

# Spis treści

## CZĘŚĆ I

<b>WYTAPIANIE STALI NA ODLEWY W PIECU ŁUKOWYM .....</b>	<b>9</b>
<b>Wstęp .....</b>	<b>11</b>
<b>1. Budowa pieców do wytapiania stali na odlewy .....</b>	<b>13</b>
<i>Sebastian Sobula</i>	
1.1. Wprowadzenie .....	13
1.2. Elektryczny piec łukowy .....	15
1.2.1. Budowa pieca łukowego o pojemności 6÷8 ton .....	15
1.2.2. Układ zasilania w energię elektryczną .....	19
1.2.3. Piece wysokiej mocy UHP (Ultra High Power) .....	21
1.2.4. Intensyfikacja procesów wytapiania .....	23
1.3. Piece indukcyjne .....	24
1.3.1. Budowa pieca indukcyjnego .....	27
1.4. Kadzie .....	29
1.5. Sposób wykonania ćwiczenia .....	31
1.6. Przykładowe pytania i polecenia .....	31
<b>2. Podział wytopu na okresy .....</b>	<b>34</b>
<i>Sebastian Sobula, Grzegorz Tęcza</i>	
2.1. Wprowadzenie .....	34
2.2. Przebieg naprawy pospustowej .....	35
2.3. Ładowanie wsadu .....	37
2.3.1. Przygotowanie wsadu i sposób jego ładowania .....	37
2.3.2. Materiały żużlotwórcze .....	40
2.3.3. Żużel .....	41
2.3.4. Żużel w kwaśnych piecach indukcyjnych .....	43
2.4. Roztapianie wsadu .....	46
2.5. Sposób wykonania ćwiczenia .....	47
2.6. Przykładowe pytania i polecenia .....	47

<b>3. Okres utleniający</b> .....	48
<i>Jan Głownia, Sebastian Sobula</i>	
3.1. Wprowadzenie .....	48
3.1.1. Utlenianie węgla .....	53
3.1.2. Utlenianie krzemu i manganu .....	57
3.1.3. Koniec okresu utleniającego .....	59
3.2. Sposób wykonania ćwiczenia .....	59
3.2.1. Opracowanie wyników i badań .....	60
3.3. Przykładowe pytania i polecenia .....	60
<b>4. Okres rafinacyjny – odtlenianie</b> .....	61
<i>Sebastian Sobula, Jan Głownia</i>	
4.1. Wprowadzenie .....	61
4.2. Odtlenianie dyfuzyjne .....	62
4.3. Odtlenianie osadowe stali .....	65
4.3.1. Równowaga reakcji chemicznej odtleniacz–tlen .....	66
4.3.2. Zdolność odtleniająca pierwiastków .....	68
4.4. Sposób wykonania ćwiczenia .....	75
4.4.1. Opracowanie wyników i badań .....	76
4.5. Przykładowe pytania i polecenia .....	76
<b>5. Odsiarczanie stali</b> .....	78
<i>Renata Zapala</i>	
5.1. Wprowadzenie .....	78
5.2. Osadowe odsiarczanie stali .....	81
5.3. Szybkość procesu odsiarczania .....	87
5.4. Proszkowe odsiarczanie stali .....	89
5.5. Sposób wykonania ćwiczenia .....	93
5.6. Przykładowe pytania i polecenia .....	93
<b>6. Wtrącenia niemetaliczne w staliwie</b> .....	95
<i>Grzegorz Tęcza, Jan Głownia, Renata Zapala</i>	
6.1. Wprowadzenie .....	95
6.2. Pochodzenie wtrąceń niemetalicznych .....	97
6.3. Rodzaje wtrąceń niemetalicznych w staliwie .....	100
6.4. Wydzielanie produktów reakcji odtleniania .....	106
6.5. Sposób wykonania ćwiczenia .....	110
6.6. Przykładowe pytania i polecenia .....	110
<b>7. Modyfikacja staliwa wysokochromowego</b> .....	112
<i>Maciej Brzeziński, Jan Głownia</i>	
7.1. Wprowadzenie .....	112
7.2. Składy chemiczne staliwa żaroodpornego .....	114

7.3. Modyfikacja struktury staliwa wysokochromowego .....	118
7.4. Sposób wykonania ćwiczenia .....	119
7.4.1. Zasady wykorzystania analizy termicznej .....	120
7.4.2. Przebieg ćwiczenia .....	124
7.4.3. Analiza przebiegu modyfikacji .....	124
7.5. Przykładowe pytania i polecenia .....	127

