

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einführung in die CNC-Technik</b>	<b>13</b>
1.1	Entwicklungsgeschichte	13
1.2	Vorteile der CNC-Bearbeitung	14
1.3	Begriffserklärung	14
1.3.1	NC (Numerical Control)	14
1.3.2	CNC (Computerized Numerical Control)	15
1.3.3	CAM (Computer Aided Manufacturing)	15
1.4	Fertigungsbetrieb	15
1.4.1	Einzelbetrieb	15
1.4.2	Pendelbetrieb	15
1.4.3	Synchronbetrieb	15
1.4.4	Unabhängiger Betrieb	15
1.4.5	Fertigungszeile	16
1.5	Planung des CNC-Einsatz	17
1.5.1	Was kostet die CNC-Bearbeitung?	17
1.5.2	Beschaffung	18
1.5.3	Voraussetzungen zur Installation	20
1.5.4	Programmier-, Bedien- und Wartungspersonal	21
1.6	Das Umfeld	21
1.6.1	Datenbereitstellung	21
1.6.2	Teilehandlung	22
<b>2</b>	<b>Aufbau einer CNC-Maschine</b>	<b>25</b>
2.1	Bauformen von CNC-Maschinen	25
2.1.1	Portal	25
2.1.2	Gantry (Fahrportal)	25
2.1.3	Ausleger	26
2.1.4	Vertikalmaschinen	26
2.1.5	Parallelkinematik	27
2.1.6	Sonderbauformen	27
2.2	Antriebstechnik	28
2.2.1	Achsmotoren	28
2.2.2	Kugelumlauftrieb, Zahnstangen und Getriebe	28
2.2.3	Linearantrieb	30
2.3	Weg- und Winkelmesssysteme	30
2.3.1	Inkrementale Messsysteme	30
2.3.2	Absolute Messsysteme	31
2.4	Steuerung	32
2.4.1	Allgemeines zum Betriebssystem	33
2.4.2	Betriebssystem OS	34
2.4.3	MS-Windows	34
2.4.4	Bedienelemente	34
2.4.5	Datenübertragung	36
2.5	Bearbeitungsaggregate	36
2.6	Spindelmotor	39
2.7	Automatischer Werkzeugwechsel	40
2.8	Maschinentische und Werkstückspannsysteme	41
2.8.1	Konsolenausführung	42
2.8.2	Glatttisch	42
2.8.3	Rastertisch	43
2.8.4	Blocksauger	43
2.8.5	Vakuumspannschablone	44
2.8.6	Werkstückklemmung	45

2.9	Rüsthilfen	45
2.9.1	Passive Rüsthilfen	45
2.9.2	Aktive Rüsthilfen	47
2.10	Sicherheitseinrichtungen	47
<b>3</b>	<b>Werkzeuge</b>	<b>51</b>
3.1	Werkzeugspannsysteme	51
3.1.1	Steilkegel-Schnittstelle	51
3.1.2	Hohlschaftkegel-Schnittstelle	52
3.1.3	Werkzeugspannsysteme	52
3.2	Schneidstoffe und Werkzeuge	54
3.2.1	Diamant	54
3.2.2	Hartmetall	54
3.2.3	Stellite und HSS	55
3.3	Besonderheiten bei der Erstbestückung	55
3.3.1	Bestückung von Fräswerkzeugen mit System	55
3.3.2	Sinnvolle Bestückung von Bohrern	55
3.4	Werkzeug auswechseln und vermessen	55
3.4.1	Fräswerkzeugwechsel	56
3.4.2	Vermessen von Fräswerkzeugen	56
3.4.3	Ersteinmessen profillerer Fräswerkzeuge	56
3.4.4	Vermessen von Bohrern	58
3.4.5	Korrektur am Werkstück	58
<b>4</b>	<b>Maschinenbedienung</b>	<b>61</b>
4.1	Bildzeichen	61
4.2	Unfallverhütung	62
4.3	Starten der Maschine	62
4.4	Verschiedene Betriebsarten	63
4.4.1	Handbetrieb	63
4.4.2	Automatikbetrieb	63
4.4.3	MDI (Manual Data Input)	63
4.5	Rüsten der Maschine	64
4.6	Programmtest ohne Werkstück	64
4.7	Abarbeiten von Programmen	65
4.8	Programmabbruch	66
4.9	Die Werkzeugdatenbank	67
4.10	Maschine ausschalten	68
4.11	Reinigung und Wartung	68
4.12	Problembehebung	69
4.12.1	Programmfehler	69
4.12.2	Maschinenfehler	70
<b>5</b>	<b>Koordinatensysteme und Bezugspunkte</b>	<b>73</b>
5.1	Hauptachsen (X, Y, Z)	73
5.2	Hilfsachsen (I, J, K)	74
5.3	Drehachsen (A, B, C)	74
5.4	Maschinennullpunkt	74
5.5	Referenzpunkt	75
5.6	Werkstücknullpunkt	75
5.7	Nullpunkt-Symbole	75
<b>6</b>	<b>Das CNC-Programm</b>	<b>79</b>
6.1	Der CNC-Programmaufbau	79

