

Obsah

Předmluva	11
Přehled značení	13
1 Úvod	19
I POVLAKOVÉ TEPELNÉ BARIÉRY (TBC)	21
2 Problematika TBC	23
2.1 Funkce a struktura	23
2.2 Materiály vrstev	25
2.3 Vytváření vrstev	30
2.4 Fyzikální vlastnosti materiálů	32
2.5 Degradace vrstev	35
2.6 Testování kvality	37
2.7 Použití	39
2.8 Shrnutí	41
3 Matematické a simulační modely procesů v TBC	43
3.1 Matematický model termomechanického procesu	43
3.1.1 Systém TBC	43
3.1.2 Přenos tepla	44
3.1.3 Tepelná napjatost	44
3.1.4 Okrajové a počáteční podmínky	46
3.2 Simulační modely termomechanického chování	47
3.2.1 Cíle a použití modelů	48
3.2.2 Definice modelů	48
3.2.3 Přímá úloha termomechaniky TBC	52
3.2.4 Nepřímá úloha vyhodnocení přestupu tepla do TBC	53
3.3 Experimentální matematický model tepelného procesu při nástřiku	54
3.3.1 Cíl a použití modelu	54
3.3.2 Vytváření modelu	55
3.3.3 Úloha ohřevu vzorku při nástřiku vrstev TBC	59
3.4 Shrnutí	61
4 Simulace chování TBC při tepelném rázu	63
4.1 Modely struktur TBC	63
4.1.1 Struktury TBC a jejich zatížení	63
4.1.2 Fyzikální vlastnosti materiálů	64
4.1.3 Přesnost modelu	65
4.2 Chování struktur TBC	65
4.2.1 Substrát bez TBC	65

4.2.2	Jednovrstvá TBC	67
4.2.3	Třívrstvá TBC	70
4.3	Porovnání struktur TBC	74
4.3.1	Vliv tloušťky vrstev	74
4.3.2	Vliv pomezí vrstev	77
4.3.3	Vliv počtu vrstev	78
4.4	Shrnutí	81
5	Vytváření vrstev TBC	83
5.1	Plazmový nástřik vrstev	83
5.1.1	Příprava vzorků	83
5.1.2	Nástřik vrstev	84
5.2	Měření při plazmovém nástřiku	87
5.2.1	Měření teplot	87
5.2.2	Teploty při nástřiku vrstev	87
5.2.3	Kritériální rovnice ohřevu vzorku	90
5.3	Shrnutí	94
6	Hodnocení struktury TBC	95
6.1	Struktura vrstev	95
6.1.1	Povrchové profily vrstev	95
6.1.2	Profily tloušťky vrstev	96
6.2	Mikrostruktura vrstev	98
6.2.1	Pomezí a distribuce pórů	99
6.2.2	Morfologie vrstev	102
6.3	Termomechanické vlastnosti materiálů	102
6.3.1	Zpracování dostupných podkladů	105
6.3.2	Emisivita vrstev	110
6.4	Shrnutí	114
7	Tepelné zatěžování TBC	117
7.1	Tepelné zatěžování	117
7.1.1	Princip	117
7.1.2	Způsoby a provedení	118
7.2	Měření při tepelném zatěžování	120
7.2.1	Měřicí systém	120
7.2.2	Teploty při statickém zatěžování	122
7.2.3	Teploty při dynamickém zatěžování	125
7.3	Tepelně izolační účinnost TBC	129
7.3.1	Hodnocení tepelně izolační účinnosti	129
7.3.2	Účinnost při statickém zatěžování	131
7.3.3	Účinnost při dynamickém zatěžování	133
7.3.4	Teploty na rozhraní TBC – substrát	137
7.4	Shrnutí	138
8	Závěr k TBC	139
	Literatura k TBC	141
II	TEPELNÉ BOX-BARIÉRY (TBB)	149
9	Problematika TBB	151
9.1	Princip činnosti	152
9.2	Struktura a funkce vrstev	153
9.3	Materiály	154
9.4	Použití	155

