

05.02.08

4-491

Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР
Курганский машиностроительный институт

На правах рукописи

Черненко Алексей Федорович

УДК 621.787

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ ВРАЩАЮЩИМСЯ
ВЫГЛАЖИВАТЕЛЕМ

Специальность 05.02.08 - "Технология машиностроения"

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Курган
1983

Работа выполнена на кафедре "Металлорежущие станки и инструменты" Челябинского политехнического института им. Ленинского комсомола.

Научный руководитель -
доктор технических наук,
профессор

Маргулис Д.К.

Научный консультант -
кандидат технических наук,
профессор

Меньшаков В.М.

Официальные оппоненты:
доктор технических наук,
профессор

Кравченко Б.А.

кандидат технических наук,
доцент

Симахин Я.А.

Ведущее предприятие - Челябинский тракторный завод им. В.И. Ленина.

Защита состоится 8 апреля 1983 г. на заседании специализированного совета К 064.18.01 Курганского машиностроительного института.

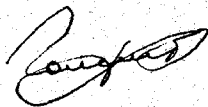
Адрес: 640669, г. Курган, пл. им. В.И. Ленина, КМИ, ученый совет.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КМИ.

Автореферат резослан " " _____ 1983 г.

Отзыв на автореферат в одном экземпляре, заверенном печатью предприятия, просим направлять на имя ученого секретаря специализированного совета.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат технических наук,
доцент



Голофаст Л.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года" одной из задач машиностроения является улучшение качества продукции и ускорение научно-технического прогресса.

Одним из путей решения этой задачи является расширение применения и совершенствование технологических процессов с применением упрочняюще-калибрующей обработки поверхностным пластическим деформированием (ППД). Поэтому исследование и разработка технологических рекомендаций по применению новых способов ППД, позволяющих улучшить качественные показатели изделий и снизить их себестоимость, чему посвящена данная работа, является актуальной задачей.

Цель работы. Разработать комплексную научно-обоснованную методику назначения технологических параметров операции обработки цилиндрических отверстий вращающимся выглаживателем, обеспечивающую повышение качества изделий и снижение их себестоимости.

Основные задачи 1. Установить взаимосвязь качественных показателей поверхности отверстия с основными параметрами операции обработки вращающимся выглаживателем.

2. Разработать практические рекомендации и методику назначения режимов и других параметров операции обработки отверстий вращающимся выглаживателем, обеспечивающую получение требуемого качества изделий.

3. Разработать способ и устройство для производительной обработки выглаживателей тороидальной формы; разработать практические рекомендации по инструментальной наладке на операцию обработки отверстий вращающимся выглаживателем.

4. Получить данные по степени наклепа и износостойкости изделий, обработанных вращающимся выглаживателем.

Автор защищает:

- результаты теоретического и экспериментального исследования особенностей взаимодействия вращающегося выглаживателя с изделием, обеспечивающих снижение шероховатости обработанной поверхности, повышение степени наклепа и износостойкости;

- теоретические зависимости для определения скорости выглаживания в плоскости максимальных натягов;

- аналитическую зависимость, отражающую взаимосвязь скорости выглаживания с шероховатостью обработанной поверхности;
- результаты расчетов по обоснованию выбора конструктивных параметров инструмента и ограничения на длину обрабатываемого отверстия;
- результаты экспериментальных исследований шероховатости поверхности, волнистости, осевых сил, точности размера, степени наклепа и износостойкости;
- конструкцию инструментальной наладки; способ обработки торoidalных поверхностей инструментов и устройство для его осуществления;
- комплексную методику назначения основных параметров операции обработки вращающимся выглаживателем.

Методика исследования. В теоретических исследованиях использованы элементы дифференциальной геометрии.

