

КИЕВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На правах рукописи

ВЕРХОЯРНЫЙ АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ С ЦЕЛЬЮ
МОДЕРНИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЪЕРОШИВАНИЯ
ДЕТАЛЕЙ НИЗА ОБУВИ АЛМАЗНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Специальность 05.02.13 - машины и агрегаты легкой
промышленности

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Киев - 1990

Работа выполнена в Киевском технологическом институте легкой промышленности и Институте сверхтвёрдых материалов АН УССР

Научный руководитель - заслуженный деятель науки и техники УССР, доктор технических наук, профессор Пискорский Г.А.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор Нестеров В.П., кандидат технических наук Вайнтруб И.В.

Ведущее предприятие - Хмельницкая обувная фабрика им. 60-летия Великой Октябрьской социалистической революции

Захита состоится "19" декабря 1990 г. в 12 часов на заседании специализированного совета К.068.30.02 в Киевском технологическом институте легкой промышленности по адресу: 2520II, Киев-II, ул. Немировича-Данченко, 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Киевского технологического института легкой промышленности.

Автореферат разослан "16" ноября 1990 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
доктор технических наук,
профессор

Пипа Б.Ф.

I

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Задачей первостепенного экономического значения для отечественной промышленности является ускорение социально-экономического развития страны, всемерная интенсификация и повышение эффективности производства на базе научно-технического прогресса.

В обувной промышленности значительное повышение эффективности производства достигается за счет внедрения клеевого метода крепления деталей низа обуви. В настоящее время более 70% отечественной обуви выпускается с использованием этого метода крепления. Тенденция развития обувной промышленности в СССР и за рубежом направлена на увеличение производства обуви клеевого метода крепления низа с применением формованных подошв, которые значительно улучшают эстетический вид и эксплуатационные показатели обуви.

Технология подготовки формованных подошв к склеиванию /операция взъерошивания/ требует применения специального оборудования и инструмента. Отсутствие серийно изготавливаемого инструмента и недостаток специального оборудования вынуждает производственников искать различные пути выхода из этого положения. Так, например, на многих предприятиях используют для этих целей оборудование, не предназначенное для выполнения данной технологической операции. Некоторые предприятия разрабатывают необходимое оборудование и режущий инструмент собственными силами. Характерные недостатки применяемого режущего инструмента - низкая наработка на отказ и нестабильность его режущих характеристик в процессе эксплуатации, что приводит к снижению качества обработки подошв, а также сдерживает возможности автоматизации и роботизации технологической операции.

Несмотря на широкое распространение как в обувной промышленности, так и в машиностроении абразивной обработки эластомеров,

работ, посвященных ее исследованиям, имеется сравнительно мало. Работы эти посвящены, в основном, исследованиям процессов плоского шлифования эластомеров периферией абразивных инструментов. Опыт же, накопленный на обувных предприятиях страны, свидетельствует, что более качественную обработку формованных подошв можно получить с помощью сложнопрофильного торцового инструмента. Однако процесс обработки эластомеров таким инструментом до настоящего времени не изучался. Применимость же результатов выполненных исследований к анализу рассматриваемого процесса ограничена. В настоящее время отсутствуют научно обоснованные рекомендации по проектированию оборудования и инструмента для обработки формованных подошв, а также рекомендации по рациональной эксплуатации инструмента. Поэтому разработка технологических режимов для процессов взъерошивания деталей низа обуви алмазным инструментом является актуальной задачей обувного производства.

Цель работы – повышение эффективности процесса взъерошивания формованных подошв из эластомеров в результате изучения физических явлений, сопровождающих процесс взъерошивания, установления их основных закономерностей и разработки на их основе рекомендаций по определению оптимальных параметров рабочей поверхности алмазно-абразивного инструмента, рациональных технологических режимов обработки и рекомендаций по проектированию нового и модернизации существующего оборудования.

Методы исследований. Работа выполнялась путем сочетания экспериментальных и аналитических исследований.

Теоретической основой работы послужили результаты исследований советских и зарубежных ученых в области механической обработки полимерных материалов. Применены основные положения теории шлифования материалов, теории трения и износа каучукосодержащих материалов.

Обработка экспериментальных данных и необходимые расчеты осуществлялись с использованием ЭВМ.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- аналитически получены и экспериментально подтверждены уравнения для расчета оптимальной поверхностной концентрации алмазного порошка в торцовом инструменте, учитывающие установленные закономерности изменения размеров ячеек раздира под действием единичных зерен, а также свойства обрабатываемых эластомеров;
- разработана методика расчета цикловой производительности оборудования, в основу которой положены установленные закономерности изменения максимальных температур в малых объемах зоны резания, а также условия стабилизации теплового режима работы инструмента, исключающие термическую деструкцию обрабатываемого материала;
- установлены количественные закономерности физических явлений процесса взъерошивания формованных подошв алмазными торцевыми головками, послужившие научной основой для разработки рациональных режимов обработки и практических рекомендаций по проектированию и модернизации оборудования.

