

1546387

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Н. Э. БАУМАНА

На правах рукописи

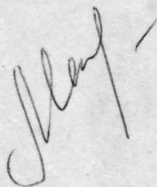
МЕДВЕДЕВ Дмитрий Анатольевич

**Разработка и исследование метода удаления
ликвидов проволочными инструментами с деталей
типа корпусов и плит в условиях
автоматизированного производства**

Специальность 05.02.08—Технология машиностроения

АВТОРЕФЕРАТ

**ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**



Москва—1994

Работа выполнена в Московском государственном техническом университете им. Н. Э. Баумана.

Научный руководитель

— кандидат технических наук,
доцент Соловьев А. И.

Официальные оппоненты

— доктор технических наук,
профессор, академик РАТ
Таратынов О. В.

— кандидат технических наук,
нач. отдела НИИТ
Шеметов М. Г.

Ведущее предприятие

— АО «Красный пролетарий»

Защита диссертации состоится «26» 01 1995 года
на заседании диссертационного Совета К 053.15.15. в Мос-
ковском государственном техническом университете им. Н. Э.
Баумана по адресу: 107005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5.

С диссертацией можно
имени Н. Э. Баумана.

Ваш отзыв на автореферат
ный печатью, просим нап

НТБ МГТУ им. Н. Э. Баумана



1546387

Медведев Д. А. Разработка

елефон

Автореферат разослан

Ученый секретарь совета
кандидат технических наук
доцент

1546387

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы.

Решение задач повышения производительности труда, снижения металлоемкости машин при одновременном повышении их надежности и долговечности в значительной степени зависит от совершенства технологических процессов, внедрения высокоэффективных методов обработки материалов, уровня автоматизации производства.

Большая часть переходов по изготовлению деталей сопровождается образованием ликвидов. Под ликвидами понимаются различного рода дефекты, образующиеся на поверхностях деталей и на кромках (наплывы литья, пригары, ржавчина, заусенцы и т. п.). При механической обработке ликвидами являются заусенцы и сколы, образующиеся на кромках детали. Помимо окончательного (перед сборкой) существует необходимость снятия ликвидов в процессе механической обработки между установами.

После механической обработки операции удаления ликвидов подвергается 80-90 % деталей. Причем данный процесс достаточно трудоемок. Доля трудоемкости удаления ликвидов в общих затратах на изготовление продукции составляет для деталей типа корпусов и плит до 25% и имеет тенденцию к возрастанию. Несмотря на это операции снятия ликвидов автоматизированы только на 10-15 %, механизированы на 30-40 %. На большинстве предприятий удаление ликвидов с кромок деталей осуществляется вручную: напильником, шабером, шлифмашинкой и т. п. Хотя большинство процессов механической обработки автоматизированы, проблема автоматизации удаления ликвидов не решена и является узким местом для автоматизированного производства.

Наиболее перспективным с данной точки зрения является метод снятия ликвидов с использованием проволочных инструментов (ПИ). Данный метод обладает рядом преимуществ перед известными способами отделочно-зачистной обработки, характеризуется высокими эффективностью режущего и упрочняющего действия, избирательностью процесса. Предлагаемый метод, что особенно важно, совместим с переходами механической обработки деталей, легко встраивается в уже существующий технологический процесс, не разрывая его, не требуя специального оборудования, используя возможности имеющегося автоматизированного механообрабатывающего оборудования.

Цель работы. Повышение производительности при обеспечении качества зачистки на основе исследования процесса иглодевиной обработки, разработки рекомендаций к технологии эксплуатации и создания новых конструкций проволочных инструментов.

Методы исследований. Применялись теоретический и экспериментальный методы. Теоретический метод включал математическое моделирование операции удаления ликвидов проволочными инструментами с использованием положений теории склерометрии и сопротивления материалов. Экспериментальный метод предусматривал исследование операции удаления ликвидов, позволяющее определить влияние режимов обработки на протекание процесса зачистки кромок детали. Проведение и анализ теоретических и экспериментальных исследований осуществлялись с использованием методов математической статистики, планирования и обработки экспериментальных данных на IBM PC.

Научная новизна. На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований установлены закономерности процесса удаления ликвидов проволочными инструментами, состоящие в зависимостях между глубиной снимаемого при зачистке слоя материала, числом рядов зачистных элементов, прошедших через обрабатываемую кромку детали и режимами обработки.