Экспериментальные исследования проводили на образцах из сталей 20, ШХ15, латуни Л62, дюралюмина Д16Т в состоянии поставки. В качестве выглаживателей применяли инструмент тороидальной формы из твердого сплава Т15К6. Выглаживание осуществляли на станке К62. Испытания образцов на износостойкость проводили в лаборатории прочности и износа ЧТЗ им. В.И. Ленина. Микротвердость поверхностного слоя исследовали методом косых срезов на приборе ПМТ-3. Шероховатость обработанной поверхности определяли по показывающему прибору и профилограммам, параметры волнистости - по профилограммам, записанным на профилографе-профилометре мод. 201 завода "Калибр". Осевые силы определяли по осциллограммам, полученным с помощью тензодатчиков, тензоусилителя ТА-5 и осциллографа Н115. Точность размера оценивалась по среднеквадратическому отклонению по результатам измерений нутромером с индикаторной головкой.

Основная часть экспериментов выполнена с использованием плана второго порядка.

- Научная новизна. 1. Доказана возможность получения более низкой шероховатости поверхности, обработанной вращающимся выглаживателем, по сравнению с соосным прошиванием.
2. Выявлены и обоснованы ограничения на применение операции обработки вращающимся выглаживателем.
 3. Разработаны научно-обоснованные комплексные рекомендации по

назначению основных параметров операции обработки вращающимся выглаживателем.

4. Установлено, что при обработке отверстий вращающимся выглаживателем шероховатость обработанной поверхности определяется скоростью выглаживания. В аналитическом виде получены зависимости, отражающие взаимосвязь шероховатости обработанной поверхности со скоростью выглаживания.

Практическая ценность. Разработанная научно-обоснованная методика назначения основных параметров операции обработки отверстий вращающимся выглаживателем обеспечивает получение требуемого качества изделий.

Разработан способ производительной обработки тороидальных поверхностей инструментов и устройство для его осуществления.

Разработана конструкция инструментальной наладки на операцию обработки отверстий вращающимся выглаживателем, способы ее регулирования и контроля.

Получены данные по степени наклепа и износостойкости изделий обработанных вращающимся выглаживателем.

Реализация работы. Результаты исследований внедрены на Челябинском опытно-экспериментальном заводе, Копейском машиностроительном заводе им.С.М.Кирова, Златоустовском машиностроительном заводе. Суммарный годовой экономический эффект составил 36 460 рублей.

● Рекомендации по технологии применения и изготовления выглаживателей тороидальной формы включены в "Общемашиностроительные нормативы режимов резания, износа, и расхода круглых протяжек", утвержденные заместителем Министра станкостроительной и инструментальной промышленности СССР. Методика назначения режимов обработки и чертежи приспособлений переданы на 42 предприятия страны.

Апробация раб. гл. Результаты исследований по теме диссертации доложены и обсуждены:

1. На научно-технической конференции "Прогрессивные методы и инструменты для обработки резанием и пластическим деформированием", Челябинск, 1971.

2. На ежегодных научно-технических конференциях в Челябинском политехническом институте им.Ленинского комсомола в 1972-1981 гг.

3. На заседании кафедр "Технология нефтяного и химического машиностроения", "Резание металлов и режущий инструмент" Куйбышевского политехнического института, 1982.

4. На XI научно-технической конференции инструментальщиков УРАЛА, Пермь, 1982.

5. На объединенном заседании кафедр "Технология машиностроения", "Технология металлов", "Технология механосборочного производства", "Металлорежущие станки и инструменты" Челябинского политехнического института, 1982.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 7 работ.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, шести разделов, общих выводов, списка литературы, включающего 113 наименований, приложения. Диссертация изложена на 106 страницах машинописного текста, содержит 76 рисунков, 24 таблицы.

