

КАСЕНОВ АСЫЛБЕК ЖУМАБЕКОВИЧ

**Разработка способа и конструкции развёртки-протяжки для обработки
цилиндрических отверстий**

05.03.01 – Технологии и оборудование механической и физико-технической
обработки

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Республика Казахстан
Алматы, 2010

Работа выполнена при Казахском национальном техническом университете
им. К.И. Сатпаева и Павлодарском государственном университете
им. С. Торайгырова

Научный руководитель

доктор технических наук,
Мендебаев Т.М.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
Муслимов А.П.

кандидат технических наук,
Нуртазаев А.Е.

Ведущая организация

Карагандинский государственный
технический университет

Защита состоится «27» августа 2010 года в 16⁰⁰ часов на заседании
диссертационного совета Д14.17.02 КазНТУ им. К.И. Сатпаева по адресу:
050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22, ИМС, аудитория 304

Тел. 8-(727)-257-71-83, факс: 8-(727)-292-60-25, e-mail: kazntu.kz

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КазНТУ им.
К.И.Сатпаева по адресу: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22, ГМК.

Автореферат разослан «26» июля 2010 года

Ученый секретарь
диссертационного Совета Д14.17.02
доктор технических наук

Сазамбаева Б.Т.

ВВЕДЕНИЕ

Общая характеристика работы. Стратегия индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2003-2015 годы нацелена на создание высокотехнологической структуры экономики за счет проведения активной государственной политики в сфере науки и инновационной деятельности. В стратегии обозначены основные направления в области развития науки: энергетика, химическая, нефтегазовая, горнодобывающая промышленности, машиностроение и металлообработка – повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции. Одним из важнейших элементов, обеспечивающих качество обработки деталей машин и производительность труда, является режущий инструмент как неотъемлемая составная часть металлорежущего оборудования. Работоспособность режущего инструмента оказывает существенное влияние на экономическую эффективность процесса производства.

Обработка отверстий осевыми инструментами является наиболее распространенной в общей массе инструментов, и занимает особое место в технологическом процессе изготовления деталей машин, 80% которых имеет отверстия различных типов. Обработка осевыми инструментами наиболее экономичный способ получения отверстий. Вопросы повышения производительности, точности и надёжности процесса обработки отверстий всегда были и остаются актуальными и эффективными для металлообработки.

В данной работе исследована возможность повышения качества обработки отверстий новым способом с применением металлорежущего инструмента – развёртки-протяжки. Для этого в конструкции развёртки-протяжки соединены в один инструмент признаки протяжки (в продольном сечении) и развёртки (в поперечном сечении), что позволило изменить способ снятия стружки в отверстии: работа резания распределена на длинной режущей кромке, продольные колебания отсутствуют, постоянная толщина среза.

Разработаны теоретические основы способа обработки цилиндрических отверстий и конструкция нового металлорежущего инструмента – развёртки-протяжки, с тремя исполнениями винтовых зубьев из быстрорежущей стали и двумя – с пластинками твёрдого сплава. Разработана методика проектирования и расчёта геометрических и конструктивных параметров развёртки-протяжки.

Целью работы является повышение качества обработки отверстий с разработкой нового способа обработки и конструкции металлорежущего инструмента – развёртки-протяжки.

Научная новизна работы:

- разработаны кинематика и динамика процесса резания развёрткой-протяжкой в сравнении с традиционными инструментами протяжками с круглыми и витковыми зубьями, которые впервые увязывают качество обработки отверстия с местом приложения силы к инструменту для исключения изгиба оси, а математические модели при этом позволяют произвести расчёт радиальных значений параметров массы – геометрических и режимных систем;

- разработан новый способ обработки отверстий, который за счёт самоцентрирования не вызывает и увода оси инструмента;
- предложена новая схема срезания стружки и формообразования отверстий развёрткой-протяжкой с винтовыми зубьями и передним хвостовиком для обработки цилиндрических отверстий;
- установлены зависимости параметров качества от режимов резания при обработке отверстий развёрткой-протяжкой;
- разработана конструкция и методика проектирования металлорежущего инструмента – развёртки-протяжки, сочетающая в себе признаки развёртки и протяжки, позволяющая обеспечить постоянство толщины среза за счёт конусной режущей части, ширины зуба при переточке по задней поверхности зубьев.

Новизна технических и конструкторских решений подтверждена одним предварительным, одним инновационным патентами Республики Казахстан и положительным решением по заявке №2006/0000.1.

Положения, выносимые на защиту:

- новый способ обработки отверстий, который не вызывает дестабилизирующего влияния искривления и увода оси инструмента, самоцентрирующегося в отверстии;
- новая схема срезания стружки и формообразования отверстий развёрткой-протяжкой с винтовыми зубьями и передним хвостовиком для обработки цилиндрических отверстий;
- математические модели взаимодействия параметров качества и режимов резания при обработке отверстий развёрткой-протяжкой;
- методика проектирования и расчёта геометрических, конструктивных параметров развёртки-протяжки.

Апробация работы. Основные результаты работы доложены и обсуждены на:

- Международных научно-практических конференциях: «Состояние и перспективы развития механики и машиностроения в Казахстане» (Алматы, 2007), «VIII Сатпаевские чтения» (Павлодар, 2008), «Казахстан и мировые языки» (Павлодар, 2008), «IX Сатпаевские чтения» (Павлодар, 2009), «X Сатпаевские чтения» (Павлодар, 2010), «Актуальные достижения европейской науки – 2010» (Болгария, 2010);
- научных семинарах профессорско-преподавательского состава кафедр КазНТУ им. К.И. Сатпаева и ПГУ им. С. Торайгырова (2006-2010 гг);
- технических совещаниях ТОО «Завод нестандартизированного оборудования» (2009).

Практическая ценность работы заключается в том, что разработаны новый способ обработки и конструкция развёртки-протяжки с винтовыми зубьями на теоретических исследований, обеспечивающие повышение качества обработки и улучшение условий резания: формирование поверхности, осуществляются длинной режущей кромкой, постоянством толщины среза, ширины зуба производиться при переточке по задней поверхности, а не по передней, как у протяжек, что уменьшает их общий ресурс. Исполнение

развёртки-протяжки с режуще-деформирующим профилем зубьев позволяет повысить качество обработки (точности размера, отклонения от круглости и шероховатости обработанной поверхности).

