

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Elektrochemische Mechanismen.....	4
2.1	Elektrische Leitung.....	4
2.1.1	Grundbegriffe.....	4
2.1.2	Elektrische Leiter.....	4
2.2	Elektrodenpotentiale.....	5
2.2.1	Thermodynamische Grundbegriffe.....	5
2.2.2	Chemisches, elektrisches und elektrochemisches Potential.....	6
2.2.3	Physikalische Grundlagen der Elektrodenpotentiale.....	7
2.2.4	Elektrochemische, galvanische und elektrolytische Zellen.....	8
2.2.5	Definition von Anode und Kathode.....	9
2.2.6	Standardelektrodenpotentiale.....	10
2.2.7	Festlegung der Vorzeichen für Standardelektrodenpotentiale.....	11
2.2.8	Thermodynamische Berechnung von Standardpotentialen.....	13
2.2.9	Die Nernstsche Gleichung.....	13
2.3	Polarisation.....	20
2.3.1	Konzentrationspolarisation.....	20
2.3.2	Widerstandspolarisation.....	23
2.3.3	Aktivierungspolarisation.....	23
2.3.4	Wasserstoffüberspannung.....	27
2.4	Potential-Abstands-Diagramme.....	29
2.4.1	Offene galvanische Zelle.....	29
2.4.2	Unpolarisierte galvanische Zelle mit äußerem Widerstand.....	30
2.4.3	Polarisierte galvanische Zelle mit äußerem Widerstand.....	30

2.4.4	Kurzgeschlossene galvanische Zelle (Korrosionszelle) mit innerem Potentialabfall (lokalisierte Korrosion).....	32
2.4.5	Kurzgeschlossene galvanische Zelle (Korrosionszelle) ohne inneren Potentialabfall (gleichmäßige Korrosion).....	33
2.5	Meßmethoden zur Bestimmung von Elektrodenpotentialen und der Polarisation.....	34
2.6	Polarisationskurven.....	37
3	Metallkundliche Aspekte.....	38
3.1	Metalle und Legierungen.....	38
3.2	Unlegierte und niedriglegierte Stähle.....	41
3.2.1	Allotrope Modifikationen von Eisen.....	41
3.2.2	Das Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm.....	42
3.2.3	Definition von Stahl.....	43
3.2.4	Beruhigter und unberuhigter Stahl.....	44
3.2.5	Austenitbildung in unlegierten Stählen.....	45
3.2.6	Die Austenitumwandlung während des Abkühlvorganges.....	45
3.2.7	Martensitbildung.....	45
3.3	Rostfreie Stähle.....	46
3.3.1	Der Einfluß der Legierungselemente auf das Zustandsdiagramm.....	46
3.3.2	Unterteilung der rostfreien und säurebeständigen Stähle.....	47
3.3.3	Ferritische Stähle.....	47
3.3.4	Martensitische Stähle.....	50
3.3.5	Austenitische Stähle.....	50
3.3.6	Ferritisch-austenitische Stähle.....	52
3.3.7	Ausscheidungsgehärtete Stähle.....	52
3.4	Wärmebehandlung der Stähle.....	53
3.5	Schlackeneinschlüsse im Stahl.....	54
3.6	Einige wichtige Kupfer- und Nickellegierungen.....	56
3.6.1	Kupferlegierungen.....	56
3.6.2	Nickellegierungen.....	58
4	Metallische Korrosion in verschiedenen Medien.....	61

4.1	Systematik der Korrosion.....	61
4.2	Korrosion in feuchten Medien.....	62
4.2.1	Wasser und wäßrige Lösungen.....	63
4.2.2	Die Atmosphäre.....	63
4.2.3	Der Boden.....	64
4.3	Korrosion (Oxidation) in heißen Gasen (Luft, Abgase, Dampf bei hohen Temperaturen).....	64
4.4	Korrosion in wasserfreien organischen Flüssigkeiten und Gasen....	65
4.5	Korrosion durch geschmolzene Metalle.....	65
5	Potential-pH-Diagramme.....	66
6	Die Kinetik der elektrochemischen Korrosion. Passivität.....	71
6.1	Elektrodenpotentiale korrodierender Systeme - Die galvanische Reihe.....	71
6.2	Mischpotentiale und Polarisationsdiagramme.....	73
6.3	Experimenteller Nachweis der elektrochemischen Natur metallischer Korrosion.....	75
6.4	Lokale und gleichmäßige elektrochemische Korrosion.....	77
6.5	Polarisationsdiagramme für die gleichmäßige und lokale elektrochemische Korrosion.....	79
6.6	Passivität.....	82
6.6.1	Definition und Gliederung.....	82
6.6.2	Passivität des Eisens.....	83
6.6.3	Passivität des Chroms.....	85
6.6.4	Passivität der rostfreien Stähle.....	85
6.6.5	Eigenschaften passiver Filme.....	86
7	Korrosion durch Wasserstoffentwicklung und Sauerstoffreduktion....	87
7.1	Kathodische Reaktionen: Überblick.....	87
7.2	Korrosion durch Wasserstoffentwicklung.....	87
7.2.1	Kathodische Kontrolle.....	88
7.2.2	Anodische Kontrolle.....	89

