

Eckart Doege† • Bernd-Arno Behrens

# Handbuch Umformtechnik

Grundlagen, Technologien, Maschinen

2., bearbeitete Auflage

 Springer

# Inhalt

<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
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
<b>2 Grundlagen der Umformtechnik.....</b>	<b>15</b>
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
<b>4</b>	<b>Massivumformung.....</b>	<b>469</b>
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
<b>5</b>	<b>Umformmaschinen.....</b>	<b>713</b>
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
<b>Sachverzeichnis .....</b>	<b>907</b>