

# OBSAH

1.	Úvod	1
2.	Charakteristika a vlastnosti fáze NiTi	2
2.1	Charakteristika systému Ni-Ti	2
2.2	Obecná charakteristika intermetalické sloučeniny NiTi	4
2.3	Korozní vlastnosti a pasivace	6
2.4	Biokompatibilita	7
3.	Transformace ve slitinách na bázi Ni-Ti	8
3.1	Termodynamika martenzitické transformace	8
3.2	Krystalografická teorie martenzitických transformací	9
3.2.1	Bainův mechanismus	10
3.2.2	Vysokoteplotní B2 fáze v NiTi	11
3.2.3	Romboedrická R-fáze	12
3.2.4	Martenzitická B19' fáze	12
3.2.5	Martenzitická B19 fáze	13
3.3	Termoelastická a netermoelastická transformace	14
3.4	Teplotní hystereze ve slitinách Ni-Ti	15
4.	Typy projevů tvarové paměti	16
4.1	Pseudoelastická (Superelastická)	16
4.2	Tvarově paměťový jev (Shape Memory Effect, SME)	16
4.3	Vratný tvarově paměťový jev (Two-Way Shape Memory Effect, TWSME)	17
4.4	Všestranný jev tvarové paměti (All-round SME)	18
4.5	Strukturální a mikrostrukturální změny spojené s tvarově paměťovými projevy v Ni-Ti materiálech	18
5.	Binární systémy Ni-příměs a Ti-příměs	20
5.1	Binární systémy nikl – příměs	20
5.1.1	Definice rovnovážného rozdělovacího koeficientu a jeho stanovení	20
5.1.2	Studium binárních systémů nikl – příměs	21
5.1.3	Rozdělovací koeficienty příměsí v niklu	28
5.1.4	Periodická korelační závislost rozdělovacích koeficientů příměsí v niklu a její význam pro praxi a řízení procesů probíhajících na rozhraní krystal - tavenina	28
5.2	Studium binárních systémů titan – příměs	31
5.2.1	Studium binárních diagramů titan – příměs	31
5.2.2	Rozdělovací koeficienty příměsí v titanu	37
5.2.3	Periodická korelační závislost rozdělovacích koeficientů příměsí v titanu a její význam pro praxi a řízení procesů probíhajících na rozhraní krystal – tavenina	39

6.	Vliv příměsí na materiálové a transformační charakteristiky paměťových slitin na bázi Ni-Ti	41
6.1	Systém Ni-Ti-Cu	43
6.2	Systém Ni-Ti-Fe	44
6.3	Systém Ni-Ti-Al	44
6.4	Systém Ni-Ti-Co	45
6.5	Systém Ni-Ti-V	45
6.6	Systém Ni-Ti-Nb	46
6.7	Systém Ni-Ti-Pd	46
6.8	Systémy Ni-Ti-Hf a Ni-Ti-Zr	47
6.9	Systém Ni-Ti-W	47
6.10	Systém Ni-Ti-Ta	47
6.11	Systém Ni-Ti-Mo	47
6.12	Systém Ni-Ti-C	47
6.13	Systém Ni-Ti-O	48
6.14	Systém Ni-Ti-H	49
7.	Technologie přípravy slitin na bázi Ni-Ti	51
7.1	Příprava slitin v plazmové peci	51
7.1.1	Charakteristika plazmové pece na katedře neželezných kovů VŠB v Ostravě	52
7.1.2	Vliv atmosféry na proces tavení a naplynění taveného kovu	52
7.1.3	Rozpustnost plynů ve slitinách Ni-Ti	53
7.1.4	Příprava zkušebních vzorků experimentálních slitin	54
7.1.5	Příprava ingotů	57
7.2	Příprava slitin ve vysokofrekvenční indukční vakuové peci	63
7.2.1	Obsah plynů ve slitinách v závislosti na způsobu přípravy	77
7.3	Příprava slitin v obloukové vakuové peci	78
7.4	Příprava materiálů cestou práškové metalurgie	78
8.	Tváření materiálů na bázi Ni-Ti	79
8.1	Analýza vlivu parametrů tváření na strukturu a vlastnosti Ni-Ti slitin	79
8.1.1	Vliv hydrostatického tlaku na deformační rychlost	82
8.1.2	Závislost deformační rychlosti na teplotě	82
8.1.3	Závislost deformační rychlosti na napětí	82
8.1.4	Závislost deformační rychlost – struktura	83
8.1.5	Vliv napjatosti na deformační chování Ni-Ti slitin	83
8.2	Technologie tváření materiálů na bázi Ni-Ti	84
8.2.1	Rotační kování	84
8.2.2	Kování na plocho	86
8.2.3	Tažení	86
8.2.3.1	Tažná síla	86
8.2.3.2	Stanovení deformačního odporu	87
8.2.3.3	Tažení s protitahem	88
8.2.3.4	Optimální úhel průvlatku	89
8.2.3.5	Mezní deformace při tažení Ni-Ti	90

