

Leseprobe

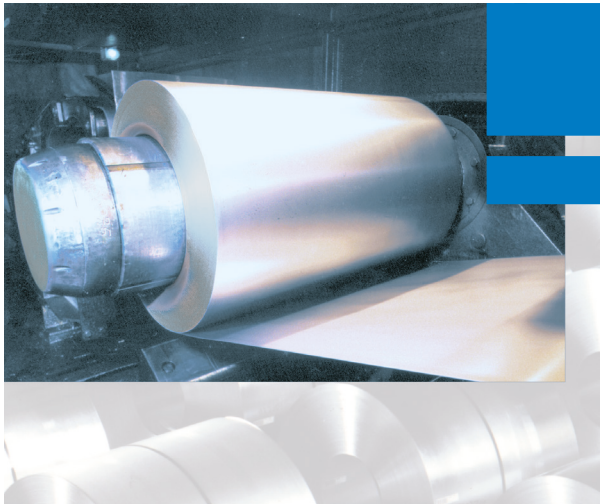
Christiani

Technisches Institut für
Aus- und Weiterbildung

Karl Taube

Umformtechnik der Metalle

Lehrbuch für Produktionstechnik
und Fertigungsverfahren



Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG
www.christiani.de

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einführung	1
1.1 Umformende Fertigungsverfahren	3
1.2 Einteilung der Fertigungsverfahren	4
2 Grundlage der Metallkunde	5
2.1 Struktur und Gefüge der Metalle	5
2.1.1 Kristallanordnung	5
2.1.2 Metallografie	5
2.1.3 Anschliffherstellung	6
2.1.4 Folienherstellung	6
2.1.5 Metallprobe	6
2.1.6 Metallfolien	7
2.1.7 Groß- und Makrogefüge	8
2.1.8 Äußere Untersuchungen	8
2.1.9 Fluoreszenzprobe	9
2.1.10 Baumann- oder Schwefelabdruck	9
2.1.11 Bruchgefüge-Untersuchung	10
2.1.12 Vergleichsverfahren	11
2.1.13 Röntgenographische Untersuchung	11
2.1.14 Prinzip der Makroradiographie	12
2.1.15 Elektronenstrahlmikroanalyse	12
2.2 Zerstörungsfreie Gefügeuntersuchung	13
2.2.1 Ultraschallprüfung	13
2.2.2 Wirbelstromverfahren	14
2.3 Physikalische Eigenschaften	14
2.3.1 Elektrische Eigenschaften	14
2.3.2 Thermoelemente	15
2.3.3 Thermopaar	16
2.3.4 Thermische Eigenschaften	17
2.3.5 Wärmemenge	17
2.3.6 Längenänderung	17
2.3.7 Eigenschaften der Metalle	18
2.4 Magnetische Eigenschaften	18
2.4.1 Magnetisierung	19
2.4.2 Magnetisch harte Werkstoffe und ihre Eigenschaften	20
2.5 Elastische und plastische Verformung, Umformung	21
2.5.1 Formänderungen	22
2.5.2 Elastizitätsmodul	23
2.5.3 Kaltverformung	24
2.5.4 Warmverformung	24

Inhaltsverzeichnis

2.5.5	Spannung und Dehnung	25
2.5.6	Brucherscheinungen	27
2.6	Prüfung mechanischer Eigenschaften	28
2.6.1	Zerreiprüfung	28
2.6.2	Härteprüfung	29
2.7	Verschleißverhalten	30
2.7.1	Verschleißbeanspruchung	30
2.7.2	Oberflächenhärtung	31
2.8	Wärmebehandlung	31
2.8.1	Wärmeenergie	31
2.8.2	Diffusion	33
2.8.3	Wärmebehandlungsdauer	33
2.8.4	Normalglühen	34
2.8.5	Weichglühen	34
2.8.6	Erholungs- und Rekristallisationsglühen	35
2.8.7	Spannungsfreiglühen	36
2.8.8	Härten	36
2.9	Einteilung der Stähle	37
2.9.1	Unlegierte Stähle	39
2.9.2	Grundstähle	39
2.9.3	Unlegierte Qualitätsstähle	40
2.9.4	Unlegierte Edelstähle	40
2.9.5	Legierte Qualitätsstähle	40
2.9.6	Legierte Edelstähle	40
2.9.7	Werkzeugstähle	43
2.10	Korrosion	44
2.10.1	Spannungsreihe der Metalle	44
2.10.2	Korrosionsverhalten	45
2.10.3	Lokalkorrosionsbildung	46
2.10.4	Verzunderung	46
2.10.5	Korrosionsschutz	47
2.10.6	Korrosionsbeständigkeit	47
2.10.7	Schutzüberzüge	47
3	Grundlagen der Formgebung	49
3.1	Umformverfahren	49
3.1.1	Fertigungsverfahren	50
3.1.2	Umformen	50
3.2	Walzen	51
3.2.1	Längswalzen	51
3.2.2	Querwalzen	52
3.2.3	Ringwalzen	53

Inhaltsverzeichnis

3.2.4	Reduzierwalzen	54
3.2.5	Regelantrieb Streckreduzierwalzwerk	54
3.2.6	Streckreduzierwalzen Dreiwalzenanordnung	55
3.2.7	Kaltpilgerwalzen	55
3.2.8	Schrägwalzen	57
3.2.9	Verformung	58
3.2.10	Volumenkonstanz	58
3.2.11	Rekristallisation	58
3.2.12	Einflussgrößen beim Warm- und Kaltwalzen	59
3.2.13	Walzwerksbegriffe	59
3.2.14	Walzenanstellungssysteme	61
3.2.15	Walzspaltregelung	62
3.2.16	Walzspaltmessung	67
3.2.17	Walzgerüste	68
3.2.18	Walzenantrieb	74
3.2.19	Umformvorgang im Walzspalt	78
3.2.20	Formgebungswerkzeuge	85
3.2.21	Walzenwerkstoff	90
3.2.22	Baustücke	92
3.2.23	Walzenanstellung und Ausbalancierung	94
3.2.24	Walzarmaturen	97
3.2.25	Walzenformen	98
3.2.26	Bombierung	99
3.2.27	Zuordnung der Walzenstraße nach Walzenart	100
3.2.28	Walzstraßen	101
3.3	Gießwalzen	105
3.3.1	Produktionsverkürzung bei der Warmbandherstellung	105
3.3.2	Kompakt Strip Production (CSP)	106
3.3.3	CSP-Gießwalzanlage	107
3.3.4	Inline Strip Production (I. S. P.)	108
3.3.5	Casting Pressing Rolling (CPR)	109
3.3.6	Zwei-Rollen-Verfahren	110
3.3.7	Hazelett-Verfahren	111
3.3.8	Southwire-Verfahren	111
3.3.9	Verarbeitung und Verwendung	112
3.4	Gießschmieden	113
3.4.1	Prozessverkürzung beim Schmieden	113
3.4.2	Gießschmieden (2-stufig)	114
3.4.3	Gießschmieden (1-stufig)	114
3.4.4	Thixoschmieden	114
3.5	Pressen	115
3.5.1	Strangpressen	115
3.5.2	Fließpressen	116
3.6	Ziehen	117

Inhaltsverzeichnis

3.6.1	Stofffluss beim Ziehen	117
3.6.2	Rohrziehen	118
3.6.3	Ziehwerkzeug	119
3.6.4	Ziehwinkel nach Ziehverfahren	120
3.6.5	Querschnittsabnahme beim Ziehen	120
3.6.6	Kraftbedarf beim Ziehen	121
3.7	Wärmeöfen	122
3.7.1	Einwegofen	122
3.7.2	Zweiwegofen	122
3.7.3	Herdwagenofen	123
3.7.4	Topfofen	123
3.7.5	Haubenofen	124
3.7.6	Hubbalkenofen	124
3.7.7	Durchziehofen	125
3.7.8	Stoßofen	125
3.7.9	Drehherdofen	125
3.8	Kühleinrichtungen	126
3.8.1	Schlepper-Kühlbett	126
3.8.2	Knüppelwasserbad	127
3.8.3	Scheibenrollen-Kühlbett	127
3.8.4	Brammenwasserrad	128
3.8.5	Rechenkühlbett	128
3.8.6	Schräggrollenkühlbett	129
3.8.7	Kettenkühlbett	129
3.9	Rollgänge	130
3.9.1	Rollgangsrollen	130
3.9.2	Transportrollgänge	131
3.9.3	Kegelradrollgangantrieb	132
3.9.4	Stirnradrollgangantrieb	132
3.10	Richten und Stapeln	133
3.10.1	Richten und Strecken	133
3.10.2	Stapeln und Schieben	135
4	Block-Brammen-Straße	139
4.1	Tiefofen	139
4.1.1	Rekuperatoren	140
4.1.2	Tiefofendeckel	144
4.1.3	Aufheizen der Blöcke	145
4.1.4	Mess- und Regeleinrichtung	148
4.1.5	Gassicherheitseinrichtung	149
4.1.6	Lage der Tieföfen zur Blockstraße	150
4.2	Blockstraße	150
4.2.1	Umkehrstraße	151

