

М404149

НА ЛОМ
НЕ ВЛИВАЕТСЯ

Министерство высшего и среднего специального образования
СССР

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое
училище им. Н.Э. Баумана

На правах рукописи
Алферов Эдуард Александрович

УДК 621.923.02.04

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА
ШЛИФОВАНИЯ РЕЗЬБОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МНОГОПРОФИЛЬНЫМИ
КРУГАМИ ИЗ ЭЛЬБОРА

(Специальность 05.03.01. - Процессы и машины
обработки материалов резанием; автоматические
линии)

Автореферат диссертации
на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в Украинском Государственном проектно-технологическом и экспериментальном институте "Укроргстанкинпром".

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент
Попов Сергей Александрович

Официальные оппоненты - доктор технических наук, доцент
Суворов Александр Алексеевич;
кандидат технических наук, доцент
Кербикс Леонид Сергеевич

Ведущее предприятие - Львовское Инструментальное Производственное объединение

Защита состоится 20 июня 1988 г.

на заседании специализированного совета К-058.15.15 в Московском высшем техническом училище им. Н.Э. Баумана по адресу:
107005, Москва, 2-я Бауманская, 5.

Ваш отзыв в одном экземпляре, заверенный печатью, просим
высылать по указанию

С
в б

Авт

Учёный секретарь
к.т.н., доцент

M 407149

Л-99505 ст

Тираж 100 экз
мюнхенск., д. 2,

641
ау-

17407149
Актуальность проблемы. Важную роль в ускорении научно-технического прогресса машиностроения, основные направления которого определены XXVI съездом КПСС, играет оснащение технологического оборудования высокопроизводительным и качественным инструментом. Задача, в частности, состоит в наращивании объёмов производства и повышении технического уровня резбобразующего инструмента, в том числе метчиков. Решение задачи осложнено постоянно растущей номенклатурой быстрорежущих сталей, содержащих в закаленном состоянии высокотвердые карбиды. В связи с этим большое внимание уделяется различным путям улучшения качества обработки и повышения производительности операции резбшлифования, являющейся наиболее трудоёмкой в технологии изготовления метчиков. Шлифование резьбы кругами из эльбора позволяет получить точный профиль, неизменной исходную структуру заготовки и высокий класс шероховатости, однако в ряде случаев производительность при этом остается неприемлемой. Поэтому разработка и оптимизация процесса высокопроизводительного и качественного шлифования резьбы в первую очередь для нужд специализированной инструментальной промышленности, на долю которой приходится около 70% выпуска всех метчиков, является актуальной задачей.

Цель исследования. Обоснование эффективности и исследование процесса шлифования резьбовых поверхностей многопрофильными кругами из эльбора. Разработка рекомендаций по выбору режимов резбшлифования врезанием и правки многопрофильных кругов из эльбора.

Методы исследования. Работа выполнялась по методике, предусматривающей выбор и обоснование схемы шлифования, характеристики кругов, оценку их режущей способности по силовому и температурному показателям, удельной интенсивности и удельной работе шлифования, качеству обработанной поверхности (шероховатости и содержанию аустенита). Методикой предусматривалось выбор регулируемых параметров правки, материалов роликов, анализ и разработка их конструкций, технико-экономический анализ результатов резбшлифования совместно с результатами правки и внедрение разработок на промышленных предприятиях.

Научная новизна. Теоретически и экспериментально обоснована возможность и целесообразность высокопроизводительного и качественного шлифования резьб методом врезания многопрофильными



НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



кругами из альбора на закаленных заготовках. Установлены закономерности процесса шлифования резб врезанием и правки многопрофильных кругов из альбора накатными роликами. Выявлены взаимосвязи и получены аналитические зависимости основных показателей процесса резбшлифования и правки от режимов и условий их выполнения.

Практическая ценность. Разработан процесс шлифования резб врезанием, выполнена оптимизация его режимов. Предложена схема правки с регулируемыми параметрами и повышена её эффективность за счёт их оптимизации. Обоснованы рекомендации по выбору режимов резбшлифования и правки и осуществлено внедрение на предприятиях специализированной инструментальной промышленности с экономическим эффектом 109,9 тыс.руб., что подтверждено актами.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на научном семинаре кафедры "Теория механической обработки и инструмент" МВТУ им.Н.Э.Баумана в 1982г., на Всесоюзной научно-технической конференции "Прогрессивные технологические процессы изготовления и рациональная эксплуатация режущего инструмента" - Харьков, 1979г., на научно-техническом семинаре общества "Знание" РСФСР "Обработка материалов резанием" - М., 1980г., на Всесоюзной конференции "Современные проблемы резания инструментами из сверхтвёрдых материалов" - Харьков, 1981г. Процесс шлифования резб врезанием кругами из альбора отмечен бронзовой медалью ВДНХ. Три разработки, выполненных по теме диссертация, признаны изобретениями.

Объём работы. Диссертационная работа изложена на 112 страницах машинописного текста, состоит из введения, шести глав и основных выводов. Работа иллюстрирована 48 рисунками, содержит 18 таблиц, список литературы включает 103 наименования.

В первой главе представлен литературный обзор, определена цель, поставлены задачи и описана методика исследования процесса шлифования резб многопрофильными кругами из альбора методом врезания.

Применение кругов из альбора для шлифования резб содержится их недостаточной производительностью в условиях специализированных заводов инструментальной промышленности. Попытки их эксплуатации по технологии этих предприятий, где большая

производительность достигается за счёт высокой скорости заготовки, дали отрицательный результат.

Расчётно показано, что повышение производительности предпочтительней всего осуществлять за счёт увеличения глубины шлифования. Это обоснование дополнено зависимостями стойкости кругов от глубины шлифования и скорости заготовки. Кроме того, повышение производительности связано с уменьшением числа проходов и увеличением количества одновременно работающих единичных профилей. В наибольшей степени этим условиям отвечает способ шлифования резб врезанием многопрофильными кругами из эльбора. Являясь наиболее производительным, врезной способ резбошлифования применительно к метчикам не практикуется и рекомендации по назначению режимов операции отсутствуют.

На основании выполненного анализа, и считая что применение многопрофильных кругов неотделимо от их правки, сведения о которой в литературе практически отсутствуют, в работе были поставлены следующие задачи:

1. Выбрать и обосновать схему резбошлифования, определить границы её возможного применения.

2. Исследовать особенности процесса правки многопрофильных кругов из эльбора накатными роликами.

3. Установить закономерности правки многопрофильных кругов из эльбора и выявить взаимосвязь показателей с условиями её выполнения.

4. Выявить отличия энергетических, силовых, температурных и др. показателей процесса резбошлифования и установить их взаимосвязь с режимами обработки, характеристиками кругов и условиями теплоотвода.

5. Исследовать особенности и установить закономерности показателей точности и качества резбошлифования.

6. Разработать рекомендации по выбору кругов, режимов резбошлифования и условий выполнения правки.

7. Проанализировать затраты и определить экономическую эффективность процесса.

Экспериментальные работы выполнялись на резбошлифовальном станке 5822 дополнительно оснащённом устройствами регулировки прижима ролика и частоты вращения круга при правке. Использовались круги из эльбора ПП400х25х203 зернистостью ЛМ20... Л4 и твердостью от С1 до СТ3 на керамической связке. Правка осуществлялась накатными роликами.

Замер составляющих сил резания выполнялся с помощью тензоматричного центра и усилителя ТА-5, температура измерялась специально разработанными термопарами. Для записи силовых и температурных показателей использовался осциллограф Н-115. Шероховатость резьбы измерялась профилометром мод. 201 завода "Калибр". Металлографические исследования выполнялись на микроскопе МИМ-СМ.

Обработка результатов выполнялась по правилам математической статистики, наиболее трудоемкая часть работы выполнена по специальному латинскому плану, позволившему сократить число экспериментов в 4 раза. Для выполнения расчетов и аппроксимации результатов использовались ЭВМ.

Во второй главе рассмотрены результаты изучения и оптимизации правки, которая является наиболее важным и наименее изученным параметром резьбошлифования.

Тензометрированием выяснено, что при правке сила взаимодействия между роликом и кругом в станках существующих конструкций устанавливается величиной подачи и носит циклический характер. В момент подачи сила достигает максимальных значений и может разрушить хрупкие мостики керамической связки, при выхаживании сила убывает, что может вызвать проскальзывание ролика и его усиленный износ. Для исключения вредных явлений предложена схема стабилизации силы прижима и регулирования её величины за счёт тарированных упругих элементов. Частота вращения круга принята другим регулируемым параметром правки. Величина абразивного слоя круга, удаляемого при правке в зависимости от регулируемых параметров показана на рис. 1.

