

# OBSAH

Úvod . . . . .	11
Použité symboly . . . . .	13
<b>Vady materiálu a defektoskopické zkoušky</b>	<b>15</b>
1. Definice a rozdělení . . . . .	15
2. Přehled defektoskopických metod . . . . .	18
Literatura . . . . .	19
<b>Nedestruktivní zkoušky</b>	<b>22</b>
1. Kapilární defektoskopické metody . . . . .	22
1.1 Princip kapilárních metod . . . . .	22
1.2 Metodika zkoušení . . . . .	23
1.2.1 Provedení zkoušek . . . . .	24
1.2.2 Detekční kapaliny a vývojky . . . . .	27
1.2.3 Citlivost metody . . . . .	28
Literatura . . . . .	28
2. Zkoušky magnetoinduktivní a elektroinduktivní . . . . .	30
2.1 Základní definice a pojmy . . . . .	30
2.1.1 Magnetické množství . . . . .	30
2.1.2 Magnetické pole (zákon Biotův-Savartův) . . . . .	30
2.1.3 Intenzita magnetického pole . . . . .	33
2.1.4 Intenzita magnetizace . . . . .	33
2.1.5 Magnetická indukce a magnetický tok . . . . .	34
2.1.6 Magnetomotorická síla a magnetický odpor (zákon Hopkinsonův) . . . . .	35
2.2 Magnetické vlastnosti látek . . . . .	36
2.2.1 Podstata feromagnetismu . . . . .	36
2.2.2 Magnetizační křivka . . . . .	37
2.2.3 Křivka permeability . . . . .	38
2.2.4 Hysterezní smyčka . . . . .	39
2.2.5 Permeabilita . . . . .	39
2.2.6 Demagnetizační účinek — vliv tvaru . . . . .	40
2.2.7 Vznik rozptylového pole . . . . .	41
2.3 Metoda rozptylových polí . . . . .	43
2.3.1 Princip metody . . . . .	43
2.3.2 Způsoby magnetizace . . . . .	43
2.3.2.1 Pólová magnetizace . . . . .	44

2.3.2.2	Cirkulární magnetizace . . . . .	45
2.3.2.3	Kombinovaná magnetizace . . . . .	45
2.3.3	Metoda prášková (polévaci) . . . . .	45
2.3.3.1	Metoda suchého prášku . . . . .	46
2.3.3.2	Polévaci metoda . . . . .	46
2.3.3.3	Ponořovací metoda . . . . .	47
2.3.3.4	Detekční prostředky práškové metody . . . . .	47
2.3.3.5	Provedení zkoušky . . . . .	48
2.3.3.5.1	Nepravá indikace . . . . .	49
2.3.3.5.2	Dokumentace magnetických indikací . . . . .	49
2.3.3.6	Citlivost metody . . . . .	49
2.3.3.7	Přístroje pro zkoušení práškovou metodou . . . . .	50
2.3.4	Elektroinduktivní snímání rozptylových poli (metody sond) . . . . .	53
2.3.4.1	Snímání cívky . . . . .	55
2.3.4.2	Feromagnetická sonda . . . . .	55
2.3.4.3	Hallova sonda . . . . .	56
2.3.4.4	Použití metody . . . . .	58
2.3.5	Magnetografická metoda . . . . .	59
2.3.5.1	Popis magnetografické metody . . . . .	59
2.3.5.2	Použití magnetografické metody . . . . .	59
2.4	Metoda vířivých proudů . . . . .	61
2.4.1	Povrchový jev . . . . .	62
2.4.2	Metoda s průchozí cívkou . . . . .	63
2.4.2.1	Teoretický rozbor . . . . .	63
2.4.2.2	Způsoby uspořádání měřicích cívek . . . . .	67
2.4.2.3	Způsoby vyhodnocování signálu ze snímacích cívek . . . . .	68
2.4.2.3.1	Zobrazení výstupního signálu časově lineárně . . . . .	68
2.4.2.3.2	Zobrazení výstupního signálu elipsou . . . . .	70
2.4.2.3.3	Zobrazení výstupního signálu bodem . . . . .	70
2.4.2.3	Metoda s přílohou cívkou . . . . .	71
2.4.4	Přístroje pro nedestruktivní zkoušení metodou vířivých proudů . . . . .	73
2.4.4.1	Přístroje pro kontrolu kvality feromagnetických kovů . . . . .	73
2.4.4.2	Přístroje pro kontrolu kvality neferomagnetických kovů . . . . .	75
2.4.4.3	Přístroje pro zjišťování trhlin . . . . .	75
	Literatura . . . . .	76
3.	Ultrazvukové defektoskopické metody . . . . .	78
3.1	Fyzikální principy ultrazvukové defektoskopie; zvuk a ultrazvuk . . . . .	78
3.1.1	Vlnění . . . . .	78
3.1.2	Vlnová rovnice . . . . .	79
3.1.3	Tvar a druhy vln . . . . .	80
3.1.4	Rychlost šíření ultrazvukových vln . . . . .	82
3.1.5	Energie, intenzita, akustický tlak vlnění . . . . .	86
3.1.6	Interference a stojaté vlnění . . . . .	87
3.1.7	Interakce ultrazvukového vlnění s látkou . . . . .	88
3.1.7.1	Útlum ultrazvuku v materiálu . . . . .	88
3.1.7.2	Odraz a lom . . . . .	89
3.1.7.3	Ohyb vlnění . . . . .	92
3.1.7.4	Okrajový efekt na stěnách tělesa malého průřezu . . . . .	93
3.2	Zdroje ultrazvuku . . . . .	93
3.2.1	Piezoelektrické měniče . . . . .	93
3.2.2	Magnetostrikční měniče . . . . .	98
3.2.3	Ultrazvukové pole piezoelektrického měniče . . . . .	98
3.3	Metody ultrazvukové defektoskopie . . . . .	101



