



Inhaltsverzeichnis

Harald Kugler

Umformtechnik

Umformen metallischer Konstruktionswerkstoffe

ISBN: 978-3-446-40672-8

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-40672-8>

sowie im Buchhandel.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Hinweise zur beigefügten DVD</b> . . . . .	15
<b>Verzeichnis häufig verwendeter Formelzeichen</b> . . . . .	19
<b>1 Einleitung</b> . . . . .	23
1.1 Geschichtliche Entwicklung und wirtschaftliche Bedeutung . . . . .	23
1.2 Werkstoffverhalten und Umformtemperaturen . . . . .	26
1.3 Basisverfahren der Umformtechnik . . . . .	28
1.3.1 Flachwalzen . . . . .	29
1.3.2 Fließpressen . . . . .	30
1.3.3 Drahtziehen . . . . .	31
1.3.4 Stauchen und Gesenkschmieden . . . . .	33
1.3.5 Tiefziehen . . . . .	34
1.4 Einteilung der Umformverfahren . . . . .	35
1.4.1 Einordnung nach dem Spannungszustand in der Umformzone . . . . .	35
1.4.2 Einordnung nach der Umformtemperatur . . . . .	36
1.4.2.1 Einordnung nach der Umformtemperatur in Relation zur Raumtemperatur . . . . .	36
1.4.2.2 Einordnung nach der Umformtemperatur in Relation zur Rekristallisationstemperatur $T_{rek}$ . . . . .	37
1.4.2.3 Abgrenzung . . . . .	38
1.4.3 Einordnung nach der Bauteilgeometrie . . . . .	38
1.4.4 Einordnung nach dem Verwendungszweck . . . . .	38
1.5 Fragen zum Kapitel 1 . . . . .	39
<b>2 Allgemeine Grundlagen der Umformtechnik</b> . . . . .	41
2.1 Grundgrößen der Umformung . . . . .	41
2.1.1 Größen der Umformzone . . . . .	41
2.1.1.1 Konstantes Volumen der Umformzone . . . . .	41
2.1.1.2 Umformgrad und andere Bezeichnungen für die plastische Formänderung . . . . .	42
2.1.1.3 Fragen zum Kapitel 2.1.1 . . . . .	48
2.1.2 Spannungsgrößen . . . . .	48
2.1.2.1 Fließspannung und andere Werkstoffkennwerte . . . . .	48
2.1.2.2 Fließbedingung . . . . .	51
2.1.2.3 Vergleichsspannung . . . . .	52
2.1.2.4 Fragen zum Kapitel 2.1.2 . . . . .	56
2.1.3 Fließkurven . . . . .	57
2.1.3.1 Verfahren zur Ermittlung der Fließspannung . . . . .	57
2.1.3.2 Fließkurven metallischer Werkstoffe . . . . .	62
2.1.3.3 Fragen zum Kapitel 2.1.3 . . . . .	66
2.1.4 Anwendungen der Fließkurven . . . . .	66
2.1.4.1 Kraft- und Arbeitsberechnungen . . . . .	67
2.1.4.2 Gesamtumformarbeit und -kraft . . . . .	70

