

и 455034

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
М о с к о в с к о е
ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового
Красного Знамени высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

БУЛОШНИКОВ Валерий Серафимович

УДК 621.923.04

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОДНОПРОХОДНОГО АЛМАЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ ТВЕРДОГО СПЛАВА

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.03.01
Процессы механической и физико-
химической обработки, станки и
инструмент

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 1986

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана.

Научный руководитель

- кандидат технических наук, профессор
Попов С.А.

Официальные оппоненты

- доктор технических наук
Фрагин И.Е.

- кандидат технических наук
Сафронов В.Г.

Ведущая организация

- ЦПО ВНИИ инструмент

Защита состоится "29" декабря 1986 года на заседании специализированного совета К 053.15.15

в Московском высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана по адресу: 107005 Москва Б-5, 3-й этаж, кабинет 5.

печать заверенный

им. еке МВТУ

г.

ИИ 485084

ЦЕРЯКОВ Р.К.

Л- 63

Ротан

р. 100 экз.
я ул., дом 5.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы вытекает из программных документов нашей партии и правительства, направленных на повышение производительности труда, снижение себестоимости и повышение конкурентоспособности изделий, выпускаемых нашей промышленностью. При решении этих задач, очень большая роль отводится производству высококачественного инструмента и, в частности, инструмента из сверхтвердых материалов. Одной из важнейших задач XI пятилетки является бережное отношение к трудовым, энергетическим и материальным ресурсам. Эта задача является насущной и в области эксплуатации алмазно-абразивных инструментов. Основным путем решения этой задачи является научно-обоснованное нормирование расхода инструмента, оптимизация условий его эксплуатации. В настоящее время недостаточно внедрены в практику проектирования технологических процессов абразивной обработки расчетные методы, основанные на обобщенных рекомендациях по выбору режимов шлифования и характеристик алмазных кругов. Необходимость совершенствования процесса алмазного шлифования вызвана значительными затратами, высоким расходом алмазов, склонностью твердого сплава к трещинообразованию и возрастающими требованиями к качеству и точности режущего инструмента из твердого сплава для использования его в условиях автоматизированного производства.

Цель работы - разработка обоснованных рекомендаций по повышению интенсивности и снижению себестоимости процесса однопроходного алмазного шлифования твердого сплава при заданном качестве обработанной поверхности.

Объект и методы исследования. Объектом исследования является процесс однопроходного алмазного торцевого шлифования твердого сплава. При проведении исследований использовались научные основы теории резания, теории вероятностей и математической статистики, рациональное планирование эксперимента с использованием для расчетов ЭВМ. Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях с использованием современной измерительной и регистрирующей аппаратуры. В основу методики положен принцип комплексного исследования процесса шлифования, предусматривающий изучение температурных, энергетических, стойкостных и качественных показателей с представлением всех зависимостей от технологических параметров в виде математических моделей.

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1455054

Булошников В.С. Разработка

МГТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

Научная новизна. Разработана методика комплексного исследования процесса однопроходного алмазного торцевого шлифования твердого сплава. Разработана геометрическая модель рабочей поверхности алмазного шлифовального круга, позволяющая перейти от параметров характеристики круга к параметрам рельефа рабочей поверхности в состоянии после правки. Получены математические модели процесса, учитывающие влияние параметров режима резания и параметров характеристики шлифовального круга на основные показатели процесса. Разработана методика оптимизации процесса однопроходного шлифования по параметру себестоимости процесса.

Практическая ценность и реализация результатов работы.

1. На основе математических моделей процесса возможен расчет на ЭВМ параметров режима резания и характеристики алмазного шлифовального круга по критерию наименьших затрат в процессе шлифования.

2. На основе проведенных исследований разработана в соавторстве новая связка МН для изготовления алмазных инструментов.

3. На Томилинском заводе искусственных алмазов и алмазного инструмента налажено производство алмазных кругов на новой связке для Московского комбината твердых сплавов.

4. Совместно с ВНИИАЛМАЗом создана методика испытаний алмазных кругов.

