

Inhaltsverzeichnis

Der Lehrer und Forscher Eduard Maurer und sein Beitrag zur Entwicklung der nichtrostenden Stähle	12
---	----

I. Werkstoffkundliche Grundlagen korrosionsbeständiger Stähle	18
--	----

1. Das System Fe–Cr–Ni als Grundlage für die Abschätzung der Gefügebildung in korrosionsbeständigen Stählen	19
--	----

1.1. Das ternäre System Fe–Cr–Ni	19
1.2. Einfluß von Zusatzelementen auf die Lage der Phasengrenzlinien im System Fe–Ni–Cr	26

2. Das Zustandsfeld Ferrit-Austenit zwischen 950 und 1 150°C	27
---	----

2.1. Einleitung	27
2.2. Veränderung des Zweiphasengebietes Ferrit-Austenit in Abhängigkeit von weiteren Legierungselementen und der Temperatur	27
2.3. Charakterisierung der Konzentrationsverhältnisse im Ferrit und Austenit durch Verteilungskoeffizienten	31
2.4. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	34

3. Gefügeschaubilder für technisch interessante Zustände und Ansätze für deren Berechnung	36
--	----

3.1. Einleitung	36
3.2. Einfluß verschiedener Faktoren auf den Ferritanteil korrosionsbeständiger Stähle	42
3.3. Probleme beim Aufstellen von Gefügeschaubildern und empirische Formeln für die Gefügebeurteilung	47
3.4. Anwendung von Schaubildern und empirischen Formeln für die Gefügeabschätzung in korrosionsbeständigen Stählen	50
3.5. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	51

4. Erstarrung korrosionsbeständiger Stähle – ein Überblick	52
---	----

4.1. Einleitung	52
4.2. Zum Übergang von ferritischer zu austenitischer Primärerstarrung	54
4.3. Zur Lage des Erstarrungsintervalls	54
4.4. Mikroseigerungen und Erstarrungsgefüge	56
4.5. Makroseigerungen und Makrogefüge	63

5.	Erstarrung ferritisch-austenitischer Stähle	64
5.1.	Erstarrungsablauf	64
5.2.	Seigerungen	66
6.	Austenitbildung in ferritisch-austenitischen CrNi-Stählen bei der Abkühlung	68
6.1.	Einleitung	68
6.2.	Isotherme Umwandlung des unterkühlten Ferrits	68
6.3.	Austenitbildung bei kontinuierlicher Abkühlung	73
6.4.	Austenitbildung in ferritisch-austenitischen Stählen des Typs X5CrNiTi26.6	75
6.5.	Austenitbildung in ferritisch-austenitischen Stählen des Typs X5CrNiMoN22.5	78
6.6.	Zusammenfassung	79
7.	Zur Ferritbildung beim Erwärmen ferritisch-austenitischer Stähle	80
7.1.	Einleitung	80
7.2.	Einfluß der chemischen Zusammensetzung auf die Ferritbildung	82
7.3.	Einfluß von Haltezeit und Aufheizgeschwindigkeit auf die Ferritbildung	84
7.4.	Quantitative Beschreibung der Ferritbildung und isotherme Zeit-Temperatur-Auflösungsschaubilder	86
7.5.	Zusammenfassung	88
8.	Martensitbildung in korrosionsbeständigen Stählen	89
8.1.	Zur Stabilität des Austenits in korrosionsbeständigen Stählen	89
8.2.	Martensitbildung in korrosionsbeständigen Stählen bei Abkühlung	90
8.3.	Beanspruchungsbedingte Martensitbildung in korrosionsbeständigen Stählen	92
8.4.	Zur Ermittlung der Martensitanteile in korrosionsbeständigen Stählen	95
9.	Zur ternären Diffusion in den Teilphasen des ferritisch-austenitischen Stahles X5CrNiTi26.6	98
10.	Ausscheidungen in korrosionsbeständigen Stählen – ein Überblick	101
10.1.	Rolle von Ausscheidungen im Komplex der Wechselbeziehungen von Gefüge und Eigenschaften	101
10.1.1.	Austenitische Stähle	102
10.1.2.	Ferritische Stähle	102
10.1.3.	Ferritisch-austenitische Stähle	104
10.2.	Ausscheidungen in korrosionsbeständigen Stählen	105
10.2.1.	Austenit	105
10.2.2.	Karbide und Karbonitride	106
10.2.3.	Intermetallische Verbindungen	109
10.2.4.	α' -Phase	112
10.3.	Ausscheidungsverhalten ferritisch-austenitischer Stähle	113
10.3.1.	Einleitung	113
10.3.2.	Stickstofflegierte CrNiMo-Duplexstähle	113
10.3.3.	Ausscheidungsverhalten des korrosionsbeständigen ferritisch-austenitischen Stahles X5CrNiTi26.6	121
10.4.	Zusammenfassung	129
11.	Aushärtung ferritisch-austenitischer CrNi-Stähle	133

