U_g V_g$ - объемная подача детали, $\frac{см^3}{мин}$;

V_3, V_c - объемное содержание зерна и связки в круге, %.

Расчет температуры без учета теплоотдачи в СОЖ (14) дает отклонение в результатах от I до 7%.

Анализ температурной модели процесса плоского торцевого шлифования показывает, что как параметры структуры круга, так и параметры режимов шлифования существенно влияют на температуру детали, поэтому они могут быть использованы в качестве параметров управления теплонапряженностью процесса шлифования.

4. ПОКАЗАТЕЛИ ШЛИФОВАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТРУКТУРЫ КРУГА

Реализация и статистическая обработка результатов экспериментов, проведенных на специальном торцешлифовальном стенде, позволили получить ряд эмпирических зависимостей показателей шлифования от структуры круга и режимов шлифования. Полученные зависимости аппроксимированы степенными функциями:

- удельная тангенциальная сила резания

$$P_z = 124 V_3^{0,87} V_c^{1,40} U_{кр.п}^{-0,40} Q_g^{0,50}; \quad (15)$$

- удельная нормальная сила резания

$$P_y = 340 V_3^{0,80} V_c^{1,06} U_{кр.п}^{0,10} Q_g^{0,22}; \quad (16)$$

- шероховатость обработанной поверхности

$$R_a = 2517 V_3^{-0,65} V_c^{-2,12} U_{кр.п}^{-0,50} Q_g^{0,62}; \quad (17)$$

- интенсивность износа круга

$$Q_a = 545 V_3^{-0,19} V_c^{-2,76} U_{кр.п}^{0,09} Q_g^{1,48}; \quad (18)$$

- коэффициент шлифования

$$K_{ш} = 8,9 \cdot 10^{-4} V_3^{0,38} V_c^{2,78} U_{кр.п}^{-0,10} Q_g^{-0,48}. \quad (19)$$

Полученные результаты показывают, что с увеличением объемного содержания пор в круге за счет соответствующего уменьшения объема шлифматериала энергетические показатели шлифования уменьшаются.

Экспериментальные измерения температур при помощи полупроводниковой срезанной термопары при плоском торцовом шлифовании закаленной стали ШХ15 позволили подтвердить адекватность тепловой математической модели.

Микроструктурный анализ поверхностного слоя шлифованной поверхности, а также травление образцов после шлифования позволили установить критическую среднюю контактную температуру для стали ШХ15, которая находится в пределах 330...350°C. При температуре шлифования более 350°C в поверхностном слое детали появляются изменения основной структуры металла, сопровождающиеся снижением микротвердости. Такие изменения структуры металла на практике именуется прижогами (прижог отпуска, прижог вторичной закалки).

Используя найденное значение температурного критерия, на вычислительной машине (Наири-К) был произведен расчет максимальных значений объемной подачи Q_g , обеспечивающих бесприжоговое шлифование стали ШХ15. По результатам расчета построена номограмма интенсивности бесприжогового шлифования стали ШХ15 в зависимости от структуры круга (рис.2).

5. МЕТОДИКА РАСЧЕТА СТРУКТУРЫ КРУГА

Задаваясь температурным критерием $|T_k|$, начальными, граничными и другими условиями шлифования, по формуле (14) рассчитывается ряд соотношений параметров структуры круга V_3 , V_c , V_n , отвечающих требованиям бесприжогового шлифования.

