

# Inhaltsverzeichnis

<b>0 Einführung</b> . . . . .	1
0.1 Geschichtliche Entwicklung . . . . .	1
0.2 Technische und wirtschaftliche Bedeutung . . . . .	3
0.3 Stellung des Gesenkschmiedens innerhalb der Fertigungstechnik . . . . .	4
0.4 Systematische Betrachtung von Schmiedevorgängen . . . . .	7
0.5 Allgemeine Begriffe, Formelzeichen, Maßeinheiten . . . . .	9
<b>1 Grundlagen</b> . . . . .	13
1.1 Vorbemerkungen . . . . .	13
1.2 Umformbedingungen beim Formpressen . . . . .	16
1.2.1 Zeitgrößen . . . . .	16
1.2.2 Werkzeuggeschwindigkeit und Umformgeschwindigkeit . . . . .	18
1.2.3 Temperaturen . . . . .	21
1.2.3.1 Werkstücktemperatur . . . . .	21
1.2.3.2 Gesenktemperatur . . . . .	25
1.2.3.3 Temperatur im Wirkspalt . . . . .	31
1.2.4 Reibfaktoren . . . . .	31
1.2.5 Fließspannungen . . . . .	34
1.2.5.1 Allgemeine Gesetzmäßigkeiten . . . . .	34
1.2.5.2 Einfluß des Werkstoffs . . . . .	37
1.2.5.3 Fließkurven . . . . .	37
1.2.6 Werkstückgestalt . . . . .	40
1.3 Bewegungs- und Spannungszustand beim Stauchen und Formpressen . . . . .	43
1.3.1 Allgemeines . . . . .	43
1.3.2 Stauchen . . . . .	44
1.3.2.1 Ebenes und rotationssymmetrisches Stauchen Spannungen, Stofffluß, Formänderungen . . . . .	45
1.3.2.2 Ebenes Stauchen von Körpern mit keilförmigem Querschnitt . . . . .	54
1.3.2.3 Stauchen eines Quaders . . . . .	54
1.3.3 Formpressen . . . . .	56
1.3.3.1 Bewegungszustand . . . . .	56
1.3.3.2 Formänderungszustand . . . . .	62
1.3.3.3 Spannungszustand . . . . .	63
1.3.3.4 Umformkraft und Umformwiderstand . . . . .	66
1.3.3.5 Kraftangriffspunkt und -richtung . . . . .	74
1.3.3.6 Umformarbeit . . . . .	75
<b>2 Werkstoffe und Halbzeug</b> . . . . .	78
2.1 Vergleich des Umformverhaltens . . . . .	78

<b>2.2 Werkstoffarten . . . . .</b>	<b>81</b>
2.2.1 Unlegierte und legierte Baustähle . . . . .	81
2.2.2 Nichtrostende Stähle . . . . .	88
2.2.3 Magnesiumlegierungen . . . . .	92
2.2.4 Aluminium und Aluminiumlegierungen . . . . .	94
2.2.5 Titan und Titanlegierungen . . . . .	96
2.2.6 Kupfer und Kupferlegierungen . . . . .	99
2.2.7 Hochwarmfeste Legierungen auf Eisen-, Kobalt- und Nickelbasis . . . . .	101
<b>2.3 Fehler am Halbzeug und Eingangsprüfung . . . . .</b>	<b>103</b>
<b>2.4 Sorten- und Schmelzentrennung . . . . .</b>	<b>106</b>
<b>3 Gesenkschmiede-Verfahren . . . . .</b>	<b>107</b>
<b>3.1 Verfahrensschritte beim Gesenkschmieden . . . . .</b>	<b>107</b>
3.1.1 Arbeitsablauf . . . . .	107
3.1.2 Ausgangsformen . . . . .	109
3.1.3 Entzündern . . . . .	114
3.1.4 Massenverteilung . . . . .	115
3.1.4.1 Massenverteilungsform und Massenverteilungsschaubild . . . . .	115
3.1.4.2 Stauchen, Anstauchen, Formstauchen . . . . .	117
3.1.4.3 Recken und Formrecken . . . . .	122
3.1.4.4 Reckstauchen . . . . .	122
3.1.4.5 Rundkneten . . . . .	123
3.1.4.6 Warmfließpressen . . . . .	124
3.1.4.7 Dornen . . . . .	125
3.1.4.8 Reckwalzen und Querwalzen . . . . .	125
3.1.5 Biegen . . . . .	136
3.1.6 Querschnittsvorbilden und Endformen . . . . .	141
3.1.7 Abgraten und Lochen . . . . .	148
3.1.8 Nachformen . . . . .	150
<b>3.2 Festlegen der Umformstufen . . . . .</b>	<b>151</b>
<b>3.3 Spezielle Verfahren . . . . .</b>	<b>156</b>
3.3.1 Genauschmieden . . . . .	156
3.3.2 Formpressen ohne Grat . . . . .	162
3.3.3 Sinterschmieden . . . . .	166
3.3.4 Halbwarmeschmieden . . . . .	167
3.3.5 Sonstige Verfahren . . . . .	169
<b>3.4 Schmieden in Waagerecht-Stauchmaschinen . . . . .</b>	<b>170</b>
<b>3.5 Fehler beim Gesenkschmieden . . . . .</b>	<b>173</b>
<b>4 Werkzeuge zum Gesenkschmieden . . . . .</b>	<b>176</b>
<b>4.1 Arten und Benennungen . . . . .</b>	<b>176</b>
<b>4.2 Beanspruchungen von Schmiedegesenken . . . . .</b>	<b>178</b>
<b>4.3 Gesenkschäden und Standmengen . . . . .</b>	<b>181</b>
4.3.1 Schäden an Gesenken . . . . .	181
4.3.2 Standmengenverhalten von Schmiedegesenken . . . . .	184
4.3.3 Wirkung der Einflußgrößen auf Gesenkschäden und Standmengen . . . . .	186
4.3.4 Wege zum Erhöhen der Standmengen . . . . .	194
<b>4.4 Gesenkstähle . . . . .</b>	<b>194</b>
<b>4.5 Gestaltung der Schmiedegesenke . . . . .</b>	<b>199</b>
4.5.1 Äußere Form . . . . .	199
4.5.2 Gravur . . . . .	207

