

На правах рукописи

ШАТОХИН АЛЕКСАНДР ФЕДОРОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ
ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ ПРИ
ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОДУЛЬНОЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ
ОСНАСТКИ**

Специальность 05.02.08–Технология машиностроения

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бийск-2006

Работа выполнена на кафедре “Металлорежущие станки и инструменты” Бийского технологического института (филиал) Алтайского государственного технического университета им. И.И.Ползунова

Научный руководитель	- кандидат технических наук, доцент А.Н. Ромашев
Официальные оппоненты:	- доктор технических наук, профессор А.М. Марков - кандидат технических наук, доцент В.М. Роговой
Ведущее предприятие	- ФГУП БПО "Сибприбормаш" г. Бийск

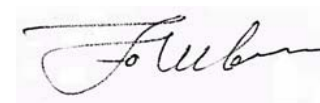
Защита состоится "15" декабря 2006 года в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 212.004.01 в Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова по адресу: 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Отзывы в двух экземплярах, заверенных гербовой печатью организации, просьба направлять по адресу: 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46.

Автореферат разослан "9" ноября 2006 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических
наук, доцент



Ю.О. Шевцов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В современных условиях, в ходе длительного периода реорганизаций, для многих машиностроительных предприятий на первый план выдвигаются задачи разработки новых и модификации существующих образцов выпускаемых ими изделий. Предприятиям машиностроительного комплекса, в первую очередь крайне важно выпускать продукцию небольшими сериями или в единичных экземплярах, причем в сжатые сроки, с высоким качеством и существенно по более низким ценам, чем устанавливаемые сегодня на рынке.

Известно, что себестоимость и качество изделий, выпускаемых предприятиями машиностроительного комплекса, в значительной степени определяется формой организации технологического процесса и используемого для обработки изделий режущего инструмента.

В настоящее время наиболее перспективным направлением в использовании режущего инструмента считается применение модульной инструментальной оснастки. Модульная инструментальная оснастка построена на принципе замены инструмента съемными модулями. Это по сравнению со стандартным режущим инструментом позволяет: снизить вес инструмента в 3...4 раза, повысить эффективность работы оборудования, повысить производительность труда, сократить сроки подготовки производства, снизить себестоимость механической обработки.

Несмотря на очевидные преимущества модульной инструментальной оснастки, технолог на стадии проектирования технологических операций в большинстве случаев склоняется к выбору стандартного режущего инструмента. Модульный инструмент используется лишь в 10 случаях из 100, позволяющих значительно повысить эффективность производства изделий. Это объясняется тем, что фирмы производители модульной инструментальной оснастки ограничиваются лишь рекомендациями по допустимым режимам обработки. Однако наиболее важный для технолога вопрос обеспечения требуемых показателей точности остается открытым. Технолог на этапе технологической подготовки производства испытывает значительные затруднения при оценке точности получаемого размера на тех или иных режимах обработки. Это связано с отсутствием методов проектирования отдельных этапов технологической подготовки производства, в части обоснования применения и выбора модульной инструментальной оснастки. А также математических зависимостей, устанавливающих взаимосвязь между режимами обработки, конструкцией узла крепления и точностью размера получаемого после обработки.

В связи с этим актуальным является, необходимость исследования особенностей обработки на токарных станках с ЧПУ при использовании модульной инструментальной оснастки, с целью обеспечения выбора

режущего инструмента и прогнозирования достижения заданных показателей точности.

Актуальность работы подтверждается тем, что повышение точности механической обработки и разработка систем быстросменного вспомогательного инструмента для высокоскоростных станков с ЧПУ выделено как приоритетное направление в федеральной целевой программе «Реформирование и развитие станкостроительной и инструментальной промышленности России» до 2010 года.

Цель работы.

Совершенствование технологической подготовки производства деталей на токарных станках с ЧПУ путем моделирования процесса формирования показателей точности при использовании модульной инструментальной оснастки.

Задачи исследования.

1. Исследовать влияние режимов обработки и конструкции узла крепления, на точность размера получаемого после обработки с использованием модульной инструментальной оснастки.

2. Получить математическую модель формирования погрешности токарной обработки при использовании модульного инструмента.

