

Inhaltsverzeichnis

Teil 1 Einführung in die CNC-Technik	13
1. Historische Entwicklung der NC-Fertigung	15
1.1 Erste Nachkriegsjahre	15
1.2 Wiederaufbau der Werkzeugmaschinenindustrie	15
1.3 Weltweite Veränderungen	16
1.4 Neue, typische NC-Maschinen	17
1.5 Der japanische Einfluss	17
1.6 Die deutsche Krise	17
1.7 Ursachen und Auswirkungen	18
1.8 Flexible Fertigungssysteme	19
1.9 Situation und Ausblick	20
1.10 Fazit	21
2. Meilensteine der NC-Entwicklung	22
3. Was ist NC und CNC?	25
3.1 Der Weg zu NC	25
3.2 Computer und NC	27
3.3 CNC-Hardware	34
3.4 CNC-Software	36
3.5 Steuerungsarten	39
3.6 NC-Achsen	44
3.7 NC-Programm	45
3.8 Dateneingabe	46
3.9 SPS	48
3.10 Anpassteil	49
3.11 Bedienung	50
Das sollte man sich merken	52
4. SPS – Speicherprogrammierbare Steuerungen	55
4.1 Definition	55
4.2 Entstehungsgeschichte der SPS	55
4.3 Aufbau und Wirkungsweise von SPS	56
4.4 Datenbus und Feldbus	58
4.5 Vorteile von SPS	64
4.6 Programmierung von SPS und Dokumentation	67
4.7 Programm	69
4.8 Programmspeicher	70
4.9 SPS, CNC und PC im integrierten Betrieb	71

Inhaltsverzeichnis

4.10	SPS-Auswahlkriterien	73
4.11	Zusammenfassung	73
	Das sollte man sich merken	78
Teil 2	Funktionen der CNC-Werkzeugmaschine	79
1.	Ausführung der Weginformationen	81
1.1	Einführung	81
1.2	Achsbezeichnung	81
1.3	Lageregelkreis	84
1.4	Positionsmessung	86
1.5	Vorschubantriebe	98
1.6	Zusammenfassung	109
	Das sollte man sich merken	112
2.	Ausführung der Schaltinformationen	113
2.1	Werkzeugwechsel	113
2.2	Automatischer Werkstückwechsel	119
2.3	Drehzahlwechsel	123
2.4	Zusammenfassung	123
	Das sollte man sich merken	125
3.	Einfluss der CNC auf Baugruppen der Maschine	126
3.1	Maschinenkonfiguration	126
3.2	Maschinengestelle	128
3.3	Führungen	130
3.4	Hauptantriebe	131
3.5	Maschinenverkleidung	135
3.6	Kühlmittelversorgung	136
3.7	Späneabfuhr	136
3.8	Zusammenfassung	136
	Das sollte man sich merken	137
4.	Funktionen der numerischen Steuerung	138
4.1	Definition	138
4.2	CNC-Grundfunktionen	138
4.3	CNC-Sonderfunktionen	143
4.4	Anzeigen in CNC's	158
4.5	Offene Steuerungen	159
4.6	Preisbetrachtung	161
4.7	Zusammenfassung	163
	Das sollte man sich merken	165

