

95(043)
71

Министерство высшего и среднего специального
образования СССР

Челябинский политехнический институт
имени Ленинского комсомола

На правах рукописи

ШЕВЕЛЁВ Эдуард Николаевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ И СНИЖЕНИЯ
ШЕРОХАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ
РУЖЕЙНЫМИ СВЕРЛАМИ

Специальность 05.02.08 - "Технология машиностроения"

Автореферат
диссертации на соискание
ученой степени кандидата
технических наук

Челябинск
1980

Челябинский институт
«Профессиональный»

Работа выполнена на кафедре "Стенки и инструмент" Челябинского политехнического института им. Ленинского комсомола.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
МАРГУЛИС Д.К.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
КРАВЧЕНКО Б.А.,
кандидат технических наук, доцент
ЛАКИРЕВ С.Г.

Ведущее предприятие - Ярославский завод топливной
аппаратуры.

Автореферат разослан " ____ " _____ 1980 года.

Защита диссертации состоится " ____ " _____ 1980 года.
в _____ часов, на заседании специализированного совета
К-595/1 по присуждению ученой степени кандидата технических наук в Челябинском политехническом институте имени Ленинского комсомола (ауд.244, главный учебный корпус).

Просим Вас принять участие в заседании специализированного совета или прислать отзыв в 2-х экземплярах, заверенных печатью учреждения, по адресу: 454044, г. Челябинск-44, проспект им. В.И.Ленина, 76, Челябинский политехнический институт, ученому секретарю специализированного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
специализированного совета -
кандидат технических наук,
доцент

(В.М.МЕНЬШАКОВ)

Актуальность проблемы исследования путей повышения точности и снижения шероховатости поверхности при обработке отверстий ружейными сверлами обуславливается задачами по увеличению производительности обработки деталей машин и снижению затрат на их изготовление, поставленными Коммунистической партией в "Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976...1980 годы".

В машиностроении широкое распространение имеют детали с глубокими и точными отверстиями. Обработка отверстий малого диаметра (до 15мм) с точностью 6...7 квалитетов и шероховатостью поверхности 1,25...0,04 мкм в деталях машин является одной из наиболее сложных и трудоемких технологических операций. Наиболее перспективным направлением повышения производительности труда при механической обработке глубоких и точных отверстий в деталях машин является сверление ружейными сверлами. Анализ данных ряда заводов топливной аппаратуры (НЗТА, ЯЗТА, ВЗТА, ЛКЗ и др.) по обработке отверстий ружейными сверлами и производственные испытания этих инструментов на ЧТЗ показали, что при сверлении стабильно обеспечивается точность размеров отверстий до 0,05 мм с шероховатостью поверхности 2,5...1,25 мкм. Поэтому технологическим процессом, как правило, предусматривается после обработки отверстий ружейными сверлами последующая чистовая операция (шлифование, растачивание и др.) перед отделочными операциями доводки. Учитывая, что годовой выпуск деталей топливной аппаратуры дизельных двигателей в тракторостроении, автомобилестроении, судостроении составляет десятки миллионов штук, проблема снижения затрат на их производство за счет повышения точности обработки и обеспечения требуемой шероховатости поверхности весьма актуальна.

Целью работы является совершенствование технологии обработки прецизионных отверстий за счет повышения точности и снижения шероховатости обработанной поверхности на базе оптимизации конструктивных и геометрических параметров инструмента.

Методы исследования. Общей методикой предусмотрено проведение экспериментов в лабораторных условиях и поточно-массовом производстве ЧТЗ для исследования точности, шероховатости поверхности обрабатываемых отверстий и силовых факторов при сверлении ружейными сверлами. При изучении точности обработки отверстий использовали приемы математической обработки результатов исследования и, в

частности, методы математической статистики. Оценку точности процесса изготовления отверстий производим по единовременным выборочным совокупностям. При исследовании влияния конструктивных и геометрических параметров инструмента на шероховатость обработанной поверхности использовали аналитический метод и элементный анализ. При определении стойкости ружейных сверл и силовых факторов с целью получения математических моделей применяли методы планирования полного факторного эксперимента типа 2^3 .

Научная новизна. 1. Установлено влияние зазора между дугowymi поверхностями диаметра головки сверла и твердосплавных пластин на шероховатость обработанной поверхности. Разработана инженерная методика его определения.

2. Показана функциональная связь точности обработанных отверстий с рядом технологических параметров операции. Предложена методика оценки точности обрабатываемых отверстий.

3. Сформулировано условие и найдено решение повышения точности отверстий за счет ликвидации кольцевых выточек и конусообразности в заходной части при работе ружейных сверл по предварительно засверленному отверстию.

