

Inhalt

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einführung in die CNC-Technik | 13 |
| 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 | Fertigungszelle | 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 | Teilehandling | 22 |
| 2 | Aufbau einer CNC-Maschine | 25 |
| 2.1 | Bauformen von CNC-Maschinen | 25 |
| 2.1.1 | Portal | 25 |
| 2.1.2 | Gantry | 25 |
| 2.1.3 | Ausleger | 26 |
| 2.1.4 | Parallelkinematik | 26 |
| 2.1.5 | Sonderbauformen | 27 |
| 2.2 | Antriebstechnik | 27 |
| 2.2.1 | Achsmotoren | 27 |
| 2.2.2 | Kugelumlauftrieb, Zahnstangen und Getriebe | 28 |
| 2.2.3 | Linearantrieb | 29 |
| 2.3 | Weg- und Winkelmesssysteme | 29 |
| 2.3.1 | Inkrementale Messsysteme | 29 |
| 2.3.2 | Absolute Messsysteme | 30 |
| 2.4 | Steuerung | 31 |
| 2.4.1 | Allgemeines zum Betriebssystem | 32 |
| 2.4.2 | Betriebssystem OSx | 33 |
| 2.4.3 | MS-Windows | 33 |
| 2.4.4 | Bedienelemente | 33 |
| 2.4.5 | Datenübertragung | 35 |
| 2.5 | Bearbeitungsaggregate | 35 |
| 2.6 | Spindelmotor | 38 |
| 2.7 | Automatischer Werkzeugwechsel | 39 |
| 2.8 | Maschinentische und Werkstückspannsysteme | 40 |
| 2.8.1 | Konsolenausführung | 41 |
| 2.8.2 | Glatttisch | 41 |
| 2.8.3 | Rastertisch | 42 |
| 2.8.4 | Blocksauger | 42 |
| 2.8.5 | Vakuumspannschablone | 43 |
| 2.8.6 | Werkstückklemmung | 44 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.9 | Rüsthilfen | 44 |
| 2.9.1 | Passive Rüsthilfen | 44 |
| 2.9.2 | Aktive Rüsthilfen | 46 |
| 2.10 | Sicherheitseinrichtungen | 46 |
| 3 | Werkzeuge | 49 |
| 3.1 | Werkzeugspannsysteme | 49 |
| 3.1.1 | Steilkegel-Schnittstelle | 49 |
| 3.1.2 | Hohlschaftkegel-Schnittstelle | 50 |
| 3.1.3 | Werkzeugspannsysteme | 50 |
| 3.2 | Schneidstoffe und Werkzeuge | 52 |
| 3.2.1 | Diamant | 52 |
| 3.2.2 | Hartmetall | 52 |
| 3.2.3 | Stellite und HSS | 53 |
| 3.3 | Besonderheiten bei der Erstbestückung | 53 |
| 3.3.1 | Bestückung von Fräswerkzeugen mit System | 53 |
| 3.3.2 | Sinnvolle Bestückung von Bohrern | 53 |
| 3.4 | Werkzeug auswechseln und vermessen | 53 |
| 3.4.1 | Fräswerkzeugwechsel | 54 |
| 3.4.2 | Vermessen von Fräswerkzeugen | 54 |
| 3.4.3 | Ersteinmessen profilierter Fräswerkzeuge | 54 |
| 3.4.4 | Vermessen von Bohrern | 56 |
| 3.4.5 | Korrektur am Werkstück | 56 |
| 4 | Maschinenbedienung | 59 |
| 4.1 | Bildzeichen | 59 |
| 4.2 | Unfallverhütung | 60 |
| 4.3 | Starten der Maschine | 60 |
| 4.4 | Verschiedene Betriebsarten | 61 |
| 4.4.1 | Handbetrieb | 61 |
| 4.4.2 | Automatikbetrieb | 61 |