Teil 3 Die Arten von numerisch gesteuerten Maschinen	167
1. CNC-Werkzeugmaschinen	169
1.1 Bearbeitungszentren, Fräsmaschinen	169
1.2 Drehmaschinen	182
1.3 Schleifmaschinen	190
1.4 Verzahnmaschinen	199
1.5 Bohrmaschinen	208
1.6 Parallelkinematische Maschinen	215
1.7 Sägemaschinen	216
1.8 Laser-Bearbeitungsmaschinen	220
1.9 Stanz- und Nibbelmaschinen	224
1.10 Rohrbiegemaschinen	229
1.11 Funkenerosionsmaschinen	231
1.12 Elektronenstrahl-Maschinen	234
1.13 Wasserstrahl-schneidmaschinen	237
1.14 Entwicklungstendenzen bei numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen	238
1.15 Messen und Prüfen	239
1.16 Zusammenfassung	243
Das sollte man sich merken	244
2. Generative Fertigungsverfahren	248
2.1 Einführung	248
2.2 Definitionen	249
2.3 Verfahrenskette	251
2.4 Einteilung der generativen RP-Verfahren	252
2.5 Die derzeit wichtigsten RP-Verfahren	253
2.6 Datenschnittstellen	261
2.7 Zusammenfassung	262
Das sollte man sich merken	263
3. Flexible Fertigungssysteme	264
3.1 Definition	264
3.2 Flexible Fertigungsinseln	267
3.3 Flexible Fertigungszellen	267
3.4 Technische Kennzeichen flexibler Fertigungssysteme	270
3.5 FFS-Einsatzkriterien	270
3.6 Fertigungsprinzipien	273
3.7 Maschinenauswahl und -anordnung	275
3.8 Werkstück-Transportsysteme	275
3.9 FFS-geeignete CNC's	285
3.10 FFS-Leitrechner	286
3.11 Wirtschaftliche Vorteile von FFS	288
3.12 Probleme und Risiken bei der Auslegung von FFS	290

Inhaltsverzeichnis

3.13	Flexibilität und Komplexität	291
3.14	Simulation von FFS	294
3.15	Produktionsplanungssysteme (PPS)	296
3.16	Zusammenfassung	298
	Das sollte man sich merken	302
4.	Industrieroboter und Handhabung	303
4.1	Definition: Was ist ein Industrieroboter?	304
4.2	Aufbau von Industrierobotern	304
4.3	Mechanik/Kinematik	306
4.4	Greifer oder Effektor	306
4.5	Steuerung	308
4.6	SafeRobot Technologie	311
4.7	Programmierung	312
4.8	Sensoren	314
4.9	Anwendungsbeispiele von Industrierobotern	315
4.10	Einsatzkriterien für Industrieroboter	317
4.11	Vergleich Industrie-Roboter und CNC-Maschine	319
4.12	Zusammenfassung und Ausblick	320
	Das sollte man sich merken	322
Teil 4	Werkzeugsystematik für CNC-Maschinen	323
1.	Werkzeugsystematik	325
1.1	Einführung	325
1.2	Werkzeugsysteme	326
1.3	Werkzeug-Voreinstellung	335
1.4	Betriebliche Werkzeugkataloge	338
1.5	Werkzeug-Identifikation	342
1.6	Werkzeugverwaltung	350
1.7	Werkzeugmessung und -überwachung mit Lasersystemen	353
1.8	Zusammenfassung	356
	Das sollte man sich merken	357
2.	Prozessnahe Fertigungsmesstechnik im Verbund mit mechatronischen Werkzeugsystemen	358
2.1	Einführung	358
2.2	Parallele Messtechniken	358
2.3	Prozessnahes Messen in Nebenzeiten	358
2.4	Mit Bohrungsmessköpfen nah am Prozess	359
2.5	Aktorische Werkzeugsysteme schließen den Regelkreis	360
2.6	Mechatronische Werkzeugsysteme	361
2.7	Geschlossene Prozesskette	361
2.8	Ausblick	361
2.9	Zusammenfassung	364
	Das sollte man sich merken	366

