

Inhaltsverzeichnis

0 Einführung	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
1 Grundlagen	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 Gesenkttemperatur	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
2 Werkstoffe und Halbzeug	78
2.1 Vergleich des Umformverhaltens	78

2.2 Werkstoffarten	81
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
2.3 Fehler am Halbzeug und Eingangsprüfung	103
2.4 Sorten- und Schmelzentrennung	106
3 Gesenkschmiede-Verfahren	107
3.1 Verfahrensschritte beim Gesenkschmieden	107
3.1.1 Arbeitsablauf	107
3.1.2 Ausgangsformen	109
3.1.3 Entzundern	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
3.2 Festlegen der Umformstufen	151
3.3 Spezielle Verfahren	156
3.3.1 Genau schmieden	156
3.3.2 Formpressen ohne Grat	162
3.3.3 Sinterschmieden	166
3.3.4 Halbwarmschmieden	167
3.3.5 Sonstige Verfahren	169
3.4 Schmieden in Waagerecht-Stauchmaschinen	170
3.5 Fehler beim Gesenkschmieden	173
4 Werkzeuge zum Gesenkschmieden	176
4.1 Arten und Benennungen	176
4.2 Beanspruchungen von Schmiedegesenken	178
4.3 Gesenkschäden und Standmengen	181
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
4.4 Gesenkstähle	194
4.5 Gestaltung der Schmiedegesenke	199
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 Gesenkblocs	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
5 Gesenkschmiedemaschinen	245
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

6	Arbeitsgänge im Gesenkschmiedebetrieb vor und nach dem Schmieden	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 Gesenkschmiedeöfen	302
6.2.2.1	Grundlagen des Wärmvorgangs	302
6.2.2.2	Baugruppen von Gesenkschmiedeöfen	306
6.2.2.3	Ofenbauarten	313
6.2.3	Elektrische Wärmanlagen	318
6.2.4	Gesichtspunkte für die Auswahl von Schmiedeöfen	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
7	Der Gesenkschmiedebetrieb	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
8	Das Gesenkschmiedestück	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

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