

05.03.01

Д 935

Контрольный
экземпляр

На правах рукописи



Дьяконов Александр Анатольевич

**ОЦЕНКА ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ МАТЕРИАЛОВ
В ПРОЦЕССАХ ШЛИФОВАНИЯ**

Специальность 05.03.01 — «Технологии и оборудование
механической и физико-технической обработки»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск
2006

Работа выполнена на кафедре «Технология машиностроения» Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ).

Научный руководитель — доктор технических наук,
профессор
А.А. Кошин.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор
В.И. Курдюков,

кандидат технических наук,
профессор
В.Г. Юрьев.

Ведущее предприятие — ОАО «Уральский НИИ абразивов
и шлифования», г. Челябинск.

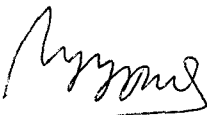
Защита диссертации состоится «__» ноября 2006 г. в 12:00, на заседании диссертационного совета Д212.298.06 в ауд. 201 главного корпуса Южно-Уральского государственного университета по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. Ленина 76.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЮУрГУ.

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

Автореферат разослан «__» октября 2006 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук, профессор



И.А. Щуров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Понятие обрабатываемости, рассматриваемое как способность материала поддаваться резанию, широко распространено в науке и практике машиностроения. Это понятие положено в основу и при разработке общемашиностроительных нормативов режимов резания (ОМН), где на базовый материал даются все режимно-инструментальные рекомендации, а на остальные вводятся поправочные коэффициенты (по обрабатываемости). Необходимость учета этого показателя следует из того, что обрабатываемость находит свое отражение в различной производительности обработанных деталей, изготовленных из различных марок сталей и сплавов.

Теоретическое направление исследования обрабатываемости материалов шлифованием заложено в работах С.Н. Корчака. Им на базе выявленной физической природы обрабатываемости металлов в процессах шлифования сформулированы основы их классификации и выделены 4 группы обрабатываемости промышленных сталей и сплавов.

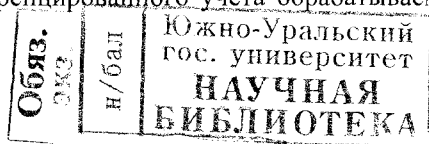
Теория обрабатываемости С.Н. Корчака рассматривает круглое наружное шлифование. Именно для этого вида шлифования и сформированы группы обрабатываемости материалов, положенные в основу существующих ОМН.

Однако из основных положений этой теории следует, что вследствие различных геометрических параметров зоны обработки, температуры, интенсивности сопротивления материала деформации и силы резания **материалы в разных видах шлифования могут обладать различной обрабатываемостью.** Данное положение принято в качестве **рабочей гипотезы исследования.**

Стоит отметить, что теория, предложенная С.Н. Корчаком, базируется на одномерной детерминированной теплофизической модели процесса шлифования. В ней, как и во всех существующих теплофизических моделях шлифования **не учтена характерная особенность процесса — стохастичность.** Отсутствует так же и критерий систематизации материалов — коэффициент обрабатываемости между группами в ОМН колеблется в пределах 20...50 %.

В связи с этим, задача оценки действительной обрабатываемости материалов в основных видах шлифования, которая в свою очередь предопределяет производительность процесса, является актуальной.

Цель. Повышение производительности обработки в основных видах шлифования (круглое наружное с радиальной подачей, внутреннее, плоское периферией круга) на основе дифференцированного учета обрабатываемости материалов.



Для достижения поставленной цели решались следующие *задачи*.

1. Разработка стохастической теплофизической модели процесса шлифования.
2. Разработка силовой модели процесса шлифования, учитывающей переменность температуры в зоне контакта и интенсивность сопротивления материала деформации.
3. Определение температурно-скоростных прочностных характеристик сопротивляемости резанию различных марок сталей в условиях шлифования.
4. Разработка метода расчетной оценки обрабатываемости материалов шлифованием и методики их систематизации.

Научная новизна

1. Разработана имитационная теплофизическая модель процесса шлифования, впервые учитывающая стохастический характер температурного поля заготовки.
2. Разработана имитационная стохастическая модель радиальной силы резания при шлифовании, впервые учитывающая неоднородность температурного поля и переменность интенсивности сопротивления деформации материала в зоне контакта.
3. Показано, что обрабатываемость материалов существенно зависит от вида шлифования.
4. Разработан метод расчетной оценки обрабатываемости материалов в процессах шлифования.
5. Предложен формализованный подход к систематике материалов по обрабатываемости.

Практическая ценность

1. Рассчитаны коэффициенты обрабатываемости материалов в основных видах шлифования (круглое наружное, внутреннее, плоское периферией круга).
2. Разработана дифференцированная карта групп обрабатываемости для основных видов шлифования.
3. Для учета индивидуальной обрабатываемости материалов в основных видах шлифования предложен системный паспорт материала.
4. Создан стенд и методика определения прочностных характеристик материалов в температурно-скоростных условиях шлифования.