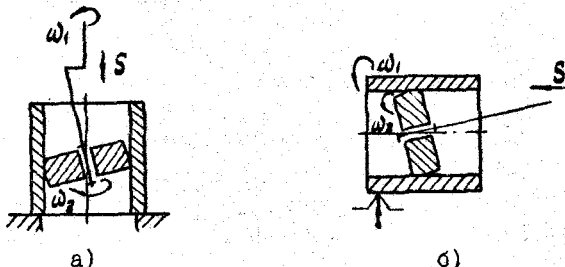
ОБРАБОТКА ОТВЕРСТИЙ ВРАЩАЮЩИМСЯ ВЫГЛАЖИВАТЕЛЕМ

Технология обработки отверстий ПЦД разработана Проскуряковым Ю.Г. и его школой (Симахиным Я.А., Меньшаковым В.М., Поздняковой И.В. и многими другими), Шнейдером Ю.Г., Пашевым Д.Д., Коноваловым Е.Г., Кудрявцевым И.В., Кравченко Б.А., Браславским В.М., Моченко В.П., Торбило В.М. и другими исследователями. Благодаря их работам в настоящее время ПЦД находит широкое применение в промышленности.

Из многочисленных конструкций инструментов для ПЦД можно выделить две группы, различающиеся по принципу взаимодействия деформирующих элементов с обрабатываемой поверхностью: инструменты качения и выглаживатели. Однако, в конкретных условиях применение этих инструментов ограничивается рядом факторов. Например, применение инструментов качения невозможно при обработке отверстий с незамкнутой поверхностью и ограничено при обработке отверстий диаметром менее 30 мм, глухих отверстий. Применение инструментов типа выглаживающих прошивок в ряде случаев ограничено возникающими в процессе обработки большими осевыми силами и наличием на предприятиях, особенно серийного производства, протяжных станков и пресов. Затруднительна обработка глухих отверстий, отверстий в изделиях больших габаритов. При прошивании отдельным выглаживателем неизбежен перекося его оси, что, вследствие возникающей неравномерности натяга ведет к получению некруглого отверстия. В связи со

стремлением избавиться от этих недостатков была предложена новая схема обработки поверхностным пластическим деформированием, которая может быть реализована на станках с вращательным главным движением. На рис. I представлены возможные варианты применения предложенной схемы обработки.

Схемы обработки отверстий вращающимся выглаживателем



а) на сверлильных, фрезерных, агрегатных станках;

б) на токарных станках;

ω_1 - движение вращения шпинделя станка;

ω_2 - движение самовращения выглаживателя; S - подача инструмента

Рис. I.

Эксперименты, проведенные Меньшаковым В.М., Карелиным В.С., Пятиним Е.Е., позволили установить, что имеется ряд особенностей применения обработки вращающимся выглаживателем:

1) существенно снижаются осевые силы, что дает возможность производить выглаживание отверстий на металлорежущем оборудовании токарной, сверлильной, фрезерной группы и агрегатных станках. Т.е., отпадает необходимость в содержании протяжных станков и прессов; предварительная обработка отверстия резанием может быть совмещена на одной операции с обработкой ППД;

2) возможна обработка глухих отверстий, отверстий малого диаметра и отверстий в крупногабаритных изделиях, чем, следовательно, расширяется область применения способов ППД.

На основании анализа научно-технической литературы и исследований автора область применения вращающегося выглаживателя: обработка ППД отверстий, в том числе и глухих, диаметром до 30 мм.

Однако, данный вид обработки не получил до сих пор должного распространения в металлообрабатывающей промышленности по причине отсутствия технологических рекомендаций.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ ВРАЩАЮЩИМСЯ ВЫГЛАЖИВАТЕЛЕМ

Качество поверхности и особенности деформирования поверхностного слоя вращающимся выглаживателем. Проведенный анализ известных форм и конструктивных параметров выглаживателей показал, что наиболее рациональной для вращающегося выглаживателя является тороидальная форма инструмента, т.к. применение выглаживателей других форм вызывает увеличение среднего натяга, а, следовательно, и увеличение осевых сил при изменении угла между осями инструмента и изделия от 0° до 3° .

