
Inhaltsverzeichnis

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	6
1.1.4	Definitionen der Umformtechnik	7
1.2	Einteilung der Umformverfahren	9
1.2.1	Einteilung der Fertigungsverfahren nach DIN	9
1.2.2	Einteilung der Umformverfahren nach DIN 8582	11
	Literatur	13
2	Grundlagen der Umformtechnik	15
2.1	Werkstoffverhalten	15
2.1.1	Werkstoffkundliche Aspekte	15
2.1.2	Metallkundliche Grundlagen	38
2.2	Bezogene und logarithmische Formänderung	57
2.3	Umformgeschwindigkeit	64
2.4	Fließkurven und Aufnahmeverfahren	65
2.4.1	Klassischer Zugversuch	69
2.4.2	Zugversuch nach Siebel	71
2.4.3	Auswertung der Breitereinschnürung bei einer Flachzugprobe	73
2.4.4	Zugversuch nach Reihle	78
2.4.5	Zugversuch an vorgewalzten Blechproben	83
2.4.6	Fließkurvenextrapolation	85
2.4.7	Hydraulische Tiefung	85
2.4.8	Zylinderstauchversuch	91
2.4.9	Kegelstauchversuch	92
2.4.10	Einfluss von Temperatur und Umformgeschwindigkeit auf die Fließspannung	93
		IX

2.5	Einführung in die Berechnung umformtechnischer Prozesse	98
2.5.1	Gemeinsame Grundlagen der Elastizitäts- und Plastizitätsrechnung	99
2.5.2	Elastizitätsrechnung	127
2.5.3	Plastizitätsrechnung	147
2.5.4	Umformkraft und Umformarbeit	171
2.5.5	Berechnungsverfahren der Plastizitätsrechnung	182
2.6	Einfluss der Reibung auf den Umformprozess	215
2.6.1	Reibungszustände	217
2.6.2	Oberflächenkenngrößen für Werkzeuge	219
2.6.3	Mathematische Beschreibung der Reibung	226
2.6.4	Experimentelle Ermittlung des Reibwerts	234
	Literatur	246
3	Blechumformung	251
3.1	Verfahren der Blechumformung	251
3.2	Tiefziehen im Anschlag	251
3.2.1	Spannungen beim Tiefziehen	256
3.2.2	Formänderungen im Flanschbereich	259
3.2.3	Kräfte beim Tiefziehen	261
3.2.4	Krafteinleitung beim Tiefziehen	271
3.2.5	Verlauf der örtlichen Formänderungen	278
3.2.6	Berücksichtigung des Anstiegs der Kaltverfestigung im Ziehteilflansch	279
3.2.7	Einfluss Fließkurvenlage auf das Grenzziehverhältnis	281
3.2.8	Versagensarten	282
3.2.9	Einflussgrößen auf das Tiefziehergebnis	283
3.2.10	Ermittlung des Arbeitsbereichs (Gutteilfenster)	284
3.3	Tiefziehen im Weiterschlag	287
3.4	Blechprüfverfahren	287
3.4.1	Näpfchenprüfung nach Swift	288
3.4.2	Ermittlung des Grenzziehverhältnisses nach Schmidt	289
3.4.3	Ziehverhältnis nach Dutschke für nichtrotatorische Geometrien . .	290
3.4.4	Erichsen-Prüfung nach ISO20482	290
3.4.5	Engelhardt-Test	292
3.4.6	Zugversuch nach EN10002 und EN10130	293
3.4.7	Kreuzzugversuch	299
3.4.8	Ermittlung von Grenzformänderungskurven	302
3.5	Ermittlung von lokalen Formänderungen	310
3.6	Werkzeugtechnik für das Tiefziehen	315
3.6.1	Aufbau von Tiefziehwerkzeugen	315
3.6.2	Betätigungsarten des Niederhalters	324
3.6.3	Niederhaltersysteme	333

