

1. ÚVOD	5
2. TECHNOLOGIE VÝROBY PRÁŠKOVÝCH KOVŮ	10
2.1 <i>Drcení a mletí</i>	10
2.1.1 Kvalitativní změny probíhající při rozmělnování	10
2.1.2 Drcení	11
2.1.3 Mletí	12
2.1.4 Mechanické legování	12
2.2 <i>Fyzikálně-mechanické způsoby výroby</i>	13
2.2.1 Rozstříkované taveniny vodou	15
2.2.2 Rozstříkované taveniny plynem	16
2.2.3 Rozstříkované taveniny odstředivou silou	18
2.3 <i>Chemické způsoby výroby</i>	19
2.3.1 Redukce kovových sloučenin	19
2.3.1.1 Redukce oxidů železa	20
2.3.1.2 Redukce oxidů neželezných kovů	22
2.3.1.3 Redukce kovových sloučenin kovy (metalotermie)	23
2.3.1.4 Redukce prášků z vodných roztoků	24
2.3.2 Výroba prášku z plynné fáze	24
2.3.3 Výroba prášku tvrdých materiálů	25
2.3.2.1 Výroba karbidů	26
2.3.2.2 Výroba směsových karbidů	26
2.3.2.3 Výroba nitridů	26
2.3.2.4 Výroba boridů	26
2.3.2.5 Výroba silicidů	27
2.4 <i>Elektro-chemické způsoby výroby</i>	27
2.4.1 Získávání prášků z vodných roztoků	29
2.4.1.1 Výroba práškové mědi	29
2.4.1.2 Výroba práškového železa	30
2.4.2 Elektrolýza tavenin	30
2.4.2.1 Výroba práškového tantalu	30
2.4.2.2 Výroba práškového beryllia	31
3. VLASTNOSTI A CHARAKTERIZACE PRÁŠKOVÝCH MATERIÁLŮ	33
3.1 <i>Základní vlastnosti kovových prášků</i>	34
3.1.1 Velikost částic	34
3.1.2 Tvar částic	35
3.1.3 Distribuce velikosti částic	37
3.1.3.1 Zákonitosti rozložení částic	38
3.2 <i>Stanovení základních vlastností kovových prášků</i>	39
3.2.1 Stanovení velikosti částic síťovou analýzou	39
3.2.2 Stanovení velikosti částic sedimentační metodou	41
3.2.3 Stanovení velikosti a tvaru částic mikroskopicky	42
3.2.4 Stanovení měrného povrchu	42
3.2.4.1 Adsorpční metoda	43
3.2.4.2 Propustnostní metoda	44
3.3 <i>Technologické vlastnosti</i>	45
3.3.1 Stanovení tekutosti	45
3.3.2 Stanovení sypné hustoty a setřepné hustoty	46
3.3.3 Lisovatelnost kovových prášků	47
4. ÚPRAVA PRÁŠKŮ	50

4.1	<i>Třídění prášků</i>	50
4.2	<i>Žihání prášků</i>	50
4.3	<i>Přísady a příměsi</i>	51
4.4	<i>Mísení homogenních a heterogenních prášků</i>	52
4.5	<i>Hodnocení práškových směsí</i>	53
4.5.1	Charakteristika kvality směsi v makro-objemech	53
4.5.2	Charakteristika kvality směsi v mikro-objemech	54
4.6	<i>Granulace prášků</i>	54
5.	<u>ZPŮSOBY LEGOVÁNÍ A MIKROSTRUKTURA PRÁŠKŮ</u>	56
5.1	<i>Legování prášků</i>	56
5.2	<i>Mikrostruktura prášků</i>	57
6.	<u>FORMOVÁNÍ PRÁŠKOVÝCH MATERIÁLŮ</u>	61
6.1	<i>Základy procesů zhuňování</i>	62
6.1.1	Procesy probíhající při zhuňování práškových materiálů tlakem	62
6.1.2	Aktivační účinek lisování	64
6.2	<i>Tlakové formování</i>	64
6.2.1	Lisování v matricích	64
6.2.1.1	Chování prášku při lisování	64
6.2.1.2	Výroba komplikovaných výlisků	66
6.2.1.3	Lisy	67
6.2.1.4	Lisování za tepla	68
6.2.2	Protlačování (extruze)	69
6.2.3	Válcování prášků	70
6.2.4	Izostatické lisování	71
6.2.4.1	Izostatické lisování za studena (CIP – cold isostatic pressing)	71
6.2.4.2	Izostatické lisování za tepla (HIP – hot isostatic pressing)	73
6.2.5	Kování prášků	75
6.2.6	Lisování explozí	75
6.2.7	Injekční vstřikování kovů	76
6.3	<i>Tvarování bez působení vnějšího tlaku</i>	78
6.3.1	Metoda keramického lití	79
6.3.2	Lití suspenze se zmrazením	79
7.	<u>SLINOVÁNÍ</u>	81
7.1	<i>Základy procesů probíhajících při slinování</i>	81
7.2	<i>Přenos materiálu v jednosložkovém systému</i>	83
7.2.1	Vznik stykové plochy mezi částicemi a její růst	86
7.2.2	Viskózní tok	87
7.2.3	Evaporace – kondenzace	88
7.2.4	Povrchová a objemová difuze	88
7.2.5	Difuze po hranicích zrn	90
7.2.6	Plastický tok	91
7.2.7	Struktura pórů v průběhu procesu slinování	91
7.2.8	Slinovací diagramy	94
7.3	<i>Slinování v heterogenním systému</i>	95
7.3.1	Slinování v tuhém stavu	96
7.3.2	Slinování s tekutou fází	98
7.4	<i>Aktivované slinování</i>	100
7.4.1	Aktivace povrchového toku materiálu	101
7.4.2	Aktivace objemového toku materiálu	102
7.4.3	Aktivace pomocí tekuté fáze	102
7.5	<i>Technické zařízení a postupy</i>	103

