

Spis treści

Wstęp	9
Skróty i akronimy	11
ROZDZIAŁ 1	
Nośniki energii i paliwa konwencjonalne	15
1.1. Pierwotne nośniki energii	15
1.2. Rodzaje paliw stosowanych w komunikacji	18
1.2.1. Gaz płynny (LPG)	19
1.2.2. Benzyna silnikowa	20
1.2.3. Paliwa lotnicze – turbinowe	23
1.2.4. Oleje napędowe	25
1.2.5. Paliwa żeglugowe	29
ROZDZIAŁ 2	
Wpływ użytkowania paliw na środowisko	31
2.1. Zużycie paliw silnikowych	31
2.2. Skutki ekologiczne wzrostu zużycia paliw	34
2.2.1. Emisja ditlenku węgla	34
2.2.2. Emisja toksycznych składników spalin samochodowych	36
2.2.3. Programy ekologiczne ograniczające oddziaływanie paliw na środowisko	39
ROZDZIAŁ 3	
Właściwości wodoru	43
3.1. Wstęp	43
3.2. Charakterystyka ogólna wodoru	45
3.3. Właściwości fizyczne i termodynamiczne wodoru	46

3.4.	Właściwości technologiczne wodoru	47
3.5.	Właściwości chemiczne wodoru	49

ROZDZIAŁ 4

Metody otrzymywania wodoru	52
----------------------------------	----

4.1.	Wstęp	52
4.2.	Przemysłowe metody otrzymywania wodoru	52
4.2.1.	Reforming parowy metanu	53
4.2.2.	Częściowe utlenianie pozostałości rafineryjnych	56
4.2.3.	Odzysk wodoru z gazów rafineryjnych	57
4.2.4.	Elektroliza wody	59
4.2.5.	Zgazowanie węgla	60
4.2.6.	Efektywność wytwarzania wodoru	60
4.3.	Perspektywiczne metody otrzymywania wodoru	60
4.3.1.	Uwarunkowanie ogólne	60
4.3.2.	Termoliza węglowodorów	62
4.3.3.	Termochemiczny rozkład siarkowodoru	65
4.3.4.	Termochemiczny cykl UT-3	68
4.3.5.	Cykl termochemiczny I-S	70
4.3.6.	Biologiczne metody otrzymywania wodoru	72
4.3.7.	Wytwarzanie wodoru z biomasy	74
4.3.8.	Perspektywy otrzymywania wodoru z hydratów metanu	77

ROZDZIAŁ 5

Magazynowanie wodoru	82
----------------------------	----

5.1.	Podstawy teoretyczne	82
5.2.	Metody magazynowania wodoru	84
5.2.1.	Zbiorniki ciśnieniowe wodoru gazowego	84
5.2.2.	Zbiorniki ciekłego wodoru	85
5.2.3.	Wodorki metali	88
5.2.4.	Materiały węglowe	90
5.2.5.	Chemiczne magazynowanie wodoru	91

ROZDZIAŁ 6

Ogniwa paliwowe	95
-----------------------	----

6.1.	Podstawy teoretyczne	96
6.2.	Systemy funkcjonalne ogniw paliwowych	99
6.2.1.	Jak funkcjonują ogniwa paliwowe?	99
6.2.2.	Rodzaje systemów i ich funkcje	100
6.2.3.	Części składowe ogniw paliwowych	101
6.3.	Rodzaje ogniw paliwowych	103

6.3.1.	Ogniwa z protonowymienną membraną polimerową (PEMFC)	103
6.3.2.	Ogniwa z elektrolitem alkalicznym (AFC)	106
6.3.3.	Ogniwa z kwasem fosforowym jako elektrolitem (PAFC)	109
6.3.4.	Ogniwa ze stopionymi węglanami (MCFC)	110
6.3.5.	Ogniwa ze stałymi tlenkami (SOFC)	112
6.4.	Parametry charakteryzujące ogniwa paliwowe	115
6.4.1.	Podstawowe reakcje elektrochemiczne	115
6.4.2.	Podstawowe warunki pracy ogniw paliwowych	115
6.4.3.	Zalety użytkowe ogniw paliwowych	116

ROZDZIAŁ 7

Zasilanie ogniw paliwowych	119
----------------------------------	-----

7.1.	Bezpośrednie zasilanie ogniw paliwowych metanolem (DMFC)	119
7.2.	Wytwarzanie wodoru w samochodzie przez konwersję paliw lekkich ...	121
7.2.1.	Uwagi ogólne	121
7.2.2.	Konwersja metanolu	123
7.2.3.	Reforming parowy etanolu	124
7.2.4.	Konwersja gazu ziemnego do wodoru	125
7.2.5.	Konwersja węglowodorów wielowęglowych do wodoru	128

ROZDZIAŁ 8

Wodór jako paliwo silnikowe	129
-----------------------------------	-----

8.1.	Zasady funkcjonowania silnika z zapłonem iskrowym	129
8.2.	Wodór jako samodzielne paliwo do silników z zapłonem iskrowym ...	131
8.2.1.	Podstawy teoretyczne	131
8.2.2.	Charakterystyka procesu spalania wodoru	132
8.3.	Współspalanie wodoru z paliwami węglowodorowymi w silnikach z zapłonem iskrowym	135
8.3.1.	Podstawy teoretyczne współspalania wodoru	135
8.3.2.	Współspalanie wodoru z gazem ziemnym (metanem)	136
8.3.3.	Współspalanie wodoru z LPG lub benzyną	139
8.4.	Spalanie wodoru w silnikach z zapłonem samoczynnym	141
8.5.	Inne możliwości spalania wodoru	144
8.5.1.	Współspalanie wodoru w turbinach gazowych	144
8.5.2.	Zastosowanie wodoru w autobusach miejskich	146

ROZDZIAŁ 9

Infrastruktura użytkowania wodoru	147
---	-----

9.1.	Magazynowanie wodoru w pojeździe	147
9.1.1.	Wodór ciekły	148
9.1.2.	Wodór sprężony	148

9.1.3.	Wodorki metali	149
9.2.	Infrastruktura wytwarzania wodoru	150
9.2.1.	Produkcja scentralizowana	150
9.2.2.	Wytwarzanie wodoru w samochodzie	150
9.2.3.	Wytwarzanie wodoru w lokalnych stacjach paliw	151
9.3.	Przesyłanie wodoru	153
9.3.1.	Uwarunkowania ogólne	153
9.3.2.	Transport rurociągowy	154
9.3.3.	Transport kołowy	155
9.3.4.	Inne formy transportu wodoru	156
ROZDZIAŁ 10		
Zasady bezpiecznego użytkowania wodoru		157
10.1.	Zalety wodoru jako paliwa	157
10.2.	Istotniejsze elementy bezpiecznego użytkowania wodoru	158
10.3.	Właściwości wodoru związane ze spalaniem	158
10.3.1.	Istotniejsze dane liczbowe	158
10.3.2.	Skłonność wodoru do wycieków	159
10.3.3.	Zapalność i zapłon mieszanin wodorowych	160
10.3.4.	Temperatura samozapłonu	162
10.3.5.	Spalanie wodoru	162
10.3.6.	Oddziaływanie fizjologiczne incydentów z wodorem	164
10.4.	Źródła zapłonu wodoru	164
10.5.	Przyczyny pożarów instalacji wodorowych w przemyśle	165
10.6.	Wodór a katastrofa sterowca „Hindenburg”	166
Literatura		167
Skorowidz		174