

Inhaltsverzeichnis

A ARBEITS- UND UMWELTSCHUTZ	
A1 GESUNDHEITSSCHUTZ	11
Allgemeine Sicherheitsregeln	11
Warn- und Hinweisschilder	12
Arbeitssicherheit an Werkzeugmaschinen	13
Allgemeine Sicherheitsregeln	13
Arbeitssicherheit beim Drehen und Fräsen	14
Arbeitssicherheit beim Schleifen	15
Arbeitssicherheit beim Bohren	15
Sicheres Arbeiten mit Hebezeugen und Anschlagmitteln	15
Sicherheitsanforderungen an Fertigungssysteme	17
Umgang mit elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen	18
Umgang mit Kühlschmiermitteln	20
Brandschutz	24
A2 UMWELTSCHUTZ	25
A3 ERSTE HILFE	27
G GRUNDLAGEN	
G1 MECHANIK	29
G2 PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN	30
Masse, Dichte und Volumen	30
Kraft und Kraftarten	30
Kraftwirkungen	30
Die Gewichtskraft	31
Reibungskraft	32
Gleichförmige Bewegung	33
Gleichmäßig beschleunigte Bewegung	33
Kraft und Beschleunigung	33
Drehmoment	34
Energie und Arbeit	35
Leistung	36
Wirkungsgrad	36
G3 CHEMISCHE GRUNDLAGEN	37
Metalle	37
Metalllegierungen	38
Mischkristall	38
Kristallgemisch	38
G4 ELEKTROTECHNISCHE GRUNDLAGEN	39
Der elektrische Stromkreis	39
Die elektrische Spannung	39
Der elektrische Strom	40
Der elektrische Widerstand	41
Schaltung von Widerständen	42
Reihenschaltung von Widerständen	42
Parallelschaltung von Widerständen	43
Stromarten	44
Elektrische Leistung und elektrische Arbeit	45
Überstrom-Schutzeinrichtungen	46
Fehler an elektrischen Anlagen	47
Schutzmaßnahmen bei elektrischen Maschinen	48
Hinweise für den Umgang mit Elektrogeräten	50
G5 FESTIGKEITSLERE	51
Aufgaben und Ziele	51
Grundbelastungsfälle	52
Beanspruchung auf Zug	52
Zugspannung	52
Flächenpressung	53
W WERKSTOFFTECHNIK	
W1 EINTEILUNG DER WERKSTOFFE	54
Einteilung und Bezeichnung der Eisenwerkstoffe	54
Stahlerzeugende Industrie	55
Stahlwerkstoffe	56
Gusseisenwerkstoffe	57
Nichteisenmetallwerkstoffe	58
W2 WERKSTOFFPRÜFTECHNIK	59
Werkstoffprüfung metallischer Werkstoff durch zerstörende Prüfverfahren	59
Zugversuch	59
Druckversuch	61
Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy	61
Prüfung der Dauerschwingfestigkeit	61
Härteprüfung	62
Härtevergleichstabelle	63
Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung	64
Technology of materials	65

