

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-15-0435**

Kvantifikácia zvyškových napätí v prvkoch mechanických, mechatronických a biomechanických sústav

Zodpovedný riešiteľ **doc. Ing. Miroslav Pástor, PhD.**

Príjemca **Technická univerzita v Košiciach - Strojnícka fakulta**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Katedra aplikovanej mechaniky a strojného inžinierstva

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

-

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

-

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

HAGARA, Martin - TREBUŇA, František - PÁSTOR, Miroslav - HUŇADY, Róbert - LENGVARSKÝ, Pavol : Analysis of the Aspects of Residual Stresses Quantification Performed by 3D DIC Combined with Standardized Hole-drilling Method. Measurement, 137 (2019), 238-256, (Q2, IF 2,218)

FRANKOVSKÝ, Peter – OSTERTAG, Oskar – OSTERTAGOVÁ, Eva – TREBUŇA, František – KOSTKA, Ján – VÝROSTEK, Marek : Experimental analysis of stress fields of rotating structural elements by means of reflection photoelasticity. In: Applied Optics, 2017, Vol. 56, No. 11, 3064 – 3070, ISSN 1559-128X, (Q2, IF 1,973)

FRANKOVSKÝ, Peter - BRODNIANSKÁ, Zuzana - BOCKO, Jozef - KOSTKA, Ján - KICKO, Michal – ČARÁK, Peter : Application of holographic interferometry in the analysis of stress state in a crack root area. Applied Optics (2020), ID 377952, (Q2, IF 1,973) (po recenznom konaní)

TREBUŇA, František – PÁSTOR, Miroslav – HUŇADY, Róbert – FRANKOVSKÝ, Peter – HAGARA, Martin : Optické metódy v mechanike. TUKE, Košice, 2017, str. 550, ISBN 978-80-553-3168-3 (vedecká monografia)

HAGARA, Martin - PÁSTOR, Miroslav - DELYOVÁ, Ingrid : Set-up of the standard 2D-DIC system for quantification of residual stresses. EAN 2019, 106-114, Scopus

Uplatnenie výsledkov projektu

Je všeobecne známe, že zvyškové napätia sa superponujú k napätiam, ktoré sú výsledkom aktuálneho zaťaženia konštrukcie a môžu výrazne ovplyvniť výsledný stav napätosti. To môže mať významný vplyv na životnosť mechanických častí strojov a zariadení ale i mechanických a biomechanických sústav resp. rôznych implantátov vyrobených technológiou 3D a teda znalosť zvyškových napätí je kľúčová pre poznanie aktuálneho stavu skúmaného prvku.

Súčasnú výpočtovú metódu síce umožňujú vykonávať simuláciu zložených materiálov (kompozitných) a druhov zaťaženia, avšak simulácia komplexných výrobných a zaťažujúcich podmienok, ktorými prechádza nosný prvok počas výroby, prevádzky a užívania je prakticky neuskutočniteľná. Z tohto dôvodu je nevyhnutné využívať metódy experimentálnej mechaniky, ktoré prispievajú k adekvátnej analýze stavu nosných prvkov konštrukcií a zariadení.

Hlavným cieľom predkladaného projektu bolo výraznou mierou posilniť konkurencieschopnosť inovačnými a sofistikovanými produktmi s vysokou pridanou hodnotou, čo nie je možné dosiahnuť bez metód modelovania, simulácie, vizualizácie, ale i metód redukcie chýb, lepších a výkonnejších produktov, vyrobiteľnosti a samozrejme i hospodárnosti vrátane plnenia úloh spojených s určovaním bezpečnej a spoľahlivej prevádzky strojov a zariadení.

Výsledkom projektu je návrh metodík a postupov kvantifikácie zvyškových napätí využitím optických metód v kombinácii s metódou odvrátania, vrátane ich kvantifikácie s priamym zakomponovaním do riešenia konkrétnych aplikácií mechanických, mechatronických a biomechanických sústav.