5. Отдельные разделы работы вошли в восемь технических отчетов по проблемам алмазного шлифования твердых сплавов.

Апробация работы и публикации. По результатам исследований опубликовано пять печатных работ, получено два авторских свидетельства. Основные научные положения работы доложены на Всесоюзной конференции "Теория и практика алмазной и абразивной обработки деталей приборов и машин", Москва, 1973 г., на Всесоюзной конференции "Новые сверхтвердые материалы и прогрессивные технологии их применения", Канев, 1985 г. и неоднократно, начиная с 1967 г. на научном семинаре кафедры "Теории механической обработки и инструмента" МВТУ им. Н. Э. Баумана.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав и общих выводов, изложенных на 218 страницах. Содержит 128 стр. машинописного текста, 34 таблиц, 72 рисунков, 2 приложений и список литературы из 86 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приведен литературный обзор существующих методов обработки твердых сплавов шлифованием. Дан анализ качества поверхностного слоя твердого сплава после шлифования, характеристик алмазных кругов, режимов шлифования и влияние технологической среды. Показано, что однопроходное шлифование торцем круга заключает в себе большие резервы по увеличению интенсивности процесса шлифования по сравнению с другими схемами обработки. Обоснована правка рабочей поверхности алмазного чашечного круга под углом φ , как с внешней, так и с внутренней стороны. Обоснована подача на каждый ход стола для исключения влияния жесткости системы СПИД. Анализ литературных источников показал, что процесс однопроходного алмазного торцевого шлифования твердых сплавов изучен мало; нет достаточно информативных данных о износе алмазных кругов в условиях однопроходного шлифования; отсутствуют рекомендации по выбору условий однопроходного алмазного торцевого шлифования твердых сплавов, учитывающие режимы и характеристику шлифовального круга; отсутствуют данные о температурах в зоне резания при однопроходном торцевом шлифовании; нет технико-экономического анализа эффективности однопроходного торцевого шлифования твердого сплава. В этой главе сформулирована цель исследований и поставлены задачи:

- 1) разработать методику комплексных исследований;
- 2) создать геометрическую модель рельефа рабочей поверхности алмазного шлифовального круга;
- 3) Обобщить в форме математических моделей результаты исследований влияния параметров режима резания и характеристики алмазного круга на основные показатели процесса шлифования;
- 4) исследовать качество обработанной поверхности в зависимости от условий обработки;
- 5) дать технико-экономическое обоснование рекомендаций по выбору условий однопроходного алмазного торцевого шлифования твердого сплава.

Во второй главе даны основные понятия, которые автор использует в своей работе. В частности, в качестве основных показателей процесса алмазного шлифования твердого сплава приняты:

- 1) интенсивность съема материала, в $\text{мм}^3/\text{мин}$,
- 2) приведенная интенсивность шлифования, в $\text{мм}^3/\text{мин} \cdot \text{Н}$,
- 3) относительный расход алмаза, в мг/г ,

4) удельная работа шлифования, в Дж/мм³,

5) шероховатость обработанной поверхности по параметру R_a .

Геометрические параметры рельефа рабочей поверхности алмазных инструментов оценивались следующими показателями:

1) среднее число алмазных зерен на единице базовой длины на фиксированном уровне, считая от наиболее выступающего зерна;

2) средний размер зерен на фиксированном уровне профиля;

3) относительная опорная длина на фиксированном уровне.

