

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Elektrochemisches Formabtragen  
Behandlung der Elektrolytlösungen,  
Abwässer und Schlämme

VDI 3401

Blatt 3

EC-Machining

Treatment of electrolyte, waste water and sludge

Inhalt	Seite
Vorbemerkung .....	2
<b>1 EC-Formabtragen</b> .....	2
1.1 Möglichkeiten zur Schadstoffverminderung während des Prozesses .	2
1.2 Pflege der Elektrolytlösungen .....	3
1.2.1 Entfernen der Abtragprodukte (Schlämme) .....	3
1.2.2 Temperaturregelung .....	3
1.2.3 Leitfähigkeitsregelung .....	3
1.2.4 pH-Wert-Regelung .....	4
1.2.5 Nitritbehandlung .....	4
1.2.6 Chromatbehandlung .....	4
1.2.7 Neutralisation .....	4
1.2.8 Sonstige Maßnahmen .....	4
1.3 Spültechniken .....	4
<b>2 Abwasserbehandlung</b> .....	5
2.1 Vorabtrennung von Feststoffen .....	5
2.2 Abscheiden nicht gelöster Flüssigkeiten .....	5
2.3 Chemische Behandlung .....	5
2.3.1 Nitritentgiftung .....	5
2.3.2 Chromatreduktion .....	6
2.3.3 Neutralisation und Metallausfällung .....	6
2.3.4 Sonderbehandlungen .....	6
2.4 Abwasserbehandlungsanlagen .....	7
<b>3 Abfallentsorgung</b> .....	7
<b>4 Ausblick</b> .....	8
Schrifttum .....	8

VDI-Gesellschaft Produktionstechnik (ADB)

Ausschuß Elektrochemisches Bearbeiten

VDI-Handbuch Betriebstechnik, Teil 2

**Vorbemerkung**

Bei den elektrochemischen Abtragverfahren (Gliederung Bild 1), werden Elektrolytlösungen (vereinfacht: Elektrolyte) als Wirkmedien eingesetzt. Während der Bearbeitung werden sie u. a. durch den aufgelösten Werkstückstoff verunreinigt und damit in ihrer Wirksamkeit verändert. Die Wirksamkeit der Elektrolyte ist durch physikalische und chemische Größen (z. B. Konzentration, pH-Wert, spezifische Leitfähigkeit, Temperatur usw.) gekennzeichnet, welche zur Gewährleistung von gleichmäßigen Bearbeitungsergebnissen (z. B. Oberflächengüte, Genauigkeit) innerhalb bestimmter Grenzen konstant gehalten werden müssen.

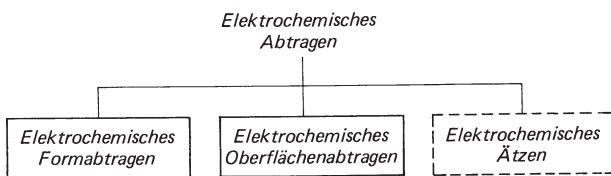


Bild 1. Gliederung der elektrochemischen Abtragverfahren nach DIN 8590

Technische Ausführungen zum elektrochemischen Abtragen enthalten die Richtlinien

VDI 3401 Blatt 1: Elektrochemisches Abtragen – *Formabtragen*

VDI 3401 Blatt 2: Anodisches Abtragen mit äußerer Stromquelle – *Oberflächenabtragen*

Blatt 3 dieser Richtlinie befaßt sich mit dem Behandeln der Elektrolyte beim Formabtragen während des Prozesses zur Erhaltung der Wirksamkeit sowie mit dem Entsorgen verbrauchter Elektrolyte und entstehender Abwässer bzw. Schlämme.