Werkstoffprüfung von Kunststoffen	66	W7 GUSSEISENWERKSTOFFE	87
Zugprüfung	66	Gusseisen mit Lamellengraphit (EN-GJL)	88
Härteprüfung	66	Gusseisen mit Kugelgraphit (EN-GJS)	88
CHARPY-Prüfung	67	Temperguss	
Zerstörungsfreie Werkstoffprüfverfahren	67	(EN-GJMW und EN-GJMB)	89
W3 WÄRMEBEHANDLUNG	68	Gusseisen mit Vermiculargraphit (EN-GJV)	89
Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen	68	Austenitisches Gusseisen (EN-GJLA)	90
Glühverfahren der Eisenwerkstoffe	69	Stahlguss (G)	90
Härteverfahren der Stahlwerkstoffe	70	W8 NICHEISENMETALLE	91
Wärmebehandlung von Schneidwerkzeugen	71	Einteilung der NE-Metalle	91
Wärmebehandlung von Nicht-Eisenwerkstoffen	72	Norm-Bezeichnungen von NE-Metallen	91
W4 HALBZEUGE	73	Aluminiumlegierungen	92
Ausgewählte Stahlsorten für Halbzeuge	73	Kupferlegierungen	93
Herstellung von Halbzeugen	74	Magnesiumlegierungen	94
Stahlerschmelzung	74	Nickelbasislegierungen	94
Strangguss	74	Titanlegierungen	94
Warmwalzen	74	W9 SINTERMETALLE	95
Kaltwalzen	74	Normung der Sinterwerkstoffe	95
Kaltziehen	74	Mechanische Eigenschaften von Sintermetallen nach	
Strangpressen	75	DIN EN 30910-1	96
Stahlprofile (Auswahl)	75	Gesinterte Werkstücke (Bezeichnungsbeispiele)	96
Aluminiumprofile (Auswahl)	75	W10 KUNSTSTOFFE	97
W5 ZERSPANBARKEIT	76	Einteilung der Kunststoffe	97
Zerspanungshauptgruppen (Werkstoffeinfluss)	76	Eigenschaften und Verwendung	98
Zerspankraft F	78	Thermisches Wärmeverhalten der Kunststoffe –	
Spanform	78	Allgemeine Zerspanungshinweise	99
Spandickenstauchung	78	Duroplaste und Schichtverbunde	100
Werkzeugverschleiß und Standzeit	79	CFK-Metall-Schichtverbunde (Stacks)	100
Standzeit T	79	Zerteilen und Sonderverfahren	101
Zerspanungskenngröße Oberflächengüte	80	F FERTIGUNGSTECHNIK	
W6 STAHLWERKSTOFFE	81	F1 GRUNDLAGEN	102
Stähle für den Stahlbau	81	Historischer Rückblick	102
Stähle für den Maschinenbau	82	Zerspanverfahren	104
Stähle für den Druckbehälterbau	82	Zerspanungsprinzip	106
Einsatzstähle	83	Spannungsbewegungen	106
Vergütungsstähle	83	Spannungsgeschwindigkeit	107
Nitrierstähle	84	Schnitt- und Spannungsgrößen	110
Automatenstähle	84	Spanbildung	113
Hochlegierte korrosionsbeständige Stähle	85	Spandickenstauchung λ_h	113
Warmfeste Stähle	85	Spangeschwindigkeit v_{sp}	114
Warm- und Kaltarbeitsstähle	86	Scherwinkel Φ	114
Federstähle und AFP-Stähle	86	Spanflächenreibungswert μ_{sp}	114
		Einfluss der Reibung auf die Spanbildung	115