3. Разработать оптимизационную модель и методику проектирования этапа технологической подготовки производства, в части выбора модульной инструментальной оснастки для токарной обработки, позволяющие обеспечивать требуемую точность обработки.

4. Разработать способ закрепления инструментальных модулей и реализующую его конструкцию модульной инструментальной оснастки, позволяющие обеспечивать высокую жесткость узла крепления модулей и требуемую точность обработки.

5. Апробировать результаты исследований в производственных условиях, разработать рекомендации по применению модульной инструментальной оснастки.

Методы исследования. Теоретические и экспериментальные исследования базируются на основных положениях технологии машиностроения, теории резания, математического моделирования. Достоверность результатов исследований проверялась в лабораторных и производственных условиях. Результаты экспериментов обрабатывались с помощью методов математической статистики.

Научная новизна.

1. Получены зависимости влияния режимов обработки (скорости резания, подачи, глубины) и конструкции узла крепления модульной инструментальной оснастки на точность получаемого размера для операций точения на станках с ЧПУ.

2. Разработана математическая модель формирования погрешности токарной обработки при использовании модульного инструмента.

3. Разработан оригинальный способ и математическая модель закрепления инструментальных модулей и реализующая способ конструкция модульной инструментальной оснастки.

4. Разработана оптимизационная модель расчета режимов обработки с использованием модульного инструмента, обеспечивающих требуемую точность обработки.

Практическая ценность.

1. Разработана методика проектирования этапа технологической подготовки производства, связанного с выбором режущего инструмента и оснастки, позволяющая прогнозировать точность обработки при использовании модульной инструментальной оснастки.

2. Разработана классификация конструкций узлов крепления инструментальных модулей по обеспечению точности обработки на заданных режимах обработки.

3. Разработана конструкция модульной инструментальной оснастки (патент на изобретение RU № 2242331), позволяющая повысить производительность токарной обработки на станке с ЧПУ.

4. Разработаны рекомендации по применению модульной инструментальной оснастки в производственных условиях.

Реализация работы. Разработанная конструкция модульной инструментальной оснастки принята к использованию на ООО "Регион" г. Бийск. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения составляет 118256 рублей.

Теоретические и экспериментальные исследования проводились при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в форме гранта «Модульная инструментальная оснастка для станков с ЧПУ» (шифр А03-3.18-496).

Методическое и программное обеспечение используется в учебном процессе Бийского технологического института (филиал) АлтГТУ им. И.И. Ползунова.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены и обсуждены на международной научно-технической конференции "Современные технологические системы в машиностроении" (Барнаул, 2003г); на всероссийских научно-практических конференциях "Ресурсосберегающие технологии в машиностроении" (Бийск, 2003г); "Информационные технологии в экономике, науке и образовании" (Бийск, 2004г); "Проблемы повышения эффективности металлообработки в промышленности на современном этапе" (Новосибирск, 2004, 2005 гг.). Представлен отчет о научно-исследовательской работе по теме "Ресурсосберегающие технологии и автоматизация в машиностроительных производствах". Представлен отчет по гранту «Модульная инструментальная оснастка для станков с ЧПУ» (шифр А03-3.18-496). Результаты работы обсуждались на заседании кафедр «Металлорежущие станки и инструменты» Бийского технологического института, «Общая технология машиностроения» и «Технология автоматизированных производств» Алтайского государственного технического университета им.И.И. Ползунова.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 11 печатных работ, в том числе 2 статьи, 7 тезисов докладов, отчет о НИР, получен 1 патент на изобретение.

Структура и объем работы.

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, общих выводов, списка литературы, включающего 105 наименований и приложений. Диссертация изложена на 134 страницах печатного текста, содержит 27 рисунков и 8 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выполненной работы. Приводится общая характеристика работы, научная новизна и практическая ценность. Излагается содержание диссертации по главам.

В первой главе рассмотрены и проанализированы этапы технологической подготовки производства. Определено, что наиболее трудоемким, ответственным и продолжительным по времени, является этап разработки и отладки технологического процесса, а именно, в части выбора режущего инструмента, позволяющего обеспечивать заданные требования по точности размеров.

