

Inhaltsverzeichnis

1	Nickellegierungen und hochlegierte Sonderedelstähle – Werkstoffübersicht und metallkundliche Grundlagen	1
	U. Heubner	
1.1	Einleitung	1
1.2	Werkstoffübersicht nach stofflicher Zusammensetzung und Anwendungsbereichen mit einigen Grundprinzipien für die Auswahl der Werkstoffe	1
1.2.1	Werkstoffe für korrosive Beanspruchung durch reduzierende Säuren: Schwefelsäure, Phosphorsäure, Salzsäure, organische Säuren	1
1.2.2	Werkstoffe für korrosive Beanspruchung durch oxidierende Säuren: Salpetersäure und andere oxidierende Medien einschließlich der Harnstofferzeugung	7
1.2.3	Werkstoffe für korrosive Beanspruchung durch heiße konzentrierte alkalische Laugen: Natronlauge und Kalilauge	10
1.2.4	Werkstoffe für korrosive Beanspruchung durch Salzlösungen und spezielle wässrige prozessseitige Medien	12
1.2.5	Werkstoffe für korrosive Beanspruchung durch chloridverunreinigte Kühlwässer, Brackwasser und Meerwasser	13
1.2.6	Werkstoffe für korrosive Beanspruchung durch heiße Gase und Verbrennungsprodukte: hitzebeständige Werkstoffe	17
1.2.7	Werkstoffe für mechanische Beanspruchung bei sehr hohen Temperaturen: hochwarmfeste Werkstoffe	20
1.3	Zustandsschaubilder	24
1.4	Zeit-Temperatur-Ausscheidungs-/Sensibilisierungs-/Lochkorrosions-Diagramme und Folgerungen für die Wärmebehandlung	28
1.5	Verunreinigungen	32
1.5.1	Äußere Verunreinigungen	32
1.5.2	Innere Verunreinigungen	32
1.6	Herstellung, Verarbeitung, Wärmebehandlung, Normen	33
1.7	Literaturverzeichnis	35
2	Korrosionsbeständigkeit von Nickellegierungen und hochlegierten Sonderedelstählen	41
	U. Heubner	
2.1	Der Begriff der Korrosionsbeständigkeit und die unterschiedlichen Korrosionsarten	41
2.1.1	Korrosionsbeständigkeit	41
2.1.2	Korrosionsarten	42
2.2	Korrosionsbeständigkeit des Nickels und der Nickellegierungen	45
2.2.1	Nickel	45
2.2.2	Nickel-Kupfer-Legierungen	46
2.2.3	Nickel-Molybdän-Legierungen	48
2.2.4	Nickel-Chrom-Legierungen	49
2.2.5	Nickel-Chrom-Molybdän-Legierungen	50
2.2.6	Nickel-Eisen-Chrom-Molybdän-Kupfer-Legierungen	56
2.3	Korrosionsbeständigkeit der hochlegierten Sonderedelstähle	57
2.3.1	Allgemeines	57
2.3.2	Nicrofer 3127 hMo - alloy 31 (1.4562)	57
2.3.3	Nicrofer 3033 - alloy 33 (1.4591)	61

2.4	Das Korrosionsverhalten von Nickellegierungen und hochlegierten Sonderedelstählen im geschweißten Zustand	65
2.4.1	Der besondere Oberflächen- und Gefügezustand des Schweißgutes und der Wärmeeinflusszone (WEZ)	65
2.4.2	Oberflächenzustand und erforderliche Oberflächenbehandlung nach dem Schweißen	66
2.4.3	Interkristalline Korrosion (IK) in der Wärmeeinflusszone (WEZ)	69
2.4.4	Beständigkeit von Schweißgut und Wärmeeinflusszone gegenüber Lochkorrosion	71
2.5	Literaturverzeichnis	74
3	Schweißen von Nickellegierungen und hochlegierten Sonderedelstählen	81
	T. Hoffmann, M. Wolf	
3.1	Verbindungsschweißen	81
3.1.1	Einleitung	81
3.1.2	Vorbereitende Arbeiten	82
3.1.3	Schweißverfahren	84
3.1.4	Zusatzwerkstoffe	92
3.1.5	Nachbehandlung	94
3.1.6	Anwendungsbeispiele	95
3.2	Spezielle Aspekte des Verbindungsschweißens	100
3.2.1	Schweißen plattierter Werkstoffe	100
3.2.2	Einschweißen von Hemdauskleidungen	103
3.3	Auftragsschweißen	106
3.3.1	Allgemeine Gesichtspunkte und Verfahrensübersicht	106
3.3.2	Unter-Pulver (UP)-Bandauftragsschweißen	108
3.3.3	Elektroschlacke (RES)-Auftragsschweißen	109
3.3.4	Metall - Inertgas (MIG)-Auftragsschweißen	112
3.4	Untersuchungsverfahren für die Schweißbarkeit – Heißrissverhalten	113
3.5	Korrosionsverhalten von Schweißverbindungen	117
3.6	Literaturverzeichnis	119
4	Hochtemperaturwerkstoffe für den Industrieanlagenbau	121
	J. Klöwer	
4.1	Einleitung	121
4.2	Hochwarmfeste Nickellegierungen und Superlegierungen	122
4.2.1	Grundlagen	122
4.2.2	Anwendungsbeispiele hochwarmfester Nickellegierungen und Sonderedelstähle	127
4.3	Hochtemperaturkorrosionsbeständige Werkstoffe	132
4.3.1	Allgemeines	132
4.3.2	Hochtemperaturkorrosion an Luft	133
4.3.3	Aufstickung	135
4.3.4	Aufkohlung	137
4.3.5	Hochtemperaturkorrosion in schwefelhaltigen Prozessmedien	141
4.3.6	Hochtemperaturkorrosion durch Chlorwasserstoff und Chloride	143
4.3.7	Korrosion in komplexen Prozessmedien und unter Ablagerungen	145
4.3.8	Erosionskorrosion	149
4.3.9	Vermeidung von Korrosionsschäden	150
4.4	Zusammenfassung	151
4.5	Literaturverzeichnis	152