Изготовлены опытные образцы развёртки-протяжки на ТОО «Format Mach Company» трёх типоразмеров (14мм, 20мм и 30мм), которые были испытаны в производственных условиях ТОО «Завод нестандартизированого оборудования», могут быть использованы при производстве.

Работа выполнена в рамках гранта по программе «Прометей» Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова в 2007-2008 учебном году № С5/2-1 «Исследование качества обработки новыми режущими инструментами» (приказ № 1-02-06/67 от 05.02.2008г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 13 работ, в том числе один предварительный, один инновационный патент и одно положительное решение о выдаче патента Республики Казахстан, три статьи в научные журналы рекомендованных ККСОН МОН РК.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 4 разделов и выводов, заключения, изложенных на 132 страницах текста, содержит 126 рисунков, 8 таблиц, списка использованных источников из 154 наименований и приложения.

Особую благодарность и признательность автор выражает кандидату технических наук, профессору кафедры машиностроения и стандартизации Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова **Дудаку Николаю Степановичу** за профессиональные консультации и помощи в ходе написания диссертационной работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение содержит общую характеристику работы, актуальность работы, цель работы, научную новизну, положения, выносимые на защиту, апробацию и практическую ценность работы.

В первом разделе диссертации выполнен обзор и анализ современного состояния проблемы и исследований по обработке отверстий развёртками и протяжками, в области современных методов решения технологических проблем обработки высокоточных изделий.

Обработка отверстий осевыми инструментами сопряжена с рядом трудностей, обусловленных пониженной жёсткостью инструмента, связанной со схемой обработки. Проталкивание режущего инструмента через отверстие вызывает изгибающий момент, который больше с уменьшением диаметра, что приводит к возрастанию деформаций. Указанные обстоятельства приводят к необходимости снижения режимов резания, а также введения в технологический процесс дополнительных операций. Работа резания у осевых инструментов сосредоточена на сравнительно короткой режущей части, тем самым оказывает отрицательное влияние на процесс обработки. Это вызывает повышение механической нагрузки на участке лезвия, отделяющего стружку от основного слоя материала, и его деформации, сопровождающиеся значительным тепловыделением. В конечном итоге указанные факторы

приводят к значительному снижению стойкости режущего инструмента и снижению точности обработки.

Для достижения поставленной диссертационной работе цели необходимо решить следующие задачи: выполнить анализ существующих конструкций, типов развёрток и протяжек, методов обработки отверстий; провести теоретическое исследование способа обработки цилиндрических отверстий развёрткой-протяжкой; разработать способ обработки цилиндрических отверстий развёрткой-протяжкой; разработать конструкцию развёртки-протяжки цилиндрических отверстий; экспериментально исследовать точность обработки отверстий развёрткой-протяжкой; определить влияние технологических факторов (частоты вращения, подачи) на параметры качества поверхности (точность размера, отклонение формы, шероховатость, твёрдость); получить математические модели влияния режимов обработки на параметры качества полученной поверхности.

Во втором разделе предложен теоретически обоснованный новый способ обработки цилиндрических отверстий, разработана конструкция развёртки-протяжки, методика проектирования и расчёта геометрических и конструктивных параметров, выполнены теоретические исследования и сравнительный анализ кинематики и динамики процессов обработки отверстий протяжками с круглыми и винтовыми зубьями, а также развёртки-протяжки.

В условиях внецентрового сжатия работают все стержневые режущие инструменты для обработки отверстий: свёрла, зенкеры, развёртки – проталкиваемые через отверстия, хвостовик расположен позади инструмента, что приводит к возникновению дополнительных радиальных сил и разбивки диаметра обрабатываемых отверстий под действием осевой силы резания (рисунок 1).

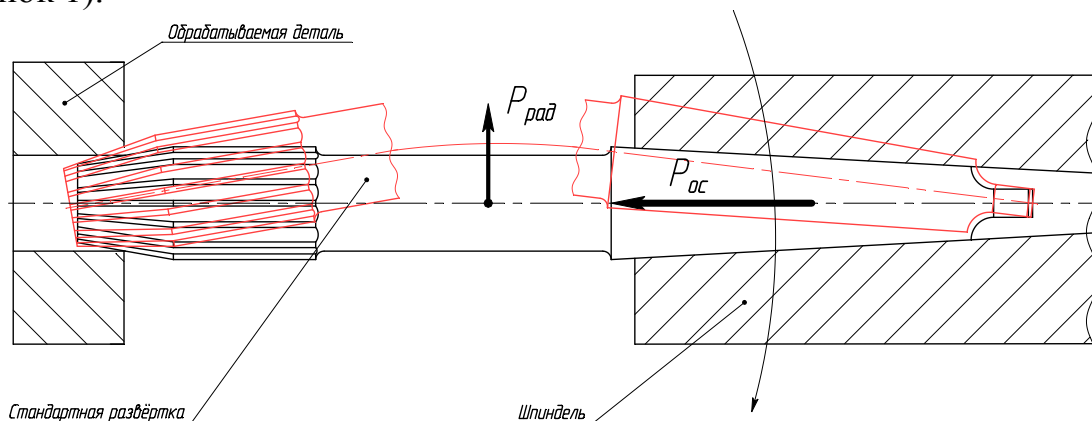


Рисунок 1 – Схема обработки отверстия стандартной развёрткой

В разработанной конструкции развёртки-протяжки хвостовик расположен спереди и инструмент протаскивается через отверстие, что исключает разбивку отверстия, сопровождающую обработку с проталкиванием инструмента через отверстие. И хотя разбивка отверстия развёрткой из-за внецентрового сжатия и изгиба меньше, чем при работе зенкера, но применение развёртки-протяжки, исключаящее внецентрирование увеличивает точность положения оси отверстия, его размера.

Таким образом, обеспечивается лучшее центрирование развёртки-протяжки и повышение качества обработки отверстий. С учётом вышеизложенного была разработана схема обработки цилиндрических отверстий инструментом, у которого хвостовик расположен спереди, что исключает внецентровой изгиб, т.к развёртка-протяжка протягивается через отверстие (рисунок 2).