Полученные результаты связаны со временем выполнения правки ($\tau_{\text{шик}}$) в объединенном выражении

$$S = 16(F - 2,72)(n - 31,8)e^{-0,03n} \tau^{0,549} \quad (I)$$

Определен характер изменения профиля накатного ролика, исходя из механизма его взаимодействия с кругом и положения теории абразивного износа о пропорциональности износа пути проскальзывания. Взаимодействие ролика и круга происходит по циклическим кривым — эпитрахоидам. Величина пути проскальзывания определяется интегралом.

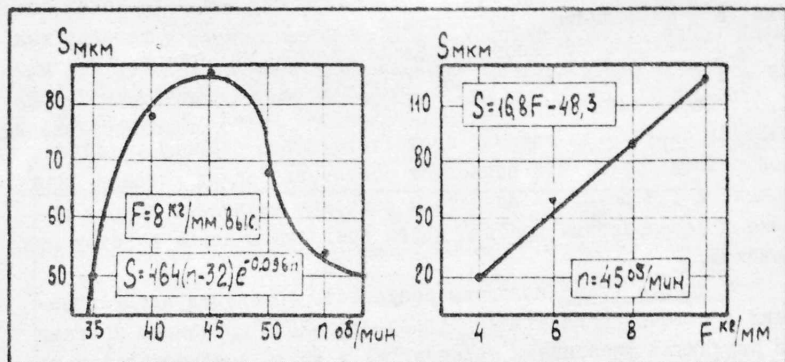


Рис. I. Величина удаляемого слоя S в зависимости от частоты вращения круга n об/мин и удельной силы прижима ролика F кг/мм

$$L = 2 \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \int_0^{\psi} \sqrt{b^2 + 4R_1(R_1 + b) \sin^2 \frac{\varphi}{2}} \cdot d\varphi \quad (2)$$

где R_1 и R_2 - радиусы ролика и круга соответственно;

b - расстояние рассматриваемой точки ролика относительно линии начального диаметра;

φ - текущий угол поворота (параметр) ролика;

ψ - угол, в пределах которого происходит контактирование рассматриваемой точки ролика и круга.

С помощью расчета на ЭВМ определена форма износа профиля ролика. Расчетная форма износа профиля совпадает по характеру с фотографиями фактического износа что подтверждает правильность принятого подхода и выполненных вычислений.

Стойкость накатных роликов h мм от частоты вращения круга удельной силы прижима ролика и твердости круга T_b определена с помощью латинского плана

$$h = K \cdot \frac{[(10 - 0,1 T_b)^3 + 15,3] (22,8 F + 6) (58 - n)}{27,7 e^{0,074(85 - n)}} \quad (3)$$

где K — коэффициент, учитывающий марку стали ролика.

Наибольшую стойкость проявили ролики из стали Р945 ($K = 1,29$), наименьшую из ХВГ ($K = 0,50$), для стали Р6М5 ($K = 1,0$). Обоснованы рекомендации выполнения правки до значений радиуса скругления вершины, соответствующего периоду устойчивой работы круга, что позволяет сократить расход эльбора при правке в 1,8 раза. На основании изучения механизма износа ролика и формирования профиля круга предложены новые конструкции роликов.

В третьей главе изложены результаты сравнения энергетических и силовых показателей резбошлифования врезанием кругами из различных абразивных материалов, а также закономерности изменения силовых показателей от условий выполнения операции для кругов из эльбора.

Установлено, что в сравнении с кругами из электрокорунда удельная интенсивность шлифования кругами из эльбора в 2,1...2,2 раза выше, а удельная работа в 1,8...2,5 раза ниже. Сравнение составляющих сил резания показывает, что для кругов из эльбора они будут в 2,6...3 раза ниже, а их ожидаемая стойкость, судя по коэффициентам абразивного затупления, будет примерно в 100 раз выше стойкости кругов из электрокорундов.