Существенной особенностью взаимодействия вращающегося выглаживателя с обрабатываемой поверхностью является изменение положения плоскости максимальных натягов. При обработке отверстий вращающимся выглаживателем тороидальной формы положение плоскости максимальных натягов определяется углом Ψ , отличным от угла между осями изделия и инструмента δ (рис.2). Наклонное положение плоскости максимальных натягов и наличие подачи инструмента создает условия для многократного взаимодействия обрабатываемой поверхности с поверхностью инструмента. В работе доказано, что пластическая деформация поверхности отверстия происходит лишь по половине длины линии пересечения плоскости максимальных натягов с поверхностью инструмента (рис.2, $\varphi = \pi K \dots \pi(K+1)$), где $K = 0, 1, 2, 3, \dots$). Т.е., окончательное формирование обработанной поверхности происходит в зоне наибольшего натяга (рис.2, $\varphi = \pi K$), а на участке линии пересечения плоскости максимальных натягов с поверхностью инструмента при $\varphi = 0,5\pi + [\pi K \dots \pi(K+1)]$ имеет место лишь упругая деформация. Это дает основание производить расчет числа взаимодействий обрабатываемой поверхности с поверхностью инструмента лишь для $\varphi = \pi K \dots \pi(K+1)$, поскольку перенаклеп обрабатываемой поверхности возникает при многократном пластическом деформировании.

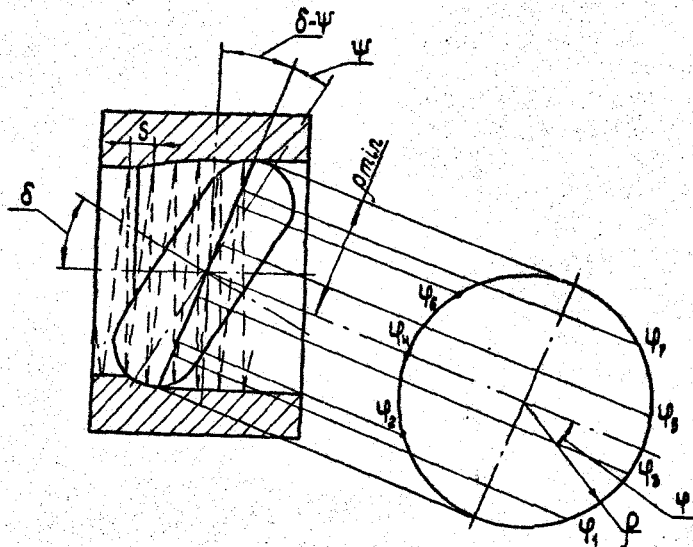
Число взаимодействий обрабатываемой поверхности с поверхностью инструмента в зоне пластической деформации

$$N = \frac{\rho_{\min} \sin(\delta - \Psi)}{S} + 1, \quad (I)$$

где ρ_{\min} - минимальное значение полярного радиуса в плоскости максимальных натягов, мм;

- δ - угол между осями изделия и инструмента, град;
 ψ - угол между плоскостью максимальных натягов и осью симметрии инструмента, проходящей через его максимальный диаметр в плоскости угла δ , град;
 S - подача инструмента на оборот шпинделя станка, мм/об.

Схема взаимодействия вращающегося выглаживателя с изделием



— — — траектория движения элемента обрабатываемой поверхности относительно выглаживателя

Рис.2

Значение ρ_{min} рассчитывается по формуле (при $\psi=0,5\pi, \psi=1,5\pi$):

$$\rho = (0,5D - R)(1 - \sin^2 \psi \sin^2 \varphi)^{0,5} + [R^2 - (0,5D - R)^2 \sin^2 \psi \sin^2 \varphi]^{0,5} \quad (2)$$

где R - радиус кривизны тороидальной поверхности инструмента, мм;
 D - диаметр инструмента, мм.

