

SPIS TREŚCI

Przedmowa	9
Ważniejsze oznaczenia	10
1. SPECJALNE KONSTRUKCJE SILNIKÓW SPALINOWYCH.	
UWAGI O SILNIKACH ALTERNATYWNYCH	11
1.1. Wprowadzenie	11
1.2. Silniki o spalaniu wewnętrznym	11
1.2.1. Bezkorbowe silniki o posuwisto-zwrotnym ruchu tłoka (silniki osiowe).....	11
1.2.2. Silnik rotacyjny Wankla.....	14
1.3. Silniki o spalaniu zewnętrznym	16
1.3.1. Silnik Stirlinga [1].....	16
1.3.2. Silnik Ericssona [1].....	17
1.4. Turbina spalinowa.....	22
1.5. Silniki tzw. alternatywne.....	24
1.5.1. Silnik elektryczny zasilany z baterii.....	24
1.5.2. Ogniwa paliwowe	25
1.5.3. Fotoogniwa	28
1.5.4. Napęd hybrydowy	29
Podsumowanie.....	29
Literatura	29
Literatura dodatkowa	30
2. PALIWA SILNIKOWE.....	31
2.1. Właściwości paliw silnikowych	31
2.2. Paliwa ciekłe	34
2.3. Paliwa gazowe.....	37
2.4. Paliwa alternatywne (niekonwencjonalne).....	39
2.4.1. Wstęp	39
2.4.2. Paliwa gazowe.....	40
2.4.3. Paliwa ciekłe	42
2.4.3.1. Paliwa alkoholowe	42
2.4.3.2. Paliwa roślinne	45
2.5. Porównanie paliw w aspekcie ich gęstości energetycznej.....	46
2.6. Porównanie paliw w aspekcie emisji	48
Podsumowanie.....	48
Literatura	48
Literatura dodatkowa	50

3. POJAZD W ASPEKcie ENERGETYCZNO-EKOLOGICZNYM.....	51
3.1. Wprowadzenie	51
3.2. Silnik spalinowy w aspekcie oszczędności zasobów energetycznych	51
3.3. Silnik spalinowy w aspekcie ekologicznym.....	54
3.4. Normy dopuszczalnej emisji związków toksycznych i cząstek stałych	59
3.5. Wymagania stawiane paliwom odnośnie do ograniczenia emisji	62
3.5.1. Wprowadzenie.....	62
3.5.2. Benzyna.....	63
3.5.3. Olej napędowy	64
3.5.4. Karta paliw	67
3.5.5. Emisja dwutlenku węgla	70
Podsumowanie.....	70
Literatura	71
4. WYBRANE ZAGADNIENIA TERMODYNAMIKI SPALANIA	72
4.1. Ilość i skład spalin.....	72
4.1.1. Założenia wyjściowe.....	76
4.1.2. Zapotrzebowanie tlenu do spalania	76
4.1.3. Wykresy Ostwalda i Buntego.....	76
4.2. Teoretyczne zapotrzebowanie powietrza do spalania	80
4.3. Współczynnik nadmiaru powietrza w zależności od składu spalin.....	82
4.4. Ogólna stochiometria spalania paliw typu C-H-O-S	83
4.4.1. Stochiometria układów C-H-O-S	83
4.5. Temperatura spalania	87
4.6. Kontrakcja.....	89
4.7. Wartość opałowa mieszanek gazowych.....	90
4.7.1. Wprowadzenie.....	90
4.7.2. Paliwo ciekłe.....	90
4.7.3. Paliwo gazowe	92
4.8. Hydrodynamiczna teoria spalania	93
4.8.1. Krzywa Rankine'a-Hugoniota dla spalania.....	93
4.8.2. Detonacja.....	96
4.8.3. Deflagracja.....	98
Podsumowanie	99
Literatura.....	100
5. PODSTAWOWE WIADOMOŚCI Z TERMODYNAMIKI CHEMICZNEJ I KINETYKI CHEMICZNEJ	101
5.1. Równowaga chemiczna. Prawo działania mas.....	101
5.2. Szybkość reakcji	103
5.3. Cząsteczkowość i rząd reakcji.....	105
5.4. Zależność szybkości reakcji od czasu	106
5.5. Zależność szybkości reakcji od ciśnienia.....	107
5.6. Zależność szybkości reakcji od temperatury.....	108
5.7. Zależność szybkości reakcji od składu mieszaneki (udziału reagentów).....	110