5	Nickellegierungen und hochlegierte Sonderedelstähle im warmwalzplattierten Verbundwerkstoff – die kostengünstige Alternative	156
	C. Schindler	
5.1	Einleitung	156
5.2	Plattierverfahren	156
5.2.1	Allgemeines	156
5.2.2	Einteilung nach Plattierverfahren	156
5.2.2.1	Warmwalzplattieren	156
5.2.2.2	Sprengplattieren	157
5.2.2.3	Schweißplattieren	157
5.2.3	Vorteile plattierter Bleche	158
5.2.4	Herstellung walzplattierter Bleche	160
5.3	Werkstoffe	162
5.3.1	Allgemeines	162
5.3.2	Grundwerkstoffe	162
5.3.3	Auflagewerkstoffe	164
5.4	Herstellrouten, Wärmebehandlung	167
5.5	Eigenschaften und Anforderungen	169
5.5.1	Grundwerkstoffe	169
5.5.2	Auflagewerkstoffe	170
5.5.3	Bindequalität	171
5.5.4	Diffusionsprozesse im Bereich der Bindezone	173
5.5.5	Dickenbestimmung	175
5.6	Verarbeitung plattierter Bleche	175
5.6.1	Trennschnitt, Zuschnitt	176
5.6.2	Kaltumformung	176
5.6.3	Warmumformung	176
5.6.4	Schweißung plattierter Bleche	177
5.6.4.1	Einführende Bemerkungen	177
5.6.4.2	Kantenanarbeitung	177
5.6.4.3	Grundwerkstoffschweißung	178
5.6.4.4	Auflagewerkstoffschweißung	179
5.6.4.5	Direktanschweißung auf den Auflagewerkstoff	180
5.6.4.6	Nachbehandlung der Schweißnähte, Spannungsarmglühung	180
5.6.5	Oberflächenbehandlung plattierter Bleche und Bauteile	181
5.7	Anwendungen	181
5.7.1	Überblick	181
5.7.2	Rauchgasentschwefelung	181
5.7.3	Meerwasserentsalzung	182
5.7.4	Öl- und Gasindustrie	182
5.8	Literaturverzeichnis	184
6	Ausgewählte Beispiele für die Anwendung von Nickellegierungen und hochlegierten Sonderedelstählen in Chemieanlagen	186
	H. Alves	
6.1	Einleitung	186
6.2	Werkstoffe für die Herstellung von Natronlauge	186
6.3	Werkstoffe für die Herstellung und Handhabung von Salpetersäure	189
6.4	Werkstoffe für die Herstellung und Handhabung von Schwefelsäure	191
6.5	Werkstoffe für die Herstellung von Phosphorsäure	195
6.6	Werkstoffe für die Herstellung von Fluorwasserstoffsäure und Aluminiumfluorid	198
6.7	Werkstoffe für die Herstellung von Essigsäure	199

