

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1 Einführung	1
1.1 Entwicklung der Schutzoxidation auf Aluminium	1
1.2 Anwendungsgebiete der Oberflächenbehandlung	3
1.3 Wahl des Verfahrens	4
2 Verfahrensablauf und Ausführungsbeispiele	7
2.1 Verfahrensablauf	7
2.2 Ausführungsbeispiele	9
3 Einfluß von Werkstoff und Konstruktion des Werkstückes auf das Anodisierergebnis	13
3.1 Werkstoffe	13
3.1.1 Legierungselemente	13
3.1.2 Gefügestruktur und Oberfläche	14
3.1.3 Anwendungsgerechte Anodisierqualität	16
3.2 Konstruktive Gegebenheiten des Werkstückes	19
4 Mechanische Oberflächenbehandlung	21
4.1 Allgemeines	21
4.2 Verfahren	23
4.2.1 Entgraten und Putzen	23
4.2.2 Schleifen	23
4.2.3 Polieren	28
4.2.4 Gleitschliff-Verfahren	29
4.2.5 Mattschleifen, Mattbürsten	30
4.2.6 Strahlen	31
4.3 Maschinen für die mechanische Oberflächenbehandlung	32
4.3.1 Handschleifmaschinen	33
4.3.2 Schleif- oder Polierböcke	34
4.3.3 Schleifböcke für Bandschliff	35
4.3.4 Spezialmaschinen	37
4.3.5 Poliertrommeln	46
4.3.6 Gleitschlifftrommeln	49
4.3.7 Vibrations- und Fliehkraftanlagen	53
4.3.8 Strahlanlagen	55

5	Hilfselektroden	57
5.1	Allgemeines	57
5.2	Gestelle aus Aluminium	58
5.2.1	Allgemeine Gesichtspunkte	58
5.2.2	Gestellarten	62
5.2.3	Kontaktvorrichtungen zur Innenoxidation von Hohlkörpern	86
5.2.4	Kontaktvorrichtungen für die Massenoxydation von Kleinstteilen	89
5.2.5	Hilfselektroden und Kontaktvorrichtungen für die Oxidation großer Werkstücke	91
5.2.6	Herstellung, Unterhalt und Reparatur von Hilfselektroden, Vorrichtungen und Gestellen	100
5.3	Gestelle aus Titan	104
5.3.1	Allgemeines	104
5.3.2	Beispiele	106
5.4	Aufstecken des Anodisiergutes	109
5.5	Abdecken für das teilweise Anodisieren	110
6	Chemische oder elektrolytische Vorbehandlung	113
6.1	Allgemeines	113
6.2	Entfetten	113
6.2.1	Entfetten und Reinigen in wäßrigen Bädern	113
6.2.2	Entfetten in organischen Lösungsmitteln	114
6.2.3	Elektrolytisches Entfetten	115
6.3	Beizen	115
6.3.1	Natronlauge-Beize	116
6.3.2	Salpetersäure-Beize	126
6.3.3	Flußsäure-Salpetersäure-Beize	128
6.4	Mattieren	129
6.4.1	Mechanisches Mattieren	129
6.4.2	Chemisches Mattieren mit fluorfreien Beizmitteln	130
6.4.3	Chemisches Mattieren mit Bifluoriden und Flußsäure	131
6.4.4	Elektrolytisches Mattieren	133
7	Chemisches Glänzen	135
7.1	Allgemeines	135
7.2	Verfahren und Ausführung	137
7.2.1	Vorbereitung	137
7.2.2	Basisches Bad	144
7.2.3	Saure Bäder	144