Inhaltsverzeichnis

4.2.2	Flämmaschine	152
4.2.3	Brammenschere	152
4.2.4	Kaliberwalzgerüst	153
4.2.5	Brammenschere	154
4.3	Produktionstechnik und Fertigungsverfahren	155
4.3.1	Ständerrollen	155
4.3.2	Kletternder Block	155
4.3.3	Kasten Kaliber	156
4.3.4	Walzenrauigkeit	157
4.3.5	Stichplan und Kalibrierung	158
4.3.6	Heißflämmaschine	158
4.3.7	Brammenschere	160
4.3.8	Universal-Brammenstraße	161
4.3.9	Universal-Brammengerüst	164
4.3.10	Walzenantrieb	165
4.3.11	Horizontalanstellung	167
4.3.12	Arbeitsrollgänge	168
4.3.13	Stichpläne	168
4.3.14	Flämmen	168
4.3.15	Wasserrad	171
5	Warmbreitband-Walzstraße	173
5.1	Stofffluss	173
5.1.1	Messstationen	174
5.2	Vormaterial	175
5.2.1	Warmbrammen	175
5.2.2	Fehlererkennung am Vormaterial	176
5.3	Produktionstechnik und Fertigungsverfahren	177
5.3.1	Ofenanlage	177
5.3.2	Ofenführung	178
5.3.3	Stoßofen	179
5.3.4	Entzunderung des Walzgutes	180
5.3.5	Fertigstraße	181
5.3.6	Kühlstrecke	185
5.3.7	Haspelanlage	185
5.3.8	Warmband-Prüfstation	186
5.4	Warmbreitband-Fehler	187
5.5	Aufgaben des Prozessrechners	190
5.5.1	Ofenleitstand	190
5.5.2	Vorstraße	190
5.5.3	Fertigstraße	190
5.5.4	Bandkühlung	191

Inhaltsverzeichnis

5.6	Walzenwechsel	192
5.6.1	Vorbereitung vor dem Walzenwechsel	192
5.6.2	Walzenwechsel	193
5.6.3	Lagerung der Arbeits- und Stützwalzen	194
5.7	Warmbreitbandtemperatur	195
5.8	Qualitätssicherung	199
5.8.1	Nenn Dicke und zulässige Abweichungen	199
5.8.2	Beurteilung der Walzgutprobe	200
6	Grobblechwalzwerk	201
6.1	Lageplan	201
6.2	Produktionstechnik und Fertigungsverfahren	202
6.2.1	Stoßofen	202
6.2.2	Wirtschaftliche Stoßofenführung	206
6.2.3	Einstellung des Ofendruckes	207
6.2.4	Anpassung der Stoßofentemperatur an die Ofenleistung	207
6.2.5	Zunderwäscher	207
6.2.6	Rollgang	209
6.2.7	Quarto-Umkehrwalzgerüst	210
6.2.8	Dickenregelung	212
6.2.9	Technische Daten	213
6.2.10	Walzbalken und Abstreifer	214
6.2.11	Gelenkspindeln	215
6.2.12	Stützwalzen-Biegesystem	215
6.3	Biege- und Anstellungssystem	217
6.3.1	Arbeitswalzen-Biegesystem	217
6.3.2	Walzenanstellungssystem	218
6.4	Intensivkühlung	219
6.4.1	Kühlwassermengen	220
6.4.2	Kühlung der Blechunterseite	221
6.4.3	Kühlung der Blechoberseite	221
6.4.4	Kantenbeschirmung	221
6.4.5	Eigenschaftsverbesserung durch Intensivkühlung	222
6.4.6	Lageplan der Intensivkühlung	223
6.4.7	Daten der Intensivkühlung	223
6.5	Blechadjustage	225
6.6	Hydraulische Dickenregelung	228
6.6.1	Technische Daten	228
6.6.2	Hydraulische Dickenregelung	229
6.6.3	Hydraulische Walzenanstellung zur Dickenregelung	230
6.6.4	Integrierte Walzenkraftmessung	233

Inhaltsverzeichnis

6.6.5	Dynamische Eigenschaften	233
6.6.6	Betriebsarten	233
6.6.7	Positionsregelung	234
6.7	Dickenmessung	235
6.7.1	Messwerterfassung	235
6.7.2	Sicherheitstechnik	236
6.7.3	Programm-Rechner	236
6.7.4	Technische Daten	236
6.7.5	Grobblech ohne Dickenregelung	238
6.7.6	Grobblech mit Dickenregelung	239
6.8	Direktes Löschen	240
6.8.1	Bestimmung der Dicke und Kaltmaßkorrektur	240
6.8.2	Direktes Löschen	240
6.9	Adjustage	243
6.9.1	Doppelbesäumschere	243
6.9.2	Hydraulische Stützwalzen-Rückbiegung	246
6.10	Anwendung	247
7	Walzen in Kalibern	249
7.1	Profilwalzen	249
7.1.1	Halbzeug	249
7.1.2	Fertigerzeugnisse	249
7.1.3	Offene Halbzeugstraße	250
7.1.4	Halbkontinuierliche Halbzeugstraße	250
7.1.5	Kontinuierliche Halbzeugstraße	251
7.1.6	Walzwerkserzeugnisse	251
7.1.7	Offene Kaliber	253
7.1.8	Halboffene Kaliber	253
7.1.9	Geschlossenes Kaliber	253
7.1.10	Knüppelkaliber	254
7.1.11	Aufklappkalibrierung	254
7.1.12	Kaliber U-NP 100	255
7.2	Kaltprofilieren	255
7.2.1	Abkanten	255
8	Kaltwalzen	257
8.1	Tandemstraße	257
8.1.1	Steuerstand einer Tandemstraße	258
8.1.2	Werkstoffeigenschaften	259
8.1.3	Zugfestigkeit und Dehnung	259
8.1.4	5-gerüstige Tandemstraße	260
8.1.5	Tandemstraße mit Bundvorbereitung	261

Inhaltsverzeichnis

8.1.6	Tandem-Quartogerüst	262
8.1.7	Emulsion	263
8.1.8	Gehärtete Walzenaußenhaut	264
8.1.9	Walzgerüst	265
8.1.10	Stütz- und Arbeitswalzen	266
8.1.11	Durchbiegung der Arbeitswalzen	266
8.1.12	Schleifen der Stütz- und Arbeitswalzen	267
8.1.13	Oberflächenqualität	267
8.1.14	Walzkräfte	267
8.1.15	Walzendurchbiegung und Walzenschliff	268
8.1.16	Antriebe	269
8.1.17	Technische Daten einer Tandemstraße	271
8.1.18	Bandzug und Regelung	272
8.1.19	Einbaustücke und Lager	273
8.1.20	Walzenwechsel	273
8.1.21	Kammwalzen	274
8.1.22	Walzenanstellung	275
8.1.23	Banddickenmessung	276
8.1.24	Banddickenregelung	278
8.1.25	Walzspaltregelung	281
8.1.26	Hydraulische Anstellung mit Positionsregelung	283
8.1.27	Kaltgewalzte Materialien	285
8.1.28	Walzenschleifmaschine	286
8.1.29	Kaltwalzantriebe	287
8.1.30	Kühl- und Schmiermittel	287
8.1.31	Walzgeschwindigkeit und Walzzüge	288
8.1.32	Qualitätskontrolle	289
8.1.33	Produktions- und Prozessdaten	290
8.1.34	Verformungswerte einer 5-gerüstigen Tandemstraße	291
8.1.35	Gerüstberechnung	292
8.2	Dressieren	294
8.2.1	Nachwalzgerüst	294
8.2.2	Technische Daten für ein Quarto-Reversierwalzwerk	295
8.2.3	Produktionstechnik	295
8.2.4	Einflüsse auf die Walzkraft	295
8.2.5	Ursachen für einen Bandriss	296
8.2.6	Bauarten	296
8.2.7	Daten eines Dressiergerüst	297
8.2.8	Banddickenmessung	297
8.2.9	Breitenmessung	298
8.2.10	Walzkraftmessung	299
8.2.11	Qualitätssicherung	299
8.2.12	DCR-Straße	300
8.2.13	12-Rollen-Walzwerk	301
8.2.14	20-Rollen-Walzwerk	302
8.2.15	Ringwalzen	303