Практическая ценность работы и реализация ее результатов в народном хозяйстве:

- уравнения для расчета поверхностной концентрации алмазного порошка используются в ИСМ АН УССР при создании торцового алмазно-абразивного инструмента для обработки каучукосодержащих материалов;
- разработан новый тип инструмента – алмазные торцевые головки – и освоен его серийный выпуск на Опытном заводе ИСМ АН УССР;
- использование рациональных режимов эксплуатации алмазных торцевых головок позволяет осуществлять взъерошивание формованных подошв из резины с соблюдением требуемого качества их обработки;

- рекомендации по проектированию и модернизации оборудования используются на обувных предприятиях страны;

- экономический эффект от использования результатов работы на Винницком обувном объединении им. Шорса составил 23,8 тыс. руб. в год, ожидаемый экономический эффект от внедрения алмазных торцевых головок на обувных предприятиях УССР - 84 тыс. руб. в год.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы доложены на двух международных /1989, 1990 гг./ и трех республиканских /1986, 1987, 1988 гг./ научных конференциях, на научной конференции профессорско-преподавательского состава КТИПа /1986 г./, на заседаниях кафедры машин и аппаратов легкой промышленности КТИПа /1984-1989 гг./, на заседании секции Ученого совета Института сверхтвердых материалов АН УССР /1990 г./.

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 8 статей.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, библиографии и приложения. Работа изложена на 196 страницах машинописного текста, включая 59 страниц иллюстраций. Библиография включает 102 наименования отечественных и зарубежных источников. Приложение составляет 56 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы ее цель и основные задачи, показана ее практическая ценность.

В первой главе приведен всесторонний анализ влияния механической подготовки эластомеров на прочностные свойства их kleевых соединений. Даны характеристика инструмента и оборудования, при-

меняемого для взъерошивания по периметру плоских и формованных подошв. Выполнен обзор известных работ по механической обработке деталей низа обуви перед склеиванием, а также рассмотрены основные положения теории обрабатываемости каучукосодержащих материалов.

В результате обзора выявлено, что из множества факторов наиболее существенное влияние на прочность kleевых соединений обувных материалов оказывает механическая обработка, а именно: шлифование и взъерошивание. Наиболее прогрессивным инструментом для этих целей признан абразивный инструмент на основе синтетических алмазов.

Установлено, что существующие рекомендации по выбору рациональных режимов резания носят частный характер и не могут быть использованы для анализа процесса взъерошивания по периметру как плоских, так и формованных подошв.

Показано, что в настоящее время еще не создана общая теория абразивной обработки эластомеров, без которой невозможен полноценный теоретический анализ технологических процессов их обработки.

Во второй главе проведен анализ некоторых физических явлений, имеющих место при торцовой абразивной обработке деталей низа обуви из эластомеров.

С целью получения исходных данных для анализа исследуемого процесса и с учетом особенностей рельефа алмазно-абразивного инструмента, изготавливаемого методом вакуумной технологии, форму зерен синтетических алмазов аппроксимировали шаром.

В результате изучения условий микрорезания материалов единичным абразивным зерном установлено, что одной из отличительных особенностей разрушения эластомеров является образование ячейки раздира, длина и размеры которой зависят как от свойств обрабатываемых эластомеров, так и от размера абразивного зерна и величины его внедрения в обрабатываемый материал /рис. I/. Второй особенностью

является несоответствие фактической глубины t'_ϕ царапины установленной глубине t_y внедрения абразивного зерна в эластомер /рис. I/. На основании этого была выдвинута гипотеза определения оптимального расстояния t_{cp} между абразивными зернами и их оптимальной поверхностной концентрации с целью повышения режущей способности инструмента за счет обеспечения таких условий микрорезания, при которых каждое движущееся друг за другом абразивное зерно захватывает максимально возможную толщину слоя обрабатываемого материала.

Определив длину t' _{разд} ячейки раздира, а также длины участков t_1 и t_2 /рис. I/, получили выражение для расчета среднего оптимального расстояния между зернами

$$t_{cp} \approx t'_\text{разд} + t_1 + t_2 \approx \frac{d_3}{2} \left[1 + \sin \left(45^\circ \frac{\varepsilon_p}{1 + \varepsilon_p} \right) \right] \times \\ \times \left\{ 1 + (1 + \varepsilon_p) \left[1 - \frac{t'_\phi}{\frac{d_3}{2} \cos \left(45^\circ \frac{\varepsilon_p}{1 + \varepsilon_p} \right)} \right] \right\}, \quad /I/$$

где t_{cp} - среднее оптимальное расстояние между зернами, мм;

d_3 - средний диаметр зерна, мм; ε_p - относительное удлинение материала при разрыве, усл. ед.; t'_ϕ - фактический съем материала единичным абразивным зерном, мм.

