

Eckart Doege[†] · Bernd-Arno Behrens

Handbuch Umformtechnik

Grundlagen, Technologien, Maschinen

Mit 756 Abbildungen und 55 Tabellen

 Springer

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.....	6
1.2 Einteilung der Umformverfahren.....	8
1.2.1 Einteilung der Fertigungsverfahren nach DIN.....	8
1.2.2 Einteilung der Umformverfahren nach DIN.....	10
Literatur zu Kapitel 1.....	12
2 Grundlagen der Umformtechnik	13
2.1 Werkstoffverhalten.....	13
2.1.1 Werkstoffkundliche Aspekte.....	13
2.1.2 Metallkundliche Grundlagen.....	35
2.2 Bezogene und logarithmische Formänderung.....	55
2.3 Umformgeschwindigkeit.....	63
2.4 Fließkurven und Aufnahmeverfahren.....	64
2.4.1 Klassischer Zugversuch.....	68
2.4.2 Zugversuch nach Siebel.....	70
2.4.3 Auswertung der Breitereinschnürung bei einer Flachzugprobe ...	71
2.4.4 Zugversuch nach Reihle.....	77
2.4.5 Zugversuch an vorgewalzten Blechproben.....	83
2.4.6 Hydraulische Tiefung.....	84
2.4.7 Zylinderstauchversuch.....	88
2.4.8 Kegelstauchversuch.....	89
2.4.9 Einfluss von Temperatur und Umformgeschwindigkeit auf die Fließspannung.....	90
2.5 Einführung in die Berechnung umformtechnischer Prozesse.....	95
2.5.1 Gemeinsame Grundlagen der Elastizitäts- und Plastizitätsrechnung.....	96
2.5.2 Elastizitätsrechnung.....	125
2.5.3 Plastizitätsrechnung.....	146
2.5.4 Umformkraft und Umformarbeit.....	173
2.5.5 Berechnungsverfahren der Plastizitätsrechnung.....	185
2.6 Einfluss der Reibung auf den Umformprozess.....	221
2.6.1 Reibungszustände.....	223

2.6.2	Oberflächenkenngrößen für Werkzeuge	226
2.6.3	Mathematische Beschreibung der Reibung	232
2.6.4	Experimentelle Ermittlung des Reibwerts	240
	Literatur zu Kapitel 2	252

3	Blechumformung.....	257
3.1	Verfahren der Blechumformung	257
3.2	Tiefziehen im Anschlag	260
3.2.1	Spannungen beim Tiefziehen.....	263
3.2.2	Formänderungen im Flanschbereich.....	265
3.2.3	Kräfte beim Tiefziehen	268
3.2.4	Krafteinleitung beim Tiefziehen	278
3.2.5	Verlauf der örtlichen Formänderungen.....	285
3.2.6	Berücksichtigung des Anstiegs der Kaltverfestigung im Ziehteilflansch	286
3.2.7	Einfluss Fließkurvenlage auf das Grenzziehverhältnis	288
3.2.8	Versagensarten.....	290
3.2.9	Einflussgrößen auf das Tiefziehergebnis	290
3.2.10	Ermittlung des Arbeitsbereichs (Gutteilfenster)	291
3.3	Tiefziehen im Weiterschlag	294
3.4	Blechprüfverfahren	294
3.4.1	Näpfchenprüfung nach Swift	295
3.4.2	Ermittlung des Grenzziehverhältnisses nach Schmidt	296
3.4.3	Ziehverhältnis nach Dutschke für nichtrotatorische Geometrien	297
3.4.4	Erichsen-Prüfung nach ISO20482	297
3.4.5	Engelhardt-Test.....	298
3.4.6	Zugversuch nach EN10002 und EN10130.....	300
3.4.7	Kreuzzugversuch	306
3.4.8	Ermittlung von Grenzformänderungskurven	309
3.5	Ermittlung von lokalen Formänderungen	314
3.6	Werkzeugtechnik für das Tiefziehen.....	320
3.6.1	Aufbau von Tiefziehwerkzeugen.....	320
3.6.2	Betätigungsarten des Niederhalters.....	330
3.6.3	Niederhaltersysteme.....	339
3.7	Wirkmedienbasierte Umformung.....	347
3.7.1	Hydromechanisches Tiefziehen.....	348
3.7.2	Beheiztes hydromechanisches Tiefziehen	352
3.7.3	Hochdruckblechumformung (HBU)	354
3.7.4	Fluidzell-Umformung	355
3.7.5	Innenhochdruck-Umformung (IHU).....	356
3.8	Warmumformung.....	359
3.8.1	Beheiztes Tiefziehen.....	359
3.8.2	Presshärten.....	364
3.9	Sonderverfahren der Blechumformung.....	366
3.10	Scherschneiden	368
3.11	Biegen	376