Внедрение результатов работы

1. Разработан РТМ «Проектирование операций шлифования», содержащий методики выбора характеристики шлифовального круга, назначения режимов резания и норм основного времени на основе дифференцированной карты групп обрабатываемости материалов в основных видах шлифования.

2. Для «Общемашиностроительных нормативов режимов резания для шлифовальных работ» разработаны карты групп обрабатываемости материалов при круглом центровом, внутреннем и плоском шлифовании периферией круга.

3. Разработан справочник «Температурно-скоростные прочностные характеристики материалов».

Перечисленные документы внедрены на ряде машиностроительных заводов и предприятий уральского региона.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались на научно-технических конференциях в ЮУрГУ (2004, 2005, 2006 гг.), международных конференциях и семинарах (г. Волжск — 2004 г., г. Белгород — 2004 г., г. Аша — 2005 г.). Результаты работы прошли промышленную апробацию.

Публикации по теме. По теме работы опубликовано 12 печатных работ в виде научных статей (в том числе из них 2 по списку ВАК), докладов на всероссийских и международных конференциях.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, основных выводов, списка литературы (158 наименований) и пяти приложений. Работа изложена на 253 страницах машинописного текста, включает 92 рисунка и 38 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы исследования и дается аннотация диссертации.

В первой главе на базе работ Г.В. Бокучавы, Н.И. Вольского, Л.А. Глейзера, В.И. Клочко, С.Н. Корчака, А.А. Кошина, Г.Б. Лурье, Е.Н. Маслова, А.А. Маталина, С.Г. Редько, А.Н. Резникова, П.И. Ящерицына и др. анализируются исследования, посвященные обрабатываемости материалов и факторы, определяющие этот показатель процесса шлифования. Рассмотрены существующие экспериментальные и расчетные критерии и подходы к оценке обрабатываемости материалов шлифованием. Показано, что концептуально новый подход к оценке обрабатываемости, как комплекса технологических факторов, предложен С.Н. Корчаком. Им выделены **три обобщенных технологических фактора** (интенсивность сопротивления материала деформации; температура заготовки к моменту подхода очередного зерна — температура самоподогрева; значение радиальной силы резания), определяющих обрабатываемость и предложена **расчетная модель относительной обрабатываемости материалов шлифованием**.

Анализ обобщенных факторов на предмет их взаимосвязи с видом шлифования позволил сделать следующие выводы:

— температура самоподогрева зависит от количества зерен, одновременно находящихся в зоне контакта, и характера расположения зерен на поверхности круга, т.к. эти параметры зависят от вида шлифования, то оценку обрабатываемости необходимо проводить для каждого вида отдельно;

— существующие методы теоретического анализа не позволяют точно описать изменение прочностных свойств обрабатываемого материала при значительном увеличении скорости деформации и температуры. Поэтому единственным методом является экспериментальное исследование с последующим построением эмпирических зависимостей.

— основным методом, позволяющим получить прочностные характеристики материалов, соответствующие скорости деформации и температуре при шлифовании, является прямое определение интенсивности сопротивления материалов с помощью инерционного динамометра маятникового типа;

— в известных теплофизических и силовых моделях не отражен случайный характер расположения абразивных зерен на рабочей поверхности шлифовального круга (ШК), определяющий главную особенность процесса шлифования — стохастический характер взаимодействия инструмента с обрабатываемой поверхностью заготовки. Наряду с этим, в настоящее время известно большое количество экспериментально-аналитических зависимостей (А.К. Байкалов, А.В. Королев, В.И. Курдюков, Ю.К. Новоселов и др.), позволяющих математически описать практически любой параметр строения рабочей поверхности ШК.

На основании этих выводов сформулирована рабочая гипотеза, цель и задачи исследования, представленные выше.

Вторая глава посвящена разработке имитационной стохастической теплофизической модели процесса шлифования.

Существующие теплофизические модели, применяемые для оценки температуры самоподогрева, построены на теории быстродвижущихся источников и учитывают регулярную схему расположения тепловых источников — абразивных зерен на рабочей поверхности ШК. Например, модель, предложенная С.Н. Корчаком, описывает одномерное температурное поле единичного сечения заготовки (рис. 1) от регулярной (по времени) последовательности тепловых источников. Модель, созданная В.И. Ключко является двумерной, но работает только для трех типовых регулярных схем расположения зерен. Теория быстрого движения и регулярность тепловых источников позволяют перейти от координаты времени к координате по дуге контакта и сформировать температурное поле заготовки в зоне контакта.

Учет стохастического характера процесса шлифования значительно усложняет теплофизическую модель, т.к. вследствие случайного расположения зерен единичное сечение описывает только собственное температурное поле. Обращение координаты в этом случае недопустимо, т.к. после выхода

данного сечения из зоны контакта в нее вступают новые случайно расположенные зерна.

Для учета случайного характера расположения зерен заготовка разбивается на заданное количество сечений, в каждом из которых производится расчет соответствующего ему температурного поля (см. рис. 1). В результате, когда первое сечение достигает конца зоны контакта, а в n -м сечении только начинается формирование температурного поля (см. рис. 1), по конечным значениям температурных полей в каждом сечении, находящемся в зоне контакта, стало возможным сформировать температурное поле в зоне контакта в данный момент времени.

