

В диссертационный совет ДМ 212.092.01
ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»
681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр.
Ленина, 27

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Стельмакова Вадима Александровича «Повышение эффективности чистовой обработки отверстий концевыми фрезами на обрабатывающих центрах с ЧПУ в условиях многономенклатурного производства», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 - «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки»

Актуальность темы исследования

В современном машиностроении существует потребность в гибком станочном оборудовании. Обрабатывающие центры с числовым программным управлением (ЧПУ) позволяют обрабатывать корпусные детали с необходимой точностью без значительных затрат на технологическую подготовку, в условиях быстроменяющегося спроса. Для гибкого оборудования, которое проектируется с учетом самых современных достижений станкостроительной науки, вопросы эффективности и точности обработки деталей в условиях современного производства остаются актуальными.

Особенно остро вопрос точности стоит в единичном и мелкосерийном производстве, так как частая смена обрабатываемых изделий требует наладку обрабатывающего центра, а меняющиеся технологические условия обработки в рабочей зоне обрабатывающего центра изменяют вид, значение и распределение погрешностей. Указанные обстоятельства, говорят о «перегрузке» инструментального магазина, а так как большинство элементов корпусных деталей, включая отверстия, необходимо обрабатывать на одной установке, то приходится производить своевременную замену режущего инструмента, что ведет к снижению производительности, повышению вспомогательного времени на данной операции и увеличению номенклатуры режущего инструмента, при ограниченной емкости инструментального магазина.

Поэтому представляется значимым использование многофункционального режущего инструмента - твердосплавных фрез, позволяющих производить обработку контурных поверхностей, уступов, выемок, карманов, цилиндрических поверхностей отверстий, плоских поверхностей, шпоночных пазов и канавок.

Однако принимая во внимание результаты анализа трудоемкости изготовления корпусных деталей на обрабатывающем центре с ЧПУ можно сделать вывод, что увеличение трудоемкости происходит в процессе обработки гладких цилиндрических отверстий, имеющих высокие требования к параметрам точности диаметрального размера, отклонениям круглости и цилиндричности, а также к точности расположения оси. Обработка отверстий в таких деталях выполняется преимущественно в три этапа: черновая обработка (спиральные, перовые сверла), получистовая (зенкеры) и чистовая (развертки, расточные резцы).

В связи с вышеизложенным, организация работ, ориентированных на повышение эффективности чистовой обработки отверстий концевым фрезерным инструментом на обрабатывающих центрах с ЧПУ путем моделирования процесса формообразования и управления режимами резания, является актуальным, и обуславливает необходимость комплексного и всестороннего изучения факторов, влияющих на точность и производительность обработки.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации - 182 страницы и включает 85 рисунков и 3 таблицы. Список литературы содержит 109 наименования отечественных и зарубежных работ. Объем автореферата – 22 страницы. Диссертация отвечает требованиям, предъявляемым к оформлению результатов научно-исследовательских работ.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Анализ диссертационной работы показал на логическое изложение материала, правомерность постановки задач, обоснованность используемых методов их решения, выводов и рекомендаций.

Во введении сформулированы цели и задачи диссертационной работы, обоснована актуальность исследования, представлены научная новизна и практическая ценность.

В первой главе проведен аналитический обзор экспериментальных и теоретических исследований процесса формообразования гладких цилиндрических отверстий, проведен анализ трудоемкости изготовления

отверстий на обрабатывающих центрах с ЧПУ. Обоснована необходимость использования современных твердосплавных концевых фрез для формообразования гладких цилиндрических отверстий. Рассмотрена концептуальная модель построения технологического процесса обработки отверстий в условиях многономенклатурного производства, проведен анализ существующих методов получения гладких цилиндрических отверстий с точки зрения трудоемкости наладки, надежности инструмента и стоимости обработки. Проведен анализ факторов влияющих на точность геометрической формы гладких цилиндрических отверстий, с оценкой степени их влияния.