Эксперименты проводились в лаборатории кафедры "Теории механической обработки и инструмента" МВТУ им. Н.Э.Баумана на специальном стенде, собранном на базе горизонтально-фрезерного станка модели 3М89 завода "ЖАЛЬГИРИС". Шлифовался твердый сплав Т15К6 с охлаждением 3% раствором соды. Составляющие силы резания при шлифовании измерялись тензодинамометром ДШЗ-2 конструкции МВТУ. Измерение износа алмазного круга осуществлялось на специальном приборе ИРИК-2, спроектированного и изготовленного на кафедре АМ-2, авторское свидетельство № 450952. Температура в зоне резания при шлифовании измерялась безконтактным методом, основанным на регистрации инфракрасного излучения из зоны резания через канал, предварительно образованный в теле алмазного круга. Это устройство спроектировано и изготовлено в лаборатории кафедры АМ-2. Запись рельефа рабочей поверхности алмазного круга осуществлялась на модернизированном профилографе-профилометре модели 201 завода "КАЛИБР". Модернизация заключалась в том, что вторая записывающая игла на полях электрографической бумаги отмечала метки-штрихи, показывающие алмазные зерна. Основные эксперименты планировались по методу латинских квадратов, что позволяло повысить достоверность результатов экспериментов в корень квадратный из N по сравнению с однофакторным экспериментом, где N - число значений, которые может принимать исследуемый параметр. Было проведено две серии экспериментов. Диапазоны изменения независимых параметров приведены в табл. 1 и 2. В первой серии экспериментов инструментом являлся алмазный круг I2A2 I50x32 I0x3 AC4 I25/I00 M58 IC0%. Во второй серии были следующие режимы:

U_x - скорость главного движения резания -	17,6 м/с,
U_s - скорость движения подачи -	100,0 мм/мин,
t - глубина шлифования -	0,8 мм/ход,
B - ширина шлифуемого образца -	9,0 мм.

Таблица I

Параметры режима резания	Значения параметров режима резания				
Скорость главного движения, V_k , м/с	17,6	12,6	8,8	6,3	4,4
Скорость движения подачи, V_s , мм/мин	140	100	71	50	25
Глубина шлифования, t , мм/ход	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Ширина шлифуемого образца, B , мм	4,5	6,0	9,0	12,0	18,0
Длина шлифуемого образца, l , мм	15	30	45	60	75

Таблица 2

Параметры характеристики алмазного круга	Значения параметров характеристики алмазного круга		
Показатель прочности алмазного зерна, P_s , Н	4,33	6,07	11,5
Размер алмазного зерна основной фракции, D_s , мкм	78	124	199
Относительная концентрация алмаза, K_a , %	100	150	200
Относительная концентрация наполнителя, N , %	20	40	60

В третьей главе приведены геометрические показатели, характеризующие рабочую поверхность алмазного круга, и дан анализ существующих в настоящее время в литературе представлений этой поверхности. Анализ позволил сделать вывод, что разные исследователи, пытаясь создать модель рабочей поверхности, оперируют различными параметрами и используют разные методики. Поэтому величины таких параметров, как эффективный размер зерна отличается в 1,5 – 2 раза, а расстояние между зернами в 1,8 раза. Все исследователи, и зарубежные и отечественные, кто занимался анализом распределения высоты вершин алмазных зерен на рабочей поверхности, предлагают самые разные законы распределения: нормальный, параболический, равномерный, Релея, бета-распределение и аппроксимация по показательной функции. Многие авторы указывают, что распределение вершин алмазных зерен зависит от характеристики алмазного круга, но никто этой связи не обосновывает ни экспериментально, ни теоритически. В главе произведен расчет количества алмазных зерен в единице объема алмазоносного слоя, на единице площади и на единице длины трассы измерения на рабочей поверхности алмазного круга, предполагая, что алмазное зерно является сферой адекватной зерну основной фракции.

$$\eta_v = \frac{3K_A}{1600\pi R^3}, \quad (1)$$

$$\eta_n = \frac{3K_A}{1600\pi R^2}, \quad (2)$$

$$\eta'_n = \frac{3K_A}{3200R}, \quad (3)$$

где K_A - относительная концентрация алмаза, в %, R - радиус сферы адекватной алмазному зерну, в мкм.