7.2.3	Gemischt kontrollierte Vorgänge.....	90
7.2.4	Dampfkesselkorrosion.....	93
7.3	Korrosion durch Sauerstoffreduktion.....	95
7.3.1	Kathodische Diffusionskontrolle.....	95
7.3.2	Atmosphärische Korrosion.....	98
7.3.3	Temperaturabhängigkeit.....	99
7.3.4	Konzentrationsabhängigkeit.....	100
7.3.5	Korrosion in strömenden Medien.....	100
8	Einige wichtige Arten der elektrochemischen Korrosion.....	103
8.1	Einteilung in "Korrosionszellen".....	103
8.2	Galvanische Makrozellen - Galvanische Korrosion.....	104
8.3	Galvanische Mikrozellen (Lokalzellen).....	106
8.4	Sauerstoff-Konzentrationszellen (Belüftungszellen).....	110
8.5	Metallionen-Konzentrationszellen.....	113
8.6	Aktiv-Passiv-Zellen.....	113
8.6.1	Lochfraß.....	114
8.6.2	Spaltkorrosion und Korrosion unter Ablagerungen.....	118
8.6.3	Interkristalline Korrosion.....	119
8.7	Elektrolytische Zellen.....	122
8.7.1	Streustromkorrosion.....	122
9	Der Einfluß mechanischer Faktoren auf die Korrosionsarten.....	124
9.1	Spannungsrißkorrosion.....	124
9.2	Wasserstoffinduzierter Bruch.....	133
9.3	Korrosionsermüdung.....	134
9.4	Erosionskorrosion.....	136
9.5	Kavitationskorrosion.....	137
9.6	Reibkorrosion.....	138
10	Atmosphärische Korrosion.....	140
11	Bodenkorrosion.....	144

11.1	Böden als Korrosionsmedium.....	144
11.1.1	Geologische Aspekte.....	144
11.1.2	Wasser-Luft Verhältnis in Böden.....	146
11.1.3	Zusammensetzung der Luft im Boden.....	148
11.1.4	Voraussetzungen für die Bildung von Belüftungszellen im Boden.....	150
11.1.5	pH-Wert und Säuregehalt des Bodens.....	152
11.1.6	Redoxpotential des Bodens.....	153
11.1.7	Spezifischer Widerstand des Bodens.....	153
11.1.8	Mikrobiologische Korrosion.....	156
11.2	Besonderheiten des Lochfraßes bei Bodenkorrosion.....	158
11.3	Werkstoff-Vergleich bei Bodenkorrosion.....	159
11.4	Korrosion archäologischer Funde.....	160
11.5	Korrosionsprobleme bei der Beseitigung von Atom Müll.....	161
11.6	Vergleich zwischen Korrosion im Boden, in Luft und in Wasser.....	161
12	Korrosionsschutz durch metallurgische sowie durch konstruktive Maßnahmen.....	163
12.1	Veränderung der Zusammensetzung oder des Gefüges, der inneren Spannungen oder der Oberflächenbeschaffenheit des Metalls.....	163
12.2	Korrosionsschutzgerechte Gestaltung.....	164
12.2.1	Korrosionsschutz beginnt mit der Gestaltung.....	164
12.2.2	Festlegung der grundlegenden Voraussetzungen.....	165
12.2.3	Wahl der Oberflächenbehandlung oder anderer Korrosionsschutzmaßnahmen.....	166
12.2.4	Konstruktionsprinzipien unter Berücksichtigung der Korrosion.....	166
13	Korrosionsschutz durch Beeinflussung des korrosiven Mediums.....	180
13.1	Entfernung korrosionsfördernder Komponenten aus dem umgebenden Medium.....	180
13.2	Zusatz von korrosionshemmenden Substanzen (Inhibitoren).....	182
13.2.1	Anodische Inhibitoren.....	182
13.2.2	Kathodische Inhibitoren.....	185
13.2.3	Organische Inhibitoren mit Doppelwirkung (Adsorptionsinhibitoren).....	186
13.2.4	Mischungen von Inhibitoren.....	187