Значение угла ψ рассчитывается по формуле

$$\psi = \arctg \frac{R \sin \delta}{0,5D - R(1 - \cos \delta)}$$

Анализ формулы (I) показывает, что в реально существующем диапазоне изменения входящих в нее параметров число взаимодействий обрабатываемой поверхности с поверхностью инструмента может достигать 10...12, что уподобляет обработку вращающимся выглаживателем многозубому прошиванию с увеличивающимися на каждый последующий зуб натягом. Это объясняет одну из причин снижения шероховатости обработанной поверхности и повышения степени наклепа.

Взаимосвязь шероховатости поверхности и скорости выглаживания.

Скорость относительного перемещения контактирующих точек инструмента и изделия, или скорость выглаживания, как режимный параметр оказывает влияние на качество обработки. Это влияние ослаблено в некоторых диапазонах изменения скорости. Так, например, при реально применяемых режимах обработки выглаживанием (в т.ч. алмазным) и раскатыванием не установлено ее существенного влияния на качество обработки.

Скорость выглаживания, рассчитанная по имеющимся в научно-технической литературе формулам, не связывается с линией пересечения поверхности инструмента и плоскости максимальных натягов, хотя именно в этой зоне имеет место наибольшее давление инструмента на обрабатываемую поверхность, а, следовательно, и наибольшее влияние на формирование обработанной поверхности. Кроме того, существующие формулы не относятся к инструменту тороидальной формы.

В данной работе получено уравнение для определения скорости выглаживания в любой точке пересечения плоскости максимальных натягов с поверхностью инструмента тороидальной формы (расчетная схема на рис.3):

$$|\bar{V}| = \omega_1 \left[\left(z_1 \cos \delta \sin \gamma \pm \frac{S}{2\pi} \right)^2 + (z_1 - z_2 \cos \delta \cos \gamma)^2 \right]^{0.5}, \quad (3)$$

где ω_1 - угловая частота вращения шпинделя станка, рад/с;

z_1 - расстояние от точки контакта до оси вращения изделия, мм;

z_2 - расстояние от точки контакта до оси вращения выглаживателя, мм;

γ - угол между векторами скорости изделия и выглаживателя в данной точке контакта, град;

К определению скорости выглаживания

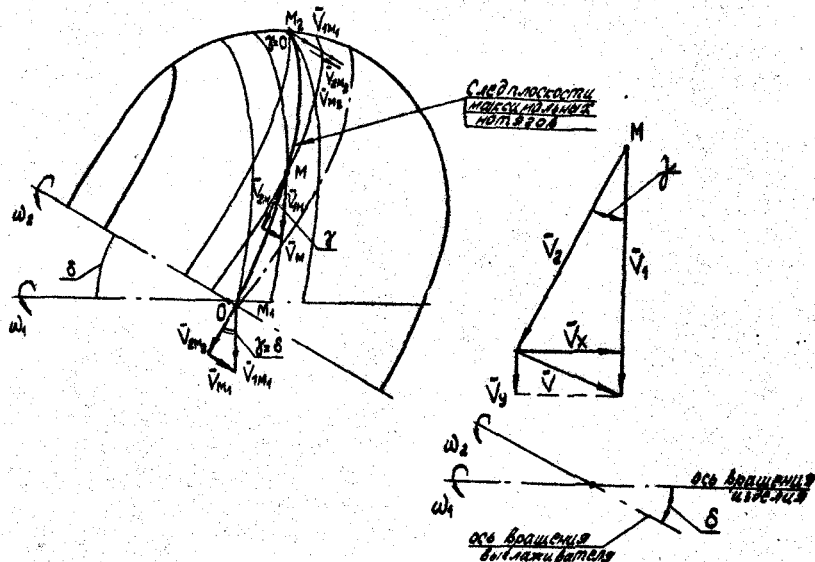


Рис.3

$$z_1 = \rho [1 - \sin^2(\delta - \psi) \sin^2 \varphi]^{0,5};$$

$$z_2 = \rho [1 - \sin^2 \psi \sin^2 \varphi]^{0,5};$$

$$\delta = \arcsin \frac{(\rho - 0,5D + R)^2 \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg}^2 \varphi (\rho \sec^2 \delta - 0,5D + R)^2 (\rho - 0,5D + R)^2 \sec^2 \delta},$$

где φ - полярный угол, град.