С использованием данных закономерностей разработана математическая модель операции снятия ликвидов проволочными инструментами, методика проектирования операции зачистки кромок деталей типа корпусов и плит.

Практическая ценность и реализация результатов работы.

Разработаны требования технологичности, связанные с применением проволочных инструментов в автоматизированном производстве, которые включают общие требования к заготовке и детали, к конструкциям проволочного инструмента и приспособлений для закрепления заготовок.

Разработаны рекомендации по выбору схем удаления ликвидов проволочными инструментами. Проведены производственные исследования разработанных методики и рекомендаций на МПО "Красный Пролетарий".

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на Всесоюзном научно-техническом семинаре "Механизация финишно-зачистных и отделочных работ в машиностроении" (г. Бел-

город, 1991), на семинаре-презентации "Автоматизированное интегрированное производство будущего" (г. Москва, 1991), на конкурсе молодых талантов МГТУ им. Н.Э. Баумана "Эврика" (г. Москва, 1991), где работа была удостоена третьей премии.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 печатных работ. Список публикаций приведен в конце автореферата.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и основных выводов, изложена на 192 страницах, в том числе содержит 109 страниц машинописного текста, 54 рисунка, 9 таблиц, список литературы из 72 наименований и 4 приложений на 29 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, дана характеристика ее направленности и новизны.

В первой главе содержится анализ литературных данных о современном состоянии отделочно-зачистной обработки (ОЗО) по удалению ликвидов с кромок деталей типа корпусов и плит.

Установлено, что для деталей из конструкционных сталей ликвидами в основном являются заусенцы; при обработке деталей из чугуна в качестве ликвидов следует рассматривать не только образующиеся при лезвийной обработке заусенцы, но и сколы величиной до 0,5 мм, появляющиеся, главным образом, на черновых переходах лезвийной обработки.

Качество зачистки характеризуется полным удалением ликвидов (отсутствие ликвидов на кромке), что обеспечивается при получении после зачистки фаски, размер катета c_f которой превышает размер корня ликвида b (ширину e и высоту g скола) на $0,5 \cdot c_f$. Данный размер должен быть стабилен по длине кромки. Кроме того, важным при снятии ликвида с кромки детали является отсутствие воздействия на прилегающие поверхности. Необходимо также обеспечить требования ГОСТа на фаски (предельные отклонения на свободные размеры фасок, шероховатость поверхности фасок и т. д.).

При выборе метода удаления ликвидов анализировались различные способы группового, индивидуального и непрерывного удаления ликвидов. Рассмотренные способы не получили широкого распространения в автоматизированном производстве из-за несоответствия их повышенным требованиям к гибкости, универсаль-

ности и безлюдности технологии.

Применение механической обработки при зачистке с использованием металлорежущих инструментов (фрез, шлифовальных кругов) малоэффективно, так как при использовании дисковых или торцовых фрез для удаления ликвидов на кромках детали происходит образование вторичных ликвидов, а при работе шлифовальным кругом по кромке сам круг, имеющий малую стойкость к точечной нагрузке, подвергается значительному износу.

В результате проведенного анализа из многообразия методов ОЗО выбран метод обработки проволочным инструментом. Осуществляемое данным методом снятие ликвидов характеризуется высокой производительностью, качеством и надежностью.

В настоящее время в литературе достаточно подробно рассмотрены вопросы, связанные с теоретическим обоснованием различных применений ПИ. Наиболее полно это направление представлено трудами Серебrenицкого П. П., Папшева Д. Д., Проскурякова Ю. Г., Бабичева А. П., Вальщикова Ю. Н., Космачева И. Г. и др. Большой вклад в развитие метода внесли работы Салуквадзе В. С., Одинцова Л. Г., Кулакова Ю. М., Роспasiенко В. И. и др. и теоретико-экспериментальные исследования Ершова В. С., Кургузова Ю. И., Гавриленко И. Г., Жорова Ю. С., Толстикова В. И., Моргулиса А. М., Рудельсона Л. М., Завацкого В. Л., Лешкарева В. М., Перепички Е. В., Абугова А. Л. и др.

Большинство теоретических и экспериментальных исследований в данной области посвящено силовым параметрам зачистки поверхности детали от окалины, загрязнений, пригаров и т. д.