Inhaltsverzeichnis

9	Wärmeöfen	305
9.1	Haubenglühofen	305
9.1.1	Einstapelheizhaube	306
9.1.2	Arbeitsablauf der Haubenglüherei	307
9.1.3	Glühen	308
9.1.4	Beheizung des Glühgutes	309
9.1.5	Konvektoren	310
9.1.6	Mess- und Regeleinrichtung	311
9.1.7	Kühlhaube	314
9.1.8	Entkohlungsglühung	315
9.2	Stoßofen	316
9.2.1	3-Zonen-Stoßofen	316
9.2.2	Kühlsysteme für Türen und Hubbalken	317
9.2.3	Kühlsystem für Gleitrohre	318
9.2.4	Brammengröße	319
9.2.5	Ofenbauart und Ofenbetrieb	319
9.2.6	Stoßofenleistung	321
9.2.7	Rekuperatoren	322
9.2.8	In- und Außerbetriebmaßnahme	323
9.2.9	Bestimmung des Luftfaktors λ (Lambda)	323
9.2.10	Heizwert und Wärmemenge	325
9.2.11	Ausmauerung des Ofens	326
9.2.12	Sicherheitsabschaltung	327
9.3	Hubbalkenofen	328
9.4	Durchziehofen	329
9.5	Turmofen	330
9.5.1	Temperaturverlauf eines elektrisch beheizten Turmofens	331
9.5.2	Strahlrohre im Turmofen	331
9.5.3	Konvektionskühlung	332
9.6	Rollherdofen	333
9.6.1	Temperaturverlauf im Rollenherdofen	334
9.7	Durchlaufglühanlage NSC	335
9.8	Durchlaufglühanlage NKK	336
9.9	Rollofen	337
9.10	Induktive Blockerwärmung	338
9.11	Bandreinigung vor dem Glühen	339

Inhaltsverzeichnis

10	Oberflächenbehandlung	341
10.1	Beizen	341
10.1.1	Beizen von Zunder	341
10.1.2	Vorbehandlung des Beizgutes	341
10.1.3	Lösung in Säure	342
10.1.4	Beizmittel	343
10.1.5	Beizverfahren	343
10.1.6	Beizmittel-Eigenschaften	345
10.1.7	Wirkung auf den Werkstoff	346
10.1.8	Beizblasen	346
10.1.9	Behandlung der Beizsäure und des Spülwassers	347
10.1.10	Beheizung des Beizbades	347
10.2	Durchlaufbeizen	348
10.2.1	Anlagenteile und Funktion	348
10.2.2	Ölsprühanlage	353
10.2.3	Umweltschutz	354
10.2.4	Bezeichnungen in der Beizanlage	355
10.2.5	Aufbau einer Beize mit Zunderbrecher	356
10.3	Regeneration	357
10.3.1	Regeneration der Schwefelsäure	358
10.4	Strahlen	358
10.4.1	Schleuderstrahlen	359
11	Oberflächenschutz	363
11.1	Feuerverzinkung	363
11.1.1	Feuerverzinkungsanlage	364
11.1.2	Ofen- und Badtemperaturverlauf	365
11.1.3	Beidseitige Beschichtungseinrichtung mit Auflagenregelung	366
11.1.4	Einseitig verzinktes Feinblech, Beschichtungsrolle	366
11.1.5	Einseitig benetzt mit elektromagnetischer Pumpe	366
11.1.6	Anlagenteile und Funktion	367
11.2	Elektrolytische Bandverzinkung	371
11.2.1	Verzinkung, Anode-Kathode	371
11.2.2	Abscheidung	372
11.2.3	Waagerechte elektrolytische Bandverzinkungszelle	373
11.2.4	Senkrechtzelle	373
11.2.5	Radial Zelle	374
11.2.6	Prozessablauf einer elektrolytischen Bandverzinkung	375
11.2.7	Elektrolytische Bandverzinkungsanlage	376
11.2.8	Einlauf und alkalische Reinigung	377
11.2.9	Beize und Beschichtung	378
11.2.10	Nachbehandlung und Auslauf	379

Inhaltsverzeichnis

11.3	Bandverzinnung	380
11.3.1	Aufschmelzung und Abschreckung	380
11.3.2	Elektrolytische Verzinnungseinheit	381
11.3.3	Widerstandsaufschmelzung	381
11.4	Lackbeschichtung	382
12	Gleitziehen	385
12.1	Gleitziehverfahren	385
12.1.1	Gleitziehen von Vollkörpern	385
12.1.2	Gleitziehen von Hohlkörpern	386
12.2	Stoff- und Formeigenschaften	388
12.3	Stofffluss beim Gleitziehen	388
12.4	Kräfte beim Gleitziehen	390
12.5	Ziehangeln	391
12.5.1	Falsche Angel	393
12.5.2	Materialeinsparung	393
12.5.3	Warmangel	393
12.5.4	Kaltangel	394
12.5.5	Maschinen und Verfahren zur Angelherstellung	394
12.5.6	Rundknetverfahren	395
12.5.7	Einstoßverfahren	395
12.5.8	Ausbeulen des Überganges	395
12.5.9	Einseitig Ausknicken des Rohres	396
12.5.10	Luppe – Angel – Fertigrohr	396
12.6	Kaltziehen von Rohren	397
12.6.1	Ziehmaschinen	397
12.6.2	Geradeaus-Ziehmaschinen	398
12.6.3	Trommelziehmaschine	399
12.6.4	Konti-Ziehmaschine	400
12.6.5	Rohr-Stopfenzug	401
12.6.6	Gleitziehen, Aufweiten	402
12.6.7	Hohl-Walzziehen	402
12.6.8	Ziehmaschine mit Ladetrommel	403
12.6.9	Rohrziehmaschine mechanischer Stangenzug	404
12.6.10	Ziehbank mit umlaufender Kette	405
12.6.11	Ziehschlitten	405
12.6.12	Ziewagen	406
12.6.13	Ziehwerkzeuge	406
12.6.14	Ziehdorne	407
12.6.15	Ziehringe	407
12.6.16	Fertigungsauftrag, Beispiel 1	408
12.6.17	Fertigungsauftrag, Beispiel 2	409
12.6.18	Fertigungskontrolle	410

