

1.	ZÁKLADNÍ POJMY OBRÁBĚČÍHO PROCESU	3
1.1	Technologické charakteristiky obráběcího procesu	3
1.1.1	Obrobek	3
1.1.2	Nástroj	4
1.1.2.1	Prvky nástroje	6
1.1.2.2	Plochy nástroje	6
1.1.2.3	Ostří nástroje	7
1.1.2.4	Rozměry ostří	8
1.1.3	Kinematika řezného procesu	8
1.2	Souřadnicové soustavy nástroje	10
1.2.1	Nástrojová souřadnicová soustava	10
1.2.2	Pracovní souřadnicová soustava	13
1.3	Nástrojové a pracovní úhly	13
1.3.1	Nástrojové úhly	13
1.3.1.1	Nástrojové úhly orientace ostří	13
1.3.1.2	Nástrojové úhly čela	18
1.3.1.3	Nástrojové úhly břitu	18
1.3.1.4	Nástrojové úhly hřbetu	19
1.3.1.5	Závislosti mezi nástrojovými úhly	19
1.3.2	Pracovní úhly	21
1.3.2.1	Pracovní úhly orientace ostří	21
1.3.2.2	Pracovní úhly čela	21
1.3.2.3	Pracovní úhly břitu	21
1.3.2.4	Pracovní úhly hřbetu	22
1.3.2.5	Závislosti mezi pracovními úhly	22
1.4	Břítové diagramy	22
1.4.1	Břítový diagram čela	22
1.4.2	Břítový diagram hřbetu	23
1.5	Ostření nástrojů	24
1.5.1	Ostření čela	24
1.5.2	Ostření hřbetu	26
2.	FYZIKÁLNÍ ZÁKLADY PROCESU ŘEZÁNÍ	27
2.1	Plastické deformace v oblasti tvoření třísky při ortogonálním řezání	27
2.1.1	Primární plastické deformace	27
2.1.2	Sekundární plastické deformace	28
2.1.3	Kvantifikace úhlu roviny stříhu	29

2.2	Třísky a jejich technologické charakteristiky	30
2.2.1	Druhy tvářených třísek	30
2.2.2	Součinitel přechování třísky	32
2.2.3	Objemový součinitel třísek	32
2.3	Nárůstek a jeho vliv na řezný proces	33
2.4	Mechanické vlastnosti povrchové vrstvy obrobene plochy	34
3.	TECHNOLOGICKÉ CHARAKTERISTIKY ŘEZNÉHO PROCESU	37
3.1.	Geometrické veličiny řezného procesu	37
3.1.1	Kinematické veličiny	37
3.1.2	Posuv	37
3.1.3	Ostří nástroje	38
3.1.4	Záběr ostří	38
3.1.5	Průřez třísky a jeho rozměr	40
3.1.6	Úběr a jeho rozměry	41
3.1.7	Výkonnost obrábění	41
3.1	Řezné síly	41
3.1.1	Celková řezná síla	41
3.1.2	Geometrický rozklad celkové řezné síly do směru řezné rychlosti a směru k němu kolmých	42
3.1.3	Geometrický rozklad celkové řezné síly v zjednodušeném dvourozměrném modelu ortogonálního řezání	44
3.1.4	Výpočet složek celkové řezné síly	
3.3	Práce a výkon řezání	46
3.4	Teplota a teplota řezání	48
3.4.1	Tepelná bilance řezného procesu	49
3.4.2	Teplota řezání	
3.5	Kmitání obráběcího systému	51
3.5.1	Vynucené kmitání	51
3.5.2	Samobuzené kmitání	52
4.	ŘEZNÉ PROSTŘEDÍ	53
4.1	Technologické požadavky na řezné prostředí	53
4.2	Řezné kapaliny	54
4.2.1	Druhy řezných kapalin	55
4.2.2	Přívod řezné kapaliny do místa řezu	56
4.3	Plynné řezné prostředí	57

