

OBSAH

OBSAH.....	2
ÚVOD.....	15
1 MECHANICKÉ SPÁJANIE MATERIÁLOV	17
1.1 PROCESY MECHANICKÉHO SPÁJANIA.....	20
1.2 MECHANICKÉ SPÁJANIE SO ZASTRIHÁVANÍM.....	25
1.3 MECHANICKÉ SPÁJANIE METÓDOU CLINCHING	26
1.3.1 CLINCHING S LISOVNICOU S PRUŽNÝMI SEGMENTMI.....	27
1.3.2 CLINCHING S NEDELENOU LISOVNICOU	28
1.4 MECHANICKÉ SPÁJANIE METÓDOU CLINCH-RIVETING	31
1.5 MECHANICKÉ SPÁJANIE METÓDOU SELF-PIERCING RIVETING.....	32
1.5.1 SELF-PIERCING RIVETING S POLODUTÝM NITOM	32
1.5.2 SELF-PIERCING RIVETING S PLNÝM NITOM	34
1.6 ŠPECIÁLNE METÓDY MECHANICKÉHO SPÁJANIA	35
1.6.1 ELECTRO-HYDRAULIC CLINCHING (HYDRO CLINCHING).....	35
1.6.2 ROLLER CLINCHING	37
1.6.3 CLINCHING S PRUŽNOU PODLOŽKOU.....	38
1.6.4 INVERZNÝ FLAT CLINCHING	39
1.6.5 BODOVÝ ODPOROVÝ CLINCHING	39
2 ZVÁRANIE TLAKOM ZA STUDENA	42
2.1 TVORBA TEPLA PRI ZVÁRANÍ.....	45
2.2 ZARIADENIA A PRÍSLUŠENSTVO	45
2.2.1 BODOVÉ ZVÁRANIE.....	45
2.2.2 ŠVOVÉ ZVÁRANIE.....	46
2.2.3 ZVÁRANIE PRETLÁČANÍM.....	48
2.2.4 ŠMYKOVÉ ZVÁRANIE.....	49
2.2.5 STYKOVÉ ZVÁRANIE	49
2.3 PRÍDAVNÉ MATERIÁLY	51
2.4 PARAMETRE ZVÁRANIA	51
2.5 PRÍPRAVA ZVAROVÝCH PLÔCH	51

2.6	KONTROLA KVALITY ZVAROVÝCH SPOJOV	52
2.7	POUŽITIE ZVÁRANIA V PRAXI	52
3	ZVÁRANIE ULTRAZVUKOM.....	55
3.1	FYZIKÁLNE ZÁKLADY ULTRAZVUKU	55
3.2	MECHANIZMUS VZNIKU ZVAROVÉHO SPOJA.....	59
3.3	TEPELNÉ PROCESY PRI ULTRAZVUKOVOM ZVÁRANÍ.....	62
3.4	ZVÁRACIE PARAMETRE A PODMIENKY ZVÁRANIA.....	63
3.4.1	AMPLITÚDA VÝCHYLKY.....	64
3.4.2	PRÍTLAČNÁ SILA, ZVÁRACÍ TLAK	65
3.4.3	FREKVENCIA.....	67
3.4.4	ZVÁRACÍ ČAS A ČAS CHLADNUTIA.....	67
3.5	KONŠTRUKCIA SPOJOV	68
3.5.1	ZVÁRACÍ VÝSTUPOK	68
3.6	ZVÁRACIE ZARIADENIA	69
3.6.1	ULTRAZVUKOVÝ GENERÁTOR.....	70
3.6.2	ULTRAZVUKOVÝ MENIČ.....	70
3.6.3	BOOSTER (ZOSILŇOVAČ)	71
3.6.4	SONOTRÓDY	72
3.7	ZVARITEĽNOSŤ MATERIÁLOV ULTRAZVUKOM.....	74
3.7.1	PRÍPRAVA ZVAROVÝCH PLÔCH.....	75
3.7.2	VYHOTOVENIE ZVAROVÝCH SPOJOV.....	75
3.7.3	KONTROLA KVALITY ZVAROVÝCH SPOJOV	78
4	ZVÁRANIE VÝBUCHOM.....	80
4.1	TECHNOLOGICKÝ PROCES ZVÁRANIA VÝBUCHOM.....	80
4.1.1	KONTROLA ZVÁRANÝCH MATERIÁLOV.....	81
4.1.2	PRÍPRAVA ZVÁRANÝCH MATERIÁLOV	82
4.1.3	ZOSTAVENIE MATERIÁLOV A TRHAVINY	82
4.1.4	VOĽBA VHODNÉHO PODKLADU	83
4.1.5	VOĽBA DIŠTANČNEJ MEDZERY	85
4.1.6	VOĽBA TRHAVINY	86
4.1.7	DETONÁCIA TRHAVINOVEJ NÁLOŽE	88
4.2	PARAMETRE PROCESU.....	89