## CZĘŚĆ II

<b>WŁAŚCIWOŚCI STALIWA W WARUNKACH PRACY ODLEWÓW .....</b>	<b>129</b>
<b>Wstęp .....</b>	<b>131</b>
<b>1. Staliwo węglowe – charakterystyka .....</b>	<b>133</b>
<i>Barbara Kalandyk, Jan Głownia</i>	
1.1. Wprowadzenie .....	133
1.1.1. Podział staliwa według składu chemicznego .....	137
1.1.2. Wpływ pierwiastków na właściwości staliwa węglowego .....	139
1.1.3. Struktura staliwa węglowego .....	141
1.2. Sposób wykonania ćwiczenia .....	148
1.2.1. Opracowanie wyników .....	148
1.3. Przykładowe pytania i polecenia .....	148
<b>2. Badanie progu kruchości staliwa .....</b>	<b>151</b>
<i>Barbara Kalandyk</i>	
2.1. Wprowadzenie .....	151
2.1.1. Definicja temperatury przejścia ze stanu plastycznego w stan kruchy – $T_k$ .....	152
2.1.2. Wpływ składu chemicznego na temperaturę przejścia w stan kruchy .....	154
2.1.3. Wpływ innych czynników .....	156
2.1.4. Gatunki staliwa do pracy w niskiej temperaturze .....	160
2.2. Sposób wykonania ćwiczenia .....	160
2.2.1. Cel ćwiczenia .....	160
2.2.2. Opis stanowiska do badań .....	163
2.2.3. Przebieg ćwiczenia .....	164
2.2.4. Opracowanie wyników .....	164
2.3. Przykładowe pytania i polecenia .....	165
<b>3. Staliwa odporne na korozję – pomiar ilości ferrytu delta .....</b>	<b>167</b>
<i>Barbara Kalandyk, Jan Głownia</i>	
3.1. Wprowadzenie .....	167
3.1.1. Znaczenie ferrytu delta w odlewach kwasoodpornych .....	171
3.1.2. Kontrola ferrytu delta w odlewach ze staliwa Cr-Ni .....	173

3.2. Sposób wykonania ćwiczenia .....	176
3.2.1. Cel ćwiczenia .....	176
3.2.2. Przebieg ćwiczenia .....	176
3.2.3. Opracowanie wyników .....	178
3.3. Przykładowe pytania i polecenia .....	178
<b>4. Badania korozji wysokotemperaturowej – staliwa żaroodporne .....</b>	<b>180</b>
<i>Renata Zapala</i>	
4.1. Wprowadzenie .....	180
4.1.1. Kinetyka utleniania metali i stopów .....	181
4.1.2. Metody badania korozji wysokotemperaturowej .....	183
4.2. Sposób wykonania ćwiczenia .....	186
4.2.1. Cel ćwiczenia .....	186
4.2.2. Przygotowanie próbek .....	186
4.2.3. Pomiar kinetyki utleniania .....	186
4.2.4. Opracowanie wyników .....	189
4.3. Przykładowe pytania i polecenia .....	189
<b>5. Pomiar odporności na zużycie ściernie staliwa niskostopowego .....</b>	<b>191</b>
<i>Barbara Kalandyk</i>	
5.1. Wprowadzenie .....	191
5.1.1. Charakterystyka zużycia trybologicznego .....	192
5.1.2. Czynniki wpływające na odporność na zużycie ściernie .....	193
5.1.3. Stopy żelaza odporne na zużycie .....	196
5.1.4. Opis stanowiska do badań .....	200
5.2. Sposób wykonania ćwiczenia .....	202
5.2.1. Cel ćwiczenia .....	202
5.2.2. Przebieg ćwiczenia .....	202
5.2.3. Opracowanie wyników .....	204
5.3. Przykładowe pytania i polecenia .....	204
<b>6. Lejność staliwa .....</b>	<b>205</b>
<i>Paulina Malatyńska, Jan Głownia</i>	
6.1. Wprowadzenie .....	205
6.1.1. Lejność rzeczywista i praktyczna .....	205
6.1.2. Czynniki wpływające na lejność staliwa .....	208
6.1.3. Próby technologiczne pomiaru lejności staliwa .....	215
6.2. Sposób wykonania ćwiczenia .....	219
6.2.1. Cel ćwiczenia .....	219
6.2.2. Opracowanie wyników .....	219
6.3. Przykładowe pytania i polecenia .....	219

<b>7. Skurcz staliwa</b> .....	220
<i>Ireneusz Telejko, Grzegorz Tęcza</i>	
7.1. Wprowadzenie .....	220
7.1.1. Skurcz w stanie ciekłym .....	223
7.1.2. Skurcz staliwa w zakresie temperatury krzepnięcia .....	224
7.1.3. Skurcz stopów w stanie stałym. Skurcz liniowy .....	227
7.2. Sposób wykonania ćwiczenia .....	233
7.2.1. Cel ćwiczenia .....	233
7.2.2. Przebieg ćwiczenia .....	233
7.2.3. Opracowanie wyników .....	234
7.3. Przykładowe pytania i polecenia .....	234