

# OBSAH

ÚVOD . . . . .	9
1 VÝZNAM MECHANIZACE A AUTOMATIZACE V PRŮMYSLOVÉ VÝ- ROBĚ . . . . .	11
2 AUTOMATIZACE A JEJÍ PROSTŘEDKY . . . . .	18
3 MECHANIZACE A AUTOMATIZACE PRACOVNÍCH I POMOČNÝCH PO- HYBŮ VÝROBNÍCH STROJŮ . . . . .	20
3.1 Tuhé mechanizmy . . . . .	20
3.1.1 Síly a reakce ve vačkovém mechanizmu . . . . .	20
3.1.2 Dynamika vačkového mechanizmu . . . . .	21
3.2 Hydraulické mechanizmy . . . . .	24
3.3 Pneumatické mechanizmy . . . . .	37
3.4 Pneumaticko-hydraulické mechanizmy . . . . .	41
3.5 Elektrické mechanizmy . . . . .	42
3.6 Logické prvky řídicích jednotek a systémů . . . . .	45
4 MECHANIZACE POMOČNÝCH POHYBŮ . . . . .	61
5 PŘÍDAVNÁ MECHANIZAČNÍ A AUTOMATIZAČNÍ PODÁVACÍ ZAŘÍ- ZENÍ . . . . .	65
5.1 Podávací zařízení . . . . .	68
5.2 Zvedací a podávací zařízení . . . . .	70
5.3 Podávací zařízení se zásobníkem a násypkou . . . . .	72
5.3.1 Násypky . . . . .	73
5.3.2 Mechanizmy pro zachycení a orientaci předmětu . . . . .	74
5.3.3 Zásobníky . . . . .	99
5.3.3.1 Žlábkové zásobníky . . . . .	101
5.3.3.2 Základní problémy určení průchodnosti válcového předmětu žlábkem (podélná osa předmětu je kolmá na osu žlábků) . . . . .	102
5.3.3.3 Určení vůle mezi předmětem a stěnami žlábků . . . . .	103
5.3.3.4 Odpor dna a bočnic žlábků proti valení obrobku . . . . .	109
5.3.3.5 Odpor tření dna . . . . .	110
5.3.3.6 Odpor hmoty obrobku . . . . .	113
5.3.3.7 Předmět v šikmé poloze se dotýká dna a jedné strany žlábků . . . . .	116
5.3.3.8 Stanovení výšky bočnic H . . . . .	119
5.3.3.9 Speciální žlábků pro předměty opatřené různými čepy . . . . .	121
5.3.3.10 Žlábků pro stupňovité-nesymetrické předměty . . . . .	122
5.3.3.11 Problémy průchodnosti předmětu v zakřiveném žlábků . . . . .	123
5.3.3.12 Výpočet pohybových sil a odporů v zakřiveném žlábků . . . . .	127
5.3.3.13 Určení základních rozměrů zakřivených žlábků . . . . .	130
5.3.3.14 Obecný výpočet skluzu předmětu . . . . .	131
5.3.3.15 Vliv odporu na rychlost klouzání . . . . .	132
5.3.3.16 Kluzné žlábků pro předměty s nákrůžky nebo s přírubou . . . . .	136
5.3.3.17 Kluzné žlábků s drážkou pro dřík a s nákrůžkem vedeným v žlábků . . . . .	137
5.3.3.18 Úhlové kluzné žlábků . . . . .	140
5.3.3.19 Polokruhové kalibrované kluzné žlábků . . . . .	141
5.3.3.20 Šroubovitě žlábků . . . . .	143
5.3.3.21 Vibrační žlábků a násypky . . . . .	145
5.3.3.22 Válečkové žlábkové zásobníky . . . . .	151
5.3.3.23 Trubkové zásobníky . . . . .	161
5.3.3.24 Kazetové zásobníky . . . . .	162

