

Abtragtechnik

Elektrochemisches Senken:

Abtragsvorgang:

Anode (Werkstück): $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e^-$
Kathode (Werkzeug): $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow 2(\text{OH}) + \text{H}_2$
Gesamt: $\text{Fe} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$
kein Verbrauch des Elektrolyts, Na und Cl Ionen beteiligen sich nicht am Prozess

Vorteile:

kein Werkzeugverschleiß, geringe Gratbildung, komplette Formen herstellbar, zu Erodieren vgl. hoch produktiv, keine Randzonenschädigung (da kein mech. Abtrag), geringer Wärmeeintrag, doppelt gekrümmte Flächen mgl.

Nachteile:

langsam, relativ hohe Toleranzen (100µm), Entstehung von H_2 , Energieaufwändig, nur elektr. leitfähige Mater.

Produktivität beim EC-Senken:

Faraday'sches Gesetz: $m := \frac{\eta \cdot A_m \cdot I_A \cdot t}{n \cdot F}$
= Die Produktivität ist nur von der Stromdichte und dem spez. Abtragsvolumen abhängig $V := \frac{\eta \cdot A_m \cdot S \cdot A \cdot t}{n \cdot F \cdot \rho}$ $v_f := \frac{V}{A \cdot t}$ $v_f := \left(\frac{\eta \cdot A_m}{n \cdot F \cdot \rho} \right) \cdot S$ $v_f := v_{sp} \cdot S$

η ...Stromausbeute, A_m ...Atommasse, I_A ...Strom, t ...Zeit, n ...Wertigkeit des Atoms, S ...Stromdichte, F ...Faradaykonstante $F=96497\text{As}$, v_{sp} ...Werkstückkonstante

Maßnahmen zur Erhöhung: Stromdichte +, Werkstoffauswahl, Elektrolyt (passivierend, nicht passivier.)
→ Stromausbeute +, Werkstoff-Elektrolyt-Kombination

Keinen Einfluß: Werkzeugwerkstoff, Spannung, Elektrolytströmungsgeschwindigkeit und temperatur

Welche Größe beeinflussen den Eintrittswirkspalt?:

Ohmsches Gesetz: $R := \frac{b}{A \cdot \chi}$ $(\chi)_\square := \frac{1}{\Omega \cdot \text{cm}}$ R ...Widerstand
 b ...Wirkspaltbreite
 χ ...elektrische Leitfähigkeit (0.1-0.6)
 $U_E := U_{AG} - U_Z$ $U_E := I_A \cdot R$ mit $S := \frac{I_A}{A}$ ist $U_E := \frac{S \cdot b}{\chi}$
Grundgleichung: $b := \frac{U_{AG} - U_Z \cdot \chi}{S}$ U_{AG} ...Anlagenspannung (ca. 20V)
 U_Z ...Zersetzungsspannung
 $U_Z = U_k + U_a$ (Spannungsabfall Kat/Anod)

Phasengrenzschichten:

Welche Größen beeinflussen den geometrischen Wirkspalt längs der Elektrolytströmung:

Leitfähigkeitseinfluß: höhere Elektrolyttemperatur -> höhere Leitfähigkeit/Abtrag -> größerer Spalt
 H_2 -Entstehung: hohe Temp: Ausgasen von H_2 -> Bläschen verringern Leitfähigkeit

Geometrieeinfluß: $b := f(\sin \alpha) \rightarrow b_\alpha := \frac{(U_{AG} - U_Z) \cdot \chi}{S \cdot \sin \alpha}$ es kommt zu Verrundungen der Ecken und zur Vergrößerung des Wirkspaltes
bei kleinen Radien: Einfluß der Laplace Transformation

Passivschichten:

Definition: Entstehen bei passivierenden Elektrolyten an Elektroden: hoher Übergangswiderstand, bringen die EC-Reaktion zum Erliegen

Beseitigungsverfahren: (Strömungsgeschwindigkeit, EC-Schleifen)

Elektrolyt:

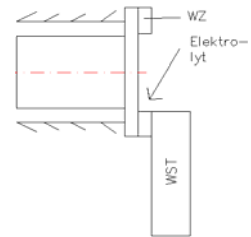
Aufgaben: Stromleitung (10kA), Einleitung der elektrochemischen Reaktion, Beseitigung der Passivschichten, Abtransport von Wärme und Abtragsprodukten

hoher Elektrolytdurchsatz: sehr hohe Wärmeentstehung: sonst verdampfen des Elektrolyts, Abtransport von Abtragsprodukten und H₂

passivierende Elektrolyte: NaNO₃, nichtrostend, an Anode und Kathode können Passivschichten entstehen
nichtpassivierende El.: NaCl: keine Passivsch. ABER: Rostproblem: WS müssen sofort gesäubert werden

Elektrochemisches Schleifen = Elvierschleifen:

Methoden: - mit konstanter Kraft andrücken
Nachteil: Schleifscheibenverschleiß, damit mehr Kraft nötig
-> Vorschubgeschwindigkeit (Produktivität) sinkt
- mit konstanter Vorschubgeschwindigkeit
Vorteile: konstanter Schleifdruck, damit konst. Werkstückverhalten, berechenbare Produktivität



