

OBSAH

1. VŠEOBECNÝ ÚVOD DO TECHNOLOGIE SVAŘOVÁNÍ	13
1.1 Historie svařování	13
1.2 Definice svařování	14
1.3 Vznik svarového spoje kovových materiálů	15
1.4 Fyzikální model procesů svařování a energetická bilance	16
1.5 Rozdělení metod svařování	18
1.5.1 Metody tavného svařování (0)	19
1.5.2 Metody tlakového svařování (4)	19
1.6 Terminologie- základní pojmy	20
1.7 Seznam použité literatury	24
2. PLAMENOVÉ SVAŘOVÁNÍ	25
2.1 Princip metody	25
2.2 Oblasti použití plamenového svařování	25
2.2.1 Plyny používané pro svařování	25
2.2.1.1 Plyny oxidující	25
2.2.1.2 Plyny hořlavé	26
2.3 Typy plamene	28
2.3.1 Plamen kyslíko – acetylenový	28
2.3.2 Zpětné šlehnutí kyslíko-acetylenového plamene	30
2.4 Svařovací zařízení	31
2.4.1 Tlakové lahve	31
2.4.2. Baterie tlakových lahví	33
2.4.3 Vytvíječe acetylenu	34
2.4.4.Acetylenové bezpečnostní předlohy	35
2.4.5 Láhvové ventily	37
2.4.6 Redukční ventily	37
2.4.7 Hadice	38
2.4.8 Spořič plynů	38
2.4.9. Pojistka proti zpětnému šlehnutí	39
2.4.10 Svařovací hořáky	39
2.5. Charakteristika svařování plamene a vytváření svarového spoje	40
2.5.1 Příprava svarových ploch	40
2.5.2 Návrh svarového spoje	42
2.6 Technika svařování	43
2.6.1 Zapalování plamene	43
2.6.2 Zhasínání plamene	44
2.6.3 Stehování	44
2.6.4 Způsoby svařování	44
2.7 Přídavné materiály pro svařování plamenem	46
2.8 Aplikace a typické problémy	47
2.9 Zdravotní a bezpečnostní hlediska	47
2.10 Seznam použité literatury	47
3. ZVLÁŠTNÍ POSTUPY PŘI APLIKACÍCH PLAMENE	49
3.1 Čištění plamenem	49
3.2 Rovnění plamenem	49
3.3 Plamenotlakové svařování	50
3.4 Předeřev	51
3.5 Seznam použité literatury	51

4. ZÁKLADY ELEKTROTECHNIKY	53
4.1 Elektrostatika	53
4.1.1 Elektrický náboj	53
4.1.2 Elektrostatika	53
4.1.3 Intenzita elektrického pole	53
4.1.4 Potenciál elektrického pole	54
4.1.5 Kapacita	54
4.1.6 Spojování kondenzátorů	55
4.2 Elektrický proud	55
4.2.1 Stejnoseměrný elektrický proud	56
4.2.2 Elektrický obvod	56
4.2.3 Ohmův zákon	56
4.2.4 Spojování rezistorů	57
4.2.5 Reálný elektrický zdroj	58
4.2.6 Kirchhoffovy zákony	58
4.2.7 Práce a výkon stejnosměrného proudu	59
4.3 Elektromagnetismus	59
4.3.1 Magnetické pole	59
4.3.2 Magnetická indukce	59
4.3.3 Elektromagnetická indukce	61
4.3.4 Indukčnost	62
4.4 Střídavý proud	62
4.4.1 Obvody střídavého proudu	63
4.4.2 Ohmův zákon pro střídavý proud	64
4.4.3 Výkon střídavého proudu	65
4.5 Třífázový proud	65
4.5.1 Spojení do hvězdy	66
4.5.2 Spojení do trojúhelníka	66
4.5.3 Výkon třífázového proudu	66
4.6 Transformátory	66
4.7 Elektrický proud v polovodičích	67
4.7.1 Polovodič	67
4.7.2 Přejed PN	68
4.8 Polovodičové součástky	68
4.8.1 Polovodičová dioda	68
4.8.2 Tranzistor	69
4.8.3 Tyristor	70
4.9 .Seznam použité literatury ke kapitole 4	71
5. ELEKTRICKÝ OBLOUK	73
5.1. Části oblouku	74
5.1.1 Střídavý oblouk	77
5.2 Tepelné účinky oblouku	78
5.3 Mechanické účinky oblouku	79
5.4 Síly působící na kapky roztaveného kovu	80
5.5 Voltampérová charakteristika oblouku	81
5.6 Přenos svarového kovu elektrickým obloukem	83
5.6.1 Přenos kovu v oblouku při MIG/MAG svařování	83
5.6.2 Přenos kovu při svařování obalenou elektrodou	84
5.7 Foukání oblouku	84
5.8 Seznam použité literatury ke kapitole 5	85
6. ZDROJE PROUDU PRO SVAŘOVÁNÍ ELEKTRICKÝM OBLOUKEM	87
6.1 Úvod do svařovacích zdrojů pro obloukové svařování	87
6.1.1 Požadavky na svařovací zdroje	87

