

# OBSAH

	Předmluva . . . . .	9
1.	Automatizace obrábění . . . . .	11
1.1	Automatizace obrábění velkosériových a hromadných výrob . . . . .	11
1.2	Automatizace kusových, malosériových a středně sériových výrob . . . . .	12
2.	Číslicové řízení ve výrobě . . . . .	14
2.1	Podstata číslicového řízení . . . . .	14
2.2	Číslicově řízené obráběcí stroje prvního a druhého vývojového stupně . . . . .	14
2.3	Číslicově řízená obráběcí centra . . . . .	15
	Obráběcí centra s vodorovnou a svislou osou vřetena . . . . .	15
	Zásobníky nástrojů . . . . .	17
	Pracovní stoly obráběcích center . . . . .	19
	Soustružnická obráběcí centra . . . . .	19
	Hodnocení obráběcích center . . . . .	21
2.4	Požadavky na konstrukci číslicově řízených strojů . . . . .	22
2.5	Integrované výrobní úseky . . . . .	25
	Integrovaný výrobní úsek IVÚ 200 . . . . .	26
	Integrovaný výrobní úsek IVÚ 400 . . . . .	27
	Integrovaný výrobní úsek IVÚ 800 a 1 250 . . . . .	30
	Výrobní středisko PC-4 . . . . .	32
	Integrovaný výrobní úsek pro rotační součásti . . . . .	33
	Automatizovaný výrobní úsek AÚ 1 . . . . .	34
	Automatizovaný úsek AÚ 2 . . . . .	35
	Přínosy integrovaných výrobních úseků . . . . .	36
2.6	Číslicově řízené stroje třetího vývojového stupně v ČSSR . . . . .	36
	Stavebnice strojů pro obrábění rotačních součástí . . . . .	37
	Stavebnice strojů pro obrábění skříňových a plochých součástí . . . . .	38
2.7	Přehled instalovaných strojů v zahraničí a v ČSSR . . . . .	42
3.	Systémy číslicového řízení . . . . .	44
	Řídicí systémy první, druhé a třetí generace . . . . .	44
3.1	Vstupní informace řídicích systémů NC strojů . . . . .	44
	Nositelé informací, ruční vkládání informací . . . . .	44
	Dekadický, binární, Grayův kód a kód jedna z deseti . . . . .	45
	Binárně dekadické kódy . . . . .	46
	Kód EIA a ISO . . . . .	46
	Druhy bloků, klasifikace formátu bloku . . . . .	48
3.2	Rozdělení a základní činnosti řídicích systémů NC strojů . . . . .	50
	Systémy stavění souřadnic a pravoúhlého řízení . . . . .	50
	Systémy souvislého řízení . . . . .	51
	Systémy řízení bez zpětné vazby . . . . .	52
3.3	Vybavení řídicích systémů . . . . .	53
	Zpomalovací body, hlídání přejezdů, zpevňování stolů . . . . .	53
	Korekce průměru a délky nástroje . . . . .	54
	Posouvání počátku . . . . .	55
	Indikace polohy . . . . .	55
	Pevné cykly . . . . .	55
	Zrcadlení . . . . .	56
	Najíždění z jedné strany . . . . .	56
3.4	Struktura a uzly řídicích systémů číslicově řízených strojů . . . . .	56
3.4.1	Struktura systémů pravoúhlého a souvislého řízení . . . . .	59

