

УДК 621.452

В. А. Леонтьев, С. Д. Зиличихис, Н. В. Сахнюк

## ПОВЫШЕНИЕ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ РАБОЧИХ ЛОПАТОК КВД

*Рассмотрен один из методов ремонта хвостовиков рабочих лопаток компрессоров типа «ласточкин хвост».*

Хвостовики рабочих лопаток компрессора являются высоконагруженными элементами конструкции лопатки. В процессе эксплуатации на них действуют динамически изменяемые нагрузочные параметры (амплитуда взаимных перемещений, реальное давление в контакте, температура, частота колебаний). Кроме того, они подвержены коррозии из-за различной влажности воздуха, температуры, скорости потока воздуха и попаданий воды. Эти и другие факторы, прежде всего, влияют на состояние поверхностного слоя рабочих поверхностей хвостовика, а от их состояния зависит долговечность лопатки в целом.

Технологический процесс изготовления лопаток компрессора предусматривает окончательную отделочную обработку хвостовиков – ультразвуковое упрочнение, которое значительно снижает уровень концентрации напряжений во впадинах микропрофиля. Наносится гальваническое покрытие, которое способствует замедлению процессов изнашивания и коррозии, возникающих при эксплуатации.

Тем не менее, при длительной наработке на хвостовиках рабочих лопаток возникают фреттинг-коррозионные повреждения. Повышенный износ на крайних участках хвостовика является следствием значительно больших контактных давлений и амплитуд взаимного перемещения и

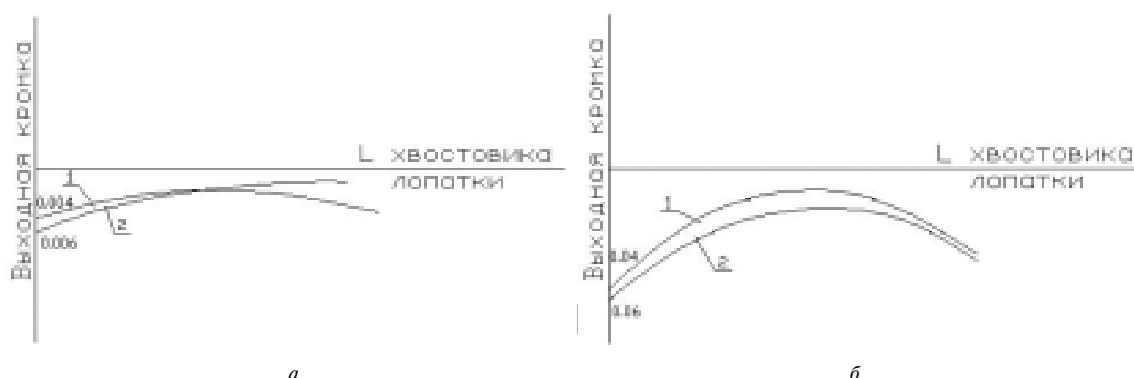
вызывает увеличение зазора в замковом соединении, что способствует росту вибрационных напряжений в пере лопатки и, в конечном счете, увеличивает вероятность усталостного разрушения последних [1].

Целью исследования являлось экспериментальное устранение фреттинга несущих поверхностей хвостовика лопаток компрессора. Объектом исследований служили лопатки II-й ступени КВД двигателя Д-36 из титанового сплава BT8.

Производились исследования повреждений и измерение непрямолинейности партии хвостовиков рабочих лопаток до и после эксплуатации (рис. 1).

Исследования повреждений показывают, что имеется неравномерный износ поверхности по длине хвостовика. Покрытие отсутствует, видны следы изнашивания основного материала хвостовика лопатки и повреждения в виде питтингов. У входной и выходной кромок повреждения большие.

Из рисунка 1 видно, что неплоскостность рабочих поверхностей хвостовика до эксплуатации составила 0,004...0,006 мм, а после эксплуатации 0,05...0,07 мм, соответственно. Ранее, при капитальном ремонте двигателей, лопатки, имеющие такой износ, заменялись новыми, что не является рациональным.



