

Spis treści

1.	Wstęp	7
1.1.	Informacje ogólne	7
1.2.	Cienkościenne struktury nośne – przegląd literatury	8
1.3.	Cel i zakres pracy	9
1.4.	Materiały stosowane w budowie cienkościennych struktur nośnych na przykładzie konstrukcji lotniczych	12
1.5.	Konstrukcja cienkościennych struktur nośnych na przykładzie kadłubów lotniczych	15
1.6.	Opis technologii punktowego zgrzewania tarcowego z przemieszaniem, z wypełnieniem krateru.....	20
2.	Plan autorskich badań właściwości połączeń zgrzewanych pod kątem zastosowania w technologii wytwarzania cienkościennych ustrojów nośnych	25
2.1.	Charakterystyka zgrzewanego materiału	25
2.2.	Parametry maszyny oraz narzędzia do zgrzewania tarcowego RFSSW	27
2.3.	Wstępna charakterystyka metodologii badań	29
3.	Badania nośności elementarnych połączeń zgrzewanych w próbach statycznych.....	35
3.1.	Próby statycznego ścinania	35
3.2.	Badania nośności połączenia zgrzewanego w próbie statycznego oddzierania	47
4.	Właściwości makro- oraz mikrostrukturalne zgrzein	53
4.1.	Badania metalograficzne połączenia zgrzewanego	53
4.1.1.	Metodyka badań metalograficznych.....	53
4.1.2.	Analiza struktury połączenia zgrzewanego	54
4.1.3.	Charakterystyka warstwy plateru w strukturze zgrzeiny.....	58
4.1.4.	Typowe wady w strukturze zgrzeiny.....	62
4.2.	Pomiar stopnia osłabienia górnej blachy zgrzewanej wzdłuż obwodu zgrzeiny	71
4.3.	Badania nieniszczące struktury zgrzeiny metodą skaningowej mikroskopii akustycznej	74
4.3.1.	Istota badań nieniszczących połączeń zgrzewanych	74
4.3.2.	Metodyka badania struktury zgrzeiny metodą skaningowej mikroskopii akustycznej	77
4.3.3.	Wyniki badań nieniszczących zgrzeiny na podstawie C-skanów	77
4.3.4.	Wyniki badań nieniszczących zgrzeiny na podstawie B-skanów	78

5.	Badania możliwości zabezpieczenia antykorozyjnego połączenia zakładkowego	81
5.1.	Potrzeba i idea badań nad zabezpieczeniem antykorozyjnym połączenia	81
5.2.	Opis metodyki badawczej	83
5.3.	Analiza makro- oraz mikrostruktury zgrzeiny z uszczelniaczem	86
5.4.	Badania nośności na ścinanie połączeń z uszczelniaczem	91
5.5.	Analiza powierzchni przełomów	92
6.	Wysokocyklowa wytrzymałość zmęczeniowa połączeń zgrzewanych metodą RFSSW	101
6.1.	Wprowadzenie	101
6.2.	Metodyka badań wytrzymałości zmęczeniowej połączeń zgrzewanych metodą RFSSW	101
6.3.	Wyniki badań oraz analiza mechanizmu zniszczenia zmęczeniowego ...	103
6.3.1.	Wyniki badań wytrzymałości zmęczeniowej	103
6.3.2.	Analiza mechanizmu zniszczenia dla połączenia obciążonego siłą zmienną o maksymalnej wartości równej 2 kN	106
6.3.3.	Analiza mechanizmu zniszczenia dla połączenia obciążonego siłą zmienną o maksymalnej wartości równej 1,5 kN	111
6.3.4.	Analiza mechanizmu zniszczenia dla połączenia obciążonego siłą zmienną o maksymalnej wartości równej 1 kN	113
6.3.5.	Analiza mechanizmu zniszczenia dla połączenia obciążonego siłą zmienną o maksymalnej wartości równej 0,9 kN	114
6.3.6.	Mechanizmy zniszczenia zależne od liczby cykli i poziomu obciążenia	116
6.4.	Wpływ wad strukturalnych zgrzeiny na wytrzymałość oraz trwałość zmęczeniową połączenia	119
6.4.1.	Opis typowych wad zgrzeiny wpływających na mechanizm zniszczenia zmęczeniowego	119
6.4.2.	Wyniki badań oraz analiza mechanizmu zniszczenia zmęczeniowego połączeń z wadami strukturalnymi	121
6.4.3.	Analiza mechanizmu zniszczenia dla połączenia obciążonego siłą zmienną o maksymalnej wartości równej 2 kN	123
6.4.4.	Analiza mechanizmu zniszczenia dla połączenia obciążonego siłą zmienną o maksymalnej wartości równej 1,5 kN	125
6.4.5.	Analiza mechanizmu zniszczenia dla połączenia obciążonego siłą zmienną o maksymalnej wartości równej 0,9 kN	128
6.4.6.	Zależność mechanizmu zniszczenia od poziomu obciążenia zmiennego	130
7.	Badania właściwości jednorzędowego połączenia zakładkowego	133
7.1.	Porównawcze badania udarności struktur nitowanych oraz zgrzewanych metodą RFSSW obciążonych dynamicznie tęnym obiektem	133
7.1.1.	Wprowadzenie	133
7.1.2.	Metodyka badań udarności	134
7.1.3.	Wyniki badań	137

7.2. Badania osłabienia blachy pod wpływem połączenia jednorzędowego ..	142
7.2.1. Wprowadzenie.....	142
7.2.2. Metodyka badań osłabienia blachy pokrycia	144
7.2.3. Wyniki badań osłabienia blachy pokrycia.....	144
8. Analiza stanów powyboczeniowych cienkościennych płyt usztywnio- nych podłużnicami	149
8.1. Zjawisko ściskania struktur cienkościennych na przykładzie kadłuba samolotu.....	149
8.2. Metodyka badań eksperymentalnych ściskania płyt.....	151
8.3. Wyniki badań eksperymentalnych jednoosiowego ściskania płyt.....	153
8.4. Analiza numeryczna MES	156
8.4.1. Metodyka modelowania numerycznego MES.....	156
8.4.2. Wyniki analizy numerycznej MES.....	158
8.5. Analiza stanów deformacji dla płyty ze zwiększonym rozstawem zgrzein.....	162
8.6. Wnioski dotyczące badań ściskania płyty usztywnionej	166
9. Uwagi końcowe.....	169
9.1. Realizacja badań	169
9.2. Kierunki dalszych badań.....	172
Literatura	175
Streszczenie	185
Abstract	187