3.7	Wirkmedienbasierte Umformung	341
3.7.1	Hydromechanisches Tiefziehen	341
3.7.2	Beheiztes hydromechanisches Tiefziehen	346
3.7.3	Hochdruckblechumformung (HBU)	346
3.7.4	Fluidzell-Umformung	348
3.7.5	Innenhochdruck-Umformung (IHU)	349
3.8	Tiefziehen unter Temperatureinfluss	352
3.8.1	Tiefziehen bei erhöhten Temperaturen	352
3.8.2	Warmumformung – Presshärten	356
3.9	Sonderverfahren der Blechumformung	358
3.10	Scherschneiden	360
3.10.1	Scherschneidvorgang	360
3.11	Biegen	367
3.11.1	Biegeverfahren	368
3.11.2	Richten durch Biegen	373
3.12	Fügen	374
3.12.1	Bördeln	375
3.12.2	Falzen	384
3.12.3	Clinchen	390
3.12.4	Stanznieten	398
3.13	Werkzeugverschleiß beim Umformen	401
3.13.1	Verschleißmechanismen	401
3.13.2	Maßnahmen zur Verschleißreduktion	407
3.13.3	Weitere Maßnahmen zur Verschleißreduktion	418
3.14	Blechwerkstoffe	427
3.14.1	Stähle	427
3.14.2	Aluminiumlegierungen	431
3.14.3	Magnesiumlegierungen	435
3.14.4	Reintitanwerkstoffe	438
3.14.5	Beschichtete Bleche	441
	Literatur	443
4	Massivumformung	455
4.1	Einteilung der Verfahren	455
4.2	Stauchen	455
4.2.1	Kenngrößen beim Stauchen	458
4.2.2	Spannungsverhältnisse beim Stauchen	460
4.2.3	Umformarbeit	468
4.2.4	Verfahrensgrenzen beim Stauchen	470
4.2.5	Reibungseinfluss beim Stauchversuch	474

4.3	Freiformschmieden	475
4.3.1	Sattelformen	477
4.3.2	Bauteilformen	477
4.3.3	Vor- und Nachteile des Freiformschmiedens	479
4.4	Gesenkschmieden	479
4.4.1	Grundlagen des Gesenkschmiedens	481
4.4.2	Verfahrensablauf	510
4.4.3	Werkzeugtechnik.	551
4.4.4	Verschleiß von Schmiedegesenken	560
4.4.5	Warmarbeitsstähle für den Gesenkbau	598
4.4.6	Schmiedestähle	603
4.4.7	Einfluss der Umformmaschine auf den Schmiedeprozess	604
4.4.8	Vor- und Nachteile des Gesenkschmiedens	608
4.5	Fließpressen	609
4.5.1	Verfahren mit Beispielbauteilen	609
4.5.2	Voll-Vorwärts-Fließpressen.	613
4.5.3	Hohl-Vorwärts-Fließpressen	625
4.5.4	Napf-Rückwärts-Fließpressen.	629
4.5.5	Verfahrensablauf beim Fließpressen	634
4.5.6	Verfahrenstypische Eigenschaften des Kaltfließpressens	643
4.6	Strangpressen	643
4.6.1	Strangpressprofile – Auswahl herstellbarer Formen	645
4.7	Massivumformung von Leichtmetallen	646
4.7.1	Schmieden von Aluminiumlegierungen	646
4.7.2	Schmieden von Magnesiumlegierungen	658
4.8	Thixoschmieden als Sonderverfahren der Massivumformung	663
4.8.1	Unterteilung der Umformverfahren im thixotropen Zustand	664
4.8.2	Definition Thixotropie (rheologische Grundlagen).	666
4.8.3	Besondere Anforderungen an den Werkstoff	667
4.8.4	Verfahrensanforderungen	668
4.8.5	Mögliche Bauteilfehler	675
4.8.6	Vorteile des Thixoschmiedens.	676
4.9	Pulverschmieden	678
4.9.1	Herstellung von Rohteilen aus metallischen Pulvern	678
4.9.2	Verfahrensablauf beim Pulverschmieden	682
	Literatur	685
	Weiterführende Literatur	693
5	Umformmaschinen.	695
5.1	Einteilung der Umformmaschinen	695
5.2	Arbeitsgebundene Umformmaschinen	701
5.2.1	Schmiedehämmer	701
5.2.2	Spindelpressen	713

5.3	Weggebundene Umformmaschinen	729
5.3.1	Funktionsprinzip weggebundener Umformmaschinen	730
5.3.2	Bauarten weggebundener Umformmaschinen	730
5.3.3	Baugruppen von weggebundenen Pressen	737
5.3.4	Arbeitsvermögen der weggebundenen Umformmaschine	793
5.4	Kraftgebundene Umformmaschinen	803
5.4.1	Pressen mit hydraulischem Antrieb	803
5.4.2	Pressen mit servoelektrischem Antrieb	817
5.5	Industrieller Einsatz von Umformmaschinen	836
5.5.1	Pressensysteme in der Karosseriefertigung	836
5.5.2	Schnellläuferpressen/Stanzautomaten	849
5.5.3	Weggebundene Schmiedepressen	859
5.5.4	Pressen für die Kaltumformung	864
5.5.5	Einarbeitungspressen	868
5.6	Genauigkeitskenngrößen von Umformmaschinen	872
5.6.1	Geometrische Genauigkeit der unbelasteten Maschine	873
5.6.2	Elastische Nachgiebigkeiten der belasteten Maschine	873
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	892
5.6.6	Verlagerungsverläufe (Beispiele)	896
	Literatur	900
	Sachverzeichnis	905