5.8. Reakcje dwukierunkowe (odwracalne)	111
5.9. Reakcje złożone	112
5.10. Reakcje łańcuchowe	112
5.11. Zależność szybkości reakcji łańcuchowej od czasu	114
5.12. Dysocjacja	116
Podsumowanie	117
Literatura	118
6. TEORIA ZAPŁONU	119
6.1. Termiczna teoria zapłonu	119
6.1.1. Wprowadzenie	119
6.1.2. Rozwiązanie stacjonarne. Problemy masy (objętości) krytycznej i samozapłonu	120
6.1.3. Rozwiązanie niestacjonarne. Problem czasu opóźnienia samozapłonu	121
6.1.4. Teoria Siemieniowa: Temperatura samozapłonu i granice zapalności mieszaniny palnej	122
6.2. Chemiczna teoria zapłonu	126
6.3. Zapłon iskrowy jednorodnych mieszanek gazowych	129
6.3.1. Opis fizyczny procesu wyładowania iskrowego wg [5, 6]	129
6.3.2. Zapłon mieszanki od iskry – wczesna faza rozwoju płomienia	133
6.3.3. Energia zapłonu iskrowego	137
Podsumowanie	142
Literatura	143
7. SPALANIE LAMINARNE	144
7.1. Mechanizm rozprzestrzeniania się płomieni laminarnych. Założenia podstawowe	144
7.2. Teoria rozprzestrzeniania się płomieni laminarnych	144
Podsumowanie	157
Literatura	158
Literatura dodatkowa:	158
8. SPALANIE TURBULENTNE	159
8.1. Podstawowe informacje o turbulencji	159
8.1.1. Wprowadzenie	159
8.1.2. Prędkość w przepływie turbulentnym. Inne parametry przepływu	159
8.1.3. Współczynniki korelacji	160
8.1.4. Skale turbulencji	163
8.1.5. Spektrum energetyczne	163
8.1.6. Rząd wielkości charakteryzujących turbulencję	163
8.2. Spalanie turbulentne jednorodnych mieszanek gazowych	164
8.2.1. Modele płomieni turbulentnych	164
8.2.2. Rozprzestrzenianie się płomieni turbulentnych wg modelu powierzchniowego	165
8.3. Spalanie turbulentne mieszanek dwufazowych	169

Podsumowanie.....	170
Literatura	170
9. WTRYSK I ROZPYLENIE PALIWA	171
9.1. Wpływ swobodnego strumienia do otoczenia.....	171
9.2. Charakterystyki strugi rozpylonego paliwa.....	173
9.2.1. Dane liczbowe dotyczące wtrysku w silnikach o ZS	173
9.2.2. Parametry strugi	173
9.2.3. Kąt rozpylenia	173
9.2.4. Penetracja i zasięg strugi	174
9.2.5. Rozkład cieczy w strudze	175
9.3. Charakterystyki rozpylenia	178
9.3.1. Widmo rozpylenia strugi.....	178
9.3.2. Rozkład Rosina-Rammlera.....	181
9.3.3. Średnie średnice zastępcze	182
9.3.4. Mikrostruktura strugi.....	185
9.3.5. Rozkłady średnic w strudze.....	186
9.4. Parowanie strugi kropel.....	187
Podsumowanie.....	189
Literatura	190
10. PROCESY GAZODYNAMICZNE W SILNIKACH TŁOKOWYCH.....	191
10.1. Wymiana ładunku i przepłukanie w silnikach dwusuwowych.....	191
10.1.1. Definicje podstawowe	191
10.1.2. Modele przepłukania	192
10.1.3. Rzeczywisty proces przepłukania.....	195
10.2. Ruch gazu w cylindrze silnika czterosuwowego.....	195
10.2.1. Uwagi o rzeczywistym ruchu gazu w cylindrze podczas napełniania i sprężania	195
10.2.2. Postacie zawirowań	198
10.2.3. Wielkości charakteryzujące właściwości kanałów dolotowych	202
Podsumowanie.....	206
Literatura	207
11. SPALANIE W SILNIKACH O ZAPŁONIE ISKROWYM	208
11.1. Spalanie normalne.....	208
11.2. Rodzaje spalania nienormalnego.....	212
11.3. Spalanie stukowe.....	216
11.3.1. Wielkości charakteryzujące spalanie stukowe	216
11.3.2. Mechanizm powstawania spalania stukowego	221
11.3.3. Paliwo silnikowe a spalanie stukowe	224
11.3.4. Dodatki przeciwstukowe do paliw i paliwa odporne na stuk	226
11.3.5. Wpływ parametrów regulacyjnych, warunków pracy i wielkości konstrukcyjnych na spalanie stukowe	228
11.3.6. Uszkodzenie spowodowane stukiem.....	230
11.3.7. Stuk w silniku wielocylindrowym.....	231

