

УДК 621.793

Г.И. ПЕЙЧЕВ, В.Е. ЗАМКОВОЙ, Н.В. АНДРЕЙЧЕНКО

*ГП Запорожское машиностроительное конструкторское бюро «Прогресс»
им. академика А.Г. Ивченко, Украина*

РАЗРАБОТКА АНАЛОГА ИЗНОСОСТОЙКОГО СПЛАВА ХТН61 ПОВЫШЕННОЙ ЖАРОСТОЙКОСТИ ДЛЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Приведены результаты разработки аналога износостойкого сплава ХТН61 повышенной жаростойкости для газотурбинных двигателей. Оценка вновь разрабатываемого сплава производилась по характеристикам жаростойкости, износостойкости, горячей твердости, термостойкости.

надежность, ресурс, рабочие лопатки турбины, жаростойкость, износостойкость, термостойкость, микроанализ

Введение

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 рабочие лопатки турбины. Рабочие лопатки работают в условиях действия высоких температур и одним из факторов, ограничивающим их ресурс является повреждение бандажных полок. Контактные поверхности бандажных полок упрочняются жаропрочным износостойким материалом, на двигателе Д18Т – это сплав ХТН61.

В условиях все повышающегося ресурса, как показала эксплуатация, узким местом для этого сплава оказались недостаточная его жаростойкость и термостойкость

Высокий уровень термических напряжений, возникающих при эксплуатации на торцах бандажных полок, вызывает образование и развитие термоусталостных трещин в этих зонах. В дальнейшем берега этих трещин разгораются, что существенно сказывается на геометрии торцев лопаток.

Внешний вид изношенной в эксплуатации бандажной полки приведен на рис. 1.

Формулирование проблемы. Для повышения ресурса лопаток и их надежной работы стало остро необходимо разработать аналог сплава ХТН61, обладающего более высокой жаростойкостью при температурах до 1000 °С и не уступающего по высокотемпературной износостойкости базовому.

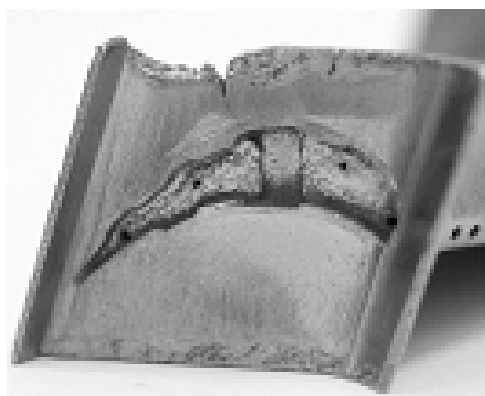


Рис. 1. Внешний вид изношенной в эксплуатации бандажной полки

Благодаря совместным усилиям ИМФ НАНУ и ГП «Прогресс» был разработан такой аналог и в настоящий момент находится на стадии освоения.

Материалы и методика исследования

При разработке системы легирования разрабатываемого сплава для наиболее полного использования

различных легирующих элементов был проведен анализ 72-х известных промышленных сплавов кобальта и определены ориентировочные пределы легирования.

Для достижения высокой износостойкости при температурах выше 1000 °С и сохранения ее на уровне сплава ХТН61 необходимо увеличение твердости и прочности при высоких температурах, что может быть достигнуто для сплава на основе эвтектики Co-NbC только путем твердорастворного упрочнения. Элементами, существенно повышающими высокотемпературную прочность сплавов кобальта, являются W, Mo, Cr, Ni, Nb, Ta.

Вследствие отрицательного влияния на жаростойкость ниобия и дорогостоящей тантала они были исключены из рассмотрения, как элементы, используемые для твердорастворного упрочнения матрицы.

Таким образом, в число изучаемых легирующих элементов были включены Cr, W, Al, Fe, Si, Y, Ni, Mo.

Сплавы для исследования изготавливались в лабораторной электродуговой печи с вольфрамовым электродом на медном водоохлаждаемом поду в атмосфере чистого аргона. Всего было отлито 53 сплава. Критерием первичного отбора разрабатываемого сплава были температура плавления и жаростойкость.

Образцы для испытаний на жаростойкость помещались в тигли из окиси алюминия и нагревались в электрической печи сопротивления на воздухе при температурах 800, 950 и 1100 °С с последующим взвешиванием через каждые 10 часов при общей выдержке 50 часов.