4. Установлены закономерности влияния на точность и шероховатость обработанных отверстий основных конструктивных и геометрических параметров ружейных сверл и технологических факторов. Уточнен механизм пластического деформирования поверхности обрабатываемых отверстий. Разработаны методики определения оптимальных величин углов выглаживания и радиуса скругления.

Практическая ценность. Совершенствование технологии изготовления прецизионных отверстий за счет обеспечения точности до 0,03 мм и шероховатости поверхности 0,25...0,15 мкм позволяет повысить производительность труда в 2...3 раза, высвободить определенное количество станков и сократить номенклатуру режущего инструмента. Предложенные инженерные методики расчета оптимальных конструктивных и геометрических параметров инструмента сокращают сроки подготовки производства.

Реализация работы. Результаты исследований внедрены на Челябинском тракторном заводе им. В.И.Ленина при обработке точных отверстий в деталях топливной аппаратуры, дизельного двигателя и других. Годовая экономическая эффективность от внедрения десяти типоразмеров ружейных сверл составляет 160 тысяч рублей.

Апробация работы. Основные разделы работы докладывались на областном семинаре "Прогрессивные методы обработки точных отвер-

ский сверлением", ЧПИ им. Ленинского комсомола, 1977г.; научно-технических конференциях ЧПИ, Челябинск, 1971...1973г.г, 1977... 1978 г.г; межотраслевой школе ЦНИИТЭИ тракторсельхозмаш и семинаре зоны Урала и Сибири по рациональному использованию твердых сплавов, ЧДНТП, 1974г.; Всесоюзном научно-техническом совещании по применению в тракторном и сельскохозяйственном машиностроении лезвийного инструмента из безвольфрамовых твердых сплавов и сверх-твердых материалов, НПО "Технолог", Ташкент, 1977г.; кафедре "Станки и инструмент", ЧПИ, 1978-1979г.г.

Публикации. По теме выполненных исследований опубликовано 11 печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, общих выводов и заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 150 страницах машинописного текста, содержит 36 таблиц, 76 рисунков, 4 приложения, список литературы из 127 наименований. Общий объем работы составляет 283 страницы

Принятые обозначения

φ_B, φ_B - рабочие углы на выглаживающих пластинах в сечении перпендикулярном оси сверла, ... $^{\circ}$; ΔD_x - величина приращения диаметра отверстия, мм; D_c - диаметр сверла, мм; P_2, P_y - составляющие силы реза - ния, Н; R_{z0}, R_{z1} - высоты неровностей поверхности до выглаживания и после выглаживания, мкм; S - подача на один оборот, мм/об; R - радиус сверла, мм; θ - центральный угол, определяющий ширину вы - глаживающих пластин, ... $^{\circ}$; σ_T, σ_{T0} - пределы текучести металла соответственно до выглаживания и после выглаживания, Па; N_1, N_2 - нормаль - ные реакции от равнодействующей сил резания на выглаживающие пла - стины, Н; ψ - угол между выглаживающими пластинами, ... $^{\circ}$; φ_1', φ_1' - углы расположения выглаживающих пластин (соответственно упорной и направляющей) относительно направления равнодействующей сил ре - зания, ... $^{\circ}$; Z - радиус выделенного цилиндрического элемента, см; R_2, R_1 - радиусы сверла по твердосплавным пластинам и его головки, см; P - разность давлений в начале и конце головки сверла, Па; μ - динамическая вязкость СОЖ, Па·с; ω_c, ω_d - частоты вращения сверла и детали, с $^{-1}$; V - скорость резания, м/с; V_s - поступа - тельная скорость сверла, м/с; M - смещение вершины сверла отно - сительно калибрующей ленточки, мм; δ, δ_1 - задние углы соответст - венно у внешней и внутренней режущих кромок, ... $^{\circ}$; φ_1, φ_2 - углы при вершине у внешней и внутренней режущих кромок сверла, ... $^{\circ}$.

Основное содержание работы

В первой главе приведены: литературный обзор, цель и задачи

исследования. Показано, что по исследованию влияния на точность и шероховатость поверхности обрабатываемых отверстий ружейных сверл и основных технологических факторов не содержится единых точек зрения, имеются разногласия и противоречия, поэтому отсутствует возможность их обобщения и использования в производстве. Ряд вопросов еще не изучен или изучен недостаточно. В соответствии с обзором и целью были поставлены задачи: исследование влияния технологических факторов на точность и шероховатость обработанной поверхности; аналитическое и экспериментальное исследование влияния на точность и шероховатость поверхности отверстий конструктивных и геометрических параметров ружейных сверл; исследование влияния на точность и шероховатость обрабатываемых отверстий силовых факторов; реализация результатов исследования, практические рекомендации, экономическое обоснование.

