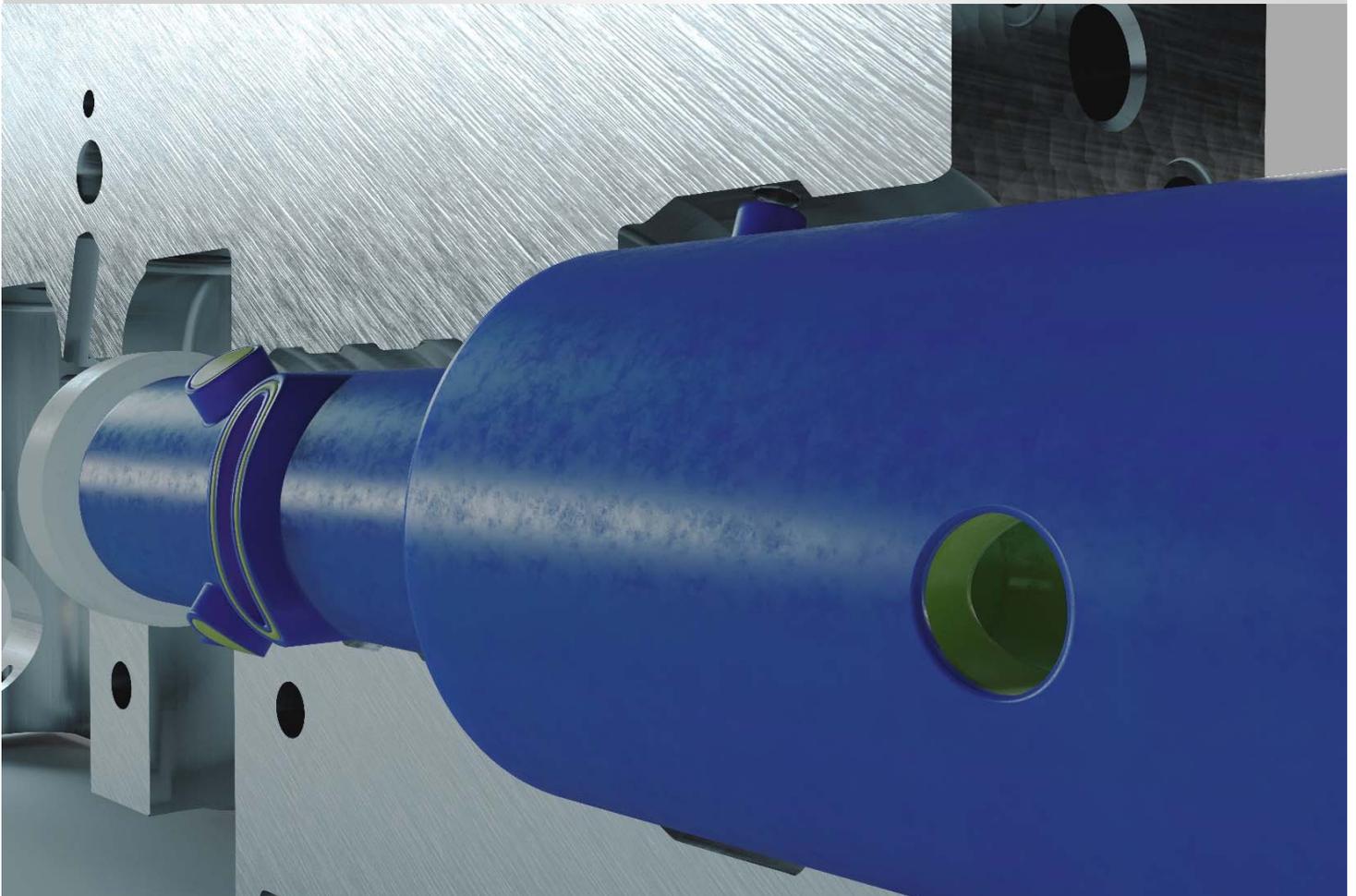




EXTRUDE
HONE®

IHRE ZUKUNFT GESTALTEN

Elektrochemische (ECM) Anwendungen von Extrude Hone





EXTRUDE
HONE®

Elektrochemische (ECM) Anwendungen von Extrude Hone

Von uns entworfen

Extrude Hone ist seit den 1960er Jahren im Geschäft und baut auf seiner patentrechtlich geschützten Technologie des Druckfließlappens auf. Im Laufe der Zeit wurden weitere Technologien wie die elektrochemische Bearbeitung (ECM) in das Portfolio aufgenommen. Wir konstruieren und fertigen Maschinen und Werkzeuge und gewährleisten weltweiten Support.

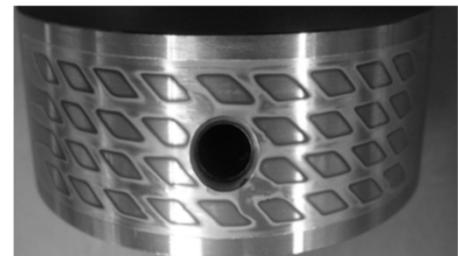
Wir sind stolz darauf, dazu beizutragen, das Entgraten und Verrunden produktiver zu machen.

Die elektrochemische Bearbeitung (ECM) ist ein Verfahren für das Abtragen von Material durch einen elektrochemischen Prozess. Dies wird oft als umgekehrte Galvanisierung bezeichnet, weil dabei Material aufgelöst und abgetragen wird, anstatt es hinzuzufügen. ECM eignet sich für Massenproduktionen, bei denen konventionelle Bearbeitung nicht mehr wirtschaftlich ist, oder nur mit hohem Aufwand erfolgen kann. Ob schwer zugängliche Bereiche, oder schwerzerspanbares Material, ECM bedient seit Jahrzehnten Anwendungen in allen Industriesegmente.

Obwohl die Verwendung auf elektrisch leitfähige Materialien beschränkt ist, kann ECM relativ einfach und kostengünstig eine große Anzahl von Aufgaben erfüllen. Das macht ECM in der heutigen Zeit zu einer beliebten Lösung. Extrude Hone entwirft und baut Maschinen und Werkzeuge und bietet weltweiten Support.



Quelle: ZF





EXTRUDE
HONE®

Die Anwendungen kurz zusammengefasst

Die elektrochemische Bearbeitung ist ein Verfahren, bei dem Grate entfernt und Formen wie Radien oder runde Kanten durch Auflösen des Materials erzeugt werden.

Das Verfahren eignet sich vor allem für die Serienproduktion oder für Teile mit mehreren und unterschiedlichen anspruchsvollen Kantenbrüchen in einem Werkstück, die gleichzeitig, wiederholgenau erreicht werden müssen, wie z. B. bei hydraulischen Verteilern für die Luft- und Raumfahrt.

Erstausrüster entwickeln Hochleistungssysteme und -komponenten, die teilweise unter sehr hohem Druck arbeiten. In einigen Fällen ist es viel zu schwierig oder sogar unmöglich, diese manuell zu bearbeiten. Die zu bearbeitenden Bereiche können entweder für manuelle Werkzeuge unerreichbar sein, oder die Geometrien sind zu präzise, so dass sie selbst von den geschicktesten Mitarbeitern nicht bearbeitet werden können. ECM kann außerdem dabei helfen, mehrere Bereiche gleichzeitig, in einem Bearbeitungsschritt zu bearbeiten.

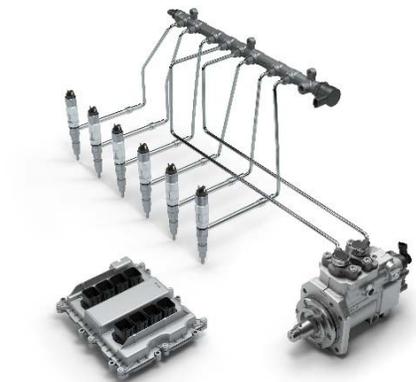
ECM kann einfaches Entgraten mit einer anspruchsvollen Kantenbearbeitung an ein und demselben Bauteil kombinieren. Ausserdem können mehrere Bauteile pro Zyklus bearbeitet werden. Dies ist abhängig von der Komplexität des Vorgangs und der Größe des Werkstücks. Der Zeitzyklus liegt in der Regel zwischen 30 Sekunden und 1 Minute.

Die ECM bietet eine überragende Produktivität und gewährleistet gleichzeitig eine hohe Qualität mit einer 100-prozentigen Konsistenz der Ergebnisse.

ECM-Anwendungen sind in verschiedenen Branchen zu finden, z. B. in der Automobilindustrie, der Medizintechnik, der Luft- und Raumfahrt, der Energie- und Fluidtechnik sowie im allgemeinen Maschinenbau.



Quelle: Dassault Aviation



Quelle: Bosch



Quelle: ZF



EXTRUDE
HONE®

Kante und Oberfläche spielen eine Rolle, ebenso die ECM-Fähigkeiten.

