



EXTRUDE  
HONE®

## Neue Anwendungen, neue Herausforderungen für die ECM Technologie

Erstellt von

Markus Krings

Erstellt am

29.09.23



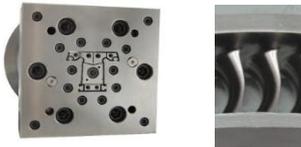
EXTRUDE  
HONE®

# Inhaltsverzeichnis

1. Firmenvorstellung
2. Anwendungsgebiete für ECM-Mikrostrukturen
3. Vergleich etablierter Herstellungsverfahren
4. Der Extrude Hone ECM-Prozess und seine Vorteile
5. Musterteil



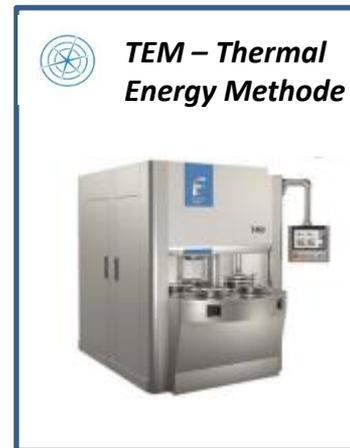
*...Material wird durch abrasiven Mediumfluss entfernt, welcher durch einen unter Druck stehendem hochviskosem Medium kreiert wird*



*...Flow Kalibrierungstechnologie, welches niedrige viskoses Medium verwendet, welches mit Kalibrieröl korreliert*



*...Material Entfernung durch Auflösen durch Verwenden von Gleichstrom*



*...Material Entfernung durch kontrolliertes Abbrennen*



# Anwendungsgebiete für Kompressoren mit Gaslagerungen

## *O<sub>2</sub> - Kompressor für Brennstoffzellen*

- 2030 > 4 Mio. Brennstoffzellenfahrzeuge
- Je Fahrzeug ca. 3 Kompressoren (LKW)
- Ölfreie Sauerstoffzufuhr

## *Kompressor für Kältemittelkreislauf*

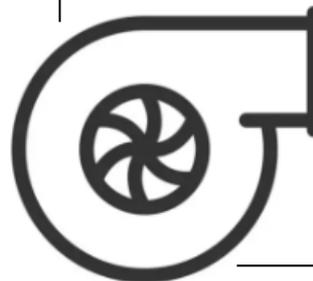
- kleinerer Bauraum
- höhere Effizienz
- geringeres Gewicht
- hohe Lebensdauer
- leise

## *Gasumwälzung/Gasrückführung*

- kleinerer Bauraum
- kontaminationsfreier Betrieb

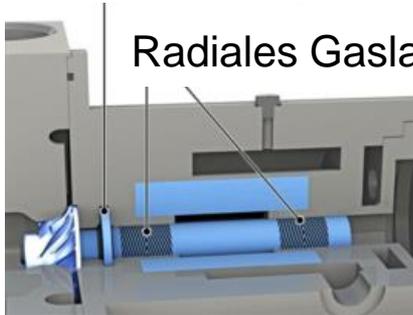
## *Sonstige Anwendungen*

- Additive Fertigung
- Sterilluftanwendungen
- etc.



# Vergleich der Herstellungstechnologien

## Axiales Gaslager



*(2 x radiales & 2 x axiales Gaslager  
benötigt / Kompressor)*

## **Herstellungstechnologien – State of the ART**

- Fs (Femtosekunde) Laser – Teurer Invest, lange Laufzeiten
- Ätzen – nicht für Massenfertigung ausgelegt, lange Laufzeiten
- HSC-Fräsen – teuer, lange Laufzeiten, nachgeschaltete Entgratung notwendig

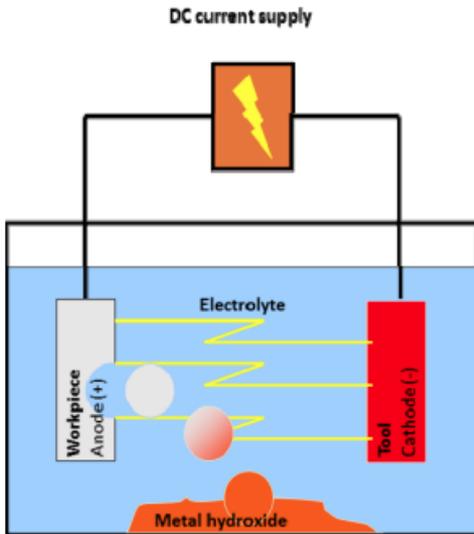
## **Vorteile Mikrostruktur mit Extrude Hone ECM**

- Kurze Laufzeiten
- Überschaubare Investition
- Cost per Part niedrig
- Keine Sekundärgratbildung
- Hohe Maßhaltigkeit (Abtrag, Volumen, Rauheit)
- Etc.

