

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

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

В авиастроении одной из наиболее сложных технологических задач является формообразование крупногабаритных монолитных панелей двойной кривизны с продольным оребрением. Существующие способы (прессовая гибка, ручная раскатка) не обеспечивают стабильной точности и не позволяют в полной мере автоматизировать процесс. Представленная диссертация направлена на решение этой задачи путём совершенствования комбинированной технологии «раскатка роликами – дробеударное формообразование» (РР–ДУФ) на основе прогнозного моделирования и оборудования с ЧПУ. Тема является актуальной для отечественного машиностроения.

Работа выстроена логично: от анализа существующих методов и выявления нерешённых проблем (глава 1) – к разработке методик моделирования процессов ДУФ и РР (глава 2), затем к экспериментальной отработке на конструктивно-подобных образцах (глава 3) и, наконец, к созданию программного обеспечения и оборудования, а также внедрению в производство (глава 4). Такая последовательность обеспечивает обоснованность выводов и практическую реализуемость.

В работе получено несколько новых научных результатов, среди которых следует особо выделить два, образующих фундамент для автоматизации расчётов.

Первое – установление взаимовлияния соседних рёбер при последовательной раскатке. Автором количественно показано, что при соотношении стрел прогиба соседних рёбер более чем в два раза взаимовлияние становится значимым, причём менее деформированное ребро испытывает большее воздействие. На этой основе предложено разбиение панели на расчётные участки (РУ), включающие одно ребро и прилегающие участки полотна. Данный подход позволяет свести задачу формообразования многорёберной панели к расчёту относительно простых участков, что критически важно

для построения инженерной методики, не требующей полномасштабного моделирования всей детали.

Второе – создание и экспериментальная верификация конечно-элементной модели процесса раскатки роликами с использованием исследовательского комплекса УДИОН для определения остаточных напряжений механическим методом удаления слоёв. Автором не просто выполнено моделирование, а проведено детальное экспериментальное исследование эпюр остаточных напряжений в зоне обработки при различных глубинах внедрения роликов. Сравнение расчётных и экспериментальных данных показало расхождение в основной части эпюр не более 5 %, что подтверждает высокую адекватность модели. Само по себе такое комплексное исследование остаточных напряжений при раскатке роликами на образцах из алюминиевого сплава В95пчГ2 является, по сути, самостоятельным полномасштабным исследованием, имеющим как научную, так и прикладную ценность. Оно позволяет не только верифицировать модель, но и заложить основу для расчёта ресурсных характеристик обработанных деталей.

Важным дополнением является также разработка расчётной модели, связывающей глубину внедрения роликов с регулировочными параметрами оборудования (давлением в гидросистеме), что позволило перейти от эмпирического подбора режимов к прямому расчётному назначению.

Разработанные методики и модели реализованы в виде специализированного программного обеспечения для автоматизации расчёта режимов РР и генерации управляющих программ (свидетельства о государственной регистрации). С участием автора создана установка УФП-1 с ЧПУ, защищённая патентом на полезную модель. Технологические рекомендации внедрены в серийное производство, что подтверждено материалами диссертации.

Достоверность результатов обеспечена:

- использованием апробированных методов нелинейного конечно-элементного анализа (LSTC LS-Dyna);
- корректным моделированием физических процессов;
- широкой экспериментальной верификацией на образцах-пластинах, конструктивно-подобных образцах, а также с применением исследовательского комплекса УДИОН;
- сопоставлением расчётных и экспериментальных данных, расхождение в которых не превышает 5–9 %.

Такая степень совпадения свидетельствует о корректности разработанных моделей и применимости их для технологических расчётов.

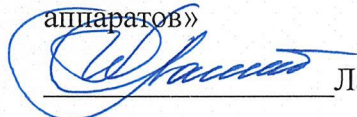
В ходе ознакомления с авторефератом существенных замечаний не выявлено. Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне, полученные результаты прошли апробацию и внедрены в производство. Вместе с тем, в порядке дискуссии хотелось бы обратить внимание на следующие моменты.

В деформационных и тарировочных полиномиальных уравнениях коэффициенты приведены с четырьмя знаками после запятой. Чем обусловлена такая точность, и насколько она оправдана с учётом погрешностей исходных экспериментальных данных, из текста автореферата не понятно.

Указанные замечания не снижают общей высокой оценки работы и может быть учтена в дальнейших исследованиях.

Диссертационная работа Минаева Николая Владимировича является завершённым научно-квалификационным исследованием, в котором решена актуальная задача совершенствования технологии формообразования оребренных 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.

Заместитель генерального директора АО «ИНУМИТ», кандидат технических наук по специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов»



Лаптева Марина Юрьевна

Телефон: 8 (495) 939-35-92, e-mail: m.lapteva@inumit.ru

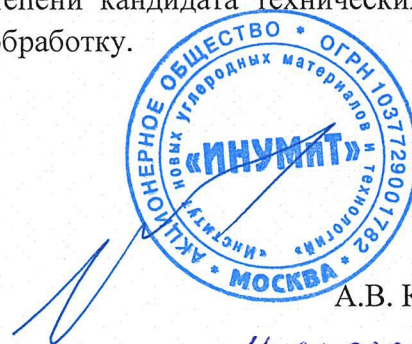
Я, Лаптева Марина Юрьевна, не возражаю против включения моих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Минаева Николая Владимировича и их дальнейшую обработку.



Лаптева Марина Юрьевна

Подпись Лаптевой Марины Юрьевны заверяю:

Генеральный директор



А.В. Кепман

14.04.2026

Акционерное общество «Институт новых углеродных материалов и технологий» (АО «ИНУМИТ»), 119607, г. Москва, вн. тер. г. Муниципальный округ Раменки, б-р Раменский, д. 1, Телефон: 8 (495) 939-35-92, e-mail: info@inumit.ru, www.inumit.ru