

OBSAH

Předmluva	5
Vznik a úkoly elektrochemického inženýrství	10
1. TRANSPORTNÍ JEVY V ELEKTROLYTECH	13
Seznam symbolů	13
1.1. Transportní rovnice pro zředěné elektrolyty	14
1.1.1. Základní rovnice	14
1.1.2. Diskuse rovnic pro tok elektrického náboje	17
1.1.3. Diskuse rovnic pro tok hmoty	19
1.1.4. Okrajové podmínky	21
1.2. Transportní rovnice pro koncentrované elektrolyty	24
1.2.1. Příklad binárního elektrolytu	25
1.2.1.1. Výpočet transportních parametrů z naměřených dat	29
1.2.2. Příklad ternárního elektrolytu	33
1.2.2.1. Výpočet koeficientů l_{ij} z experimentálních dat	38
1.3. Přenos tepla v elektrolytech	45
Literatura	48
2. ROZLOŽENÍ PROUDOVÝCH HUSTOT V ELEKTROLYZÉRECH S ELEKTRODOVÝMI DĚJI ŘÍZENÝMI PŘENOSEM NÁBOJE	50
Seznam důležitějších symbolů	50
2.1. Napěťové bilance pro elektrolyzéry a články	52
2.2. Primární rozložení proudových hustot v elektrolyzéro	56
2.2.1. Základní úvahy	56
2.2.2. Numerické metody řešení Laplaceovy rovnice	61
2.2.2.1. Aproximace pomocí diferenčních vzorců	61
2.2.2.2. Výpočet hodnoty potenciálu na izolované stěně	62
2.2.2.3. Vyjádření druhých derivací na křivočarých rozhraních	65
2.2.2.4. Řešení Laplaceovy rovnice relaxační metodou	66
2.2.2.5. Řešení Laplaceovy rovnice relaxační metodou po transformaci mezi- elektrodové oblasti na obdélník	77
2.2.2.6. Řešení Laplaceovy rovnice v mezielektrodovém prostoru po jeho trans- formaci na kvádr	82
2.2.2.7. Řešení Laplaceovy rovnice v Hullově cele po transformaci na obdélník	84
2.2.2.8. Zpřesňování výpočtů ve vybraných částech prostoru nebo plochy zhuš- ťováním sítí	87
2.2.2.9. Brianova metoda řešení Laplaceovy rovnice	88