Для однозначного определения структуры круга необходимо ввести наиболее существенное техническое ограничение, зависящее от структуры круга. Таким ограничением может быть допустимая интенсивность размерного износа шлифовального круга $|da|$. Тогда оптимальная структура круга, отвечающая заданным температурным и стойкостным требованиям, определяется решением относительно системы уравнений:

$$\begin{cases} |T_k| = \frac{8,06(R_{кр} + z_{кр})}{\lambda R_{кр}(R_{кр} - z_{кр})} \sqrt{\frac{Q(R_{кр} - z_{кр})}{2\pi v_g}} V_3^{0,87} V_c^{1,40} Q_g^{0,50} v_{кр,п}^{0,60} \\ |da| = \frac{543 Q_g^{1,48} v_{кр,п}^{0,69}}{\pi(R_{кр}^2 - z_{кр}^2) V_3^{0,19} V_c^{2,76}} \end{cases} \quad (20)$$

0331446

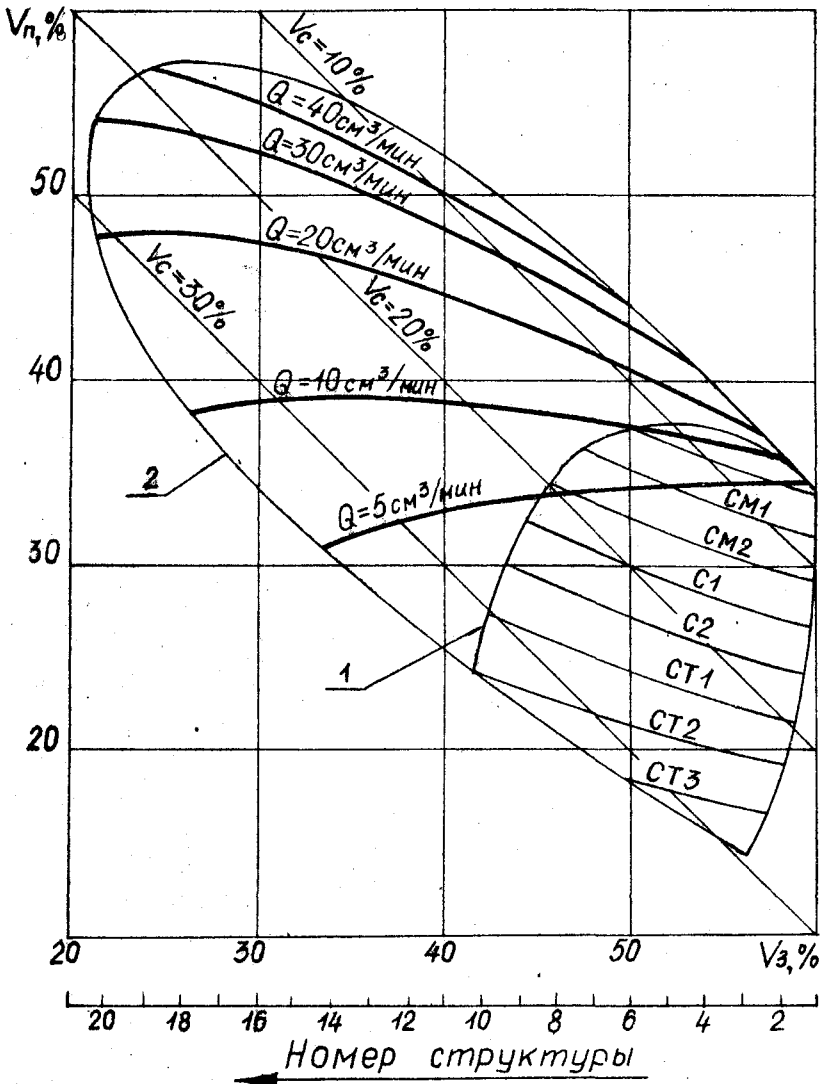


Рис. 2. Номограмма для определения интенсивности бесприжогового шлифования Q стали ШХ15 /HRC 60...65/ в зависимости от структуры круга

Для проверочных расчетов в качестве технических ограничений можно использовать полученные зависимости допустимой (по условию прочности) скорости вращения круга $|U_{кр}|$, сил резания P_z и P_y , шероховатости обработанной поверхности R_a от параметров структуры круга и режимов шлифования.

