

Ученому секретарю диссертационного совета
24.2.332.01
Сотовой Е. С.
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
127994 Москва, Вадковский переулок, д.1

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Попова Андрея Юрьевича

на диссертационную работу Домнина Петра Валерьевича «Повышение эффективности инструмента при обработке сложнопрофильных, в том числе винтовых, поверхностей на базе цифровых технологий формообразования», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки)

Актуальность темы

Тема диссертации актуальная и вечная. В работе решены задачи профилирования инструмента и детали с винтовыми поверхностями или сложной формы, как например, колеса и шестерни для зубчатых зацеплений, для случаев использования наиболее часто используемых конструкций инструментов. Автором эти случаи обработки рассмотрены и с конструкторской и технологической стороны. Конструкция применяемого инструмента определяется технологией. Технология может быть единичной, серийной и массовой.

Единичное производство, обычно, не ограничено экономически. Можно уменьшать диаметр инструмента, использовать метод обратного копирования и другие приемы, позволяющие обойтись без высокопроизводительных методов. Проблема единичного и мелкосерийного производства состоит в значительных затратах на наладку и отработку программы на первую деталь, а также на проектирование и производство специально инструмента второго порядка, все это удорожает затраты на производство в разы. В этом случае актуально использование стандартного инструмента или инструмента со стандартным (прямолинейным) профилем, например: концевые или торцевые фрезы.

В серийном и массовом производстве эти затраты делятся на объем партии и становятся приемлемыми, что позволят использование дорогостоящего высокопроизводительного специального инструмента.

Но проблема проектирования инструмента и обеспечения формы детали остается и ее необходимо решать. Эта проблема решается автором путем широкого применения современных цифровых технологий, с опорой на распространенные средства математического и трехмерного моделирования.

При этом в работе предлагается унифицированная структура, которая предполагает единый подход к решению задач профилирования, что в значительной степени способствует освоению предложенных решений на производстве.

В этой связи не вызывает сомнений актуальность диссертации Домнина П. В. в которой поставлена цель и решены задачи направленные на повышение эффективности инструмента при обработке сложнопрофильных, в том числе винтовых, поверхностей.

Новизна научных положений и результатов, сформулированных в диссертационной работе

К новым научным положениям, полученным автором диссертации, и обладающим высокой значимостью, следует отнести следующие:

– унифицированную структуру проектирования специальных режущих инструментов, сформированная на основе установленных взаимосвязей и включающая: расчетные схемы и математические модели, компьютерные симуляции при решении прямых и обратных задач профилирования, определения размеров срезаемых слоев, схем резания, применительно к широкой гамме режущих инструментов: фасонных и стандартных червячных, дисковых и концевых фрез при обработке фасонных винтовых поверхностей деталей.

– расчетные схемы, математические модели и компьютерные симуляции процесса профилирования, сформированного на основе построения огибающей проекций направляющих линий на исходной поверхности при ее дискретных положениях, с учетом кинематики процесса формообразования, построенных во взаимосвязях между исходными профилями детали или инструментальной поверхности, параметрами их установки, применительно к червячным и дисковым инструментам при обработке фасонных, и в том числе винтовых поверхностей деталей.

– расчетные схемы, математические модели и компьютерные симуляции определения размеров срезаемых слоев, на основе формирования траекторий движения двух соседних зубьев инструмента, построенных на взаимосвязях между исходной инструментальной поверхностью, параметрами ее установки относительно детали, режимами резания и кинематикой процесса формообразования.

– расчетные схемы, математические модели и компьютерные симуляции построения схемы резания, на основе формирования следов от режущих кромок зубьев инструмента при формообразовании профиля детали, построенных на взаимосвязях между, профилем исходной инструментальной поверхности, параметрами установки, режимами резания, числом зубьев и кинематикой процесса формообразования.

К новым результатам, полученным в диссертации и имеющим высокую практическую значимость, относятся следующие:

- рекомендации по математическому и трехмерному моделированию для решения прямой задачи профилирования червячных фрез, позволяющей производить исследование полученных решений с учетом параметров установки, заданных диапазоном значений, что обеспечивает повышение точности профилирования и позволяет производить поиск наиболее технологичных решений;
- рекомендации по моделированию процесса формообразования фасонных (в том числе винтовых) поверхностей в рамках решения обратной задачи профилирования для организации симулятора, позволяющего производить исследование процесса формообразования фасонных, и в том числе винтовых поверхностей дисковыми фасонными фрезами, инструментами на базе цилиндрической и торцевой исходной инструментальной поверхности (концевые и торцевые фрезы), инструментами, работающими по методу обкатки, с учетом конструктивных особенностей инструментов, параметров установки и режимов работы;
- рекомендации по определению параметров установки, характеристик и размеров инструмента для формообразования фасонных, и в том числе винтовых, поверхностей инструментами, работающими по методу обкатки, дисковыми фасонными фрезами, инструментами на базе цилиндрической и торцевой исходной инструментальной поверхности (концевые и торцевые фрезы), что обеспечивает расширение технологических возможностей инструмента, повышает его надежность, работоспособность и способствует повышению точности обработки;
- рекомендации по реализации математических моделей для решений прямых и обратных задач профилирования при формообразовании фасонных винтовых поверхностей в среде графического трехмерного моделирования T-flex CAD 3D, что способствует минимизации затрат на подготовку производства деталей с периодическими фасонными (в том числе винтовыми) поверхностями;
- рекомендации по назначению задних углов инструмента в зависимости от изменения кинематических задних углов вдоль режущей кромки в процессе формообразования фасонных, и в том числе винтовых поверхностей инструментами, работающими по методу обкатки, дисковыми фасонными фрезами, инструментами на базе цилиндрической и торцевой исходной инструментальной поверхности (концевые и торцевые фрезы), что обеспечивает повышение стойкости инструмента и повышает надежность процесса обработки;
- рекомендации по оценке загрузки различных участков режущей кромки в процессе формообразования на основании определения размеров срезаемых слоев при формообразовании фасонных, и в том числе винтовых, поверхностей инструментами, работающими по методу обкатки, дисковыми фасонными фрезами, инструментами на базе цилиндрической и торцевой