2.2.3.	Řešení Laplaceovy rovnice s použitím dalších zjednodušení	91
2.2.3.1.	Odhady průběhu proudových čar v elektrolyzérech	91
2.2.3.2.	Řešení metodou perturbace	93
2.2.3.3.	Dělení mezelektrodové oblasti na podoblasti	94
2.2.4.	Řešení Laplaceovy rovnice pomocí Galerkinovy a kolokační metody a porovnání s metodou sítí	98
2.3.	Sekundární rozložení proudových hustot	108
2.3.1.	Základní úvahy	108
2.3.2.	Řešení Laplaceovy rovnice metodou separace proměnných	111
2.3.2.1.	Elektrolyzér s deskovými elektrodami	111
2.3.2.2.	Zkratovaný galvanický článek	116
2.3.3.	Řešení Laplaceovy rovnice za použití předpokladů o průběhu proudových čar	122
2.3.3.1.	Průtočný elektrolyzér s deskovými elektrodami s přívody shora	122
2.3.3.2.	Vliv vzniku plynné fáze na rozložení proudových hustot	125
2.3.3.3.	Vliv umístění přívodů proudu na rozložení proudových hustot	130
2.3.4.	Numerické řešení pomocí metody sítí. Okrajové podmínky	138
2.3.5.	Matematická simulace elektrochemického obrábění při uvažování vlivu polarizace elektrod, teploty elektrolytu a vzniku bublin	141
2.3.6.	Rozvod proudu v těle elektrod	153
2.3.7.	Porovnání primárního a sekundárního rozložení proudových hustot	156
2.4.	Výpočet parazitních proudů v baterii palivových článků nebo elektrolyzérů se společným rozvodem elektrolytu	159
Literatura	166
3.	TRANSPORTNÍ DĚJE V ELEKTROLYZÉRECH	168
3.1.	Úvod	171
3.2.	Základní vztahy z dynamiky kapalin pro laminární a turbulentní tok	173
3.3.	Tok iontů k deskové elektrodě obtékané elektrolytem	177
3.3.1.	Výpočet rychlostního profilu u deskové elektrody obtékané proudem elektrolytu v laminární oblasti toku.	178
3.3.2.	Tok iontů k deskové elektrodě v přebytku nosného elektrolytu	182
3.3.3.	Tok iontů k deskové elektrodě v binárním elektrolytu	185
3.4.	Tok iontů k deskové elektrodě při přirozené konvekcii elektrolytu	186
3.5.	Výpočet migračního toku iontů k deskové elektrodě	188
3.6.	Stacionární stavy v průtočných elektrolyzérech	191
3.6.1.	Přechodná oblast toku elektrolytu	192
3.6.2.	Oblast se stabilizovaným laminárním rychlostním profilem. Krátké elektrody	193
3.6.3.	Oblast se stabilizovaným laminárním rychlostním profilem. Dlouhé elektrody	194
3.6.4.	Turbulentní proudění, krátké elektrody	195
3.6.5.	Turbulentní proudění, dlouhé elektrody	196
3.7.	Zvýšení průtoku elektrolytu přes elektrolyzér pro systémy s elektrodovým dějem řízeným přenosem hmoty	197
3.7.1.	Systémy s recirkulací elektrolytu	198
3.7.2.	Zvýšení průtočné rychlosti zmenšením šířky elektrolyzéro	200
3.8.	Tok iontů přes diafragmu v elektrickém poli	201
3.8.1.	Základní pojmy	201
3.8.2.	Teorie transportu iontů v diafragmě.	202
3.9.	Výpočet toku iontů pro elektrody se simultánním vývojem plynné fáze	205
Literatura	207

4. PORÉZNÍ ELEKTRODY	210
Seznam symbolů	210
4.1. Základní vlastnosti porézních elektrod	212
4.2. Konstrukční prvky porézních elektrod	214
4.3. Modely dvoufázových porézních elektrod	216
4.3.1. Základní rovnice pro dvoufázové porézní elektrody	219
4.4. Příklad konstantních koncentrací	220
4.4.1. Malá polarizace elektrody ve stacionárním stavu	222
4.4.2. Velká polarizace elektrody ve stacionárním stavu	226
4.4.3. Přechodové (kapacitní) děje	230
4.5. Příklad proměnných koncentrací	236
4.5.1. Binární elektrolyt s depolarizátorem; stacionární stav	236
4.5.2. Elektrody v olověném akumulátoru; nestacionární stav	240
4.6. Modely třífázových porézních elektrod	257
4.6.1. Přibližná teorie kyslíkové elektrody	262
4.6.2. Přesné transportní rovnice v teorii porézní kyslíkové elektrody	271
4.6.3. Přibližná teorie vzdušné elektrody	276
4.6.4. Přesné řešení rovnic pro vzdušnou elektrodu	281
4.7. Porézní elektroda jako chemický reaktor	285
4.7.1. Průtočné porézní elektrody	285
4.7.2. Elektrody s fluidním ložem	293
Literatura	298
DODATEK	301
Seznam symbolů	301
D1. Poznámky k iontovým pohybům	302
D2. Základní vzorce vektorové analýzy v kartézských, cylindrických a sférických souřadnicích	303
D3. Základní rovnice hydrodynamiky nestlačitelné kapaliny v kartézských, cylindrických a sférických souřadnicích	307
D4. Diferenční vzorce	310
D5. Některá diferenční schémata pro řešení parabolických diferenciálních rovnic metodou sítí	315
Rejstřík	322