

SADRŽAJ

1	GORIVA	1
1.1	HEMIJSKI SASTAV GORIVA	1
1.2	ČVRSTA GORIVA	3
1.2.1	Klasifikacija ugljeva.....	4
1.2.2	Vrste ugljeva.....	5
1.2.3	Bituminozni škriljci.....	6
1.2.4	Postupci prerade čvrstih goriva.....	6
1.2.4.1	Fizičko—mehanički postupci prerade.....	7
1.3	TEČNA GORIVA	11
1.3.1	Nafta.....	11
1.3.1.1	Hemijski sastav nafte.....	12
1.3.1.2	Rafinacije sirove nafte.....	13
1.3.2	Ostali izvori tečnih goriva.....	18
1.4	GASOVITA GORIVA	18
1.4.1	Prirodni gas.....	19
1.4.2	Rafinerijski gas.....	19
1.4.3	Ostali izvori gasovitih goriva.....	20
2	MATERIJALNI I ENERGETSKI BILANSI PROCESA SAGOREVANJA	21
2.1	STEHIOMETRIJSKA ANALIZA REAKCIJA KOJE SE ODIGRAVAJU U PROCESIMA SAGOREVANJA	21
2.1.1	Stehiometrijski proračuni sagorevanja gasovitog goriva.....	22
2.1.2	Stehiometrijski proračuni sagorevanja tečnih goriva.....	24
2.1.3	Stehiometrijski proračun sagorevanja uglja.....	27
2.1.4	Izračunavanje odnosa vazduh-gorivo na osnovu analize produkta sagorevanja.....	28
2.2	TERMODINAMIČKI OSNOVI PROCESA SAGOREVANJA	31
2.2.1	Toplotni efekti hemijskih reakcija.....	35
2.2.1.1	Toplota sagorevanja i toplota stvaranja.....	36
2.2.1.2	Toplotna vrednost goriva.....	39
2.2.2	Opšti kriterijumi ravnoteže.....	40
2.2.2.1	Hemijska ravnoteža.....	41
2.2.2.2	Konstanta ravnoteže za gasne reakcije.....	44

2.3	TEMPERATURA SAGOREVANJA.....	51
2.3.1	Proračun teorijske temperature sagorevanja	54
2.3.2	Ravnotežna adijabatska temperatura sagorevanja.....	58
2.3.2.1	Izračunavanje ravnotežnog sastava produkata sagorevanja.....	61
3	KINETIKA HEMIJSKIH REAKCIJA U PROCESIMA	
	SAGOREVANJA GASOVITIH GORIVA	75
3.1	BRZINA PROSTIH HEMIJSKIH REAKCIJA	75
3.1.1	Molekularnost i red reakcije	77
3.1.1.1	Poluvreme reakcije i vreme relaksacije	77
3.1.1.2	Uticaoj pritiska na brzinu hemijske reakcije	78
3.1.2	Konstanta brzine reakcije.....	79
3.1.3	Zavisnost brzine reakcije od temperature	80
3.1.4	Kinetika brzih hemijskih reakcija	82
3.2	SLOŽENE HEMIJSKE REAKCIJE.....	83
3.2.1	Konsekutivne reakcije.....	84
3.2.2	Paralelne reakcije.....	87
3.2.3	Spregnute reakcije.....	88
3.3	LANČANE REAKCIJE.....	89
3.3.1	Kinetika lančanih reakcija.....	92
3.3.2	Kinetika i mehanizam sagorevanja vodonika	95
3.3.3	Teorija granica paljenja.....	97
3.3.4	Kinetika i mehanizam sagorevanja ugljen-monoksida.....	101
3.3.4.1	Granice paljenja smeša ugljen-monoksida i kiseonika	102
3.3.5	Kinetika i mehanizam sagorevanja ugljovodonika	104
3.3.5.1	Kinetika i mehanizam sagorevanja metana	104
3.3.5.2	Kinetičke karakteristike paljenja i sagorevanja ugljovodonika	106
3.4	TEORIJA TOPLOTNE EKSPLOZIJE	109
3.4.1	Temperatura samopaljenja	109
3.4.2	Stacionarna teorija toplotne eksplozije	115
4	KRETANJE GASOVA I OBRAZOVANJE GASNIH SMEŠA	117
4.1	MEŠANJE GASOVA U LAMINARNOJ STRUJI.....	117
4.1.1	Molekulska difuzija	118
4.1.2	Slobodna laminarna struja.....	120
4.2	TURBULENTNO KRETANJE GASA.....	122
4.2.1	Turbulentna difuzija.....	123
4.2.2	Slobodna turbulentna struja	124
4.2.2.1	Izotermska turbulentna struja	124

