

Inhaltsverzeichnis

1	Das Aufgabenfeld des Zerspanungsmechanikers	9	3.6	Beispiel zur Prüfmittelauswahl	64
2	Arbeitssicherheit beim Spanen	17	3.7	Qualitätsprüfung	65
2.1	Allgemeine Sicherheitsregeln	17	3.7.1	Prüfmittelüberwachung	66
2.2	Warn- und Hinweisschilder	18	3.7.2	Prüfdokumentation und Datensicherung	70
2.3	Arbeitssicherheit an Werkzeugmaschinen	19	3.8	Testing and Measuring	71
2.3.1	Allgemeine Sicherheitsregeln	19	4	Werkstofftechnik	73
2.3.2	Arbeitssicherheit beim Drehen und Fräsen	20	4.1	Aufbau der Werkstoffe	73
2.3.3	Arbeitssicherheit beim Schleifen	21	4.2	Einteilung der Werkstoffe	74
2.3.4	Arbeitssicherheit beim Bohren	21	4.2.1	Einteilung, Bezeichnung und Normung der Eisenwerkstoffe	74
2.4	Sicheres Arbeiten mit Hebezeugen und Anschlagmitteln	21	4.2.2	Bezeichnung der Gusswerkstoffe	79
2.5	Sicherheitsanforderungen an Fertigungssysteme	23	4.2.3	Bezeichnung und Normung von Nichteisenmetallen	79
2.6	Umgang mit elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen	24	4.2.4	Schneidstoffe nach DIN ISO 513	80
2.7	Umgang mit Kühlenschmiermitteln	26	4.3	Eisenwerkstoffe	83
2.8	Brandschutz	30	4.3.1	Zerspanbarkeit von Eisenwerkstoffen	83
3	Prüftechnik	31	4.3.2	Einfluss der Einstellwerte auf die Zerspanbarkeit	83
3.1	Die Entwicklung der Prüftechnik	31	4.3.3	Einfluss des Werkstoffs auf die Zerspanbarkeit	89
3.2	Aufbau der Messanordnung	33	4.3.4	Wärmebehandlung von Werkstücken und Werkzeugen	91
3.2.1	Begriffe der Messtechnik	34	4.4	Nichteisenmetalle	95
3.2.2	Messanordnungen	36	4.4.1	Einteilung und Benennung	95
3.2.3	Messabweichungen	38	4.4.2	Aluminium und Aluminiumlegierungen	96
3.3	Prüfen von Maßen, Formen und Lagen	39	4.4.3	Kupfer und Kupferlegierungen	97
3.3.1	Prüfen von Maßen und Maßtoleranzen	39	4.4.4	Bearbeitungsrichtwerte ausgewählter NE-Legierungen und Kunststoffe	99
3.3.2	Prüfen von Formen und Lagen	42	4.4.5	Sinterwerkstoffe	100
3.4	Prüfen von Oberflächen	48	4.5	Nichtmetalle	101
3.4.1	Grundbegriffe	48	4.5.1	Künstlich hergestellte Stoffe	101
3.4.2	Gestaltabweichungen	48	4.5.2	Hilfsstoffe	103
3.4.3	Rauheitsmessgrößen	49	4.5.2.1	Kühlschmierstoffe	103
3.4.4	Oberflächenprüfverfahren	49	4.5.2.2	Schmierstoffe	104
3.4.5	Bewertung der Oberflächengüte	51	4.5.3	Naturstoffe	107
3.4.6	Oberflächenangaben in Zeichnungen	51	4.6	Korrosion	108
3.4.7	Rauheitsberechnung	52	4.6.1	Korrosionsformen und Korrosionsarten	108
3.5	Toleranzen und Passungen	54	4.6.2	Korrosionsschutz	110
3.5.1	Grundbegriffe	54	4.7	Werkstoffprüfung	111
3.5.2	Allgemeintoleranzen	56	4.7.1	Mechanische Prüfverfahren	111
3.5.3	Maßtoleranzen	56	4.7.2	Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung	112
3.5.4	ISO-Toleranzen	57	4.7.3	Prüfung der Zerspanbarkeit	113
3.5.5	Passungsarten	59	4.8	Technology of materials	114
3.5.6	Passungssysteme	61			
3.5.7	Auswahl und Auswertung von Passtoleranzintervallen	63			

5	Spanende Fertigung auf Werkzeugmaschinen	115
