

Obsah

Úvod	15
Knižní literatura	19
Přehled symbolů a značek	22
Nejvíce používané zkratky	23
KAPITOLA 1	25
Energie a energetika	
<i>Martin Bajus</i>	
1 Význam a formy energie	26
2 Definice energií	27
3 Energetická bilance Země	29
4 Energetické technologie	31
4.1 Chemická energie	31
4.2 Chemická energetika	31
4.2.1 Průmyslová odpadní tepla	32
4.2.2 Energie biomasy	34
5 Trendy a prognózy	36
Literatura	42
KAPITOLA 2	43
Propojení mezi energetickými surovinami a technologií	
<i>Martin Bajus</i>	
1 Suroviny a paliva	44
2 Hospodaření s energií	45
3 Komplexní využívání energetických surovin	46
4 Využití tepla z jaderných reaktorů	48
4.1 Malé modulární reaktory	48
4.1.1 Nukleární procesní energie v chemické technologii	49
5 Dostupnost energetických technologií	52
5.1 Palivo-energetické technologie průmyslově realizované	52
5.2 Palivo-energetické technologie průmyslově nerealizované	52
5.3 Technologie pro výrobu elektrické energie	53
5.3.1 Průmyslově realizované technologie na výrobu elektrické energie	53
5.3.2 Průmyslově nerealizované technologie pro výrobu elektrické energie	53
5.4 Konečné využití energie spotřebiteli	54
5.4.1 Spotřebitelské technologie průmyslově dostupné	54
5.4.2 Spotřebitelské technologie průmyslově nerealizované	55
5.4.3 Poznámky k některým uvedeným energetickým technologiím	55

KAPITOLA 3**Vztahy mezi energií a chemickou technologií***Martin Bajus*

1 Úvod do chemické technologie	58
1.1 Termodynamický pohled	62
1.2 Kinetický rozbor	62
2 Katalýza a katalyzátory	63
2.1 Homogenní izomerizační katalyzátory	64
2.2 Heterogenní izomerizační katalyzátory	64
2.2.1 Hlinitokřemičitany	64
2.2.2 Alumina	65
2.2.3 Zeolity	65
2.3 Difunkční katalyzátory v uhlovodíkových technologiích	65
2.3.1 Obecný pohled	65
2.3.2 Vlastnosti kovové složky bifunkčních katalyzátorů	65
2.3.3 Vlastnosti kyselého nosiče	66
2.3.4 Aspekty reakčního mechanismu	67
2.3.5 Kinetika a mechanismus reakcí probíhajících při hydroizomerizaci	67
3 Chemické reaktory	68
4 Chemická technologie	69
4.1 Struktura chemické technologie	69
4.2 Využití energie v petrochemických technologiích	70
4.2.1 Vodní pára	71
4.2.2 Elektřina	73
4.2.3 Energie a chemická technologie	73
4.2.4 Využití odpadních paliv	75
4.2.5 Zlepšení energetické účinnosti	75
4.2.6 Ekonomika energetických hladin a získávání elektřiny	77
4.2.6.1 Kogenerace	77
4.2.6.2 Plynová turbína v kombinovaném cyklu	78
4.2.6.3 Trigenerace	79
4.2.6.4 Kogenerace na bázi biomasy	83
4.2.7 Získávání elektrické energie v jiných systémech	85
4.2.7.1 Rekuperace tepla, energetické bilance a síť tepelných výměníků	85
4.2.7.2 Kotle na využití odpadního tepla	85
4.2.7.3 Výměna tepla mezi produktem a surovinou	87
4.2.7.4 Předehřívání vzduchu při spalování	87
4.2.7.5 Zařízení na využití odpadního tepla	87
Literatura	88

KAPITOLA 4**Vazby mezi energetikou a životním prostředím***Martin Bajus*

1 Podstata problému	90
2 Dopad životního cyklu energetických surovin a technologií na životní prostředí	90
3 Důležitost energie v ekonomice	93
4 Cirkulární ekonomika	95
Literatura	98