Отношение площади проекций всех алмазных зерен на поверхность инструмента к площади этой поверхности принято считать коэффициентом поверхностной концентрации алмазного порошка K_a , а это же отношение, выраженное в процентах, - поверхностной концентрацией алмазного порошка. При упорядоченном расположении алмазного порошка на рабочей поверхности инструмента, когда центры трех ближайших зерен образуют равносторонний треугольник, коэффициент

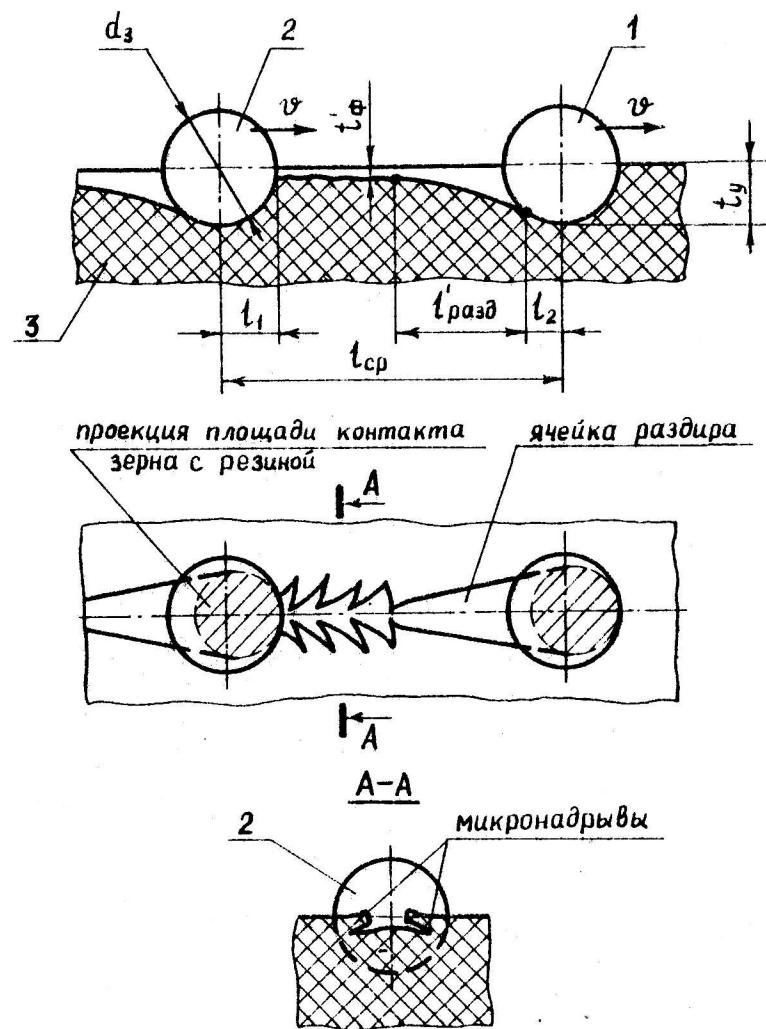


Рис. I. Схема микрорезания эластомеров абразивными зернами:
1, 2 - абразивные зерна ; 3 - обрабатываемый эластомер

поверхностной концентрации определяется выражением

$$K_{a\Delta} \approx 0,9 \frac{d_3^2}{l_{cp}^2} . \quad /2/$$

С целью анализа теплового режима работы инструмента рассмотрены два метода определения температурных полей в режущем инструменте – аналитический и численный. Показано, что аналитический метод является более грубым при расчете максимальных температур в малых объемах зоны резания по сравнению с численным. Необходимая для таких расчетов плотность теплового потока, поступающего в режущий инструмент, определяется по формуле

$$q_u = \frac{N_{\text{эф}} \left(1 - \frac{\vartheta}{100}\right) (1 - 2\Psi_m)}{S_k}, \quad /3/$$

где q_u – плотность теплового потока, поступающего в режущий инструмент, $\text{Вт}/\text{м}^2$; $N_{\text{эф}}$ – эффективная мощность резания, Вт ; ϑ – эластичность резин по отскоку, %; Ψ_m – коэффициент, показывающий относительную величину теплового потока, поступающего в обрабатываемый материал за счет его теплопроводности, усл.ед.; S_k – площадь контакта системы "инструмент-деталь", м^2 .

Площадь S_k контакта системы "инструмент-деталь" определяли аналитически. При этом считали, что она состоит из двух основных величин – площади контакта алмазных зерен и площади контакта связки с обрабатываемым материалом. При определении площади контакта алмазных зерен с обрабатываемым материалом учитывали конкретное местонахождение каждого из них на рабочей поверхности инструмента, а также глубину их внедрения в обрабатываемый материал. В итоге получены аналитические выражения, позволяющие определять величину S_k .

В третьей главе изложены методика и результаты экспериментальных исследований процесса въевершивания эластомеров алмазным инструментом.

Исследования проводили на специально разработанном стенде, который позволял устанавливать режущий инструмент как в вертикальный, так и в горизонтальный шпиндель и ступенчато варьировать его частоту вращения в пределах $25\dots230 \text{ с}^{-1}$, а скорость подачи материала – в интервале $0,01\dots0,20 \text{ м/с}$.

