

Korrosionsschutz / Galvanisieren

1. Aufgabenstellung

Ein Stahlblech ist zu beschichten.

Es sind zu bestimmen:

- die theoretische Metallabscheidung m_t
- die wirkliche Metallabscheidung m_w
- die Stromausbeute S
- die Schichtdicke d

2. Theoretische Grundlagen

Galvanisierung

Galvanisieren ist das Überziehen eines Metallstückes mit einer dünnen Schicht eines anderen Metalls mit Hilfe des elektrischen Stroms. Dieser Überzug besteht aus Metallen, die härter oder widerstandsfähiger gegen Umwelteinflüsse sind als das zu schützende Metall. Außerdem kann einem Metallgegenstand durch Galvanisieren auch ein schöneres Äußeres verliehen werden, wie z. B. ein besonderer Glanz.

Metallüberzüge aus Kupfer, Nickel, Chrom, Silber und Gold werden durch eine Elektrolyse der entsprechenden Salzlösungen erreicht. Die zu überziehenden Gegenstände werden dabei als Kathode geschaltet. Dort entladen sich die Metall-Ionen aus der Salzlösung und scheiden sich als Schicht auf der Kathode ab.

Da beim Entladen der Ionen Metall-Ionen aus der Lösung abgeschieden werden, sinkt die Konzentration der Ionen in der Lösung. Damit die Konzentration konstant bleibt, kann man ein Metallstück aus dem Abscheidungsmetall als Anode schalten. Ab und zu muß nur die Anode erneuert werden, da sie sich auflöst.

Metallgegenstände werden oft vor Aufbringen der Schutzschicht noch mit einem unedlen Metall (z.B. Zink) überzogen. So sind sie bei Verletzung der Schutzschicht noch durch kathodischen Korrosionsschutz vor Korrosion geschützt.

Wird die Schutzschicht verletzt, löst sich das unedle Metall auf (Bildung eines Lokalelements). Anschließend fängt das edlere Metallstück an zu korrodieren.

Ist ein Metallstück mit einer Schicht eines edleren Metalls überzogen (z. B. Weißblechdose) und wird diese Schutzschicht verletzt, so korrodiert das Metallstück durch Ausbildung eines Lokalelements schneller.

Mit dem Stromfluß in der Elektrolysezelle sind Ladungs- und Stoffmengenumsätze an den Elektroden verbunden. Ihre Zusammenhänge wurden von **M. FARADAY** in den Jahren 1833/34 aufgeklärt. Sie sind in den **FARADAYSCHEN GESETZEN** formuliert:

2.1 Erstes Faradaysches Gesetz

Die Masse m der abgeschiedenen Stoffe ist der Elektrizitätsmenge (elektrische Ladung) Q proportional, die durch die Lösung transportiert wird.

$$m = \frac{Q}{F} \quad \text{abgeschiedene Masse} = \frac{\text{Ladung}}{\text{Faraday - Konstante}}$$

2.2 Zweites Faradaysches Gesetz

Gleiche elektrische Ladungen scheiden immer die gleiche Masse eines Stoffes aus dem Elektrolyten ab, auch bei unterschiedlicher Elektrolytkonzentration. Bei unterschiedlichen Stoffen werden die Stoffe entsprechend ihrer Äquivalentmasse abgeschieden. Äquivalentmasse = Molare Masse / elektrochemische Wertigkeit

$$m_{\text{äq}} = \frac{M}{z}$$

M: molare Masse

z: elektrochemische Wertigkeit, hier: Anzahl der bei der Entladung eines Ions umgesetzten Elektronen

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\ddot{A}_1}{\ddot{A}_2} \quad \ddot{A} : \text{Äquivalentmasse}$$

Die transportierte Masse ist unabhängig von der Geometrie der Katode oder der Konzentration des Elektrolyten.

Die Unabhängigkeit der abgeschiedenen Masse von den äußeren Gegebenheiten diente bis 1948 als Definition der Maßeinheit Coulomb (1 C = 1 As).