Die Pflicht zur Vermeidung von Abwasseranfall und Schadstoffemission sowie die Entsorgung von Abwässern ist durch die in [1 bis 10] aufgeführten Gesetze, Verordnungen und Verwaltungsvorschriften geregelt. Zudem sind die jeweils länderspezifischen Pflichten zu beachten, die sich aus Landeswassergesetzen, Landesabfallgesetzen sowie länderspezifischen Verordnungen ergeben. Die notwendigen Maßnahmen für Fertigung und Abwasseraufbereitung sowie die Grenzwerte für die Einleitung des Abwassers werden als Auflagen in wasserrechtlichen Bescheiden

festgesetzt, deren Grundlage die Rahmen-Abwasser-VwV mit ihren Anhängen sowie die jeweiligen Ortssatzungen bilden.

Auskünfte erteilen die Ämter für öffentliche Ordnung, die Kreisverwaltungen, die Gemeinden sowie Wasserwirtschaftsämter.

Die Empfehlungen der vorliegenden Richtlinie sollen dazu dienen, die Menge der Schlämme, Abwässer und Schadstoffe zu vermindern, gesundheitsschädigende Einflüsse zu vermeiden und die vorgeschriebene Fertigungsqualität zu gewährleisten.

**1 EC-Formabtragen**

Beim EC-Formabtragen wird die gewünschte Geometrie des anodisch gepolten Werkstückes mit Hilfe einer kathodisch gepolten Werkzeugelektrode erzeugt. Beim anodischen Auflösen (Abtragen) von Metallen bilden sich Metallionen, die in die Elektrolytlösung übertreten. Je nach ihren chemischen Eigenschaften und der Zusammensetzung der Elektrolytauflösung bleiben diese Metallionen entweder gelöst, fallen als Metallhydroxide aus oder reagieren mit weiteren Bestandteilen der Elektrolytlösung. Da die verwendete Elektrolytlösung im Kreislauf gefahren wird, ändert sich ständig ihre Zusammensetzung und somit ihre Wirksamkeit.

**1.1 Möglichkeiten zur Schadstoffverminderung während des Prozesses**

Schadstoffe können sowohl durch den Werkstückstoff, die verwendete Elektrolytlösung, die angewandten Prozeßparameter als auch durch den eingesetzten Werkzeugwerkstoff entstehen.

Da im allgemeinen der Werkstückstoff nicht substituierbar ist, kann durch Variation der Elektrolytlösung oder der Prozeßparameter, z. B. bei der Bearbeitung chromhaltiger Werkstoffe, die Bildung von Chromationen vermindert oder vermieden werden [15]. Hierbei ist aber der Einfluß der veränderten Größen auf das Arbeitsergebnis zu beachten.

Bei dem Einsatz von Natriumnitrat-Elektrolytlösungen, welche aus technischen Gründen in den meisten Anwendungsfällen benutzt werden, entstehen durch kathodenseitige Reaktionen am Werkzeug Nitrit- und

Ammoniumionen. Mit geeigneten Elektrodenwerkstoffen läßt sich die Schadstoffbildung reduzieren [14].

In der Regel können allerdings die z. Z. gültigen Grenzwerte für Inhaltsstoffe im Abwasser durch diese Maßnahmen nicht erreicht werden.

### 1.2 Pflege der Elektrolytlösungen

Beim EC-Formabtragen werden wäßrige Lösungen von neutralen Alkalisalzen (z. B. Natriumnitrat, Natriumchlorid) als Elektrolyte angewandt, bei den EC-Bohrverfahren (STEM, ECF) verdünnte Mineral-säuren (z. B. Salpetersäure, Schwefelsäure, Salz-säure). Ihre Wirksamkeit ändert sich während des Abtragens durch:

- Aufnahme der Abtragsprodukte
- elektrochemische Reaktionen

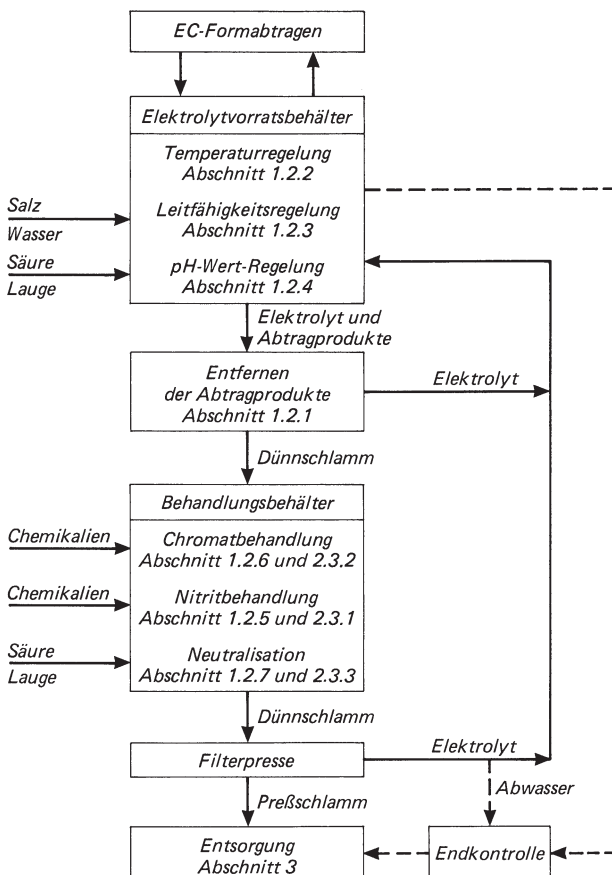


Bild 2. Schema zur Pflege der Elektrolyte beim EC-Formabtragen

- chemische Nebenreaktionen
- Erwärmung im Arbeitsspalt (Joulesche Wärme) und im Elektrolytkreislauf (z. B. Pumpen, Zentrifugen)

Zur Standzeitverlängerung und Schadstoffverminderung müssen die Elektrolyte gepflegt werden, Bild 2.

#### 1.2.1 Entfernen der Abtragprodukte (Schlämme)

Bei der Anwendung wäßriger Alkalisalzlösungen im pH-Bereich von 6 bis 9 fallen die anodisch aufgelösten Metalle überwiegend als Hydroxidschlämme an, deren Zusammensetzung von den Legierungsbestandteilen des abgetragenen Werkstoffes abhängig ist. Mit mechanischen Trennverfahren werden diese Hydroxidschlämme aus den Elektrolyten entfernt. Hierzu können folgende Verfahren eingesetzt werden:

##### a) Sedimentieren (Absetzen)

Als Sedimentation wird das durch Schwerkraft bedingte Absinken von Feststoffen in Flüssigkeiten bezeichnet. Eine Beschleunigung dieses u. U. langsam verlaufenden Vorganges kann durch Zugabe von Flockungsmitteln erfolgen.

Absetzbehälter ermöglichen eine nur geringe Eindickung des entstehenden „Schlammes“ bis zu etwa 2 Gew.-% Feststoffgehalt.

##### b) Zentrifugieren

Im Elektrolyt enthaltene Metallhydroxidschlämme und andere Feststoffe können in Zentrifugen abgetrennt und ausgetragen werden.

Man erhält Dünnschlamm mit einem Feststoffgehalt bis ca. 6 Gew.-%.

Die Anordnung dieser Zentrifugen erfolgt im allgemeinen im Nebenstrom.

#### 1.2.2 Temperaturregelung

Durch im Arbeitsspalt auftretende elektrische Verlustleistung sowie auch durch das Umwälzen mit Pumpen bzw. in Zentrifugen erfolgt eine Erwärmung der Elektrolytlösung. Da die Elektrolyttemperatur das Arbeitsergebnis stark beeinflusst, muß sie konstant gehalten werden.

#### 1.2.3 Leitfähigkeitsregelung

Die Leitfähigkeit der Elektrolyte ist u. a. abhängig von deren Konzentration. Die durch Zulauf oder Verlust