Получены зависимости составляющих сил резания P_y и P_z от шага резьбы P , скорости шлифования $V_{кр}$, скорости заготовки $V_{изг}$, твердости T_b и зернистости круга d_3

$$P_y = 538 P^{0,10} \cdot V_{изг}^{0,75} \cdot T_b^{0,22} \cdot V_{кр}^{-0,26} \cdot d_3^{-0,20} \quad (4)$$

$$P_z = 1782 P^{0,25} \cdot V_{изг}^{0,93} \cdot T_b^{0,29} \cdot V_{кр}^{-0,56} \cdot d_3^{-0,14} \quad (5)$$

В четвертой главе изложены результаты исследования температур резбошлифования, их взаимосвязи с условиями выполнения операции. Установлено распределение температуры по профилю резьбы в различных осевых сечениях заготовки, а также выявлены наиболее теплонапряженные точки при глубинном однопрофильном резбошлифовании (Рис.2). Изучение теплового режима однопрофильного резбошлифования показало, что наименьшие температуры возникают при применении кругов из эльбора, выправленных методом шлифования. В этом случае температура на 160...225° (в 1,7...

2,6 раза) ниже чем при применении таких же кругов, но выправленных алмазными карандашами, на $320...400^{\circ}$ (в 2,1...4 раза) ниже чем при применении кругов из электрокорунда и на $220...340^{\circ}$ (в 1,9...3,2 раза) ниже чем при применении кругов из карбида кремния зелёного.

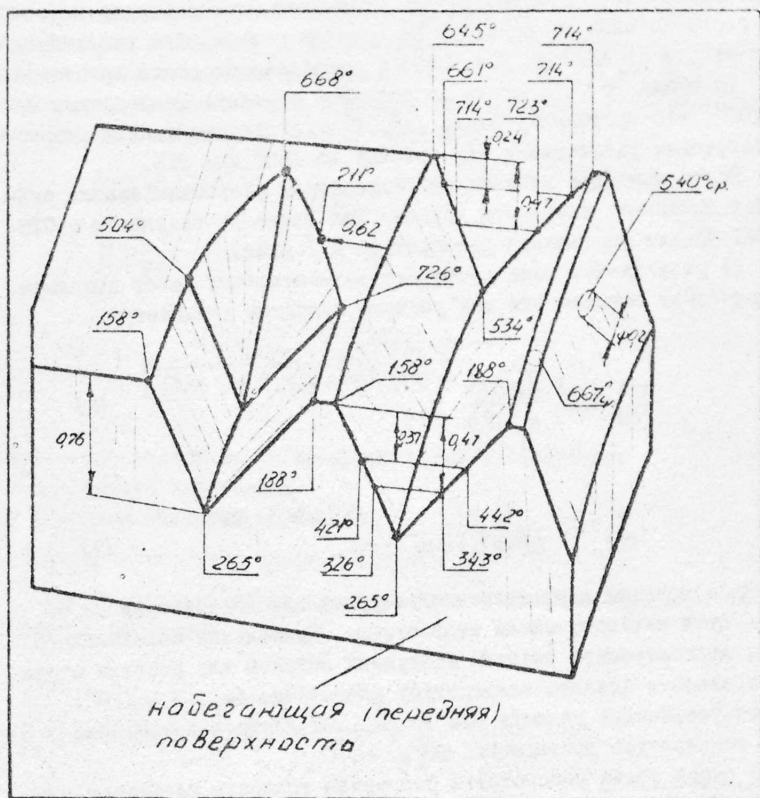


Рис.2. Характер распределения температуры по профилю

Температура, возникающая при шлифовании резьбы М8х1,25 многопрофильным кругом ЛМ28СТЗКII в сравнении с температурой при шлифовании однопрофильным кругом ЛМ28ТКII в 2,1...3 раза

выше. Эта температура выше в 1,25...1,5 раза и в том случае, когда правка однопрофильного круга ЛМ28Т2К9 выполнялась алмазными карандашами, а его твердость была на два номера выше.

Повышение температуры при врезном резбошлифовании обусловлено одновременностью действий по обеим сторонам профиля тепловых источников одинаковой мощности, а также менее благоприятными условиями теплоотвода, на что указывает неравномерный характер распределения температуры по профилю резбон. При увеличении зернистости от ЛМ20 до Л04 (М50) в диапазоне скорости заготовки от 0,10 м/мин до 0,15 м/мин достигается снижение температуры на 70-100°, что составляет около 15%. Дальнейшее увеличение скорости заготовки увеличивает эту разницу до 150° или 22%.