4.2.1	KINEMATICKÉ PARAMETRE	89
4.2.2	ZAČIATOČNÉ PARAMETRE	91
4.2.3	PARAMETRE ZVÁRANÝCH MATERIÁLOV	92
4.2.4	PARAMETRE SITUOVANIA ZVÁRANÝCH MATERIÁLOV	93
4.2.5	TECHNOLOGICKÉ PARAMETRE	94
4.3	ÚPRAVA BIMETALOV PO ZVARENÍ	94
4.4	ZVARITEĽNOSŤ MATERIÁLOV	94
4.5	KONTROLA KVALITY ZVAROVÝCH SPOJOV	97
4.5.1	METÓDY NEDEŠTRUKTÍVNE	97
4.5.2	METÓDY DEŠTRUKTÍVNE	98
4.6	POUŽITIE TECHNOLOGIE V PRAXI	101
5	DIFÚZNE ZVÁRANIE	109
5.1	TEÓRIA DIFÚZNYCH PROCESOV	110
5.1.1	FICKOVE ZÁKONY	110
5.1.2	MECHANIZMY DIFÚZIE	111
5.1.3	STACIONÁRNA DIFÚZIA	113
5.1.4	NESTACIONÁRNA DIFÚZIA	114
5.1.5	ZÁVISLOSŤ DIFÚZIE OD TEPLoty A TLAKU	114
5.1.6	DIFÚZIA AKO ŠTRUKTÚRNE CITLIVÝ JAV	116
5.1.7	VPLYV PLASTICKEJ DEFORMÁCIE NA RÝCHLOSŤ DIFÚZIE	117
5.2	MECHANIZMUS VZNIKU SPOJA	117
5.2.1	MECHANIZMUS VZNIKU SPOJA PODĽA TWI	118
5.2.2	MECHANIZMUS VZNIKU SPOJA PODĽA VPE	119
5.2.3	DIFÚZNE ZVÁRANIE S TEKUTOU MEDZIVRSTVOU	119
5.3	ZARIADENIA NA DIFÚZNE ZVÁRANIE	120
5.4	DIFÚZNE ZVÁRANIE V PRIEMYSLE	123
6	ZVÁRANIE TRENÍM	129
6.1	PRINCÍP ZVÁRANIA TRENÍM	129
6.2	PRINCÍP NAVÁRANIA TRENÍM	130
6.3	PROCES ZVÁRANIA TRENÍM	131
6.4	PARAMETRE ZVÁRANIA TRENÍM	136
6.5	ZVÁRACIE ZARIADENIA	138