Проблемами точности механической обработки занимались многие отечественные и зарубежные ученые: Б.С. Балакшин, В.М. Кован, А.П. Соколовский, Л.С. Мурашкин, А.И. Каширин, В.С. Корсаков, М.А. Палей, Н.А. Бородачев, Д.Н. Решетов, J. Hulsebus, D. Randall и др. Однако нельзя с уверенностью утверждать, что вопросы обеспечения точности механической обработки полностью раскрыты.

Из литературного анализа и производственного опыта, а так же анализа факторов, влияющих на производительность токарной обработки и себестоимость готовой детали, установлено, что при выборе режущего инструмента, на сегодняшний день предпочтение следует отдавать инструменту со сменными режущими модулями. Данный способ ориентирования и замены режущего инструмента обладает рядом неоспоримых преимуществ по сравнению со стандартным режущим инструментом. Наиболее весомыми преимуществами являются: значительное сокращение вспомогательного времени на замену режущего инструмента и наладку оборудования, и как следствие этого повышение производительности и коэффициента использования оборудования, а так же сокращение времени подготовки производства.

Подавляющее большинство существующих на сегодняшний день конструкций модульных инструментальных систем, это системы зарубежного производства таких фирм как: Sandvik Coromant (Швеция), Hertel (Германия), Walter (Германия), Kennametal (США), фирмы Komet (Германия), Dornag (Швейцария), Heinz Kaiser (Германия), Kelch (Германия). В России разработкой и продвижением на рынок модульной инструментальной оснастки занимается внедренческое научно-производственное предприятие "ВИНТ".

Несмотря на очевидные преимущества модульного инструмента в сравнении со стандартным режущим инструментом, широкого применения в производстве модульная инструментальная оснастка не получает. Существующие способы проектирования технологической подготовки производства с использованием модульного инструмента, не позволяют прогнозировать, на стадии технологической подготовки производства, точность получаемого размера на определенных режимах обработки. В каталогах и обзорах инструментальных фирм приводятся лишь рекомендации по предельным режимам обработки, чего явно не достаточно.

Все выше изложенное, говорит об актуальности рассмотрения проблем применения модульной инструментальной оснастки, в части обеспечения заданных требований точности обработки на определенных режимах.

Вторая глава посвящена описанию методики проведения экспериментальных исследований, обработке экспериментальных данных, получению эмпирической модели формирования точности обработки деталей. Результаты экспериментов обработаны в системе компьютерной алгебры Maple 9.5. При планировании эксперимента выполнены следующие этапы: выбор параметра оптимизации, факторов и уровней их варьирования, проводилась проверка адекватности модели по критерию Фишера (F-критерий).

Из литературных источников установлено, что при токарной обработке с использованием модульного инструмента появляются дополнительные составляющие суммарной погрешности обработки:

$$\bar{\Delta}_{об.м} = \sum \bar{\Delta}_{об.с} + \bar{\Delta}_y + \bar{\Delta}_{\omega.у.к}, \quad (1)$$

где $\bar{\Delta}_y$ - погрешность установки сменного режущего модуля, мм;
 $\bar{\Delta}_{\omega.у.к}$ - погрешность, вызванная податливостью в конструкции узла крепления в процессе резания, мм; $\sum \bar{\Delta}_{об.с}$ - составляющие суммарной погрешности, возникающие при обработке стандартным режущим инструментом, мм.

Исследования проведены для погрешности, возникающей при использовании модульного инструмента. Составляющие суммарной погрешности механической обработки в данной работе не исследуются, так как на сегодняшний день они широко изучены.

Для проведения исследований разработана классификация инструментальных систем существующих на сегодняшний день по способу ориентирования сменных режущих модулей. Выделено пять основных способов ориентирования: 1 - по трем взаимно-перпендикулярным плоскостям; 2 - по цилиндрической поверхности и плоскости; 3 - по конической поверхности и плоскости; 4 - по трехгранной конической поверхности и плоскости; 5 - по торцевой зубчатой поверхности.

Исследования погрешности установки режущих модулей проводились на стенде с использованием универсального измерительного микроскопа УИМ-21 с погрешностью измерения 1мкм. Образцы закреплялись на столе микроскопа, проводилась смена режущих модулей, измерялись отклонения в осевом и радиальном направлении. Полученные данные систематизировались в диаграммы (Рисунок 1).