Значение ρ рассчитывается по формуле (2).

В качестве критерия оценки величины скорости было выбрано ее максимальное значение. В результате предложена формула для вычисления скорости выглаживания (учитывающая величину подачи инструмента), которая принималась в качестве аргумента для установления зависимости скорость - шероховатость.

На основании теоретико-экспериментальных исследований в аналитическом виде получена зависимость, связывающая шероховатость обработанной поверхности со скоростью выглаживания. Исходя из заданной чертежом шероховатости обработанной поверхности и других данных, по нижеприведенной формуле можно определить скорость выглаживания, обеспечивающую эту шероховатость:

$$V = 32,5D \left(\frac{\pi \delta}{90} + \frac{2S}{\pi D} \right) \left(0,41\delta - 0,026\delta^2 + \frac{1390 Ra}{\sigma_B} - 1,24 \right)^{0,5}, \quad (4)$$

где Ra - требуемая шероховатость обработанной поверхности;

σ_B - прочность обрабатываемого материала.

Частные решения уравнения (4) показывают, что для данного угла δ увеличение скорости выглаживания вызывает увеличение шероховатости обработанной поверхности до некоторого предела. При дальнейшем увеличении скорости выглаживания не наблюдается изменения шероховатости обработанной поверхности. При обработке стали ШХ15, например, заметное изменение шероховатости для угла $\delta = 3^\circ$ происходит в пределах изменения максимальной скорости выглаживания 10...50 мм/с, а для угла $\delta = 1^\circ - 3...16$ мм/с.

Из анализа формулы (4) следует, шероховатость обработанной поверхности тем меньше, чем больше угол между осями изделия и инструмента. Объяснение этого явления следует из формулы (1): с увеличением угла δ увеличивается число взаимодействий обрабатываемой поверхности с поверхностью инструмента.

Экспериментальная проверка формулы (4) для различных обрабатываемых материалов, размеров изделия и инструмента и режимов обработки подтвердила ее правомочность.

По заданной шероховатости поверхности и другим данным, рассчитав скорость выглаживания, определяется такой режимный параметр операции, как частота вращения шпинделя станка.

Другие технологические особенности обработки и некоторые конструктивные параметры инструмента. В связи с наклонным распо-

ложением оправки, на которой закреплен выглаживатель, длина обработки ограничена. Допустимая длина обработки L определяется по формуле

$$L \leq \frac{D \cos^2 \delta d_{оп}}{2 \sin \delta}, \quad (5)$$

где $d_{оп}$ - диаметр оправки.

Неравенство (5) используется для проверки возможности обработки изделий заданной длины при изменении существующего технологического процесса с целью введения операции обработки вращающимся выглаживателем. Решая неравенство (5) относительно δ , можно определить допустимый угол между осями изделия и инструмента, величина которого используется при проектировании нового технологического процесса с использованием операции обработки вращающимся выглаживателем. При этом в целях минимизации осевой силы назначается максимально возможная величина угла δ .

При обработке прутковых заготовок на автоматной операции на переходах сверления и отрезки глубина сверления и ширина отрезного реза, соответственно, должны назначаться по разработанным формулам. Использование этих формул обеспечивает срезание с торца обработанного изделия при отрезке дефектного слоя, образованного заборной частью инструмента в конце обработанного отверстия.

В результате экспериментального исследования осевых сил и анализа полученных результатов предложена удобная в практическом использовании формула для вычисления осевой силы P , позволяющая учесть изменение натяга за счет деформации стенки изделия, шероховатость предварительной обработки отверстий, обрабатываемый материал, частоту вращения шпинделя, подачу, угол δ , радиус торoidalной поверхности выглаживателя:

$$P = D_i K_c K_o K_n K_s K_\delta K_R,$$

где $K_c, K_o, K_n, K_s, K_\delta, K_R$ - поправочные коэффициенты на названные условия.

