

Анализ расчетного спектра показывает, что при увеличении числа волн m частоты семейства изгибных форм возрастают и стремятся к соответствующим частотам одиночной лопатки (кривые 13, 15), имеющей шарнирную опору периферийного конца. В то же время частоты семейства крутильных форм падают и стремятся к крутильной частоте одиночной лопатки (кривая 15).

С увеличением угла скоса полка γ собственные частоты венца начинают приближаться к частоте одиночной консольной лопатки. При $\gamma + \alpha = 90^\circ$ в венце нарушается крутильно-изгибная связанность и лопатки ведут себя как одиночные. Крутильные колебания при этом для данной модели невозможны.

Л и т е р а т у р а

1. Иванов В. П., Фролов В. А. Колебания лопаточного венца с поясом связи. — Тр./Куйбышевский авиац. ин-т, 1972, вып. 51, с. 3—17.
2. Багрянцев А. Л. К вопросу о колебаниях лопаточных венцов, забандажированных полками. — Тр./Куйбышевский авиац. ин-т, 1970, с. 308—312.
3. Иванов В. П. Метод волновых динамических жесткостей и податливостей для расчета колебаний упругих систем, обладающих циклической симметрией. — Тр./Куйбышевский авиац. ин-т, 1971, с. 190—201.

УДК 621.431.75

Р. К. Шидловский, А. В. Шавкунов, М. А. Лавренова

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ КОНТАКТНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ БАНДАЖНЫХ ПОЛОК РАБОЧИХ ЛОПАТОК ТУРБИНЫ

Увеличение общетехнического ресурса авиационных ГТД во многом зависит от решения проблемы повышения надежности и долговечности деталей и узлов горячего тракта, подвергающихся локальному изнашиванию в процессе длительной эксплуатации. К числу таких деталей относятся рабочие лопатки турбины. Появление выработки на контактных поверхностях бандажных полок приводит к образованию зазоров меж-

ду полками, ухудшению условий работы лопаток и может вызвать их преждевременное разрушение.

Работы по устранению износа лопаток турбины проводились в направлении:

восстановления методом ручной аргонодуговой наплавки с использованием в качестве присадочного материала сплавов ВХ5 и ВКНА-2;

упрочнения вновь изготавливаемых и восстановления с помощью метода пайки дуговым разрядом в вакууме пластин из сплава ВЖЛ-2.

Проверка на изделия лопаток, восстановленных по местам износа методом наплавки сплавом ВХ5, показала износостойкость, аналогичную неупрочненным лопаткам, выполненным из сплава ЖС6КП.

При восстановлении методом наплавки лопаток, выполненных из сплава ЖС6У и ЖС6КП с использованием в качестве присадочного материала сплава ВКНА-2, отмечено появление значительного количества трещин в околосшовной зоне, что обусловлено свойствами сплавов типа ЖС6, недостаточной технологичностью сплава ВКНА-2 и конструктивными особенностями лопаток: наличием выкружки в зоне наплавки и значительными размерами контактной поверхности бандажной полки.

Исходя из условий минимального разогрева материала лопатки при упрочнении контактной поверхности бандажной полки, метод пайки дуговым разрядом в вакууме является наиболее приемлемым. Этот метод весьма целесообразен также при ремонте алитированных лопаток. В качестве материала пластин, устанавливаемых на контактных поверхностях бандажных полок рабочих лопаток турбины, использовался износостойкий сплав ВЖЛ-2.

Метод пайки дуговым разрядом в вакууме освоен и с достаточной производительностью обеспечивает опытное производство.

Проверка работоспособности упрочненных сплавом ВЖЛ-2 рабочих лопаток на изделии стендовыми испытаниями показала удовлетворительные результаты в тех случаях, когда температура в контакте пластин не превышала порядка 1000°С.

При повышении температуры в указанном районе наблюдалось размягчение пластин из сплава ВЖЛ-2 с расклевом и значительным деформированием пластин. В отдельных случаях наблюдались следы схватывания пластин между собой.

Для определения кратковременных свойств при температуре 20, 1000, 1100, 1200°C произведены испытания сплава ВЖЛ-2. При этом получены следующие данные: с повышением температуры испытания предел прочности снижается на 49% при 1100°C, на 90% при 1200°C по сравнению с температурой испытания 1000°C.

