

Fachforum der DeburringEXPO 2023

Bearbeitung von innen liegenden Oberflächen mit Strömungsschleifen / AFM (Abrasive Flow Machining)



Dr.-Ing. Daniel Seifert, 4MI GmbH

Karlsruhe, 10.10.2023

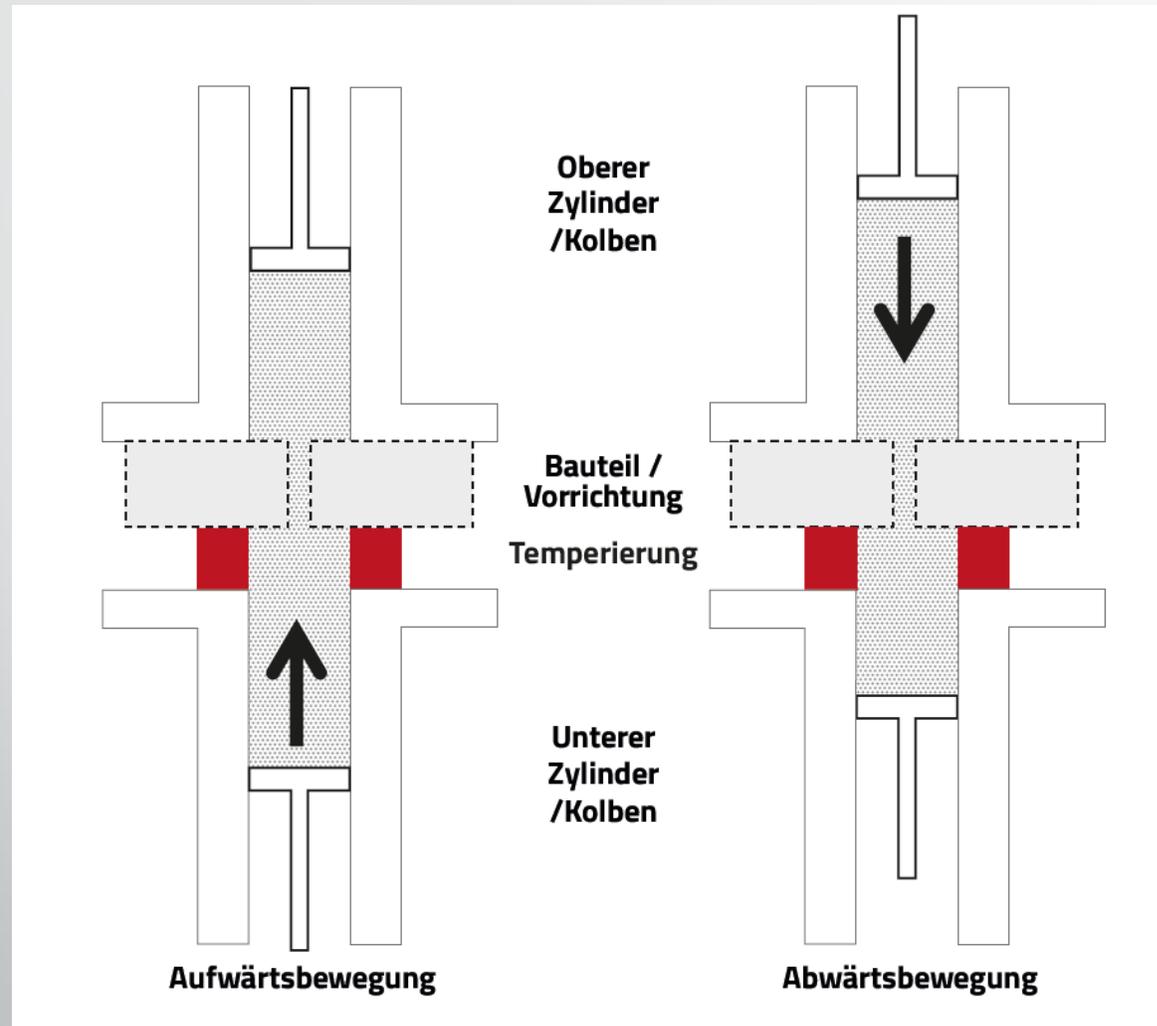
- **Vorstellung der 4MI GmbH**
- **Prozess Strömungsschleifen /
Abrasive Flow Machining (AFM)**
- **Maschine**
- **Medium**
- **Vorrichtung**
- **Reinigung**
- **Lohnfertigung**
- **Anwendungsbeispiele / Branchen**

- **Gegründet 2015**
- **Hauptsitz in Malsburg-Marzell**
- **Technisches Zentrum in Ludwigsburg bei Stuttgart**
- **Kernkompetenz: Bearbeitung von innenliegenden Oberflächen mit dem Verfahren Strömungsschleifen / AFM**
- **Wir besitzen jahrzehntelange Erfahrung mit dem Verfahren Strömungsschleifen**
- **Zertifiziert nach ISO9001:2015**

