

Eckart Doege[†] • Bernd-Arno Behrens

Handbuch Umformtechnik

Grundlagen, Technologien, Maschinen

2., bearbeitete Auflage

Inhalt

1	Einleitung	1
1.1	Entwicklung und wirtschaftliche Bedeutung der Umformtechnik	1
1.1.1	Historische Entwicklung der Umformtechnik	1
1.1.2	Gründung umformtechnischer Institute in Deutschland	3
1.1.3	Wirtschaftliche Bedeutung der Umformtechnik	5
1.1.4	Definitionen der Umformtechnik	7
1.2	Einteilung der Umformverfahren	8
1.2.1	Einteilung der Fertigungsverfahren nach DIN	8
1.2.2	Einteilung der Umformverfahren nach DIN 8582	11
	Literatur zu Kapitel 1	13
2	Grundlagen der Umformtechnik	15
2.1	Werkstoffverhalten	15
2.1.1	Werkstoffkundliche Aspekte	15
2.1.2	Metallkundliche Grundlagen	37
2.2	Bezogene und logarithmische Formänderung	57
2.3	Umformgeschwindigkeit	65
2.4	Fließkurven und Aufnahmeverfahren	66
2.4.1	Klassischer Zugversuch	70
2.4.2	Zugversuch nach Siebel	72
2.4.3	Auswertung der Breitereinschnürung bei einer Flachzugprobe	74
2.4.4	Zugversuch nach Reihle	79
2.4.5	Zugversuch an vorgewalzten Blechproben	85
2.4.6	Hydraulische Tiefung	86
2.4.7	Zylinderstauchversuch	90
2.4.8	Kegelstauchversuch	91
2.4.9	Einfluss von Temperatur und Umformgeschwindigkeit auf die Fließspannung	92
2.5	Einführung in die Berechnung umformtechnischer Prozesse	97
2.5.1	Gemeinsame Grundlagen der Elastizitäts- und Plastizitätsrechnung	98
2.5.2	Elastizitätsrechnung	127
2.5.3	Plastizitätsrechnung	148
2.5.4	Umformkraft und Umformarbeit	175
2.5.5	Berechnungsverfahren der Plastizitätsrechnung	187

2.6	Einfluss der Reibung auf den Umformprozess.....	223
2.6.1	Reibungszustände	225
2.6.2	Oberflächenkenngrößen für Werkzeuge	228
2.6.3	Mathematische Beschreibung der Reibung.....	234
2.6.4	Experimentelle Ermittlung des Reibwerts	242
	Literatur zu Kapitel 2	254
3	Blechumformung.....	259
3.1	Verfahren der Blechumformung	259
3.2	Tiefziehen im Anschlag	262
3.2.1	Spannungen beim Tiefziehen.....	265
3.2.2	Formänderungen im Flanschbereich	267
3.2.3	Kräfte beim Tiefziehen	270
3.2.4	Krafteinleitung beim Tiefziehen	280
3.2.5	Verlauf der örtlichen Formänderungen.....	287
3.2.6	Berücksichtigung des Anstiegs der Kaltverfestigung im Ziehteilflansch	288
3.2.7	Einfluss Fließkurvenlage auf das Grenzziehverhältnis	290
3.2.8	Versagensarten.....	292
3.2.9	Einflussgrößen auf das Tiefziehergebnis	292
3.2.10	Ermittlung des Arbeitsbereichs (Gutteilfenster)	293
3.3	Tiefziehen im Weiterschlag	296
3.4	Blechprüfverfahren	296
3.4.1	Näpfchenprüfung nach Swift	297
3.4.2	Ermittlung des Grenzziehverhältnisses nach Schmidt	298
3.4.3	Ziehverhältnis nach Dutschke für nichtrotatorische Geometrien	299
3.4.4	Erichsen-Prüfung nach ISO20482	299
3.4.5	Engelhardt-Test.....	300
3.4.6	Zugversuch nach EN10002 und EN10130.....	302
3.4.7	Kreuzzugversuch	308
3.4.8	Ermittlung von Grenzformänderungskurven	311
3.5	Ermittlung von lokalen Formänderungen	316
3.6	Werkzeugtechnik für das Tiefziehen.....	322
3.6.1	Aufbau von Tiefziehwerkzeugen	322
3.6.2	Betätigungsarten des Niederhalters.....	332
3.6.3	Niederhaltersysteme.....	341
3.7	Wirkmedienbasierte Umformung.....	349
3.7.1	Hydromechanisches Tiefziehen	350
3.7.2	Beheiztes hydromechanisches Tiefziehen	354
3.7.3	Hochdruckblechumformung (HBU)	356
3.7.4	Fluidzell-Umformung	357
3.7.5	Innenhochdruck-Umformung (IHU).....	358
3.8	Tiefziehen unter Temperatureinfluss	361
3.8.1	Tiefziehen bei erhöhten Temperaturen	361
3.8.2	Warmumformung - Presshärten	365

