

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung (K. Lange)	1
2	Stauchen (M. Herrmann)	5
2.0	Einordnung, Bedeutung, Grundlagen	5
2.1	Stofffluß, Reibung und Schmierung	6
2.2	Spannungen, Kraft- und Arbeitsbedarf	7
2.3	Kenngößen und Verfahrensgrenzen	12
2.3.1	Zulässige Umformung	13
2.3.2	Zulässiges Stauchverhältnis	13
2.3.2.1	Kaltstauchen	14
2.3.2.2	Warmstauchen	14
2.3.3	Zulässige Werkzeugbeanspruchung	16
2.4	Vorstaucher	17
2.4.1	Fester Vorstaucher	17
2.4.2	Gefederter Vorstaucher	17
2.5	Stauchverfahren	18
2.5.1	Kaltstauchen	19
2.5.1.1	Werkstoffe, Ausgangsmaterial	19
2.5.1.2	Verfahren des Kaltstauchens	19
2.5.2	Flachprägen	21
2.5.3	Taumelpressen	21
2.5.4	Warmstauchen	25
2.6	Maschinen	25
2.6.1	Maschinen zum Kaltstauchen	25
2.6.2	Maschinen zum Warmstauchen	31
2.7	Werkzeuge, Gestaltung und Werkstoffe	31
	Literatur zu Kapitel 2	34
3	Schmieden (K. Lange; H. Meyer-Nolkemper)	36
3.0	Einleitung	37
3.1	Grundverfahren des Schmiedens	37
3.1.1	Verfahren für Querschnittsänderungen	40
3.1.2	Verfahren für Richtungsänderungen	40
3.1.3	Verfahren zum Erzeugen von Hohlräumen	41

3.1.4	Verfahren des Gesenkschmiedens im engeren Sinne	42
3.1.5	Verfahren zum Trennen	43
3.1.6	Verfahren zum Fügen	45
3.2	Theoretische Grundlagen	46
3.2.1	Kennwerte des Umformvorgangs	47
3.2.1.1	Fließspannungen	47
3.2.1.2	Temperaturen	48
3.2.1.3	Reibzahlen	52
3.2.2	Freiformschmieden	53
3.2.2.1	Werkstofffluß	53
3.2.2.2	Spannungen, Kräfte, Arbeitsbedarf	58
3.2.2.3	Radialumformen	59
3.2.3	Gesenkschmieden	65
3.2.3.1	Werkstofffluß	65
3.2.3.2	Spannungen, Kräfte, Arbeitsbedarf	71
3.3	Werkstoffe für Schmiedestücke	89
3.4	Wärmen zum Schmieden	105
3.5	Arbeitsablauf beim Schmieden	109
3.5.1	Freiformschmieden	109
3.5.2	Gesenkschmieden	114
3.5.2.1	Scherschneiden	116
3.5.2.2	Formpressen	117
3.5.2.3	Abgraten	123
3.5.2.4	Wärmebehandeln aus der Umformwärme	127
3.5.2.5	Reinigen	129
3.5.2.6	Kaltrichten und -prägen	131
3.5.3	Spezielle Gesenkschmiedeverfahren	131
3.5.3.1	Genau- und Präzisionsschmieden	133
3.5.3.2	Formpressen ohne Grat	133
3.5.3.3	Halbwarmschmieden	136
3.5.3.4	Pulver- und Sinterschmieden	138
3.5.3.5	Isothermes, superplastisches und Heißgesenkschmieden	138
3.6	Eigenschaften und Gestaltung von Gesenkschmiedestücken	138
3.6.1	Eigenschaften von Gesenkschmiedestücken	138
3.6.2	Gestaltung von Gesenkschmiedestücken	142
3.6.2.1	Beanspruchungsgerechte Gestaltung	142
3.6.2.2	Fließgerechte und werkzeuggerechte Gestaltung	142
3.6.2.3	Maßgerechte Gestaltung	144
3.6.2.4	Bearbeitungsgerechte Gestaltung	145
3.7	Werkzeuge zum Gesenkschmieden	147
3.7.1	Gesenke	147
3.7.2	Abgratwerkzeuge	152
3.8	Maschinen zum Schmieden	153
3.8.1	Maschinen zum Freiformschmieden	158
3.8.2	Maschinen zum Gesenkschmieden	160
3.8.2.1	Maschinen für die Endformung und Zwischenformung	160
3.8.2.2	Sondermaschinen für die Endformung	164