6.1.2 Rozdělení svařovacích zdrojů	87
6.2 Elektrický oblouk	88
6.2.1 Zapalování elektrického oblouku	88
6.2.2 Stabilita oblouku	89
6.3 Základní technické parametry svařovacích zdrojů	90
6.3.1 Statické charakteristiky	90
6.3.2 Dynamická charakteristika	92
6.3.3 Spojování více zdrojů	93
6.3.4 Vstupní a výstupní parametry	93
6.4 Popis jednotlivých typů svařovacích zdrojů	94
6.4.1 Rotační svařovací zdroje	94
6.4.2 Svařovací transformátory	95
6.4.3 Svařovací usměrňovače	98
6.4.4 Svařovací invertorové zdroje	102
6.5 Příslušenství svařovacích zdrojů	106
6.5.1 Připojení zdroje k elektrorozvodné síti	106
6.5.2 Svařovací kabely a příslušenství kabelů	106
6.6 Seznam použité literatury ke kapitole 6	108

7. ÚVOD DO OBLOUKOVÉHO SVAŘOVÁNÍ V OCHRANNÝCH PLYNECH

7.1 Princip svařování WIG (TIG)	109
7.2 Princip svařování metodou MIG/MAG	111
7.3 Ochranné plyny	113
7.3.1 Chemické účinky ochranných plynů	113
7.4 Seznam použité literatury ke kapitole	115

8. SVAŘOVÁNÍ METODOU WIG

8.1 Svařovací zařízení a druhy svařovacího proudu pro metodu svařování WIG	117
8.1.1 Základní sestava zařízení pro svařování WIG stejnosměrným proudem	117
8.1.2 Zařízení pro svařování střídavým proudem	118
8.1.3 Druhy svařovacích proudů	119
8.2 Svařovací hořáky WIG	122
8.3 Netavící se wolframové elektrody	125
8.4 Ochranné inertní plyny	128
8.4.1 Argon	128
8.4.2 Helium	128
8.4.3 Směsi argonu a helia	130
8.4.4 Směsi argonu a vodíku	130
8.4.5 Směsi argonu s dusíkem	130
8.4.6 Formovací plyny pro ochranu kořene svaru	131
8.5 Přídavné materiály	132
8.5.1 Označování přídavných materiálů	132
8.6 Technika ručního svařování	133
8.6.1 Zásady pro ruční svařování hliníku a jeho slitin	137
8.6.2 Zásady pro ruční svařování vysokolegovaných ocelí	137
8.6.3 Zásady pro ruční svařování mědi a jejích slitin	138
8.6.4 Zásady pro svařování titanu a jeho slitin	138
8.6.5 Zásady pro svařování niklu a jeho slitin	138
8.6.6 Svařování těžkovitých kovů	139
8.7 Strojní svařování WIG	139
8.8 Bezpečnost při svařování metodou WIG	144

