

Anodisch oxidierte Erzeugnisse
aus Aluminium und Aluminium-Knetlegierungen
Technische Lieferbedingungen

DIN
17611

ICS 25.220.20;77.150.10

Ersatz für DIN 17611:1985-06

Anodized products of wrought aluminium and wrought aluminium alloys —
Technical conditions of delivery

Produits anodisés en aluminium corroyé et en alliages d'aluminium
corroyé —
Conditions techniques de livraison

Inhalt

	Seite
Vorwort	1
1 Anwendungsbereich	2
2 Normative Verweisungen	2
3 Lieferqualität	3
4 Anodisiergerechtes Konstruieren	4
5 Anodische Oxidation	4
6 Anforderungen	6
7 Prüfverfahren	7
8 Loseinteilung und Prüfumfang	8
9 Maßnahmen für Transport, Lagerung und Montage	8
Literaturhinweise	8

Vorwort

Diese Norm wurde vom FNNE-Arbeitsausschuss 2.15 "Anodisch oxidiertes Aluminium" erarbeitet.

Auf Grund der Zurückziehung aller in der DIN 17611:1985-06 zitierten DIN-Normen und den entsprechenden Ersatz durch Europäische Normen wurde diese Überarbeitung zwingend erforderlich.

Änderungen

Gegenüber der DIN 17611:1985-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Titel der Norm geändert.
- b) Erweiterung des Anwendungsbereiches durch Aufnahme von Schichtdicken kleiner 10 µm und größer 20 µm.
- c) Zurückgezogene DIN-Normen durch entsprechende DIN EN-Normen ersetzt.
- d) Vorbehandlungsarten der Oberfläche E7 und E8 in Tabelle 1 aufgenommen.
- e) Aufnahme der Kaltimprägnierung in 5.4.
- f) Schichtdickenklassifizierung in Tabelle 2 vollständig überarbeitet.
- g) Bestimmung des Masseverlustes in 7.2.3 mit vorheriger Säurebehandlung
- h) Inhalt vollständig überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 17611: 1969-06, 1985-06
DIN V 17611: 1964-05, 1981-12
DIN 17612: 1969-06

Fortsetzung Seite 2 bis 8

Normenausschuss Nichteisenmetalle (FNNE) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt die Technischen Lieferbedingungen für anodisch oxidierte Erzeugnisse aus Aluminium und Aluminium-Knetlegierungen fest, die bevorzugt für die Metallverarbeitung verwendet werden. Durch die anodische Oxidation wird auf der Oberfläche von Aluminium eine Oxidschicht erzeugt, die eine erhöhte Beständigkeit bei Korrosionsbeanspruchung bewirkt. Außerdem kann bei geeigneten Legierungen das durch eine Vorbehandlung nach Tabelle 1 erzielte dekorative Aussehen dauerhaft bewahrt werden.

Erzeugnisse im Sinne dieser Norm sind:

- Bleche und Bänder nach DIN EN 485-1;
- gezogene Stangen und Rohre nach DIN EN 754-1;
- stranggepresste Stangen, Rohre und Profile nach DIN EN 755-1;
- Präzisionsprofile nach E DIN EN 12020-1;

Diese Norm gilt nicht für:

- Erzeugnisse mit Oxidschichten, die nach dem Hartanodisationsverfahren für technische Zwecke erzeugt werden;
- Erzeugnisse mit Oxidschichten, die nach dem Bandanodisationsverfahren erzeugt werden;
- Erzeugnisse, die nach der anodischen Oxidation umgeformt werden.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

DIN EN 485-1, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Bänder, Bleche und Platten — Teil 1: Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 485-1:1993.*

DIN EN 573-3, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Chemische Zusammensetzung und Form von Halbzeug — Teil 3: Chemische Zusammensetzung; Deutsche Fassung EN 573-3:1994.*

DIN EN 754-1, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Gezogene Stangen und Rohre — Teil 1: Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 754-1:1997.*

DIN EN 755-1, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile — Teil 1: Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 755-1:1997.*

E DIN EN 12020-1, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Stranggepresste Präzisionsprofile aus Legierungen EN AW-6060 und EN AW-6063 — Teil 1: Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung prEN 12020-1:1995.*

DIN EN 12373-4, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Anodisieren — Teil 4: Abschätzung der Anfärbbarkeit von anodisch erzeugten Oxidschichten nach dem Verdichten durch Farbtropfentest mit vorheriger Säurebehandlung; Deutsche Fassung EN 12373-4:1998.*

DIN EN 12373-5, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Anodisieren — Teil 5: Prüfung der Qualität von verdichteten, anodisch erzeugten Oxidschichten durch Messung des Scheinleitwertes; Deutsche Fassung EN 12373-5:1998.*

DIN EN 12373-7, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Anodisieren — Teil 7: Prüfung der Qualität von verdichteten, anodisch erzeugten Oxidschichten durch Bestimmung des Masseverlustes nach Eintauchen in Chromphosphorsäure-Lösung mit vorheriger Säurebehandlung; Deutsche Fassung EN 12373-7:1998.*

DIN EN ISO 1463, *Metall- und Oxidschichten — Schichtdickenmessung — Mikroskopisches Verfahren (ISO 1463:1982); Deutsche Fassung EN ISO 1463:1994.*

DIN EN ISO 2360, *Nichtleitende Überzüge auf nichtmagnetischen Grundmetallen — Messen der Schichtdicke — Wirbelstromverfahren (ISO 2360:1982); Deutsche Fassung EN ISO 2360:1995.*

3 Lieferqualität

3.1 Eloxalqualität

Für Erzeugnisse, an die nach der anodischen Oxidation Ansprüche an ein dekoratives Aussehen gestellt werden, ist Halbzeug in Eloxalqualität (EQ) zu bestellen.

Halbzeug in Eloxalqualität erfordert besondere Maßnahmen im Hinblick auf die spätere dekorative Verwendung, d. h. abgestimmte chemische Zusammensetzung, Fertigungsparameter, Behandlung, Prüfung und Verpackung.

Zu anodisierende Teile, die zu einer geschlossenen Fläche zusammengesetzt werden, sollten aus einer Fertigungscharge bestellt werden, da unterschiedliche Fertigungschargen, Halbzeuge, Legierungen und Anodisierverfahren zu unterschiedlichem Aussehen der Oberfläche führen können.

Eloxalqualität muss bei der Bestellung gesondert vereinbart werden.

Geeignete Werkstoffe sind z. B.:

EN AW-Al Mg1, EN AW-Al Mg1,5, EN AW-Al Mg2, EN AW-Al Mg3¹⁾, EN AW-Al MgSi,

EN AW-Al 99,8(A), EN AW-Al 99,7 und EN AW-Al 99,5 nach DIN EN 573-3.

Für die Oberflächenbeschaffenheit der Halbzeugarten gelten die jeweiligen Technischen Lieferbedingungen der im Abschnitt 1 genannten Normen.

Bei der Bestellung des Halbzeuges ist die vorgesehene Oberflächenvorbehandlung nach Tabelle 1 anzugeben, sowie das zu verwendende Verfahren der anodischen Oxidation (siehe 5.3)

z. B. Profil E DIN EN 12020-1 AW-Al MgSi-T6-EQ-E6/C-33

Die Bezeichnung eines Halbzeugs hat nach der betreffenden Norm, in der das Halbzeug genormt ist, zu erfolgen, wobei zusätzlich die vorgesehene Oberflächenvorbehandlung nach Tabelle 1 anzugeben ist.

	Blech	DIN EN 485-1	AW-Al Mg2	—	H18	—	EQ	—	E6/C
Benennung	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Nummer der Norm	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Werkstoffbezeichnung	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Werkstoffzustand	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Qualität	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Vorbehandlung/Farbbezeichnung (z. B. C-33, mittelbronze, siehe Aluminium-Merkblatt O 4)	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

1) EN AW-Al Mg3 kann nicht uneingeschränkt für die elektrolytische Einfärbung (2-Stufen-Verfahren) empfohlen werden.

3.2 Normalqualität

Halbzeug, das in Normalqualität hergestellt wird, kann ebenfalls anodisch oxidiert werden. Hierbei dürfen jedoch keine Ansprüche an ein dekoratives Aussehen gestellt werden, auch dann nicht, wenn eine der in Tabelle 1 genannten Vorbehandlungen durchgeführt worden ist.

4 Anodisiergerechtes Konstruieren

Zum Erzielen eines dekorativen Aussehens der Oberfläche ist ein anodisiergerechtes Konstruieren erforderlich. Zu berücksichtigen sind z. B. notwendige Kontaktstellen, Überbreiten, Überlängen, Dimensionierung und Auslauföffnungen für Hohlkörper; Schweißnähte wie auch Strangpressnähte können nach dem Anodisieren sichtbar werden.

Kontaktstellen sind verfahrensbedingt und deshalb nicht zu vermeiden. Die Lage der Kontaktstellen ist unter Berücksichtigung der Sichtflächen zwischen Auftraggeber und ausführendem Betrieb zu vereinbaren.

5 Anodische Oxidation

5.1 Werkstoffe

Dem die Oberflächenbehandlung ausführenden Betrieb sind Werkstoff und Werkstoffzustand der angelieferten Teile anzugeben.

5.2 Vorbehandlung

Die mechanische, chemische und/oder elektrochemische Vorbehandlung dient dazu, die Oberfläche der Teile für die anodische Oxidation vorzubereiten. Hierdurch können bestimmte Oberflächeneffekte erzielt werden. Die Art der jeweiligen Behandlung ist durch das entsprechende Kurzzeichen anzugeben, siehe Tabelle 1.

Es ist zu beachten, daß unter denselben Kurzzeichen durch technisch unvermeidbare Schwankungen sich unterschiedliche Oberflächeneffekte ergeben können. Deshalb müssen zwischen dem Auftraggeber und dem die Oberflächenbehandlung ausführenden Betrieb Vereinbarungen über das gewünschte Aussehen für das Halbzeug bzw. für daraus hergestellte Teile, getrennt nach Walz- und Strangpresserzeugnissen, getroffen werden. Falls für Vergleichszwecke gefordert, muss der zulässige Schwankungsbereich durch mindestens zwei Grenzmuster definiert werden.