7.3	Kontrolle der Badzusammensetzung	149
7.4	Nachbehandlung, Kontrolle	149
8	Elektrolytisches Glänzen	151
8.1	Allgemeines	151
8.2	Verfahren	151
8.2.1	Brytal-Verfahren	151
8.2.2	Klärbäder	158
8.2.3	Nachoxidation	159
8.2.4	Alzak-Verfahren	159
8.2.5	Phosphorsäure-Schwefelsäure-Verfahren	162
8.2.6	Sonstige Verfahren	165
9	Chemische Oxidation	167
9.1	Allgemeines	167
9.2	Saure Verfahren der chemischen Oxidation	167
9.2.1	Transparentchromatierung	169
9.2.2	Gelbchromatierung	169
9.2.3	Grünchromatierung	170
9.2.4	Phosphatieren mit sauren Zinkphosphatlösungen	171
9.2.5	Arbeitsweise beim Chromatieren und Phosphatieren	172
9.2.6	Apparative Einrichtungen	174
9.3	Alkalische Verfahren der chemischen Oxidation	175
9.3.1	MBV-Verfahren	175
9.3.2	Alrok-Verfahren	176
9.3.3	Pylumin-Verfahren	176
9.3.4	Erftwerk-(EW-) und Lautawerk-(LW-)Verfahren	176
9.4	Böhmit-Verfahren	176
10	Anodische Oxidation	179
10.1	Bildung, Aufbau und Eigenschaften der anodischen Oxidschicht	179
10.1.1	Bildung, Aufbau	179
10.1.2	Eigenschaften	181
10.2	Gleichstrom-Schwefelsäure-(GS-) Verfahren	188
10.2.1	Betriebsbedingungen	188
10.2.2	Arbeitsweise	193
10.2.3	Anodischer Wirkungsgrad und Schichtdickenberechnung	195
10.2.4	Aluminiumgehalt im Elektrolyten	197

10.2.5	Kontinuierliche Badregenerierung	198
10.2.6	Analytische Kontrolle schwefelsäurehaltiger Anodisierbäder	203
10.2.7	Varianten des GS-Verfahrens	212
10.3	Oxalsäure-Verfahren	216
10.3.1	Gleichstrom-Oxalsäure-(GX-)Verfahren	216
10.3.2	Oxalsäure-Oxalat-Verfahren	219
10.3.3	Wechselstrom-Oxalsäure-(WX-)Verfahren	221
10.3.4	Ematal-Verfahren	222
10.4	Chromsäure-Verfahren	227
10.5	Hartanodisation	230
10.5.1	Allgemeines	230
10.5.2	Eigenschaften der Hartanodisierschichten	232
10.5.3	Standardverfahren	235
10.5.4	Sonderverfahren	237
10.6	Tamponanodisieren	238
10.7	Fehler beim Anodisieren und Fehlerquellen	238
11	Adsorptives Färben der Oxidschicht mit farbgebenden Mitteln	241
11.1	Allgemeines	241
11.1.1	Grundlagen	241
11.1.2	Bewertung und Voraussetzungen	244
11.1.3	Vorbereitung des Materials zum adsorptiven Färben	244
11.2	Färben mit organischen Farbstoffen aus wässrigen Bädern	245
11.2.1	Farbstoffe und Farbstoffmischungen	245
11.2.2	Färbebäder	246
11.2.3	Arbeitsweise für das Tauchfärben	250
11.2.4	Kontrolle der Färbebäder	253
11.2.5	Unterhalt der Färbebäder, Entsorgung	255
11.2.6	Sprühfärben	259
11.2.7	Korrektur von Fehlfärbungen	261
11.2.8	Anwendung in der Außenarchitektur	262
11.3	Färben mit anorganischen Farbmitteln aus wässrigen Bädern	264
11.3.1	Allgemeines	264
11.3.2	Goldfärbungen mit Ferrioxalat	264
11.3.3	Bronzefärbungen mit Kobaltacetat und Permanganat	269
11.3.4	Weitere Färbemethoden auf anorganischer Basis	272
11.3.5	Vor- und Nachteile der anorganischen und organischen Adsorptionsfärbe-Verfahren	273

