

LEHRBUCHREIHE GALVANOTECHNIK

Galvanotechnik in Frage und Antwort

B. Gaida / B. Andreas / K. Aßmann

Sechste, aktualisierte Auflage mit 132 Abbildungen
und 247 Tabellen

- Fachverlag für
- Oberflächentechnik – Galvanotechnik
 - Produktion von Leiterplatten
und Systemen
(Baugruppenteknik)

EUGEN G.
LEUZE
VERLAG

105 JAHRE 1902 – 2007

BAD SAULGAU
GERMANY

Inhaltsverzeichnis

1	Theoretische Grundlagen	17
1.1	Grundlagen der anorganischen Chemie	17
1.1.1	Chemische Elemente	17
1.1.1.1	Atom – Molekül	17
1.1.1.2	Atomaufbau der chemischen Elemente	18
1.1.2	Periodensystem der Elemente	24
1.1.3	Chemische Bindung	27
1.1.4	Stoffmengen	30
1.1.5	Einteilung der chemischen Verbindung in der anorganischen Chemie	33
1.1.5.1	Oxide	33
1.1.5.2	Säuren	35
1.1.5.3	Basen	41
1.1.5.4	Salze	43
1.1.6	Lösungen	48
1.1.7	Chemische Reaktionen	49
1.1.7.1	Reaktionsgleichungen	49
1.1.7.2	Reaktionsbedingungen	50
1.1.7.3	Reaktionswärme	51
1.1.7.4	Oxidation – Reduktion	51
1.1.8	Ionentheorie	52
1.1.8.1	Elektrolytische Dissoziation	53
1.1.8.2	Dissoziationsgrad – starke und schwache Elektrolyte	54
1.1.8.3	Ionenreaktionen	55
1.1.8.4	pH-Wert	59
1.2	Grundlagen der Elektrochemie	60
1.2.1	Spannungsreihe der Metalle	60
1.2.2	Anwendung der Spannungsreihe der Metalle	63
1.2.3	Elektrochemische Korrosion	65
1.2.4	Verlauf der Elektrolyse	66
1.2.5	Spannungsverhältnisse bei der Elektrolyse	68
1.2.6	Stromverhältnisse bei der Elektrolyse	71
1.2.7	Passivität der Anoden	75
1.3	Metalle und Legierungen	75

1.4	Grundlagen der organischen Chemie	78
1.5	Physikalische Grundlagen	87
1.5.1	Aggregatzustände	87
1.5.2	Masse und Gewichtskraft	91
1.5.3	Arbeit und Leistung	94
1.5.4	Licht und Glanz	96
1.6	Grundlagen der Elektrotechnik	99
2	Werkstoffkunde	111
2.1	Werkstoffe	111
2.2	Metalle	115
2.3	Legierungen	129
2.4	Eisen und Eisenlegierungen	137
2.5	Aluminium und Aluminiumlegierungen	154
2.6	Kupfer und Kupferlegierungen	160
2.7	Kunststoffe	164
3	Einrichtung galvanischer Betriebe	170
3.1	Arbeitsraum	170
3.2	Galvanische Anlagen und Zusatzeinrichtungen	174
3.2.1	Galvanische Anlagen	174
3.2.1.1	Warenträger und Behälter	177
3.2.1.1.1	Warenträger (Galvanisiergestelle, Glocken, Trommeln, Körbe)	177
3.2.1.1.2	Behälter (Form, Werkstoffe, Ausrüstungen in Arbeitsbehältern, Teile-Trockner)	180
3.2.2	Zusatzeinrichtungen	195
3.2.2.1	Absaugeinrichtungen, Zuluftreinrichtungen, Luftverdichter	195
3.2.2.2	Filter und Elektrolytreinigung	201
3.2.2.3	Wärmetauscher und Dosiereinrichtungen	212
3.2.2.4	Ansatzbehälter, Ablass- und Stapelbehälter für Elektrolyte, Be- und Entladestationen	213
3.2.2.5	Transporteinrichtungen	215
3.3	Elektrische Ausrüstung galvanischer Anlagen	217
3.3.1	Grundbegriffe	217
3.3.2	Gleichrichter	224
3.3.2.1	Transformator	225
3.3.2.2	Selengleichrichter	227
3.3.2.3	Schaltung von Gleichrichtern	234
3.3.3	Antriebsmotore	235
3.3.4	Messgeräte	237
3.3.5	Leitungsmaterial	240
4	Vorbehandlung der Ware	242
4.1	Allgemeines	242
4.2	Schleifen und Polieren mit Scheiben	244