Решена задача определения длины трассы записи рабочей поверхности, чтобы с заданной вероятностью можно было утверждать, что на этой длине встретилось не менее одного зерна, высота которого больше наперед заданной величины в пределах R . Расчитана поправка на количество алмазных зерен, зафиксированных на профилограмме, так как запись не является плоским сечением, а есть результат ощупывания рабочей поверхности материальным телом с конечными размерами: угол конуса 90° и радиус при вершине 52 мкм. Была сделана запись профиля рабочей поверхности алмазного круга АС4 I24/100 М58 100%. На профилограмме было зафиксировано 282 зерна алмаза, а с учетом поправки должно быть 184 зерна. Если учесть, что по ГОСТ 9206-80 для алмазных шлифпорошков допускается наличие трех фракций, которые содержат по объему: основная до 70%, крупная и мелкая до 15% каждая, то, учитывая это в формуле 3 и, рассчитав количество зерен на длине 120 мм, получим 182,4 зерна. Это показывает хорошую сходимость теоретического расчета и эксперимента. Можно предположить следующий механизм образования рабочей поверхности алмазного круга при правке. Если представить исходную поверхность алмазного круга, как сумму трех равномерных распределений крупная, основная и мелкая фракции достаточно хрупких зерен, наибольшее из которых H и траекторию движения правящего инструмента на высоте h , то все зерна, попавшие под правящий инструмент, сломаются и высота их станет случайной величиной, а зерна не попавшие под правящий инструмент сохраняют равномерное распределение вершин в пределах h . Таким образом, можно предположить, что на реальной рабочей поверхности алмазного круга вершины зерен подчиняются сумме двух законов распределения, один из которых равномерный, а другой нормальный. Эксперимент подтвердил это предположение. В табл. 3 приведены характеристики распределения вершин алмазных зерен четырех кругов. Верхняя строка дана в предположении, что все зерна распределены по нормальному закону, а нижняя строка дана в предположении, что вершинки алмазных зерен распределены по сумме двух законов.

Таблица 3

Характеристика алмазного круга	Характеристики законов распределения вершин алмазных зерен					число степ. свобод.
	M	D	σ	χ^2		
AC4 80/63 M58 100%	11,8	24,2	4,90	15,60		7
	10,5	16,6	4,07	1,99		5
AC4 I60/I25 M58 100%	14,3	40,6	6,40	7,98		6
	13,5	18,7	4,30	2,90		5
AC4 I25/I00 M58 50%	15,9	35,6	5,96	2,04		6
	15,8	15,1	3,90	3,20		7
AC4 I25/I00 M58 150%	16,2	80,3	8,90	25,30		7
	13,5	24,5	4,60	2,40		6

Показано существенное влияние на высотные параметры режущего профиля и на положение уровня максимальной плотности вершин алмазных зерен над уровнем связки таких параметров характеристики алмазного круга, как размер зерна, прочность зерна и прочность связки. Относительная концентрация алмаза слабо влияет на высотные параметры режущего профиля, а изменяет количество алмазных зерен и шаговые параметры рельефа рабочей поверхности.

В четвертой главе приведены результаты двух серий экспериментов, проведенных по планам латинских квадратов. Получены математические модели процесса, отражающие влияние параметров режима резания и характеристики алмазного круга на основные показатели процесса шлифования. Математические модели получены вида:

$$F = A U_K^B U_S^C t^E B^K D_3^K K_A^P P_3^T N^Y 10^J, \quad (4)$$

где $J = M U_K + D U_S + I t + A B + P D_3 + C K_A + \Phi P_3 + \Psi N$.

Коэффициенты этих моделей представлены в табл. 4. Проверка показала адекватность моделей проведенным экспериментам на уровне не ниже 80%. Показано, что скорость главного движения и скорость движения подачи влияют на относительный расход алмаза экстремально. Наблюдается минимум расхода при скорости главного движения 12 – 15 м/с и скорости движения подачи 50 мм/мин. Увеличение U_K в три раза увеличивает приведенную интенсивность съема в 1,4 раза, а удельную работу в 2,4 раза. Увеличение U_S в три

