Ihr Partner in allen Fragen der U

Mit über 160 Mitarbeitern und produktionstechnischen Versuchsfeldern von über 7 000 m² in Chemnitz und Dresden gehört das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU deutschlandweit zu den bedeutendsten Auftragsforschungs- und Entwicklungseinrichtungen auf dem Gebiet der Produktionstechnik.

Ausgewählte Produkte:

- Werkstückspezifische Technologien
- Umformwerkzeuge
- Flächenintegralbauteile
- Spaceframe-Komponenten
- Metallschaum-Komponenten
- Antriebshohlwellen
- Gebaute Nockenwellen
- Lenkungsbauteile
- Funktionsbaugruppen von Werkzeugmaschinen
- Anlagenkonzepte

Ausgewählte Stoffe/Halbzeuge:

- Höherfeste Stahlsorten
- Wölbstrukturierte Bleche
- Aluminiumlegierungen
- Titan- und Magnesiumlegierungen
- Metallschäume
- Metall-Kunststoff-Verbunde

Ausgewählte Prozesse:

- Überwachungs- und Regelungs-Systeme
- Geregelter Umformprozess
- Mehrpunktumformen
- Feinschneidumformen
- Mechanische Umformung
- Innenhochdruckumformen von Tubes
- Temperiertes Umformen
- Near-net-shape Verzahnen
- Quer- und Profilwalzen
- Schmieden
- Vorformprozesse, z.B. Freiformbiegen
- HSC-Werkzeugfertigung
- Mikro- und Präzisionsbearbeitung
- Experimentelle Eigenschaftsanalyse

Ausgewählte Systeme:

- Karosseriepessensysteme mit geregelten Ziehkreisläufen
- Tryout-Anlage
- Anlagen für das Innenhochdruckumformen
- Flexibles 3-D-Biegezentrum
- Bohrungsdruckmaschine
- 5-Achs-Fräsbearbeitungszentren

Wollen Sie mehr wissen? Nehmen Sie mit uns Kontakt auf!

Fraunhofer-Institut für
Werkzeugmaschinen und
Umformtechnik IWU
Presse & Öffentlichkeitsarbeit
Reichenhainer Straße 88
09126 Chemnitz

Telefon: +49 (0)3 71/53 97-4 36
Fax: +49 (0)3 71/53 97-4 48
E-Mail: info@iwu.fraunhofer.de
www.iwu.fraunhofer.de

Fraunhofer Institut
Werkzeugmaschinen
und Umformtechnik

Heinz Tschätsch

**Praxis der
Umformtechnik**

Arbeitsbereiche der Hatebur Umformmaschinen

COLDMATIC KALTFORMER	AKP 3-5	AKP 4-5	AKP 4-6 S	AKP 5-5
Umformstufen	5	5	6	5
Max. Draht Ø (bei 600 N/mm ² Zugfestigkeit)	14 mm	20 mm	20 mm	27 mm
Max. Länge des Teiles für Querttransport	90 mm	125 mm	125 mm	170 mm
Max. Aussendurchmesser je nach Werkstoff, Stadienfolge und Umformgrad	ca. 22 mm	ca. 30 mm	ca. 30 mm	ca. 42 mm
Hubzahl pro Minute (stufenlos regelbar)	150-210	110-160	110-160	80-120

Hatebur Umformmaschinen AG
 Tel. +41 61 716 21 11
 Fax +41 61 716 21 31
 E-Mail: hatebur@hatebur.ch
 www.hatebur.com

HATEBUR®
 CH-4153 Reinach (Schweiz)

HOTMATIC WARMFORMER	AMP 20 S	AMP 30 S	AMP 40 S	AMP 50 XL	HM 75 (XL)
Umformstufen	3	3	4	4	4
Einsatzgewicht	20-170 g	50-700 g	50-1100 g	0,17-2,0 kg	0,95-7,5 kg
Max. Aussendurchmesser für runde Teile aus Stahl	ca. 38 mm	ca. 67 mm	ca. 85 mm	ca. 104 mm	ca. 165 mm (180 mm) XL
Max. Schlüsselweite (Sechskant) aus Stahl	ca. 36 mm	ca. 60 mm	ca. 70 mm	ca. 80 mm	-
Stangendurchmesser	14-28 mm	18-40 mm	18-45 mm	28-55 mm	45-90 mm
Hubzahl pro Minute (stufenlos regelbar)	140-200	85-140	90-150	60-100	50-80
(DVG: max. 180)					