6.8	Werkstoffe für die Herstellung von Titandioxid	200
6.9	Werkstoffe für die Herstellung von Vinylchloridmonomer (VCM)	202
6.10	Werkstoffe für die Herstellung von Styrol	203
6.11	Werkstoffe für die Herstellung von Acrylsäure und Acrylatestern	204
6.12	Werkstoffe für die Herstellung von MDI und TDI als Ausgangsstoffe für Polyurethane	205
6.13	Werkstoffe für die Herstellung von Feinchemikalien und von Spezialchemikalien	206
6.14	Werkstoffe für den Transport von Gefahrgütern in Tanks	209
6.15	Schlussbetrachtung	211
6.16	Literaturverzeichnis	212
7	Die Anwendung von Nickellegierungen und nichtrostenden Stählen in der Umwelttechnik	215
	V. Wahl	
7.1	Einleitung	215
7.2	Verfahren und Werkstoffe in der Rauchgasreinigung fossilbefeueter Kraftwerke	215
7.2.1	Die chemische Technik der Entschwefelungsverfahren	215
7.2.2	Metallische Werkstoffe für den Korrosionsschutz in Rauchgasentschwefelungsanlagen (REA)	220
7.2.3	Einsatzbereich von nichtrostenden Stählen und Nickelbasislegierungen	220
7.2.3.1	Korrosionsverhalten in Schwefelsäure	220
7.2.3.2	Einfluss von Schwermetall- und Halogenid-Ionen	223
7.2.3.3	Wirkung des Sauerstoffs in schwefelsauren Lösungen	225
7.2.3.4	Praxisorientierte Differenzierung	225
7.2.3.5	REA-Simulatlösungen für Rohgaseintritt, Vorwässcher und Quencher	228
7.3	Auslegung von Rauchgasreinigungsanlagen mit metallischen Werkstoffen unter Verarbeitungs- und Kostengesichtspunkten	232
7.3.1	Werkstoffeinsatz	232
7.3.2	Das Konzept der Hemdauskleidung	236
7.3.3	Der Einsatz von Verbundwerkstoffen / warmwalzplattierten Blechen	237
7.4	Erfahrungen mit metallischen Werkstoffkonzepten für REA-Komponenten	238
7.4.1	Saugzüge	238
7.4.2	Wärmeverschiebesysteme	238
7.4.3	Rohgaseintritt	240
7.4.4	Absorber	242
7.4.5	Wäschereinbauten	244
7.4.6	Befestigungselemente	244
7.4.7	Rührwerke	244
7.4.8	Wärmetauscher/Wiederaufheizung	245
7.4.9	Klappen	246
7.4.10	Reingaskanäle und Leitbleche	247
7.4.11	Kamine	247
7.5	Schlussbetrachtung und Ausblick	249
7.6	Literaturverzeichnis	250
8	Nickellegierungen und hochlegierte Sonderedelstähle in der Erdöl- und Erdgas-Industrie	252
	R. Behrens	252
8.1	Einleitung	252
8.2	Gewinnung von Erdöl und Erdgas im Offshore-Bereich	252
8.3	Korrosionsbeanspruchung bei der Gewinnung von Erdöl und Erdgas im Offshore-Bereich und zugehörige Prüfverfahren	254

8.3.1	Allgemeines	254
8.3.2	Beständigkeit gegen Spannungsrißkorrosion	254
8.3.3	Prüfen auf Beständigkeit gegen Spannungsrißkorrosion	256
8.3.3.1	Allgemeines	256
8.3.3.2	Slow-Strain-Rate-Test	257
8.3.3.3	C-Ring-Test	257
8.4	Nickellegierungen und hochlegierte Sonderedelstähle für die Gewinnung von Erdöl und Erdgas im Offshore-Bereich	258
8.4.1	Übersicht	258
8.4.2	Hochlegierte Sonderedelstähle	258
8.4.2.1	Cronifer 1925 hMo - alloy 926 (1.4529)	258
8.4.2.2	Nicrofer 3127 hMo - alloy 31 (1.4562)	259
8.4.3	Nickellegierungen	260
8.4.3.1	Nicrofer 4221 - alloy 825 (2.4858)	260
8.4.3.2	Nicrofer 6020 hMo - alloy 625 (2.4856)	261
8.4.3.3	Nicrofer 5923 hMo - alloy 59 (2.4605)	261
8.4.3.4	Nicrofer 5716 hMoW - alloy C-276 (2.4819)	261
8.4.4	Aushärtbare Nickellegierungen	262
8.4.4.1	Allgemeines	262
8.4.4.2	Nicrofer 5219 Nb - alloy 718 (2.4668)	263
8.4.4.3	Nicrofer 4320 Ti - alloy 925 (2.4852)	265
8.4.4.4	Nicorros Al - alloy K-500 (2.4375)	266
8.4.4.5	Nicrofer 7016 TiNb - alloy X-750 (2.4669)	266
8.5	Schmelztechniken für Legierungen in der Erdöl- und Erdgas-Industrie	266
8.6	Anwendungsbeispiele für Nickellegierungen und hochlegierte Sonderedelstähle in der Erdöl- und Erdgas-Industrie	267
8.6.1	Flowlines und Rohre	267
8.6.2	Umbilicals	268
8.6.3	Wirelines	268
8.6.4	Nahtlose Rohre (Tubulars)	269
8.6.5	Completion Tools, Pump Shafts, Ventile, Schmiedeteile und Hanger	269
8.7	Schlussbetrachtungen	270
8.8	Literaturverzeichnis	270

Sachregister

Autorenverzeichnis