Процесс иглолезвийной обработки (ИО) кромок деталей и соответствующих ему технологических параметров изучен недостаточно. Указанная номенклатура и непригодность централизованно выпускаемых отечественными предприятиями моделей проволочных инструментов для оснащения автоматизированного металлорежущего оборудования, а также специфика проблемы удаления ликвидов на кромках и отсутствие информации о производственном и экспериментальном опыте эксплуатации ПИ на операциях удаления ликвидов, образующихся на деталях типа корпусов и плит в условиях автоматизированного производства, ставит ряд задач, которые необходимо решить для достижения поставленной в работе цели:

- разработать теоретические основы расчета силовых параметров процесса зачистки, глубины снимаемого слоя и шероховатости поверхности фаски после удаления ликвидов методом ИО;
- теоретически и экспериментально исследовать закономерности автоматизированной операции зачистки и сформулировать рекомендации по выбору схем осуществления технологического процесса и схем обработки в зависимости от требуемого качества изделия и производительности обработки;
- сформулировать рекомендации по выбору, расчету и технологии эксплуатации проволочных инструментов на автоматизированных операциях по удалению ликвидов;
- разработать методику проектирования технологической операции автоматизированного удаления ликвидов с деталей типа корпусов и плит;
- разработать технологические рекомендации к операции зачистки и конструкции проволочных инструментов для использования в условиях автоматизированного производства;
- провести производственные испытания разработанных методики и конструкций проволочных инструментов на многоцелевых станках.

Во второй главе рассмотрен процесс воздействия ПИ на кромку детали.

Во всех работах, посвященных вопросу ИО, данный процесс рассматривается как воздействие на обрабатываемую поверхность большого числа режущих элементов (ворсин, игл и т. п.). Но отсутствует анализ того, как влияет количество данных режущих элементов, прошедших через обрабатываемую поверхность, на величину снимаемого слоя. Поэтому при исследовании, кроме известных параметров ИО (натяг i , подача $S_{мин}$, частота вращения n) необходимо учесть и количество рядов режущих элементов $n_{ряд}$, прошедших через обрабатываемую поверхность.

Так как при ИО происходит последовательное снятие металла (слой за слоем), то очевидно, что в процессе зачистки происходит постепенное уменьшение натяга i , а это, в свою очередь, приводит к постепенному уменьшению усилия зачистки, а, следовательно, к снижению глубины снимаемого слоя t . Данную закономерность, свойственную ИО, необходимо учитывать при исследовании процесса и проектировании его математической модели. При

разработке данной модели необходимым этапом является определение силовых параметров операции зачистки.

Рабочей частью проволочного инструмента является ворс, представляющий собой набор проволочек одинаковой длины, жестко закрепленных с одного конца. Обработка поверхности происходит в результате контакта свободных незакрепленных концов ворсин с поверхностью при определенных величинах натяга i .

Действующая на единичную ворсину сила зачистки P вызывает ее изгиб и образование полукруглой режущей кромки с передним углом ψ и соответствующим задним углом α . Таким образом, ворсина представляет собой микропорец с режущей кромкой, расположенной на податливом стержне. Сила зачистки P уравнивается силой упругости P' изогнутого стержня. Следовательно, задача по определению силы зачистки P при воздействии зачистного элемента на обрабатываемую поверхность сводится к определению силы упругости P' сильно изогнутого стержня.

Линейная теория упругого изгиба стержней базируется на предположении о малости перемещений по сравнению с длиной стержня. В данном случае перемещения при изгибе становятся соизмеримыми с длиной самого стержня. Здесь наблюдается существенно нелинейная зависимость больших перемещений от внешней силы, хотя деформации стержней остаются малыми и материал работает в пределах упругости. В связи с этим целый ряд важных особенностей поведения и возможных форм упругой линии при изгибе с большими перемещениями не может быть изучен с помощью линейной теории изгиба. Поэтому, воспользуемся точным уравнением упругого равновесия при плоском изгибе стержня в виде:

$$\frac{d\psi}{ds} = \frac{M_{\text{изг}}}{H}, \quad (1)$$

где ψ - угол наклона касательной в текущей точке упругой линии стержня; s - длина дуги упругой линии, отсчитанная от некоторой точки, принятой за начало; $M_{\text{изг}}$ - внутренний изгибающий момент в данном сечении стержня; H - жесткость стержня при изгибе.

Преобразуя данное дифференциальное уравнение к удобному виду решаем с использованием эллиптических интегралов 1-го и 2-го рода в лежандровой форме. Получаем необходимые зависимости, пользуясь которыми можно при заданных параметрах процесса

обработки проволочным инструментом: величина натяга i , диаметр зачистного элемента d , величина вылета ворса L - определить силу зачистки P для единичного зачистного элемента, углы (α, δ) при ИО.