2.1.4.3	Bauteilfestigkeit . . . . .	73
2.1.4.4	Fragen zum Kapitel 2.1.4 . . . . .	73
2.2	Berechnungen an realen Umformzonen . . . . .	74
2.2.1	Homogene und inhomogene Umformungen . . . . .	74
2.2.1.1	Fragen zum Kapitel 2.2.1 . . . . .	75
2.2.2	Elementare Plastizitätstheorie . . . . .	76
2.2.2.1	Allgemeines . . . . .	76
2.2.2.2	Scheibentheorie . . . . .	77
2.2.2.3	Fragen zum Kapitel 2.2.2 . . . . .	80
2.2.3	Simulationsrechnungen – Finite-Elemente-Methode FEM . . . . .	80
2.2.3.1	Motivation, Aufgaben, Lösungsansätze und Ergebnisse . . . . .	80
2.2.3.2	Ablauf einer Prozesssimulation . . . . .	84
2.2.3.3	Thermische und tribologische Einflüsse auf die Umformprozesse . . . . .	88
2.2.3.4	Grenzen – offene Fragen . . . . .	91
2.2.3.5	Fragen zum Kapitel 2.2.3 . . . . .	91
2.3	Metallkundliche Aspekte . . . . .	92
2.3.1	Aufbau der Metalle . . . . .	92
2.3.1.1	Gitterstrukturen . . . . .	92
2.3.1.2	Punktförmige Gitterfehler: Leerstellen, Fremdatome . . . . .	95
2.3.1.3	Linienförmige Gitterfehler: Versetzungen . . . . .	95
2.3.1.4	Flächenförmige Gitterfehler: Korngrenzen . . . . .	97
2.3.1.5	Fragen zum Kapitel 2.3.1 . . . . .	98
2.3.2	Fließverhalten der Metalle . . . . .	99
2.3.2.1	Mechanismen der plastischen Formänderung . . . . .	99
2.3.2.2	Einflüsse der Gitterfehler auf das Fließverhalten . . . . .	100
2.3.2.3	Fragen zum Kapitel 2.3.2 . . . . .	102
2.4	Tribologie . . . . .	103
2.4.1	Reibung . . . . .	103
2.4.2	Schmierung . . . . .	104
2.4.2.1	Schmierstoffe für die Kaltmassivumformung . . . . .	104
2.4.2.2	Schmierstoffe für die Blechumformung . . . . .	104
2.4.2.3	Schmierstoffe für die Warmformgebung (Gesensschmieden) . . . . .	105
2.4.2.4	Fragen zum Kapitel 2.4.2 . . . . .	105
2.4.3	Oberflächenbehandlung . . . . .	105
2.4.3.1	Oberflächenbehandlung der Werkstücke . . . . .	105
2.4.3.2	Oberflächenbehandlung der Werkzeuge . . . . .	106
2.4.3.3	Fragen zum Kapitel 2.4.3 . . . . .	107
2.4.4	Verschleiß . . . . .	107
2.4.4.1	Verschleißarten . . . . .	107
2.4.4.2	Verschleißuntersuchungen . . . . .	108
2.4.4.3	Verschleiß an Umformwerkzeugen . . . . .	109
2.4.4.4	Fragen zum Kapitel 2.4.4 . . . . .	110
<b>3</b>	<b>Kaltmassivumformung . . . . .</b>	<b>111</b>
3.1	Grundlagen der Kaltmassivumformung . . . . .	111
3.1.1	Allgemeines . . . . .	111
3.1.2	Verfestigung und Streckgrenzenanomalie . . . . .	112
3.1.2.1	Verfestigung . . . . .	112

3.1.2.2	Streckgrenzenanomalie . . . . .	112
3.1.3	Entfestigung durch Erholung und Rekristallisation . . . . .	113
3.1.3.1	Erholung . . . . .	114
3.1.3.2	Rekristallisation . . . . .	114
3.1.4	Warm-, Kalt- und Halbwarmumformung . . . . .	116
3.1.4.1	Warmumformung . . . . .	116
3.1.4.2	Kaltumformung . . . . .	116
3.1.4.3	Halbwarmumformung . . . . .	117
3.1.5	Oberflächengüte, Randschicht und Eigenspannungen . . . . .	118
3.1.5.1	Oberflächengüte . . . . .	118
3.1.5.2	Randschicht . . . . .	119
3.1.5.3	Eigenspannungen in der Randschicht . . . . .	120
3.1.5.4	Einflüsse auf die Dauerfestigkeit beim Kaltmassivumformen . . . . .	120
3.1.6	Fragen zum Kapitel 3.1 . . . . .	121
3.2	Herstellung von Halbzeugen: Bänder, Bleche, Rohre, Drähte, Stäbe . . . . .	122
3.2.1	Kaltwalzen – Flachwalzen . . . . .	123
3.2.1.1	Verfahren, Erzeugnisse und Fertigungseinrichtungen . . . . .	123
3.2.1.2	Größen der Umformzone . . . . .	128
3.2.1.3	Walzkräfte und -momente . . . . .	130
3.2.1.4	Auffederung, Durchbiegung und deren Kompensation . . . . .	132
3.2.1.5	Einzug, Durchzug, Haspelzug, Bremszug . . . . .	134
3.2.1.6	Stichplan, Enddicke und Endfestigkeit . . . . .	135
3.2.1.7	Fragen zum Kapitel 3.2.1 . . . . .	139
3.2.2	Drahtziehen . . . . .	140
3.2.2.1	Halbzeuge und Werkstoffe . . . . .	140
3.2.2.2	Verfahrensprinzipien . . . . .	141
3.2.2.3	Maschinen und Verfahren . . . . .	143
3.2.2.4	Berechnungen und Zugabstufungen . . . . .	146
3.2.2.5	Berechnungsbeispiel . . . . .	148
3.2.2.6	Fragen zum Kapitel 3.2.2 . . . . .	149
3.2.3	Stab- und Rohrziehen . . . . .	150
3.2.3.1	Halbzeuge und Werkstoffe . . . . .	150
3.2.3.2	Verfahren, Verfahrensvarianten und Fertigungseinrichtungen . . . . .	152
3.2.3.3	Fragen zum Kapitel 3.2.3 . . . . .	155
3.3	Herstellung von Bauteilen – Verfahren der Kaltmassivumformung . . . . .	155
3.3.1	Fließpressen . . . . .	156
3.3.1.1	Verfahren . . . . .	156
3.3.1.2	Prinzipielle Fließpressverfahren . . . . .	161
3.3.1.3	Gestaltungsmöglichkeiten und Verfahrensvarianten . . . . .	163
3.3.1.4	Stadienplanung von Fließpressteilen . . . . .	167
3.3.1.5	Oberflächengüte und Genauigkeit . . . . .	172
3.3.1.6	Festigkeit der Bauteile . . . . .	173
3.3.1.7	Beanspruchung von Werkzeug und Maschine . . . . .	175
3.3.1.8	Werkzeugbau . . . . .	182
3.3.1.9	Pressenbau . . . . .	188
3.3.1.10	Fließpressen einer Tube aus Aluminium . . . . .	194
3.3.1.11	Beispiele zum Voll-Vorwärts-Fließpressen . . . . .	196
3.3.1.12	Fragen zum Kapitel 3.3.1 . . . . .	198