6.6	VYUŽITIE ZVÁRANIA TRENÍM V PRIEMYSLE	141
6.7	VÝHODY A NEVÝHODY ZVÁRANIA TRENÍM	146
7	TRECIE PREMIEŠAVACIE ZVÁRANIE.....	149
7.1	PRINCÍP TRECIEHO PREMIEŠAVACIEHO ZVÁRANIA.....	150
7.2	PROCES ZVÁRANIA A ŠTRUKTÚRNE ZÓNY ZVAROVÉHO SPOJA	151
7.3	ZVÁRACIE NÁSTROJE.....	152
7.3.1	MATERIÁLY NA VÝROBU ZVÁRACÍCH NÁSTROJOV	154
7.3.2	GEOMETRIA NÁSTROJA	155
7.4	PARAMETRE TRECIEHO PREMIEŠAVACIEHO ZVÁRANIA	156
7.5	MODIFIKÁCIE TRECIEHO PREMIEŠAVACIEHO ZVÁRANIA.....	159
7.6	DRUHY ZVAROVÝCH SPOJOV	163
7.7	ZVÁRACIE ZARIADENIA	164
7.8	VYUŽITIE TRECIEHO PREMIEŠAVACIEHO ZVÁRANIA V PRIEMYSLE.....	166
7.9	VÝHODY A NEVÝHODY TRECIEHO PREMIEŠAVACIEHO ZVÁRANIA.....	170
8	ZVÁRANIE LASEROVÝM LÚČOM	174
8.1	PRINCÍP VZNIKU LASEROVÉHO ŽIARENIA	174
8.2	INTERAKCIA LASEROVÉHO ŽIARENIA S MATERIÁLOM.....	179
8.3	KONTINUÁLNY VS. PULZNÝ REŽIM	185
8.4	KVALITA LÚČA BPP	187
8.5	ZARIADENIA NA ZVÁRANIE	189
8.5.1	PLYNOVÉ LASERY	194
8.5.2	LASERY S KRYŠTÁLOM VO FORME TYČE AKO AKTÍVNYM MÉDIOM.....	194
8.5.3	DISKOVÉ LASERY.....	195
8.5.4	VLÁKNOVÉ LASERY	196
8.6	VEDENIE LASEROVÉHO LÚČA.....	197
8.7	ZVÁRANIE LASEROVÝM LÚČOM VO VÁKU	199
8.8	PARAMETRE ZVÁRANIA	200
8.9	VÝHODY A NEVÝHODY TECHNOLOGIE.....	200
8.10	POŽITIE TECHNOLOGIE	200
9	ZVÁRANIE ELEKTRÓNOVÝM LÚČOM.....	203
9.1	ELEKTRÓNY	204
9.2	PRINCÍP TECHNOLOGIE ZVÁRANIA ELEKTRÓNOVÝM LÚČOM.....	208

9.2.1	KATÓDA.....	209
9.2.2	ANÓDA.....	211
9.2.3	RIADIACA ELEKTRODA (WEHNELTOV VALEC).....	211
9.2.4	OPTIKA.....	213
9.2.5	VÁKUOVÝ SYSTÉM.....	213
9.3	INTERAKCIA ELEKTRÓNOVÉHO LÚČA S HMOTOU	216
9.4	CHARAKTERIZÁCIA ELEKTRÓNOVÉHO LÚČA.....	217
9.5	ZVÁRANIE ELEKTRÓNOVÝM LÚČOM.....	218
9.6	KOMORY NA ZVÁRANIE ELEKTRÓNOVÝM LÚČOM	223
9.7	VÝHODY TECHNOLOGIE	228
9.8	NEVÝHODY TECHNOLOGIE	228
9.9	APLIKÁCIE ZVÁRANIA ELEKTRÓNOVÝM LÚČOM	228
10	ZVÁRANIE PLAZMOU	232
10.1	ZARIADENIE NA ZVÁRANIE PLAZMOU	233
10.1.1	ZVÁRACIE HORÁKY	236
10.1.2	ELEKTRODY	237
10.2	VÝHODY A NEVÝHODY ZVÁRANIA PLAZMOU	240
10.3	APLIKÁCIA PLAZMOVÉHO ZVÁRANIA V PRAXI	240
10.3.1	TYPY SPOJOV.....	241
10.4	CHYBY ZVAROVÝCH SPOJOV.....	244
10.5	ZVÁRANIE PLAZMA – MIG /PAW – GMAW/	245
10.5.1	VÝHODY A NEVÝHODY PROCESU.....	246
10.5.2	ZVÁRACIE ZARIADENIE.....	247
10.5.3	ZDROJE ENERGIE.....	247
10.5.4	ZVÁRACIE HORÁKY	247
10.5.5	OCHRANNÉ PLYNY	248
10.5.6	APLIKÁCIE.....	249
10.6	ZVÁRANIE PLAZMA-TIG /PAW-GTAW/	250
11	HYBRIDNÉ TECHNOLOGIE ZVÁRANIA	254
11.1	HYBRIDNÉ ZVÁRANIE LASER-MAG	254
11.2	HYBRIDNÉ ZVÁRANIE LASER-TIG	256
11.3	HYBRIDNÉ ZVÁRANIE LASER-PLAZMA.....	258

