

# HOCHSCHULE REGENSBURG

## Praktikum B-PWF

Semester: .....

Professor: Dr.-Ing. Horst Heinrich

Betreuer: .....

Versuchsbezeichnung:

### Eloxieren/Anodisieren

Name\_1: .....;

Name\_2: .....;

Name\_3: .....;

Name\_4: .....;

Name\_5: .....;

Name\_6: .....;

Name\_7: .....;

Name\_8: .....;

Name\_9: .....;

Name\_10: .....;

Gruppe: .....

Tag des Praktikums: .....

Abgabetermin : .....

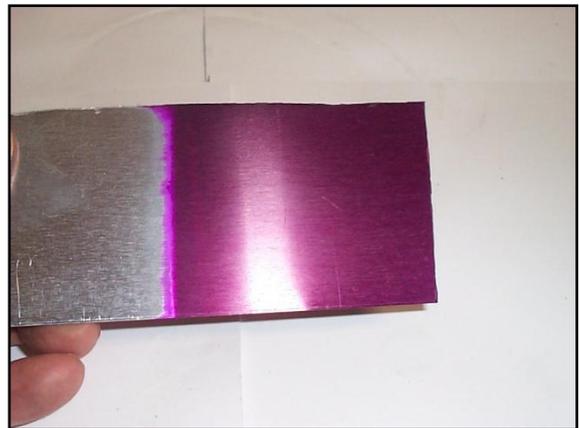
(spätestens 14 Tage nach Durchführung des Praktikums bzw. letzter Abgabetermin am Semesterende)

Testat: .....

Datum: .....

© He 08/09

Dieses Deckblatt sowie die Tabelle auf Seite 10 bitte ausfüllen und für den Versuchsbericht verwenden. Den restlichen Umdruck nicht mit abgeben.



## 1. Allgemeines

Aluminium bildet aufgrund seines unedlen Charakters ( $E_0 = -1,7 \text{ V}$ ) durch Reaktion mit dem Luftsauerstoff eine ca.  $0,5 \mu\text{m}$  dünne  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schicht. Diese Schicht bietet nur einen geringen Schutz gegen chemische oder mechanische Beanspruchungen.

Das Eloxieren ist ein Verfahren der „Spanlosen Fertigung“ ( $\rightarrow$  Beschichten, Konversionsschichten), das eine Verstärkung dieser Schicht ermöglicht. Damit wird das Aluminium veredelt, indem es einen erhöhten Widerstand gegen o.g. Beanspruchungen sowie evtl. ein hochwertigeres Aussehen durch Einfärben erhält.

Der Name des Verfahrens beschreibt die Art der Fertigung, nämlich das **EL** elektrolytische **OX** id **IEREN**. Bei diesem elektrochemischen Vorgang wird das Werkstück als Anode geschaltet, so daß das Verfahren auch als „Anodisieren“ bezeichnet wird.

Nach entsprechender Vorbereitung wird die Oberfläche im ersten Schritt in einem elektrochemischen Prozess umgewandelt. Die entstehende Schicht bezeichnet man als „Konversionsschicht“, da der Grundwerkstoff an der Schichtbildung beteiligt ist. Die Schicht wächst teilweise in den Grundwerkstoff hinein und ist an der Oberfläche porös, s. Abb. 1 und 2.

Nach dem Eloxiervorgang werden die Poren durch so genanntes Verdichten geschlossen und die chemische Zwischenverbindung in ihre Endform überführt. Taucht man das Bauteil vor dem Verdichten in ein entsprechendes Farbbad, so lagern sich Farbpigmente in den Poren ein und können dann mit versiegelt werden.

Die so entstandene **Eloxal**-Schicht (**EL**ektrolytisch **OX**idiertes **AL**uminium) ist sehr hart und gegen viele chemische Substanzen unempfindlich. Ihre Dicke kann durch die chemische Zusammensetzung des Elektrolyten, die Höhe der Eloxierspannung und die Länge der Eloxierdauer beeinflusst werden.

Die Aluminiumteile erhalten durch die Schicht ein veredeltes Aussehen. Bei der Wiederverwertung von eloxiertem Aluminium müssen keine problematischen Lackschichten entsorgt werden, da die Eloxal-schicht sehr dünn ist und sich als Schlacke im Schmelzofen ablagert. Somit ist Eloxieren nicht zuletzt eine sehr umweltfreundliche Form der Oberflächenveredelung.

