

Spis treści

Przedmowa	9
Spis oznaczeń	11
1. Widmowy charakter radiacyjnych pomiarów temperatury <i>Bogusław Więcek</i>	21
1.1. Ciało doskonale czarne, ciała czarne i szare	21
1.2. Co mierzy kamera termowizyjna?	24
1.3. Detektor bolometryczny	29
1.4. Emisyjność materiałów	41
1.5. Transmisja promieniowania podczerwonego przez materiały	52
1.6. Systemy termowizyjne	65
1.7. Systemy wykorzystujące zależność współczynnika odbicia od temperatury	79
1.8. Zastosowanie światłowodów w termometrii radiacyjnej	84
Literatura do rozdziału 1	88
2. Metodyka prowadzenia badań termowizyjnych <i>Bogusław Więcek</i>	91
Literatura do rozdziału 2	103
3. Absorpcyjne systemy do wykrywania i pomiaru stężeń gazów <i>Marcin Kałuża</i>	104
3.1. Podstawy fizyczne działania absorpcyjnych czujników gazów	104
3.2. Absorpcja	112
3.3. Przegląd wybranych typów absorpcyjnych czujników gazów	115
3.3.1. Czujniki gazu typu NDIR	116
3.3.2. Czujniki gazu typu DIR	121
3.3.3. Czujniki gazu z przestrzajanymi laserami typu TDLAS	122
3.3.4. Lidar absorpcji różnicowej DIAL	124
3.4. Zastosowanie kamer termowizyjnych do wykrywania gazów	127

3.5. Promienniki podczerwieni	135
3.6. Podsumowanie	141
Literatura do rozdziału 3	141
4. Systemy spektralne	
<i>Robert Olbrycht</i>	144
4.1. Systemy multispektralne	144
4.2. Systemy hiperspektralne	146
4.2.1. Spektroskopia dyfrakcyjna	146
4.2.2. Spektroskopia fourierowska	155
4.2.3. Systemy z przestrajającym filtrem	165
Literatura do rozdziału 4	168
5. Zastosowanie termowizji w hutnictwie żelaza i stali	
<i>Mariusz Borecki, Wacław Wittchen</i>	171
5.1. Wprowadzenie do badań termowizyjnych w hutnictwie	171
5.2. Emisyjność materiałów hutniczych	173
5.2.1. Stan wiedzy dotyczący współczynników emisyjności materiałów hutniczych	173
5.2.2. Pomiary współczynnika emisyjności stali w stanie stałym	175
5.2.3. Emisyjność żużła stalowniczego oraz materiałów żużlotwórczych	177
5.3. Wybrane przykłady zastosowania termowizji w hutnictwie żelaza i stali	185
5.3.1. Wyłożenia pieców hutniczych oraz urządzenia technologiczne płynnego metalu	185
5.3.2. Kontrola pieców grzewczych oraz przewodów gazowych	194
5.3.3. Stany awaryjne urządzeń hutniczych	196
5.3.4. Termowizyjna metoda detekcji żużła podczas spustu stali z pieca hutniczego	198
5.3.5. Monitorowanie procesów odlewania stali oraz procedur technologicznych	201
5.3.6. Badanie procesów zachodzących podczas przeróbki plastycznej	206
5.3.7. Inne przykłady monitorowania procesów cieplnych	210
5.4. Podsumowanie	214
Literatura do rozdziału 5	215
6. Multispektralny system obrazowy do badań żużła stalowniczego	
<i>Robert Strąkowski</i>	219
6.1. System pomiarowy	221
6.2. Parametry promienne żużła i stali	224
6.2.1. Konwersja plików sekwencji obrazów	224
6.2.2. Wybór ramek do analizy	224
6.2.3. Wybór obszaru zainteresowania dla detekcji strugi	227
6.2.4. Wyznaczenie parametrów promiennych strugi	229
6.2.5. Selekcja cech promiennych żużła	234

6.3. Sieci neuronowe w modelowaniu procesów przemysłowych	238
6.3.1. Sieci neuronowe – typy, parametry, zastosowanie	238
6.3.2. Metody zwiększające zdolności generalizacji sieci	243
6.3.3. Struktura i parametry sieci neuronowej	245
6.4. Wyniki wyznaczania stężenia FeO w żużlu stalowniczym	248
Literatura do rozdziału 6	252
7. Błędy i niepewności pomiarów temperatury	
<i>Krzysztof Pacholski</i>	254
7.1. Błędy bezpośrednich i pośrednich pomiarów temperatury	254
7.1.1. Błędy termometrów i czujników	254
7.1.2. Błędy pirometrów i kamer termowizyjnych	259
7.2. Niepewność pomiaru temperatury i wyznaczania emisyjności	275
7.2.1. Niepewność pomiaru temperatury	277
7.2.2. Niepewność wyznaczania emisyjności	291
7.2.3. Niepewności wyznaczania parametrów promiennych żużła	301
7.2.4. Niepewności wielkości wejściowych w trenowaniu sieci neuronowej	318
7.2.5. Dokładność systemu pomiarowego stężenia FeO w żużlu stalowni-	
czym	320
7.3. Niepewność termowizyjnych pomiarów spektralnych	325
7.3.1. Niepewność multispektralnych systemów pomiaru temperatury . .	325
7.3.2. Niepewność systemów hiperspektralnych	329
Literatura do rozdziału 7	330
Dodatek A – Parametry statystyczne termogramów stali i żużła	334
Literatura do dodatku A	340
Dodatek B – Niepewności parametrów wyznaczanych w pomiarach pośrednich	341
Literatura do dodatku B	345
Dodatek C – Liczby falowe (zaokrąglone) i wartości długości fali	347

pasma VIS, NIR, MWIR i LWIR do badań właściwości promiennych żużła stalowniczego i szacowania zawartości FeO. System ten szczegółowo opisano w monografii.

Instytut Elektroniki Politechniki Łódzkiej jest wiodącym ośrodkiem w kraju w dziedzinie termowizji w podzzerwieniu. Od wielu lat organizuje największą w tej części Europy, konferencję poświęconą ilościowym badaniom termowizyjnym – *Termografia i termometria w podzzerwieniu – TTP*. Konferencja TTP jest unikatowym forum integrującym środowiska naukowe ze środowiskiem praktyków, zajmujących się termowizją. Na Politechnice Łódzkiej opracowano autorski program i zrealizowano kilka edycji Studiów Poddyplomowych z zakresu termowizji w podzzerwieniu, przedstawiając słuchaczom podstawy teoretyczne oraz zastosowania,