

A. ČÍSLICOVĚ ŘÍZENÉ OBRÁBĚCÍ STROJE

1. Úvod	Str. 4
1.1 Význam číslicově řízených obráběcích strojů jakožto hlavního prostředku pružné automatizace	4
1.2 Číslicové řízení obráběcího stroje	5
1.3 Číslicové řídicí systémy obráběcích strojů	7
1.3.1 Rozdělení NC systémů	8
1.3.2 Struktura NC systémů	10
1.3.3 Programování	15
1.4 Rozdělení číslicově řízených obráběcích strojů	16
1.5 Charakteristické znaky konstrukce NC strojů	21
1.6 Nomenklatura os a pohybů	22
2. Výrobní výkon a výrobní kapacita	25
2.1 Rozbor využití výrobní kapacity obráběcího stroje	25
2.2 Snižování časových ztrát uvnitř jedné pracovní směny	26
2.2.1 Způsoby zkracování neproduktivních časů	28
2.2.1.1 Zkracování časů vedlejších	28
2.2.1.2 Zkracování časů nezbytných zdržení	28
2.2.1.3 Zkracování doby trvání poruch	29
2.2.2 Způsoby zkracování produktivních časů	29
2.2.2.1 Zkracování řezných časů	30
2.2.2.2 Překrývání řezných časů	31
2.3 Snižování časových ztrát zvyšováním směnnosti a prací o volných dnech	32
3. Hlavní pohony	33
3.1 Uložení vřeten	34
3.2 Polohování vřeten a souvislé řízení jejich otáčení	35
4. Pohony posuvů a odměřování	37
4.1 Funkce a uspořádání pohonů posuvů	38
4.2 Základní požadavky na pohony posuvů	40
4.3 Odměřování	42
5. Přímočará vedení NC obráběcích strojů	43
5.1 Druhy přímočarých vedení a jejich vlastnosti	43
5.1.1 Vedení kluzná bez obložení	43
5.1.2 Vedení kluzná s obložením	44
5.1.3 Vedení valivá	44
5.1.4 Vedení hydrostatická	44
5.1.5 Vedení aerostatická	45
5.1.6 Vedení kombinovaná - kluzná s valivými	45
5.1.7 Vedení kombinovaná - kluzná s hydrostatickými	46

5.2 Porovnání jednotlivých druhů vedení z hlediska použití u NC strojů	49
5.3 Přímočará vedení valivá	49
5.3.1 Přímočará valivá vedení pro neomezené zdvihy	50
5.3.1.1 Valivá hnízda	54
5.3.1.2 Příklady konstrukcí a uspořádání	62
5.3.1.3 Uchycení valivých hnízd jednosměrných a dvousměrných	65
5.3.2 Ochrana vodicích ploch	65
6. Omezování a eliminace tepelných deformací	66
6.1 Omezování zdrojů tepla a tepelného rušení na nejmenší možnou míru	69
6.2 Minimalizace nevyhnutelných tepelných deformací	72
7. Přesnost práce NC obráběcích strojů	72
7.1 Úvod	74
7.2 Vlivy systému řízení polohy	75
7.2.1 Pravoúhlé systémy	75
7.2.1.1 Chyby pravoúhlých systémů se servopohony s rychlostní vazbou	76
7.2.1.2 Chyby pravoúhlých systémů se servopohony s polohovou vazbou	76
7.2.2 Souvislé systémy	77
7.2.2.1 Vlivy interpolace dráhy	77
7.2.2.1.1 Lineární interpolace dráhy	79
7.2.2.1.2 Kruhová interpolace	80
7.2.2.1.3 Parabolická interpolace	82
7.2.2.1.4 Vyhlazování dráhy nástroje	83
7.2.2.1.5 Vliv řídicího programu	83
7.2.2.2 Vliv nestejného polohového zesílení	84
7.2.2.2.1 Posunutí dráhy středu nástroje u šikmých profilů	86
7.2.2.2.2 Odchytky v dráze středu nástroje u kružnice	86
7.2.2.3 Vliv hysterese polohové smyčky	87
7.2.3 Chyby měřítek a odměřovacích zařízení	88
7.3 Vlivy systému : stroj - nástroj - obrobek	88
7.3.1 Vlivy vlastního stroje	88
7.3.2 Vlivy nástroje	88
7.3.3 Vlivy obrobku	88
7.3.4 Shrnutí a doporučení pro konstrukci	90
8. Systémy automatické výměny nástrojů	92
8.1 Hlavní druhy systémů automatické výměny nástrojů	92
8.1.1 Systémy s nosnými zásobníky	92
8.1.1.1 Systémy s výměnou jednotlivých nástrojů pevně upnutých v zásobníku	92