11.4	Färben mit organischen Farbstoffen in Lösungsmittelbädern	274
11.4.1	Allgemeines	274
11.4.2	Farbstoffe, Lösungsmittel	274
11.4.3	Arbeitsweise	275
11.4.4	Anwendungen	276
12	Farbanodisation (Einstufen-Verfahren)	279
12.1	Allgemeines	279
12.2	Farbanodisation durch Einbau von Legierungselementen in die Schicht	279
12.2.1	Allgemeines	279
12.2.2	Grautonlegierungen	280
12.3	Farbanodisation mit Spezialelektrolyten	281
12.3.1	Oxalsäureelektrolyt	281
12.3.2	Organische Spezialelektrolyte	283
12.4	Patente zu Farbanodisierverfahren	287
13	Elektrolytisches Färben mit Metallsalzen (Zweistufen-Verfahren)	299
13.1	Allgemeines	299
13.2	Arbeitsweise und Verfahren	301
13.2.1	Ablauf und Betriebsdaten	301
13.2.2	Elektrolytisches Färbebad	301
13.2.3	Verfahrensbeispiele	302
13.3	Verfahrensvarianten	304
13.3.1	Anwendung spezieller Stromquellen	304
13.3.2	Optische Interferenzfärbungen	304
13.3.3	Kombinationsfärbungen	305
13.4	Patente zu elektrolytischen Metallsalz-Färbungen	306
14	Herstellung mehrfarbiger Oberflächen	319
14.1	Partielles Färben	319
14.2	Bedrucken	320
14.2.1	Reservedruck	321
14.2.2	Direktdruck	326
14.2.3	Direktkopieren	328
14.2.4	Transferdruck	332
14.3	Spezialtechniken	332
14.3.1	Kombiniertes Ätzen, Anodisieren und Färben	332
14.3.2	Weitere Spezialverfahren	334
14.4	Maltechnik »Aluchromie«	335

14.5	Licht- und witterungsbeständige, mehrfarbige Erzeugnisse	337
14.6	Photographische Reproduktionen auf Aluminium	339
14.6.1	Allgemeines	339
14.6.2	Seophoto-Verfahren	340
14.6.3	Aluphot-Verfahren	343
14.6.4	Weitere Photoverfahren	345
15	Spülen	347
15.1	Allgemeines	347
15.2	Ausschleppverluste	348
15.3	Optimierung der Spülwassermenge	349
15.4	Spültechniken	350
15.4.1	Spülen im Standbad	350
15.4.2	Spülen im Fließspülbad	352
15.4.3	Kaskadenspülung	354
15.4.4	Abspritzen	354
15.4.5	Spülwasser-Kreislauführung	356
15.4.6	Kombinationen	357
16	Verdichten der anodischen Oxidschicht	359
16.1	Allgemeines	359
16.2	Verdichten in heißem Wasser	360
16.2.1	Verdichtungsmechanismus	360
16.2.2	Verdichtungsbelag	364
16.2.3	Einflüsse auf die Qualität der Verdichtung	365
16.2.4	Kontrolle der Verdichtungsqualität	367
16.2.5	Ausbluten der Färbungen im Heißwasserbad	368
16.2.6	Entfernung des Verdichtungsbelages nach Heißwasserverdichtung	368
16.2.7	Verhinderung des Verdichtungsbelages bei Heißwasserverdichtung	370
16.2.8	Ausrüstung der Heißwasser-Verdichtungs-bäder	372
16.3	Verdichten in Dampf	373
16.3.1	Allgemeines	373
16.3.2	Verhinderung des Verdichtungsbelages beim Verdichten im Dampf	373
16.3.3	Ausführung des Verdichtens im Dampf	374
16.4	Verdichten in wässrigen Salzlösungen	376
16.4.1	Allgemeines	376
16.4.2	Verdichten in Nickelsalzlösungen	376

