

Spis treści

Wykaz skrótowców i oznaczeń	7
1. Wstęp	11
Bibliografia	13
2. Wprowadzenie do systemów spalania niskotemperaturowego	15
2.1. Idea spalania niskotemperaturowego	15
2.2. Systemy spalania niskotemperaturowego	16
2.3. Korzyści w zakresie sprawności silnika i emisji zanieczyszczeń	21
2.4. Wyzwania związane z rozwojem systemów spalania niskotemperaturowego	22
Bibliografia	23
3. Paliwa silnikowe w kontekście spalania niskotemperaturowego	27
3.1. Dostępne surowce, ścieżki technologiczne i właściwości paliw	27
3.2. Wymagania stawiane paliwom	32
3.3. Właściwości samozapłonowe paliw	34
Bibliografia	37
4. System spalania HCCI z wewnętrzną recyrkulacją spalin	41
4.1. Sposoby realizacji spalania HCCI	41
4.2. Ujemne współotwarcie zaworów	43
4.3. Obieg rzeczywisty silnika	45
4.4. Zakres pracy silnika HCCI z wewnętrzną recyrkulacją spalin	47
Bibliografia	49
5. Wymiana ładunku w silniku o ujemnym współotwarciu zaworów	51
5.1. Przebieg wymiany ładunku	51
5.2. Obliczanie wymiany ładunku	54
5.3. Doświadczalna metoda wyznaczania ilości wewnętrznie recyrkulowanych spalin	56
5.4. Przepływy przez zawory	58
5.5. Charakterystyki wymiany ładunku	59
5.6. Niejednorodność ładunku	65
Bibliografia	68
6. Dostarczanie paliwa i przygotowanie mieszanki	71
6.1. Sposoby zasilania silników HCCI w paliwo	71
6.2. Reformowanie paliwa	72
Pojęcie reformowania oraz sposoby realizacji	72
Teoretyczny opis procesu reformowania paliwa	73
Badania empiryczne efektów chemicznych reformowania paliwa	75
Badania modelowe efektów chemicznych reformowania	82
Efekty termiczne przemiany fazowej i reformowania paliwa	85
Badania efektów cieplnych wtrysku paliwa w czasie UWZ	87
6.3. Uwarstwienie mieszanki	92
Bibliografia	94

7. Procesy spalania niskotemperaturowego	97
7.1. Uproszczony opis spalania paliw węglowodorowych	97
7.2. Fenomenologiczny opis spalania w silniku HCCI	99
7.3. Badania empiryczne na podstawie ciśnienia indykowanego w cylindrze	102
7.4. Uwagi dotyczące modelowania spalania	105
7.5. Cele i metody sterowania spalaniem	107
7.6. Czynniki wpływające na proces spalania	109
Reaktywność paliwa	109
Nadmiar powietrza i reformowanie paliwa	111
Fazy rozrządu i współczynnik recyrkulacji spalin	116
Doładowanie silnika	120
Bezpośredni wtrysk paliwa w czasie UWZ	123
Uwarstwienie ładunku	125
7.7. Spalanie HCCI wspomagane wyladowaniem iskrowym	126
7.8. Szybkość narastania ciśnienia	133
Bibliografia	139
8. Emisja toksycznych składników spalin	143
8.1. Składniki spalin oraz czynniki sprzyjające powstawaniu związków toksycznych	143
8.2. Mechanizmy powstawania związków toksycznych	144
Tlenki azotu	144
Cząstki stałe	146
Tlenek węgla i niespalone węglowodory	148
8.3. Wpływ warunków pracy na emisję toksycznych składników spalin	149
8.4. Wpływ parametrów sterujących na emisję toksycznych składników spalin	152
Nadmiar powietrza i recyrkulacja spalin	152
Doładowanie	154
Reformowanie paliwa w cylindrze	155
Uwarstwienie ładunku	157
Zapłon iskrowy	161
8.5. Wpływ paliwa na emisję toksycznych składników spalin	163
Bibliografia	168
9. Sprawność silników HCCI	171
9.1. Konwersja energii w silniku i źródła strat	171
9.2. Sprawność spalania	172
9.3. Sprawność termodynamiczna	174
9.4. Charakterystyki wybranych strat energetycznych	178
Straty pompowania	178
Straty cieplne	180
Straty związane z bezpośrednim wtryskiem paliwa w czasie UWZ	183
Straty wynikające z przedmuchów czynnika roboczego	187
Bibliografia	190
10. Zmienność cykliczna pracy silnika	191
10.1. Objawy i przyczyny zmienności cyklicznej	191
10.2. Wskaźniki zmienności cyklicznej	192
10.3. Zmienność cykliczna w silnikach HCCI	193
10.4. Deterministyczny charakter zmienności cyklicznej	201
10.5. Identyfikacja mechanizmów zmienności cyklicznej	205
Bibliografia	208
11. Podsumowanie	211
12. Załącznik	215
Bibliografia	225
13. Wykaz rysunków	227
14. Wykaz tabel	235