исходной инструментальной поверхности (концевые и торцевые фрезы), что позволяет повысить надежность процесса обработки.

Новизна установленных автором новых взаимосвязей и технических решений подтверждена рядом патентов на изобретения и полезные модели.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Для обоснования цели, поставленных задач диссертации и полученных результатов, автором систематизированы и проанализированы многочисленные исследования и разработки авторитетных ученых и научных групп, занимающихся вопросами сложных процессов формообразования, и в частности, вопросами обработки винтовых поверхностей инструментами, работающими по методу обкатки. Для обоснования полученных результатов использованы основные положения теории проектирования режущих инструментов для обработки фасонных винтовых поверхностей, в частности, методы профилирования и теории огибающих поверхностей. При проведении исследований применялись средства математической алгоритмизации, математического и геометрического моделирования, матричного исчисления, численные математические методы, математические методы аппроксимации и интерполяции, языки программирования высокого уровня, средства векторной и трехмерной графики, пакеты программ Mathcad, T-flexи др.

Достоверность результатов, полученных в рамках диссертационной работы, подтверждена применением системного подхода к решению поставленных задач, многочисленными экспериментальными данными, полученными с использованием современного технологического и аналитического оборудования, общепринятых методик исследований, согласованием результатов теоретических исследований с результатами эксплуатационных испытаний, которые производились как в лабораторных, так и в производственных условиях.

Достоверность полученных результатов подтверждена апробацией и внедрением унифицированной структуры проектирования инструментов и технологической подготовки производства деталей со сложно профильным и винтовыми поверхностями на отечественных предприятиях машиностроительной отрасли: ООО «Инструмент», ПАО «МИЗ», ООО «Заря-Инструмент», ООО «Часовое производство «Полет-Хронос», ОАО «Станкоагрегат», а также на базе лабораторий технологического полигона МГТУ «СТАНКИН».

Оценка содержания диссертации и автореферата, степени опубликования и апробации основных результатов

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и трех приложений. Диссертация изложена на 384 страницах

текста, содержит 233 рисунка, 23 таблицы и список литературы из 212 наименований. Автореферат диссертации изложен на 40 страницах текста и в полной мере отражает основное содержание работы. Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

Во введении приведено обоснование актуальности научной проблемы в области формообразования сложнопрофильных винтовых поверхностей деталей в машиностроении, описаны цель и задачи исследований, приведена информация о научной новизне, теоретической и практической значимости, степени достоверности и апробации результатов работы, а также научных положениях, выносимых на защиту.

Автор проанализировал в первой главе известные методы профилирования, определил области применения и сделал обоснованный вывод о необходимости разработать метод профилирования, который отличается от известных универсальностью, возможностью решения наиболее сложных задач предложенным им базовым мат. аппаратом, решать прямые и обратные задачи, обрабатывать необходимую форму профиля в местах, которые не могут быть спрофилированы традиционными методами, т.е. где нет классического обката с установленными закономерностями.

Во второй главе автор предлагает модель, в которой может получаться поверхность детали заданным профилем инструмента и профиль инструмента заданным профилем детали – прямая и обратная задача профилирования. Особую ценность имеет параметрическая форма представления производящей и формируемой поверхностей. Параметрическая форма позволяет решать задачу программирования без постпроцессоров и CAD-CAM систем. Позволяет сформировать контуры элементов наладки и определить возможность соударения узлов станка, приспособления и инструмента. Это требует, на данный момент, приобретения дорогостоящих программ, правообладателем их, в основном, являются США, ФРГ и др. Метод профилирования, предложенный автором, позволяет определить сечения снимаемых слоев, что делает возможным силовой анализ наладки и дает возможность корректировки величин подачи. Метод позволяет менять параметры наладки и быстро решать прямую и обратную задачи с визуализацией процесса обработки.

Метод, предложенный автором, не мог появиться, когда развивались теперь уже классические методы профилирования, т.к. сейчас он может быть реализован на серийном ПК или системе управления станка с ЧПУ с помощью современного программного обеспечения, получившего широкое распространение в последние два десятилетия.

