dandelon.com
© 2008 AGI-Information Management Consultants
May be used for personal purposes only or by
libraries associated to dandelon.com network.

NICHTROSTENDE STÄHLE

Eig-enschaften • Verarbeitung • Anwendung- • Normen

Herausgegeben von der
Edelstahl-Vereinigung E.V.
und dem
Verein Deutscher Eisenhüttenleute

Bearbeitet von
Paul Schierhold

unter Mitarbeit von

A. Bäumel, H. Becker, E. Berkenkamp, H.E. Bock, W. Borges, O. Braumann, W. Buchwald, J. Federwisch, E.G. Gondolf, D. Grimme, G.H. Hunscha, H. Jesper, K.-H. Kayser, H.-F. Klärner, H.-W. Klapp, W. Knorr, II. J. Köhler, D. Kraatz, W. Küppers, R. Laban, K. Mitsch, H. Ordenbach, A. Paus, E. Potthast, L. Rademacher, B. Ruhland, K. Sartorius, R. Sauer, R. Schlicht, D. Schulten, D. Schulz, G. Tacke, K. Werny und G. Witte

Mit 157 Bildern und 55 Tafeln

1977

VERLAG STAHLEISEN M.B.H. • DÜSSELDORF

Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Erzeugung und Lieferformen 1
(Horst Becker)

1.1. Allgemeines 1
1.2. Schmelzen 2
1.3. Gießen 3
1.4. Sonderschmelzverfahren 3
1.5. Weiterverarbeitung 4
1.5.1. Bänder, Fein- und Mittelbleche 5
1.5.2. Stäbe und Drähte 6
1.5.3. Grobbleche 7
1.5.4. Rohre 7
1.6. Erzeugnisformen 7
1.6.1. Warm- und kaltgewalzte Bleche 7
1.6.2. Plattierte Bleche 8
1.6.3. Bänder 9
1.6.3.1. Warmbänder 9
1.6.3.2. Kaltbänder 9
1.6.3.2.1. Kalt-Breitbänder 9
1.6.3.2.2. Kaltbänder 10
1.6.3.2.3. Kaltband, federhart gewalzt 10
1.6.3.2.4. Kaltband, kaltverfestigt 10
1.6.3.2.5. Oberflächenschutz 10
1.6.4. Drähte 10
1.6.4.1. Walzdraht 10
1.6.4.2. Kaltgezogener Draht 11
1.6.5. Stabstahl 12
1.6.6. Nahtlose und geschweißte Rohre 12
1.6.7. Schmiedestücke 12
1.6.8. Edelstahlguß 13
1.6.9. Sintererzeugnisse 13
1.7. Schweißzusatzwerkstoife 13
1.8. Prüfung und Kennzeichnung der Erzeugnisse 13
1.9. Schrifttumsverzeichnis 13

2. **Aufbau und** Eigenschaften 14
(Heinz Jesper und Anton Bäumel)