3.3.1	Průchodová metoda . . . . .	101
3.3.1.1	Přístroje pro průchodovou metodu . . . . .	102
3.3.2	Odrazová metoda . . . . .	103
3.3.2.1	Přístroje a zařízení . . . . .	104
3.3.2.1.1	Sondy pro defektoskopii odrazovou metodou . . . . .	107
3.3.2.1.2	Přidavná zařízení k impulsovým defektoskopům . . . . .	109
3.3.2.2	Způsoby zobrazování při impulsní odrazové metodě . . . . .	110
3.3.3	Rezonanční metoda . . . . .	110
3.3.3.1	Přístroje rezonanční metody . . . . .	111
3.3.4	Metoda umožňující zviditelnění vnitřních vad . . . . .	112
3.3.4.1	Základní způsoby a přístroje . . . . .	112
3.4	Metodika zkoušení ultrazvukem . . . . .	113
3.4.1	Všeobecné podmínky zkoušení . . . . .	114
3.4.1.1	Způsoby zkoušení . . . . .	115
3.4.1.2	Volba typu sondy . . . . .	116
3.4.1.3	Ultrazvukové frekvence při praktickém zkoušení . . . . .	118
3.4.1.4	Průměr akustického měniče . . . . .	119
3.4.1.5	Seřízení přístroje a cejchování zkušebních sond . . . . .	120
3.4.1.6	Indikace vad různých typů . . . . .	123
3.4.1.7	Nepravé indikace . . . . .	125
3.4.2	Hlavní směry zkoušení ultrazvukem . . . . .	125
3.4.2.1	Zjišťování vad . . . . .	125
3.4.2.1.1	Kvantitativní hodnocení indikovaných vad odrazovou metodou . . . . .	126
3.4.2.2	Měření rozměrů . . . . .	130
3.4.2.2.1	Stanovení tloušťky měřením doby průchodu ultrazvuku . . . . .	130
3.4.2.2.2	Rezonanční metoda . . . . .	131
3.4.2.3	Určování mechanických a fyzikálních vlastností materiálů . . . . .	131
3.4.2.3.1	Měření rychlosti šíření ultrazvuku . . . . .	132
3.4.2.3.2	Měření útlumu . . . . .	133
3.4.2.4	Posuzování struktury a složení materiálu . . . . .	134
3.4.3	Příklady použití ultrazvukové defektoskopie . . . . .	135
3.4.3.1	Zkoušení svarů . . . . .	135
3.4.3.1.1	Určení polohy a hloubky vady . . . . .	137
3.4.3.1.2	Provádění zkoušky . . . . .	141
3.4.3.2	Kontrola trubek . . . . .	141
3.4.3.3	Kontrola nýtovaných spojů . . . . .	145
3.4.3.4	Zkoušení odlitků . . . . .	146
3.4.3.5	Zkoušení vývalků . . . . .	147
3.4.3.6	Zkoušení výkovků . . . . .	149
3.4.4	Automatizace a mechanizace ultrazvukové kontroly . . . . .	150
3.4.5	Zkoušení nekovových materiálů . . . . .	151
3.4.5.1	Defektoskopie betonu . . . . .	151
3.4.5.2	Zkoušení keramiky . . . . .	153
3.4.5.3	Zkoušení pryže a plastických hmot . . . . .	154
	Literatura . . . . .	154
4.	Zkoušky prozařováním (radiologické) . . . . .	156
4.1	Klasifikace záření . . . . .	156
4.2	Ochrana před ionizačním zářením . . . . .	157
4.2.1	Biologické působení ionizačního záření . . . . .	158
4.2.2	Základní pojmy . . . . .	160
4.2.3	Hygiena a bezpečnost na pracovištích s ionizačním zářením . . . . .	160
4.2.4	Výpočty ochrany před ionizačním zářením . . . . .	161
4.3	Rentgenologie . . . . .	163