## **Extrude Hone – Produkte**

- Lohnfertigung (auch in kleineren Stückzahlen möglich, Prototyping, Vorserienfertigung, etc.)
- Anlagentechnik
- Vorrichtungstechnik

# Prozess - Mikrostrukturen mittels ECM



- Der Elektrolytische Bearbeitungsprozess (ECM) ist ein abtragendes Verfahren, welches nach dem Prinzip der anodischen Metallauflösung arbeitet.
- Als treibende Kraft wirkt eine externe Gleichstromquelle.
- Wesentlichstes Merkmal des ECM- Verfahrens ist der fehlende Kontakt zwischen Werkzeug (-) und Werkstück (+)
- Die Form der Werkzeugkathode gibt die Form des Abtrages vor. ECM ist also ein abbildendes Verfahren.
- Den Ladungstransport im Arbeitsspalt übernimmt eine Elektrolytlösung (NaCl oder NaNO<sub>3</sub>). Der entstehende Elektronenstrom löst Metallionen vom Werkstück.
- Die Technologie folgt nach der Gesetzgebung von Faraday, welcher besagt, dass abgetragenes Material im Verhältnis zu geflossener Ladung (= Strom x Zeit) steht. Dadurch lässt sich die Technologie einfach kontrollieren & regeln.
- Abgetragenes Material fällt als Hydroxid an, wird durch den Elektrolytfluss aus dem Spalt gespült und muss durch geeignete Separationseinrichtungen aus dem Elektrolyten entfernt werden



EXTRUDE  
HONE®

# Prozess - Herstellung von Mikrostrukturen mittels ECM

ECM von Extrude Hone wird seit Jahrzehnten für die Herstellung von Mikrostrukturen von Fluid Dynamischen Lagern verwendet

## *Vorteile der ECM-Technologie*

- **Höchste Produktivität**
  - Mehrfachbearbeitung / Takt möglich
  - Mehrere Features pro Bauteil / Takt
  - Kürzeste Taktzeiten (sek. vs. min.)
- **Flexibilität**
  - Unabhängig vom Material
  - Innen- / Außen, radial, Flach etc.
  - Struktur der Kathode bildet sich als Negativ ins Bauteil ab.
- **Präzision**
  - Genauigkeitsanforderungen hinsichtlich Geometrie & Volumen werden mit höchster Reproduzierbarkeit erfüllt
  - Bearbeitung an selektiven Flächen möglich
  - Strukturen im Bereich von einigen  $\mu\text{m}$  bis zu  $100\mu\text{m}$  möglich
  - Volumenschwankung von Teil zu Teil  $<10\%$



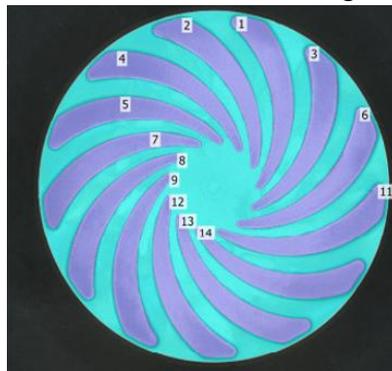
# Musterteil

- Bearbeitungszeit: ca. 30s
- Abschaltung nach Idt (Dadurch hohe Reproduzierbarkeit bzgl. Volumen gewährleistet)
- Konturtiefe  $25\mu\text{m}$  mit  $\pm 2\mu\text{m}$
- Anzahl Strukturen: 14
- Strombedarf: 240A pro Teil
- Rauheit  $R_a < 0,2\mu\text{m}$
- Rauheit  $R_z < 0,8\mu\text{m}$
- Musterteil Material: Edelstahl

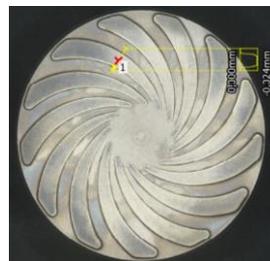
## Optisches Ergebnis



## Volumenschwankung



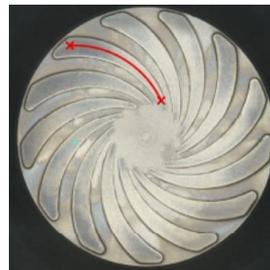
## Messung Konturtiefe



Nr.	Name Messung	Messwert	Einheit
1	Höhe1	-0,024	mm



## Messung Kontur Rauheit



Nr.	Name Messung	Messwert	Einheit
1	$R_a$	0,174	$\mu\text{m}$
2	$R_z$	0,761	$\mu\text{m}$