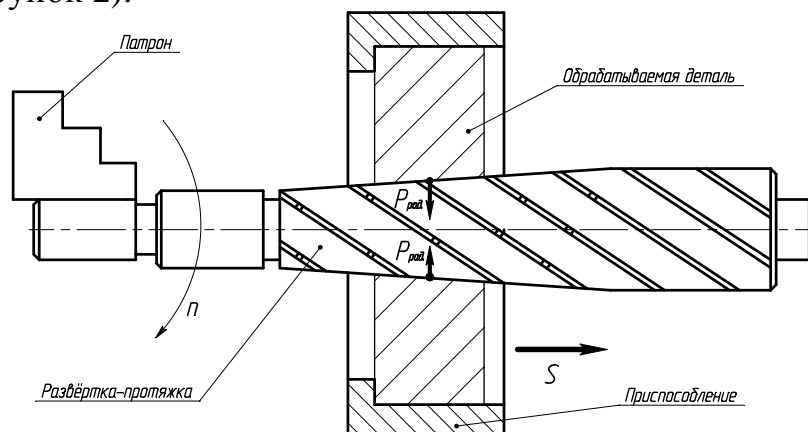


Рисунок 2 – Схема обработки отверстия развёрткой-протяжкой

Обработка отверстий развёрткой-протяжкой с правым или левым направлением винтовых стружечных канавок осуществляется на токарно-винторезном станке (Инновационный патент РК № 20811 от 25.11.2008г.):

- с вращением заготовки, направление вращения противоположно направлению зубьев режущего инструмента, закрепленной в патроне станка и поступательном перемещении инструмента, установленного в резцедержателе суппорта станка;

- с вращением инструмента, направление вращения противоположно направлению зубьев режущего инструмента, закрепленного в патроне и поступательном перемещении заготовки, закрепленного в резцедержателе суппорта станка.

Способ обработки отверстий с закреплением развёртки-протяжки в патроне токарно-винторезного станка и установки заготовки в резцедержателе станка показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – Начальное и конечное положение развёртки-протяжки в процессе обработке цилиндрических отверстий

Для исключения влияния геометрических погрешностей станка, несовпадения осей приспособления и заготовки разработан плавающий патрон (рисунок 4).

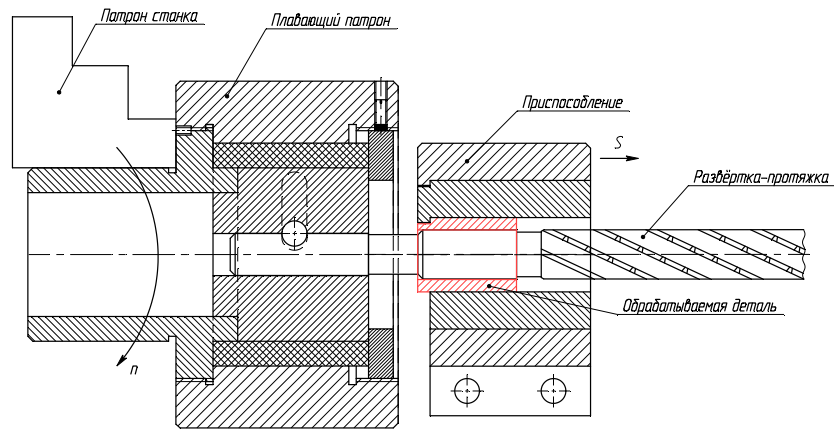


Рисунок 4 – Схема обработки отверстий развёрткой-протяжкой с применением плавающего патрона

Предлагаемая конструкция развёртки-протяжки из быстрорежущей стали (положительное решение о выдаче инновационного патента по заявке №2006/0309.1 от 06.03.2007г.) и твёрдосплавными пластинками (Предварительный патент РК № 20210 от 25.08.2008г.) включает в себя конструктивные параметры развёртки и протяжки: в продольном сечении – признаки протяжки, в поперечном сечении – признаки развёртки. Сочетание указанных признаков и кинематики движений создаёт более благоприятные условия резания. Работа резания распределена по длинной режущей части, как у винтовой протяжки; форма зубьев в поперечном сечении с профилем стружечной канавки, а также рабочие движения (сочетание вращательного и поступательного движений) – как у развёртки; развёртка-протяжка имеет передний хвостовик и переднюю и заднюю направляющие, как протяжка (рисунок 5).

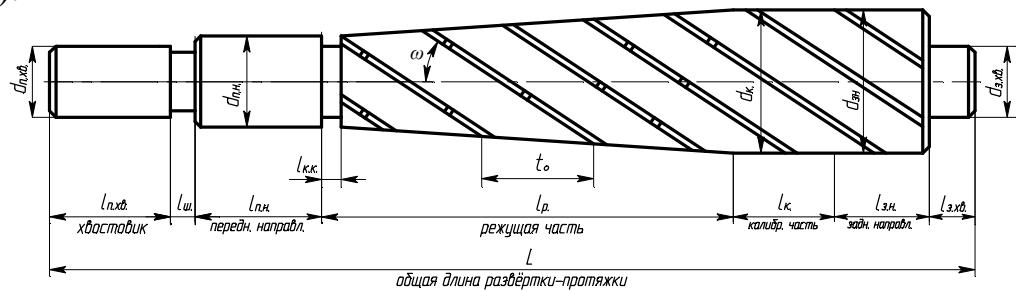
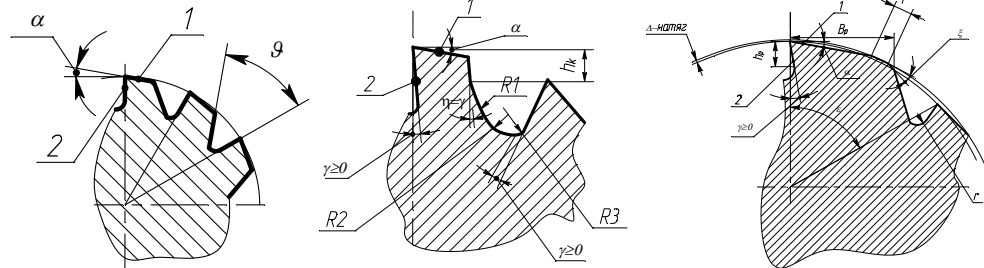


Рисунок 5 – Конструкция развёртки-протяжки

В поперечном сечении профиль винтовых зубьев развёртки-протяжки имеет следующие исполнения: стандартный профиль зубьев развёртки (рисунок 6, а), равноширокий профиль зубьев (рисунок 6, б), режуще-деформирующий (рисунок 6, в). Применение равноширокого профиля зубьев позволяет производить переточку развёртки-протяжки по задним поверхностям до состояния нового инструмента, что повышает его качество, стойкость, количество переточек, а следовательно и увеличить срок службы. Применение режуще-деформирующего профиля позволяет осуществлять процесс резания и поверхностное пластическое деформирование. Формирование обрабатываемой поверхности цилиндра осуществляется выглаживающей ленточкой f , однако резкий переход от деформированного к недеформируемому состоянию может вызвать ухудшение качества обрабатываемой поверхности. Для исключения

данного явления введён угол $\xi \leq 10^\circ$ после ленточки, обеспечивающий плавный переход от деформированного к недеформированному состоянию обрабатываемой поверхности для повышения её качества.

