

Obsah

	Str.
Úvod	3
1. Základní poznatky o difuzi	5
1.1 Matematické vyjádření zákonů difuze	6
1.1.1 Nejjednodušší řešení rovnice difuze	7
1.2 Závislost difuze na struktuře a chemickém složení materiálu	11
1.3 Základní mechanismy (modely) difuze	13
1.3.1 Výměnné mechanismy	13
1.3.2 Mechanismy difuze s bodovými poruchami	14
1.3.3 Mechanismy difuze v intermetalických sloučeninách	17
1.4 Vícefázová difuze, reaktivní difuze	19
1.4.1 Termodynamické aspekty reaktivní difuze	22
1.5 Techniky difuze v polovodičích	24
1.6 Metody stanovení koeficientů difuze	26
1.6.1 Absorpční metoda při použití radioaktivních indikátorů	27
1.6.2 Metody měření difuzivit v roztavených kovech a struskách	27
1.6.3 Přímé a nepřímé metody pro stanovení difuzivit	27
1.7 Význam a aplikace difuze	29
2. Klasická teorie difuze	30
3. Základy teorie transportních jevů a difuze	33
3.1 Relaxační procesy v polykomponentních systémech	33
3.2 Difuze a vedení tepla	34
3.3 Difuze v důsledku koncentračního gradientu	35
4. Metody stanovení koncentrační závislosti difuzivity v binárních systémech	39
4.1 Řešení rovnice difuze v dvoufázovém systému při $D_i = \text{konst.}$, $i = 1, 2$	40
4.2 Použití polynomů v metodě Matano-Boltzmannově – I. varianta	41
4.3 Řešení nelineární rovnice difuze za předpokladu lineární závislosti difuzivity na koncentraci	43
4.4 Apendix: Doplnění aproximace koncentračního profilu $c(x, t)$ zavedením funkce $\text{erf}(z)$ místo polynomu	45
4.5 Experimentální výsledky studia difuze v homogenním tuhém roztoku systému Fe/Fe–Mn	46
4.5.1 Experimentální příprava vzorků spojů Fe/Fe–Mn a jejich tepelné zpracování	46
4.5.2 Vyhodnocení experimentálních výsledků difuze Mn nízkolegované oceli do čistého Fe	47
4.5.3 Dílčí zhodnocení metod stanovení difuzivity manganu ve spoji Fe/ocel s nízkým obsahem Mn	50
4.5.4 Vyhodnocení experimentálních výsledků difuze Mn z vysokolegované oceli do Fe	51
4.6 Výpočet aktivační energie a frekvenčního faktoru při difuzi Mn v čistém Fe při vysokých obsahích Mn	55
4.6.1 Výpočet doby homogenizace Mn v Fe difuzním mechanismem při zadané teplotě	56
4.7 Shrnutí a doporučení	58
4.8 Závěry ke kap. 4	59
5. Vyhodnocení koncentrační závislosti difuzivity z experimentálních dat při pohyblivém mezifázovém rozhraní – II. varianta	61
5.1 Zkušenosti s metodou Matano–Boltzmannovou	61
5.2 Výpočet difuzních charakteristik při analyticky zadané koncentrační závislosti $D(c)$	63
5.3 Modifikace metody Matano–Boltzmannovy	65
5.4 Výpočet aktivních a interakčních koeficientů	67
5.5 Apendix	69
5.6 Výpočet koncentrační závislosti difuzivity a interakčního koeficientu z experimentálních dat	70
6. Vyhodnocení difuzních charakteristik z experimentálních dat v binárních systémech při pohyblivé mezifázové hranici	76
6.1 Wagnerův vztah	76
6.2 Řešení difuze s pohyblivým mezifázovým rozhraním	79
6.3 Výpočet difuzních charakteristik z koncentračních křivek	79
6.3.1 Určení roviny Matano	80

