

Versuch 7.2: Galvanische Kupferabscheidung

Aufgabenstellung

Die Stromverteilung bei der Kupferabscheidung aus einer Kupfersulfatlösung auf einer geteilten Kupferelektrode wird untersucht.

Grundlagen

Bei elektrochemischen Prozessen an der Phasengrenze Lösung/Elektrodenwerkstoff wird meist davon ausgegangen, daß der Stoffumsatz (die lokale Stromdichte, die damit unmittelbar verknüpft ist) an allen Orten gleich ist. Dies wird in vielen Fällen und unter günstigen experimentellen Bedingungen (gut leitende Elektrolytlösungen, geringe Stromdichten, symmetrische Anordnung von Arbeits- und Gegenelektrode) der Wirklichkeit entsprechen. Bei technischen Elektrolysen in der Galvanik sind diese Bedingungen jedoch oft deutlich anders. Kompliziert geformte Werkstücke, schlecht leitende Elektrolytlösungen und eine höchst unsymmetrische Elektrodenanordnung führen zu Stromverteilungen, die vom Idealfall der gleichmäßigen Verteilung stark abweichen. Dies hat praktisch erhebliche, mitunter verheerende Folgen. Bei ungleicher Stromverteilung in der Metallabscheidung ist an Orten lokal geringer Stromdichte auch eine nur entsprechend geringe Metallabscheidung zu erwarten. Hängt die Eigenschaft eines Werkstückes (Korrosionsfestigkeit, Oberflächenhärte, Verschleißfestigkeit) von der lokalen Schichtdicke ab, so sind lokal unterschiedliche Eigenschaften zu befürchten.

Dem Galvanotechniker stehen verschiedene Möglichkeiten der Abhilfe offen. Geschickte Formung des Werkstückes, günstige Anordnung der Gegenelektroden, gut leitende und umgepumpte Elektrolytlösungen zählen dazu. Die Fähigkeit einer Elektrolytlösung, ungleiche Metallabscheidungen zu unterdrücken, wird als "Streufähigkeit" (engl. "throwing power") bezeichnet. Experimentell kann dies leicht mit einer geteilten Elektrode untersucht werden, bei der die durch Teile der Elektrodenoberfläche fließenden Ströme separat gemessen werden. Unter der Annahme, daß die elektrochemischen Eigenschaften der Kupferbleche an allen Orten der Oberfläche gleich sind und an allen Orten in der Lösung die gleiche Kupferionenkonzentration herrscht wird in diesem Versuch die primäre Stromdichteverteilung untersucht. Bezieht man neben dieser nur von der Zell- und Elektrodengeometrie bestimmte Verteilung lokal unterschiedliche elektrokatalytische Eigenschaften (z.B. lokale Hemmung der Kupferabscheidung durch verschmutzte Elektrodenoberfläche) ein, so spricht man von der sekundären Stromverteilung. Berücksichtigt man schließlich auch noch ungleiche Konzentrationen in der Lösung, so untersucht man die tertiäre Stromverteilung.

Ausführung

Chemikalien und Geräte

geteilte Kupferelektrode
Kupferdraht
verdünnte wäßrige Kupfersulfatlösung
2 identische Amperemeter
regelbare Stromquelle

Aufbau

An zwei gleich große Kupferbleche wird etwas neben der Mitte der kürzeren Kante ein isolierter Draht als Stromzuleitung und Aufhängung angelötet. Nach Abkleben der Lötstellen mit Isolierband werden die beiden Bleche mit einer starken Kunststoffolie als Zwischenlage aufeinander gelegt. Die Kanten werden mit Isolierband umklebt. Die beiden Anschlußdrähte werden über je ein Amperemeter mit dem Minuspol der Stromquelle verbunden, der Kupferdraht mit dem Pluspol. Die Elektroden werden in ein mit der Kupfersulfatlösung gefülltes Becherglas getaucht. An beiden Amperemetern wird der gleiche Meßbereich eingestellt (anderenfalls könnten unterschiedlich große Meßwiderstände das Resultat beeinflussen).

Versuchsablauf

Der Gesamtstrom wird an der Stromquelle eingestellt, die Teilströme werden an den beiden Amperemetern abgelesen. Der Versuch kann bei unterschiedlichen Lösungskonzentrationen und Zellgeometrien, Elektrodenabständen etc. wiederholt werden, um den Einfluß der Stromverteilung zu studieren.

Auswertung

In einem typischen Experiment mit einer verdünnten Lösung und nur einer Anode, die einem Blech gegenüber angeordnet wurde, stellte man bei einem Gesamtstrom von $I = 50 \text{ mA}$ ein Strom $I_v = 34,6 \text{ mA}$ durch die der Anode zugewandte Blechelektrode fest, während durch die abgewandte Elektrode nur $I_h = 15,4 \text{ mA}$ flossen. Bei einem Gesamtstrom von $I = 100 \text{ mA}$ waren die Zahlenwerte $I_v = 67 \text{ mA}$ und $I_h = 33 \text{ mA}$.