Uplatnenie výsledkov projektu spočíva vo využití synergického efektu najmodernejších experimentálnych a numerických postupov tak, aby sa navzájom dopĺňali a zabezpečili komplexne overené riešenie problémov. V rámci projektu bolo preferované využitie pokrokových optických (interferenčných) metód v spojení s numerickými výpočtami využívajúcimi ako profesionálne programy, tak programy vyvinuté na riešiteľskom pracovisku.

Navrhnuté metodiky a postupy kvantifikáciu zvyškových napätí využitím optických metód v kombinácii s metódou odvrátania boli aplikované pri riešení konkrétnych úloh pre prax :

1. Analýza vzniku porušenia klznice
2. Posúdenie príčin vzniku porušenia potrubného systému parného kotla

Transfer metodík experimentálneho a numerického modelovania pre zvyšovanie konkurencieschopnosti výrobkov sa snažili riešitelia projektu navrhnuť tak, aby neobsiahli len úzku skupinu úloh, ale pokryl širokú škálu aplikácií od zložitých miniatúrnych mechatronických sústav, 3D tlač komponentov až po ťažké nosné konštrukcie. Výstupy z navrhnutých metodík merania umožnia nielen optimalizáciu prvkov ale i získanie informácií týkajúcich sa prípadnej predikcie porúch, či iných signálov využiteľných pre riadenie, identifikujúci stav a prípadne i poškodenie konštrukcie.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Cieľom tohto projektu bolo navrhnuť a overiť spoľahlivé metódy kvantifikácie zvyškových napätí pri rôznej geometrii nosných prvkov ako pri homogénnych, tak aj nehomogénnych a neizotropných materiáloch, nerovnomernom rozložení zvyškových napätí po normále k povrchu nosného prvku. Za najvýznamnejšie výsledky riešitelia projektu považujú sú :

- návrh a výroba prototypu zariadenia s presnosťou polohovania 10-3 mm pre kvantifikáciu zvyškových napätí využitím optických metód v kombinácii metódou odvrátania,
- softvér pre automatizáciu procesu odvrátania vyvíjaného prototypu v súlade s normou ASTM E837-13a,
- návrh a validácia metodiky určovania zvyškových napätí optickou metódou DIC

(definovanie pracovného priestoru zariadenia, definovanie polohy jednokamerového systému Q-400, optimálne nastavenie parametrov snímkovania),

- vykonanie citlivostnej analýzy pre voľbu veľkosti Kernelovej matice vyhladenia vzhľadom na zvolenú veľkosť fazety použítú pri korelácii snímok,
- optimalizácia softvéru „Q-Stress“ vyvíjaného na pracovisku riešiteľov pre vyhodnocovanie deformačných polí v pružneplastickej oblasti pomocou DIC,
- experimentálne overenie navrhutej metodiky kvantifikácie zvyškových napätí v okolí slepých a priechodzích otvorov metódou Photostress s metódou odvrávaní.

Pre kvantifikáciu zvyškových napätí v nehomogénnych a neizotropných materiáloch riešitelia navrhli metodiku ako aj konkrétne postupy, ktorých experimentálne overovanie v súčasnosti prebieha.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The aim of the project is to propose and verify reliable methods for quantification of residual stresses for different geometries of supporting members for homogeneous as well as inhomogeneous and anisotropic materials, non-proportional distribution of residual stresses along surface normal of supporting member. The most important results of the project are:

- design and production of prototype device with positioning accuracy of 10-3 mm for quantification of residual stresses using optical methods in combination with drilling method,
- software to automate the drilling process of a developed prototype in accordance with ASTM E837-13a standard,
- design and validation of the methodology of residual stress determination by optical DIC method (defining the working space of the device, defining the position of single-camera system Q-400, optimal setting of imaging parameters),
- performing analysis of sensitivity to select the size of the Kernel Smoothing Matrix relative to the selected facet size used in image correlation,
- optimization of software „Q-Stress“ developed in the workplace of solvers for evaluation of deformation fields in elastic-plastic area by DIC method,
- experimental verification of the proposed methodology of quantification of residual stresses around blind and through holes by Photostress method with hole drilling method.

In order to quantify residual stresses in non-homogeneous and non-isotropic materials, the researchers proposed a methodology as well as specific procedures whose experimental verification is currently taking place.