приводит к увеличению приведенной интенсивности в 1,8 раза и снижению удельной работы в 1,7 раза. Увеличение глубины шлифования в три раза уменьшает удельную работу в 1,1 раза и повышает приведенную интенсивность в 1,8 раза. Показано, что параметры режима резания почти пропорционально влияют на параметр шероховатости обработанной поверхности. Так увеличение U_x в три раза увеличивает R_a в 2,7 раза, увеличение глубины шлифования в три раза увеличивает R_a в 2,4 раза. С увеличением размера алмазного зерна (зернистости) монотонно растет удельная работа шлифования, причем ее рост до размера зерна 125 мкм не значительный, а дальнейшее увеличение зернистости приводит к значительному росту удельной работы. Исследования рабочей поверхности алмазного круга, проведенные в гл. 3, показали, что с увеличением зернистости аналогичным образом меняется математическое ожидание плотности вершин алмазных зерен, то есть увеличиваются высотные параметры режущей поверхности. Увеличение пространства между зернами алмаза и уменьшение их количества приводит к облегчению внедрения алмаза в обрабатываемый материал и к увеличению приведенной интенсивности шлифования. Увеличение относительной концентрации алмаза от 100 до 200% увеличивает относительный расход алмаза в два раза, а приведенная интенсивность будет иметь максимум при 150%. Это хорошо сочетается с минимумом математического ожидания плотности вершин алмазных зерен на рабочей поверхности, что приводит к увеличению числа активных режущих зерен и, как следствие, к уменьшению удельной работы шлифования. Увеличение прочности алмазных зерен (сила на раздавливание) приводит к уменьшению относительного расхода алмаза, к монотонному увеличению высотных характеристик рабочей поверхности, к снижению приведенной интенсивности и к увеличению удельной работы шлифования. Такое поведение основных показателей процесса говорит о том, что алмазный круг будет работать в режиме затупления, а чтобы он перешел в режим самозатачивающего, надо существенно повысить режим шлифования, увеличить интенсивность процесса. Введение в связ у алмазного круга наполнителя (графита) уменьшает ее прочностные свойства. С увеличением относительной концентрации наполнителя растет приведенная интенсивность и падает удельная работа шлифования. Относительный расход алмаза имеет минимум при 30-40% относительной концентрации наполнителя. Такое поведение основных показателей процесса говорит о том, что алмазный круг будет работать в режиме самозатачивающего, а при со-

держании наполнителя в связке более 50% происходит осыпание рабочей поверхности алмазного круга. Увеличение относительной концентрации алмаза в два раза уменьшает параметр R_a в 1,1 раза, а увеличение зернистости от 80/63 до 200/160 приводит к увеличению R_a в 1,7 раза. Повышение прочности алмазного зерна улучшает шероховатость обработанной поверхности, прочность связки почти не влияет на показатель R_a . Для сравнения приведены данные из литературных источников, показывающие поведение основных показателей процесса при многопроходном шлифовании. Влияние параметров режима резания и характеристики алмазного круга аналогичны полученным в этой работе и отличаются только по абсолютной величине. Это говорит о том, что и однопроходное и многопроходное шлифование вызывают одни и те же физические явления в зоне резания и обуславливающие протекание процесса резания алмазным зерном. Кроме математических моделей, отражающих протекание процесса шлифования, в гл. 4 приведен расчет себестоимости C_{100} процесса сошлифования 100 мм³ твердого сплава, учитывающий такие слагаемые, на которые существенно влияют параметры режима резания и характеристики алмазного круга.