Наибольшее влияние на величину осевой силы из режимных параметров операции обработки отверстия вращающимся выглаживателем, оказывает угол δ . Интенсивное снижение осевой силы наблюдается при увеличении угла δ от 0° до $2 \dots 3^\circ$. За счет увеличения угла δ до $2^\circ \dots 3^\circ$ осевая сила может быть уменьшена в 4 раза.

Неравномерность натяга и наличие подачи создает предпосылки для образования волнистости поверхности при обработке вращающимся выглаживателем. Установлено, что волнистость обработанной поверхности зависит от величины натяга и подачи. Получены соответствующие зависимости, которые использованы в методике назначения режимов обработки на операцию.

Степень наклепа поверхностного слоя изделия определяет его износостойкость.

Установлено, что степень наклепа зависит от частоты вращения изделия, угла δ , натяга. При изменении величины угла δ от 0° до 6° степень наклепа поверхностного слоя, по данным измерений микротвердости на расстоянии 0,1 мм от поверхности образца, увеличивается на 90%, а износостойкость обработанной поверхности, измеренная по методу Шкоды-Савина, увеличивается на 20%.

Установлено, что изменение размера изделия мало зависит от угла δ . При обработке трех партий образцов с идентичными параметрами распределения размера предварительно обработанного отверстия при углах $\delta = 0^\circ, 3^\circ, 6^\circ$ были получены результаты, позволяющие утверждать, что точность размеров изделий, обработанных при соосном и несоосном расположении изделия и инструмента, одинакова. Точность оценивалась по среднеквадратичному отклонению размера.

Радиус тороидальной поверхности выглаживателя назначается, исходя из величины приведенного угла заборной части инструмента, обеспечивающего минимальные осевую силу и шероховатость обработанной поверхности.

Толщина выглаживателя определяется по формуле

$$T = \max \left\{ \begin{array}{l} 2\sqrt{Ri} \\ 2(R \sin \delta + \sqrt{Ri_{\min}}) \end{array} \right. ,$$

где i - абсолютный натяг;

i_{\min} - минимальный натяг, рассчитываемый по формуле

$$i_{\min} = 2 \left[(0,5D - R) \cos \delta + R \right] + i - D .$$

При несоблюдении полученных условий возможно разрушение инструмента.

Установка выглаживателя в приспособлении должна обеспечить совпадение его геометрического центра с осью вращения изделия или шпинделя станка. Разработана конструкция инструментальной накладки для обработки отверстий вращающимся выглаживателем, методы ее контроля и способы регулирования величины несоблюдения геометрического центра выглаживателя с осью вращения изделия или шпинделя станка. Разработан производительный способ обработки торoidalных поверхностей инструментов и устройство для его осуществления.

МЕТОДИКА НАЗНАЧЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРАЦИИ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ ВРАЩАЮЩИМСЯ ВЫГЛАЖИВАТЕЛЕМ

Разработано два варианта Методики: при изменении существующего технологического процесса и при проектировании нового. Методика предусматривает назначение всех режимных параметров, частоты вращения шпинделя, подачи инструмента, натяга, угла между осями инструмента и изделия. Неотъемлемой частью Методики являются рекомендации по выбору радиуса тороидальной поверхности и толщины инструмента, при обработке прутковых заготовок - толщины отрезного резца и глубины сверления.

Методика составлена на основе теоретических и экспериментальных исследований, выполненных в диссертации.

Общими пунктами для обоих вариантов Методики являются:

- назначение натяга с учетом обрабатываемого материала, шероховатости предварительно обработанного отверстия, толщины стенки изделия и ожидаемого улучшения шероховатости обрабатываемой поверхности;

- определение радиуса тороидальной поверхности инструмента;

- определение ширины отрезного резца и глубины сверления;

- расчет толщины выглаживателя;

- определение частоты вращения шпинделя станка, обеспечивающую необходимую скорость выглаживания по найденному предварительно значению угла между осями изделия и инструмента, требуемой шероховатости обработанной поверхности и прочности обрабатываемого материала;

- определение величины подачи инструмента:

а) при ограничении волнистости обработанной поверхности;

б) при отсутствии ограничения волнистости - по максимальной производительности.