4.3	Bandschleifen, Vorbehandlung von Kleinteilen und Strahlen	254
4.4	Elektropolieren	262
4.5	Entfetten	265
4.6	Beizen von Metallen	283
5	Galvanisch abgeschiedene Metalle	296
5.1	Nickel	296
5.1.1	Eigenschaften von Nickel und Nickelsalzen	296
5.1.2	Eigenschaften von Nিকেlelektrolyten	299
5.1.3	Zusammensetzung und Arbeitsbedingungen von Nিকেlelektrolyten	302
5.1.3.1	Sulfatelektrolyte	302
5.1.3.2	Chloridelektrolyte	303
5.1.3.3	Sulfamatelektrolyte	306
5.1.4	Glanzvernicklung	308
5.1.5	Halbglanzvernicklung	310
5.1.6	Matt- und Schwarznickel	311
5.1.7	Nিকেlelektrolyte für Zinkdruckguss	315
5.1.8	Dickvernicklung	316
5.1.9	Nickel-Dispersionselektrolyte	317
5.1.10	Instandhaltung von Nিকেlelektrolyten	318
5.1.11	Nickelanoden und Elektrolytpflege	320
5.1.12	Eigenschaften von Nickel und Nickelschichtsystemen	324
5.1.13	Nickellegierungselektrolyte	330
5.2	Chrom	332
5.2.1	Eigenschaften und Verwendung von Chrom und Chromverbindungen	332
5.2.2	Grundlagen der Chromabscheidung	335
5.2.3	Struktur galvanischer Chromüberzüge	338
5.2.4	Chromelektrolyte und deren Arbeitsbedingungen	341
5.2.5	Anoden in Chromelektrolyten und Fehlererkennung beim Verchromen anhand der abgeschiedenen Schicht	350
5.2.6	Absaugeinrichtungen	352
5.2.7	Sonderchromelektrolyte	353
5.2.8	Korrosionsschutz durch Chromüberzüge	354
5.3	Kupfer	356
5.3.1	Eigenschaften von Kupfer und Kupfersalzen	356
5.3.2	Saure und neutrale Kupferelektrolyte	360
5.3.2.1	Schwefelsaure Kupferelektrolyte	360
5.3.2.2	Kupferfluorborat-Elektrolyte	367
5.3.2.3	Kupferpyrophosphat-Elektrolyte	368
5.3.2.4	Cyanidhaltige Kupferelektrolyte	369
5.3.3	Kupferanoden	378
5.4	Kupferlegierungen	380
5.4.1	Legierungen	380
5.4.2	Elektrochemie von Messing	383

5.4.3	Messingelektrolyte	385
5.4.4	Messinganoden	389
5.4.5	Bronzeelektrolyte	389
5.5	Zink und Zinklegierungen	392
5.5.1	Eigenschaften von Zink, Zinklegierungen und Zinksalzen	392
5.5.2	Verzinkungsverfahren	394
5.5.3	Elektrolyte für die galvanische Verzinkung	403
5.5.4	Saure Zinkelektrolyte	404
5.5.4.1	Schwefelsaure Zinkelektrolyte	404
5.5.4.2	Choridhaltige Zinkelektrolyte	405
5.5.4.3	Fluorborathaltige Zinkelektrolyte	405
5.5.5	Cyanidhaltige Zinkelektrolyte	406
5.5.6	Cyanidfreie alkalische Zinkelektrolyte	411
5.5.7	Schwach saure Zinkelektrolyte	413
5.5.8	Zinkanoden	414
5.5.9	Nachbehandlung	414
5.5.10	Abscheidung von Zinklegierungen	417
5.6	Cadmium	418
5.6.1	Eigenschaften von Cadmium und Cadmiumsalzen	418
5.6.2	Cyanidhaltige Cadmumelektrolyte	420
5.6.3	Saure Cadmumelektrolyte	422
5.6.4	Cadmumanoden	423
5.6.5	Nachbehandlung	424
5.7	Zinn, Blei und Zinn-Blei-Legierungen	425
5.7.1	Eigenschaften und Verwendung von Zinn und Blei sowie ihren Salzen	425
5.7.2	Saure Zinnelektrolyte	430
5.7.3	Alkalische Zinnelektrolyte	432
5.7.4	Nachbehandlung verzinnter Teile	434
5.7.5	Bleiabscheidung	435
5.7.6	Zinn-Blei-Legierungsabscheidung	436
5.8	Silber	437
5.8.1	Eigenschaften von Silber und Silbersalzen	437
5.8.2	Vorbehandlung	438
5.8.3	Silberelektrolyte	440
5.8.4	Glanzsilberelektrolyte	442
5.8.5	Silberanoden	443
5.8.6	Besteckversilberung	444
5.8.7	Nachbehandlung	445
5.9	Gold	446
5.9.1	Eigenschaften von Gold und Goldsalzen	446
5.9.2	Vergoldungsverfahren	448
5.9.3	Goldelektrolyte	449
5.9.4	Goldanoden	454