Для обеспечения безопасной работы допустимая скорость вращения круга должна быть не менее рабочей:

$$|U_{кр}| = \frac{3,72 V_3^{0,22} V_c^{0,54}}{\sqrt{1 + \frac{z_{кр}}{R_{кр}} + \left(\frac{z_{кр}}{R_{кр}}\right)^2}} \geq U_{кр.п.} \quad (21)$$

Мощность шлифования Ne не должна превышать номинальную мощность двигателя $Ngв$ с учетом к.п.д. привода η , т.е. допустимую мощность шлифования $|Ne|$:

$$Ne = \frac{8,06(R_{кр} + z_{кр})}{2R_{кр}(R_{кр} - z_{кр})} V_3^{1,06} V_c^{1,4} U_{кр.п}^{0,6} Q_g^{0,5} S_g \leq |Ne|, \quad (22)$$

где $Ne = Ngв \cdot \eta$; S_g - площадь контакта круга с деталью, m^2 .

Проверка по условию жесткости станка осуществляется через допустимую нормальную составляющую силы резания $|P_y|$:

$$P_y = 340 V_3^{0,8} V_c^{1,06} U_{кр.п}^{0,1} Q_g^{0,22} S_g \leq |P_y|. \quad (23)$$

Проверка по допустимой шероховатости обработанной поверхности:

$$R_a = \frac{2517 Q_g^{0,62}}{V_3^{0,65} V_c^{2,12} U_{кр.п}^{0,5}} \leq |R_a|. \quad (24)$$

Таким образом, разработанная методика оптимизации структуры круга при плоском торцовом шлифровании позволяет рассчитать структуру круга с учетом основных условий шлифования и технических требований к обрабатываемой детали.

6. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ВНЕДРЕНИЕ

По разработанным рекомендациям на Златоустовском опытном абразивном заводе были изготовлены партии высокопористых шлифо-

валльных кругов на бакелитовой связке К 450x150x250 ряда характеристик. Шлифовальные круги были подвергнуты эксплуатационным испытаниям в производственных условиях ППЗ-1, ППЗ-3 и ППЗ-18 на операциях плоского шлифования торцов колец подшипников.

Всего в процессе испытаний было обработано около 500 тыс. колец подшипников, при этом не было обнаружено ни одного случая прижогов, не было прижогов и при увеличении в 1,5 раза подачи деталей, что свидетельствует о высокой режущей способности высокопористых кругов. Стойкость высокопористых кругов до полного износа на 30...40% выше в сравнении с кругами обычных структур за счет стабильного самозатачивания, не требующего промежуточных правок для восстановления режущей способности.

Технология изготовления высокопористых шлифовальных кругов на бакелитовой связке внедрена на Златоустовском опытном абразивном заводе, а процесс шлифования с применением этих кругов - на Московском объединении по производству автоматических линий им. 50-летия СССР и Первом государственном подшипниковом заводе (ППЗ-1).

Основные технико-экономические показатели внедрения:

- повышение производительности шлифования в 1,5...2 раза;
- полное отсутствие брака по прижогам на деталях;
- снижение стоимости обработки в 2 раза;
- годовой экономический эффект от применения высокопористых кругов только на одном торцешлифовальном автомате ЗЗ44П-Ц составляет 21,1 тыс.рублей; эффект на ППЗ-1 составил 83,7 тыс.рублей.

На основе запросов свыше 30-ти машиностроительных предприятий страны составлен и утвержден план расширенного освоения выпуска высокопористых кругов Златоустовским опытным абразивным заводом и внедрения их на операциях торцевого шлифования. Согласно этому плану, выпуск высокопористых шлифовальных кругов в 1984 году составит 3000 тонн, а использование их на машиностроительных предприятиях обеспечит народно-хозяйственный годовой экономический эффект в размере 1777,8 тыс.рублей.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Аналитическое исследование временного распределения температуры на поверхности шлифуемой детали в зависимости от структуры круга при торцешлифовании позволило установить, что тепло-

напряженность процесса можно существенно уменьшить путем применения высокопористых шлифовальных кругов.

2. Создание нового способа изготовления высокопористых кругов на бакелитовой связке в сочетании с разработанным способом определения структуры абразивного инструмента позволяют использовать структуру круга в качестве управляемого параметра в процессе плоского торцового шлифования.

3. Построение математической модели процесса плоского торцового шлифования, представленной в виде численного решения температурной задачи, учитывающего структуру круга и все основные условия процесса, в сочетании с математически сформулированными техническими ограничениями позволило создать инженерную методику определения структуры круга для бесприжогового шлифования стали ШХ15.

4. Применение на машиностроительных предприятиях высокопористых кругов с использованием структуры круга в качестве управляемого параметра позволяет повысить качество деталей и производительность процесса плоского торцового шлифования до 2-х раз.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах;

1. Сузов С.П., Райт В.В. Высокопористые шлифовальные круги на бакелитовой связке для производительного шлифования торцов колец подшипников. - В сб. "Пути повышения производительности, качества и эффективности процессов абразивной, алмазной и эльборной обработки в машиностроении". Тезисы докладов, НИИМАШ, М., 1976, с. 158...160.

2. Сузов С.П., Райт В.В., Нецаева Т.Н. и др. Использование кремнийорганических соединений для повышения водостойкости абразивного инструмента на бакелитовой связке. Научн.-техн.реф.сб. "Абразивы", НИИМАШ, М., 1977, № 2, с. 5...7.

3. Райт В.В., Верзаков А.А. Прессформа для формования рифленых шлифовальных кругов типа ПНР. Научн.-техн.реф.сб. "Абразивы", НИИМАШ, М., № 3, 1977, с. 6...7.

4. Райт В.В. Внедрение абразивной обработки вместо фрезерования автомобильных деталей на Волжском автомобильном заводе. Научн.-техн. реф.сб. "Абразивы", НИИМАШ, М., 1978, № 4, с. 17.

5. Райт В.В. Взаимосвязь структуры абразивного инструмента на бакелитовой связке с его твердостью, коэффициентом прессования и удельным усилием прессования. Научн.-техн.реф.сб. "Абразивы", НИИМАШ, М., 1980, № 8, с. 6...8.
6. Райт В.В. Тепловая задача при плоском торцовом шлифовании высокопористыми кругами. - В сб. "Теплофизика технологических процессов". Тезисы докладов. Волгоград, 1980, с. 191.
7. Фадюшин С.А., Райт В.В. Исследование процессов торцового шлифования высокопористыми кругами. - В сб. "Современный абразивный инструмент и методы повышения эффективности процесса шлифования" (тезисы докладов) Челябинск, 1980, с. 24
8. Райт В.В. Постановка тепловой задачи при плоском торцовом шлифовании высокопористыми шлифовальными кругами с использованием гидроаэродинамического способа подачи СОЖ. - В сб. "Современный абразивный инструмент и методы повышения эффективности процесса шлифования". (Тезисы докладов) Челябинск, 1980, с. 10...11.
9. Райт В.В. Работоспособность торцевых высокопористых шлифовальных кругов на бакелитовой связке. Э.-И. "Абразивы", НИИМАШ, М., 1981, № 1, с. 13...16.
10. Райт В.В. Способ изготовления абразивного инструмента. Авт. свид. СССР № 686863, - Бюллетень изобретений, 1979, № 35.

В. Райт

Райт Вальтер Вильгельмович

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ПЛОСКОГО ТОРЦОВОГО
ШЛИФОВАНИЯ КРУГАМИ НА БАКЕЛИТОВОЙ СВЯЗКЕ**

Специальность 05.02.08 - "Технология машиностроения"

Техн.редактор Миних А.В.

ФБ 00544. Подписано к печати 21/У-81 г. Форм.бум. 60x90 1/16.
Объем 1,25 п.л., 1 уч.-изд.л. ЧПИ. Тираж 100 экз. Заказ № 228/607.