Во второй главе дана методика экспериментальных исследований.

Решение поставленных задач осуществляли на станках моделей IA240-6, 2705, 2706, 26A-162K, IP365, модернизированных для обработки отверстий ружейными сверлами, и импортных станках. В качестве объектов исследований были взяты наиболее ответственные детали топливной аппаратуры-гильзы плунжера, корпус распылителя и детали дизельного двигателя - клапаны впуска и выпуска и др. Процесс исследовали на различных марках сталей: ШХ15, 18Х2Н4ВА, 45, 4Х10С2М, 20ХН4ФА.

Диапазоны диаметров исследуемых сверл от 6 мм до 36 мм с геометрией режущей части ($\varphi_1 = 30^\circ$; $\varphi_2 = 20^\circ$; $\lambda = 15^\circ$; $m = 0,3 \text{ Д}_\text{С}$ мм). Исследование силовых зависимостей при ружейном сверлении производили на вертикально-фрезерном станке модели 6М13П с помощью электроиндуктивного динамометра для замера радиальных сил и смещений вершины сверла, сконструированных в лаборатории резания ЧТЗ. Точность обработанных отверстий определяли путем измерения четырех показателей: точности размеров, точности взаимного расположения поверхностей, точности геометрической формы и шероховатости обработанной поверхности. При измерении диаметральных размеров отверстий использовали индикаторные нутромеры 0...25 мм и 25...50 мм с ценой деления 0,01 и 0,001 мм. Диаметральные размеры сверл измеряли индикаторными скобами 0...25 мм и 25...50 мм с ценой деления 0,002 мм. Износ режущего инструмента контролировали на большом инструментальном микроскопе и лупой Бринеля с ценой деления 0,05 мм. Смещение осей режущего инструмента, индукторной втулки и обрабатываемой детали контролировали с помощью центро-

иснателя с ценой деления 0,01 мм и контрольных оправок.

Измерение шероховатости обработанных поверхностей производили на микроскопе МИС-II, а также на профилометре-профилографе модели 201. Оборудование, измерительные приборы и аппаратура, использованные в исследованиях, подвергались проверке на соответствие требованиям ГОСТ и технических условий.

В третьей главе приведены данные по силам, возникающим при сверлении и их влиянию на точность и шероховатость поверхности обрабатываемых отверстий.

Результаты измерения сил по осциллограммам, полученных при работе ружейных сверл диаметром 9,92 мм, оснащенных пластинками твердого сплава ВК6 при обработке стали ШХ15 с оптимальной геометрией заточки показали, что в процессе обработки отверстий существует две автономные системы силовых факторов: осевые силы и крутящие моменты резания и выглаживания. Крутящий момент M_B и осевая сила P_B выглаживаний являются результатом пластического деформирования поверхности стенок отверстий упорной и направляющей пластинами сверла под действием равнодействующей сил резания. Силовые факторы P_B и M_B составляют значительную долю от результирующих силовых факторов P и M (соответственно 40% и 50%) и учитываются в дальнейшем при анализе геометрических и конструктивных параметров рабочих частей упорной и направляющей пластин, способствующих формированию поверхности отверстий.

В управлении упругими перемещениями инструмента и детали, точностью и шероховатостью поверхности обрабатываемых отверстий определяющую роль играет равнодействующая сил резания. Равнодействующая направлена под углом 47° к оси, перпендикулярной режущей пластине сверла, при заданных геометрических параметрах рабочей части. Очевидно, что при рациональном расположении упорной и направляющей пластин относительно режущей, можно получать наилучшие результаты по точности обрабатываемых отверстий за счет равномерного распределения сил на указанные пластины.

Силы резания при сверлении ружейными сверлами имеют относительно небольшую величину по отношению к сверлению спиральными сверлами и как технологические факторы не лимитируют уровень применяемых режимов резания и не ограничивают дальнейшее нагружение системы СПИД:

$$P = 7088 \sqrt{0,084} \cdot S^{0,85} \quad (1)$$

$$M = \frac{54,8 S^{0,84}}{\sqrt{0,17}} \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (2)$$

В четвертой главе приведены результаты исследований влияния на шероховатость поверхности обрабатываемых отверстий геометрических и конструктивных параметров ружейных сверл ($R_2 - R_1$, φ_B , $\varphi_{В1}$, R_0 , ρ_c), технологических факторов V и S .

