

Spis treści

WYKAZ OZNACZEŃ	9
1. WSTĘP	13
2. MAGAZYNOWANIE ENERGII	15
2.1. CHEMICZNY MAGAZYN ENERGII CIEPLNEJ I ELEKTRYCZNEJ	15
2.1.1. Termochemiczny magazyn energii cieplnej.....	15
2.1.2. Elektrochemiczny magazyn energii elektrycznej.....	16
2.2. MAGAZYNOWANIE ENERGII KINETYCZNEJ	16
2.3. MAGAZYNOWANIE ENERGII SPRĘŻONEGO POWIETRZA	17
2.4. MAGAZYNOWANIE ENERGII SKROPLONEGO POWIETRZA	17
2.5. MAGAZYNOWANIE WODORU.....	18
2.6. MAGAZYNOWANIE ENERGII MAGNETYCZNEJ	19
2.7. HYDROENERGETYCZNE SYSTEMY MAGAZYNOWANIA ENERGII	19
2.8. MAGAZYNOWANIE ENERGII CIEPLNEJ.....	19
3. MAGAZYNOWANIE ENERGII CIEPLNEJ W MATERIAŁACH ZMIENNOFAZOWYCH	23
3.1. WYMAGANIA STAWIANE MATERIAŁOM ZMIENNOFAZOWYM	23
3.2. PODZIAŁ MATERIAŁÓW ZMIENNOFAZOWYCH.....	25

3.3.	ORGANICZNE MATERIAŁY ZMIENNOFAZOWE.....	29
3.3.1.	Parafina	30
3.3.2.	Kwasy tłuszczowe.....	33
3.4.	NIEORGANICZNE MATERIAŁY ZMIENNOFAZOWE.....	36
3.4.1.	Metale	37
3.4.2.	Uwodnione sole (hydraty soli).....	38
3.4.3.	Sól	40
3.5.	EUTEKTYCZNE MATERIAŁY ZMIENNOFAZOWE.....	42
4.	OBSZARY STOSOWANIA PCM	49
4.1.	PCM W PRZEMYSŁE ELEKTRONICZNYM.....	49
4.2.	PCM W PRZEMYSŁE SPOŻYWCZYM.....	50
4.3.	PCM W PRZEMYSŁE TEKSTYLNYM.....	50
4.4.	PCM W ENERGETYCE SŁONECZNEJ.....	51
4.4.1.	Magazynowanie energii promieniowania słonecznego	52
4.4.2.	PCM jako materiał do bezpośredniej absorpcji promieniowania słonecznego	52
4.4.3.	PCM w panelach PV/T	54
4.4.4.	Odsalanie wody morskiej.....	55
4.5.	PCM W BUDOWNICTWIE	56
4.5.1.	PCM w przegrodach budowlanych.....	57
4.5.2.	PCM jako dodatek do materiałów budowlanych.....	59
4.5.3.	PCM w systemach wentylacji i klimatyzacji	62
4.5.4.	Chłodzenie budynków – „free cooling”	63
4.6.	PCM W TECHNOLOGII KOSMICZNEJ	63

5. POPRAWA PRZEWODNOŚCI CIEPLNEJ PCM.....	65
5.1. KOMPOZYT PCM.....	67
5.2. ZWIĘKSZENIE POWIERZCHNI WYMIANY CIEPŁA.....	72
5.2.1. Rozwinięcie powierzchni kontaktu z PCM.....	72
5.2.2. Kapsułkowanie PCM.....	74
6. MIKRO- I NANOKAPSUŁKOWANIE PCM.....	81
6.1. MATERIAŁY STOSOWANE NA POWŁOKI.....	81
6.2. METODY MIKRO- I NANOKAPSUŁKOWANIA PCM.....	82
6.2.1. Chemiczne metody mikrokapsułkowania PCM.....	84
6.2.2. Fizyczne metody mikrokapsułkowania PCM.....	87
6.2.3. Fizyko-chemiczne metody mikrokapsułkowania PCM.....	88
7. PCM JAKO DODATEK DO CIECZY ROBOCZEJ.....	91
7.1. ZAWIESINA LODOWA.....	92
7.2. EMULSJA PCM.....	95
7.3. ZAWIESINA KLATRATU HYDRATU.....	98
7.4. ZAWIESINA PCM O STABILIZOWANYM KSZTAŁCIE.....	99
7.5. ZAWIESINA MIKRO- I NANOKAPSUŁKOWANEGO PCM.....	99
8. WYBRANE WŁASNOŚCI NANO- I MIKROKAPSUŁKOWANEGO PCM ORAZ METODY ICH WYZNACZANIA.....	101
8.1. ANALIZA TERMICZNA ZAWIESIN MPCM.....	102
8.1.1. Temperatura i entalpia przemiany fazowej mPCM – metoda DSC.....	102
8.1.2. Temperatura przemiany fazowej mPCM – metoda DTA.....	109
8.1.3. Temperatura i entalpia przemiany fazowej mPCM – metody kalorymetryczne.....	111
8.1.4. Stabilność cieplna mPCM – metoda TGA.....	118

8.1.5. Przewodność cieplna mPCM	120
8.2. ANALIZA CHEMICZNA ZAWIESIN MPCM	128
8.2.1. Struktura chemiczna powłoki mPCM – metoda XRD	128
8.2.2. Skład chemiczny mPCM – metoda FT-IR	129
8.2.3. Skład chemiczny mPCM – metoda EDS	130
8.2.4. Skład chemiczny mPCM – metoda XPS.....	131
8.3. ANALIZA FIZYCZNA ZAWIESIN MPCM	132
8.3.1. Morfologia mPCM – metoda OM.....	132
8.3.2. Morfologia mPCM – metoda SEM.....	133
8.3.3. Morfologia mPCM – metoda TEM.....	134
8.3.4. Morfologia mPCM – metoda AFM	135
8.3.5. Morfologia mPCM – metoda WAXS, SAXS	136
8.3.6. Rozkład wielkości cząstek	137
9. TERMODYNAMICZNE ASPEKTY PRZEPIYU ZAWIESINY MPCM W UKŁADACH WYMIANY CIEPŁA	139
10. HYDRODYNAMICZNE ASPEKTY PRZEPIYU ZAWIESINY MPCM W UKŁADACH WYMIANY CIEPŁA	151
10.1. GĘSTOŚĆ ZAWIESINY MPCM	151
10.2. LEPKOŚĆ ZAWIESINY MPCM	158
10.3. OPORY PRZEPIYU ZAWIESINY.....	169
10.4. WSPÓŁCZYNNIK STRAT LINIOWYCH.....	184

11. OCENA EFEKTYWNOŚCI WYKORZYSTANIA ZAWIESINY MPCM W UKŁADACH WYMIANY CIEPŁA	195
12. PODSUMOWANIE I WNIOSKI.....	205
BIBLIOGRAFIA	209
STRESZCZENIE	232
ABSTRACT	233