5.3.3.25	Řetězové zásobníky . . . . .	162
5.3.3.26	Deskové zásobníky . . . . .	163
5.3.3.27	Třecí zásobníky . . . . .	163
5.3.4	Odměřovací a podávací mechanismy . . . . .	164
5.3.5	Kontrolní zařízení . . . . .	168
5.3.6	Příklady provedení automatizace podávání . . . . .	171
<b>6</b>	<b>MANIPULÁTORY A PRŮMYSLOVÉ ROBOTY . . . . .</b>	<b>173</b>
6.1	Blokové schéma průmyslového robotu . . . . .	176
6.2	Pohyblivé členy průmyslového robotu . . . . .	176
6.3	Kinematické struktury průmyslových robotů a manipulátorů . . . . .	178
6.4	Souřadnicové systémy manipulátorů a průmyslových robotů . . . . .	180
6.5	Tuhost mechanismů průmyslových robotů a manipulátorů . . . . .	184
6.6	Dynamické poměry u manipulátorů a průmyslových robotů . . . . .	188
6.7	Příklady řešení dynamických účinků PRaM jednotlivých kinematických struktur . . . . .	192
6.8	Kritéria posuzování pohyblivých členů průmyslových manipulátorů a robotů . . . . .	209
6.9	Pohony robotů . . . . .	209
6.10	Chapadla a kinematika zápěstí u průmyslových manipulátorů a robotů . . . . .	213
6.11	Řídicí systémy u průmyslových robotů a manipulátorů . . . . .	230
6.12	Programování průmyslových robotů . . . . .	233
6.13	Snímače pro průmyslové roboty a manipulátory . . . . .	236
6.14	Příklady nasazení průmyslových robotů a manipulátorů . . . . .	240
6.15	Ekonomické aspekty nasazení a provozu průmyslových robotů a manipulátorů . . . . .	241
<b>7</b>	<b>AUTOMATICKÁ KONTROLA ROZMĚRŮ . . . . .</b>	<b>246</b>
7.1	Způsoby automatické kontroly lineárních rozměrů . . . . .	250
7.2	Přístroje s přímým měřením . . . . .	253
7.2.1	Snímací zařízení (dotyky) . . . . .	254
7.2.2	Mechanismy k přeměně signálu . . . . .	266
7.2.3	Dotykové přístroje s přímým měřením . . . . .	268
7.2.4	Příklady kontrolních přístrojů . . . . .	274
7.3	Přístroje pro nepřímé měření . . . . .	284
7.4	Řízení sledovacími měřidly . . . . .	285
7.4.1	Řízení se snímáním měřené hodnoty během obrábění . . . . .	286
7.4.2	Řízení měřidly se snímáním po obrábění . . . . .	289
7.4.3	Řízení měřidly se statistickým zpracováním dat . . . . .	290
7.4.4	Základní principy měřících hlav . . . . .	291
7.5	Automaty pro pasivní kontrolu (třídící automaty) . . . . .	292
<b>8</b>	<b>MEZIOPERAČNÍ A OPERAČNÍ DOPRAVNÍ ZAŘÍZENÍ . . . . .</b>	<b>296</b>
8.1	Dopravníky . . . . .	297
8.1.2	Čláňkové dopravníky . . . . .	298
8.1.3	Okružní dopravníky . . . . .	299
8.1.4	Kolébkové dopravníky . . . . .	300
8.1.5	Slévárenské dopravníky . . . . .	301
8.1.6	Montážní dopravníky . . . . .	302
8.1.7	Vibrační dopravníky . . . . .	304
8.1.8	Nepoháněné válečkové tratě . . . . .	311
8.1.9	Pneumatické dopravníky . . . . .	312
8.1.10	Dopravníky v automatických linkách . . . . .	313
8.2	Využití palet pro manipulaci a mezioperační dopravu . . . . .	316
8.3	Otočné a křížové stoly a další prostředky účelové manipulace . . . . .	318
<b>9</b>	<b>AUTOMATICKÉ ŘÍZENÍ VÝROBNÍCH STROJŮ . . . . .</b>	<b>322</b>
9.1	Základní způsoby automatického řízení . . . . .	323
9.1.1	Řízení podle dané závislosti . . . . .	324
9.1.2	Řízení podle způsobu přenosu energie . . . . .	325
9.1.3	Pružnost automatického řízení . . . . .	325
9.2	Mechanické řídicí systémy . . . . .	326
9.2.1	Dorazy . . . . .	327
9.2.2	Váčkové řídicí systémy . . . . .	328