Inhaltsverzeichnis

12.6.19	Position Ziehring und Ziehdom	410
12.7	Herstellung geschweißter Rohre	411
12.7.1	Bildung eines Rollkörpers	411
12.7.2	Rohr mit Schraubenlinien-Naht	412
12.7.3	Schweißen der Längsnaht	412
12.7.4	Fehlermerkmale	413
12.7.5	Fehlerursachen beim Widerstandsschweißen	414
12.8	Herstellen von Rohrluppen	415
12.8.1	Fertigungsverfahren	415
12.8.2	Schrägwalzen	415
12.8.3	Technologie des Schrägwalzens	415
12.8.4	Einstellgrößen beim Schrägwalzen	417
12.9	Warmpilgerverfahren	417
12.9.1	Anlage mit einem Warmpilgerwalzgerüst	419
12.10	Kontiwalzverfahren	420
12.10.1	Vorteile des Kontiwalzverfahrens	420
12.11	Stoßbankverfahren	421
12.11.1	Aufbau einer Stoßbankanlage	421
12.12	Asselwalzverfahren	422
12.13	Reduzierwalzwerk	422
12.14	Kaltpilgerwalzverfahren	423
12.15	Beizen von Rohren	424
12.16	Schmiermittel beim Ziehen	426
13	Strangpressen	427
13.1	Strangpressverfahren	427
13.1.1	Strangpressprofile	427
13.1.2	Pressverfahren	429
13.1.3	Direktes Pressverfahren	429
13.1.4	Indirektes Pressverfahren	429
13.1.5	Pressen von Stangen	430
13.1.6	Pressen von Rohren und Hohlprofilen	431
13.1.7	Bezeichnung der Werkzeuge	432
13.1.8	Indirektes Pressen von Rohren	432
13.1.9	Rohrpresse mit Kammerwerkzeug	433
13.1.10	Hydraulisches Strangpressen	433
13.1.11	Werkzeuge der Strangpresse	434
13.1.12	Fertigungsablauf gepresster Rohre	435
13.1.13	Bauteile einer Strangpresse	436
13.1.14	Aufbau eines Werkzeugsatzes für die Strangpresse	437

Inhaltsverzeichnis

13.1.15	Produktionsanlage Strangpressen	438
13.1.16	Fließpressen	438
14	Verfahren der Massivumformung	441
14.1	Schmieden	441
14.1.1	Freiform- und Gesenkschmieden	441
14.1.2	Stauchern, Recken, Lochen	441
14.1.3	Vollautomatische Schmiedemaschine	444
15	Richten, Schneiden, Versand	445
15.1	Verfahren zum Richten.	445
15.2	Dressier- und Streckgerüst	446
15.2.1	Streckrichten	447
15.2.2	Biegerichten	447
15.3	Richten von Rohren	448
15.3.1	Siebenwalzen-Richtmaschine	449
15.3.2	Sechswalzen-Richtmaschine	449
15.3.3	Plastische Ovalverformung	449
15.3.4	6-Rollen-Richtmaschine	450
15.4	Längs- und Querteilen mit Scheren	451
15.4.1	Scheren mit Kreismessern	451
15.4.2	Zirkularschere	451
15.4.3	Aufbau der Messerschere	452
15.4.4	Montageschema für Scherenmesser	453
15.4.5	Längsteilanlage für Bänder	453
15.4.6	Besäum- und Umwickelanlage	454
15.4.7	Querteilen	455
15.5	Versand	455
16	Formeln	457
17	Stichwortverzeichnis	472

Das Buch „**Umformtechnik der Metalle**“ umfasst die Grundlagen der Formgebung von Metallen, die Struktur der Metalle, die physikalischen Eigenschaften, die Prüfung der mechanischen Eigenschaften und die Korrosion. Neben den Grundlagen der Walztechnik werden die Produktionsverfahren und -anlagen für das Warmwalzen, das Beizen, das Kaltwalzen, die Rohr- und Drahtherstellung, die Wärmebehandlung von Stahl und die Herstellung von Werkstücken durch Kaltziehen, Pressen, Schmieden sowie das Gießwalzen und Gießschmieden beschrieben. Die elektrolytische Bandbeschichtung und die Feuerverzinkung geben einen Einblick in die Oberflächentechnik und Anwendung von Werkstücken.

Neben der Wirtschaftlichkeit von Produktions- und Fertigungsanlagen wird heute dem Umweltschutz und der rationalen Energieverwendung bei der Umformtechnik große Bedeutung beigemessen.

Die Umformerzeugnisse unterliegen der ständigen Qualitätskontrolle, die durch geeignete Werkzeuge, Techniken, Methoden, Logistik und Forschung zur Umsetzung gebracht wird.

In der Umformtechnik werden Werkstoffprüfung, Werkstoffbezeichnungen, die Einteilung und Zusammensetzung der Werkstoffe für die Umformung vorgestellt.

Dieses Lehrbuch zeigt Bilder, Darstellungen und Zusammenhänge in der Spanne zwischen Werkstoffbehandlung und Anwendung der Erzeugnisse.

Das Buch wendet sich an:

- Auszubildende der *Verfahrenstechnik*
- Auszubildende in der *Industrie, im Handwerk und Handel*
- Schüler der *Berufsvor- und Grundbildung*
- Schüler an Schulen der *Sekundarstufe I + II*
- Schüler der *Fachoberschule*
- Teilnehmer der *beruflichen Aus- und Weiterbildung*
- Studierende an *Fach- und Fachhochschulen*

Zur Darstellung des Stoffes

„Umformtechnik der Metalle“ ist ein modernes Lehrbuch mit übersichtlichen Verzeichnissen. Der Leser profitiert hier erheblich von fachlichen Orientierungshinweisen.

Es eignet sich wegen seiner speziellen Aufmachung nicht nur zum Selbststudium, sondern besonders für Erarbeitungsphasen in Lehrgängen und Kursen, in denen Gruppenarbeitsprozesse und Projekte im Vordergrund stehen.

Zur äußeren Form

Zentrale Inhalte wie Definitionen, Sätze, Formeln, Tabellen und Zusammenfassungen sind besonders hervorgehoben.

Ein Wort des Dankes ...

... an die ThyssenKrupp Stahl AG, für die Überlassung Technischer Unterlagen,

... an Herrn Prof. Dr.-Ing. Paul Josef Mauk, Universität Duisburg, Institut für Werkstofftechnik, für die Hinweise vor der Entstehung dieses Werkes.

Voerde, September 2006

Karl Taube

Grundlagen der Formgebung

3.2.14 Walzenanstellssysteme

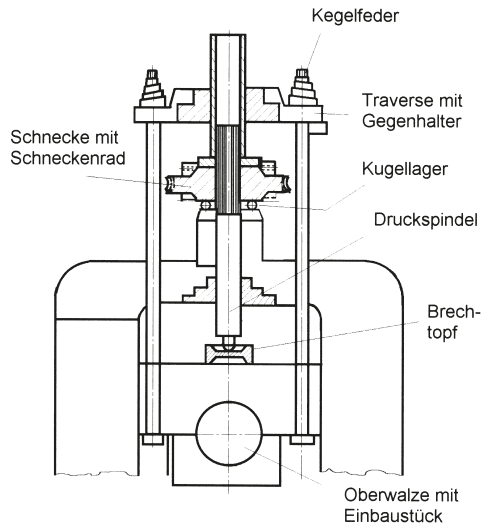


Bild 3.2.17: Anstellung mit Druckspindel

Elektromechanische Anstellung

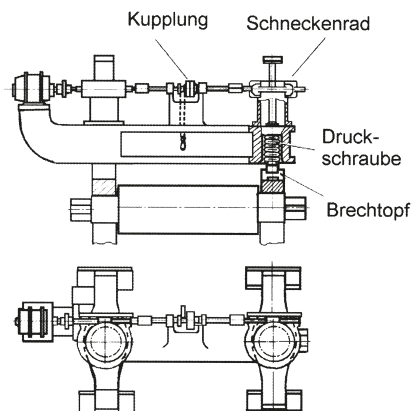


Bild 3.2.18: Elektrische Anstellung über Schneckengetriebe

Motor – Getriebe – Kammwalze – Spindel – Arbeitswalze

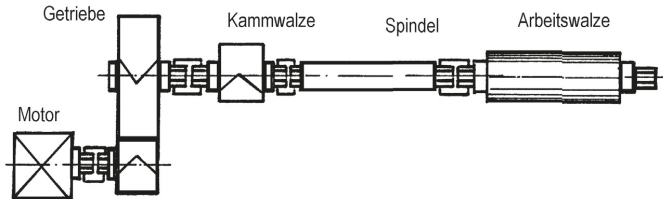


Bild 3.2.52: Kammwalze

- Kammwalzen sind schrägverzahnte Ritzel.
- Es stehen immer mehrere Zähne im Eingriff.
- Ruckfreier Eingriff der Zähne bedeutet ruckfreier Antrieb.
- Antrieb auf die Oberwalze.
- Bei gegenläufigen Drehrichtungen – gleiche Drehzahlen.