8.9 Seznam použité literatury ke kapitole	145
9. SVAŘOVÁNÍ METODOU MIG/MAG	147
9.1 Zařízení pro svařování metodou MIG/MAG	147
9.1.1 Zdroje pro svařování metodou MIG/MAG	148
9.1.2 Podavače drátu	151
9.1.3 Svařovací hořáky	152
9.1.4 Řízení průběhu svařování spínačem na hořáku	153
9.1.5 Technické vybavení moderních svařovacích zdrojů	154
9.2 Metalurgické reakce při svařování v aktivních ochranných plynech	155
9.3 Přenos kovu v oblouku	159
9.3.1 Krátký oblouk se zkratovým přenosem kovu	159
9.3.2 Krátký oblouk se zrychleným zkratovým přenosem	161
9.3.3 Přechodový dlouhý oblouk s nepravidelnými zkraty (někdy označován jako kapkový)	162
9.3.4 Dlouhý oblouk se sprchovým bezzkratovým přenosem	162
9.3.5 Impulsní bezzkratový přenos	163
9.3.6 Moderovaný bezzkratový přenos	165
9.3.7 Dlouhý oblouk s rotujícím přenosem kovu	165
9.4 Ochranné plyny	166
9.4.1 Oxid uhličitý CO ₂	166
9.4.2 Kyslík O ₂	167
9.4.3 Směsné plyny Ar + 15 až 25 % CO ₂	167
9.4.4 Směsný plyn A + 8 % CO ₂	167
9.4.5 Směsné plyny Ar + 5 až 13 % CO ₂ + 5 % O ₂	167
9.4.6 Vliv plynů na stabilitu elektrického oblouku	168
9.4.7 Vliv plynů na přenos tepla a profil svarové housenky	168
9.5 Přídavné materiály pro svařování metodou MIG/MAG	169
9.5.1 Plněné dráty pro svařování v ochranných plynech	170
9.5.2 Označování přídavných materiálů	171
9.6 Parametry a podmínky svařování	173
9.6.1 Svařovací napětí	173
9.6.2 Svařovací proud	174
9.6.3 Proudová hustota	175
9.6.4 Druh a polarita svařovacího proudu	175
9.6.5 Volná délka drátu – výběh drátu (výlet drátu)	175
9.7 Technika svařování	177
9.7.1 Svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí	177
9.7.1.1 Technika svařovacího procesu	178
9.7.2 Svařování vysokolegovaných ocelí a materiálů na bázi niklu	179
9.7.3 Svařování hliníku a jeho slitin	180
9.8 Speciální techniky svařování metodou MIG/MAG	181
9.8.1 Svařování plněným drátem bez ochranného plynu – proces INNERSHIELD	181
9.8.2 Svařování metodou STT – Surface Tension Transfer	182
9.8.3 Vysokovýkonné metody svařování	184
9.8.4 Automatické svařování v ochranném plynu do úzkého úkosu	184
9.8.5 Tandemové svařování - dvoudrát tavený v jedné tavné lázni	185
9.8.6 MIG – pájení pozinkovaných plechů	186
9.9 Přehled použité literatury	187
10. RUČNÍ OBLOUKOVÉ SVAŘOVÁNÍ OBALENOU ELEKTRODOU	189
10.1 Princip metody	189
10.2 Charakteristiky oblouku	190
10.3 Svařovací zdroje	195
10.4 Elektrody pro ruční svařování elektrickým obloukem	200

10.4.1	Funkce obalu elektrod	201
10.4.2	Výroba obalených elektrod lisováním	201
10.4.3	Skladování a sušení elektrod	201
10.4.4	Povrch elektrod	202
10.5	Označování elektrod	203
10.6	Návrh svarového spoje	204
10.7	Technologie svařování obalenou elektrodou	204
10.8	Speciální techniky ručního svařování elektrickým obloukem	205
10.9	Zdravotní a bezpečnostní rizika	207
10.10	Seznam použité literatury	207
11.	SVAŘOVÁNÍ ELEKTRICKÝM OBLOUKEM POD TAVIDLEM	209
11.1	Charakteristika metody	209
11.2	Používaná zařízení pro svařování elektrickým obloukem pod tavidlem	210
11.3	Systém regulace svařovacího procesu	215
11.4	Návrh svarového spoje a rozsah použití	216
11.5	Speciální technika svařování elektrickým obloukem pod tavidlem	223
11.6	Technologické parametry svařování	224
11.7	Přídavné materiály pro svařování	226
11.8	Manipulace s tavidly a jejich skladování	228
11.9	Výběr kombinace drát a tavidlo	228
11.10	Speciální metody svařování pod tavidlem	228
11.11	Zdravotní a bezpečnostní hlediska	230
11.12	Použitá literatura	231
12.	ODPOROVÉ SVAŘOVÁNÍ	233
12.1	Charakteristika metody	233
12.2	Princip metody	233
12.3	Odpory při odporovém svařování	235
12.4	Parametry svařování	236
12.5	Tepelná rovnováha ve svarových spojích	238
12.6	Návrh svarových spojů a jejich označování	239
12.7	Svařovací stroje	239
12.7.1	Stroje pro odporové bodové svařování	241
12.7.2	Stroje pro odporové švové svařování	241
12.7.3	Stroje pro výstupkové (bradavkové) svařování	242
12.7.4	Stroje pro stykové odporové svařování tlakem	243
12.7.5	Stroje pro stykové odporové svařování odtavením	244
12.8	Typy elektrod	245
12.9	Zdravotní a bezpečnostní hlediska	246
12.10	Svařování pod roztavenou struskou	247
12.11	Seznam použité literatury	249
13.	ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY SVAŘOVÁNÍ	251
13.1	Speciální metody tavného svařování	251
13.2	Plazmové svařování	252
13.2.1	Mikroplazmové svařování	256
13.2.2	Systém Plazma – MIG (GMPA – Gas Metal Plasma Arc)	256
13.2.3	Řezání plazmou	257
13.3	Elektronové svařování	261
13.4	Laserové svařování	266
13.4.1	Pevnolátkové lasery	267
13.4.2	Plynový CO ₂ laser	269
13.4.3	Interakce záření s materiálem	271
13.4.4	Svařování laserem	272