4.2.2.2	Raspodela koncentracija i temperature u slobodnoj turbulentnoj struji	129
4.2.2.3	Turbulentna struja u sredini koja se kreće	131
5	PROSTIRANJE PLAMENA U GASOVIMA	133
5.1	NORMALNA BRZINA PROSTIRANJA PLAMENA	133
5.1.1	Teorija normalne brzine prostiranja plamena	134
5.1.2	Stabilizacija fronta plamena u laminarnoj struji	140
5.1.2.1	Ponor toplote i rastojanje gašenja	141
5.1.2.2	Mehanizam stabilizacije laminarnog fronta plamena	142
5.1.2.3	Određivanje kritičnih gradijenata uvlačenja i otkidanja plamena ..	145
5.1.3	Metode određivanja normalne brzine prostiranja plamena	149
5.1.3.1	Stacionarne metode određivanja brzine prostiranja plamena	150
5.1.3.2	Nestacionarne metode određivanja normalne brzine prostiranja plamena	155
5.1.4	Uticaj fizičkih i hemijskih faktora na normalnu brzinu prostiranja plamena	158
5.1.4.1	Uticaj hemijskog sastava gorive smeše na normalnu brzinu prostiranja plamena	158
5.1.4.2	Uticaj aktivnih primesa na brzinu prostiranja plamena u gorivim smešama	163
5.1.4.3	Uticaj pritiska na normalnu brzinu prostiranja plamena	164
5.1.4.4	Uticaj početne temperature gorive smeše na normalnu brzinu prostiranja plamena	166
5.1.4.5	Uticaj strukture molekula goriva na normalnu brzinu	167
5.2	PRINUDNO PALJENJE	169
5.2.1	Pripaljivanje električnom varnicom	170
5.2.2	Pripaljivanje zagrejanim telom	172
5.3	KONCENTRACIONE GRANICE PALJENJA	173
5.3.1	Uticaj inertne komponente na koncentracione granice zapaljivosti	177
5.3.2	Uticaj pritiska i temperature na koncentracione granice zapaljivosti	179
5.4	TURBULENTNO PROSTIRANJE PLAMENA	181
5.4.1	Stabilizacija plamena u turbulentnoj struji	186
6	TEORIJA DETONACIJE	189
6.1	TEORIJA UDARNIH TALASA	189
6.1.1	Relacija Rankina — Hugoniot-a	190
6.1.2	Parametri udarnih talasa	192
6.2	DETONACIONI TALAS	196
6.2.1	Proračun brzine detonacije	198
6.2.2	Koncentracione granice detonacije	200

7	ORGANIZACIJA PROCESA SAGOREVANJA GASOVITOG GORIVA	203
7.1	KINETIČKO SAGOREVANJE GASOVITOG GORIVA.....	204
7.1.1	Laminarno kinetičko sagorevanje	204
7.1.2	Turbulentno kinetičko sagorevanje	205
7.2	DIFUZIONO SAGOREVANJE GASOVITOG GORIVA	206
7.2.1	Laminarno difuziono sagorevanje.....	206
7.2.2	Turbulentno difuziono sagorevanje	210
7.3	MEŠANI PRINCIP SAGOREVANJA GASOVITOG GORIVA	212
7.4	SAGOREVANJE GASA SA NEDOSTATKOM VAZDUHA	213
7.5	TIPOVI GORIONIKA.....	215
7.5.1	Gorionici sa potpunim prethodnim mešanjem gasa i vazduha.....	215
7.5.2	Besplameno sagorevanje.....	217
7.5.3	Gorionici bez prethodnog mešanja gasa i vazduha	218
7.5.4	Gorionici sa delimičnim prethodnim mešanjem gasa i vazduha	219
8	SAGOREVANJE TEČNIH GORIVA	221
8.1	PALJENJE TEČNOG GORIVA	221
8.2	MEHANIZAM SAGOREVANJA TEČNOG GORIVA	222
8.2.1	Mehanizam sagorevanja tečnog goriva sa slobodne površine.....	223
8.2.2	Sagorevanje kapi tečnog goriva	224
8.2.2.1	Sagorevanje kapi potpuno isparljivih tečnih goriva	225
8.2.2.2	Sagorevanje kapi teško isparljivih tečnih goriva	230
9	SAGOREVANJE I GASIFIKACIJA ČVRSTIH GORIVA	233
9.1	KINETIKA HETEROGENOG SAGOREVANJA (KINETIKA SAGOREVANJA I GASIFIKACIJE ČVRSTOG GORIVA)	235
9.1.1	Difuziona kinetika.....	236
9.1.1.1	Molekulska difuzija	236
9.1.1.2	Konvektivna difuzija	237
9.1.1.3	Granični uslovi za jednačinu konvektivne difuzije.....	239
9.1.1.4	Difuzioni granični sloj	240
9.1.1.5	Kinetička i difuziona oblast proticanja heterogenih reakcija.....	242
9.1.2	Adsorpcija.....	244
9.1.3	Mehanizam i kinetika sagorevanja i gasifikacije ugljenika.....	247
9.1.3.1	Reakcija oksidacije ugljenika sa kiseonikom	247
9.1.3.2	Sekundarne reakcije u procesima sagorevanja i gasifikacije ugljenika.....	249
9.1.3.3	Reakcije obrazovanja metana	251