KAPITOLA 5

Energie, formy, proměny a jejich účinnost

Martin Bajus

1 Energie	100
2 První termodynamický zákon	103
2.1 Zachování energie	103
3 Druhý termodynamický zákon	106
4 Carnotův cyklus (Carnotova věta)	107
5 Entropie	108
6 Omezená transformovatelnost tepla	109
6.1 Exergie a anergie	109
Literatura	110

KAPITOLA 6

Generování chemické energie ve spalovacím procesu

Martin Bajus

Úvod	112
1 Spalovací motory	112
2 Spalování (oxidace) uhlovodíků	113
3 Spalování v motorech	115
3.1 Trojcestné katalyzátory	116
3.2 Klepání v zážehových motorech	117
4 Spalování ve vznětových motorech	118
5 Spalování a paliva pro turbínové a proudové motory	121
5.1 Paliva pro stacionární turbíny	122
6 Paliva používaná na topení	122
Literatura	122

KAPITOLA 7

Zásoby, těžba a doprava fosilních surovin: energetické toky

Martin Bajus

Úvod	124
1 Ropa	124
2 Zemní plyn	127
3 Uhlí	128
4 Netradiční zdroje	128
4.1 Ropné písky	128
4.2 Živičné břidlice	128
5 Energetické zdroje v České republice	129
6 Energetické zdroje na Slovensku	131
Literatura	138

KAPITOLA 8

Zemní plyn

Martin Bajus, Hugo Kittel

Úvod	140
1 Původ zemního plynu	140
2 Výskyt zemního plynu	140
3 Vyhledávání zemního plynu	141
4 Vrtání zemního plynu	141
5 Rozdělení zemního plynu ve světě	142
5.1 Těžba zemního plynu a jeho složení	143
6 Složení zemního plynu	144
7 Vlastnosti zemního plynu	145

8 Úprava zemního plynu	146
8.1 Sušení zemního plynu	146
8.2 Čištění zemního plynu	147
8.3 Dělení uhlovodíků ze zemního plynu	150
8.3.1 Absorpční proces	151
8.3.2 Turboexpanzní proces	153
8.3.3 Kompresní proces	154
8.3.4 Adsorpční proces	154
8.4 Separace helia	155
9 Doprava a skladování zemního plynu	155
10.1 Energetika	156
10.2 Doprava	156
10.3 Petrochemie	159
Literatura	160

KAPITOLA 9

Energeticky a surovinově náročné petrochemické technologie

Jaromír Lederer

1 Pyrolýza uhlovodíkových surovin	163
2 Výroba ethylenu	164
2.1 Mechanismus	164
2.2 Termodynamika	167
2.3 Kinetika	168
3 Pracovní podmínky	170
3.1 Suroviny	170
3.2 Teplota	172
3.3 Doba zdržení	172
3.4 Ostrost pyrolýzy	172
3.5 Tlak	173
3.6 Iniciátory, inhibitory a katalyzátory	173
4 Technologie pyrolýzy	174
4.1 Reaktor a pec	174
4.2 Chlazení a primární frakcionace	176
4.3 Komprese a čištění pyroplynu	176
4.4 Dělení pyroplynu	178
4.5 Zpracování frakce C ₄	179
4.6 Zpracování kapalných produktů	183
4.6.1 Pyrolyzní benzin	183
4.6.1.1 Hydrogenace	183
4.6.1.2 Zpracování frakce C ₅	184
4.6.1.2.1 Cyklopentadien a dicyklopentadien	185
4.6.1.2.2 Výroba isoprenu	186
4.6.1.3 Aromáty C ₆ – C ₉	187
4.6.1.3.1 Výroba benzenu	188
4.6.1.3.2 Výroba styrenu	189
4.6.1.4 Syntetické pyrolyzní pryskyřice	189
4.6.2 Pyrolyzní olej	189
4.6.2.1 Výroba vícejaderných aromátů	190
4.6.3 Perspektivy	191
5 Energetická účinnost pyrolyzních technologií	191
5.1 Definice	191
5.2 Energetická analýza pyrolýzy primárního benzenu a ethanu	194
5.2.1 Typické hodnoty spotřeby specifické energie	194
5.2.2 Snížení spotřeby specifické energie a ztrát exergie	195
5.2.3 Energetická integrace	196