5.10	Platinmetalle	455
5.10.1	Allgemeines	455
5.10.2	Rhodium	455
5.10.3	Platin	458
5.10.4	Palladium	459
5.11	Eisen	460
5.11.1	Eigenschaften von Eisen und Eisensalzen	460
5.11.2	Eisenelektrolyte	462
6	Metallabscheidung ohne äußere Stromquelle	465
6.1	Allgemeines	465
6.2	Metallabscheidung durch Ladungsaustausch	466
6.2.1	Tauchverfahren	466
6.2.2	Kontaktverfahren	470
6.2.3	Reduktionsverfahren	471
7	Kunststoffe und Nichtleiter	485
7.1	Galvanisieren von Nichtleitern	485
7.2	Galvanisieren von Kunststoffen	488
8	Galvanisieren von Leiterplatten	511
8.1	Leiterplattenarten, Basismaterial	511
8.2	Bohren und Vorreinigung	519
8.3	Sieb- und Fotodruck	525
8.4	Durchkontaktierung	528
8.5	Ätzen	533
8.6	Aktivieren und chemisches Verkupfern	539
8.7	Galvanisches Verkupfern und weitere Verfahrensschritte	546
9	Oberflächenbehandlung von Aluminium	555
9.1	Aluminium	555
9.2	Chemische Oxidation von Aluminium	560
9.3	Anodische Oxidation von Aluminium	563
9.3.1	Allgemeines	563
9.3.2	Vorbehandlung	564
9.3.3	Bildung der Oxidschicht	565
9.3.4	Eigenschaften der Oxidschicht	568
9.3.5	Färben der Oxidschicht	570
9.3.6	Oxidationsverfahren	573
9.3.7	Hartanodisieren von Aluminium	576
9.3.8	Prüfung der Oxidschicht	578
9.4	Glänzen von Aluminium	579
9.5	Galvanisieren von Aluminium	582
10	Erzeugung chemischer Schutzschichten auf Eisen und Zink	586
10.1	Phosphatieren	586
10.1.1	Allgemeines	586
10.1.2	Chemische Grundlagen	588

10.1.3	Eigenschaften der Phosphatschicht	592
10.1.4	Arbeitsweise beim Phosphatieren von Nichteisenmetallen	594
10.1.5	Phosphatierbehälter	594
10.1.6	Verwendung als Haftgrund	594
10.2	Chromatieren	598
11	Entmetallisieren	603
12	Metallfärbungen	612
12.1	Definitionen und Vorbehandlung	612
12.2	Kupfer und Kupferlegierungen	614
12.2.1	Färbungen mit Schwefelleber	614
12.2.2	Lüstersudfärbung	615
12.2.3	Färbungen in Salzschnmelzen	615
12.2.4	Schwarz- und Braunfärbung	616
12.2.5	Patinafärbung	617
12.3	Eisen	617
12.3.1	Anlauffärben	617
12.3.2	Brünieren	618
12.3.3	Schwarzfärben von Stahl	620
12.4	Silber	620
12.4.1	Allgemeines	620
12.4.2	Altsilberfärbung	621
12.5	Nachbehandlung	621
13	Galvanoformung	623
13.1	Allgemeines	623
13.2	Modelle	624
13.3	Trennschicht, Beispiele, Elektrolyte	627
14	Verfahren der Abwasserbehandlung und Recyclingtechnik in der Galvanotechnik	630
14.1	Verfahren der Abwasserbehandlung	630
14.1.1	Gesamtsystem in der Galvanik und Verunreinigungen des Abwassers	630
14.1.2	Grundlagen der Abwasserbehandlung	631
14.1.2.1	Neutralisation	632
14.1.2.2	Fällung von Metallen	634
14.1.2.3	Löslichkeit gefällter Niederschläge	637
14.1.2.4	Fällung anionischer Schadstoffe	637
14.1.2.5	Behandlung von Metallkomplexverbindungen	639
14.1.2.6	Entgiftungsverfahren	641
14.1.2.6.1	Cyanid-Entgiftung	641
14.1.2.6.2	Entgiftung von Chrom(VI)verbindungen	643
14.1.2.6.3	Nitrit-Entgiftung	644
14.1.2.7	Elimination von Ammoniak	645
14.1.2.8	Elimination halogenierter Kohlenwasserstoffe	645
14.1.2.9	Elimination von CSB-verursachenden Stoffen	647
14.1.2.10	Emulsionshaltiges Abwasser	648