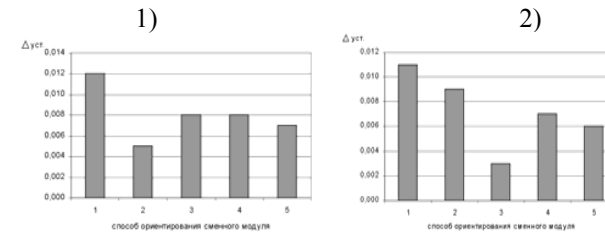


Рисунок 1 Диаграмма погрешности установки режущих модулей:

1- в осевом , 2- в радиальном направлениях

С целью исключения случайных ошибок проводилась серия параллельных опытов.

Из анализа диаграмм можно сделать вывод о том, что в радиальном направлении, минимальная погрешность установки режущих модулей наблюдается при способе ориентирования по конической поверхности и плоскости, однако в осевом направлении наблюдается более низкая точность позиционирования. Это объясняется трудностью обеспечения одновременного контакта по конической поверхности и торцу.

Анализ влияния режимов точения на погрешность обработки, вызванной податливостью узла крепления сменного режущего модуля, проводился с использованием стенда на базе токарного станка с ЧПУ 16K20Ф3. Измерения обработанных образцов проводились на универсальном измерительном микроскопе УИМ-21 с погрешностью измерений 1 мкм. Образцы размещались на столе микроскопа при помощи призм. Перед проведением эксперимента оборудование было проверено и аттестовано. В качестве образцов использовались заготовки диаметром 40 мм из материала сталь 45 ГОСТ 1050-74 с пределом прочности $\sigma_B = 700$ МПа.

На рисунке 2 приведена зависимость величины погрешности токарной обработки от глубины резания для способа ориентирования по конической поверхности и плоскости, так же аналогичные зависимости получены для других способов ориентирования.

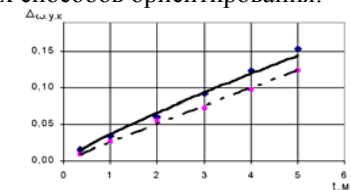


Рисунок 2 Влияние глубины резания на погрешность обработки модульным инструментом:

— $S=0,8$ мм/об, $V=100$ м/мин, --- $S=0,4$ мм/об, $V=100$ м/мин

По результатам проведенных опытов была построены модель зависимости погрешности обработки, вызванной податливостью в конструкции узла крепления в процессе резания на определенных режимах обработки с учетом способа ориентирования сменных режущих модулей (2).

$$\Delta_{\omega.y.k.} = k \cdot t^{x_{\omega}} \cdot s^{y_{\omega}} \cdot v^{n_{\omega}} \quad (2)$$

Таблица 1 Значения коэффициентов в модели погрешности обработки

Способ ориентирования	k	x_{ω}	y_{ω}	n_{ω}
1	0,048	0,61	0,57	0,15
2	0,042	0,63	0,54	0,16
3	0,020	0,86	0,37	0,16
4	0,011	0,91	0,42	0,17
5	0,010	0,77	0,44	0,11

Однако в модели погрешности обработки (2) не учитывается влияние вида обработки, обрабатываемого материала, материала режущей части инструмента, геометрии режущего инструмента и др.

В связи с этим, используя имеющиеся опытные данные, а также известные эмпирические зависимости теории резания металлов для определения составляющих сил резания, получены зависимости погрешности обработки модульным инструментом (3) в зависимости от радиальной составляющей силы резания P_y .

$$\Delta_{\omega.y.k.} = a \cdot P_y + c \quad (3)$$

Таблица 2 Значения коэффициентов в модели погрешности обработки

	СПОСОБ ОРИЕНТИРОВАНИЯ				
	1	2	3	4	5
$a, \times 10^{-5}$	10	9	4	4	2
c	0,038	0,021	0,012	0,007	0,006

Третья глава посвящена разработке способа закрепления инструментальных модулей и реализующей его конструкции модульной инструментальной оснастки (патент на изобретение RU № 2242331).