6 Alternativní suroviny pro pyrolýzu	197
6.1 Výtěžky produktů	197
6.2 Metody hydrokatalytické předúpravy suroviny pro pyrolýzu	200
6.3 Hydrogenační krakování	200
6.3.1 Využití hydrokrakování pro přípravu suroviny pro pyrolýzu	200
6.4 Tvorba koksu při pyrolýze	201
6.4.1 Mechanismus tvorby koksu	202
6.5 Vliv složení surovin na tvorbu koksu	202
6.6 Vliv doby provozu na tvorbu koksu	203
6.7 Vliv teploty a tlaku na tvorbu koksu	204
6.7.1 Inhibitory koksování	204
6.8 Pyrolýza vysokomolekulárních individuálních uhlovodíků	204
7 Nejnovější vývoj při pyrolýze primárního benzínu	205
7.1 Standardně provozovaná pyrolýza primárního benzínu	207
7.2 Pokroky v technologiích pyrolýzy primárního benzínu	208
8 Katalytické a další alternativní technologie	210
8.1 Využití energie	210
8.2 Reaktory a katalyzátory	212
8.2.1 Krátkodobé a dlouhodobé vyhlídky	213
9 Závěr	214
Literatura	215

KAPITOLA 10

Alternativní paliva a technologie

Martin Bajus, Hugo Kittel

Úvod	222
1 Paliva jako energetické a chemické suroviny	223
1.1 Formy energie	223
1.2 Přeměna energie	224
1.3 Energetická účinnost	225
2 Energetické zdroje a zásoby	226
2.1 Zdroje	226
2.2 Zásoby	228
3 Současné a perspektivní požadavky na energii	231
3.1 Trendy v 21. století	235
3.2 Závěr	237
4 Reformulovaná paliva	237
Literatura	242

KAPITOLA 11

Vodíkové technologie

Jaromír Lederer

Úvod	244
1 Vlastnosti vodíku	244
2 Výroba vodíku	244
Literatura	252

KAPITOLA 12

Palivové články

Martin Bajus

1 Základní pojmy	254
1.1 Definice elektrochemických zařízení	254
2 Palivové články	254
2.1 Termodynamika	255
2.2 Chemicko-inženýrská termodynamika	256

3	Konstrukce palivových článků	258
3.1	Rozdělení palivových článků	259
3.1.1	Palivové články na bázi kompaktních oxidů jako elektrolytu (SOFC)	259
3.1.2	Palivové články na bázi roztavených uhličitánů (MCFC)	261
3.1.3	Alkalické palivové články (AFC)	261
3.1.4	Palivové články na bázi methanolu (DMFC)	262
3.1.5	Palivové články na bázi kyseliny fosforečné (PAFC)	264
3.1.6	Palivové články s polymerní membránou (PEMFC)	265
4	Porovnání palivových článků	267
5	Lithium a kobalt – klíčové materiály	267
6	Vodíkový pohon automobilů	269
7	Porovnání stávajících automobilů s palivovými články	270
	Literatura	272

KAPITOLA 13 273

Nanotechnologie

Martin Bajus

1	Fullereny	274
1.1	Nanotrubičky – tubulény	275
1.2	Využití fullerenů v uhlovodíkových technologiích	276
2	Nanotechnologie	277
2.1	Nanoměřítka a nanomateriály	277
2.2	Nanomateriály jako katalyzátory a adsorbenty	278
2.3	Příspěvky do paliv a maziv	278
2.4	Separční procesy	278
2.5	Textilní materiály	278
2.6	Kompozitní materiály	279
2.7	Palivové články	279
2.8	Informační technologie	279
	Literatura	280