5.1	Grundlagen des maschinellen Spanens	115
5.1.1	Historischer Rückblick	115
5.1.2	Zerspanverfahren	117
5.1.3	Zerspanungsprinzip	119
5.1.3.1	Spannungsbewegungen	119
5.1.3.2	Spanungsgeschwindigkeit	120
5.1.3.3	Schnitt- und Spanungsgrößen	123
5.1.4	Spanbildung	126
5.1.4.1	Spandickenstauchung λ_h	126
5.1.4.2	Spangeschwindigkeit v_{sp}	127
5.1.4.3	Scherwinkel Φ	127
5.1.4.4	Spanflächenreibwert μ_{sp}	127
5.1.4.5	Einfluss der Reibung auf die Spanbildung	128
5.1.4.6	Spanformen	129
5.1.4.7	Spanformdiagramm	129
5.1.4.8	Einflüsse auf die Spanformung	130
5.1.5	Zerspankräfte	131
5.1.5.1	Zerspankraftkomponenten	131
5.1.5.2	Spezifische Schnittkraft k_c	132
5.1.5.3	Schnittkraftberechnung	133
5.1.5.4	Einflussgrößen auf die Zerspankraft	134
5.1.5.5	Spanungsarbeit	135
5.1.6	Zerspanungsleistung	135
5.1.6.1	Schnittleistung	135
5.1.6.2	Maschinenleistung	136
5.1.6.3	Schnittmoment	136
5.1.7	Standkriterien des Werkzeugs	137
5.1.7.1	Standzeit	137
5.1.7.2	Standweg L	137
5.1.7.3	Standmenge	138
5.1.7.4	Ermittlung der Standzeit	138
5.1.7.5	Standzeitgerade	138
5.1.7.6	Einflüsse auf die Standzeit	139
5.1.8	Energiebilanz	139
5.1.9	Werkzeugverschleiß	140
5.1.9.1	Verschleißursachen	141
5.1.9.2	Verschleißformen	142
5.1.10	Schneidengeometrie	143
5.1.11	Fundamentals of metal cutting	145
5.2	Drehen	147
5.2.1	Spanungsbedingungen und Oberflächengüte	148
5.2.2	Schnittkraft und Schnittleistung	156
5.2.3	Bedeutung der Vorschubrichtung ..	158
5.2.4	Schneidstoffe für die Drehbearbeitung	160
5.2.5	Lage der Bearbeitungsfläche	164
5.2.6	Geometrische Form der Werkstückkontur	169
5.2.7	Arbeitsplanung beim Drehen	180
5.2.8	Turning	199
5.3	Fräsen	201
5.3.1	Fertigungsauftrag	201
5.3.2	Einteilung der Fräswerfahren	201
5.3.3	Arten der Bearbeitung	202
5.3.4	Werkzeugeingriff	202
5.3.5	Geometrische Form der Werkstückkontur	203
5.3.6	Bewegungen des Werkzeugs	206
5.3.7	Eigenschaften der Fräswerzeuge ..	208
5.3.8	Spanungsgrößen	216
5.3.9	Arbeitsbeispiel	217
5.3.10	Sonder-Fräswerzeuge	225
5.3.11	Maschinen- und Werkzeugauswahl	226
5.3.12	Arbeitsplanung beim Fräsen	228
5.3.13	Milling	236
5.4	Bohren, Senken, Reiben	238
5.4.1	Verfahren des Rundbohrrens	239
5.4.2	Verfahren des Rundreibens	246
5.4.3	Verfahren des Gewindebohrrens ..	249
5.4.4	Verfahren des Profilbohrrens	252
5.4.5	Verfahren des Profilreibens	253
5.4.6	Verfahren des Senkens	254
5.5	Schleifen	258
5.5.1	Schleifmittel	259
5.5.2	Schleifkörper	260
5.5.3	Betriebssicherheit beim Schleifen ..	264
5.5.4	Systematik der Schleifverfahren ..	270
5.5.5	Zerspanungsvorgang und Zerspanungsgrößen	271
5.5.6	Bewegungen, Kräfte und Schnittleistung	273
5.5.7	Zerspanungsbedingungen	275
5.5.8	Einsatz der Schleifverfahren	277
5.5.9	Arbeitsplanung beim Schleifen ..	285
5.5.10	Grinding	295
5.6	Stoßen, Hobeln und Räumen	297
5.6.1	Stoßen	297
5.6.2	Räumen	299
6	Aufbau, Funktion und Betrieb von Werkzeugmaschinen	301
6.1	Die Werkzeugmaschine als technisches System und Produktionsfaktor	301