На основе созданной классификации и анализа достоинств и недостатков отдельных элементов, а так же полученных экспериментальных данных предложен новый способ крепления инструментальных модулей. Способ заключается в следующем: схема базирования инструментального блока осуществляется по конической поверхности и торцу, так как такое соединений обеспечивает наиболее точное положение сменного модуля. Однако в этом случае необходимы высокие требования по точности к базировочным поверхностям, что достигается использованием подвижной втулки, взаимодействующей с упругим элементом.

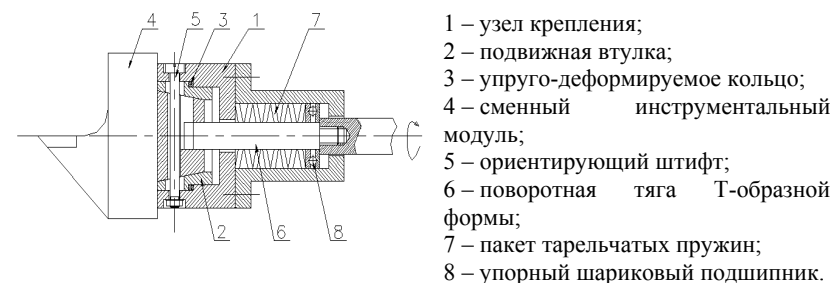


Рисунок 4 Схема конструкции модульной инструментальной оснастки

Предложенный способ реализован в конструкции модульной инструментальной оснастки, представленной на рисунке 4, которая состоит из нескольких основных элементов. Базовым блоком модульной инструментальной оснастки является узел крепления с внутренней цилиндрической и торцевой базовыми поверхностями. Внутри узла крепления размещена подвижная втулка с наружной цилиндрической и внутренней конической базовыми поверхностями, упруго-деформируемое кольцо, ориентирующий узел, предназначенный для углового позиционирования сменного модуля относительно узла крепления, зажимной элемент с возможностью взаимодействия с пазами в инструментальном модуле, установленный в осевом отверстии узла крепления и связанный с силовым элементом в виде пакета тарельчатых пружин.



Рисунок 5 Опытный образец разработанной модульной инструментальной оснастки

Так же в работе представлены результаты прочностных расчетов модульной инструментальной оснастки.

Четвертая глава посвящена разработке оптимизационной модели расчета режимов механической обработки при использовании модульной инструментальной оснастки.

В качестве критерия при выборе оптимальных режимов принята производительность обработки деталей на токарном станке.

$$P \rightarrow \max,$$

Проектирование производится с учетом ряда общепринятых ограничений: по скорости резания (4), по мощности, затрачиваемой на процесс резания (5), по значению допустимых частот вращения шпинделя (6), подач (7), по жесткости режущего инструмента (8), по прочности механизма подачи станка (9), по шероховатости обработанной поверхности (10) и дополнительно введенных ограничений по погрешности обработки модульным инструментом (11) и прочности узла крепления сменных режущих модулей (12):

$$n \cdot S^{y_v} \leq \frac{318 \cdot C_v \cdot K_v}{D \cdot T^m \cdot t^{x_v}}, \quad (4)$$

$$N_{эф} \leq N_n \cdot \eta, \quad (5)$$

$$n_{\min} \leq n \leq n_{\max} \quad (6)$$

$$S_{\min} \leq S \leq S_{\max} \quad (7)$$

$$j \leq f(P_z / y), \quad (8)$$

$$P_s \leq P_{s\partial on} \quad (9)$$

$$S \leq \frac{C_n \cdot H_{\max}^y \cdot r^u}{t^x \cdot \varphi^z \cdot \varphi_1^z}, \quad (10)$$

$$\bar{\Delta}_y + \bar{\Delta}_{\omega.y.k} + \sum \bar{\Delta}_{np.} \leq [IT] \quad (11)$$

$$P_z \leq P_{z\partial on} \quad (12)$$

где S – подача мм/об; n – частота вращения шпинделя об/мин; N_n – мощность привода станка; $N_{эф}$ – мощность затрачиваемая на резание; $H_{\max}^y$ – высота микронеровностей поверхности; r – радиус при вершине; φ, φ_1 – углы режущего инструмента; t – глубина резания; v – скорость резания;

Пятая глава посвящена проектированию этапа технологической подготовки производства, в части выбора режущего инструмента и оснастки, для токарной обработки с применением модульной инструментальной оснастки. Методика проектирования обработки представлена в виде алгоритма на рисунке 6.