Zur Abscheidung eines Äquivalents wird also immer die gleiche Ladung umgesetzt, die Faraday-Konstante:

$$N_A = \frac{\alpha g}{\alpha u} = 6,022 \dots * 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$e_0 = 1,602 \dots * 10^{-19} \text{ C}$$

$$F = N_A * e_0 = \left(6,022 \dots * 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} \right) * (1,602 \dots * 10^{-19} \text{ C})$$

$$\underline{\underline{F = 96485, \dots \text{ C/mol}}}$$

N_A : Avogadrokonstante (Maß für makroskopische Stoffmengen) ist genau die Zahl von Teilchen der Masse αu , die zusammen eine Masse von αg haben)

e_0 : Elementarladung kleinste in der Natur auftretende elektrische Ladungsmenge

Dies ist völlig unabhängig von dem abzuscheidenden Stoff.

Da die Elektrizitätsmenge $Q = I * t$ das Produkt aus der Stromstärke I und der Stromflußzeit t ist, gilt:

$$m = k * I * t = k * Q$$

t wird in s (Sekunden) angegeben

I in A (Ampere)

Q in A·s (Amperesekunden) bzw. C (Coulomb)

k ist ein Proportionalitätsfaktor (elektrochemisches Äquivalent).

Er gibt an, welche Masse eines Stoffes von der Ladung $1A \cdot s = 1C$ abgeschieden wird.

Er berechnet sich, indem man Äquivalentmasse durch die Faradaykonstante teilt.

2.3 Theoretische Metallabscheidung m_t

$$m_t = \frac{I * t * M}{F * z} \quad \text{in g}$$

t Zeitdauer der Elektrolyse wird in s (Sekunden) angegeben

I Stromstärke in A (Ampere)

z : elektrochemische Wertigkeit

M : molare Masse in g/mol

2.4 Wirkliche Metallabscheidung m_w

Da die elektrische Energie nicht vollständig zur Metallabscheidung nutzbar ist, unterscheidet sich der theoretische Metallauftrag vom praktischen.

$$m_w = m_1 - m_0 \quad m_0 = \text{Masse des Stahlbleches vor dem Galvanisieren}$$
$$m_1 = \text{Masse des Stahlbleches nach dem Galvanisieren}$$

2.5 Stromausbeute

Die Stromausbeute errechnet sich aus dem Quotienten der wirklichen Metallabscheidung zur theoretischen Metallabscheidung.

$$S = \frac{m_w}{m_t}$$

2.6 Schichtdicke

Die Schichtdicke wird mit einem Schichtdickenmessgerät (Elcometer) gemessen. Das Elcometer arbeitet nach dem Induktionsprinzip und vergleicht die Änderung der Induktion in Abhängigkeit von der Schichtdicke.

3. Geräte und Zubehör

Galvanisierungsgerät „Galvapol 500“
Aceton zur Entfettung
Aktivierungsbad (verdünnte Salzsäure)
Kupferanoden
Kupfersulfatlösung
Nickelanoden
Nickelsalzlösung
Stahlblech zum Beschichten
Schichtdickenmessgerät „Elcometer“
Analysenwaage

4. Durchführung

- messen der Probenlänge und -breite
- Grobreinigung mit heißem Wasser und Waschmittel
- Feinreinigung mit Aceton
- abwiegen der Stahlblechprobe mit Analysenwaage (Ausgangsmasse m_0 bestimmen)
- Oberfläche des zu beschichtenden Stahlbleches zwei Minuten im Salzsäurebad aktivieren
- nach dem Abtropfen die Probe als Kathode gepolt ins Kupfersulfatbad tauchen
- beidseitig davon die Kupferanoden einhängen
- Gleichspannung anlegen, anschließend mit 0,3 A Stromstärke 10 min lang galvanisieren (jede Minute Stromstärke ablesen und notieren)
- Galvanisiergerät abschalten Probe entnehmen, abspülen und trocknen
- Masse m_1 mit der Analysenwaage bestimmen
- Schichtdicke an verschiedenen Stellen mit den Elcometer messen
- die Probe als Kathode gepolt in Nickelsalzlösung tauchen
- beidseitig davon die Nickelanoden einhängen
- Gleichspannung anlegen, anschließend mit 0,3 A Stromstärke 10 min lang galvanisieren (jede Minute Stromstärke ablesen und notieren)
- Galvanisiergerät abschalten Probe entnehmen, abspülen und trocknen
- Masse m_2 mit der Analysenwaage bestimmen