### Anwendung:

chem. Industrie: Behälter + Rohrleitungen, Korrosionsschutz, primär im Bereich pH 5 - 8

Maschinenbau: Verschleißschutz (Zylinderlaufflächen, hydraulische Ausrüstungen)

Architektur: für dekorative Zwecke, z.B. Fenster

Allgemein: Korrosionsschutz, primär im Bereich pH 5 - 8; Haushaltsgeräte, Schilder, Beschläge...

## 2. Ziel des Versuches

Auf einem Blech aus Werkstoff  $\text{AlMg}_3$  soll eine Eloxal-Schicht hergestellt und anschließend eingefärbt werden. Die Schichtdicke wird meßtechnisch ermittelt. Weiterhin wird der elektrische Wirkungsgrad des Vorganges sowie das Volumen der sich entwickelnden Gase ( $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ) berechnet. Und evtl. die optimale Färbezeit bestimmt.

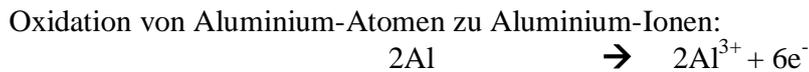
## 3. Theoretische Grundlagen

### 3.1 Elektrochemische Reaktion:

Im Eloxierbad ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  - haltiger wässriger Elektrolyt) laufen im Wesentlichen folgende (elektro)chemischen Reaktionen ab:



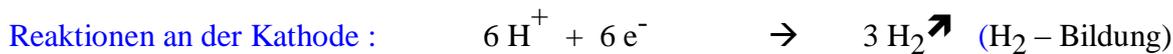
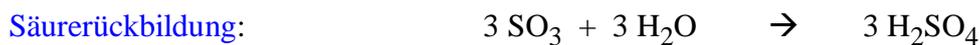
**Reaktionen an der Anode:**



2. Ausfällung von schwerlöslichem Aluminiumhydroxid auf der Werkstückoberfläche:



3. Dehydratation des gebildeten Aluminiumhydroxids



Es fallen zwei Dinge ins Auge:

- Die Bildung der Schicht an sich benötigt keine Schwefelsäure - diese dient nur als Elektrolyt und verringert massiv den elektrischen Widerstand des Bades. Ein Auffrischen der Schwefelsäure (Wiederherstellen der Ausgangskonzentration von 15 – 20 %) ist deswegen nur selten nötig.
- An der Kathode (Minuspol) entsteht gasförmiger Wasserstoff, der wegen der Explosionsgefahr [→ Knallgas (Wasserstoff ist geruch-, geschmack- und farblos!)] abgeführt werden muss.

**3.2 Aufbau der Eloxalschicht:**

Zuerst entsteht elektrolytisch im Schwefelsäurebad eine geschlossene Schicht, die bei weiterem Wachstum in feine kapillarähnliche Poren übergeht, Abb 1, links.

In diese Poren können Farbpigmente eingelagert werden: Abb 1, Mitte

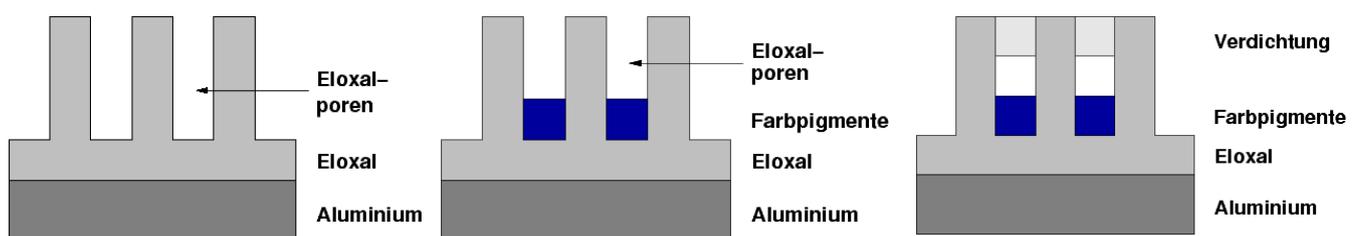


Abb. 1: Aufbau der Eloxalschicht (Eloxal = Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Sperrschicht)

Zum Schluss werden die Poren durch Versiegeln (auch „Sealing“ genannt) verschlossen Abb 1, rechts. Dies geschieht durch eine Volumenzunahme der Schicht in Folge einer chemischen Reaktion mit dem Wasser.