Spanformen	116	F6 FRÄSTECHNIK	161
Spanformdiagramm	116	Einteilung der Fräsverfahren	161
Einflüsse auf die Spanformung	117	Schnittgrößen beim Fräsen	163
Zerspankräfte	118	Vermeidung von Problemen beim Fräsen	170
Zerspankraftkomponenten	118	Teilung am Fräswerkzeug	170
Spezifische Schnittkraft k_c	119	Fräswerkzeuge	171
Schnittkraftberechnung	120	Besondere Fräsverfahren	172
Einflussgrößen auf die Zerspankraft	121	Aktuelle Technologien	177
Spanungsarbeit	122	Bauformen von Fräsmaschinen	178
Zerspanungsleistung	122	Fräsmaschinen mit horizontaler Bearbeitungsachse	178
Schnittleistung	122	Fräsmaschinen mit vertikaler Bearbeitungsachse ...	179
Maschinenleistung	123	Berechnungen der Hauptnutzungszeit	185
Schnittmoment	123	Herstellung eines Komplettbearbeitungswerkzeugs ...	190
Standkriterien des Werkzeugs	124	Kundenauftrag	190
Standzeit	124	Projektierung	190
Standweg L_f	124	Betriebliche Leistungsprozesse	191
Standmenge	125	F7 DREHTECHNIK	196
Ermittlung der Standzeit	125	Allgemeines	196
Standzeitgerade	125	Schnittgrößen beim Drehen	197
Einflüsse auf die Standzeit	126	Innenausdrehen	203
Energiebilanz	126	Abstech- und Einstechdrehen	205
Werkzeugverschleiß	127	Besondere Drehverfahren	207
Verschleißursachen	128	Arbeitsplanung beim Drehen	208
Verschleißformen	129	Berechnungen und Beispiele zur Arbeitsplanung ...	209
Schneidengeometrie	130	Rauheitsberechnung	210
Fundamentals of metal cutting	132	Berechnungen der Hauptnutzungszeit	215
F2 SCHNEIDSTOFFE UND BESCHICHTUNGEN	134	Beispiel zur Arbeitsplanung beim Drehen	216
Schneidstoffe	135	F8 AUTOMATENDREHTECHNIK	232
Hartmetalle	137	Fertigungskriterien	232
Cermets	138	Drehautomaten	232
Kubisches Bornitrid, BN (CBN)	140	F9 GEWINDEHERSTELLUNG	235
Diamant	141	Allgemeines	235
F3 BOHRVERFAHREN	142	Innengewindefräsen	236
Bohren und Senken	142	Gewindedrehfräsen	238
Bohren ins Volle	143	Gewindewirbeln	239
Profilbohren	150	Gewindedrehen	239
Senken	152	F10 RÄUMEN, HOBELN UND STOSSEN	243
Plansenken	154	Räumen	243
F4 REIBEN	155	Hobeln und Stoßen	245
Rundreiben	155	F11 SCHLEIFTECHNIK	246
Profilreiben	158	Systematik der Schleifverfahren	247
F5 SÄGEN	159	Schleifprozess	248
Sägeverfahren	159	Zerspanungsvorgang und Zerspanungsgrößen	250
Sägeblätter	159	Härte und Gefüge	256
Automatische Bandsäge	160		

Schleiftechnisches Grundprinzip	257
Schnittwerte beim Schleifen	260
Werkzeugverschleiß beim Schleifen	262
Betriebssicherheit beim Schleifen	267
Rundschleifverfahren	268
Arbeitsplanung beim Schleifen	274
Grinding	282

F12 FEINBEARBEITUNGSVERFAHREN 284

Umformende Feinbearbeitungsverfahren	284
Elektrochemisches Abtragen	286
Honen	287
Läppen	289
Ultraschallschwingläppen	290
Funkenerosives Abtragen	291
Strukturgebende Verfahren	292
Laserhonen	292
Laserstrukturieren	293
Beschichten und Honen	294

F13 FÜGEVERFAHREN 295

Press- und Schnappverbindungen	298
Pressverbindungen	298
Schnappverbindungen	299
Kleben	300
Löten	302
Grundlagen des Lötens	302
Lötverfahren	304
Lote	305
Flussmittel	306
Beispiel einer Lötarbeit	307
Schweißen	308
Einteilung der Schweißverfahren	308
Gestaltung der Schweißstelle	309
Lichtbogenschweißen	310
Schutzgasschweißen	313
Gasschmelzschweißen	316
Strahlschweißen	318
Pressschweißen	319
Einsatz der Schweißverfahren	320
Prüfen von Schweißverbindungen	320

F14 UMFORMEN 321

Verhalten der Werkstoffe beim Umformen	321
Umformverfahren	321
Biegeumformen	322
Festlegung der gestreckten Länge	322
Biegeradius	323

F15 ZERSPANUNGSTECHNOLOGIE 324

Fertigungstechnische Entwicklungstrends	324
Hochgeschwindigkeitsbearbeitung – HSC	325
Merkmale der HSC-Technologie	325
Technologischer Hintergrund	326
Bearbeitungsstrategien	327
Maschinentechnologie	329
Antriebskonzepte	330
HSC-Werkzeuge	331
Werkzeugaufnahme	332
Unwucht rotierender Systeme	333
Bearbeitung harter Werkstoffe	335
Minimalmengenschmierung	337
Trockenbearbeitung	339

F16 FERTIGUNGSVERFAHREN 341

Die Optimierung von Fertigungsabläufen	343
Urformen	345
Urformen mit formgebendem Werkzeug aus dem flüssigen Zustand, Gießen	345
Der prinzipielle Verfahrensablauf beim Gießen	346
Erstarrungsvorgänge	346
Gießverfahren	347
Urformen mit formgebendem Werkzeug aus dem breiigen Zustand	352
Urformen mit formgebendem Werkzeug aus dem pulverförmigen Zustand	353
Additive Fertigungsverfahren	355
Stereolithographie (SL)	356
Solid Ground Curing (SGC)	356
Selective Laser Sintering (SLS)	357
3D-Printing (3DP)	357
Fused Deposition Modelling (FDM)	358
Layer Objekt Manufacturing (LOM)	358
Abformverfahren und Folgeprozesse	358
Umformtechnik	359
Druckumformen	360

B BETRIEBSTECHNIK

B1 WARTUNG UND INSTANDHALTUNG 362

Wartung	362
Inspektion	364
Instandsetzung	365
Verbesserung	366
Steigerung der Qualitätsfähigkeit	367

B2 BETRIEBSSTOFFE	369	Qualitätskreis	428
Schmierstoffe	369	Qualitätsmanagementsysteme	429
Schmierstoffarten	370	Prozessorientierung	429
Festschmierstoffe	372	Komponenten des Qualitätsmanagements	430
Kühlschmierstoffe KSS	372	Qualitätssicherung (Qualitätsprüfung)	431
B3 WERKZEUGMASCHINEN	376	Prüfmittelüberwachung	432
Die Werkzeugmaschine als technisches System und Produktionsfaktor	376	Prüfdokumentation und Datensicherung	436
Einteilung der Werkzeugmaschinen nach den Fertigungsverfahren	377	Kundenorientierung	437
Bohrmaschinen	378	Qualitätssicherung in der Fertigung	438
Drehmaschinen	379	Untersuchung der Maschinenfähigkeit	438
Fräsmaschinen	383	Ermittlung der Maschinenfähigkeit	440
Schleifmaschinen	386	Untersuchung der Prozessfähigkeit	442
Sondermaschinen	388	Statistisches Qualitätsmanagement	443
Abtragende Maschinen	388	Grundlagen des statistischen Qualitätsmanagements	443
Antriebseinheiten einer Werkzeugmaschine	389	Qualitätsregelkarten als Instrumente der Fertigungsüberwachung	444
Energieübertragungseinheit des Hauptantriebs	393	Stärkung des Unternehmens durch Qualitätsmanagement	447
Energieübertragungseinheit des Vorschubantriebs	395	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess	447
Stütz- und Trageeinheit	398	Zertifizierung als ein Ziel des Qualitätsmanagements	448
Sicherheitseinrichtungen an einer Werkzeugmaschine	399	Umweltmanagement	449
Betriebssicherheit von Werkzeugmaschinen	399	Q3 PRÜFTECHNIK	450
Inbetriebnahme von Werkzeugmaschinen	400	Die Entwicklung der Prüftechnik	450
Machine tools	401	Aufbau der Messanordnung	452
B4 SPANNTECHNIK	403	Begriffe der Messtechnik	453
Werkzeugspanntechnik	403	Messanordnungen	455
B5 ANSCHLAGMITTEL	413	Messabweichungen	457
Anschlagketten	413	Prüfen von Maßen, Formen und Lagen	458
Anschlagseile	416	Prüfen von Maßen und Maßtoleranzen	458
Hebebänder und Rundschnitten	418	Prüfen von Formen und Lagen	461
Q PRODUKTIONSPLANUNG UND QUALITÄTSMANAGEMENT		Prüfen von Oberflächen	467
Q1 PRODUKTIONSPLANUNG UND PRODUKTIONSSTEUERUNG	419	Grundbegriffe	467
Planung des Produktionsprozesses	419	Gestaltabweichungen	467
Fertigungssteuerung	422	Rauheitsmessgrößen	468
Ermittlung der Auftragszeit	423	Oberflächenprüfverfahren	468
Kostenrechnung	424	Bewertung der Oberflächengüte	470
Kostenstellenrechnung	424	Oberflächenangaben in Zeichnungen	470
Kostenträgerrechnung	426	Toleranzen und Passungen	471
Q2 QUALITÄTSMANAGEMENT	427	Grundbegriffe	471
Zielsetzung	427	Allgemeintoleranzen	473
Qualität	427	Maßtoleranzen	473
		ISO-Toleranzen	474
		Geometrische Produktspezifikation ISO-GPS	476
		Passungsarten	477
		Passungssysteme	479
		Auswahl und Auswertung von Passtoleranzintervallen	481

