

Inhaltsübersicht

* aktualisiert, ** neuer Beitrag

Teil 1	Einführung in die CNC-Technik	19
	1 Historische Entwicklung der NC-Fertigung	21
	2 Meilensteine der NC-Entwicklung	35
	3 Was ist NC, CNC?	39
Teil 2	Funktionen der CNC-Werkzeugmaschinen	61
	1 Weginformationen	63
	2 Schaltfunktionen	100
*	3 Funktionen der numerischen Steuerung	117
	4 SPS – Speicherprogrammierbare Steuerungen	177
	5 Einfluss der CNC auf Baugruppen der Maschine	201
Teil 3	Elektrische Antriebe für CNC-Werkzeugmaschinen	209
**	1 Antriebsregelung für CNC-Werkzeugmaschinen	211
	2 Vorschubantriebe für CNC-Werkzeugmaschinen	228
	3 Hauptspindelantriebe	246
**	4 Dimensionierung von Antrieben für Werkzeugmaschinen	254
	5 Mechanische Auslegung der Hauptspindel anhand der Prozessparameter	264
Teil 4	Die Arten von numerisch gesteuerten Maschinen	277
*	1 CNC-Werkzeugmaschinen	279
*	2 Additive Fertigungsverfahren	373
*	3 Flexible Fertigungssysteme	396
*	4 Industrieroboter und Handhabung	438
	5 Energieeffiziente wirtschaftliche Fertigung	462

Teil 5	Werkzeuge in der CNC-Fertigung	475
	1 Aufbau der Werkzeuge	477
	2 Werkzeugverwaltung (Tool Management)	506
	3 Maschinenintegrierte Werkstückmessung und Prozessregelung	535
**	4 Maschinenintegrierte Werkstückmessung in der Serienfertigung	549
	5 Lasergestützte Werkzeugüberwachung	557
Teil 6	NC-Programm und Programmierung	563
*	1 NC-Programm	565
*	2 Programmierung von CNC-Maschinen	610
	3 NC-Programmiersysteme	630
	4 Fertigungssimulation	648
Teil 7	Von der betrieblichen Informationsverarbeitung zu Industrie 4.0	667
	1 DNC – Direct Numerical Control oder Distributed Numerical Control	669
	2 LAN – Local Area Networks	686
	3 Digitale Produktentwicklung und Fertigung: Von CAD und CAM zu PLM	704
*	4 Industrie 4.0	725
**	5 Industrie 4.0 im mittelständischen Fertigungsbetrieb	739
Teil 8	Anhang	751
	Richtlinien, Normen, Empfehlungen	753
*	NC-Fachwortverzeichnis	761
	Stichwortverzeichnis	809
	Empfohlene NC-Literatur	819
	Inserentenverzeichnis	821

Inhaltsverzeichnis

Tabellenübersicht	15
Teil 1 Einführung in die CNC-Technik	19
1 Historische Entwicklung der NC-Fertigung	21
1.1 Erste Nachkriegsjahre	21
1.2 Wiederaufbau der Werkzeugmaschinenindustrie	22
1.3 Die Werkzeugmaschinenindustrie in Ostdeutschland	22
1.4 Weltweite Veränderungen	24
1.5 Weiterentwicklung der deutschen Werkzeugmaschinenindustrie	27
1.6 Der japanische Einfluss	27
1.7 Die deutsche Krise	28
1.8 Ursachen und Auswirkungen	28
1.9 Flexible Fertigungssysteme	29
1.10 Weltwirtschaftskrise 2009	30
1.11 Situation und Ausblick	31
1.12 Fazit	33
2 Meilensteine der NC-Entwicklung	35
3 Was ist NC und CNC?	39
3.1 Der Weg zu NC	39
3.2 Hardware	40
3.3 Software	42
3.4 Steuerungsarten	42
3.5 NC-Achsen	44
3.6 SPS, PLC	45
3.7 Anpassteil	47
3.8 Computer und NC	47
3.9 NC-Programm und Programmierung	49
3.10 Dateneingabe	51
3.11 Bedienung	52
3.12 Zusammenfassung	56
Teil 2 Funktionen der CNC-Werkzeugmaschinen	61
1 Weginformationen	63
1.1 Einführung	63
1.2 Achsbezeichnung	63
1.3 Lageregelkreis	66
1.4 Positionsmessung	69