6.2	Maschinenelemente	302
6.2.1	Verbindungselemente	302
6.2.1.1	Schraubenverbindungen	303
6.2.1.2	Stift- und Bolzenverbindungen ..	304
6.2.1.3	Mitnehmerverbindungen	304
6.2.2	Führungen und Lager	305
6.2.2.1	Lager	306
6.2.2.2	Führungen	307
6.2.2.3	Reibung	307
6.2.3	Achsen	309
6.2.4	Übertragungselemente	310
6.2.4.1	Wellen	310
6.2.4.2	Wellenkupplungen	311
6.2.4.3	Getriebe	312

6.3	Einteilung der Werkzeugmaschinen nach den Fertigungsverfahren	315	7	Automatisierung durch Steuern und Regeln	377
6.3.1	Bohrmaschinen	316	7.1	Automatisierung der Fertigung	377
6.3.2	Drehmaschinen	317	7.2	Steuern	377
6.3.2.1	Flachbett-drehmaschinen	317	7.3	Regeln	378
6.3.2.2	Schrägbettdrehmaschinen	317	7.4	Steuerungsarten	380
6.3.2.3	Frontalbettdrehmaschinen	317	7.5	Entwurf einer Steuerung	382
6.3.2.4	Senkrecht-Drehmaschine	318	7.5.1	Logische Grundschatungen	382
6.3.2.5	Drehautomaten	318	7.5.2	Darstellung der Steuerung	385
6.3.2.6	Konventionelle Drehmaschinen	320	7.6	Technische Ausführung einer Steuerung	389
6.3.2.7	CNC-Drehmaschinen	321	7.6.1	Aufbau pneumatischer Steuerungen	389
6.3.3	Fräsmaschinen	323	7.6.2	Bauteile pneumatischer Steuerungen	394
6.3.4	Schleifmaschinen	326	7.6.3	Elektrische Steuerungen	401
6.3.4.1	Rundschleifmaschinen	326	7.6.4	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	405
6.3.4.2	Planschleifmaschinen	327	8	Programmiertes Spanen und rechnergestützte Fertigung	409
6.3.5	Einzweckmaschinen	328	8.1	Konsequenzen des Einsatzes von CNC-Werkzeugmaschinen	409
6.3.6	Abtragende Maschinen	328	8.2	Aufbau und Wirkungsweise von CNC-Werkzeugmaschinen	410
6.4	Analyse, Projektierung und Inbetriebnahme einer Werkzeugmaschine	329	8.2.1	Vergleich von CNC-Maschinen mit herkömmlichen Werkzeugmaschinen	410
6.4.1	Analyse der Werkzeugmaschine	329	8.2.2	Messsysteme	412
6.4.1.1	Antriebseinheiten	330	8.2.3	Steuerung	415
6.4.1.2	Energieübertragungseinheit des Hauptantriebs	337	8.2.4	Steuerungsarten	418
6.4.1.3	Energieübertragungseinheit des Vorschubantriebs	339	8.3	Programmieren nach DIN 66025 und PAL	419
6.4.1.4	Stütz- und Trageeinheit	344	8.3.1	Grundlagen	420
6.4.2	Spannmittel für Werkzeuge und Werkstücke zum Bohren, Fräsen und Planschleifen	347	8.3.2	Schreiben des CNC-Programms	421
6.4.3	Spannmittel für Werkzeuge und Werkstücke zum Drehen und Rundschleifen	355	8.4	Übersicht über andere Programmierverfahren	435
6.4.4	Inbetriebnahme und Sicherheitsbestimmungen für Werkzeugmaschinen	358	8.5	Einrichten der Maschine	436
6.4.4.1	Inbetriebnahme der Werkzeugmaschine	358	8.6	Testen und Abarbeiten des Programmes	438
6.4.4.2	Anschlagmittel und Hebezeuge für den Transport von Lasten	361	8.7	Kommunikation in der Fertigung	439
6.4.4.3	Betriebssicherheit von Werkzeugmaschinen	366	8.8	Beispiel für ein CNC-Drehprogramm	440
6.5	Instandhaltung von Werkzeugmaschinen	369	9	Fertigungsoptimierung und Feinbearbeitung	445
6.5.1	Wartung	369	9.1	Fertigungstechnische Entwicklungstrends	445
