

Oponentní posudek diplomové práce

Diplomant: Bc. Jiří Hergessel
Název práce: Nedestruktivní zkoušky primární konstrukce letounu pomocí bond testeru
Škola: ČVUT Praha – Fakulta dopravní

Tématem diplomové práce byl návrh testovacích vzorků, které mají být v budoucnu používány pro školní laboratorní úlohy. Tyto vzorky mohou být použity během výuky v laboratoři nedestruktivních zkoušek při Fakultě dopravní ČVUT, kde doposud není k dispozici vhodná úloha k demonstraci praktické funkce bond testeru. Konkrétně byla řešena výroba kompozitních vzorků, které mají demonstrovat schopnost přístroje detekovat tři základní vady, které mohou vzniknout uvnitř struktur kompozitních konstrukcí. Diplomant sám navrhl a vyrobil vzorky pro testové úlohy prepregovou technologií a technologií „vacuum bag“, tedy pomocí přednasyčených tkaninových výztuží na bázi uhlíku. Jako pojivo zvolil epoxidovou matrici. Jelikož neměl doposud zkušenost s nedestruktivním zkoušením kompozitních konstrukcí pomocí bond testeru, bylo nejprve nutné si osvojit návrh a výrobu zkušebních vzorků s předem přesně definovanými vadami. Vlastní vytvrzení skořepinových vzorků bylo prováděno ve speciálním zařízení – v autoklávu, v případě vzorků sendvičových pak byl vytvrzovací cyklus proveden v peci.

Diplomant si na začátku své práce stanovil dva hlavní úkoly. Za prvé chtěl na předem připravených vzorcích prakticky demonstrovat funkci bond testeru a tyto vzorky zanechat k dispozici studentům pro studijní účely. Druhým úkolem měla být aplikace měření bond testerem na reálné primární konstrukci letounu a s tím souvisela výroba vzorků, které musely korelovat s použitými materiály a strukturou skladby zvolené primární lepené konstrukce křídla konkrétního letounu.

Zadání diplomové práce bylo poměrně široké, vyžadující znalosti materiálového inženýrství, kompozitních konstrukcí, nedestruktivního zkoušení a technologie výroby kompozitních konstrukcí.

Práce obsahuje textovou část (70 stran, 7 stran příloh) a výkresovou dokumentaci. Po formální stránce jí nelze téměř nic vytknout, pouze několik drobných překlepů a nepřesných formulací.

Diplomová práce je rozdělena do 7 hlavních částí. V úvodu je ve zkratce popsán soudobý rozsah použití kompozitních materiálů v kategorii ultralehkých letadel. Diplomant zde také popsal hlavní záměr své diplomové práce.

V první části je popsáno rozdělení jednotlivých laboratorních úloh. Ve druhé logicky navazující části se pak diplomant zabývá výrobou vzorků s uměle vytvořenými vadami, které následně použije k laboratorním měřením. Do kompozitních vzorků vyrobených prepregovou technologií cíleně zanesl tři druhy základních vad, které se v největší míře vyskytují

v kompozitních konstrukcích. Konkrétně se jedná o vzorek s vadami demonstrujícími neslepené oblasti a dále o dva vzorky pro detekci delaminací v kompozitní skořepině a delaminací v kompozitní konstrukci sendvičového charakteru s voštinovým jádrem. Ke každému typu vzorku je v příloze diplomové práce předložen výkres skladby vzorku s rozpiskou použitých materiálů. *K této části by měl diplomant uvést, zda je možné detekovat delaminace ve struktuře sendvičového dílu s jádrem z integrální pěny.*

Třetí část diplomové práce popisuje výsledky měření laboratorních úloh. Na začátku je uveden popis bond testeru a popis metody, kterou diplomant použil pro detekci vad v laboratorních vzorcích. Podstatnou část třetí kapitoly a celé diplomové práce zabírá podrobný popis měření jednotlivých laboratorních úloh a jejich dílčí zhodnocení. Vše je názorně doplněno fotodokumentací z vlastního měření. *K této části by měl diplomant uvést, zda výsledek měření může být ovlivněn typem výztuže, případně matrice použité ve skladbě kompozitního dílu.*

Ve čtvrté části diplomové práce jsou uvedeny takticko – technická data ultralehkého letounu UL39. Na křídle toho letounu diplomant vybral kritickou oblast a zaměřil se na problematiku kontroly lepených spojů, kterou v páté části práce rozvedl metodikou jejich kontroly a stanovil technologický postup. Pro přehlednost záznamu naměřených výsledků vytvořil vzor zkušebního protokolu. V navazující šesté části diplomové práce je popsána výroba etalonů, které mají představovat neporušené části konstrukce křídla. Tyto etalony slouží pro kalibraci měřícího zařízení. *K této části by měl diplomant uvést příčiny vzniku vad ve výrobní praxi a popsat možné způsoby prevence jejich vzniku.*

Náplní poslední části jsou výsledky detekce vad v předem nadefinovaných kritických oblastech sestavy kompozitního křídla. Tyto výsledky diplomant přehledně zpracoval ve formě zkušebního protokolu, který předložil v závěru diplomové práce.

Celkové shrnutí a závěrečné konstatování:

Diplomová práce má velmi dobrou odbornou i grafickou úroveň. Práce je doplněna množstvím fotografií z praktického měření, výroby jednotlivých vzorků a etalonů. Kladně hodnotím snahu diplomanta čerpat z praktických znalostí, které získal během jeho praxe v průmyslu.

Diplomová práce splňuje cíle stanovené zadáním v celém rozsahu. Doporučuji postoupit předloženou diplomovou práci k obhajobě a navrhuji ji klasifikovat známkou **A (výborně)**.

V Praze dne 12. 06. 2015

Ing. Michal Řehák
LA composite, s.r.o.