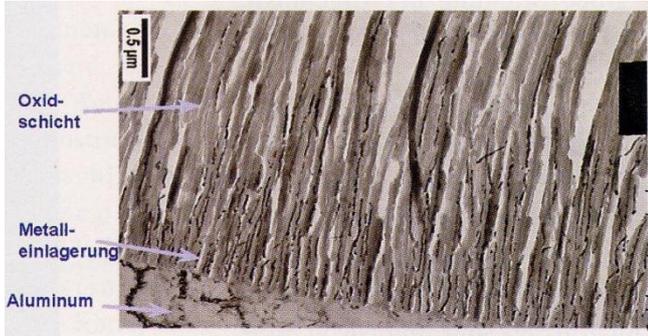
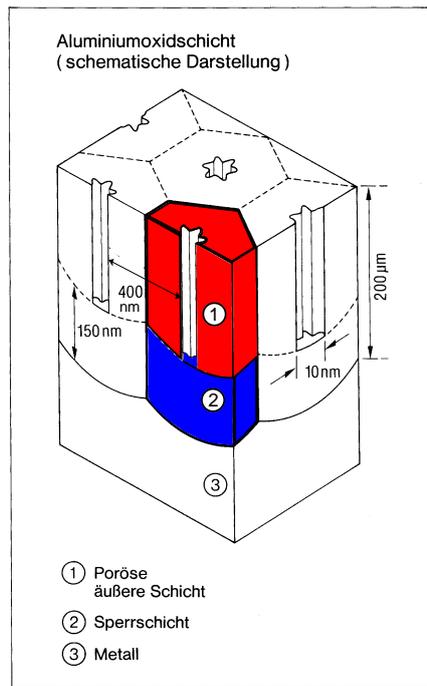


Abb. 3:

REM-Aufnahme mit erkennbaren Metallsalzeinlagerungen im unteren Teil der Poren der Oxidschicht



Dreidimensional ergibt sich das nebenstehende Bild.

Die Porendichte beträgt ca.  $600 \cdot 10^6$  pro  $\text{cm}^2$ .

Die Farbe wird also nicht aufgetragen, sondern ist

Bestandteil der Eloxalschicht und somit nach dem

Verdichten der Schicht (Schließen der Poren) sehr gut

gegen Abrieb und chemische Einflüsse geschützt.

Abb. 2:

$\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schicht nach dem Eloxieren (vor dem Verdichten)

### 3.3 Eigenschaften der Schicht:

Blankes Aluminium oxidiert an der Luft sehr schnell, überzieht sich dabei aber mit einer luftundurchlässigen farblosen Oxidschicht ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Diese sehr dünne (typischerweise  $0,5 \mu\text{m}$  dicke) Schicht schützt das Metall vor weiterem Angriff des Luftsauerstoffs. Sie ist relativ weich und unansehnlich und genügt wegen ihrer sehr geringen Stärke keinen höheren Ansprüchen. Allerdings kann man durch gezielten Aufbau dieser Schicht mit Hilfe eines wässrigen Elektrolyten ( $\rightarrow$  Eloxieren) folgende Eigenschaften herausbilden:

- Härte: ca. 100 – 300 HV (beim Harteloxieren bis 600 HV !)
- Schichtdicke: abhängig von Spannung und Baddauer 3-40  $\mu\text{m}$  (beim Harteloxieren bis 600  $\mu\text{m}$ !)
- Durchschlagsfestigkeit: ca. 30 Volt pro  $\mu\text{m}$
- Farbe: farblos bis leicht gelblich oder grau; dadurch bleibt das metallische Aussehen des darunterliegenden Aluminiums erhalten - auch bei späterer Einfärbung.
- mit geeigneten Metallsalzen kratzfest und lichteht einfärbbar; mögliche Kombinationen mehrerer Farbstoffe ermöglichen fast jeden beliebigen Farbton
- 

Es zeigt sich, daß die Eigenschaften der Schicht primär abhängig sind von  $t$ ,  $i$ ,  $T$  und Elektrolyt-zusammensetzung.