13.4.5 Řezání laserem	274
13.5 Speciální způsoby tlakového svařování	275
13.6 Třecí svařování	275
13.6.1 Konvenční způsob třecího svařování	278
13.6.2 Setrvačnickové třecí svařování	279
13.6.3 Třecí svařování promísením rotujícím nástrojem	279
13.7 Difúzní svařování	281
13.8 Svařování tlakem za studena	284
13.9 Ultrazvukové svařování	288
13.10 Výbuchové svařování	290
13.11 Vysokofrekvenční svařování	293
13.12 Svařování magneticky řízeným obloukem	294
13.12.1 Svařování elektrickým obloukem řízeným příčným magnetickým polem	294
13.12.2 Svařování elektrickým obloukem řízeným podélným magnetickým polem	295
13.12.3 Svařování rotujícím obloukem v magnetickém poli	295
13.13 Aluminotermické svařování	296
13.14 Přivařování svorníků a čepů	298
13.15 Seznam použité literatury	300

14. ŘEZÁNÍ KYSLÍKEM A JINÉ ZPŮSOBY PŘÍPRAVY SVAROVÝCH PLOCH

	301
14.1 Charakteristika technologie řezání kyslíkem	301
14.2 Schematické znázornění metody	301
14.3 Postup řezání kovů kyslíkem	301
14.4 Doprovodné jevy vnikající při řezání kovů	303
14.5 Podmínky řezatelnosti kovových materiálů	303
14.6 Materiály vhodné pro řezání kyslíkem	304
14.7 Plyny používané pro řezání kyslíkem	304
14.8 Parametry řezání	305
14.9 Jakost řezných hran	307
14.10 Zařízení a příslušenství	309
14.11 Zvláštní metody řezání s využitím kyslíku	311
14.12 Zvláštní způsoby tepelného dělení	312
14.12.1 Dělení plazmou	313
14.12.2 Dělení svazkem elektronů	313
14.12.3 Dělení laserovým paprskem	314
14.12.4 Řezání vodním paprskem	315
14.13 Seznam použité literatury	317

15. ÚPRAVY POVRCHU

	319
15.1 Charakteristika povrchu materiálů	319
15.2 Metody zkoumání vlastností povrchů	319
15.3 Rozdělení povlaků a jejich druhy	320
15.4 Navařování	321
15.5 Elektrovibrační navařování	322
15.6 Žárové nástřiky	323
15.6.1 Princip metody žárového nástřiku	323
15.6.2 Příprava povrchu základního materiálu pro žárový nástřik	327
15.6.3 Struktura návarů a povlaků žárového nástřiku	327
15.6.4 Bezpečnostní a zdravotní hlediska	330
15.7 Seznam použité literatury	330

