

Obsah

Úvod	13
1. Přehled vybraných technologií zinkování	19
1.1. Elektrolytické (galvanické) vylučování zinku	19
1.2. Žárové stříkání zinku (metalizace)	20
1.3. Zinkové povlaky nanášené žárově ponorem	21
1.4. Sherardování (difúzní zinkování)	22
1.5. Mechanické zinkování	22
1.6. Porovnání zinkových povlaků	22
2. Žárové zinkování ponorem do roztaveného zinku	24
2.1. Kontinuální zinkování	24
2.2. Kusové zinkování	25
2.2.1. Suchý proces	26
2.2.2. Mokrý proces	30
2.2.3. Zinkování s odstředěním	31
3. Chemická předúprava	34
3.1. Odmašťování	34
3.2. Moření	35
3.2.1. Zásady hospodaření s mořicími lázněmi na bázi kyseliny chlorovodíkové	37
3.2.2. Křížové pravidlo	41
3.3. Oplach	42
3.4. Tavidlo	42
3.5. Sušení	43
3.6. Škodlivé účinky vodíku při moření	43
3.6.1. Puchýře a pěna	43
3.6.2. Vady organických povlaků	43
3.6.3. Vodíková křehkost a vodíková koroze	44
3.6.4. Příčiny navodíkování oceli při žárovém zinkování	44
4. Tvorba povlaku žárového zinku	46
4.1. Soustava železo – zinek	46
4.2. Nízkoteplotní zinkování	50
4.3. Vysokoteplotní zinkování	53
5. Morfologie povlaků žárového zinku	55
5.1. Vliv křemíku (Si)	55
5.1.1. Ocele neuklidněné křemíkem	55
5.1.2. Ocele uklidněné křemíkem	58

5.2.	Vliv chemického složení oceli	62
5.2.1.	Vliv fosforu (P)	62
5.2.2.	Vliv síry (S)	62
5.2.3.	Vliv manganu (Mn)	62
5.2.4.	Vliv uhlíku (C)	62
5.2.5.	Vliv hliníku (Al) v oceli	63
5.2.6.	Vliv dalších prvků	63
5.3.	Vliv legur v zinkové lázni	63
5.3.1.	Hliník (Al) v zinkové lázni	63
5.3.2.	Cín (Sn)	63
5.3.3.	Olovo (Pb)	64
5.3.4.	Bismut (Bi)	64
5.3.5.	Nikl (Ni)	65
5.4.	Vliv dalších faktorů	65
5.4.1.	Tloušťka stěny substrátu	66
5.4.2.	Struktura substrátu	66
5.4.3.	Mechanické zpracování substrátu	66
5.4.4.	Tepelné zpracování substrátu	69
5.4.5.	Čistota povrchu substrátu	70
5.4.6.	Teplota zinkové lázně	71
5.4.7.	Doba ponoru	73
5.4.8.	Podmínky ochlazování	74
6.	Jevy na povlacích žárového zinku	75
6.1.	Drsnost povlaku	75
6.1.1.	Stečeniny	75
6.1.2.	Hrudky	76
6.1.3.	Krupice	77
6.1.4.	Směsné struktury povlaku	77
6.1.5.	Šupiny	79
6.1.6.	Strupovitost	80
6.1.7.	Svářková ocel	80
6.1.8.	Tvrký zinek ulpěný na povrchu	81
6.1.9.	Pěna	82
6.2.	Odstín	82
6.2.1.	Zinkový květ	82
6.2.2.	Spálený zinek	83
6.2.3.	Nehomogenní složení podkladové oceli	85
6.2.4.	Kombinace různých substrátů	85
6.2.5.	Mramorování	85
6.2.6.	Patina	85
6.2.7.	Ztmavnutí povlaku v oblasti přebroušeného svarového spoje	87

6.2.8.	Červenohnědé zbarvení povlaku žárového zinku	91
6.2.9.	Ulpěný popel	94
6.3.	Povlak na ploše termického řezu	94
6.3.1.	Plocha termického řezu	97
6.3.2.	Hrana přiléhající k ploše termického řezu	98
7.	Zkoušky povlaků žárového zinku a hodnocení jejich kvality	100
7.1.	Přejímka zakázky zhotovitelem povlaku	100
7.2.	Management řízení jakosti	101
7.3.	Přejímací zkoušky při splnění zakázky	101
7.4.	Měření a hodnocení tloušťky povlaku	101
7.4.1.	Metoda gravimetrická	101
7.4.2.	Metoda mikroskopická	102
7.4.3.	Metoda coulometrická	102
7.4.4.	Metoda magnetická přilnavostní	103
7.4.5.	Měření tloušťky povlaku elektromagnetickou metodou [44]	103
7.4.6.	Faktory ovlivňující přesnost měření tloušťky povlaku magnetickou metodou	103
7.4.7.	Kalibrace přístroje	104
7.4.8.	Terminologie	105
7.4.9.	Kontrolní vzorek	105
7.4.10.	Oblasti měření	107
7.4.11.	Tloušťka povlaku	108
7.4.12.	Hodnocení výsledků měření	109
7.5.	Zkoušky přilnavosti povlaku	109
7.5.1.	Zkoušky odtrhové	110
7.5.2.	Zkoušky rázové	110
7.6.	Koroze zinku	111
7.7.	Vady povlaku a ověření dosažitelného standardu kvality	113
7.7.1.	Přeložky, šupiny otřepy	115
7.7.2.	Nedostatečné moření	116
7.7.3.	Povrchově kontaminovaný substrát	118
7.7.4.	Kontaktní místo po zavěšovacím prostředku	119
7.7.5.	Popis dílce	121
7.7.6.	Montážní svary	121
7.8.	Delaminace povlaků žárového zinku	122
7.8.1.	Vysoký obsah křemíku	123
7.8.2.	Obsah křemíku v Sandelinově oblasti	125
7.8.3.	Primární delaminace	126
7.8.4.	Delaminace na plochách termických řezů	129
7.8.5.	Souvislá vrstva hematitu	130
7.8.6.	Puchýře	131
7.8.7.	Plošná delaminace nad fází ζ	133

