

# OBSAH

ÚVOD . . . . .	9
1 VÝZNAM MECHANIZACE A AUTOMATIZACE V PRŮMYSLOVÉ VÝROBĚ . . . . .	11
2 AUTOMATIZACE A JEJÍ PROSTŘEDKY . . . . .	18
3 MECHANIZACE A AUTOMATIZACE PRACOVNÍCH I POMOCNÝCH POHYBŮ VÝROBNÍCH STROJŮ . . . . .	20
3.1 Tuhé mechanismy . . . . .	20
3.1.1 Síly a reakce ve vačkovém mechanismu . . . . .	20
3.1.2 Dynamika vačkového mechanismu . . . . .	21
3.2 Hydraulické mechanismy . . . . .	24
3.3 Pneumatické mechanismy . . . . .	37
3.4 Pneumaticko-hydraulické mechanismy . . . . .	41
3.5 Elektrické mechanismy . . . . .	42
3.6 Logické prvky řídicích jednotek a systémů . . . . .	45
4 MECHANIZACE POMOCNÝCH POHYBŮ . . . . .	61
5 PŘÍDAVNÁ MECHANIZAČNÍ A AUTOMATIZAČNÍ PODÁVACÍ ZAŘÍZENÍ . . . . .	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 Násypy . . . . .	73
5.3.2 Mechanismy 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 žlábku) . . . . .	102
5.3.3.3 Určení vůle mezi předmětem a stěnami žlábku . . . . .	103
5.3.3.4 Odpor dna a bočnic žlábku 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 šíkmé poloze se dotýká dna a jedné strany žlábku . . . . .	116
5.3.3.8 Stanovení výšky bočnic H . . . . .	119
5.3.3.9 Speciální žlábky pro předměty opatřené různými čepy . . . . .	121
5.3.3.10 Žlábky pro stupňovité nesymetrické předměty . . . . .	122
5.3.3.11 Problémy průchodnosti předmětu v zakřiveném žlábku . . . . .	123
5.3.3.12 Výpočet pohybových sil a odporů v zakřiveném žlábku . . . . .	127
5.3.3.13 Určení základních rozměrů zakřivených žlábků . . . . .	130
5.3.3.14 Obecný výpočet skuzu předmětu . . . . .	131
5.3.3.15 Vliv odporu na rychlosť klouzání . . . . .	132
5.3.3.16 Kluzné žlábky pro předměty s nákrúžky nebo s přírubou . . . . .	136
5.3.3.17 Kluzné žlábky s drážkou pro dřík a s nákrúžkem vedeným v žlábku . . . . .	137
5.3.3.18 Úhlové kluzné žlábky . . . . .	140
5.3.3.19 Polokruhové kalibrované kluzné žlábky . . . . .	141
5.3.3.20 Šroubovité žlábky . . . . .	143
5.3.3.21 Vibrační žlábky a násypy . . . . .	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 robota . . . . .	176
6.2	Pohyblivé členy průmyslového robota . . . . .	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 měřicích hlav . . . . .	291
7.5	Automaty pro pasivní kontrolu (třídicí automaty) . . . . .	292
<b>8</b>	<b>MEZIOPERAČNÍ A OPERAČNÍ DOPRAVNÍ ZAŘÍZENÍ . . . . .</b>	<b>296</b>
8.1	Dopravníky . . . . .	297
8.1.2	Článkové 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	Vačkové 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	Kopírovací systémy . . . . .	365
9.8.1	Zákony kopírování . . . . .	365
9.8.2	Nesouvislé kopírovací systémy . . . . .	369
9.8.3	Souvislé kopírovací systémy . . . . .	372
9.8.4	Statické a dynamické poměry . . . . .	377
10	<b>ČÍSLICOVÉ ŘÍZENÍ VÝROBNÍCH STROJŮ . . . . .</b>	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 číslicově 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	Pohony 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

<b>11</b>	<b>AUTOMATICKÉ VÝROBNÍ LINKY</b>	<b>510</b>
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 krovových 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
<b>12</b>	<b>VÝROBNÍ SYSTÉMY</b>	<b>575</b>
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
<b>13</b>	<b>ZÁKLADY SYSTÉMOVÉHO INŽENÝRSTVÍ A SYMBOLICKÉ PROJEKTOVÁNÍ</b>	<b>595</b>
	<b>LITERATURA</b>	<b>603</b>