4.3	Plynné řezné prostředí	57
5.	NÁSTROJOVÉ MATERIÁLY	58
5.1	Nástrojové oceli	58
5.1.1	Nástrojové oceli nelegované	58
5.1.2	Nástrojové oceli legované	59
5.1.3	Rychlořezné oceli	59
5.1.4	Rychlořezné oceli vyrobené práškovou metalurgií	61
5.2	Slinuté karbidy	62
5.2.1	Nepovlakované slinuté karbidy	62
5.2.2	Povlakované slinuté karbidy	64
5.3	Cermety	65
5.4	Řezná keramika	65
5.4.1	Řezná keramika na bázi oxidu hlinitého	66
5.4.2	Řezná keramika na bázi nitridu křemíku	67
5.5	Supertvrdé řezné materiály	67
5.5.1	Polykrystalický kubický nitrid bóru	68
5.5.2	Polykrystalický diamant	68
5.6	Brousící materiály	68
5.6.1	Standardní brousící materiály	69
5.6.1.1	Označování standardních brousících materiálů	69
5.6.1.2	Doporučení pro volbu standardních brousících materiálů	69
5.6.2	Diamantové brousící materiály	71
5.6.3	Brousící materiály z kubického nitridu bóru	72
6.	PRODUKTIVITA A HOSPODÁRNOST OBRÁBĚNÍ	72
6.1	Opotřebení břítu nástroje	72
6.1.1	Mechanismus opotřebení	73
6.1.2	Formy opotřebení	74
6.1.3	Kvantifikace opotřebení	76
6.1.4	Časový průběh opotřebení	77
6.2	Trvanlivost břítu nástroje	78
6.3	Obrobitelnost materiálu	81
6.4	Operační výrobní náklady	84
6.5	Optimální trvanlivost břítu nástroje	87
6.5.1	Kritérium minimálních výrobních nákladů	87
6.5.2	Kritérium maximální výrobnosti	88

6.6	Obecný postup stanovení základních řezných podmínek	89
7.	OBRÁBĚCÍ STROJE	90
7.1	Druhy obráběcích strojů	90
7.2	Základní části obráběcích strojů	90
7.3	Technologické parametry obráběcích strojů	90
7.4	Přesnost obráběcích strojů	92
7.4.1	Geometrická přesnost obráběcích strojů	92
7.4.2	Přesnost polohování pracovních orgánů NC obráběcích strojů	94
7.4.3	Pracovní přesnost obráběcích strojů	95
7.5	Třídící čísla obráběcích strojů	97
7.5.1	Identifikace třídícího čísla	97
7.5.2	Příklady třídících čísel	98
8.	ZÁKLADNÍ METODY OBRÁBĚNÍ	99
8.1	Soustružení	100
8.1.1	Technologická charakteristika	100
8.1.1.1	Kinematika obráběcího procesu	100
8.1.1.2	Pracovní úhly	101
8.1.1.3	Průřez třísky	102
8.1.1.4	Řezné síly	103
8.1.1.5	Řezné podmínky	105
8.1.1.6	Jednotkový strojní čas	106
8.1.2	Soustružnické nože	106
8.1.2.1	Radiální nože	107
8.1.2.2	Prizmatické, kotoučové a tangenciální nože	108
8.1.2.3	Nože s vyměnitelnými břitovými destičkami	110
8.1.3	Soustruhy	112
8.1.3.1	Hrotové soustruhy	112
8.1.3.2	Revolverové soustruhy	113
8.1.3.3	Svislé soustruhy	113
8.1.3.4	Poloautomatické soustruhy	114
8.1.3.5	Automatické soustruhy	115
8.1.4	Upínání nástrojů a obrobků	116
8.1.4.1	Upínání nástrojů	116
8.1.4.2	Upínání obrobků	116
8.1.5	Charakteristické soustružnické technologie	119
8.2	Frézování	121
8.2.1	Technologická charakteristika	121
8.2.1.1	Kinematika obráběcího procesu	121
8.2.1.2	Průřez třísky	123