8.1.1.2	Systémy s výměnou vřeten nebo vřeteníků s nástroji	Str. 93
8.1.1.3	Systémy s výměnou celých vícevřetenových hlav s nástroji	95
8.1.2	Systémy se skladovacími zásobníky	96
8.1.2.1	Systémy s výměnou jednotlivých nástrojů ze zásobníku	96
8.1.2.2	Systémy s výměnou celých vřeteníků s nástroji	99
8.1.2.3	Systémy s výměnou vícevřetenových hlav s nástroji	101
8.1.3	Systémy kombinované	101
8.2	Upínání a držáky nástrojů pro systémy se skladovacím zásobníkem	103
8.3	Kódování	109
8.4	Způsoby zajištění dlouhodobé automatické funkce systému AVN	111
9.	Systémy automatické výměny obrobků	112
9.1	Systémy automatické výměny obrobků s paletami	112
9.1.1	Systémy AVO s paletami pro skříňové a ploché obrobky	114
9.1.1.1	Systémy se dvěma manipulačními stoly	114
9.1.1.2	Systémy s manipulačním otočným dvojstolem	115
9.1.1.3	Systémy se zásobníkem palet s obrobky	116
9.1.1.4	Příklad řešení palety a jejího upínání	116
9.1.2	Systémy AVO s paletami pro rotační obrobky	118
9.2	Systémy AVO bez palet	121
9.2.1	Systémy se dvěma pracovními stoly nebo vřeteny	121
9.2.2	Systémy s manipulátorem nebo robotem	
9.2.2.1	Systémy s portálovým manipulátorem	123
9.2.2.2	Systémy s jednoúčelovým robotem vestavěným do stroje	123
9.2.2.3	Systémy s univerzálním robotem vedle stroje	124
10.	Zařízení pro odstraňování třísek	125
	Literatura	128

B. TVÁŘECÍ STROJE S PRUŽNÝM A NEPRUŽNÝM PRACOVNÍM CYKLEM

1.	Základní pojmy a třídění	130
1.1	Základní pojmy	130
1.2	Všeobecné třídění	131
2.	Hlavní a vedlejší pohony a jejich řídicí systémy	134
2.1	Hlavní pohony	134
2.2	Vedlejší pohony	135
2.2.1	Řídicí systém	136
2.2.2	Elektrické pohony	136
2.2.2.1	Stejnoseměrné pohony s pomaloběžnými motory	136
2.2.2.2	Stejnoseměrné pohony s rychloběžnými motory	137

2.2.2.3 Elektrické střídavé pohony	Str. 137
2.2.2.4 Příklad řešení vedlejšího pohonu	138
2.2.2.4.1 Varianta s hydraulickým pohonem	138
2.2.2.4.2 Varianta pohonu s motorem MEZOMATIC - K	139
2.2.2.4.3 Hodnocení systémů pohonu zadního dorazu	139
3. Systémy automatické výměny nástrojů a tvářeného materiálu	149
3.1 Úvod	149
3.2 Způsoby automatické výměny nástrojů	150
3.3 Způsoby automatické výměny tvářecího materiálu	153
4. Koncepce a uspořádání hlavních druhů číslicově řízených tvářecích strojů	153
4.1 Úvod	153
4.2 Koncepce a uspořádání	157
4.2.1 Číslicově řízené tvářecí stroje pro plošné tváření	157
4.2.1.1 Stroje pro stříhání plechu	157
4.2.1.2 Stroje pro děrování a vysekávání	164
4.2.1.3 Stroje pro ohraňování	166
4.2.1.4 Stroje pro ohýbání	167
4.2.1.4.1 Stroje pro ohýbání plechu	168
4.2.1.4.2 Stroje pro ohýbání trubek	168
4.2.1.5 Stroje pro zakružování	169
4.2.1.5.1 Zakružovačky na malé průměry	169
4.2.1.5.2 Zakružovačky na velké průměry	170
4.2.1.5.3 Zakružovačky na plechy velkých tloušťek	172
4.2.1.5.4 Zakružovačky na profily	173
4.2.2 Číslicově řízení tvářecí stroje pro objemové tváření	174
4.2.2.1 Úvod	174
4.2.2.2 Kovací lisy	178
4.2.2.3 Redukovací stroje	179
4.2.2.4 Nýtovací stroje	180
5. Energetická bilance tvářecích strojů	180
5.1 Úvod	180
5.2 Energetická bilance číslicově řízených tvářecích strojů	181
5.3 Energetická bilance hydraulického lisu	183
5.4 Energetická bilance bucharů	185
6. Tvářecí stroje s nepružným pracovním cyklem	188
6.1 Tvářecí automaty pro objemové tváření	
6.2 Tvářecí automaty pro plošné tváření	195
7. Číslicově řízené lisy na plasty	197
7.1 Úvod	197

8. Řídicí systémy v technologii tváření	Str. 209
8.1 Úvod	209
8.2 Binární řídicí systémy	209
8.2.1 Pevně zaprogramované binární řídicí systémy	209
8.2.2 Volně programovatelné binární řídicí systémy	213
8.3 Číslicové řídicí systémy	214
8.4 Příklady řídicích systémů zahraniční koncepce	219
8.4.1 Plošné tváření	219
8.4.2 Objemové tváření	220
9. Příklady číslicově řízených tvářecích strojů	222
9.1 Číslicově řízené tvářecí stroje pro plošné tváření	222
9.1.1 Děrovací lisy	222
9.2 Číslicově řízené tvářecí stroje pro objemové tváření	232
Literatura	238