С повышением температуры испытания с 1000 до 1100°C абсолютное приращение величины относительного удлинения составляет 3,3%, с повышением температуры испытания от 1100 до 1200°C абсолютное уменьшение величины относительного удлинения составляет 2,2%.

Результаты испытаний представлены на рис. 1.

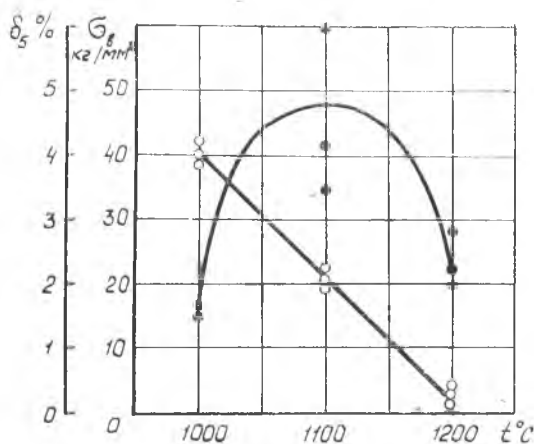


Рис. 1. Влияние температуры на механические свойства сплава ВЖЛ-2: ○ — σ_b ; ● — δ_5

Возникла необходимость в подборе материала с большей износостойкостью при высоких температурах. Работы были продолжены со сплавом ВКНА-2М.

Определялось влияние температуры на механические свойства сплавов ВЖЛ-2, ВКНА-2М, ЖС6Ф при испытании на сжатие. Работа проводилась на образцах.

Условия испытания: температура испытания 1000, 1100, 1150, 1200°C; выдержка при данной температуре 10 мин; напряжение 16 кг/мм². Испытания проводились на 15-тонной машине со скоростью перемещения активного захвата 6 мм/мин.

После выдержки при заданной температуре образец нагружался на сжатие до заданного напряжения, после чего снималась нагрузка и производились замеры высоты образцов, охлажденных до комнатной температуры. Полученные результаты приведены на рис. 2, из которых следует, что относительная деформация образцов на сжатие при данных условиях

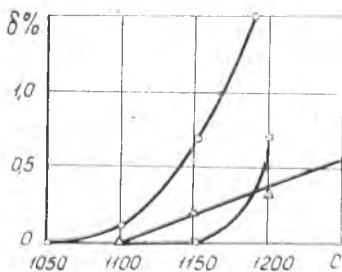


Рис. 2. Влияние нагрева на пластическую деформацию пластин $\sigma = 16$ кг/мм²; $t = 10$ мин: ВЖЛ-2 — верхняя; ВКНА-2М — нижняя кривые; ЖС6Ф — средняя.

испытаний начинается: у сплава ВЖЛ-2 с температуры 1050°C; у сплава ЖС6Ф — 1100°C; у сплава ВКНА-2М — 1150°C.

На основании полученных результатов сплав ВКНА-2М был принят в качестве материала для упрочнения контактных поверхностей бандажных полок рабочих лопаток турбины.

Наряду с указанным выше методом пайки пластины отработаны и внедрены в опытном производстве метод печной пайки

в вакууме порошковым припоем ВПр11-40Н. Данный метод позволяет одновременно с пайкой жеребеек в процессе изготовления лопаток производить пайку пластины из износостойкого материала на контактные поверхности бандажных полок лопаток. Использование при этом припоя ВПр11-40Н позволило несколько снизить температуру пайки.

Рабочие лопатки турбины с упрочнением сплавом ВКНА-2М удовлетворительно прошли испытание на изделиях.

Выводы

1. Проведены изыскания материала и метода упрочнения рабочих лопаток турбины по контактным поверхностям бандажных полок.

2. Отработаны и внедрены в опытном производстве метод печной вакуумной пайки применительно к вновь изготавливаемым лопаткам и метод пайки дуговым разрядом в вакууме для ремонта лопаток с использованием в качестве износостойкого материала сплавов ВКНА-2М и ВЖЛ-2.

3. Полученные результаты решают проблему повышения износостойкости контактных поверхностей бандажных полок рабочих лопаток турбины.