
SCHRIFTENREIHE GALVANOTECHNIK
UND OBERFLÄCHENBEHANDLUNG

Die galvanische Verchromung

Günther A. Lausmann
Jürgen N. Unruh

Zweite komplett überarbeitete Auflage
mit 247 Abbildungen und 66 Tabellen

Fachverlag für
• Oberflächentechnik – Galvanotechnik
• Produktion von Leiterplatten
und Systemen
(Baugruppentechnik)

EUGEN G.
LEUZE
VERLAG

104 JAHRE 1902 2006

BAD SAULGAU
GERMANY

Inhaltsverzeichnis

1	Geschichte der Verchromung	.11
2	Die elektrolytische Chromabscheidung	.20
2.1	Prinzip der Abscheidung	.20
2.1.1	Abscheidung durch schrittweise Reduktion von Chromat	.26
2.1.2	Abscheidung durch direkte Reduktion von Chromat	.27
2.1.3	Anodische Reaktionen	.29
2.1.4	Elektrodenreaktionen des Chroms in wässrigen Lösungen	.29
2.2	Grundbestandteile von Chromelektrolyten	.34
2.2.1	Chromsäure	.34
2.2.2	Fremdsäuren	.35
2.2.3	Netz- und Abdeckmittel	.35
2.2.4	Elektrolytverunreinigungen	.46
2.3	Chromelektrolyte auf der Basis von Chromsäure	.47
2.3.1	Schwefelsaure Elektrolyte	.48
2.3.2	Gepufferte Sulfatelektrolyte	.50
2.3.3	Mischsaure Elektrolyte	.52
2.3.4	Ätzfreie Hochleistungselektrolyte	.54
2.3.5	Duralloy – Bindungsmechanismus von Duralloy-Chrom	.55
2.3.6	Schwarzchrom	.62
2.3.7	Glanzchrom	.63
2.3.8	Weichchromelektrolyte und Tetrachrom	.64
2.3.9	Chromlegierungsabscheidung	.67
2.4	Chromelektrolyte auf der Basis von Chrom(III)verbindungen	.74
2.5	Wirkung von Elektrolytbestandteilen in Chromatelektrolyten und andere Chromabscheidungsverfahren	.94
2.5.1	Wässrige Elektrolyte mit speziellen Zusätzen	.94
2.5.1.1	Elektrolyte mit anorganischen Zusätzen	.94
2.5.1.2	Elektrolyte mit organischen Zusätzen	.126
2.5.2	Abscheidung aus aprotischen Elektrolyten	.138
2.5.3	Abscheidung aus Ionenschmelzen	.140
2.5.4	Inchromieren	.143
2.6	Elektrolyt- und Schichteigenschaften	.148

2.6.1	Kathodische Stromausbeute	148
2.6.2	Streu- und Deckfähigkeit	157
2.6.3	Leitfähigkeit	162
2.6.4	Eigenschaften der Chromschichten	169
2.6.4.1	Aussehen, Glanz, Rauheit	169
2.6.4.2	Rissbildung bei einstufigen mikrorissigen Glanzverfahren	175
2.6.4.3	Härte von Chromniederschlägen	183
2.6.4.4	Tribologische Eigenschaften	191
2.6.4.5	Weitere Eigenschaften	195
2.6.4.6	Amorphe Chromschichten	208
2.6.4.7	Korrosionsbeständigkeit von Hartchromschichten	216
3	Die Glanzverchromung	224
3.1	Grundwerkstoffe und Zwischenschichten	224
3.2	Vorbehandlung vor der Verchromung	227
3.3	Glanzchromabscheidung	228
3.3.1	Ansatz eines Chromelektrolyten	230
3.3.2	Verfahrensparameter	231
3.3.3	Elektrolytführung	234
3.3.4	Anoden	236
3.3.5	Praktische Hinweise	240
3.4	Korrosionsschutz durch Glanzchromschichten	240
3.4.1	Das System Nickel-Chrom und sein Korrosionsmechanismus	240
3.4.2	Doppel- und Dreifachchrom	243
3.4.3	Poröses Chrom und Mikrorisse durch Beeinflussung von Nickelelektrolyten	244
3.4.4	Funktion des Korrosionsschutzes durch Mikroporen	245
3.4.5	Kurzzeitprüfung durch Fuhrmantest	250
3.4.6	Andere Korrosionsschutzsysteme mit Glanzchrom	256
4	Die Hartverchromung	258
4.1	Wahl des Grundmaterials	258
4.1.1	Einfluss der Verchromung auf die Eigenschaften des Grundmaterials	259
4.1.2	Verchromen verschiedener Grundmaterialien	277
4.2	Verfahrensablauf bei der Hartverchromung	282
4.2.1	Wärmebehandlung des Bauteils vor dem Verchromen	282
4.2.2	Schleifen und Polieren des Werkstückes vor und nach dem Verchromen	287
4.2.3	Reinigen und Entfetten vor dem Hartverchromen	289
4.2.4	Gestelle, Abschirmungen, Hilfsanoden	291
4.2.5	Abdeckung	295
4.2.6	Ätzen vor dem Verchromen	296
4.2.7	Die Chromabscheidung	297
4.2.7.1	Bildung von Mikrorissen in Hartchromniederschlägen	297
4.2.8	Tempern zur Wasserstoffentfernung nach dem Verchromen	302