Силовые и геометрические параметры процесса обработки проволочным инструментом являются основными величинами, необходимыми для определения глубины снимаемого слоя t при иглофрезеровании.

В процессе ИО происходит массовое царапание поверхностного слоя металла зачистными элементами, поэтому изучение работы отдельного зачистного элемента сводится к изучению механизма процесса царапания металла. Граничный слой поверхности после иглофрезерования состоит из множества мельчайших царапин, расположенных почти параллельно. Глубина канавки как при царапании наиболее часто находится в пределах от долей микрометра до десятков микрометров.

Царапание обычно рассматривается как процесс, сопровождающийся снятием стружки, и царапающий элемент считается абсолютно острым. В действительности царапающий элемент имеет округленную вершину радиуса r , наличие которой придает царапающему элементу необходимую прочность, обеспечивающую возможность развития значительных пластических деформаций при снятии весьма тонких стружек. Опыт показывает, что при царапании снятие стружки возможно при средних отрицательных передних углах не выше $45^\circ - 50^\circ$, чему соответствует соотношение a/r в пределах $0,5 \dots 0,6$.

Используя выражение Маслова Е. Н. можно определить площадь слоя, срезаемого единичным зачистным элементом:

$$f = \frac{P_z \cdot \sin \theta [(1 - \mu \mu') \cdot \cos(\delta + \theta) - (\mu + \mu') \cdot \sin(\delta + \theta)]}{\sigma_s (\cos \delta + \mu \cdot \sin \delta)}, \quad (2)$$

где P_z - составляющая силы зачистки, μ - коэффициент трения, μ' - коэффициент внутреннего трения, σ_s - напряжение срезания, θ - угол среза.

С другой стороны, площадь царапины f можно определить исходя из формы зачистного элемента. В сечении, перпендикулярном

плоскости движения и проходящем через кромку иглы, срезаемый слой имеет наибольшую площадь, а его форма - это эллипсный сегмент:

$$S = \frac{d^2}{4} \cdot \arccos \left(\frac{0,5 \cdot d \cdot \sin \gamma - t}{0,5 \cdot d \cdot \sin \delta} \right) - (0,5 \cdot d \cdot \sin \gamma - t) \cdot 0,5 \cdot d \cdot \sqrt{1 - 4 \cdot \frac{(0,5 \cdot d \cdot \sin \gamma - t)^2}{d^2 \cdot \sin^2 \delta}} \quad (3)$$

В данном уравнении неизвестным параметром является глубина слоя t , срезаемого единичным зачистным элементом. Но так как $S = f$, то можно составить следующее выражение:

$$S(t) - f = 0 \quad (4)$$

Полученное уравнение является трансцендентным, найти его алгебраическое решение не представляется возможным. Поэтому пришлось прибегнуть к численным методам решения уравнения вида $F(X) = 0$. В данном случае был использован метод хорд - состоящий в интерполяции по значениям функции с противоположными знаками. Решая уравнение (4) предложенным методом определяем глубину слоя t , срезаемого единичным зачистным элементом (единичная глубина снимаемого слоя). Для определения суммарной глубины снимаемого слоя $t_{\text{сум}}$ при зачистке необходимо знать общее число рядов проволоочных элементов $n_{\text{пра}}$, воздействующих на обрабатываемую поверхность, которое зависит от параметров проволоочного пакета, скорости зачистки V (частоты вращения проволоочного инструмента n), подачи $s_{\text{мин}}$ и плотности проволоочного пакета.

$$n_{\text{пра}} = \frac{4\pi n \cdot B \cdot \cos \delta \cdot D}{\sqrt{3} \cdot d \cdot s_{\text{мин}}} \quad (5)$$

где D - диаметр проволоочного инструмента; n - частота вращения проволоочного инструмента; B - ширина проволоочного пакета; $s_{\text{мин}}$ - подача.