По предложенной расчетной схеме из решения второй краевой задачи для уравнения теплопроводности в полупространстве, используя теорию быстро движущихся источников и специальные функции, нами получена зависимость (1) для расчета температурного поля заготовки в зоне шлифования от любой совокупности случайно расположенных абразивных зерен. Данная зависимость так же учитывает нелинейность процесса шлифования (обратная связь интенсивности сопротивления обрабатываемого материала деформации и температуры самоподогрева).

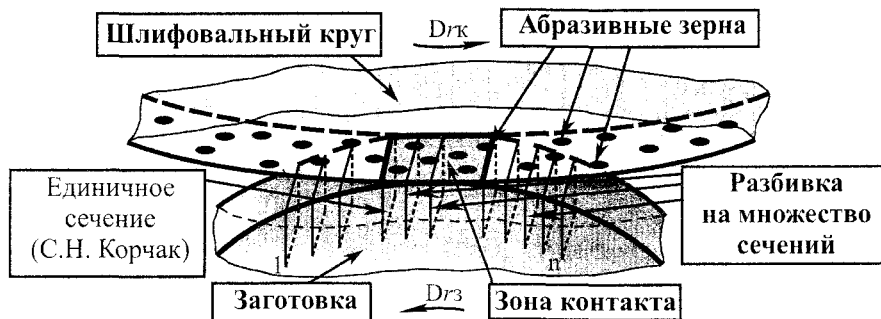


Рис. 1. Расчетная схема

$$U = \frac{\sqrt{\chi t}}{\lambda \sqrt{\pi}} \sum_i \sum_j q(\sigma_{ij}) \left[\sqrt{\alpha - \alpha_{ij}} \Pi(\alpha - \alpha_{ij}) H(t - t_{ij}) - \sqrt{\alpha - \alpha_{ij} - 1} \Pi(\alpha - \alpha_{ij} - 1) H(t - t_{ij} - \tau_{ij}) \right], \quad (1)$$

где

$$\Pi(\delta_{ij}) = \operatorname{erf} \omega \frac{1 + \gamma + \gamma_{ij}}{\sqrt{4\chi\delta_{ij}}} + \operatorname{erf} \omega \frac{1 - \gamma - \gamma_{ij}}{\sqrt{4\chi\delta_{ij}}} + \omega \frac{1 + \gamma + \gamma_{ij}}{\sqrt{4\chi\delta_{ij}}} \times \operatorname{Ei} \left[-\omega^2 \frac{(1 + \gamma + \gamma_{ij})^2}{4\chi\delta_{ij}} \right] + \omega \frac{1 - \gamma - \gamma_{ij}}{\sqrt{4\chi\delta_{ij}}} \operatorname{Ei} \left[-\omega^2 \frac{(1 - \gamma - \gamma_{ij})^2}{4\chi\delta_{ij}} \right],$$

λ , χ — теплопроводность и температуропроводность материала; t — рассматриваемый момент времени; $q(\sigma_{ij})$ — интенсивность теплового источника; α — безразмерный критерий; $H(x)$ — функция Хевисайда; $\text{erf}(x)$ — интеграл вероятности; ω , γ , γ_{ij} и δ_{ij} — безразмерные критерии (γ — текущая координата по ширине круга, γ_{ij} — расстояние между источниками по ширине круга, δ_{ij} — координаты тепловых источников — абразивных зерен по ширине круга); $Ei(x)$ — интегральная показательная функция.

Рассмотренная выше последовательность формирования температурного поля заготовки в действительности является только этапом его становления, т.к. через некоторое время впереди идущие сечения покинут зону контакта, а в ее начало вступят новые. В результате в зоне контакта сформируется переменное по времени температурное поле, отражающее стохастический характер его формирования.

Анализ стохастичности формирования температурного поля произведен методом Монте-Карло — по заданным исходным данным формируется n -ое количество реализаций рабочей поверхности ШК, для каждой из которых производится расчет температурных полей в заданные моменты времени.

При формировании модели рабочей поверхности шлифовального круга на основании анализа работ А.К. Байкалова, А.В. Королева, В.И. Курдюкова, Ю.К. Новоселова, С.А. Попова и др., а так же проведенных нами ранее исследований, приняты следующие положения:

- расположение зерен на поверхности ШК соответствует закону равномерного распределения;
- изменение размеров зерен соответствует закону нормального распределения.

В качестве модели, отражающей концентрацию сечений режущих зерен Z на глубине поверхностного слоя h , принята зависимость (2), предложенная В.М. Исаковым.

$$Z = \frac{6W_3 h}{\pi d_3^3}, \quad (2)$$

где W_3 — процентное содержание зерен; d_3 — диаметр абразивного зерна.

