

OBSAH

Obsah	7
A. ÚVOD (Antonín Smrček)	15
Literatura ke kapitole A.	18
B. PROCESY PŘI TAVENÍ SKLA (Josef Matoušek a kol.)	19
B. 1. První etapy tavicího procesu (František Novotný)	19
1.1. Procesy při ohřevu kmene	19
1.2. Reakce mezi hlavními surovinami	22
1.3. Vysokoteplotní fázové a chemické rovnováhy	25
1.4. Interakce tavenin s pevnými částicemi	29
1.5. Základní průmyslově vyráběné skloviny	33
1.6. Struktury v tavicím se kmene	41
Literatura k části B.1	45
B. 2. Čerčení skel (Lubomír Němec)	48
2.1. Mechanismus a chemismus čerčícího procesu	48
2.2. Rozpouštění a transport technologicky významných plynů ve skelné tavenině	52
2.3. Základní vztahy popisující proces odstraňování bublin a modelování čerčícího procesu	57
2.4. Vliv parametrů čerčícího procesu na jeho průběh	64
2.5. Základní používaná čerčící činidla a zkušenosti s jejich použitím	77
2.6. Netradiční způsoby odstraňování bublin z roztavených skel	83
Literatura k části B.2	89
B. 3. Oxidačně redukční děje při tavení skel (Jaroslav Kloužek)	91
3.1. Oxidačně redukční rovnováhy ve sklovinách	92
3.2. Rovnovážné konstanty oxidačně redukčních reakcí	94
3.3. Závislost rovnovážného redox poměru na složení skloviny	96
3.4. Oxidačně redukční rovnováha síry	99
3.5. Oxidačně redukční děje významné pro tavení skel	106
3.6. Kyslíkové sondy pro měření redox stavu skel	115
3.7. Alternativní metody charakterizace redox stavu skel	117
Literatura k části B.3	119
B. 4. Vypařování těkavých složek (Josef Matoušek)	121
4.1. Těkání při tavení sklářského kmene	121
4.2. Těkání ze silikátových tavenin	125
4.3. Produkty těkání při průmyslovém tavení	134
4.4. Modelové výpočty těkání	135
Literatura k části B.4	144

B. 5.	Homogenizace (František Novotný)	145
5.1.	Nehomogenita	145
5.2.	Difúze	149
5.3.	Proudění a homogenita	149
5.4.	Míchání	153
5.5.	Metody ke stanovení nehomogenity	159
	Literatura k části B.5	160
C.	ŽÁROVZDORNÉ MATERIÁLY PRO SKLÁŘSKÉ PECE (Greta Nováková) ...	163
C. 1.	Vlastnosti žárovzdorných materiálů	163
C. 2.	Druhy žárovzdorných materiálů pro sklářství	170
2.1.	Elektrotavené materiály	171
2.2.	Šamot a vysocehlinité materiály	182
2.3.	Speciální žárovzdorné materiály	186
2.4.	Zásadité materiály	190
2.5.	Křemičité materiály	192
2.6.	Žárovzdorné kovy	194
2.7.	Žáromateriály netvarové	199
2.8.	Tepelně izolační materiály	204
C. 3.	Chování žárovzdorných materiálů ve sklářské peci	208
3.1.	Teorie koroze ve sklovině	208
3.2.	Koroze materiálů ve styku se sklovinou	213
3.3.	Koroze ve vrchní stavbě	215
3.4.	Koroze v regeneračních komorách	217
C. 4.	Praktické příklady použití žáromateriálů	220
4.1.	Bazén	220
4.2.	Vrchní stavba	223
4.3.	Hlavní klenba	225
4.4.	Regenerační komory	228
	Literatura ke kapitole C	230
D.	TEPELNÁ TECHNIKA SKLÁŘSKÝCH TAVICÍCH PECÍ (Antonín Smrček a kol.)	233
D. 1.	Požadavky na sklářské pece (Antonín Smrček)	233
D. 2.	Paliva a spalování (Jiří Gabriel)	234
2.1.	Paliva	234
2.2.	Spalování	235
D. 3.	Přestup tepla ve sklářské peci (Jiří Gabriel)	238
3.1.	Mechanismy sdílení tepla ve sklářské peci	239
3.2.	Pochody v tavicím prostoru sklářské vanové pece	249
3.3.	Tepelná bilance sklářského tavicího agregátu	255