По предложенному алгоритму разработана программа, реализованная на IBM PC. Используя данную модель получаем теоретические зависимости суммарной глубины снимаемого слоя $t_{\text{сум}}$ от

числа рядов зачистных элементов $n_{\text{ряд}}$, прошедших через обрабатываемую поверхность (рис. 1). Данная зависимость наиболее полно характеризует процесс зачистки ПИ как двуединый процесс снятия слоя металла и поверхностно-пластического деформирования (ППД), позволяет определить рациональные режимы ИО

В третьей главе проведены экспериментальные исследования операции удаления ликвидов проволочными инструментами, которые преследовали цель проверки адекватности аналитической модели взаимодействия зачистных элементов с обрабатываемой поверхностью реальному процессу зачистки. Данные исследования необходимы также для изучения влияния конструктивных параметров проволочных инструментов на выходные параметры процесса ИО кромок детали: размер получаемой фаски и шероховатость поверхности фаски. Это позволит расширить технологические возможности и области применения проволочных инструментов путем назначения эффективных условий обработки (схемы и режимы обработки, регулирование параметров инструмента и т. д.). При проведении экспериментов важно подтвердить полученные в результате теоретических исследований закономерности между глубиной снимаемого слоя t при зачистке, числом зачистных элементов $n_{\text{ряд}}$, воздействующих на обрабатываемую кромку и режимами обработки.

Результаты производственных исследований на МСГО "Красный Пролетарий", а также анализ зачистных операций, выполняемых с применением ПИ, показали возможность встраивания предлагаемых зачистных операций в действующий технологический процесс механической обработки детали. То есть возможно удаление ликвидов непосредственно на механообрабатывающем оборудовании не снимая заготовки со станка с использованием его кинематики.

Исследования проводились следующим образом. На первом этапе на основе априорной информации проведены зондирующие эксперименты, на основании которых получили предварительные зависимости изучаемых параметров от доминирующих факторов. Затем, по уточненным данным выполнялись комплексные исследования процесса ИО с привлечением математического аппарата по планированию экспериментов и регрессионного анализа.

Удаление ликвидов производилось торцовыми проволочными инструментами, установленными в шпиндель фрезерного станка. В качестве рабочей части иглофрез использовалась проволока ди-

аметром 0,3; 0,4; 0,5 мм из стали 65Г. Образцами служили заготовки из серого чугуна марки СЧ 20 и стали 20.

Анализ полученных зависимостей указывает на доминирующее влияние величины натяга i на величину катета фаски с против других изменяемых параметров. Для обеспечения надежного удаления ликвидов и получения фасок размерами $c_f = 0,5 \dots 1,0$ мм для деталей из СЧ 20 (угол фаски 45°) рекомендуется обеспечить натяг $i = 0,3 \dots 0,8$ мм, вылет ворса $L = 10 \dots 16$ мм, диаметр ворса $d = 0,3 \dots 0,5$ мм. Для обеспечения надежного удаления ликвидов и получения фасок размерами $c_f = 1,1 \dots 1,5$ мм для деталей из стали 20 (угол фаски 15°) рекомендуется обеспечить натяг $i = 0,3 \dots 0,5$ мм, вылет ворса $L = 7 \dots 12$ мм, диаметр ворса $d = 0,3 \dots 0,5$ мм.

В результате проведенных экспериментальных исследований получена информация о качестве поверхности фасок, образованных после удаления ликвидов ПИ. Установлено, что наибольшее влияние на шероховатость поверхности фасок оказывает изменение диаметра ворса d . Следует отметить, что шероховатость поверхности фасок, как на образцах из стали 20, так и из СЧ 20 получалась на 1-2 класса лучше, чем шероховатость предварительно профрезерованной поверхности заготовок. Так шероховатость данной поверхности стальных заготовок находилась в пределах $Ra = 12,5 \dots 14,5$ мкм, а поверхности фасок - $Ra = 2,7 \dots 4,2$ мкм. Для образцов из СЧ 20 соответственно - $Ra = 13,5 \dots 15,5$ мкм и $Ra = 2,2 \dots 5,6$ мкм.

С точки зрения оптимизации параметров процесса удаления ликвидов следует обратить внимание на то, что угол фаски α_f , обычно задаваемый в чертежах под 45° не является наилучшим. Гарантированное снятие ликвидов с кромки детали за один проход ПИ может быть обеспечено (например, для стали 20, стали 45 и т.п.) при углах фаски в пределах $10^\circ \dots 30^\circ$. Обязательное выполнение фаски под углом 45° может потребовать большей величины натяга i за один проход ПИ или проведение нескольких проходов, так как:

$$i = k \cdot c_f \cdot \sin \alpha_f, \quad (6)$$

где k - коэффициент ИО ($k = 0,002 - 0,25$).