Produktivitätssteigerung: Anpressdruck und/oder Vorschubgeschwindigkeit erhöhen

Erodieren:

Abtragsvorgang:

Das Abtragen erfolgt durch aufeinanderfolgende, zeitlich und räumlich getrennte nichtstationäre oder quasistationäre Lichtbögen (Funken)

Technologien:

jede Technologie gilt nur für die spez. Jeweilige Prozesskonfiguration (Maschinen- und Werkstoffkonf., Impulsgenerator, Dielekt., Vorschub, Draht/Elektrolyt)

Vorteile:

komplizierte Gestalten, harte Werkstoffe, hohe Genauigkeiten und gute Oberflächen

Nachteile:

nur elektrisch leitfähige Materialien, niedrige Produktivität, hohe Randzonenschädig.
-> geringe Biegebruchfestigkeit (50% zur Schleifqualität)

Dielektrikum:

Aufgaben: *Isolation* (Iso. des WS während Impulspause), *Ionisation* (opt. Bedingung für Aufbau des elektrischen Feldes, schnelle Deionisation nach Impulsende, Einschnürung des Entladekanals), *Kühlung* (Plasmakanal ca. 10kK, Werkstück, Kondensation der Metaldämpfe in der Flüssigkeit), *Abtransport der Abtragspartikel*

Arten: *CH-Dielektrika* (Senkero, Abtragsrate+, Verschleiß-, Randzonenschädig., Entsorg.-)
Deionisiertes Wasser (Drahtero., Rauheit+, Kühlung+, Entsorg.+, Abtragsrate-, Verschleiß+)

Senk-Elektroden:

Graphit: höhere Abtragsraten (höhere Stromdichte), ger. Verschleiß, ger. Dichte (WZ+), ger. Wärmedehnung (höhere Genauigkeit), höchste Oberflächengüten erzielbar

Kupfer: geringere Neigung zu Lichtbogenbildung bei kleinen Spalten, bessere Oberflächengüten im Extrembereich, ABER: hohe Dichte, schlechtere Bearbeitbarkeit

Draht-Elektroden:

Mantel: verzinkt: preiswert, einfach
CuZn: Verbesserung des Frequenzverhältnisses, höhere Abtragsraten, Drahttrissgef. -

Hauptzielgrößen:

Rauheit: Kraterförmige Oberfläche, Mittel: Nachschnitte mit kleiner werdenden Aufmaß
Einflüsse: Entladedauer, Impulsstrom: mittlere Entladeenergie - ->Rauheit -

Genauigkeit:

Abtragsrate: Einflüsse: Entladedauer, Tastverhältnis, Impulsstrom

(Verschleiß): Einflüsse: Entladedauer (hoch), Tastverhältnis, Impulsstrom



Restriktive ZG: Oberflächenrauheit, Optimierbare ZG: Verschleiß, Abtragsrate, informative ZG: Wirkspalte

Randzonenschädigung beim Drahterodieren:

Randzone (weiße Sch.): Abrupte Abschreckung Werkstoff, Material des WZ kann eingedrungen sein, Poren+Risse

Umwandlungszone: Phasenumwandlung unterhalb des Schmelzpunktes, Gefügefehler (Korngrenzenrisse)

Eigenspannungszone: Eigenspannungen bis tief ins Gefüge

Unbeeinflusstes Gefüge: keine durch Erodierprozess entstandenen Eigenspannungen mehr

Nachschnitte:

Charakteristika:

1. Hauptschnitt ins Volle mit hoher Entladeenergie, 2.-n. Feinschnitte ger. Entladeenergie
 Nachschnitt muß kleiner als Drahtdurchmesser sein, damit kein Schnitt ins Volle entsteht
 Zeit: HS: 75%, NS1: 9%, NS2: 9%, NS3: 6%, da höhere Schnittrate und höherer Vorschub
 Verbesserung der Oberflächenrauigkeit und Genauigkeit, NICHT Randzonenschädigung

Motivation:

Schleppfehler:

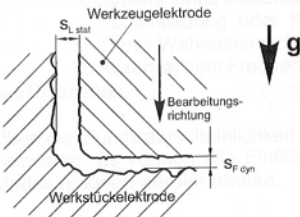
bei höheren Werkstücken und aufgrund der Spülverhältnisse treten bauchige Drahtführungen (Schleppfehler) bes. in der WS-Mitte auf (1-5µm)
 Bei Nachschnitten: Drahtspannkraft erhöhen um Balligkeit zu reduzieren

Produktivität:

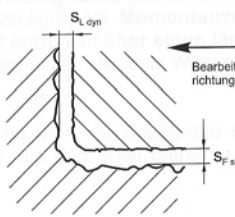
1 Erodieren 10 Elysieren 100 Schleifen 1000 Fräsen

Spalte:

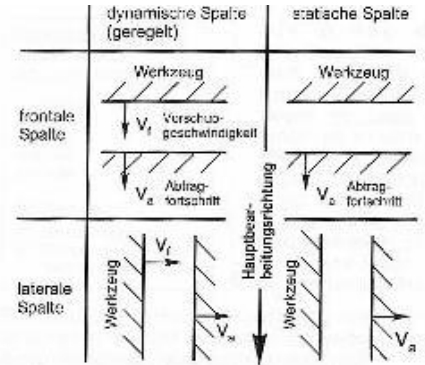
Vertikales Einsenken



Seitliches (Planetäres) Auslenken



In dynamischen (geregelten Spalt) wird die Spaltweite (indirekt) so eingestellt, dass eine optimale Prozessqualität (Zündwahrscheinlichkeit) vorherrscht.
 Im statischen Spalt hingegen erfolgt der Abtrag so lange, bis die Zündwahrscheinlichkeit auf praktisch null abgesunken ist.



Stromquellen:

Arten:

Vorteile:

Nachteile:

Anwendung:

Statische Impulsgeneratoren

Ohmsche Spannungsquelle (konst. U)
 R-Stromquelle (Vorgabe U,I)
 Impulsenergie konstant
 Pulsparameter/-Form reproduzierbar
 komplizierter Aufbau
 Problematisch bei sehr kurzen Pulsen (Trägheit der Bauelemente)
 alle Bereiche

RC-Generatoren

Spannungsquelle (konst. U)

einfacher Aufbau
 hohes Maß an Selbstregelung
 Impulsenergie nicht reproduzierbar
 Parameterkopplung, keine def. Pause, bipolare Pulse und hoher Verschleiß
 erosive Bearbeitung, Feinstschlicht-Bearbeitung beim drahteros. Schneiden

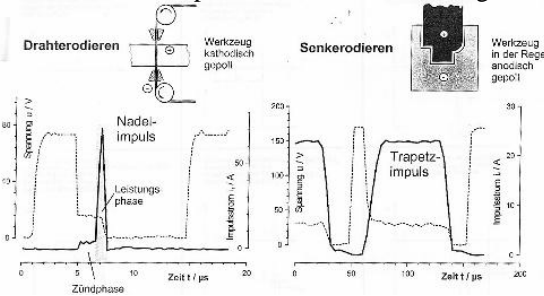
Ohmsche U-Quelle:
 (Draht:günst. Anbieter)

V: einfacher Aufbau, billig, hohe Flankensteilheit
 N: keine konst. Stromamplitude, diskrete Stromstufung, geringer Wirkungsgrad

R-Stromquelle:

V: konstanter Impulsstrom
 N: komplex, diskrete Stromstufung, Zündstufe erforderlich, ger. Wirkungsgrad/Flankensteilheit

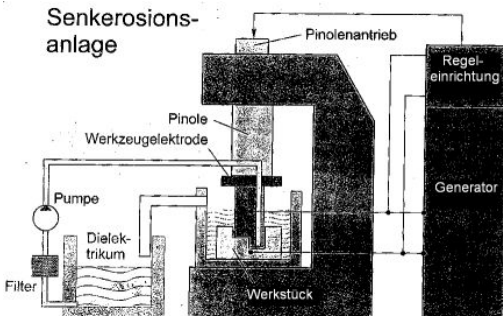
Stromimpulse:



isofrequente Impulstaktung: höhere Prozessstab, Entladedauer nicht reprod., selten angewandt
Isoenergetische Impulstaktung: reproduzierbare Impulsparam., Anwendung beim Senkerod)
Drahterodieren: kurze Nadelimpulse
 Hohe Ströme, im ns-Bereich
Elysieren: längere Trapezpulse mit geringeren Strömen

Senkerodieren:

Senkerosions-anlage

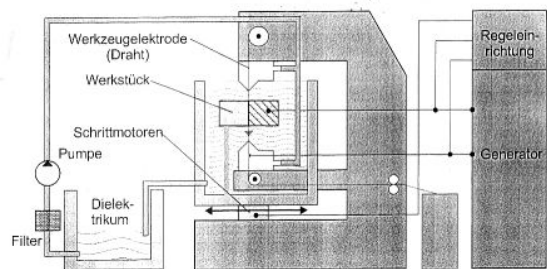


- negatives Abbilden der Werkzeugelektrode im Werkstück
- hohe Präzision, ABER geringe Produktivität
- Anwendung: Mikrobearbeitung, Werkzeugbau
- Spülung

Planetärerodier:

einer rein abbildenden Bewegung werden weitere Bewegungen überlagert oder nachgeschaltet, wobei Eine zielgerichtete geometrische Vergrößerung der Abbildung folgt. Grenze zum Bahnerod. ist fließend = kein reines Einsenken mehr

Drahterodieren:



- höchste Präzision, aber geringe Produktivität
- Gestalterzeugung durch Abtragsvorgang, bei dem def. geführter Draht das Werkzeug ist
- Erzeugung von Durchbrüchen, Konik möglich
- Drahtspülung: HS im Bad, NS: von oben+unten