

МЕТОДЫ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ: ГИДРОДРОБЕСТРУЙНАЯ И ПНЕВМОДРОБЕСТРУЙНАЯ ОБРАБОТКА

Идрисов Д.В., Паницков А.А., Желтов К.В., Карпов А.Д., Добрыднев М.В.

Самарский университет, г. Самара

apanitskov@inbox.ru

Ключевые слова: гидродробеструйная обработка, пневмодробеструйная обработка, остаточные напряжения, усталостная прочность, газотурбинный двигатель, поверхностное упрочнение.

Одной из актуальных задач современного машиностроения и авиационного двигателестроения является повышение долговечности и надежности деталей, работающих в условиях циклических механических и термических нагрузок. Особое значение данная задача имеет для элементов газотурбинных двигателей, таких как лопатки компрессоров и турбин, диски, валы и корпусные детали, для которых характерно наличие концентраторов напряжений и высокие требования к усталостной прочности.

Одним из эффективных способов повышения ресурса деталей является формирование остаточных сжимающих напряжений в поверхностном слое материала. Среди современных технологий поверхностного упрочнения широкое применение получили гидродробеструйная (ГДО) и пневмодробеструйная (ПДО) обработки.

Принцип действия данных методов основан на множественном ударном воздействии дроби по поверхности детали. В результате локальной пластической деформации поверхностного слоя возникают остаточные напряжения сжатия, препятствующие зарождению и развитию усталостных трещин. Повышение усталостной прочности достигается за счет снижения эффективных рабочих напряжений в наиболее нагруженных зонах конструкции.

Анализ литературных данных показывает, что применение дробеструйной обработки позволяет увеличить предел выносливости деталей на 20–50% в зависимости от материала, режима обработки и геометрии изделия. Для высокопрочных сталей и сплавов уровень остаточных сжимающих напряжений может достигать 900–1100 МПа.

Особенностью распределения остаточных напряжений после дробеструйного упрочнения является наличие подповерхностного максимума. На поверхности формируются умеренные сжимающие напряжения, которые возрастают по мере удаления от поверхности и достигают максимальных значений на глубине порядка 0,05–0,10 мм. Глубина упрочненного слоя обычно составляет 0,2–0,35 мм.

Гидродробеструйная обработка отличается более высокой контролируемостью процесса и обеспечивает формирование равномерного распределения остаточных напряжений по глубине. Использование жидкости в качестве ускоряющей среды позволяет снизить риск повреждения тонкостенных и сложнопрофильных деталей, что особенно важно для элементов газотурбинных двигателей.

Пневмодробеструйная обработка характеризуется высокой производительностью и технологической простотой. Данный метод позволяет формировать высокие пиковые значения остаточных напряжений в приповерхностном слое, что эффективно препятствует зарождению усталостных трещин. Однако при обработке деталей сложной геометрии требуется более строгий контроль режимов для предотвращения переупрочнения и повышения шероховатости поверхности.

Для деталей газотурбинных двигателей выбор между ГДО и ПДО определяется геометрией элемента, материалом, условиями эксплуатации и требованиями к ресурсу. Для тонкостенных лопаток, хвостовиков и сложнопрофильных деталей предпочтительна гидродробеструйная обработка, обеспечивающая более мягкое и контролируемое

воздействие. Для серийного производства массивных деталей более рациональным является применение пневмодробеструйной обработки.

Таким образом, гидродробеструйная и пневмодробеструйная обработки являются эффективными методами повышения эксплуатационной надежности деталей газотурбинных двигателей. Их применение позволяет существенно увеличить усталостную долговечность конструктивных элементов и повысить ресурс авиационных энергетических установок.

Список литературы

1. Павлов В.Ф., Кирпичёв В.А., Вакулюк В.С. Прогнозирование сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей по остаточным напряжениям // Современные проблемы машиностроения. – 2018.

2. Борин В.И., Хлипач С.Г. Современные методы дробеструйной обработки. – М.: Издательский Дом МЭИ, 2014.

3. Горбунов В.Г., Горбунова Е.В. Технология дробеструйной обработки деталей и поверхностей. – М.: Издательство МЭИ, 2015.

Сведения об авторах

Идрисов Дмитрий Владимирович – к.т.н., доцент кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского университета. Область научных интересов – исследование влияния добавок водорода в топлива на процессы в камерах сгорания газотурбинных двигателей.

Добрыднев Михаил Витальевич – студент Самарского университета. Область научных интересов – исследование процессов горения в газотурбинных двигателях.

Желтов Кирилл Владимирович – студент Самарского университета. Область научных интересов – исследование рабочего процесса газотурбинных двигателей, рабочего процесса лопаточных машин и процессов горения в газотурбинных двигателях.

Карпов Александр Дмитриевич – студент Самарского университета. Область научных интересов – исследование вопросов прочности и увеличения ресурса газотурбинных двигателей.

Паницков Андрей Александрович – студент Самарского университета. Область научных интересов – исследование процессов горения и вибрационной прочности газотурбинных двигателей.

METHODS OF SURFACE HARDENING OF GAS TURBINE ENGINE COMPONENTS: HYDRO SHOT PEENING AND PNEUMATIC SHOT PEENING

Idrisov D.V., Panitskov A.A., Zheltov K.V., Karpov A.D., Dobrydnev M.V.
Samara University, Samara, Russia

Keywords: hydro-shot peening, pneumatic shot peening, residual stresses, fatigue strength, gas turbine engine, surface hardening.

This paper discusses hydro shot peening and pneumatic shot peening as effective methods of surface hardening for gas turbine engine components operating under cyclic mechanical and thermal loads. These technologies create compressive residual stresses in the surface layer, increasing fatigue strength and service life. A comparative analysis of both methods is presented. Their application prospects for gas turbine engine components are considered.