#### 4. Versuchsanordnung

Zur Vorbereitung des Eloxiervorganges muß die Probenoberfläche zunächst verschiedene Vorbehandlungen durchlaufen, s.u. Diese geschieht zunächst mechanisch, z.B. durch Schleifen und anschließend chemisch mit Hilfe eines Reinigungs- und eines Spülbades. Danach erfolgt der eigentliche Eloxierversuch, dessen prinzipieller Aufbau folgender Grafik zu entnehmen ist.

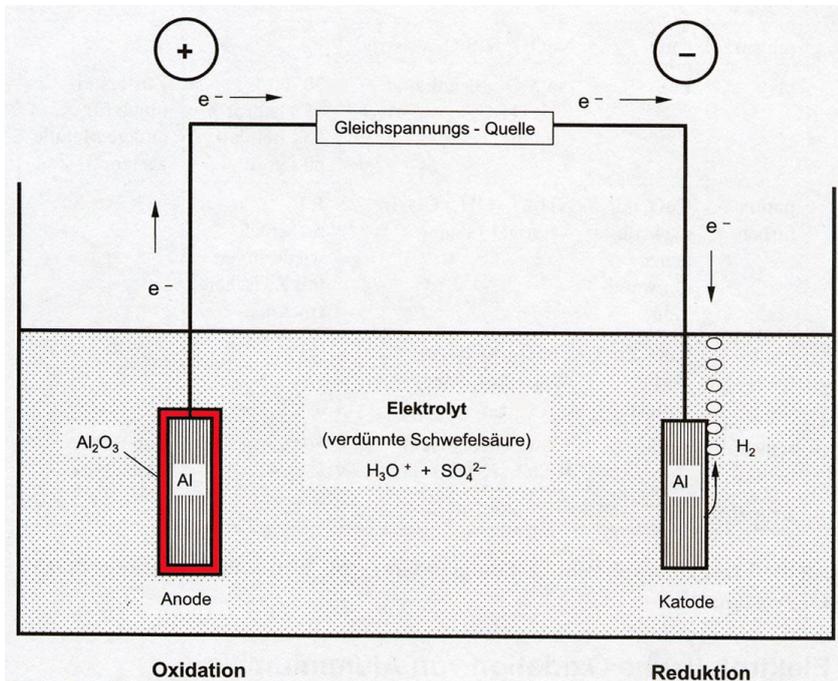


Abb. 3: Prinzip einer „Eloxalzelle“, Details der (elektro)chemischen Reaktionen s. Kap. 3.1

Als Stromquelle dient ein Galvanostat, der eine konstante Stromstärke unabhängig von den im Stromkreis befindlichen Widerständen und damit von der benötigten Spannung liefert. Somit kann bei bekannter Probenoberfläche die gewünschte Stromdichte eingestellt werden. Die Gegenelektrode besteht aus einem im verwendeten Elektrolyten inerten Werkstoff, z.B. Aluminium, Blei, Titan oder Platin und wird an den Minuspol des Galvanostaten angeschlossen. Das zu eloxierende Werkstück, in unserem Versuch ein Blech, wird dementsprechend an die Anode angeschlossen.

Für die Nachbehandlung nach dem Eloxieren sind drei weitere Bäder für das Säubern, Färben und Versiegeln erforderlich, so daß die komplette 7-stufige Versuchsanordnung wie folgt aussieht:

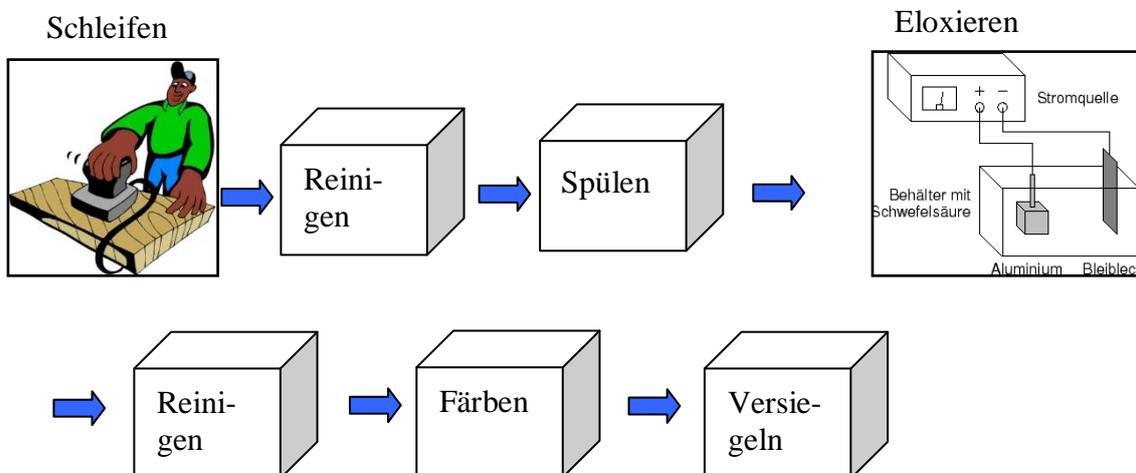


Abb. 4: Verfahrensschritte beim Eloxieren

## 5. Versuchsdurchführung

### 5.1 Messung der Ausgangshärte mit einem Kleinlasthärteprüfer (HV) nach Anleitung

### 5.2 Oberflächenvorbereitung

Zuerst muss die Oberfläche des Aluminiums vorbereitet werden. Dazu sind die unter 5.1.1 bis 5.1.2 beschriebenen Bäder nötig.

→ ähnliche Verfahrensschritte sind bei allen Prozessen der Oberflächentechnik von großer Bedeutung, da nur durch eine optimal vorbereitete Oberfläche der Zusammenhalt zwischen Schicht und Grundwerkstoff gewährleistet werden kann. I.A. ist die Vorbereitung der Oberfläche aufwendiger als das eigentliche Beschichtungsverfahren !!

Das spätere Aussehen kann je nach gewünschter Oberfläche durch vorgelagerte mechanische und/oder chemische Verfahren beeinflusst werden, zum Beispiel:

- **Schleifen** → gleichmäßig rauhe Oberfläche
- **Bürsten** → rauhe Oberfläche mit Vorzugsrichtung
- **Polieren** → sehr glatte Oberfläche
- **Sandstrahlen** → recht rauhe Oberfläche
- **Beizen** → ganz leichtes Anrauen
- **Mattieren** → leichtes Anrauen

Durch spezielles Bürsten lässt sich eine Oberfläche erzeugen, die Edelstahl zum Verwechseln ähnlich sieht - mit dem Vorteil, dass Fingerabdrücke auf Eloxalschichten keine Spuren hinterlassen. Damit sind sie vorzüglich zur Herstellung pflegeleichter Gegenstände geeignet.

#### 5.2.1 Reinigung

Eine wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Eloxierung ist ein absolut fett- und staubfreies Werkstück. Deswegen werden die Werkstücke vor dem Eloxalbad gründlich chemisch gereinigt. Dies geschieht meist in Bädern aus Natronlauge oder Soda.

#### 5.2.2 Spülen

Um sämtliche Reste der Reinigungsmittel zu entfernen, werden die Werkstücke gründlich mit entionisiertem Wasser gespült.

### 5.3 Eloxieren/Anodisieren

Dieses ist der wichtigste aber zugleich auch der unkritischste Arbeitsschritt. Das am weitesten verbreitete, einfachste und auch im Praktikum angewendete Verfahren zur Herstellung der Eloxalschicht ist das so genannte Gleichstrom-Schwefelsäure-Verfahren (GS-Verfahren). Hierbei werden die Werkstücke als Anode (Pluspol) in ein wässriges Schwefelsäurebad getaucht während die Kathode (Minuspol) z.B. durch ein kreisförmig gebogenes Al-Blech dargestellt wird. Bei ca. 12-18 Volt Gleichspannung und Stromdichten von 1,5 A/dm<sup>2</sup> (15 mA/cm<sup>2</sup>) erfolgt das Anodisieren über 30-60 Minuten.

Weitere Verfahren sind das Chromsäure- das Oxalsäure-Verfahren und das Hartanodisieren.