16.4.3	Verdichten in Dichromatsalzlösungen	382
16.4.4	Weitere Verfahren zum Verdichten mit Metallsalzlösungen	383
16.5	Verfahren zum Versiegeln der Oxidschicht	385
16.5.1	Versiegeln mit Lack	385
16.5.2	Versiegeln mit Wachsen	387
16.5.3	Kaltimprägnieren mit Nickelfluorid	387
16.6	Folgearbeitsgänge nach dem Verdichten	390
16.6.1	Nachbehandlung der verdichteten Oxidschichten	390
16.6.2	Qualitätskontrolle	391
16.6.3	Schutzbehandlung	392
17	Reinigung und Unterhalt anodisierter Bauteile, Schadensbehebung	395
17.1	Allgemeines	395
17.1.1	Belagsarten	396
17.1.2	Schichtveränderungen	403
17.2	Reinigung anodisierter Bauteile	404
17.2.1	Allgemeines	404
17.2.2	Durchführung der Reinigung	410
17.2.3	Reinigungsmittel	420
17.3	Behebung von Schäden an anodisierten Bauteilen	422
18	Bau und Ausrüstung von Anodisieranlagen	429
18.1	Allgemeines	429
18.1.1	Planung	429
18.1.2	Standort	429
18.1.3	Größe, Anordnung	430
18.1.4	Betriebsräume	431
18.2	Ausführung der Fertigungsbereiche	432
18.2.1	Annahme und Zwischenlager	432
18.2.2	Schleiferei	432
18.2.3	Aufsteckerei	433
18.2.4	Anodisationsraum	434
18.2.5	Färberei und Verdichtungsraum	449
18.2.6	Bereich zum Fertigmachen	449
18.2.7	Energieversorgungsanlage	451
18.3	Ausführung, Ausrüstung und Versorgung der Bäder	453
18.3.1	Badbehälter	453

18.3.2	Badkühlung	456
18.3.3	Badheizung	462
18.3.4	Versorgung mit Chemikalien	464
18.3.5	Stromanschluß	465
18.3.6	Versorgung mit Wasser	472
18.3.7	Reinigung des Wassers	473
18.3.8	Versorgung mit Preßluft	479
18.4	Mindestanforderungen an die Einrichtungen	485
19	Anodisationsverfahren und Anlagen für Spezialzwecke	489
19.1	Kontinuierliches Anodisieren	489
19.1.1	Allgemeines	489
19.1.2	Kontinuierliches Anodisieren von Halbzeug	489
19.1.3	Kontinuierliches Anodisieren von Einzelteilen	500
19.2	Diskontinuierliches Anodisieren im Mengenbetrieb	502
19.2.1	Allgemeines	502
19.2.2	Waagrechtes und senkrecht Anodisieren im »Batch«-Betrieb	503
19.2.3	Massenanodisieren von Kleinteilen	508
19.3	Anlagen für Sonderzwecke	511
19.3.1	Anlage für Schilderbleche	511
19.3.2	Versuchs-, Kleinproduktions- und Lehranlagen	512
20	Abwasserbehandlung	517
20.1	Allgemeines	517
20.2	Gesetzliche Bestimmungen	518
20.2.1	Allgemeine Anforderungen	518
20.2.2	Ländervorschriften	519
20.3	Art der Abwässer von Anodisierbetrieben	522
20.3.1	Konzentrate und Spülwässer	522
20.3.2	Gesamt-Abwasser	524
20.3.3	Schlußfolgerungen	526
20.4	Beseitigen von Konzentraten	527
20.4.1	Beiz- und GS-Anodisierbäder	527
20.4.2	Oxalsäure-Anodisierbäder	541
20.4.3	Chromsäure-Anodisierbäder	542
20.4.4	Konzentrate aus Vorbehandlungsbädern	543
20.4.5	Organische Färbebäder	543
20.4.6	Schwermetallhaltige Verdichtungs- und Färbebäder	549