| 4.4.3 | MDI | 61 |
| 4.5 | Rüsten der Maschine | 62 |
| 4.6 | Programmtest ohne Werkstück | 62 |
| 4.7 | Abarbeiten von Programmen | 63 |
| 4.8 | Programmabbruch | 64 |
| 4.9 | Die Werkzeugdatenbank | 65 |
| 4.10 | Maschine ausschalten | 66 |
| 4.11 | Reinigung und Wartung | 66 |
| 4.12 | Problembehebung | 67 |
| 4.12.1 | Programmfehler | 67 |
| 4.12.2 | Maschinenfehler | 68 |
| 5 | Koordinatensysteme und Bezugspunkte | 71 |
| 5.1 | Hauptachsen (X, Y, Z) | 71 |
| 5.2 | Hilfsachsen (I, J, K) | 72 |
| 5.3 | Drehachsen (A, B, C) | 72 |
| 5.4 | Maschinennullpunkt | 72 |
| 5.5 | Referenzpunkt | 73 |
| 5.6 | Werkstücknullpunkt | 73 |
| 5.7 | Nullpunkt-Symbole | 73 |
| 6 | Das CNC-Programm | 77 |
| 6.1 | Der CNC-Programmaufbau | 77 |
| 6.2 | G-Code | 77 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 6.3 | Schreibweise | 77 |
| 6.4 | Programmbezogene Befehle | 78 |
| 6.4.1 | Programmnummer | 78 |
| 6.4.2 | Zeilennummerierung | 78 |
| 6.5 | Geometriebezogene Befehle | 78 |
| 6.6 | Ebenenwahl (G17, G18, G19) | 79 |
| 6.7 | Maßeingabe (G90, G91) | 79 |
| 6.7.1 | Absolutmaßeingabe (G90) | 79 |
| 6.7.2 | Relativmaßeingabe (G91) | 79 |
| 6.8 | Bewegung im Eilgang (G0) | 80 |
| 6.9 | Gerade (G1) | 80 |
| 6.10 | Kreisbahn mit Radiusangabe (G2, G3) | 80 |
| 6.10.1 | Drehsinn des Kreisbogens | 80 |
| 6.10.2 | Radiusprogrammierung | 80 |
| 6.11 | Kreisbahn mit Kreismittelpunktangabe | 81 |
| 6.12 | Werkzeugradiuskorrektur (G40, G41, G42) | 81 |
| 6.13 | Genauhalt | 82 |
| 6.14 | Vorschub (F) | 82 |
| 6.15 | Werkzeugaufruf (T, D) | 82 |
| 6.16 | Spindeldrehzahl (S) und Drehrichtung (M3, M4, M5) | 83 |
| 6.17 | Zusatzbefehle (M) | 83 |
| 6.18 | Nullpunktverschiebung | 84 |
| 6.19 | Unterprogramme | 84 |
| 6.19.1 | Aufbau von Unterprogrammen | 85 |
| 6.19.2 | Aufruf von Unterprogrammen | 85 |
| 6.20 | Parametrische Programmierung | 85 |
| 7 | Bearbeitungszyklen | 89 |
| 7.1 | An- und Abfahrwege für Fräsen | 89 |
| 7.1.1 | Direktes Ein- und Austauschen | 89 |
| 7.1.2 | An- und Abfahren mit Gerade | 89 |
| 7.1.3 | Tangentiales An- und Abfahren | 90 |
| 7.1.4 | Fliegend Ein- und Austauschen | 90 |
| 7.2 | Fräsen mit Zustellung | 91 |
| 7.3 | Taschenfräsen | 91 |
| 7.4 | An- und Abfahren beim Sägen | 92 |
| 7.4.1 | Ein- und Austauschen ohne Radiuskorrektur | 92 |
| 7.4.2 | Ein- und Austauschen mit Radiuskorrektur | 92 |
| 7.4.3 | An- und Abfahren in einer Geraden | 93 |
| 7.5 | Bohren | 93 |
| 7.5.1 | Sackloch | 93 |
| 7.5.2 | Durchgangsloch | 93 |