3.3.2	Kaltstauchen . . . . .	200
3.3.2.1	Bauteile und Werkstoffe . . . . .	200
3.3.2.2	Verfahren, Verfahrensvarianten und Maschinen . . . . .	202
3.3.2.3	Berechnungen . . . . .	205
3.3.2.4	Berechnungsbeispiel Schraubenrohling . . . . .	208
3.3.2.5	Fragen zum Kapitel 3.3.2 . . . . .	211
3.3.3	Eindrücken: Kalteinsenken, Prägen, Formpressen, Dornen . . . . .	211
3.3.3.1	Kalteinsenken . . . . .	212
3.3.3.2	Prägen . . . . .	215
3.3.3.3	Formpressen . . . . .	216
3.3.3.4	Dornen . . . . .	216
3.3.3.5	Fragen zum Kapitel 3.3.3 . . . . .	217
3.3.4	Gewindewalzen . . . . .	217
3.3.4.1	Werkstoffe . . . . .	217
3.3.4.2	Werkzeuge zum Gewindewalzen . . . . .	218
3.3.4.3	Festigkeit und Dauerfestigkeit . . . . .	220
3.3.4.4	Fragen zum Kapitel 3.3.4 . . . . .	222
3.3.5	Profilwalzen . . . . .	222
3.3.5.1	Bauteile und Werkstoffe . . . . .	222
3.3.5.2	Verfahrensprinzip . . . . .	223
3.3.5.3	Verfahrensvarianten . . . . .	224
3.3.5.4	Fragen zum Kapitel 3.3.5 . . . . .	225
3.3.6	Festwalzen, Glattwalzen . . . . .	225
3.3.6.1	Bauteile und Werkstoffe . . . . .	225
3.3.6.2	Verfahren . . . . .	226
3.3.6.3	Kennzeichnende Merkmale des Verfahrens . . . . .	227
3.3.6.4	Fragen zum Kapitel 3.3.6 . . . . .	229
3.3.7	Ringwalzen . . . . .	229
3.3.7.1	Bauteile und Werkstoffe . . . . .	229
3.3.7.2	Verfahrensprinzip . . . . .	230
3.3.7.3	Walzen von Profiliringen . . . . .	230
3.3.7.4	Kennzeichnende Merkmale des Verfahrens . . . . .	231
3.3.7.5	Zielgrößen . . . . .	231
3.3.7.6	Fragen zum Kapitel 3.3.7 . . . . .	232
3.3.8	Rundkneten . . . . .	232
3.3.8.1	Bauteile und Werkstoffe . . . . .	232
3.3.8.2	Verfahren . . . . .	234
3.3.8.3	Fragen zum Kapitel 3.3.8 . . . . .	235
3.3.9	Taumelumformen, Taumelpressen . . . . .	235
3.3.9.1	Bauteile und Werkstoffe . . . . .	236
3.3.9.2	Verfahren . . . . .	236
3.3.9.3	Kennzeichnende Merkmale des Verfahrens . . . . .	238
3.3.9.4	Fragen zum Kapitel 3.3.9 . . . . .	238
3.3.10	Biegen von Rohren, Profilen und Drähten . . . . .	239
3.3.10.1	Bauteile und Werkstoffe . . . . .	239
3.3.10.2	Allgemeines zum Biegen . . . . .	240
3.3.10.3	Rohrbiegen . . . . .	240
3.3.10.4	Profilbiegen . . . . .	241