9.1.4	Specifičnosti kinetike heterogenih reakcija poroznih čvrstih tela sa gasovima	251
9.1.4.1	Uticaj temperature na brzinu sagorevanja ugljenika.....	252
9.2	KINETIKA HETEROGENIH EGZOTERMNIH REAKCIJA.....	254
9.2.1	Analogija između procesa prenosa mase i toplote	254
9.2.2	Toplotni režimi heterogenih egzotermnih reakcija	258
9.2.2.1	Temperature paljenja i gašenja čestice čvrstog goriva	260
9.2.2.2	Stacionarna temperatura reakcione površine	261
9.3	SAGOREVANJE SFERNE ČESTICE UGLJENIKA	263
9.3.1	Brzina sagorevanja sferne čestice ugljenika	264
9.3.1.1	Stehiometrijski faktor	265
9.3.1.2	Uticaj sekundarnih reakcija na brzinu sagorevanja ugljenika.....	265
9.3.1.3	Vreme sagorevanja čestice ugljenika	268
9.4	NAČINI SAGOREVANJA I GASIFIKACIJE ČVRSTIH GORIVA... 270	
9.4.1	Sagorevanje i gasifikacija u stabilnom sloju.....	270
9.4.1.1	Faktori od kojih zavisi dinamika procesa sagorevanja i gasifikacije uglja u sloju	272
9.4.1.2	Uticaj sadržaja vodene pare na gasifikaciju uglja u sloju	276
9.4.1.3	Intenziviranje procesa sagorevanja i gasifikacije čvrstih goriva u stabilnom sloju	277
9.4.2	Sagorevanje i gasifikacija usitnjenog i spraašenog uglja.....	277
9.5	GASIFIKACIJA ČVRSTIH GORIVA.....	280
9.5.1	Ravnoteža hemijskih reakcija u procesima gasifikacije.....	281
9.5.2	Postupci gasifikacije čvrstih goriva	285
9.5.2.1	Gasifikacija uglja u stabilnom sloju pod atmosferskim pritiskom. 285	
9.5.2.2	Savremeni postupci gasifikacije	287
10	PROCES SAGOREVANJA KAO IZVOR ZAGAĐENJA VAZDUHA.....	297
10.1	Podela zagađujućih supstanci.....	297
10.2	Efekti zagađujućih supstanci.....	299
10.3	Posledice zagađenja vazduha.....	302
10.4	IZRAŽAVANJE EMISIJE.....	308
10.5	Nastajanje i kontrola zagađujućih supstanci	312
10.5.1	Formiranje SOx i kontrola emisije.....	312
10.5.2	Formiranje i kontrola emisije NOx	316
10.5.3	Formiranje i kontrola produkata nepotpunog sagorevanja goriva.....	321
10.5.3.1	Ugljen-monoksid	321
10.5.3.2	Isparljiva organska jedinjenja (VOC).....	321

10.5.4	Formiranje i kontrola čestica	322
10.5.5	Uklanjanje, transport i skladištenje CO ₂	323
11	LITERATURA	333