2.1. Einleitung 14
2.2. Legierungselemente und Einteilung der nichtrostenden Stähle 14

Seite
2.3. Zusammensetzung und mechanische Eigenschaften . . . 18
2.3.1. Ferritische Stähle . . . 18
2.3.1.1. Einfluß der Legierungselemente auf die Eigenschaften der ferritischen Stähle . . . 18
2.3.2. Martensitische Stähle . . . 19
2.3.2.1. Einfluß der Legierungselemente auf die Eigenschaften der martensitischen Stähle . . . 22
2.3.3. Austenitische Stähle . . . 22
2.3.3.1. Einfluß der Legierungselemente auf die Eigenschaften der austenitischen Stähle . . . 26
2.3.4. Austenitisch-ferritische Stähle . . . 29
2.4. Physikalische Eigenschaften . . . 31
2.5. Verhalten der nichtrostenden Stähle bei chemischer Beanspruchung . . . 31
2.5.1. Allgemeines elektrochemisches Verhalten . . . 31
2.5.1.1. Aktiver Zustand . . . 35
2.5.1.2. Passiver Zustand . . . 35
2.5.1.3. Transpassiver Zustand . . . 35
2.5.2. Korrosionsverhalten martensitischer Chromstähle . . . 36
2.5.3. Korrosionsverhalten von ferritischen und austenitischen Stählen . . . 38
2.5.3.1. Ebenmäßige Korrosion . . . 38
2.5.3.2. Interkristalline Korrosion - Ausscheidungsverhalten und Chromverarmung . . . 40
2.5.3.2.1. Prüfung auf interkristalline Korrosion . . . 42
2.5.3.2.1.1. Strauß-Test . . . 42
2.5.3.2.1.2. Huey-Test . . . 42
2.5.3.2.2. Beeinflussung der interkristallinen Korrosion . . . 43
2.5.3.3. Lochfraßkorrosion . . . 45
2.5.3.4. Spaltkorrosion . . . 47
2.5.3.5. Transkristalline Spannungsrißkorrosion . . . 48
2.5.3.6. Schwingungsrißkorrosion . . . 52
2.5.3.7. Kontaktkorrosion . . . 54
2.6. Schrifttumsverzeichnis . . . 57

3. Warmformgebung . . . 59
(Gerhard Tacke, Hans-Willi Klapp, Walter Knorr und Heinz Jürgen Köhler)

3.1. Allgemeines . . . 59
3.2. Festigkeit und Rekristallisationsverhalten . . . 59
3.2.1. Formänderungsfestigkeit . . . 59
3.2.2. Rekristallisation bei der Warmformgebung . . . 60
3.3. Phasen bei der Warmformgebung . . . 62
3.3.1. Die martensitischen nichtrostenden Stähle . . . 62
3.3.2. Die ferritischen nichtrostenden Stähle . . . 62
3.3.3. Die austenitischen nichtrostenden Stähle . . . 64
3.3.4. Die ferritisch-austenitisohen nichtrostenden Stähle . . . 64
3.3.5. Versprödung durch die Sigma-Phase . . . 64

Seite
3.4. Betriebliche Verarbeitung . . . 64
3.4.1. Umformungsanlagen . . . 64
3.4.2. Oberflächenbeschaffenheit des Materials vor der Warmformgebung . . . 65
3.4.2.1. Gußblöcke . . . 65
3.4.2.2. Halbzeug . . . 65
3.4.3. Aufheizbedingungen . . . 66
3.4.3.1. Öfen . . . 66
3.4.3.2. Aufheizen zur Warmformgebung . . . 67
3.4.3.3. Vorerprobung . . . 68
3.5. Abkühlung nach der Warmformgebung . . . 69
3.5.1. Austenitische Stähle . . . 69
3.5.2. Ferritisch-austenitische Stähle . . . 69
3.5.3. Ferritische Stähle . . . 69
3.5.4. Martensitische Stähle . . . 69
3.6. Schrifttumsverzeichnis . . . **70**

