

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ SLS ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРУБ ЖАРОВЫХ ГТД

Афанасов Я.В.¹

¹ПАО «КАДВИ», г. Калуга, Y.Afanasov@kadvi.ru

Ключевые слова: аддитивные технологии, ГТД, камера сгорания, труба жаровая, ресурс, теплостойкость, ПНГ

ПАО «КАДВИ» была разработана и серийно выпускается линейка газотурбинных электростанций (ГТЭС) мощностью 100,200 и 800 кВт. Основными объектами эксплуатации являются предприятия топливно-энергетического комплекса (ТЭК), где в качестве топлива применяется попутный нефтяной газ (ПНГ) различного состава. При эксплуатации изделий мощностью 800 кВт при наработках более (4 000- 8 000) моточасов систематически фиксируются прогары и деформации стенок жаровых труб (ЖТ). Одним из путей решения данной проблемы было выбрано изменение схемы охлаждения стенок с учётом возможностей аддитивных технологий.

На рис.1, изображены трубы жаровые стандартной конструкции, после наработки, визуально фиксируются зоны перегрева, которые в дальнейшем приводят к локальной деформации, вспучиванию материала, росту напряжений и растрескиванию стенок ЖТ.



Рис. 1 – Трубы жаровые после наработки

В базовой конструкции трубы жаровой используется традиционная схема охлаждения стенок с небольшим участком ударного охлаждения кромки охлаждающего козырька [1], не закрытой воздушной пеленой из-за конструктивных ограничений (см. рис. 2). Материал Труб жаровых ХН70МБТЮ, внутренний объём покрывается защитной эмалью разработки ВИАМ ЭВК-103.



Рис. 2 – Штатная схема охлаждения

В новой конструкции трубы жаровой применена двойная стенка, наружная стенка имеет частую перфорацию, между стенками расположены цилиндрические стойки, которые обеспечивают связь двух оболочек, в свою очередь отвод тепла от внутренней стенки к наружной за счёт теплопроводности и турбулизацию потока охлаждающего воздуха, протекающего между стенок в целях интенсификации теплообмена. Материал новой конструкции трубы жаровой ВЖ-159.

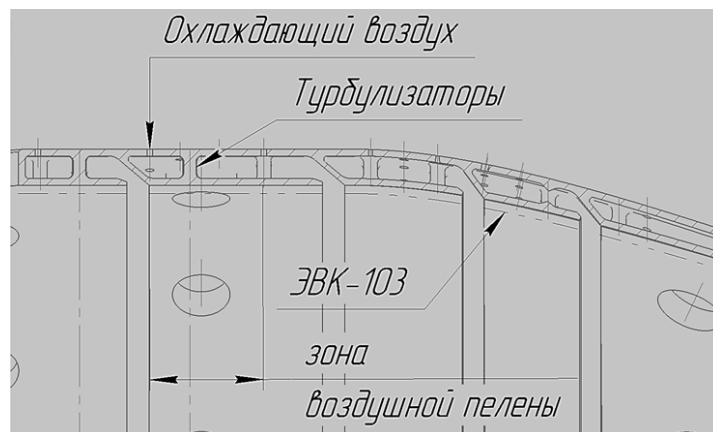


Рис. 3 – Новая схема охлаждения

Применение аддитивной технологии позволило реализовать почти непрерывную двойную стенку с размещением элементов между двумя стенками, без реализации сложных и трудоёмких технологических процессов, кроме того, точность печати обеспечила существенно большую геометрическую стабильность и меньшие отклонения от заданной геометрии, чем при традиционном способе изготовления. Последнее связано с наличием поводов в процессе сварки, необходимостью подгонки отдельных обечаек с индивидуальными отклонениями от номинала и большим влиянием человеческого фактора на этапе калибровки охлаждающих щелей.

Также худшая шероховатость поверхности на деталях, получаемых методом SLS относительно прокатных листов, не является недостатком в данном узле, так как внутренняя поверхность покрывается эмалью, которая обеспечивает высокое качество поверхности, а наличие высокой шероховатости изначального материала только увеличивает качество её адгезии на поверхности. Кроме того, возможность вырастить трубу жаровую сплошным телом позволила обеспечить более плавное изменение площади сечения по направлению движения воздуха, тем самым повысив аэродинамические характеристики трубы жаровой.

ЖТ новой конструкции были термометрированы с помощью термокрасок на заводском стенде. После испытаний в объёме 160 мч на максимальном режиме, дефектации и повторного прохождения ПСИ, по согласованию с заказчиком изделие с новыми узлами было направлено на опытно-промышленную эксплуатацию на место рождения.

По результатам эндоскопирования труб жаровых при наработке в 1200 мч, замечания отсутствуют. Следующая ревизия запланирована на наработку 4 000.

Параллельно также осуществляются работы по отработке нанесения новых типов покрытия на трубы жаровые; в рамках совместных работ с Самарский университетом проводится численное моделирование камеры сгорания сначала в штатном варианте, затем с новым вариантом ЖТ для оптимизации конструкции и повышения эффективности системы охлаждения. Дополнительно стоит задача по сравнению и оценке гидравлических потерь в трубах жаровых и наличием влияния на изменения границ розжига, которого в штатных не предельных условиях работы зафиксировано не было, что наиболее вероятно связано с отсутствием изменений в самом фронтном устройстве.

Список литературы

1. Конструкция и проектирование камеры сгорания ГТД: учебное пособие / Н.И. Старцев – Самара: Изд-во Самар. Гос. аэрокосм. Ун-та, 2007 – 120 с.: ил.

Сведения об авторах

Афанасов Ян Валерьевич – окончил КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, главный специалист по гражданской энергетической продукции, область научных интересов – проектирование элементов камер сгорания ГТД.

EXPERIENCE OF USING SLS IN THE DESIGN PROCESS FOR THE FLAME TUBE OF GTE

Key words: additive technology, GTE, combustion chamber, reliability, heat resistance, APG

PSJC @KADVI@ gas turbine installation that use APG as a fuel, meet the question about reliability of the flame tubes at 800 kW engine. Review of the using SLS-technology at designing stage of tube flames as a tool to improve better reliability are described. Result of first 1600 working hours at the APG-fuel of the new flame tube design are included and e.t.c.