16. MECHANIZOVANÉ ZPŮSOBY SVAŘOVÁNÍ A ROBOTIKA

	331
16.1 Úvod	331
16.1.1 Význam automatizace a robotizace ve svařování	331

16.1.2	Systémový model svařovacího procesu	332
16.2	Rozdělení svařovacích výrobních systémů	333
16.3	Průmyslové roboty a manipulátory pro svařování	333
16.3.1	Dělení (klasifikace) průmyslových robotů a manipulátorů	334
16.3.2	Funkční schéma průmyslových robotů a manipulátorů	335
16.3.3	Kinematické uspořádání průmyslových robotů a manipulátorů	336
16.3.4	Pohony průmyslových robotů a manipulátorů	339
16.3.5	Snímače	339
16.3.6	Řídicí systémy průmyslových robotů	342
16.3.7	Programování průmyslových robotů	347
16.4	Kritéria pro uplatnění robotů ve svařování	349
16.5	Pomocná svařovací zařízení	350
16.6	Seznam použité literatury ke kapitole 16	351
17.	MĚKKÉ A TVRDÉ PÁJENÍ	353
17.1	Fyzikální podstata pájení	353
17.2	Rozdělení pájení podle teploty tavení pájky	353
17.3	Druhy pájených spojů	354
17.4	Pájka a požadavky na pájky	354
17.4.1	Smáčivost pájky	355
17.4.2	Vzlínavost pájky	356
17.4.3	Roztékavost pájky	356
17.5	Závislost kapilárního tlaku na velikosti mezery mezi pájenými materiály	357
17.6	Rozdělení a označování pájek	357
17.6.1	Pájky měkké	357
17.6.1.1	Označování cínových pájek	358
17.6.2	Pájky tvrdé	359
17.6.2.1	Označování tvrdých pájek	360
17.7	Tavidla	360
17.7.1	Druhy tavidel	362
17.7.1.1	Tavidla pro pájení měkké	362
17.7.1.2	Tavidla pro pájení tvrdé	362
17.8	Metody pájení	362
17.9	Příprava pájených materiálů pro pájení	363
17.10	Vady pájených spojů	363
17.11	Mechanické vlastnosti pájených spojů	364
17.12	Struktura pájeného spoje	365
17.13	Pájitelnost materiálů	366
17.14	Seznam použité literatury	366
18.	SVAŘOVÁNÍ PLASTŮ	367
18.1	Úvod	367
18.2	Plasty	367
18.2.1	Rozdělení plastů a jejich struktura	368
18.2.2	Vlastnosti plastů	369
18.2.2.1	Mechanické vlastnosti	370
18.2.2.2	Tepelné vlastnosti	370
18.2.2.3	Elektrické vlastnosti	370
18.2.2.4	Fyzikální vlastnosti	370
18.2.3	Vybrané plasty vhodné pro svařování	371
18.2.3.1	Polyethylen (PE)	371
18.2.3.2	Polypropylen (PP)	371
18.2.3.3	Polyvinylchlorid (PVC)	372
18.2.3.4	Polystyren (PS)	372
18.2.3.5	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	372

18.2.3.6 Polyamid (PA)	373
18.2.3.7 Polymethylmetakrylát (PMMA)	373
18.2.3.8 Polyformaldehyd (polyoximethylen, POM)	373
18.2.3.9 Polykarbonát (PC)	373
18.3 Princip svařování termoplastů	374
18.4 Kontaktní svařování	375
18.4.1 Svařování fólií a desek	375
18.4.2 Svařování trubek	376
18.4.3 Svařování profilů	378
18.5 Svařování horkým plynem s přídavným materiálem	378
18.5.1 Svařování s přídavným plastovým drátem	379
18.5.2 Extruzní svařování	379
18.6 Vysokofrekvenční svařování	380
18.7 Svařování ultrazvukem	381
18.8 Svařování třením	383
18.8.1 Rotační svařování	384
18.8.2 Vibrační svařování	384
18.9 Svařování zářením	384
18.9.1 Radiační svařování	385
18.9.2 Svařování laserem	385
18.10 Seznam použité literatury ke kapitole 18	386
19. SPOJOVÁNÍ NOVÝCH MATERIÁLU	387
19.1 Problematika spojování keramických a kompozitních materiálů s materiály kovovými	387
19.2 Charakteristika keramických a kompozitních materiálů	387
19.2.1 Keramické materiály	387
19.2.2 Kompozitní materiály	387
19.3 Spojování keramických a kompozitních materiálů	387
19.3.1 Kompozitní materiály	387
19.3.2 Keramické materiály	388
19.4 Současné používané metody zkoušení pájených spojů	388
19.5 Seznam použité literatury	390
SEZNAM DOSTUPNÝCH NOREM SOUVISEJÍCÍCH SE SVAŘOVÁNÍM V UČEBNÍCH TEXTECH "TECHNOLOGIE SVAŘOVÁNÍ A ZAŘÍZENÍ"	391