9.5	Shrnutí	159
10	Matematické a simulační modely procesů v TBB	161
10.1	Matematický model tepelného procesu	161
10.1.1	System TBB	161
10.1.2	Rovnice vedení tepla a fázové přeměny	162
10.1.3	Podmínky jednoznačnosti řešení	165
10.2	Simulační modely tepelného chování	167
10.2.1	Cíle a použití modelů	167
10.2.2	Definice modelů	168
10.2.3	Přímá úloha ohřevu TBB	171
10.2.4	Optimalizační úloha struktury TBB	172
10.3	Shrnutí	173
11	Simulace a optimalizace TBB	175
11.1	Chování struktury TBB při tepelném rázu	175
11.1.1	Modely TBB struktury	175
11.1.2	Dynamické teplotní pole v TBB	177
11.1.3	Vliv fyzikálních a numerických parametrů modelů	179
11.2	Optimalizace TBB s částečnou vodní vrstvou	181
11.2.1	Modely struktur, postup řešení	182
11.2.2	Výsledky řešení dílčích úloh	183
11.2.3	Porovnání původní a optimalizované TBB	184
11.3	Optimalizace čtyřvrstvé TBB struktury	185
11.3.1	Uvažované struktury, postup řešení	187
11.3.2	Výsledky řešení dílčích úloh	187
11.3.3	Porovnání optimálních struktur s původní TBB	188
11.4	Shrnutí	189
12	Testování TBB	191
12.1	Testované TBB struktury	191
12.1.1	TBB s částečnou vodní vrstvou	191
12.1.2	TBB s úplnou vodní vrstvou	192
12.2	Tepelné zatěžování	193
12.2.1	Cíle testů	194
12.2.2	Způsoby a provedení	194
12.2.3	Měření při tepelném zatěžování	195
12.3	Účinnost TBB	197
12.3.1	Ohřev TBB s částečnou vodní vrstvou	197
12.3.2	Ohřev TBB s úplnou vodní vrstvou	199
12.4	Shrnutí	201
13	Aplikace TBB	203
13.1	TBB při optimalizaci ohřevu v pecích	203
13.1.1	Řízení ohřevu v průběžné peci a jeho optimalizace	204
13.1.2	Úloha měření s TBB při optimalizaci ohřevu	205
13.2	Měřicí systém s vnitřní pamětí chráněný TBB	207
13.2.1	Technické vybavení	208
13.2.2	Programové vybavení	210
13.3	Průmyslové měření s TBB	212
13.3.1	Příprava experimentu	212
13.3.2	Měření	212
13.3.3	Vyhodnocení experimentu	214
13.4	Shrnutí	216
14	Závěr k TBB	219

Literatura k TBB	221
III PŘIROZENÉ TEPELNÉ BARIÉRY (TBN)	225
15 Biotermomechanika a TBN	227
15.1 Funkce TBN v živých organismech	228
15.1.1 Působení teploty na lidské tělo	228
15.1.2 Vnitřní a vnější tepelná bariéra	231
15.1.3 Termoregulace lidského těla	233
15.1.4 Detekce teplot a adaptabilita organismu na vnější podmínky	235
15.1.5 Tepelný komfort a stres	237
15.2 Zjednodušené modely lidského těla	238
15.2.1 Náhradní modely lidského těla	239
15.2.2 Charakteristika modelů	240
15.2.3 Porovnání různých modelů	242
15.2.4 Postup při volbě modelu	244
15.3 Přenos tepla v systému člověk – vnější prostředí	244
15.3.1 Tepelná rovnováha lidského těla	245
15.3.2 Způsoby přenosu tepla	245
15.3.3 Metabolizmus	250
15.3.4 Přenos tepla ve vnitřní přirozené TB	251
15.3.5 Přenos tepla ve vnější umělé TB	252
15.4 Shrnutí	254
16 Matematické modely a simulace	255
16.1 Matematické modely biotermického procesu	256
16.1.1 Systém TBN	256
16.1.2 Základní rovnice	257
16.1.3 Podmínky jednoznačnosti řešení	258
16.2 Simulace vlivu vnější TB na biotermický proces v lidském těle	260
16.2.1 Formulace úlohy	260
16.2.2 Postup a výsledky řešení	263
16.3 Simulace tepelného přetížení těla ocelářského dělníka	266
16.3.1 Formulace problému a alternativy řešení	266
16.3.2 Postup řešení	270
16.3.3 Výsledky a jejich porovnání se skutečností	271
16.4 Shrnutí	273
17 Závěr k TBN	275
Literatura k TBN	277
PŘÍLOHY	281
A Teorie podobnosti	283
A.1 Kritéria podobnosti a Pí teorém	283
A.2 Rozměrová analýza	284
A.2.1 Rozměrová matice	285
A.2.2 Určení podobnostních kritérií z rozměrové matice	285
A.3 Kriteriaální rovnice	287
B Barevná příloha	289
B.1 Povlakové tepelné bariéry	289
B.2 Tepelné box-bariéry	293

Rejstřík

297

Résumé

301