6.2	G-Code	79
6.3	Schreibweise	79
6.4	Programmbezogene Befehle	80
6.4.1	Programmnummer	80
6.4.2	Zeilennummerierung	80
6.5	Geometriebezogene Befehle	80
6.6	Ebenenanwahl (G17, G18, G19)	81
6.7	Maßeingabe (G90, G91)	81
6.7.1	Absolutmaßeingabe (G90)	81
6.7.2	Relativmaßeingabe (G91)	81
6.8	Bewegung im Eilgang (G0)	82
6.9	Gerade (G1)	82
6.10	Kreisbahn mit Radiusangabe (G2, G3)	82
6.10.1	Drehsinn des Kreisbogens	82
6.10.2	Radiusprogrammierung	82
6.11	Kreisbahn mit Kreismittelpunktangabe	83
6.12	Werkzeugradiuskorrektur (G40, G41, G42)	83
6.13	Genauhalt	84
6.14	Vorschub (F)	84
6.15	Werkzeugauftruf (T, D)	84
6.16	Spindeldrehzahl (S) und Drehrichtung (M3, M4, M5)	85
6.17	Zusatzbefehle (M)	85
6.18	Nullpunktverschiebung	86
6.19	Unterprogramme	86
6.19.1	Aufbau von Unterprogrammen	87
6.19.2	Aufruf von Unterprogrammen	87
6.20	Parametrische Programmierung	87

## 7 Bearbeitungszyklen 91

7.1	An- und Abfahrwege für Fräsen	91
7.1.1	Direktes Ein- und Austauchen	91
7.1.2	An- und Abfahren mit Gerade	91
7.1.3	Tangentiales An- und Abfahren	92
7.1.4	Fliegend Ein- und Austauchen	92
7.2	Fräsen mit Zustellung	93
7.3	Taschenfräsen	93
7.4	An- und Abfahren beim Sägen	94
7.4.1	Ein- und Austauchen ohne Radiuskorrektur	94
7.4.2	Ein- und Austauchen mit Radiuskorrektur	94
7.4.3	An- und Abfahren in einer Geraden	95
7.4.4	Einstelloptionen beim Nutsägen	95
7.5	Bohren	95
7.5.1	Sackloch	96
7.5.2	Durchgangsloch	96

## 8 Programmiersysteme 99

8.1	Textuelle Programmierung	99
8.2	Werkstattorientierte Programmierung (WOP)	99
8.2.1	Die Programmierumgebung	100
8.2.2	Parametrische Programmierung	101
8.2.3	Regelbasierte Programmierung	102
8.2.4	Generieren des CNC-Programms	103
8.3	CAD/CAM als Komplettsystem	104
8.3.1	CAD/CAM-System für komplexe Werkstücke	104
8.3.2	CAD/CAM-System für die Gestaltung von Möbeln	104
8.4	Simulationssysteme	105

<b>9</b>	<b>Einbindung von CAD</b>	<b>109</b>
9.1	Vom CAD zur CNC	109
9.2	Grundsätzliches zu AutoCAD	111
9.3	CAD-Grundeinstellungen	111
9.4	Layer-Technik	112
9.5	CAD-Konstruieren	113
9.5.1	Line	113
9.5.2	Polylinie	113
9.5.3	Kreis	114
9.5.4	Objekte einfügen	114
9.6	Modifikations-Befehle	114
9.6.1	Verschieben von Objekten	114
9.6.2	Zerlegen von Objekten	115
9.6.3	Versetzen von Geometrien	115
9.6.4	Polylinie editieren	116
9.6.5	Eigenschaften ändern	118
9.7	Datenaustausch per DXF-Schnittstelle	118
9.7.1	Grundsätzliches zur DXF-Schnittstelle	118
9.7.2	Erstellen einer DXF-Datei	119
9.8	Andere Datenaustauschformate	119
9.9	Postprozessortechnik	120
<b>10</b>	<b>Spezielle Bearbeitungen</b>	<b>123</b>
10.1	Bohren im 32 mm-Raster	123
10.1.1	Standardisierung	123
10.1.2	„System 32“	124
10.1.3	Schrankkonstruktion	124
10.1.4	Bohrungen	126
10.2	Vorfräsen	127
10.3	Formatieren einer beschichteten Platte	127
10.4	Topfband bohren	128
10.5	Bearbeiten spezieller Materialien	129
10.5.1	Bearbeitung von Corian®	129
10.5.2	Bearbeiten von Aluminium	130
10.5.3	Bearbeiten von Acryl	131
10.6	5-Achs-Bearbeitung	131
10.6.1	Begriffe	132
10.6.2	Unterschiedliche Bearbeitungen	132
10.6.3	Besonderheiten	133
10.7	Kantenanleimen	133
10.8	Nesting	135
10.8.1	Bearbeitung	136
10.8.2	Spezielle Maschinenausstattung	136
10.8.3	Programmierung	137
10.9	Herstellen einer Vakuumspannschablone	137
10.10	CAD-WOP-CNC	140
10.11	Clipart gravieren	141
10.12	Vektorisieren von Pixeldateien	144
10.13	Freiformtaschen fräsen	146
10.14	Simulation von Fräsbahnen	149
<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>151</b>	