Проведенный численный анализ на базе компьютерной реализации стохастической теплофизической модели позволил выявить ряд особенностей формирования температурного поля в зоне шлифования:

- температурное поле обладает двумя критериальными участками (рис. 2): разгонный участок, характеризуется резким ростом температуры (независимо от вида шлифования составляет порядка 1 мм длины дуги контакта); стабилизационный участок соответствует асимптотической зависимости, относительно времени контакта;

— в результате стохастического характера формирования температурного поля, в зоне стабилизационного участка формируется квазистационарное температурное поле, относительно которого в разные моменты времени происходит пульсация температур.

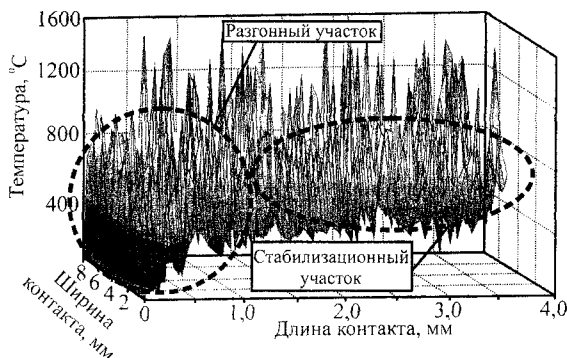


Рис. 2. Температурное поле заготовки

Для исследования обрабатываемости материалов шлифованием наибольший интерес представляет такая характеристика температурного поля, как температура самоподогрева, предопределяющая интенсивность сопротивления материала деформации. Расчет температур самоподогрева произведен по зависимости (1). Это температуры в точках входа зерен перед началом их работы. Температуры самоподогрева представлены в виде отдельных точек (рис. 3), т.к. физически поле температур самоподогрева не существует, а является виртуальной поверхностью.

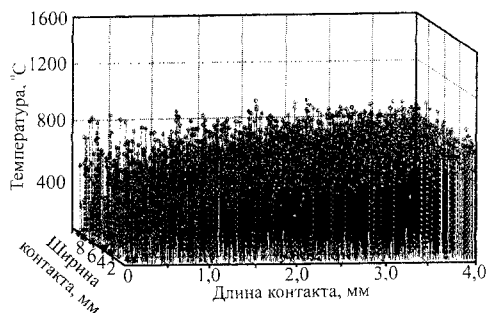


Рис. 3. Температуры самоподогрева заготовки в зоне шлифования

В силу стохастичности температур самоподогрева для их оценки использованы два центральных момента: математическое ожидание — $M(U)$ и размах — $R(U)$.

Сравнение математического ожидания температур самоподогрева при круглом, внутреннем и плоском шлифовании периферией круга показало

значительное влияние вида шлифования на их значения. Так, например, при плоском шлифовании периферией круга (обрабатываемый материал — сталь 45) происходит увеличение температуры от 41 до 65 %, относительно круглого наружного, а при внутреннем наблюдается снижение температуры до 17 %.

Полученные результаты проверены по сопрягаемости с классическими моделями и экспериментально. Сопоставление результатов показало, что погрешность между расчетными и экспериментальными данными не превышает 5 %.

Сформированная имитационная теплофизическая стохастическая модель шлифования позволила перейти к расчетному определению радиальной силы резания с учетом нелинейности процесса.

Третья глава посвящена разработке имитационной стохастической силовой модели процесса шлифования.

По зависимости С.Н. Корчака (3) радиальная сила резания от единичного абразивного зерна связана с интенсивностью сопротивления материала деформации (σ_i), которая в свою очередь определяется температурой самоподогрева.

$$P_{yi} = \left[\frac{\sqrt{3,25} \sin \beta}{\sqrt{3} \sin \beta_1} + \frac{0,5}{\sqrt{3}} a \text{ мз} \right] \sigma_i, \quad (3)$$

где β — угол действия; β_1 — угол сдвига; a — толщина срезаемого слоя, приходящаяся на единичное зерно; mz — площадь площадки затупления зерна.

В алгоритме теплофизической модели предусмотрен блок запоминая интенсивности сопротивления обрабатываемого материала деформации перед действием каждого зерна. В результате чего, по полученному значению σ_i и зависимости (3) стало возможным определить радиальную силу резания, создаваемую от каждого зерна, находящегося в зоне контакта (рис. 4), суммирование значений которых в каждый момент времени позволило определить суммарное значение радиальной силы (4). Для ее численного определения алгоритм имитационной теплофизической модели дополнен соответствующим блоком.

$$P_y = \sum_{i=1}^n P_{yi}. \quad (4)$$

Стохастичность радиальной силы анализируется аналогично теплофизической модели методом Монте-Карло.