D. 4.	Proudění a teplotní pole ve sklovině ve vanové peci (Josef Smrček)	267
4.1.	Vývoj poznatků o proudění skloviny	267
4.2.	Odvození rychlosti proudění skloviny	268
4.3.	Měření rychlosti	269
4.4.	Proudění v průtoku	270
4.5.	Měření teplotního pole ve sklovině	271
D. 5.	Výplachová křivka vanové pece (Josef Smrček)	273
5.1.	Výměna skloviny ve vaně	273
5.2.	Typy výplachových mechanismů	274
5.3.	Doba průchodu	276
5.4.	Porovnání naměřených hraničních odezvových křivek	277
5.5.	Přebarvování, využití výplachových křivek	278
D. 6.	Charakteristiky vanových pecí (Antonín Smrček)	279
D. 7.	Výkonová křivka sklářské tavicí pece (Antonín Smrček)	283
7.1.	Odvození výkonové křivky	283
7.2.	Příkon naprázdno	286
7.3.	Vliv účinnosti - sklon výkonové křivky	287
7.4.	Vliv tavicí teploty, pracovní diagram tavicí pece	288
7.5.	Elektropříhřev, elektrické tavení, kyslík	291
7.6.	Použití výkonových křivek	291
D. 8.	Výrobní teplo skloviny, vliv střepů (Antonín Smrček)	293
D. 9.	Stárnutí vanových pecí (Antonín Smrček)	300
D. 10.	Sledování a řízení provozu vanových pecí (Ant. Smrček)	302
10.1.	Obsah bublin ve sklovině	302
10.2.	Obsah kamínků ve sklovině	303
10.3.	Homogenita skla	303
10.4.	Sledování složení a vlastností skla	304
10.5.	Sledování provozu pece	305
10.6.	Řízení vanové pece	307
D. 11.	Racionalizace tavicích pecí (Antonín Smrček)	308
11.1.	Zvýšení měrného výkonu pece.....	309
11.2.	Snížení komínové ztráty	311
11.3.	Snížení ztrát zdívmem a zpětným tokem	312
11.4.	Porovnání hlavních typů vanových pecí	312
D. 12	Ekonomie sklářských pecí (Antonín Smrček)	314
	Literatura ke kapitole D.....	317
E.	PALIVOVÉ VANOVÉ PECE (Jaroslav Veverka)	323
E. 1.	Typy palivových pecí pro výrobu skla	323
1.1.	Stručně o vývoji palivových pecí	323
1.2.	Regenerativní pece	324

1.3.	Rekuperativní pece	329
1.4.	Kyslíkové pece	332
E.2.	Konstrukce částí pece	337
2.1.	Bazén pece	338
2.2.	Průtok	344
2.3.	Vrchní stavba pece	347
2.4.	Klenba pece a záklenky	350
2.5.	Hořákové vlety	355
2.6.	Regenerátory a rekuperátory	358
2.7.	Nosná a vázací ocelová konstrukce	370
E.3.	Intenzifikační prostředky tavení	371
3.1.	Elektrický přihřev	371
3.2.	Proublávání skloviny	379
3.3.	Jízek	384
E.4.	Chladicí systémy pecí	385
4.1.	Systém vzduchového chlazení	386
4.2.	Systém vodního chlazení	387
4.3.	Další pomůcky pro chlazení	389
E.5.	Otop palivových pecí	389
5.1.	Svitivost, délka a bohatost plamene	389
5.2.	Typy spalovacích systémů	391
5.3.	Hořákové vybavení	395
	Literatura ke kapitole E	399
F.	POMOCNÁ PECNÍ ZAŘÍZENÍ, STAVBA A PROVOZ PECE	
	(Jaroslav Veverka)	401
F.1.	Pomocná zařízení	401
1.1.	Zakládání kmene	401
1.2.	Hladinoměry	406
1.3.	Odtahový a reverzační systém	409
1.4.	Instrumentace a řízení pece	415
1.5.	Předehřívání vsázky a střepů	419
1.6.	Spalinové kotle	420
F.2.	Stavba pece a její uvedení do provozu	422
2.1.	Hlediska projektování pecí	422
2.2.	Žáromateriály pro stavbu pece	423
2.3.	Stavba pece	426
2.4.	Temperování pece	428
2.5.	Příprava na temperování	430
2.6.	Temperovací křivka	432
2.7.	Ovládání ocelové konstrukce pece	438