4.5.3 Lage der Gravuren . . . . .	213
4.5.4 Ausstoßer . . . . .	214
4.5.5 Werkzeugsätze . . . . .	214
4.5.6 Sonstige Werkzeuge . . . . .	214
4.6 Herstellen von Gesenken . . . . .	219
4.6.1 Herstellen des Gesenkblocks . . . . .	220
4.6.2 Herstellen der Gravuren . . . . .	220
4.6.2.1 Vergleich der Verfahren . . . . .	220
4.6.2.2 Gießen . . . . .	223
4.6.2.3 Einsenken . . . . .	224
4.6.2.4 Spanende Verfahren . . . . .	225
4.6.2.5 Funkenerosives Senken . . . . .	229
4.6.2.6 Elektrochemisches Senken . . . . .	231
4.6.3 Wärmebehandeln von Gesenken . . . . .	232
4.6.4 Nachbearbeiten der Gravuroberfläche . . . . .	233
4.6.5 Oberflächenbehandlung . . . . .	233
4.6.6 Ausbessern von Gesenken . . . . .	236
4.6.7 Prüfen von Gesenken . . . . .	236
4.7 Einbau und Befestigen von Gesenken . . . . .	238
4.8 Kühlen und Schmieren von Gesenken . . . . .	239
4.8.1 Eigenschaften von Kühlmitteln, Schmierstoffen und Treibmitteln . . . . .	239
4.8.2 Kühlmittel . . . . .	240
4.8.3 Die Schmierschicht . . . . .	241
4.8.4 Treibmittel . . . . .	244
<b>5 Gesenkschmiedemaschinen . . . . .</b>	<b>245</b>
5.1 Bauarten . . . . .	245
5.1.1 Hämmer . . . . .	246
5.1.1.1 Kinematik und Kinetik . . . . .	246
5.1.1.2 Baugruppen . . . . .	251
5.1.1.3 Beispiele ausgeführter Konstruktionen . . . . .	256
5.1.2 Spindelpressen . . . . .	258
5.1.2.1 Kinematik und Kinetik . . . . .	258
5.1.2.2 Baugruppen . . . . .	262
5.1.2.3 Beispiele ausgeführter Konstruktionen . . . . .	265
5.1.3 Kurbel-(Exzenter)pressen . . . . .	265
5.1.3.1 Kinematik und Kinetik . . . . .	265
5.1.3.2 Baugruppen . . . . .	268
5.1.3.3 Beispiele ausgeführter Konstruktionen . . . . .	270
5.1.4 Hydraulische Pressen . . . . .	272
5.1.5 Walzmaschinen . . . . .	273
5.2 Eigenschaften und Verhalten von Gesenkschmiedemaschinen . . . . .	274
5.2.1 Energie-, Arbeits- und Kraftkenngrößen . . . . .	274
5.2.2 Zeitkenngrößen . . . . .	277
5.2.3 Genauigkeitskenngrößen . . . . .	278
5.2.4 Mengenleistung . . . . .	280
5.2.5 Emissionsverhalten . . . . .	280
5.2.6 Betriebsverhalten . . . . .	281
5.3 Prüfen von Gesenkschmiedemaschinen . . . . .	283
5.4 Zuordnung von Schmiedestück und Maschine . . . . .	287