Показано, что при определенных величинах зазора $R_2 - R_1$, его площадь достигает больших величин и может превышать площадь гнезда для подвода СОЖ в канал для удаления стружки. Через большой зазор происходит утечка жидкости, что приводит к снижению требуемого расхода жидкости Q , необходимого для нормального удаления стружки из зоны резания в процессе сверления. В результате увеличивается шероховатость поверхности обрабатываемых отверстий, снижается производительность и ухудшается работоспособность инструмента.

Из условия расхода жидкости через радиальный зазор $Q_3 \leq Q$ произведен аналитический расчет величины $R_2 - R_1$. В основу методики расчета положено, что определение расхода (утечки) жидкости через зазор учитывали течение ее через щель с подвижной стенкой при одновременном вращении кольцевой массы жидкости. Составлены дифференциальные уравнения сложного движения элемента жидкости, которые преобразованы с помощью подстановки законов жидкостного трения Ньютона для плоскопараллельного и криволинейного движений. После интегрирования их при определенных граничных условиях задачи, с учетом специфичности работы ружейных сверл при разных схемах сверления, получены формулы для расчета утечки жидкости через радиальный зазор.

Для схемы при вращательном движении изделия и поступательном движении инструмента

$$Q_I = \pi \int_{R_1}^{R_2} z dz \sqrt{\left[\frac{9,8 \cdot 10^5 P}{4 \mu l} (R_2^2 - z^2 + \frac{R_2^2 - R_1^2}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \ln \frac{z}{R_2}) - \frac{10^2 V_s}{\ln \frac{R_2}{R_1}} (\ln z - 1) \right]^2 + \left[\frac{R_1^2 R_2 + R_2 z^2}{(R_1^2 - R_2^2) z} U_0 \right]^2} \text{ см}^3/\text{с}. \quad (3)$$

Для схемы при вращательном движении изделия и вращательном и поступательном движении инструмента

$$Q_{II} = \pi \int_{R_1}^{R_2} z dz \sqrt{\left[\frac{9,8 \cdot 10^5 P}{4 \mu l} (R_2^2 - z^2 + \frac{R_2^2 - R_1^2}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \ln \frac{z}{R_2}) - \frac{10^2 V_s}{\ln \frac{R_2}{R_1}} (\ln z - 1) \right]^2 + \left\{ \frac{R_1 R_2}{R_1^2 - R_2^2} \left[(U_{cR_1} + U_{gR_2}) z - \frac{U_{cR_2} + U_{gR_1}}{z} \right] \right\}^2} \text{ см}^3/\text{с}. \quad (4)$$

Для схемы при неподвижном изделии и вращательном и поступательном движении инструмента

$$Q_{III} = \pi \int_{R_1}^{R_2} z dz \sqrt{\left[\frac{9,8 \cdot 10^5 p}{4 \mu \ell} (R_2^2 - z^2 + \frac{R_2^2 - R_1^2}{\ell n \frac{R_2}{R_1}} \ell n \frac{z}{R_2}) - \frac{10^2 V_B}{\ell n \frac{R_2}{R_1}} (\ell n z - 1) \right]^2 + \left[\frac{R_1 R_2^2 - R_1 z^2}{(R_2^2 - R_1^2) z} U_0 \right]^2} \text{ см}^3/\text{с}. \quad (5)$$

Величины расхода жидкости через радиальный зазор находили на электронной вычислительной машине "Минск - 22" с помощью метода Симпсона. По результатам расчетов из условия $Q_3 \leq Q$ найдена верхняя граница величины $R_2 - R_1$. Так, например, для сверл диаметром 6...13 мм, $R_2 - R_1 = 0,3$ мм, при котором обеспечивается нормальная работа инструмента. Очевидно, что наилучшие результаты по шероховатости поверхности могут быть получены при зазорах до 0,3 мм для сверл диаметром 6...13 мм. Результаты испытаний ружейных сверл диаметром 5,94 мм; 9,92 мм; 13,08 мм, выполненных с зазором от 0,05 до 0,3 мм, подтвердили выдвинутое предположение. Схемы сверления на расход СОЖ через радиальный зазор практически не оказывает влияния.