Extrude Hone ECM Endbearbeitungsmethoden

Je nach Ihren Anforderungen an die Endbearbeitung, die Bauteilgeometrie, den Werkstoff und das Bearbeitungsverfahren bieten wir Lösungen.

ECM-Entgraten oder ECD

Einfache Anwendungen zur Entgratung.

ECM-Kantenverrunden

ECM wird oft mit ECD kombiniert, um eine runde Kante, einen echten Radius oder eine Fase zu erzeugen.

ECM Auskesselung

ECM erzeugt aus einer einfachen geraden Bohrung einen inneren Hohlraum mit einer bestimmten Form, tief im Inneren eines Werkstücks. Auskesselungen sind somit nicht mehr schwer zu bearbeiten, sind frei von Graten und Spannungen.

ECM-Bohren

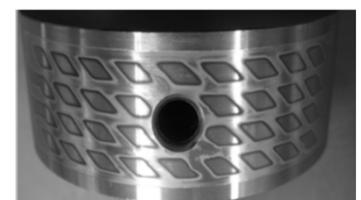
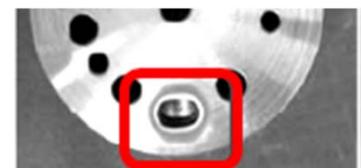
Ein Traum wird wahr. Eine ovale Bohrung ist für ECM eine leichte Aufgabe.

ECM-Oberflächenstrukturierung

Die Strukturierung einer Oberfläche kann mit ECM erreicht werden. Zum Beispiel, um das Öl besser an der Oberfläche eines Lagers zurückzuhalten.

ECM Rifling

Mit ECM (statisch oder dynamisch) lassen sich die Züge im Gewehr- / Pistolenlauf besser herstellen, es gibt keine Grate, keine mechanische Beanspruchung und die Qualität und Präzision steigen.



ECM Vor- und Nachteile

Die Vorteile

- Materialabtrag an genau definierten Stellen.
- Geeignet für die Bearbeitung an schwer zugänglichen Stellen.
- Genauso wirksam auch bei schwer zu bearbeitenden Metallen.
- Keine mechanische oder thermische Beanspruchung des Werkstücks.
- Schruppen und Schichten in einem Arbeitsgang.
- Hohe Produktivität.
- Mehrere Prozesse können in einem Zyklus durchgeführt werden.
- Es entstehen keine Grate. Praktisch kein Werkzeugverschleiß.
- Hervorragende Prozessstabilität und Prozesskontrolle.
- Es besteht die Möglichkeit, Vorrichtungen (für die automatische Positionierung eines Kathodensatzes INNERHALB und AUSSERHALB des Werkstücks) oder Flexible-Kathoden (Positionierung von Hand oder durch einen Roboter) zu verwenden.

Die Nachteile

- Nur anwendbar auf elektrisch leitende Materialien.
- Nachbehandlung aufgrund von korrosiven Salzen erforderlich. Erfordert spezielle Werkzeuge, da die Kathode an das zu bearbeitende Werkstück angepasst werden muss.

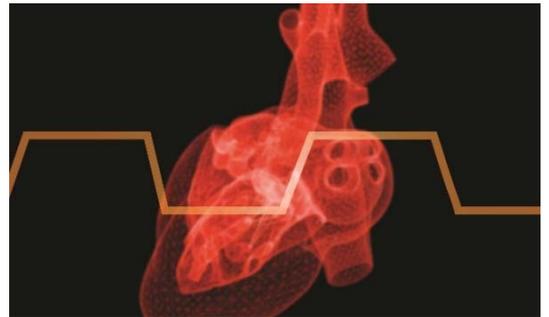


Wann ECM gegenüber der konventionellen Bearbeitung punktet

Wann ECM gegenüber der konventionellen Bearbeitung punktet

ECM wird gegenüber konventionellen Verfahren bevorzugt, wenn diese die Anforderungen an Produktivität und Qualität nicht erfüllen können. Die Situation tritt ein, wenn:

- Das Produktionsvolumen hoch ist
- Das Material schwer zu bearbeiten ist
- Die zu bearbeitenden Bereiche schwer zugänglich sind
- Konventionelle Bearbeitung teurer ist
- Herkömmliche Verfahren keine konsistenten Qualitätsergebnisse liefern



Einige Eigenschaften von ECM eignen sich hervorragend für die moderne Fertigung mit exotischen Materialien, komplizierten Formen und hohen Anforderungen an Produktivität und Qualität.

ECM-Eigenschaften	Der zusätzliche Nutzen
<ul style="list-style-type: none"> • ECM entfernt Material, indem es es auflöst. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die physikalischen Eigenschaften des Materials haben keinen Einfluss auf ECM. ECM ist auch bei gehärteten Materialien wirksam. • Die Bearbeitung erfolgt bei Raumtemperatur • Das Ergebnis der EC-Bearbeitung wird sein: <ul style="list-style-type: none"> - Frei von Graten und scharfen Kanten - Frei von thermischen oder mechanischen Spannungen
<ul style="list-style-type: none"> • Bei ECM trägt das Werkzeug Material ab, ohne mit dem Werkstück in Berührung zu kommen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Werkzeugspuren oder abgebrochene Werkzeuge • Theoretisch unendliche Lebensdauer der Werkzeuge



EXTRUDE
HONE®

Die Wissenschaft hinter ECM

Das Faraday'sche Gesetz der Elektrolyse gilt für die elektrochemische Bearbeitung (ECM), welches besagt, dass die Masse eines gelösten Metalls proportional zur Anzahl der auf die Elektrode übertragenen elektrischen Ladungen ist:

$$m \propto Q \qquad m \propto I \times t \qquad m = C \times I \times t$$

Nach dem Ohmschen Gesetz, $V = I \times R$, lautet die Gleichung: $m = C \times (V / R) \times t$

Mit:

m = Masse des gelösten Stoffes

Q = durchgeleitete Ladungsmenge

I = Strom

t = Zeit

C = Proportionalitätskonstante

V = angelegte Spannung

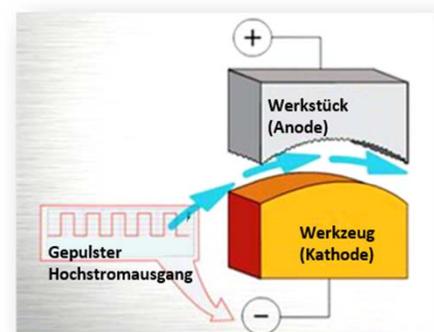
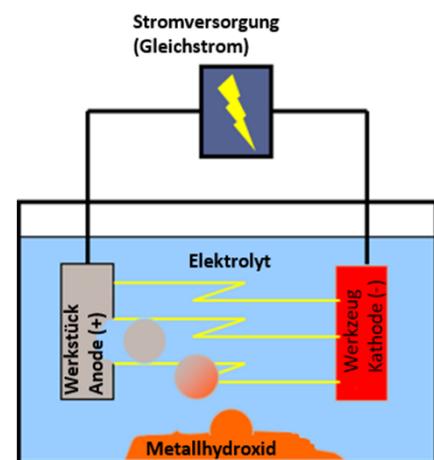
R = Widerstand

Die wichtigsten Elemente bei ECM

- Eine Gleichstromquelle.
- Werkzeug, verbunden mit der (-)-Klemme des Netzteils, der Kathode.
- Das Werkstück, das an die (+)-Klemme des Netzteils angeschlossen ist, die Anode.
- Elektrolyt, der den Zwischenraum zwischen zwei Elektroden ausfüllt.

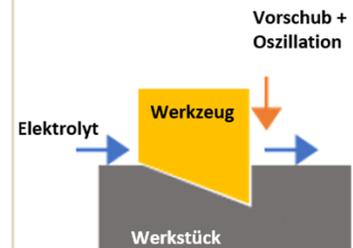
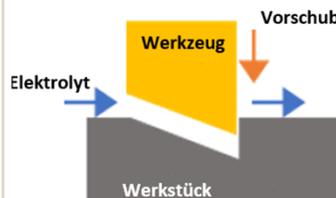
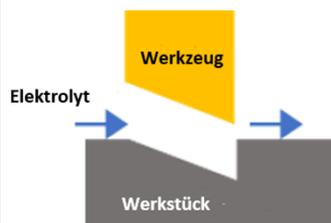
Wenn eine Spannung an den Elektroden anliegt, beginnt der Strom durch den Elektrolyten zu fließen und löst das Material an der Anode nach dem Faradayschen Prinzip auf, wodurch definierte Kanten und Oberflächen entstehen, indem die Kathodengeometrie im Werkstück abgebildet wird. Das gelöste Material bildet entsprechendes Metallhydroxid und fließt mit dem Elektrolyten.

Dieser Prozess erfolgt auf molekularer Ebene, mit niedriger Spannung, bei Raumtemperatur und ohne mechanische oder thermische Belastung des Materials.



