

В диссертационный совет 24.2.307.01
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный
исследовательский технический университет»

Ученому секретарю совета,

к.т.н., доценту

Вулых Н.В.

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Фалеева Сергея Юрьевича на тему:
«Совершенствование технологии дробеударного формообразования
обводообразующих деталей на основе цифровых решений»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Обводообразующие детали широко используются в авиационной и судостроительной промышленности, где критически важны точность формы, прочность и ресурс изделий. Традиционные методы формообразования сталкиваются с ограничениями при обработке крупногабаритных деталей сложной формы из-за их малой жёсткости и высокой сложности геометрии.

Одной из наиболее перспективных технологий обеспечения заданной формы обводообразующих деталей является дробеударное формообразование (ДУФ). ДУФ широко применяется за рубежом, обладает значительными преимуществами: позволяет обрабатывать детали больших размеров, обеспечивает высокую точность контура и формирует благоприятное остаточное напряжённое состояние, повышающее ресурс изделия.

ДУФ выполняется на автоматизированном оборудовании, позволяющем регулировать поток дроби в пространстве рабочей камеры, а процесс подготовки управляющих программ требует проведения большого объема опытных работ на натурных образцах. Однако, ДУФ имеет ограничения в обработке поверхностей сложной переменной кривизны, так как достигаемые показатели точности формы деталей даже при обработке на автоматизированном оборудовании относительно невысоки, а для достижения требуемой точности применяется доводочная обработка деталей при помощи ручных дробеструйных установок.

В условиях импортозамещения и цифровизации промышленности разработка автоматизированных отечественных технологий процесса ДУФ с применением цифровых решений - моделирования, анализа данных и автоматизации управления приобретает особую актуальность и имеет существенное практическое значение для отечественной промышленности.

2. Общая характеристика диссертационного исследования

Рассматриваемая диссертационная работа посвящена совершенствованию технологии дробеударного формообразования обводообразующих деталей за счёт внедрения цифровых решений: конечно-элементного моделирования, поиска рациональных режимов обработки и автоматизации расчета технологических параметров процесса.

Исследование направлено на решение комплекса задач, связанных с автоматизацией технологической подготовки и созданием усовершенствованной высокопроизводительной последовательности обработки обводообразующих деталей, разработку комплекса моделей и методик, являющихся необходимыми компонентами цифрового технологического процесса ДУФ.

Вначале выполняется идентификация отпечатков дроби на поверхности обработанных образцов с применением методов машинного зрения и машинного обучения. Затем формируется расчётная конечно-элементная модель. Полученные данные о начальных напряжениях и деформациях используются в качестве эквивалентной нагрузки, прикладываемой к поверхностному слою модели для моделирования её формоизменения.

Выполнен анализ влияния параметров дробеударной обработки на формоизменение деталей; разработана модель процесса ДУФ с учётом хаотичного характера воздействия рабочей среды (дроби); создана методика расчёта технологических параметров на основе данных моделирования и экспериментальных исследований. Предложены рекомендации по серийному автоматизированному производству крупногабаритных обводообразующих деталей на оборудовании с ЧПУ с разделением процесса ДУФ на черновую и доводочную обработку для повышения производительности.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Основной материал изложен на 194 страницах, содержит 17 таблиц и 96 рисунков. По результатам исследования опубликовано 7 научных работ, в т.ч. 3 - в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Работа апробирована на научно-технических конференциях, тематика которых совпадает с основными направлениями исследований.

3. Новизна и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

Диссертационная работа обладает научной новизной и практической значимостью. В ней представлен комплекс технических, технологических и цифровых решений, направленных на повышение производительности процесса получения окончательной формы крупногабаритных обводообразующих панелей с заданной точностью.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Разработана конечно-элементная модель технологического процесса дробеударного формообразования (ДУФ), позволяющая установить взаимосвязь между формируемым напряженно-деформированным состоянием и режимами обработки, отличающаяся автоматизированным определением с применением технического зрения фракционного состава дроби и случайного распределения диаметров отпечатков на обработанной поверхности по анализу объёмных изображений (п. 3 паспорта научной специальности 2.5.6).