4. Kaltumformung . . . 71
(Werner Küppers und Karl Sartorius)

4.1. Werkstoffbeanspruchung bei der Umformung . . . 71
4.2. Aussagewert der verschiedenen Blechprüfverfahren über das Umformverhalten . . . 72
4.2.1. Zugversuch . . . 73
4.2.2. Härteprüfung . . . 75
4.2.3. Metallographische Untersuchung . . . 75
4.2.4. Faltprobe . . . 76
4.2.5. Einbeulprobenach Erichsen (DIN 50101 und 50102) . . . 76
4.2.6. Näpfchenprobe . . . 76
4.2.7. Rauheitsmessung . . . 76
4.2.8. Grenzziehverhältnis . . . 77
4.2.9. Grenzformänderung . . . 77
4.3. Allgemeine Übersicht über das Umformverhalten nichtrostender Feinbleche 77
4.4. Umformung von nichtrostenden Feinblechen nach verschiedenen Verfahren 84
4.4.1. Tiefziehen . . . 84
4.4.1.1. Tiefziehvorgang . . . 84
4.4.1.2. Festlegung des Zuschnitts . . . 85
4.4.1.3. Ziehverhältnis für den Anschlagzug . . . 85
4.4.1.4. Radien für Stempel und Ziehring im Anschlagzug . . . 88
4.4.1.5. Ziehspaltweite . . . 88
4.4.1.6. Ziehen im'Weiterschlag . . . 88
4.4.1.7. Ziehkraft . . . 91
4.4.1.8. Niederhalterkraft . . . 92
4.4.1.9. Ziehgeschwindigkeit . . . 93
4.4.1.10. Ziehen von rechteckigen Werkstücken . . . 93
4.4.1.11. Stülpziehen . . . 94
4.4.1.12. Abstreckziehen . . . 95
4.4.1.13. Sonderverfahren . . . 95
4.4.2. Ausbauchen . . . 96
4.4.3. Streckziehen . . . 96

Seite
4.4.4. Kragenziehen . . . 98
4.4.5. Biegen . . . 99
4.4.5.1. Biegevorgang . . . 100
4.4.5.2. Rückfederung . . . 100
4.4.5.3. Biegeradius . . . 103
4.4.5.4. Biegen auf Abkantpressen . . . 104
4.4.5.5. Rundbiegen . . . 104
4.4.5.6. Profilwalzen . . . 104
4.4.6. Drücken . . . 105
4.4.6.1. Drücken ohne gewollte Wanddickenänderung . . . 105
4.4.6.2. Projizierdrücken . . . 108
4.4.6.3. Fließdrücken . . . 110
4.5. Werkzeuge für die Kaltformgebung . . . 111
4.6. Schmiermittel für die Kaltformgebung . . . 112
4.7. Wärmebehandlung . . . 118
4.7.1. Wärmebehandlungsverfahren . . . 121
4.8. Kaltumformung von Vollmaterial (Stäbe und Drähte) . . . 121
4.8.1. Verfahren und Maschinen . . . 122
4.8.2. Nichtrostende Stahlsorten . . . 122
4.8.3. Umformverhalten der Stähle . . . 123
4.8.4. Ausführungsart und Oberflächenbeschaffenheit . . . 124
4.8.5. Oberflächenbehandlung des Vormaterials . . . 124
4.8.6. Nachbehandlung der Fertigteile . . . 124
4.8.7. Werkzeuge . . . 126
4.9. Schrifttumsverzeichnis . . . 126

5. Spanende Formgebung . . . 128
(Heinz-Friedrich Klärner, Otto Braumann und Ernst Berkenkamp)
5.1. Zerspanbarkeit . . . 128
5.1.1. Werkzeugverschleiß . . . 128
5.1.2. Einfluß der chemischen Zusammensetzung und des Gefüges auf die Zerspanbarkeit . . . 129
5.1.2.1. Ferritische Stähle . . . 130
5.1.2.2. Martensitische Stähle . . . 130
5.1.2.3. Austenitische Stähle . . . 130
5.1.2.4. Ferritisch-austenitische Stähle . . . 130
5.1.2.5. Nichtrostende Automatenstähle . . . 131
5.2. Vom Werkstoff unabhängige Einflüsse auf die Zerspanbarkeit . . . 131
5.2.1. Schneidstoffe . . . 131
5.2.1.1. Schnellarbeitsstahl . . . 131
5.2.1.2. Hartmetall . . . 132
5.2.2. Schneidengeometrie . . . 133
5.2.2.1. Freiwinkel α . . . 133
5.2.2.2. Spanwinkel γ . . . 134
5.2.2.3. Neigungswinkel λ . . . 134
5.2.3. Schmiermittel und Kühlung . . . 134

Seite
5.3. Arbeitsgänge der spanabhebenden Bearbeitung . . . 134
5.3.1. Drehen . . . 134
5.3.2. Fräsen . . . 136
5.3.2.1. Gravierfräsen . . . 136
5.3.3. Hobeln . . . 137
5.3.4. Bohren . . . 138
5.3.5. Sägen . . . 138
5.3.6. Reiben . . . 139
5.3.7. Gewindebohren . . . 140
5.4. Schrifttumsverzeichnis . . . 141

6. Trenn- und Fügeverfahren . . . 142
(Dieter Schulten)
6.1. Brennschneiden . . . 142
6.1.1. Pulverbrennschneiden . . . 142
6.1.2. Brennschneiden mit Flußmittel . . . 142
6.1.3. Plasmaschneiden . . . 143
6.2. Schweißen . . . 144
6.2.1. Einführung . . . 144
6.2.2. Schweißverfahren . . . 144
6.2.2.1. Metall-Lichtbogenschweißen mit Stabelektroden . . . 144
6.2.2.2. Wolfram-Schutzgasschweißen (WIG) . . . 144
6.2.2.3. Metall-Schutzgasschweißen (MIG/MAG) . . . 145
6.2.2.4. Unterpulverschweißen (UP) . . . 147
6.2.2.5. Elektro-Schlackeschweißen (ES) . . . 147
6.2.2.6. Gasschweißen . . . 148
6.2.2.7. Widerstandsschweißen . . . 148
6.2.2.8. Bolzenschweißen . . . 148
6.2.2.9. Sonderschweißverfahren (Elektronenstrahl-, Plasma-, Mikroplasma-, Ultraschall-, Lichtstrahl-, Reibschweißen) . . . 149
6.2.3. Schweißzusatzwerkstoffe . . . 149
6.2.4. Schweißen von ferritischen und martensitischen Stählen . . . 150
6.2.5. Schweißen von austenitischen Stählen . . . 153
6.2.6. Plattierte Stähle . . . 156
6.2.6.1. Herstellung durch Auftragschweißen . . . 156
6.2.6.2. Verbindungsschweißen plattierter Werkstoffe . . . 158
6.3. Löten . . . 159
6.3.1. Weichlöten . . . 159
6.3.2. Hartlöten . . . 160
6.3.3. Anwendungsbeispiele . . . 161
6.4. Schrifttumsverzeichnis . . . 161

7. Oberflächenbehandlung . . . 163
(Detlef Kraatz, Winfried Buchwald, Jürgen Federwisch und Dietmar Schulz)
7.1. Entfetten, Reinigen . . . 164

Seite

7.2. Beizen . . . . * 165
7.2.1. Beizen mit Säuren 165
7.2.2. Beizen mit Strom (Elektrolyse) 167
7.2.3. Beizen mit Salzschmelzen 168
7.2.3.1. Colene-Verfahren 168
7.2.3.2. Natriumhydrid-Verfahren 169
7.2.4. Beizfehler 170
7.2.5. Werkstoffe für die Beizanlagen 170

7.3. Passivieren 170

7.4. Strahlen 170
7.4.1. Strahlverfahren 171
7.4.2. Strahlmittel 171

7.5. Mechanisches Schleifen und Polieren 172
7.5.1. Verwendete Schleifmittel 174
7.5.2. Auswahl des geeigneten Schleifkörpers 174
7.5.3. Oberflächenbearbeitung mit Schleifbändern 176
7.5.4. Polieren 178

7.6. Mechanisch-chemische Oberflächenbearbeitung von Kleinteilen 181

7.7. Anlagen zur Oberflächenbearbeitung 182

7.8. Elektrolytisches Polieren und Entgraten 185
7.8.1. Elektrolyte und Elektropolieranlagen 186
7.8.2. Richtlinien zum Elektropolieren 187

7.9. Ätzen 188
7.9.1. Vorbehandlung der Oberfläche 189
7.9.2. Ätzverfahren 189
7.9.3. Nachbehandlung der geätzten Oberflächen 191
7.9.4. Schutzüberzüge 192
7.9.5. Werkstoffe für die Ätzbäder 192

7.10. Färben 192

7.11. Emaillieren und Lackieren 194
7.11.1. Emaillieren 194
7.11.2. Lackieren 196

7.12. Galvanisieren 196
7.12.1. Aktivieren 197

7.13. Pflege und Reinigung der Oberfläche 198

7.14. Oberflächenschutz 200
7.14.1. Folien mit Selbstklebeschicht 200
7.14.2. Lose aufgelegte Kunststoffolien 201
7.14.3. Flüssigbeschichtungen 201
7.14.4. Umformung beschichteter Bleche 202
7.14.5. Hinweise für die Auswahl des bestgeeigneten Oberflächenschutzes . . . 207

7.15. Schrifttumsverzeichnis 208

Seite

8. Anwendung **211**

8.1. Bauwesen 211
(GerdH. Hunscha)

8.2. Bestecke und Schneidwaren 213
(Ewald G. Gondolf)

8.3. Brauerei- und Getränke-Industrie 214
(Heinz Ordenbach)

8.4. Chemische Industrie 216
(Paul Schierhold)

8.5. Medizinische Technik 219
(Ewald G. Gondolf)

8.6. Reaktorbau und Energieerzeugung 221
(Hans Elmar Bock)

8.7. Fahrzeugbau 224
(Rolf Laban)

8.8. Federdrähte und Federbänder 227
(Karl-Heinz Kayser)

8.9. Haushalt- und Küchengeräte 238
(Götz Witte)

8.10. Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik 240
(Ralf Schlicht)

8.11. Maschinenbau 242
(Kurt Mitsch)

8.12. Molkereiwirtschaft 245
(Rudolf Sauer)

8.13. Meerestechnik 247
(Bernhard Ruhland)

8.14. Krankenhauseinrichtungen 249
(Wilhelm Borges)

8.15. Tankschiffbau 252
(Bernhard Ruhland)

8.16. Fleisch Verarbeitung 254
(Jürgen Federwisch)

8.17. Sportartikel 255
(Karl Sartorius)

8.18. Textilveredlung 257
(Alfred Paus)

8.19. Uhren, Schmuckwaren, Kunst 259
(Karl-Heinz Kayser)

8.20. Verbindungselemente, Schrauben 261
(Ernst Potthast)

8.21. Weinkellerwirtschaft 263
(Kuno Werny)

8.22. Zahnheilkunde 266
(Leo Rademacher)

8.23. Zellstoffindustrie 267
(Paul Schierhold)

8.24. Zusammenfassung 272

t:

Seite

9. Normung 273
(Dieter Grimme)

Tafel 1. Genormte nichtrostende Stähle der Bundesrepublik Deutschland . . . 276
Tafel 2. ISO-Norm 683/XIII-74 und Euronorm 88-71 278
Tafel 3. Genormte nichtrostende Stähle der Vereinigten Staaten von Amerika , 280
Tafel 4. Genormte nichtrostende Stähle in Großbritannien 282
Tafel 5. Genormte nichtrostende Stähle in Frankreich 284
Tafel 6. Genormte nichtrostende Stähle in der Sowjetunion 286
Tafel 7. Genormte nichtrostende Stähle in Schweden 288
Tafel 8. Genormte nichtrostende Stähle in Japan 290
Tafel 9. Genormte nichtrostende Stähle in Italien 292
Tafel 10. Vergleich der genormten nichtrostenden Stähle wichtiger Erzeugerländer 294

Anhang

DIN 17440, Ausg. Dez. 1972 297
Vornorm DIN 17224, Ausg. Juli 1968 323
Euronorm 88-71, Ausg. Sept. 1971 329
Stahl-Eisen-Werkstoffblatt 400, Ausg. Dez. 1973 343

Sachverzeichnis 363