Во второй главе представлена методологическая схема выполнения диссертационной работы, сформулированы этапы планирования экспериментальных исследований, выбраны материалы, оборудование и основные параметры технологической системы, необходимые, для исследования процесса формообразования гладких цилиндрических отверстий при чистовой фрезерной обработке. Приведено аппаратное оформление экспериментальных исследований в качестве используемого технологического оборудования, для решения поставленных задач использовались современные обрабатывающие центры моделей DMC 635V и DMU 50. Для измерения показателей отклонений от круглости и цилиндричности использовался измерительный прибор Roundcom 41C.

Третья глава посвящена аналитическому определению зависимостей между технологическими и геометрическими параметрами концевого фрезерного инструмента и показателями точности изготовления отверстий: точности диаметрального размера, формы и расположения оси. Проведен анализ динамики процесса чистовой обработки отверстий. Разработана математическая модель процесса упругой деформации режущего инструмента при фрезерной обработке со стратегией круговой интерполяции. Определена область, на основе анализа конструкции концевых твердосплавных фрез в которой расчет величины упругих деформаций инструмента наиболее оправдан, с позиции параметра жесткости инструмента. Представлены алгоритмы расчета технологических параметров фрезерной обработки с различными стратегиями.

Четвертая глава содержит результаты экспериментальных исследований, целью которых является проверка адекватности описанных в третьей главе моделей и установление взаимосвязей между геометрическими и технологическими характеристиками концевого фрезерного инструмента и величиной отклонения формы, способствующих выбору рациональных

режимов резания, обеспечивающих повышение эффективности обработки на обрабатывающих центрах с ЧПУ.

Пятая глава посвящена разработке автоматизированной системы поддержки принятия технологических решений при обработке отверстий методом фрезерования. Представлена методика проектирования техпроцесса с использованием интеллектуальной системы, указано влияние отдельных элементов системы на эффективность технологической подготовки производства. Представлены программные реализации алгоритмов по расчету технологических параметров обработки и прогнозированию точности формы отверстий с использованием теории нейронных сетей.

По тексту диссертации следует отметить обоснованность выводов по результатам, полученных в соответствующих главах работы.

Общие выводы, результаты и рекомендации представлены в виде заключения по работе.

Научная новизна

В представлении автора диссертационной работы научная новизна заключается в том, что:

1. Установлены взаимосвязи между параметрами, описывающими геометрические и технологические характеристики концевого фрезерного инструмента и величиной отклонений от круглости и цилиндричности процесса чистового фрезерования отверстий с использованием стратегий с круговой и винтовой интерполяции.

2. Экспериментальным путем получена регрессионная модель формирования величины погрешности формы, образующейся на этапе плавного врезания инструмента в материал детали. Полученная модель учитывает данные о геометрических и технологических параметрах концевого фрезерного инструмента при чистовой фрезерной обработке отверстий стратегией с круговой интерполяцией.

3. Разработана математическая модель процесса упругой деформации концевого фрезерного инструмента при фрезерной обработке со стратегией круговой интерполяции. Математическая модель учитывает данные о технологических параметрах процесса чистовой фрезерной обработки отверстий и позволяет определить величину упругой деформации инструмента используемой при расчете погрешности формы отверстия (отклонения от цилиндричности).

4. Экспериментально доказано, что наиболее рациональными параметрами обработки для обеспечения заданной точности и качества

поверхности обрабатываемых отверстий при использовании стратегии фрезерования с винтовой интерполяцией будет являться выбор максимальной рабочей подачи и шага спирали концевой фрезы в диапазоне $a_p = 0,3 \dots 0,7$ мм.

5. Разработаны алгоритмы по расчёту технологических и геометрических параметров обработки концевым фрезерным инструментом для точных цилиндрических отверстий, алгоритм оценки точности диаметрального размера и относительного положения оси цилиндрических отверстий на всей их длине, позволяющие спрогнозировать точность формы полученных отверстий, а также определить относительное положение оси отверстия и величину погрешности межосевого расстояния.