Результаты экспериментальных данных показывают, что сверла выполненные с зазором $R_2 - R_1 = 0,05 \dots 0,2$ мм или $(0,01 \dots 0,015) D_c$ мм стабильно обеспечивают и шероховатость поверхности отверстий $\leq 0,3$ мкм. Механизм повышения шероховатости при зазорах более $0,015 D_c$ мм объясняется тем, что стружка из-под режущих кромок и твердые механические частицы размером до нескольких микрометров попадают в зону контакта между поверхностью выглаживающих пластин и обработанной поверхностью и нарушают гидродинамическое действие масляного клина. Величина кольцевого зазора должна обеспечить определенную степень герметичности подобно шеевому уплотнению. При уменьшении зазоров менее $0,01 D_c$ мм наблюдаются характерные дефекты — паралины и надиры, так как величина перетечки жидкости через зазор не обеспечивает достаточный слой смазки между контактирующими поверхностями.

Для повышения эффекта выглаживания и, как следствие, снижения шероховатости поверхности обрабатываемых отверстий, рабочие части пластин выполняют с определенными углами выглаживания. В основу аналитического расчета этих углов положен метод баланса работ. Выразив элементарную работу активных сил как функцию угла, получим из условия минимизации сил выглаживания с учетом

некоторых допущений и скорости деформирования, так как процесс происходит при скорости более 1м/с, формулу для расчета $\varphi_{в}$.

$$\varphi_{в} = 1,7 \sqrt{M_T \frac{\Delta D_x^2}{(1 - \frac{\Delta D_x}{D_c})^2}} \ln \frac{(1 + \frac{\Delta D_x}{D_c})^2}{(1 - \frac{\Delta D_x}{D_c})^2} \quad (6)$$

ΔD_x определяли по формуле, приведенной в главе 5 при $\varphi_1' = \varphi_2'$

$$\Delta D_x = \frac{10^{-6} R_{z0} \sqrt{\rho_z^2 + \rho_y^2}}{2 S R \sin \theta \sigma_T \cos \frac{\varphi}{2} + \frac{3 E J R_{z0}}{\rho^3}} \quad \text{мм.} \quad (7)$$

Углы выглаживания, рассчитанные аналитически по формуле (6) колеблются в пределах $3^{\circ} \dots 5^{\circ}$. Производственные испытания показали, что наименьшая шероховатость отверстий обеспечивается сверлами с $\varphi_{в} = \varphi_{в1} = 5^{\circ} \dots 7^{\circ}$, при центрировании инструмента, как по предварительно засверленному отверстию, так и по кондукторной втулке. Торцы пластин, которые в отличие от цилиндрической части перемещаются поперек рисок микропрофиля, выполняли с таким же углом выглаживания, так как известно, что деформирование поверхности с перемещением инструмента вдоль и поперек рисок микропрофиля по эффекту выравнивания микрогребешков дает примерно одинаковые результаты. Анализ проведенного исследования показал, что при изменении конструкции сверла за счет введения дополнительных углов выглаживания на упорной и направляющей пластинках стабильно обеспечивается шероховатость поверхности $0,16 \dots 0,32$ мм. независимо от числа обработанных отверстий в пределах допустимого износа $h_3 = 0,4$ мм по задней поверхности режущей кромки, прилегающей к надирующей ленточке. Износ инструмента не оказывает существенного влияния на изменение шероховатости поверхности, так как обусловленное износом приращение высоты неровностей компенсируется возрастающим эффектом выглаживания вследствие увеличения давления на выглаживающие пластины. В отдельных случаях на некоторых деталях имели место кольцевые рисны и вырывы. Видимо в зоне контакта с острыми кромками разделяющими поверхности пластин, выполненными по цилиндру и с углами выглаживания, происходит сдвиг поверхностных слоев метал-

ла в зависимости от создавшихся условий обработки, способный разорвать масляную пленку между изделием и инструментом. С целью ликвидации указанных дефектов кромки в местах пересечения поверхностей при выполнении углов выглаживания, делали с определенным радиусом скругления $R_0 = 1,5$ мм и длиной сопряжения $l_c = 0,2$ мм, рассчитанных из условия осуществления фрикционной связи между глубиной внедрения и радиусом внедрившейся неровности. Исследовано влияние на шероховатость поверхности подачи и скорости резания. Показано, что сверла с оптимальными перечисленными конструктивными и геометрическими параметрами стабильно обеспечивает шероховатость поверхности $0,15 \dots 0,25$ мкм, в диапазоне подач $0,02 \dots 0,04$ мм/об при скорости резания $1,16$ м/с, (Рис. I.) при которой стойкость инструмента достигает максимума. Увеличение и уменьшение подач приводит к возрастанию микронеровностей.

