

Inhaltsverzeichnis

<u>1. Einführung (K. LANGE)</u>	1
<u>2. Verfahren zum Prüfen der Umformeignung von Blechen</u> <u>(H. SCHELOSKY)</u>	5
2.0. Allgemeines	5
2.1. Allgemeine Werkstoffkenngrößen zum Beurteilen der Umformeignung von Blechen	5
2.1.1. Verfestigungsexponent n	6
2.1.2. Anisotropiewert R	7
2.1.3. Kennwert X	9
2.2. Ermitteln von Kennwerten mit Hilfe einzelner verfahren- bezogener Prüfverfahren	10
2.2.1. Streckzieh-Prüfverfahren	11
2.2.1.1. Tiefungsversuch nach Erichsen	11
2.2.1.2. Hydraulischer Tiefungsversuch	12
2.2.1.3. Tiefzieh-Aufweit-Prüfverfahren	12
2.2.1.4. Streckzieh-Prüfverfahren nach Güth	13
2.2.2. Tiefzieh-Prüfverfahren	14
2.2.2.1. Keilzug-Prüfverfahren nach Sachs	14
2.2.2.2. Näpfchen-Tiefziehprüfung nach Swift (IDDRG)	15
2.2.2.3. Näpfchen-Tiefziehprüfung nach Beisswänger	16
2.2.2.4. Näpfchen-Tiefziehprüfung nach Fukui	17
2.2.2.5. Ermittlung des Grenzziehverhältnisses beim Tiefziehen nach Schmidt- Kapfenberg	18
2.2.3. Biege-Prüfverfahren	19
2.3. Ermitteln von Kennwerten mit Hilfe kombinierter ver- fahrensbezogener Prüfverfahren	21
2.4. Beurteilung der Umformeignung von Blechen mit Hilfe von Liniennetzen	22
Schrifttum zu Kapitel 2	25

<u>3. Schneiden (W. KRÄMER)</u>	28
3.0. Einleitung	28
3.1. Schneidvorgang und Auswirkungen	31
3.1.1. Einleitung der Kräfte	31
3.1.2. Ablauf des Schneidvorgangs.	32
3.1.3. Auswirkung der Werkzeuggeometrie auf den Schneidvorgang	35
3.2. Kräfte und Arbeit	39
3.2.1. Schneidkraft	39
3.2.2. Seitenkräfte	49
3.2.3. Schneidarbeit	49
3.3. Auswirkungen des Schneidens auf die Werkstückeigen- schaften.	53
3.3.1. Genauigkeit geschnittener Teile	53
3.3.2. Härteänderungen in der Nähe der Schnittflächen	59
3.4. Werkzeuge	60
3.4.1. Bauarten von Schneidwerkzeugen	60
3.4.2. Ausführung von Schneid- und Lochwerkzeugen	64
3.4.3. Festlegung der Lage von Werkzeugen	65
3.4.4. Wahl des Schneidspalts.	66
3.4.5. Ausführung von schneidenden Werkzeug- elementen	67
3.4.6. Auswahl von Werkstoffen für schneidende Werk- zeugelemente	69
3.4.7. Vorschubbegrenzung	72
3.5. Schneidverfahren zum Erzielen glatter Schnittflächen	74
3.5.1. Anforderungen an Schnittflächen.	74
3.5.2. Nachschneiden	74
3.5.3. Genauscheidverfahren	76
3.5.4. Lochverfahren.	82
3.6. Zusammenwirken zwischen Maschine, Werkzeug und Verfahren	82
3.7. Wirtschaftlichkeitsfragen, Werkstoffausnutzung	86
Schrifttum zu Kapitel 3	88
<u>4. Biegen (H. HÖNESS)</u>	92
4.0. Einleitung	93
4.1. Theorie des querkraftfreien Biegens von Blech.	94
4.1.1. Elementare Biegetheorie	94

