

В.П. Маслов

Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, Київ

РОЗРОБЛЕННЯ І ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАСОБІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ КОНСТРУКЦІЙ ТА СИСТЕМ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ МЕТОДАМИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ



Розроблено методи оптичного поляризаційного контролю механічних напружень і дефектів в деталях літака. Запропоновано введення в лакофарбове покриття оптично активної домішки, яка при ударах корпусних деталей або при подряпинах флуоресцює в ультрафіолетовому випромінюванні.

Ключові слова: неруйнівний контроль, оптично-активні домішки, деформація, механічні напруження.

Україна входить в десятку країн світу, які мають повний цикл виготовлення літаків — від конструювання до їх виробництва. Провідним вітчизняним підприємством галузі є Державне підприємство «Авіаційний науково-технічний комплекс ім. О.К. Антонова» (далі — ДП «Антонов»). За останні роки тут було створено серію реактивних регіональних літаків Ан-148, обладнаних двома двигунами. Це — високотехнологічні конкурентоспроможні літаки, які відповідають всім сучасним світовим вимогам, нормам безпеки і екологічності та задовольняють побажання потенційних експлуатантів. Літаки Ан-148 призначені для пасажирських, вантажопасажирських і вантажних перевезень на регіональних і магістральних лініях. Відомо, що розробки українських літакобудівників користуються попитом не лише в Україні, але і за кордоном.

На корпусні деталі літака під час експлуатації впливають різні механічні та температурні

екстремальні фактори, зокрема механічні удари, перепад температур. Це може спричинити зміну аеродинамічної форми літака і навіть розгерметизацію фюзеляжу. Але на початкових стадіях виробництва повітряного судна такі дефекти можуть не виявитись традиційними засобами технічної діагностики. Тому виникла необхідність в розробленні простих у користуванні, експресних та точних методів неруйнівного контролю, що дозволить підвищити надійність визначення технічного стану літака та, відповідно, безпеку польотів.

ВИМОГИ ТА ВИБІР МЕТОДУ КОНТРОЛЮ

Відомі методи неруйнівного контролю (МНК) використовуються лише локально, тому контроль з їх застосуванням потребує значно більше часу для перевірки придатності деталей літака (крило, фюзеляж тощо). Методи контролю мають бути простими у застосуванні, надавати інформацію про наявність дефектів у великогабаритних деталях та, при можливості,

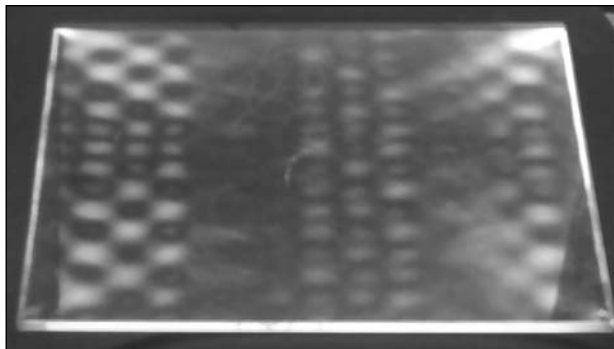


Рис. 1. Механічні напруження та структура загартованого листового скла. Дослідження проведено у відбитому сонячному поляризованому світлі з використанням поляризаційного фільтра на об'єктиві фотокамери. Кут розміщення зразка до напрямку падаючого випромінювання — $160\text{--}180^\circ$

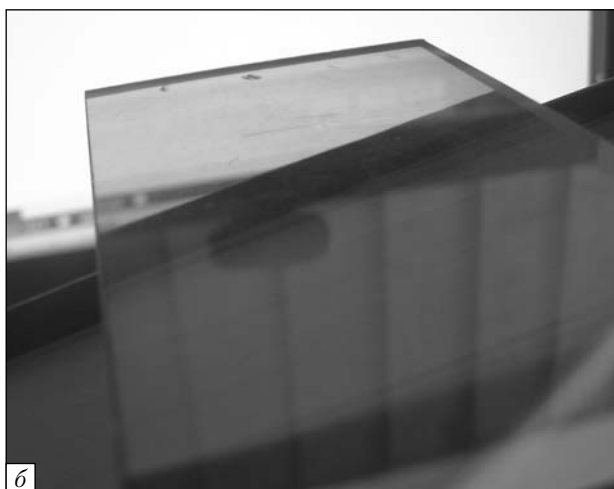


Рис. 2. Зразок органічного авіаційного скла СО-120 (а) та зразок авіаційного орієнтованого скла АО-120 (б). Кут розміщення площини зразків до площини екрана дисплея — 180°