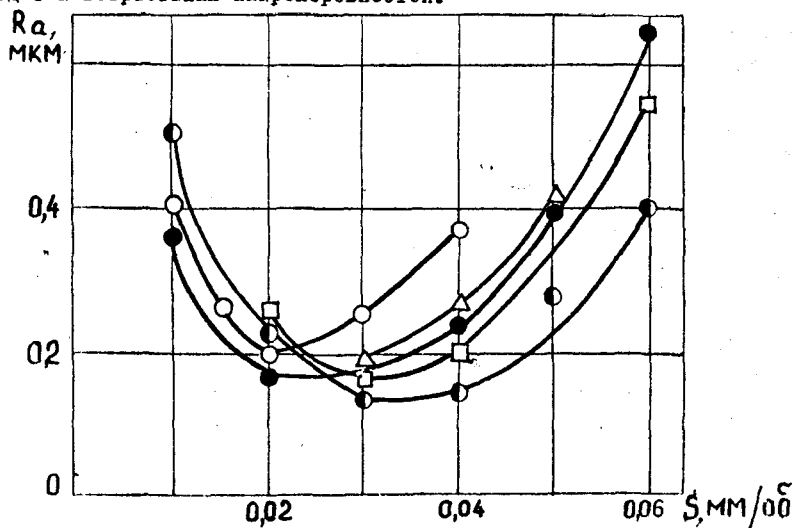


Рис. I. Влияние подачи на шероховатость поверхности отверстий:

- - Ø 5,94 мм, 18X2H4BA;
- - Ø 9,92 мм, ШХ15;
- - Ø 12 мм, ШХ15;
- - Ø 13,08 мм, 40Х10С2М;
- △ - Ø 9,92 мм, ШХ15 - сверление по предварительно засверленному отверстию;
- ● ○ □ - сверление по кондукторной втулке

В пятой главе приведены исследования по влиянию на точность отверстий режимов резания, методов центрирования ружейных сверл и ряда их конструктивных и геометрических параметров, непосредственно влияющих на точность отверстий и косвенно через другие технологические факторы на шероховатость обрабатываемой поверхности.

Показано, что точность обрабатываемых отверстий изменяется незначительно в диапазоне скоростей резания $1 \dots 2$ м/с. Рациональная величина $V = 1 \dots 1,3$ м/с. была найдена из условия обеспечения высокой стойкости инструмента. Увеличение подачи понижает точность размеров отверстий и геометрической формы в продольном сечении и практически не оказывает влияния на точность геометрической формы отверстий в поперечном сечении. Более высокая точность отверстий обеспечивается при $S = 0,02 \dots 0,04$ мм/об.

Точность обрабатываемых отверстий не зависит от величины занижения передней поверхности режущей пластины относительно оси сверла, выполненной в пределах $(0,01 \dots 0,03) D_c$ мм. Существенное влияние на точность обрабатываемых отверстий оказывают углы расположения упорной и направляющей пластин относительно режущей пластины сверла. В основу методики аналитического расчета оптимальной величины этих углов, при которых обеспечивается минимальное ΔD_x положен принцип деформирования слоя микрогребешков. В развернутом виде формулы функционально связывающие ΔD_x с рядом технологических параметров обработки имеют следующие выражения:

при $N_1 \geq N_2$

$$\Delta D_x = \frac{10^{-6} R_{z0} \sin \psi_2' \sqrt{p_z^2 + p_y^2}}{SR \sin \theta \sigma_T \sin(\psi_1' + \psi_2') + \frac{3EJR_{z0} \sin \psi_2'}{\rho^3}} \text{ мм}; \quad (8)$$

при $N_1 < N_2$

$$\Delta D_x = \frac{10^{-6} R_{z0} \sin \psi_2' \sqrt{p_z^2 + p_y^2}}{\frac{SR \sin \theta \sigma_T \sin(\psi_1' + \psi_2')}{1 + \frac{R_z}{R_{z0}}} + \frac{3EJR_{z0} \sin \psi_2'}{\rho^3}} \text{ мм}. \quad (9)$$

Теоретическим анализом и экспериментальными исследованиями установлены рациональные величины углов расположения упорной и направляющей пластин соответственно 90^{0-50} и 195^{0-50} относительно режущей, при которых обеспечивается более высокая точность размеров (рис. 2.) и геометрической формы отверстий. Подтвердилось

предположение в гл.3 о равномерности распределения усилий на выглаживающие пластины.

