

В диссертационный совет Д ПНИПУ.05.18 в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по адресу: 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29.

ОТЗЫВ

официального оппонента Гусева В.И. на диссертационную работу Кожевникова Сергея Игоревича «Технологическое обеспечение повышения износостойкости пресс-форм на основе формирования рационального макрорельефа формообразующих поверхностей при фрезеровании на станках с ЧПУ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.5.6 Технология машиностроения»

Актуальность темы

Опыт в сфере разработки и изготовления пространственно-сложной формообразующей оснастки показывает, что производство такой оснастки, а именно формообразующих деталей, чаще всего значительно превышает трудоемкость проектирования и изготовления получаемого в результате работы формообразующей оснастки изделия. Вместе с тем, такая оснастка широко используется при изготовлении деталей из полимерных композиционных материалов (ПКМ). Получение готового продукта из ПКМ сопровождается сложным процессом технологической подготовки производства, и чем сложнее геометрия детали, тем сложнее формообразующая оснастка для таких деталей. Развитие машиностроительного производства и постоянное повышение номенклатуры и качества выпускаемых изделий приводят к постоянному повышению требований к специализированной формообразующей оснастке. В современном машиностроении одним из самых перспективных в мировой практике и экономичных способов крупносерийного и массового производства

деталей из ПКМ является литье под давлением в литейные пресс-формы, изготовленные из закаленных сталей. При этом, задача повышения износостойкости пресс-форм является актуальной и имеет как научную, так и практическую значимость.

Новизна исследований и полученных результатов

1. На основе разработанных математических моделей установлены и теоретически обоснованы взаимосвязи между траекторией обработки формообразующих поверхностей при фрезеровании на станках с ЧПУ и износом деталей пресс-форм, что позволяет повысить износостойкость пресс-форм и производительность технологического цикла изготовления изделий на основе выбора рациональной траектории фрезерования.

2. Экспериментально подтверждено, что наиболее рациональным для обеспечения минимального времени заполнения полостей и снижения износа пресс-форм является направление макрорельефа на формообразующих поверхностях коллинеарно-главному вектору течения расплава, что объясняется снижением потерь энергии на трение и местные сопротивления в процессе течения вязкого композиционного материала по формообразующим поверхностям пресс-форм.

3. Получены эмпирические математические модели, устанавливающие следующие зависимости:

– высоты макрорельефа от кривизны поверхности, величины поперечной подачи при фрезеровании и радиуса фрезы при обработке криволинейных сложных поверхностей;

– времени заполнения полостей от угла направления макрорельефа, высоты макрорельефа и шероховатости обрабатываемой поверхности;

– шероховатости от скорости резания, подачи и глубины резания при обработке пресс-форм из закаленных сталей 40Х13 и 38ХНМ.

Достоверность научных положений и выводов

Достоверность полученных научных результатов, представленных в диссертации основывается на рационально выбранных и примененных методах научного исследования, подтверждается результатами анализа экспериментальных данных с использованием стандартных средств и методов измерений, совпадением результатов производственных испытаний с теоретически прогнозируемыми.

Основные результаты исследования прошли широкую апробацию в печати: отражены в 15 научных работах, три из которых опубликованы в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, одна работа в издании, входящим в наукометрическую базу данных Scopus.; докладывались и обсуждались на 4х всероссийских научно-технических конференциях, и на 4х международных конференциях.

В работе можно выделить следующие основные выводы и результаты:

1. Определена зависимость высоты макрорельефа при обработке формообразующих поверхностей от кривизны обрабатываемой поверхности – r , шага поперечной подачи – ΔS и радиуса обрабатывающего инструмента – $R_{фр}$, а также зависимость величины времени заполнения полостей пресс-форм от направления макрорельефа – α , высоты макрорельефа – R и величины шероховатости – R_a для различных коэффициентов подобия k . Достоверность полученных зависимостей обеспечивается корректным применением статистического анализа с применением критериев Стьюдента, Фишера и Кохрена.
2. Выявлено, что применение технологии направленного формирования макрорельефа при изготовлении пресс-форм позволяет увеличить производительность цикла литья деталей до 25 % и снизить износ деталей пресс-форм. Эти данные подтверждены расчетами, результатами экспериментов и производственными испытаниями. Результаты измерения износа на формообразующих поверхностях в зависимости от применяемой технологии обработки представлены в виде гистограммы (рисунок 4.32), из

которого следует, что использование новой технологии направленного формирования макрорельефа при фрезеровании пресс-форм позволяет снизить износ на формообразующих поверхностях на 45 % относительно применяемой серийной технологии (Таблица 4.10).

3. Получены эмпирические математические модели, используя которые назначены режимы фрезерования для формообразующих поверхностей пресс-форм. Модели построены на основе проведенного полно-факторного эксперимента определения функциональной связи шероховатости обработанной поверхности от назначаемых режимов фрезерования формообразующих поверхностей пресс-форм из сталей 38ХНМ и 40Х13.

4. Результаты моделирования показывают, что общее время технологического цикла литья $T_{\text{общ}}$ изменяет свое значение в зависимости от направления ребристости к вектору течения расплава ПКМ и в зависимости от типа полости. Достоверность вывода подтверждается результатами расчета (Таблица 2.5) и графиками влияния угла α между направлением траектории и главным вектором движения расплава на время цикла литья $T_{\text{общ}}$ (Рисунок 2.18).