Составляющие силы резания измерялись с помощью фольговых тензодатчиков, наклеенных на двухкомпонентный динамометр и подключенных к тензометрическому усилителю и шлейфовому осциллографу. Температуры в малых объемах зоны резания измерялись с помощью вмонтированных в образцы материала термопар типа "два встроенных сближенных электрода".

В качестве основных материалов для проведения исследований выбраны резина стиронип и кожвон черный, широко применяемые при изготовлении формованных подошв. В качестве дополнительного материала взят полиуретан серый.

В качестве универсального критерия оценки работоспособности инструмента выбран коэффициент K_T режущей способности инструмента, который характеризует удельный съем материала, приходящийся на единицу силы P_y , прижимающей инструмент к обрабатываемой детали.

В результате исследований по определению влияния среднего расстояния между зернами /поверхностной концентрации алмазного порошка/ на работоспособность инструмента установлено, что зависимость $K_T = f(l_{cp})$ имеет экстремум для всех исследованных величин алмазного порошка /рис.2,а/. Причем оптимальные значения l_{cp} , установленные экспериментально, отличаются от рассчитанных по выражению /1/ не более чем на 20%.

Установлено также, что свойства обрабатываемых материалов существенно влияют на количественное значение K_T , однако качественная картина зависимостей $K_T = f(l_{cp})$ не меняется /рис. 2,б/. Для материалов с большим значением относительного удлинения / ε_p / при разрыве оптимальная область зависимостей $K_T = f(l_{cp})$ смещается в сторону более высоких значений l_{cp} , что также подтверждается выражением /I/.

На основании проведенных исследований установлено, что оптимальная поверхностная концентрация алмазного порошка в инструментах, предназначенных для торцовой обработки резины стиронил, должна составлять 25...28%, для кожволона - 24...27%, для полиуретана серого - 10...12%.

В дальнейшем проводились исследования по определению оптимального количества и размеров стружечных канавок, в результате чего установлено, что наиболее эффективными являются головки с четырьмя стружечными канавками шириной 2...3 мм и глубиной не менее 5 мм.

Установлено, что в качестве абразивного материала для оснащения головок целесообразно использовать шлифпорошки синтетических алмазов марок AC15, AC32 зернистостью 630/500 по ГОСТ 9206-80.

Особенность процесса взъерошивания формованных подошв с бортиком заключается в том, что этот процесс сочетает в себе два вида обработки /рис. 3/ - взъерошивание торцом инструмента поверхности подошвы по периметру с неходовой стороны и взъерошивание периферии инструмента внутренней стороны бортика подошвы. В связи с этим дальнейшие экспериментальные исследования процесса были разделены на несколько этапов.

На первом этапе определяли влияние диаметра D_u инструмента, частоты его вращения n и подачи S материала на такие параметры, как шероховатость $R_{t_{max}}^T$ обработанной поверхности и фактический съем t_f материала при взъерошивании торцом инструмента.

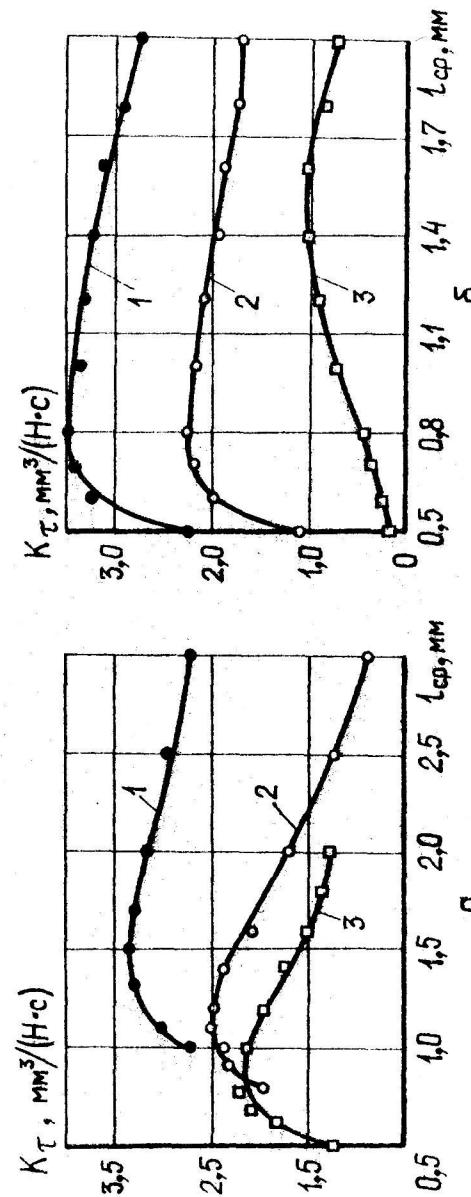


Рис. 2. Зависимость коэффициента режущей способности инструмента от среднего расстояния между зернами и свойств обрабатываемых материалов:

- | | |
|--|--|
| а - обработка кожволона / $\varepsilon_p = 2,6/$ при
$n = 90 \text{ c}^{-1}$; $S = 0,05 \text{ м/с}$;
$t_y^T = 0,6 \text{ мм}$; | б - обработка инструментом при $n = 135 \text{ c}^{-1}$;
$S = 0,025 \text{ м/с}$, зернистость 400/315, $t_y^T = 0,3 \text{ мм}$; |
| 1 - кожволон / $\varepsilon_p = 2,6/$; | 1 - кожволон / $\varepsilon_p = 2,6/$; |
| 2 - " - 630/500, $t_y^T = 0,5 \text{ мм}$; | 2 - стиронил / $\varepsilon_p = 2,1/$; |
| 3 - " - 400/315, $t_y^T = 0,3 \text{ мм}$; | 3 - полиуретан / $\varepsilon_p = 4,2/$ |

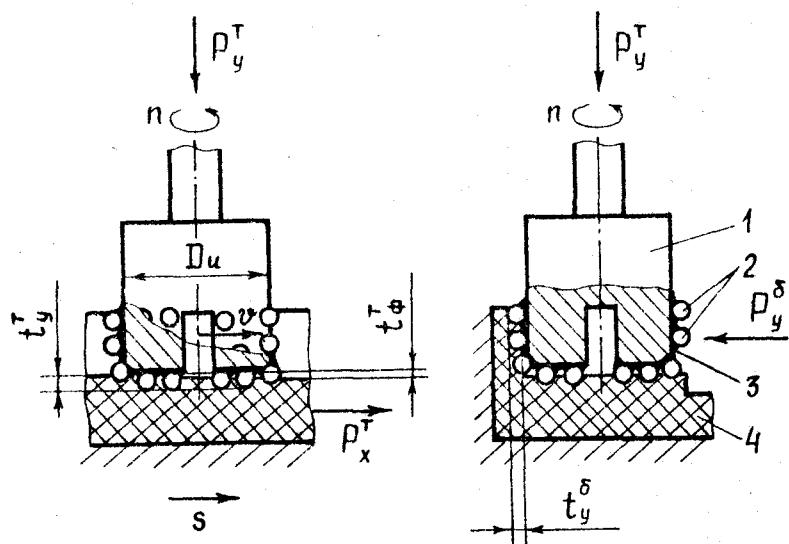


Рис. 3. Схема въеропивания формованных подошв с бортиком:

1 - корпус алмазной торцовой головки; 2 - зерна синтетических алмазов; 3 - слой связки; 4 - обрабатываемая подошва; P_x^T , P_y^T - усилие прижима инструмента к торцовой и боковой поверхности подошвы соответственно; t_y , t_y^{δ} - установленная глубина резания; s - скорость подачи обрабатываемой подошвы; n - частота вращения головки; v - скорость резания на периферии головки; P_x^T - усилие подачи при торцовой обработке подошвы; D_u - диаметр головки

Кроме того, определяли влияние упомянутых факторов на усилие P_y^T прижима инструмента, усилие P_x^T подачи материала и эффективную мощность $N_{\text{эф}}^T$ резания.

На втором этапе исследований определяли влияние скорости v резания, подачи s материала и установленной глубины t_y^{δ} резания на аналогичные параметры.

Исследования строились по факторному плану второго порядка-по ротатабельному плану Бокса для трехфакторного эксперимента. Интервалы и уровни варьирования факторов приведены в таблице.

Фактор	Уровень варьирования					Интервал варьирования
	-I,68	-I	0	+I	+I,68	

Въеропивание торцом инструмента

Частота вращения инструмента n , с^{-1}	25	66,5	127,5	188,5	230	61
Скорость подачи материала s , м/с	0,02	0,056	0,11	0,164	0,20	0,054
Диаметр инструмента D_u , мм	15	17	20	23	25	3,0

Въеропивание периферией инструмента

Скорость резания v , м/с	1,12	3,5	7,0	10,5	12,88	3,5
Скорость подачи материала s , м/с	0,02	0,056	0,11	0,164	0,20	0,054
Установленная глубина резания t_y^{δ} , мм	0,20	0,32	0,50	0,68	0,80	0,18

Результаты экспериментов обрабатывали на ЭВМ с уровнем доверительной вероятности 0,95. В результате получены уравнения регрессии вида:

при въеворшивании торцом инструмента

$$Y = \beta_0 + \beta_1 n + \beta_2 s + \beta_3 D_u + \beta_{11} n^2 + \beta_{22} s^2 + \beta_{33} D_u^2 + \beta_{12} ns + \\ + \beta_{13} n D_u + \beta_{23} s D_u + \beta_{123} ns D_u;$$

при въеворшивании периферией инструмента

$$Y = \beta_0 + \beta_1 v + \beta_2 s + \beta_3 t_y^\delta + \beta_{11} v^2 + \beta_{22} s^2 + \beta_{33} (t_y^\delta)^2 + \beta_{12} vs + \\ + \beta_{13} vt_y^\delta + \beta_{23} st_y^\delta + \beta_{123} vst_y^\delta,$$

где Y - кодированные обозначения исследуемых параметров процесса; $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_{123}$ - коэффициенты уравнений регрессии.