Таблица 4

Коэффици- циенты	Значения коэффициентов в математических моделях			
	q , мг/г	P_x , Н	P_z , Н	R_a , мкм
А	23320,56	29027,634	$5,791 \times 10^{-1}$	$2,775 \times 10^{-4}$
Б	-1,4616	-0,3171	0,533	0,105
М	$3,900 \times 10^{-2}$	$-7,200 \times 10^{-4}$	$-3,350 \times 10^{-2}$	$-2,750 \times 10^{-2}$
Г	$-7,430 \times 10^{-1}$	$5,387 \times 10^{-1}$	1,090	$2,875 \times 10^{-1}$
Д	$6,910 \times 10^{-3}$	$7,200 \times 10^{-4}$	$-2,980 \times 10^{-3}$	$3,060 \times 10^{-3}$
Е	$3,180 \times 10^{-2}$	$3,289 \times 10^{-1}$	1,0	$5,687 \times 10^{-1}$
И	$4,520 \times 10^{-1}$	$2,750 \times 10^{-1}$	$-2,020 \times 10^{-1}$	$1,400 \times 10^{-1}$
К	1,045	0,800	$6,620 \times 10^{-1}$	$6,880 \times 10^{-1}$
Л	-0,010	$4,470 \times 10^{-3}$	$1,550 \times 10^{-2}$	$-2,610 \times 10^{-2}$
Н	-1,786	$7,473 \times 10^{-1}$	$-7,787 \times 10^{-1}$	1,027
П	$6,770 \times 10^{-3}$	$-2,970 \times 10^{-3}$	$3,530 \times 10^{-3}$	$-1,570 \times 10^{-3}$
Р	6,797	-2577	$6,184 \times 10^{-1}$	$3,675 \times 10^{-1}$
С	$0,800 \times 10^{-3}$	$7,434 \times 10^{-3}$	$-3,040 \times 10^{-3}$	$-1,526 \times 10^{-3}$
Т	-2,265	$-3,077 \times 10^{-1}$	$-2,253 \times 10^{-1}$	$-3,297 \times 10^{-1}$
Ф	$8,760 \times 10^{-2}$	$2,610 \times 10^{-2}$	$2,730 \times 10^{-2}$	$5,240 \times 10^{-3}$
Ч	-1,558	$-1,568 \times 10^{-1}$	$-5,272 \times 10^{-2}$	$7,580 \times 10^{-2}$
Ш	$2,480 \times 10^{-2}$	$-1,736 \times 10^{-3}$	$-1,214 \times 10^{-3}$	$1,050 \times 10^{-3}$

В пятой главе дано описание экспериментов по определению температуры на поверхности образца твердого сплава в зоне резания при алмазном однопроходном шлифовании и приведена модель теплового процесса, предложенная Сипайловым В.А. Показана удовлетворительная сходимость экспериментальных данных с расчетными. Приведены результаты расчетов поверхностной температуры, скорости нагрева и градиента температур в глубь образца при шлифовании твердого сплава алмазным кругом при различных сочетаниях параметров режима резания. Показано, что при интенсивности шлифования $333 \text{ мм}^3/\text{мин}$ поверхностная температура в 3,4 раза выше при однопроходном шлифовании чем при многопроходном и, соответственно, проникновение температур в глубь образца больше. Так температура 200°C проникает не более чем на 0,15 мм при многопроходном шлифовании и более чем на 5 мм при однопроходном. Но зато скорость нагрева при многопроходном шлифовании в 10,6 раза выше, чем при однопроходном и достигает 4645 град.С/с . Увеличение скорости главного движения и глубины резания приводит к монотонному увеличению поверхностной температуры. Влияние скорости движения подачи на поверхностную температуру экстремально и имеет максимум при 90 мм/мин . Ширина шлифуемого образца на поверхностную температуру практически влияния не оказывает. В работе показано, что на образование трещин на шлифованной поверхности решающее влияние оказывает температурный градиент в направлении тела заготовки. Получено критическое значение градиента равное 400 град.С/мм , превышение которого приводит к образованию сетки микротрещин на твердом сплаве. Показано, что переход к однопроходному шлифованию позволяет уменьшить температурный градиент и избежать повреждения поверхностных слоев твердого сплава.

В шестой главе даны практические рекомендации по повышению эффективности алмазного однопроходного торцевого шлифования твердого сплава. Показано взаимное влияние глубины шлифования и скорости движения подачи на относительный расход алмаза, найдено их соотношение, при котором для заданной интенсивности процесса будет минимальный относительный расход алмаза или при заданном уровне относительного расхода алмаза можно достигнуть максимальной интенсивности процесса шлифования. Показано, что при малых интенсивностях съема (до $100 \text{ мм}^3/\text{мин}$) поверхностная температура практически не зависит от соотношения глубины шлифования