The different type of ECM

	Statisches ECM	Dynamisches ECM	Präzises ECM
Grundprinzip	Bei der statischen ECM bleiben das Werkzeug (Kathode) und das Werkstück (Anode) statisch.	Beim dynamischen ECM bewegt sich die Kathode (Kombination aus 1 oder 2 Achsenbewegungen), während die ECM Bearbeitung stattfindet.	Beim Präzisen ECM ist der Abstand zwischen Kathode und Anode viel kleiner als bei statischem, oder dynamischem ECM. In diesem Fall oszilliert die Kathode und bewegt sich, während die ECM Bearbeitung stattfindet.
Anwendungen	<ul style="list-style-type: none"> Entgraten Kantenverrundung Mikrostrukturierung Konturbearbeitung Rifling 	<ul style="list-style-type: none"> Bohren Formgebung Rifling Räumen 	<ul style="list-style-type: none"> Formgebung mit hoher Genauigkeit und Oberflächengüte.



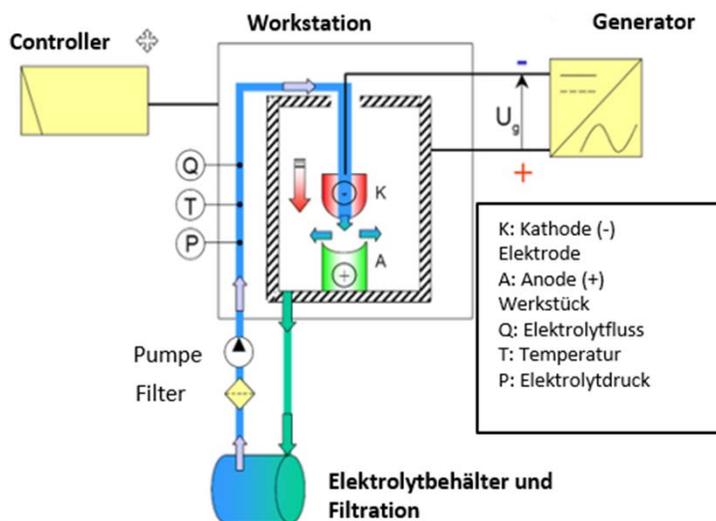


EXTRUDE
HONE®

So sieht ein ECM-Aufbau aus

Jede ECM-Maschine muss über die folgenden Elemente verfügen, um zu funktionieren.

- **Elektrolytsystem:**
Lagert, konditioniert und liefert Elektrolyt für den ECM-Prozess
- **Generator:**
Liefert Gleichspannung entsprechend den Prozessanforderungen.
- **Vorrichtung:**
Kombiniert elektrische Kontakte, Bauteilaufnahme und Elektrolytdurchflusskanäle.
- **Steuerung:**
Überwacht und kontrolliert alle Faktoren, die den ECM-Prozess beeinflussen.



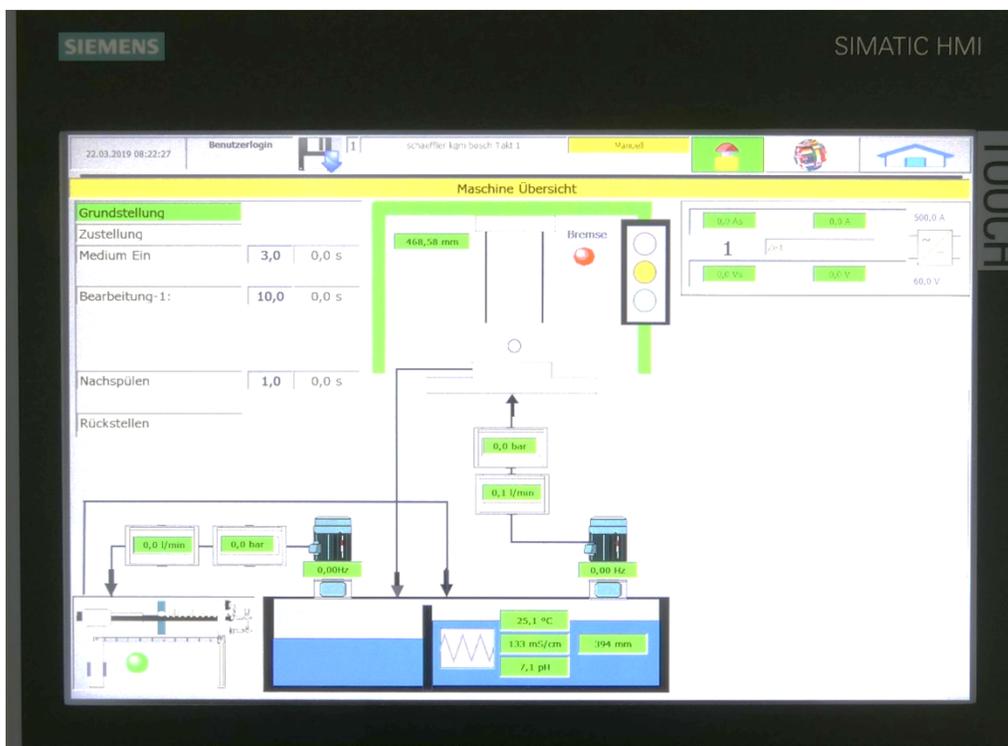


EXTRUDE
HONE®

ECM-Bearbeitungsparameter

Jede ECM-Maschine hat die Kontrolle über die folgenden Parameter:

- Stromstärke: verschiedene Generatoren von 50 A bis 4000A.
- Spannung: von 1 bis 59 V (oder ausnahmsweise begrenzt auf 30 V).
- Bearbeitungszeiten: meist zwischen 1 und 60 Sekunden.
- Elektrolytdruck
- pH-Wert
- Leitfähigkeit
- Filtration
- Überwachung von Maschinenkomponenten





Erreichen von Konsistenz beim ECM

Konsistenz ist das Markenzeichen eines jeden Prozesses. Wenn Sie das ganze Jahr über täglich Tausende von Bauteilen produzieren, ist es von entscheidender Bedeutung, dass sie alle den Spezifikationen entsprechen.

Beim ECM-Prozess hängt die Konsistenz von mehreren Faktoren ab. Wenn diese Faktoren nicht genau kontrolliert werden, ist die Ausgangsqualität der Produktion gefährdet.

In Anbetracht der herrschenden Gleichung müssen **I** und **t** kontrolliert werden, um in jedem Zyklus einen gleichmäßigen Materialabtrag zu erreichen. **C**, die Proportionalitätskonstante, wird durch das zu bearbeitende Material bestimmt.

Nun hängt **I** von **V** und **R** ab. Bei einer angelegten Spannung hängt die Stromstärke, die über den Spalt fließt, vom Widerstand im Spalt ab.

Bei einer ECM-Maschine sind **V** und **t** in der Steuerung einstellbar.

Die Herausforderung liegt in **R**, was in Abhängigkeit von einigen anderen Variablen variiert. Die Veränderung von irgendeiner dieser Variablen wird sich auf **I** und damit auf **m** auswirken.

Die wichtigsten Faktoren, **R** zu steuern, sind:

Leitfähigkeit des Elektrolyten:

- Salzgehalt
- Temperatur

Spalt zwischen den Elektroden

$$m = C \times I \times t$$

$$m = C \times (V / R) \times t$$

Korrelation der Faktoren

Salzgehalt ↗ Widerstand ↘

Temperatur ↗ Widerstand ↘

Spalt ↗ Widerstand ↗



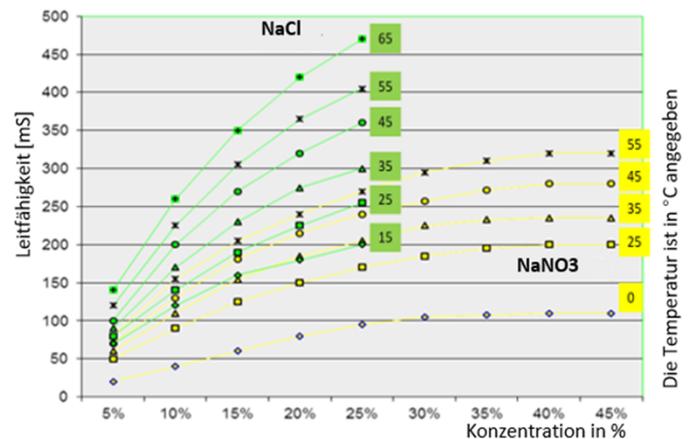
EXTRUDE
HONE®

Temperatur, Salzgehalt und Leitfähigkeit des Elektrolyten

Je nach verwendetem Salz steigt die Leitfähigkeit des Elektrolyten mit dem Salzgehalt und der Temperatur.

Je höher der Salzgehalt und die Temperatur sind, desto mehr Material wird bei einer bestimmten Betriebsspannung und -zeit entfernt.

Wenn sie nicht genau überwacht und kontrolliert werden, können Temperatur und Salzgehalt die Konsistenz der ECM Bearbeitung erheblich beeinträchtigen.