11.4. Niepowtarzalność kolejnych cykli pracy silnika.....	232
11.4.1. Niepowtarzalność procesu zapłonu mieszanki od iskry	232
11.4.2. Kryterium niepowtarzalności kolejnych cykli pracy silnika	236
Podsumowanie.....	238
Literatura	239
 12. SPALANIE W SILNIKACH O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM (WYSOKOPRĘŻNYCH)	242
12.1. Istota procesów spalania w silnikach o ZS.....	242
12.2. Podstawowe modele spalania w silniku	245
12.3. Wpływ parametrów silnika i warunków jego pracy na spalanie	248
12.4. Opóźnienie samozapłonu	249
12.5. "Twarde" spalanie	252
12.6. Uwagi o niepowtarzalności kolejnych cykli pracy silnika	252
Podsumowanie.....	252
Literatura	253
 13. MECHANIZMY POWSTAWANIA ZWIĄZKÓW TOKSYCZNYCH I CZĄSTEK STAŁYCH W SILNIKACH SPALINOWYCH ORAZ ICH KONTROLA	254
13.1. Mechanizmy powstawania CH, CO, NO _x i cząstek stałych	254
13.1.1. Silnik o ZI	254
13.1.2. Silnik o ZS.....	257
13.2. Kontrola powstawania związków toksycznych w cylindrze silnika.....	259
13.2.1. Silnik o ZI	259
13.2.2. Silnik o ZS.....	262
13.3. Kontrola emisji poza cylindrem	264
13.3.1. Możliwe opcje	264
13.3.2. Konwertyory katalityczne	265
13.3.3. Reaktory termiczne	268
13.3.4. Filtry cząstek stałych	268
13.4. Opcje kontroli składu mieszanki i parametrów regulacyjnych silnika	269
13.4.1. Silnik o ZI	269
13.4.2. Silnik o ZS.....	270
13.5. Nowe rozwiązania katalizatorów na NO _x	271
Podsumowanie.....	272
Literatura	272
Literatura dodatkowa	274
 14. MODELOWANIE MATEMATYCZNE PROCESÓW SPALANIA	275
14.1. Obliczanie wywiązywania się ciepła w cylindrze silnika (analiza wykresu indykatorowego)	275
14.2. Model dwustrefowy spalania w silniku o ZI	280
14.3. Modelowanie spalania w silniku o ZS	282
14.3.1. Metody oparte na wykresie indykatorowym	282
14.3.2. Metody oparte na charakterystyce wtrysku	287

14.3.3. Metody oparte na założonym przebiegu wywiązywania się ciepła	290
Podsumowanie	292
Literatura	292
Literatura dodatkowa	293
15. KIERUNKI ROZWOJOWE SYSTEMÓW SPALANIA SILNIKÓW SPALINOWYCH	294
15.1. Silniki dwusuwowe	294
15.2. Silniki czterosuwowe o ZI	304
15.2.1. Mieszanka homogeniczna	304
15.2.2. Ładunek uwarstwiony (mieszanka heterogeniczna)	311
15.2.3. System wtrysku bezpośredniego (GDI)	317
15.3. Silniki wysokoprężne	327
15.3.1. Uwagi wstępne	327
15.3.2. Parametry warunkujące rozwój systemów o wtrysku bezpośrednim	328
15.3.3. Nowe systemy spalania o wtrysku bezpośrednim	334
15.3.4. Elektroniczne sterowanie wtrysku i recyrkulacji spalin	336
15.3.5. Silniki na paliwa alternatywne	339
Podsumowanie	339
Literatura	340
DODATEK A: STAŁE FIZYCZNE	343
A.1. Objętość molowa	343
A.2. Uniwersalna stała gazowa	343
A.3. Parametry fizyczne powietrza	344
DODATEK B: MIESZANINY GAZÓW	345
B.1. Prawo Daltona oraz związek ciśnienia z koncentracją molową	345
B.2. Niektóre parametry mieszaniny gazów	346
B.2.1. Udziały: molowy, objętościowy i masowy składnika i w mieszaninie gazów	346
B.2.2. Zależność pomiędzy udziałami: objętościowym i masowym	346
B.2.3. Zależność pomiędzy koncentracją a gęstością	347
DODATEK C: STAŁE RÓWNOWAGI CHEMICZNEJ K_p	348
SKOROWIDZ	349
About the Book	355