Исходными данными для проектирования является чертеж детали с требованиями по шероховатости и точности диаметральных размеров.

Анализ конструкции детали определяет тип и конструктивно геометрические особенности режущего инструмента, определяется возможность использования модульного инструмента.

Принятие решения об использовании модульного инструмента осуществляется на основании критерия экономической эффективности в зависимости от следующих условий: количество переналадок оборудования в смену, количество заменяемого инструмента при одной переналадке, количество пробных проходов в смену и др.

В случае если обработка модульным инструментом возможна, определяются габариты сменных режущих модулей в зависимости от вида обработки.

Далее рассчитываются режимы обработки, обеспечивающие заданные требования точности размера. В соответствии с методикой расчета точности обработки модульным инструментами определяются виды модульного инструмента способные обеспечить заданную точность обработки. Если же заданная точность обработки не может быть обеспечена существующим модульным инструментом, разрабатывается

новая конструкция модульной инструментальной оснастки, с помощью разработанной классификации, которая служит базой данных по способам ориентирования и точности обеспечения размеров при механической обработке.

В случае если использование модульной инструментальной оснастки не возможно выбираем стандартный режущий инструмент из соответствующей базы данных.

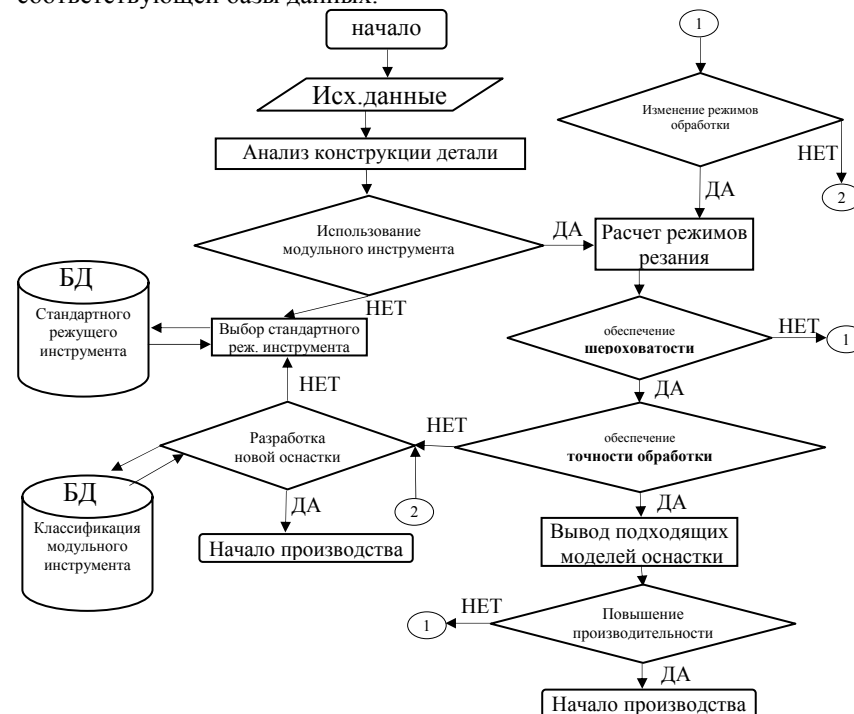


Рисунок 6 Алгоритм проектирования этапа технологической подготовки производства для токарной обработки при использовании модульной инструментальной оснастки

Основные результаты и выводы по работе

В диссертационной работе решена актуальная задача совершенствования технологической подготовки производства, что позволяет на стадии выбора режущего инструмента прогнозировать возможность обеспечения заданных показателей точности и качества обработанных поверхностей на токарных станках с ЧПУ с использованием модульной инструментальной оснастки.

1. Приведенная классификация изготавливаемых модульных инструментальных систем и зависимости погрешности размера получаемого после обработки, позволяют разработать практические рекомендации по обеспечению точности получаемого размера, при обработке модульным инструментом, на стадии технологической подготовки производства.