3.3.10.5	Zugbiegen . . . . .	242
3.3.10.6	Zubehör . . . . .	243
3.3.10.7	Drahtbiegen . . . . .	243
3.3.10.8	Wickeln von dynamisch beanspruchten Federn . . . . .	244
3.3.10.9	Fragen zum Kapitel 3.3.10 . . . . .	246
<b>4</b>	<b>Warmmassivumformung . . . . .</b>	<b>247</b>
4.1	Grundlagen der Warmmassivumformung . . . . .	247
4.1.1	Allgemeines . . . . .	247
4.1.2	Vom Gussgefüge zum feinkörnigen Gefüge . . . . .	248
4.1.2.1	Verfestigung . . . . .	248
4.1.2.2	Entfestigung . . . . .	249
4.1.3	Einfluss der Umformtemperatur . . . . .	250
4.1.4	Einfluss der Umformgeschwindigkeit . . . . .	251
4.1.5	Einfluss des Stapelfehlerabstandes . . . . .	252
4.1.6	Fragen zum Kapitel 4.1 . . . . .	253
4.2	Herstellung von Halbzeug: Warmband, Grobblech, Profile . . . . .	254
4.2.1	Warmwalzen . . . . .	254
4.2.1.1	Allgemeines . . . . .	255
4.2.1.2	Werkstoffe und Erzeugnisse . . . . .	255
4.2.1.3	Verfahren . . . . .	256
4.2.1.4	Fragen zum Kapitel 4.2.1 . . . . .	265
4.2.2	Rohrherstellung, Schräg- und Pilgerschrittwalzen . . . . .	265
4.2.2.1	Verfahrensübersicht und Erzeugnisse . . . . .	265
4.2.2.2	Schrägwalzen . . . . .	266
4.2.2.3	Walzen über eine mitbewegte Stange: Dornwalzen . . . . .	267
4.2.2.4	Pilgerschrittverfahren . . . . .	268
4.2.2.5	Fragen zum Kapitel 4.2.2 . . . . .	268
4.2.3	Strangpressen . . . . .	269
4.2.3.1	Werkstoffe und Erzeugnisse . . . . .	269
4.2.3.2	Verfahrensprinzip . . . . .	270
4.2.3.3	Werkzeuge . . . . .	271
4.2.3.4	Verfahrensvarianten . . . . .	273
4.2.3.5	Strangpressen von AlMgSi (EN AW 6060) . . . . .	275
4.2.3.6	Ausscheidungshärtung von AlMgSi 0,5 nach dem Strang- pressen . . . . .	276
4.2.3.7	Fragen zum Kapitel 4.2.3 . . . . .	278
4.3	Herstellung von Bauteilen – Verfahren der Warmmassivumformung . . . . .	279
4.3.1	Freiformschmieden . . . . .	280
4.3.1.1	Werkstoffe und Erzeugnisse . . . . .	280
4.3.1.2	Maschinen . . . . .	281
4.3.1.3	Werkzeuge . . . . .	281
4.3.1.4	Verfahrensprinzipien . . . . .	282
4.3.1.5	Fragen zum Kapitel 4.3.1 . . . . .	284
4.3.2	Recken . . . . .	285
4.3.2.1	Recken mit dem Sattel . . . . .	285
4.3.2.2	Reckwalzen . . . . .	285