Анализ полученных уравнений показал, что физические закономерности исследуемого процесса не противоречат основным законам теории шлифования материалов.

С целью анализа теплоаппрежности процесса въеворшивания формованных подошв были проведены аналитические и экспериментальные исследования. Так как опыты по измерению температур Θ_M в малых объемах зоны резания являются трудоемкими и, кроме того, зависимость температур Θ_M от времени T работы инструмента усложняет проведение многофакторного эксперимента, то выполнялись выборочные экспериментальные измерения Θ_M , результаты которых сравнивались с аналитическими расчетами, выполненными на ЭВМ численным методом. В итоге было установлено, что расчетные значения Θ_M выше экспериментальных на 15...25%, что позволило при дальнейшем анализе теплоаппрежности процесса использовать аналитические расчеты.

С целью снижения объема численных расчетов был использован полином

$$\Theta_{M\max} = 73 - 0,3\tau + 60 \cdot 10^{-6} q_u + 22 \cdot 10^{-6} \tau q_u - 22 \cdot 10^{-8} \tau^2 q_u +$$

$$+ 14 \cdot 10^{-12} q_u^2 - 0,53 \cdot 10^{-12} \tau q_u^2 + 0,5 \cdot 10^{-14} \tau^2 q_u^2,$$

где $\Theta_{M\max}$ - максимальные температуры в малых объемах зоны резания, $^{\circ}\text{C}$; τ - время непрерывной работы инструмента, с; q_u - плотность теплового потока, поступающего в режущий инструмент, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Полином /4/ адекватно описывает зависимость максимальных значений $\Theta_{M\max}$ в интервалах изменения τ 2...40 с, а плотности теплового потока - от $0,05$ до $4 \cdot 10^6 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Удовлетворительная сходимость экспериментальных и расчетных значений максимальных температур $\Theta_{M\max}$ в малых объемах зоны резания позволила сделать вывод о достоверности принятых во второй главе допущений и рекомендовать выражения /I/ - /4/ в качестве теоретических.

В четвертой главе проведен анализ влияния кривизны контура формованных подошв на условия их обработки алмазными торцовыми головками. Установлено, что существует значительная неравномерность скорости подачи на различных участках подошвы относительно разных точек инструмента. Предложены два варианта подачи для двух типов подошв - с высоким и с низким бортиком /или без него/.

С целью стабилизации теплового режима работы инструмента, работающего в производственных условиях по циклической схеме "нагрев-охлаждение", выполнены численные расчеты и их выборочная экспериментальная проверка по определению оптимального времени холостого вращения инструмента, необходимого для снижения температуры нагрева его рабочего /алмазоносного/ слоя от предельно допустимого значения /160 $^{\circ}\text{C}$ - начало процесса девулканизации резины/ до некоторо-

го исходного. Установлено, что охлаждать инструмент до температур порядка $20\ldots40^{\circ}\text{C}$ нецелесообразно, так как это приводит к существенному снижению производительности. В качестве приемлемой принята температура $/70\pm5/^{\circ}\text{C}$.

В итоге этих расчетов и исследований установлено, что при работе без принудительного охлаждения время холостого вращения инструмента должно составлять $12\ldots13$ с, а при работе с охлаждением холодным воздухом $/-30^{\circ}\text{C}/ - 5\ldots6$ с /рис. 4/.

В результате проведенных экспериментальных и аналитических исследований получены закономерности, описывающие основные физические явления, имеющие место в исследуемом процессе. Поэтому следующим этапом работы явилась оптимизация процесса вязкошлифования формованных подошв в целом. Процесс оптимизировали по наиболее важному критерию - шероховатости поверхности $/R_{tmax}/$ - с наложением ограничений на остальные параметры. При этом задача оптимизации была сформулирована следующим образом - найти область оптимальных значений нелинейной целевой функции:

для кожеволона

$$R_{tmax}^T = 117 - 0,68n + 800s - 2,76D_u + 0,002n^2 - \\ - 1166s^2 - 1,37ns;$$

для резина стиропори

$$R_{tmax}^I = 142 - 0,88n + 838s - 3,05D_u + 0,003n^2 - \\ - 1235s^2 - 1,35ns,$$

при ограничениях $t_{\phi}^{T,\delta} \geq 100 \text{ мкм}; \theta_{Mmax}(T) \leq 160^{\circ}\text{C};$
 $0,32 \leq s \leq 0,2 \text{ м/с}; s \rightarrow \max; 25 \leq n \leq 230 \text{ с}^{-1};$
 $15 \leq D_u \leq 25 \text{ мм}; t \leq v \leq 13 \text{ м/с}; 0,2 \leq t_y^{\delta} \leq 0,8 \text{ мм};$
 $60 \leq R_{tmax}^T \leq 75 \text{ мкм}; 65 \leq R_{tmax}^I \leq 80 \text{ мкм}.$

