

УДК 620.179.16

ОЦЕНКА АДГЕЗИИ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДАМИ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ И УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ

Ученик 11 класса Быченков А.В. (МОБУ СОШ №6)

Научные консультанты – Ведущий технолог ОНМК ОКБ Сухого Мишачев А.П. (ПАО «ОАК»), аспирант Университета ИТМО Шмаков А.М. (ИТМО)

Введение. Проблема обеспечения высокой адгезионной прочности соединения между слоями многослойных полимерных композиционных покрытий (ПКП) в авиационных конструкциях имеет критическое значение для их надежности и безопасности. Недостаточная адгезия может привести к расслоению материала и, как следствие, к аварийным ситуациям. Традиционно для оценки адгезии используются разрушающие механические испытания. Однако, они неприменимы для контроля изделий в процессе эксплуатации.

В настоящее время активно разрабатываются методы неразрушающего контроля, позволяющие оценивать адгезию без повреждения конструкции. Анализ отечественного и зарубежного опыта показывает, что одним из наиболее перспективных направлений является ультразвуковой контроль, в частности, его лазерно-ультразвуковая разновидность [1]. Данный метод основан на генерации ультразвуковых волн с помощью лазерного излучения, что позволяет получать информацию о внутренних дефектах и свойствах материала. Однако, применение лазерно-ультразвукового контроля для оценки адгезии ПКП к металлам требует дальнейшего изучения и разработки методик, позволяющих надежно интерпретировать получаемые данные.

Основная часть. В настоящей работе предложено решение задачи по оценке адгезии полимерных композиционных покрытий к металлическим подложкам с использованием лазерно-ультразвукового контроля. Суть предлагаемого подхода заключается в анализе параметров ультразвуковых эхо-сигналов, отраженных от границы раздела "покрытие-подложка" и от дефектов – участков с пониженной прочностью сцепления [2].

Для экспериментальной проверки предложенного подхода были изготовлены образцы с полимерными композиционными покрытиями на металлических подложках. Часть образцов содержала искусственно заложенные дефекты. Исследования проводились с использованием лазерно-ультразвукового дефектоскопа, работающего в эхо-импульсном режиме. Регистрировались амплитуда и время прихода эхо-сигналов. Последовательно проводились механические испытания на отрыв для получения значений адгезионной прочности.

Установлено, что уменьшение адгезии между слоями многослойного покрытия приводит к увеличению затухания акустических колебаний. На основе анализа параметров эхо-сигналов (амплитуды и времени прихода) разработан критерий, позволяющий количественно оценивать адгезионную прочность. Проведенный корреляционный анализ показал высокую степень связи между значениями этого критерия, полученными при лазерно-ультразвуковом контроле, и значениями адгезионной прочности, измеренными в результате механических испытаний.

Выводы. Проведенные экспериментальные исследования демонстрируют, что лазерно-ультразвуковой контроль может быть использован для оценки адгезии между слоями многослойного полимерного композиционного покрытия, причем уменьшение адгезионной прочности приводит к увеличению затухания акустических колебаний. Установлена взаимосвязь между предложенным критерием и адгезионной прочностью, определяемой методом механических испытаний. Лазерно-ультразвуковой контроль применим для неразрушающего контроля адгезии полимерных композиционных покрытий, что открывает перспективы для повышения безопасности и надежности авиационных конструкций. Дальнейшие исследования будут направлены на автоматизацию обработки данных, получаемых методом лазерно-ультразвукового контроля, изучение влияния различных

внешних факторов (таких как температура и влажность) на точность и достоверность результатов контроля, а также на расширение области применения данного метода в других типах материалов и конструкций.

Список использованных источников:

1. Кинжагулов И.Ю., Быченко В.А. Методика лазерно-ультразвукового контроля качества изготовления паяных соединений // Приборостроение. – 2013. – Т. 56. – №5. – С. 94–98.
2. Bychenok V.A., Khizhnyak S.A., Sorokin A.A., Simonenko A.G., Berkutov I.V., Alifanova I.E., Shmakov A.M., D'yachkovskii E.I. Ultrasonic Testing of Adhesion of Special Coatings // Russ Nondestruct Test 59, pp. 839–846 (2023).