2.8.	Plnění pece	440
2.9.	Vypouštění pece	441
2.10.	Odtemperování pece	443
2.11.	Vyhodnocení stavu vanové tavicí pece po výhase	445
F. 3.	Provoz vanových pecí	449
3.1.	Konstrukční a provozní faktory	449
3.2.	Vliv složení a granulometrie kmene	450
3.3.	Použití střepů	452
3.4.	Teploty a teplotní gradienty	453
3.5.	Vliv zakládání kmene	456
3.6.	Řízení spalování	459
3.7.	Reverzace hoření	460
3.8.	Pecní tlak a tlakové gradienty v peci	461
3.9.	Provoz pecí a jejich energetická účinnost	464
3.10.	Praxe tavení	467
F. 4.	Diagnostika pecí	468
4.1.	Pravidelné prohlídky pecí	468
4.2.	Použití pecního periskopu	471
4.3.	Použití termografie	472
4.4.	Měření tloušťky vyzdívky za provozu	476
F. 5.	Údržba a opravy pecí	479
5.1.	Opravy pecí za tepla	480
5.2.	Opravy v místech kontaktu se sklem	482
5.3.	Opravy vrchní stavby pecí	488
5.4.	Nouzové stavy	501
5.5.	Opravy keramickým svařováním	505
	Literatura ke kapitole F.	507
G.	ELEKTRICKÉ TAVENÍ SKLA (Josef Smrček a kol.)	509
G.1.	Teoretické základy (Josef Smrček)	509
1.1.	Teplotní pole v lázni	510
1.2.	Mechanismy přenosu tepla ke vsázce	512
1.3.	Výkonové pole ve sklovině (Josef Smrček, Antonín Lisý)	516
1.4.	Možnosti ovlivnit přehřívání skloviny před elektrodou	518
1.5.	Proudění skloviny v celoelektrické peci	519
1.6.	Možnosti zvýšit výkon vany či kvalitu	530
G.2.	Děje ve vrstvě vsázky nad krustou	531
G.3.	Konstrukce elektrických van, zavedení elektrod (Josef Smrček, Jiří Zajíc, Ivo Kořínek)	532
3.1.	Zavedení elektrod do skloviny	532
3.2.	Držáky elektrod	532

3.3.	Využití molybdenu a platiny ve sklářství (Ivo Kořínek)	532
3.4.	Zakládání a regulace elektrických van (Jiří Zajíc, Josef Smrček)	535
3.5.	Provoz elektrických van, koroze	535
G.4.	Elektrické pole ve sklovině (Stanislav Kasa, František Novotný)	536
4.1.	Elektromagnetické pole	536
4.2.	Potenciál elektrody	537
4.3.	Odpor mezi elektrodami	538
4.4.	Další elektrotechnické veličiny	541
G.5.	Koroze a jiné nežádoucí děje na elektrodách a způsobu jejich potlačení (Jiří Matěj)	543
5.1.	Nežádoucí děje na elektrodách	543
5.2.	Specifické rysy koroze a ochrana elektrod z různých materiálů	545
G.6.	Napájení elektrických pecí (Stanislav Kasa)	552
6.1.	Zdroje elektrického proudu	552
G.7.	Elektrický příhřev (Stanislav Kasa, Josef Smrček)	557
	Literatura ke kapitole G	559
H.	TAVENÍ V PÁNVOVÝCH PECÍCH (Karel Pešek)	565
H.1.	Druhy a použití pánvových pecí	565
1.1.	Obecné členění	565
1.2.	Průmyslová oblast využívání	565
1.3.	Technologická specifika tavení v pánvích	566
H.2.	Používané typy pánvových pecí	566
2.1.	Dolnoplamenné pece	567
a.	Tavící pánvová pec Siemens-Siebertova	567
b.	Dolnoplamenné pece typu Knoblauch	570
2.2.	Hornoplamenné pece	571
a.	Pec s přímým vedením plamene	571
b.	Tavící pec s dvojitým U-plamenem	574
2.3.	Tangenciální pece	575
2.4.	Ateliérové pece	579
2.5.	Požadavky na optimální technologickou funkci plynové pánvové pece	582
2.6.	Požadavky ke snížení tepelné zátěže sklářů	584
2.7.	Hořákové systémy a automatická regulace tavicího procesu	584
2.8.	Kovové rekuperátory	586
2.9.	Elektrické pánvové pece	588
2.10.	Technicko-ekonomické hodnocení pánvových pecí	594
H.3.	Životnost plynových pánvových pecí a rozsah oprav	599
H.4.	Základní projektové parametry a výpočty pro pánvové pece	600
H.5.	Keramické pánve	609
5.1.	Výrobní postup	609

