

Fortschritte der Fertigung auf Werkzeugmaschinen 4

Rechnergeführte Fertigung

Herausgegeben von
G. Spur, G. Stute und M. Weck

mit Beiträgen von
W. Adam, E. Bauer, T. Derenbach,
G. Duelen, R. Nann, A. Pätzold, E. Verhaag,
W. Wentz, F. Zastrow

Mit 212 Bildern und 10 Tabellen



Carl Hanser Verlag München Wien 1977

Inhaltsverzeichnis

O.	Kurzzeichen und Symbole	1
1.	Einleitung	13
2.	Informationsfluß und Informationsverarbeitung in der Einzel- und Kleinserienfertigung	15
2.1	Darstellung des Informationsflusses	15
2.2	Numerische Steuerung (NC)	16
2.2.1	Allgemeines	16
2.2.2	Einteilung und NC-Programmaufbau	17
2.2.3	Funktionsweise	18
2.2.4	Istwertermittlung und Lageeinstellung	24
2.3	Prozeßrechensystem	26
2.3.1	Aufbau und Arbeitsweise	26
2.3.1.1	Baugruppen	26
2.3.1.2	Rechnerstrukturen	28
2.3.1.3	Programmtechnik	30
2.3.2	Peripherie	31
2.3.2.1	Speicher	31
2.3.2.2	Bediengeräte	32
2.4	Prozeßrechereinsatz zur numerischen Steuerung	35
2.4.1	Rechnerintegrierte numerische Steuerung (CNC)	35
2.4.2	Direkte numerische Steuerung (DNC)	37
3.	CNC-Systeme	41
3.1	Prinzipien und ausgeführte Systeme	41
3.2	Beispiel einer Programmstruktur	45
3.2.1	Einteilung	45
3.2.2	Aufgaben der Elementar-Funktionsprogramme (EFP)	45
3.2.2.1	Überblick	45
3.2.2.2	Ein- und Ausgabefunktionen	46
3.2.2.3	Logische und arithmetische Operationen	48
3.2.3	Übergeordnete Funktionsprogramme (FP)	52
3.2.3.1	Aufbau	52
3.2.3.2	Parameterversorgung	54
3.2.4	Programmablaufsteuerung (PAS)	55
3.2.5	Echtzeit-Verwaltungssystem	56
3.2.5.1	Programmunterbrechung	56
3.2.5.2	Unterschiedlicher Zentralspeicherumfang	59
3.3	Grundlagen der getasteten Bewegungssteuerung	60
3.3.1	Einführung	60
3.3.2	Bahnkontur bei der Abarbeitung linearer Wege	62
3.3.2.1	Abweichung in der Ebene	62
3.3.2.2	Bahnaufteilung einer Geraden	66
3.3.2.3	Weg- und zeitbedingte Bahnfehler	67
3.3.3	Untersuchungen zur kreisförmigen Bahn	68
3.3.3.1	Prinzipielles	68
3.3.3.2	Zusammenhang zwischen Kreiskoordinaten und Segmentlänge	69
3.3.3.3	Bahnabweichungen	71

3.3.3.4	Bahnaufteilung beim Kreis	75
3.4	Aufbau und Arbeitsweise rechnerergänzender Baugruppen	76
3.4.1	Taktgeneratoren zur Vorschuberzeugung an einer Drehmaschine ..	76
3.4.2	Digitale Glättung	78
3.4.2.1	Vorbetrachtung	78
3.4.2.2	Glättung auftretender Frequenzsprünge	79
3.4.2.3	Prinzip der digitalen Glättung	81
3.4.2.4	Ergebnis der Simulation	83
3.4.3	Gewindegewindeeinrichtung	85
3.4.3.1	Prinzip	85
3.4.3.2	Verfahren	86
3.5	Maschinelle Programmierung mit CNC-Rechner am Beispiel der Drehbearbeitung	89
3.5.1	Allgemeines	89
3.5.2	Schnittaufteilung	89
3.5.3	Programmierung von Einstichen	93
3.5.4	Programmierung des Gewindegewindens	95
3.5.5	Anfahren an das Rohteil	95
3.5.6	Programm zur Berechnung technologischer Daten	96
3.5.7	On-line-Schnittaufteilung mit Berechnung technologischer Daten ..	101
3.5.8	Bestimmung technologischer Daten bei off-line-Schnittaufteilung ..	102
4.	Aufbau und Funktionsweise von DNC-Systemen	104
4.1	Darstellung und Vergleich verschiedener Strukturen	104
4.2	Entwicklungsstand	106
4.3	Systemelemente	115
4.3.1	Anordnung und Kopplungsmöglichkeiten	115
4.3.1.1	Allgemeines	115
4.3.1.2	Praktizierte Anordnungen dezentraler Systeme	117
4.3.1.3	Vor- und Nachteile	118
4.3.2	Datenübertragungssystem	122
4.3.2.1	Arbeitsweise	122
4.3.2.2	Datensicherung	125
4.3.2.3	Kostenabschätzung	127
4.4	Speicherhierarchie	131
4.5	Beispiel eines im BTR-Betrieb arbeitenden DNC-Systems	134
4.5.1	Gerätetechnischer Aufbau	134
4.5.1.1	Übersicht	134
4.5.1.2	Datenorganisation	134
4.5.1.3	Aufbau des Koppelementes	138
4.5.1.4	Übertragungseinrichtung	140
4.5.1.5	DNC-Zusatz	142
4.5.1.6	BTR-Schnittstelle	145
4.5.2	Programmtechnik	149
4.5.2.1	Allgemeines	149
4.5.2.2	Betriebssystem	151
4.5.2.3	Verwaltung der NC-Programme	157
4.5.2.4	Steuerdatenverteilung	161
4.6	Beispiel eines Rumpfsteuerungssystems	165
4.6.1	Schnittstellenfestlegung	165
4.6.2	Methoden der Wegaufbereitung	169
4.6.3	Hardwareaufbau	176

