

SPIS TREŚCI

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ.....	9
OKREŚLENIA I TERMINY.....	11
1. WSTĘP.....	13
Wprowadzenie.....	14
Motywacja.....	14
Cel badań.....	16
Zakres badań i założenia.....	18
Zawartość monografii.....	19
2. ZGRZEWANIE REZYSTANCYJNE W ASPEKCIE SIŁY DOCISKU ELEKTROD.....	22
3. CHARAKTERYSTYKA PNEUMATYCZNEGO SYSTEMU DOCISKU (SPD).....	27
3.1. Pneumatyczny system sterowania siłą docisku w zgrzewarce rezystancyjnej.....	27
3.2. Model komputerowy pneumatyki pozycjonowania.....	27
3.3. Badania eksperymentalne pneumatyki narastania siły.....	31
3.4. Podsumowanie.....	33
4. CHARAKTERYSTYKA ELEKTROMECHANICZNEGO SYSTEMU DOCISKU (SED) ..	34
4.1. Elektromechaniczne sterowanie siłą docisku.....	34
4.2. Model komputerowy elektromechanicznego sterowania siłą docisku.....	35
4.3. Dynamika układu elektromechanicznego docisku.....	37
4.4. Porównanie dwóch systemów docisku - SED i SPD.....	39
4.5. Podsumowanie.....	39
5. STAN AKTUALNY ZAGADNIENIA.....	41
5.1. Etapy rozwoju zgrzewania rezystancyjnego.....	41
5.2. Przegląd stosowanych rozwiązań zgrzewarek.....	44
5.3. Wady i zalety istniejących rozwiązań zgrzewarek.....	46
5.4. Oczekiwania odbiorcy końcowego.....	48
5.5. Aktualne kierunki rozwoju.....	49
5.6. Niedogodności pneumatycznego docisku elektrod.....	50
5.7. Aplikacje praktyczne i badania w zakresie elektromechanicznego docisku elektrod... ..	54
5.8. Podsumowanie.....	59
6. MODELOWANIE PROCESU ZGRZEWANIA.....	61
6.1. Wprowadzenie.....	61
6.2. Oprogramowanie do obliczeń numerycznych - SORPAS.....	64
6.3. Funkcje i możliwości oprogramowania SORPAS.....	65
6.4. Podsumowanie.....	68
7. IDEA OPTYMALIZACJI PROCESU ZGRZEWANIA Z ZASTOSOWANIEM SED ..	69
7.1. Wprowadzenie.....	69
7.2. Istota sterowania SED.....	70

7.3. Optymalizacja procesu zgrzewania rezystancyjnego z SED.....	73
7.4. Podsumowanie.....	75
8. BADANIA WŁASNE.....	76
8.1. Zgrzewanie garbowe blach na zakładkę z wytłoczonym garbem.....	76
8.1.1. Metodyka badań numerycznych i eksperymentalnych.....	77
8.1.1.1. Obliczenia MES.....	77
8.1.1.2. Model numeryczny.....	77
8.1.1.3. Parametry procesu.....	78
8.1.1.4. Badania eksperymentalne.....	80
8.1.2. Optymalizacja procesu.....	82
8.1.3. Wyniki.....	83
8.1.3.1. Wyniki obliczeń MES.....	83
8.1.3.2. Wyniki badań eksperymentalnych.....	87
8.1.3.3. Badania ultradźwiękowe zgrzein garbowych.....	89
8.1.3.4. Badania zgrzein garbowych metodą tomografii komputerowej.....	89
8.1.4. Dyskusja.....	90
8.1.4.1. Obliczenia MES.....	90
8.1.4.2. Weryfikacja eksperymentalna.....	92
8.1.4.3. Porównanie wyników.....	95
8.1.5. Podsumowanie.....	97
8.2. Zgrzewanie garbowe prętów na krzyż.....	98
8.2.1. Metodyka badań numerycznych i eksperymentalnych.....	98
8.2.1.1. Obliczenia MES.....	98
8.2.1.2. Model numeryczny (MES).....	98
8.2.1.3. Parametry procesu.....	99
8.2.1.4. Badania eksperymentalne.....	101
8.2.2. Optymalizacja procesu.....	102
8.2.3. Wyniki.....	103
8.2.3.1. Wyniki obliczeń MES.....	103
8.2.3.2. Wyniki badań eksperymentalnych.....	107
8.2.4. Dyskusja.....	108
8.2.4.1. Obliczenia MES.....	108
8.2.4.2. Badania eksperymentalne.....	110
8.2.4.3. Porównanie wyników.....	110
8.2.5 Optymalizacja procesu zgrzewania garbowego na przykładzie zgrzewania prętów na krzyż.....	110
8.2.6. Podsumowanie.....	113
8.3. Zgrzewanie garbowe śrub i nakrętek.....	114
8.3.1. Metodyka badań numerycznych i eksperymentalnych.....	114
8.3.1.1. Obliczenia MES.....	115
8.3.1.2. Model numeryczny.....	115
8.3.1.3. Parametry procesu.....	116
8.3.1.4. Badania eksperymentalne.....	117
8.3.2. Optymalizacja procesu.....	119
8.3.3. Wyniki.....	120
8.3.3.1. Wyniki obliczeń MES.....	120
8.3.3.2. Wyniki badań eksperymentalnych.....	124

