

Horst H. Raab

**Wirtschaftliche
Fertigungstechnik**

Aus dem Programm Fertigungstechnik

Wirtschaftliche Fertigungstechnik von Horst H. Raab

Lehrbücher zu anderen Gebieten der Fertigungstechnik:

Umformtechnik, von K. Grüning

Stanztechnik, von E. Semlinger

Meß- und Prüftechnik, von M. Naumann

Werkzeugmaschinen, von B. Perović

Zerspantechnik, von K.-Th. Preger und E. Paucksch

Handbücher:

Arbeitshilfen und Formeln für das technische Studium
Band 3 Fertigung, von A. Böge

Das Techniker Handbuch, von A. Böge

Handbuch Industrieroboter, von H. H. Raab

Betriebsfestigkeitsberechnung, von W. U. Zammert

Horst H. Raab

Wirtschaftliche Fertigungstechnik

Mit 396 Bildern,
zahlreichen Beispielen und Aufgaben



Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Raab, Horst H.:

Wirtschaftliche Fertigungstechnik/Horst H. Raab. –

Springer Fachmedien Wiesbaden, 1984.

(Viewegs Fachbücher der Technik)

ISBN 978-3-528-04297-4

ISBN 978-3-663-06860-0 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-663-06860-0

1984

Alle Rechte vorbehalten

© Springer Fachmedien Wiesbaden 1984

Ursprünglich erschienen bei Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig 1984

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1984

Die Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte, Zeichnungen oder Bilder, auch für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, gestattet das Urheberrecht nur, wenn sie mit dem Verlag vorher vereinbart wurden. Im Einzelfall muß über die Zahlung einer Gebühr für die Nutzung fremden geistigen Eigentums entschieden werden. Das gilt für die Vervielfältigung durch alle Verfahren einschließlich Speicherung und jede Übertragung auf Papier, Transparente, Filme, Bänder, Platten und andere Medien. Dieser Vermerk umfaßt nicht die in den §§ 53 und 54 URG ausdrücklich erwähnten Ausnahmen.

ISBN 978-3-528-04297-4

Vorwort

Das Buch hat sich zum Ziel gesetzt, die Fertigungsverfahren der DIN 8580 nach wirtschaftlichen Punkten zu behandeln. Das muß, wegen der Fülle des Stoffes zwangsläufig dazu führen, daß die einzelnen Themenkomplexe oft nur angedeutet werden. Nur viel angewandte Verfahren werden beschrieben, weniger bekannte können nur erwähnt und Verfahren, die sich erst im Versuchsstadium befinden, konnten nicht angeführt werden.

Das *wirtschaftliche Fertigungsverfahren* steht im Vordergrund. Hierbei ist von Bedeutung Werkstückwerkstoff, Werkstückform, Anzahl der Werkstücke, konkurrierende Bearbeitungsverfahren, Werkzeuge, Schneidstoff, Schmierung, Werkzeugmaschine und Werkzeugmaschineneinstellung.

Besonderer Wert wurde dabei auf die exemplarische Darstellung anhand viel benötigter Teile gelegt.

Die Textfülle war nur durch viele Tabellen, knappe Beschreibung, viele Skizzen, die zusammen mit den Bildunterschriften zum Text *nicht* redundant sind, zu bewältigen. Dabei war aber kein reines Tabellenwerk geplant, vielmehr sollte der Sinn der tabellarischen Darstellung in der Kürze der Darbietung liegen. Daher wurde auch z.B. in den einzelnen Kapiteln darauf verzichtet, Werte aus der Zerspantechnik oder Umformtechnik, die reine Maschineneinstellung betrafen, zu tabellieren. Auch hierfür sind Beispiele für typische Prozesse aufgeführt.

Gegenüber dem Text wurde im Zweifelsfalle der Skizze und dem Bild der Vorzug gegeben. Das geschah bewußt aus zwei Gründen:

- Skizzen benötigen weniger Raum als Text um einen fertigungs-technisch-maschinenbaulichen Zusammenhang darzustellen und
- Skizzen sind letztlich doch das Ausdrucksmittel des „Maschinenbauers“.

Hinweise auf die Norm wurden gebracht, wo immer es nur möglich war. Dabei ist zu beachten, daß die Norm inzwischen ein Eigenleben führt:

- das Werk der DIN Normen, VDI-Richtlinien usw. ist sehr umfangreich geworden,
- es werden laufend neue Normen erzeugt.

Oft reichte der Platz nur dazu, die Normen in Tabellen zusammen mit den jeweiligen Gegenständen zusammenzufassen.