2. Выявлена зависимость между достигаемой кривизной элементарного участка детали («стрелой прогиба») и режимами ДУФ, позволяющая в зависимости от параметров воздействия потока дроби на поверхностный слой детали, эквивалентной нагрузки в виде эпюр внутренних силовых факторов процесса ДУФ (напряжений и деформаций поверхностного слоя), выбирать траекторию и скорость подачи исполнительных органов установки (п. 4 паспорта научной специальности 2.5.6).

Практическую значимость имеют разработанные методики, предложенные и внедренные цифровые решения:

- методика определения внутренних силовых факторов процесса ДУФ (начальных напряжений и деформаций в поверхностном слое);
- методика автоматизированного расчёта траектории и подачи рабочих органов для установок проходного и контактного типа;
- базы данных и геометрия расчётных элементарных участков для автоматизированного назначения режимов и маршрута обработки.

Достоверность полученных результатов подтверждается:

- согласованием результатов моделирования с экспериментальными данными, полученными в лабораторных и производственных условиях;
- использованием современного технологического и измерительного оборудования.

4. Замечания по работе

1. Предложенная методика предполагает интеграцию ряда программных продуктов, включая CAD/CAE системы и платформы машинного обучения. Это создаёт сложности при внедрении на предприятиях с ограниченными ИТ ресурсами. В связи с этим целесообразно разработать единый программный комплекс, обеспечивающий выполнение полного цикла технологической подготовки процесса ДУФ на оборудовании с ЧПУ, а адекватность и достоверность разработанных методик расчетов оценить по результатам апробации дробеударного формообразования на производственном оборудовании.

2. Экспериментальные исследования проведены в ограниченном объеме - на одном типе образца с единичными размерами отпечатков и одном материале - алюминиевом сплаве марки В95пчТ2. Параметры «конструктивно-подобного» образца выбраны без применения теории подобия. Выполнена оценка только стрелы прогиба образца.

3. Результаты исследований достоверны только в узком диапазоне значений ограниченного числа конструктивных и технологических факторов, так как при проведении исследований не учтено влияние: угла атаки и энергии дробы, траектории движения факела дробы, жесткости детали, технологической наследственности, масштабного фактора. Выявленные зависимости и закономерности в явном виде не представлены.

4. При большом количестве ссылок как на российские, так и зарубежные источники информации, выпали из внимания классические труды в области дробеударной обработки В.В. Петросова, А.П. Бабичева, М.А. Тамаркина, В.А. Лебедева, Ю.Р. Копылова и др., а также авторов методики расчёта динамической пластической твёрдости материалов при ударном нагружении (М.С. Дрозд, М.М. Матлин, Ю.И. Сидякин Инженерные расчёты упругопластической контактной деформации - М.: Машиностроение, 1986. — 221 с.), что не позволило верифицировать по известным данным результаты конечно-элементного моделирования множественного внедрения дробы при дробеударном формообразовании.

5. Работа не свободна от погрешностей оформления. В разделе «Заключение» содержится перечисление сделанного без выводов. Не всегда употребляется корректная терминология, например, под «параметрами микрорельефа» понимаются не параметры шероховатости, а совокупность отпечатков дробы на обработанной детали.

5. Заключение

Диссертационная работа на тему «Совершенствование технологии дробеударного формообразования обводообразующих деталей на основе цифровых решений» выполнена на актуальную тему и соответствует специальности 2.5.6 «Технология машиностроения». Исследование представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую решение теоретических и практических задач по повышению точности и производительности обработки обводообразующих деталей.

Результаты исследования имеют научную новизну и практическую ценность, апробированы на предприятиях авиационной промышленности и перспективны для внедрения в судостроении и других отраслях. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук установленными в п.п. 9–14 «Положения о присуждении учёных степеней»), а Фалеев Сергей Юрьевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 «Технология машиностроения».

Официальный оппонент:

Киричек Андрей Викторович

17 августа 2026 г.

доктор технических наук (05.02.08 «Технология машиностроения»),

профессор, главный научный сотрудник ФГБОУ ВО «БГТУ»

Телефон рабочий: +7 (4832) 515-138

Адрес электронной почты: avk@tu-bryansk.ru

Почтовый адрес: 241035, Россия, г. Брянск, бул. 50 лет Октября, 7

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Подпись Киричека Андрея Викторовича заверяю

Сканцев В.М., первый проректор ФГБОУ ВО «БГТУ»