Например, выполнение фаски под углом 15° , вместо 45° , уменьшает массу удаляемого материала в 3,73 раза, а, следова-

тельно, позволяет повысить производительность удаления ликвидов за счет (в первую очередь) увеличения подачи в 1,5...2 раза.

Проведены экспериментальные исследования на основании теоретических выводов о связи глубины снимаемого слоя t при зачистке от числа рядов зачистных элементов $n_{\text{ряд}}$, воздействующих на обрабатываемую поверхность (рис.1).

График зависимости t от $n_{\text{ряд}}$ можно разделить на два характерных участка (рис.1,б). На первом участке ($n_{\text{ряд}} < n_{\text{ряд}}^k$) происходит процесс снятия слоя металла зачистными элементами, воздействующими на кромку заготовки. На втором участке ($n_{\text{ряд}} > n_{\text{ряд}}^k$) данный процесс переходит в трение-скольжение зачистных элементов по кромке. Очевидно, что во втором случае проволочный инструмент работает часть основного времени вхолостую, не срезая материала, а осуществляя ПЦД поверхности подучившейся фаски. В данном случае (при снятии ликвидов) это воздействие является излишним.

При увеличении величины натяга i , уменьшении вылета L и увеличении диаметра d ворса (т.е. при увеличении его жесткости) происходит увеличение максимально достижимой глубины снимаемого при зачистке слоя t_{max} .

Зная значение t_{max} можно определить более общий показатель, характеризующий режущую способность проволочного инструмента, - минимальный натяг i_{min} , при котором процесс микрорезания проволочным инструментом не происходит:

$$i_{\text{min}} = t_{\text{max}} - i \quad (7)$$

Анализируя результаты проведенных исследований можно сделать вывод о важности такого показателя, характеризующего процесс зачистки, как число рядов зачистных элементов n , воздействующих на кромку заготовки. Причем, данный показатель зависит как от конструктивных параметров ПИ (диаметр зачистных элементов d , диаметр инструмента D , вылет ворса L), так и от режимов процесса зачистки (подача $s_{\text{мин}}$, частота вращения инструмента n).

Для характеристики эффективности выполнения операции удаления ликвидов проволочными инструментами введем коэффициент эффективности основного времени ИО, который будет определяться как:

$$K_0^{\text{ЭФ}} = t_0^{\text{ЭФ}} / t_0 \quad (8)$$

где $t_0^{\text{ЭФ}}$ - часть основного времени, в течении которого происходит снятие металла; t_0 - основное время ИО.

Для серийно выпускаемых ПИ (торцовые иглофрезы Белгородского завода фрез (БЗФ)) с рекомендациями по режимам зачистки (скорость зачистки $v = 0,8 - 7$ м/с, подача $s_{\text{мин}} = 1000 - 3000$ мм/мин) значения $K_0^{\text{ЭФ}}$ находятся в пределах 0,4-0,6. При назначении рациональных режимов обработки (рис.1,6) с учетом проведенных исследований ($n_{\text{ряд}} = n_{\text{ряд}}^k$, $K_0^{\text{ЭФ}} = 1$) производительность данной операции увеличивается на 40-60 %.

Методом планирования эксперимента устанавливалась зависимость глубины снимаемого слоя t и шероховатости поверхности фаски от элементов режима ИО и конструктивных параметров ПИ. Для получения линейной математической модели выбран логарифмический масштаб, это позволяет получить адекватную модель в виде степенной зависимости, наиболее часто употребляемой в теории резания, и приводит к однородности дисперсий варьируемых в экспериментах факторов:

$$t = \frac{0,42 \cdot i^{0,87} \cdot d^{0,15} \cdot v^{0,10}}{s_{\text{мин}}^{0,20} \cdot L^{0,07}} \quad (\text{материал СЧ 20});$$

$$t = \frac{0,24 \cdot i^{0,72} \cdot d^{0,13} \cdot v^{0,09}}{s_{\text{мин}}^{0,17} \cdot L^{0,12}} \quad (\text{материал сталь 20}). \quad (9)$$

Для параметра шероховатости Ra получаем математическую модель в следующем виде:

$$Ra = \frac{1,61 \cdot d^{1,17} \cdot s_{\text{мин}}^{0,14}}{v^{0,08} \cdot i^{0,06} \cdot L^{0,07}} \quad (\text{материал СЧ 20});$$

$$Ra = \frac{2,15 \cdot d^{0,98} \cdot s_{\text{мин}}^{0,14}}{v^{0,09} \cdot i^{0,07} \cdot L^{0,05}} \quad (\text{материал сталь 20}). \quad (10)$$

Статистический анализ математической модели состоял из оценки дисперсий воспроизводимости по критерию Кохрена, проверки значимости коэффициентов полинома с помощью t-критерия Стьюдента и проверки адекватности модели с помощью F-критерия

филера. При анализе использовался стандартный пакет программ Stat для обработки результатов дробных факторных экспериментов. Ошибка модели не превышала 19,3 %.