Более заметное влияние на температуру резбошлифования оказывает изменение твердости кругов. Так снижение твердости с СТЗ до СМ1 влечет уменьшение температуры в 2 раза.

По результатам этой части экспериментальных работ выведены эмпирические зависимости для расчета значений температур.

$$T_{\text{СТЗ}}^0 = 10^3 \frac{d_3 - 5,44}{d_3 - 12,4} V_{\text{изг}}^{10^{-2} [74,4 - \sqrt{28,2^2 - (d_3 - 44,8)^2}]} \quad (6)$$

$$T_{\text{Л04}}^0 = 10^2 \frac{T_6 - 23,2}{0,022 T_6 + 4,44} V_{\text{изг}}^{10^{-4} 8,98 T_6 + 0,374} \quad (7)$$

На основании изучения температурных закономерностей определены пути интенсификации теплоотвода. Применение оптического сопла, использующего энергию воздушных потоков для разгона струи СОЖ, позволяет снизить температуру шлифования на 100...110°. Простое увеличение расхода СОЖ до 60...70 л/мин вызывает снижение температуры достигающее 60°.

В пятой главе рассмотрена размерная точность шлифуемой резбон, шероховатость обработки, взаимосвязь её с условиями выполнения операции и методика определения режимов и условий резбошлифования, исключающих изменение монокристаллической структуры закаленной заготовки.

При многопрофильном резбошлифовании дополнительные отклонения от точности геометрических параметров связаны со взаимно-

расположением шлифовального круга и заготовки. Оси шлифовально-го круга и заготовки могут быть параллельными опорной плоскости, пересекаясь или оставаясь параллельными между собой, а также могут перекрещиваться.

При обработке с параллельным расположением осей плоскости, в которых располагаются единичные кольцевые профили круга, не совпадают с направлением витков шлифуемой резьбы на величину угла подъема последней, в результате чего происходит искажение профиля и увеличивается впадина резьбы. Характер и величина расхождений профилей круга и резьбы определяется совокупностью значений подрезаний β в каждой точке профиля.

$$\beta = \frac{P\psi}{2\pi} - \left[(S - r_1) - \sqrt{(S - r_1)^2 - (r_1 \sin \psi)^2} + \right. \\ \left. + r_1 - \sqrt{r_1^2 - (r_1 \sin \psi)^2} \right] \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \text{кр} \quad (8)$$

где S - расстояние между центрами круга и заготовки;

r_1 - радиус заготовки;

ψ - угол поворота заготовки;

$\frac{\alpha}{2} \text{кр}$ - половина угла профиля круга.

Расчет отклонений от прямолинейности профиля определяется с помощью выражения

$$\xi = \beta_2 + (r_1 + r_2) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \frac{P}{2\pi} \arcsin \frac{P}{2\pi r_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \text{кр}} + \left\{ \left[(S - r_1) - \sqrt{(S - r_1)^2 - \left(r_1 \frac{P}{2\pi r_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \text{кр}} \right)^2} \right] + r_1 \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{P}{2\pi r_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \text{кр}} \right)^2} \right] + (r_2 - r_1) \right\} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \text{кр} \quad (9)$$

Шероховатость обработки лежит пределах 90...100 классов и связана со скоростью шлифования и скоростью заготовки зависимостью:

$$R_z = C_1 (V_{кр}) V_{у3г}^{x(V_{кр})} + C_2 (V_{кр}) \quad (10)$$

Изменение твердости и зернистости кругов в принятом диапазоне их изменения влияния на шероховатость не оказывают.

Экспериментально определены условия, включающие фазовые изменения структуры исходной заготовки в виде соотношения

$$V_{у3г} \leq 745 \cdot 10^{-4} V_{кр}^{0,84} d_3^{0,14} T_b^{-0,60} P^{-0,24} \quad (11)$$

В шестой главе обоснован выбор критерия стойкости, за который принят радиус скругления вершин. Показан характер изменения радиуса от количества обработанных заготовок и доказано снижение интенсивности увеличения радиуса с увеличением его значений. Стойкость круга в количестве обработанных заготовок и скорость заготовки связаны зависимостью

$$N = \frac{2930 - 10^4 V_{у3г}}{1,527 V_{у3г} + 0,578} K_b \quad (12)$$

где K_b - коэффициент, учитывающий влияние твердости кругов.