Heinz Tschätsch

Praxis der Umformtechnik

Arbeitsverfahren, Maschinen, Werkzeuge

8., aktualisierte und erweiterte Auflage

Unter Mitarbeit von Jochen Dietrich

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

Prof. Dr.-Ing. E.h. Heinz Tschätsch, Bad Reichenhall, war lange Jahre in leitenden Stellungen der Industrie als Betriebs- und Werkleiter und danach Professor für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik an der FH Coburg und FH Konstanz.

Diese Auflage entstand unter Mitarbeit von Prof. Dr.-Ing. Prof. E.h. Jochen Dietrich, Dozent für Fertigungs- und CNC-Technik an der Hochschule für Technik und Wirtschaft, Dresden.

Bis zur 4. Auflage erschien das Buch unter dem Titel *Handbuch Umformtechnik* im Hoppenstedt Verlag, Darmstadt.

In der 5. Auflage erschien das Buch unter dem Titel *Praxiswissen Umformtechnik* im Vieweg Verlag.

- 5., überarbeitete und erweiterte Auflage 1997
- 6., aktualisierte und erweiterte Auflage April 2001
- 7., verbesserte und erweiterte Auflage Juni 2003
- 8., aktualisierte und erweiterte Auflage November 2005

Alle Rechte vorbehalten

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2005

Ursprünglich erschienen bei Friedr. Vieweg & Sohn Verlag/GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2005.

Softcover reprint of the hardcover 8th edition 2005

Lektorat: Thomas Zipsner

www.vieweg.de

Additional material to this book can be downloaded from <http://extras.springer.com>.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Umschlaggestaltung: Ulrike Weigel, www.CorporateDesignGroup.de

Technische Redaktion: Hartmut Kühn von Burgsdorff, Wiesbaden

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

ISBN 978-3-322-99433-2 ISBN 978-3-322-99432-5 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-322-99432-5

Vorwort

Das Buch „Praxiswissen Umformtechnik“, dass für die 8. Auflage überarbeitet wurde, zeigt den neuesten Stand der Technik auf dem Sektor der Umformtechnik.

Im Teil I werden die Umform- und Trennverfahren abgehandelt. Es werden die wichtigsten Merkmale der Verfahren, die dazu notwendigen Werkzeuge und die Einsatzgebiete beschrieben. An praktischen Beispielen wird gezeigt, wie man die erforderlichen Umformkräfte und Formänderungsarbeiten rechnerisch bestimmen kann.

Im Teil II werden Umformmaschinen beschrieben und gezeigt, wie man ihre Kenngrößen rechnerisch bestimmen kann.

In diesem Teil werden auch die flexiblen Fertigungssysteme in der Umformtechnik und die zur Vollautomatisierung erforderlichen Handlingsysteme (automatische Werkzeugwechsel- und Werkstück-Zubringersysteme), vorgestellt.

Teil III enthält Tabellen und Fließkurven, mit Zahlenangaben, die zur Berechnung von Umformkräften und Formänderungsarbeiten erforderlich sind.

Die moderne CNC-Technik in den Steuerungen dieser weitestgehend automatisierten Fertigungsanlagen vermindert die Neben- und Rüstzeiten und damit auch die Herstellkosten. Außer diesen wirtschaftlichen Vorteilen, sind aber auch die technischen Vorteile, wie:

- Materialeinsparung
- optimaler Faserverlauf
- Kaltverfestigung beim Kaltumformen

wichtige Gründe für den Einsatz der Umformverfahren.

Das Buch stellt die wichtigsten Umform- und Trennverfahren und die dazugehörigen Werkzeuge und Maschinen in einer gerafften Form vor. In Kap. 15.4 wurde die inkrementale Blechumformung neu aufgenommen.

