

Spis treści:

1. WPROWADZENIE	9
2. PODSTAWOWE ZAGADNIENIA ELEKTROTECHNIKI	11
2.1. Przewodniki i izolatory	11
2.2. Warunki powstawania prądu elektrycznego	11
2.3. Natężenie pola elektrycznego	12
2.4. Oporność elektryczna	13
2.5. Napięcie. Różnica potencjałów	14
2.6. Prawo Ohma	15
2.7. Prawo Joule'a-Lenza	16
2.8. Rodzaje prądów elektrycznych	16
2.9. Wartość skuteczna natężenia prądu przemiennego	17
2.10. Moc elektryczna	18
2.11. Praca elektryczna	19
2.12. Sprawność	19
3. PODSTAWY FIZYCZNE ZGRZEWANIA OPOROWEGO	21
4. URZĄDZENIA DO ZGRZEWANIA OPOROWEGO	29
4.1. Zgrzewarki oporowe (punktowe, liniowe, garbowe)	30
4.2. Układ zasilania elektrod	31
4.3. Zasilanie elektrod zgrzewarki prądem przemiennym	37
4.4. Transformator zgrzewarki oporowej	39
4.5. Łącznik tyrystorowy	41
4.6. Zasilanie elektrod prądem wyprostowanym	42
4.7. Układy sterowania zgrzewarek oporowych	45
4.8. Mechanizmy dociskowe	48
4.9. Zgrzewarki kondensatorowe	49
4.10. Przyrządy pomiarowe	51
4.11. Przykłady typowych urządzeń do zgrzewania	53
5. ELEKTRODY ZGRZEWAREK OPOROWYCH	59
5.1. Materiały na elektrody	59
5.2. Kształtowanie elektrod do zgrzewania	61
5.2.1. Elektrody zgrzewarek doczołowych	61
5.2.2. Elektrody zgrzewarek punktowych	62
5.2.3. Elektrody zgrzewarek garbowych	65
5.2.4. Elektrody zgrzewarek liniowych	66

5.3. Trwałość elektrod	67
6. TECHNOLOGIA ZGRZEWANIA OPOROWEGO.....	71
6.1. Zgrzewanie doczołowe	71
6.1.1. Zgrzewanie doczołowe zwarciove	71
6.1.1.1. Zasada zgrzewania.....	71
6.1.1.2. Zakres zastosowania	73
6.1.1.3. Parametry zgrzewania.....	73
6.1.1.4. Jakość zgrzewania	75
6.1.1.5. Zgrzewanie zwarciove liniowo-doczołowe rur.....	79
6.1.2. Zgrzewanie doczołowe iskrowe.....	79
6.1.2.1. Zasada zgrzewania.....	79
6.1.2.2. Zakres zastosowania	81
6.1.2.3. Parametry zgrzewania.....	82
6.1.2.4. Jakość zgrzewania	84
6.1.2.5. Zgrzewanie doczołowe elementów o zamkniętym konturze.....	86
6.2. Zgrzewanie punktowe.....	87
6.2.1. Zasada zgrzewania.....	87
6.2.2. Zakres zastosowania	96
6.2.3. Zalecenia ogólne	99
6.2.4. Programy i parametry zgrzewania punktowego.....	105
6.2.5. Zgrzewanie punktowe blach ocynkowanych	113
6.2.5.1. Zgrzewanie blach pokrytych cienkimi powłokami cynku ($5+9\text{ }\mu\text{m Zn}$).....	117
6.2.5.2. Zgrzewanie punktowe blach stalowych pokrytych grubymi powłokami cynku ($10+20\text{ }\mu\text{m Zn}$).....	124
6.3. Zgrzewanie garbowe.....	128
6.3.1. Zasada zgrzewania.....	128
6.3.2. Zakres zastosowania	134
6.3.3. Zalecenia ogólne	135
6.3.4. Parametry i programy zgrzewania garbowego.....	138
6.4. Zgrzewanie liniowe	151
6.4.1. Zasada zgrzewania.....	151
6.4.2. Zakres zastosowania	155
6.4.3. Zalecenia ogólne	156
6.4.4. Parametry zgrzewania.....	158
6.4.5. Jakość złączy zgrzewanych liniowo	163
7. METODY POKREWNE ZGRZEWANIU OPOROWEMU	171
7.1. Lutozgrzewanie.....	171
7.1.1. Zasada lutozgrzewania.....	171

7.1.2. Zakres zastosowania	173
7.1.3. Zalecenia ogólne	174
7.2. Brykietowanie oporowe linek	179
7.3. Spęszczanie i nitowanie oporowe	180
8. NIEZGODNOŚCI ZŁĄCZY ZGRZEWANYCH OPOROWO.....	183
8.1. Określenia	183
8.2. Klasyfikacja niezgodności w złączach zgrzewanych oporowo.....	183
8.3. Podział niezgodności w złączach zgrzewanych oporowo.....	185
8.4. Przyczyny powstawania niezgodności w złączach zgrzewanych oporowo	197
8.4.1. Pęknięcia	197
8.4.1.1. Pęknięcia hartownicze	198
8.4.1.2. Pęknięcia gorące	200
8.4.1.3. Pęknięcia mechaniczne	203
8.4.1.4. Pęknięcia kruche	204
8.4.2. Pustki	206
8.4.2.1. Pustki gazowe	206
8.4.2.2. Jamy skurczowe	207
8.4.2.3. Pustki wypryskowe	208
8.4.3. Wtrącenia stałe	212
8.4.3.1. Wtrącenia niemetaliczne	212
8.4.3.2. Wtrącenia metaliczne	216
8.4.4. Przyklejenia	219
8.4.5. Niezgodności kształtu i wymiarów	220
8.4.6. Niezgodności strukturalne	226
8.5. Wykrywanie niezgodności w złączach zgrzewanych oporowo	230
8.6. Sposoby stabilizacji procesów zgrzewania i polepszenia jakości złączy zgrzewanych oporowo	232
9. ZAGROŻENIA BHP PODCZAS ZGRZEWANIA	235
10. LITERATURA	241