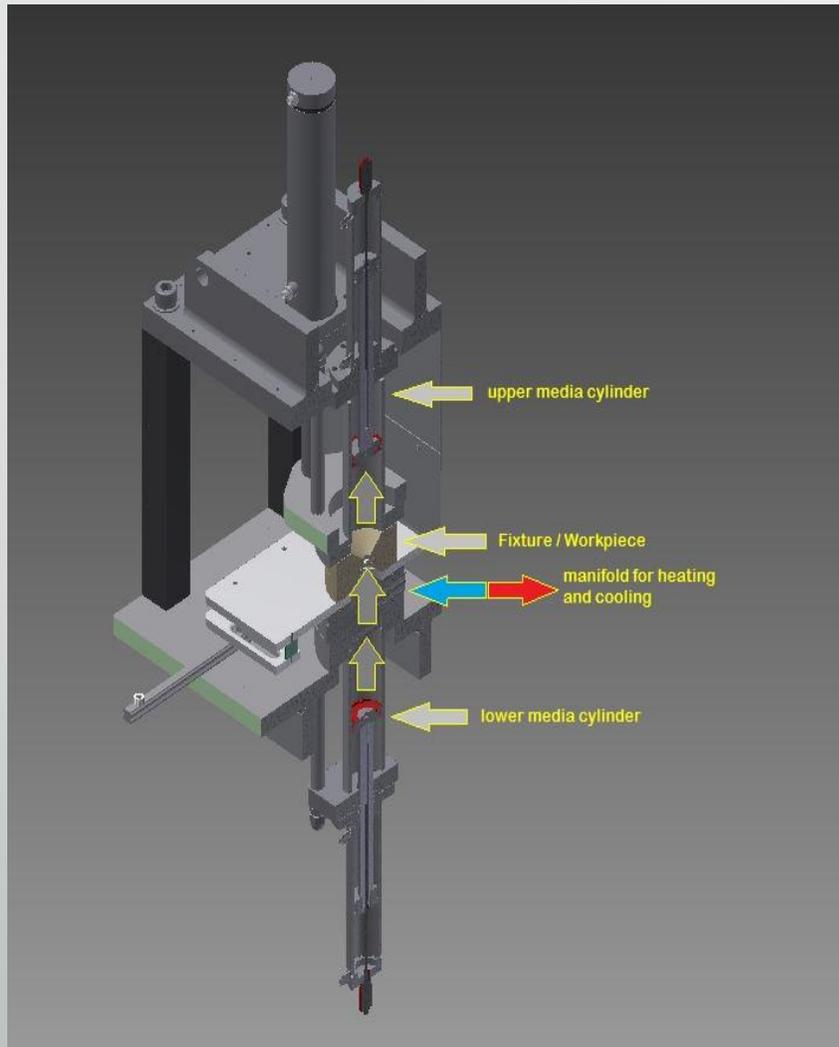


Unsere Hauptaktivitäten

- **Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von AFM-Maschinen**
- **Entwicklung und Fertigung von Vorrichtungen**
- **Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von AFM-Schleifmedium**
- **Service und Verkauf von Ersatzteilen für alle AFM-Maschinen - herstellerunabhängig**
- **Lohnfertigung**



- Die Vorrichtung/ Bauteile werden in die Maschine eingelegt
- Schleifmedium wird alternierend durch Bauteile gepresst
- Das Schleifmedium bearbeitet alle inneren Oberflächen, an denen es vorbeiströmt
- Dadurch wird mit AFM die Bearbeitung an Stellen möglich, die sonst nicht zugänglich sind



Bearbeitungsaufgaben:

Entfernung vorgelagerter Bearbeitungsspuren, sowohl konventionell also auch mit Additiver Fertigung erzeugt

- **Flächenbearbeitung / Polieren**
 - Verbesserung der Oberflächengüte (Rauheit)
 - Entfernung des Recast Layer nach EDM (Electrical Discharge Machining, Funkenerodieren)
- **Entgraten / Kanten verrunden**
 - Erreichung von Gratfreiheit
 - Reduktion von Spannungen durch Kantenverrundung