4.3.2.3	Beispiel Turbinenrotor . . . . .	286
4.3.2.4	Fragen zum Kapitel 4.3.2 . . . . .	287
4.3.3	Gesektschmieden . . . . .	287
4.3.3.1	Werkstoffe und Bauteile . . . . .	288
4.3.3.2	Verfahrensprinzip und Werkzeuge . . . . .	289
4.3.3.3	Maschinen und Anlagen . . . . .	292
4.3.3.4	Gefüge der Schmiedeteile . . . . .	296
4.3.3.5	Kraft- und Arbeitsbedarf der Schmiedeteile . . . . .	297
4.3.3.6	Fragen zum Kapitel 4.3.3 . . . . .	301
4.3.4	Ringwalzen (warm) . . . . .	301
4.3.4.1	Werkstoffe und Bauteile . . . . .	301
4.3.4.2	Verfahrensprinzip und Werkzeuge . . . . .	302
4.3.4.3	Verfahrensgrenzen . . . . .	304
4.3.4.4	Fragen zum Kapitel 4.3.4 . . . . .	305
<b>5</b>	<b>Blechumformung . . . . .</b>	<b>306</b>
5.1	Grundlagen der Blechumformung . . . . .	306
5.1.1	Streckgrenze, Streckgrenzendehnung, Fließfiguren . . . . .	306
5.1.2	Senkrechte Anisotropie ( $r$ -Wert) und Kaltverfestigung ( $n$ -Wert) der Blechwerkstoffe . . . . .	307
5.1.3	Anisotropie bezüglich der Blechebene ( $\Delta r$ -Wert) . . . . .	309
5.1.4	Grenzformänderungsschaubild . . . . .	310
5.1.5	Übungen . . . . .	313
5.1.5.1	Bestimmen des $n$ -Wertes . . . . .	313
5.1.5.2	Bestimmen des $r$ -Wertes . . . . .	313
5.1.6	Fragen zum Kapitel 5.1 . . . . .	313
5.2	Herstellen von Bauteilen – Blechumformverfahren . . . . .	314
5.2.1	Streckziehen . . . . .	315
5.2.1.1	Werkstoffe und Bauteile . . . . .	315
5.2.1.2	Verfahrensprinzip . . . . .	315
5.2.1.3	Streckziehanteile beim Tiefziehen und Biegen . . . . .	316
5.2.1.4	Fragen zum Kapitel 5.2.1 . . . . .	318
5.2.2	Tiefziehen . . . . .	318
5.2.2.1	Verfahren, Verfahrensvarianten . . . . .	319
5.2.2.2	Zuschmittermittlung . . . . .	323
5.2.2.3	Verfahrensgrenzen . . . . .	326
5.2.2.4	Arbeitsablauf . . . . .	332
5.2.2.5	Kraft- und Arbeitsbedarf . . . . .	334
5.2.2.6	Übungsaufgaben . . . . .	337
5.2.2.7	Fragen zum Kapitel 5.2.2 . . . . .	338
5.2.3	Biegen von Blechen . . . . .	339
5.2.3.1	Grundlagen des Biegens . . . . .	339
5.2.3.2	Verfahren und Maschinen . . . . .	344
5.2.3.3	Übungsaufgaben . . . . .	348
5.2.3.4	Fragen zum Kapitel 5.2.3 . . . . .	348
5.2.4	Biegen durch Walzen: Walzrunden und Walzprofilieren . . . . .	349
5.2.4.1	Walzrunden . . . . .	349

