



Премия «Авиастроитель года» Г. Москва

Краткое описание работы «Создание технологии изготовления блисков газотурбинного авиационного двигателя с применением линейной сварки трением разнородных титановых сплавов»

Цель работы

Разработка технологии соединения лопаток с диском моноколеса современного газотурбинного двигателя методом линейной сварки трением. Определение рабочих режимов процесса ЛСТ для соединения частей из разнородных титановых сплавов.

Актуальность работы

Совершенствование компрессоров ГТД на нынешнем этапе развития авиационного двигателестроения достигается преимущественно путем перехода от замковых соединений между лопатками и дисками к конструкциям рабочих колес содержащих блиски (моноколеса).

Блиск, с точки зрения технологии его производства, довольно сложное и трудоемкое изделие, однако высокая стоимость его изготовления компенсируется снижением эксплуатационных расходов за счет повышения ресурса двигателя и повышения полезной нагрузки самолетов.

В настоящее время имеются два направления в технологии изготовления блисков – получение блиска из цельной заготовки и сварка отдельно изготовленных лопаток с диском рабочего колеса с последующей механической обработкой сварной конструкции.

Современные методы металлообработки позволяют получить профиль лопатки блиска с необходимой точностью. Этот вариант изготовления блисков успешно применяется и на российских предприятиях. Однако с увеличением диаметра блиска и высоты лопаток многократно увеличивается время обработки и падает коэффициент использования материала. Кроме того, данная технология накладывает ограничения на конструкцию блиска:

- невозможно получение блиска, в котором диск и лопатки изготовлены из разных материалов;
- невозможно получение блиска с пустотелыми лопатками.

Применение сварных блисков расширяет круг возможных решений по конструктивному оформлению блисков, однако применение традиционных способов сварки для получения соединения лопаток с диском практически невозможно, и в девяностые годы прошлого века получил развитие вариант сварки трением, в котором детали совершают возвратно-поступательное движение. Процесс получил название «Линейная сварка трением» (англ. – linear friction welding), его основное предназначение – создание блисков компрессоров газотурбинных двигателей путем приварки лопаток к дискам рабочих колес.

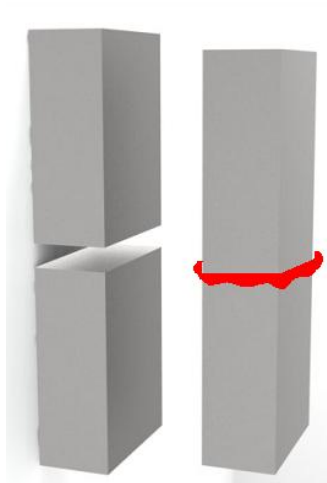
Основные результаты

Задача освоения новой для отечественной промышленности технологии линейной сварки (ЛСТ) трением блиска в рамках работ по постановлению правительства РФ № 218 была возложена на коллектив, состоящий из сотрудников, аспирантов и студентов кафедры оборудования и технологии сварочного производства УГАТУ, работников нескольких служб ОАО УМПО под руководством к.т.н., доцента Бычкова В.М. Компьютерное моделирование процесса ЛСТ осуществлялось группой специалистов с кафедры высокопроизводительных вычислительных технологий и систем под руководством д.ф.-м.н., профессора Газизова Р.К.

Для разработки технологии ЛСТ блисков проведены разносторонние исследования строения и свойств сварных соединений двухфазных титановых сплавов, исследовано влияние параметров режима ЛСТ на свойства сварных соединений, отработаны методики разрушающего и неразрушающего контроля качества сварных соединений, спроектирована и изготовлена технологическая оснастка на поставленное ОАО УМПО импортное оборудование для ЛСТ.