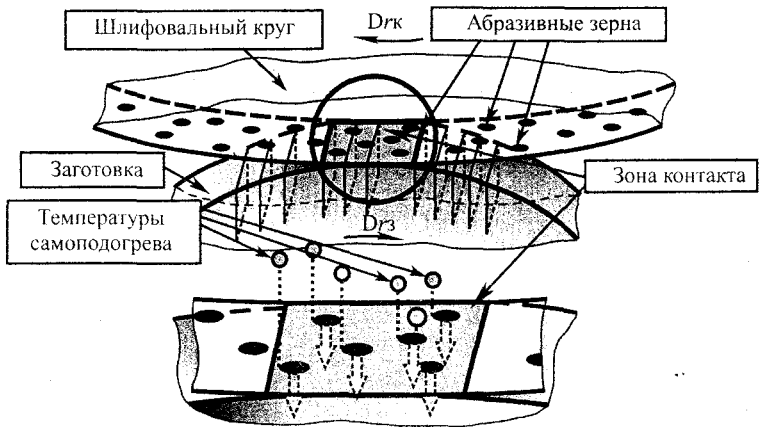


Рис. 4. Расчетная схема определения радиальной силы резания в зоне контакта при шлифовании

Такой подход позволил впервые при расчете радиальной силы резания произвести **учет неоднородности температурного поля и переменности интенсивности сопротивления материала деформации** в зоне шлифования.

В результате впервые расчетным путем удалось определить значение радиальной силы резания при шлифовании с учетом **стохастического пульсирующего** характера ее формирования. На рис. 5 показан результат расчета радиальной силы резания полученный на основании 10 редуций. Здесь, так же как и для температурных полей, оценка ведется по двум центральным моментам.

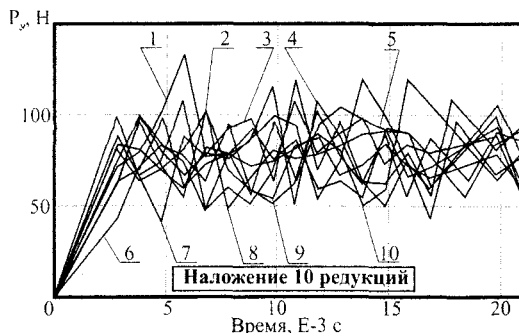


Рис. 5. Пульсирующий, стохастический характер радиальной силы резания при шлифовании

Стохастическая постановка задачи требует проверки существенности различия дисперсий между редуциями. Для этого производится проверка

однородности дисперсий (критерий Бартлетта) и рассчитывается объединенная дисперсия процесса.

В результате установлено, что в зависимости от вида шлифования уровень математического ожидания радиальной силы резания для разных материалов может изменяться от 9 до 313 %. Однозначна и тенденция изменения процентного соотношения уровня радиальной силы резания между материалами в зависимости от вида шлифования.

Для проверки адекватности разработанной силовой модели проведены экспериментальные исследования при круглом, внутреннем и плоском видах шлифования, заключающиеся в шлифовании различных материалов и регистрации радиальной силы резания. Сопоставление расчетных и экспериментальных данных показало, что погрешность в среднем не превышает 6 %.

Для реализации как первой задачи, так и второй необходимы данные по температурно-скоростным прочностным характеристикам материалов. В настоящее время эти характеристики известны лишь для 20 марок сталей и сплавов (исследования С.Н. Корчака и В.И. Ключко). Однако для широкого анализа исследуемого процесса необходимы данные и для других материалов, которые отсутствуют в справочной литературе.

Четвертая глава посвящена созданию стенда и метода определения прочностных характеристик материалов в температурно-скоростных условиях шлифования.

Процесс микрорезания абразивным зерном относится к быстропротекающим, т.к. его время составляет порядка 3 миллисекунд. В быстропротекающих процессах используют не мгновенную силу, а какую-либо интегральную характеристику, например работу, и по ней определяют «среднюю» величину сопротивления материала деформированию. Такой подход использовался при определении ударной вязкости в работах Ф.Ф. Витмана, Н.Н. Давиденкова, В.Д. Кузнецова и при исследовании процесса шлифования в работах В.И. Ключко и А.А. Кошина. Проведенные в данной работе исследования основаны на этих положениях.

В качестве математической модели принята зависимость (5), связывающая среднюю интенсивность сопротивления материала деформации в условиях шлифования — σ_i и удельную работу резания — A_0 , предложенная В.И. Ключко.

$$\sigma_i = \frac{A_0}{\left(\frac{1,041 \cos \beta}{\sin \beta_1} + 0,29\mu \frac{mz}{a} \right)}, \quad (5)$$

где μ — коэффициент трения.

Удельная работа деформирования единицы объема металла — энергетическая характеристика процесса, определяемая как частное от деления

энергии резания единичным абразивным зерном на объем риски, образовавшейся от действия абразивного зерна.

Для определения удельной работы резания, принимая за основу идеи В.И. Клочко и А.А. Кошиным, создан стенд, одним из элементов которого является инерционный динамометр, позволяющий измерять работу резания единичным зерном. Для определения объема риски, образовавшейся на исследуемом образце от действия абразивного зерна, предложен метод его микроскопического измерения и последующего компьютерного 3D моделирования.

В результате исследований, проведенных на стенде, получены температурно-скоростные прочностные характеристики 42 наиболее распространенных марок конструкционных, инструментальных сталей и титановых сплавов в диапазоне скоростей шлифования 35–80 м/с и температур 20–1000 °С. Пример таких зависимостей для трех марок сталей в указанном диапазоне скоростей деформации и температур приведен на рис. 6.