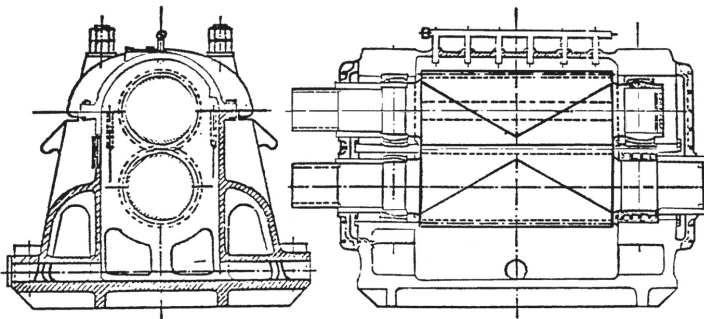


Bild 3.2.53: Kammwalzenantrieb

Spindel und Kupplung sind bewegliche Verbindungselemente.

Kammwalze



Bild 3.2.54: Kammwalze

Grundlagen der Formgebung

- Schmierfett dient dem Korrosionsschutz der Lagerzapfen.

Geschlossene Gleitlager für die Walzenzapfenlagerung sind Ölflutlager, Morgoilager.

Kegelrollenlager

- Zur Aufnahme von Radial- und Axialkräften

Hauptursachen für den Lagerverschleiß sind Verunreinigungen, Korrosion durch Kondenswasser und Mängel in der Schmierung.

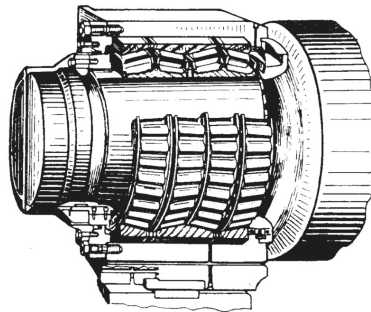


Bild 3.2.78: Kegelrollenlager

Ölflutlager

Das Ölflutlager ist ein Gleitlager. In das Lager wird unter hohem Druck, zwischen dem umlaufenden Lagerzapfen und der Lagerschale, ein Ölfilm aufgebaut.

- Der Ölfilm verhindert eine Berührung von Lagerzapfen und Lagerschale.

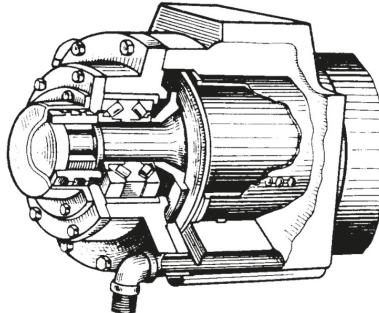


Bild 3.2.79: Ölflutlager, Morgoilager

3.2.23 Walzenanstellung und Ausbalancierung

- Die Walzen werden über die Druckspindel angestellt.
Sie wird durch die oberen Querträger der Walzenständer senkrecht hindurch geführt.
- Die Druckspindel stützt sich in der Druckmutter ab, die in der Ständerbohrung befestigt ist.
- Durch Drehen der Druckspindel wirkt das Ende über den Brechtopf gegen die Baustücke.

Der Höhenstand der Walzen lässt sich verändern.

Ausbalancierung

Zum Anstellsystem gehört eine Ausbalancierung.

- Die Oberwalze darf sich nicht auf die Unterwalze legen.
- Das Gewicht der Oberwalze muss ausbalanciert werden.
- Die Ausbalancierung wirkt dem Oberwalzen-Gewicht entgegen.
- Es werden Baustücke der Oberwalze gegen die Druckspindel gedrückt.