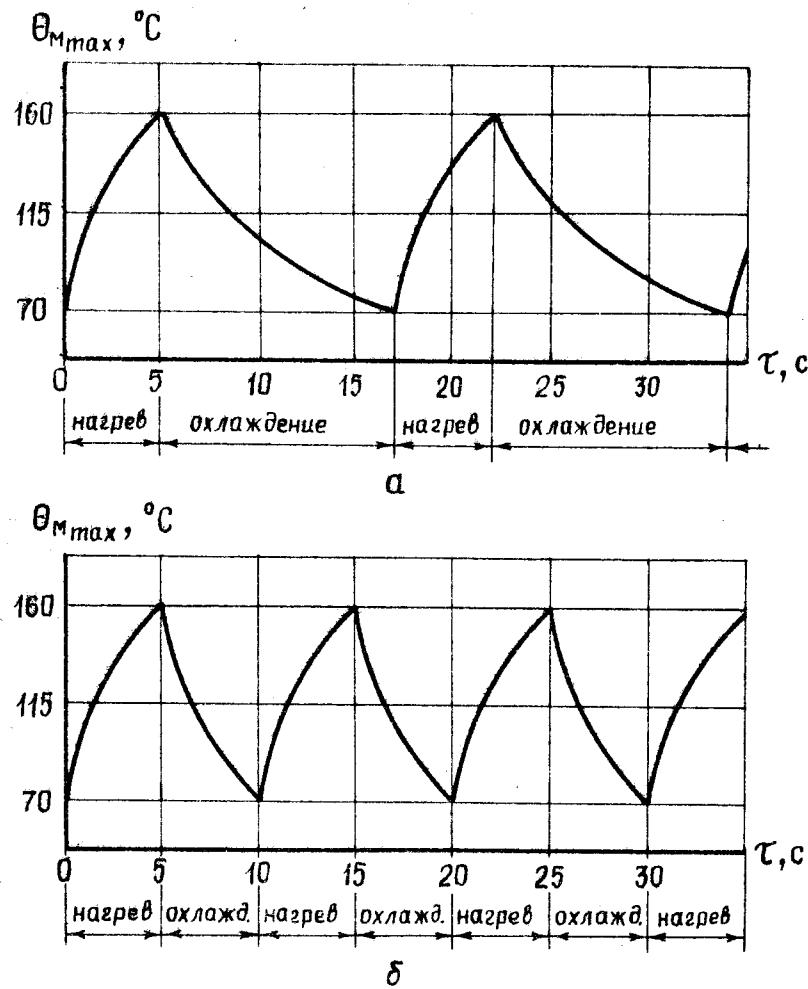


Рис. 4. Характеристика установившегося теплового режима работы инструмента при $q_u = 0,5 \cdot 10^6 \text{ Вт/м}^2$:
 а - без принудительного охлаждения, $\theta_B = +20^{\circ}\text{C}$;
 б - с принудительным охлаждением струей холодного воздуха, $\theta_B = -30^{\circ}\text{C}$

Решение поставленной задачи реализовано с помощью метода сеток и оформлено в виде программы VZKS на алгоритмическом языке Фортран.

Оптимизационное решение находилось для каждого целочисленного значения D_u и нескольких значений периметра P обрабатываемых подошв /0,5 ; 0,6 ; 0,7 и 0,8 м/ при обработке как резины стиронил, так и кожеволона.

Оптимальные значения режимов резания для наиболее часто используемых диаметра головок $/D_u = 18 \text{ мм}/$ и периметра подошв $/P = 0,7 \text{ м}/$ приведены ниже:

	кожеволон	стиронил
- частота вращения инструмента, с^{-1}	57;	77;
- скорость подачи подошв относительно центра инструмента, м/с	0,07;	0,07;
- усилие прижима подошвы к торцу инструмента, Н	128;	80;
- усилие прижима бортика к периферии инструмента /на 10 мм высоты бортика/, Н	23;	17;
- установленная глубина резания периферией инструмента, мм	0,34;	0,46 .

Полученные результаты показали, что парк имеющегося оборудования для възьерошивания формованных подошв не всегда позволяет устанавливать оптимальные режимы резания. Поэтому на основании результатов проведенных исследований была разработана методика проектирования и модернизации данного оборудования. При этом сформулированы главные требования к основным механизмам оборудования, что позволяет конструкторам выполнять их кинематический и динами-

ческий синтез, а также рассчитывать цикловую производительность проектируемой или модернизируемой машины.

В пятой главе изложены результаты внедрения в обувную промышленность алмазных торцевых головок и рациональных режимов их эксплуатации, а также рекомендаций по модернизации оборудования. Показана экономическая эффективность работы.

В общих выводах по работе показано следующее:

1. Възьерошивание по периметру неходовой поверхности формованных подошв из резин является одной из главных технологических операций, оказывающих непосредственное влияние на эксплуатационные свойства обуви.

2. Недостаток специального оборудования для възьерошивания формованных подошв, отсутствие высокоеффективного инструмента к нему, а также научно обоснованных рекомендаций по проектированию такого оборудования и инструмента явились серьезными препятствиями на пути повышения эффективности этой технологической операции.

