

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	16
1.3 Weltweite Veränderungen	16
1.4 Neue, typische NC-Maschinen	17
1.5 Der japanische Einfluss	17
1.6 Die deutsche Krise	18
1.7 Ursachen und Auswirkungen	18
1.8 Flexible Fertigungssysteme	19
1.9 Weltwirtschaftskrise 2009	20
1.10 Situation und Ausblick	21
1.11 Fazit	22
2 Meilensteine der NC-Entwicklung	24
3 Was ist NC und CNC?	29
3.1 Der Weg zu NC	29
3.2 Hardware	30
3.3 Software	32
3.4 Steuerungsarten	32
3.5 NC-Achsen	34
3.6 SPS, PLC	36
3.7 Anpassteil	39
3.8 Computer und NC	39
3.9 NC-Programm und Programmierung	42
3.10 Dateneingabe	43
3.11 Bedienung	45
3.12 Zusammenfassung	46
Teil 2 Funktionen der CNC-Werkzeugmaschine	53
1 Weginformationen	55
1.1 Einführung	55
1.2 Achsbezeichnung	55
1.3 Lageregelkreis	58
1.4 Positionsmessung	61
1.5 Vorschubantriebe	74
1.6 Zusammenfassung	87

2	Schaltfunktionen	90
2.1	Erläuterungen	90
2.2	Werkzeugwechsel	91
2.3	Werkzeugwechsel bei Drehmaschinen	91
2.4	Werkzeugwechsel bei Fräsmaschinen und Bearbeitungszentren	93
2.5	Werkzeug-Identifikation	95
2.6	Werkstückwechsel	98
2.7	Drehzahlwechsel	102
2.8	Vorschubgeschwindigkeit	103
2.9	Zusammenfassung	103
3	Funktionen der numerischen Steuerung	106
3.1	Definition	106
3.2	CNC-Grundfunktionen	106
3.3	CNC-Sonderfunktionen	112
3.4	Anzeigen in CNCs	128
3.5	Offene Steuerungen	128
3.6	Preisbetrachtung	131
3.7	Vorteile neuester CNC-Entwicklungen	133
3.8	Zusammenfassung	134
4	SPS – Speicherprogrammierbare Steuerungen	139
4.1	Definition	139
4.2	Entstehungsgeschichte der SPS	139
4.3	Aufbau und Wirkungsweise von SPS	140
4.4	Datenbus und Feldbus	143
4.5	Vorteile von SPS	150
4.6	Programmierung von SPS und Dokumentation	150
4.7	Programm	152
4.8	Programmspeicher	153
4.9	SPS, CNC und PC im integrierten Betrieb	155
4.10	SPS-Auswahlkriterien	155
4.11	Zusammenfassung	157
4.12	Tabellarischer Vergleich CNC/SPS	157
5	Einfluss der CNC auf Baugruppen der Maschine	163
5.1	Maschinenkonfiguration	163
5.2	Maschinengestelle	165
5.3	Führungen	166
5.4	Hauptantriebe	168
5.5	Maschinenverkleidung	174
5.6	Kühlmittelversorgung	175
5.7	Späneabfuhr	175
5.8	Zusammenfassung	176

Teil 3	Die Arten von numerisch gesteuerten Maschinen	179
1	CNC-Werkzeugmaschinen	181
1.1	Bearbeitungszentren, Fräsmaschinen	181
1.2	Drehmaschinen	195
1.3	Schleifmaschinen	202
1.4	Verzahnmaschinen	212
1.5	Bohrmaschinen	221
1.6	Parallelkinematische Maschinen	226
1.7	Sägemaschinen	228
1.8	Laser-Bearbeitungsanlagen	232
1.9	Stanz- und Nibbelmaschinen	239
1.10	Rohrbiegemaschinen	243
1.11	Funkenerosionsmaschinen	245
1.12	Elektronenstrahl-Maschinen	248
1.13	Wasserstrahlschneidmaschinen	249
1.14	Entwicklungstendenzen bei numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen	252
1.15	Messen und Prüfen	256
1.16	Zusammenfassung	260
2	Prozessadaptierte Auslegung von Werkzeugmaschinenantrieben	264
2.1	Grenzen der Betrachtung	264
2.2	Ausgangspunkt Bearbeitungsprozess	265
2.3	Energiebilanz	267
2.4	Aufbau von Werkzeugmaschinenantrieben	268
2.5	Anforderungen aus den Zerspanprozessen	269
2.6	Stationäre und dynamische Auslegung von Vorschubantrieben	270
2.7	Lineardirektantrieb in Werkzeugmaschinen	273
2.8	Ableitung der Antriebsauslegung aus Prozesskenngrößen	274
2.9	Universelle/spezifische Auslegung von Maschinen	277
2.10	Auslegung von Vorschubantrieben spanender Werkzeugmaschinen aus Prozessparametern	278
2.11	Messsysteme für Werkzeugmaschinenantriebe	279
2.12	Systembetrachtung einer Werkzeugmaschine	280
2.13	Zusammenfassung Antriebsdimensionierung	283
3	Energieeffizienz von CNC-Maschinen	284
3.1	Einführung	284
3.2	Effizienzsteigerung	286
3.3	Definition des Prüfzyklus	288
3.4	Ergebnis	289
3.5	Alternativen	289
4	Generative Fertigungsverfahren	292
4.1	Einführung	292
4.2	Definition	293