Определена интенсивность шлифования для резб с различным шагом, которая составляет 60 мм³/мин для шага 0,5 мм и 1720 мм³/мин для шага 1,5 мм.

Удельный расход эльбора с учетом правки и без неё, а также для различных вариантов правки связан со скоростью заготовки зависимостью

$$q = K_f K_n (8,9 V_{у3г} - 1,093)^2 + 0,153 K_f K_n \quad (13)$$

где K_n - коэффициент, учитывающий расход при правке;

K_f - коэффициент, учитывающий величину радиуса скругления профилей по окончанию правки.

Для выбора оптимальных с точки зрения экономики условий резбшлифования выполнен анализ затрат на операцию при различных сочетаниях режимов и схем правки, где учтено совместное влияние интенсивности (производительности) шлифования, удельного расхода эльбора, стойкости кругов и других технологических факторов.

Доля затрат на инструмент, круги из альбора и накатные ролики с увеличением скорости подготовки и уменьшением количества правок возрастает от 1,2% до 40%. Наибольший удельный вес до 66% в себестоимости операции составляют затраты на эксплуатацию оборудования, от снижения которых, а также других составляющих, складывается экономическая эффективность процесса. Минимальная себестоимость шлифования резьбы метчиков М8Х1,25 составляет 0,7 коп.

Анализ затрат на операцию в сочетании с изучением показателей резьбошлифования врезанием кругами из альбора и их правки позволили создать процесс, который по всем технико-экономическим показателям перекрывает процессы, действующие в условиях массового производства. Эти преимущества стимулировали внедрение процесса резьбошлифования врезанием на специализированных инструментальных заводах.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Теоретически и экспериментально обоснована возможность эффективного шлифования резьбы врезанием многопрофильными кругами из альбора. Исследованы энергетические, силовые температурные и другие показатели резьбошлифования врезанием. Определены оптимальные сочетания режимов и условий обработки, позволяющие в условиях специализированных инструментальных предприятий повысить в 1,5...2,3 раза производительность операции.

2. Обоснована необходимость выполнения правки при определенной частоте вращения круга и стабилизированной силе прижима ролика за счёт тарированных упругих элементов.

3. Получены аналитические и эмпирические зависимости между показателями и режимами резьбошлифования и правки, которые были использованы при оптимизации процессов.

4. Установлено, что правку целесообразно выполнять при частоте вращения круга 40...60 об/мин и удельной линейной нагрузке накатного ролика 6...10 кгс на 1 мм высоты круга. Оптимальное сочетание численных значений элементов режима правки, определяются с учетом характеристики кругов.

5. Стойкость ролика зависит от материала, из которого он изготовлен. Наибольшую стойкость имеют ролики из стали Р345, наименьшую из ХВГ.

6. Установленные закономерности изучения механизма износа профиля ролика позволили разработать конструкцию, повышающие его стойкость в 1,6...2,3 раза и снижающие неравномерность износа по профилю.

7. При шлифовании резьб кругами из альбора в сравнении с кругами из электрокорунда составляющие силы резания ниже в 2,4...2,7 раза, удельная работа шлифования ниже в 1,8...2,5 раза, а удельная интенсивность шлифования выше 2,1...2,2 раза.

8. Глубинное резьбошлифование характеризуется неравномерным распределением температуры по профилю. От вершины к впадине температура вначале увеличивается, а затем снижается. Температура увеличивается также в направлении встречном перемещению заготовки. Наибольшие температуры возникают на вершине стороны профиля.

9. Температура при шлифовании кругами из альбора в 2,1...4 раза ниже чем при шлифовании кругами из электрокорунда. Правка кругов из альбора алмазными карандашами повышает температуру шлифования в 1,7...2 раза против температуры кругов, выправленных методом шлифования.

10. Резьбошлифование многопрофильными кругами способом врезания отличается температурами в 2...3 раза выше температур шлифования однопрофильными кругами при одинаковых скоростях заготовки, шаге, глубине обработки и др. условиях.