Проведены теоретические исследования кинематики и динамики процесса резания развёрткой-протяжкой. Анализ показал, что при теоретическом описании процесса протягивания протяжки с винтовыми зубьями не был учтён крутящий момент, возникающий за счёт винтовых зубьев протяжки и дополнительного вращения, что и учтено в уточнённом дифференциальном уравнении – модели процесса обработки отверстий развёрткой-протяжкой.



а) стандартный профиль

б) профиль с равношироким зубом

в) профиль режуще-деформирующими зубьями

Рисунок 6 – Профиль поперечного сечения развёртки-протяжки

Дифференциальное уравнение обработки отверстий развёрткой-протяжкой:

$$m \ddot{x} + \mu \dot{x} + P_{\max} + \frac{2M_{кр}}{d} = F \quad (1)$$

где m – масса движущих частей;

μ – коэффициент вязкого трения;

P_{\max} – сила резания;

$M_{кр}$ – крутящий момент;

d – диаметр инструмента;

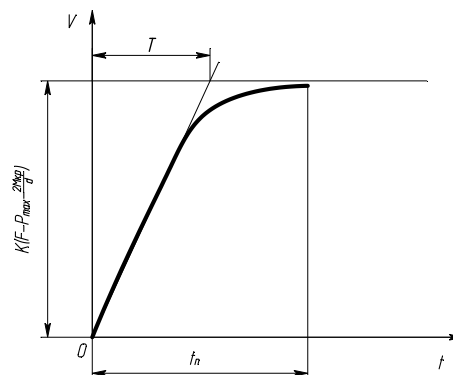
F – усилие подачи.

Решение данного уравнения через скорость резания $V = \frac{dx}{dt}$

$$V = K \left(F - P_{\max} - \frac{2M_{кр}}{d} \right) \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right), \quad (2)$$

где $K = \frac{1}{\mu}$; $T = \sqrt{\frac{m}{\mu}}$.

График переходного процесса, длительность которого составляет $t_n \approx 3T$



Переменная составляющая силы протягивания P_{Δ} меняется по гармоническому закону, тогда дифференциальное уравнение принимает вид

$$m\ddot{x} + \mu\dot{x} + cx = P_{\Delta} \cos \omega t, \quad (3)$$

где c – коэффициент упругости материала;

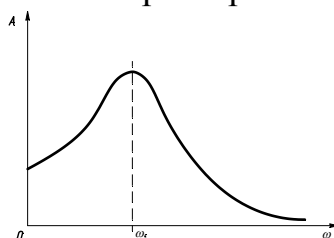
ω – частота внутренних колебаний.

Амплитудно-частотная характеристика представляется в виде

$$A = \frac{K}{\sqrt{T_3^2 \omega^2 + 1} \sqrt{T_4^2 \omega^2 + 1}}, \quad (4)$$

где T_3, T_4 определяются из постоянного времени дифференциального уравнения $T_k = \sqrt{\frac{m}{c}}$; $T_g = \frac{\mu}{c}$ при соотношении $T_k = T_3 T_4$ и $T_g = T_3 + T_4$.

График амплитудно-частотной характеристики имеет вид



Из графика следует, что необходимо вести обработку за резонансом режиме при $\omega \gg \omega_c = \sqrt{\frac{c}{m}}$.

В третьем разделе представлены методики проведения экспериментальных исследований, измерения диаметральных размеров отверстий, шероховатости поверхности, отклонений формы отверстий в поперечном и продольном сечениях и твёрдости поверхности отверстий, определения микроструктуры поверхности отверстий.

Проведение экспериментов связано с определением необходимого, но достаточного количества опытов. Для решения этой задачи применяем математический аппарат полнофакторного эксперимента типа 2^2 . Планирование эксперимента предполагает нахождение функции, которая определяет связь между исследуемым параметром и влияющими на него независимыми переменными. Задача – построение модели, то есть зависимости, с помощью которой можно определить значение исследуемого параметра.

Экспериментальные исследования проводились согласно условиям, приведённым в таблице 1.

Таблица 1 – Значения технологических факторов при экспериментах

Уровни варьирования	Значения факторов			
	Частота вращения шпинделя		Подача резания продольная	
	нат.	код.	нат.	код.
	n, об/мин	x_1	S, мм/об	x_2
Основной уровень	210	0	0,19	0
Верхний уровень	280	+ 1	0,3	+ 1
Нижний уровень	140	- 1	0,08	- 1
Интервал варьирования	70	Δx_1	0,11	Δx_2

Разработана матрица планирования 2^2 для двух факторов. Строки в столбцах x_1 и x_2 матрицы задают план эксперимента, то есть условия опытов, реализуемых при всех возможных комбинациях уровней факторов. Матрица планирования составляется следующим образом: первая строка матрицы выбирается так, чтобы все изучаемые факторы находились на нижних уровнях, то есть $x_1 = -1, x_2 = -1$.

Проведение любого эксперимента связано с ошибками, знание которых необходимо для результатов эксперимента. В связи с этим порядок проведения опытов выбран таким образом, чтобы имелась возможность оценить случайную ошибку эксперимента и избежать влияния возможных систематических ошибок. Исключить случайные мешающие факторы, действие которых может иметь систематический характер, позволил принцип рандомизации.

Перед определением модели эксперимента в виде уравнения регрессии, необходимо произвести проверку воспроизводимости эксперимента для исследуемого объекта. Оценку воспроизводимости эксперимента проводят по критерию Кохрена G . Эксперимент считается воспроизводимым, т.к. $G_{\max} = 0,643 < G_{\text{табл}} = 0,7679$.