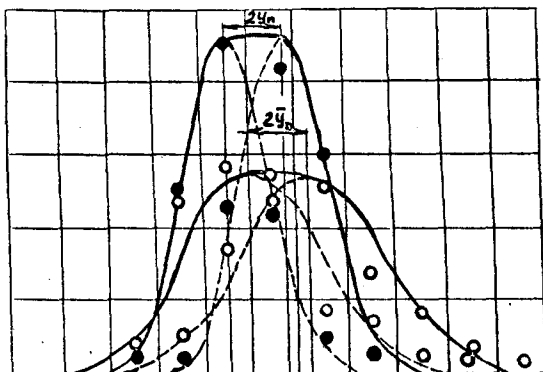


Рис.2. Точность обработки отверстий по диаметру:

- - сверла с рациональным расположением пластин;
- - сверла стандартной конструкции

На точность заходной части обрабатываемых отверстий существенное влияние оказывает торцевое расстояние h_T , особенно при работе по предварительно засверленному отверстию в связи с изменением радиальных сил и чувствительности системы деталь-сверло. При работе по кондукторной втулке это влияние незначительно, если зазор между сверлом и кондукторной втулкой менее 0,01 мм

Величина h_T при этом должна быть 0,175 D_c мм. Теоретическими и экспериментальными исследованиями сформулировано условие повышения точности отверстий за счет ликвидации кольцевых выточек и конусообразности в заходной части. Создана специальная конструкция ружейных сверл с $h_T=0$, позволяющая обеспечить это условие при работе по предварительно засверленному отверстию путем исключения отжима инструмента уравниванием радиальной силы, возникающей при резании, реакциями на выглаживающих пластинах. Стабильно обеспечивается высокая точность отверстий до 0,03 мм такими сверлами независимо от диаметра предварительно засверленного отверстия и его длины.

Точность отверстий, обработанных ружейными сверлами с рациональными конструктивными и геометрическими параметрами, обеспечивается значительно выше, чем точность отверстий, полученных после ружейных сверл стандартной конструкции: точность размера до 0,03 мм, конусообразность до 0,02 мм, овальность 0,005 мм независимо от способа центрирования инструмента - по кондуктор-

ной втулке и предварительно засверленному отверстию. Повысилась производительность обработки прецизионных отверстий путем ликвидации, как минимум, одной из промежуточных операций, требуемых для обеспечения такой высокой точности.

В шестой главе и приложениях 1, 2, 3 приведены реализация результатов исследований, практические рекомендации, экономическое обоснование с расчетом экономической эффективности от внедрения результатов исследований.

Для разработки практических рекомендаций по усовершенствованию конструкций ружейных сверл, не только обеспечивающих выполнение технических требований к детали по точности и шероховатости поверхности отверстий, но и позволяющих повысить производительность и экономичность обработки, проведены исследования технологической стойкости инструмента с различными геометрическими, конструктивными параметрами и разными марками твердого сплава (ВК6, ВК6М, ВК8, ВК8В, Т15К6, ТТ10К8Б, Т5К10, КНТ-16, КНТ-30). Определены рациональные марки твердых сплавов для режущей и выглаживающих частей ружейных сверл соответственно ВК6, ВК8В.

Повышение производительности (за счет ликвидации поломок инструмента из-за закупоривания стружки в канале для ее отвода) достигнуто оснащением сверл полукруглыми твердосплавными выглаживающими пластинами. В результате увеличены диаметры отверстий для подвода СОЖ в зону резания в 1,5 раза ($0,3 D_{\text{с.мм.}}$) по отношению к сверлам, оснащенных стандартными пластинами прямоугольной формы. В качестве примеров повышения производительности, точности и уменьшения шероховатости показан опыт внедрения этих сверл в производстве на десяти технологических операциях при обработке деталей топливной аппаратуры и моторного производства тракторов Т-130 и ДЭТ-250.

Годовой экономический эффект от частичного внедрения результатов исследований на Челябинском тракторном заводе им. В.И. Ленина составил 160 тыс. руб.

Выводы и заключение

1. Установлено, что (при двух автономных системах сил резания и выглаживания, имеющих место при обработке деталей ружейными сверлами), шероховатость поверхности отверстий есть результат пластического деформирования стенок отверстий упорной и направляющей пластинами, а точность отверстий и производительность зависят от расположения последних, геометрии рабочей части и режимов резания.

2. Теоретически и экспериментально обоснована целесообразность выполнения азвора ($0,01...0,015$) D_0 мм, обеспечивающего снижение шероховатости поверхности путем ликвидации рисок и надиров.

3. Разработана методика аналитического расчета величины разбивки прецизионных отверстий.

4. Предложены методики определения оптимальных величин основных геометрических и конструктивных параметров сверл диаметром менее 15 мм (углов выглаживания $\varphi_B = \varphi_{BI} = 5^0...7^0$ радиуса скругления $R_0 = 1,5$ мм и длины сопряжения $l_c = 0,2$ мм в месте перехода конусных частей в цилиндрические на упорной и направляющей пластинах), обеспечивающих снижение шероховатости поверхности обрабатываемых отверстий за счет повышения эфф-фента выглаживания.