6.3.2	Určení difuzivity z plochy pod a nad koncentrační křivkou	81
6.3.3	Pomocná metoda k určení difuzivity z koncentračního gradientu	82
6.3.4	Pomocná metoda k určení difuzivity ze součinu plochy a koncentračního gradientu	82
6.3.5	Použití předchozích pomocných metod	83
6.3.6	Určení difuzivit D_i z bilance materiálu v i – té části vzorku	83
6.3.7	Bilanční rovnice I. druhu	83
6.3.8	Bilanční rovnice II. druhu;	84
6.3.9	Explicitní vyjádření poměru difuzivit κ	85
6.4	Dílčí shrnutí	85
7.	Experimentální studium difuze ve vybraných binárních systémech Ni-Al, Ni-Si	86
7.1	Význam difuze v technických materiálech	86
7.2	Binární systém Ni-Al	86
7.3	Experimentální příprava spojů Ni/Ni ₃ Al a jejich vyhodnocení	90
7.3.1	Výchozí materiál	90
7.3.2	Vytvoření spoje	90
7.3.3	Použitá metodika studia	90
7.3.4	Difuze ve spoji Ni/Ni ₃ Al	91
7.3.5	Spoje Ni/Ni ₃ Al	93
7.4	Vyhodnocení difuzních charakteristik z experimentálních dat v systému Ni/Ni ₃ Al	95
7.4.1	Stanovení základních charakteristik difuze z koncentračních profilů	95
7.4.2	Výpočetní program pro stanovení základních charakteristik difuze z koncentračních profilů	108
7.5	Studium difuze v systému Ni / Ni-Si	116
7.5.1	Binární diagram nikl – křemík	116
7.5.2	Experimentální příprava spojů Ni / Ni ₃ Si ₂	116
7.6	Shrnutí výsledků studium difuze v systémech Ni/Ni ₃ Al a Ni/Ni ₃ Si	122
8.	Vyhodnocení difuzivit v ternárních systémech při pohyblivém mezifázovém rozhraní	123
8.1	Určení interdifuzních toků z koncentračních profilů	123
8.2	Výpočet koeficientů interdifuze	124
8.3	Vyjádření koncentrace pomocí error-funkcí	125
8.4	Poznámky k řešení problematiky difuze v ternárních systémech	125
8.5	Experimentální studium difuze v ternárních systémech	128
8.5.1	Difuzní charakteristiky spojů Ni/Ni ₃ Al-Fe	128
8.5.2	Difuzní charakteristiky spojů Ni/Ni ₃ Al-Ti	132
8.5.3	Difuzní charakteristiky spojů Ni/Ni ₃ Al-Cr	134
8.5.4	Difuzní charakteristiky spojů Ni/Ni ₃ Al-Nb	136
8.5.5	Difuzní charakteristiky spojů Ni/Ni ₃ Al-Zr	137
8.6	Literární rešerše - problematika difuzivity v ternárních systémech	138
8.7	Shrnutí dosažených poznatků studia difuze ve vybraných ternárních systémech	146
9.	Reaktivní difuze	147
9.1	Stanovení difuzních charakteristik v pevné fázi	147
9.2	Problematika reaktivní difuze při kontaktu pevné fáze s taveninou	149
9.2.1	Nástin teoretické problematiky studia procesů při reaktivní difuzi	149
9.2.2	Konvektivní procesy v tavenině	149
9.2.3	Kinetická rovnice rozpouštění pevné fáze	152
9.2.4	Rovinné rozpouštění	152
9.2.5	Rozpouštění dlouhého válce	155
9.2.6	Rozpouštění a difuze v kapilárách	157
9.2.7	Procesy v pevné fázi při reaktivní difuzi	157
9.3	Experimentální metodika, postupy při studiu reaktivní difuze spojené s rozpouštěním pevné fáze v tavenině	159
9.4	Experimenty s reaktivní difuzí v systémech Cu-Sn, Cu-In-Sn	161
9.4.1	Sledování rozpouštění mědi v tavenině cínu	161
9.4.2	Reaktivní difuze v systému Cu-In-Sn	162

9.4.3 Konfrontace reaktivní difuze v systému Cu–In–Sn s termodynamicky vypočteným diagramem	167
9.5 Shrnutí výsledků studia reaktivní difuze	167
10. Kirkendallův jev	169
10.1 Charakteristika Kirkendallova jevu	169
10.2 Studium parametrů Kirkendallova jevu	173
10.2.1 Kirkendallová rychlost a posuv značek	173
10.2.2 Určení Kirkendallové roviny	175
10.3 Aplikace Kirkendallova jevu v aluminidech titanu a niklu	179
10.4 Metody a výsledky studia mikrostrukturních změn ve spoji Ni/Ni ₃ Al po vysokoteplotním žíhání	180
11. Studium difuze v binárních systémech v přítomnosti difuzního zdroje při pevné mezifázové hranici	190
11.1 Úvod	
11.2 Nástin řešení rovnice difuze pro pevné mezifázové rozhraní v přítomnosti difuzního zřídla	190
11.3 Výpočet funkce $c_2(x,t)$	190
11.4 Výpočet množství materiálu difundujícího do vzorku	193
11.5 Přesný výpočet difuze v přítomnosti zóny po svarovém spoji	194
11.6 Shrnutí	198
Závěr	201
Literatura	203
Symbody, jednotky	212