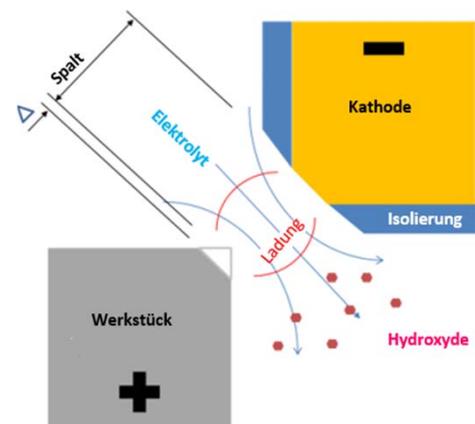


Spalt zwischen den Elektroden

Die erste Phase in der Vorrichtungskonstruktion und die Durchführung eines Machbarkeitsversuchs, werden dazu beitragen, den Spalt zwischen den Elektroden und deren Geometrie festzulegen. Dies hängt von der Qualität der eingehenden Komponenten und den Anforderungen an das fertige Werkstück ab.

Ein kleineres Spaltmaß ist für den ECM-Prozess besser, da er dem Stromfluss einen geringeren Widerstand entgegensetzt. Der Prozess läuft dann mit minimaler Spannung. Auch kann die ECM besser auf den Bearbeitungsbereich konzentriert werden und erzielt somit ein genaueres Ergebnis.

Außerdem ist es wichtig, dass die Qualität der eingehenden Werkstücke gleichbleibend ist, um eine gleichbleibende Qualität der bearbeiteten Werkstücke zu erreichen.





EXTRUDE
HONE®

Andere Faktoren, die sich auf die ECM-Konsistenz auswirken.

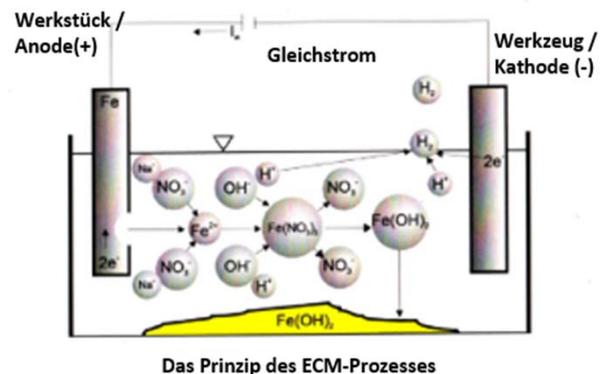
Zu den anderen Faktoren, die das ECM Ergebnis beeinflussen, sind die wichtigsten:

- Der pH-Wert des Elektrolyten
- Durchfluss von Elektrolyt
- Form der angelegten Spannung
- Elektrolytsauberkeit
- ECM Vor- und Nachbehandlung
- Konsistenz der Eingangsbedingungen

Elektrolyt pH

Beim ECM-Verfahren wird Wasserstoff an der Elektrode freigesetzt, wodurch der Elektrolyt basisch wird. Durch die Zugabe einer kontrollierten Dosis von Säure in den Elektrolytbehälter wird der gewünschte pH-Wert aufrechterhalten. Die Dosierung hängt von den Rückmeldungen der pH-Messsonden und dem Abgleich mit dem in die Steuerung eingegebenen Sollwert ab.

Die Aufrechterhaltung eines nahezu neutralen pH-Werts ist für den Bedienschutz und das System wichtig. Außerdem gibt es für jedes bearbeitete Material einen bestimmten pH-Bereich, um eine effiziente Filtration des Elektrolyten und ein optimales Ausflocken zu gewährleisten. Die Aufrechterhaltung eines sauberen Elektrolyts ist ein Schlüssel zur Sicherstellung der Qualität des ECM-Ergebnisses, vor allem bzgl. der Oberflächenbeschaffenheit und dem Aussehen.





Elektrolytfluss

Beim ECM-Verfahren ist der Elektrolyt im Spalt unerlässlich, um eine elektrische Ladung zu transportieren und den Materialabtrag zu ermöglichen. Ein kontrollierter Durchfluss des Elektrolyten gewährleistet:

- Effektiver Abtransport des in der ECM produzierten Hydroxids.
- Effizienter Austransport der im Spalt erzeugten Wärme.
- Die Form der in ECM erzeugten Kante.
- Die in ECM erzielte Oberflächengüte.

Um eine bessere Konsistenz des Prozesses zu erreichen, muss der Elektrolytfluss innerhalb einer bestimmten Grenze bleiben. Eine Druck- und Durchflussregelung im Elektrolytkreislauf trägt dazu bei, dies zu gewährleisten.

Sauberkeit des Elektrolyts

Beim ECM-Verfahren wird Material entfernt und bildet mit dem Elektrolyt Metallhydroxid. Es wird durch die Strömung des Elektrolyts aus dem Bearbeitungsbereich abtransportiert. Es muss ständig gefiltert werden, um den Elektrolyt sauber zu halten.

Ein unsauberer Elektrolyt hat viele negative Auswirkungen:

- Verblockung von Flusskanälen.
- Hinterlassen von Ablagerungen auf der Vorrichtung.
- Verschlechterung der ECM-Qualität in Bezug auf Oberflächenbeschaffenheit und Aussehen.

Ein effektives Filtersystem entfernt Hydroxide aus dem Elektrolyt und bildet gleichzeitig einen stichfesten Filterkuchen, der einfach handzuhaben und zu entsorgen ist.



Spannungsmuster

Beim ECM-Verfahren kann die Gleichspannung konstant, in Impulsen oder in einer Kombination aus beidem anliegen..

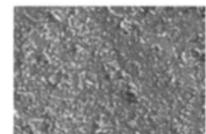
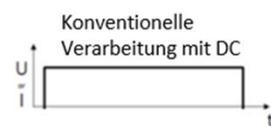
Früher war bei ECM eine das Anlegen einer konstanten Gleichspannung die Norm. Im Laufe der Zeit wurde vermehrt auf eine gepulste Spannung umgestellt. Das Pulsen sorgt dafür, dass das Hydroxid in den Pulspausen weggespült werden kann und sich jedes Mal ein sauberer Elektrolyt im Spalt befindet, wenn neues Material aufgelöst wird. Das Ergebnis ist eine bessere Kontrolle über den ECM-Bereich und eine verbesserte Oberflächenqualität.

Verglichen mit einer konventionellen Bearbeitung ist die ECM-Bearbeitung mit konstanter Spannung wie eine Schruppbearbeitung, während die Puls-Bearbeitung eher der Schlichtbearbeitung nahekommt. Eine optimale Kombination ist die Lösung, um die beste Zykluszeit und Qualität zu erreichen.

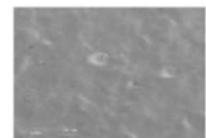
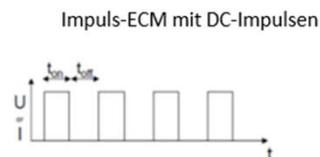
Darüber hinaus wirkt sich die Form des Pulses auf die Oberflächenbeschaffenheit des ECM-Bereichs aus.

Eine präzise Spannungssteuerung ist für die Konsistenz des ECM-Prozesses unerlässlich.

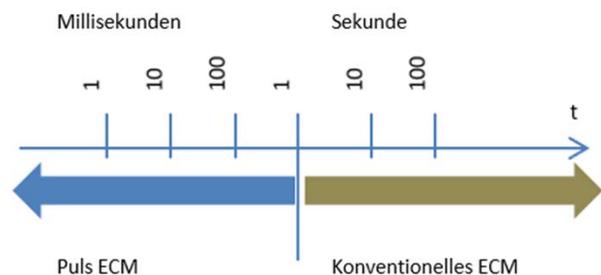
- Während eine konstante Gleichspannung zu einer hohen Abtragsleistung führt, erzeugt eine gepulste Gleichspannung eine bessere Oberflächengüte.
- Oft werden beide in einem zweistufigen Programm kombiniert, um das Beste aus Produktivität und Qualität zu erhalten.