4.3	Verfahrenskette	295
4.4	Einteilung der generativen Fertigungsverfahren	297
4.5	Vorstellung der wichtigsten Schichtbauverfahren	299
4.6	Zusammenfassung	309
5	Flexible Fertigungssysteme	311
5.1	Definition	311
5.2	Flexible Fertigungsinseln	314
5.3	Flexible Fertigungszellen	314
5.4	Technische Kennzeichen flexibler Fertigungssysteme	317
5.5	FFS-Einsatzkriterien	319
5.6	Fertigungsprinzipien	320
5.7	Maschinenauswahl und -anordnung	322
5.8	Werkstück-Transportsysteme	323
5.9	FFS-geeignete CNCs	333
5.10	FFS-Leitrechner	334
5.11	Wirtschaftliche Vorteile von FFS	336
5.12	Probleme und Risiken bei der Auslegung von FFS	338
5.13	Flexibilität und Komplexität	339
5.14	Simulation von FFS	343
5.15	Produktionsplanungssysteme (PPS)	345
5.16	Zusammenfassung	346
6	Industrieroboter und Handhabung	349
	Einführung	349
6.1	Definition: Was ist ein Industrieroboter?	350
6.2	Aufbau von Industrierobotern	351
6.3	Mechanik/Kinematik	352
6.4	Greifer oder Effektor	354
6.5	Steuerung	354
6.6	SafeRobot Technologie	357
6.7	Programmierung	359
6.8	Sensoren	362
6.9	Anwendungsbeispiele von Industrierobotern	363
6.10	Einsatzkriterien für Industrieroboter	365
6.11	Vergleich Industrie-Roboter und CNC-Maschine	367
6.12	Zusammenfassung und Ausblick	368
Teil 4	Werkzeuge in der CNC-Fertigung	371
1	Aufbau der Werkzeuge	373
1.1	Einführung	373
1.2	Anforderungen	373
1.3	Gliederung der Werkzeuge	376
1.4	Maschinenseitige Aufnahmen	380
1.5	Modulare Werkzeugsysteme	386

1.6	Einstellbare Werkzeuge	387
1.7	Gewindefräsen	391
1.8	Sonderwerkzeuge	393
1.9	Werkzeugwahl	398
2	Werkzeugverwaltung (Tool Management)	400
2.1	Motive zur Einführung	400
2.2	Evaluation einer Werkzeugverwaltung	402
2.3	Lastenheft	402
2.4	Beurteilung von Lösungen	403
2.5	Einführung einer Werkzeugverwaltung	403
2.6	Gliederung	403
2.7	Integration	404
2.8	Werkzeug-Identifikation	404
2.9	Werkzeuge suchen	406
2.10	Werkzeug-Klassifikation	407
2.11	Werkzeug-Komponenten	407
2.12	Komplett-Werkzeuge	409
2.13	Werkzeuglisten	411
2.14	Arbeitsgänge	411
2.15	Werkzeug-Voreinstellung	412
2.16	Werkzeug-Logistik	414
3	Elektronische Werkzeug-Identifikation	418
3.1	Einführung	418
3.2	Funktionsweise/Prinzip	419
3.3	Komponenten eines WZ-Ident-Systems	421
3.4	Organisatorische Vorteile elektronischer Werkzeug-Ident-Systeme	421
3.5	Werkzeugerkennung und -datenverwaltung mit RFID	422
3.6	Werkzeugüberwachung	425
3.7	Zusammenfassung	428
4	Prozessnahe Fertigungsmesstechnik	430
4.1	Einführung	430
4.2	Parallele Messtechniken	430
4.3	Prozessnahes Messen in Nebenzeiten	430
4.4	Mit Bohrungsmessköpfen nah am Prozess	431
4.5	Aktorische Werkzeugsysteme schließen den Regelkreis	432
4.6	Mechatronische Werkzeugsysteme	435
4.7	Geschlossene Prozesskette	435
4.8	Ausblick	435
4.9	Zusammenfassung	438