В четвертой главе разработана методика проектирования операции удаления ликвидов проволочными инструментами, состоящая в определении схемы обработки, назначении рациональных режимов и выборе наилучшего варианта построения операции.

Учитывая широкие технологические возможности оборудования с ЧПУ и новых конструкций ПИ задача удаления ликвидов может быть реализована с применением нескольких технологических схем (вариантов). Поэтому были разработаны классификационные схемы удаления ликвидов с корпусных деталей проволочным инструментом.

Проведены производственные исследования методики проектирования зачистной операции. Исследования проведены в производственных условиях (МСПО "Красный Пролетарий"). В качестве оборудования использовались многоцелевые станки ИР 500ПМ1Ф4. Зачистная обработка производилась торцовым и дисковым ПИ конструкций, адаптированных к условиям обработки на станках с ЧПУ, в качестве образцов использованы серийные корпусные детали.

Испытания показали высокую эффективность разработанной методики и конструкций ПИ. Производительность операции удаления ликвидов увеличилась на 30-40% при обеспечении требуемого качества зачистки за счет назначения рациональных режимов обработки и схем построения операции.

В результате проведенных исследований разработаны требования технологичности, связанные с применением проволочных инструментов в автоматизированном производстве. Комплекс критериев технологичности при проектировании переходов зачистки разделен на три группы. Первая группа критериев определяет общие требования к заготовке и детали; во вторую группу входят критерии, относящиеся к конструкции проволочного инструмента; третья группа объединяет критерии технологичности, относящиеся к конструкции приспособлений для закрепления заготовок.

В приложениях представлены программы расчета по разработанным математическим моделям, типовые листинги обработки на IBM PC экспериментальных данных, акты испытаний предложенной методики.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Метод автоматизированного снятия ликвидов с использованием проводочных инструментов является эффективным, совместимым с переходами механической обработки методом, позволяющим надежно удалять ликвиды с деталей типа корпусов и плит в условиях автоматизированного производства (например, на станках типа ИР500ПМ14). Применяемые при зачистной операции проводочные инструменты обладают высокой степенью универсальности и избирательности процесса удаления ликвидов.

2. Для определения рациональных режимов зачистки ликвидов проводочным инструментом необходимо использовать выявленные в процессе проведенных исследований закономерности процесса иглодеальной обработки между глубиной снимаемого при зачистке слоя материала, числом рядов зачистных элементов, прошедших через обрабатываемую кромку детали, режимами обработки и разработанную с учетом данной закономерности математическую модель операции снятия ликвидов проводочными инструментами. Выполнение операции удаления ликвидов ПИ с рекомендуемыми режимами позволяет повысить производительность на 30-40 %.

3. Проведенные экспериментальные исследования операции удаления ликвидов проводочными инструментами на автоматизированном металлообрабатывающем оборудовании подтвердили адекватность разработанной математической модели реальному процессу зачистки. Для гарантированного снятия ликвидов с разбросом толщины основания от 0,1 до 0,7 мм и стабилизации отклонения размера получаемой при зачистке фаски по длине обработки в пределах 0,03 мм необходимо назначать режимы обработки проводочными инструментами с учетом рассчитанных по теоретическим и экспериментальным моделям зависимостям.

4. В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработаны инженерная методика проектирования операции зачистки, новые конструкции проводочных инструментов и реализуемые на их основе схемы снятия ликвидов, рекомендации по выбору схем удаления ликвидов проводочными инструментами. Применение предложенных конструкции ПИ и реализуемых на их основе схем обработки позволяет сократить единичное время обработки на 20-30 %.

5. Проведены производственные исследования разработанных

методики и рекомендаций, которые показали, что спроектированные при помощи предложенных методики и рекомендаций операции автоматизированной зачистки с использованием проволочного инструмента, позволяют надежно удалять ликвиды с деталей типа корпусов и плит. Полученные после зачистки фаски соответствуют требованиям ГОСТа и СТП.

