

OBSAH

Predhovor	7
1 ÚVOD	9
2 METÓDA PHOTOSTRESS®	11
2.1 FYZIKÁLNE ZÁKLADY A MATEMATICKÉ MODELY	11
2.2 ODRAZ A LOM SVETLA NA ROZHRANÍ DVOCH PROSTREDÍ	20
2.3 TEORETICKÉ ZÁKLADY MECHANICKO-OPTICKÉHO EFEKTU	26
2.4 VYUŽITIE METÓDY PHOTOSTRESS® PRE ANALÝZU DEFORMÁCIE A NAPÄTOSTI	30
2.4.1. Analýza fotoelastických pruhových obrazcov	35
2.4.2. Meranie smerov hlavných deformácií	39
2.4.3. Meranie veľkosti deformácií a napätí v bode	41
2.5 SEPARÁCIA HLAVNÝCH POMERNÝCH DEFORMÁCIÍ A NAPÄTÍ PRI MERANÍ METÓDOU PHOTOSTRESS®	47
2.5.1. Deformácia a podmienka spojitosti	48
2.5.2. Napätosť a diferenciálne rovnice vnútornej rovnováhy	50
2.5.3. Fyzikálne rovnice	52
2.5.4. Experimentálna analýza deformačného a napäťového poľa	53
2.5.5. Určenie poľa deformácií z poľa izochróm a izoklín	54
2.5.6. Určenie poľa napätí z poľa izochróm a izoklín	60
2.5.6.1 Zostrojenie poľa izostatických čiar	60
2.5.6.2 Výpočet šmykových napätí	61
2.5.6.3 Klasické metódy separácie napätí	62
2.5.6.3.1 Separácia hlavných normálových napätí pozdĺž izostatickej čiary	62
2.5.6.3.2 Metóda rozdielov šmykových napätí	65
2.6 URČENIE DEFORMAČNÉHO A NAPÄŤOVÉHO POĽA NA ZÁKLADE ĎALŠIEHO PARAMETRA URČENÉHO EXPERIMENTOM	68
2.6.1. Využitie metódy šikmého osvetlenia pre separáciu zložiek deformácií	69
2.6.2. Separácia hlavných pomerných deformácií, resp. hlavných napätí pomocou tenzometrov	74
2.6.2.1 Fotoelastické korekcie	78
2.6.2.2 Tenzometrické korekcie	81
2.6.3. Separácia pri využití drážky (Slitting).....	87
2.7 POČÍTAČOM PODPOROVANÁ FOTOELASTICIMETRIA	87
2.8 DYNAMICKÁ FOTOELASTICIMETRIA	91
2.8.1. Dynamická kalibrácia	93
2.8.2. Postup pri dynamickom vyšetrení polí napätí, resp. deformácií	93
2.8.3. Metódy nahrávania	94



3 FOTOELASTICKÉ MATERIÁLY, ICH APLIKÁCIA, KALIBRÁCIA A KOREKCIE PORADIA PRUHOV	95
3.1 MATERIÁLY A VLASTNOSTI	95
3.1.1. Materiály pre fotoelastické povrstvenie a ich výber	95
3.1.2. Lepidlá pre aplikáciu povrstvenia.....	106
3.2 KALIBRÁCIA MODELOVÝCH FOTOELASTICKÝCH MATERIÁLOV A POVRSTVENÍ	107
3.2.1. Kalibrácia fotoelastického povrstvenia a príčiny vzniku systematických chýb.....	107
3.2.1.1 Postup pri kalibrovaní povrstvenia.....	108
3.2.1.2 Príčiny vzniku systematických chýb pri metóde PhotoStress®	112
3.3 KOREKCIA PORADIA RADU PRUHOV PRI METÓDE PHOTOSTRESS®	116
3.3.1. Počítačový dvojlom	116
3.3.2. Spevňujúce efekty povrstvenia pri rovinatej napätosti.....	119
3.3.3. Spevnenie a extrapolácia spevňujúcich efektov pri ohybe	124
3.3.4. Zaťaženie ohybom alebo ohybovou deformáciou	126
3.3.5. Spevnenie a korekcia pri krútení	128
3.3.6. Spevnenie a korekcia pri tlakových nádobách	129
3.3.7. Korekcia účinkov tepelných zmien.....	130
3.3.8. Určenie citlivosti materiálu fotoelastického povrstvenia a jej dôsledky na určenie deformácií skúmanej súčiastky.....	132
4 ODRAZOVÉ POLARISKOPY A ICH PRÍSLUŠENSTVO	135
4.1 ODRAZOVÝ POLARISKOP PHOTOELASTIC - MODEL 030	135
4.1.1. Opis odrazového polariskopu	135
4.1.2. Interpretácia fotoelastických pruhov v celom poli	139
4.1.3. Meranie smerov hlavných pomerných deformácií	148
4.1.4. Meranie poradia pruhov pri kolmom osvetlení kompenzáciou s nulovou rovnováhou	152
4.1.4.1 Princíp kompenzácie s nulovou rovnováhou	153
4.1.4.2 Meranie poradia pruhov pri kolmom osvetlení metódou Tardyho (goniometrickej) kompenzácie	157
4.1.5. Separácia hlavných pomerných deformácií.....	162
4.1.6. Príslušenstvo odrazového polariskopu	169
4.1.7. Automatické snímanie údajov	176
4.2 ODRAZOVÝ POLARISKOP PHOTOELASTIC - MODEL 040	184
4.2.1. Opis odrazového polariskopu	185
4.2.2. Identifikácia poradia pruhov	192
4.2.3. Meranie smerov hlavných pomerných deformácií	194

