

УДК 621.793.6 : 669.245

**Г.И. ПЕЙЧЕВ, В.Е. ЗАМКОВОЙ, Г.П. КАЛАШНИКОВ, Н.В. АНДРЕЙЧЕНКО,  
О.С. БЕЛОЗЕРЦЕВ**

*ГП «Ивченко–Прогресс», Запорожье, Украина*

## **РЕМОНТ ИЗНОШЕННЫХ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ БАНДАЖНЫХ ПОЛОК ЛИТЫХ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ТУРБИНЫ ИЗ СПЛАВОВ ТИПА ЖС**

Приведены результаты разработки ремонта изношенных в процессе эксплуатации элементов конструкции литых рабочих лопаток из сплавов типа ЖС (кромки пера, торцы и гребешки бандажных полок) методом плазменно-порошковой наплавки, предложенным ИЭС им. Е.О. Патона

**надежность, ресурс, ремонт, рабочие лопатки турбины, наплавка, плазменно-порошковый метод**

Проблеме повышения надежности и долговечности уделяется особое внимание при создании, эксплуатации и ремонте авиационной техники и, в частности, газотурбинных двигателей. Ресурс авиационных двигателей определяется долговечностью наиболее ответственных деталей горячего тракта, таких как, диски, рабочие и сопловые лопатки.

Рабочие лопатки ТВД работают в условиях действия высоких температур и одним из факторов, ограничивающим их ресурс является повреждение проточной поверхности пера и бандажных полок, связанное с исчерпанием работоспособности жаростойких покрытий, их эрозией, а также плавление в результате кратковременного заброса температуры газового потока.

За межремонтный ресурс эрозионно-коррозионные повреждения происходят, к сожалению, не только в объемах защитных покрытий, но и проникают в области основного материала лопаток, что приводит в конечном итоге к изменению геометрии профиля пера и бандажных полок.

Наиболее проблемные зоны лопаток – это входная и выходная кромки в среднем по высоте сечения пера и торцы бандажных полок.

Высокий уровень термических напряжений, возникающих при эксплуатации на торцах бандаж-

ных полок, вызывают образование и развитие термоусталостных трещин в этих зонах. Как правило, развитие этих трещин сопровождается разгаром их берегов, что существенно сказывается на изменении геометрии торцов лопаток.

На небандажированных лопатках кроме типичных коррозионных повреждений кромок пера существует специфическая проблема, как износ торца пера за счет чисто механического врезания в статор, а также за счет коррозионно-эрозионных процессов.

Поскольку термостабильность ныне применяемых жаропрочных материалов для турбинных лопаток достаточно высока, ресурсы их эксплуатационного использования больше, чем у защитных покрытий, то проблема ремонта лопаток в плане восстановления их геометрических размеров становится все более актуальной.

На нашем предприятии опробовались технологии восстановительного ремонта методом АДС с различными присадочными материалами (ЖС6У-ВИ, ЖС32-ВИ, ХТН61).

Исследования показали, что при использовании присадочных материалов на NI основе в зоне наплавки образуются зерно-границные сварочные трещины макро – и микро уровня, внутренние и выходящие на поверхность.

Даже при использовании такого приема, как подогрев ремонтируемой лопатки до температур порядка  $600^{\circ}$  не позволило избежать сварочных трещин.

Применение в качестве присадки сплава ХТН61 существенно снижает брак по трещинам, однако из-за низкой жаростойкости этого сплава не всегда возможно его использование.

Сотрудниками лаборатории ИЭС им. Е.О. Патона под руководством академика НАН Украины К.А. Ющенко была предложена новая технология плазменно-порошковой наплавки материала ЖС 32-ВИ.

В тесном контакте с группой этих талантливых инженеров нам удалось разработать и внедрить технологию восстановления торцов бандажных полок рабочих лопаток ТВД изд. Д18Т, которые имели глубину износа до  $2,0 \dots 3,0$  мм (рис. 1).

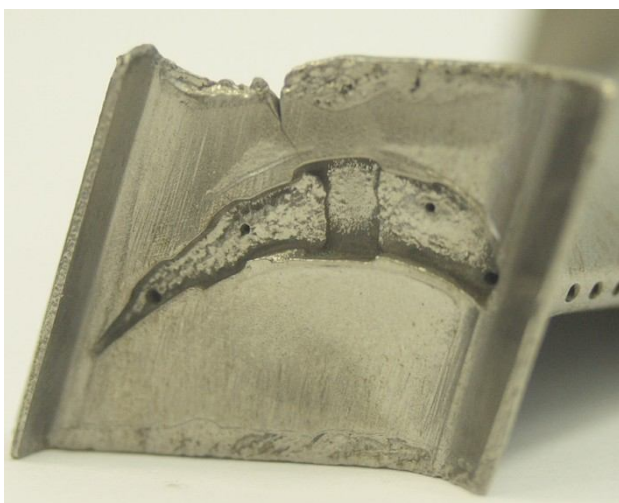


Рис. 1. Внешний вид изношенной в эксплуатации бандажной полки

Присадочным материалом служит порошок из сплава ЖС32-ВИ фракции  $63 \dots 160$  мкм. Предварительно на ремонтируемых лопатках проводились следующие операции:

- удаление старого покрытия ВСДП-11 с точной части пера;
- отжиг для снятия остаточных напряжений в вакууме  $1 \times 10^{-2} \dots 10^{-4}$  мм рт. ст. при температуре  $1000^{\circ}\text{C}$  с выдержкой 2 часа.

Методом шлифовки производилось удаление поврежденной зоны на торце бандажной полке с величиной занижения до  $2,5$  мм.

Необходимую величину наплавки, как правило, удается осуществить за один проход, при необходимости – за 2 прохода.

После операции наплавки необходимо проведение термической обработки для снятия напряжений по режиму:

- температура –  $1050^{\circ}\text{C}$ ;
- выдержка – 2 часа 30 мин.;
- среда – вакуум  $1 \cdot 10^{-4} \dots 10^{-5}$  торр.

Затем наплавленные торцы проходят предварительную мех обработку и контроль Люм 1-ОВ.

После этого на противоположный торец производится напайка износостойкого материала ХТН61 и окончательная мех обработка бандажной полки в целом в размеры чертежа.

На рис. 2 показана макроструктура на наружной поверхности бандажной полки, где на торце со стороны стенки наплавлен сплав ЖС32-ВИ, а со стороны корыта нанесен сплав ХТН61.

После доработки перфорации на лопатку наносится жаростойкое покрытие.

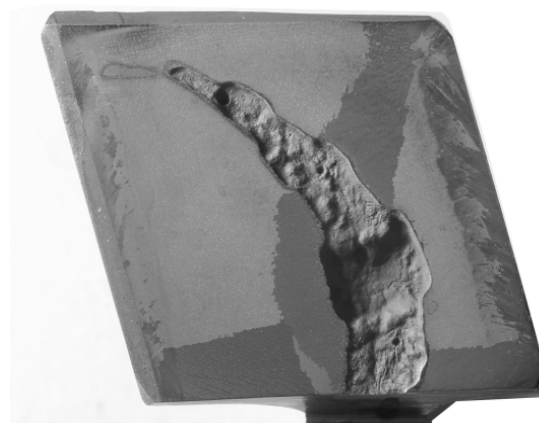
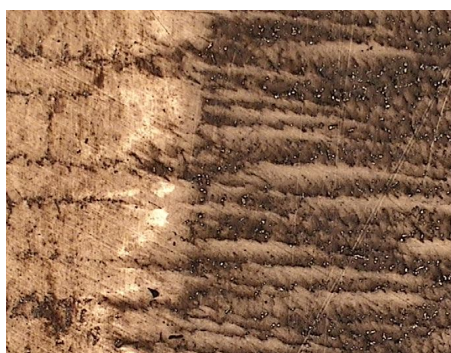


Рис. 2. Макроструктура отремонтированной бандажной полки

Представленный в общих чертежах процесс достаточно технологичен, процент брака по сварочным трещинам и другим дефектам невелик.

Вероятность образования трещин значительно снижается, когда сохраняется передача наследственного роста кристаллов от основного материала к наплавляемому. На рис. 3 показаны варианты микроструктуры в случае сохранения наследственности при наплавке и когда кристаллизация происходит хаотично с образованием субзерен различной ориентации, по которым возможно образование микротрещин.

Микроструктура наплавленного металла в виду высоких скоростей охлаждения в процессе наплавки отличается высокой степенью дисперсности, но при этом каких-либо посторонних фаз отмечено не было.



а



б

Рис. 3. Микроструктура наплавленного материала ЖС32-ВИ:  
а – с сохраненной наследственностью роста кристаллов;  
б – хаотичное формирование кристаллов

Проведенные исследования по определению свойств наплавленного металла показали, что кратковременные механические свойства сварного соединения составляют 0,8% уровня исходного сплава ЖС32-ВИ.

В дальнейшем будут проведены испытания длительной прочности в сварных соединениях.



Рис. 4. Наплавленный торец пера рабочей лопатки ТВД изд. Д27

В настоящее время получены обнадеживающие результаты по восстановлению этим методом торцев небондажированных лопаток ТВД изд. Д27 (рис. 4), а также более сложных по технологии исполнения зон – входной и выходной кромок и гребешков бандажных полок

*Поступило в редакцию 6.05.2005*

**Рецензент:** д-р техн. наук, доцент А.В. Олейник, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.