In einigen Fällen, wo die Norm zu akademisch war, wurde von ihr unter Hinweis auf eine mehr praktische Systematisierung abgewichen, z.B. bei der Einteilung der Verfahren der Umformtechnik. Hierzu ist zu sagen, daß eine Systematisierung nach sehr vielen Gesichtspunkten möglich ist, wobei die DIN-Norm sicherlich Wert auf Allgemeingültigkeit, nicht nur für den Maschinenbau sondern eben auch für die Physik usw. legen muß. Diese Akzentuierung widerspricht aber der Schwerpunktbildung des vorliegenden Buches hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit.

Das Buch stellt das Fertigungsverfahren in den Vordergrund. Dabei wird großer Wert auf industrielle Fertigung gelegt. Daher wurden die Verfahren sozusagen in einem Rahmen eingebettet. Dieser Rahmen ist abgesteckt durch Werkzeuge, Werkzeugmaschinen und Anlagen, auf denen die Werkstücke in einer bestimmten Stückzahl hergestellt werden. Deswegen wird in einem einführenden Kapitel alles mit der Fertigung im Zusammenhang stehende wie z.B. Umwelteinflüsse, Genauigkeit, Messung von Werkstücken, Recycling, Energiefragen usw. behandelt, während in einem abschließenden Kapitel alles zusammengefaßt wurde, was mit Automatisierung zu tun hat. Damit behandeln die dazwischenliegenden Kapitel nur die reinen Fertigungsverfahren. Auch in den Rahmenkapiteln war von großer Bedeutung, daß die jeweilige Darstellung anhand von praktischen Beispielen erfolgte, von denen eine ganze Reihe die Wirtschaftlichkeit konkurrierender Fertigungsverfahren vergleicht.

Das Buch soll dem Maschinenbaustudenten außerdem zeigen, daß der moderne Maschinenbau heute nur noch mithilfe der

- Elektronischen Datenverarbeitung,
- Regelungstechnik,
- Elektronik und
- Betriebswirtschaftslehre

Lösungen für die anfallenden Probleme finden kann.

Mein Dank gilt den Firmen Deckel, Hoesch, Hoffmann, Mannesmann, Masing-Kirkhof, Schütte. Besonderen Dank schulde ich Herrn Dipl.-Ing. Walter, Herrn Dr.-Ing. Politsch sowie Herrn Professor Stöckmann. Dem Vieweg Verlag danke ich dafür, daß das Buch in dieser Form möglich wurde.

Bischofsheim, Frühjahr 1984

Horst H. Raab

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Punkte	1
1.1	Ordnungs- und Bewertungskriterien	1
1.1.1	Einteilung der Fertigungsverfahren	1
1.1.2	Wirtschaftlichkeit	1
1.2	Genauigkeit	5
1.2.1	Maß-, Lage- und Formgenauigkeit	5
1.2.2	Fertigungsgenauigkeit	8
1.2.2.1	Fertigungsunsicherheit Werkzeug	9
1.2.2.2	Fertigungsunsicherheit Werkzeugmaschine	10
1.2.2.3	Fertigungsunsicherheit durch Werkstück	19
1.2.2.4	Fertigungsunsicherheit durch Messung	19
1.2.3	Meßregelungen an Werkzeugmaschinen	19
1.2.4	Verzahnungsfehler	21
1.3	Messen	22
1.3.1	Längenmeßtechnik	23
1.3.2	Winkelmeßtechnik	24
1.3.3	Oberflächenmeßtechnik	25
1.3.4	Formmeßtechnik	25
1.3.5	Meßgeräte	25
1.4	Werkstückwerkstoffe	26
1.4.1	Metallstruktur	27
1.4.2	Legierung	27
1.4.3	Modellvorstellungen	30
1.4.4	Reibung	32
1.4.4.1	Werkzeugabnutzung	33
1.4.4.2	Standzeit	35
1.4.4.3	Kühlschmierung Zerspantechnik	40
1.4.4.4	Schmierung Kaltumformung	42
1.4.4.5	Schmierung Warmumformung	44
1.4.4.6	Schmierstoffträger	45
1.4.5	Entzunderung	46
1.5	Umweltschutz	46
1.5.1	Rohstoffverknappung	47
1.5.2	Wasseraufbereitung	48
1.5.3	Säureaufbereitung	48
1.5.4	Kühlmittelaufbereitung	49
1.5.5	Späneentsorgung	50
1.5.5.1	Späneförderer	51
1.5.5.2	Späneentölung	51

1.5.6	Entsorgung von Lösungen zum Beschichten	51
1.5.7	Lärm	53
1.6	Maschinenaufstellung und Instandhaltung	56
1.6.1	Fundamentierung Zerspantechnik	58
1.6.2	Fundamentierung Umformtechnik	60
1.6.3	Maschineninstandhaltung	61
1.7	Steifigkeit von Werkzeugmaschinen	62
1.7.1	Statische Steifigkeit	63
1.7.2	Dynamische Steifigkeit	65
1.7.3	Thermische Steifigkeit	68
1.7.4	Finite Elemente Methode	72
1.7.4.1	CAD/CAM	73
1.8	Menschliche Umweltbedingungen im Arbeitsvorfeld	74
1.8.1	Beleuchtung	74
1.8.2	Behaglichkeit	75
1.8.3	Unfallverhütung	75
1.8.4	Ergonomie	76
1.9	Sonderfertigungen	78
1.9.1	Konkurrierende Verfahren der Großserienfertigung	78
1.9.2	Herstellung von Verzahnungen	78
1.9.3	Gewindeherstellung	82
2	Urformen	84
2.1	Allgemeine Verfahrenseigenschaften	84
2.1.1	Einteilung des Verfahrens Urformen	84
2.2	Gießverfahren mit Dauerform	85
2.2.1	Kokillenguß	85
2.2.2	Strangguß	85
2.2.3	Schleuderguß	88
2.2.4	Druckguß	89
2.3	Pulvermetallurgie	91
2.3.1	Sinterhartmetall	93
3	Umformen	95
3.1	Allgemeine Verfahrenseigenschaften	95
3.1.1	Begriffe aus der Plastizitätstheorie	95
3.1.2	Festigkeitshypothesen	102
3.1.3	Fließbedingung	102
3.1.4	Elementare Plastomechanik	103
3.1.4.1	Tensorinvarianz	103
3.1.4.2	Tensordeviator	104
3.1.5	Umformkraft – Umformarbeitsberechnung	105
3.1.6	Werkzeugwerkstoffe	105
3.1.7	Werkzeugmaschinen (Anlagen) Umformtechnik	109
3.2	Einteilung der Verfahren der Umformtechnik	111

3.3	Halbzeugherstellung	112
3.3.1	Walzanlagen	113
3.3.2	Blechherstellung	115
3.3.2.1	Warm-Breitbandstraße	115
3.3.2.2	Kaltbandwalzwerk	116
3.3.3	Profilstahlherstellung	117
3.3.4	Rohrherstellung	117
3.3.4.1	Rohrkontiststraße	123
3.3.5	Vorgänge im Walzspalt	123
3.3.6	Strangpressen	125
3.3.7	Strangziehen	127
3.4	Halbzeugverarbeitung	130
3.4.1	Massiv-Kaltumformung	130
3.4.1.1	Fließpressen	131
3.4.1.1.1	Wirtschaftlichkeitsvergleich Kaltfließpressen – Drehen	132
3.4.1.2	Prägen	137
3.4.1.3	Rundkneten	137
3.4.2	Massiv-Warmumformung	138
3.4.2.1	Freiformen	138
3.4.2.2	Gesenkformen	138
3.4.2.2.1	Wirtschaftlichkeitsvergleich Kaltfließpressen – – Halbwarmfließpressen	141
3.4.2.2.2	Wirtschaftlichkeitsvergleich Kaltfließpressen – – Halbwarmfließpressen – Gesenkformen	143
3.5	Blechverarbeitung	145
3.5.1	Tiefziehen	145
3.5.2	Abstreckziehen	149
3.5.3	Streckziehen	149
3.5.4	Stülpziehen	150
3.5.5	Hochenergie- und Hochleistungsumformung	152
3.5.6	Drücken	153
3.5.7	Biegen	153
4	Trennen	156
4.1	Allgemeine Verfahrenseigenschaften	156
4.2	Zerteilen	156
4.2.1	Einteilung des Verfahrens Zerteilen	156
4.2.2	Schneiden	157
4.2.3	Rohteilherstellung für die Massivumformung	161
4.3	Spanen	161
4.3.1	Aufbau, Flächen, Kanten, Winkel am Drehmeißel	162
4.3.2	Kräfte am Werkzeug	165
4.3.3	Schnittkraftberechnung	165
4.3.4	Spanbildung	178