Rz=15 µm



Rz=2 µm





EXTRUDE
HONE®

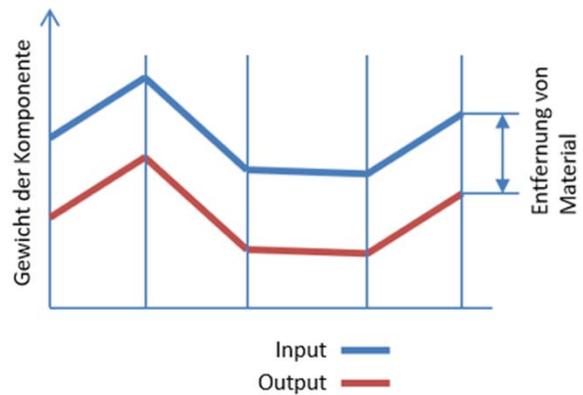
Die Vor- und Nachbehandlung des ECM-Prozesses ist entscheidend

ECM-Vorverarbeitung	ECM-Nachverarbeitung
<ul style="list-style-type: none">• Die Bauteile müssen sauber, ölfrei und frei von Graten und Fremdkörpern sein, bevor sie dem ECM-Prozess zugeführt werden.• Öl, ein schlechter elektrischer Leiter, behindert den ECM-Prozess. Außerdem vermischt es sich mit dem Elektrolyt und schadet so den nachfolgenden Komponenten.• Lose Grate können, wenn sie nicht ordnungsgemäß vor dem ECM entfernt werden, einen Kurzschluss im ECM-Prozess verursachen und sowohl die Kathoden als auch die Bauteile beschädigen.	<ul style="list-style-type: none">• Da ECM Salzwasser benötigt, ist eine Nachspülung mit sauberem Wasser erforderlich, um die Salzurückstände zu entfernen.• Für Eisenteile ist es notwendig ein entsprechendes Rostschutzmittel aufzubringen, um Rostbildung zu verhindern.• Eine gründliche Entfernung von Hydroxiden erfordert mitunter ein intensiveres Reinigungssystem. Reinigungsmaschinen mit Eintauch- oder/und Ultraschallbewegung helfen.

Konsistenz der Eingangsbedingungen

Mit all den verfügbaren Kontrollsystemen kann das ECM-Verfahren eine gleichbleibende Menge an abgetragenem Material in jedem Zyklus garantieren. Die Ausgabequalität korreliert hier direkt mit den Eingangsbedingungen.

Bei einer statischen ECM-Anwendung zum Entgraten und Kantenverrunden spielt der Zustand des Eingangsgrats eine entscheidende Rolle für die Ausgabequalität. Wenn also der Zustand des Kantenbruchs am fertigen Bauteil mit engen Toleranzen behaftet ist, muss auch der Eingangszustand einheitlich sein.



	Der beste Fall	Der wahrscheinlichste Fall	Der schlechteste Fall
Eingangs-Zustand			
Ausgangs-Zustand			
	Gratfreie Kante	Mäßiger Grat	Großer Grat
	Der besten Kantenradius	Ein relativ kleiner Kantenradius	Ein kleiner Teil des Grats wird ausgelassen



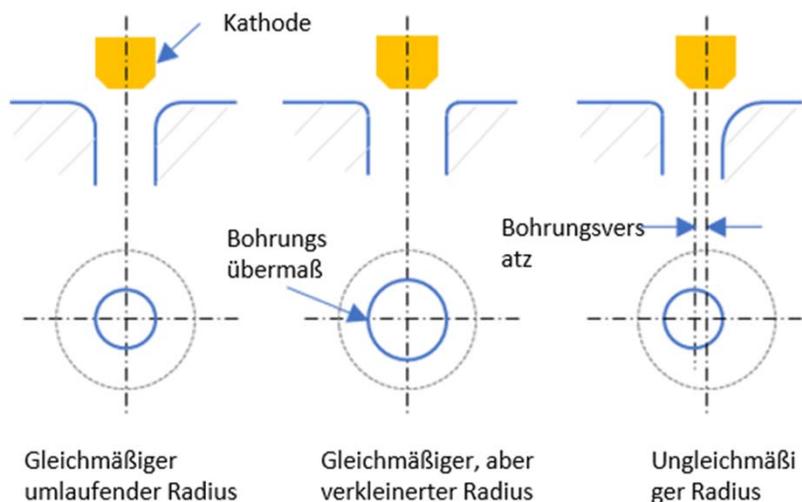
EXTRUDE
HONE®

Auswirkungen von Bohrungsgröße und -position bei statischem ECM

Beim ECM-Verfahren erfordern die Konstruktion und Herstellung der Kathode (des Werkzeugs) äußerste Genauigkeit und Präzision.

Jede Verschiebung und Größenänderung eines Merkmals führt zu Abweichungen im Ausgangszustand.

Ein perfekter Kantenbruchradius an einer Bohrungsverschneidung erfordert eine genaue Einhaltung der Bohrungsgröße und Positionsgenauigkeit am Bauteil.



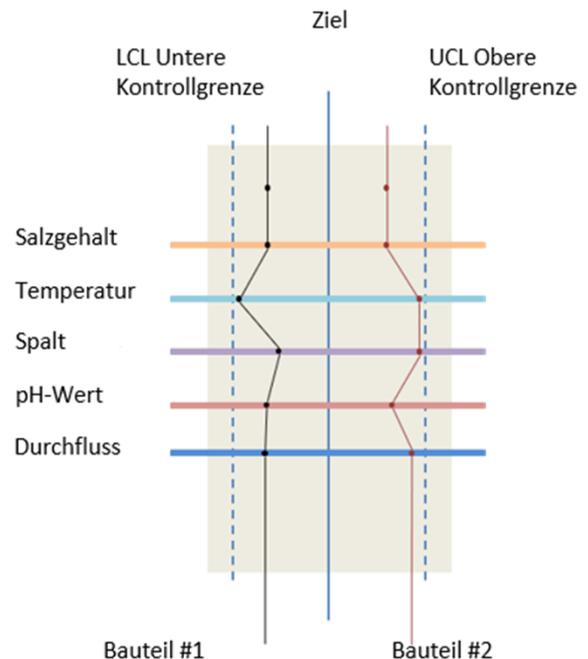
Jl dt Kontrolle - ein Höchstmaß an ECM- Prozesswiederholbarkeit

Jeder Bearbeitungsparameter eines Prozesses sollte eine Zielgröße haben. Und aus praktischen Gründen sollte es dazu eine untere und obere Kontrollgrenze geben.

ECM ist keine Ausnahme von dieser Regel. Alle kritischen Parameter bewegen sich innerhalb der Kontrollgrenzen. Die Maschine sollte über Sensoren zur kontinuierlichen Messung der Parameter verfügen. Es sollte zumindest einen Alarm auslösen, wenn bestimmte Faktoren die Grenzwerte überschreiten. Am besten ist eine automatische Kontrolle, um sie innerhalb des optimalen Betriebsbereichs zu halten.

Selbst wenn der Prozess innerhalb der Grenzwerte läuft, gibt es aufgrund der sich ändernden Einflussparameter Schwankungen zwischen den Komponenten. Anhand des nebenstehenden Bildes können Sie erkennen, dass die beiden Komponenten bei der Bearbeitung von EC auch bei gleicher Spannung und gleicher Zeit nicht gleich sind.

Die Jl dt-Regelung ist hier am nützlichsten, um das Prozessergebnis präzise zu steuern.



Wichtige Merkmale einer ECM-Maschine

Eigenschaften	Benefits
Sicherheit des Bedieners	In den meisten Fällen bedient der Mensch die ECM-Maschine. ECM-Maschinen müssen deshalb über hohe Sicherheitsstandards verfügen, da hohe Ströme auftreten und oft Vorrichtungen mit beweglichen Teilen verwenden.
Sicherheit in der Umgebung	ECM-Maschinen verwenden Salzwasser. Und selbst in Dampfform verursacht es Korrosion. Die ECM-Maschine sollte deshalb über einen Mechanismus verfügen, der die Ausbreitung von Salzwasserdampf minimiert.
Kurzschlusserkennung	Das ECM-Verfahren erfordert eine Gleichstromversorgung und Elektroden mit entgegengesetzter Polarität. Wenn sich diese Elektroden berühren, kommt es zu einem Kurzschluss. Die hohen Ströme, die durch die Elektroden fließen, können dadurch bleibende Schäden verursachen. Dementsprechend muss die Maschine über den erforderlichen elektrischen Schutz verfügen. Moderne ECM-Maschinen sind mit einer Kurzschlusserkennung ausgestattet. Wenn ein Bauteil in die Vorrichtung eingesetzt wird und die Kathoden in die Bearbeitungspositionen kommen, wird eine kleine, vorher festgelegte Spannung angelegt, um das Vorhandensein eines Kurzschlusses zu prüfen. Im Falle eines Kurzschlusses bricht der Zyklus sofort mit einem Alarm ab.
Identifizierung von Nicht-OK-Komponenten	Wenn die ECM-Maschine während der Bearbeitung eines Werkstücks die eingestellten Prozessparameter überschreitet, muss sie einen Alarm auslösen und das Bauteil als potenziell fehlerhaft identifizieren.
Reduktion von sechswertigem Chrom	Bei der ECM-Bearbeitung von Materialien mit hohem Chromgehalt (> 5 %) erzeugt der ECM-Prozess potenziell krebserregendes sechswertiges Chrom. Längere Exposition kann zu irreparablen Schäden am Atmungssystem führen. Eine Chromat-Reduktionsanlage sollte in die ECM-Maschine integriert werden, um sechswertiges Chrom in unschädliches dreiwertiges Chrom umzuwandeln.



