

SCHRIFTENREIHE GALVANOTECHNIK
UND OBERFLÄCHENBEHANDLUNG

Lausmann/Unruh

Die galvanische Verchromung

2. Auflage

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 Fuhrmanttest	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 Hochgeschwindigkeits- abscheidung 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 $3,5 \text{ g/l SO}_4^{2-}$	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	Hullzelle	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