

1. Для проектирования ЖРДМТ, поддержки жизненного цикла изделия и выполнения численного моделирования напряженно-деформированного состояния и тепловых процессов в конструкции двигателей применяются рабочие станции в составе высокопроизводительной системы распределенной разработки изделий и поддержки технологий сквозного проектирования с имеющимся программным обеспечением (ANSYS, FlowVision, SolidWorks).

2. Ресурсный Центр факультета "Двигатели летательных аппаратов" МАИ обладает оборудованием и технологиями изготовления и сборки металлических изделий (смесительных головок, оснастки и другой материальной части, требуемыми для создания ЖРДМТ). Для проведения предварительных гидравлических испытаний используется пластиковая модель смесительной головки изготовленной с помощью стереолитографическая машины Viper Si2. Для анализа мелкости распыливания компонентов при холодных проливочных испытаний применяется лазерный дифракционный анализатор дисперсного состава собственной разработки факультета или компании «Malvern Spraytec».

3. Изготовление деталей смесительной головки осуществляется с применением универсального высокоскоростного 5-ти осевого фрезерного станка PROFISPEED 600 и другого оборудования механической обработки с использованием САМ систем.

4. Испытания испытаний узлов и сборок ЖРД малых тяг проводятся на стенде научной лаборатории "Жидкостных ракетных двигателей малых тяг" кафедры "Ракетные двигатели" МАИ, модернизированном совместно с ФКП "НИЦ РКП", и оснащенном современным измерительным оборудованием (расходомерами, датчиками давлений, датчиками температур и пр.). На огневом стенде имеются контактные (термопары) и бесконтактные (инфракрасная тепловизионная камера) способы оценки теплового состояния конструкции, входящие в программу-методику огневых испытаний ЖРДМТ. Для динамического измерения тяги ЖРДМТ применяется тягоизмерительное устройство, разработанное ФКП "НИЦ РКП", входящее в состав огневого стенда. Огневой стенд оснащен универсальной высокопроизводительной системой сбора, хранения, обработки результатов измерений и поверки, используемой при проведении всех видов испытаний (гидравлических, огневых и пр.).

В настоящий момент с использованием имеющихся технологий цикл от разработки до испытания прошел пока единственный двигатель тягой 200Н, работающий на компонентах газообразный кислород + керосин. Реализация цепочки разработки двигателя позволяет в короткие сроки пройти путь от идеи до испытаний ракетно-технического изделия.

УДК 621.793.7

ДИАГНОСТИКА МАТЕРИАЛОВ КОНСТРУКЦИЙ НА РАННИХ СТАДИЯХ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ И ОЦЕНКА НДС КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДАМИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Мишакин В.В., Данилова Н.В., Курашкин К.В., Ключников В.А., Гончар А.В.

Нижегородский филиал Института Машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Неразрушающие методы контроля активно применяются для определения технического состояния объектов, находящихся в эксплуатации. Актуальными задачами современной диагностики являются определение усталостной поврежденности материалов на ранних стадиях разрушения и кон-

троль их напряженно-деформированного состояния. В докладе представлены результаты исследований состояния сталей с помощью акустического, магнитного, оптического и вихретокового методов.

Полученные результаты акустических и оптических исследований образцов стали

08X18H10T, подверженных циклическому нагружению, позволили установить корреляционные связи акустических характеристик и микропластических деформаций с амплитудой и количеством циклов нагружения. В процессе циклических испытаний в материале 08X18H10T меняются характеристики кристаллографической текстуры, накапливается микроповрежденность, и происходят аллотропические изменения. Показано, что эти процессы влияют на значения коэффициентов Пуассона и параметра анизотропии упругих свойств материала, которые измеряются акустическим методом. Совместное использование акустического и оптического методов контроля позволяет обнаруживать признаки усталостного разрушения материала задолго до образования макротрещины. На основании полученных результатов разработана методика определения поврежденности материала на ранних стадиях усталостного разрушения.

В сварных образцах стали 08X18H10T, подверженных циклическому нагружению, были выполнены исследования методом вихревых токов. Известно, что магнитные характеристики и характеристики электропроводности материала чувствительны к его структурному состоянию. Установлено, что использование вихретокового метода позволяет определять границы зоны термического влияния сварного шва. Получено, что, показывая вихретоковый дефектоскоп, которые связаны с магнитными характеристиками и характеристиками электропроводности, монотонно изменяются в процессе исчерпания ресурса материала. Это связано с мартенситным превращением при усталостном нагружении аустенитной стали (γ -железо превращается в мартенсит ϵ – пересыщенный твердый раствор углерода в α -железе). Межфазные границы γ/ϵ являются опасными местами зарождения микротрещин, именно по ним преимущественно развиваются микротрещины [1]. Вихретоковый контроль позволяет оценить структурные изменения, связанные с накоплением повреждений на ранней стадии разрушения.

Также были проведены оптические и акустические исследования образцов стали 15ЮТА, подверженных циклическим испытаниям. На основании результатов, полученных с помощью оптического метода, предложено использовать концентрацию полос скольжения и величину микропластических

деформаций в качестве диагностических параметров для прогнозирования текущего и критического значения числа циклов нагружения. В результате акустических исследований получено немонотонное изменение скорости продольных упругих волн в процессе исчерпания ресурса. Такое поведение скорости упругих волн при усталостном разрушении объясняется уменьшением упругих модулей вследствие разрыхления материала и формированием текстуры деформации.

Были проведены исследования остаточных сварочных напряжений в элементе трубы магистрального газопровода из стали X70. На основании проведенных исследований предложен способ оценки уровня остаточных напряжений в основном металле сварного соединения, который основывается на анализе коэффициентов Пуассона ν_{31} и ν_{32} , измеряемых ультразвуковым эхометодом. Связь коэффициентов Пуассона определяется особенностями формирования текстуры проката листового сплава и влиянием остаточных напряжений. В отсутствие напряжений коэффициенты Пуассона линейно связаны. Присутствие остаточных сварочных напряжений приводит к отклонению точек $\{\nu_{31}; \nu_{32}\}$ от прямой линии. Разность главных напряжений определяет величину отклонения точек $\{\nu_{31}; \nu_{32}\}$ от прямой зависимости. Использование предлагаемого алгоритма позволяет осуществлять оперативный контроль уровня остаточных напряжений непосредственно на объекте с помощью измерения времени распространения объемных упругих волн.

Также были проведены магнитные исследования остаточных напряжений в сварном соединении из стали 35. Показано, что изменение коэрцитивной силы хорошо коррелирует с уровнем механических напряжений.

Библиографический список

1. Соснин, О.В. Закономерности эволюции дислокационных субструктур в сталях при усталости / О.В. Соснин [и др.] // Вестник СамГТУ. Сер. Физ.-мат. науки. – 2004. – № 27. – С. 185–192.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (гранты 09-08-00892 и 09-08-00827).