EXTRUDE
HONE®

Das Werkzeug, das Schlüsselement im ECM-Prozess

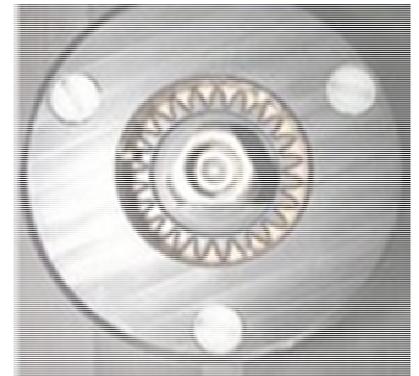
Die Werkzeuge im ECM-Prozess haben eine Vielzahl von Funktionen:

- Präzises Aufnehmen des Bauteils gemäß den Konstruktionsanforderungen und Halten in der richtige Position während der Bearbeitung.
- Leiten des Elektrolyts zu und von den Bearbeitungsstellen.
- Aufnahme von Kathoden- und Anodenanschlüsse, um diese elektrisch zu verbinden.



Die wichtigsten Entscheidungen bei der Entwicklung von Werkzeugen sind::

- Bewältigung aller gewünschten Bearbeitungsbereiche bei minimalem Rüstaufwand.
- Parallele Aufnahme mehrerer Komponenten, wenn die Produktionsstückzahlen hoch sind.



Das Design der Werkzeuge entscheidet über die Leichtigkeit des Be- und Entladens der Komponenten, und die Präzision und Genauigkeit in Design und Fertigung gewährleisten die Genauigkeit und Wiederholbarkeit der ECM-Ergebnisse.

Die Wahl des Materials, das für die Herstellung der Werkzeuge verwendet wird, entscheidet über deren Lebensdauer.

Sehr oft ist die Austauschbarkeit von Werkzeugen und eine schnelle Umrüstung eine zentrale Anforderung.

Das wichtigste Element der ECM-Werkzeuge ist die Kathode, die die elektrochemische Bearbeitung durchführt.

Die Kathoden leiten den Strom und manchmal auch den Elektrolyt zum Bearbeitungsbereich.

Seine Form und seine Fertigungspräzision entscheiden über das ECM-Ergebnis. Kathoden können einfach aussehen.

Die Wissenschaft steckt im Detail der Kathodenentwicklung und steuert den Materialabtrag, um enge Toleranzen in Bezug auf Geometrie und Rauheit erreichen zu können. Die Auswahl der Grund- und Dämmstoffe sind der Schlüssel zum Erreichen eines überragenden Ergebnisses und einer langen Betriebsdauer.





EXTRUDE
HONE®

Maschinenausrüstung oder Lohnfertigung, Ihre Wahl

Extrude Hone unterstützt Kunden im vielfältigen Markt auf verschiedene Weise:

Machbarkeits- Prüfung

- Testen Sie verschiedene Technologien oder deren Kombination, um die perfekte Lösung zu finden, die genau Ihren Anforderungen entspricht.

Lohnfertigungszentren

- Sie brauchen nicht zu investieren - wir haben Lohnfertigungszentren, die diese Aufgabe für Sie übernehmen können.
- **Maschinenausrüstung**
- Wollen Sie den Prozess geheim halten, dann bringen wir Maschinen zu Ihrem Standort.
- Der gesamte Maschinenportfolio steht zum Verkauf. Wir unterstützen Sie in der Anlaufphase und stehen Ihnen langfristig mit Service und Verbrauchsmaterialien zur Seite.





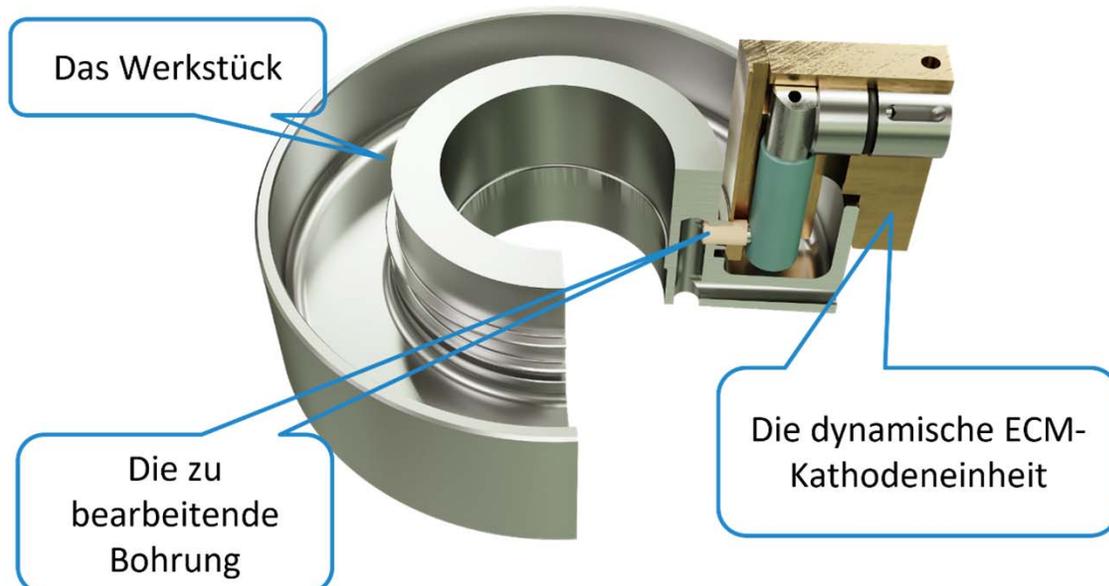
EXTRUDE
HONE®

Dynamische ECM-Bearbeitung

Machen Sie das Udenkbare möglich mit Dynamische Elektrochemische Bearbeitung (D-ECM).

Müssen Sie verschiedene Muster in einem Bereich bearbeiten, der mit herkömmlichen Mitteln nicht erreichbar ist? Wir bieten Ihnen eine hochpräzise, qualitativ hochwertige und produktive Lösung zu einem attraktiven Preis pro Teil. In der Abbildung bohren wir Löcher, die mit herkömmlichen Bearbeitungsmethoden nicht erreicht werden können. Die ECM-Kathodenbaugruppe senkt sich und gleitet dann mit einer Vorschubgeschwindigkeit zur Werkstückmitte, wobei sie das Loch durch Auflösen des Materials bearbeitet.

Dynamisches ECM ist ein modifiziertes ECM-Verfahren, bei dem sich die Kathode mit konstanter Geschwindigkeit in das Werkstück bewegt. Es liefert Endbearbeitungsergebnisse für Bauteile mit komplexen Formen, die mit herkömmlichen Bearbeitungsmethoden nur schwer oder gar nicht zu erreichen sind.





EXTRUDE
HONE®

Dynamic ECM

Wie das dynamische elektrochemische Bearbeitungsverfahren funktioniert:

Die dynamische elektrochemische Bearbeitung besteht aus einer Antriebsachse und einem kundenspezifischen (teilespezifischen) Werkzeug.

Das Werkzeug (Kathode) ist mit der Antriebseinheit (Achse) verbunden, die sich am oberen Teil des Werkzeugs befindet.

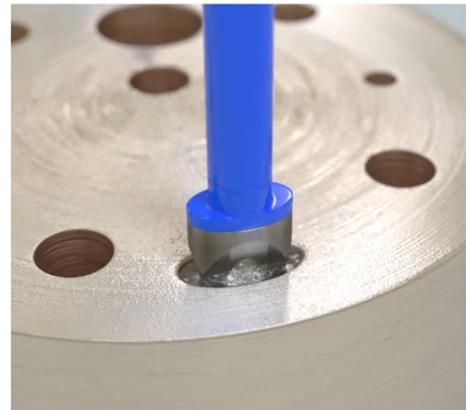
Die Parametereingabe wird über die Bedienerschnittstelle gesteuert und zur Wiederholbarkeit in einer teilespezifischen Datei gespeichert.

Die Antriebseinheit bewegt die Kathode mit einer konstanten, kontrollierten Geschwindigkeit in das Werkstück.

Die Prozesskontrolle (Parameter- und Kurzschlusskontrolle) gewährleistet die Maßhaltigkeit.

Unser dynamisches ECM Tooling verschafft Ihnen den entscheidenden Vorteil.

Das Werkzeug (Kathode) ist ein entscheidendes Element des Dynamic ECM-Prozesses, da seine Eigenschaften und Form bestimmen, wo und wie viel Material vom Werkstück entfernt wird. Das Werkzeug unterliegt keinem prozessbedingten Verschleiß, da die Kathode nie mit dem Werkstück in Berührung kommt.





EXTRUDE
HONE®

EC-Rifling prinzip

EC Rifling ist eine erfolgreiche Alternative zu den herkömmlichen Rifling-Methoden.