Практическая значимость

1. Разработан алгоритм по выбору траектории фрезерования, обеспечивающей формирование рационального макрорельефа формообразующих поверхностей при фрезеровании на станках с ЧПУ, с целью повышения качества и износостойкости пресс-форм, а также повышения производительности технологического процесса литья.

2. Внесены изменения в технологию обработки пресс-форм на предприятии ООО «ПК ДЭМИ». Изготовлено 38 пресс-форм по технологии направленного формирования макрорельефа.

3. Результаты работы в виде технологических рекомендаций внедрены на предприятии ООО «ПК ДЭМИ» и ООО «Пермский крепеж», г. Пермь, при производстве пресс-форм. Применение новой технологии направленного

формирования рационального макрорельефа обеспечило снижение износа произведенных деталей пресс-форм на 45 % и увеличило производительность литья на 25 %, что позволило снизить себестоимость производимых конечных изделий на 20–30 %.

Оценка содержания работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, списка литературы и трех приложений. Общий объем работы составляет 192 страницы, в том числе 75 рисунков, 41 таблиц, список литературы из 175 наименований и 3х приложений. Объем автореферата – 20 страниц. Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Замечания по работе:

1. В работе часто используется термин "оптимальные режимы обработки". Например: «оптимального по направлению и высоте макрорельефа, обеспечивающего наиболее равномерную скорость заполнения различных полостей пресс-формы»; «по данным зависимостям проведена оптимизация режимов резания по критерию $Ra \leq 0,4$ мкм и назначены режимы фрезерования для сферической фрезы. Вместе с тем, задача оптимизации в работе не решалась. Выбор подачи по критерию Ra представляет собой назначение подачи по одному ограничению.
2. Имеются неточности в терминологии и формулировке предложений, например: «параметры в своем сочетании должны стремиться обеспечить максимальную производительность ...» (стр.39); «программное обеспечение для программирования фрезерного инструмента» (стр. 38). Непонятна фраза: «Кинематические формообразующие движения являются расчетными неровностями ...» (стр.61).
3. В обзоре излишне большое внимание уделено электроэрозионной обработке.
4. Раздел 2.1 называется «Теоретическое обоснование влияния макрорельефа на формообразующих поверхностях по высоте и направлению на

качество и износостойкость обработанной поверхности методом профильного фрезерования концевыми сферическими фрезами». Однако его содержание носит описательный характер и не содержит теории.

5. Непонятно, зачем на стр.60 приведен пример формирования шероховатости при точении. Автор изучает процесс фрезерования.

6. В разделе 2.3 в текстовой части подача на зуб фрезы обозначена S_z . На рисунке 2.3 этим обозначением указана подача на строку. Именно подача на строку и определяет величину остаточного гребешка шероховатости (ребристость) поэтому в формуле 2.16 в числителе должна стоять подача на строку. (расстояние между строками).

7. На рис.2.18 и рис.4.4...рис.4.9 представлены графики, построенные по трем точкам. Графики, построенные по трем точкам, могут иметь любую форму.

8. На стр. 63 приведена формула 2.19 для определения величины остаточных гребешков R . На стр. 124 автор приводит эмпирическую зависимость 4.32 для определения того же параметра. Неясна их применимость.

9. Криволинейные поверхности могут быть вогнутыми и выпуклыми. Это влияет на величину остаточных гребешков шероховатости. Для каких поверхностей эти формулы?

10. На рис. 2.19 представлены диаграммы, а не графики.

Указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают значимости основных теоретических и практических результатов работы, которые могут быть рекомендованы для использования на предприятиях, изготавливающих пресс-формы.

Общий вывод

Диссертация Кожевникова Сергея Игоревича является законченной научной работой, в которой изложены и научно обоснованы инженерно-технические и технологические решения, имеющие существенное значение для машиностроения. Полученные автором результаты являются новыми,

обоснованными и достоверными, что подтверждается сходимостью теоретических и экспериментальных данных.

Диссертация «Технологическое обеспечение повышения износостойкости пресс-форм на основе формирования рационального макрорельефа формообразующих поверхностей при фрезеровании на станках с ЧПУ», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.5.6 Технология машиностроения, соответствует требованиям раздела 2 «Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», принятого на заседании Ученого совета ПНИПУ, протокол №3 от 25 ноября 2021 г. и утвержденного ректором ПНИПУ 09.12.2021 г. приказ №3443-В, а ее автор – Кожевников Сергей Игоревич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.5.6 Технология машиностроения.

На включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации Кожевникова С.И., согласен.

Заведующий кафедрой
технологии автоматизированного
машиностроения
Южно-Уральского государственного
университета (национального
исследовательского университета)
(ФГАОУ ВО «ЮУрГУ(НИУ)»
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76,
+7(351) 267-92-73, E-mail: guzeevi@susu.ru
докт. техн. наук, профессор,
специальность:
05.02.08 – «Технология машиностроения».



Victor Ivanovich Guzev

Виктор Иванович Гузеев

2022

Подпись Гузе
Начальник управления
по работе с кадрами

