

ОТЗЫВ

научного руководителя, кандидата технических наук Пашкова Александра Андреевича на диссертационную работу Фалеева Сергея Юрьевича «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

Крупногабаритные обводообразующие детали типа монолитно-фрезерованных панелей и обшивок находят широкое применение в конструкциях летательных аппаратов, ракетной техники и судостроении. Одним из ключевых требований к качеству таких изделий является высокая точность их пространственной формы. Достижение этого требования существенно затрудняется конструктивными особенностями деталей: малой толщиной, наличием подкрепляющих рёбер жёсткости, а также незначительной кривизной, для получения которой требуется деформация, сопоставимая с упругой составляющей.

На отечественных предприятиях для формообразования подобных деталей преимущественно используется пресовая гибка с ручным управлением, дополненная доводкой контура на ручных дробеструйных установках. Данный подход характеризуется невысокой точностью (проявляется эффект огранки), значительной трудоёмкостью и сильной зависимостью результата от квалификации оператора.

За рубежом основным методом является дробеударное формообразование (ДУФ). Однако доступная информация о его промышленной реализации весьма ограничена. Известно, что детали требуют проектирования специально под эту технологию, а подготовка управляющих программ сопряжена с большим объёмом опытных работ на натуральных образцах. Кроме того, точность, достигаемая на автоматизированном оборудовании, остаётся относительно невысокой, что вынуждает прибегать к ручной доводке.

Перспективной разработкой, созданной в Иркутском национальном исследовательском техническом университете (ИРНИТУ), является комбинированный метод формообразования. Его суть заключается в раздельном получении продольной и поперечной кривизны: первая создаётся упругопластической гибкой, вторая – обработкой дробью наружной поверхности (ДУФ). Для реализации технологии ДУФ в ИРНИТУ разработаны установки с ЧПУ серии УДФ контактного типа, которые принципиально отличаются от импортных аналогов возможностью

операционного контроля формы детали непосредственно в процессе обработки.

Опытная эксплуатация установок серии УДФ в ручном режиме подтвердила их преимущество перед прессовой гибкой по производительности. Однако в условиях наращивания серийности выпуска авиатехники возникает необходимость дальнейшего повышения производительности процесса. Решение этой проблемы автор видит во внедрении операции предварительного (чернового) ДУФ на высокопроизводительном оборудовании проходного типа, которое в отечественной практике традиционно используется для упрочнения. Не менее важными задачами являются перевод процесса в программный режим управления, снижение трудоёмкости технологической подготовки и повышение точности расчёта параметров обработки. Ключевым инструментом для решения этих задач автор предлагает использование алгоритмов машинного обучения (МО).

Представленная к защите диссертационная работа Фалеева С.Ю. выполнена в рамках программы развития ИРНИТУ «Приоритет-2030», а также в ходе реализации договоров с АО «Электромеханика» и АО «Туполев» по созданию автоматизированной линии формообразования длинномерных панелей и обшивок.

Главным достоинством работы является её комплексный характер, объединяющий теоретические исследования, оригинальное математическое моделирование, разработку специализированного программного обеспечения и экспериментальную проверку на современном оборудовании. В числе ключевых результатов, полученных лично автором, следует отметить:

1) Методику анализа микрорельефа обработанной поверхности, основанную на обработке 3D-изображений с применением модели гауссовых смесей (Gaussian Mixture Models) и библиотеки OpenCV. Это позволило автоматизировать процесс определения фракционного состава отпечатков дроби, перейти от субъективных визуальных оценок к объективным цифровым данным.

2) Конечно-элементную модель процесса множественного соударения сферической дроби с поверхностью, учитывающую случайный характер диаметров частиц, координат отпечатков и скоростей удара. В результате получена эпюра начальных напряжений (НН), генерируемая автоматически на основе реальных параметров микрорельефа.

3) Методику моделирования ДУФ, в которой в качестве эквивалентной нагрузки, вызывающей формоизменение деталей при, в виде эпюры начальных напряжений деформаций в поверхностном слое с учётом реальных