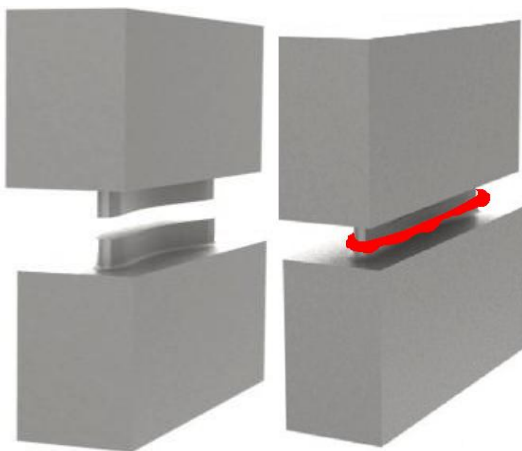
При освоении технологии ЛСТ блисков и пройдены все этапы технологической подготовки производства в условиях отсутствия отечественной нормативно-технической базы и при жестких требованиях к качеству сварного блиска, разработан опытный технологический процесс изготовления блисков.

Ниже представлены основные этапы освоения технологии, в ходе которых были сварены и испытаны сотни образцов, спроектированы и изготовлены десятки комплектов технологического оснащения для сварки, обработки и испытаний. В условиях отсутствия в 2012 году импортного модуля диска, обеспечивающего фиксацию диска в сварочной машине, в УГАТУ был разработан его технический проект, который после совместной доработки со специалистами УМПО был практически реализован и позволил выполнить сварку первого отечественного блиска.



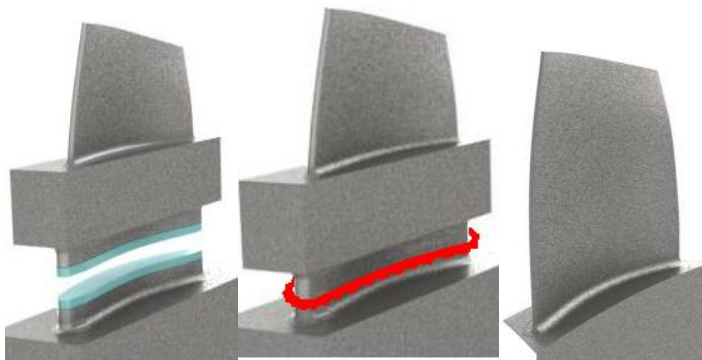
Первый этап. Сварка образцов простой формы

- оценка свариваемости
- предварительное исследование свойств сварных соединений
- отработка методов контроля качества сварных соединений



Второй этап. Сварка макетов сварных соединений

- отработка конструкции сварного соединения
- выбор параметров режима сварки
- исследование свойств сварных соединений



Третий этап. Сварка секций блиска

- отработка конструкции заготовки лопатки
- отработка конструкции сварочной оснастки
- отработка технологии механической обработки
- оценка конструкционной прочности

Рис. 1. Этапы освоения технологии линейной сварки трением

При отработке технологии было построено несколько двумерных и трехмерных компьютерных моделей различных стадий процесса ЛСТ в таких инженерных пакетах, как ANSYS Mechanical, Simulia Abaqus и Deform 3D.

Цели моделирования:

- определение характеристик и эволюции температурного поля при ЛСТ в зависимости от физико-механических свойств материала и параметров процесса ЛСТ;
- определение влияния параметров процесса ЛСТ на динамику осадки;
- определение влияния вида зажима и параметров процесса ЛСТ на уровень остаточных напряжений.

В компьютерных экспериментах использовались образцы в виде параллелепипеда, а также образцы с формой, приближенной к форме лопатки.

Были разработаны и зарегистрированы программные продукты для анализа записей с машин для ЛСТ, с автоматическим формированием файла компьютерной модели для пакета ANSYS; моделирования температурного поля, а также для автоматизации компьютерного моделирования процесса ЛСТ.