Teil 5 CNC-Programm und Programmierung	367
1. CNC-Programm	369
1.1 Definition	369
1.2 Struktur der NC-Programme	369
1.3 Programmaufbau, Syntax und Semantik	372
1.4 Schaltbefehle (M-Funktionen)	373
1.5 Weginformationen	373
1.6 Wegbedingungen (G-Funktionen)	375
1.7 Zyklen	379
1.8 Nullpunkte und Bezugspunkte	383
1.9 Transformation	386
1.10 Werkzeugkorrekturen	386
1.11 Zusammenfassung	391
Das sollte man sich merken	392
2. Programmierung von CNC-Maschinen	393
2.1 Definition der NC-Programmierung	393
2.2 Programmiermethoden	393
2.3 NC-Programmierer	402
2.4 Arbeitserleichternde Grafik	402
2.5 Verteilte Intelligenz	405
2.6 Auswahl des geeigneten Programmiersystems	406
2.7 Zusammenfassung	407
Das sollte man sich merken	409
3. CNC-Programmiersysteme	410
3.1 Einleitung	410
3.2 Bearbeitungsverfahren im Wandel	411
3.3 Der Einsatzbereich setzt die Prioritäten	412
3.4 Eingabedaten aus unterschiedlichen Quellen	414
3.5 Leistungsumfang eines modernen NC-Programmiersystems (CAM)	414
3.6 Datenmodelle auf hohem Niveau	414
3.7 CAM-orientierte Geometrie-Manipulation	415
3.8 Nur leistungsfähige Bearbeitungsstrategien zählen	416
3.9 3D-Modelle bieten mehr	417
3.10 Innovativ mit Feature-Technik	417
3.11 Automatische Objekterkennung	418
3.12 Bearbeitungsdatenbank	419
3.13 Werkzeuge	420
3.14 Aufspannplanung und Definition der Reihenfolge	420
3.15 Die Simulation bringt es auf den Punkt	422
3.16 Postprozessor	422

Inhaltsverzeichnis

3.17	Erzeuge Daten und Schnittstellen zu den Werkzeugmaschinen	422
3.18	Zusammenfassung	423
	Das sollte man sich merken	424
4.	Fertigungs-Simulation	427
4.1	Einleitung	427
4.2	Qualitative Abgrenzung der Systeme	427
4.3	Komponenten eines Simulationsszenarios	429
4.4	Ablauf der NC-Simulation	431
4.5	Einsatzfelder	434
4.6	Zusammenfassung	436
	Das sollte man sich merken	438
Teil 6	Einbindung der CNC-Technik in die betriebliche Informationsverarbeitung	439
1.	DNC – Direct Numerical Control oder Distributed Numerical Control	441
1.1	Definition	441
1.2	Aufgaben von DNC	441
1.3	Einsatzkriterien für DNC-Systeme	442
1.4	Datenkommunikation mit CNC-Steuerungen	443
1.5	Technik des Programmanforderns	444
1.6	Heute angebotene DNC-Systeme	445
1.7	Netzwerktechnik für DNC	447
1.8	Vorteile beim Einsatz von Netzwerken	449
1.9	NC-Programmverwaltung	449
1.10	Vorteile des DNC-Betriebes	453
1.11	Kosten und Wirtschaftlichkeit von DNC	454
1.12	Stand und Tendenzen	454
1.13	Zusammenfassung	455
	Das sollte man sich merken	457
2.	LAN – Local Area Networks	458
2.1	Einleitung	458
2.2	Local Area Network (LAN)	458
2.3	Was sind Informationen?	458
2.4	Kennzeichen und Merkmale von LAN	460
2.5	Gateway und Bridge	467
2.6	Auswahlkriterien eines geeigneten LAN's	468
2.7	Schnittstellen	468
2.8	Zusammenfassung	472
	Das sollte man sich merken	474

3.	Digitale Produktentwicklung und Fertigung:	
	Von CAD und CAM zu PLM	475
3.1	Einleitung	475
3.2	Begriffe und Geschichte	476
3.3	Digitale Produktentwicklung	481
3.4	Digitale Fertigung	486
3.5	Zusammenfassung	490
	Das sollte man sich merken	491
Teil 7	Anhang	493
	Richtlinien, Normen, Empfehlungen	495
	VDI-Richtlinien	495
	DIN-Normen	497
	NCG-Empfehlungen	499
	NC-Fachwortverzeichnis	501
	Stichwortverzeichnis	541
	Empfohlene NC-Literatur	547
	Inserentenverzeichnis	550
	Bezugsquellenverzeichnis	551