

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Минаева Николая Владимировича
«Совершенствование технологии формообразования оребрѐнных панелей
раскаткой роликами и дробеударной обработкой», представленной на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6.
– Технология машиностроения

Производство крупногабаритных панелей двойной кривизны с продольным оребрением является одной из ключевых технологических задач авиа- и ракетостроения. Традиционные методы формообразования (прессовая гибка, ручная раскатка) характеризуются низкой точностью, высокой трудоёмкостью и зависимостью от квалификации исполнителей. Предложенная автором комбинированная технология РР – ДУФ, реализованная на оборудовании с ЧПУ и обеспеченная расчётной методикой на базе конечно-элементного моделирования, представляет собой современное решение, направленное на автоматизацию и повышение качества. Актуальность работы является безусловной.

В диссертации получен ряд новых научных результатов, образующих целостную систему:

- 1. Обоснование учёта взаимовлияния рѐбер и метод расчленения панели на расчётные участки.** Автором экспериментально установлено, что при последовательной раскатке соседние рѐбра влияют друг на друга, причѐм влияние становится значимым при различии стрел прогиба более чем в два раза. На этой основе предложено разбивать сложную панель на расчётные участки

(ребро + прилегающее полотно), что позволяет существенно упростить расчёт без потери точности. Данный подход имеет важное значение для практического проектирования технологических процессов.

2. Создание и глубокая верификация конечно-элементной модели процесса раскатки роликами. Ключевым достижением работы является не просто построение модели, а её тщательная экспериментальная проверка с использованием механического метода определения остаточных напряжений на установке УДИОН. Получены и сопоставлены эпюры остаточных напряжений для различных глубин внедрения роликов. Расхождение расчётных и экспериментальных данных в основной части эпюр составило не более 5 %, что подтверждает высокую адекватность модели. По своей полноте и детальности данное исследование представляет собой самостоятельный научный вклад в изучение закономерностей формирования напряжённо-деформированного состояния при локальном пластическом деформировании.

3. Разработка методики компенсации технологической наследственности. Предложен способ расчёта режимов раскатки, компенсирующий нежелательную продольную кривизну, возникающую при последующей дробеударной обработке. Это позволяет обеспечить требуемую форму детали после полного цикла обработки.

4. Расчётная модель для прямого назначения режимов. Установлена связь между глубиной внедрения роликов (деформационным фактором) и регулировочными параметрами оборудования, что дало возможность заменить дорогостоящие натурные эксперименты конечно-элементным моделированием на образцах.

Разработанные методики и модели реализованы в виде специализированного программного обеспечения для автоматического расчёта режимов РР и генерации управляющих программ (свидетельства о государственной регистрации). Создана установка УФП-1 с ЧПУ, защищённая патентом. Технологические рекомендации внедрены в серийное производство. Использование предложенного подхода позволяет снизить трудоёмкость подготовки производства и повысить стабильность качества изготавливаемых панелей.

Достоверность результатов обеспечивается:

- корректным применением нелинейного конечно-элементного анализа (LS-Dyna) с учётом реальных свойств материалов;
- широкой экспериментальной верификацией, включающей тарирование оборудования, исследование остаточных напряжений на УДИОН, обработку конструктивно-подобных образцов с различной геометрией рёбер;
- хорошей сходимостью расчётных и экспериментальных данных (отклонения в пределах 5–9 %).

Замечания и вопросы.

В работе предложено разбиение панели на расчётные участки, но не приведён алгоритм учёта взаимовлияния рёбер при последовательном расчёте режимов для всей панели. Используется ли поправочный коэффициент, и как он определяется?

Указанные замечания носят уточняющий характер и не снижают общей ценности работы.

Заключение.

Диссертация Минаева Николая Владимировича является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основе комплекса теоретических и экспериментальных исследований решена актуальная задача совершенствования технологии формообразования оребрённых панелей. Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6. Технология машиностроения.

Рецензент:

Начальник НИО технологического сопровождения проектов
Филиала ПАО «Яковлев» - «Региональные самолеты»

Григорьев / Красцова К.С.

«03» 04 2026 г. М.П.

Подпись заверяю:

