

Автоматизированный комплекс для определения адгезионной прочности при отрыве высокоэнергетического материала от антиадгезионного покрытия

В.С. Куренков, А.В. Чушкин, В.М. Цаканян (ФГУП «ФЦДТ «Союз»)

Рассматривается проект разработки современного автоматизированного комплекса для исследований высокоэнергетических материалов на адгезионную прочность. Отмечены недостатки существующей установки для проведения испытаний. Описана структура разрабатываемого комплекса, включающая современные высокоточные механизмы и средства измерений, которые позволяют максимально автоматизировать процесс проведения испытаний, исключить влияние человеческого фактора на процесс определения адгезионной прочности и повысить производительность труда. Показаны преимущества использования автоматизированного комплекса.

Ключевые слова: высокоэнергетические материалы, адгезионная прочность, антиадгезионное покрытие, автоматизированный комплекс, испытательная установка, средство измерений, результаты испытаний.

ФГУП «ФЦДТ «Союз» проводит различные исследования в области разработки и создания высокоэнергетических материалов (ВЭМ), применяемых в различных энергетических установках. При этом для аттестации и паспортизации ВЭМ реализуется комплекс исследований их различных характеристик (порядка 30 параметров). Одним из таких параметров является адгезионная прочность при отрыве ВЭМ от антиадгезионного покрытия (ААП).

Определение адгезионной прочности покрытий, нанесенных на формующую оснастку, проводится путем измерения предела прочности на разрыв системы «ВЭМ–ААП». Методика определения адгезионной прочности покрытий используется при разработке рецептур и технологии нанесения ААП для вновь разрабатываемых зарядов (в которых применяются ВЭМ), а также при их модернизации. Полученное значение адгезионной прочности позволяет установить, обеспечивается ли соответствие между прочностными характеристиками формующей оснастки и адгезией отвержденного ВЭМ к ААП. Для каждого варианта рецептур ВЭМ и антиадгезивов проводится три серии, включающие не менее чем по пять параллельных испытаний по определению адгезионной прочности при нормальном отрыве ВЭМ от антиадгезионного покрытия, нанесенного на формующую оснастку в виде металлических грибков. При этом ВЭМ и материалы формующей оснастки могут быть различными.

Методика основана на изготовлении образцов с нанесенным антиадгезионным покрытием и зажатой между ними с помощью ленты на триацетатной основе смеси ВЭМ, термостатировании образцов, разрушении образцов на специальной установке и расчете адгезионной прочности контакта между антиадгези-

онным покрытием и ВЭМ. Антиадгезионные покрытия могут быть различными по химическому составу и числу наносимых слоев. На адгезионную прочность оказывают влияние различные факторы [1, 2], которые необходимо учитывать при проведении экспериментов. При этом к экспериментальным данным предъявляются повышенные требования по точности.

Изготовление образцов для проведения испытаний проводится согласно установленным на предприятии методикам. Готовые образцы устанавливаются в кассету, которую помещают в специальный контейнер для отверждения ВЭМ при термостатировании в климатическом оборудовании по режиму, установленному под каждую конкретную рецептуру ВЭМ. После окончания термостатирования образцов ВЭМ контейнер транспортируется в помещение для испытаний, где кассеты извлекаются и готовые образцы закрепляют на установку для проведения испытаний.

Основой проведения испытаний на определение адгезионной прочности является разрывная установка, включающая приводной механизм, силонагружающее устройство, пульт управления и силоизмерительное устройство. Приводной механизм состоит из электродвигателя, который соединен с четырехскоростным редуктором через упругую муфту. Одна половина муфты является частью электромагнитного тормоза, собранного на базе промышленного реле ПЭ-4. При включении двигателя тормоз выключен, при выключении двигателя происходит включение тормоза и быстрая остановка подвижных частей. Редуктор содержит набор цилиндрических шестерен и червячную пару на выходном валу. Вал, на котором установлено червячное колесо, является ходовым винтом силонагружающего устройства.

При проведении испытаний на определение адгезионной прочности на существующей системе возникли следующие проблемы.

1. Применяемое оборудование и средства измерений морально и физически устарели. Многие комплектующие уже не производятся, из-за чего становится практически невозможно поддерживать работоспособность системы.

2. Частота опроса измерительного канала при измерении предела прочности очень низкая (1 Гц) и вносит большую погрешность в результат, так как процесс длится 3...7 с (в зависимости от рецептуры ВЭМ).

3. Высокая трудоемкость получения итоговых данных (ручная обработка зарегистрированных данных, ручной расчет единичных испытаний и данных по серии).

В связи с указанными проблемами назрела необходимость в модернизации существующей технологии проведения испытаний и разработки современного автоматизированного комплекса для определения адгезионной прочности при отрыве ВЭМ от ААП.

Основными задачами, поставленными при разработке автоматизированного комплекса, являются:

- повышение точности измерений (достоверности получаемых данных);
- повышение надежности за счет применения современных технических средств и средств измерений;
- повышение производительности труда (сокращение времени на обработку зарегистрированных данных);
- метрологическое обеспечение в соответствии с действующим законодательством.

Помимо этого, на крупных предприятиях, проводящих множественные всесторонние исследования при разработке и выпуске готовой продукции, возникают проблемы оперативного получения экспериментальных данных для оценки качества выпускаемых изделий. При этом могут возникать ситуации, что для одного изделия проводятся исследования определенного параметра с применением современных программно-технических средств, а для другого параметра — устаревшее оборудование и средства измерения. Поэтому разработчикам иногда приходится буквально «собирать» данные с различных испытательных участков и затем «вручную» централизовать информацию. В связи с этим еще одной важной задачей при модернизации системы является возможность оперативного предоставления информации разработчику

для принятия решений по дальнейшим работам при разработке ВЭМ.

Модернизация существующей системы измерения без изменения технологического оборудования в данном случае является неэффективной в связи с тем, что применение существующего испытательного комплекса приводит к дополнительным погрешностям при измерении предела прочности. Например, конструкция подвижного и неподвижного захвата устроена таким образом, что может вызвать отклонение от оси растяжения при установке образца. Скорость передвижения подвижного захвата регулируется через редукторную систему, механический износ которой вносит вклад в общую погрешность измерений. Также установка имеет специфическую конструкцию под датчик ДД-10, который уже не отвечает современным требованиям по метрологическому обеспечению и точности измерений.

Разработка нового автоматизированного комплекса в настоящее время проводится в два этапа: замена средств измерений и системы управления; изготовление новой установки для проведения испытаний на основе современных высокоточных механизмов.

Структурная схема автоматизированного комплекса приведена на рис. 1.

В общем виде комплекс состоит из следующих элементов: установка для проведения испытаний; климатическое оборудование; система измерения и управления; АРМ оператора.

Основой разрабатываемой установки для проведения испытаний является электромеханический цилиндр (линейный актуатор) серии САНВ-10 со встро-

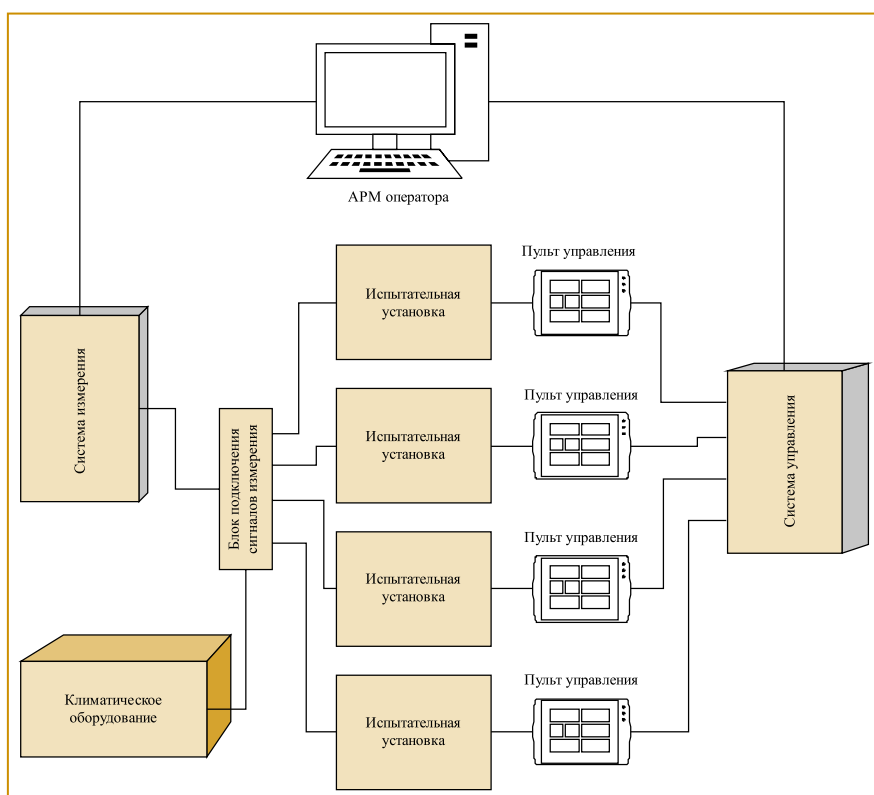


Рис. 1. Структура автоматизированного комплекса для проведения испытаний

енным энкодером, позволяющий с высокой точностью обеспечить требуемую скорость линейного перемещения в заданном диапазоне.

Преимуществами данного линейного актуатора являются:

- компактная конструкция;
- возможность использования в тяжелых условиях эксплуатации;
- прочность и надежность;
- наличие встроенных концевых выключателей;
- низкий уровень шума при работе;
- наличие термозащиты двигателя;
- удовлетворение требованиям по электромагнитной совместимости стандарта EMC.

Для использования данного линейного актуатора разрабатывается специальная станина, выполненная из алюминиевого конструкционного профиля. Станина устанавливается на антивибрационный коврик. К основанию крепится неподвижная часть захвата. В зависимости от применяемого датчика усилия в данной установке предусмотрена съемная часть неподвижного захвата, то есть в случае использования датчика другого типа не потребуется значительных изменений в конструкции установки (только неподвижной части захвата). На шпильки устанавливается новый захват с установленным датчиком, который притягивается гайками к основной станине. При этом тензометрический датчик крепится к неподвижному захвату с помощью шарнирного механизма для минимальной потери усилия при изгибе датчика в процессе растяжения. Подвижная часть захвата жестко связана со штоком актуатора через специаль-

ные направляющие с встроенным датчиком перемещения для минимального отклонения образца от оси растяжения при испытании. Модель разрабатываемой испытательной установки показана на рис. 2.

Применение специализированного контроллера совместно с актуатором позволяет обеспечить высокую точность параметров перемещения и позиционирования штока. Помимо этого контроллер позволяет установить не только заданную скорость перемещения подвижного штока, но и, например, различные параметры разгона. Это дает возможность дополнительного исследования адгезионной прочности образцов ВЭМ при необходимости.

В автоматизированном комплексе предусмотрены следующие измерительные каналы: усилие растяжения, температура, линейное перемещение, время растяжения.

Система измерения строится на основе измерительной установки сбора данных LTR фирмы «Л-Кард» с измерительными модулями LTR-212 М, LTR-114, LTR-11. В качестве первичных преобразователей может применяться практически любой тензометрический датчик, отвечающий заданным точностным и метрологическим характеристикам. Для измерения температуры применяются датчики на основе термосопротивления ТС1288/2 фирмы «Элемер».

Все средства измерений внесены в Госреестр средств измерения (СИ) и проходят периодические поверки. Поскольку разрабатываемый комплекс относится к классу измерительных устройств, то планируется провести работы в целях утверждения типа СИ РФ и разработать методику поверки комплекса. Для

этого в составе комплекса предполагается использование поверочного приспособления. В разработанном специализированном программном обеспечении (СПО) предусмотрен режим градуировки датчика, в котором пользователь выбирает применяемый датчик на измерительном канале, и программа сама определяет шаги нагрузки калиброванным грузом и фиксирует сигнал с датчика на определенной нагрузке. После калибровки формируется протокол с расчетом суммарной приведенной погрешности измерительного канала с отметкой «ГОДЕН/НЕ ГОДЕН».

Управление установкой осуществляется через АРМ-оператора или с местного пульта через СПО, выполняющее следующие основные функции: подготовка к проведению испытаний, градуировка канала усилия и линейного перемещения, проведение испытаний,

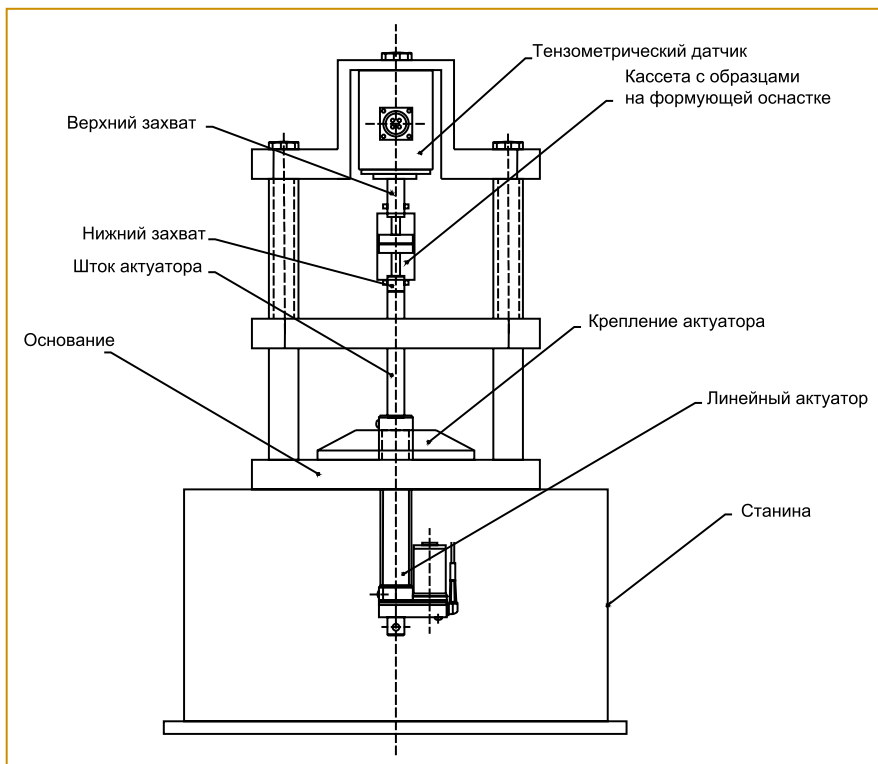


Рис. 2. Модель испытательной установки

обработка результатов испытаний, сохранение и печать отчетов (протоколов).

Оператор после самодиагностики системы в СПО вводит исходные данные в программу измерений, выбирает требуемый режим испытания, устанавливает образец в установку и запускает эксперимент. При этом программа автоматически по заданным алгоритмам обработки сигнала усилия включает (точка начала устойчивого растяжения) и останавливает (точка отрыва образца) запись параметров и переходит к следующему образцу в серии. Оператор только меняет образцы в установке и проводит запуск, что значительно сокращает время от подготовки к испытаниям до получения результатов.

Обработка результатов испытаний проводится в соответствии с отраслевым стандартом, принятым на предприятии и включает статистическую обработку результатов определения предела прочности с расчетом погрешностей измерений и проверкой на промахи (грубые ошибки).