| 8 | Programmiersysteme | 97 |
| 8.1 | Textuelle Programmierung | 97 |
| 8.2 | Werkstatorientierte Programmierung (WOP) | 97 |
| 8.2.1 | Die Programmierumgebung | 98 |
| 8.2.2 | Parametrische Programmierung | 99 |
| 8.2.3 | Regelbasierte Programmierung | 100 |
| 8.2.4 | Generieren des CNC-Programms | 101 |
| 8.3 | CAD/CAM als Komplettsystem | 102 |
| 8.3.1 | CAD/CAM-System für komplexe Werkstücke | 102 |
| 8.3.2 | CAD/CAM-System für Gestaltung von Möbeln | 102 |
| 8.4 | Simulationssysteme | 103 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 9 | Einbindung von CAD | 107 |
| 9.1 | Vom CAD zur CNC | 107 |
| 9.2 | Grundsätzliches zu AutoCAD | 109 |
| 9.3 | CAD-Grundeinstellungen | 109 |
| 9.4 | Layer-Technik | 110 |
| 9.5 | CAD-Konstruieren | 111 |
| 9.5.1 | Linie | 111 |
| 9.5.2 | Polylinie | 111 |
| 9.5.3 | Kreis | 112 |
| 9.5.4 | Objekte einfügen | 112 |
| 9.6 | Modifikationsbefehle | 112 |
| 9.6.1 | Verschieben von Objekten | 112 |
| 9.6.2 | Zerlegen von Objekten | 113 |
| 9.6.3 | Versetzen von Geometrien | 113 |
| 9.6.4 | Polylinie editieren | 114 |
| 9.6.5 | Eigenschaften ändern | 116 |
| 9.7 | Datenaustausch per DXF-Schnittstelle | 116 |
| 9.7.1 | Grundsätzliches zur DXF-Schnittstelle | 116 |
| 9.7.2 | Erstellen einer DXF-Datei | 117 |
| 9.8 | Andere Datenaustauschformate | 117 |
| 9.9 | Postprozessortechnik | 118 |
| 10 | Spezielle Bearbeitungen | 121 |
| 10.1 | Bohren im 32 mm-Raster | 121 |
| 10.1.1 | Standardisierung | 121 |
| 10.1.2 | System 32 | 122 |
| 10.1.3 | Schrankkonstruktion | 122 |
| 10.1.4 | Bohrungen | 124 |
| 10.2 | Vorfräsen | 125 |
| 10.3 | Formatieren einer beschichteten Platte | 125 |
| 10.4 | Topfband bohren | 126 |
| 10.5 | Bearbeiten spezieller Materialien | 127 |
| 10.5.1 | Bearbeitung von Corian® | 127 |
| 10.5.2 | Bearbeiten von Aluminium | 128 |
| 10.5.3 | Bearbeiten von Acryl | 129 |
| 10.6 | 5-Achs-Bearbeitung | 129 |
| 10.6.1 | Begriffe | 130 |
| 10.6.2 | Unterschiedliche Bearbeitungen | 130 |
| 10.6.3 | Besonderheiten | 131 |
| 10.7 | Kantenanleimen | 131 |
| 10.8 | Nesting | 133 |
| 10.8.1 | Bearbeitung | 134 |
| 10.8.2 | Spezielle Maschinenausstattung | 134 |
| 10.8.3 | Programmierung | 135 |
| 10.9 | Herstellen einer Vakuumspannschablone | 135 |
| 10.10 | CAD-WOP-CNC | 138 |
| 10.11 | Clipart gravieren | 139 |
| 10.12 | Vektorisieren von Pixeldateien | 142 |
| 10.13 | Freiformtaschen fräsen | 144 |
| 10.14 | Simulation von Fräsbahnen | 147 |
| | Stichwortverzeichnis | 149 |