20.5	Regenerieren von Konzentraten	572
20.5.1	Allgemeines	572
20.5.2	Beizbäder	573
20.5.3	GS-Anodisierbäder	574
20.5.4	Farbelektrolyte	579
20.5.5	Retardations-Verfahren	580
20.6	Reinigen von Spülwässern	582
20.6.1	Allgemeines	582
20.6.2	Entfernung des Aluminiums	582
20.6.3	Verminderung des Sulfatgehaltes	584
20.6.4	Verminderung des Nitratgehaltes	585
20.6.5	Entfärbung des Spülwassers	586
20.6.6	Wiederverwendung des Spülwassers	589
21	Prüfen der Anodisierqualität	591
21.1	Allgemeines	591
21.2	Verfahren und Geräte zur Schichtprüfung	592
21.2.1	Schichtdicke	592
21.2.2	Glanz	600
21.2.3	Farbe	603
21.2.4	Porigkeit	604
21.2.5	Korrosionsbeständigkeit	605
21.2.6	Verdichtungsqualität	608
21.2.7	Härte und Verschleißwiderstand	615
21.2.8	Licht- und Wetterechtheit	616
21.3	Normung zur Gütesicherung	619
21.3.1	Allgemeines	619
21.3.2	Gütezeichen für anodisierte Bauteile	620
22	Fehlerarten und Fehleranalyse	637
22.1	Durch Materialbeschaffenheit bedingte Fehler	637
22.1.1	Legierungsbedingte Besonderheiten	637
22.1.2	Heterogenitäten im Grundwerkstoff	638
22.1.3	Zusammengefügte Bauteile	638
22.2	Durch Arbeitsabläufe bedingte Fehler	639
22.2.1	Fehler bei der mechanischen Oberflächenbehandlung	639
22.2.2	Fehler beim Aufhängen der Ware	643
22.2.3	Fehler bei der Entfettung	645
22.2.4	Fehler beim Beizen	646
22.2.5	Fehler beim Glänzen	648

22.2.6 Fehler beim Anodisieren	649
22.2.7 Fehler beim Färben	654
22.2.8 Fehler beim Verdichten	658
22.2.9 Fehler durch das Spülen	659
22.3 Fehler und Fehlerursachen in alphabetischer Auflistung	661
23 Dokumentation	677
23.1 Fachbücher	677
23.2 Fachzeitschriften	677
23.3 Veröffentlichungen und Patente	678
23.3.1 Reinigen, Entfetten	678
23.3.2 Beizen	678
23.3.3 Ätzen	678
23.3.4 Spezial-Vorbehandlungen	679
23.3.5 Chemische Glänzverfahren	679
23.3.6 Anodische Glänzverfahren	679
23.3.7 Chemische Oxidschichten (Konversionsschichten)	680
23.3.8 Anodische Oxidation, Grundlagenarbeiten	680
23.3.9 Anodische Oxidation, Arbeiten zur Praxis	681
23.3.10 Anodische Oxidation mit Schwefelsäure	682
23.3.11 Anodische Oxidation mit Oxalsäure	683
23.3.12 Anodische Oxidation mit Chromsäure	683
23.3.13 Anodische Oxidation mit speziellen Elektrolyten	684
23.3.14 Hartanodisation	684
23.3.15 Matte Oxidschichten	685
23.3.16 Spezialverfahren für anodische Oxidation	685
23.3.17 Allgemeine Arbeiten über anodische Oxidation und/oder Färben und Verdichten	685
23.3.18 Färben der Oxidschicht, allgemein	686
23.3.19 Färben der Oxidschicht, organisch	686
23.3.20 Färben der Oxidschicht, anorganisch	687
23.3.21 Farbanodisation	688
23.3.22 Elektrolytische Färbeverfahren	688
23.3.23 Mehrfarbendruck	690
23.3.24 Mehrfarbeneffekte durch Reservedruckverfahren	690
23.3.25 Mehrfarbeneffekte durch Direktdruckverfahren	690
23.3.26 Mehrfarbeneffekte durch Kontaktverfahren	690
23.3.27 Zweifarbeneffekte durch mechanisches und/oder chemisches Ätzen	691

23.3.28	Fotoverfahren mit Bichromat und anderen Stoffen als Reserve	691
23.3.29	Fotoverfahren mit Azofarbstoffen	691
23.3.30	Mehrfarbenefekte durch spezielle Technik	691
23.3.31	Verdichten, allgemeine Arbeiten	692
23.3.32	Kaltverdichten	692
23.3.33	Verdichtungsverfahren	693
23.3.34	Witterungsbeständigkeit	694
23.3.35	Reinigung, Unterhalt	694
23.3.36	Einrichtung der anodischen Oxidation	695
23.3.37	Kontinuierliches Anodisieren	696
23.3.38	Spülen	697
23.3.39	Abwasserbehandlung	697
23.3.40	Prüfung der anodischen Schicht	699
23.3.41	Verdichtung, Prüfung	700
23.3.42	Behandlung der Oxidschicht	701
Sachwortverzeichnis		703