4.2.4. Meranie poradia pruhov pri kolmom osvetlení kompenzáciou s nulovou rovnováhou	197
4.2.5. Separácia hlavných pomerných deformácií a hlavných normálových napätí	202
4.2.6. Príslušenstvo odrazového polariskopu	205
4.3 ODRAZOVÝ POLARISKOP LF/Z-2	206
4.3.1. Nastavenie a ovládanie polariskopu	209
4.3.2. Analýza v celom poli	210
4.3.3. Smery hlavných normálových napätí a hlavných pomerných deformácií	213
4.3.4. Meranie hlavných normálových napätí a hlavných pomerných deformácií pomocou kompenzátora - model 832	213
4.3.5. Rovnice programu PSCalc™ pre metódu drážky ak je drážka v smere ε_1	217
5 MOŽNOSTI VYUŽITIA METÓDY RAPID PROTOTYPING PRI DIGITÁLNEJ FOTOELASTICIMETRII	221
5.1 VÝROBA MODELOV METÓDOU RAPID PROTOTYPING (RP)	222
5.2 SOFTVÉROVÉ OTÁZKY V METÓDE RAPID PROTOTYPING	222
5.3 PROCES STEREOLITOGRAFIE	225
5.4 MASKOVACIA TECHNOLOGIA - SOLID GROUND CURING (SGC)	227
5.5 TECHNOLOGIA NANÁŠANIA POLOTEKUTÝCH MATERIÁLOV - FUSED DEPOSITION MODELLING (FDM)	228
5.6 ANALÝZA RAPID PROTOTYPING MODELOV NA ZÁKLADE VYUŽITIA FOTOELASTICKÝCH POVRSTVENÍ	230
5.6.1. Experimentálna analýza	230
5.6.2. Analýza výsledkov meraní	232
5.6.2.1 Vplyv hrúbky rezu na hodnotu Youngovho modulu pružnosti	232
5.6.2.2 Numerická simulácia izochromatických pruhov	232
5.6.3. Využitie RP modelov v metóde PhotoStress®	234
6 AUTOMATIZÁCIA PROCESU MERANIA A VYHODNOTENIA NAPÄTÍ V METÓDE PHOTOSTRESS®	239
6.1 SYSTÉMOVÉ POŽIADAVKY A INŠTALÁCIA APLIKÁCIE PHOTOSTRESS ..	239
6.2 OVLÁDACIE PRVKY APLIKÁCIE PHOTOSTRESS	240
6.2.1. Vytvorenie nového projektu	241
6.2.2. Import snímok izoklín a izochróm	241
6.2.3. Kalibrácia aplikácie PhotoStress	244
6.2.3.1 Vytvorenie kalibračného projektu	245
6.2.3.2 Vytváranie kalibračných rezov	246



6.2.3.3 Výpočet parametrov transformačnej funkcie	249
6.2.3.4 Import parametrov transformačnej funkcie do štandardného projektu	250
6.2.4. Vytvorenie masky	250
6.2.5. Spracovanie snímok izoklín	253
6.2.6. Singulárne body	258
6.2.7. Finalizácia izoklín	259
6.3 VYKRESLENIE SÚBORU IZOSTATICKÝCH ČIAR I. A II. OSNOVY	259
6.4 SPRACOVANIE POĽA IZOCHRÓM	260
6.5 VYTVÁRENIE TESTU	264
6.6 DEFINOVANIE REGIÓNOV	267
6.7 ZOBRAZENIE VÝSLEDKOV A ICH EXPORT	269
6.8 SEPARAČNÉ METÓDY	271
6.8.1. Separáčna metóda Slitting	271
6.8.2. Metóda šikmého osvetlenia	272
6.8.3. Metóda rozdielov šmykových napätí	273
6.9 FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE PRESNOŠŤ VÝSLEDKOV V APLIKÁCII PHOTOSTRESS	274
LITERATÚRA	275