11.4	HYBRIDNÉ ZVÁRANIE LASER-ZVÁRANIE POD TAVIVOM.....	259
11.5	ODPOROVÉ ZVÁRANIE S KOVOVÝM ELEMENTOM.....	261
11.6	TRECIE ZVÁRANIE S KOVOVÝM ELEMENTOM.....	263
11.7	OBLÚKOVÉ ZVÁRANIE S PODPOROU ULTRAZVUKU.....	265
11.8	TRECIE PREMIEŠAVACIE ZVÁRANIE S PODPOROU ULTRAZVUKU.....	266
11.9	ZVÁRANIE LASEROVÝM LÚČOM S PODPOROU ULTRAZVUKU.....	267
11.10	TAVNO-DIFÚZNE ZVÁRANIE ELEKTRÓNOVÝM LÚČOM.....	268
12	METALOTERMICKÉ ZVÁRANIE.....	271
12.1	PRINCÍP TECHNOLOGIE.....	271
12.2	DRUHY TERMITOV.....	273
12.3	DRUHY FORIEM.....	274
12.3.1	JEDNORAZOVÉ FORMY.....	274
12.3.2	FORMY PRE VIACNÁSOBNÉ POUŽITIE.....	274
12.4	PARAMETRE ZVÁRANIA.....	274
12.5	ZVÁRANIE KOŁAJNÍC.....	274
12.6	ZVÁRANIE ELEKTRICKÝCH VODIČOV.....	278
12.7	POUŽITIE TECHNOLOGIE.....	284
12.8	VÝHODY A NEVÝHODY TECHNOLOGIE.....	284
13	SPÁJKOVANIE.....	286
13.1	ROZDELENIE SPÁJKOVANIA.....	286
13.2	SPÁJKY A TAVIVÁ.....	289
13.2.1	VŠEOBECNÉ POŽIADAVKY NA SPÁJKY.....	290
13.2.2	MÄKKÉ SPÁJKY DO 450 °C.....	290
13.2.3	TVRDÉ SPÁJKY OD 450 DO 950 °C.....	291
13.2.4	VYSOKOTEPLTNÉ SPÁJKY.....	292
13.3	POROVNANIE ZVÁRANIA A SPÁJKOVANIA.....	293
13.4	ZÄKLADNÉ POŽIADAVKY NA VLASTNOSTI SPÁJOK.....	295
13.4.1	ZMÄČAVOSŤ.....	295
13.4.2	ROZTEKAVOSŤ.....	296
13.4.3	KAPILARITA.....	296
13.5	SKÜŠANIE SPÁJKOVANÝCH SPOJOV.....	297
13.5.1	Deštruktívne sküšanie spájkových spojov.....	297