Die am Galvanostaten einzustellende Stromstärke ergibt sich bei gegebener Stromdichte nach Bestimmung der Probenoberfläche.

Unser Eloxiervorgang findet in 15-20 Gew.%iger Schwefelsäure statt. Die genaue Konzentration ist nicht kritisch. Beim Verdünnen von hochkonzentrierter Säure gilt: „Erst das Wasser dann die Säure, sonst passiert das Ungeheure“, d.h. niemals das destillierte Wasser direkt in die Schwefelsäure gießen - immer umgekehrt: Da sich das Gemisch beim Verdünnen stark erwärmt, besteht sonst Spritz- und Verdampfungsgefahr! Also die Schwefelsäure *langsam* in das (möglichst kalte) destillierte Wasser einrühren. *Unbedingt Schutzbrille, Handschuhe sowie alte Kleidung tragen!*

Alle zu eloxierenden Oberflächen des Werkstücks müssen in das Säurebad eintauchen, da nur die der Säure ausgesetzten Oberflächen die Eloxalschicht bilden können. Dies erreicht man am einfachsten durch Titan- oder Aluminiumdraht, der z.B. durch im Werkstück vorhandene Ösen gezogen wird oder eine dünne Aluminiumstange mit Haken oder Gewinde, die in ein Gewinde des Werkstücks geschraubt wird. Da über die Befestigung gleichzeitig der Strom fließt, sollte die Verbindung innig und die Kontaktstelle möglichst großflächig sein. Das widerspricht naturgemäß der Forderung nach möglichst wenig abgedeckter Oberfläche (da diese eben nicht eloxiert wird → Fehlstellen).

Das Werkstück (Blech) bildet die Anode – d.h. es wird an den Pluspol unserer Stromquelle angeschlossen. Die Kathode bildet unser Aluminiumblech, das mit dem Minuspol verbunden wird.

### **Berechnung der Stromstärke und Dauer:**

Die Schichtdicke wird ausschließlich durch Variation der Eloxierdauer und der Stromstärke bestimmt, ist also von der geflossenen Ladungsmenge abhängig. Die Stromstärke soll **15 mA pro cm<sup>2</sup> Oberfläche** bei einer Eloxierdauer von ca. 60 Minuten (= 3600 Sekunden) und einer Badtemperatur von +20°C betragen.

Zum besseren Verständnis folgt ein kleines Beispiel:

Das Werkstück sei ein Aluminiumwürfel mit 10 cm Kantenlänge. Die Stromquelle liefere maximal 5 Ampere. Die Gesamtfläche des Würfels ergibt sich zu:

$$10\text{cm} * 10\text{cm} * 6 = 600 \text{ cm}^2$$

Daraus folgt mit obigem Richtwert, dass die Stromquelle einen Strom von  $600 \text{ cm}^2 * 15 \text{ mA/cm}^2 = 9000 \text{ mA} = 9 \text{ A}$

für 60 Minuten liefern sollte. Da unsere Stromquelle nur 5 A liefern kann, erhöht sich die Eloxierdauer entsprechend:

$$9 \text{ A} / 5 \text{ A} * 3600\text{s} = 6480\text{s}$$

was etwas weniger als zwei Stunden Baddauer entspricht.

Entscheidend ist die Strommenge in As = C. Hier  $9\text{A} * 3600 \text{ s} = 30400 \text{ C}$ .

Während des Wachstums der Eloxalschicht erhöht sich deren elektrischer Widerstand (die Dicke der Schicht wächst) und der Stromfluss sinkt. Dieses kann man per Hand durch Erhöhung der Spannung ausgleichen oder man verwendet gleich ein stromgeregeltes Netzteil (Galvanostat) und stellt den gewünschten Strom vorher ein.

Es bildet sich nach und nach eine ganz leicht gelblich gefärbte Oberfläche heraus und der Glanz verschwindet. An der Kathode bilden sich Blasen aus H<sub>2</sub>. Dies ist normal und zeigt, dass die elektrochemische Reaktion abläuft. An der Anode entwickelt sich O<sub>2</sub>.