3.8.2.3	Sondermaschinen für die Zwischenformung (Massenverteilung)	165
3.8.2.4	Mechanisierung und Automatisierung	166
3.9	Rechnerunterstützte Methoden	169
Literatur zu Kapitel 3		172
4	Walzen (T. Oberländer; N. Kurz; K. Lange)	178
4.0	Einleitung	179
4.1	Grundbegriffe des Walzvorgangs	180
4.1.1	Bemerkungen, Voraussetzungen	180
4.1.2	Greifbedingung	183
4.1.3	Spannungen im Walzspalt	184
4.1.4	Lage der Fließscheide, Durchziehbedingung	185
4.1.5	Bremszug, Haspelzug	186
4.1.6	Walzkraft, Drehmoment, Leistung	188
4.1.7	Abweichungen von der elementaren Theorie	189
4.1.7.1	Breitung	189
4.1.7.2	Haftzone	189
4.1.7.3	Elastische Walzenverformung	189
4.2	Fließgut-Walzverfahren	191
4.2.1	Allgemeines	191
4.2.2	Werkstoffe	192
4.2.2.1	Werkzeugstoffe	192
4.2.2.2	Walzbare Werkstoffe, Eigenschaften	193
4.2.3	Schmierung	193
4.2.4	Walzverfahren	194
4.2.4.1	Flach-Längswalzen	194
4.2.4.2	Profil-Längswalzen	198
4.2.4.3	Walzen von Drähten und Rohren	198
4.2.5	Schrägwalzen	202
4.3	Stückgut-Walzverfahren	205
4.3.0	Einleitung	205
4.3.1	Oberflächenfeinwalzen	205
4.3.1.1	Einleitung	205
4.3.1.2	Grundlagen, Verfahrensgrenzen	206
4.3.1.3	Glattwalzen	208
4.3.1.4	Maßwalzen	209
4.3.1.5	Festwalzen	209
4.3.1.6	Maschinen und Einrichtungen	211
4.3.2	Profilwalzen von Rohteilen	211
4.3.2.1	Längswalzen	211
4.3.2.2	Querwalzen	214
4.3.2.3	Schrägwalzen	215
4.3.3	Profilwalzen von Fertigteilen	216
4.3.3.1	Längswalzen	216
4.3.3.2	Querwalzen	219

4.4	Gewindewalzen	221
4.4.1	Allgemeines	221
4.4.2	Grundlagen	221
4.4.3	Werkstoffe, Schmierstoffe	223
4.4.4	Walzbare Gewindeformen	224
4.4.5	Walzverfahren	224
4.4.5.1	Gewindewalzen mit Flachwerkzeugen	224
4.4.5.2	Gewindewalzen mit Rundwerkzeugen	225
4.4.6	Maschinen zum Gewindewalzen	227
4.4.7	Arbeitsgenauigkeit	227
4.5	Drückwalzen	228
4.5.1	Drückwalzen von Hohlteilen mit zylindrischer Mantellinie	229
4.5.1.1	Kinematik, Gleichlauf-, Gegenlaufverfahren	229
4.5.1.2	Formänderungen, Instabilitäten	230
4.5.1.3	Spannungen, Kräfte, Arbeiten	236
4.5.1.4	Verfahrensgrenzen, Auswirkung des Drückwalzens auf die Werkstoffeigenschaften	238
4.5.1.5	Anwendung, Beispiele.	240
4.5.2	Drückwalzen von Hohlteilen mit kegeliger oder anders geformter Mantellinie	241
4.5.2.1	Kinematik, Formänderungen	241
4.5.2.2	Spannungen, Kräfte	243
4.5.2.3	Verfahrensgrenzen	243
4.5.2.4	Anwendung, Beispiele.	244
4.5.3	Arbeitsgenauigkeit	245
4.5.4	Werkzeuge	247
4.5.5	Werkzeugmaschinen	248
	Literatur zu Kapitel 4.	250
5	Grundlagen des Durchdrückens und Durchziehens (M. Geiger)	254
5.0	Einleitung	254
5.0.1	Durchdrücken	254
5.0.2	Durchziehen	256
5.1	Vergleichende Systembetrachtung von Durchdrück- und Durch- ziehvorgängen	258
5.2	Plastomechanische Grundlagen der Durchdrück- und Durch- ziehverfahren	260
5.2.1	Werkstofffluß, Formänderungen	260
5.2.2	Spannungen	263
5.2.2.1	Spannungszustand beim Voll-Vorwärts-Fließpressen und Strang- pressen	265
5.2.2.2	Spannungszustand beim Gleitziehen von Vollkörpern	266
5.2.3	Umformarbeiten und -kräfte bei den Durchdrück- und Durch- ziehverfahren	267
5.2.3.1	Umformarbeiten und -kräfte beim Voll-Vorwärts-Fließpressen und -Strangpressen	269

