

## Spis treści

<b>1. Wprowadzenie</b> .....	7
1.1. Znaczenie metod i urządzeń pomiarowych w badaniu właściwości surowców i odpadów mineralnych .....	8
1.2. Stan wiedzy na temat badania właściwości surowców i odpadów mineralnych .....	12
1.3. Charakterystyka materiału wykorzystanego w badaniach .....	17
<b>2. Metody i urządzenia pomiarowe wykorzystywane w badaniu właściwości fizycznych surowców i odpadów mineralnych</b> .....	28
2.1. Oznaczanie gęstości, gęstości nasypowej i stopnia porowatości .....	28
2.1.1. Gęstość .....	28
2.1.1.1. Piknometria gazowa .....	29
2.1.2. Gęstość nasypowa .....	31
2.1.3. Stopień porowatości .....	31
2.1.4. Przykłady oznaczania gęstości, gęstości nasypowej i stopnia porowatości surowców oraz odpadów mineralnych .....	32
2.1.4.1. Określanie gęstości popiołów lotnych z wykorzystaniem piknomietru helowego .....	32
2.1.4.2. Określanie gęstości nasypowej .....	34
2.1.4.3. Wyznaczanie stopnia porowatości .....	36
2.2. Oznaczanie powierzchni właściwej .....	37
2.2.1. Określanie powierzchni właściwej na podstawie pomiaru szybkości przepływu gazu lub cieczy przez warstwę sprasowanej próbki .....	38
2.2.1.1. Podstawy teoretyczne .....	38
2.2.1.2. Aparat Blaine'a .....	40
2.2.2. Przykłady wyznaczania powierzchni właściwej przy użyciu aparatu Blaine'a .....	44
2.2.2.1. Warunki pomiaru – przygotowanie urządzenia i próbki .....	44
2.2.2.2. Wyniki pomiaru .....	48

2.3. Analiza ziarnowa (granulometryczna) .....	50
2.3.1. Klasyfikacja metod oznaczania uziarnienia .....	53
2.3.2. Laserowy pomiar składu granulometrycznego .....	55
2.3.2.1. Fizyczne podstawy pomiaru .....	56
2.3.2.2. Optyczno-techniczne podstawy pomiaru .....	57
2.3.2.3. Budowa granulometru .....	57
2.3.2.4. Określane właściwości .....	59
2.3.3. Przykłady pomiaru składu ziarnowego surowców i odpadów drobnoziarnistych .....	61
2.3.3.1. Przygotowanie próbek i przeprowadzenie pomiaru .....	61
2.3.3.2. Wyniki analizy granulometrycznej popiołów lotnych .....	62
<b>3. Metody i urządzenia pomiarowe     wykorzystywane w badaniu właściwości chemicznych     oraz mineralogicznych surowców i odpadów mineralnych .....</b>	<b>67</b>
3.1. Analiza chemiczna .....	67
3.1.1. Spektrometria z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP) .....	68
3.1.1.1. Atomowa spektrofotometria emisyjna z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP-OES) .....	69
3.1.1.2. Spektrometria mas z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP-MS) .....	70
3.1.2. Przykłady wykorzystania spektrometrii z plazmą wzbudzoną indukcyjnie do określania właściwości chemicznych surowców i odpadów .....	71
3.2. Rentgenowska analiza fazowa .....	78
3.2.1. Promieniowanie rentgenowskie i jego ugięcie w kryształach .....	78
3.2.2. Metoda proszkowa Debye'a–Scherrera–Hulla (DSH) .....	80
3.2.3. Budowa i zasada działania dyfraktometru rentgenowskiego .....	80
3.2.3.1. Lampa rentgenowska .....	81
3.2.3.2. Goniometr rentgenowski .....	82
3.2.3.3. Detektor promieniowania rentgenowskiego .....	84
3.2.3.4. Rejestrator obrazu dyfrakcyjnego .....	85
3.2.3.5. Dyfraktometr rentgenowski wykorzystywany w badaniach .....	85
3.2.4. Określane właściwości .....	86
3.2.5. Przykłady zastosowania rentgenowskiej analizy fazowej do badania właściwości surowców i odpadów .....	87
3.2.5.1. Przygotowanie próbek i przeprowadzenie pomiaru .....	87
3.2.5.2. Wyniki pomiaru .....	87
3.3. Analiza termiczna .....	94
3.3.1. Termogravimetria (TG) .....	95
3.3.2. Termiczna analiza różnicowa (DTA) .....	96

