

# OBSAH

Úvod . . . . .	5
1 Šírenie výkonového ultrazvuku v prostredí . . . . .	7
1.1 Všeobecne o akustických kmitoch a vlnách . . . . .	7
1.2 Základné pojmy kmitavých dejov . . . . .	8
1.3 Ultrazvukové vlnenie. . . . .	12
1.3.1 Postupné a priečne vlnenie . . . . .	13
1.3.2 Hlavné druhy vln . . . . .	14
1.4 Energetické veličiny akustického vlnenia . . . . .	15
1.4.1 Akustický výkon . . . . .	15
1.4.2 Intenzita akustického poľa . . . . .	16
1.5 Tlmenie ultrazvukového vlnenia . . . . .	17
1.5.1 Tlmenie v kvapalinách a plynoch . . . . .	18
1.5.2 Tlmenie v tuhých látkach . . . . .	19
1.6 Rýchlosť šírenia ultrazvuku v plynoch a kvapalinách . . . . .	20
1.7 Rýchlosť šírenia ultrazvuku v tuhých látkach . . . . .	21
1.8 Vyžarovanie a šírenie ultrazvukového vlnenia v prostredí . . . . .	23
1.9 Vplyv rozhrania dvoch prostredí na prechod ultrazvukového vlnenia . . . . .	25
1.10 Ohyb vlnenia . . . . .	27
1.11 Postupné a stojaté vlnenie . . . . .	28
1.12 Fokusácia a koncentrácia ultrazvukového vlnenia . . . . .	29
1.13 Prispôsobenie ultrazvukových meničov na prostredie . . . . .	31
1.14 Vlastnosti ultrazvukových vln malých a veľkých amplitúd . . . . .	32
1.15 Fyzikálne princípy aktívneho pôsobenia ultrazvuku na ožarované prostredie a technologické procesy . . . . .	33
1.15.1 Ultrazvuková kavitácia a jej účinky . . . . .	34
1.16 Meranie a hodnotenie vlastností meničov a ultrazvukových polí . . . . .	43
1.16.1 Meranie výkonu, frekvencie a amplitúdy výchylky ultrazvukových meničov . . . . .	43
1.16.2 Meranie veličín ultrazvukových polí v kvapalinách . . . . .	45
1.16.3 Tepelné metódy merania výkonu a intenzity ultrazvukového poľa . . . . .	46
1.16.4 Metódy hodnotenia ultrazvukovej kavitácie. . . . .	47
2 Výkonové ultrazvukové zdroje pre technologické aplikácie . . . . .	48
2.1 Vlastnosti a použitie ultrazvukových meničov pre ultrazvukové technológie . . . . .	49
2.1.1 Mechanické meniče a zdroje ultrazvukovej energie. . . . .	49
2.1.2 Elektromagnetické a elektrodynamické meniče . . . . .	49
2.1.3 Magnetostrikčné a piezoelektrické meniče . . . . .	49

2.2	Magnetostrikčné meniče . . . . .	51
2.2.1	Výkon, účinnosť a prispôsobenie magnetostrikčného meniča . . . . .	54
2.2.2	Konštrukcia, výroba a použitie magnetostrikčných meničov, žiaričov a kmitavých sústav . . . . .	56
2.3	Piezoelektrické meniče . . . . .	57
2.3.1.	Piezokeramické materiály pre výkonové ultrazvukové meniče . . . . .	61
2.3.2	Ultrazvukové piezoelektrické žiariče a kmitavé sústavy . . . . .	62
2.3.3	Výkonové ultrazvukové piezoelektrické meniče typu Langevin . . . . .	63
2.3.4	Energetické pomery ultrazvukového výkonového sendvičového meniča . . . . .	64
2.3.5	Výkonové ultrazvukové kmitavé sústavy — hlavice a žiariče s piezokeramickými sendvičovými meničmi. . . . .	67
2.3.6	Prispôsobenie ultrazvukovej kmitavej sústavy na záťaž — na technologickú operáciu koncentrujúcimi vlnovodmi . . . . .	73
2.4	Elektrické výkonové generátory na napájanie ultrazvukových meničov. . . . .	75
2.4.1	Automatická regulácia ultrazvukových generátorov . . . . .	76
2.4.2	Elektrónkové generátory . . . . .	78
2.4.3	Rotačné generátory . . . . .	78
2.4.4	Polovodičové generátory . . . . .	78
3	<i>Vplyv ultrazvuku na tekuté a kryštalizujúce kovy</i> . . . . .	82
3.1	Mechanizmus účinku ultrazvuku na procesy odplynovania a kryštalizácie kovov . . . . .	83
3.2	Ultrazvukové odplynovanie taveniny . . . . .	86
3.3	Vplyv ultrazvuku na štruktúru a vlastnosti kryštalizujúcich kovov. . . . .	91
3.4	Zónová prekryštalizácia s ultrazvukom . . . . .	113
3.5	Využitie ultrazvuku pri výrobe liatych pseudozliatin . . . . .	117
3.6	Využitie ultrazvuku pri získavaní práškov z taveniny . . . . .	122
4	<i>Využitie ultrazvuku v procesoch tvárnenia kovov.</i> . . . . .	127
4.1	Mechanizmus účinku ultrazvuku na procesy deformácie pri tvárnení kovov . . . . .	127
4.2	Ultrazvukové sústavy na ovplyvňovanie priebehu tvárnenia kovov. . . . .	133
4.3	Vplyv ultrazvuku na energeticko-silové parametre procesov tvárnenia . . . . .	149
4.4	Vplyv ultrazvuku na kvalitu kovu pri tvárnení . . . . .	164
4.5	Priemyselné využitie ultrazvuku v tvárnení kovov . . . . .	166
5	<i>Tepelné spracovanie kovov s využitím ultrazvukovej energie</i> . . . . .	168
5.1	Difúzne procesy v ultrazvukovom poli . . . . .	168
5.2	Vplyv ultrazvuku na procesy fázovej prekryštalizácie . . . . .	171
5.3	Starnutie a popúšťanie s ultrazvukom . . . . .	174
5.4	Kalenie ocelí pri pôsobení ultrazvuku . . . . .	178
5.5	Chemicko-tepelné spracovanie kovov pri pôsobení ultrazvuku . . . . .	179
6	<i>Ultrazvukové čistenie</i> . . . . .	182
6.1	Všeobecne o ultrazvukovom čistení. . . . .	182
6.2	Druhy a vlastnosti znečistení . . . . .	184
6.3	Fyzikálne základy procesov ultrazvukového čistenia . . . . .	187
6.4	Technologické tekutiny používané pri ultrazvukovom čistení . . . . .	193
6.5	Zariadenie na ultrazvukové čistenie a odmasťovanie . . . . .	198
6.6	Priemyselné využitie ultrazvukového čistenia. . . . .	215