<b>6 Arbeitsgänge im Gesenkschmiedebetrieb vor und nach dem Schmieden</b>	291
6.1 Trennen . . . . .	292
6.1.1 Scherschneiden . . . . .	292
6.1.2 Brechen . . . . .	298
6.1.3 Sägen . . . . .	299
6.2 Wärmen zum Gesenkschmieden . . . . .	300
6.2.1 Anforderungen an Wärmeinrichtungen . . . . .	300
6.2.2 Wärmen in brennstoffbeheizten Gesenkschmiedeofen . . . . .	302
6.2.2.1 Grundlagen des Wärmvorgangs . . . . .	302
6.2.2.2 Baugruppen von Gesenkschmiedeofen . . . . .	306
6.2.2.3 Ofenbauarten . . . . .	313
6.2.3 Elektrische Wärmanlagen . . . . .	318
6.2.4 Gesichtspunkte für die Auswahl von Schmiedeofen . . . . .	324
6.2.5 Verzunderung und Randentkohlung . . . . .	326
6.3 Fügen durch Schweißen . . . . .	328
6.4 Wärmebehandeln von Gesenkschmiedestücken . . . . .	329
6.5 Reinigen von Schmiedestücken . . . . .	333
6.6 Oberflächenbearbeitung durch Umformen . . . . .	334
6.7 Spanende Bearbeitung . . . . .	336
6.8 Oberflächenschutz . . . . .	340
6.9 Prüfen und Überwachen beim Gesenkschmieden . . . . .	340
6.9.1 Eingangsprüfung . . . . .	340
6.9.2 Zwischenprüfung . . . . .	341
6.9.3 Endkontrolle . . . . .	341
6.9.4 Dokumentation der Prüfergebnisse . . . . .	342
<b>7 Der Gesenkschmiedebetrieb</b> . . . . .	344
7.1 Betriebsabteilungen . . . . .	344
7.2 Die Maschinengruppe . . . . .	346
7.3 Transportaufgaben in Schmiedebetrieben . . . . .	348
7.4 Automatisierung des Gesenkschmiedens . . . . .	350
7.4.1 Entwicklung . . . . .	350
7.4.2 Probleme beim automatischen Gesenkschmieden . . . . .	353
7.4.3 Aufgaben und Aufgabenbereiche . . . . .	354
7.4.4 Automatisierungsbeispiele . . . . .	355
7.4.5 Einrichtungen für den Transport in der Maschine . . . . .	360
7.4.6 Bedingungen der Automatisierung . . . . .	362
<b>8 Das Gesenkschmiedestück</b> . . . . .	364
8.1 Hauptgeometrie von Gesenkschmiedestücken . . . . .	364
8.1.1 Formenordnung und Abmessungsgrenzen . . . . .	364
8.1.2 Gestaltungsgesichtspunkte . . . . .	367
8.1.2.1 Gratnaht . . . . .	368
8.1.2.2 Wand- und Rippenabmessungen . . . . .	371
8.1.2.3 Bodendicke . . . . .	373
8.1.2.4 Höhlungen und Durchbrüche . . . . .	374
8.1.2.5 Seitenschräge . . . . .	375
8.1.2.6 Rundungen . . . . .	377

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>XI</b>
<b>8.2 Fehlergeometrie von Gesenkschmiedestücken</b>	379
<b>8.2.1 Toleranzen und zulässige Abweichungen für Gesenkschmiedestücke aus Stahl</b>	379
<b>8.2.2 Toleranzen und zulässige Abweichungen für Gesenkschmiedestücke aus Magnesium-, Aluminium- und Kupfer-Knetlegierungen</b>	382
<b>8.2.3 Gestaltungsgesichtspunkte im Zusammenhang mit den Toleranzen</b>	383
<b>8.2.4 Bearbeitungszugaben</b>	385
<b>8.3 Festigkeitseigenschaften von Gesenkschmiedestücken</b>	389
<b>Schrifttum</b>	393
<b>Sachverzeichnis</b>	407