8.2.1.3	Řezné síly	125
8.2.1.4	Řezné podmínky	128
8.2.1.5	Jednotkový strojní čas	128
8.2.1.6	Okružní frézování	130
8.2.1.7	Planetové frézování	131
8.2.2	Frézovací nástroje	131
8.2.3	Frézovací stroje	133
8.2.3.1	Konzolové frézky	133
8.2.3.2	Příslušenství konzolových frézek	135
8.2.3.3	Stolové frézky	138
8.2.3.4	Rovinné frézky	138
8.2.4	Upínání fréz a obrobků	139
8.2.5	Charakteristické frézovací technologie	140
8.3	Vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování	141
8.3.1	Vrtání	142
8.3.1.1	Technologická charakteristika	142
8.3.1.2	Vrtací nástroje	145
8.3.1.3	Vrtací stroje	149
8.3.2	Vyhrubování a vystružování	150
8.3.2.1	Technologická charakteristika	150
8.3.2.2	Výhrubníky a výstružníky	151
8.3.3	Zahlubování	154
8.4	Vyvtávání	154
8.4.1	Technologická charakteristika	154
8.4.2	Vyvtávací nástroje	155
8.4.3	Vyvtávací stroje	156
8.4.4	Charakteristické vyvtávací technologie	158
8.5	Hoblování a obrážení	159
8.5.1	Technologická charakteristika	159
8.5.2	Hoblovací a obrážecí nože	161
8.5.3	Hoblovky a obrážčky	162
8.5.3.1	Hoblovky	162
8.5.3.2	Obrážčky	164
8.5.4	Upínání obrobků při hoblování a obrážení	165
8.5.5	Charakteristické hoblovací a obrážecí technologie	165
8.6	Protahování a protlačování	166
8.6.1	Technologická charakteristika	166
8.6.2	Nástroje pro protahování a protlačování	167
8.6.3	Stroje pro protahování a protlačování	168
8.6.4	Protahovací a protlačovací technologie	168
9.	ABRAZIVNÍ METODY OBRÁBĚNÍ	169
9.1	Broušení	170
9.1.1	Technologická charakteristika	170

9.1.1.1	Názvosloví běžných brousicích způsobů	171
9.1.1.2	Tvorba třísky při broušení	173
9.1.1.3	Kinematika broušení	174
9.1.1.4	Ekvivalentní tloušťka broušení	175
9.1.1.5	Řezné síly	177
9.1.1.6	Koeficient broušení	178
9.1.2	Základní metody broušení	179
9.1.2.1	Obvodové broušení do kulata vnějších ploch	179
9.1.2.2	Obvodové broušení do kulata vnitřních ploch	183
9.1.2.3	Rovinné broušení	186
9.1.2.4	Tvarové broušení	188
9.1.3	Brousicí nástroje	190
9.1.3.1	Označování brousicích nástrojů	190
9.1.3.2	Upínání brousicích kotoučů	191
9.1.3.3	Vyvažování brusných kotoučů	192
9.1.4	Brousicí stroje	192
9.1.4.1	Hrotové brusky	192
9.1.4.2	Bezhraté brusky	193
9.1.4.3	Brusky na díry	193
9.1.4.4	Vodorovné rovinné brusky	194
9.1.4.5	Svislé rovinné brusky	194
9.1.4.6	Speciální brusky	195
9.2	Honování	195
9.2.1	Technologická charakteristika	195
9.2.2	Honovací nástroje	197
9.2.3	Honovací stroje	197
9.3	Lapování	198
9.3.1	Technologická charakteristika	198
9.3.2	Lapovací nástroje	199
9.3.3	Lapovací stroje	200
9.4	Superfinašování	200
9.4.1	Technologická charakteristika	200
9.4.2	Superfinašovací nástroje	202
9.4.3	Superfinašovací stroje	202
10.	BEZTRÍSKOVÉ METODY DOKONČOVÁNÍ OBROBENÝCH POVRCHŮ	202
10.1	Válečkování	203
10.2	Kuličkování	203
10.3	Vyhlazování povrchu diamantem	204
11.	NEKONVENČNÍ METODY OBRÁBĚNÍ	205
11.1	Elektroerozivní obrábění	206