4.3.1	Rentgenové záření . . . . .	163
4.3.1.1	Vznik rentgenového záření . . . . .	163
4.3.1.2	Spojité rentgenové spektrum . . . . .	165
4.3.1.3	Mechanismus vzniku rentgenového záření . . . . .	166
4.3.1.4	Charakteristické záření . . . . .	167
4.3.2	Interakce rentgenového záření s hmotou . . . . .	167
4.3.2.1	Absorpce . . . . .	169
4.3.2.2	Rozptyl . . . . .	170
4.3.2.3	Tvorba párů elektron — pozitron . . . . .	171
4.3.3	Zdroje rentgenového záření . . . . .	172
4.3.3.1	Rentgenky . . . . .	172
4.3.3.2	Rentgenové přístroje . . . . .	177
4.3.3.2.1	Zapojení rentgenových přístrojů . . . . .	178
4.3.4	Projekce rentgenového obrazu . . . . .	179
4.3.4.1	Centrální promítání . . . . .	179
4.3.4.2	Centrální promítání s nebudovým zdrojem . . . . .	181
4.3.4.3	Jakost rentgenového obrazu . . . . .	182
4.3.4.3.1	Ostrost . . . . .	182
4.3.4.3.2	Kontrast . . . . .	184
4.3.4.3.3	Reliéf intenzity . . . . .	185
4.3.5	Registrace rentgenového obrazu . . . . .	185
4.3.5.1	Fotografická registrace rentgenového obrazu (rentgenografie) . . . . .	186
4.3.5.1.1	Radiografický film . . . . .	186
4.3.5.1.2	Charakteristiky radiografických filmů . . . . .	187
4.3.5.1.3	Negativní proces . . . . .	192
4.3.5.1.4	Zesilovací fólie . . . . .	193
4.3.5.1.5	Filtrace záření . . . . .	196
4.3.5.1.6	Technika rentgenografie . . . . .	197
4.3.5.1.7	Přístroje a zařízení pro rentgenografii . . . . .	205
4.3.5.2	Štitová rentgenologie (rentgenoskopie, prosvěcování, skiaskopie) . . . . .	213
4.3.5.2.1	Rentgenové štíty . . . . .	213
4.3.5.2.2	Hodnocení štitového obrazu . . . . .	214
4.3.5.2.3	Zařízení a přístroje pro rentgenoskopii . . . . .	215
4.3.5.3	Ionizační metoda . . . . .	217
4.3.5.4	Zvláštní radiografické metody . . . . .	217
4.4	Urychlovače částic . . . . .	225
4.4.1	Betatron . . . . .	225
4.4.1.1	Vznik betatronového záření . . . . .	225
4.4.1.2	Konstrukce betatronu . . . . .	227
4.4.1.3	Technika betatronografie . . . . .	228
4.4.1.4	Přístroje v betatronografii . . . . .	229
4.4.2	Lineární urychlovače . . . . .	229
4.5	Gamagrafie . . . . .	230
4.5.1	Zákony radioaktivních přeměn . . . . .	231
4.5.2	Radioaktivní záření . . . . .	233
4.5.3	Technické zářiče . . . . .	234
4.5.4	Technika snímkování . . . . .	235
4.5.5	Zařízení a přístroje pro gamagrafii . . . . .	237
	Literatura . . . . .	241

**Dodatky**

243

5.	Bezdotykové měření tloušťek . . . . .	243
5.1	Měření tloušťek magnetoinduktivními metodami . . . . .	243
5.2	Měření tloušťek ultrazvukem . . . . .	245
5.3	Měření tloušťek radiologickými metodami. . . . .	245
5.4	Perspektivní metody nedestruktivní defektoskopie . . . . .	247
5.4.1	Laserová holografie . . . . .	247
5.4.2	Neutronová radiografie . . . . .	248
5.4.3	Metoda akustické emise . . . . .	249
5.4.4	Termoelektrické zkoušení kovů . . . . .	250
	Literatura . . . . .	250