4.1.1.1. Der einfache Biegevorgang	96
4.1.1.2. Rückfederung nach einfachem Biegen	101
4.1.1.3. Einheitsmomentenkurven	104
4.1.1.4. Einfluß ungleicher Spannungs-Deh- nungs-Linien für Zug und Druck	105
4.1.1.5. Berücksichtigung der Schichtenver- schiebung	106
4.1.2. Anwendung der Plastizitätstheorie auf das Bie- gen von Blech	111
4.1.3. Vergleich der Theorie mit Versuchen	116
4.2. Die wichtigsten Verfahren des Blechbiegens	118
4.2.1. Freies Biegen	118
4.2.1.1. Biegemoment und Werkstückform beim Freien Biegen	119
4.2.1.2. Biegekraft beim Freien Biegen	121
4.2.2. Gesenkbiegen	123
4.2.2.1. Biegen im V-Gesenk	123
4.2.2.2. Biegen im U-Gesenk	127
4.2.3. Schwenkbiegen	129
4.2.4. Walzrunden	131
4.2.5. Walzprofilieren	132
4.2.6. Biegen mit elastischen Werkzeugen	134
4.2.7. Gestreckte Länge von Biegeteilen (Zuschnitts- ermittlung)	135
4.3. Eigenschaften gebogener Bleche	136
4.3.1. Rückfederung, Abbildegengenauigkeit, Randver- formungen	136
4.3.2. Oberflächenbeschaffenheit	139
4.3.3. Mechanische Eigenschaften	140
4.4. Werkzeuge und Maschinen für das Blechbiegen	143
4.4.1. Werkzeuge und Maschinen zum Biegen mit geradliniger Werkzeugbewegung	143
4.4.1.1. Werkzeuge für C- und O-Gestell- Pressen	143
4.4.1.2. Biegen auf Gesenkbiegepressen	145
4.4.2. Biegen auf Maschinen mit drehender Werkzeug- bewegung	146
4.4.2.1. Schwenkbiegemaschinen	146
4.4.2.2. Walzprofiliermaschinen	148

4.4.2.3. Walzrundmaschinen	149
4.5. Biegen von Rechteck- und Rundstäben	150
4.6. Biegen von Rohren und Profilen	152
4.7. Richten durch Biegen	156
4.7.1. Richten einzelner Werkstücke durch Freies Biegen	157
4.7.2. Walzrichten von Blech	158
4.7.3. Walzrichten von runden Stäben und Rohren ...	160
Schrifttum zu Kapitel 4	162
<u>5. Zugdruckumformen von Blechen (H. WILHELM)</u>	<u>166</u>
5.0. Verfahren des Zugdruck-Umformens	166
5.1. Tiefziehen	167
5.1.0. Begriffe, Allgemeines	167
5.1.1. Grundlagen des Tiefziehens im Erstzug	169
5.1.1.0. Bezeichnungen, Allgemeines	169
5.1.1.1. Spannungen	170
5.1.1.2. Umformgrade	176
5.1.1.3. Kräfte, Arbeiten, Umformwirkungs- grad	178
5.1.1.4. Bodenreißer, Grenzumformgrad, Grenzziehverhältnis	186
5.1.1.5. Anisotropie	194
5.1.1.6. Faltenbildung beim Tiefziehen	199
5.1.2. Grundlagen des Tiefziehens im Weiterzug	200
5.1.2.1. Allgemeines, Spannungen	200
5.1.2.2. Kräfte beim Weiterzug	201
5.1.2.3. Ziehverhältnis, Zugabstufung	203
5.1.2.4. Weiterziehen mit Waddickenvermin- derung	206
5.1.3. Ziehen von nicht kreiszylindrischen Teilen, Son- derziehverfahren	206
5.1.3.1. Ziehen von konischen, parabolischen und kugeligen Teilen	206
5.1.3.2. Stülpziehen	211
5.1.3.3. Tiefziehen von quadratischen, recht- eckigen und ovalen Ziehtteilen	213
5.1.3.4. Karosserieziehen und Ziehen unregel- mäßiger Blechteile	214
5.1.3.5. Tiefziehen mit nachgiebigen Werkzeu- gen	218