1.	Übersicht zum Korrosionsverhalten korrosionsbeständiger Stähle	139
1.1.	Einleitung	139
1.2.	Elektrochemische Gleichgewichte	139
1.3.	Zum Ablauf elektrochemischer Korrosionsreaktionen	141
1.4.	Zum Passivierungsverhalten korrosionsbeständiger Stähle	149
1.5.	Verhalten korrosionsbeständiger Stähle unter verschiedenen Bedingungen des Korrosionsangriffs	152
2.	Prüfung von Korrosionseigenschaften korrosionsbeständiger Stähle	162
2.1.	Einleitung	162
2.2.	Korrosionsuntersuchungen	163
2.3.	Prüfverfahren	166
2.3.1.	Ebenmäßige Korrosion	166
2.3.2.	Passivierungsverhalten	166
2.3.3.	Lochfraßkorrosion durch Anionen	167
2.3.4.	Spaltkorrosion	170
2.3.5.	Interkristalline Korrosion	171
2.3.6.	Spannungsrißkorrosion	172
2.4.	Zusammenfassung	172
3.	Zum Verhalten korrosionsbeständiger Stähle gegen ebenmäßigen Angriff in ausgewählten Angriffsmitteln unter besonderer Berücksichtigung ferritisch-austenitischer Stähle	174
3.1.	Vergleichende Betrachtung von potentiodynamischen Stromdichte-Potential-Kurven	174
3.2.	Beständigkeit ferritisch-austenitischer Stähle in ausgewählten Angriffsmedien	176
4.	Zum Verhalten korrosionsbeständiger Stähle gegen Spannungsrißkorrosion unter besonderer Beachtung ferritisch-austenitischer Stähle	182
4.1.	Ferritische Cr-Stähle und austenitische CrNi-Stähle	182
4.2.	Ferritisch-austenitische Stähle	185
4.3.	Untersuchungsergebnisse am Stahl X5CrNiTi26.6	187
5.	Zum Verhalten korrosionsbeständiger Stähle gegen interkristalline Korrosion unter besonderer Beachtung ferritisch-austenitischer Stähle	196
5.1.	Ursachen der interkristallinen Korrosion korrosionsbeständiger Stähle	196
5.2.	Interkristalline Korrosion ferritisch-austenitischer Stähle	196
5.3.	Untersuchungsergebnisse am Stahl X5CrNiTi26.6	200

6.	Zum Verhalten korrosionsbeständiger Stähle gegen Lochfraß unter besonderer Beachtung ferritisch-austenitischer Stähle	209
6.1.	Ursachen und Ablauf der Lochfraßkorrosion korrosionsbeständiger Stähle	209
6.2.	Lochfraßanfälligkeit korrosionsbeständiger Stähle	211
6.3.	Lochfraß- und Spaltkorrosion ferritisch-austenitischer Stähle	212
7.	Einfluß des Legierungselementes Cr und des Begleitelementes Mo auf die Korrosionseigenschaften des Stahles X8CrNiTi18.10	216
7.1.	Einleitung	216
7.2.	Versuchsdurchführung	217
7.3.	Ergebnisse und Diskussion	218
7.4.	Zusammenfassung	223
8.	Einfluß von Legierungs- und Begleitelementen auf ausgewählte Eigenschaften austenitischer CrNi-Stähle	225
8.1.	Literaturübersicht	225
8.2.	Untersuchungen zum Einfluß von Legierungs- und Begleitelementen auf ausgewählte mechanische Eigenschaften	229
8.2.1.	Untersuchungsprogramme	229
8.2.2.	Versuchsergebnisse	229
8.3.	Zusammenfassung	237