8.3.3.3. Filmowanie procesu.....	128
8.3.4. Dyskusja.....	129
8.3.4.1. Obliczenia MES.....	129
8.3.4.2. Badania eksperymentalne.....	131
8.3.4.3. Porównanie wyników.....	137
8.3.5. Podsumowanie.....	142
8.4. Zgrzewanie punktowe dwustronne blach na zakładkę.....	144
8.4.1. Metodyka badań numerycznych i eksperymentalnych.....	144
8.4.1.1. Obliczenia MES.....	144
8.4.1.2. Model numeryczny.....	144
8.4.1.3. Parametry procesu.....	145
8.4.1.4. Badania eksperymentalne.....	147
8.4.2. Optymalizacja procesu.....	147
8.4.3. Wyniki.....	148
8.4.3.1. Wyniki obliczeń numerycznych.....	148
8.4.3.2. Wyniki badań eksperymentalnych.....	149
8.4.4. Dyskusja.....	149
8.4.4.1. Obliczenia MES.....	149
8.4.4.2. Weryfikacja eksperymentalna.....	150
8.4.4.3. Porównanie wyników.....	150
8.4.5. Podsumowanie.....	150
9. STANOWISKA BADAWCZE ZGRZEWAREK Z ELEKTROMECHANICZNYM DOCISKIEM.....	152
9.1. Zgrzewarka inwertorowa z SED typu ELMO (DC 1 kHz, 10 kA, 30 kN).....	153
9.2. Zgrzewarka z SED typu FESTO (AC 50 Hz, 20 kA, 15 kN).....	154
9.3. Zgrzewarka inwertorowa z SED typu FESTO (DC 10 kHz, 7 kA, 2 kN).....	155
10. PODSUMOWANIE WYNIKÓW I WNIOSKI KOŃCOWE.....	156
10.1. Innowacyjność rozwiązania, osiągnięcia naukowe i użyteczne.....	157
10.2. Wykorzystanie wyników badań w praktyce.....	160
10.3. Zalecenia dla praktyki inżynierskiej.....	161
10.4. Planowane dalsze kierunki badań.....	162
10.5. Wyniki i uwagi końcowe.....	163
BIBLIOGRAFIA.....	166
DODATEK.....	175
D1. Dane do modelu numerycznego zgrzewania garbowego blach z wytłoczonym garbem.....	175
D2. Dane do modelu numerycznego zgrzewania prętów na krzyż.....	177
D3. Dane do modelu numerycznego zgrzewania śrub i nakrętek.....	179
D4. Dane do modelu numerycznego zgrzewania punktowego dwustronnego blach na zakładkę.....	180
D5. Symulacje systemu pneumatycznego docisku (SPD).....	181
D6. Przyrząd do pomiaru parametrów procesu zgrzewania LogWeld.....	183
D7. Aparatura do badań ultradźwiękowych.....	184
D8. Aparatura do badań tomografii komputerowej.....	184
Spis rysunków w języku angielskim.....	185
Streszczenie.....	189