5. Auswertung

Die Stahlblechprobe ist ein Blech von 60 x 60 mm und 1 mm Stärke, in der Mitte ist ein Loch mit ca. 8 mm Durchmesser.

Die mit der Analysewaage bestimmte Masse beträgt:

$$m_0 = 26,3797 \text{ g}$$

5.1 Beschichtung mit Kupfer

Zeit in min	1	2	3	4	5	6
Stromstärke in A	0,2	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3
			7	8	9	10
			0,3	0,3	0,3	0,3

	Masse in g
m ₁ (Kupfer)	26,4266
	26,4250
	26,4247

	Schichtdicke μm			
	1,20	0,90	1,90	3,00
	2,60	2,60	0,80	1,70
	Mittelwert:			1,8375

Theoretische Metallabscheidung m_t

$$m_t = \frac{I \cdot t \cdot M}{F \cdot z} = \frac{0,3 \text{ A} \cdot 600 \text{ s} \cdot 63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{9,6485309 \cdot 10^4 \text{ A} \cdot \text{s} \cdot 2 \cdot \text{mol}^{-1}} = \underline{\underline{0,05923 \text{ g}}}$$

Wirkliche Metallabscheidung m_w

$$m_w = m_1 - m_0 = 26,4247 \text{ g} - 26,3797 \text{ g} = \underline{\underline{0,045 \text{ g}}}$$

Stromausbeute

$$S = \frac{m_w}{m_t} = \frac{0,045 \text{ g}}{0,05923 \text{ g}} = \underline{\underline{0,7598}}$$

$$0,7598 \cdot 100\% \approx \underline{\underline{76\%}}$$

5.2 Beschichtung mit Nickel

Zeit in min	1	2	3	4	5	6
Stromstärke in A	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
			7	8	9	10
			0,3	0,3	0,3	0,3

	Masse in g
m ₂ (Nickel)	26,4562
	26,4560
	26,4559

Theoretische Metallabscheidung m_t

$$m_t = \frac{I * t * M}{F * z} = \frac{0,3A * 600s * 59g * mol}{9,6485309 * 10^4 A * s * 2 * mol} = \underline{\underline{0,055g}}$$

Wirkliche Metallabscheidung m_w

$$m_w = m_1 - m_0 = 26,4559g - 26,4247g = \underline{\underline{0,0312g}}$$

Stromausbeute

$$S = \frac{m_w}{m_t} = \frac{0,0312g}{0,055g} = \underline{\underline{0,5673}}$$

$$0,5673 * 100\% \approx \underline{\underline{56,7\%}}$$

6. Quellennachweis

Physikalisches Praktikum Dieter Geschke B.G. Teubner Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden
12., durchgesehene Auflage August 2001

Werkstofftechnik – Teil 2 Anwendungen, W. Bergmann, 3. neubearbeitete Auflage 2001 Hansa Verlag

Dubbel Taschenbuch für den Maschinenbau, Zwanzigste, neubearbeitete und erweiterte Auflage 2001, Herausgegeben von W. Beitz und K.-H. Grote Springer-Verlag

Internet (Skripte von verschiedenen Universitäten)

Didaktik der Chemie II ("DC2")

Prof. Dr. R. Blume, Fakultät für Chemie der Universität Bielefeld (GERMANY).

Letzte Überarbeitung: 26. November 2001, Dagmar Wiechoczek

Fakultät für Chemie, DC2, Universität Bielefeld (Germany) von Bert Michalowski und Rüdiger Blume

Didaktik der Chemie / Universität Bayreuth, Korrosion: Erscheinungsformen und Vermeidung

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.