Für den Techniker im Betrieb soll es ein Nachschlagwerk sein, in dem er sich schnell orientieren kann. Der Student hat mit diesem Buch ein Skriptum, das ihm im Hörsaal Schreibarbeit erspart und dadurch ein aufmerksames Anhören der Vorlesung ermöglicht.

Besonderen Dank für die Mitgestaltung ab der 6. Auflage als Co-Autor, sage ich meinem Kollegen, Prof. Dr.-Ing. Prof. eh. Jochen Dietrich, Dozent für Fertigungsverfahren und CNC-Technik, an der Hochschule für Technik und Wirtschaft (FH), Dresden.

Dank sage ich auch Herrn Dr.-Ing. Mauermann vom Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, Chemnitz, für seine Mitarbeit an der 7. Auflage des Buches.

Bad Reichenhall/Dresden, im November 2005

Heinz Tschätsch

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Begriffe, Formelzeichen und Einheiten	1
Teil I Umform- und Trennverfahren	3
1 Einteilung der Fertigungsverfahren	5
2 Begriffe und Kenngrößen der Umformtechnik	7
2.1 Plastische (bleibende) Verformung.....	7
2.2 Formänderungsfestigkeit	8
2.3 Formänderungswiderstand.....	10
2.4 Formänderungsvermögen	11
2.5 Formänderungsgrad und Hauptformänderung	11
2.6 Formänderungsgeschwindigkeit	14
2.7 Testfragen	14
3 Oberflächenbehandlung	15
3.1 Kalt-Massivumformung.....	15
3.2 Kalt-Blechumformung	16
3.3 Warmformgebung.....	17
3.4 Testfragen	17
4 Stauchen	18
4.1 Definition	18
4.2 Anwendung.....	18
4.3 Ausgangsrohling	18
4.4 Zulässige Formänderungen.....	19
4.5 Stauchkraft.....	23
4.6 Staucharbeit	23
4.7 Stauchwerkzeuge	24
4.8 Erreichbare Genauigkeiten	26
4.9 Fehler beim Stauchen.....	27
4.10 Berechnungsbeispiele	27
4.11 Testfragen	32
5 Fließpressen	33
5.1 Definition.....	33
5.2 Anwendung eines Verfahrens.....	33
5.3 Unterteilung des Fließpressverfahrens.....	34
5.4 Ausgangsrohling	35
5.5 Hauptformänderung	35
5.6 Kraft- und Arbeitsberechnung	36
5.7 Fließpresswerkzeuge.....	38
5.8 Armierungsberechnung nach VDI 3186 Bl. 3 für einfach armierte Pressbüchsen	39
5.9 Erreichbare Genauigkeiten	42
5.10 Fehler beim Fließpressen	43

5.11	Stadienplan	43
5.12	Berechnungsbeispiele	44
5.13	Formenordnung	49
5.14	Testfragen	55
6	Gewindewalzen und Verzahnungswalzen	56
6.1	Unterteilung der Verfahren	56
6.2	Anwendung der Verfahren	58
6.3	Vorteile des Gewindewalzens	59
6.4	Bestimmung des Ausgangsdurchmessers	60
6.5	Rollgeschwindigkeiten mit Rundwerkzeugen	61
6.6	Walzwerkzeuge	61
6.7	Beispiel	63
6.8	Gewindewalzmaschinen	64
6.9	Testfragen	68
6.10	Verfahren und Maschinen für das Walzen von Verzahnungen	69
7	Kalteinsenken	77
7.1	Definition	77
7.2	Anwendung des Verfahrens	77
7.3	Zulässige Formänderungen	78
7.4	Kraft- und Arbeitsberechnung	78
7.5	Einsenkbare Werkstoffe	79
7.6	Einsenkgeschwindigkeit	80
7.7	Schmierung beim Kalteinsenken	80
7.8	Gestaltung der einzusenkenen Werkstücke	80
7.9	Einsenkwerkzeug	81
7.10	Vorteile des Kalteinsenkens	82
7.11	Fehler beim Kalteinsenken	83
7.12	Maschinen für das Kalteinsenken	83
7.13	Berechnungsbeispiele	84
7.14	Testfragen	85
8	Massivprägen	86
8.1	Definition	86
8.2	Unterteilung und Anwendung der Massivprägeverfahren	86
8.3	Kraft- und Arbeitsberechnung	87
8.4	Werkzeuge	88
8.5	Fehler beim Massivprägen	89
8.6	Beispiel	89
8.7	Testfragen	90
9	Abstreckziehen	91
9.1	Definition	91
9.2	Anwendung des Verfahrens	91
9.3	Ausgangsrohling	91
9.4	Hauptformänderung	91
9.5	Kraft- und Arbeitsberechnung	93
9.6	Beispiel	93
9.7	Testfragen	94