Tabelle 1 — Bezeichnungssystem für die Vorbehandlung der Oberfläche

Symbol	Art der Vorbehandlung	Anmerkungen
E0	Entfetten und Desoxidieren	Oberflächenbehandlung vor dem Anodisieren, bei dem die Oberfläche ohne weitere Vorbehandlung entfettet und desoxidiert wird. Mechanische Oberflächenfehler, z. B. Eindrücke und Kratzer, bleiben sichtbar. Korrosionsstellen, die vor der Behandlung kaum wahrgenommen werden konnten, können nach der Behandlung sichtbar werden.
E1	Schleifen	Schleifen führt zu einem vergleichsweise einheitlichen, aber etwas stumpfmatten Aussehen. Alle vorhandenen Oberflächenfehler werden weitgehend beseitigt, aber in Abhängigkeit von der Schleifmittelkörnigkeit können Schleifriefen sichtbar bleiben.
E2	Bürsten	Mechanisches Bürsten bewirkt eine einheitliche glänzende Oberfläche mit sichtbaren Bürstenstrichen. Oberflächenfehler werden nur teilweise entfernt.
E3	Polieren	Mechanisches Polieren führt zu einer glänzenden, blanken Oberfläche, während Oberflächenfehler nur teilweise beseitigt werden.
E4	Schleifen und Bürsten	Durch Schleifen und Bürsten wird eine einheitlich glänzende Oberfläche erreicht; mechanische Oberflächenfehler werden beseitigt. Korrosionsstellen, die bei den Behandlungen E0 oder E6 sichtbar werden können, werden beseitigt.
E5	Schleifen und Polieren	Durch Schleifen und Polieren wird ein glattes, glänzendes Erscheinungsbild erreicht; mechanische Oberflächenfehler werden beseitigt. Korrosionswirkungen, die bei den Behandlungen E0 oder E6 sichtbar werden können, werden beseitigt.
E6	Beizen	Nach dem Entfetten erhält die Oberfläche einen seidenmatten oder matten Glanz, indem sie in speziellen alkalischen Beizlösungen behandelt wird. Mechanische Oberflächenfehler werden ausgeglichen, jedoch nicht vollständig beseitigt. Korrosionseinwirkungen auf der Metalloberfläche können beim Beizen sichtbar werden. Eine mechanische Vorbehandlung vor dem Beizen kann diese Wirkungen beseitigen; es ist jedoch günstiger, das Metall so zu behandeln und zu lagern, daß Korrosion vermieden wird.
E7	Chemisches oder elektrochemisches Glänzen	Nach dem Entfetten der Oberfläche in einem Dampfentfettungsmittel oder in einem nichtätzenden Reinigungsmittel wird die Oberfläche durch eine Behandlung in speziellen chemischen oder elektrochemischen Glänzbädern hochglänzend. Oberflächenfehler werden nur in begrenztem Umfang beseitigt, und Korrosionseinwirkungen können sichtbar werden.
E8	Polieren und chemisches oder elektrochemisches Glänzen	Schleifen und Polieren mit nachfolgendem chemischen oder elektrochemischen Glänzen. Diese Behandlung führt zu einem hochglänzenden Erscheinungsbild; mechanische Oberflächenfehler und beginnende Korrosion werden im allgemeinen beseitigt.
ANMERKUNG Bei der Vorbehandlung E0 wird die natürliche Oxidschicht ohne wesentlichen Metallabtrag entfernt. Alle anderen Vorbehandlungen arbeiten mit erhöhtem Metallabtrag.		

5.3 Verfahren der anodischen Oxidation

Das anodisierte Aluminium kann naturfarben belassen oder nach unterschiedlichen Verfahren eingefärbt werden, z. B. durch adsorptive Färbung, elektrolytische Färbung, Integralfärbung, kombinierte Färbeverfahren und Interferenzfärbung.

Das jeweilige Verfahren der anodischen Oxidation und der möglichen Farbgebung ist zwischen Auftraggeber und ausführendem Betrieb zu vereinbaren, jedoch bleiben die Einzelheiten des Verfahrens dem ausführenden Betrieb überlassen.

Einige Festlegungen und Beschreibungen der Verfahren der anodischen Oxidation und der möglichen Farbgebung sind im Aluminium-Merkblatt O 4 (siehe Literaturhinweise) der Aluminium-Zentrale e. V., Düsseldorf, enthalten.

5.4 Verdichten

Anodisch erzeugte Oxidschichten müssen grundsätzlich verdichtet werden. Das Verdichten soll vorzugsweise in entsalztem, siedendem Wasser von über 96 °C oder in Dampf vorgenommen werden, mit einer Verdichtungszeit von 3 min je 1 µm Oxidschichtdicke.

Die das dekorative Aussehen beeinträchtigenden Verdichtungsbeläge auf den Sichtflächen müssen entweder durch Badzusätze verhindert oder nachträglich durch Reinigen beseitigt werden.

Kaltimprägnieren auf Basis von Nickelfluorid/Kobaltfluorid ist bei sachgemäßer Durchführung zulässig. Anschließend hat eine Warmwasserbehandlung bei über 60 °C mit ca. 1 min je 1 µm Oxidschichtdicke zu erfolgen.

6 Anforderungen

6.1 Dicke der Oxidschicht

Anodisierte Oberflächen müssen je nach Lage und Beanspruchung die in Tabelle 2 aufgeführten Mindestschichtdicken aufweisen.

Tabelle 2 — Mindestdicke der Oxidschicht

Klasse	Mindestschichtdicke ^{a b} in µm	Lage und Beanspruchung
10	10	Innen, trocken
15	15	Innen, zeitweise nass. Außen, ländliche Atmosphäre ohne Luftverunreinigungen (nur geringe SO ₂ -Mengen aus Haus- und Industriefeuerungen)
20	20	Außen, Stadt- und Industriatmosphäre (SO ₂ aus Verbrennungs- und Industrieabgasen)
25	25 ^c	Bei besonders aggressiver Atmosphäre z. B. Kombination von Industrie- und Seeklima
^a Es ist zu beachten, daß die Schichtdicke in Nuten aufgrund der Profilgeometrie und der Streufähigkeit des Anodisierbades geringer sein kann. ^b Für Sonderfälle mit getrennt zu spezifizierenden Anforderungen sind auch Schichtdicken von 5 µm oder kleiner möglich. ^c Schichtdicken von 30 µm sollten nicht überschritten werden, weil sonst deren Beständigkeit wieder geringer wird.		

6.2 Qualität der Oxidschicht

Die anodische Oxidation und das Verdichten müssen so durchgeführt werden, daß die Schicht die Bedingungen der Prüfverfahren nach Abschnitt 7 erfüllt.

6.3 Oberflächenaussehen

Über das dekorative Aussehen, den Glanz, die Farbe sowie die Farbtiefe anodisch oxidierten Halbzeugs sind jeweils zwischen den Vertragspartnern genaue Abmachungen zu treffen, am besten anhand von nach Halbzeugarten getrennten Grenzmustern. Leichte Farbtonunterschiede, die auf material- und verfahrensbedingte zulässige Streuungen zurückzuführen sind, lassen sich nicht vermeiden.

Zur Beurteilung des dekorativen Aussehens sind für Sichtflächen folgende Betrachtungsabstände — senkrecht zur Oberfläche — bei diffusem Tageslicht einzuhalten:

- bei Außenteilen im Erdgeschoß: 3 m;
- bei Außenteilen in Obergeschossen: 5 m;
- bei Innenteilen: 2 m;
- für die Farbe im Vergleich mit den Grenzmustern: höchstens 1 m;
- andere Betrachtungsabstände und -kriterien sind zwischen Auftraggeber und ausführendem Betrieb zu vereinbaren.

Falls das dekorative Aussehen an anodisch oxidierten Teilen im eingebauten Zustand beurteilt werden soll, ist vorher eine Reinigung dieser Teile durchzuführen.

7 Prüfverfahren

7.1 Messen der Schichtdicke

Für den Prüfumfang gilt Tabelle 3, siehe 8.2.

Die Schichtdicke wird nach einem der beiden nachstehenden Prüfverfahren gemessen.

7.1.1 Messen der Schichtdicke mit Wirbelstromgeräten nach DIN EN ISO 2360

Dieses zerstörungsfreie Verfahren eignet sich besonders zum Messen der Schichtdicke an ebenen Flächen.

Die Dicke der Oxidschicht auf der Sichtfläche wird an mindestens 5 Meßstellen von je 0,5 cm² Fläche mit je 3 bis 5 Einzelmessungen bestimmt. Aus den jeweiligen Einzelmessungen wird der Mittelwert berechnet.

Meßunsicherheit: $\pm 2 \mu\text{m}$.

7.1.2 Messen der Schichtdicke am Schliff mit dem Mikroskop nach DIN EN ISO 1463

Dieses Verfahren bedingt die Zerstörung des zu prüfenden Werkstückes.

Die Dicke der Oxidschicht auf der Sichtfläche wird an zwei Stellen, die möglichst mehr als 800 mm voneinander entfernt liegen, gemessen.

Meßunsicherheit: $\pm 0,8 \mu\text{m}$.

7.2 Prüfung der Beständigkeit

7.2.1 Messen des Scheinleitwertes nach DIN EN 12373-5

Der auf eine Schichtdicke von 20 μm bezogene Scheinleitwert Y_{20} darf bei ungefärbten Oxidschichten nicht mehr als 20 μS betragen. Die Prüfung ist innerhalb von 48 h nach dem Verdichten durchzuführen. Bei farbigen und gefärbten Oxidschichten können unter Umständen andere Grenzwerte die ausreichende Beständigkeit kennzeichnen.

7.2.2 Farbtropfentest nach DIN EN 12373-4

Die Verdichtung gilt bei einer Intensität des Farbflecks von 0 bis 2 der Farbskala als zufriedenstellend. Die Prüfung ist nur bei ungefärbten Oxidschichten anwendbar.

7.2.3 Bestimmung des Masseverlustes nach DIN EN 12373-7

Der Masseverlust wird nach Eintauchen in Chromphosphorsäure-Lösung mit vorheriger Säurebehandlung bestimmt und darf nicht mehr als 30,0 mg/dm² betragen.

8 Loseinteilung und Prüfumfang

8.1 Loseinteilung

Als Prüflös gilt diejenige Menge von anodisch oxidierten Teilen, die gleichzeitig zur Abnahme vorgelegt wird, ohne Rücksicht auf Zusammensetzung, Lieferzustand, Querschnitt und Länge. Nach verschiedenen Anodisierverfahren behandelte Teile sollten jedoch nicht in einem Prüflös zusammengefaßt werden.

8.2 Prüfumfang

Der Prüfumfang für die Schichtdickenmessung (siehe 7.1) ist in Tabelle 3 festgelegt.

Tabelle 3 — Anzahl der Proben für die Schichtdickenmessung

Anzahl der Teile im Prüflös	Anzahl der zu prüfenden Teile	Zulässige Anzahl nicht entsprechender Proben ^a
1 bis 10	alle	0
11 bis 200	10	1
201 bis 300	15	1
301 bis 500	20	2
501 bis 800	30	3

^a Anzahl der Proben mit Schichtdicken zwischen 80 % und 100 % der Mindestschichtdicke nach Tabelle 2, wobei keine Probe eine geringere Schichtdicke als 80 % des Sollwertes aufweisen darf.

Für andere Prüfverfahren (siehe 7.2) ist der Prüfumfang bei Bestellung zu vereinbaren.

9 Maßnahmen für Transport, Lagerung und Montage

Transport und Lagerung von zu anodisierenden und anodisierten Erzeugnissen müssen zum Vermeiden von Beschädigungen sachgemäß durchgeführt werden. Zusätzliche Maßnahmen, die dem Schutz des Halbzeuges bzw. der Teile während des Transportes, der Lagerung und bei der Montage dienen, müssen vereinbart werden.