6. Разработаны требования технологичности, связанные с применением проволочных инструментов в автоматизированном производстве, которые включают общие требования к заготовке и детали, относящиеся к конструкции проволочного инструмента, к конструкции приспособлений для закрепления заготовок.

Основное содержание работы изложено в следующих публикациях:

1. Соловьев А. И., Медведев Д. А. Интенсификация обработки ликвидов дисковыми проволочными инструментами // Механизация финишно-зачистных и отделочных работ в машиностроении.: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. - М., 1990. - С. 44-45

2. Соловьев А. И., Гуськов А. М., Медведев Д. А. Исследование параметров процесса обработки плоских поверхностей проволочным инструментом // Современные технологические процессы и металлургическое оборудование в тяжелом машиностроении: Сб. научных трудов НИИПТмаш. - Краматорск, 1990. - С. 205-214.

3. Медведев Д. А., Соловьев А. И. Удаление ликвидов регулируемым проволочным инструментом в условиях автоматизированного производства // Доклады и сообщения об основных разработках, представленных на презентацию АИП - 91. - М., 1991. - С. 93-94.

4. Медведев Д. А., Соловьев А. И. Регулируемый проволочный инструмент // Каталог разработок, представленных на презентацию АИП - 91. - М., 1991. - С. 65.

5. Медведев Д. А., Соловьев А. И. Исследование процесса удаления ликвидов проволочными инструментами на многоцелевых станках // Технология механосборочного производства: Сб. статей. М.: МГТУ, 1992 - С. 40-51 (Труды МГТУ; N 559).

6. Медведев Д. А., Соловьев А. И. Исследование особенностей изготовления и использования регулируемых проволочных инструментов // Механосборочное производство и современные средства его оснащения: Сб. научных трудов НИИПТмаш. - Краматорск, 1992. - С. 146-156.

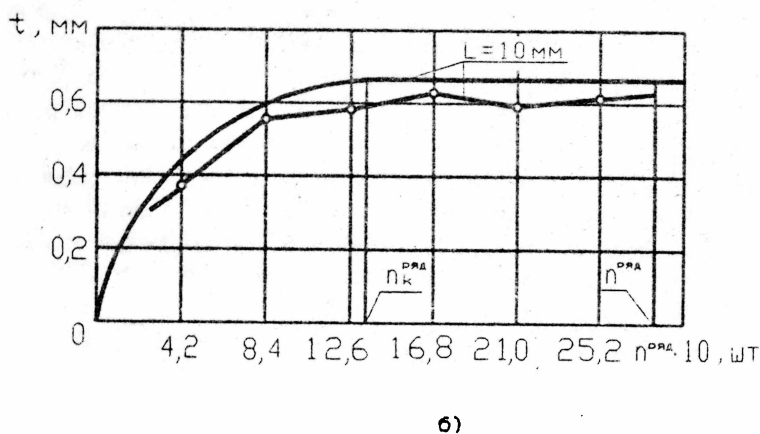
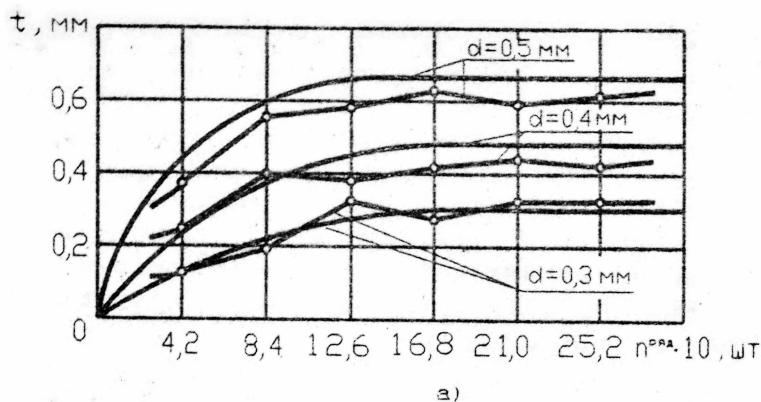


Рис. 1. Зависимость глубины снимаемого при ИО слоя t от числа рядов зачистных элементов $n_{\text{ряд}}$:
 а) при разном диаметре ворса d ;
 б) для ПИ БЭФ.

МЕДВЕДЕВ Дмитрий Анатольевич

**Разработка и исследование метода удаления
ликвидов проволочными инструментами с деталей
типа корпусов и плит в условиях
автоматизированного производства**

Специальность 05.02.08—Технология машиностроения

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**