10

и скорости движения подачи. При больших интенсивностях съема материала, увеличение глубины шлифования слабо влияет на поверхностную температуру, а увеличение скорости движения подачи существенно снижает ее. Однако, увеличение скорости движения подачи увеличивает скорость нагрева, а увеличение глубины шлифования, при постоянной интенсивности, уменьшает скорость нагрева. При малых интенсивностях (до $100 \text{ мм}^3/\text{мин}$) температурный градиент практически не зависит от соотношения t и U_s . При больших интенсивностях увеличение глубины шлифования снижает температурный градиент более существенно, чем увеличение скорости движения подачи. Как показано в гл. 5 это является решающим фактором при возникновении трещин на шлифованной поверхности. С помощью математических моделей, полученных в гл. 4, был произведен расчет эффективности алмазного однократного торцевого шлифования твердого сплава Т15К6 по показателю C_{100} . Показано, что параметры характеристики шлифовального круга влияют на показатель C_{100} по-разному. Так увеличение относительной концентрации алмаза от 50 до 150% увеличивает стоимость процесса, а увеличение прочности алмазного зерна снижает стоимость. На величину этого снижения оказывают влияние и размер зерна и относительная концентрация алмаза. Абсолютный минимум при различных параметрах режима резания смещается в сторону меньшей относительной концентрации алмаза и средних размеров зерна при любой прочности последнего. На рис. 1 показано, как снижается стоимость шлифования с ростом интенсивности процесса. Анализ расчетных данных показал, что при любом заданном значении глубины шлифования, для однократного шлифования это припуск под обработку, минимум C_{100} совпадает с определенным уровнем интенсивности шлифования. Это значит, что при определенных параметрах характеристики алмазного круга, такая интенсивность является предельной с точки зрения стоимости процесса. Повышение интенсивности приведет к неоправданному увеличению расхода алмаза, а при уменьшении интенсивности уменьшится производительность труда на данной операции. И то и другое приводит к повышению показателя C_{100} , а следовательно к удорожанию продукции. На практике, зная ширину шлифования и припуск на обработку, путем расчета на ЭВМ можно найти такую скорость движения подачи и такие параметры характеристики алмазного круга, при которых показатель C_{100} будет минимальным. Если проверка на температурный градиент покажет отсутствие трещин и шероховатость обработанной поверхности будет в заданных пределах, то

такой режим обработки и такую характеристику алмазного круга надо считать оптимальными для данной операции.

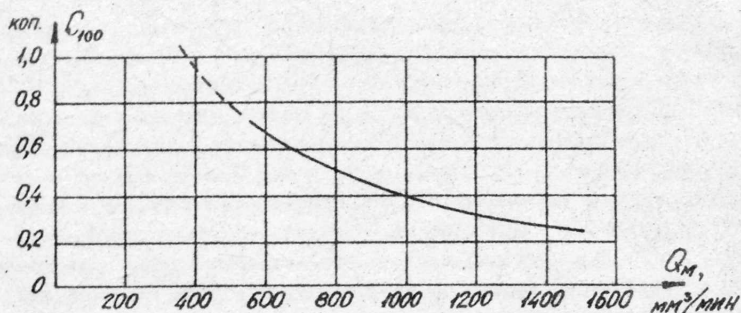


Рис. I

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. В диссертационной работе дано новое решение актуальной научной задачи, состоящее в изучении механики однопроходного торцевого алмазного шлифования твердого сплава; получены математические модели, позволяющие рассчитать основные показатели процесса.

2. Рассмотрение моделей показало, что существует оптимальная величина интенсивности шлифования алмазным кругом с определенными параметрами характеристики, превышение которой ведет к неоправданному перерасходу алмаза, а уменьшение – к снижению производительности труда, то и другое, в конечном итоге, увеличивает затраты на единицу продукции.

Установлено, что существует определенное сочетание параметров характеристики алмазного шлифовального круга, которые обеспечивают требуемые показатели процесса резания и заданное качество обработанной поверхности.

3. Предложена геометрическая модель рабочей поверхности алмазного круга, позволяющая рассчитать такие параметры, характеристики рельефа, как средневероятностное число зерен на единице площади поверхности и распределение вершин зерен по высоте над уровнем связки, в зависимости от параметров характеристики шлифовального круга.