Literaturhinweise

Aluminium-Merkblatt O 4 "Anodisch oxidiertes Aluminium für dekorative Zwecke", erhältlich bei Aluminium-Zentrale e. V., Postfach 10 12 62, 40003 Düsseldorf



Aluminium-Zentrale e.V.
Beratung und Information

Aluminium-Merkblätter

Architektur

- A 1 Aluminium-Dachdeckung und -Wandverkleidung DM 3, –
- A 2 Aluminium-Dachdeckung (Doppelkalz- und Leistendach) DM 3, –
- A 5 Reinigen von Aluminium im Bauwesen DM 3,50
- A 6 Folien und dünne Bänder aus Aluminium als Funktionsträger für Dämmelemente und Dichtungsbahnen im Bauwesen DM 2,50
- A 7 Richtlinien für die Verlegung von Aluminium-Profilatefn DM 5, –
- Bearbeiten**
- B 1 Biegen von Aluminium-Halbzeug DM 3, –
- B 2 Spanen von Aluminium DM 3,50
- Elektrotechnik**
- E 1 Aluminium in Schallanlagen DM 3, –
- E 2 Verbindungsverfahren für Kabel-Leiter DM 3, –
- Oberfläche**
- O 2 Chemische Oxidation, Chromatieren und Phosphatieren von Aluminium DM 3, –
- O 3 Beschichten von Aluminium DM 3, –
- O 4 Anodisch oxidiertes Aluminium für dekorative Zwecke DM 5, –
- O 5 Schleifen und Polieren von Aluminium DM 2,50
- O 6 Beizen und Entfetten von Aluminium DM 2,50
- O 8 Galvanische und chemische Überzüge DM 2,50
- O 11 Hartanodisieren DM 2,50
- Verbinden**
- V 1 Gasschweißen von Aluminium DM 2,50
- V 2 Lichtbogenschweißen von Aluminium DM 3, –
- (in Vorbereitung)
- V 4 Löten von Aluminium DM 3, –
- V 5 Nieten von Aluminium DM 3, –
- (in Vorbereitung)
- V 6 Verbinden von Aluminium durch Klebstoffe (in Vorbereitung)
- Werkstoff**
- W 2 Aluminium-Knetlegierungen DM 5, –

Herausgegeben
von der Aluminium-Zentrale e.V.
Postfach 12 07, 4000 Düsseldorf 1
Tel. (02 11) 32 08 21, Tx 8 587 407
Telefax (02 11) 32 70 16

Aufbewahren der Merkblätter:
Bestellen Sie bitte den Sammel-
ordner.

Weiterführende Literatur finden Sie in dem ausführlichen Verlags-Verzeichnis.
Bitte anfordern bei: Aluminium-Verlag GmbH, Postfach 12 07, Königswalle 30, 4000 Düsseldorf 1.
Telefon 02 11/32 08 21, Telex 85 87 407, Telefax 02 11/32 25 67.

Technische Angaben und Empfehlungen dieses Merkblattes beruhen auf dem Kenntnisstand bei Drucklegung ohne Gewähr oder Haftungübernahme.



Aluminium-Zentrale e.V.

Am Borneshof 5
D-40474 Düsseldorf
Postfach 10 12 82
D-40003 Düsseldorf
Telefon 02 11/47 96 - 200
Telefax 02 11/47 96 - 410



**Anodisch oxidiertes
Aluminium für
dekorative Zwecke**

15. Auflage

Inhalt

1	Einleitung	2
2	Anodische Oxidation	3
3	Verfahrensgruppen der anodischen Oxidation	5
4	Standard-Anodisierverfahren	7
5	Sonder-Anodisierverfahren	7
6	Farblose Oxidschichten	8
7	Farbige Oxidschichten	8
7.1	Tauchfärben	9
7.2	Elektrolytisches Färben	10
7.3	Farbanodisieren	10
7.4	Kombiniertes Färben	11
7.5	Standard-Farbfächer	11
8	Verdichten	12
8.1	Hydrothermisches Verdichten	12
8.2	Kaltimpregnieren	12
9	Oberflächenvorbehandlung	14
10	Werkstoffzusammensetzung und Gefügezustand	14
11	Eigenschaften der anodisch erzeugten Oxidschicht	18
12	Meß- und Prüfverfahren	20
13	Gütezeichen	21
14	Bearbeiten von anodisierten Teilen	21
15	Verbinden von anodisierten Teilen	22
16	Anwendung	23

1 Einleitung

Aluminium hat die Eigenschaft, sich mit Sauerstoff zu verbinden. In trockener Atmosphäre überzieht es sich mit einer dünnen, transparenten Oxidschicht, die sich bei mechanischer Beschädigung spontan erneuert. In feuchter Atmosphäre und unter Witterungseinfluß bildet sich im Laufe der Zeit eine dicke oxidische Deckschicht, die infolge von Schmutzeinlagerung hell- bis dunkelgrau und unansehnlich ist. Diese natürlichen Oxidschichten des Aluminiums schützen das Metall vor weiterem Korrosionsangriff und verleihen ihm eine hohe Beständigkeit. Die Korrosionsschutzwirkung geht jedoch verloren, wenn die Oxidschicht durch saure oder alkalische Einwirkung chemisch angegriffen und aufgelöst wird. Hieraus erklärt sich, daß das gute Korrosionsverhalten des Aluminiums auf den chemisch neutralen Bereich (pH 5 bis 8) beschränkt ist.

Die Schutzwirkung der Oxidschicht läßt sich erheblich verbessern, indem man künstlich durch Anodisieren

Schutzwirkung natürlicher Oxidschichten

Beständigkeit von Aluminium im Bereich pH 5 bis 8

Tiefbild: Bayerische Hypotheken- und Wechsel-Bank, München; Architekturen: Walthert + Beitz - Dr.-Ing. Walthert Beitz, Dipl.-Ing. Beitz, Eberhard Mehnert, München.

2 Anodische Oxidation

(Elektrolytisch) sehr widerstandsfähige Oxidschichten von wenigen µm bis über 100 µm auf der Aluminiumoberfläche erzeugt. Diese anodisch erzeugten Oxidschichten sind festhaftend mit dem Aluminium verbunden, hart und abriebfest. Sie sind vorwiegend transparent, können aber auch undurchsichtig oder opak sein. Das Verfahren der anodischen Oxidation macht es somit möglich, gezielt Oxidschichten zu erzeugen, die es gestatten, das Aussehen von Aluminiumoberflächen nicht nur in all ihrer Gestaltungsvielfalt dauerhaft zu erhalten, sondern auch durch zusätzliche Farbgebung voll zur Geltung zu bringen.

Das vorliegende Merkblatt befaßt sich mit den Verfahren der anodischen Oxidation zum dekorativen Oberflächen-schutz mit Oxidschichtdicken bis 30 µm. Technisch funktionelle Oxidschichten mit Schichtdicken von 25 µm bis etwa 150 µm behandelt Aluminium-Merkblatt O11 – «Hartanodisieren».

Anodisch erzeugte Oxidschichten

Dekorativer Oberflächenschutz mit Oxidschichtdicken bis 30 µm

Verfahrensprinzip der anodischen Oxidation

Porenfreie Sperrschicht

Feinporige Deckschicht

Grund- bzw. Sperrschicht: Der elektrische Widerstand dieser Sperrschicht steigt mit zunehmender Schichtdicke an und müßte zu einer Abnahme des Stromflusses führen. Dies ist in schwefelsäurehaltigen Elektrolyten nicht der Fall. Die Oxidschicht wird vom Elektrolyten chemisch angelöst, und es findet eine Umwandlung der Sperrschicht in eine feinporige Deckschicht statt. Da sich ein Gleichgewichtszustand zwischen Sperrschichtbildung und Sperrschichtumwandlung einstellt, kann die Deckschicht bei gleichbleibender Sperrschichtdicke weiterwachsen. Der Anionentransport erfolgt durch die Poren der Deckschicht. Diese wächst proportional zum Stromdurchgang, unterliegt aber gleichzeitig einer chemischen Rücklösung durch den Elektrolyten. Für eine Schichtdicke von 20 µm wird in der Praxis eine Strom-

Chemische Rücklösung

menge von etwa $1 \text{ A} \cdot \text{h}/\text{dm}^2$ benötigt. Da das Aluminiumoxid im Vergleich zum metallisch umgewandelten Aluminium einen größeren Volumenanteil besitzt, wächst die Oxidschicht, bezogen auf die ursprüngliche Aluminiumoberfläche, in einem Verhältnis von etwa $1/3$ aus dem Metall heraus und zu $2/3$ ins Metall hinein.

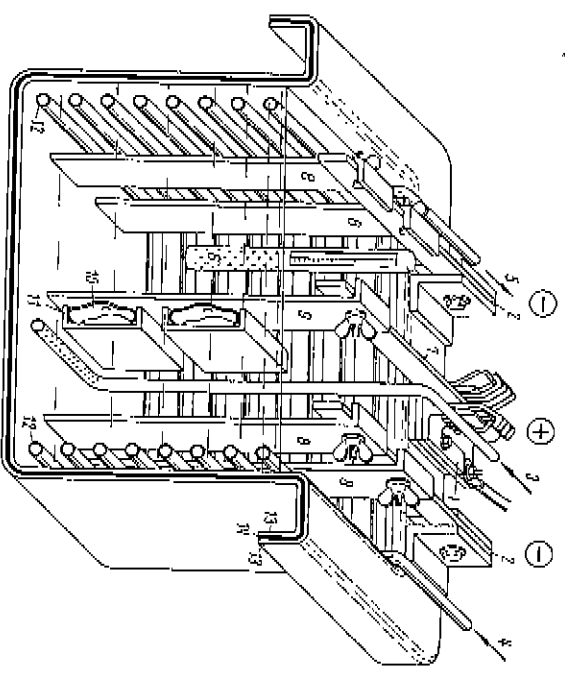


Bild 1: Schema einer Anodierzelle

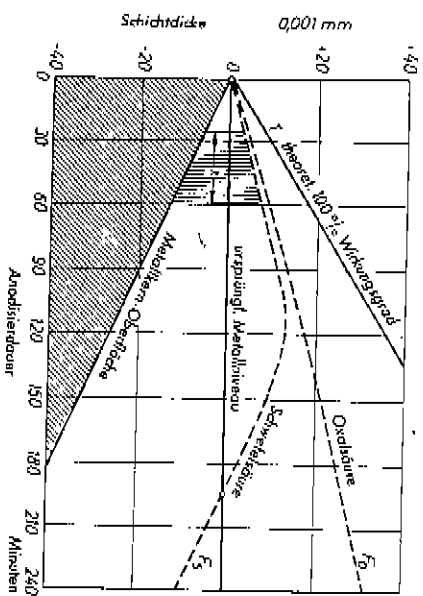
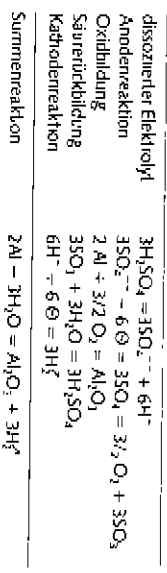


Bild 2: Niveau von Metallbasis und Schichtaußenfläche F beim Wachsen der anodischen Oxidschichten in Oxalsäure- und Schwefelsäurelösung (Stromdichte ca. $1,6 \text{ A}/\text{dm}^2$, x – technischer Bereich für Schwefelsäure)

- 1 Anodenklemme
- 2 Kathodenstange mit Kathodenklammern
- 3 Luftführung
- 4 Kühlwasserzulauf
- 5 Kühlwasserauslauf
- 6 Badthermometer
- 7 Wärmetauscher (Anode)
- 8 Kathoden
- 9 Einhängvorrichtung
- 10 Halteklammern
- 11 Aluminiumprofile
- 12 Kühlrohre
- 13 Außen- und innen-Hargarnierung
- 14 Stahlwanne