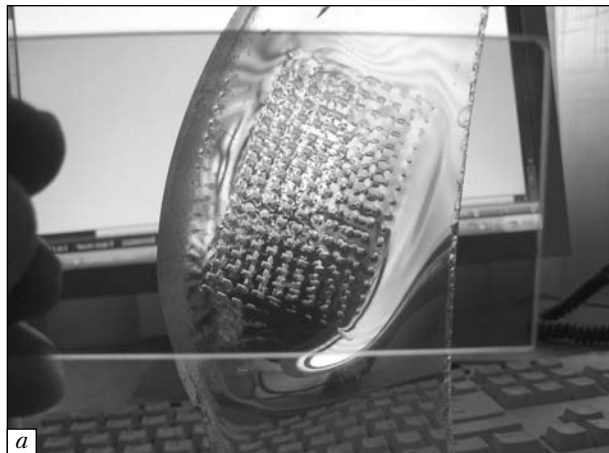


Рис. 3. Виявлені внутрішні механічні напруження в органічному склі СО-120 після деформації (а) та локального руйнування (б)

не потребувати використання високовартісного та великогабаритного обладнання. При цьому діагностична інформація, одержувана в процесі контролю, має бути чіткою і не допускати подвійного трактування.

Залежно від принципу роботи всі відомі МНК поділяються на *акустичні* (ультразвукові), *капілярні*, *магнітнопорошкові*, *оптичні*, *радіаційні*, *радіохвильові*, *теплові*, *електричні*, *електромагнітні*, *вихороструменеві* та контроль за допомогою *течощукача* [1, 2]. Загальними недоліками цих методів є отримання лише локальної інформації та можливість застосування їх для виробів простої форми (листи про-

кату, труби та місця їх зварювання). Ці методи складно застосувати для деталей літака і тому діагностування проводиться лише локально в критичних місцях конструкцій. Тому необхідним є подальший розвиток та пошук нових підходів до МНК великогабаритних деталей складної форми.

Літак має багат шарове лакове покриття, яке при полімеризації дає певну усадку (декілька відсотків), що призводить до механічних напружень у покритті. При відбитті оптичного випромінювання від цих лакофарбових покриттів воно має компонент поляризації. Тому для подальшого дослідження ми обрали саме цей метод для контролю як прозорих матеріалів (органічне авіаційне скло), так і для деталей з лакофарбовим покриттям.

Відомий прилад поляризаційного контролю (ПКС-250, виробник ЛОМО, Росія) дозволяє контролювати деталі, розмір яких не перевищує 250 мм. Тому при розробці способів контролю особливу увагу було приділено пошуку джерел випромінювання поляризованого світла для контролю великогабаритних деталей, а також аналізу можливостей використання інших оптичних методів контролю.

ОПИС МЕТОДУ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

На першому етапі досліджень було розроблено спосіб контролю механічних напружень в конструкційних елементах літаків [3], який полягає в опроміненні досліджуваного об'єкта поляризованим світлом з наступною обробкою інформації з використанням аналізатора. Як аналізатор використовувались поляризаційні окуляри, а джерелом поляризованого світла було сонячне світло, відбите від віконного скла (рис. 1).

Цей спосіб можна також використовувати для діагностування елементів конструкції літака з високим коефіцієнтом оптичного відбиття від лакофарбового покриття. При де-



Рис. 4. Зразок органічного авіаційного скла СО-120 (а) та зразок авіаційного орієнтованого скла АО-120 (б). Площина зразків паралельна екрану дисплея

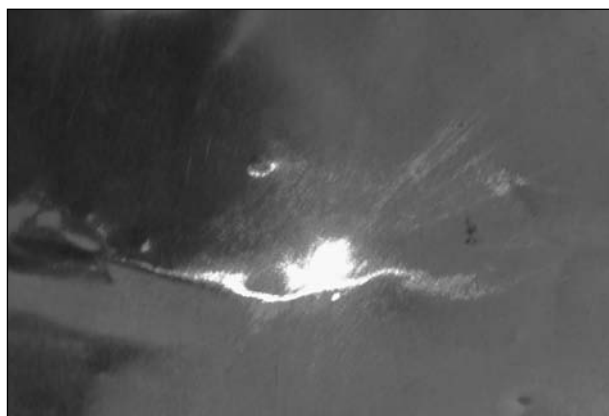


Рис. 5. Дефекти, виявлені за допомогою розроблених оптично-активних домішок

формації корпусної деталі лакофарбове покриття теж деформується, що впливає на поляризацію відбитого світла. Це може бути зафіксовано візуально через поляризаційні окуляри або фотоапаратом з поляризаційним фільтром.

