

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе ДВФУ

К.С. Голохваст

2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (ДВФУ) на диссертационную работу Стельмакова Вадима Александровича по теме: "Повышение эффективности чистовой обработки отверстий концевыми фрезами на обрабатывающих центрах с ЧПУ в условиях многономенклатурного производства", представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки

На отзыв представлены рукопись и автореферат диссертации "Повышение эффективности чистовой обработки отверстий концевыми фрезами на обрабатывающих центрах с ЧПУ в условиях многономенклатурного производства".

Актуальность работы

Лезвийная обработка является классическим объектом исследований в области технологии и оборудования механической обработки материалов. Несмотря на широкое внедрение других видов формообразования, фрезерная и токарная обработка на станках с ЧПУ является одним из основополагающих процессов в машиностроении, динамичное развитие которых будет продолжаться. В свою очередь, фрезерная обработка отверстий в корпусных деталях, получившая широкое распространение с применением обрабатывающих центров, продолжает ставить перед производством ряд сложных, научно содержательных проблем.

В последние годы произошло значительное обновление станочного парка машиностроительных предприятий, в том числе за счет обрабатывающих центров и многофункциональных станков с ЧПУ. Вновь открывающиеся технологические возможности по высокоточной фрезерной обработке отверстий, используются зачастую недостаточно. Проблемой

является устаревшие, либо отсутствующие, практические рекомендации по выбору стратегии фрезерования, режимов и условий обработки, необходимых для обеспечения заданной технологическим процессом точности.

Таким образом, тема диссертационной работы В.А. Стельмакова "Повышение эффективности чистовой обработки отверстий концевыми фрезами на обрабатывающих центрах с ЧПУ в условиях многономенклатурного производства" представляет интерес как с практической, так и с научной точек зрения.

Научная новизна работы заключается в следующем.

1. Установлены взаимосвязи между параметрами, описывающими геометрические и технологические характеристики концевой 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 концевой фрезерного инструмента при чистовой фрезерной обработке отверстий стратегией с круговой интерполяцией.
3. Разработана математическая модель процесса упругой деформации концевой 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.

Практическая значимость представленной работы заключается в следующем.

1. Разработаны рекомендации по выбору технологических и геометрических параметров концевой фрезерной инструмента, используемого для чисто-вой обработки отверстий с стратегиями круговой и винтовой интерполяции, позволяющие, в зависимости от требований технологического процесса к точности, качеству обработанных поверхностей и производительности процесса обработки, назначать рациональные режимы обработки.
2. Разработана автоматизированная система принятия технологических решений для фрезерной обработки отверстий с использованием методов нейросетевого моделирования, позволяющая повысить производительность процесса проектирования технологических процессов обработки гладких цилиндрических отверстий.
3. Разработана методика контроля параметра отклонения от плоскостности стола фрезерного обрабатывающего центра с ЧПУ, позволяющая проводить технологический аудит металлообрабатывающего оборудования в автоматическом режиме.
4. Разработаны и зарегистрированы программы "Определение погрешности диаметрального размера отверстий на основе анализа сечений по его длине" и "Прогнозирование параметров отклонения от круглости и цилиндричности отверстий при чистой фрезерной обработке стратегией с круговой интерполяцией". Получены свидетельства государственной регистрации № 2016615928 и № 2018614753.

Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка. Текст диссертации изложен на 154 страницах основного текста, содержит 5 глав, включает 85 рисунков, 3 таблицы, библиографический список, включающий 109 наименований и 4 приложения на 28 страницах.

Во введении рассмотрено состояние проблемы изготовления на обрабатывающих центрах высокоточных отверстий в корпусных деталях. Отмечено, что в условиях многономенклатурного производства использование узкоспециализированного дорогостоящего инструмента для изготовления точных отверстий (расточные головки, развертки, зенкеры) не всегда целесообразно. С другой стороны, современные многоосевые станки с ЧПУ допускают разнообразные стратегии обработки отверстий универсальным инструментом. Разнообразие определяется прежде всего расширяющимися возможностями математического обеспечения систем ЧПУ, появлением различных модификаций интерполяции высоких порядков. Для эффективного использования упомянутых возможностей требуется

разработка научно-практических основ выбора технологических режимов. Таким образом, во Введении к работе убедительно обосновывается цель диссертации, которая состоит в повышении эффективности обработки отверстий концевым фрезерным инструментом на обрабатывающих центрах с ЧПУ путем моделирования процесса формообразования и управления режимами резания в условиях многономенклатурного производства.

В первой главе выполнен обзор и проанализированы требования к точности отверстий в зависимости от назначения. Показано, что в условиях многономенклатурного производства использование универсального режущего инструмента может быть альтернативой специализированному по технико-экономическим показателям. Рассмотрена модель построения технологического процесса, позволяющая сформировать исходные данные для выбора стратегии обработки отверстий и параметров технологического процесса. Сделан вывод о необходимости разработки программного обеспечения для повышения эффективности обработки отверстий.

Вторая глава посвящена разработке методики проведения экспериментальных исследований. Обоснован выбор обрабатываемых материалов. На основе анализа номенклатуры нескольких крупных машиностроительных заводов региона произведен выбор технологической системы. Описано технологическое и метрологическое обеспечение эксперимента. Разработан метод контроля параметра отклонения от плоскостности стола фрезерного обрабатывающего центра, позволяющий автоматизировать проверку оборудования с использованием стандартных измерительных циклов системы ЧПУ. Материалы второй главы составили методологический базис экспериментальной части работы.

