

# Восстановление колес вентилятора газотурбинного двигателя.

Автор Крылов К.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Производственный комплекс «Салют» АО «ОДК»

## Введение

Колесо вентилятора — деталь, испытывающая большие центробежные нагрузки и вибрации, работающая при температурах менее 100°С. Колесо вентилятора устанавливается перед компрессором и при эксплуатации высока вероятность попадания посторонних предметов в двигатель во время взлета, полета и посадки, что приводит к механическим повреждениям лопаток.

В связи тем, что на предприятие изготовитель возвращается большое количество изделий, имеющих эксплуатационные дефекты, на производственном комплексе «Салют» АО «ОДК» возник вопрос о возможности серийного ремонта данных изделий.

## Существующие аналоги

За рубежом аналогичные детали изготавливают и ремонтируют с применением линейной сварки трением. ПК «Салют» АО «ОДК» не располагает установками, на которых можно повторить зарубежный опыт.

Известен способ сварки, где дефектную лопатку или блок лопаток удаляют с частью обода рабочего колеса, а затем, в образовавшийся паз вставляют новую лопатку или блок лопаток и сваривают с ободом рабочего колеса. Данный способ ремонта, в силу объективных причин, невозможно реализовать на ремонтируемом изделии.

## Вариант решения

На производственном комплексе «Салют» АО «ОДК» разработана технология ремонта колес вентилятора методом приварки ремонтной вставки.

Дефектную часть лопатки отрезают по заранее выбранному сечению, изготавливают ответную часть в виде ремонтной вставки и технологической пластины. Деталь с пластиной и вставкой собирают в оснастку, после чего выполняют прихватку. Изделие сваривают электронным лучом с ремонтной вставкой, начиная от центра. Из-за геометрических особенностей детали невозможно выполнить сварку по всей длине сварного шва за один установ. Изделие переустанавливают обратной стороной и сваривают, начиная от центра с перекрытием предыдущего сварного шва не менее 6 мм.

После сварки выполняют рентгенографический контроль и термообработку. Для восстановления исходного профиля лопатки колеса

вентилятора вставку и технологическую пластину механически обрабатывают на соответствие конструкторской документации. После механической обработки изделие подвергают контролю геометрии, окончательному рентгенографическому контролю и люминесцентному контролю.

Общий маршрут ремонта изделия выглядит следующим образом.

1. Электроэрозионная обработка лопаток (отрезка)
2. Заливка межлопаточных пазов сплавом ВУД (для уменьшения вибраций при фрезеровании)
3. Фрезерование торцов (удаление изменённого слоя после электроэрозионной обработки)
4. Выплавка сплава ВУД из межлопаточных пазов
5. Контроль (размеров с помощью измерительной машины)
6. Электронно-лучевая сварка (колеса вентилятора с ремонтной вставкой)
7. Рентгенографический контроль (для выявления дефектов сварки)
8. Термическая обработка (снятие напряжений после сварки)
9. Контроль (размеров с помощью измерительной машины)
10. Заливка межлопаточных пазов массой «САЛЮТ»
11. Токарная обработка (восстановление профиля торцов лопаток)
12. Удаление массы «Салют» из межлопаточных пазов
13. Заливка межлопаточных пазов сплавом ВУД (для уменьшения вибраций)
14. Фрезерование профиля лопаток (восстановления профиля лопаток)
15. Контроль (размеров с помощью измерительной машины)
16. Рентгенографический контроль
17. Люминесцентный контроль

После выполнения выше указанных операций колесо изготавливается согласно серийному ТП на изготовление узла.

### **Существующие проблемы**

При фрезерной обработке перед электронно-лучевой сваркой было выявлено, что под действием сил резания угол кромки лопатки загибается. В данный момент проблема решается заливкой межлопаточных пазов сплавом ВУД.

Для устранения возможных дефектов, связанных с поводками после сварки на ремонтной вставке (привариваемой детали) предусмотрен технологический припуск 5мм по осям X, Y и 3мм по оси Z.

Разработанная технология характеризуется большой трудоемкостью. Этот недостаток будет устранен при серийном ремонте изделий.

На первом ремонтируемом изделии было выявлено наличие дефектов, связанных с подготовкой деталей под сварку. Для устранения выявленных дефектов изменена подготовка кромок под сварку. Перед сваркой выполняется операция шабрение сварочных кромок, на изделии и привариваемой вставке. На технологической пластине введена операция травления.

Из-за сложности конструкции электронно-лучевую сварку выполняют под углом примерно  $20^\circ$  наклона детали, вследствие чего затрудняется определение положения электронного пучка на детали. Отраженные электроны летят мимо стационарного датчика, на встроенной камере различимы лишь контуры деталей из-за отражения, а визуально через иллюминатор обзор закрыт изделием. При серийном ремонте данную проблему планируется решать мобильным датчиком отраженных электронов или установкой зеркала для визуальной настройки.

### **Результат**

В первом квартале 2020 года проведен ремонт первого комплекта колеса вентилятора с использованием данной технологии.

Для подтверждения качества ремонта произведены многоцикловые испытания на образцах имитаторах лопаток. По результатам испытания предел выносливости в  $2 \cdot 10^7$  циклов был достигнут при нагрузке 37кгс, основной материал достиг этого значения при 40кгс.

В настоящий момент первый комплект должен пройти испытания на частоту собственных колебаний с возможностью последующей установки на стендовые машины для прохождения ресурсных испытаний.

В параллельно с испытаниями первого комплекта производится ремонт второго комплекта изделия, с учетом устранения проблем, выявленных на первом комплекте.