13.2.5	Dampfphaseninhibitoren.....	188
13.2.6	Inhibitoren auf Ölbasis.....	188
14	Korrosionsschutz durch Änderung des Elektrodenpotentials Metall/ korrosives Medium.....	189
14.1	Elektrochemischer (kathodischer und anodischer) Korrosionsschutz..	189
14.2	Kathodischer Schutz.....	190
14.2.1	Bedeutung und Einteilung.....	190
14.2.2	Anodenmaterialien.....	191
14.2.3	Strom- und Potentialkriterien.....	192
14.2.4	Kombination aus elektrisch isolierendem Überzug und kathodischem Schutz.....	194
14.2.5	Anwendungen.....	195
14.3	Anodischer Schutz.....	198
14.3.1	Abgrenzung und Einteilung.....	198
14.3.2	Anodischer Schutz durch Legieren oder Überziehen mit einem edleren Metall.....	199
14.3.3	Anodischer Schutz durch eine äußere elektrische Spannung.....	200
15	Korrosionsschutz durch Überzüge.....	201
15.1	Vorbehandlung von Metalloberflächen vor dem Aufbringen von Schutz- überzügen.....	201
15.1.1	Entfetten.....	202
15.1.2	Entfernung von Walzzunder und Rost und Einstellung einer gewünsch- ten Oberflächenbeschaffenheit.....	204
15.2	Metallische Überzüge.....	208
15.2.1	Überblick über die verschiedenen metallischen Beschichtungsverfah- ren.....	208
15.2.2	Metallische Schutzüberzüge, die edler als das Grundmetall sind....	209
15.2.3	Metallische Schutzüberzüge mit kathodischer Schutzwirkung.....	211
15.3	Nichtmetallisch-anorganische Überzüge.....	214
15.3.1	Mechanisch schützende Überzüge.....	214
15.3.2	Schutzüberzüge mit inhibierender Wirkung.....	217

15.4	Organische Überzüge.....	218
15.4.1	Grundlagen der Anstrich- und Lacktechnik.....	219
15.4.2	Polymere Substanzen in organischen Überzügen.....	224
15.4.3	Organische Schutzüberzüge mit inhibierender Wirkung.....	228
15.4.4	Deckanstrich.....	232
15.4.5	Auftragung von organischen Überzügen.....	234
15.4.6	Wiederanstrich.....	237
16	Korrosionsprüfverfahren.....	239
16.1	Einteilung der Korrosionsprüfverfahren.....	239
16.1.1	Langzeit-Laborversuche.....	240
16.1.2	Beschleunigte Laborversuche.....	242
16.1.3	Betriebsversuche.....	243
16.2	Änderung der Korrosionsgeschwindigkeit mit der Zeit.....	245
16.3	Korrosion in strömenden Medien.....	246
16.4	Einige Anwendungsbeispiele für beschleunigte Laborversuche.....	248
16.4.1	Versuche bei erhöhter Luftfeuchtigkeit und Temperatur in Klimaschränken.....	248
16.4.2	Versuche in Salzsprühkammern.....	249
16.4.3	Versuche mit einem salzhaltigen Tonüberzug in einem Klimaschrank (Corrodokote-Test).....	251
16.4.4	Versuche in einem Klimaschrank mit einer schwefeldioxidhaltigen Atmosphäre.....	252
16.4.5	Testen von Lackfilmen in einer Bewitterungsmaschine.....	253
16.4.6	Elektrochemische Untersuchungsverfahren.....	254
17	Anhang.....	259
17.1	Potential-pH-Diagramme für einige technisch wichtige Metalle.....	259
17.2	Umrechnung einiger englisch-amerikanischer Einheiten in SI-Einheiten.....	284
17.3	Literaturverzeichnis.....	286
	Bildnachweis.....	290
	Sachverzeichnis.....	291