Методом дифференциального термического анализа измерялась температура плавления сплавов с целью исключения из рассмотрения сплавов, которые расплавляются ниже 1320 °С. Параллельно проводились замеры горячей твердости.

Так были отобраны 12 наиболее перспективных сплавов.

Дальнейший отбор производился на основе испытаний на термостойкость и износостойкость.

Для испытания на термостойкость использовались образцы размером 60 × 10 × 2 из сплава ЖС26-ВИ, на торцы которых наплавлялись пластины из исследуемых сплавов.

Испытания проводились на стенде ЗМКБ «ПРОГРЕСС» по режиму:

$$T_{\text{мин}} = 200 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{макс}} = 1100 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Образцы испытывались в пакете по 5 штук.

Вид образцов после испытания приведен на рис. 2

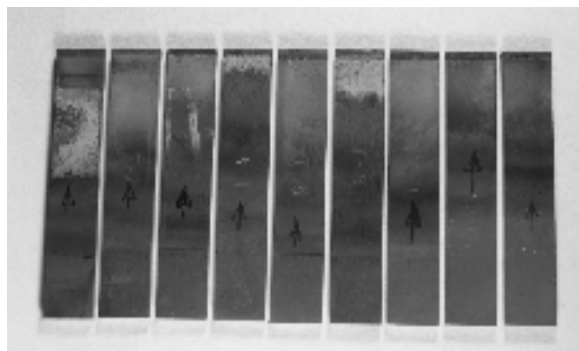


Рис. 2. Внешний вид образцов после термостойких испытаний

Испытания проводились до появления видимых трещин, но не более 1000 циклов

Испытания на высокотемпературную износостойкость проводились на стенде ЗНТУ на Т-образных образцах при температурах 20, 1000, 1050 и 1100 °С.

Критерием отбора образцов после этих испытаний был уровень износостойкости не ниже базового сплава ХТН61, а также желательное образование глазурированной поверхности на контактной плоскости, как приведено на рис. 3.



Рис. 3. Вид глазурированной поверхности на контактной плоскости образца после износостойких испытаний

Результаты исследования

1. В результате проведенных исследований был создан жаропрочный жаростойкий износостойкий сплав на кобальтовой основе. Основой сплава является эвтектика Co-NbC (NbC не более 17,5%), в качестве легирующих выбраны элементы – хром, вольфрам, алюминий, железо, углерод.

2. Сплав по сравнению с базовым в зависимости от длительности испытания имеет в 10 – 20 раз выше жаростойкость.

3. Износостойкость сплава при температурах 1000 – 1100 °С аналогична сплаву ХТН-61 и при этом в зоне контакта образует глазурированный слой во всем диапазоне температур испытания, который предотвращает процессы схватывания.

4. Сплав имеет высокую термостойкость при режиме испытания:

$$T_{\text{мин}} = 200 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\text{макс}} = 1100 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

За 1000 циклов испытания не было зафиксировано ни одной трещины.

5. Температура разработанного сплава > 1310 °С.

6. Твердость составляет:

$$\text{HRC} = 37 - 42$$

(твердость ХТН-61 – HRC – 45 – 46).

Использование нового жаростойкого аналога ХТН-61 вместо базового позволит решить глобальную проблему бандажных полок высокотемпературных ступеней лопаток турбины – снизить повреждение от эрозионно-коррозионных процессов.

Литература

1. Разработка высокотемпературного износостойкого сплава для упрочнения бандажных полок лопаток ГТД / А.К. Шурин, Г.П. Дмитриева, Н.В. Андрейченко, Л.И. Ивченко, Т.С. Черепова // Новые конструкционные стали и сплавы и методы их обработки для повышения надежности и долговечности изделий. – Запорожье. – 1992. – С. 41-42.

2. Отчет № 1235/07 о работах, выполненных Институтом металлофизики НАНУ совместно с Государственным предприятием ЗМКБ «Прогресс» «Изучение физических и эксплуатационных свойств нового износостойкого и жаростойкого сплава для ГТД».

3. Ремонт изношенных в процессе эксплуатации элементов конструкции бандажных полок литых рабочих лопаток турбины из сплавов типа ЖС / Г.И. Пейчев, В.Е. Замковой, Г.П. Калашников, Н.В. Андрейченко, О.С. Белозерцев // Авиационно-космическая техника и технология: Научн. техн. журн. – 2005. – № 9 (25). – С. 221-223.

Поступила в редакцию 11.05.2007

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