1.5	Einfache Diagnose von Messgeräten	83
1.6	Kompensationen	84
2	Schaltfunktionen	100
2.1	Erläuterungen	100
2.2	Werkzeugwechsel	101
2.3	Werkzeugwechsel bei Fräsmaschinen und Bearbeitungszentren	101
2.4	Werkzeugwechsel bei Drehmaschinen	105
2.5	Werkzeugplatzcodierung	105
2.6	Werkstückwechsel	107
2.7	Drehzahlwechsel	110
2.8	Vorschubgeschwindigkeit	111
2.9	Zusammenfassung	111
3	Funktionen der numerischen Steuerung	117
3.1	Definition	117
3.2	CNC-Grundfunktionen	117
3.3	CNC-Sonderfunktionen	123
3.4	Kollisionsvermeidung	127
3.5	Integrierte Sicherheitskonzepte für CNC-Maschinen	136
3.6	Zustandsüberwachung und Maschinendatenerfassung	154
3.7	Anzeigen in CNCs	160
3.8	Touch-Bedienung der CNC	161
3.9	Offene Steuerungen	166
3.10	Preisbetrachtung	169
3.11	Vorteile neuester CNC-Entwicklungen	171
3.12	Zusammenfassung	172
4	SPS – Speicherprogrammierbare Steuerungen	177
4.1	Definition	177
4.2	Entstehungsgeschichte der SPS	177
4.3	Aufbau und Wirkungsweise von SPS	178
4.4	Datenbus und Feldbus	181
4.5	Vorteile von SPS	186
4.6	Programmierung von SPS und Dokumentation	188
4.7	Programm	190
4.8	Programmspeicher	191
4.9	SPS, CNC und PC im integrierten Betrieb	192
4.10	SPS-Auswahlkriterien	193
4.11	Zusammenfassung	195
4.12	Tabellarischer Vergleich CNC/SPS	195
5	Einfluss der CNC auf Baugruppen der Maschine	201
5.1	Maschinenkonfiguration	201
5.2	Maschinengestelle	203
5.3	Führungen	204

5.4	Maschinenverkleidung	206
5.5	Kühlmittelversorgung	207
5.6	Späneabfuhr	207
5.7	Zusammenfassung	207
Teil 3	Elektrische Antriebe für CNC-Werkzeugmaschinen	209
1	Antriebsregelung für CNC-Werkzeugmaschinen	211
1.1	Definition	211
1.2	Achsmechanik	212
1.3	Analoge Regelung	213
1.4	Analoge vs. Digitale Regelung	214
1.5	Digitale intelligente Antriebstechnik	215
1.6	Reglertypen und Regelverhalten	216
1.7	Kreisverstärkung und K_v -Faktor	219
1.8	Vorsteuerung	219
1.9	Frequenzumrichter	220
1.10	Zusammenfassung	225
2	Vorschubantriebe für CNC-Werkzeugmaschinen	228
2.1	Anforderungen an Vorschubantriebe	229
2.2	Arten von Vorschubantrieben	230
2.3	Die Arten von Linearmotoren	237
2.4	Vor-/Nachteile von Linearantrieben	239
2.5	Anbindung der Antriebe an die CNC	239
2.6	Messgeber	242
2.7	Zusammenfassung	243
3	Hauptspindelantriebe	246
3.1	Anforderungen an Hauptspindelantriebe	246
3.2	Arten von Hauptspindelantrieben	247
3.3	Bauformen von Hauptspindelantrieben	249
3.4	Ausführungen von Drehstrom-Synchronmotoren	251
3.5	Vor- und Nachteile von Synchronmotoren	252
4	Dimensionierung von Antrieben für Werkzeugmaschinen	254
4.1	Vorgehensweise	254
4.2	Dimensionierung von Hauptspindelantrieben	260
4.3	Zusammenfassung	262
5	Mechanische Auslegung der Hauptspindel anhand der Prozessparameter	264
5.1	Motorenauswahl	264
5.2	Lagerung	265
5.3	Schmierung	266
5.4	Bearbeitungsprozesse	267
5.5	Anforderungen an die Hauptspindel bezüglich Industrie 4.0	271