2. Разработанные математические зависимости погрешности размера, получаемого после обработки модульным инструментом, от способа ориентирования режущих модулей, оптимизационная модель позволяют определять оптимальные режимы обработки, обеспечивающие заданную точность размера.

3. Разработанное программное обеспечение позволяет на практике реализовывать разработанную методику расчета режимных параметров обработки модульным инструментом.

4. На основе разработанной классификации модульных инструментальных систем, а так же полученных теоретических данных по точности смены режущих модулей и точности размера, получаемого после обработки модульным инструментом, предложен оригинальный способ закрепления режущих модулей. Создана реализующая его конструкция модульной инструментальной оснастки (патент на изобретение RU № 2242331).

5. Разработанная оптимизационная модель, методика проектирования этапа технологической подготовки производства, связанного с выбором режущего инструмента, приняты к использованию на ООО "Регион" г. Бийск, что позволило снизить трудоемкость технологической подготовки производства и как следствие, повысить производительность обработки на 23 % при обеспечении требуемой точности обработки. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения составляет 118256 рублей.

Основные результаты работы изложены в следующих публикациях:

1 Шатохин А.Ф., Ромашев А.Н. Расширение возможностей модульных инструментальных систем // Ресурсосберегающие технологии в машиностроении. Материалы 2-й межрегиональной научно-практической конференции с международным участием 26-27 сентября. – Бийск, 2002. – С. 173-175.

2. Шатохин А.Ф., Ромашев А.Н. Блочная инструментальная оснастка // Современные технологические системы в машиностроении. Сборник тезисов докладов международной научно-технической конференции 18-19 ноября. – Барнаул, 2003. – С. 154-155.

3. Шатохин А.Ф., Ромашев А.Н. Инструментальная оснастка со сменными режущими блоками // Ресурсосберегающие технологии в машиностроении. Материалы 3-й Всероссийской научно-практической конференции 25-26 сентября. – Бийск, 2003. – С. 108-110.
4. Шатохин А.Ф., Ромашев А.Н. Система модульного инструментального обеспечения для механической обработки с диагностированием режущих элементов // Ресурсосберегающие технологии в машиностроении. Материалы 3-й Всероссийской научно-практической конференции 25-26 сентября. – Бийск, 2003. – С. 265-268.
5. Шатохин А.Ф., Ромашев А.Н. Вопросы качества при использовании модульной инструментальной оснастки // Управление качеством образования, продукции и окружающей среды. Материалы межрегиональной научно-практической конференции 3-4 июля. – Бийск, 2003. – С. 102-104.
6. Шатохин А.Ф., Ромашев А.Н., Овчаренко А.Г. Модульная инструментальная оснастка для станков с ЧПУ. Отчет о научно-исследовательской работе по теме «Ресурсосберегающие технологии и автоматизация в машиностроительном производстве (промежуточный)». Гос. рег. № 01.9.70.002258. Инв. № 02.200.405375. Бийск, 2004.-33 с.
7. Шатохин А.Ф., Ромашев А.Н. Блочная инструментальная оснастка // Информационные технологии в экономике, науке и образовании. Материалы 4-й Всероссийской научно-практической конференции 22-23 апреля. – Бийск, 2004. – С. 144-145.
8. Шатохин А.Ф. Конструкция модульного инструмента для токарных станков с ЧПУ.// «Проблемы повышения эффективности металлообработки в промышленности на современном этапе» Материалы 3-й Всероссийской научно-практической конференции.– Новосибирск, 2005 С. 34
9. Шатохин А.Ф., Ромашев А.Н. Инструментальная оснастка для станков с ЧПУ // Обработка металлов. - Новосибирск, 2003.-№4(21)-С.22-24
10. Шатохин А.Ф. Быстросменная инструментальная оснастка модульного типа // Обработка металлов. - Новосибирск, 2004.-№2(23)-С.41-43
11. Патент на изобретение RU № 2242331. Модульная инструментальная оснастка / Шатохин А.Ф., Ромашев А.Н., Фаст П.И., – Оpub. в Б.И., 2004, № 35.

Подписано в печать 6.11.2006 г. Формат 60х84 1/16

Печать – ризография. Ус.п.л. 0,93

Тираж 100 экз. Заказ 2006 - 21

Отпечатано на ИВЦ БТИ АлтГТУ