После оценки воспроизводимости эксперимента переходим к определению коэффициентов уравнения регрессии. Определение коэффициентов b_q уравнения регрессии производится по формуле

$$b_q = \frac{\sum_{i=1}^N z_{iq} y_i}{N}; \quad q=0 \dots n$$

Статистический анализ полученного уравнения регрессии включает проверку: значимости коэффициентов уравнения; пригодности или адекватности полученного уравнения или описания процесса.

Проверка значимости коэффициентов проводится с помощью критерия Стьюдента

$$t_q = \frac{|b_q|}{S_{\{b_q\}}}$$

После исключения факторов с незначимыми коэффициентами производится проверка адекватности полученной модели.

Проверка адекватности полученной модели производится с помощью критерия Фишера F

$$F = \frac{S_{ocm}^2}{S_{ouu}^2}$$

Величина полученного значения критерия Фишера $F=4,67$ меньше критического значения $F_{крит}=5,32$ для числа степеней свободы числителя $\nu_{ocm}=1$ и знаменателя $\nu_{ouu}=N(m-1)=8$ и выбранной вероятности $P=1-\alpha=0,95$, модель признаётся пригодной и адекватно описывающей процесс обработки отверстий развёрткой-протяжкой.

Перед проведением экспериментов образцы протачивались по наружной поверхности и сверлилось отверстие под диаметр передней направляющей развёртки-протяжки, а также фрезеровалась на детали лыска, которая необходима для исключения проворота детали вокруг своей оси. Затем

проводилась оценка геометрической точности токарно-винторезного станка мод. 1А616 согласно ГОСТ 18097-93.

Для измерения параметров качества отверстий обработанных развёрткой-протяжкой применялись приборы: инструментальный горизонтальный оптиметр ИКГ 3. для измерения точности диаметральных размеров; профилометр мод. 259 для оценки шероховатости поверхности; твёрдомер ТК-2М для определения твёрдости.

В четвертом разделе представлены результаты экспериментальных исследований влияния технологических факторов на параметры качества отверстий.

На основе полученных данных отклонений диаметральных размеров построены графики зависимости точности диаметральных размеров обрабатываемых отверстий от частоты вращения шпинделя и подачи резания. Отклонение диаметральных размеров увеличивается с увеличением частоты вращения и уменьшается с увеличением подачи. Это объясняется тем, что процесс обработки отверстий развёрткой-протяжкой ближе к процессу протягивания (рисунок 7).

Отклонения формы отверстий в поперечном сечении обработанных отверстий измерялись с применением нутромера и вычерчиванием круглограммы. При обработке отверстий развёрткой-протяжкой отклонение формы в поперечном сечении составило 11...13 мкм, что в 1.6 раза меньше, чем стандартной развёрткой 18...21 мкм.

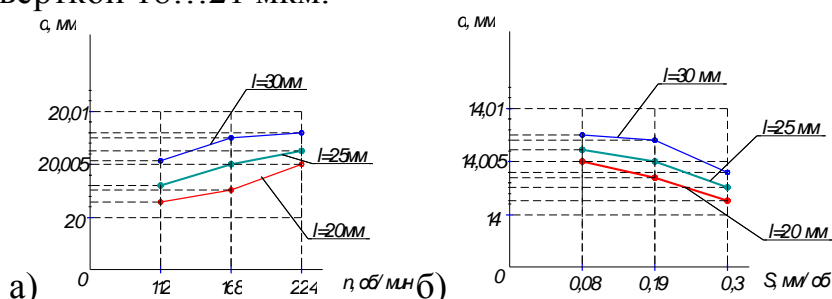


Рисунок 7 – График зависимости отклонений диаметра 20 мм отверстий от частоты вращения шпинделя, n, об/мин (а), от подачи резания, S, мм/об (б).

Шероховатость поверхности отверстий измерялась на профилометре контактным методом. На рисунке 8 приведены графики зависимости шероховатости от технологических факторов (частоты вращения, подачи), основанные на данных результатов измерений.

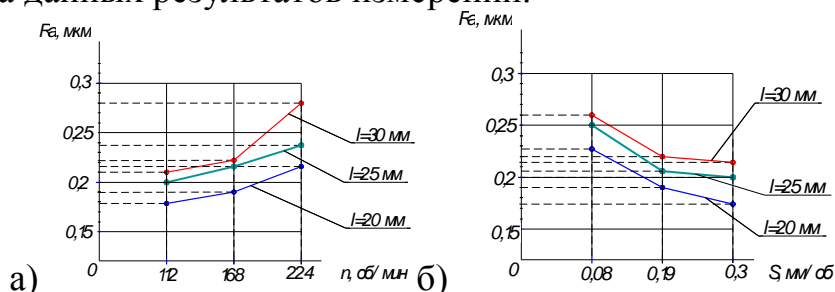


Рисунок 8 – Графики зависимости шероховатости поверхности отверстий диаметром 20мм от частоты вращения шпинделя, n, об/мин (а), от подачи резания, S, мм/об (б)

Полученное уравнение регрессии шероховатости поверхности отверстия достоверно характеризует влияние режимов резания на шероховатость поверхности отверстий, что подтверждается представленными графиками.

$$R_a = 0,208 + 0,028 \cdot x_1 - 0,009 \cdot x_2 + 0,010 \cdot x_1 x_2$$

Результаты измерений подтверждаются актами об измерениях, проведённых испытательной лабораторией технического контроля АО «Павлодарский машиностроительный завод» и подтвержденные аккредитованной лабораторией ПФ АО «Национальный центр экспертизы и сертификации».

Экспериментальные исследования показывают, что при обработке отверстий развёрткой-протяжкой обеспечивается повышение качества поверхности отверстий: уменьшается шероховатость, глубина дефектного слоя, разбивка отверстий. Это объясняется благоприятными условиями резания, по сравнению с развёрткой и протяжкой, за счёт соединения в одном инструменте признаков протяжки и развёртки и, как следствие, 6 – 7 квалитет точности отверстий с шероховатостью поверхности $Ra=0,08...0,16$ мкм по сравнению со стандартной развёрткой 7 – 9 квалитета точности отверстий с шероховатостью поверхности $Ra=0,4...6,3$ мкм.