Teil 4	Die Arten von numerisch gesteuerten Maschinen	277
1	CNC-Werkzeugmaschinen	279
1.1	Bearbeitungszentren, Fräsmaschinen	279
1.2	Drehmaschinen	290
1.3	Schleifmaschinen	298
1.4	Verzahnmaschinen	310
1.5	Bohrmaschinen	326
1.6	Sägemaschinen	328
1.7	Laserbearbeitungsanlagen	330
1.8	Stanz- und Nibbelmaschinen	337
1.9	Rohrbiegemaschinen	343
1.10	Funkenerosionsmaschinen	344
1.11	Elektronenstrahl-Maschinen	347
1.12	Wasserstrahlschneidmaschinen	349
1.13	Multitasking-Maschinen	351
1.14	Messen und Prüfen	364
1.15	Zusammenfassung	369
2	Additive Fertigungsverfahren	373
2.1	Einführung	373
2.2	Definition	374
2.3	Verfahrenskette	376
2.4	Einteilung der generativen Fertigungsverfahren	378
2.5	Die wichtigsten Schichtbauverfahren	380
2.6	Vorteile der Additiven Fertigungsverfahren	390
2.7	Zusammenfassung	393
3	Flexible Fertigungssysteme	396
3.1	Definition	396
3.2	Flexible Fertigungszellen	399
3.3	Flexible Fertigungssysteme	400
3.4	Technische Kennzeichen von FFS	405
3.5	FFS-Einsatzkriterien	406
3.6	Fertigungsprinzipien	408
3.7	Maschinenauswahl und -anordnung	408
3.8	Werkstücktransportsysteme	410
3.9	FFS-Anforderungen an CNCs	419
3.10	FFS-Leitrechner	420
3.11	Wirtschaftliche Vorteile von FFS	422
3.12	Probleme und Risiken bei der Auslegung von FFS	424
3.13	Flexibilität und Komplexität	425
3.14	Simulation von FFS	429
3.15	Produktionsplanungssysteme (PPS)	432
3.16	Zusammenfassung	434

4	Industrieroboter und Handhabung	438
4.1	Einführung	438
4.2	Definition: Was ist ein Industrieroboter?	439
4.3	Aufbau von Industrierobotern	440
4.4	Mechanik/Kinematik	441
4.5	Greifer oder Effektor	443
4.6	Steuerung	443
4.7	Safe Robot Technologie	446
4.8	Programmierung	449
4.9	Sensoren	451
4.10	Anwendungsbeispiele von Industrierobotern	452
4.11	Anbindung von Robotern an Werkzeugmaschinen	454
4.12	Roboter mit CNC-Anforderungen	456
4.13	Einsatzkriterien für Industrieroboter	458
4.14	Zusammenfassung und Ausblick	459
5	Energieeffiziente wirtschaftliche Fertigung	462
5.1	Einführung	462
5.2	Was ist Energieeffizienz?	462
5.3	Werkhallen	462
5.4	Maschinenpark	463
5.5	Sonderfall Bearbeitungszentren	463
5.6	Energieeffiziente NC-Programme	464
5.7	Möglichkeiten der Maschinenhersteller	465
5.8	Möglichkeiten der Anwender	466
5.9	Blindstrom-Kompensation	468
5.10	Zusammenfassung	471
5.11	Ausblick	471
Teil 5	Werkzeuge in der CNC-Fertigung	475
1	Aufbau der Werkzeuge	477
1.1	Einführung	477
1.2	Anforderungen	477
1.3	Gliederung der Werkzeuge	480
1.4	Maschinenseitige Aufnahmen	484
1.5	Modulare Werkzeugsysteme	490
1.6	Einstellbare Werkzeuge	491
1.7	Gewindefräsen	495
1.8	Sonderwerkzeuge	497
1.9	Werkzeugwahl	502
2	Werkzeugverwaltung (Tool Management)	506
2.1	Motive zur Einführung	506
2.2	Evaluation einer Werkzeugverwaltung	508