Extrude Hone startete EC Rifling in den späten 80er Jahren, damals noch als CATION Rifling. Diese Maschinen sind immer noch in Produktion und laufen täglich in unserer Lohnbearbeitung in Sterling Heights. Im Jahr 2024 haben wir unser Know-how mit der neuesten ECM-Technologie kombiniert; das Ergebnis ist unser EC-Rifling-System der neuesten Generation.

EC Rifling wird in der Regel in vertikaler Position angewendet. Dabei befindet sich das Werkstück (anodisch kontaktiert) in einer festen Position, und die Kathode bewegt sich mit einer kombinierten Vertikal- und Rotationsbewegung (= TWIST) durch das Teil.

Das Kathodendesign erfordert einen "Twist". Der freiliegende metallische Bereich (= aktiver Bereich) erzeugt den Zug, während der isolierte Bereich das Feldprofil vor Beeinträchtigungen durch den Prozess schützt.

Beim Blick auf die EC-Rifling-Lösung fällt als Erstes auf, dass der fehlende Kontakt zwischen der Kathode und dem Lauf im Vergleich zu herkömmlichen Methoden eine echte Neuerung darstellt.

Herkömmliches Rifling basiert auf Verfahren mit Krafteinleitung, entweder über Zerspanung oder Verformung. Ziehen, Räumen oder die nach dem Prinzip der Kaltverformung arbeitenden Verfahren Knopfziehen und Hämmern.



Vorteile von EC Rifling

#Nr. 1: Kaltes, spannungsfreies Verfahren:

ECM ist ein kaltes Verfahren, bei dem keine Spannung auf das Teil ausgeübt wird. Durch die Verwendung von ECM für das Rifling von Läufen werden weniger Prozesse in der Prozesslinie benötigt, da alle Aktivitäten zum Spannungsabbau wegfallen.

#Nr. 2: Höchste Flexibilität:

ECM arbeitet unabhängig von der Materialhärte, da es das Material auflöst und nicht schneidet oder verformt - daher ist es universell für alle Arten von Metallen und alle Eingangszustände einsetzbar. Standard Rifling und Progressive Rifling & Rifling mit sich verändernder Tiefe können einfach und schnell durch Änderung der Parametereinstellungen durchgeführt werden.

#Nr. 3: Produktivität:

ECM bietet eine hohe Produktivität und Vorschubgeschwindigkeiten (50 - 300 mm/min). Außerdem werden in der Regel mehrere Bauteile pro Zyklus gleichzeitig bearbeitet. Schnelle Umrüstzeiten von einem Typ zum nächsten.

#Nr. 4: Präzision und Prozessstabilität

Der Prozess folgt dem Faraday'schen Gesetz und kann leicht kontrolliert werden, um gleichbleibende Ergebnisse von Teil zu Teil zu gewährleisten. Enge Toleranzen können eingehalten werden (Rillenbreite 100µm, Rillentiefe 50µm). ECM kombiniert Materialabtrag und Oberflächengüte in einem Schritt. Die Oberflächenrauigkeit nach ECM ist typischerweise besser als Ra 0,4µm



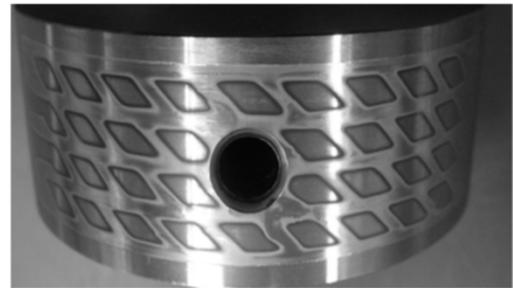
ECM Mikrostrukturierung

Gehen Sie über die konventionelle Bearbeitung hinaus!

Mikrostrukturierung mittels elektrochemischer Bearbeitung (ECM). Sie müssen verschiedenste Mikrostrukturen erstellen, z. B. radiale und axiale Strukturen, innen oder außen?

Sie haben hohe Anforderungen an die Genauigkeit und Wiederholbarkeit? Sie sind erstellen Komponenten für Kompressoren, Wärmepumpen, Kühlsysteme, Luftlager oder Reingasanwendungen?

Wir bieten Ihnen eine Lösung, mit der Sie einen Produktivitätsgewinn und attraktive Teilekosten erzielen.





EXTRUDE
HONE®

Erfahrungen aus der Industrie Entdecken Sie, wie unsere Kunden ECM nutzen





EXTRUDE
HONE®

Erfahrungen aus der Industrie

Leistung und Sicherheit treffen Produktivität

Wenn Sie mit Innovationen in Sachen Komfort, Sicherheit und Technologie das Reiseerlebnis im Geschäftsflugzeug neu definieren, dann verdienen Sie auch das Beste.

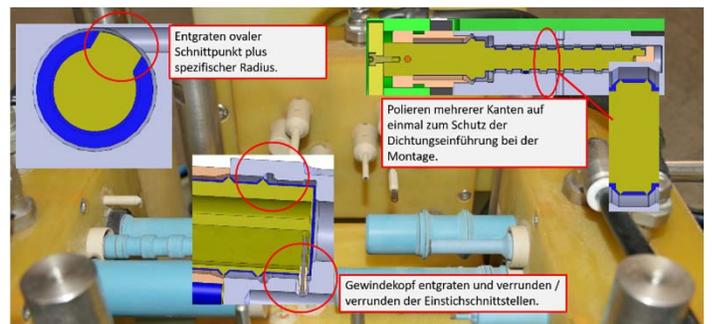
Extrude Hone ermöglicht die höchste Qualität von Hydraulikverteilern. Hydraulische Verteiler sind sehr anspruchsvolle technische und maschinelle Erzeugnisse, die zu einem reibungslosen, präzisen und sicheren Flug beitragen. Es gibt nicht weniger als 248 Bereiche in diesem Aluminium-Verteilerblock, die mittels elektrochemischer Bearbeitung (ECM) bearbeitet werden. Die Anwendungen reichen vom einfachen Entgraten bis hin zu komplizierten Formen mit anspruchsvollen Toleranzen. Wir erledigen das alles in 3 Schritten und insgesamt nur 15 Minuten.

Kathoden lösen Grate oder das Material in ausgewählten Bereichen des Werkstücks auf, um bestimmte Radien und Formen zu erzeugen und gleichzeitig die Oberfläche zu polieren. Die Produktionsvorrichtung ist recht komplex und umfasst viele Kathoden. Eine Kathode kann einen oder mehrere Bereiche innerhalb einer Bohrung bearbeiten. Kathodengruppen, jede mit einem Strom beaufschlagt, sind hier am Werk. ECM stellt sicher, dass alle Bereiche die bearbeitet werden der Spezifikation entsprechen. Die Verwendung von ECM ist viel schneller und sicherer als die manuelle Bearbeitung.

Die Geometrien, die ECM herstellen kann, sind Rundungen, spezifische Radien an runden oder ovalen Formen, Fasen, Endbearbeitung von Gewindeenden, Feinpolieren von Kanten zum Schutz von Dichtungen bei der Montage.



© Dassault Aviation





EXTRUDE
HONE®

Erfahrungen aus der Industrie

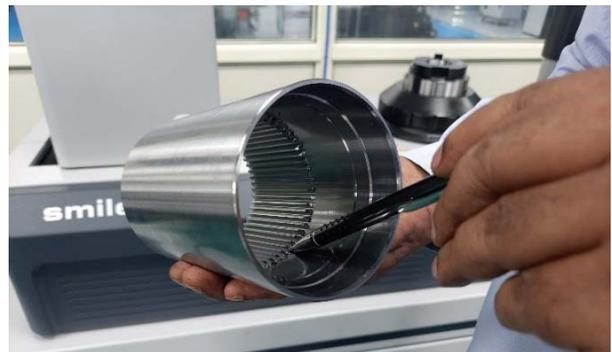
Herr Gursharan Singh, Vorsitzender und Geschäftsführer von RACL Geartech Ltd. spricht über die Erweiterung seiner Zahnradfertigungskapazitäten durch elektrochemisches Entgraten..

Unser Unternehmen ist hauptsächlich in der Herstellung von Zahnrädern, Wellen und Teilen für Automobilanwendungen tätig. Sie müssen wissen, dass wir seit über 30 Jahren in diesem Geschäft tätig sind und Grate immer eine große Herausforderung bei der Herstellung von Zahnrädern darstellen. Übrigens wird nicht nur RACL, sondern auch jeder andere Getriebehersteller bestätigen, dass Grate in der Vergangenheit immer ein Problem darstellten.

Im Übrigen hat unser Unternehmen eine neue Geschäftsbeziehung mit ZF, Deutschland, begonnen. Bei der Herstellung einiger kritischer Hohlräder für Fahrwerksanwendungen, waren wir mit wirklich großen Problemen mit Graten in der Innenverzahnung konfrontiert, die für keine mechanische oder manuelle Entgratung wirklich zugänglich waren. Die Gratentfernung war mit jeder herkömmlichen Methode ein großes Problem. Hier kam ECM (Electrochemical Machining oder elektrochemisches Entgraten) ins Spiel.