**Рис. 1.** Профилограмма непрямолинейности рабочих хвостовиков лопатки II ступени КВД (1 – со стороны спинки; 2 – со стороны корыта)

*a* – до эксплуатации; *б* – после эксплуатации

Предложенный метод устранения фреттинга несущих поверхностей хвостовика позволяет решить не только вопросы исправления его геометрических размеров, но и восстанавливает поверхностный слой [2]. Суть метода заключается в доводке рабочих поверхностей хвостовика, контроле геометрии и качества поверхности, формировании сжимающих напряжений в поверхностном слое методом УЗУ с дальнейшим нанесением покрытия.

Доводку выполняли специальными притирами. Обработка производится одновременно двух поверхностей (рис. 2).

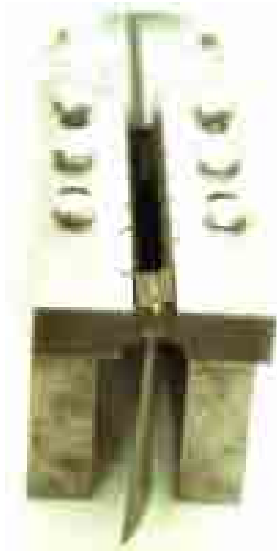


Рис. 2. Схема установки лопатки в приспособлении при доводке

Притиры изготавливали из чугуна перлитной структуры твердостью НВ 140...200. В качестве рабочей среды использовали абразивные пасты на основе карбида кремния (SiC) средней зернистости (до 50 мкм). Смазывающей жидкостью служил керосин. Через каждые 12...15 обработанных лопаток выполнялось принудительное восстановление геометрии притира.

Благодаря доводке (рис. 3) достигается высокая точность формы, необходимая шероховатость, небольшой разброс размеров в пределах одной партии деталей, а также точные допуски на размеры при переходе от одной партии детали к другой.

Метод исправления доводкой выбран еще и потому, что при совершении рабочего движения детали по притиру абразивные зерна перекатываются между инструментом (притир) и поверхностью детали и, при этом, острые вершины зерна проникают в материал детали и притир, оставляя кратерообразные следы обработки. С увеличением времени обработки, число следов на обра-

батываемой поверхности увеличивается. При вдавливании в материал вершины зерна материал сначала только деформируется. Удаление мелких частиц материала невозможно, так как для этого необходимо относительное движение вершины абразивного зерна и поверхностей детали. Известно, что большинство материалов при деформации упрочняются, т.е. растет сопротивление деформации. Однако возможность упрочнения достигает своего предела в том случае, когда сопротивление деформации становится равным прочности сцепления материала, в этом случае при доводке материал раскалывается на мелкие части [3].

С увеличением времени доводки в месте сопряжения рабочей поверхности с радиусом образуется уступ. Величина его зависит от глубины фреттинг-коррозии, а в итоге, от величины снимаемого материала. Для уменьшения негативных последствий уступ устраняется.

В месте сопряжения выполняется поднутрение (выкружка). Глубина поднутрения не превышает 0,1 мм (рис. 4).