Помимо этого, в расчетах учитывается ошибка при условии, если образец расположен не перпендикулярно к поверхности. Приблизительная поправка на отношение пиковой нагрузки к средней нагрузке вычисляется по формуле:

$$R = R_0 (1 + 0,14 ab/d),$$

где b — расстояние от поверхности до первой подвески или до точки, в которой усилие и противодействующее усилие генерируются приводом, мм; d — диаметр контрольного упора, мм, a — угол отклонения от оси, в гр (< 5 гр.), R — максимальное отношение пиковой нагрузки к средней нагрузке для неправильно выравненной жесткой системы.

После испытания последнего образца в серии программа выдает сообщение оператору о завершении эксперимента и автоматически формирует протокол испытаний, который можно распечатать.

Результаты испытаний сохраняются в базу данных, а подключение к ней через локальную вычислительную

Исследовать - значит видеть то, что видели все, и думать так, как не думал никто.

Альберт Сент-Дьёрди

сеть от стороннего АРМ позволяет оперативно в реальном времени просматривать результаты испытаний.

Заключение

На базе ФГУП «ФЦДТ «Союз» проводится разработка современного автоматизированного комплекса для определения адгезионной прочности при отрыве высокоэнергетического материала от антиадгезионного покрытия. Разработана и внедрена система измерения, что уже в настоящее время позволило проводить испытания с высокой точностью. Погрешность предела прочности в основном $\leq 0,25\%$ и зависит от применяемого датчика усилия. Сравнительные эксперименты показали, что разбросы результатов в серии испытаний с применением современных средств измерений снижены практически в 2 раза за счет повышения частоты опроса измерительных каналов, снижения погрешности датчиков, применения высокоточных технических средств. За счет создания испытательной установки и автоматизации проведения испытаний с автоматической обработкой экспериментальных данных будет увеличена производительность труда практически в 3 раза. Применение БД для хранения результатов испытаний позволяет автоматически «привязывать» полученные параметры к конкретному изделию, для которого применяется исследуемый ВЭМ.

Список литературы

1. Основы химии и технологии порохов и твердых ракетных топлив: Учеб. пособие / РХТУ им. Д.И. Менделеева. - М., 2001.
2. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология / под ред. Берлина А.А. СПб: Профессия, 2009.—556с.

*Куренков Валерий Сергеевич — начальник отделения автоматизации,
Чушкин Александр Викторович — канд. техн. наук, ведущий инженер-электроник,
Цаканян Владимир Мамиконович — канд. техн. наук, начальник группы ФГУП «ФЦДТ «Союз».
Контактный телефон (495) 551-71-23.
E-mail: soyuz@fcdt.ru*

«Лаборатория Касперского» выявила кампанию кибершпионажа против промышленных предприятий

«Лаборатория Касперского» обнаружила набор вредоносных модулей MontysThree, существующий предположительно с 2018 г. и предназначенный для целевых атак на промышленные предприятия. Он использует техники, помогающие избежать детектирования, в том числе сообщение с контрольно-командным сервером через публичные облачные сервисы и стеганографию.

Вредоносное ПО MontysThree состоит из четырех модулей. Атака начинается с распространения загрузчика с помощью фишинга через самораспаковывающиеся архивы. Названия файлов в таких архивах могут быть связаны со списками контактов сотрудников, технической документацией или результатами

медицинских анализов. Загрузчик расшифровывает основной вредоносный модуль из растрового изображения со стеганографией. Для этого применяется специально разработанный алгоритм.

Основной вредоносный модуль использует несколько алгоритмов шифрования, чтобы избежать детектирования, преимущественно RSA для коммуникаций с контрольным сервером и для расшифровки конфигурационных данных. Основная задача зловреда - поиск документов Microsoft Office и Adobe Acrobat.

Дополнительные сведения о вредоносных модулях MontysThree и рекомендации по защите от атак читайте на сайте «Лаборатории Касперского».

<https://www.kaspersky.ru>