4. Исследована модель образования рельефа рабочей поверхности алмазного круга с учетом влияния правящего инструмента и условий правки. Доказано, что распределение вершин алмазных зерен над уровнем связки может быть описано в виде суммы двух за-

конов распределения, один из которых нормальный, другой равномерный.

Показано существенное влияние на высотные параметры режущего профиля и на уровень максимальной плотности вершин алмазных зерен над связкой таких параметров характеристики круга, как размер и прочность зерна и прочность связки.

5. Исследована динамика процесса и установлено, что наибольшее влияние на составляющие силы резания оказывают ширина и глубина шлифования, а на относительный расход алмаза при шлифовании твердого сплава ТТ5К6 оказывают ширина шлифования, скорость движения подачи, относительная концентрация и прочность алмазных зерен.

6. Исследовано качество шлифованной поверхности, показано, что в принятом диапазоне изменения параметров режима резания и характеристики шлифовального круга микротрещин на обработанной поверхности обнаружено небыло, а параметр шероховатости R_a не выходил за пределы 0,3 - 1,3 мкм; что наибольшее влияние на параметр шероховатости R_a оказывает скорость движения подачи и что при однократном шлифовании параметр шероховатости значительно выше, чем при многократном шлифовании.

7. Изучены тепловые явления в зоне резания и проведен аналитическим методом расчет температурного состояния твердого сплава при однократном шлифовании, который показал достаточную адекватность экспериментальным данным. Показано, что превышение температурного градиента в тело детали за 400 град.С/мм приводит к образованию микротрещин и сколов на шлифованной поверхности.

8. Применена методика планирования многофакторного эксперимента на основе латинских квадратов, что позволило повысить достоверность экспериментальных данных в 2,4 раза по сравнению с однофакторным экспериментом.

9. Показано, что за критерий оценки процесса однократного алмазного торцевого шлифования твердого сплава целесообразно принять затраты отнесенные к сошлифованию 100 мм³ обрабатываемого материала, причем, наиболее значимыми при определении затрат на шлифование и зависящими от параметров режима резания и характеристики шлифовального круга являются затраты, связанные с износом алмазного круга.

10. Разработана и опробована комплексная методика, позволяющая получить достоверные данные при минимальной затрате мате-

риальных средств для определения числовых значений параметров математической модели исследуемого процесса.

II. Разработаны технологические рекомендации для внедрения результатов исследований в производственных условиях, что позволит повысить качество выпускаемой продукции и понизить ее себестоимость.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Булошников В.С., Малевский Н.П., Попов С.А. Глубинное шлифование твердого сплава // Теория и практика алмазной обработки деталей приборов и машин: Тезисы докладов на Всесоюзной конференции. - 1973. - С.65-71.

2. Булошников В.С. и др. Глубинное шлифование многогранных пластин из твердого сплава / В.С.Булошников, Н.П.Малевский, С.А.Попов, Л.С.Сенченкова // Труды МВТУ. - 1974. - №178. - С.119-129.

3. Булошников В.С., Сенченкова Л.С. Влияние условий шлифования на изменение температуры поверхности обрабатываемого материала // Алмазы и сверхтвердые материалы. - 1977. - №6. - С.9-11.

4. Булошников В.С. Определение количества зерен на поверхности алмазного круга // Процессы и оборудование алмазно-абразивной обработки. - М., 1977. - С.158-163.

5. Малевский Н.П. и др. Стенды и приборы для исследований процесса алмазно-абразивной обработки материалов / Н.П.Малевский, В.С.Булошников, С.А.Попов, Л.М.Терещенко // Труды МВТУ. - 1980. - №324. - С.80-134.

6. А.с. 450952 СССР, МКД С ОI В 5/20. Устройство для измерения размеров и формы / В.С.Булошников, Н.П.Малевский, С.А.Попов.

7. А.с. 878550 СССР, МКД³ В 24Д 3/06. Способ изготовления алмазно-абразивных инструментов / Г.З.Обухова, С.Т.Рогова, М.В.Пикунов и др.

В.С. Булошников