Beispiel zur Prüfmittelauswahl	482
Testing and Measuring	483

S STEUERUNGS- UND REGELUNGSTECHNIK

S1 AUTOMATISIERUNG DURCH STEUERN UND REGELN 485

Automatisierung der Fertigung	485
Steuern	485
Regeln	486
Steuerungsarten	487
Entwurf einer Steuerung	489
Logische Grundsaltungen	489
Darstellung der Steuerung	492
Technische Ausführung einer Steuerung	496
Aufbau pneumatischer Steuerungen	496
Beispiel: Biegevorrichtung	497
Bauteile pneumatischer Steuerungen	501
Elektrische Steuerungen	508
Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	512
Projekt Bohrvorrichtung	515
Projekt Schutztür	516
Energieeffizienz in der Pneumatik	517
Hydraulik	518
Physikalische Grundlagen	518
Aufbau hydraulischer Steuerungen	520

S2 REGELUNGSTECHNIK AN WERKZEUGMASCHINEN 521

Grundbegriffe	521
Regler und Regelkreise	522
Schaltende Regler	522
Lageregelung (Positionierantriebe)	523
Kaskadenregelung	523
Geschwindigkeitsvorsteuerung	524

S3 FLEXIBLE FERTIGUNGSANLAGEN 525

Organisation der Fertigung	525
Einmaschinensystem	527
Mehrmaschinensystem	529
Handhabungssysteme für flexible Fertigungsanlagen ..	531

Werkzeug-Handhabungssysteme	531
Werkstück-Handhabungssysteme	532
Transport und Materialfluss	536
Flurgebundene Fördermittel	536
Flurfreie Fördermittel	537
Aufgeständerte Fördermittel	538
Industrie 4.0	539
Cyber Physical Systems (CPS)	540
Embedded Systems	540

S4 AUFBAU VON CNC-WERKZEUGMASCHINEN 542

Merkmale von CNC-Werkzeugmaschinen	542
Antriebssysteme	543
Messsysteme	546
Inkrementale Weg- und Winkelmessung	547
Absolute Weg- und Winkelmessung	548
Direkte und indirekte Weg- und Winkelmessung	550

S5 NUMERISCHE STEUERUNGEN 553

Konsequenzen des Einsatzes von CNC- Werkzeugmaschinen	553
Steuerung	554
Steuerungsarten	557
Programmierung	558
Grundlagen	559
Schreiben des CNC-Programms	560
Drehbearbeitung in der G17-Ebene	573
Übersicht über andere Programmierverfahren	575
Dialog- und Werkstattprogrammierung	575
CAD-CAM Bearbeitung	576
Einrichten der Maschine	577
Testen und Abarbeiten des Programms	579
Kommunikation in der Fertigung	580
Beispiel für ein CNC-Drehprogramm	581

SACHWORTVERZEICHNIS 586

BILDQUELLENVERZEICHNIS 603