7.8.8.	Delaminace povlaku na vysokoteplotně zinkovaných plochých součástech	133
7.9.	Opravy vad povlaku žárového zinku	135
7.9.1.	Žárové stříkání	136
7.9.2.	Opravy nátěrovou hmotou s obsahem zinkového prachu nebo zinkových mikrolamel	137
7.9.3.	Zinkový sprej	141
7.9.4.	Opravy pájkou ze slitiny zinku	141
7.9.5.	Jiné metody opravy vad	142
8.	Životnost povlaků žárového zinku	143
8.1.	Protikorozní účinky zinku	143
8.2.	Korozní agresivita atmosfér	146
8.3.	Duplexní systémy	149
8.4.	Spojovací součásti z korozivzdorné oceli	152
9.	Zásady správné konstrukce pro žárové zinkování	153
9.1.	Drenážní otvory	154
9.2.	Proměnné teplotní napětí při žárovém zinkování	157
9.3.	Zinkovně musí být umožněno zavěšení součásti	159
9.4.	Kovově čistý povrch	160
9.5.	Svary	162
9.6.	Otvory pro čepy a šrouby	162
9.7.	Prostorové dílce	163
9.8.	Přeplátované spoje	164
9.9.	Uzavřené dutiny	166
9.10.	Nesouměrné součásti	167
9.11.	Pohyblivé sestavy	168
9.12.	Depozice nečistot	168
9.13.	Součásti s nepozinkovanými dutinami	168
10.	Bezpečnost žárově zinkovaných ocelových konstrukcí	170
10.1.	Vady způsobené vodíkem [32, 33] (viz též kap. 3.6.3.)	170
10.1.1.	Vodíková křehkost	171
10.1.2.	Vodíková koroze	171
10.2.	Popouštěcí křehkost	172
10.3.	Deformace a deformační zpevnění	172
10.4.	Precipitační vytvrzování	172
10.5.	Svary	174
10.6.	Nevhodná nebo nekvalitně provedená konstrukce	174
10.7.	Teplotní napjatost vyvolaná termikou žárového zinkování	174
10.8.	Trhliny vzniklé za asistence tekutého kovu (LMAC)	175
10.8.1.	Bimetalický efekt na prizmatickém nosníku	178

10.8.2.	Postupné prohřívání	180
10.8.3.	Nerovnoměrný ohřev rámové konstrukce	181
10.8.4.	Rychlost prohřívání a rozpínání oceli ponořené do tekutého kovu	182
10.8.5.	Třífázový model nukleace trhlin LMAC	185
10.8.6.	Trhliny s původem ve svaru	187
10.8.7.	Vliv cínu na riziko LMAC	189
11.	Normalizace	191
11.1.	Základní normy pro žárové zinkování ponorem	191
11.2.	Technické normy související s žárovým zinkováním	192
11.3.	Zkoušky	194
11.4.	Korozní agresivita atmosfér	197
11.5.	Ostatní vybrané normy a předpisy	198
11.6.	Systémy managementu	198
11.7.	Další normy	198
12.	Legislativa	199
12.1.	Posuzování vlivů na životní prostředí	199
12.2.	Integrovaná prevence	199
12.3.	Referenční dokumenty o nejlepších dostupných technikách	199
12.4.	Odpady	200
12.5.	Ovzduší	200
13.	Žárové zinkování a životní prostředí	201
13.1.	Odmašťovací roztoky	202
13.2.	Mořicí roztoky	202
13.3.	Stripování	203
13.4.	Zinkový popel	203
13.5.	Stěr	203
13.6.	Pevné odpady z čištění plynu	203
13.7.	Tvrdý zinek	204
13.8.	Emise HCL	204
13.9.	Rekuperace tepla	204
13.10.	Nízká spotřeba vody	204
14.	Udržitelný rozvoj	205
15.	Literatura	211
16.	Rejstřík	214