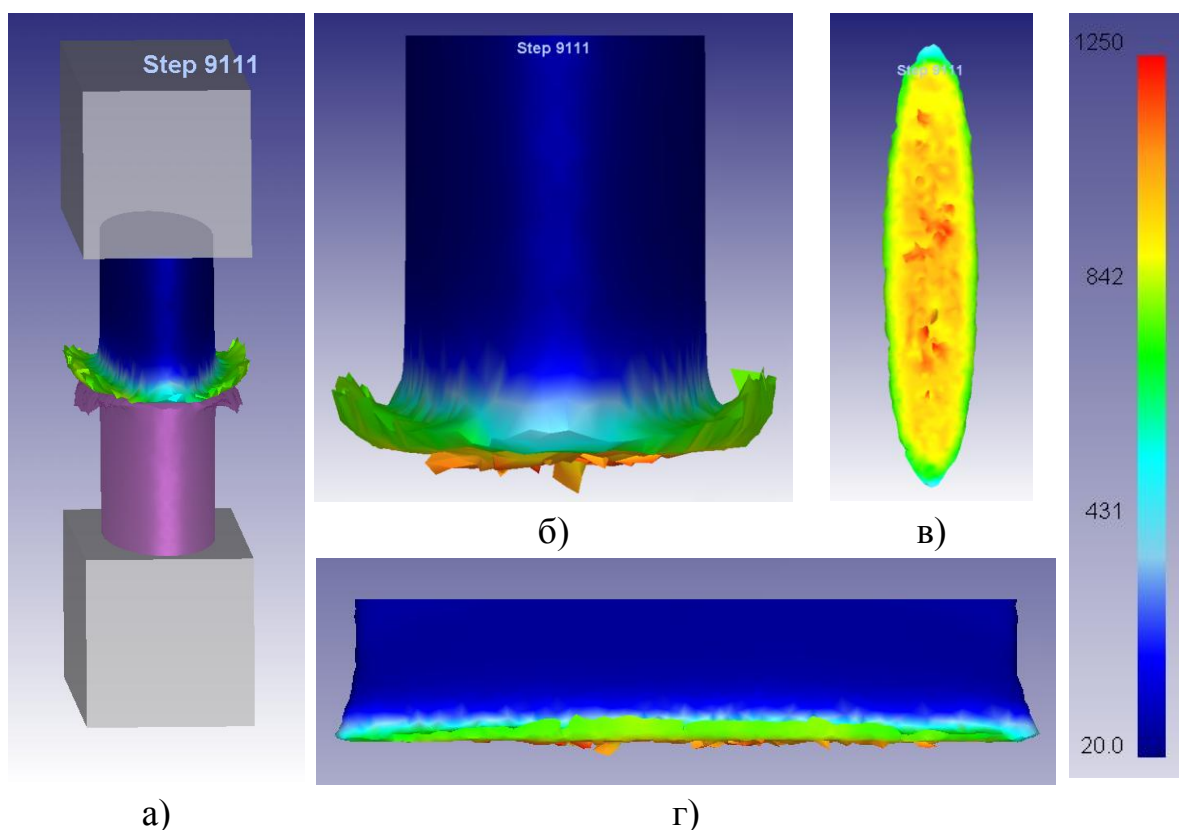


Рис. 2. Температурное поле каблука в конце расчета: общий вид (а), вид сбоку (б), спереди (г) и со стороны контакта (в).