5.2.3.2	Umformarbeiten und -kräfte beim Gleitziehen von Vollkörpern	274
5.2.3.3	Zusammenfassung der Angaben über die Kräfte bei den Durchdrück- und Durchziehverfahren	275
5.2.3.4	Der Umformwirkungsgrad bei den Durchdrück- und Durchziehverfahren	276
5.2.4	Optimaler Öffnungswinkel	277
5.3	Simulation von Durchdrück- und Durchziehvorgängen mit numerischen Näherungsverfahren	279
	Literatur zu Kapitel 5.	286
6	Durchziehen (U. Engel)	289
6.0	Einleitung	290
6.1	Berechnungsgrundlagen	293
6.1.1	Allgemeines	293
6.1.2	Gleitziehen von Vollkörpern	294
6.1.2.1	Draht- und Stabziehen	294
6.1.2.2	Profilziehen	298
6.1.2.3	Temperaturen beim Gleitziehen	299
6.1.3	Gleitziehen von Hohlkörpern	303
6.1.3.1	Hohlziehen ohne Stopfen	303
6.1.3.2	Hohlziehen über festen Stopfen	306
6.1.3.3	Hohlziehen über losen Stopfen	309
6.1.3.4	Abstreckgleitziehen	310
6.1.4	Walzziehen	311
6.2	Verfahrensgrenzen	312
6.2.1	Anstrengungsgrad	312
6.2.2	Optimaler Öffnungswinkel	312
6.2.3	Ziehfehler	313
6.2.4	Rattern und Faltenbildung	315
6.2.5	Verfahrensgrenzen beim Abstreckgleitziehen	315
6.3	Werkstückformen	317
6.3.1	Allgemeines	317
6.3.2	Drahtziehen	317
6.3.3	Profilziehen bzw. Profilwalzziehen	318
6.4	Werkstoffe, Reibung und Schmierung	322
6.4.1	Allgemeines	322
6.4.2	Schmiertechnik beim Drahtziehen	322
6.4.2.1	Ziehen von Stahldraht	322
6.4.2.2	Ziehen von Kupferdraht	324
6.4.2.3	Ziehen von Aluminiumdraht	324
6.4.2.4	Drähte aus anderen Werkstoffen	324
6.4.3	Schmiertechnik beim Rohrziehen	324
6.4.4	Schmiertechnik beim Abstreckgleitziehen	325
6.5	Sonderverfahren	326
6.5.1	Allgemeines	326

6.5.2	Ziehen bei hohem Schmiermitteldruck	326
6.5.3	Ziehen mit überlagerter Ultraschallschwingung	328
6.5.4	Ziehen mit rotierendem Werkzeug	329
6.5.5	Ziehen im Stufenzug	329
6.5.6	Ziehen mit Kühlung	331
6.5.7	Warmziehen	332
6.6	Werkzeuge	334
6.6.1	Allgemeines	334
6.6.2	Werkzeuge zum Gleitziehen	334
6.6.2.1	Geometrische Gestaltung	334
6.6.2.2	Werkstoffe und Herstellverfahren	337
6.6.2.3	Werkzeugverschleiß und Werkzeugbruch	340
6.6.3	Werkzeuge zum Walzziehen	341
6.7	Werkstückeigenschaften nach dem Ziehen	342
6.7.1	Allgemeines	342
6.7.2	Eigenspannungen	342
6.7.3	Mechanische Eigenschaften	345
6.7.4	Oberflächenbeschaffenheit	346
6.8	Werkzeugmaschinen	347
6.8.1	Maschinen für den Drahtzug	347
6.8.2	Maschinen für den Stangen- und Rohrzug	352
6.8.3	Hilfseinrichtungen und Automatisierung	356
6.8.3.1	Drahtzug	356
6.8.3.2	Stangen- und Rohrzug	357
6.8.4	Maschinen zum Abstreckgleitziehen	357
6.8.5	Maschinen zum Walzziehen	359
	Literatur zu Kapitel 6.	360
7	Strangpressen (J. Breme; V. Schmidt)	367
7.0	Einleitung	367
7.1	Technologie und Werkstoffverhalten	371
7.1.1	Technologie des Strangpreßvorgangs	372
7.1.2	Temperaturverhältnisse beim Strangpressen	372
7.1.3	Reibung und Schmierung	382
7.1.4	Rechnerische Behandlung von Strangpreßproblemen	384
7.2	Werkzeuge zum Strangpressen	388
7.3	Werkstückgestaltung, mögliche Strangpreßfehler	402
7.4	Werkstoffverhalten	408
7.4.1	Werkstofffluß	409
7.4.2	Fließspannung k_f	412
7.4.3	Gefügeausbildung	420
7.4.4	Strangpreßbare Werkstoffe	426
7.5	Maschinenanlagen und Steuerungen	430
7.5.1	Antriebssysteme	430
7.5.2	Steuerungen	436