03 99802

При изменении существующего технологического процесса перед определением частоты вращения шпинделя станка следует определить значение угла между осями изделия и инструмента по осевой силе, допустимой прочностью механизма подачи станка и проверить возможность обработки изделия заданной длины. При проектировании нового технологического процесса угол между осями изделия и инструмента определяется по возможности обработки изделия заданной длины. Далее производится расчет осевой силы и по ее величине - выбор оборудования.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Технологическое обеспечение качества поверхности, обработанной граажающим выглаживателем, достигается на основе применения разработанной научно-обоснованной методики назначения параметров операции.

2. Операция обработки отверстий вращающимся выглаживателем обеспечивает снижение шероховатости до R_a 0,45...0,02 мкм и повышение степени наклепа обработанной поверхности по сравнению с соосным прошиванием в 2 раза за счет многократного, до 10 раз, взаимодействия рабочей поверхности инструмента с обрабатываемой поверхностью и низкой скоростью выглаживания. Износостойкость поверхности, обработанной вращающимся выглаживателем, измеренная по методу Шкоды-Савина, повышается на 20% по сравнению с износостойкостью поверхности, обработанной соосным прошиванием.

3. В аналитическом виде установлена взаимосвязь шероховатости обработанной поверхности со скоростью выглаживания, анализ которой показывает, что уменьшение шероховатости обработанной поверхности при данном угле между осями инструмента и изделия происходит за счет уменьшения скорости выглаживания. В зависимости от угла между осями инструмента и изделия уменьшение скорости выглаживания за счет уменьшения частоты вращения шпинделя станка с 10...90 мм/с до 4...20 мм/с вызывает уменьшение шероховатости по R_a в 1,5...12 раз. При тех же условиях увеличение скорости выглаживания свыше 10...90 мм/с за счет увеличения частоты вращения шпинделя станка не вызывает заметного изменения шероховатости.

4. Разработана конструкция инструментальной наладки на операцию; разработан способ производительной обработки инструмента торoidalной формы и устройство для его осуществления.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Общемашиностроительные нормативы режимов резания, износа и расхода круглых протяжек. - М.: НИИМаш, 1982, с.39, 46.

2. Карелин В.С., Ветхов В.А., Черненко А.Ф. Скорость выглаживания при обработке отверстий колеблющимся дорном. - В сб.: Прогрессивные методы и инструменты для обработки резанием и пластическим деформированием: Тез. докл. научно-техн. конф. - Челябинск: ЧПИ, 1971, с.69.

3. Маргулис Д.К., Черненко А.Ф. Вращающийся выглаживатель. - Машиностроитель, 1981, № 6, с. 45-46.

4. Черненко А.Ф. Упрочняюще-калибрующая обработка отверстий вращающимся выглаживателем, ИЛ № 31-81 НТД. - Челябинск: ЦНТИ, 1981, 3 с.

5. Черненко А.Ф. Приспособление с вращающимся выглаживателем для упрочняюще-калибрующей обработки: ИЛ № 248-81. - Челябинск: ЦНТИ, 1981, 2 с.

6. Меньшаков В.М., Черненко А.Ф. Назначение режимов обработки цилиндрических отверстий вращающимся выглаживателем: ИЛ № 20-82НТД. - Челябинск: ЦНТИ, 1982, 3 с.

7. Меньшаков В.М., Черненко А.Ф., Коновалов В.К. Качество поверхности и силы при обработке отверстий методом вращающегося выглаживателя. - В кн.: Повышение эффективности инструментального производства; Тез. докл. научно-техн. конф. - Пермь: ППИ, 1982, с.40-42.

А.Черненко