Hydraulische Ausbalancierung

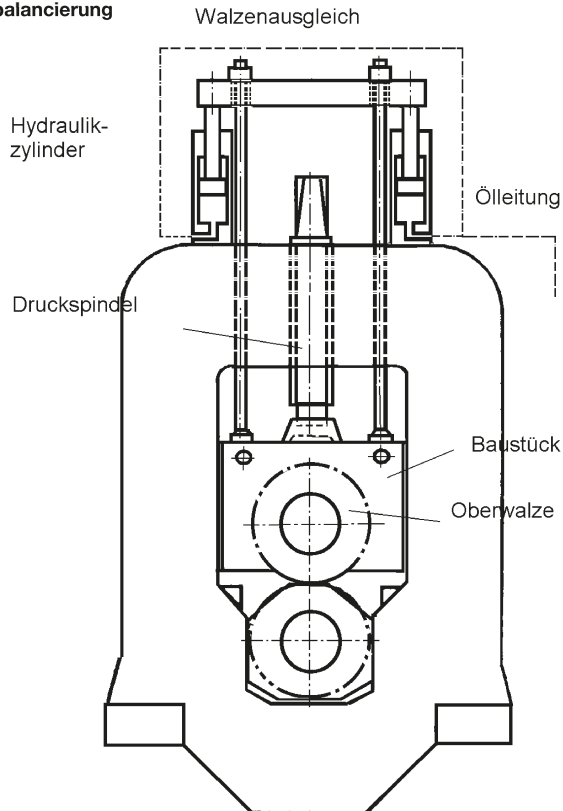


Bild 3.2.80: Walzenausgleich mit hydraulischem Gewichtsausgleich

Grundlagen der Formgebung

3.3.9 Verarbeitung und Verwendung
Urformen, Umformen und Verwendung

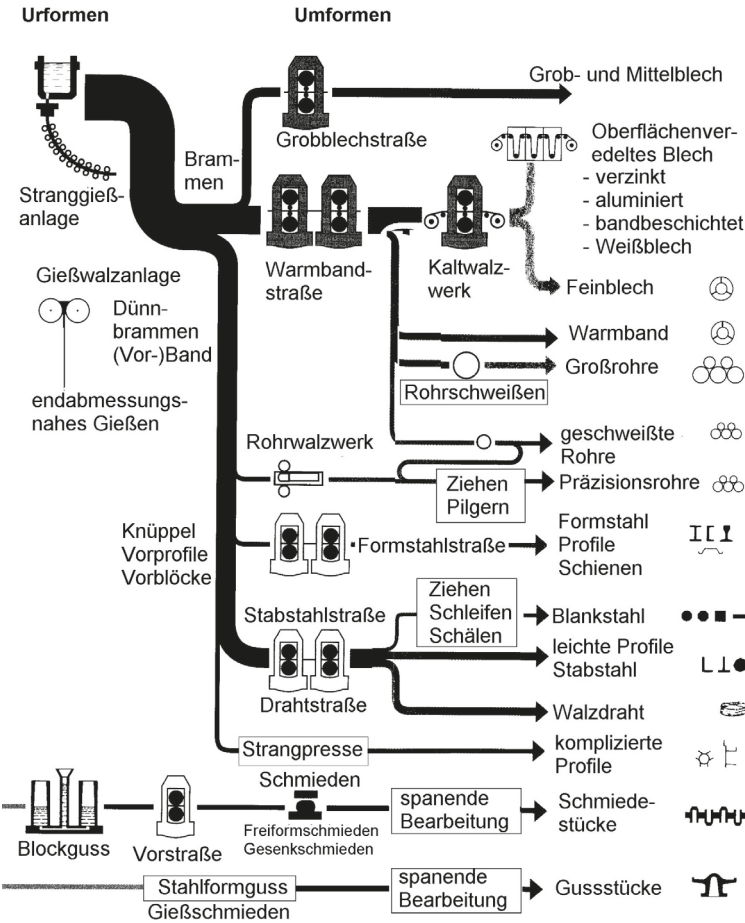


Bild 3.3.9: Übersicht: Urformen und Umformen

Stichwortverzeichnis

17 Stichwortverzeichnis

- Abdrücke und Eindrücke 189
- Abkanten 255
- Abkühlungsgeschwindigkeit 197
- Abrollknicke 189
- Abrollstapler 135
- Abscheidungsmessen 372
- Abschrecken 36
- Abschreckmittel 36
- Absetzen 443
- Abstreckgleitziehen 387
- Abtastregelung 280
- Adjustage 243
- Alkalische Reinigung 371
- Aluminium-Legierungen 285
- Anode 371
- Anrauvverfahren 290
- Anschliffherstellung 6
- Anstellgeschwindigkeit 293
- Anstellungsbremsen 167
- Arbeitsrollgänge 168
- Arbeitswalze 69
- Arbeitswalzen-Biegesystem 217
- Asselwalzverfahren 422
- Aufheizzone 177, 203
- Aufklappkaliber 254
- Auflichtmikroskop 10
- Aufrollen 443
- Aufschmelzung 380
- Aufwickler 353
- Ausbalancierung 95, 168
- Ausgleichszone 177
- Ausmauerung 177
- Ausmauerung des Ofens 326
- Ballenhärtetiefe 264**
- Banddicke, Abtastregelung 65
- Banddickenmessung 62, 275, 297
- Banddickenregelung 198, 278
- Banddickenregelung 66
- Bandkühlung 191
- Bandreinigung 339
- Bandrisse 296
- Bandverzinkung 375
- Bandverzinkung, elektrolytische 371
- Bandverzinkungszelle 373
- Bandverzinnung 380
- Bandwaage 191
- Bandzug 288
- Bandzug und Regelung 272
- Baumann- oder Schwefelabdruck 9
- Baustücke 92
- Beidseitige Beschichtung 366
- Beisanlage 354
- Beizblasen 346
- Beize und Beschichtung 378
- Beizeinfluss 344
- Beizen 341
- Beizen von Rohren 424
- Beizmittel 343
- Beizsäuren, Eigenschaften 346
- Beizverfahren 343
- Beizzusätze 347
- Belastungsverhältnisse im Gerüst 96
- Berührendes Messgerät 277
- Besäum- und Umwickelanlage 454
- Beschichten 50
- Biege- und Anstellsystem 217
- Biegerichten 447
- Biegeumformen 50
- Blasen 187
- Blechadjustage 225
- Blech-Richtmaschine 133, 226
- Block-Brammen-Straße 139
- Block-Kastenkaliber 156
- Blockkipper 156
- Blockkipperwagen 162
- Blockstraße 150
- Blockwalzgerüst 151
- Bogenzahnkupplung 270
- Bombierung 99
- Brammengröße 319
- Brammenlager 176
- Brammenschere 152, 160
- Brammenvorwärme 175

Stichwortverzeichnis

- Brammenwasserrad 128
Breitenmessung 298
Breitung 81
Brenner 145, 319
Brennstoff 204
Brinell-Prüfverfahren 29
Brüche 188
Brucherscheinungen 27
Bruchgefüge-Untersuchung 10
- Chemische Eigenschaften** 2
Chromatierung 370
Coils. 187
Compact Strip Production CSP 106
CVC-Sxstem 99
- Dauermagneten** 20
DCR-Straße 300
Deckeldichtung 144
Dehngrenze 26
Deutsche Kalibrierung 88
Diagramm, Entkohlungsglühung 315
Diagramm, Festbundglüfung 311
Diagramm, Rollenherdofen 334
Diagramm, Stufenglüfung 313
Diagramm, Turmofen 331
Dickenmessung 235
Dickenregelung 212
Diffusion. 33
Direktes Löschen 240
Doppelbesäumschere 243
Doppelkonusrolle. 130
Doppel-Zweiwalzengerüst 72
Dornhalter 431
Drehherdofen 125
Drehrollgang 131
Dreiwalzen-Gerüst 73
Dressier- und Streckgerüst 446
Dressieren 294
Druckbelastung 22
Drücken 49
Druckumformen 50
Dünnen 7
Duo-Walzgerüst 72
Durchbiegung der Arbeitswalzen. 266
Durchlaufbeizen 348
- Durchziehen 49
Durchziehofen 125, 329
- Edelmetall** 285
Eigenschaften der Metalle 18
Einbaustück 92
Einbaustücke und Lager 273
Einflüsse auf die Walzkraft 295
Einflussfaktoren auf das Profil 70
Einseitige Beschichtung 366
Einstapel-Haubenglühofen 314
Einstapelheizhaube 306
Einstoßfalte 395
Einteilung der Stähle 37
Einwalzungen 189
Einwegofen 122
Eisenmetalle 1
Elastische Dehnung 26
Elastische Verformung 21, 57
Elastischer Formbereich 22
Elastizitätsmodul 23
Elektrische Eigenschaften 14
Elektromechanische Anstellung 61
Elektronenpaar 45
Elektronenstrahl-Mikroanalyse 12
Emulsion 263
Entzunderung des Walzgutes 180
- Falsche Angel** 393
Faltangel 391
Fasenverlauf 389
Fehlerbeseitigung 176
Fehlererkennung 176
Fehlermerkmale 413
Feinblechbänder 296
Fertigerzeugnis 249
Fertigstraße 103, 181, 190
Fertigungskontrolle 410
Fertigungsverfahren 3, 50
Fertigungsverfahren, Einteilung 4
Fester Dorn 387
Feueraluminisiertes Feinblech 364
Feuerbeschichtungsanlage 367
Feuerfeste Zustellung 205
Feuerverzinktes Feinblech 364
Feuerverzinkung 363

Stichwortverzeichnis

- Flaches Kaliber 156
Flammen 168
Flämmaschine 152
Flämmaschine, Diagramm. 159
Flämntiefe 159
Fließpressen 49, 116, 438
Fließscheide 79
Fluoreszenzprobe 9
Folienherstellung 6
Formänderungen 22
Formänderungswiderstand 79
Formgebungswerkzeuge 85
Freiform- und Gesenkschmieden 441
Freiformschmieden 49
Fügen 50
- Gagemeter-Verfahren** 63
Gassicherheitseinrichtung 149
Gasverluste 144
Gauß 21
Gegenstromprinzip 142
Gelenkspindel. 215
Gerüstberechnung 292
Gerüstkonstruktion 214
Geschlossene Kaliber 86, 253
Geschwindigkeitsverhalten 83
Gesenkbiegen 49
Gesenkschmieden 49, 113
Gestaffelte Walzstraße 101
Gießschmieden 113
Gießschmieden, 1-stufig 114
Gießschmieden, 2-stufig 114
Gießwalzanlage CSP 107
Gießwalzen 105
Gießwalzverfahren CPR 109
Gießwalzverfahren I.S.P 108
Glattwalze 98
Gleichstrommotor 76
Gleichstromprinzip 140
Gleitlager 93
Gleitschienen 177, 318
Gleitziehen 385
Gleitziehen, Aufweiten 402
Gleitziehen, Hohlkörper 386
Gleitziehen, Kräfte 390
Gleitziehen, Stofffluss 388
- Gleitziehen, Vollkörper 385
Glühdauer 309
Glühen 308
Greifbedingungen 82
Greifen 79
Greifverbesserung 83
Greifwinkel 79, 83
Grob- und Makrogefüge 8
Grobblech mit Dickenregelung 239
Grobblech ohne Dickenregelung 238
Grobblechwalzwerk 201
Grundlagen der Formgebung 49
- Grundstähle** 39
Grundlagen der Metallkunde 5
Gusseisenwalzen 92
- Halbhartgusswalzen** 92
Halbkontinuierliche Straße. 250
Halbkontinuierliche Walzstraße 102
Halboffene Kaliber 253
Halbstahlwalzen 91
Halbzeug 249
Handflammen 169
Härtbarkeit 36
Härtekurve nach Jominy 37
Härten 36
Härteprüfung 29
Hartgusswalzen 92
Haspelanlage 185
Haspeltemperatur 197
Haubenglüherei 307
Haubenglühofen 124, 305
Hazelett-Verfahren 111
Heißflämmaschine. 158, 168
Heizwert und Wärmemenge 325
Heizzone 203
Herdwagenofen 123
Hilfsstoffe 1
Hochregallager. 456
Hohlgleitziehen 386
Hohl-Walzziehen 402
Hooksches Gesetz 23
Horizontalanstellung 167
Horizontalwalzen 164
Hubbalkenofen 124, 328