2.3	Lastenheft	508
2.4	Beurteilung von Lösungen	509
2.5	Einführung einer Werkzeugverwaltung	509
2.6	Gliederung	509
2.7	Integration	510
2.8	Werkzeugidentifikation	510
2.9	Werkzeuge suchen	512
2.10	Werkzeugklassifikation	513
2.11	Werkzeugkomponenten	513
2.12	Komplettwerkzeuge	515
2.13	Werkzeuglisten	517
2.14	Arbeitsgänge	517
2.15	Werkzeugvoreinstellung	518
2.16	Werkzeuglogistik	520
2.17	Elektronische Werkzeugidentifikation	522
2.18	Zusammenfassung	529
3	Maschinenintegrierte Werkstückmessung und Prozessregelung	535
3.1	Einführung	535
3.2	Ansatzpunkte für die Prozessregelung	535
3.3	Einsatzbereiche von Werkstück- und Werkzeugmesssystemen	536
3.4	Werkstückmesssysteme für Werkzeugmaschinen	541
4	Maschinenintegrierte Werkstückmessung in der Serienfertigung	549
4.1	Einführung	549
4.2	Bohrungsmessköpfe für kürzeste Messzeiten bei der Bohrungsherstellung ..	550
4.3	Rauheitsmessgeräte für die automatisierte Prüfung von Oberflächen	551
4.4	DIGILOG-Messtaster für digitale und analoge Messwerterfassung	553
4.5	Höchste Produktivität durch simultanes Messen	554
4.6	Zusammenfassung	555
5	Lasergestützte Werkzeugüberwachung	557
5.1	Einführung	557
5.2	Bruchüberwachung	558
5.3	Einzel schneidenkontrolle	558
5.4	Messung von HSC-Werkzeugen	559
5.5	Kombinierte Lasermesssysteme	560
5.6	Zusammenfassung	561
Teil 6	NC-Programm und Programmierung	563
1	NC-Programm	565
1.1	Definition	566
1.2	Struktur der NC-Programme	567
1.3	Programmaufbau, Syntax und Semantik	570
1.4	Schaltbefehle (M-Funktionen)	570

1.5	Weginformationen	572
1.6	Wegbedingungen (G-Funktionen)	574
1.7	Zyklen	577
1.8	Nullpunkte und Bezugspunkte	581
1.9	Transformationen	587
1.10	Werkzeugkorrekturen	591
1.11	DXF-Konverter	598
1.12	CNC-Hochsprachenprogrammierung	600
1.13	Zusammenfassung	605
2	Programmierung von CNC-Maschinen	610
2.1	Definition der NC-Programmierung	610
2.2	Programmiermethoden	610
2.3	CAM-basierte CNC-Zerspanungsstrategien	615
2.4	Arbeitsleichternde Grafik	621
2.5	CNC-Programmierplätze	623
2.6	Auswahl des geeigneten Programmiersystems	626
2.7	Zusammenfassung	627
3	NC-Programmiersysteme	630
3.1	Einleitung	630
3.2	Bearbeitungsverfahren im Wandel	631
3.3	Der Einsatzbereich setzt die Prioritäten	632
3.4	Eingabedaten aus unterschiedlichen Quellen	634
3.5	Leistungsumfang eines modernen NC-Programmiersystems (CAM)	634
3.6	Datenmodelle auf hohem Niveau	635
3.7	CAM-orientierte Geometrie-Manipulation	635
3.8	Nur leistungsfähige Bearbeitungsstrategien zählen	636
3.9	Adaptives Bearbeiten	637
3.10	3D-Modelle bieten mehr	638
3.11	3D-Schnittstellen	638
3.12	Innovativ mit Feature-Technik	639
3.13	Automatisierung in der NC-Programmierung	640
3.14	Werkzeuge	643
3.15	Aufspannplanung und Definition der Reihenfolge	644
3.16	Die Simulation bringt es auf den Punkt	644
3.17	Postprozessor	645
3.18	Erzeugte Daten und Schnittstellen zu den Werkzeugmaschinen	646
3.19	Zusammenfassung	646
4	Fertigungssimulation	648
4.1	Einleitung	648
4.2	Qualitative Abgrenzung der Systeme	649
4.3	Komponenten eines Simulationsszenarios	652
4.4	Ablauf der NC-Simulation	655
4.5	Integrierte Simulationssysteme	659