11.1.1	Technologická charakteristika	206
11.1.2	Nástrojové elektrody	208
11.1.3	Technologické modifikace elektroerozivního obrábění	209
11.1.3.1	Elektrojiskrové obrábění	209
11.1.3.2	Anodomechanické obrábění	210
11.2	Obrábění paprskem plazmy	210
11.3	Obrábění paprskem laseru	211
11.4	Obrábění paprskem elektronů	212
11.5	Elektrochemické obrábění	213
11.5.1	Technologická charakteristika	213
11.5.2	Nástroje	214
11.5.3	Technologické modifikace elektrochemického obrábění	215
11.1.3.1	Elektrochemické obrábění v proudícím elektrolytu	215
11.1.3.2	Elektrochemické obrábění rotující elektrodou	215
11.1.3.3	Elektrochemické leštění	216
11.1.3.4	Elektrochemické odstraňování ostřin	217
11.6	Chemické obrábění	217
11.6.1	Chemické prostřihování	218
11.6.2	Chemické rozměrové leptání	218
11.7	Ultrazvukové obrábění	218
11.7.1	Ultrazvukové nárazové broušení	218
11.7.2	Rotační obrábění ultrazvukem	219
11.8	Obrábění vodním paprskem	219
12.	SPECIÁLNÍ METODY OBRÁBĚNÍ	220
12.1	Obrábění závitů	220
12.1.1	Řezání závitů	221
12.1.2	Soustružení závitů	225
12.1.3	Frézování závitů	226
12.1.4	Broušení závitů	227
12.2	Obrábění ozubení ozubených kol	228
12.2.1	Obrábění ozubení čelních kol	228
12.2.1.1	Frézování dělicím způsobem	229
12.2.1.2	Frézování odvalovacím způsobem	229
12.2.1.3	Obrázení hřebenovým nožem	231
12.2.1.4	Obrázení kotoučovým nožem	232
12.2.1.5	Protahování	232
12.2.1.6	Ševingování	233
12.2.1.7	Broušení	234

12.2.2	Obrábění ozubení kuželových kol s přímými a šikmými zuby	236
12.2.2.1	Frézování tvarovou frézou	236
12.2.2.2	Obrázení podle šablony	237
12.2.2.3	Obrázení dvěma noži	238
12.2.2.4	Frézování dvěma kotoučovými nožovými hlavami	238
12.2.2.5	Protahování	239
12.2.3	Obrábění ozubení kuželových kol se zakřivenými zuby	239
12.2.3.1	Způsob Gleason	239
12.2.3.2	Způsob Oerlikon	240
12.2.3.3	Způsob Klingenberg	240
13.	TECHNOLOGICKÉ ASPEKTY OBRÁBĚNÍ NA ČÍSLICOVĚ ŘÍZENÝCH OBRÁBĚCÍCH STROJÍCH	241
13.1	Základní pojmy	241
13.2	Číslicové řízení	243
3.2.1	Vstupní informace pro řízení	243
3.2.2	Řídící systémy	244
13.3	Označování souřadnic a směrů pohybů pracovních orgánů číslicově řízených obráběcích strojů	245
13.4	Programování NC obráběcích strojů	246
13.4.1	Struktura programu	247
13.4.2	Nositelé informací	249
13.4.3	Kódování informací	249
13.5	Programování CNC obráběcích strojů	249
13.5.1	Informační slova	251
13.5.2	Definice funkcí programu	253
13.5.3	Volba souřadnicového systému	253
13.5.4	Korekce nástrojů	253
13.5.5	Zápis programu	254
13.5.6	Význam přípravných funkcí	254
13.5.7	Pevné cykly	256
13.5.8.	Pomocné funkce	256
13.5.9	Příklad řídicího programu	257
Obsah		261
Literatura		269