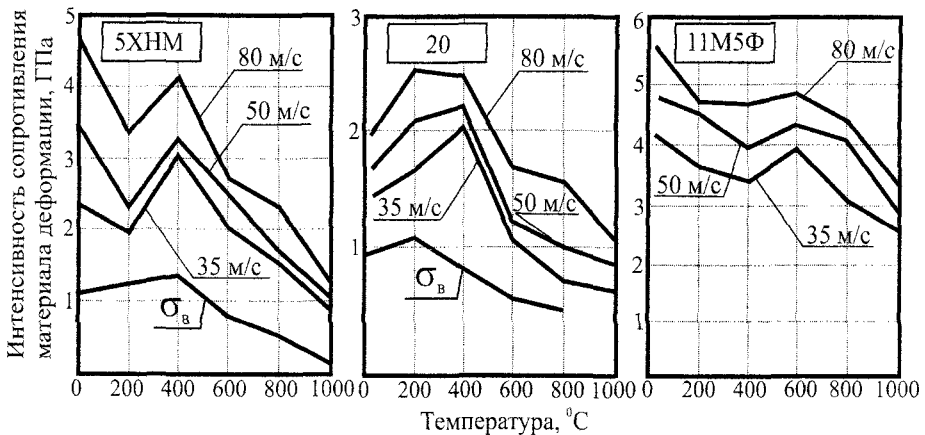


Рис. 6. Температурно-скоростные прочностные характеристики материала

Как видно, влияние высоких скоростей и температур изменяет сопротивляемость материала деформированию от 50 до 400 % относительно стандартной характеристики — σ_B .

На основании этих данных впервые разработан справочник «Температурно-скоростные прочностные характеристики материалов».

Пятая глава посвящена расчетной оценке обрабатываемости материалов в основных видах шлифования.

Одним из важнейших вопросов при исследовании обрабатываемости материалов является критерий ее оценки. Предложенный С.Н. Корчаком критерий — расчетная средняя толщина среза единичным зерном является

довольно абстрактным, т.к. его нельзя сравнивать с реальной толщиной среза от единичного зерна¹.

Для выявления критерия расчетной оценки обрабатываемости проведен анализ ОМН, построенных на передовом опыте крупнейших промышленных предприятий. В результате установлено, что в качестве критерия может выступать **радиальная сила резания**. Это обосновано тем, что в реальном производстве эмпирическим подбором режимов резания, обеспечивающих заданную точность и качество обработки, в итоге выходят на постоянную величину радиальной нагрузки, то есть **принцип управления процессом по радиальной силе реально работает на практике**.

Для принятого критерия разработан метод расчетной оценки обрабатываемости материалов в процессах шлифования. На основе реализации имитационной теплофизической и силовой модели процесса шлифования определяется среднее значение (математическое ожидание) радиальной силы резания для режимов резания, соответствующих базовому материалу — сталь 45. Далее, по полученному значению радиальной силы определяется коэффициент обрабатываемости как отношение расчетной радиальной силы резания для рассматриваемого материала к базовому значению.

Проведенные расчеты на базе предложенной методики подтвердили рабочую гипотезу — действительно обрабатываемость в разных видах шлифования у целого ряда марок сталей **существенно различается**. Из исследуемых материалов почти треть имеют разную обрабатываемость. В зависимости от вида шлифования коэффициент обрабатываемости колеблется от 10 до 257 %.

Для проверки адекватности предложенного метода расчетной оценки обрабатываемости материалов проведены экспериментальные исследования. Сопоставление расчетных и экспериментальных данных показало, что между ними существует достаточно высокая корреляция (погрешность не превышает 10 %).

Для применения полученных данных в ОМН, по аналогии с заложенной в них методикой, необходимо их систематизировать по группам обрабатываемости и ввести соответствующие коэффициенты. Для реализации этого предложен формализованный подход к систематике материалов по обрабатываемости, основанный на применении равноточных рядов (рис. 7). На диапазон значений радиальной силы накладывается равноточный ряд его значений и соответствующий ряд коэффициентов, который и определяет принадлежность материала к той или иной группе обрабатываемости. Под

¹ Корчак, С.Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей / С.Н. Корчак. — М.: Машиностроение, 1974. — 280 с.

равноточным здесь понимается ряд, у которого каждый член отличается от предыдущего на одну и ту же заданную величину, которая и будет характеризовать точность работы с этим рядом.

На основании проведенной систематизации создана дифференцированная по основным видам шлифования карта групп обрабатываемости материалов, содержащая для круглого наружного шлифования 9 групп обрабатываемости, 10 групп для внутреннего и 7 групп для плоского шлифования периферией круга (таблица). Для примера стрелками показан переход материалов из одной группы в другую при круглом центровом и внутреннем шлифовании (см. таблицу).