4.3.5	Energieumwandlung beim Zerspanen	179
4.3.6	Zerspanungswärme	179
4.3.7	Werkzeug (Drehstahl)	179
4.3.7.1	Drehstahl – Werkzeugform	180
4.3.7.2	Schneidstoffe für spanende Fertigungsverfahren mit definierter Schneide	186
4.3.7.3	Wirtschaftlichkeitsvergleich: Hartmetall – – Schneidkeramik	189
4.3.8	Werkzeugmaschinen Zerspantechnik	193
4.3.9	Spanende Fertigungsverfahren mit definierter Schneide	193
4.3.9.1	Drehen	194
4.3.9.2	Bohren	195
4.3.9.2.1	Wirtschaftlichkeitsvergleich: Stufensenker – – Aufbohrwerkzeug mit HM Wendeschneid- platte	201
4.3.9.3	Räumen	201
4.3.9.4	Fräsen	201
4.3.9.4.1	Wirtschaftlichkeitsvergleich: Fräsen – – Räumen	209
4.3.10	Spanende Fertigungsverfahren mit nicht definierter Schneide	211
4.3.10.1	Schleifen	211
4.3.10.2	Honen	221
4.3.10.3	Läppen	222
4.4	Abtragen	223
4.4.1	Einteilung des Verfahrens Abtragen	223
4.4.2	Verfahrenseigenschaften beim Abtragen	223
4.4.3	Elysierformengraten	227
4.4.4	Wirtschaftlichkeitsvergleich: Erodieren – Fräsen	227
4.4.5	Schneiden mit Laserstrahlen	228
5	Fügen	230
5.1	Allgemeine Verfahrenseigenschaften	230
5.2	Einteilung des Verfahrens Schweißen	231
5.2.1	Vorbereitung der Schweißstelle	232
5.2.2	Preßschweißen	232
5.2.2.1	Widerstandspreßschweißen	233
5.2.2.1.1	Preßstumpfschweißen	235
5.2.2.1.2	Abbrennstumpfschweißen	235
5.2.2.2	Kaltpreßschweißen	236
5.2.2.3	Reibschweißen	236
5.2.3	Schmelzschweißen	237
5.2.3.1	Gasschmelzschweißen	238
5.2.3.2	Lichtbogenschweißen	238
5.2.3.3	Schutzgasschweißen	240
5.2.4	Geschweißte Stahlrohre	242
5.3	Kleben	243

6 Beschichten	246
6.1 Behandlung vor dem Beschichten	246
6.1.1 Oberflächenreinigung	246
6.2 Oberflächenbeschichtungen	250
6.2.0 Galvanische Schichten	250
6.2.1 Metallische Schichten	252
6.2.1.1 Feuerverzinken	253
6.2.1.2 Plasmaspritzen	254
6.2.1.3 Chromieren	254
6.2.1.4 Verchromen	255
6.2.1.5 Kunststoffgalvanisierung	256
6.2.2 Nichtmetallische Schichten (anorganisch)	257
6.2.2.1 Chemische Oxidation	258
6.2.3 Nichtmetallische Schichten (organisch)	258
6.2.3.1 Kunststoffüberzüge	258
6.2.3.2 Anstrichmittelüberzüge	259
7 Automatisierung	260
7.1 Definition	260
7.2 Einflüsse auf die Automatisierung	260
7.3 Automatisierung der Einzelkomponenten einer Fertigung	261
7.3.1 Automatisierung Werkzeuge	263
7.3.2 Automatisierung Werkstückspannung	265
7.3.3 Automatisierung Werkzeugmaschinen – Anlagen	267
7.3.3.1 Transferstraße	269
7.3.3.2 Transferwerkzeug – Stufenpresse	272
7.3.3.3 Preßmaschinen	274
7.3.3.4 Mehrdrahtziehanlage	227
7.3.3.5 Mehrspindeldrehautomaten	278
7.3.3.5.1 Mechanische Zwangssteuerung	284
7.3.3.5.2 Mikroprozessorgesteuerter Mehrspindel- drehautomat	288
7.3.3.6 Elektro-hydraulisch gesteuerter Drehautomaten	288
7.3.3.6.1 Elektro-hydraulische Steuerung	291
7.3.3.7 NC-Technik	296
7.3.3.7.1 Flexibles Fertigungssystem	299
7.3.3.7.2 CNC-Betrieb	299
7.3.3.7.3 Mehrprozessorsteuerung	303
7.3.3.7.4 Adaptive Control	304
7.3.3.8 NC-Bearbeitungszentrum	305
7.3.3.9 Prozeßrechner	310
7.3.3.9.1 Prozeßrechnereinsatz bei einer Warm- Breitbandstraße	311
7.3.4 Transporteinrichtungen	313
7.3.5 Industrieroboter	315
Literatur	320
Sachwortverzeichnis	326