4.6.3.1	Anforderungen	176
4.6.3.2	Informationsaustausch Fertigungsrechner - Rumpfstuerung	181
4.6.3.3	Praktischer Aufbau	185
4.6.4	Programmtechnik	195
4.7	Erweiterte Funktionen	198
5.	Optimale Auslegung von DNC-Systemen	202
5.1	Untersuchungsmethoden	202
5.1.1	Einfluß des Zeitverhaltens	202
5.1.2	Meßverfahren	202
5.1.3	Untersuchungen am Modell	206
5.1.4	Systemsimulation	208
5.1.5	Beurteilung der Simulationsergebnisse	213
5.1.6	Statistische Absicherung der Ergebnisse	214
5.2	Zeitverhalten von DNC-Systemen	217
5.2.1	Allgemeines	217
5.2.2	Normierung	218
5.2.3	Verhalten der NC bei FIFO-Organisation des Datenverteilers	220
5.2.4	Verhalten der NC mit Vorspeicher und einer Rechnerorganisation nach Prioritäten	222
5.2.5	Zeitverhalten des Rechensystems	224
5.2.6	DNC-BTR-Systeme mit programmgesteuerter Datenausgabe	227
5.2.7	DNC-RST-Systeme mit einem zentralen Interpolationsrechner	229
5.3	Lösungen	230
5.3.1	Kenngrößen prioritätsgesteuerter Organisationen	230
5.3.2	Zusammenfassende Dimensionierungshinweise	234
6.	Erfassung und Verarbeitung von Betriebsdaten	236
6.1	Allgemeines	236
6.2	Betriebsdatenerfassung	236
6.2.1	Begriffsbestimmung	236
6.2.2	Aufbau von Systemen zur on-line-Betriebsdatenerfassung	237
6.2.3	Eingliederung von Betriebsdatenerfassungssystemen in erweiterte DNC-Systeme	242
6.2.4	Erfassung von Zustandsdaten im Fertigungsprozeß	247
6.2.4.1	Allgemeines	247
6.2.4.2	Eigenschaften und Aufbau von Baugruppen zur automatischen Datenerfassung	252
6.2.4.3	Zustandsdaten aus der numerischen Steuerung und der Anpaßsteuerung	256
6.2.4.4	Zustandsdaten aus der Arbeitsmaschine	260
6.3	Betriebsdatenverarbeitung	265
6.3.1	Sammeln von Betriebsdaten	265
6.3.1.1	Bearbeitung der Rückmeldungen	265
6.3.1.2	Aufbau der Dateien	266
6.3.2	Verdichten von Betriebsdaten	269
6.3.2.1	Zielsetzungen	269
6.3.2.2	Stufen der Verdichtung	270
6.3.2.3	Beauftragung der Programme	272
6.3.2.4	Abarbeitung der Programme	272

7.	Informations- und Führungssystem für die Fertigung	275
7.1	Struktur eines fertigungsorientierten Informationssystems	275
7.1.1	Allgemeines	275
7.1.2	Innerbetriebliches Informationssystem	276
7.1.2.1	Aufgabenstellung	276
7.1.2.2	Lösungsmöglichkeiten	277
7.1.3	Realisierung eines innerbetrieblichen Informationssystems	279
7.2	Direkte Führung von Fertigungseinrichtungen	282
7.2.1	Abgrenzung	282
7.2.2	Führung nach Auftragslisten	284
7.2.2.1	Festlegung der Arbeitsfolge	284
7.2.2.2	Organisation der Auftragsbearbeitung	284
7.2.3	Führung manuell bedienter Fertigungseinrichtungen	292
7.2.3.1	Modell zur Fertigungsführung	292
7.2.3.2	Erforderliche Gerätetechnik	295
7.2.4	Führung flexibel verketteter Fertigungseinrichtungen	297
7.2.4.1	Aufbau und Einteilung	297
7.2.4.2	Eingliederung in das Gesamtsystem	298
7.2.4.3	Ablauf der Führung	298
7.2.4.4	Führung bei unterschiedlichen Systemstrukturen	300
7.2.5	Störungen im Fertigungsablauf	303
7.2.5.1	Einteilung der Störungen	303
7.2.5.2	Reaktionsmöglichkeiten auf Störungen	306
7.2.6	Verknüpfung zu den Modularprogrammen	308
7.2.6.1	Ziele einer direkten Verbindung	308
7.2.6.2	Beispiel zur Verknüpfung	309
8.	Zuverlässigkeit steuerungstechnischer Komponenten	312
8.1	Allgemeines	312
8.2	Ausfallratenbestimmung für elektronische Baugruppen	312
8.3	Ausfallratenanalysen für Systemkomponenten eines erweiterten DNC-Systems	314
8.3.1	Ausfallraten von Prozeßrechnern	314
8.3.2	Ausfallraten der externen Massenspeicher	315
8.3.3	Ausfallraten von numerischen Steuerungen	315
8.3.4	Ausfallraten eines erweiterten DNC-Systems	318
8.4	Vergleich analytisch abgeschätzter und praktisch ermittelter Ausfallraten	320
8.4.1	Berechnung des Vertrauensbereiches und der Vertrauensgrenzen	320
8.4.2	Praktisch ermittelte Werte der Ausfallrate einer numerischen Steuerung	320
8.4.3	Praktisch ermittelte Werte der Ausfallrate eines DNC-Systems ..	322
9.	Ausblick	323
	Schrifttum	324