Опытные образцы нового инструмента – развёртки-протяжки были испытаны в производственных условиях на ТОО «Завод нестандартизированного оборудования». По результатам испытаний были получены следующие результаты:

1) предлагаемый способ обеспечивает повышение качества и точности обработки цилиндрических отверстий развёрткой-протяжкой, кроме того повышается стойкость инструмента;

2) предлагаемая конструкция развёртки-протяжки является приемлемой для обработки цилиндрических отверстий, т.к. позволила обеспечить точность обработки отверстий в пределах IT 6 - 7 (6 – 7-го квалитетов точности), шероховатость поверхности отверстий $Ra=0,08...0,16$ мкм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты и выводы по работе

1 Анализ процесса обработки отверстий развёртками и протяжками имеют ряд недостатков, главным из которых являются возникновение вибраций, высокая температура в зоне резания, не исправляется ось отверстия, большой изгибающий момент при врезании, а при протягивании круглой протяжкой процесс резания сопровождается ударами, не постоянством усилия резания и др.

2 Разработаны математические модели процессов обработки отверстий протяжкой с винтовыми зубьями и развёрткой-протяжкой. Установлено, что переходной процесс при обработке протяжкой с винтовыми зубьями скорость резания растёт по экспоненте, длительность этого процесса можно уменьшить за счёт уменьшения массы системы, одновременно увеличивая её жёсткость.

3 Доказана по полученной амплитудно-частотной характеристике процесса обработки, что амплитуда колебания инструмента, от которой зависит качество обработки (точность геометрических размеров и шероховатость), растёт с увеличением частоты колебания ω , достигая максимум при $\omega \gg \omega_c$.

4 В результате теоретических исследований изменены условия резания за счёт разработанного способа обработки цилиндрических отверстий развёрткой-протяжкой. Сущность заключается в обработке отверстий развёрткой-протяжкой на токарно-винторезном станке с вращением инструмента, закрепленного в патроне и поступательном перемещении заготовки, закрепленной в резцедержателе суппорта станка; с вращением заготовки, закрепленной в патроне станка и поступательном перемещении инструмента, установленного в резцедержателе суппорта станка. Новизна способа обработки подтверждена на уровне изобретения.

5 Разработана конструкция развёртки-протяжки, особенностью которой является соединение в одном инструменте признаков развёртки и протяжки, сочетание которых создаёт более благоприятные условия резания, так как работа резания распределена по длинной режущей части, как у винтовой протяжки, а форма зубьев в поперечном сечении с профилем зубьев – как у развёртки. Новизна конструкции инструмента подтверждена на уровне изобретения.

6 Предложена методика проектирования и расчёта основных геометрических параметров и конструктивных элементов развёртки-протяжки, а именно размеров переднего хвостовика, передней и задней направляющих, угла конусности режущей части и исполнения поперечной формы зубьев инструмента (стандартные, равноширокие зубья и режуще-деформирующие).

7 Изготовлены опытные образцы развёртки-протяжки трёх типоразмеров диаметрами 14мм, 20мм и 30мм. На предприятии ТОО «Format Mach Company» и выполнены производственные испытания опытных образцов развёртки-протяжки на предприятии ТОО «Завод нестандартизированного оборудования», г. Павлодар.

8 На основании экспериментальных исследований получены эмпирические формулы для определения влияния режимов резания на качество обработки отверстий.

9 Проведены экспериментальные исследования влияния технологических факторов (частоты вращения, подачи) на точность размера, шероховатость, отклонения формы поверхности отверстий при обработке машинной развёрткой и развёрткой-протяжкой. В результате установлено, что рекомендуемые режимы резания обеспечивает повышение качества поверхности отверстий: уменьшается шероховатость, глубина дефектного слоя, разбивка отверстий.

Оценка полноты решений поставленных задач. В результате проведенных исследований разработаны предложения по обеспечению благоприятных условий резания при обработке отверстий. Это осуществляется за счёт применения разработанного нового способа обработки и конструкции развёртки-протяжки с винтовыми зубьями, в которой работа резания

распределена на большей длине режущих кромок за счёт конусности режущей части, уменьшения толщины среза, удельной деформации и температуры в зоне резания. Таким образом, поставленные задачи выполнены полностью.

Разработка рекомендаций и исходных данных по конкретному использованию результатов. Полученные теоретические и технологические результаты имеют практическое значение для чистовой обработки цилиндрических отверстий с высоким классом шероховатости. Разработана методика по проектированию и расчёту конструктивных и геометрических параметров развёртки-протяжки. Изготовлены опытные образцы развёртки-протяжки на ТОО «Format Mach Company» трёх типоразмеров (14мм, 20мм и 30мм), которые были испытаны ТОО «Заводе нестандартизированого оборудования».

Область применения: развёртка-протяжка рекомендуется для обработки цилиндрических отверстий диаметром до 40 мм и длиной до двух диаметров, 6 – 7 квалитета точности с шероховатостью поверхности $Ra=0,08...0,16$ мкм и припуском равным припуску для обработки развёртками.

Оценка технико-экономического уровня выполненной работы в сравнении с лучшими результатами в данной области. Предлагаемые способ обработки цилиндрических отверстий и конструкция нового металлорежущего инструмента – развёртки-протяжки подтверждены предварительными и инновационными патентами РК. Возможно исполнение развёртки-протяжки с режуще-деформирующими зубьями для повышения качества обработки отверстий.

Оценку научного уровня выполненной работы в сравнении с лучшими достижениями в данной области. В результате теоретического анализа условий резания обработки впервые обоснована конструкция инструмента, соединяющего конструктивные признаки развёртки и протяжки, что позволяет применить новый способ обработки и условия резания, а именно распределить работу резания на длинной режущей кромке, уменьшить температуру в зоне резания, производить заточку зубьев по задней поверхности и тем самым повысить качество обработки отверстий. Разработанные теоретические положения могут быть использованы для совершенствования существующих и разработки новых технологических процессов обработки отверстий.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1 Касенов А.Ж., Мендебаев Т.М. и др. Новые режущие инструменты для обработки отверстий на токарных станках. //Труды международной научной конференции «Состояние и перспективы развития механики и машиностроения в Казахстане». Том 2. – Алматы: Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева, 2007. - С.298-299

2 Касенов А.Ж., Дудак Н.С. Способы обработки отверстий новыми стержневыми инструментами //Научный журнал Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова. Вестник ПГУ №4 – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2007. - С. 36 – 42

3 Касенов А.Ж., Абельдинов А.Е. и др. Окончательная обработка отверстий //Международная научная конференция молодых ученых, студентов и школьников «VIII Сатпаевские чтения». Том 12. – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2008. - С. 251 - 258;

4 Касенов А.Ж., Дудак Н.С. Расчет и конструирование развёртки–протяжки для обработки цилиндрических отверстий //Международная научная конференция молодых ученых, студентов и школьников «VIII Сатпаевские чтения». Том 20. – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2008. – С. 102-108

5 Kassenov A.Z., Dudak N.S. Die bearbeitung der oeffnungen vom kombinierten instrument // Международная научно-практическая конференция «Казахстан и мировые языки» - Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2008. - С. 186 – 195

6 Предварительный патент РК № 20210. Развёртка-протяжка с пластинками твердого сплава для обработки цилиндрических отверстий /Касенов А.Ж., Дудак Н.С.и др. опубл. 25.08.2008.