В третьей главе приведена информация о частном случае применения общей модели, который предполагает комплексное решение обратной задачи профилирования при обработке фасонных винтовых поверхностей стандартными инструментами. Предложенные автором решения позволяют за счет изменения параметров установки стандартным инструментом

получать винтовые поверхности фасонного профиля, и при этом с учетом режимов обработки оценить показатели работоспособности: схему резания, толщину срезаемых слоев, изменение кинематических задних углов.

Четвертая глава посвящена экспериментальному подтверждению изложенных во второй и третьей главе теоретических разработок, функциональных взаимосвязей, и технологических решений. В главе также приводятся результаты промышленной апробации на базе машиностроительных предприятий результатов работы автора.

В заключение по диссертации обобщены основные научные и практические результаты исследований.

Структура и содержание работы соответствует цели и задачам исследований. Каждая глава диссертации завершается соответствующими выводами. Структура диссертации имеет внутреннее единство, написана грамотным литературно-техническим языком, снабжена достаточным количеством корректно оформленного иллюстративного материала.

Опубликованные автором работы отражают содержание диссертации. Основные результаты диссертации опубликованы в 32 статьях в изданиях из перечня ВАК и в 10 статьях в изданиях, входящих в наукометрическую базу Scopus. По тематике работы получено 11 патентов РФ на изобретения и 3 патента РФ на полезные модели. Основные положения диссертации докладывались на 10 международных и всероссийских научно-технических конференциях.

Замечания по диссертации

1. После появления различных САД-систем, в основе которых лежит работа с векторной графикой (например «Autocad», «Компас» и др.) известные с середины прошлого века графические и графоаналитические методы стали достаточно точными до любого разумного знака после запятой. Утверждение автора об их низкой точности – ошибка.
2. Набор примеров во второй и третьей главах чрезмерен с точки зрения демонстрации возможностей метода и недостаточен с точки зрения всех известных видов поверхностей. Чем объясняется представленный набор примеров?
3. Нет ни одного примера обработки торцевых частей фрез и сверл, что было бы полезно для законченного САПРа.
4. В работе имеются опечатки и неточности, например, рис.2.30 и 2.31.

В целом, замечания не снижают общей положительной оценки диссертации.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

По названию и содержанию материалов диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.5.5 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки», разделам «Направления исследований»: по пп. 3 – в части исследований механических и физико-технических процессов в целях определения параметров оборудования, агрегатов, механизмов и других комплектующих, обеспечивающих выполнение заданных технологических операций и повышение производительности, качества и экономичности обработки; по пп. 4 – в части создания, включая проектирование, расчеты и оптимизацию, параметров рабочего инструмента и других компонентов оборудования, обеспечивающих технически и экономически эффективные процессы обработки.

Заключение

В качестве особого мнения, считаю необходимым отметить! Представленная на отзыв работа дает неоценимое конкурентное превосходство для отечественной промышленности. САПР, который дает решение в параметрической форме можно использовать напрямую в системах ЧПУ без CAD-CAM систем. Возможности визуализации позволяют решать проблемы с наладкой. Если упустить эту возможность и не учесть эти возможности при разработке новых систем управления, потом это, как обычно, придется покупать за рубежом.

В диссертационной работе Домнина П. В. решена научная проблема, имеющая важное хозяйственное значение для машиностроения в областях механической обработки, инструментального производства, заключающаяся в разработке унифицированной структуры проектирования режущих инструментов, сформированной на основе установленных взаимосвязей и включающей: расчетные схемы и математические модели, компьютерные симуляции при решении прямых и обратных задач профилирования, определения размеров срезаемых слоев, схем резания, применительно к широкой гамме режущих инструментов: фасонных и стандартных червячных, дисковых и концевых фрез при обработке фасонных винтовых поверхностей деталей. Диссертация соответствует п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842, и требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.5 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и

свидетельствуют о личном вкладе автора диссертации в науку, что подтверждает соответствие диссертации требованиям п. 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

Все положения и выводы диссертации опубликованы в полном объеме в научных изданиях из перечня Министерства науки и высшего образования РФ, а также в изданиях, индексируемых в наукометрической базе Scopus, представлены в виде устных докладов на авторитетных международных и всероссийских конференциях. Таким образом, требования к публикациям основных научных результатов, предусмотренных пунктами 11, 12 и 13 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», автором выполнены.

Диссертация содержит ссылки на источники заимствования материалов, а при использовании результатов научных работ, выполненных соискателем в соавторстве, на это имеются соответствующие указания в тексте диссертации. Таким образом, автором соблюден пункт 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

Диссертация Домнина П. В. по теме «Повышение эффективности инструмента при обработке сложнопрофильных, в том числе винтовых, поверхностей на базе цифровых технологий формообразования» полностью отвечает требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора технических наук.

Домнин Петр Валерьевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.5 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

Проф. кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет»,
д.т.н. по специальности 05.03.01 –
«Процессы механической и физико-технической обработки, станки и инструмент»



Попов А.Ю.

11.04.2023г.