В современных условиях проектирование как технологии, так и процессов обработки весьма часто ведется с привлечением компьютерных средств. Исходя из этого, предложено еще одно перспективное решение — системный паспорт материалов в котором наряду с другими характеристиками материала указан его индивидуальный коэффициент обрабатываемости в основных видах шлифования и температурно-скоростная прочностная характеристика.

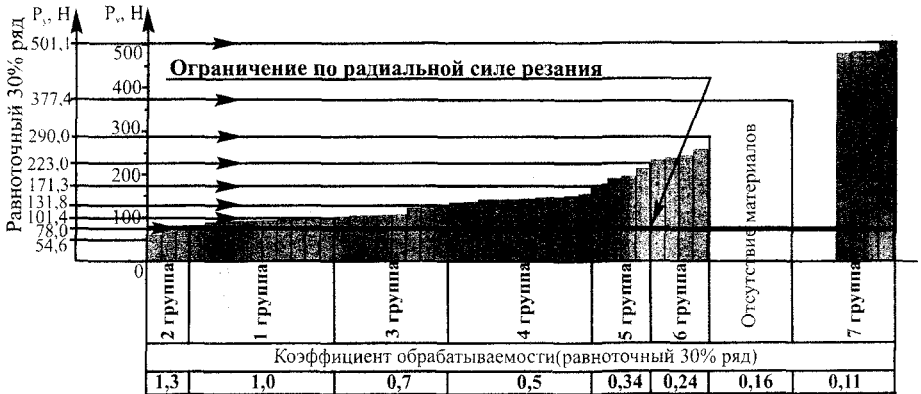


Рис. 7. Схема формирования групп обрабатываемости

Результаты работы внедрены на ряде машиностроительных предприятиях.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Показано, что в результате разного уровня температур самоподогрева, а, следовательно, разных значений интенсивности сопротивления материалов деформации и радиальной силы резания обрабатываемость материалов существенно зависит от вида шлифования.

Группы обрабатываемости материалов при разных видах шлифования (30 % ряд)

Группа	Вид шлифования					
	Круглое наружное		Внутреннее		Плоское периферией круга	
	Марка материала	k	Марка материала	k	Марка материала	k
1	45, 40XH, 20, 20X, 45Г, 40ХГ, 30ХМА, 20Г, 40ХГ, 30ХМА, 20Г	1	45, 20, 20X, 45Г, 40ХГ, 30ХМА, 20Г, 14ХГСН, 38ХМ, 40Х	1	14ХГСН, 38ХМ, 20ХГНР, 38Х2МЮА, 45, 20, 20X, 45Г, 40ХГ, 30ХМА, 20Г	1
2	05кп, 08кп, 40Х, 14ХГСН, 38ХМ, 38ХС, 40ХФ, 20ХНМ, А40, 15ХМ, 20ХГНР, 5ХНМ, ШХ15, 38Х2МЮА	1,3	05кп, 08кп, 40ХН, 40ХФ, 38ХС, 20ХНМ, А40, 15ХМ, 5ХНМ, ШХ15, 0Т-3	1,3	05кп, 08кп, 40ХН, 40Х, А40, 40ХФ, 20ХНМ, 15ХМ, 5ХНМ, ШХ15, 38ХС, 17ХГСНА, 0Т-3, 40Х1М1Ф	1,3
3	0Т-3, 17ХГСНА, 14Х17Н2, 60СГ2, 08Х18Г, 110Х18-ШД, У8А, ВТ15, 20Х13, 40Х1М1Ф, 12Х18Н10Г-ВД, 15Х25	0,7	17ХГСНА, 14Х17Н2, 08Х18Г, 110Х18-ШД, У8А, ВТ15, 20Х13, 40Х1М1Ф, 12Х18Н10Г-ВД, 20ХГНР, 38Х2МЮА	0,7	14Х17Н2, 08Х18Г, 110Х18-ШД, У8А, ВТ15, 20Х13, 40Х1М1Ф, 12Х18Н10Г-ВД, 15Х25	0,7
4	Р6М5, ХН75МБТЮ-ВД	0,34	Р6М5, ХН75МБТЮ-ВД, 15Х25, ХН80ВМТЮБ	0,34	Р6М5, ХН75МБТЮ-ВД, ХН80ВМТЮБ	0,34
5	Р6М5К5-Ш, Р6М5Ф3-МП, Р10К10М4Ф3, Р6М5Ф3, ХН80ВМТЮБ	0,24	Р6М5К5-Ш, Р6М5Ф3-МП, Р10К10М4Ф3, Р6М5Ф3	0,24	Р6М5К5-Ш, Р6М5Ф3-МП, Р10К10М4Ф3, Р6М5Ф3	0,24
6	11М5Ф, 11М5Ф-Ш, 11М7Х2Ф-Ш, S412	0,11	11М5Ф, 11М5Ф-Ш, 11М7Х2Ф-Ш, S412	0,08	11М5Ф, 11М5Ф-Ш, 11М7Х2Ф-Ш, S412	0,16

Примечание: Выделенные материалы меняют коэффициент обрабатываемости в зависимости от вида шлифования

2. Разработанная впервые имитационная стохастическая теплофизическая модель процесса шлифования отражает импульсный вероятностный характер температурного поля заготовки в зоне контакта.