Stichwortverzeichnis

- Hunde 97
Hydraulische Anstellung 64, 218, 240
Hydraulische Ausbalancierung 95
Hydraulische Dickenregelung 228
- Induktions-Messwertgeber 283
Induktionsverfahren 14
Induktive Feinmesslehre 278
Induktiver Blockerwärmer 338
Inspektionslinie 299
Intensivkühlung 219
Isotopen-Banddickenmessung 68
- Kaliberanzug 89
Kaliberset 85
Kaliberwalze 87, 98
Kaliberwalzgerüst 153
Kalibrierte Walzen 85
Kalibrierung 158
Kalibrierung für Halbzeuge 88
Kaltangel 394
Kalteinsatz 175
Kaltfließkurve 24
Kaltgewalzte Materialien 285
Kaltmaßkorrektur 240
Kaltpilgerwalzen 55
Kaltpilgerwalzverfahren 423
Kaltverformung 24
Kaltwalzantriebe 269, 287
Kaltwalzen 59, 257
Kaltziehen von Rohren 397
Kaltziehvorbereitung 409
Kammerwerkzeug 433
Kammrolle 77
Kammwalzen 272
Kammwalzen-Antrieb 74, 270
Kantenfehler 189
Kanter 163
Kasten-Kaliber 156
Kastenskaliber 86
Kathode 371
Kegelradrollgangantrieb 132
Kegelrollenlager. 94, 194
Keramischer Rekuperator 323
Kettenkühlbett 129
Klanken 189
- Klappständer 70
Klauenkupplung 270
Kletternder Block 155
Knickbauchen 396
Knüppelkaliber 254
Knüppelwasserbad 127
Koerzitivkraft 21
Konkavrollen 130
Konkov 98
Kontinuierliche Straße 251
Kontitrommel-Ziehmaschine 400
Kontiwalzverfahren 420
Konusrolle 130
Konvektionskühlung 332
Konvektionsrekuperatoren 140
Konvektoren 310
Konvex 98
Korrosion 44
Korrosionsbeständigkeit 47
Korrosionsschutz 47
Korrosionsverhalten 45
Kraftbedarf beim Ziehen 121
Kraftregelung am Walzgerüst 66
Kraftübertragungselemente 270
Kreismesser 451
Kreismesser-Besäumschere 352
Kreuzstromprinzip 142
Kristallanordnung 5
Kühl- und Schmiermittel 287
Kühleinrichtungen 126
Kühlhaube 314
Kühlstrecke 185
Kühlsysteme 317
Kühlturm 365
Künstliche Werkstoffe 1
Kupfer und Legierungen 285
Kurbelwelle 441
- Lackbeschichtung 382
Lagerausbau 194
Lagerbau 192
Lagerkontrolle 194
Lambda 323
Längenänderung 17
Längs- und Querteilen 451
Längsaufschieber 136

Stichwortverzeichnis

Längsstapeleinrichtung 136
Längsteilanlage 452
Längsteilanlage für Bänder 453
Längswalzen 51
Legierte Edelstähle 40
Legierte Qualitätsstähle 40
Legierte Stähle 285
Leitstand mit Prozessrechner 182
Lochdorn 431
Löcher 188
Lochpresse 431
Lokalkorrosionsbildung 46
Losbrechvorrichtung 167
Loser Dorn 387
Luppe 401

Magnetische Eigenschaften 18
Magnetisches Messgerät 277
Magnetisierung 19
Magnetpulververfahren 8
Makroradiographie 11
Makroschliff-Untersuchung 9
Massengrenzgehalte 39
Mess- und Regeleinrichtung 148
Messerschere 452
Messervelle 451
Messstationen 174
Messsystem am Walzenballen 282
Messsystem im Baustück 282
Messwerterfassung 235
Messwertgeber 67
Metalle 1
Metallfolien 7
Metallographie 5
Metallprobe 6
Mischbruch 27
Mischreibung 428
Morgoillager 94, 273

Nachwalzgerüst 294
Natürliche Werkstoffe 1
Neutralisationsanlage 425
Nichteisenmetalle 1
Nichtmetalle 1
NKK-Durchlaufglühanlage 336
Normalglühen 33

NSC-Durchlaufglühanlage 335

Ober- und Unterdruck 84, 290
Oberflächenbehandlung 341
Oberflächenfehler 160
Oberflächenhärtung 31
Oberflächenpyrometer 197
Oberflächenqualität 267
Oberflächenschutz 363
Ofen- und Badtemperaturverlauf 366
Ofenanlage 177
Ofenatmosphäre 180
Ofenbauart 319
Ofenbesatz 146
Ofendruck 178, 207
Ofenentschlackung 178
Ofenführung 178
Ofenleitstand 190
Ofenschienen 205
Ofenschlacke 144
Offene Halbzeugstraße 250
Offene Kaliber 253
Offene Walzstraße 101
Ölflutlager 94, 194
Ölsprühanlage 353

Phosphatierte Öle 428
Phosphatierung 379
Physikalische Eigenschaften 2, 14
Planeten-Walzgerüst 74
Planungsrechner 191
Plastische Ovalverfahren 449
Plastische Verformung 57
Plastischer Formbereich 22
Polarisierendes Band 340
Positionsregelung 234
Pressen 115
Pressen von Rohren 431
Pressen von Stangen 430
Pressstofflager 93
Pressverfahren 429
Pressverfahren, direktes 429
Pressverfahren, indirektes 429
Produktions- und Prozessdaten 290
Produktionstechnik 295
Profilrollen 130

Stichwortverzeichnis

- Profilwalzen 249
Profilwalzen-Richtmaschine 134
Programm-Rechner 236
Prozessrechner der Ofenanlage 178
- Q**
Quadratisches Kaliber 156
Qualität der Regelung 65
Qualitätskontrolle 289
Qualitätskontrolle Warmbreitband 200
Qualitätssicherung 199
Quarto-Reversierwalzgerüst 295
Quarto-Umkehrwalzgerüst 210
Queraufschieber 137
Querfließpressen 438
Querschnittsabnahme beim Ziehen 120
Querstapeleinrichtung 135
Querteilen 455
Querwalzen 52
- R**
Radial-Zelle 374
Rahmenständer 70
Rändelung 157
Rechenkühlbett 128
Reduzierwalzen 54, 422
Regel- und Sicherheitseinrichtung 206
Regelkreis 293
Regeneration 357
Reibung im Ziehstein 119
Reibungswinkel 83
Rekristallisation 58, 307
Rekristallisationsglühen 35
Rekuperatoren 140, 178, 206, 322
Remanenz 21
Reversieren 68
Richten 445
Richten und Stapeln 133
Richten und Strecken 133
Richten von Rohren 448
Richten, Schneiden, Versand 445
Richtmaschine, 6-Rollen 450
Richtpresse 134
Richtrollenanordnung 225
Riefen und Schrammen 189
Ringwalzen 53, 303
Risse 188
Rockwell-Prüfverfahren 30
- Rohre, geschweißt 411
Rohrluppen 415
Rohrschweißverfahren 411
Rohr-Stopfenzug 401
Rohrziehen 118
Rohrziehmaschine, Stangenzug 404
Rohrziehverfahren 118
Rollenherdofen 333
Rollenverzinkung 366
Rollgänge 130, 209
Rollgangsrollen 130
Rollofen 337
Rollrichten 342
Röntgen Untersuchung 11
Rückstau 78
Rückwärts-Fließpressen 439
Ruhigkeit der Walzenoberfläche 290
Rundangel 391
Rundknetverfahren 395
- S**
Sandstellen 188
Schärfung 157
Scheibenrollen-Kühlbett. 127
Schermessermontage 453
Schiebungsbruch 27
Schienenkaliber 89
Schienenkalibrierung 252
Schienentransport 252
Schleifen der Walzen 267
Schlepperkühlbett 126
Schleuderstrahlen 359
Schleudertrommel 361
Schlingengrube 351
Schlingenheber 184
Schlingenwagen 368
Schmieden 441
Schmiedepresse 444
Schmiedestraße 444
Schneidvorgang 160
Schnittkantenfehler 189
Schopfschere 245
Schräggrollenkühlbett 129
Schrägwalze 98
Schrägwalzen 415
Schrägwalzen 57
Schrägwalzen-Richtmaschine 133