Technologie der korrosionsbeständigen Stähle 241

1.	Hochlegierte nichtrostende Stähle – eine Übersicht	242
1.1.	Einleitung	242
1.2.	Ferritische Stähle	245
1.3.	Austenitische Stähle	248
1.4.	Ferritisch-austenitische Stähle	252
1.5.	Stahlguß	255
1.6.	Anwendungen	257
2.	Herstellung korrosionsbeständiger Stähle unter besonderer Berücksichtigung ferritisch-austenitischer Stähle	261
2.1.	Einleitung	261
2.2.	Physikalisch-chemische Grundlagen der Erschmelzung korrosionsbeständiger Stähle	262
2.2.1.	Frischen	262
2.2.2.	Desoxydation und Entschwefelung des Stahles	266
2.2.3.	Schlackenreduktion	267
2.2.4.	Legieren des Stahlbades und Legierungskorrektur	268
2.3.	Technische Verfahren zur Erzeugung korrosionsbeständiger Stähle	269

2.4.	Herstellung des Stahles X5CrNiTi26.6	271
2.4.1.	Erschmelzung im basischen Lichtbogenofen	272
2.4.2.	Erschmelzung nach dem VOD-Verfahren	274
2.4.3.	Gußstruktur von Blöcken der Stahlmarke X5CrNiTi26.6	276
3.	Stranggießen korrosionsbeständiger Stähle – ein Überblick	279
3.1.	Einleitung	279
3.2.	Verfahrenstechnik	279
3.2.1.	Stahlerzeugung	279
3.2.2.	Gießsystem	282
3.2.3.	Kokillenbereich	283
3.2.4.	Strangführung und -richten	286
3.2.5.	Weiterbehandlung	286
3.3.	Metallurgische Aspekte	287
3.3.1.	Vergießbarkeit	288
3.3.2.	Mikrogefüge und Mikroseigerungen	289
3.3.3.	Makrogefüge und Makroseigerungen	292
3.4.	Folgerungen und Ausblick	295
4.	Warmumformung, Wärmebehandlung und mechanisch- technologische Eigenschaften des Stahles X5CrNiTi26.6	298
4.1.	Einleitung	298
4.2.	Warmumformung	298
4.2.1.	Material für die Untersuchungen zum Formänderungsverhalten	298
4.2.2.	Versuchsbeschreibung zur Ermittlung des Warmumformvermögens	300
4.2.3.	Versuchsergebnisse	300
4.2.4.	Kriterien für das Warmumformvermögen	302
4.2.5.	Nutzanwendung für die Warmumformung in der Praxis	307
4.3.	Wärmebehandlung	307
4.4.	Mechanisch-technologische Eigenschaften	308
5.	Rohrherstellung aus dem Stahl X5CrNiTi26.6	310
5.1.	Einleitung	310
5.2.	Untersuchungen zum Schrägwalzen von Rehruppen	310
5.3.	Untersuchungen zum Strangpressen von Rohrgruppen	311
5.4.	Untersuchungen zur Wärmebehandlung und Kaltumformung	311
5.5.	Schlußbemerkungen	313
6.	Walzdrahtherstellung aus dem ferritisch-austenitischen Stahl X5CrNiTi26.6	314
7.	Herstellung von gezogenem Draht aus dem Stahl X5CrNiTi26.6	315
8.	Zum Stand des Schweißens korrosionsbeständiger Stähle	316
8.1.	Einleitung	316
8.2.	Einsatzgrenzen der konventionellen austenitischen korrosions- beständigen Stähle	316
8.3.	Stand und Richtung der Entwicklung	317
8.4.	Delta-Ferritgehalt und Heißrißanfälligkeit	318
8.5.	Primärerstarrung und Heißrißanfälligkeit	319
8.6.	Primärerstarrung in Abhängigkeit vom Verhältnis der Chrom- und Nickel-Äquivalente	319

8.7.	Anwendung des Schweißgut-Erstarrungsdiagramms	320
8.7.1.	Schweißen des Stahles X2CrNiMoN 18.12	320
8.7.2.	Zusatzwerkstoff mit besonderer Beständigkeit gegen Lochfraß- und Spannungsrißkorrosion	323
8.7.3.	Schweißen des Stahles X2CrNiSi18.14	323
8.8.	Heißrißtests unter Fremdbeanspruchung	324
8.9.	Gegenmittel gegen das Auftreten von Heißrisen	324
8.10.	Schlußbemerkungen	325

Sachwörterverzeichnis	326
--	------------