3. Аналитически получены и экспериментально подтверждены уравнения для расчета оптимальной поверхностной концентрации алмазного порошка в торцовом инструменте, учитывающие свойства обрабатываемых эластомеров, а также зернистость используемого алмазного порошка.

4. Установлено, что наиболее эффективным инструментом на операциях възьерошивания формованных подошв из резины стиронил и кожеволона являются алмазные торцевые головки с прерывистой рабочей поверхностью, оснащенные шлифпорошками синтетических алмазов марок AC15, AC32 зернистостью 630/500 с их поверхностной концентрацией 27...28%, изготавляемые методом вакуумной технологии. Серийный выпуск этого инструмента наложен на Спытном заводе Института сверхтвердых материалов АН УССР /ту 88 УССР 90.1093-87/.

5. Установлено, что примерно 80...90% теплового потока, образующегося в зоне резания, поступает в режущий инструмент, что приводит к его интенсивному нагреву.

6. Установленные закономерности формирования и изменения площади контакта системы "инструмент-деталь" позволили выполнить численным методом всесторонний анализ теплонапряженности процесса.

Выборочная экспериментальная проверка показала удовлетворительную сходимость расчетных и экспериментальных значений максимальных температур в малых объемах зоны резания.

7. Разработана методика расчета цикловой производительности оборудования, в основу которой положены установленные закономерности изменения максимальных температур в малых объемах зоны резания, а также условия стабилизации теплового режима работы инструмента, исключающие девулканизацию поверхностного слоя обрабатываемого материала.

8. Экспериментально установленные количественные закономерности изменения шероховатости обработанной поверхности, фактического съема материала, эффективной мощности и составляющих силы резания от режимов обработки, диаметра инструмента и вида обрабатываемого материала послужили научной основой для разработки оптимальных режимов взъерошивания формованных подошв и практических рекомендаций по проектированию нового и модернизации существующего оборудования.

9. Для формованных подошв с невысоким бортиком определены оптимальные режимы, позволяющие выполнять взъерошивание подошв с максимальной производительностью и с соблюдением требуемого качества их обработки.

10. Производственные испытания алмазных торцевых головок показали, что их наработка в 6-30 раз выше наработки ранее применявшегося отечественного инструмента. Использование рекомендаций по модернизации оборудования позволило повысить его производительность

в 1,5 раза. Внедрение в обувную промышленность результатов диссертационной работы позволило получить экономический эффект в сумме 23,8тыс.руб. в год. Ожидаемый экономический эффект - 84 тыс.руб. в год.

Основное содержание диссертационной работы изложено в следующих работах:

1. Верхоярный А.В., Пискорский Г.А. Установка для исследования процесса обработки деталей низа обуви алмазным торцевым инструментом // Изв.вузов. Технол. легкой пром-сти. - 1988. - № 2. - С. 128-130.

2. Сороченко В.Г., Коробко В.Р., Верхоярный А.В., Михеев А.С. Алмазно-абразивный инструмент для обработки полимерных композиционных материалов // Сб. статей международной конференции "Инструмент-89". - Братислава /ЧССР/, 1989. - № 2. - С.65-66.

3. Верхоярный А.В., Пискорский Г.А., Слижевский В.А. Технологические режимы процесса взъерошивания формованных подошв обуви алмазными торцевыми головками // Изв.вузов. Технол. легкой пром-сти. - 1989. - № 6. - С.109-114.

4. Верхоярный А.В., Пискорский Г.А. Определение оптимального рельефа рабочей поверхности торцевого алмазного инструмента для обработки эластомеров. Сообщение I // Изв.вузов. Технол. легкой пром-сти. - 1990. - № 1. - С.119-123.

5. То же. Сообщение 2 // Изв.вузов. Технол. легкой пром-сти. - 1990. - № 2. - С.115-118.

6. Верхоярный А.В., Шейко М.Н., Пискорский Г.А. Определение площади контакта торцевого алмазно-абразивного инструмента с эластомерами // Изв.вузов. Технол. легкой пром-сти. - 1990. - № 3. - С.104-108.

7. Верхоярный А.В. Оптимизация процесса обработки деталей низа обуви алмазными торцовыми головками // Получение, свойства сверхтвёрдых материалов и перспективные технологии их применения. - К.: ИСМ АН УССР. - 1990. - С.112-114.

8. Сороченко В.Г., Коробко В.Р., Верхоярный А.В. Алмазно-абразивный инструмент для обработки полимерных композиционных материалов и эластомеров // Обработка неметаллических материалов. Докл. IV международной конференции. - Женев /ПНР/, 1990. - С.161-165.

Авербах

Подп. к печ. 12.10.90. Формат 60*84/16 Бумага с/х
Неч. офс. Усл.печ. л. 63,2 №ч.изд. л. 7 Тираж 100
Зак. № 4379 . Бесплатно.

Киевская книжная типография издательской книги. Киев, Репина, 4.