3.11.1 Biegeverfahren.....	376
3.11.2 Richten durch Biegen.....	382
3.12 Fügen	384
3.12.1 Bördeln	384
3.12.2 Falzen.....	393
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.....	471
4.1 Einteilung der Verfahren.....	471
4.2 Stauchen.....	474
4.2.1 Kenngrößen beim Stauchen.....	474
4.2.2 Spannungsverhältnisse beim Stauchen	476
4.2.3 Umformarbeit	486
4.2.4 Verfahrensgrenzen beim Stauchen	489
4.2.5 Reibungseinfluss beim Stauchversuch.....	492
4.3 Freiformschmieden	494
4.3.1 Sattelformen.....	496
4.3.2 Bauteilformen	496
4.3.3 Vor- und Nachteile des Freiformschmiedens.....	497
4.4 Gesenkschmieden.....	499
4.4.1 Grundlagen des Gesenkschmiedens.....	500
4.4.2 Verfahrensablauf.....	529
4.4.3 Werkzeugtechnik	570
4.4.4 Verschleiß von Schmiedegesenken.....	580
4.4.5 Warmarbeitsstähle für den Gesenkbau	615
4.4.6 Schmiedestähle	623
4.4.7 Einfluss der Umformmaschine auf den Schmiedeprozess	623
4.4.8 Vor- und Nachteile des Gesenkschmiedens.....	624
4.5 Fließpressen	627
4.5.1 Verfahren mit Beispielbauteilen	627
4.5.2 Voll-Vorwärts-Fließpressen.....	630
4.5.3 Hohl-Vorwärts-Fließpressen.....	644
4.5.4 Napf-Rückwärts-Fließpressen.....	649
4.5.5 Verfahrensablauf beim Fließpressen.....	653

4.5.6	Verfahrenstypische Eigenschaften des Kaltfließpressens	662
4.6	Strangpressen	663
4.6.1	Strangpressprofile – Auswahl herstellbarer Formen	664
4.7	Massivumformung von Leichtmetallen	666
4.7.1	Schmieden von Aluminiumlegierungen	666
4.7.2	Schmieden von Magnesiumlegierungen	678
4.8	Thixoschmieden als Sonderverfahren der Massivumformung	683
4.8.1	Definition Thixotropie (rheologische Grundlagen)	685
4.8.2	Besondere Anforderungen an den Werkstoff	685
4.8.3	Verfahrensanforderungen	687
4.8.4	Vorteile des Thixoschmiedens	693
4.9	Pulverschmieden	694
4.9.1	Verfahrensablauf bei der Herstellung von Sinterteilen	695
4.9.2	Technologie des Pulverschmiedens	697
	Literatur zu Kapitel 4	701
5	Umformmaschinen	711
5.1	Einteilung der Umformmaschinen	711
5.2	Arbeitsgebundene Umformmaschinen	717
5.2.1	Schmiedehämmer	717
5.2.2	Spindelpressen	728
5.3	Weggebundene Umformmaschinen	743
5.3.1	Funktionsprinzip weggebundener Umformmaschinen	743
5.3.2	Bauarten weggebundener Umformmaschinen	743
5.3.3	Baugruppen von weggebundenen Pressen	754
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	828
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	864
5.5.5	Einarbeitungspressen	869
5.6	Genauigkeitskenngrößen von Umformmaschinen	873
5.6.1	Geometrische Genauigkeit der unbelasteten Maschine	873
5.6.2	Elastische Nachgiebigkeiten der belasteten Maschine	874
5.6.3	Messaufbau zur Bestimmung der Genauigkeit unter Last	885
5.6.4	Anteile der Baugruppen an der Maschinengenauigkeit	889
5.6.5	Auswirkung der Maschinen- und Werkzeugsteifigkeit	891
5.6.6	Verlagerungsverläufe (Beispiele)	895
	Literatur zu Kapitel 5	900
	Sachverzeichnis	903