3.9	Sonderverfahren der Blechumformung.....	366
3.10	Scherschneiden	368
3.11	Biegen.....	376
3.11.1	Biegeverfahren.....	377
3.11.2	Richten durch Biegen.....	382
3.12	Fügen	384
3.12.1	Bördeln	384
3.12.2	Falzen.....	394
3.12.3	Clinchen.....	400
3.12.4	Stanznieten.....	408
3.13	Werkzeugverschleiß beim Umformen	411
3.13.1	Verschleißmechanismen	411
3.13.2	Maßnahmen zur Verschleißreduktion.....	417
3.13.3	Weitere Maßnahmen zur Verschleißreduktion	429
3.14	Blechwerkstoffe	438
3.14.1	Stähle	438
3.14.2	Aluminiumlegierungen	444
3.14.3	Magnesiumlegierungen.....	447
3.14.4	Reintitanwerkstoffe.....	450
3.14.5	Beschichtete Bleche.....	453
	Literatur zu Kapitel 3	456
4	Massivumformung.....	469
4.1	Einteilung der Verfahren.....	469
4.2	Stauchen.....	472
4.2.1	Kenngrößen beim Stauchen	472
4.2.2	Spannungsverhältnisse beim Stauchen	474
4.2.3	Umformarbeit	483
4.2.4	Verfahrensgrenzen beim Stauchen	485
4.2.5	Reibungseinfluss beim Stauchversuch.....	489
4.3	Freiformschmieden	490
4.3.1	Sattelformen.....	493
4.3.2	Bauteilformen	493
4.3.3	Vor- und Nachteile des Freiformschmiedens.....	494
4.4	Gesenkschmieden.....	496
4.4.1	Grundlagen des Gesenkschmiedens.....	497
4.4.2	Verfahrensablauf.....	526
4.4.3	Werkzeugtechnik	566
4.4.4	Verschleiß von Schmiedegesenken.....	575
4.4.5	Warmarbeitsstähle für den Gesenkbau	613
4.4.6	Schmiedestähle	619
4.4.7	Einfluss der Umformmaschine auf den Schmiedeprozess	621
4.4.8	Vor- und Nachteile des Gesenkschmiedens.....	622

4.5	Fließpressen	623
4.5.1	Verfahren mit Beispielbauteilen	623
4.5.2	Voll-Vorwärts-Fließpressen.....	627
4.5.3	Hohl-Vorwärts-Fließpressen.....	640
4.5.4	Napf-Rückwärts-Fließpressen.....	644
4.5.5	Verfahrensablauf beim Fließpressen.....	649
4.5.6	Verfahrenstypische Eigenschaften des Kaltfließpressens	658
4.6	Strangpressen	659
4.6.1	Strangpressprofile – Auswahl herstellbarer Formen.....	660
4.7	Massivumformung von Leichtmetallen	662
4.7.1	Schmieden von Aluminiumlegierungen.....	662
4.7.2	Schmieden von Magnesiumlegierungen	675
4.8	Thixoschmieden als Sonderverfahren der Massivumformung.....	680
4.8.1	Unterteilung der Umformverfahren im thixotropen Zustand.....	681
4.8.2	Definition Thixotropie (rheologische Grundlagen)	683
4.8.3	Besondere Anforderungen an den Werkstoff.....	684
4.8.4	Verfahrensanforderungen	685
4.8.5	Mögliche Bauteilfehler	691
4.8.6	Vorteile des Thixoschmiedens	694
4.9	Pulverschmieden	695
4.9.1	Herstellung von Rohteilen aus metallischen Pulvern.....	695
4.9.2	Verfahrensablauf beim Pulverschmieden	699
	Literatur zu Kapitel 4	702
5	Umformmaschinen.....	713
5.1	Einteilung der Umformmaschinen	713
5.2	Arbeitsgebundene Umformmaschinen.....	719
5.2.1	Schmiedehämmer	719
5.2.2	Spindelpressen	730
5.3	Weggebundene Umformmaschinen	745
5.3.1	Funktionsprinzip weggebundener Umformmaschinen	745
5.3.2	Bauarten weggebundener Umformmaschinen	745
5.3.3	Baugruppen von weggebundenen Pressen.....	755
5.3.4	Arbeitsvermögen der weggebundenen Umformmaschine	813
5.4	Kraftgebundene Umformmaschinen (Hydraulische Pressen)	823
5.4.1	Funktionsprinzip kraftgebundener Umformmaschinen	824
5.4.2	Baugruppen von kraftgebundenen Umformmaschinen.....	827
5.4.3	Bewertung von kraftgebundenen Pressen	836
5.5	Industrieller Einsatz von Umformmaschinen.....	838
5.5.1	Pressensysteme in der Karosseriefertigung.....	838
5.5.2	Schnellläuferpressen/Stanzautomaten.....	850
5.5.3	Weggebundene Schmiedepressen.....	861
5.5.4	Pressen für die Kaltumformung	865
5.5.5	Einarbeitungspressen	871

5.6 Genauigkeitskenngrößen von Umformmaschinen	875
5.6.1 Geometrische Genauigkeit der unbelasteten Maschine	875
5.6.2 Elastische Nachgiebigkeiten der belasteten Maschine.....	876
5.6.3 Messaufbau zur Bestimmung der Genauigkeit unter Last	887
5.6.4 Anteile der Baugruppen an der Maschinengenauigkeit	892
5.6.5 Auswirkung der Maschinen- und Werkzeugsteifigkeit.....	894
5.6.6 Verlagerungsverläufe (Beispiele)	898
Literatur zu Kapitel 5	903
Sachverzeichnis.....	907