

Vorwort

Verwendete Kurzzeichen

1 Zerspanungstheorie	1
1.1 Drehen	1
1.1.1 Geometrie der Schneide	1
1.1.2 Spezifischer Schnittdruck, Leistung	1
1.1.3 Schnittgeschwindigkeit, Standzeit, Vorschub	4
1.1.4 Vorschubkraft	7
1.2 Bohren	9
1.2.1 Geometrie der Schneide	9
1.2.2 Spezifischer Schnittdruck, Leistung	9
1.2.3 Schnittgeschwindigkeit, Standzeit, Vorschub	12
1.2.4 Vorschubkraft	15
1.3 Fräsen	15
1.3.1 Geometrie der Schneide	18
1.3.2 Spezifischer Schnittdruck, Leistung	18
1.3.3 Schnittgeschwindigkeit, Standzeit, Vorschub	21
1.3.4 Vorschubkraft	23
1.4 Beispielaufgaben	26
2 Führungen	27
2.1 Gleitende Führungen	27
2.1.1 Reibungskoeffizient	27
2.1.2 Verschleiß	34
2.1.3 Freßbeginn	34
2.1.4 Zusammenfassung	37
2.1.5 Klemmungsgefahr eines Schlittens	38
2.2 Wälzende Führungen	39
2.3 Hydrostatische Führungen	42
2.3.1 Taschendruck, Taschenfläche, Kräfte	43
2.3.2 Berechnung und Auslegung der Ölversorgung	45
2.4 Konstruktionsbeispiele Werkzeugmaschinenführungen	50
2.5 Beispielaufgaben	53
3 Spindellagerungen	54
3.1 Gleitlager für Hauptspindeln	54
3.2 Hydrodynamische Lager	56

3.3	Hydrostatische Lager	61
3.4	Wälzlager für Hauptspindeln	62
3.5	Steifigkeit von Hauptspindeln	66
3.5.1	Statische Steifigkeit von Hauptspindeln	67
3.5.2	Dynamische Steifigkeit von Hauptspindeln	70
3.6	Beispielaufgaben	73
4	Gestelle	74
4.1	Forderungen an die Gestelle hinsichtlich der Auslegung und Konstruktion	74
4.1.1	Gegengewicht oder Gewichtsausgleich	76
4.1.2	Aufstellung des Gestells auf Fundament	78
4.2	Werkstoffwahl, Fertigung	79
4.2.1	Guß- oder Schweißausführung	79
4.2.2	Gestelle aus Beton	79
4.2.3	Eigenspannungen in den Gestellen	81
4.2.4	Spanende Bearbeitung, thermische Behandlung	83
4.3	Steifigkeit der Gestelle	83
4.3.1	Statische Steifigkeit der Gestelle	83
4.3.2	Dynamische Steifigkeit der Gestelle	88
4.3.3	Berechnung von Gestellbauteilen mit Hilfe der Methodener der Finiten Elemente	90
4.4	Beispielaufgaben	91
5	Antriebe	92
5.1	Hauptantrieb	92
5.1.1	Hauptantrieb durch asynchronen Drehstrommotor mit konstanter Drehzahl	93
5.1.2	Hauptantrieb durch Gleichstrommotor	94
5.1.3	Hauptantrieb durch Hydromotor	104
5.2	Vorschubantrieb	106
5.2.1	Mechanische Vorschubantriebe	106
5.2.2	Vorschubantrieb durch Drehstrom-Servomotor	110
5.2.3	Vorschubantrieb durch Gleichstrommotor	111
5.2.4	Vorschubantrieb durch Hydromotor	114
5.2.5	Vorschubantrieb durch Hydraulikzylinder	116
5.2.6	Vorschubantrieb durch Schrittmotor	120
5.2.7	Dynamisches Verhalten des Vorschubantriebes	123
5.3	Beispielaufgaben	126
6	Dynamisches Verhalten der Maschine	127
6.1	Fremderregte Schwingungen	128
6.1.1	Freie Schwingungen	128
6.1.2	Erzwungene Schwingungen	130

6.2	Selbsterregte Schwingungen	133
6.2.1	Ruckendes Gleiten	133
6.2.2	Rattern	136
6.3	Statische Nachgiebigkeitsprüfung der Maschine	138
6.4	Untersuchung des dynamischen Verhaltens der Maschine außerhalb des Bearbeitungsvorganges	140
6.5	Untersuchung des dynamischen Verhaltens der Maschine während des Bearbeitungsvorganges	143
6.6	Verbesserung des dynamischen Verhaltens der Maschine	144
6.7	Beispielaufgaben	147
7	Maschinensteuerung	148
7.1	Allgemeine Begriffe für Steuerung und Regelung	148
7.2	Steuerungsarten für Werkzeugmaschinen	149
7.2.1	Kurvensteuerung	150
7.2.2	Hydraulische Steuerung	150
7.2.3	Pneumatische Steuerung	151
7.2.4	Elektrische Steuerung	153
	(manuelle Befehlseingabe, festverdrahtete Steuerung, Programmsteuerung mit geringer Schrittzahl, speicherprogrammierbare Steuerung, numerische Steuerung, CNC-Steuerung, DNC-Steuerung, Technologische ACC-Systeme, Technologische ACO-Systeme, Geometrische AC-Systeme, Meßsteuerung)	
7.3	Steuerungsarten bei numerischer Steuerung	165
7.3.1	Punktsteuerung	165
7.3.2	Streckensteuerung	165
7.3.3	Bahnsteuerung	166
7.4	Wirkungswege bei numerischer Steuerung	166
7.4.1	Offener Wirkungswege	166
7.4.2	Geschlossener Wirkungswege	169
7.5	Wegmeßsysteme bei numerischer Steuerung	170
7.5.1	Digitale und analoge Meßwerterfassung	171
7.5.2	Inkrementales und absolutes Meßverfahren	172
7.5.3	Direkte und indirekte Wegmessung	173
7.5.4	Kennlinien der Wegmeßsysteme	177
7.6	Dynamisches Verhalten des Lageregelkreises	179
7.6.1	Frequenzkennlinien der Maschine	179
7.6.2	Frequenzkennlinien der Steuerung	180
7.6.3	Frequenzkennlinien des kombinierten Systems Maschine – Steuerung	180
7.6.4	Stabilitätskriterium des Lageregelkreises	181
7.7	Beispielaufgaben	182

8 Einrichtungen zur Automation von Werkzeugmaschinen	183
8.1 Werkzeugwechsel	183
8.1.1 Revolver als Werkzeugspeicher	183
8.1.2 Maschine mit einem Spindelstock-Magazin	183
8.1.3 Maschine mit einem drehbaren, kegelförmigen Magazin	184
8.1.4 Abholprinzip	185
8.1.5 Manueller Werkzeugwechsel	185
8.1.6 Indirekter Werkzeugwechsel über einen Revolver	185
8.1.7 Direkter Werkzeugwechsel mittels einer Werkzeugwechseleinrichtung	186
8.2 Bohrkopfwechsel	200
8.3 Palettenwechsel	200
8.4 Industrieroboter	204
8.5 Beispielaufgaben	205
9 Bauarten und Bautypen von Werkzeugmaschinen	206
9.1 Sonderwerkzeugmaschinen aus Baueinheiten	206
9.2 Transferstraßen	209
9.3 Bearbeitungszentren	211
9.4 Flexible Fertigungssysteme und flexible Fertigungszellen	213
9.5 Beispielaufgaben	213
Anhang	215
Lösungen der Beispielaufgaben	215
Schrifttum	223
Autorenregister	227
Sachregister	228