Die Elektrodenvorgänge der anodischen Oxidation im wässrigen, schwefelsäurehaltigen Elektrolyten lassen sich vereinfacht wie folgt darstellen:



3 Verfahrensgruppen der anodischen Oxidation

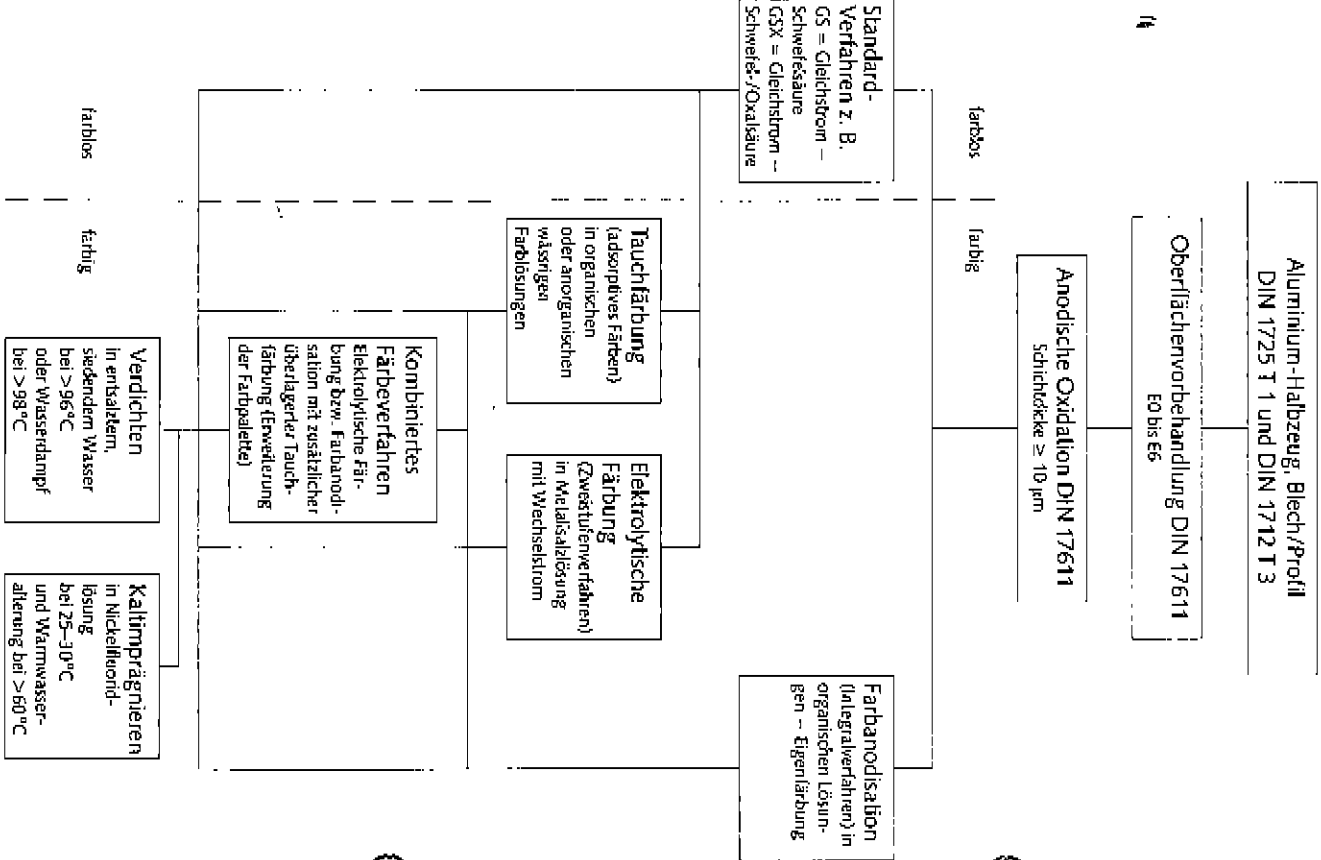
Die Vielzahl der entwickelten Anodisierverfahren ermöglicht es, Oxidschichten mit unterschiedlichen Eigenschaften zu erzeugen. So lassen sich verfahrensabhängig Oxidschichten unterschiedlicher Dicke herstellen, wobei die Schichten dekorativ sein können, durchsichtig oder undurchsichtig, farblos oder farbig, färbbar oder bedingt färbbar sowie technisch funktionell in ihren weiteren Eigenschaften hart, verschleißfest und elektrisch isolierend. Hierzu ergibt sich, daß anodisch erzeugte Oxidschichten unterschiedlichen Anforderungen genügen und viele Anwendungsgebiete gefunden haben. Tabel 1 gibt eine Übersicht über die Verfahrensgruppen der anodischen Oxidation und die entsprechenden Anwendungsgebiete.

Tabel 1: Verfahrensgruppen der anodischen Oxidation und zugehörige Anwendungsgebiete

Art des Verfahrens	Schichtdicke in µm	Farbe der Oxidschicht	Anwendungsgebiete
Standard-Verfahren	5 bis 25	farblos, durchsichtig, auch gelblich	Bauwesen, Autorteile, Haushaltsgeräte und ganz allgemein als Oberflächenschutz
Farbanodisierungsverfahren	15 bis 35	hellgelb bis schwarz	Innen- und Außenarchitektur
Zweistufenverfahren	15 bis 25	hellbronze bis schwarz	Innen- und Außenarchitektur
Hardanodisierungsverfahren	25 bis 150	grau bis schwarz	Maschinenbau und Hydraulik
Bandanodisierung	2 bis 30	farblos	Innenarchitektur, Elektronikindustrie
Sonder-Verfahren	5 bis 15	farblos bis grau	Flugzeugbau usw.

Verfahrensabhängige Schichteigenschaften

Tafel 2: Aluminium-Oberflächenbehandlung – Anodische Oxidation



Maßgebend für das Anodisieren ist DIN 17 611
»Anodisch oxidiertes Halbzeug aus Aluminium und Aluminium-Knetlegierungen mit Schichtdicken von mindestens 10 µm – Technische Lieferbedingungen«.

Maßgebende Norm für das Anodisieren DIN 17 611

4 Standard-Anodisierverfahren

Die Standard-Anodisierverfahren arbeiten vorwiegend mit Gleichstrom in Schwefelsäure- und/oder Oxalsäure-Elektrolyten. Von den in Tafel 3 aufgeführten Verfahren werden heute das GS- und das GSX-Verfahren bevorzugt angewendet. Beide Verfahren arbeiten infolge eines geringen Energiebedarfes und des preiswerten Schwefelsäureelektrolyten kostengünstig.

Tafel 3: Einige Standard-Anodisierverfahren

Bezeichnung des Verfahrens	Kurzzeichen	Elektrolyt	Stromart	Spannung in V	Stromdichte A/dm²	Temperatur °C	Eigenfärbung der Schicht
Gleichstrom-Schwefelsäure	GS	Schwefelsäure 15-20 %	Gleichstrom	12 bis 20	1 bis 2	18 bis 22	keine
Gleichstrom-Schwefelsäure	GSX	Schwefelsäure 15-20 %	Gleichstrom	20 bis 25	1 bis 2	20 bis 25	keine
Schwefelsäure-Oxalsäure		Oxalsäure ca. 0,1 %					
Wechselstrom-Oxalsäure	WX	Oxalsäure 5 bis 10 %	Wechselstrom	20 bis 60	2 bis 3	25 bis 35	gelblich
Gleichstrom-Oxalsäure	GX	Oxalsäure 3 bis 5 %	Gleichstrom	20 bis 60	1 bis 2	18 bis 20	gelblich
Wechselstrom-Oxalsäure	WXGX	Oxalsäure ca. 10 %	Wechselstrom	30 bis 60	2 bis 3	20 bis 30	gelblich
Gleichstrom-Oxalsäure			Gleichstrom	40 bis 60	1 bis 2	20	

5 Sonder-Anodisierverfahren

Die Sonder-Anodisierverfahren arbeiten mit Gleichstrom und Elektrolyten auf der Basis Chromsäure, Oxalsäure oder Schwefelsäure. Die erzeugten Oxidschichten sind vorwiegend undurchsichtig, milchig oder opak. Das Anodisieren in Chromsäure wird vorwiegend in der Flugzeugindustrie angewendet. Diese Oxidschichten besitzen eine relativ gute Laugenbeständigkeit. Ematal-Schichten sind hart und abriebfest und werden in der Textilindustrie und für Stricknadeln verwendet.

Tafel 4: Einige Sonder-Anodisierverfahren

Bezeichnung des Verfahrens	Spannung in V	Stromdichte A/dm ²	Temperatur °C	Eigenfärbung der Schicht	Schichtdicke µm	Elektrolyt
Bengough-Stuart	20 bis 40	0,3 bis 0,8	40	grau	bis 8	Chromsäure
Emal	120	2 bis 3	50 bis 70	emailartig		Oxalsäure mit Zusätzen an Titan und Zirkonsäuren
Thymal	15 bis 20	1 bis 3	20 bis 35	grau	5 bis 60	Schwefelsäure mit Zusätzen
GS-Eloxalbad „155a“	15 bis 20	1 bis 2	20 bis 30	farblos	2 bis 25	Schwefelsäure
Pigmental	25	2 bis 2,5	60 bis 65	farblos	5 bis 10	Chromsäure
Chromakal	10 bis 50	0,5 bis 2	35 bis 40	milchig, undurchsichtig	2 bis 10	Chromsäure
HT-Verfahren	15 bis 20	1 bis 3	18 bis 35	hellgrau opak	5 bis 60	Chromsäure
				transparent farblos		Schwefelsäure mit Zusätzen

6 Farblose Oxidschichten

Farblose Oxidschichten (Naturton) werden nach dem GS- oder GSX-Verfahren hergestellt. Das durch mechanische oder chemische Oberflächenvorbehandlung (vgl. 9) erzielte Oberflächenaussehen des Aluminiums bleibt infolge der Transparenz der Oxidschicht in dem natürlichen Metallcharakter voll erhalten. Der Grad der Transparenz richtet sich dabei nach der Oxidschichtdicke und der Werkstoffzusammensetzung. Geeignet für dekorative Ansprüche sind Reinaluminium und homogene, niedrig legierte AlMg- und AlMgSi-Werkstoffe in Eloxalqualität (vgl. 10). Höhere Legierungsanteile bewirken, daß heterogene Bestandteile in die Oxidschicht eingebaut werden, wodurch eine Trübung und Färbung der Schicht eintritt.

Besonders hohe Anforderungen an die Transparenz der Oxidschicht werden gestellt, wenn mechanisch polierte, chemisch oder elektrolytisch geglänzte Oberflächen zur Erhaltung des Glanzes anodisiert werden. Die Oxidschichtdicken betragen meist bis zu 6 µm, um den Glanzverlust gering zu halten.