10	Drahtziehen	95
10.1	Definition	95
10.2	Anwendung	95
10.3	Ausgangsmaterial	96
10.4	Hauptformänderung	96
10.5	Zulässige Formänderungen	96
10.6	Ziehkraft	97
10.7	Ziehgeschwindigkeiten	97
10.8	Antriebsleistung	99
10.9	Ziehwerkzeuge	100
10.10	Beispiel	102
10.11	Testfragen	104
11	Rohrziehen	105
11.1	Definition	105
11.2	Rohrziehverfahren	105
11.3	Hauptformänderung und Ziehkraft	106
11.4	Ziehwerkzeuge	107
11.5	Beispiel	108
11.6	Testfragen	108
12	Strangpressen	109
12.1	Definition	109
12.2	Anwendung	109
12.3	Ausgangsmaterial	110
12.4	Strangpressverfahren	110
12.5	Hauptformänderung	113
12.6	Formänderungsgeschwindigkeiten	113
12.7	Presskraft	114
12.8	Arbeit	116
12.9	Werkzeuge	118
12.10	Strangpressmaschinen	120
12.11	Beispiel	121
12.12	Testfragen	122
13	Gesenkschmieden	123
13.1	Definition	123
13.2	Ausgangsrohling	123
13.3	Unterteilung und Anwendung des Verfahrens	124
13.4	Vorgänge im Gesenk	126
13.5	Kraft- und Arbeitsberechnung	127
13.6	Werkzeuge	132
13.7	Gestaltung von Gesenkschmiedeteilen	136
13.8	Erreichbare Genauigkeiten	137
13.9	Beispiel	137
13.10	Testfragen	139
14	Tiefziehen	141
14.1	Definition	141
14.2	Anwendung des Verfahrens	141
14.3	Umformvorgang und Spannungsverteilung	142

14.4	Ausgangsrohling	143
14.5	Zulässige Formänderung	150
14.6	Zugabstufung	152
14.7	Berechnung der Ziehkraft	154
14.8	Niederhalterkraft	155
14.9	Zieharbeit	156
14.10	Ziehwerkzeuge	158
14.11	Erreichbare Genauigkeiten	166
14.12	Tiefziehfehler	167
14.13	Beispiel	169
14.14	Hydromechanisches Tiefziehen	172
14.15	Außenhochdruckumformen	174
14.16	Innenhochdruckumformen	179
14.17	Testfragen	184
15	Ziehen ohne Niederhalter und Drücken	185
15.1	Ziehen ohne Niederhalter	185
15.2	Drücken	186
15.3	Testfragen	192
15.4	Inkrementale Blechumformung	193
16	Biegen	194
16.1	Definition	194
16.2	Anwendung des Verfahrens	194
16.3	Biegeverfahren	194
16.4	Grenzen der Biegeumformung	195
16.5	Rückfederung	197
16.6	Ermittlung der Zuschnittslänge	198
16.7	Biegekraft	199
16.8	Biegearbeit	201
16.9	Biegewerkzeuge	203
16.10	Biegefehler	204
16.11	Beispiel	204
16.12	Biegemaschinen	205
16.13	Testfragen	211
17	Hohlprägen	212
17.1	Definition	212
17.2	Anwendung des Verfahrens	212
17.3	Kraft- und Arbeitsberechnung	213
17.4	Werkzeuge zum Hohlprägen	216
17.5	Prägefehler	217
17.6	Beispiel	217
17.7	Testfragen	217
18	Schneiden (Zerteilen)	218
18.1	Definition	218
18.2	Ablauf des Schneidvorganges	218
18.3	Unterteilung der Schneidverfahren	219
18.4	Zulässige Formänderung	220
18.5	Kraft- und Arbeitsberechnung	220