14.1.3	Abwasserbehandlungsanlagen	651
14.1.3.1	Hauptprozess	651
14.1.3.2	Entwässerungsverfahren	653
14.1.3.2.1	Sedimentation	654
14.1.3.2.2	Entwässerung von Dünnschlamm	654
14.1.3.3	Verfahren zur Nachbehandlung	655
14.1.3.3.1	Kiesfiltration	656
14.1.3.3.2	Adsorption durch Aktivkohle	656
14.1.3.3.3	Selektivarbeitende Ionenaustauscher	657
14.1.3.3.4	pH-Endkontrolle	658
14.2	Verfahren der Recyclingtechnik	659
14.2.1	Verminderung von Abwasser im galvanischen Prozess	659
14.2.1.1	Spültechnik und Wasserführung	659
14.2.1.2	Verschleppung	659
14.2.1.3	Spülkriterium	660
14.2.1.4	Spülkaskade	661
14.2.1.5	Optimales Q/V-Verhältnis in der Vorspülkaskade	661
14.2.1.6	Spezielle Spültechniken	662
14.2.1.6.1	Chemische Spüle	662
14.2.1.6.2	Vortauchen	663
14.2.1.6.3	Spülkaskade	663
14.2.1.6.4	Erzielung extremer Spülkriterien	664
14.2.1.7	Spülen ohne Abwasser	664
14.2.2	Verminderung und Vermeidung von Abwasser und Abfall in den Nebenprozessen der galvanischen Beschichtung	665
14.2.2.1	Ionenaustauscher	665
14.2.2.1.1	Struktur der Ionenaustauscher	665
14.2.2.1.2	Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten gebräuchlicher Austauscherharze	667
14.2.2.1.3	Mischbetaustauscher	669
14.2.2.1.4	Verfahrenstechnik von Ionenaustauscheranlagen	670
14.2.2.2	Retardationsverfahren	671
14.2.2.3	Membranfiltration	673
14.2.2.3.1	Grundlagen	673
14.2.2.3.2	Membranaufbau	674
14.2.2.3.3	Anwendungsmöglichkeiten	676
14.2.2.4	Elektrolytische Verfahren	677
14.2.2.4.1	Elektrolyse	677
14.2.2.4.2	Elektrodialyse	679
14.2.2.5	Thermische Verfahren	681
14.2.2.5.1	Verdampfung	682
14.2.2.5.2	Verdunstung	683

15 Qualitätssicherung	686
15.1 Definitionen	686
15.2 Qualitätssicherung in der Galvanotechnik	689
15.3 Qualitätsmanagementsystem	695
15.4 Ermittlung von Qualitätsparametern	698
15.4.1 Untersuchungen mit der Hull-Zelle	698
15.4.2 Ermittlung der Schichtdicke	703
15.4.3 Prüfung der Haftfestigkeit	706
15.4.4 Prüfung der Korrosionsbeständigkeit	709
15.4.5 Härteprüfung	714
15.4.6 Analyse von Lösungen	717
15.4.6.1 Gravimetrie und Titration	717
15.4.6.2 Kolorimetrie, Photometrie und Atomabsorptionsspektroskopie	726
15.4.6.3 Elektrochemische Analysemethoden	731
15.4.6.4 Zur qualitativen Analyse und Identifizierung von Ionen	739
15.4.6.5 Zur Elektrolytüberwachung/Bestimmung von Elektrolyt- bestandteilen	750
16 Arbeitsschutz und Gefahrstoffverordnung	761
16.1 Arbeitsschutz	761
16.1.1 Gesetze und Verordnungen	761
16.1.2 Berufsgenossenschaften und Unfallverhütungsvorschriften	767
16.1.3 Pflichten der Unternehmer, Führungskräfte und Arbeitnehmer	773
16.1.4 Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichen	776
16.1.5 Umgang mit elektrischen Anlagen	776
16.1.6 Brandschutz	777
16.1.7 Atemschutzfilter	780
16.1.8 Erste Hilfe	783
16.2 Verordnung zum Schutz vor Gefahrenstoffen (GefStoffV)	787
16.2.1 Aufbau, Begriffe	787
16.2.2 Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung	791
16.2.3 Sicherheitsdatenblatt und Gefährdungsbeurteilung	806
16.2.4 Schutzmaßnahmen, Betriebsanweisung und Unterweisung	812
17 Umweltschutz	819
17.1 Umweltbereich Luft	823
17.2 Umweltbereich Wasser	832
17.3 Umweltbereich Abfall	845
Literaturverzeichnis	867
Stichwortverzeichnis	871