5.2.	Sušení pánví a expedice	612
5.3.	Rozměry a obsah pánví	614
5.4.	Temperování pánví a temperovací pece	616
5.5.	Temperovací křivka	618
5.6.	Slinování nových pánví v tavicí peci	620
5.7.	Temperování a výpal kroužků	622
5.8.	Vlastnosti pánvových hmot po tepelném zpracování	624
H.6.	Technologie tavení skla v pánvích	627
6.1.	Suroviny a příprava kmene	627
6.2.	Technologický postup tavení	630
6.3.	Vady skla z pánví	642
	a. Kamínky	642
	b. Šlíry	643
	c. Bublíny	647
	Literatura ke kapitole H	650
I.	SPECIÁLNÍ TAVICÍ ZAŘÍZENÍ A TAVENÍ V NICH (Vlastimil Dvořák)	653
I. 1.	Kelímkové středofrekvenční a vysokofrekvenční pece	654
1.1.	Tavení v platinových kelímcích	654
1.2.	Tavení v keramických pánvích	655
1.3.	Tavení ve studeném kelímku	655
1.4.	Mikrovlánná sklářská pec	656
I. 2.	Plazmové tavení křemenného skla	657
I. 3.	Tavení křemenného skla elektrickým obloukem	658
I. 4.	Tavení křemenného skla grafitovými elektrodami	659
I. 5.	Tavení křemenného skla technické kvality	660
5.1.	Vysokofrekvenční tavení v grafitových týglech	660
5.2.	Vakuum-kompresní způsob tavení	661
5.3.	Kyslíko-vodíkové tavení čirého křemenného skla	661
I. 6.	Tavení ve vodou chlazené peci na výrobu keramického vlákna (František Novotný)	662
I. 7.	Kontinuální linka na výrobu výlisků optické kvality (Vlastimil Dvořák)	663
	Literatura ke kapitole I	664
J.	EKOLOGIE TAVENÍ (Petr Beránek)	665
J. 1.	Emise z tavicího procesu a jejich složení	665
1.1.	Měření a hodnocení emisí	665
1.2.	Prach (tuhé znečišťující látky)	666
1.3.	Těžké kovy a stopové prvky	666
1.4.	Spaliny z paliv	666
1.5.	Plyny z kmene	667

1.6.	Složení emisí ze sklářských tavicích pecí	669
J. 2.	Technické možnosti snižování emisí	671
2.1.	Tuhé znečišťující látky	671
2.2.	Oxidy dusíku (NO _x)	672
2.3.	Oxidy síry (SO _x)	673
2.4.	Fluoridy (HF) a chloridy (HCl)	674
J. 3.	Emisní legislativa	675
3.1.	Evropská legislativa, směrnice o integrované prevenci a omezování znečištění	675
3.2.	Národní zákon o ochraně ovzduší a prováděcí emisní vyhlášky	676
3.3.	Obchodování s emisemi	676
	Literatura ke kapitole J	679
K.	PECE BUDOUCNOSTI (Antonín Smrček)	681
K.1.	Technologie tavení	681
K.2.	Vývoj pecí malotonážního sklářství	682
K.3.	Pec pro velkotonážní sklářství	684
K.4.	Jaká bude pec budoucnosti?	694
	Literatura k části K	695