Stichwortverzeichnis

- Schubumformen 50
Schutzüberzüge 47
Schwefelsäure 343
Schweißmaschine 368
Sechswalzen-Richtverfahren 449
Senkrechtzelle 373
Sicherheitsabschaltung 327
Siebenwalzen-Richtverfahren 449
Skibildung 84
Southwire-Verfahren 111
Spannung 26
Spannung und Dehnung 25
Spannungs-Dehnungs-Diagramm. 25
Spannungsfrei Glühen 33
Spannungsfreiglühen 36
Spannungsreihe der Metalle 44
Sphärengusswalzen 92
Spindelgelenkkopf 216
Spinner-Block-System 398, 399
Stabprobe 36
Stähle nach Verwendungszweck 41
Stahlwalzen 91
Stahlwerksfehler 176
Ständerrollen 155
Stange 387
Stangenprofile 115
Stapeln und Schieben 135
Stauchen, Recken, Lochen 441
Stauchkaliber 156
Stauchstempel 431
Stehzeiten 145
Stich 59
Stichabnahme 80
Stichplan 158, 168
Stirnradrollgangantrieb 132
Stoff- und Formeigenschaften 388
Stofffluss Warm-Kaltband 173
Stoßbankverfahren 421
Stoßofen 125, 179, 202, 315
Stoßofen mit Rekuperatoren 320
Stoßofen, 3-Zonen 316
Stoßofenleistung. 321
Strahlen 358
Strahlrohr 333
Strahlrohre im Turmofen 331
Strahlungsmessgerät 277
Strahlungspyrometer 16
Strahlungsrekuperatoren 141
Strangpresse, Bauteile 436
Strangpressen 115, 427
Strangpressen, hydraulisch 433
Strangpressen, Werkzeuge 432
Strangpresserzeugnisse 428
Strangpressprofile 427
Strangpress-Qualität 116
Strecken 49
Streckgerüst 447
Streckgrad beim Ziehen 121
Streckgrenze 26, 222
Streckmaschine 135
Streckreduzierwalzwerk 54, 422
Streckrichten 447
Streckziehen 49
Struktur und Gefüge der Metalle 5
Stütz- und Arbeitswalzen 266
Stützwalzen-Biegesystem 215
Stützwalzen-Rückbiegung 246
Stützwalzenwechsel 194
Tandem-Arbeitswalze 263
Tandem-Quartogerüst 262
Tandemstraße 104, 257
Tandemstraße, 5-gerüstige 260
Tänzerrolle 368
Technologische Eigenschaften 3, 41
Teilstrahlungspyrometer 237
Temperatureinfluss 23
Thermische Eigenschaften 17
Thermoelemente 15
Thermopaar 16
Thermospannung 16
Thixoschmieden 113
Tiefen 139
Tiefen mit Rekuperatoren 143
Tiefenanlage 139
Tiefendaten 148
Tiefendeckel 144
Tiefen-Regeldiagramm 147
Tiefentemperaturen 145
Tiefziehen 49
Tonerdezeilen 188
Topföfen 123

Stichwortverzeichnis

- Torsionsbelastung 22
- Transportrollgänge 131
- Trennbruch 27
- Trennen 50
- Trommelziehmaschine 399
- Turmofen 330
- Twin Drive 76, 270
- Ultraschallprüfung** 13
- Umformen 50, 112
- Umformende Fertigungsverfahren 3
- Umformverfahren 49
- Umformvorgang im Walzspalt 78
- Umkehrstraße 104
- Umkehrstraße 151
- Umweltschutz 354
- Universal-Brammengerüst 164
- Universal-Brammenstraße 161
- Universal-Zweiwalzengerüst 72
- Unlegierte Edelmstähle 40
- Unlegierte Qualitätsstähle 40
- Unlegierte Stähle 39
- Unterflur-Stauchengerüst 165
- Untersuchung, zerstörungsfrei 13
- Urformen 112
- Urformen 50
- Verarbeitung und Verwendung 112
- Verbrennungsluft 205
- Verbundstoffe 1
- Verformung 58
- Verformungsbereiche 25
- Verformungswerte, Tandemstraße 291
- Vergleichsverfahren 11
- Versand 455
- Verschleißbeanspruchung 30
- Verschleißverhalten 30
- Vertikalwalzen 164
- Verzinnungseinheit 381
- Verzunderung 46
- Vickers-Prüfverfahren 30
- Vielwalzen-Gerüst 73
- Vierwalzengerüst 262
- Vierwalzen-Gerüst 73
- Vollkontinuierliche Walzstraße 102
- Vollkontistraße 103
- Volumenkonstanz 58, 81
- Voreilung 79
- Vormaterial 175
- Vorstraße 103, 180, 190
- Vorwärmzone 203
- Vorwärts-Fließpressen 438
- Walzarmatur** 97
- Walzbalken 214
- Walzdruck 78
- Walze 79
- Walzen 49, 51, 59
- Walzen in Kalibern 249
- Walzenanstellssysteme 61
- Walzenanstellung 60, 94, 275
- Walzenanstellung mit Druckspindel 96
- Walzenanstellungssysteme 218
- Walzenantrieb 74
- Walzenaußenhaut 264
- Walzenbiegekräfte 268
- Walzenbiegung 290
- Walzenformen 98
- Walzenöffnung 67
- Walzenrauigkeit 157
- Walzenschleiferei 192
- Walzenschleifmaschine 286
- Walzenschleife 98
- Walzensprung 60
- Walzenständer 70
- Walzenstraßen nach Walzart 100
- Walzenwechsel 71, 192, 273
- Walzenwerkstoff 90
- Walzgerüst der Fertigstraße 184
- Walzgerüste. 68, 101, 265
- Walzgeschwindigkeit 288
- Walzkräfte 267, 284
- Walzkraftmessung 233
- Walzkraftmessung 299
- Walzprogramm 177
- Walzspalt 67
- Walzspaltmessung 67
- Walzspaltregelung 62, 281
- Walzstiche 262
- Walzstraßen 101
- Walzstraßen-Hauptantrieb 75
- Walzwerk, 12-Rollen 301
- Walzwerk, 20-Rollen 302

Stichwortverzeichnis

- Walzwerksbegriffe 59
Walzwerkserzeugnisse 251
Walzziehen, mit Kugeln 403
Warmangel 393
Warmbandherstellung 105
Warmbandprofil 199
Warmband-Prüfstation 186
Warmbrammen 175
Warmbreitbandtemperatur 195
Warmbreitband-Fehler 187
Warmbreitband-Walzstraße 173
Wärmebehandlung 31
Wärmebehandlungsbereiche 33
Wärmebehandlungsdauer 33
Wärmeenergie 31
Warmeinsatz 175
Wärmemenge 17
Wärmeöfen 122, 306
Wärmeübergang 310
Wärmeübertragung 204
Wärmezonen 320
Warmpilgerverfahren 417
Warmpilgerwalzgerüst 419
Warmverformung 24
Warmwalzen 59
Wasser 44
Wasserquette 241
Wasserrad 171
Weichglühen 3, 34
Weichstahl 285
Weiten 49
Werkstoffbeanspruchung 30
Werkstoffe 1
Werkstoffeigenschaften 2, 259
Werkstoffmagnetisierung 19
Werkstoffverdrängung 262
Werkzeugsatz der Strangpresse 434
Werkzeugstähle 43
Widerstandsaufschmelzung 381
Widerstandsschweißen 414
Widerstandsthermometer 16
Winkelkaliber 86
Wirbelstromverfahren 14
Zähigkeit 222
Zerreißprüfung 28
Ziehangel 391
Ziehangelherstellung 396
Ziehbank 399
Ziehbank, umlaufender Kette 405
Ziehborn 407
Ziehen 117
Ziehen, Schmiermittel 426
Ziehkraft 118
Ziehmaschine 397, 403
Ziehringe 407
Ziehring-Position 410
Ziehwagen 405
Ziehwerkzeug 119, 406
Ziehwinkel 391
Ziehwinkel nach Ziehverfahren 120
Zinkkessel 369
Zirkularschere 451
Zugbelastung 22
Zugdruckumformen 50
Zugfestigkeit und Dehnung 259
Zugspannung 28
Zugumformen 50
Zugversuch 29
Zulässige Dickenabweichung 199
Zunder 178, 208, 342
Zundereinwalzungen 188
Zunderwäscher 207
Zwei-Rollen-Bandgieß-Verfahren 110
Zweiwalzen-Gerüst 69
Zweiwegofen 122
Zwillingsantrieb 75
Zwölfwalzen-Gerüst 74
Zylinderrolle 130