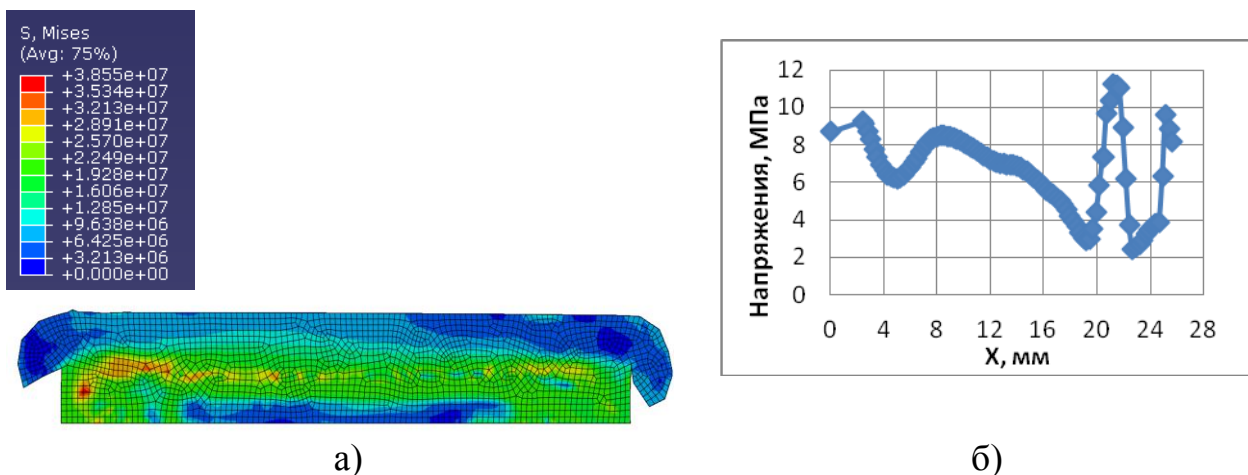


Рис. 3. Поле остаточных напряжений по Мизесу в конце процесса:
а) распределение в центральном сечении прямоугольного образца,
б) вдоль верхнего края сечения

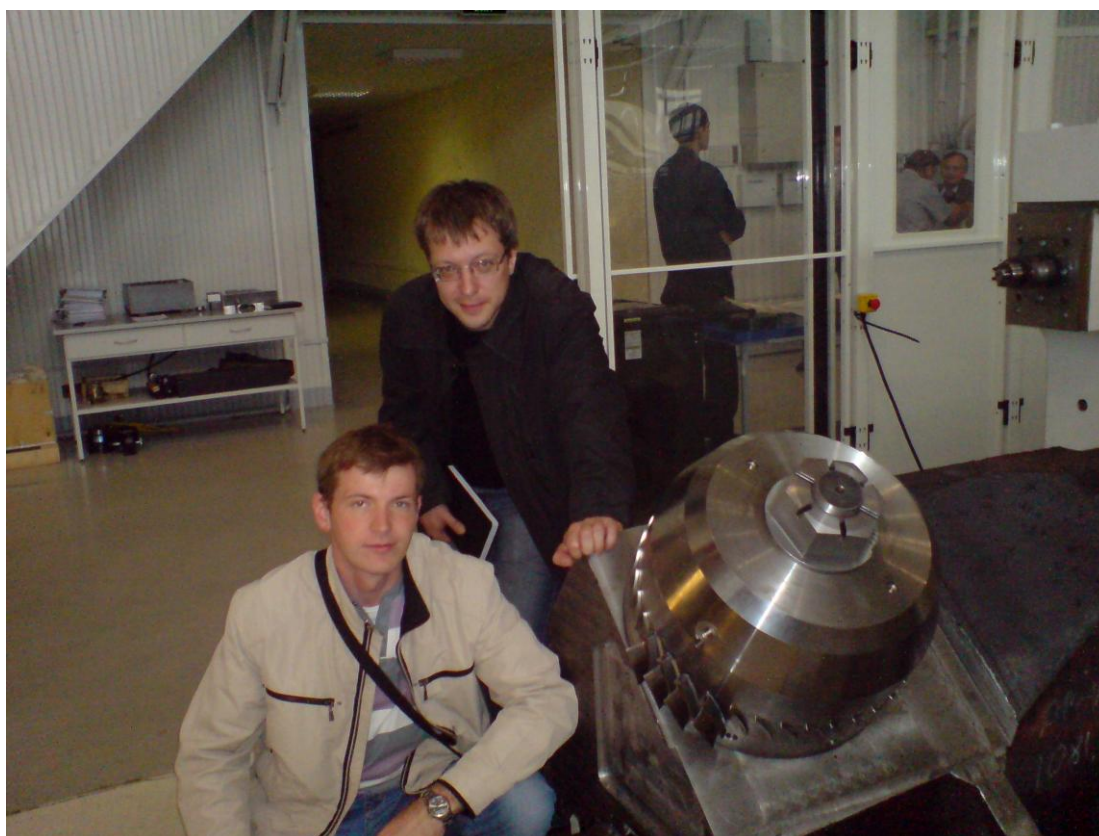


Рис. 4. Изготовление первого в России сварного блиска на отечественном модуле диска

Главным результатом работ над проектом явился первый отечественный сварной блиск, изготовленный по разработанной технологии. По результатам работ опубликовано более 20 статей в Российских и зарубежных журналах, получено 3 патента, зарегистрировано 3 программных продукта.