5.2.4.2	Walzprofilieren . . . . .	350
5.2.4.3	Fragen zum Kapitel 5.2.4 . . . . .	351
5.2.5	Abstreckziehen, Kragenziehen – zwei Durchziehverfahren . . . . .	352
5.2.5.1	Abstreckziehen . . . . .	352
5.2.5.2	Kragenziehen . . . . .	353
5.2.5.3	Übungsaufgabe . . . . .	355
5.2.5.4	Fragen zum Kapitel 5.2.5 . . . . .	355
5.2.6	Kugelstrahlumformen . . . . .	356
5.2.6.1	Verfahrensprinzip . . . . .	356
5.2.6.2	Bauteile . . . . .	356
5.2.6.3	Anlage zum Kugelstrahlumformen . . . . .	357
5.2.6.4	Einflüsse auf die Krümmung . . . . .	358
5.2.6.5	Fragen zum Kapitel 5.2.6 . . . . .	359
5.2.7	Drücken . . . . .	359
5.2.7.1	Bauteile und Werkstoffe . . . . .	360
5.2.7.2	Verfahren . . . . .	360
5.2.7.3	Verfahrensvarianten . . . . .	362
5.2.7.4	Fragen zum Kapitel 5.2.7 . . . . .	363
5.2.8	Hohlprägen . . . . .	363
5.2.8.1	Verfahrensprinzip . . . . .	363
5.2.8.2	Versteifungssicken . . . . .	364
5.2.8.3	Anordnung der Sicken . . . . .	364
5.2.8.4	Fragen zum Kapitel 5.2.8 . . . . .	365
5.2.9	Innenhochdruckumformen . . . . .	365
5.2.9.1	Bauteile und Werkstoffe . . . . .	366
5.2.9.2	Verfahrensprinzip . . . . .	366
5.2.9.3	Verfahrensvarianten . . . . .	367
5.2.9.4	Fragen zum Kapitel 5.2.9 . . . . .	369
<b>6</b>	<b>Planung der Lehrveranstaltungen zum Buch . . . . .</b>	<b>370</b>
6.1	Rahmenbedingungen . . . . .	370
6.1.1	Personenkreis . . . . .	370
6.1.2	Einordnung in den Studienablauf . . . . .	370
6.1.3	Allgemeiner Umgang mit Informationen . . . . .	370
6.1.4	Schlüsselqualifikationen . . . . .	370
6.2	Planung von Lehrveranstaltungen . . . . .	371
6.2.1	Übersichtsvortrag für Ingenieure . . . . .	371
6.2.2	Vorlesung für Wirtschaftsingenieure . . . . .	371
6.2.3	Vorlesung für Maschinenbauer . . . . .	371
6.2.3.1	Grundlagenwissen . . . . .	371
6.2.3.2	Erweiterte Grundlagen . . . . .	372
6.2.3.3	Fachwissen . . . . .	372
6.2.3.4	Erwerben und Erweitern von Übersichtswissen – Seminar zu Umformtechnik . . . . .	372
6.3	Hinweise für die Lernenden . . . . .	373
6.3.1	Allgemeine Lernziele . . . . .	373
6.3.2	Lernkonzepte für die Lernenden . . . . .	374



6.3.2.1	Selbstgesteuertes Lernen . . . . .	374
6.3.2.2	Lernen und Arbeiten in Gruppen . . . . .	374
6.3.2.3	Handlungsorientiertes Lernen . . . . .	374
6.4	Fazit . . . . .	375
	<b>Quellen- und Literaturverzeichnis</b> . . . . .	377
	<b>Anhang</b> . . . . .	381
	<b>Sachwortverzeichnis</b> . . . . .	386

## **Inhalt der Begleit-DVD**

Die Informationen auf dieser DVD dienen der Vertiefung des Lernstoffes aus dem Lehrbuch.

### **FRAGEN UND ANTWORTEN**

Fragen und Antworten zu Kapitel 1 bis 5

### **VIDEOS**

#### **Einleitung (Kap. 1)**

Stahl – Herstellung und Verarbeitung (Kap. 1.0.0)

#### **Grundlagen (Kap. 2)**

Simulationsrechnungen Finite-Elemente-Methode FEM (Kap. 2.2.3)

#### **Kaltmassivumformung (Kap. 3)**

Drahtziehen (Kap. 3.2.2)

Fließpressen (Kap. 3.3.1)

Profilwalzen (Kap. 3.3.5)

Rundkneten (Kap. 3.3.8)

Taumelumformen (Kap. 3.3.9)

#### **Warmmassivumformung (Kap. 4)**

Warmmassivumformen (Kap. 4.3.0)

Gesenkschmieden (Kap. 4.3.3)

#### **Blechumformung (Kap. 5)**

Biegen von Blechen (Kap. 5.2.3)

Drücken (Kap. 5.2.7)

Innenhochdruckumformen (Kap. 5.2.9)

### **ANWENDUNGEN**

Wegabhängige Simulationsrechnung Kaltfließpressen und Kaltstauchen mit Werkstoffdatenbank

Teil 1: Simulationsprogramm – Scheibentheorie, Röhrentheorie

Teil 2: Herleitung des allgemeinen Spannungszustandes und der Vergleichsspannung

Teil 3: Herleitung der Vergleichsspannung für die Gestaltänderungsenergiehypothese

Teil 4: Elementare Plastizitätstheorie – Aufstellen der Differenzialgleichung im Scheibenmodell für das Vollvorwärts-Fließpressen