3.4.2	Čtečky . . . . .	60
3.4.3	Odměrovačí ústrojí . . . . .	61
	Přímý a nepřímý způsob odměřování . . . . .	61
	Číslíkový přírůstkový a absolutní způsob . . . . .	62
	Číslíkové přírůstkové odměřování . . . . .	63
	Číslíkové absolutní způsob odměřování . . . . .	64
	Analogový cyklický absolutní a absolutní způsob . . . . .	66
	Selsyny . . . . .	66
	Induktosyny . . . . .	68
3.4.4	Interpolátory . . . . .	70
	Struktura interpolátoru . . . . .	70
	Druhy interpolace a interpolátorů . . . . .	71
	Číslíkový diferenciální analyzátor — DDA . . . . .	72
	Způsob přímého funkčního výpočtu . . . . .	77
	Korekce rychlosti a průměru nástroje . . . . .	81
	Vnitřní a vnější interpolátory . . . . .	83
3.4.5	Převodníky, porovnávači a diferenční členy . . . . .	83
3.4.6	Příklady systémů řízení a pohonů posuvů NC strojů . . . . .	84
	Systémy řízení — NS 320, NS 340, NS 440, systém s krokovým motorem a polo- hovýchým servomechanismem, systém s krokovým motorem a hydraulickým ze- silovačem . . . . .	85
	Pohony posuvů — elektromechanické pohony se spojkami, elektrické pohony se stejnoseměrnými motory, hydraulické pohony . . . . .	90
3.5	Systémy řízení NC strojů z hlediska regulační techniky . . . . .	93
	Princip regulace při souvislém řízení . . . . .	93
	Princip regulace při přetržitém řízení . . . . .	96
3.6	Přesnost obrábění na NC strojích . . . . .	97
	Zkoušky přesnosti NC strojů . . . . .	98
3.7	Režimy činnosti systémů řízení NC strojů . . . . .	99
3.8	Použití počítačů v řízení NC strojů . . . . .	100
	Přímé číslíkové řízení — DNC . . . . .	100
	Přímé řízení počítačem — CNC . . . . .	102
	Systémy s vestavěnou pamětí — MNC . . . . .	104
	Příklady systémů DNC a CNC . . . . .	104
3.9	Adaptivní řízení . . . . .	106
	Mezní systémy ACC . . . . .	108
	Optimalizační systémy ACO . . . . .	110
	Geometrické systémy ACG . . . . .	111
4.	Programování číslíkově řízeného obrábění . . . . .	113
	Řídicí program . . . . .	113
	Vnější a vnitřní zpracování informací . . . . .	113
	Způsoby programování . . . . .	114
	Absolutní a přírůstkové programování . . . . .	114
	Nomenklatura os a pohybů . . . . .	115
4.1	Ruční programování . . . . .	116
4.1.1	Fáze zpracování programu . . . . .	118
	Úpnutí obrobku . . . . .	118
	Sled pracovních úseků a nástrojů . . . . .	120
	Pracovní cykly nástrojů . . . . .	121
	Řezné podmínky . . . . .	122
4.1.2	Použití korekce poloměru a délky nástroje . . . . .	125
	Korekce poloměru při absolutním programování . . . . .	125
	Korekce průměru při přírůstkovém programování . . . . .	126
	Korekce délky nástroje . . . . .	128
4.2	Ruční programování číslíkově řízeného obrábění u vybraných typů strojů . . . . .	128
	Souřadnicová vrtačka VR 5N se systémem NS 315 . . . . .	129
	Příklad programu . . . . .	130
	Vertikální konzolová frézka FD 32V se systémem NS 320 . . . . .	131
	Příklad programu . . . . .	136
	Poloautomatický soustruh SPT 16N s řídicím systémem DAPOS S-3G (NS 445) . . . . .	138
	Příklad programu . . . . .	140
	Obráběcí centrum FQH 50 se systémem Sinumeric 550 C . . . . .	143