Ценность для науки и практики

На основе представленных исследований даны научно обоснованные рекомендации для промышленной реализации. Основные результаты экспериментальных исследований внедрены в виде методики оценки параметра «отклонения от плоскостности» стола фрезерного обрабатывающего центра с ЧПУ, и следующих программных продуктов: «Определение погрешности диаметрального размера отверстия на основе анализа сечений по его длине» и «Прогнозирование параметров отклонения от круглости и цилиндричности отверстий при чистовой обработке стратегией с круговой интерполяцией» на АО «Дальэнергомаш» г. Хабаровск, а также в учебный процесс, в частности проверки знаний студентов ФГБОУ ВО «ТОГУ» кафедры ТИИС по направлениям 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», 27.03.05 «Инноватика», 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», 15.04.02 «Технологические машины и оборудование» при изучении дисциплин: «Технология машиностроения», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Гибкие производственные системы», «Математическое моделирование в машиностроении» и др.

О внедрении результатов диссертационной работы свидетельствуют соответствующие акты.

Степень достоверности и апробация работы

Научные и практические результаты по различным разделам диссертации докладывались и обсуждались на международной научно-практической конференции «Проблемы и достижения в инновационных

материалах и технологиях машиностроения» (Комсомольск-на-Амуре, 2015 г.); на третьей международной молодежной научной конференции «Поколение будущего: Взгляд молодых ученых» (Курск, 2014 г.); XVI – XVIII краевом конкурсе-конференции «Молодые ученые – Хабаровскому краю» (Хабаровск, 2014-2018 гг.); XVI – XVIII конкурсе-конференции «Молодых ученых и аспирантов ТОГУ» (Хабаровск, 2014-2018 гг.), на методическом семинаре в ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», кафедра «Технологической информатики и информационные системы» (Хабаровск, 2017 г.), на ASRTU Sino-Russian Micro/NanoSat Student Camp (КНР, Харбин, 2018 г.).

Замечания по диссертационной работе

Не подвергая сомнению результатов работы и выводов, следует отметить следующие замечания и вопросы по работе:

1. В работе нет четкого обоснования выбора для исследования стратегий фрезерования с круговой и винтовой интерполяцией.

2. Каким образом производился контроль режущего инструмента по его параметрам и как осуществлялась его коррекция в управляющей программе?

3. Почему в качестве материалов для исследования были выбраны алюминиевый сплав АМг6 и сталь с содержанием углерода $C=0,25-0,35\%$.

4. Не совсем ясно насколько применима методика оценки параметра отклонения от плоскостности стола обрабатывающего центра к другому виду оборудования?

5. Не понятно, какую смысловую нагрузку несут фотографии, представленные в гл.4 на рис. 3.30-3.31.

Указанные замечания не снижают качества диссертационной работы.

Подводя итоги можно сделать вывод, что решенные задачи соответствуют поставленным целям.

Заключение

Диссертационная работа Стельмакова Вадима Александровича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на хорошем научном уровне.

Полученные автором теоретические и экспериментальные результаты взаимосвязаны, что свидетельствует о правомерности использованных автором методов и средств исследования.

Автореферат в целом отвечает содержанию диссертационной работы.

В целом диссертация представляет собой законченную работу на актуальную тему. Содержание, научные и практические решения, полученные в результате исследования, удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Стельмаков Вадим Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – «Технологии и оборудования механической и физико-технической обработки».

Официальный оппонент:

Сабилов Фан Сагирович
доктор технических наук,
профессор кафедры «Станки»
ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН»

127055, г. Москва, Вадковский переулок, д. 3а

Эл. почта: fanira5057@yandex.ru

Тел.8-916-629-15-34


(подпись)

11.12.2018

(дата)