Недолік розробленого способу полягає в необхідності використання сонячного світла, отже його застосування залежить від погодних умов та часу дня.

Для контролю органічного оптичного скла нами було застосовано як джерело поляризованого світла екран персонального комп'ютера (ПК) або телевізора в стані включення в електричну мережу живлення [4]. На рис. 2 можна побачити, що запропоноване технічне рішення дозволяє просто та ефективно розпізнавати наявність орієнтації у склі, а також напруження на дефектах (рис. 3, 4).

На другому етапі досліджень було проведено пошук більш ефективних методів оптичного контролю корпусних деталей з лакофарбовим покриттям. До лакофарбового покриття були введені у вигляді порошку тверді оптично активні домішки (ОАД), які при механічних напруженнях та ударах ідентифікували місцезнаходження впливу зовнішнього фактора або виникнення пошкоджень. В процесі дослідження було використано фотолюмінісцентні домішки — люмінофор 1,8-нафтоілен-1,2-бензімідазол виробництва ДП «Колоран» Інституту фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України. Як джерело випромінювання було використано світлодіоди з довжиною хвилі 406 нм, зібрані у ліхтарик.

Використання ОАД дає можливість підвищити в кілька разів чутливість контролю (виявляти пошкодження розміром більш ніж 1 мм) порівняно з поляризаційним методом контролю непрозорих деталей з лакофарбовим по-

криттям, що досліджувався на першому етапі робіт (рис. 5).

Результати досліджень передані для використання на ДП «Антонов» — партнера проекту.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено прості поляризаційні оптичні методи контролю деталей літаків, перспективні для контролю механічних напружень та дефектів в авіаційному органічному склі. Як джерело поляризованого світла рекомендовано використовувати екран ПК або телевізора в стані включення в електричну мережу живлення.

2. Запропоновано введення оптично активних люмінесцентних домішок у лакофарбове покриття деталей, що дозволяє виявляти механічні дефекти від ударів та подряпин на корпусі літака. Як джерело поляризованого світла запропоновано використовувати світлодіоди з відповідним спектром ультрафіолетового випромінювання.

Автор висловлює вдячність співробітникам ІФН ім. В.Є. Лашкарьова НАН України та ДП «Колоран» ІФХ ім. Л.В. Писаржевського НАН України за допомогу в проведенні досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Білокур І.П. Основи дефектоскопії: Підручник. — К.: Азимут-Україна, 2004. — 496 с.
2. Клюев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник в 8-и томах. — М.: Машиностроение, 2006.
3. Семенець О.І., Дереча В.Я., Маслов В.П. та ін. Спосіб контролю механічних напружень в конструкційних елементах літаків / Патент України на корисну модель № 79861 від 13.05.2013, бюл. № 9/2013.
4. Венгер Є.Ф., Маслов В.П., Семенець О.І. та ін. Застосування плоского дисплейного або телевізійного екрана в стані включення в електричну мережу живлення персонального комп'ютера або телевізора як джерела поляризаційного випромінювання / Патент України на корисну модель № 78911 від 10.04.2013 р. бюл. № 7/2013.

В.П. Маслов

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СРЕДСТВ
И ТЕХНОЛОГИЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ
КОНСТРУКЦИЙ И СИСТЕМ АВИАЦИОННОЙ
ТЕХНИКИ МЕТОДАМИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО
КОНТРОЛЯ

Разработаны методы оптического поляризационного контроля механических напряжений и дефектов в деталях самолета. Предложено введение в лакокрасочное покрытие оптически активной примеси, которая при ударах корпусной детали или при царапинах флюоресцирует в ультрафиолетовом излучении.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, оптически-активные добавки, деформация, механические напряжения.

V.P. Maslov

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION
OF FACILITIES AND TECHNOLOGIES
FOR DETERMINATION OF CONSTRUCTIONS'
STATE AND AIRCRAFT SYSTEMS WITH METHODS
OF NONDESTRUCTIVE TESTING

Methods for optical polarization control of mechanical tensions and defects in parts of aircraft are developed. Injection into a paint coating of optically active additive with ultraviolet fluorescence after mechanical shock or scrapes is proposed.

Key words: Nondestructive testing, optically active additives, deformation, mechanical tension.

Стаття надійшла до редакції 01.02.13