7	<i>Obrábanie ťažkoobrábateľných materiálov pri pôsobení ultrazvuku</i>	219
7.1	Všeobecne	219
7.2	Ultrazvukové rozmerové obrábanie (ultrazvukové hĺbenie)	220
7.2.1	Ultrazvukové nástroje	228
7.2.2	Brúsiace materiály	231
7.2.3	Ultrazvukové obrábacie stroje	234
7.3	Kombinované ultrazvukové a elektrochemické obrábanie	245
7.4	Využitie ultrazvuku pri mechanickom obrábaní rezným nástrojom	247
7.4.1	Sústruženie	247
7.4.2	Vrtanie, vyhrubovanie, vystružovanie	248
7.4.3	Rezanie závitu	250
7.5	Ultrazvukové hladenie diamantom a povrchové spevňovanie	251
7.6	Využitie ultrazvuku pri brúsení	255
7.7	Ultrazvukové čistenie brúsiacich kotúčov	259
7.8	Ultrazvukové obrábanie nástrojom s viazaným brúsivom	260
7.9	Obrábanie voľným brúsivom pri nenasmerovanom pôsobení ultrazvuku — hydro-abrazívne obrábanie	261
8	<i>Využitie ultrazvuku pri zváraní</i>	263
8.1	Princíp ultrazvukového zvárania	263
8.2	Hlavné technologické parametre ultrazvukového zváracieho procesu	265
8.2.1	Amplitúda výchylky zváracieho nástroja a prítlačná sila	266
8.2.2	Vplyv frekvencie pri ultrazvukovom zváraní	267
8.2.3	Vplyv zváracieho času pri ultrazvukovom zváraní	267
8.2.4	Ostatné vplyvy na ultrazvukový zvárací proces	268
8.3	Princípy ultrazvukových zváracích zariadení	268
8.4	Zvariteľnosť kovových materiálov ultrazvukom	269
8.5	Použitie ultrazvukového zvárania kovových materiálov	271
8.6	Ultrazvukové zariadenia na zváranie kovových materiálov	273
8.7	Zvariteľnosť plastov ultrazvukom	275
8.8	Metódy a príklady použitia ultrazvukového spojovania plastov	277
8.8.1	Zváranie plastov	277
8.8.2	Spojovanie kovových dielcov s dielcami z plastov zalisovaním	278
8.8.3	Spojovanie plastov s inými materiálmi nitovaním	278
8.8.4	Lemovanie plastov	280
8.9	Ultrazvukové zariadenia na spojovanie plastov	281
8.9.1	Ultrazvukové zváracie stroje na plasty	281
8.9.2	Ultrazvukové nástroje a medzičleny	285
8.10	Ultrazvukové zváranie textilných materiálov	286
8.10.1	Použitie ultrazvukového zvárania pri netkaných textíliách	288
8.10.2	Plastické ozdobenie odevných výrobkov ultrazvukovou metódou	289
8.10.3	Vytváranie farebných efektov na ploche ultrazvukového zvaru	289
8.10.4	Ultrazvukové zváracie stroje a nástroje v odevnom priemysle	289
9	<i>Ultrazvukové spájkovanie, cínovanie a elektrochemické nanášanie povlakov</i>	292
9.1	Fyzikálna podstata ultrazvukového spájkovania a cínovania	292
9.2	Zariadenie na ultrazvukové spájkovanie a cínovanie	296
9.3	Priemyselné využitie ultrazvukového spájkovania a cínovania	297

9.4	Urýchlenie elektrochemických procesov . . . . .	298
9.4.1	Pomedovanie . . . . .	299
9.4.2	Poniklovanie . . . . .	299
9.4.3	Pochrómovanie . . . . .	300
9.4.4	Pokadmiovanie . . . . .	300
9.4.5	Nanášanie mosadze . . . . .	300
9.4.6	Pozinkovanie . . . . .	301
9.4.7	Nanášanie povlakov striebra a zlata . . . . .	301
	<i>Literatúra</i> . . . . .	303