8.2.3.6	Experimentální ověření	90
8.2.3.7	Tažení Ni-Ti za vyšších teplot	93
8.2.4	Válcování	95
8.2.4.1	Válcování kruhových průřezů	95
8.2.4.2	Válcování plochých vývalků (pásků)	96
8.2.4.3	Technologie válcování	96
8.2.4.4	Experimentální ověření	97
8.3	Využití nových technologií při zpracování slitin na bázi Ni-Ti	100
8.3.1	Vývoj vlastností jemnozrnných Ni-Ti materiálů	100
8.3.2	Modul pružnosti v tahu	100
8.3.3	Mez kluzu, tvrdost, pevnost	100
8.3.4	Difuzní creep	101
8.3.5	Pokluzu po hranicích zrn	102
8.3.6	Mez kluzu při velmi malých zrnech	102
8.3.7	Tažnost, plasticita	102
8.3.8	Superplasticita	103
8.3.9	Růst zrn, teplotní stabilita	104
8.4	Způsoby přípravy ultra jemnozrnných materiálů	104
8.4.1	ECAP-Equal Channel Angular Pressing	105
8.4.2	Experimentální ověření	106
9.	Tepelné a tepelně mechanické zpracování slitin na bázi Ni-Ti	107
9.1	Všeobecné zásady vzniku tvarově paměťového chování	107
9.2	Vliv deformace a tepelného zpracování na martenzitickou fázovou přeměnu	108
9.3	Tepelně mechanické zpracování slitin	110
9.3.1	Trénink slitin za účelem realizace vratného tvarově paměťového jevu (TWSME)	112
9.3.2	Faktory ovlivňující realizaci TWSME	113
9.3.3	Návrh tréninkového zařízení	114
9.4	Tendence vývoje vysokoteplotních tvarově paměťových slitin	118
10.	Vliv vodíku na vlastnosti slitin na bázi Ni-Ti	120
10.1	Degradace mechanických vlastností vlivem působení vodíku	121
10.2	Příznivé účinky vodíku na vlastnosti slitin na bázi NiTi	124
10.2.1	Vliv vodíku na TWSME	124
10.2.2	Vliv vodíku na tlumivé schopnosti	124
11.	Měření transformačních teplot	126
11.1	Rezistometrická metoda	126
11.1.1	Metodika měření transformačních teplot	126
11.1.2	Popis zařízení	127
11.1.3	Příprava vzorků	127
11.1.4	Interpretace záznamu	128
11.1.5	Experimentální měření transformačních teplot	130
11.1.5.1	Vliv stechiometrie na transformační teploty	131
11.1.5.2	Vliv deformace na změnu transformačních teplot	133

11.1.5.3	Vliv žhání na transformační charakteristiky Ti-Ni drátu	134
11.1.5.4	Hodnocení mikrostruktur měřených vzorků	137
11.2	Termomechanické metody	139
11.2.1	Termodilatometrie	139
11.2.2	Termomechanická analýza (TMA)	139
11.2.3	Dynamická termo-mechanická analýza (DTMA)	139
11.3	Metoda DTA (Differential Thermal Analysis)	139
11.4	Metoda DSC (Differential Scanning Calorimetry)	143
11.5	RTG difrakce	143
12.	Metalografické zpracování slitin na bázi Ni-Ti	144
13.	Aplikace	145
14.	Závěr	148
	Literatura	150

**Příloha: Publikace vydané při řešení grantového projektu GA ČR č.106/03/0231**

104	8.4. Zkušební postupy pro měření mechanických vlastností	15
105	8.4.1. TCAS-Edin Channel Analysis Processing	15
106	8.4.2. Experimentální řešení	15
107	9. Topologie a reálné mechanické zpracování slitin na bázi Ni-Ti	2
107	9.1. Všeobecné zásady výroby slitinové drátové konstrukce	2
108	9.2. Vliv deformace a teploty na reologické vlastnosti slitinové drátové konstrukce	4
110	9.3. Topologie mechanického zpracování slitin	6
112	9.3.1. Technika slitin ze slitinové konstrukce vyrobena zvarově	7
113	9.3.2. Faktory ovlivňující reologii TWSPM	7
114	9.3.3. Vliv deformace a teploty na reologii	7
118	9.4. Technické rysy vývoje vysokelektrolytických slitinové drátové konstrukce	7
120	Vliv vyrobky slitinové drátové konstrukce na reologii	10
121	10.1. Deformační mechanika a vlastnosti vývoje slitinové drátové konstrukce	2
124	10.2. Praxe výroby slitinové drátové konstrukce na bázi NiTi	2
124	10.2.1. Vliv vyrobky na reologii	2
124	10.2.2. Vliv vyrobky na reologii	2
124	10.2.3. Vliv vyrobky na reologii	2
126	Měření nanomechanických vlastností	11
126	11.1. Reologické metody	11
126	11.1.1. Měření reologických vlastností	11
127	11.1.2. Reologické metody	11
127	11.1.3. Reologické metody	11
128	11.1.4. Reologické metody	11
130	11.1.5. Reologické metody	11
131	11.1.6. Reologické metody	11
132	11.1.7. Reologické metody	11