Teil 5 NC-Programm und Programmierung	441
1 NC-Programm	443
1.1 Definition	443
1.2 Struktur der NC-Programme	444
1.3 Programmaufbau, Syntax und Semantik	446
1.4 Schaltbefehle (M-Funktionen)	447
1.5 Weginformationen	449
1.6 Wegbedingungen (G-Funktionen)	451
1.7 Zyklen	454
1.8 Nullpunkte und Bezugspunkte	458
1.9 Transformation	461
1.10 Werkzeugkorrekturen	461
1.11 Zusammenfassung	466
2 Programmierung von CNC-Maschinen	468
2.1 Definition der NC-Programmierung	468
2.2 Programmiermethoden	468
2.3 NC-Programmierer	477
2.4 Arbeitserleichternde Grafik	478
2.5 Verteilte Intelligenz	480
2.6 Auswahl des geeigneten Programmiersystems	481
2.7 Zusammenfassung	483
3 NC-Programmiersysteme	486
3.1 Einleitung	486
3.2 Bearbeitungsverfahren im Wandel	487
3.3 Der Einsatzbereich setzt die Prioritäten	488
3.4 Eingabedaten aus unterschiedlichen Quellen	492
3.5 Leistungsumfang eines modernen NC-Programmiersystems (CAM)	492
3.6 Datenmodelle auf hohem Niveau	493
3.7 CAM-orientierte Geometrie-Manipulation	493
3.8 Nur leistungsfähige Bearbeitungsstrategien zählen	494
3.9 3D-Modelle bieten mehr	495
3.10 Innovativ mit Feature-Technik	496
3.11 Automatische Objekterkennung	499
3.12 Bearbeitungsdatenbank	499
3.13 Werkzeuge	501
3.14 Aufspannplanung und Definition der Reihenfolge	501
3.15 Die Simulation bringt es auf den Punkt	501
3.16 Postprozessor	503
3.17 Erzeugte Daten und Schnittstellen zu den Werkzeugmaschinen	503
3.18 Zusammenfassung	503

4	Fertigungs-Simulation	506
4.1	Einleitung	506
4.2	Qualitative Abgrenzung der Systeme	507
4.3	Komponenten eines Simulationsszenarios	510
4.4	Ablauf der NC-Simulation	513
4.5	Einsatzfelder	516
4.6	Zusammenfassung	520
Teil 6	Einbindung der CNC-Technik in die betriebliche Informationsverarbeitung	523
1	DNC – Direct Numerical Control oder Distributed Numerical Control	525
1.1	Definition	525
1.2	Aufgaben von DNC	525
1.3	Einsatzkriterien für DNC-Systeme	526
1.4	Datenkommunikation mit CNC-Steuerungen	527
1.5	Technik des Programmanforderns	528
1.6	Heute angebotene DNC-Systeme	529
1.7	Netzwerktechnik für DNC	531
1.8	Vorteile beim Einsatz von Netzwerken	533
1.9	NC-Programmverwaltung	533
1.10	Vorteile des DNC-Betriebes	534
1.11	Kosten und Wirtschaftlichkeit von DNC	538
1.12	Stand und Tendenzen	538
1.13	Zusammenfassung	539
2	LAN – Local Area Networks	542
2.1	Einleitung	542
2.2	Local Area Network (LAN)	542
2.3	Was sind Informationen?	543
2.4	Kennzeichen und Merkmale von LAN	544
2.5	Gateway und Bridge	553
2.6	Auswahlkriterien eines geeigneten LANs	554
2.7	Schnittstellen	554
2.8	Zusammenfassung	559
3	Digitale Produktentwicklung und Fertigung: Von CAD und CAM zu PLM	562
3.1	Einleitung	562
3.2	Begriffe und Geschichte	563
3.3	Digitale Produktentwicklung	568
3.4	Digitale Fertigung	573
3.5	Zusammenfassung	577

Teil 7 Anhang	581
Richtlinien, Normen, Empfehlungen	583
VDI-Richtlinien	583
DIN-Normen	585
NCG-Empfehlungen	587
NC-Fachwortverzeichnis	589
Stichwortverzeichnis	633
Empfohlene NC-Literatur	641
Inserentenverzeichnis	643
Tabellen und Übersichtstafeln	644
Bezugsquellenverzeichnis	645