Farblose Oxidschichten nach dem GS- oder GSX-Verfahren

Abhängigkeit der Schichttransparenz vom Werkstoff und Gefügestand

Glanz-anodisieren

7 Farbige Oxidschichten

Farbige Oxidschichten lassen sich herstellen, indem nach dem GS- oder GSX-Verfahren erzeugte Oxidschichten durch Farbstoffe bzw. elektrolytisch gefärbt werden oder aber durch die direkte Erzeugung von Oxidschichten mit Eigenfärbung. Diesbezügliche Verfahrensvarianten sind die Tauchfärbung, die elektrolytische

Farbige Oxidschichten durch Tauchfärben, elektrolytisches Färben, Farbanodisation und kombiniertes Färbverfahren

Färbung, die Farbanodisation und eine Kombination von elektrolytischer Färbung oder Farbanodisation mit nachträglich überlagerter Tauchfärbung. Damit stellt eine reichhaltige Farbpalette für die dekorative Anwendung von anodisiertem Aluminium zur Verfügung.

7.1 Tauchfärben

Anodisch erzeugte Oxidschichten lassen sich mit anorganischen Farbstoffen oder organischen Metallkomplexfarbstoffen in wäßriger Lösung durch Tauchen oder Sprühen färben. Die Farbstoffe werden adsorptiv von der Oxidschicht aufgenommen. Bevorzugte Farbtöne sind Blau, Rot, Gold und Schwarz. Die Leuchteinheit der Farben wird mit Zahlen von 1 bis 8 bewertet, wobei 8 völlige Lichtechtheit bedeutet.

Tauchfärben mit adsorptiver Färbgebung

Tafel 5: Verfahren der elektrolytischen Färbung (Zweistufen-Verfahren)

Bezeichnung der Verfahren	Spannung in V		Stromdichte A/dm ²		Temperatur	
	Stufe 1 Gleichstrom	Stufe 2 Wechselstrom	Stufe 1 Gleichstrom	Stufe 2 Wechselstrom	Stufe 1 Gleichstrom	Stufe 2 Wechselstrom
1. Anocolor	18	14 bis 18	1,2 bis 1,5	0,2 bis 0,6	18 bis 20	20
2. Anolok	18	14 bis 18	1,2 bis 1,5	0,25	18 bis 20	20 bis 30
3. Burgcolor	18 bis 24	8 bis 25	1,2 bis 1,8	0,1 bis 0,2	18 bis 20	20 bis 25
4. Carnal T 70	18 bis 24	5 bis 25	1,2 bis 1,5	–	18 bis 20	20 bis 25
5. Colinal 3000	16 bis 20	8 bis 18	1,2 bis 1,8	0,1 bis 0,5	18 bis 20	20 bis 30
6. Colranodic	18 bis 20	10 bis 18	1,2 bis 1,5	0,2 bis 1,2	18 bis 20	20
7. Colomx	16 bis 20	5 bis 30	1,5	0,1	18	20
8. Elektocolor	18 bis 20	4 bis 12	1,2 bis 1,5	0,2 bis 1,0	18 bis 20	20 bis 25
9. Jetanodic-Color	15 bis 21	8 bis 25	1,3 bis 1,8	0,1 bis 0,2	17 bis 19	18 bis 20
10. Eurocolor 800	15 bis 20	8 bis 24	1,5 bis 1,8	0,2 bis 0,8	18 bis 22	25 bis 35
11. Korundalor	18 bis 21	10 bis 25	1,3 bis 1,5	0,5	18 bis 22	18 bis 22
12. Metachemcolor	13 bis 16	5 bis 30	1 bis 1,6	0,1 bis 0,8	18 bis 24	18 bis 24
13. Metabox	20 bis 24	3 bis 17	1 bis 1,2	0,1 bis 0,8	18 bis 20	18 bis 20
14. Metuxal	15 bis 20	8 bis 15	1 bis 1,8	0,2 bis 1,5	18 bis 22	18 bis 25
15. Oxicolor	15 bis 18	10 bis 20	1 bis 2	0,2 bis 0,5	25 bis 28	20 bis 40
16. Variocolor	10 bis 15	10 bis 20	1,2 bis 1,5	0,3 bis 1	18 bis 20	20 bis 30
17. Colorcolor	16 bis 18	10 bis 18	1,5 bis 1,8	0,3 bis 0,8	18 bis 22	18 bis 20

¹⁾ Elektrolyt: Stufe 1 = Schwefelsäure und Zusätze; Stufe 2 = Metallsalzlösung

1. Erbsicht Aluminium, 5600 Wuppertal 2
2. Alcan Aluminium Laboratories Ltd., Banbury/England
3. Oberflächenveredelung Uhl GmbH & Co. KG, 7980 Ravensburg 1
4. Istituto Sperimentale dei Metall Leggeri, Novara/Italien
5. Schweizerische Aluminium AG, Zürich/Schweiz
6. Edward Hueck, 5880 Lüdenscheid
7. Josef Gartner & Co. 8830 Gundelfingen/Donaue
8. Leagbein Planhauser Werke AG, 4040 Meers
9. Wahl & Co., 8876 Jettingen-Scheppach
10. Aluminom Pétigny, 23, Rue Balzac, Paris/Frankreich
11. Korundalwerk Paul Keller GmbH & Co., 7120 Bietigheim
12. Metall- und Oberflächenchemie GmbH, 5880 Lüdenscheid
13. Wipac Eloxal GmbH & Co. 7050 Waiblingen
14. VAW Vertriebs Aluminium-Werke AG, 5300 Bonn
15. Riedel & Co. 4800 Bielefeld
16. Blasberg Oberflächentechnik GmbH, 5650 Solingen
17. Bernhard Kolbe KG, 3200 Hildesheim

7.2 Elektrolytisches Färben

Beim elektrolytischen Färben werden die nach dem GS- oder GSX-Verfahren erzeugten Oxidschichten in einer zweiten Verfahrensstufe (Zweistufen-Verfahren) mittels Wechselstrom in einem metallsalzhaltigen Elektrolyten gefärbt. Dabei wird aus der Metallsalzlösung Metall am Porengrund der Oxidschicht abgeschieden. Die erreichte Farbtintensität richtet sich nach der abgeschiedenen Metallmenge. Es können Metallsalze auf der Basis von Zinn (Sn), Kobalt (Co), Nickel (Ni) oder Kupfer (Cu) verwendet werden. Mit Sn-, Ni- und Co-Salzen erhält man Farbtöne zwischen Hellbronze bis Schwarz, mit Cu-Salzen Rottöne. In der Bundesrepublik Deutschland werden für das Verfahren der elektrolytischen Färbung fast ausschließlich Sn-Salze verwendet. Elektrolytisch durchgeführte Färbungen sindlichtecht. **Tafel 5** gibt eine Verfahrensübersicht (siehe S. 9).

Elektrolytisches Färben in metallsalzhaltigem Elektrolyten

7.3 Farbanodisieren

Durch Farbanodisieren werden mittels Gleichstrom farbige Oxidschichten auf direktem Wege mit einer lichtechten Eigenfärbung erzeugt. Diese Eigenfärbung der Schicht ist abhängig vom Elektrolyten, der aus organischen Säuren mit Zusätzen an Schwefelsäure besteht, und der Legierungszusammensetzung.

Farbanodisieren mit direkter Eigenfärbung der Schicht

Tafel 6: Verfahren der Farbanodisation (Integralfärbung)

Bezeichnung des Verfahrens	Spannung in V	Stromdichte A/dm ²	Temperatur °C	Elektrolyt
1. Duranodic®	120	bis 8	20	Sulfoliphaltsäure Schwefelsäure Sulfosalicylsäure
2. Kalcolor®	20 bis 70	1 bis 3,5	20	Schwefelsäure aliphatische organische Säure
3. Pernanodic®	20 bis 90	1 bis 6	20	Malbinsäure Schwefelsäure
4. Veroxal®	bis 70	1,5 bis 3	20	Oxalsäure Malbinsäure Schwefelsäure
5. Acada®	bis 70	1 bis 3	30 bis 35	Oxalsäure Schwefelsäure
6. Alcanodox®	45 bis 80	1,5	20	Oxalsäure aromatische Sulfosäure
7. Colodur®	bis 70	0,7 bis 3	15 bis 30	Sulfosäure Malbinsäure
8. Pernalur®	20 bis 80	1 bis 3	20 bis 50	Malbinsäure

1. Alcoa, Aluminium Company of America, Pittsburgh/USA
2. Kaiser Aluminum & Chemical Corp., Oakland/USA
3. Almax, American Metal Climax Inc., New York/USA
4. VAW Vereinigte Aluminium-Werke AG, 5300 Bonn
5. Montecatini Edison S.p.A., Mailand/Italien
6. Alcan, Aluminium Laboratories Ltd., Baanburg/England
7. Blasberg Oberflächentechnik GmbH, 5550 Solingen
8. Schweizerische Aluminium AG, Zürich/Schweiz

Magnesium als Legierungszusatz bewirkt eine Intensivierung der Braunfärbung. Mangan Gehalte rufen eine Schwärzung hervor. Die Farbtöne reichen von Hell- bis Dunkelbronze bzw. von Hell- bis Dunkelgrau. Die erzeugten Oxidschichten sind härter und abriebfester als die des GS- und GSX-Verfahrens.

7.4 Kombiniertes Färben

Das kombinierte Färbeverfahren bietet die Möglichkeit, die Farbpalette anodisch erzeugter Oxidschichten entscheidend zu erweitern. Im Farbton Hell- bis Dunkelbronze elektrolytisch gefärbte GS- oder farbanodisierte Oxidschichten werden in einer nachfolgenden Behandlungsstufe mit organischen bzw. anorganischen Farbstoffen adsorptiv überfärbt. Der metallische Oberflächeneffekt bleibt auch beim Kombinationsverfahren erhalten.

Nach dem Sandalor®-Verfahren*) werden nach 7.2 und 7.3 hergestellte farbige Oxidschichten adsorptiv überfärbt.

Adsorptives Überfärben farbiger Oxidschichten, hergestellt durch elektrolytisches Färben oder Farbanodisieren

7.5 Standard-Farbfächer

Der Standard-Farbfächer der Europäischen Vereinigung der Anodiseure (EURAS) für die elektrolytische Färbung (vgl. 7.2) und die Farbanodisation (vgl. 7.3) beinhaltet die Farbtöne C-0 bis C-35.

EURAS-Standard-Farbfächer

- C-0 Farblas C-32 Hellbronze C-34 Dunkelbronze
- C-31 Leichtbronze C-33 Mittelbronze C-35 Schwarz

Hinzu kommen für die Farbanodisation die Farbbezeichnungen

- C-36 Hellgrau C-37 Mittelgrau C-38 Dunkelgrau

Der EURAS-Standard-Farbfächer ist zu beziehen über den Verband für die Oberflächenveredelung von Aluminium e.V., VOA, ehemals Elloxal-Verband e.V., 8500 Nürnberg. Zu beachten ist, daß der Farbfächer Durchschnittsmuster des Farbtons wiedergibt und daß es ratsam ist, mit dem Anodiseur eine Farbgrenzmustervereinbarung zu treffen (DIN 17 611).

Farbgrenzmustervereinbarung (DIN 17 611)

Der ehemalige Farbfächer für die Tauchfärbung (vgl. 7.1) wird vom Verband für die Oberflächenveredelung von Aluminium mangels Nachfrage nicht mehr herausgegeben. Der Fächer hatte die Kurzbezeichnungen EV 1 bis EV 6.