11. Улучшение теплоотвода возможно за счет увеличения расхода СОЖ и применения специального сопла, использующего энергию воздушных потоков, создаваемых периферией круга. В условиях экспериментов за счет этих факторов удается снизить температуру на 60...110°.

12. Шероховатость поверхности резьбы прошлифованной методом врезания кругами из альбора лежит в пределах 0,53...1,10 мкм по R_z , что соответствует 96-100 классам. Структурные изменения материала заготовки отсутствуют.

13. Износ профилей круга при резьбошлифовании врезанием происходит преимущественно по вершинам (увеличивается радиус округления). Скорость износа уменьшается с увеличением радиуса округления. Интенсивность шлифования достигает 1700 мм³/мин.

удельный расход эльбора (с учетом расхода на правку) не превышает 2,5 мг/г.

14. Дополнительным преимуществом процесса является тихходность исполнительных органов оборудования и небольшие перебеги на их возвращение в исходное положение, что повышает надежность станков и снижает расходы по их эксплуатации. Для полного использования всех преимуществ процесса по результатам выполненной работы разработана техническая заявка на проектирование специального резбошлифовального автомата, в конструкции которого будут учтены все особенности шлифования резб врезанием и правки многопрофильных кругов из эльбора.

15. Внедрение процесса шлифования резб кругами из эльбора методом врезания на Запорожском инструментальном заводе, Львовском инструментальном производственном объединении, Кировском заводе "Красный инструментальщик" обеспечило получение 109,9 тыс.руб. экономического эффекта.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Алферов Э.А. Силы резания при врезном резбошлифовании. - Синтетические алмазы, 1978, вып. № 6, с.74-75.
2. Алферов Э.А. Врезное шлифование резбы метчиков. - Машиностроитель, 1978, № 2, с.27.
3. Алферов Э.А. Применение кругов из эльбора для шлифования резб с шагом 0,35...0,8 мм. Конференция молодых специалистов. - Абразивы, 1975, № 3, с.30.
4. Алферов Э.А. Накатной ролик. - Машиностроитель, 1978, № 2, с.25.
5. Алферов Э.А., Мурашов К.А. Шлифование резбы микровинтов многоконичными кругами из эльбора. - Абразивы, 1978, № 12, с.1-2.
6. Мищенко Л.Д., Алферов Э.А. Силы резания при врезном резбошлифовании. - Обработка материалов резанием: Материалы семинара. - М.: МДНП, 1980, с.103-105.
7. Мищенко Л.Д., Алферов Э.А. Выбор режима врезного резбошлифования по силовым показателям процесса. - Станки и инструмент, 1982, № 1, с.31-32.
8. Мищенко Л.Д., Алферов Э.А. Производительность шлифования резб многоконичными кругами из эльбора и их стойкость.

- Прогрессивные технологические процессы: Тезисы докладов / Ред. кол. проф. М.Ф.Семко и др. М., 1979, с.145-146.

9. Мищенко Л.Д., Алферов Э.А., Качкин Г.Е. Врезное резьбошлифование метчиков кругами из эльбора. - Станки и инструмент, 1979, № II, с.25-26.

10. Мищенко Л.Д., Алферов Э.А. Применение многоиточных кругов из эльбора для шлифования резьб метчиков. Современные проблемы резания инструментами из сверхтвердых материалов: Тезисы докладов. Том 2 / Ред.кол.П.Р.Родин и др., Харьков, 1981, с.162-163.

11. Качкин Г.Е., Алферов Э.А. Врезное многониточное шлифование кругами из эльбора. - Абразивы, 1981, № 5, с.9-10.

12. А.с. № 674880. Накатной ролик. Э.А.Алферов, Л.Д.Мищенко. Заявл.03.03.75. МКИ В24В 53/06. Оpubл. в Б.И. 1979, № 27.

13. А.с. № 837566. Термопара для измерения температуры при шлифовании. Э.А.Алферов, Е.А.Анелъчишина, Г.К.Качкин и др. Заявл. 11.04.78. МКИ В 23 В 25/06. Оpubл. в Б.И. 1981, № 22.

14. А.с. № 773453. Способ измерения температуры поверхности шлифования. Э.А.Алферов, А.П.Бродянский, А.И.Усик. Заявл. 15.05.78. МКИ О1К 7/02. Оpubл. в Б.И. 1980, № 39.

Алферов