7 Инновационный патент Республики Казахстан на изобретение № 20811. Способ обработки цилиндрических отверстий развёрткой-протяжкой /Касенов А.Ж., Дудак Н.С. опубл. 25.11.2008.

8 Касенов А.Ж., Дудак Н.С. и др. Конструктивные элементы развёртки-протяжки для обработки цилиндрических отверстий / Международная научная конференция молодых ученых, студентов и школьников «IX Сатпаевские чтения». Том 14. – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2009. – С. 82-88

9 Положительное решение № 2006/0000.1. Развёртка-протяжка для обработки цилиндрических отверстий. / Касенов А.Ж., Дудак Н.С. опубл. 03.02.2009.

10 Касенов А.Ж. Обработка отверстий развёрткой-протяжкой //Республиканский журнал Карагандинского государственного технического университета. Труды университета, №1 (38) – Караганды: Карагандинский государственный технический университет, 2010. - С. 25 – 28.

11 Касенов А.Ж., Денчик А.И. и др. Определение силовых характеристик резания с учетом скользящего движения режущей кромки //Международная научная конференция молодых ученых, студентов и школьников «X Сатпаевские чтения». Том 22. – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2010. – С. 50-55

12 Касенов А.Ж. Теоретическое исследование обработки отверстий развёрткой-протяжкой // II Международная научно-практическая конференция «Актуальные достижения европейской науки – 2010». - Болгария: София, 2010

13 Касенов А.Ж. Развёртка-протяжка для обработки цилиндрических отверстий //Научный журнал Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова. Вестник ПГУ № 2 – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2010.

КАСЕНОВ АСЫЛБЕК ЖҰМАБЕКҰЛЫ

Цилиндрлік тесіктерді өңдеу үшін ұңғылағыш-тартажоңғыш конструкциясын және тәсілін жасап шығару

05.03.01 – Механикалық және физико-техникалық өңдеу құрал-жабдықтары мен технологиясы мамандығы бойынша техника ғылымдарының кандидаты ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған диссертациясының

ТҮЙІНДЕМЕ

Зерттеу нысаны. Цилиндрлік тесіктерді өңдеуге арналған металл кескіш құрал – ұңғылағыш-тартажоңғыш, өңдеу тәсілі мен дәлдігі.

Жұмыстың мақсаты: Металл кескіш құралды - ұңғылағыш – тартажоңғыштың құрылымын жасап шығару, жаңа тәсіл арқылы, тесіктерді өңдеу сапасын арттыруы жұмыстың мақсаты болып табылады.

Зерттеу әдістері. Жұмыста теориялық және эксперименттік зерттеу тәсілдері тіркесілген. Теориялық зерттеулер кесу теориясының негізгі ережелерін қолданып жүргізілген: бұрамалы тістері бар құралдың конструкциясын пайдаланып, жұмыс бірқалыптылығын, жоңқанын шығуын жақсарту, тұрақтылықты нығайту.

Эксперименттік зерттеулерді жүргізу кезінде экспериментті жоспарлау тәсілдері, математикалық статистикасы және параметрлерді оптимизациялау теориясы қолданды.

Жұмыстың нәтижелері бойынша қысқаша қорытындылар:

- қазіргі бар ұңғылағыштар және тартажоңғыштармен тесіктерді өңдеу талдау көрсетті кесу ұңғылағыштау кезінде бөлігінің қысқа жерімен тесіктің сапасын қалыптасады, тартажоңғыштау кезінде тесіктерді өңдеуі аз және ұзақемес соққылармен жүзеге асырылады, сондықтан тесіктердің кедір-бұдырлығы көтеріледі, дәлдігі төмендейді.

- теориялық зерттеу және ұңғылағыш – тартажоңғышпен тесіктерді өңдеу үрдісі кинематикасы мен динамикасы негіздеу дәлелдеді, қосымша айналым өңдеудің дәлдігін арттырады және бойлы тербелестер азаяды

- ұңғылағыш – тартажоңғыштың конструкциясын жасап шығару арқылы, цилиндрлік тесіктерді өңдеу тәсілі жүзеге асырылады кесу қолайлы шарттарын пайда болады

- ұңғылағыш-тартажоңғыштың жобалау әдістемесі және негізгі геометриялық параметрлер мен конструктивті элементтерінің есептеуі ұсынылды;

- технологиялық факторлардың (айналыс жиілігі, беріс) өлшем дәлдігіне, кедір - бұдырлығына, сыртпішің ауытқуына машина ұңғылағыш және ұңғылағыш – тартажоңғышпен өңдеу кезінде дәлелдеді, айналдырықтың айналыс жиілігі көбейтілсе және кесу берілісі азайса, өлшем дәлдігі, кедір – бұдырлығы төмендейді;

- эксперименттік зерттеу негізінде, тесіктерді өңдеу сапа параметрлеріне кесу режимдерінің әсерің көрсететің математика моделі алынды

Негізгі конструктивты, технологиялы және техника-пайдалану сипаттамалары

Ұсынылған әдістеме ұңғылағыш – тартажоңғыштың конструкторлық және геометриялық параметрлерін, диаметр және ұзындығына байланысты, тесіктін қажетті дәлдік қалыпты және өңдеу әдібін алу үшін есептеуін рұқсат етеді. Цилиндрлік тесіктерді өңдеу үшін ұңғылағыш – тартажоңғыштың негізгі параметрлері келесі:

- өңдеу диаметрі, d , мм	14			20			30		
- өңдеу ұзындығы, l , мм	15	20	30	20	30	40	30	45	60
- тістердің саны, Z	4								
- бұрамалы бунақтардың көлбеулік бұрышы, ω , градус	25								
- нормаль қимада тістердің қадамы, t_N , мм	6,253			8,972			13,504		
- тістердің ені, b , мм	1,5			2			3		
- кесу бөлігінің конустық бұрышы, $\varphi/2$, градус	0°4'39"			0°3'14"			0°2'5"		
- кесу бөлігінің ұзындығы, l_p , мм	74			106			160		
- мөлшерлейтін бөлігінің ұзындығы, l_k , мм	15			28			28		
- ұңғылағыш – тартажоңғыштың ұзындығы, L , мм	180			275			330		
- алдыңғы бұрыш, γ , градус	0								
- артқы бұрыш, α , градус	7 – 10								

Ендірілу деңгейі.