- EV1 Naturton EV3 Gold EV5 Bronze dunkel
- EV2 Neusilber hell EV4 Bronze mittel EV6 Schwarz

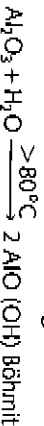
*) Interlox AG, CH-9423 Altenrhein

8 Verdichten

Die anodisch erzeugte Oxidschicht ist mikroporös. Sie erreicht ihre optimale Beständigkeit erst durch eine Nachbehandlung, die einen Porenverschluß bewirkt. Hierfür stehen neuerdings zwei Behandlungsmethoden zur Verfügung.

8.1 Hydrothermisches Verdichten

Dieses konventionelle Verdichten anodisierter Teile erfolgt in entsalztem, siedendem Wasser bei über 96 °C bzw. in Sattdampf bei über 98 °C. Als Verdichtungszeit sollten drei Minuten pro Mikrometer Oxidschichtdicke zugrunde gelegt werden. Die Oxidschicht wird während des Verdichtungsprozesses hydratisiert. Dabei findet eine Umwandlung des Oxids in Böhmit statt. Dieser Vorgang ist mit einer Volumenvergrößerung verbunden und führt zu dem gewünschten Porenverschluß. Das Adsorptionsvermögen der Oxidschicht für Fremdstoffe (z. B. Farbstoffe) wird aufgehoben.



Das sachgemäße Verdichten der anodisch erzeugten Oxidschicht ist für deren Beständigkeit von großer Bedeutung, unabhängig davon, ob es sich um farblose oder farbige Oxidschichten handelt. Für das konventionelle Verdichten adsorptiv gefärbter Schichten (vgl. 7.1) verwendet man Nickel-Kobaltacetatlösungen, um ein Ausbluten des Farbstoffes zu unterbinden.

Im allgemeinen tritt nach dem Verdichten auf der Oberfläche ein Belag auf, den man auch als »Schmutzschicht« bezeichnet. Dieser Belag ist unerwünscht, weil er insbesondere bei farbigen Oxidschichten das Aussehen verändert und im Laufe der Zeit zu Fleckenbildung führen kann. Der Belag muß vor der Auslieferung beseitigt werden. Es gibt Zusätze zum Verdichtungsbad, die eine Belagbildung verhindern. Bei Anwendung der Zusätze muß geprüft werden, ob auch eine ausreichende Verdichtung erreicht wird und inwieweit diese Zusätze bei der Anwendung der in den Normen angegebenen Prüfmethoden sich störend auswirken.

8.2 Kaltimprägnieren (Basis Nickelfluorid)

Das Kaltimprägnieren (cold sealing) auf Basis Nickelfluorid als eine neue Behandlungsmethode bewirkt den gewünschten Porenverschluß der Oxidschicht nicht durch Hydratation, sondern durch Einlagerung von Nickelfluorid in die Poren.

Verdichten durch Hydratisieren der Oxidschicht

1

Porenverschluß nach Adsorptionsvermögen der Oxidschicht auf



Verdichten adsorptiv gefärbter Oxidschichten

Verdichtungsbelag



1

Für das Kaltimprägnieren stehen unterschiedliche Produkte zur Verfügung. Das Behandlungsergebnis ist somit produktabhängig.

Das Imprägnierbad enthält pro Liter 1,2 bis 2,0 g Nickelionen und 0,5 bis 0,8 g freie Fluoridionen. Es arbeitet mit einem pH-Wert von 6 ± 0,5 bei 25 bis 30 °C. Die Behandlungszeit der Oxidschicht beträgt 0,8 bis 1,2 min/µm. E. P. Short und A. Morita geben für den Mechanismus des Kaltimprägnierens folgende vereinfachten Reaktionsgleichungen an:



Der eigentlichen Kaltimprägnierung folgt zwingend ein zweiter Behandlungsschritt, die sogenannte Warmwasseralterung. Diese bewirkt, daß nach dem Kaltimprägnieren der langsame Reaktionsablauf in den Poren entscheidend durch erhöhte Feuchtigkeit und Temperatur beschleunigt wird. Die Warmwasseralterung erfolgt in einem Warmwasserbad mit einem Nickelsulfatgehalt von 5 bis 10 g/l bei mindestens 60 °C. Erforderlich ist eine Behandlungszeit von 0,8 bis 1,2 min/µm.

Die Mechanismen der Warmwasseralterung sind wie folgt:



Die Neigung der nur kaltimprägnierten Oxidschicht zur Rißbildung wird durch die Warmwasseralterung bei 60 °C bereits verringert, noch mehr jedoch bei Anwendung höherer Warmwassertemperaturen.

Die deart zweistufig behandelte Oxidschicht läßt sich wie eine konventionell verdichtete Oxidschicht »handlin« und gestattet in gleicher Weise die Qualitätskontrolle mit den üblichen Prüfverfahren.

Eine Sonderform der Nachbehandlung besteht in der Versiegelung der Poren mit Lacken, wozu nur geeignete, nichtiglbende Klarlacke verwendet werden können. Die begrenzte Witterungsbeständigkeit nichtpigmentierter Lacke ist dabei zu berücksichtigen.

Nicht verdichtete anodisch erzeugte Oxidschichten eignen sich als Haftgrund für organische Beschichtungen bei speziellen Anwendungsfällen.

Nachbehandlung über Lacke

9 Oberflächenvorbehandlung

Der metallische Charakter und das Aussehen von Aluminiumoberflächen werden durch die anodische Oxidation nicht verändert. Der Oberflächenvorbehandlung kommt daher eine entscheidende Rolle zu. Gezielte Oberflächeneffekte werden durch mechanische oder chemische Oberflächenvorbehandlung erreicht. Oberflächeneigenschaften wie Riefen, Kratzer, Schürstellen lassen sich durch eine mechanische Oberflächenbehandlung vor allem durch Schleifen weitgehend beseitigen. Bei der chemischen Oberflächenbehandlung in Spezialbeizen werden satinierte oder mattierte Oberflächen erzielt; dabei können z. B. Korrosionsercheinungen, die vor dem Anodisieren nicht oder nur schwer erkennbar waren, sichtbar werden. DIN 17 611 enthält unter Abschnitt 5.2 Ausführungen zur Oberflächenvorbehandlung mit den Kurzzeichen E0 bis E6.

Gezielte Oberflächeneffekte durch Oberflächenvoranstellung

DIN 17 611 Kurzzeichen E0 bis E6

Tafel 7: Kurzzeichen für die anodische Oxidation in Abhängigkeit von der Vorbehandlung

Kurzzeichen ¹⁾	Art der Behandlung	
	Vorbehandlung	Haupt- und Nachbehandlung
E0 (P0)	ohne wesentliche oberflächen-abtragende Vorbehandlung	
E1 (P1)	geschliffen	
E2 (P2)	gebürstet	
E3 (P3)	poliert	anodisiert und verdichtet
E4 (P4)	geschliffen und gebürstet	
E5 (P5)	geschliffen und poliert	
E6 (P6)	chemisch behandelt in Spezialbeizen	

¹⁾ Die in Klammern angegebenen Kurzzeichen (P0) bis (P6) sind ein Vorschlag in ISO/TC9/SC2 „Anodisch oxidiertes Aluminium“ zur Kennzeichnung der Vorbehandlung (P = Pretreatment).

Das Schleifen, Bürsten und Polieren behandelt

Aluminium-Merkblatt O 5. Oberflächen, die anodisch oxidiert werden sollen, müssen sachgemäß gereinigt und entfettet sein. Ihnen dürfen keine Fremdstoffe, Poliermittel- oder Beizlösungsreste anhaften, die den Aufbau einer gleichmäßigen Oxidschicht stören (Aluminium-Merkblatt O 6).

10 Werkstoffzusammensetzung und Gefügezustand

Das Aussehen von anodisch oxidiertem Aluminium wird erheblich beeinflusst durch die Werkstoffzusammen-

setzung, den Gefügezustand und eine Reihe von Umständen, die durch die Herstellungsweise bedingt sind. Daher ist dem Anodisierbetrieb der Werkstoff der angelieferten Teile anzugeben.

Ein ideal homogenes Gefüge ergibt eine völlig transparente und farblose anodisch erzeugte Oxidschicht. Alle Heterogenitäten können die Transparenz herabsetzen und bereits im normalen GS-Bad Färbungen (Gelbstichigkeit oder graue bzw. graubraune Tönungen) bewirken. Schon im unlegierten Reinaluminium können Si- und Fe- sowie andere Beimengungen, die nicht im Mischkristall gelöst sind, die Schicht trüben. Je höher der Reinheitsgrad, desto besser ist daher normalerweise die Transparenz der Schicht. Bei einem bestimmten Anteil an Beimengungen kann durch Homogenisierungs-glühn die Transparenz erhöht werden.

Einfluß von homogenem und heterogenem Gefüge

Bei den Legierungen wird die Transparenz durch solche Zusätze, die durch Wärmebehandlung nicht in Lösung gebracht werden können, herabgesetzt und schließlich eine regelrechte Einfärbung erreicht. Dies gilt vor allem für Si, das beim Lösungsglühn nur begrenzt vom Mischkristall aufgenommen wird, während der Überschuß als elementares Silizium eine zweite Phase in dem heterogenen Gefüge bildet.

silizium

Zusätze von Silizium verursachen Graufärbungen der anodisch erzeugten Oxidschicht. Dies beginnt bereits bei Gehalten von etwa 0,5 bis 1%, so daß auch auf Reinaluminium geringerer Reinheitsgrade (A199), bei denen Si lediglich als Beimengung in diesen Größenordnungen auftritt, leicht getrübe Oxidschichten entstehen können. Mit zunehmendem Si-Gehalt werden die Färbungen intensiver und erreichen bei den hohen Gehalten, wie sie bei Aluminium-Gußlegierungen vorkommen (z. B. 10 % und mehr), auch bräunliche und violette Tönungen. Bei den für die Baupraxis besonders wichtigen AlMgSi-Legierungen spielen sowohl die Höhe der Gehalte an Si und Mg als auch der Lieferzustand eine Rolle. Je höher der Si-Gehalt, desto eher tritt die Möglichkeit ein, daß die Schicht eingetrübt wird. Bei AlMgSi1 ist diese Gefahr größer als bei AlMgSi0,8 oder AlMgSi0,5. Außerdem enthält AlMgSi1 als Legierungszusatz Mn, die beiden anderen Varianten jedoch nicht. Besonders wesentlich ist bei dieser Legierungsgruppe, die meist ausgethärtet angewendet wird, der Liefer- bzw. Einbauszustand. Das Kaltaus härten bewirkt eine weitgehende Homogenisierung. Je geringer die Zusätze an Mg und Si sind und je vollständiger die Lösungsglühung durchgeführt

wird, desto wahrscheinlicher ist, daß die Schicht einwandfrei transparent und farblos ausfällt. Profile aus AlMgSi0,5, bei denen das Abschrecken an der Presse oder durch Luftabkühlung am Pressenundstück vorgenommen wird, können deshalb etwas weniger transparent ausfallen, als wenn die gleichen Profile einer besonderen Lösungsglühung bei mindestens 510 bis 530 °C mit einwandfreiem Abschrecken unterworfen werden. Bei fortschreitender Warmauslagerung tritt eine Ausscheidung von Mg₂Si auf, die gleichfalls eine leichte Eintrübung der Schicht bewirken kann.