7.5.3	Pressenbauarten	438
7.5.4	Hilfs- und Zusatzeinrichtungen	439
7.5.5	Sonderkonstruktionen	448
7.5.5.1	Hydraulische Kabelpressen	448
7.5.5.2	Kurbel-Strangpressen (Kurbel-Rohrpressen)	449
	Literatur zu Kapitel 7.	450
8	Fließpressen (R. Geiger; K. Lange; W. Osen)	458
8.0	Einleitung	458
8.0.1	Historische Entwicklung	458
8.0.2	Verfahrensübersicht	458
8.0.3	Vorteile des Fließpressens	461
8.1	Fließpressen mit quasistationärem Werkstofffluß und Verjüngen	462
8.1.1	Voll-Fließpressen.	462
8.1.1.1	Werkstofffluß	462
8.1.1.2	Spannungen	463
8.1.1.3	Kraftbedarf	463
8.1.1.4	Optimale Düsenform	468
8.1.2	Hohl-Fließpressen	469
8.1.2.1	Werkstofffluß	469
8.1.2.2	Spannungen	469
8.1.2.3	Kraftbedarf	470
8.1.3	Verjüngen.	472
8.1.3.1	Werkstofffluß	473
8.1.3.2	Spannungen	474
8.1.3.3	Kraftbedarf	475
8.1.3.4	Verfahrensgrenzen	477
8.2	Fließpressen mit instationärem Werkstofffluß	478
8.2.1	Napf-Fließpressen	478
8.2.1.1	Werkstofffluß	479
8.2.1.2	Spannungen	480
8.2.1.3	Kraftbedarf	484
8.2.2	Querfließpressen	489
8.2.2.1	Werkstofffluß	491
8.2.2.2	Spannungen und Verfahrensgrenzen.	492
8.2.2.3	Kraftbedarf	493
8.3	Sonderverfahren	493
8.3.1	Halbwarmfließpressen	493
8.3.2	Taumelpressen	497
8.3.3	Kaltgesenk Schmieden	497
8.3.4	Fließpressen mit Wirkmedien, hydrostatisches Fließpressen.	499
8.3.5	Kaltpreßschweißen	500
8.4	Verfahrensfolgen und Verfahrenskombinationen	502
8.4.1	Verfahrensfolgen	502
8.4.2	Verfahrenskombinationen	502

8.5	Herstellbare Werkstückformen	509
8.5.1	Formenordnung	509
8.5.2	Gestaltung von Kaltfließpreßteilen	509
8.6	Werkstoffe für Fließpreßteile.	513
8.6.1	Stähle	513
8.6.2	Nichteisenmetalle	515
8.7	Rohteilherstellung	518
8.7.1	Zuschnitte	518
8.8	Wärme- und Oberflächenbehandlung	518
8.8.1	Wärmebehandlung	518
8.8.2	Oberflächenbehandlung	520
8.9	Arbeitsgenauigkeit und Oberflächenbeschaffenheit	520
8.9.1	Erreichbare Arbeitsgenauigkeit.	520
8.9.2	Oberflächenbeschaffenheit	521
8.10	Festlegung des Fertigungsplans.	522
8.11	Werkzeuge	524
8.11.1	Werkzeuggestaltung	526
8.11.1.1	Aufbau	526
8.11.1.2	Gestaltung der Stempel	529
8.11.1.3	Gestaltung der Preßbüchsen/Matrizen	533
8.11.1.4	Gestaltung der Armierungsverbände	537
8.11.2	Auslegung der Fließpreßwerkzeuge	540
8.11.2.1	Beanspruchung der Werkzeuge	540
8.11.2.2	Berechnung der Werkzeuge	540
8.11.3	Standmengen und Verschleiß.	546
8.11.3.1	Fließpreßstempel.	549
8.11.3.2	Fließpreßmatrizen	550
8.11.4	Werkzeugwerkstoffe	550
8.12	Werkzeugmaschinen zum Fließpressen und Automatisierung	556
8.12.1	Mechanische Pressen	558
8.12.2	Hydraulische Pressen	558
8.12.3	Mehrstufenpressen	560
8.12.4	Automatisierung, Umrüstsysteme, Prozeßüberwachung	562
8.13	Wirtschaftlichkeitsfragen beim Fließpressen	563
	Literatur zu Kapitel 8	566
9	Eindrückverfahren (E. Nehl)	575
9.0	Einleitung	575
9.1	Grundlagen der Eindrückverfahren	578
9.1.0	Allgemeine Bemerkungen	578
9.1.1	Spannungszustand	578
9.1.2	Umformarbeiten und -kräfte	582
9.2	Einsenken.	584
9.2.0	Begriffe, Allgemeines	584
9.2.1	Werkstoffe zum Kalteinsenken	586