«Format Mach Company» ЖШС-та үш түрлі өлшемдер (14мм, 20мм и 30мм) бойынша ұңғылағыш-тартажоңғыштың тәжірибелік үлгілер жасалынды. Олар «Завод нестандартизированого оборудования» ЖШС-та сыналды.

Ғылыми-зерттеу жұмысының ендіру қорытындылары

Метал кескіш құралдарды жобалау мен жасау», «Кесу теориясы», «Металкескіш құрал», «Машиналарды жасап шығару» пәндері бойынша дәріс материалын оқыған кезінде, зертханалық пен тәжірибелік сабақтарды өткізу кезінде пайдаланатын оқу үрдісіне енгізу актысы (18.11.2009 ж., № 4 хаттама)

Қолдану саласы. Ұңғылағыш – тартажоңғыш цилиндрлік тесіктерді 40 мм диаметрге дейін және екі диаметрлі ұзындығына дейін 6 – 7 қалыпты дәлдігін немесе беттің кедір – бұдырлығы $Ra=0,08...0,16$ мкм алу үшін ұсынылады.

Жұмыстың маңызы бұрамалы тістері бар жаңа конструкциялы ұңғылағыш – тартажоңғыш пайдалана отырып, кесу шарттарын өзгертуде тұрады. Кесу жұмысы үлкен ұзындығында үлеседі, кесіндінің қалыңдығы, сыбағалы деформация және температура азаяды. Өңдеу сапасы арттырылады және кесу шарттары дұрысталады.

Зерттеу нысанының дамуы туралы болжамдық көзқарастар.

Негізделген теориялық жағдайлар бар болған технологиялық үрдістерді жетілдіру және жаңа технологиялық үрдістерді өңдеу үшін қолдануға болады.

Қазақстан Республикасы

Алматы, 2010

Development of method and design of scan-broach for treatment of cylindrical holes

Abstract of dissertation of Kassenov Assylbek Zhumabekovich to research scientific staff of candidate technical science by specialists 05.03.01. – Technology and mechanical and physical-technological equipment of manufacture.

S U M M A R Y

The object of study. Metal cutting tools, broaching scan for processing cylindrical holes, the method and accuracy obrabotki.

Tsel work. The aim is to improve the quality of processing holes in a new way to develop the design of cutting tools - Scan-broach.

Methods. The paper combines theoretical and experimental research methods. Theoretical studies conducted using the basic assumptions of the theory of cutting: improved smooth operation, chip disposal and increase resistance when using design tools with screw teeth.

When conducting experimental research methods employed experimental design, mathematical statistics and theory of optimization parameters. Processing of the experimental results and the necessary calculations were carried out with the aid of computer programs for plotting, Mathematical relationships and fitting the experimental data.

Results:

- analysis of processing holes existing scans and broaches showed that the formation of surface quality of the hole when the deployment is carried out a small area of the cutting part, broaching holes in the processing occurs with small and not long strokes and as a consequence of low accuracy and surface roughness of holes;

- a theoretical study and the study of kinematics and dynamics processing holes scan-wire confirmed that the additional rotation improves precision and reduces the longitudinal vibrations;

- developed a design refresh, broaching with which realized a way of processing cylindrical holes, creating favorable conditions for cutting

- the technique of design and calculation of basic geometric parameters and the structural elements of sweep-broach;

- experimental study of the effect of technological factors (speed, feed) on the accuracy of size, roughness, deflection of the surface shape of holes in the processing of machine-scan and scan-wire found that an increase in the frequency of spindle rotation and reduce the supply of cutting accuracy of size, roughness decreased;

- on the basis of experimental studies obtained mathematical model of the influence of cutting conditions on the quality of processing holes.

Basic design, technological, technical and operational characteristics. The technique developed allows one to calculate structural and geometric

parameters of sweep-broach for treatment depending on the diameter and length of treatment required by the bottom layer of precision holes and machining allowances.

- Turning diameter, d , mm	14			20			30		
- turning length, l , mm	15	20	30	20	30	40	30	45	60
- number of teeth, z	4								
- angle of helical grooves, ω , degree	25								
- tooth pitch in normal section, t_N mm	6,253			8,972			13,504		
- width of teeth, b , mm	1,5			2			3		
- taper angle of the cutting, $\varphi/2$, degree	0°4'39"			0°3'14"			0°2'5"		
- the length of the cutting part, l_p , mm	74			106			160		
- length of the calibrating, l_k , mm	15			28			28		
- length of the scan-broaching, L , mm	180			275			330		
- front angle, γ , degree	0								
- rear corner, α , degree	7 – 10								

Degree of implementation. Prototypes of scan-to broach LLP «Format Mach Company» three sizes (14mm, 20mm and 30mm), which were tested LLP Factory nestandartizirovanogo equipment.

Results of the implementation of research. The act of introducing into the learning process (protocol number 4, from 18.11.2009g.) When reading the lecture material, laboratory and practical lessons on discipline "Design and manufacture of cutting tools", "Theory of Cutting", "Metal cutting tools", "Machinery"

Scope. Scope Scan-broach is recommended for treatment of cylindrical holes with a diameter up to 40 mm and a length of up to two sizes, 6 - 7 bottom layer of accuracy with a surface roughness $Ra = 0,08 \dots 0,16$ m and oversize allowances equal to deploy the scan.

Importance of work. Is to change the cutting conditions on the basis of newly developed design sweep-broach with screw teeth, which enhances the quality of processing and improve the cutting conditions, in which the work is divided into more cutting length cutting edges by cutting part of the taper, decreasing slice thickness, the specific strain and temperature in the cutting zone, possible execution of cutting-deforming teeth to improve the quality of processing holes.

Proposal prognosis about development of object research. The proved theoretical positions can be used for perfection existing and development of new technological processes.

Republic of Kazakhstan
Almaty, 2010