9.2.3	Narážkové řídicí systémy . . . . .	332
9.3	Hydraulické řídicí systémy . . . . .	338
9.3.1	Prvky pro hrazení průtoku . . . . .	338
9.3.2	Prvky pro řízení tlaku . . . . .	346
9.3.3	Prvky pro řízení průtoku . . . . .	350
9.3.4	Hydraulické servoventily . . . . .	352
9.4	Pneumatické řízení . . . . .	356
9.5	Pneumaticko-hydraulické řízení . . . . .	361
9.6	Elektrické řízení . . . . .	363
9.7	Elektricko-hydraulické řízení . . . . .	363
9.8	Kopirovací systémy . . . . .	365
9.8.1	Zákony kopírování . . . . .	365
9.8.2	Nesouvislé kopirovací systémy . . . . .	369
9.8.3	Souvislé kopirovací systémy . . . . .	372
9.8.4	Statické a dynamické poměry . . . . .	377
10	ČÍSLICOVÉ ŘÍZENÍ VÝROBNÍCH STROJŮ . . . . .	385
10.1	Programování NC strojů . . . . .	387
10.1.1	Kódování programu . . . . .	388
10.1.2	Kódování programu pro NC obráběcí stroje . . . . .	391
10.1.3	Skladba programu . . . . .	392
10.1.4	Označení os a pohybů . . . . .	395
10.1.5	Vypracování programu . . . . .	397
10.1.6	Automatické programování . . . . .	400
10.2	Začlenění číslicové řízeného stroje do systému zpracování informací . . . . .	404
10.3	Počítací zařízení v NC systémech . . . . .	405
10.3.1	Diferenciální způsob (DDA) . . . . .	407
10.3.2	Přímý funkční výpočet . . . . .	415
10.3.3	Porovnání interpolačních způsobů . . . . .	417
10.4	Odměřovací systémy NC strojů . . . . .	418
10.4.1	Číslicové odměřovací systémy . . . . .	419
10.4.2	Číslicový přírůstkový způsob . . . . .	419
10.4.3	Číslicové absolutní odměřování . . . . .	427
10.4.4	Analogové odměřovací systémy . . . . .	429
10.5	Pohonys posuvných řízených členů . . . . .	432
10.5.1	Základy regulační techniky . . . . .	435
10.5.2	Stupňovité pohony . . . . .	446
10.5.3	Plynulé pohony . . . . .	446
10.5.4	Rychlostní regulace . . . . .	450
10.5.5	Polohová regulace . . . . .	452
10.5.6	Vytvoření dráhy souvislým řízením . . . . .	458
10.5.7	Pohonové elektrické prvky . . . . .	460
10.5.8	Hydraulické pohonové jednotky . . . . .	468
10.5.9	Porovnání stejnosměrných a hydraulických motorů . . . . .	471
10.6	Počítače v řízení NC výrobních strojů . . . . .	472
10.6.1	Vývoj součástkové základny . . . . .	472
10.6.2	Základy techniky řízení počítačem . . . . .	474
10.6.3	Skladba řídicího systému s počítačem . . . . .	476
10.6.4	CNC (Computerized Numerical Control) . . . . .	480
10.6.5	DNC systémy . . . . .	485
10.6.6	Stupně skladby řízení počítačem . . . . .	487
10.7	Adaptivní řízení obráběcích strojů . . . . .	488
10.7.1	Princip adaptivního řízení . . . . .	488
10.7.2	Rozdělení adaptivních systémů . . . . .	491
10.7.3	Řízení parametrů řezného procesu . . . . .	491
10.7.4	Limitní způsob adaptivního řízení . . . . .	492
10.7.5	Optimalizační adaptivní systémy . . . . .	495
10.7.6	Geometrické adaptivní řízení . . . . .	498
10.7.7	Měřicí systémy adaptivního řízení . . . . .	500
10.8	Automatická výměna nástrojů . . . . .	501
10.8.1	Držáky nástrojů a seřizování . . . . .	501
10.8.2	Kódování nástrojů a úložných míst . . . . .	501
10.8.3	Hlavní typy systémů automatické výměny nástrojů . . . . .	505
10.8.4	Zásobníky nástrojů . . . . .	506

11	AUTOMATICKÉ VÝROBNÍ LINKY . . . . .	510
11.1	Stavebnicové obráběcí stroje a linky . . . . .	511
11.1.1	Hlavní druhy stavebnicových prvků . . . . .	511
11.1.2	Rozdělení stavebnicových obráběcích strojů . . . . .	514
11.1.3	Pracovní cykly stavebnicových obráběcích strojů . . . . .	519
11.1.4	Rozbor pracovního cyklu . . . . .	525
11.1.5	Zvyšování výkonu stavebnicových strojů . . . . .	527
11.1.6	Základní stavba . . . . .	530
11.1.7	Pracovní jednotky . . . . .	531
11.1.8	Vřetenové hlavy . . . . .	539
11.2	Linky pro obrábění obrobků skříňového tvaru . . . . .	545
11.2.1	Některé konstrukce krokových dopravníků . . . . .	548
11.2.2	Vložená orientační zařízení . . . . .	552
11.3	Linky pro obrábění rotačních součástí . . . . .	553
11.4	Výkon automatických linek . . . . .	556
11.4.1	Výkon jednoproudé automatické linky v závislosti na struktuře . . . . .	559
11.5	Rotorové linky . . . . .	564
11.5.1	Přejímací a podávací zařízení u rotorových linek . . . . .	568
11.5.2	Mechanismy pro úpravu toku obrobků . . . . .	572
12	VÝROBNÍ SYSTÉMY . . . . .	575
12.1	Pojem výrobní systém . . . . .	575
12.1.1	Technologická pracoviště . . . . .	577
12.1.2	Doprava a manipulace ve výrobním systému . . . . .	577
12.1.3	Řízení výrobního systému . . . . .	578
12.2	Pružné výrobní systémy pro obrábění . . . . .	579
12.2.1	Podmínky pro nasazování pružných výrobních systémů . . . . .	580
12.2.2	Projektování pružných výrobních systémů . . . . .	581
13	ZÁKLADY SYSTÉMOVÉHO INŽENÝRSTVÍ A SYMBOLICKÉ PROJEKTOVÁNÍ . . . . .	595
	LITERATURA . . . . .	603