

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	12
1.1 Problemstellung	12
1.2 Kurze Einführung in die Dampferzeugertechnik	13
2 Zielsetzung	15
3 Stand der Technik	16
3.1 Wasserchemische Anforderungen an den Kraftwerksbetrieb	16
3.2 Besondere Anforderung an die Wasserchemie bei der Inbetriebnahme	18
3.3 Beizen von Dampferzeugern vor der Inbetriebnahme	19
3.4 Eigenschaften des Stahls T24	20
3.5 Mechanismen und Modelle der Spannungsrisskorrosion	25
3.6 Spannungsrisskorrosion niedriglegierter Stähle in Hochtemperaturwasser	31
3.7 Prüfmethoden zum Nachweis einer SpRK-Anfälligkeit	36
3.7.1 Prüfungen unter konstanter Gesamtdehnung	36
3.7.2 Prüfungen unter konstanter Belastung	39
3.7.3 Prüfungen mit niedriger Dehngeschwindigkeit	39
3.8 Aufgetretene Schäden am Werkstoff T24	42
3.9 Aufgetretene Schäden am Werkstoff T23	43
4 Erklärungsmodelle der am Werkstoff T24 aufgetretenen SpRK	45
5 Planung des Versuchsprogramms	47
6 Versuchseinrichtung und Vorgehensweise	52
6.1 Versuchsaufbau für Untersuchungen in H ₂ S-haltigen Medien	52
6.2 Probenherstellung zur Prüfung in H ₂ S-haltigem Medium	54
6.3 Versuchsaufbau zur Prüfung im Hochtemperaturwasser	55
6.4 Probenherstellung zur Prüfung in Hochtemperaturwasser	62
6.4.1 Proben für Versuche mit konstanter Verformung	62
6.4.2 Zugproben für Versuche mit langsamer Dehngeschwindigkeit	62
6.5 Wasserchemische Versuchsbedingungen bei Versuchsstart	65
6.6 Durchführung von Versuchen mit konstanter Dehnung	65
6.7 Durchführung von Versuchen mit langsamer Dehnrate	66
6.8 Durchführung von zyklischen Biegeversuchen	66

7	Charakterisierung des Versuchswerkstoffs	68
7.1	Charakterisierung des Grundwerkstoffs	68
7.2	Charakterisierung der hergestellten Schweißnähte	69
7.3	Charakterisierung des gehärteten Grundwerkstoffs	73
7.4	Fazit zur Charakterisierung des Versuchswerkstoffs	76
8	Experimentelle Ergebnisse	78
8.1	Einfluss des Beizens auf die SpRK	78
8.1.1	Grundsätzliche Überlegungen zum verwendeten Beizinhibitor	78
8.1.2	Mischbarkeit des Inhibitors in verdünnter Flusssäure	79
8.1.2.1	Fazit zum Mischungsverhalten des Inhibitors	79
8.1.3	Zersetzungsbedingungen des verwendeten Beizinhibitors	80
8.1.3.1	Fazit zu den Zersetzungsbedingungen des Inhibitors	81
8.1.4	Verhalten des Werkstoffs in der Beizlösung unter Zusatz von H ₂ S	81
8.1.4.1	Fazit zum Verhalten des Werkstoffs T24 in der Beizlösung	83
8.2	Versuche unter statischer Beanspruchung in Hochtemperaturwasser	84
8.2.1	Beanspruchung der Proben im Probenhalter	84
8.2.1.1	Fazit zur Beanspruchung von Jones-Proben	86
8.2.2	Rissverhalten im Hochtemperaturwasser unter konstanter Dehnung	86
8.2.2.1	Fazit aus den Versuchen mit konstanter Verformung	88
8.3	Versuche mit langsamer Dehngeschwindigkeit	89
8.3.1	Werkstoffverhalten bei langsamen Zugversuchen an Luft bei 195°C	89
8.3.2	Dehnungsverhalten der T24-Schweißnahtzugproben an Luft	93
8.3.2.1	Fazit zum Dehnungsverhalten in den Zugproben	98
8.4	Einfluss der Prüftemperatur auf die Rissbildung in T24-Schweißnahtproben	99
8.4.1	Fazit zum Einfluss der Temperatur auf die SpRK	103
8.5	Einfluss der Dehnrate auf das Schädigungsverhalten des Werkstoffes	104
8.5.1	Fazit zum Einfluss der Dehnrate auf das Versagensverhalten	106
8.6	Einfluss des O ₂ -Gehalts im Wasser auf die Ausbildung von SpRK	107
8.6.1	Rissbildung an Schweißnahtproben	108
8.6.2	Rissbildung an gehärteten Grundwerkstoffproben	115
8.6.3	Fazit zum Einfluss des O ₂ -Gehalts an Schweißnahtproben	118
8.6.4	Fazit zum Einfluss des O ₂ -Gehaltes an gehärteten Proben	120

8.7	Einfluss der Wärmebehandlung auf die SpRK	122
8.7.1	Fazit zum Einfluss der Wärmebehandlung	125
8.8	Untersuchung des Einflusses des Kohlenstoffgehalts auf die SpRK	126
8.8.1	Fazit zum Einfluss des Kohlenstoffgehalts	129
8.9	Einfluss der Schweißnahtausführung auf die SpRK	130
8.9.1	Fazit zum Einfluss der Schweißnahtausführung	132
8.10	Einfluss des H ₂ S-Gehalts im HT-Wasser auf die SpRK	133
8.10.1	Fazit zum Einfluss des H ₂ S-Gehalts im Wasser	134
8.11	Rissinitiation und -ausbreitung unter zyklischer Belastung	134
8.11.1	Fazit zu den Versuchen unter der zyklischer Biegebeanspruchung	136
8.12	Einfluss des pH-Wertes auf die SpRK	137
8.12.1	Fazit zum Einfluss des pH-Wertes	139
8.13	Einfluss von lokalen Korrosionsmulden auf die SpRK	141
8.13.1	Fazit zur Rissbildung an vorkorrodierten Proben	146
8.14	Verhalten von T12 in sauerstoffhaltigem Hochtemperaturwasser	146
8.14.1	Fazit zum Verhalten des Werkstoffs T12 in O ₂ -haltigem HT-Wasser	148
9	Diskussion der Ergebnisse	150
9.1	Maßnahmen zur Unterdrückung der Spannungsrissskorrosion	156
10	Zusammenfassung und Ausblick	160
11	Literaturverzeichnis	163