KAPITOLA 14 281

Alkoholová paliva

Jaromír Lederer

	Úvod	282
1	Vlastnosti	282
1.1	Porovnání s benzinem	282
1.2	Porovnání s motorovou naftou	284
2	Spalování	284
3	Oktanová čísla	286
4	Výroba MTBE	286
5	Výroba methanolu	286

KAPITOLA 15 287

Paliva z biomasy – biopaliva

Martin Bajus, Hugo Kittel

	Úvod	288
1	Ethanol	289
2	Acetonbutanolová směs	290
3	Transesterifikace rostlinných olejů	290
4	Bioplyn	294
	Literatura	296

1 Obecně o odpadech	299
1.1 Základní informace	299
1.1.1 Situace ve Slovenské republice a v Evropské unii	299
1.1.2 Situace v České republice	302
1.1.2.1 Státní politika životního prostředí České republiky na 2012–2020	302
1.1.2.2 Plán odpadového hospodářství České republiky	302
1.1.2.3 Nakládání s odpady v roce 2018	303
1.1.2.4 Prognóza složení směsného komunálního odpadu dle cílů Směrnice Evropského parlamentu	303
1.1.2.5 Skladba směsného komunálního odpadu z domácností České republiky	304
1.1.3 Současný stav problematiky	306
1.2 Zhodnocení komunálních a průmyslových odpadů pyrolyzními a termickými procesy současnosti	307
1.2.1 Plasty	307
1.2.1.1 Termické štěpení	307
1.2.1.2 Visbreaking	309
1.2.1.3 Koksování	309
1.2.1.4 Katalytické krakování	309
1.2.1.5 Hydrogenační štěpení	309
1.2.1.6 Zplyňování	309
1.2.1.7 Pyrolýza	309
1.2.1.8 Kopyrolýza	310
1.2.1.9 Využití v energetice	311
1.2.2 Komunální odpad	311
1.2.2.1 Konvenční termické zpracování komunálního odpadu se získáním energie	312
1.2.2.2 Dvoustupňové termické zpracování komunálního odpadu se získáním energie	312
1.2.2.3 Pyrolyzní zpracování komunálního odpadu – dvoustupňové termické zpracování komunálního odpadu se získáním energie	313
2 Recyklace pneumatik	313
2.1 Suroviny na výrobu pneumatik	314
2.1.1 Kaučuky	315
2.1.2 Gumárenské chemikálie	315
2.1.3 Složení pneumatik	315
2.2 Ekonomický a environmentální aspekt	316
2.3 Management zpracování odpadů	316
3 Mechanická recyklace	317
3.1 Využití granulovaného gumárenského odpadu	318
3.2 Stavebnictví	319
4 Materiálová recyklace	321
4.1 Transformace a devulkanizace	321
4.2 Povrchová úprava	322
5 Kompozity z recyklovaného gumárenského odpadu a termoplastů	322
6 Energetická recyklace	323
7 Pyrolýza	324
7.1 Valorizace pyrolyzního koksu	328
7.2 Technologie pyrolýzy opotřebovaných pneumatik	333

7.2.1 Mikrovlnná pyrolýza	337
7.2.2 Pyrolyzní proces DSSC/SCA	337
7.3 Využití pyrokapalin	339
7.3.1 Analýza kapalných produktů z pyrolýzy pneumatik	339
7.3.2 Analýza a vlastnosti pneumatik	340
7.3.3 Pracovní podmínky při termickém rozkladu	341
7.4 Vlastnosti kapalných produktů	341
7.5 Materiálová bilance produktů pyrolýzy	341
7.5.1 Plynově chromatografická a hmotnostně- spektrometrická (GC/MS) analýza	342
7.6 Destilace pyrokapaliny	344
7.7 d,l-Limonen	345
7.7.1 Vlastnosti limonenu	345
7.7.2 Oxidace limonenu	345
Literatura	347

KAPITOLA 17

Ropné písky a živičné břidlice

Martin Bajus, Hugo Kittel

1 Ropné písky	350
2 Živičné břidlice	354
Literatura	356

349