## **5.4 Nachbehandlung**

### **5.4.1 Spülen**

Um sämtliche Reste der Säure zu entfernen und das Farbstoffbad zu schützen, werden die Werkstücke nochmals gründlich mit Wasser gespült, eventuell wird gezielt neutralisiert.

### **5.4.2 Farbbad**

Im Farbbad erfolgt dann die Einfärbung der gebildeten Eloxalschicht bei etwa 50 Grad Celsius. Je nach Konzentration, gewünschter Farbnuance und Legierung des Werkstücks verweilt es hier bis zu 10 Minuten

### **5.4.3 Versiegeln (Sealing)**

Direkt nach dem Farbbad bringt man die Werkstücke in kochendes Wasser, wodurch die Eloxalschicht verdichtet wird. Dies geschieht durch Umwandlung der Oberflächenschicht in  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  und H<sub>2</sub>O. Die eingeschlossenen Farbpigmente werden so versiegelt und es bildet sich die gewünschte korrosionsbeständige, kratzfeste Oberfläche.

Damit sich keine Kalkablagerungen bilden, wird nicht normales Leitungswasser sondern entionisiertes Wasser benutzt.

### 5.5 Messung der Härte der Eloxalschicht mit einem Mikrohärteprüfer (HV)

Durchführung der Messung an 3 Punkten nach Anweisung.

## 6. Versuchsauswertung:

Messung der Ausgangshärte des Bleches (Kleinlast- oder Mikrohärteprüfer)

Messung der Schichtdicke

Messung der Härte der Eloxalschicht (Mikrohärteprüfer)

Berechnung des elektrischen Wirkungsgrades

Berechnung der O<sub>2</sub> – Entwicklung (Volumen unter Normalbedingungen)

Berechnung der H<sub>2</sub> – Entwicklung (Volumen unter Normalbedingungen)

Bestimmung der optimalen Färbezeit (nach vorgegebener Farbe)

Gegeben:  $\rho_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 3,94 \text{ g/cm}^3$ ,  $m_{\text{H}_2} = 2 \text{ g/mol}$ ,  $m_{\text{O}_2} = 32 \text{ g/mol}$ ,  $m_{\text{Al}} = 27 \text{ g/mol}$

### 6a. Hinweise zur Berechnung der Stromausbeute (elektrischer Wirkungsgrad)

Die Beziehung zwischen der geflossenen Ladungsmenge und der Masse des abgeschiedenen Stoffes wird beschrieben durch das 1. Faradaysche Gesetz.

Die gesamte an einer Elektrode elektrochemisch umgesetzte Stoffmenge  $\Delta n_{\text{ges}}$  in mol einer oder mehrerer Substanzen verhält sich direkt proportional zur umgesetzten elektrischen Ladungsmenge  $\Delta Q$  in As (C).

$$\frac{\Delta Q}{\Delta n_{\text{ges}}} = \frac{\Delta Q}{\sum_{i=1}^K \Delta n_i} = \text{const.} = z \cdot F \quad (1)$$

z: Anzahl der pro umgesetztes Teilchen übergehenden Elektronen

F: Faradaykonstante = 96490 As/mol

K: Anzahl der an der Elektrode ablaufenden elektrochemischen Reaktionen

Anwendung von Gleichung (1) für die galvanische Abscheidung von Metallen:

Beim Eloxieren von Aluminium bildet das zu bearbeitende metallische Werkstück die Anode (Reaktionsgleichung s.o.),

Definition der Stromdichte i:  $\mathbf{i = \frac{I}{A}}$  (2)      I: Stromstärke in mA  
A: geometrische Elektrodenoberfläche in cm<sup>2</sup>

Die umzusetzende elektrische Ladungsmenge  $\Delta Q$  in C ergibt sich als Produkt aus dem konstanten Elektrolysestrom I in mA und der Elektrolysezeit  $\Delta t$  in s.

$$\mathbf{\Delta Q = I \cdot \Delta t = i \cdot A \cdot \Delta t} \quad (3)$$

Die galvanisch abzuschiedende Stoffmenge  $\Delta n$  eines Metalls ergibt sich als Quotient der Abscheidungs Masse  $\Delta m$  in g und der Molmasse M in g/mol. Die Abscheidungs Masse  $\Delta m$  lässt sich ausdrücken durch das Produkt aus der Dichte in g/cm<sup>3</sup>, der geometrischen Elektrodenoberfläche A in cm<sup>2</sup> und der Schichtdicke der Eloxalschicht in cm.