18.6	Resultierende Wirkungslinie	222
18.7	Schneidspalt	225
18.8	Steg- und Randbreiten	227
18.9	Erreichbare Genauigkeiten	228
18.10	Schneidwerkzeuge	229
18.11	Beispiel	238
18.12	Testfragen	240
19	Feinschneiden (Genauschneiden)	241
19.1	Definition	241
19.2	Einsatzgebiete	241
19.3	Ablauf des Schneidvorganges	241
19.4	Aufbau des Feinstanzwerkzeuges	242
19.5	Schneidspalt	242
19.6	Kräfte beim Feinschneiden	243
19.7	Feinschneidpressen	244
19.8	Testfragen	246
19.9	Laserschneidmaschinen	247
20	Fügen durch Umformen	249
20.1	Clinchen	250
20.2	Vollstanznieten	254
20.3	Halbhohlstanznieten	257

Teil II Pressmaschinen

21	Unterteilung der Pressmaschinen	262
21.1	Arbeitgebundene Maschinen	262
21.2	Weggebundene Maschinen	262
21.3	Kraftgebundene Maschinen	263
21.4	Testfragen	263
22	Hämmer	264
22.1	Ständer und Gestelle	264
22.2	Unterteilung der Hämmer	264
22.3	Konstruktiver Aufbau und Berechnung der Schlagenergie	266
22.4	Einsatzgebiete der Hämmer	273
22.5	Beispiel	274
22.6	Testfragen	274
23	Spindelpressen	275
23.1	Konstruktive Ausführungsformen	275
23.2	Wirkungsweise der einzelnen Bauformen	276
23.3	Berechnung der Kenngrößen für Spindelpressen	287
23.4	Vorteile der Spindelpressen	291
23.5	Typische Einsatzgebiete der Spindelpressen	291
23.6	Beispiele	292
23.7	Testfragen	294
24	Exzenter- und Kurbelpressen	295
24.1	Unterteilung dieser Pressen	295
24.2	Gestellwerkstoffe	298

24.3	Körperfederung und Federungsarbeit	299
24.4	Antriebe der Exzenter- und Kurbelpressen	300
24.5	Berechnung der Kenngrößen	306
24.6	Beispiel	310
24.7	Einsatz der Exzenter- und Kurbelpressen	312
24.8	Testfragen	312
25	Kniehebelpressen	313
25.1	Kniehebelpressen mit Einpunktantrieb	313
25.2	Kniehebelpressen mit modifiziertem Kniehebelantrieb	314
25.3	Liegende Kniehebelpressen	317
25.4	Testfragen	317
26	Hydraulische Pressen	318
26.1	Antrieb der hydraulischen Pressen	318
26.2	Beispiel	320
26.3	Vorteile der hydraulischen Pressen	321
26.4	Praktischer Einsatz der hydraulischen Pressen	321
26.5	Testfragen	324
27	Sonderpressen	325
27.1	Stufenziehpressen	325
27.2	Mehrstufenpressen für die Massivumformung	331
27.3	Stanzautomaten	339
27.4	Testfragen	344
28	Werkstück- bzw. Werkstoffzuführungssysteme	345
28.1	Zuführeinrichtungen für den Stanzereibetrieb	345
28.2	Transporteinrichtungen in Stufenziehpressen	346
28.3	Transporteinrichtungen für Mehrstufenpressen-Massivumformung	347
28.4	Zuführeinrichtungen für Ronden und Platinen	348
28.5	Zuführeinrichtungen zur schrittweisen Zuführung von Einzelwerkstücken	348
28.6	Zuführeinrichtungen zur Beschickung von Schmiedemaschinen	349
28.7	Testfragen	349
29	Weiterentwicklung der Umformmaschinen und der Werkzeugwechselsysteme	351
29.1	Flexible Fertigungssysteme	351
29.2	Automatische Werkzeugwechselsysteme	362
Teil III	Tabellen	367
Literaturverzeichnis		403
Anhang	Werkstoffbezeichnung	408
Sachwortverzeichnis		416