Wir sind von den Gesamtergebnissen, die wir bisher erzielt haben, begeistert. Extrude Hone hat eine gute technische Unterstützung geleistet und die Maschine pünktlich geliefert. Es gab einen bestimmten Termin der gehalten werden musste, die Maschine musste so bis zum 31. März ausgeliefert werden. Und am 31. März verließ die Maschine Extrude Hone Deutschland, was ein starkes Engagement gegenüber dem Kunden widerspiegelt. Das ist ein langer Weg.

Bei einem Verfahren wie der elektrochemischen Bearbeitung besteht immer die Notwendigkeit einer häufigen technischen Unterstützung und einer kontinuierlichen Versorgung mit Verbrauchsmaterialien wie Kathoden oder anderen Verschleißteilen. Es ist ein großer Vorteil von Extrude Hone, eine Vertretung in Indien zu haben. Das versteht sich von selbst.



Quelle: RACL Geartech Ltd



RACL Geartech Ltd.
Formerly Raunag Automotive Components Ltd.



Quelle: RACL Geartech Ltd

Erfahrungen aus der Industrie

Extrude Hone ist seit 2006 ein bevorzugter Lieferant von ECM technologie für die Fa. ZF. Mehrere Komponenten eines Automatikgetriebes profitieren von dem elektrochemischen Verfahren.

Bei einem Getriebe in Planetenbauweise können mehrere Komponenten mit ECM bearbeitet werden: Sonnenrad, Abtriebswelle, Zentralrad, Leitrad Radwelle und Planetenräder.

Darüber hinaus wird das thermische Entgraten eingesetzt: zum Vorentgraten, zur Reduzierung des Gratvolumens vor ECM und um alle potentiellen Verunreinigungen zu beseitigen.

"Die Qualität der Verzahnung leistet einen Beitrag zur Reduzierung von Verschleiß, Vibration, Reibung, Geräusch und Ölverschmutzung. Die herausragende Qualität des Automatikgetriebes setzt perfekt bearbeitete Kantenverrundungen voraus, die mittels ECM innerhalb kürzesten Bebearbeitungszeiten, höchster Produktivität und vollständiger Einbindung in die in die Produktionslinie erzielt wird. „

Mai, 2020:

"Im letzten Jahr haben ZF und Extrude Hone mehrere Projekte vereinbart, um unsere Produktkosten zu optimieren. Heute ist ZF in der Lage diese technischen Kosteneinsparungen in der Fertigung umzusetzen, insbesondere auch bei neuen Getriebeprojekten. Vielen Dank an Extrude für ihre Bereitschaft und Unterstützung!„

C. Hauser, Leiter Zentrales Materialmanagement – ZF
Commodity Maschinen- und Anlagenbezogene Werkzeuge



Quelle: ZF



Erfahrungen aus der Industrie

Für BURGMAIER HIGHTECH ist ECM ein wettbewerbsvorteil.

Lösung für das Verrunden der Schnittkanten von Bohrungsverschneidungen und Herstellen von Auskesselungen in Hochdruckbereichen von Injektorgehäusen. ECM gewährleistet abgratfreie Bedingungen und erreicht dadurch die Dauerfestigkeit in mi Hochdruck belasteten Bauteilen in Verbindung mit optimaler Effizienz durch ungestörte Fließeigenschaften.

Das Diesel-Einspritzsystem ist eine der Kernkomponenten eines Dieselmotors. Es ist dafür verantwortlich, das Herzstück des Dieselantriebs mit seiner lebenswichtigen Flüssigkeit, dem Dieslkraftstoff, in der richtigen Menge zur richtigen Zeit zu versorgen

Heutzutage, wo die strengeren Emissionsnormen die Hersteller zwingen, die Effizienz ihrer Motoren auf ein neues Niveau zu heben, steigen die Anforderungen an die Einspritzung stetig. Dies führt zu einer steigenden Nachfrage nach immer höheren Einspritzdrücken. Moderne Dieselmotoren beispielsweise verwenden Drücke über 2000 bar, um den Wirkungsgrad der Verbrennung zu erhöhen. Dies bedeutet aber auch enorme Belastungen, insbesondere an den Bohrungsverschneidungen im Hochdruckbereich.

Tobias L., verantwortlich für die ECM-Prozesse bei der BURGMAIER Hightech GmbH in Laupheim, gibt uns einen Einblick in seine tägliche Arbeit und wie die Zusammenarbeit mit Extrude Hone ihnen hilft, die Nase vorn zu haben und zu behalten:

"Ich bin der Firma BURGMAIER 2004, als Maschineneinrichter für Fertigungsstraßen in der Produktion, beigetreten. Nach einigen Jahren Erfahrung mit den laufenden ECM Prozessen in unserem Betrieb, bin ich nun für die Instandhaltung all dieser ECM Prozesse verantwortlich. Seit wir ECM einsetzen, haben wir uns immer auf das Know-how und die Erfahrung von Extrude Hone verlassen. Diese sehr enge Partnerschaft beginnt mit der Ausarbeitung von Prozesslösungen während der Akquisitionsphase, also bereits in frühen Projektphasen, sowie dem Finden und Definieren der perfekten Prozessschritte, zur Sicherstellung bester Teilequalität und Sauberkeit. Der perfekte Aftermarket Service Support mit innovativen Ideen zur Optimierung unserer Prozesse und zur Senkung unserer Betriebskosten runden die Zusammenarbeit ab. Wir sind ein international agierender Hersteller von Präzisionsteilen. Uns ist es gelungen, unsere technische Spitzenposition auszubauen und die Wünsche unseres globalen Kundenkreises zu erfüllen. Kundenzufriedenheit ist unser oberstes Ziel. Dies erreichen wir durch die drei Kernbausteine unserer Unternehmenskultur - Kompetenz - Präzision - Zuverlässigkeit. Durch kontinuierliche Verbesserung und eine enge, partnerschaftliche Zusammenarbeit streben wir eine Technologie- und Kostenführerschaft an. „

 BURGMAIER
Faszination durch Präzision



iStock

Erfahrungen aus der Industrie

Ventura verwendet ECM für Komponenten des Kfz-Bremssystems.

Die Firma Ventura Precision Components mit Hauptsitz in Les Franqueses del Vallès in Spanien und Niederlassungen in Houston, USA und Suzhou, China, ist Experte für die Lieferung von hochpräzisen, gedrehten Komponenten für den Automobilsektor und für andere, verwandte Marktsegmente wie Lkw, Motorräder und Luftfahrt

Mit mehr als 45 Jahren Erfahrung liefert Ventura Komponenten an führende Tier 1-Zulieferunternehmen wie Robert Bosch, Continental und TRW und ist stolz darauf, Komponenten höchster Qualität zu wettbewerbsfähigen Preisen anbieten zu können. Die Hauptproduktlinie von Ventura sind Kolben für Bremssysteme und sind darin weltweit führend in der Produktion von Kolben der neuesten Generation.



Quelle: Ventura



Quelle: Ventura

Der Erfolg von Ventura beruht nicht zuletzt auf dem Einsatz modernster Anlagen und Produktionsprozesse. Einer dieser Prozesse ist die Elektrochemische Bearbeitung (ECM), und Extrude Hone ist stolz darauf, Ventura dabei zu unterstützen, den Endkunden Komponenten von höchster Qualität zu liefern.

Die elektrochemische Bearbeitung arbeitet nach dem Prinzip der anodischen Metallauflösung und bietet eine hohe Präzision bei mit herkömmlichen Methoden schwer zu fertigenden Bauteilen. Da ECM ein berührungsloser Prozess ist, wird das Werkstück keinen mechanischen oder thermischen Belastungen ausgesetzt. Dies bedeutet keine Grate / Sekundärgrate und kein Verzug des Werkstücks, auch bei dünnwandigen Aluminiumbauteilen. ECM ist sehr gut für Venturas Großserien geeignet und bietet eine hohe Genauigkeit und ein hohes Maß an Prozeßstabilität.

Ventura verwendet ECM zum Entgraten und Verrunden von Querbohrungen an Kolbenstößeln (siehe Abbildung). Hier ist es sehr wichtig, dass dieser Bereich frei von Graten ist. Denn, ein Grat, der sich von diesen Bohrungsverschneidungen löst, könnte das Hydrauliksystem der Bremse verunreinigen und beschädigen. Dichtungen können beschädigt werden wodurch Hydrauliköl austreten und / oder Luft in das System eindringen kann, was das System unwirksam macht.



EXTRUDE
HONE®

Lernen Sie Extrude Hone jetzt kennen!

Entdecken Sie weitere Technologien und Anwendungen anhand von detaillierten 3D-Animationen und Kundenberichten. Besuchen Sie unseren virtuellen Messestand.



Fokus auf 6 Branchen - Verfügbar in 6 Sprachen

www.vb.extrudehone.com



EXTRUDE HONE®
SHAPING YOUR FUTURE