6.5.2	Inspektion	371	9.2	Hochgeschwindigkeitsbearbeitung – HSC	446
6.5.3	Instandsetzung	372	9.2.1	Merkmale der HSC-Technologie	446
6.6	Steigerung der Qualitätsfähigkeit	373	9.2.2	Technologischer Hintergrund	447
6.7	Machine tools	375	9.2.3	Bearbeitungsstrategien	448
			9.2.4	Maschinentechnologie	450

9.2.5	Antriebskonzepte	451	10.4	Handhabungssysteme für flexible Fertigungsanlagen	485
9.2.6	HSC-Werkzeuge	452	10.4.1	Werkzeug-Handhabungssysteme ..	485
9.2.7	Werkzeugaufnahme	453	10.4.2	Werkstück-Handhabungssysteme ..	486
9.2.8	Unwucht rotierender Systeme	454	10.5	Transport und Materialfluss	490
9.3	Bearbeitung harter Werkstoffe	456	10.5.1	Flurgebundene Fördermittel ..	490
9.3.1	Hartzerspanung durch Drehen und Fräsen	456	10.5.2	Flurfreie Fördermittel	491
9.3.2	Ultraschallzerspanung	456	10.5.3	Aufgeständerte Fördermittel	492
9.3.3	Arbeitsbeispiel	457	10.6	Betriebliche Kennzahlen	493
9.4	Minimalmengenschmierung	458	11	Qualitätsmanagement	495
9.4.1	Quasi-Trockenbearbeitung	458	11.1	Zielsetzung	495
9.4.2	Dosiersysteme und Zuführung	459	11.2	Qualität	495
9.4.3	Schmiermittel	459	11.3	Qualitätskreis	496
9.4.4	Vorteile der Minimalmengenschmierung	459	11.4	Qualitätsmanagementsysteme	497
9.5	Trockenbearbeitung	460	11.4.1	Prozessorientierung	497
9.5.1	Vollschrägierung kontra Trockenbearbeitung	460	11.4.2	Komponenten des Qualitätsmanagements	498
9.5.2	Kontaktzeit	461	11.4.3	Kundenorientierung	499
9.6	Feinbearbeitungsverfahren	462	11.5	Qualitätssicherung in der Fertigung	500
9.6.1	Umformende Feinbearbeitungsverfahren	462	11.5.1	Untersuchung der Maschinenfähigkeit	500
9.6.2	Abtragende Feinbearbeitung	463	11.5.2	Ermittlung der Maschinenfähigkeit	502
9.6.2.1	Elektrochemisches Abtragen	464	11.5.3	Untersuchung der Prozessfähigkeit	504
9.6.2.2	Honen	465	11.6	Statistisches Qualitätsmanagement	505
9.6.2.3	Läppen	467	11.6.1	Grundlagen des statistischen Qualitätsmanagements	505
9.6.2.4	Ultraschallschwingläppen	468	11.6.2	Qualitätsregelkarten als Instrumente der Fertigungsüberwachung	506
9.6.2.5	Funkenerosives Abtragen	469	11.7	Stärkung des Unternehmens durch Qualitätsmanagement	509
9.6.3	Strukturgebende Verfahren	470	11.7.1	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess	509
9.6.3.1	Laserhonen	470	11.7.2	Zertifizierung als ein Ziel des Qualitätsmanagements	510
9.6.3.2	Laserstrukturieren	471	Sachwortverzeichnis	512	
9.6.3.3	Beschichten und Honen	472	Normen und Vorschriften	525	
10	Produktionsprozesse und Fertigungssysteme	473	Weiterführende Literatur	527	
10.1	Planung des Produktionsprozesses	473	Bildquellenverzeichnis	528	
10.1.1	Fertigungsplanung	475			
10.1.2	Fertigungssteuerung	476			
10.1.3	Ermittlung der Auftragszeit	477			
10.1.4	Kalkulation	478			
10.2	Organisation der Fertigung	479			
10.3	Flexible Fertigungsanlagen und Fertigungssysteme	480			
10.3.1	Einmaschinensystem	481			
10.3.2	Mehrmaschinensystem	483			