9.2.2	Beschreibung des Einsenkvorgangs	588
9.2.2.1	Werkstofffluß und Kaltverfestigung beim Kalteinsenken	588
9.2.2.2	Berechnung von Einsenkraft und Einsenktiefe beim Kalteinsenken, Einflußfaktoren auf Einsenkraft und Einsenktiefe	589
9.2.2.3	Reibung und Schmierung	594
9.2.3	Wärmebehandlung nach dem Kalteinsenken	594
9.2.4	Werkzeuge zum Kalteinsenken	595
9.2.5	Maschinen zum Kalteinsenken	599
9.2.6	Warmeinsenken	599
9.3	Gewindefurchen	601
9.4	Freies Napfen	602
	Literatur zu Kapitel 9	603
10	Rohteilherstellung (Th. Herlan)	605
10.0	Einleitung	605
10.1	Halbzeug	605
10.2	Trennverfahren zur Rohteilherstellung	608
10.2.1	Scheren	608
10.2.2	Brechen	623
10.2.3	Rohteilherstellung durch Sägen	623
10.2.3.1	Kreissägen	624
10.2.3.2	Bandsägen	628
10.2.4	Abstechdrehen	632
10.2.5	Schneiden	633
10.3	Weiterbehandlung getrennter Abschnitte	635
10.3.1	Setzen gescherter Abschnitte	635
10.3.2	Reinigungsstrahlen	636
10.3.3	Entgraten	637
10.4	Pulvermetallurgisch hergestellte Rohteile	638
10.5	Wirtschaftlichkeitsfragen	639
10.5.1	Einflußgrößen	639
10.5.2	Gesichtspunkte beim Scheren	640
10.5.3	Gesichtspunkte beim Sägen	640
10.5.4	Einsatz vorgeformter Rohteile	642
10.5.5	Einsatz pulvermetallurgisch hergestellter Rohteile	642
	Literatur zu Kapitel 10	643
11	Wärme- und Oberflächenbehandlung (K. Pöhlandt)	646
11.0	Einleitung	646
11.1	Wärmebehandlung	646
11.1.1	Vorbemerkung	646
11.1.2	Wichtige Verfahren der Wärmebehandlung von Stahl	648
11.1.2.1	Überblick	648
11.1.2.2	Spannungsfreiglühen	648

11.1.2.3	Rekristallisationsglühen	649
11.1.2.4	Weichglühen	650
11.1.2.5	Normalglühen	651
11.1.2.6	Blankglühen	653
11.1.2.7	Patentieren	653
11.1.3	Wärmebehandlung von Aluminiumlegierungen	653
11.1.4	Wärmebehandlung von Kupferlegierungen	655
11.1.5	Glühfehler	656
11.1.6	Einrichtungen zur Wärmebehandlung	656
11.1.6.1	Allgemeines	656
11.1.6.2	Wärmeträger	657
11.1.6.3	Glühöfen	657
11.2	Oberflächenbehandlung	659
11.2.1	Oberflächenbehandlung beim Gleitziehen von Stahl	660
11.2.1.1	Entzundern	660
11.2.1.2	Aufbringen von Schmierstoffträgern	661
11.2.1.3	Aufbringen von Schmierstoffen	662
11.2.2	Oberflächenbehandlung in der Kaltmassivumformung	662
11.2.2.1	Allgemeines	662
11.2.2.2	Aufbringen von Schmierstoffträgern	663
11.2.2.3	Aufbringen von Schmierstoffen	667
	Literatur zu Kapitel 11.	668
	Sachverzeichnis	671