$$\mathbf{\Delta n = \frac{\Delta m}{M} = \frac{\rho \cdot A \cdot \Delta d}{M}} \quad (4)$$

Durch Einsetzen der Gleichungen (1), (2) und (3) in die Gleichung (4) und Auflösung nach der Abscheidungs­masse  $\Delta m$  ergibt sich folgender Zusammenhang:

$$\Delta m = \frac{M}{z \cdot F} \cdot I \cdot \Delta t \quad (5) \quad \Leftrightarrow \quad \text{1. Faradaysches Gesetz}$$

Mit Gleichung (5) kann die bei einem bestimmten konstanten Elektrolysestrom  $I$  sich innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls  $\Delta t$  an der Anode abscheidende  $Al_2O_3$ -Masse  $\Delta m$  errechnet werden. Beim Eloxieren von Al ist aufgrund der hohen Spannung noch zu berücksichtigen, daß eine elektrolytische Wasser­zer­setzung erfolgt, die als Nebenreaktion Strom verbraucht und deshalb den Wirkungsgrad vermindert. An der Kathode entwickelt sich Wasserstoff ( $\rightarrow$  Knallgas !), an der Anode entsteht Sauerstoff.

Berechnen Sie aus der gemessenen Schichtdicke (Annahme: homogene -  $Al_2O_3$ -Schicht) über das 1. Faradaysche Gesetz die Stärke des Abscheidestromes für die  $Al_2O_3$ -Bildung. Vergleichen Sie diese Stromstärke mit der am Galvanostaten eingestellten Stromstärke ( $I_{\text{gesamt}}$ ). Begründen Sie die Abweichung und berechnen Sie die Stromausbeute  $\beta$ , die wie folgt definiert ist.

$$\beta = \frac{I_{Al_2O_3}}{I_{\text{Gesamt}}} * 100\% \quad (6)$$

$I_{Ni}$ : Stromstärke für das Eloxieren des Al in A

$I_{\text{Gesamt}}$ : Stromstärke des gesamten Elektrolysestromes in A

$$pH = -\log c_{H^+} \quad (8) \quad 1 \text{ mol} \cong 22,4 \text{ l}$$

$$I_{O_2} = I_{\text{ges}} \cdot \left( 1 - \frac{\beta}{100\%} \right) \quad (9)$$

### 6c. Prinzip der Schicht­dickenmessung:

Die Messung der Dicke der Eloxalschicht erfolgt nach dem Wirbelstromverfahren. Die Schichtdicke auf dem nicht magnetischen Substrat Aluminium wird bestimmt, indem eine elektrische Sonde auf die Beschichtung aufgesetzt wird, wodurch Wirbelströme im Substrat entstehen. Die Änderung der Amplitude und Phase der im Substrat entstehenden Wirbelströme ist eine Funktion des Abstandes zwischen der Sonde und dem Substrat. Dieses Signal wird gemessen und vom Messgerät in den Schicht­dickenwert umgerechnet. Dies ist ein zerstörungsfreies Prüfverfahren (zfP).

7.

#### Versuchsbericht:

Wie üblich sollte der Versuchsbericht folgende Punkte enthalten:

- Aufgabenstellung
- Versuchsaufbau
- Versuchsdurchführung
- Versuchsauswertung
- Diskussion des Versuches

8. Ergebnistabelle: (Ausfüllen ist Voraussetzung für das Testat)

I in mA		
Eloxierzeit in Min.		
Gesamtoberfläche in cm <sup>2</sup>		
Schichtdicke in µm		
Wirkungsgrad in %		
Volumen O <sub>2</sub> in dm <sup>3</sup>		
Volumen H <sub>2</sub> in dm <sup>3</sup>		
Optimale Färbezeit in Min.		
HV Blech (HV 10)		
HV Schicht (HV.....)		

Literatur: Verfahren der Oberflächentechnik, Hansgeorg Hofmann, Fachbuchverlag Leipzig, s. auch unter <http://www.electronic-things.de>

Weitere Möglichkeit der Färbung: Tauchen in organischen Farbstoffe:

