

Rostfreie Stähle

Grundwissen, Konstruktions-
und Verarbeitungshinweise

Prof. Dr. Paul Gümpel

Dr. rer. nat. Norbert Arlt
Prof. Dr.-Ing. Horst Dören
Dr.-Ing. Winfried Heimann
Dr.-Ing. Heinrich Kiesheyer †
Dr.-Ing. Karl W. Schmitz
Dr.-Ing. Georg Uhlig

Mit 207 Bildern, 28 Tabellen
und 256 Literaturstellen



Kontakt & Studium
Band 493

Herausgeber:
Prof. Dr.-Ing. Wilfried J. Bartz
Technische Akademie Esslingen
Weiterbildungszentrum
DI Elmar Wippler
expert verlag

expert  verlag

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in die Werkstoffkunde der nichtrostenden Stähle	1
	W. Heimann	
1.1	Einleitung	1
1.2	Anforderungen an die Gebrauchseigenschaften	2
1.2.1	Anwendungsgebiete	2
1.2.2	Beständigkeit gegen Korrosion	2
1.2.3	Mechanische und technologische Eigenschaften	3
1.3	Einteilung der nichtrostenden Stähle	3
1.3.1	Abhängigkeit der Gefügeart von den Legierungselementen	5
1.3.2	Einstellung des Gefüges durch Wärmebehandlung	9
1.4	Kennzeichnende Stahlsorten	13
1.4.1	Ferritische Stähle	13
1.4.2	Martensitische Stähle	24
1.4.3	Austenitische Stähle	26
1.4.4	Ferritisch-austenitische Stähle	31
1.5	Normung der nichtrostenden Stähle	37
1.6	Literatur	37
2	Korrosionsverhalten von nichtrostenden Stählen in wässrigen Medien	38
	N. Arlt, H. Kiesheyer †	
2.1	Einleitung	38
2.1.1	Allgemeines	38
2.1.2	Allgemeine elektrochemische Eigenschaften der nichtrostenden Stähle	39
2.2	Korrosionsarten	45
2.2.1	Abtragende Flächenkorrosion	45
2.2.2	Örtliche Korrosion	51
2.2.2.1	Interkristalline Korrosion	52
2.2.2.1.1	Chromverarmung von Korngrenzenbereichen	53

2.2.2.1.2	In kritischen Medien unbeständige Korngrenzenausscheidungen	60
2.2.2.1.3	Korngrenzensegregationen von Stahlbegleitelementen	61
2.2.2.1.4	Prüfung der Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion	61
2.2.2.2	Loch- und Spaltkorrosion	66
2.2.2.3	Spannungsrißkorrosion	79
2.2.2.3.1	Spannungsrißkorrosion in chloridionenhaltigen Medien	80
2.2.2.3.2	Spannungsrißkorrosion in starken Laugen	88
2.2.2.3.3	Spannungsrißkorrosion in schwefelwasserstoffhaltigen Medien	88
2.2.2.3.4	Spannungsrißkorrosion durch Wasserstoffaufnahme unter anderen Bedingungen	90
2.2.2.4	Schwingungsrißkorrosion	92
2.2.3	Kontaktkorrosion	93
2.3	Literatur	95
3	Umformen von nichtrostendem Kaltband durch Tiefziehen	101
	K. Schmitz	
3.1	Einleitung	101
3.2	Grundtypen nichtrostender Edelstähle	103
3.3	Prüfverfahren zur Kennzeichnung des Umformverhaltens	104
3.3.1	Ermittlung des Grenzziehverhältnisses	105
3.3.2	Erichsentiefung und Bulge-Test	107
3.3.3	Lochaufweiten	109
3.3.4	Grenzformänderungsanalyse	112
3.3.5	Finite-Element-Methode	114
3.4	Mechanisch-technologisches und Verfestigungsverhalten	114
3.5	Gefügeumwandlung bei der Umformung	118
3.6	Anisotropes Verhalten bei der Umformung	118
3.7	Oberflächenschutz und -Verfahren beim Umformen von nichtrostenden Kaltbandgütern	120
3.8	Fertigungsverfahren für die Umformung	121
3.9	Tiefziehverfahren	123
3.9.1	Tiefziehen mit starren Werkzeugen	123
3.9.1.1	Oberflächenbeschichtung – Auswirkung beim Tiefziehen	124
3.9.1.2	Tiefziehen mit gezielter Temperaturführung	126
3.9.1.3	Sondertiefziehverfahren mit starren Werkzeugen	128
3.9.1.4	Tiefziehen im Folgewerkzeug	129
3.9.2	Tiefziehen mit Wirkmedien	131
3.9.2.1	Tiefziehen mit Gummiwerkzeugen	131
3.9.2.2	Hydromechanisches Tiefziehen	134
3.9.2.3	Tiefziehen mit gasförmigem Druckmittel	136
3.9.2.4	Tiefziehen mit elektrischer Entladung	137
3.10	Literatur	138

4	Oberflächen und Oberflächenbehandlung bei Feinblechen aus nichtrostenden Stahl	139
	K. Schmitz	
4.1	Einleitung	139
4.1.1	Oberflächenausführungen	139
4.2	Oberflächenbeschreibungen	142
4.2.1	Topographisch	142
4.2.2	Physikalisch	144
4.3	Mechanische Behandlung von Oberflächen	148
4.3.1	Schleifen und Polieren	148
4.3.1.1	Schleif- und Poliermittel	151
4.3.2	Strahlen	151
4.4	Chemische Oberflächenbearbeitung	153
4.4.1	Elektrolytisches Polieren	153
4.4.2	Beizen	154
4.4.3	Färben von nichtrostenden Stählen	154
4.4.3.1	Färben durch Oxidation	155
4.4.3.2	Färben in Salzbädern	155
4.4.3.3	Färben in Säuren	155
4.5	Reinigung und Pflege von Oberflächen	156
4.6	Veränderung der Oberfläche bei der Verarbeitung	157
4.7	Literatur	160
5	Schweißtechnische Verarbeitung nichtrostender Stähle	161
	H. Dören	
5.1	Einleitung	161
5.2	Ausscheidungsvorgänge bei nichtrostenden Schweißgütern	162
5.2.1	Karbidausscheidung unter besonderer Berücksichtigung der interkristallinen Korrosion	162
5.2.2	Die Ausscheidung der Sigmaphase in nichtrostenden Schweißgütern	165
5.2.3	475 °C-Versprödung nichtrostender Schweißgüter	167
5.3	Heißrisse	168
5.3.1	Entstehungsmechanismus von Heißrissen	168
5.3.2	Einflußfaktoren auf die Heißrißneigung	169
5.3.3	Heißrißprüfung	175
5.4	Das Schweißen nichtrostender Stähle	175
5.4.1	Ferritische nichtrostende Chromstähle mit Kohlenstoffgehalten <0,12 %	176
5.4.2	Weichmartensitische nichtrostende Chrom-Nickel-Stähle	179
5.4.3	Austenitisch-ferritische Duplex-Stähle	181
5.4.4	Unstabilisierte austenitische Stähle	185

5.4.5	Stabilisierte austenitische Stähle	187
5.5	Nachbehandlung	188
5.6	Das Schweißen von Austenit-Ferrit-Verbindungen	189
5.6.1	Schweißgutzusammensetzung	189
5.6.2	Austenit-Ferrit-Verbindungen bei rein mechanischer Beanspruchung	190
5.6.3	Austenit-Ferrit-Verbindungen bei zusätzlicher Korrosionsbeanspruchung	193
5.6.3.1	Plattieren	193
5.6.3.2	Das Schweißen plattierter Bleche.	194
5.6.4	Austenit-Ferrit-Verbindungen mit zusätzlicher Temperaturbeanspruchung	195
5.7	Literatur	196
6	Verarbeitungsverhalten von nichtrostenden Stählen – Fügen, Zerspanen, Trennen	198
	G. Uhlig	
6.1	Fügen	198
6.1.1	Löten	198
6.1.2	Kleben	201
6.1.3	Mechanische Fügeverfahren	207
6.2	Zerspanen	212
6.2.1	Drehen	218
6.2.2	Fräsen	218
6.2.3	Bohren	219
6.3	Trennen	219
6.3.1	Mechanische Trennverfahren	222
6.3.1.1	Schneiden	222
6.3.1.2	Stanzen	226
6.3.1.3	Wasserstrahl-Schneiden	226
6.3.2	Thermische Trennverfahren	228
6.3.2.1	Plasma-Schneiden	228
6.3.2.2	Laserstrahl-Schneiden	232
6.4	Literatur	237
7	Neuere Entwicklungen bei nichtrostenden Stählen	239
	P. Gümpel	
7.1	Entwicklungstendenzen bei nichtrostenden Stählen	239
7.2	Druckaufgestickte nichtrostende Stähle	240
7.3	Oberflächenhärtung an austenitischen nichtrostenden Stählen	246
7.3.1	Allgemeine Einleitung	246
7.3.2	Verfahrensbeschreibung	246
7.3.2.1	Anwendungsgrenzen	248

7.3.3	Einfluß der Obeflächenhärtung auf die mechanischen Eigenschaften	249
7.3.4	Einfluß der Oberflächenhärtung auf die Verschleißbeständigkeit	251
7.3.5	Einfluß der Oberflächenhärtung auf die Korrosionsbeständigkeit	253
7.7.3.6	Beispiele aus der praktischen Anwendung des Hardcor-Verfahrens	256
7.4	Neue pulvermetallurgische Werkstoffe und Verfahrenstechniken	256
7.7.4.1	Neuartige PM-Werkstoffe	257
7.4.2	Neuartige Fertigungstechnologien für Fertigteile aus nichtrostenden Stählen	257
7.5	Literatur	259
	Sachregister	260