5.1.3.6. Tiefziehen mit Wirkmedien bzw. Wirkenergie	220
5.1.3.7. Warmtiefziehen	220
5.1.3.8. Verfahren zur Herstellung kleiner Ziehteile	221
5.1.4. Werkzeuggestaltung	222
5.1.4.1. Ziehspalt	222
5.1.4.2. Ziehringrundung und Stempelkanten- rundung	223
5.1.4.3. Werkzeuggestaltung beim niederhal- terlosen Erstzug	224
5.1.4.4. Niederhalterausbildung	226
5.1.4.5. Werkzeugbaustoffe	228
5.1.5. Werkstoffe und Schmiermittel zum Tiefziehen	229
5.1.6. Zuschnittsermittlung	231
5.1.7. Arbeitsgenauigkeit, Werkstückeigenschaften nach dem Umformen	236
5.1.8. Fehler beim Tiefziehen	240
5.1.9. Maschinen zum Tiefziehen	240
5.1.9.0. Allgemeines	240
5.1.9.1. Mechanische weggebundene Pressen zum Tiefziehen und Karosserieziehen	243
5.1.9.2. Hydraulische Pressen zum Tiefziehen und Karosserieziehen	256
5.2. Drücken	258
5.2.0. Allgemeines	258
5.2.1. Umformvorgang	258
5.2.2. Herstellbare Formen, Anwendungsbereich des Verfahrens	262
5.2.3. Werkstoffe	263
5.2.4. Arbeitsgenauigkeit	264
5.2.5. Werkzeuge zum Drücken	264
5.2.6. Maschinen zum Drücken	266
5.3. Kragenziehen	267
5.3.1. Verfahrensprinzip, geometrische Beziehungen	267
5.3.2. Erreichbares Aufweitverhältnis	269
5.3.3. Stempelkraft	270
Schrifttum zu Kapitel 5	272

<u>6. Zugumformen (D. SCHLOSSER)</u>	276
6.0. Vorstellung der Verfahren	276
6.1. Streckziehen	280
6.1.0. Allgemeines	280
6.1.1. Einfaches Streckziehen	281
6.1.1.1. Vorgang des einfachen Streckziehens	281
6.1.1.2. Formänderungen, Spannungen, Kräfte	282
6.1.2. Tangentialstreckziehen	285
6.1.3. Für das Streckziehen geeignete Werkstoffe ...	286
6.1.4. Eigenschaften streckgezogener Werkstücke ...	288
6.1.5. Reib- und Schmierverhältnisse	289
6.1.6. Versagensfälle	290
6.1.7. Streckziehwerkzeuge	292
6.1.8. Einrichtungen zum Streckziehen	293
6.1.8.1. Maschinen zum einfachen Streckziehen	293
6.1.8.2. Maschinen zum Tangentialstreckziehen	295
6.1.8.3. Spanneinrichtungen	302
6.2. Weitere Verfahren zum Tiefen	304
6.2.1. Verfahren	304
6.2.1.1. Hohlprägen	304
6.2.1.2. Tiefen mit nachgiebigem Werkzeug ..	306
6.2.2. Maschinen	306
6.3. Verfahren zum Weiten	307
6.3.1. Allgemeines	307
6.3.2. Weiten mit starrem Werkzeug	307
6.3.2.1. Weiten mit Dorn	307
6.3.2.2. Weiten mit Spreizwerkzeug	307
6.3.3. Weiten mit nachgiebigem Werkzeug	309
6.3.4. Weiten mit Wirkmedien mit kraftgebundener Wirkung	310
6.3.4.1. Formlos feste Stoffe als Wirkmedien	310
6.3.4.2. Flüssigkeiten als Wirkmedien	311
6.3.5. Maschinen und Einrichtungen	313
6.3.6. Vergleich der verschiedenen Verfahren	315
6.4. Längen	315
6.4.1. Verfahren	315
6.4.1.1. Strecken	315

6.4.1.2. Streckrichten.....	316
6.4.2. Maschinen	317
Schrifttum zu Kapitel 6	319
<u>7. Umformen unter besonderen Bedingungen (R. GEIGER, H. KAISER, K. LANGE, H. MÜLLER, H. SCHELOSKY, R. ZELLER).....</u>	<u>320</u>
7.0. Einführung, Übersicht	321
7.1. Hochleistungs-, Hochenergie-, Hochgeschwindigkeits- umformung, Übersicht, Begriffe, Abgrenzung zu "kon- ventionellen" Verfahren, Geschichtliche Entwicklung	322
7.1.1. Verfahren mit auf hohe Geschwindigkeiten be- schleunigten starren Massen.....	325
7.1.1.1. Maschinen (Prinzip), Kenngrößen, Kennwerte	325
7.1.1.2. Warmmassivumformung (Schmie- den).....	330
7.1.1.3. Kaltmassivumformung (Fließ- pressen).....	335
7.1.1.4. Scheren	337
7.1.2. Verfahren mit Wirkmedien mit kraftgebunde- ner Wirkung.....	339
7.1.3. Verfahren mit Wirkmedien mit energiegebun- dener Wirkung	340
7.1.3.1. Umformen mit Schockwellen, theore- tische Grundlagen.....	340
7.1.3.2. Explosionsumformung (Einrichtun- gen, Anwendung)	347
7.1.3.3. Elektrohydraulische Umformung (Ein- richtungen, Anwendung)	350
7.1.4. Verfahren mit Wirkenergie.....	362
7.1.4.1. Elektromagnetisches Umformen (Prinzip, Einrichtungen, Anwendung)	362
7.2. Umformen unter Anwendung eines hydrostatischen Druckes.....	370
7.2.0. Vorbemerkungen.....	370
7.2.1. Hydrostatisches Strang- und Fließpressen....	371
7.2.1.0. Übersicht über die Verfahren des hy- drostatischen Strang- und Fließ- pressens.....	372
7.2.1.1. Beschreibung des hydrostatischen Strangpreßvorgangs	374