4.6	Einsatzfelder	659
4.7	Zusammenfassung	663
Teil 7	Von der betrieblichen Informationsverarbeitung zu Industrie 4.0	667
1	DNC – Direct Numerical Control oder Distributed Numerical Control	669
1.1	Definition	669
1.2	Aufgaben von DNC	669
1.3	Einsatzkriterien für DNC-Systeme	670
1.4	Datenkommunikation mit CNC-Steuerungen	671
1.5	Technik des Programmanforderns	672
1.6	Heute angebotene DNC-Systeme	673
1.7	Netzwerktechnik für DNC	675
1.8	Vorteile beim Einsatz von Netzwerken	677
1.9	NC-Programmverwaltung	677
1.10	Vorteile des DNC-Betriebes	678
1.11	Kosten und Wirtschaftlichkeit von DNC	682
1.12	Stand und Tendenzen	682
1.13	Zusammenfassung	683
2	LAN – Local Area Networks	686
2.1	Einleitung	686
2.2	Local Area Network (LAN)	686
2.3	Was sind Informationen?	687
2.4	Kennzeichen und Merkmale von LAN	688
2.5	Gateway und Bridge	696
2.6	Auswahlkriterien eines geeigneten LANs	697
2.7	Schnittstellen	698
2.8	Zusammenfassung	701
3	Digitale Produktentwicklung und Fertigung: Von CAD und CAM zu PLM ..	704
3.1	Einleitung	704
3.2	Begriffe und Geschichte	705
3.3	Digitale Produktentwicklung	710
3.4	Digitale Fertigung	715
3.5	Zusammenfassung	720
4	Industrie 4.0	725
4.1	Grundlagen	725
4.2	Kernelemente der Industrie 4.0	727
4.3	Industrie 4.0 in der Fertigung	732
4.4	Ein MES als Baustein der Industrie 4.0	734
4.5	Herausforderungen und Risiken von Industrie 4.0	736

5	Industrie 4.0 im mittelständischen Fertigungsbetrieb	739
5.1	Voraussetzung für Industrie 4.0	739
5.2	Nutzen von Industrie 4.0	741
5.3	Cyber-Physical-Systems (CPS), das „Internet der Dinge“	741
5.4	Sechzehn Fallbeispiele zu Industrie 4.0	741
5.5	Ein Arbeitstag mit Industrie 4.0	746
5.6	Zusammenfassung	748
Teil 8	Anhang	751
	Richtlinien, Normen, Empfehlungen	753
	1. VDI-Richtlinien	753
	2. VDI/NCG-Richtlinien	755
	3. DIN – Deutsche Industrie Normen	757
	NC-Fachwortverzeichnis	761
	Stichwortverzeichnis	809
	Empfohlene NC-Literatur	819
	Inserentenverzeichnis	821

Zu diesem Buch wird für Dozenten eine Power-Point-Präsentation im Internet angeboten, vorgesehen zur Unterstützung der Vorlesungen über CNC-Technik. Der Foliensatz besteht aus über 400 Folien mit erläuternden Notizen und ist abgestimmt auf die 30., überarbeitete Auflage des CNC-Handbuchs.

Um die Dateien herunterladen zu können, loggen Sie sich ein oder melden Sie sich an unter:
<https://dozentenportal.hanser.de/>