5. Шероховатость поверхности в пределах $0,25...0,15$ мкм стабильно обеспечивается при обработке отверстий ружейными сверлами с оптимальными конструктивными и геометрическими параметрами (вместо $2,5...1,5$ мм при работе стандартными сверлами) в диапазонах подач $0,02...0,04$ мм/об и скоростей резания $0,8...1,16$ м/с независимо от способа центрирования инструмента по кондукторной втулке или предварительно засверленному отверстию.

6. На основании теоретических и экспериментальных исследований определено условие повышения точности отверстий за счет ликвидации кольцевых выточек и конусообразности в заходной части отверстий. Стабильно обеспечивается точность размера отверстия в пределах $0,01...0,03$ мм., конусообразность $-0,02$ мм, овальность $-0,005$ мм при работе по кондукторной втулке и предварительно засверленному отверстию.

7. Повышение производительности, точности и уменьшение шероховатости достигнуто на десяти технологических операциях сверления отверстий.

8. Внедрение в производство достигнутых результатов исследований только на Челябинском тракторном заводе позволило повысить производительность труда в 2...3 раза за счет отмены промежуточных операций, резко сократить номенклатуру режущего инструмента, высвободить значительное количество станков и получить годовой экономический эффект в размере 160 тысяч рублей.

04000091

Печатные работы автора по теме диссертации

1. Конструктивные особенности ружейных сверл для обработки прецизионных отверстий (в соавторстве с Ю.П.Холмогорцевым). Сб. тезисы докладов научно-технической конференции "Прогрессивные методы и инструменты для обработки резанием и пластическим деформированием". Челябинск, ЧПИ, 1971, с.48...49.
2. Модернизация токарно-винторезных и токарно-револьверных станков для обработки глубоких отверстий (в соавторстве с Ю.П.Холмогорцевым). Информац. листок ЧНТИ №433-72, Челябинск, 1972.
3. Рациональная конструкция ружейных сверл (в соавторстве с Ю.П.Холмогорцевым). Информац. листок ЧНТИ №331-72, Челябинск, 1972.
4. Силовые зависимости при ружейном сверлении (в соавторстве с Ю.П.Холмогорцевым). Информац. листок ЧНТИ №159-73, Челябинск, 1973.
5. Модернизация алмазно-расточных станков под ружейное сверление (в соавторстве с В.А.Надеиным). Информац. листок ЧНТИ №273-74, Челябинск, 1974.
6. Ружейное сверление отверстий в корпусах распылителя форсунки трактора Т-130 на алмазно-расточных станках (в соавторстве с В.А.Надеиным). Труды ЦНИТА, вып.68, Ленинград, 1976, с.116...120.
7. Изготовление твердосплавных ружейных сверл (в соавторстве с Н.В.Ежовым). Информац. листок ЧНТИ №648-76, Челябинск, 1976.
8. Конструкция ружейного сверла (в соавторстве с Н.В.Ежовым). Информац. листок ЧНТИ №242-77, Челябинск, 1977.
9. Износостойкость инструментальных материалов при ружейном сверлении сталей (в соавторстве с Н.В.Ежовым). Информац. листок ЧНТИ №626-77, Челябинск, 1977.
10. Опыт Челябинского тракторного завода им. В.И.Ленина по использованию инструмента, оснащенного сплавом и сверхтвердыми материалами (в соавторстве с Белькоренким Н.Л., Холмогорцевым Ю.П., Суминым А.И.). Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания "Применение в тракторном и сельскохозяйственном машиностроении лезвийного инструмента из безвольфрамовых твердых сплавов и сверхтвердых материалов," Ташкент, 1977, с.71...75.
11. Ружейные сверла для обработки прецизионных отверстий (в соавторстве с В.В.Печерным, Д.С.Элинсоном, В.В.Лу, Ю.П.Холмогорцевым). Информац. листок СЧНТИ №748-78, Свердловск, 1978.

Шевелев Эдуард Николаевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ И СНИЖЕНИЯ
ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ
РУЧЕЙНЫМИ СВЕРЛАМИ

Специальность 05.02.08 - "Технология
машиностроения"

Техн. редактор Миних А.В.

ФБОП75. Подписано к печати 16/Х-80г. Формат бумаги 60x90 1/16.
Объем 1 п.л., 0,8 уч.-изд.л. ЧИИ. Тираж 100 экз. Заказ 422/1199.