Mangan und Chrom können bereits in Anteilen von 0,1 bis 0,3 % Gelbsichtigkeit in der anodisch erzeugten Oxidschicht hervorrufen. Höhere Gehalte ergeben z. T. dunklere Farben. In AlMg-Legierungen liegt Mn häufig mit etwa 0,1 bis 0,3 % vor. Dabei spielt der Gehalt an Fe und einigen anderen Beimengungen ebenfalls eine Rolle. Er bestimmt die Art der Eisen-Mangan-Aluminide im Gefüge. Auch Größe und Verteilungsgrad dieser intermetallischen Verbindungen entscheiden mit, ob sich Eintrübungen oder Farbstiche bei der anodischen Oxidschicht ergeben. So kommt es vor, daß bereits ein Gehalt von etwa 0,3 bis 0,5 % Mn bei einer AlMg-Legierung das Aussehen beeinträchtigt, während Oxidschichten auf Teilen aus AlMn mit etwa 1 % Mn bei der Anodisation weitgehend transparent und ohne Farbsichtigkeit ausfallen können.

Beeinträchtigungen von Farbe und Transparenz sind durch die Kornteilungselemente Titan und Zirkon schon bei einigen Hundertstel % möglich.

Magnesium als Zusatz verändert die Farbe der anodisch erzeugten Oxidschicht nicht. Mg-Gehalte von etwa 5 % an aufwärts verursachen eine Trübung der Schichten. Der Einfluß von Mg auf die Härte der Schicht ist gering. Kupfer in Gehalten bis etwa 0,2 % ist ohne merklichen Einfluß auf Farbe, Transparenz und Härte der anodisch erzeugten Oxidschicht. In Gehalten, wie sie bei Legierungszusätzen üblich sind (Gruppe AlCuMg usw.), verursachen sie jedoch ein ungleichmäßiges, fleckiges, graues und bräunliches Aussehen. Dieses ist bei ausgethärtetem AlCuMg nach der anodischen Oxidation weit besser als im Zuständen wie weich, hart oder gepreßt (heterogenes Gefüge). Außerdem fallen diese Schichten bei sonst gleichem Anodisationsverfahren merklich weicher aus. Zink als Beimengung beeinflusst die Schicht nicht.

Legierungszusätze von etwa 2 % an aufwärts bedingen, falls sie nicht mit anderen Elementen kombiniert werden, nur unwesentliche Trübungen und keine nennenswerten

Mangan
Chrom

Titan
Zirkon

Magnesium

Kupfer

Zink

Farbungen. Die Härte der Schichten wird etwas herabgesetzt.

Anwärmen zum Umformen sowie die Wärmeeinflussungen neben Schweißnähten und das Gußgefüge in der Naht selbst können das Aussehen dieser Zonen nach der anodischen Oxidation wesentlich beeinflussen.

Da Korngrenzen durch die anodische Oxidation unter Umständen sichtbar gemacht werden, muß dieser Effekt vor allem dort berücksichtigt werden, wo ein relativ grob rekristallisiertes Gefüge vorliegt.

DIN 17 611 enthält die technischen Lieferbedingungen für anodisiertes Halbzeug. Wird nach der anodischen Oxidation ein dekoratives Aussehen erwartet, ist es unbedingt erforderlich, dieses Halbzeug in »Eloxalqualität« zu bestellen. Dies veranlaßt den Hersteller, nach eigener Wahl geeignete Maßnahmen zu ergreifen, die sich nicht nur auf die Zusammensetzung, sondern auch auf die gesamte Fertigung (gegossene Formate, Walzen, Strangpressen usw.), die Handhabung bei den Wärmebehandlungen, bei Richtvorgängen, Prüfung, Versand und Transport erstrecken können. Gleichmäßigkeit der Oberfläche der anodisch oxidierten Teile, Farbe, Transparenz und sonstiges Aussehen sind anhand geeigneter Muster zu vereinbaren.

In DIN 1725 Teil 1 sind in Tabelle 3 die zur Lieferung in »Eloxalqualität« geeigneten Aluminium-Knetlegierungen genannt:

AlMg1	AlMg3*)
AlMg1,5	AlMgSi0,5
AlMg1,8	AlMgSi0,8

Dies gilt auch für die in der gleichen Tabelle als glänzend genannten Legierungen auf Basis Al99,99R und Al99,9. Ferner sind alle in DIN 1712 Teil 3 genannten Reinheitsgrade des unlegierten Aluminiums als »Eloxalqualität« geeignet, mit Ausnahme von Al99 und Al98. Bei diesen und bei allen anderen Legierungen aus DIN 1725 Blatt 1 muß mit zum Teil erheblichen Einschränkungen der Eignung für Eloxalqualität gerechnet werden. Auf Gußstücken lassen sich infolge des weniger homogenen Gefüges nicht so gleichmäßig ausgebildete Oxidschichten erzielen wie auf Knethalbzeug (Bleche, Profile usw.). Gußstücke sollen eine möglichst dichte, glatte Oberfläche, die frei von Lunkern, Poren und Rissen ist sowie ein möglichst gleichmäßiges, feinkörniges Gefüge haben.

Wärmeeinflüssen

Korngrenzen

DIN 17 611
Technische Lieferbedingungen

Anodische Oxidation
von Gußstücken

*) AlMg3 kann nicht uneingeschränkt für die elektrolytische Färbung (Zweifluor-Verfahren) empfohlen werden.

Kokillenguß eignet sich deshalb besser für die anodische Oxidation als Sandguß. Für dekorative Zwecke bewähren sich nur G-AlMg3, G-AlMg5 und mit gewissen Einschränkungen G-AlMg3(Cu). Die sonstigen Gußlegierungen eignen sich nur für anodische Oxidation und Färbung ohne dekorative Ansprüche. Es ist bisher nicht gelungen, auf Druckgußstücken aus Aluminium-Legierungen dekorative und gleichmäßige Oxidschichten zu erzeugen. Dies liegt im Wesen des Gießverfahrens begründet und gilt auch für solche Legierungen, die nach anderen Gießverfahren einwandfrei anodisierbare Gußstücke ergeben. Auch durch Einläßen der Oxidschicht lassen sich Schlieren und Unregelmäßigkeiten des Druckgußgefüges nicht vollkommen verdecken. Wie praktische Versuche gezeigt haben, läßt sich durch Verwendung von Glasperlen verschiedener Körnung (5 bis 420 µm Ø) als Strahlmittel die Druckgußoberfläche so beeinflussen, daß das Aussehen der anodisierten Oberfläche – vor allem bei dunklen Farbönen – wesentlich verbessert wird.

Kokillenguß

Druckguß

11 Eigenschaften der anodisch erzeugten Oxidschicht

Die Eigenschaften der anodisch erzeugten Oxidschicht sind von der Zusammensetzung und dem Gefügezustand des Werkstoffes, von der Beschaffenheit vor dem Anodisieren, also auch von der Vorbehandlung sowie vom Oxidationsverfahren selbst und den dabei gewählten Bedingungen abhängig.

Korrosionsverhalten

Anodisiertes Aluminium ist gegenüber chemisch neutralen Stoffen im Bereich pH 5 bis 8 beständig (vgl. 1). Die sehr widerstandsfähige anodisch erzeugte Oxidschicht bewährt sich auch unter Bedingungen eines kurzzeitigen sauren oder schwach alkalischen Angriffes. Voraussetzung ist eine ausreichende Schichtdicke und eine ordnungsgemäß durchgeführte Anodisation und Verchlöschung. In der Witterung besitzt anodisiertes Aluminium eine sehr gute Beständigkeit, wobei die Reinigung anodisierter Bauteile Einfluß nimmt (Aluminium-Merkblatt A 5).

Schichtdicke

Die erforderliche Schichtdicke bei anodisierten Teilen richtet sich nach dem Verwendungszweck und der damit verbundenen chemischen oder mechanischen Beanspruchung.

Für anodisierte Teile im Bauwesen sind in DIN 17 611 Mindestschichtdicken für Innen- und Außenanwendung vorgeschrieben (Tafel 8).

Mindestschichtdicken nach DIN 17 611

Tafel 8: Mindestdicke der Oxidschicht (DIN 17 611)

Klasse	Lage und Beanspruchung	Mindestschichtdicke ¹⁾ µm
10	Innen, trocken	10
20	Innen, feucht; Außen	20 ²⁾

¹⁾ Es ist zu beachten, daß die Schichtdicke in Nuten aufgrund der Profilgeometrie und der Strahlfähigkeit des Anodisierbades geringer sein kann.
²⁾ Bei Farb-anodisation können aufgrund der Farbbabhängigkeit Schichtdicken von 20 bis 40 µm erforderlich sein. Bei GS- und GSX-Anodisation können in besonderen Fällen, z. B. bei aggressiver Atmosphäre, Mindestschichtdicken von 25 µm vereinbart werden, jedoch sollen Schichtdicken von 30 µm nicht wesentlich überschritten werden.

Für verschiedene andere Verwendungszwecke werden Richtwerte nach Tafel 9 der Schichtdicke empfohlen.

Tafel 9: Schichtdicken für bestimmte Verwendungszwecke

Teile aus Knetwerkstoffen:	
Mechanisch beanspruchte Teile	20 µm
Wirtschaftsgegenstände wie Kochgeschirr, Flaschen aller Art, Campingartikel	15 µm
Beschlagteile aller Art	15 µm
Reflektoren	5 bis 10 µm
Gußstücke: allgemein	10 bis 15 µm
Beschlagteile	15 µm
Bijouterie und kunstgewerbliche Artikel, Kurz- und Schmuckwaren	5 bis 10 µm
Für alle Teile auf Schiffen	20 µm

Für glänzende und anodisch oxidierte Teile gelten die gleichen Bestimmungen. Es ist in jedem Fall empfehlenswert, dem Anodisierbetrieb die praktische Beanspruchung der zu behandelnden Teile anzugeben und entsprechende Vereinbarungen zu treffen.

Härte und Verschleißfestigkeit

Die anodisch erzeugte Oxidschicht ist von hoher Härte und Verschleißfestigkeit. Da das Grundmetall wesentlich weicher ist, sollte die Oxidschicht nur flächig und nicht punktförmig belastet werden, um ein Eindringen der Oxidschicht ins Metall zu vermeiden. Die Härte der Oxidschicht hängt ab von der Zusammensetzung des Werkstoffes und den anodischen Oxidationsbedingungen. Sie nimmt bei dekorativen Anodisierverfahren infolge der auftretenden Rücklösung der Oxidschicht im Elektrolyten (vgl. 2) ausgehend von der Oberfläche in Richtung zum Metall leicht zu. Es werden Schichten mit einer Mikrohärtigkeit von 250 bis 500 HV erzielt. Besonders hohen Anforderungen an Härte und Verschleißfestigkeit genügen hartanodisierte Schichten (Aluminium-Merkblatt O 11), die durch PTFE-Imprägnierung spezielle Gleißeigenschaften erhalten.