7.2.1.2. Stofffluß, Strangpreßdruck	377
7.2.1.3. Anwendungsmöglichkeiten	384
7.2.1.4. Entwicklungen bei Werkzeugen und Maschinen.	389
7.2.1.5. Verfahrenskombination - kontrollier- tes hydrostatisches Strangpressen. . .	393
7.2.2. Umformen unter bewußt geändertem Spannungs- zustand	396
7.2.2.1. Einfluß des Spannungszustandes auf das Formänderungsvermögen	397
7.2.2.2. Die Anwendung eines hydrostatischen Druckes beim Umformen.	402
7.3. Umformen unter Anwendung überlagerter mechanischer Schwingungen	416
7.3.1. Allgemeines	416
7.3.2. Theoretische Grundlagen.	417
7.3.3. Anwendungen	420
7.3.3.1. Draht- und Rohr-Gleitziehen	421
7.3.3.2. Stauchen und Schmieden	426
7.3.3.3. Andere Verfahren der Massivum- formung	427
7.3.3.4. Blechumformung	427
7.3.4. Wirtschaftlicher Ausblick.	429
7.4. Umformen bei besonderen Werkstoffzuständen	430
7.4.1. Superplastisches Umformen	430
7.4.1.1. Einführung	430
7.4.1.2. Voraussetzungen für das Auftreten von Superplastizität	431
7.4.1.3. Beschreibung des superplastischen Werkstoffverhaltens	432
7.4.1.4. Einflußgrößen auf das superplastische Werkstoffverhalten.	436
7.4.1.5. Metallkundliche Vorgänge bei der Superplastizität	439
7.4.1.6. Legierungen mit superplastischen Ei- genschaften.	440
7.4.1.7. Herstellung von Halbzeug mit super- plastischen Eigenschaften	442
7.4.1.8. Untersuchungen über technische An- wendungsmöglichkeiten der Super- plastizität.	442

7.4.2. Austenitformhärten	448
Schrifttum zu Kapitel 7	456
<u>8. Hohlformwerkzeuge für Umform-, Trenn- und Fügeverfahren (K. LANGE, H. D. SCHACHER)</u>	<u>468</u>
8.0. Einleitung	468
8.0.1. Definition von Hohlformwerkzeugen	468
8.0.2. Hohlform-Geometrie	469
8.1. Verfahrensmerkmale im Hinblick auf die benötigten Hohlformwerkzeuge	473
8.1.1. Warmmassivumformung (Gesensschmieden) ..	473
8.1.2. Kaltmassivumformung (Fließpressen).....	476
8.1.3. Blechumformung (Tiefziehen, Karosserie- ziehen)	477
8.1.4. Trennen (Schneiden)	479
8.2. Herstellung der Hohlformwerkzeuge	479
8.2.1. Abzuarbeitende Volumina bei Innen- und Außen- formen	480
8.2.2. Bearbeitungsverfahren zum Erzeugen der Grund- und Nebenformen der Arbeitsflächen ..	481
8.2.2.1. Gießen	481
8.2.2.2. Umformverfahren (Kalt- und Warm- einsenken)	486
8.2.2.3. Spanende Verfahren	486
8.2.2.4. Abtragende Verfahren.....	495
8.3. Verfahrenskombination und Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung von Hohlformwerkzeugen.....	512
8.3.1. Herstellung von Werkzeugen für die Warm- massivumformung.....	514
8.3.2. Herstellung von Werkzeugen für die Kalt- massivumformung.....	517
8.3.3. Herstellung von Werkzeugen für die Blech- umformung.....	518
8.3.4. Herstellung von Werkzeugen zum Trennen	521
8.4. Entwicklungstendenzen	524
Schrifttum zu Kapitel 8.....	525
<u>Sachverzeichnis.....</u>	<u>530</u>