7.5.1	Ochranná atmosféra	103
7.5.2	Slinovací pece	103
7.5.3	Napájení kovem	105
8.	<u>VÝROBKY PRÁŠKOVÉ METALURGIE</u>	108
8.1	<i>Výrobky PM na bázi železa</i>	109
8.1.1	Výrobky PM na bázi železa s nízkou a střední pevností	109
8.1.2	Výrobky PM na bázi železa s vysokou pevností	111
8.1.3	Výrobky PM z korozivzdorných ocelí	113
8.1.4	Slinované rychlořezné oceli	114
8.2	<i>Výrobky PM z neželezných kovů</i>	115
8.2.1	Slinované výrobky na bázi mědi	116
8.2.2	Slinované výrobky na bázi hliníku	117
8.2.3	Slinované výrobky na bázi titanu	119
8.3	<i>Kluzné materiály a spěkaná ložiska</i>	119
8.3.1	Kompozitní materiály kov – pevné mazivo	120
8.3.2	Uhlíkové a grafitové materiály	121
8.3.3	Kompozitní materiály kov – PTFE (polytetrafluorethylen)	121
8.3.4	Slinuté materiály pro náročné podmínky	122
8.4	<i>Třecí (frikční) materiály</i>	122
8.4.1	Výroba třecích materiálů	123
8.4.2	Třecí materiály na bázi Cu pro suchý provoz	123
8.4.3	Třecí materiály na bázi Cu pro provoz v oleji	124
8.4.4	Třecí materiály na bázi Fe pro suchý provoz	124
8.4.5	Třecí materiály s kovovou vazbou a s vysokým podílem nekovových příměsí	125
8.5	<i>Pórovité materiály a filtry</i>	126
8.5.1	Filtry z kulovitých částic	128
8.5.2	Filtry z nepravidelných částic	128
8.5.3	Filtry z kovových vláken	129
8.6	<i>Disperzně zpevněné materiály</i>	129
8.6.1	Disperzně zpevněné hliníkové materiály	129
8.6.2	Disperzně zpevněné materiály na bázi niklu	130
8.7	<i>Kontaktní materiály</i>	131
8.7.1	Materiály na bázi vysokotavitelných kovů	132
8.7.2	Disperzně zpevněné materiály na bázi stříbra	132
8.7.3	Spojené materiály na bázi kov-grafit	133
8.8	<i>Tvrdé materiály</i>	133
8.8.1	Cermety	133
8.8.2	Syntetický diamant	135
8.8.3	Kubický nitrid boru (CBN)	135
8.9	<i>Slinuté karbidy</i>	136
8.9.1	Příprava WC – prášku	138
8.9.1.1	Příprava WC-prášku nauhličením	138
8.9.1.2	Menstruum proces	139
8.9.1.3	Přímá redukce z W-rudy	139
8.9.2	Příprava směsných karbidů	140
8.9.3	Příprava práškových směsí pro výrobu SK	140
8.9.4	Formování karbidických prášků	140
8.9.5	Slinování	140
8.9.5.1	Slinování ve vodíku	140
8.9.5.2	Slinování ve vakuu	140
8.9.6	Povlakování slinutých karbidů	141
8.9.7	Typy SK a jejich mikrostruktura	142
8.9.7.1	Slinuté karbidy typu WC-Co	142

8.9.7.2	Slinuté karbidy typu WC-TiC-Co	142
8.9.7.3	Slinuté karbidy typu WC-TiC-(Ta, Nb)C-Co	142
8.9.8	Vlastnosti slinutých karbidů	143
8.9.8.1	Tvrdość	143
8.9.8.2	Mez pevnosti v tlaku	143
8.9.8.3	Hustota	144
8.9.8.4	Pórovitost	144
8.9.8.5	Odolnost proti abrazivnímu opotřebení	145
8.9.8.6	Odolnost proti teplotním rázům	145
8.9.9	SK pro tváření materiálů	146
8.10	<i>Výrobky z vysokotavitelných kovů</i>	146
8.11	<i>Magnetické materiály</i>	147
8.11.1	Magnetické materiály AlNiCo	148
8.11.2	Magnetické materiály na bázi kovů vzácných zemin	149
8.11.2.1	Magnetické materiály na bázi Nd-Fe-B	149
8.11.2.2	Magnetické materiály na bázi Sm-Co	150
8.11.3	Ferity	150
8.12	<i>Uhlíkové materiály</i>	151