4.3	Anwendung von Hartchromschichten	305
4.3.1	Stoßdämpferkolben, Kolben für Gasdruckdämpfer und Hydraulikteile	305
4.3.1.1	Neue Prozesstechnik für die Hochgeschwindigkeitsabscheidung von Hartchrom	307
4.3.1.2	Hochgeschwindigkeitsabscheidung mit extrem hohen Stromdichten	316
4.3.2	Verchromung von Kolbenringen	321
4.3.3	Tiefdruckwalzen-Verchromung	323
4.3.4	Verchromung von Grauguss	328
4.3.5	Verchromung von perforierten Edelstahlzylindern	328
4.3.6	Verchromung von Aluminium	329
4.3.7	Strukturchrom	331
5	Entchromen	332
6	Fehler und ihre Beseitigung bei der Glanz- und Hartverchromung	337
6.1	Fehler und deren Ursachen	338
6.1.1	Fehler bei der Glanzverchromung	338
6.1.2	Fehler bei der Hartverchromung	342
6.1.3	Entstehung und Abbau von Chrom(III)oxid in sechswertigen Verchromungselektrolyten	349
6.2	Schadensfälle aus der Praxis	352
6.2.1	Schadensfälle bei der Glanzverchromung	352
6.2.2	Schadensfälle bei der Hartverchromung	354
7	Anlagen und Zubehör	379
7.1	Verchromen von schüttfähigen Massenteilen	389
7.2	Tamponverchromen	396
7.3	Abscheidung aus intensiv bewegten Elektrolyten	399
7.4	Chromabscheidung mit besonderen Stromformen	411
7.4.1	Vorelektrolyse	412
7.4.2	Gleichstromabscheidung	413
7.4.3	Deckstrom	414
7.4.4	Gestufteter Strom	414
7.4.5	Unterbrochener Gleichstrom	416
7.4.6	Pulsierender Gleichstrom	419
7.4.7	Impulsüberlagerung	425
7.4.8	Umpolung	425
7.4.9	Wechselstromüberlagerung durch Gleichrichtung	428
7.4.10	Wechselstromüberlagerung durch Gleichrichtung mit gesteuerten Gleichrichtern	432
7.4.11	Echte Wechselstromüberlagerung durch spezielle Schaltungen	434
7.4.12	Einfluss der Restwelligkeit auf die Hartchromabscheidung	437
7.5	Absaugung	443
7.6	Werkstoffbeständigkeiten	454
8	Abwasserbehandlung und Stoffrückgewinnung	456

8.1	Einleitebedingungen	456
8.2	Behandlung chromathaltiger Abwässer	456
8.2.1	Chemische Behandlung	457
8.2.2	Anlagentechnik	459
8.3	Wassersparende Spülmaßnahmen	463
8.3.1	Kaskadenspülung	463
8.3.2	Kreislaufspülung	464
8.4	Rückgewinnung von Chromsäure aus Spülwasser	465
8.5	Rückgewinnung von Chromelektrolyt aus Spülwasser	467
8.6	Regeneration von Chromelektrolyten	470
8.6.1	Online-Regenerierung von Chromelektrolyten mit Membranelektrolytzellen	472
8.7	Ausblick	476
9	Qualitätskontrolle	478
9.1	Analytische Methoden zur Elektrolytüberwachung	481
9.1.1	Chromtrioxid CrO_3 -Bestimmung	481
9.1.2	Chromtrioxid CrO_3 -Bestimmung	481
9.1.3	Sulfatbestimmung, gravimetrisch	482
9.1.4	Kaliumbestimmung	483
9.1.5	Sulfatbestimmung mittels Zentrifuge	484
9.1.6	Kalibrierlösung für Sulfatbestimmung 3,5 g/l SO_4^{2-}	485
9.1.7	Silicofluoridbestimmung	485
9.1.8	Eisenbestimmung	487
9.1.9	Aluminiumbestimmung	487
9.1.10	Kupferbestimmung	488
9.1.11	Zinkbestimmung	489
9.1.12	Natriumbestimmung	490
9.1.13	Kaliumbestimmung	491
9.1.14	Wirkungsgradbestimmung	492
9.1.15	Hüllzelle	493
9.1.16	Verfahren zur Abwasser- und Schlammuntersuchung	494
9.2	Schichtkontrolle	495
9.3	Kontrolle galvanotechnischer Elektrolyteigenschaften	506
10	Anhang	511
10.1	Eigenschaften und Daten des Chroms	511
10.2	Stromausbeuten der Chromabscheidung	513
10.3	Löslichkeit anorganischer Zusätze zu Chromelektrolyten	514
10.4	Dichtemessung	515
10.5	Umrechnungstabelle metrisch in US und Britische Maßeinheiten	518
11	Stichwortverzeichnis	521
	Firmen-Inserentenverzeichnis	531