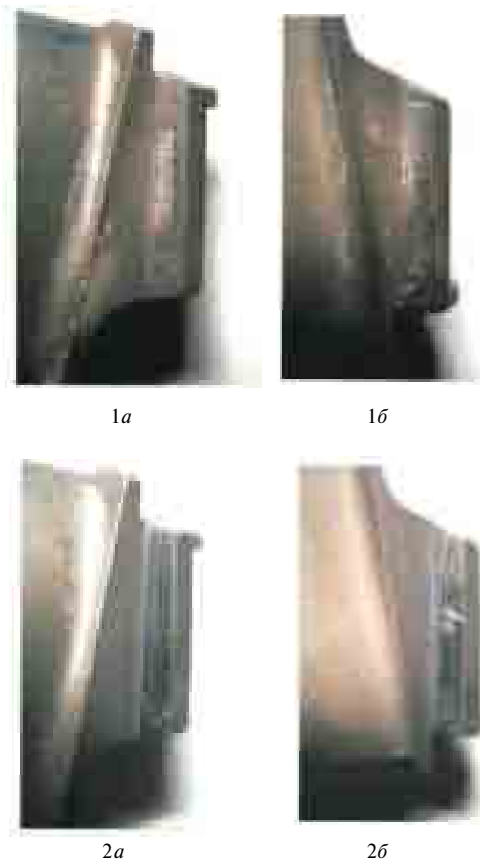
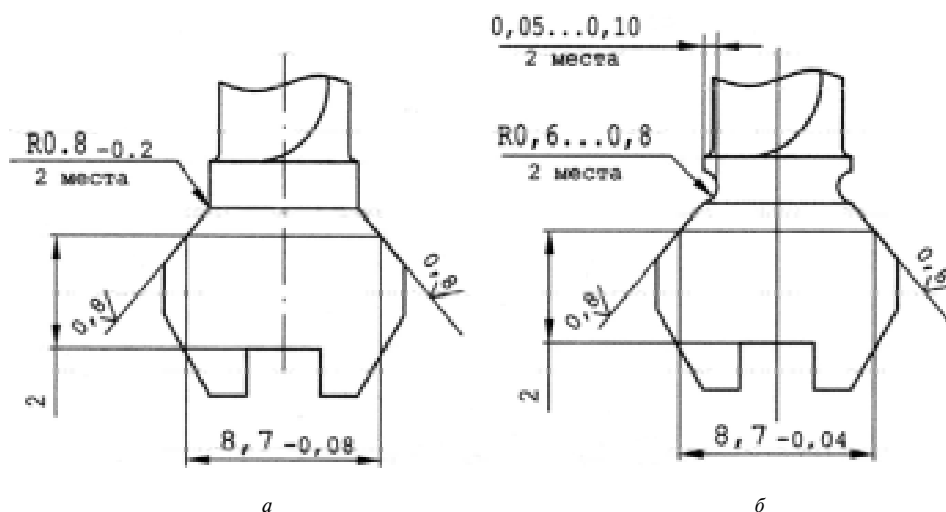


Рис. 3. Вид замка лопатки II-й ступени КВД двигателя Д-36 (1 — со стороны спинки; 2 — со стороны корыта)

*a* — до ремонта; *б* — после притирки



**Рис. 4.** Эскиз замковой части рабочей лопатки  
*a* – новая лопатка; *б* – ремонтируемая лопатка

Предложенный метод восстановления работоспособности рабочих лопаток компрессоров из титановых сплавов позволяет продлить срок их службы, восстанавливать их форму, не нарушая динамической прочности. Проверка прочности соединения типа «ласточкин хвост» после ремонта обеспечивает исходные характеристики и параметры соединения.

#### Перечень ссылок

1. Богуслаев В. А. Прочность деталей ГТД / В. А. Богуслаев, В. Б. Жуков, В. К. Яценко. – Запорожье : ОАО «Мотор Сич», 2003. – 11 с.
2. Авиадвигателестроение. Качество, сертификация и лицензирование / [под общ. ред. д-ра техн. наук В. Ф. Безъязычного]. – М. : Машиностроение, 2003. – 278 с.
3. Муравченко Ф. М., Шереметьев А. В. Обеспечение динамической прочности деталей авиационных ГТД при прогнозировании больших ресурсов / Ф. М. Муравченко, А. В. Шереметьев // Вестник двигателестроения. – 2002. – № 1. – 35 с.
4. Справочник машиностроителя. В 6 кн. Кн. 5 / [под ред. д-ра техн. наук проф. Э. А. Сателъ]. – М. : Машиностроение, 1964.

Поступила в редакцию 14.09.2008

*Розглянуто один з методів ремонту хвостовиків робочих лопаток компресорів типу «ластівчин хвіст».*

*A method of repairing dovetail type compressor blade roots is analyzed.*