В третьей главе автором проработаны вопросы моделирования точности обработки отверстий концевыми твердосплавными фрезами на станке с ЧПУ. Создан ряд алгоритмов для решения геометрических задач, связанных с оценкой точности обхода концевой фрезой цилиндрических поверхностей. Установлены связи между геометрическими и технологическими параметрами концевой фрезы и отклонением формы отверстия, что позволяет выбирать рациональные режимы обработки. Разработана математическая модель упругих деформаций концевого инструмента при обработке в режиме круговой интерполяции и на этой основе определена область, в которой расчет упругих деформаций целесообразен.

В четвертой главе приведены результаты экспериментов и их обобщение. Значительный объем экспериментов и достаточно полный их анализ позволил автору сделать значимые для практического использования выводы и дать рекомендации. Рекомендации носят конкретный характер и выражены в числовых значениях технологических параметров.

Пятая глава посвящена вопросам автоматизации рассматриваемого технологического процесса. Разработаны алгоритмы и программы как в классе задач поддержки принятия технологических решений при обработке отверстий, так и расчета параметров отклонений от круглости при разных видах интерполяции. Показана применимость разработанных решений для распространенной системы ЧПУ HEIDENHAIN TNC 620.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа Стельмакова Вадима Александровича по совокупности результатов является завершенным цельным научным исследованием, выполненным на достаточно высоком научном и методическом уровне.

Основные выводы базируются на корректно выполненной теоретической части и большом объеме экспериментальных работ с использованием современных экспериментально-аналитических методов исследования, интерпретацией данных на основе известных положений соответствующей области науки.

Автором решены поставленные задачи, получены аргументированные результаты и выводы, имеющие научную новизну и практическую значимость.

Достоверность приведенных данных и выводов подтверждается хорошей проработкой методических вопросов, использованием дополняющих друг друга методов исследований.

Автореферат и публикации достаточно полно и объективно отражают содержание диссертации.

Оформление диссертации отвечает требованиям к научной рукописи.

Замечания по диссертационной работе

По тексту диссертации и автореферата можно сделать некоторые замечания.

1. В автореферате (стр. 8), а также в тексте диссертации (п. 2.7) автор утверждает, что существующие стандарты по поверке технических характеристик не учитывают специфики станков с ЧПУ, в особенности схем приводов, специфики программирования и т.д. Однако нигде далее не поясняется какие особенности приводов не учитывают соответствующие ГОСТы и, что еще добавляет неясности, как специфика программирования может повлиять на схемы и способы измерения геометрических параметров.
2. В пояснениях об особенностях погрешности геометрической формы отверстия (диссертация, стр. 93; автореферат, стр. 14) утверждается, что влияние оказывает зазор в ШВП. Применительно к современным станкам с ЧПУ с этим трудно согласиться, т.к. в исправном состоянии ШВП зазоры исключаются за счет специальных конструктивных решений.

Пиковые значения погрешности при изменении направления движения оси вероятнее всего связаны с гистерезисом упругих деформаций в узле ШВП.

3. В ряде мест диссертации и автореферата в постановочной части логических построений уделено чрезмерное внимание тривиальным на наш взгляд утверждениям: упругие отжатия фрезы существенно влияют на отклонения от круглости (автореферат, стр. 10); радиус врезания определяет плавность процесса врезания (автореферат, стр. 10) и т.п.

Отмеченные замечания лишь незначительно снижают качество материала диссертации и автореферата, и не влияют на основные результаты исследования и выводы.

Заключение

Результаты диссертационного исследования вносят вклад в повышение эффективности фрезерной обработки отверстий универсальным концевым инструментом на современных станках с ЧПУ. Разработаны практические рекомендации для проектирования технологического процесса.

С учетом актуальности темы диссертации, научной обоснованности, новизны полученных результатов можно сделать вывод о том, что диссертация Стельмакова Вадима Александровича "Повышение эффективности чистовой обработки отверстий концевыми фрезами на обрабатывающих центрах с ЧПУ в условиях многономенклатурного производства" является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на современном научно-техническом уровне.

Диссертация Стельмакова Вадима Александровича "Повышение эффективности чистовой обработки отверстий концевыми фрезами на обрабатывающих центрах с ЧПУ в условиях многономенклатурного производства" соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а также п. 9 «Положение о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г. (в редакции постановлений правительства РФ от 21.04.2016 г. №335, от 02.08.2016 г. №748, от 29.05.2017 г. №650, от 28.08.2017 г. №1024, от 01.01.2018 г. №1168) и паспорту специальности 05.02.07, а ее автор, Стельмаков Вадим Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – "Технология и оборудование механической и физико-технической обработки".

Отзыв обсужден и одобрен на заседании Кандры технологий промышленного производства Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» протокол заседания № 3 от 07.12.2018 г.

Заведующий Кафедрой технологий промышленного производства ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» доцент, кандидат технических наук (по специальности 15.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям))


Змеу Константин Витальевич

Дата: *19*

690922, Россия, Приморский край, о. Русский, п. Аякс 10, кампус ДВФУ.
Почтовый адрес ДВФУ: 690091, г. Владивосток, ул. Суханова, 8.
Тел.: 8 (423) 265-24-24 доб. 1089
e-mail: zmeu.kv@dvfu.ru

Подпись *Змеу К.В.*

Змеу К.В.