3.3.3. Kompleksowe metody analizy termicznej .....	98
3.3.4. Określane właściwości .....	99
3.3.5. Przykłady zastosowania kompleksowych metod analizy termicznej stosowanych w określaniu właściwości chemicznych surowców i odpadów mineralnych .....	100
3.3.5.1. Przygotowanie próbek i przeprowadzenie pomiaru .....	100
3.3.5.2. Wyniki badań .....	100
3.4. Skaningowa mikroskopia elektronowa .....	110
3.4.1. Podział mikroskopów elektronowych .....	110
3.4.2. Podstawy skaningowej mikroskopii elektronowej .....	113
3.4.3. Podstawy mikroanalizy rentgenowskiej .....	117
3.4.4. Budowa i zasada działania skaningowego mikroskopu elektronowego .....	120
3.4.5. Preparatyka mikroskopowa .....	122
3.4.6. Techniki pomiarowe mikroskopu stosowane w badaniu właściwości surowców i odpadów mineralnych .....	123
3.4.6.1. Mikroskop elektronowy skaningowy .....	123
3.4.6.2. Mikroanalizator rentgenowski .....	124
3.4.7. Przykłady wykorzystania skaningowej mikroskopii elektronowej do określania właściwości surowców i odpadów mineralnych .....	126
3.4.7.1. Przygotowanie próbek i przeprowadzenie pomiaru .....	126
3.4.7.2. Zdjęcia SEM popiołów lotnych .....	127
3.4.7.3. Określanie właściwości popiołów lotnych przy użyciu SEM .....	133

#### **4. Kompleksowe procedury badania właściwości surowców i odpadów mineralnych**

<b>z wykorzystaniem analizy obrazów oraz sieci neuronowych .....</b>	<b>137</b>
4.1. Podstawy analizy obrazu .....	137
4.1.1. Obrazy w informatyce .....	137
4.1.2. Przetwarzanie obrazu .....	140
4.1.2.1. Przekształcenia geometryczne .....	140
4.1.2.2. Przekształcenia punktowe .....	141
4.1.2.3. Przekształcenia kontekstowe (filtry) .....	146
4.1.2.4. Przekształcenia morfologiczne .....	148
4.1.3. Analiza obrazu .....	152
4.1.3.1. Segmentacja .....	152
4.1.3.2. Indeksacja .....	153
4.1.3.3. Pomiary .....	153

4.1.4. Oprogramowanie stosowane w analizie obrazu .....	162
4.1.5. Przegląd badań z zakresu analizy obrazu .....	163
4.2. Przykłady zastosowania analizy obrazów i sieci neuronowych w badaniu właściwości popiołów lotnych .....	169
4.2.1. Określenie metodyki badań .....	170
4.2.2. Właściwości popiołów lotnych określane w analizie obrazu .....	174
4.2.3. Wydzielenie typów popiołów lotnych i przygotowanie danych do analizy za pomocą sieci neuronowych .....	192
4.2.4. Określenie metodyki poszukiwania modeli klasyfikujących typy popiołów lotnych .....	194
4.2.5. Omówienie modeli klasyfikujących wszystkie typy popiołów w układzie dwunastostanowym, siedmiostanowym, sześciostanowym i czterostanowym .....	199
4.2.6. Podsumowanie wyników badań z zastosowaniem analizy obrazów .....	227
<b>5. Zakończenie .....</b>	<b>229</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>231</b>