3. В результате анализа полученных данных установлено, что уровень температур самоподогрева, определяющих интенсивность сопротивления обрабатываемого материала деформации, составляет для:

- круглого наружного шлифования от 380 до 590 °С;
- внутреннего — от 210 до 470 °С;
- плоского периферией шлифовального круга от 400 до 900 °С.

4. Радиальная сила резания имеет пульсирующий стохастический характер и характеризуется следующими физическими особенностями:

- уровень суммарной радиальной силы резания зависит не только от количества одновременно находящихся в зоне контакта абразивных зерен, но и от их расположения;
- за счет переменного количества одновременно работающих в зоне контакта абразивных зерен радиальная сила резания имеет пульсирующий характер.

5. Установлено, что в зависимости от вида шлифования уровень радиальной силы резания для разных материалов изменяется от 9 до 313 %.

В качестве практического результата можно отметить следующее:

- на базе предложенного расчетного метода оценки обрабатываемости сформировано для круглого наружного шлифования 9 групп обрабатываемости, для внутреннего 10 групп и 7 групп для плоского шлифования периферией круга;

- на базе созданного стенда и предложенной методики определения температурно-скоростных прочностных характеристик материалов в условиях шлифования разработан справочник этих характеристик для 42 наиболее распространенных конструкционных, инструментальных сталей и титановых сплавов.

СПИСОК ПЕЧАТНЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Дьяконов, А.А. Производительность процесса шлифования стальных деталей при разных схемах обработки / А.А. Дьяконов // Образование, наука, производство: сб. тезисов докладов II международного форума. — Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004. — С.89.

2. Кошин, А.А. Влияние взаимодействия абразивных зерен и обрабатываемого материала на показатели процесса шлифования / А.А. Кошин, Д.В. Ардашев, А.А. Дьяконов // Процессы абразивной обработки, абразивные инструменты и материалы: сб. статей международной научно-технической конференции. — Волжский: ВолгГАСА, 2004. — С.169–173.

3. Кошин, А.А. Влияние схемы обработки и режимов резания на микрогеометрию зоны шлифования / А.А. Кошин, А.А. Дьяконов // Абразивное производство: сб. науч. тр. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. — С.62–68.
4. Дьяконов, А.А. Функциональная зависимость износа абразивных кругов разной характеристики от времени и режимов обработки / А.А. Дьяконов // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. — С.187–193.
5. Кошин, А.А. Пульсирующий характер сил резания при шлифовании / А.А. Кошин, Д.В. Ардашев, А.А. Дьяконов // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. — С.196–203.
6. Кошин, А.А. Исследование обрабатываемости полимерно-композитных покрытий при шлифовании / А.А. Кошин, В.А. Пашнев, А.А. Дьяконов // Абразивное производство: сб. науч. тр. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. — С.73–78.
7. Дьяконов, А.А. Расчетная оценка обрабатываемости сталей при разных схемах шлифования с учетом износа абразивного инструмента / А.А. Дьяконов // Конкурс грантов студентов, аспирантов и молодых ученых вузов Челябинской области: сб. рефератов научно-исследовательских работ. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. — С.200.
8. Буторин, Г.И. Стенд для исследования взаимодействия абразивного и обрабатываемого материала методом микрорезания / Г.И. Буторин, В.М. Исаков, А.А. Дьяконов // Абразивное производство: сб. науч. тр. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. — С.123–130.
9. Дьяконов, А.А. Исследование температурно-прочностных характеристик новых марок быстрорежущих сталей / А.А. Дьяконов, Д.В. Вострокнутов // Абразивное производство: сб. науч. тр. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. — С.143–148.
10. Кошин, А.А. Алгоритмизация расчетного прогнозирования обрабатываемости при разных схемах шлифования с учетом износа абразивного инструмента / А.А. Кошин, А.А. Дьяконов // Абразивное производство: сб. науч. тр. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. — С.157–163.
11. Дьяконов, А.А. Расчетная оценка обрабатываемости материалов в процессах шлифования / А.А. Дьяконов // Обработка металлов (Технология, оборудование, инструменты). — 2006. — №3. — С.8–10.
12. Дьяконов, А.А. Математическая модель температурного поля детали в зоне шлифования / А.А. Дьяконов // Известия вузов. Машиностроение. — 2006. — №10. — С.63–65.

Дьяконов Александр Анатольевич

ОЦЕНКА ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ МАТЕРИАЛОВ
В ПРОЦЕССАХ ШЛИФОВАНИЯ

Специальность 05.03.01 — «Технологии и оборудование
механической и физико-технической обработки»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Издательство Южно-Уральского государственного
университета

Подписано в печать 12.10.2006. Формат 60×84 1/16. Печать трафаретная.
Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ 328/50.

Отпечатано в типографии Издательства ЮУрГУ. 454080, Челябинск,
пр. им. В.И. Ленина, 76.