	Příklad programu . . . . .	147
	Programování souvisle řízeného frézování . . . . .	158
4.3	Aproximace kruhových oblouků při lineární interpolaci . . . . .	159
4.4	Strojní programování . . . . .	162
4.4.1	Použití programovacích jazyků . . . . .	163
	Geometrické a technologicky orientované programovací jazyky . . . . .	163
	Zdrojový program a druhy jeho zápisu . . . . .	164
4.4.2	Postup při strojním programování . . . . .	165
	Výpočetní program, procesor, postprocesor . . . . .	165
4.4.3	Jazyky APT a EXAPT . . . . .	167
	Příklady instrukcí a zdrojových programů v APT . . . . .	167
4.4.4	Systémy SAP a jazyk SYMAP . . . . .	175
4.5	Vývoj strojního programování v ČSSR . . . . .	179
4.5.1	Jazyk ČKDAPT . . . . .	180
	Příklady instrukcí . . . . .	180
	Příklad zdrojového programu pro stroje FB 40H a SIU 250-NA . . . . .	185
4.5.2	AUTOPROG . . . . .	192
	Princip, postup při zpracování programu . . . . .	192
	Automatické programování soustružnického poloautomatu SPT 32N . . . . .	195
	Zásady zápisu zdrojového programu . . . . .	197
	Programovací jednotky konstrukčně technologických prvků . . . . .	198
	Příklad programu . . . . .	203
	Automatické programování vodorovné vyvrtávačky WHN 9A . . . . .	210
	Programovací jednotky konstrukčně technologických prvků . . . . .	212
	Programovací jednotka frézování . . . . .	214
	Příklad programu . . . . .	217
	Efektivnost strojního programování . . . . .	221
4.6	Děrování, kontrola a doladování programů . . . . .	222
4.7	Použití minipočítačů a programovatelných kalkulátorů k programování NC strojů . . . . .	226
4.8	Výroba tvarové složitých křivek a ploch . . . . .	231
5.	Řezné nástroje pro číslicově řízené stroje . . . . .	233
	Požadavky na řezné nástroje . . . . .	233
	Upínání nástrojů na vrtačkách, vyvrtávačkách, frézkách a obráběcích centrech . . . . .	233
	Soustava nářadí pro vrtací, vyvrtávací, frézovací NC stroje a obráběcí centra . . . . .	236
	Upínání nástrojů na soustružnických strojích . . . . .	237
	Soustava nářadí pro soustružnické stroje . . . . .	238
5.1	Seřizování nástrojů na NC strojích . . . . .	242
	Princip seřizování soustružnických nožů . . . . .	244
	Seřizovací přístroje nástrojů soustružnických strojů SSJ 25, SPS 200, SPS 300 . . . . .	
	SPS 500 . . . . .	246
	Seřizovací přístroje nástrojů vrtacích, vyvrtávacích a frézovacích strojů a obrábě- cích center SDJ 20, SDU 40 . . . . .	248
5.2	Kódování nástrojů . . . . .	249
5.3	Vybavení NC strojů řeznými nástroji . . . . .	251
	Nože s vyměnitelnými destičkami . . . . .	251
	Vyvrtávací tyče s vyměnitelnými hlavicemi . . . . .	252
	Kopináté vrtáky . . . . .	253
	Vyvrtávací hlavy pro velké průměry . . . . .	254
	Vyvrtávací tyče hladicí . . . . .	254
	Pojistné závitové hlavy . . . . .	255
5.4	Hospodaření s nástroji . . . . .	255
6.	Technickoorganizační a ekonomické problémy . . . . .	257
	Rozbor součástkové základny . . . . .	257
	Stanovení počtu NC strojů . . . . .	262
	Technologičnost konstrukce . . . . .	262
	Technologické možnosti NC strojů a jejich vliv na tvar součástí . . . . .	264
	Kótování výkresů . . . . .	265
	Plánování výroby . . . . .	266
	Prostoje NC strojů . . . . .	269
	Volba způsobu programování a vybavování programovacích středisek . . . . .	271
	Příprava odborných pracovníků . . . . .	272

6.1	Ekonomické uplatnění NC strojů ve výrobě . . . . .	273
	Příloha 1 — Přehled NC strojů vyráběných a vyvíjených v ČSSR k 1.1.1978 . . . . .	276
	Příloha 2 — Přehled číslicových řídicích systémů vyráběných a vyvíjených v ČSSR k 1.1.1978 . . . . .	305
	Dodatek . . . . .	308
	Příloha 3 — Výňatky z analytické geometrie využité pro řešení programů NC strojů . . . . .	309
	Použitá a doporučená literatura . . . . .	339
	Rejstřík . . . . .	341