13.5.2	Nedeštruktívne skúšanie spájkovaných spojov	300
13.6	SPÁJKOVANIE V AUTOMOBILOVOM PRIEMYSE	302
13.7	TECHNOLÓGIE SPÁJKOVANIA POZINKOVANÝCH PLECHOV	302
13.8	SPÁJKY NA POVLAKOVANÉ PLECHY	303
13.9	MECHANIZOVANÉ SPÁJKOVANIE HLINÍKOVÝCH CHLADIČOV	304
13.10	SÚČASNÉ TRENDY V OBLASTI SPÁJKOVANIA V ELEKTRONICKOM PRIEMYSE.....	307
13.11	SPÁJKOVANIE POMOCOU AKTÍVNEHO ULTRAZVUKU	309
13.12	SPÁJKOVANIE POMOCOU VYSOKOTEPLOTNEJ AKTIVÁCIE	311
14	ADHÉZNE SPÁJANIE MATERIÁLOV	316
14.1	ZÁKLADNÉ POJMY ADHÉZIE A KOHÉZIE.....	316
14.2	TYPY ADHÉZNE SPÁJANÝCH SPOJOV	317
14.3	PORUCHY ADHÉZNE SPÁJANÉHO SPOJA A ICH PRÍČINY	319
14.4	KLASIFIKÁCIA ADHÉZÍV A ICH PÍPRAVA NA ADHÉZNE SPÁJANIE.....	321
14.5	KOMBINÁCIE ADHÉZNEHO SPÁJANIA A INEJ TECHNOLÓGIE SPÁJANIA	325
14.5.1	KOMBINÁCIA ADHÉZNEHO SPÁJANIA SO SKRUTKOVANÍM	325
14.5.2	KOMBINÁCIA ADHÉZNEHO SPÁJANIA S NITOVANÍM.....	325
14.5.3	KOMBINÁCIA ADHÉZNEHO SPÁJANIA S BODOVÝM ZVÁRANÍM	326
14.5.4	KOMBINÁCIA ADHÉZNEHO SPÁJANIA S TLAKOVÝM SPÁJANÍM	326
14.6	VÝHODY A NEVÝHODY TECHNOLÓGIE ADHÉZNEHO SPÁJANIA.....	327
15	TEPELNÉ DELENIE KOVOV	329
15.1	REZANIE KYSÍKOM.....	329
15.1.1	REZACIE ZARIADENIA	332
15.1.2	PARAMETRE REZANIA	335
15.1.3	VARIANTY PROCESU	339
15.1.4	VÝHODY A NEVÝHODY TECHNOLÓGIE	340
15.1.5	POUŽITIE TECHNOLÓGIE	341
15.2	REZANIE PLAZMOU	341
15.2.1	REZACIE ZARIADENIA	347
15.2.2	PARAMETRE REZANIA	350
15.2.3	VÝHODY A NEVÝHODY TECHNOLÓGIE	350
15.2.4	POUŽITIE TECHNOLÓGIE	350
15.3	REZANIE LASEROM	350

15.3.1	REZACIE ZARIADENIA	352
15.3.2	PARAMETRE REZANIA	353
15.3.3	VÝHODY A NEVÝHODY TECHNOLOGIE	353
15.3.4	POUŽITIE TECHNOLOGIE	353
15.4	DRÁŽKOVANIE UHLÍKOVOU ELEKTRODOU	356
15.4.1	REZACIE ZARIADENIA	356
15.4.2	PARAMETRE REZANIA	357
15.4.3	VARIANTY PROCESU	357
15.4.4	VÝHODY A NEVÝHODY TECHNOLOGIE	357
15.4.5	POUŽITIE TECHNOLOGIE	357
15.5	METÓDA OXY-ARC	358
15.5.1	REZACIE ZARIADENIA	358
15.5.2	PARAMETRE REZANIA	359
15.5.3	VÝHODY A NEVÝHODY TECHNOLOGIE	359
15.5.4	POUŽITIE TECHNOLOGIE	359
15.6	KYSLÍKOVÁ KOPIJA	359
15.6.1	REZACIE ZARIADENIA	360
15.6.2	PARAMETRE REZANIA	361
15.6.3	VÝHODY A NEVÝHODY TECHNOLOGIE	361
15.6.4	POUŽITIE TECHNOLOGIE	361