Anodische Oxidschichten, vor allem die nach dem GS-Verfahren (vgl. 2) erzeugten Schichten, besitzen aufgrund ihrer feinporenen Struktur ein hohes Adsorptionsvermögen für Farbstoffe. Sie lassen sich daher leicht färben (vgl. 7.1) oder bedrucken. Sie sind ebenfalls geeignet als Träger lichtempfindlicher Emulsionen in der Herstellung von Offsetplatten (Seophot- und Aluphot-Verfahren).

Anodisch erzeugte Oxidschichten sind – von Sonderfällen abgesehen – transparent. Das einfallende Licht wird an der Grenzfläche Oxid/Metall reflektiert. Der Reflexionsgrad hängt daher von der Oberflächenbeschaffenheit des Aluminiums und der Transparenz der Oxidschicht ab (vgl. 10). Ein speziell hohes Reflexionsvermögen wird erzielt mit Glanzwerkstoffen (DIN 1712 Teil 3 und DIN 1725 Beiblatt 1), deren Oberfläche elektrolytisch oder chemisch geglättet wurde. Das Reflexionsvermögen sinkt mit abnehmendem Reinheitsgrad des Werkstoffes und mit zunehmender Oxidschichtdicke (vgl. 6).

Gut verdichtete Oxidschichten weisen eine hohe elektrische Isolationsfähigkeit auf. Die Durchschlagsspannung nimmt mit der Schichtdicke zu.

Die Dielektrizitätskonstante der Oxidschicht liegt in Abhängigkeit vom Anodisierverfahren zwischen 7 und 8. Die Wärmeleitfähigkeit der Oxidschicht ist temperaturabhängig. Sie beträgt etwa das 0,1fache von der des Aluminiums.

Adsorptionsvermögen;
Farbbarkeit

Reflexionsvermögen

Elektrisches Isolationsvermögen

Wärmeleitvermögen

Schichtdickenmessung

DIN 50984 (ISO 2360)
DIN 50950

Scheinleuchtwertmessung
DIN 50949 (ISO 2931)

Für die Schichtdickenmessung stehen zwei Prüfverfahren zur Verfügung. Nach DIN 50 984 wird die Schichtdicke elektrisch nichtleitender Schichten auf nichtferromagnetischem Grundmetall zerstörungsfrei mit Wirbelstromgeräten gemessen. Die Meßunsicherheit beträgt $\pm 2 \mu\text{m}$. Nichtzerstörungsfrei erfolgt die Schichtdickenmessung am Schliff mit dem Mikroskop gemäß DIN 50 950. Die Meßunsicherheit beträgt $\pm 0,8 \mu\text{m}$. Die Messung des Scheinleuchtwertes nach DIN 50 949 arbeitet zerstörungsfrei. Verwendet werden eine Elektrolytzelle mit einem leichten Querschnitt von $1,33 \text{ cm}^2$ und eine Kaliumsulphatlösung (3,5 Gew.-%) als Elektrolyt. Der gemessene Scheinleuchtwert muß auf eine Schicht-

dicke von $20 \mu\text{m}$ und eine Temperatur von 25°C umgerechnet werden. Der erhaltene y_{50}° -Wert darf bei ungelärten Oxidschichten $20 \mu\text{S}$ (Mikrosiemens) nicht überschreiten. Die Prüfung ist innerhalb von 48 h nach der Verdichtung vorzunehmen. Bei farbigen Oxidschichten können unter Umständen andere Grenzwerte eine ausreichende Beständigkeit kennzeichnen.

Die Anfärbprüfung wird vorzugsweise nach DIN 50 946 vorgenommen. Als Anfärbstoff dient Aluminiumblau 2LW (5 g/l) oder Aluminiumrot B3LW (10 g/l). Eine saubere, ordnungsgemäß verdichtete Oxidoberfläche zeigt bei dieser Prüfung keine Einfärbung. Der Reflexionswert der geprüften Stelle darf nicht weniger als 85 % bezogen auf den Reflexionswert derselben Probe vor der Prüfung betragen. Anwendbar ist dieses Verfahren vor allem bei farblosen Oxidschichten bei dunkelgefärbten Schichten ist eine Intensitätsbestimmung der zurückbleibenden Anfärbung schwierig oder unmöglich.

Der Gewichtsverlust wird nach DIN 50 899 in Chromphosphorsäure bestimmt. Das Verfahren ist auf farblos und gefärbte Oxidschichten anwendbar. Nach DIN 17 611 darf der Gewichtsverlust 30 mg/dm^2 nicht überschreiten.

Anfärbprüfung
DIN 50 946 (ISO 2143)

Gewichtsverlustbestimmung
DIN 50 899 (ISO 3210)

Qualanod

13 Gütezeichen

Trägergemeinschaft des Gütezeichens ist Qualanod International mit Sitz in Zürich. Die von Qualanod erarbeiteten Vorschriften für die Herstellung und Prüfung anodisch erzeugter Oxidschichten auf Aluminium und seinen Legierungen. Diese wurden in der Bundesrepublik Deutschland von der »Gütegemeinschaft Anodisiertes Aluminium e.V.« (GAA), 8500 Nürnberg, übernommen. Träger der GAA sind Eloxalstanlagen und die Aluminium-Halbleitungsindustrie. Das Gütezeichen ist Nachweis für optimale Qualität. Die Gütegemeinschaft ist von RAL, Bonn, anerkannt.

Gütegemeinschaft Anodisiertes
Aluminium e.V. (GAA)

14 Bearbeiten von anodisierten Teilen

Umformen, Zerschneiden und dergleichen müssen vor der anodischen Behandlung erfolgen. Die Schichten sind im allgemeinen nicht biegsam genug, um Verformungen unbeschadet auszuhalten. Nur auf dünnen Bändern lassen sich Schichten erzeugen, die nachträgliche Umformen zu profilertem Band, Kapseln, Deckeln usw. gestatten.

Spannende Bearbeitung wie z. B. Schneiden von Gehrungen, Bohren von Schraubenlöchern und der-

Umformen

Spannen

gleichen soll ebenfalls vor dem Anodisieren erfolgen, da die freigelegten Flächen weniger beständig sind als die oxidierten, aber auch weil bei der Handhabung leicht Kratzer verursacht werden können.

Der Zusammenbau von Einzelteilen wird stets erst nach dem Anodisieren vorgenommen. Insbesondere dürfen Schwermetalle erst nachträglich angefügt werden, da sie im Anodisierbad zu erheblicher elektrolytischer Korrosion führen und den Elektrolyten verderben können. Nicht entfernbare Schwermetalle werden vor der anodischen Behandlung mit einem geeigneten Lack abgedeckt. An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, daß Teile, die zusammengebaut werden und im Aussehen völlig gleichartig sein sollen, auch die gleiche Behandlung erfahren müssen.

Zusammenbau

15 Verbinden von anodisierten Teilen

Schraubverbindungen sollen erst nach dem Anodisieren der Einzelteile vorgenommen werden. Schwermetallschrauben dürfen nicht mit in das Anodisierbad gelangen. Es empfiehlt sich, zum Verbinden von dekorativ anodisierten Aluminiumteilen Stahlschrauben mit einem zuverlässigen Oberflächenschutz (z. B. verzinkt, inkompatibel) oder Schrauben aus nichtrostendem Stahl zu verwenden, wenn nicht Leichtmetallschrauben in Frage kommen. Rostende verzinkte Stahlschrauben stören das Aussehen anodisierter Bauteile.

Schraubverbindungen

Schweißverbindungen

Bei dekorativer Anwendung sollen Schweißverbindungen möglichst vermieden oder so angeordnet werden, daß sie nicht im Sichtbereich liegen. Es ist im allgemeinen nicht zu verhindern, daß sich die Schweißnaht nach dem Anodisieren abzeichnet, was sich durch den Gefügeunterschied leicht erklären läßt. Wenn Schweißstellen sichtbar angeordnet sind, kommen als Werkstoffe nur Reinstaluminium und seine Legierungen, Reinalu-minium und die Legierungen AlMg1, AlMg2 und AlMg3 in Betracht, bei denen sich die Schweißnaht relativ am wenigsten abzeichnet. Mit Schutzgasschweißverfahren (Aluminium-Merkblatt V 2 » Lichtbogenschweißen von Aluminium«) sind besser aussehende Schweißnähte erzielbar als durch Autogenschweißen (Aluminium-Merkblatt V 1 » Autogenschweißen von Aluminium«). Elektrisch stumpfgeschweißte Stellen bleiben nach der anodischen Oxidation fast unsichtbar. Allerdings kommt dieses Schweißverfahren wegen der hohen Anschaffungskosten der Schweißmaschine nur für Serienfertigung in Betracht (Aluminium-Merkblatt V 3 » Widerstandsschweißen von Aluminium«).

Die beim Autogen- und Schutzgasschweißen verwendeten Schweißnähte sollen möglichst aus dem gleichen Werkstoff bestehen wie die Werkstücke, um die beim Anodisieren entstehenden Farbunterschiede zwischen Grundwerkstoff und Schweißnaht gering zu halten. (Über die Zusammensetzung und Verwendung von Schweißdrähten siehe DIN 1732 Teil 1, Schweißzusatzwerkstoffe für Aluminium.)

Die Schweißnähte müssen unbedingt porenfrei sein, Flußmittelreste sind sorgfältig zu entfernen, am zuverlässigsten durch Tauchen in 10 %ige Natronlauge, anschließendes Spülen in Wasser und Neutralisieren in verdünnter Salpetersäure. Zum Schluß wird mit Wasser gründlich gespült.

Hardtstellen verfarben sich bei Verwendung der üblichen siliziumhaltigen Hartlote bei der anodischen Oxidation grau.

Weichlötlstellen werden beim Anodisieren angegriffen und müssen daher vermieden werden.

Klebeverbindungen mit Kunstharz-Klebstoffen lassen sich einwandfrei anodisieren (Aluminium-Merkblatt V 6 » Kleben von Aluminium«).

Mit dem sogenannten EKO-Bolzen®) kann schnell und sicher eine Eckverbindung mittels Eckwinkel hergestellt werden. Es werden durchgehende Bohrungen verwendet. Der Edelstahlbolzen selbst ist geköpft. Eine Anodisation EKO-gebolzter Rahmen ist nicht möglich.

Hardtstellen

Weichlötlstellen

Klebeverbindungen

Mechanische Eckverbindungen

16 Anwendung

Von den zahlreichen Möglichkeiten dekorativer Anwendung sind hier einige der bedeutendsten als typische Vertreter aufgeführt:

Schäufenster, Ladeneinrichtungen, Fassaden, Sonnenblenden, Fenster und Türen für Bauwesen und Fahrzeuge, Verkleidungen aller Art, Vitinen, Kioske, Rollgitter, Beschlagteile und Zierleisten aller Art für Bauwesen, Fahrzeuge, Möbel usw., Teile von Maschinen für Nahrungsmittelindustrie, Haushaltsgeräte aller Art, Treppen und Balkongeländer, Bauausstattungen, Schilder, Buchstäben, Reklameschrift, feinmechanische Geräte, anodisierte Bänder.

In glanzanodisierter Ausführung:

Fensterrahmen, Ausstattungs- und Zierteile für Fahrzeuge, Reflektoren, Beleuchtungskörper, Küchen- und Hotelgeschirr, Schmuck, kunstgewerbliche Gegenstände, Gebrauchsgegenstände oder Teile davon.

*) DRGM 1. & A. Erbslöh, 5600 Wuppertal