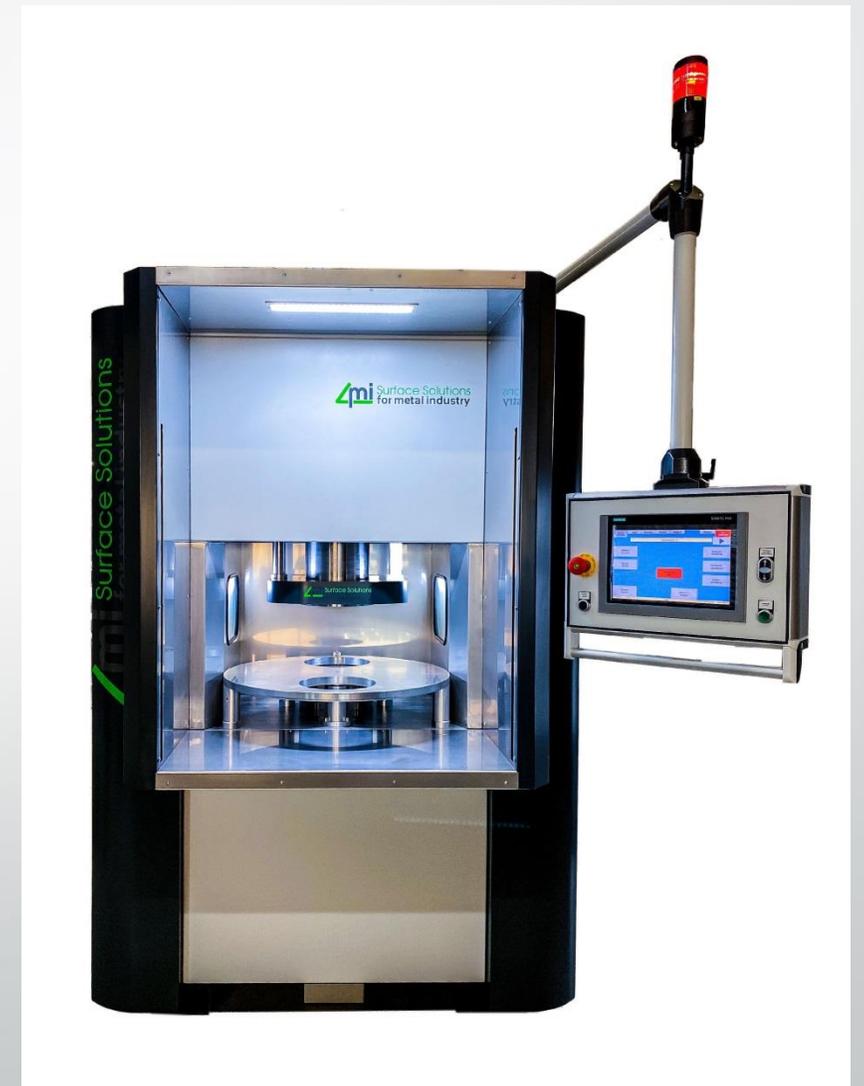
Der Prozess AFM/Strömungsschleifen automatisiert Fertigungsabläufe und erhöht damit die Reproduzierbarkeit.

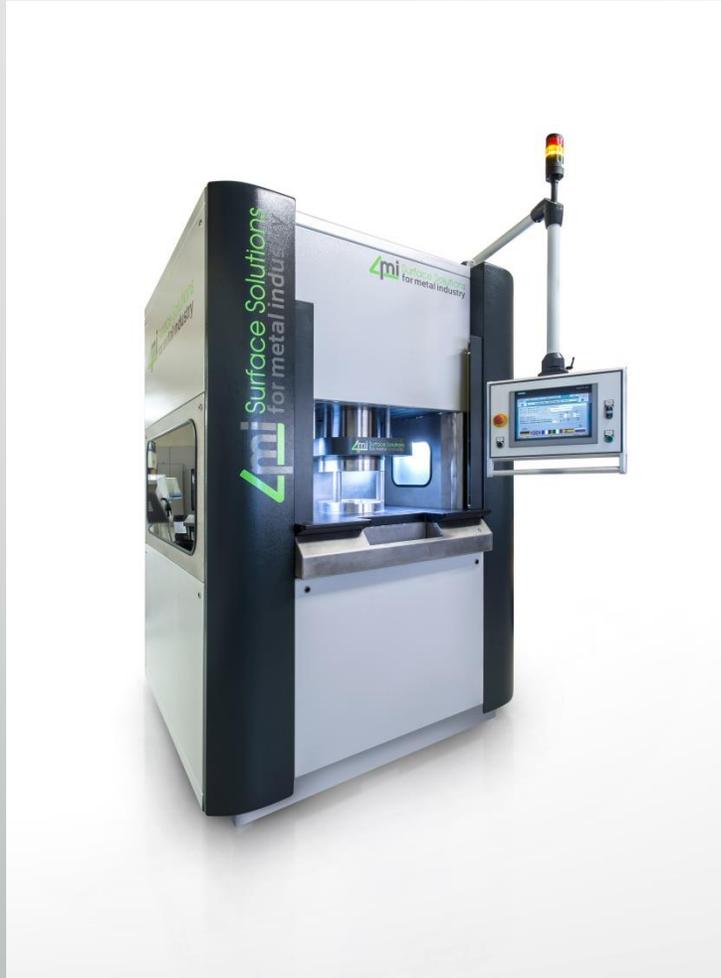
Strömungsschleifen eignet sich ideal für innen liegende Oberflächen

Oberflächen bis $Ra = 0,01\mu m$ möglich

Das Ergebnis ist immer vom Eingangszustand abhängig

Kleinster bearbeitbarer Durchmesser bei 0,5mm





Die AFM-Maschine ist die erste
der drei Säulen des AFM-Prozesses

Aufgaben der Maschine:

- Klemmen des Werkstücks / der Vorrichtung
- Pressen des Schleifmediums durch die Bauteile
- Temperierung des Schleifmediums
- Prozesssteuerung
 - Druck
 - Temperatur
 - Fließgeschwindigkeit
 - Anzahl der Arbeitszyklen / Mediumvolumen
- Überwachung von Wartungszyklen
- Werkstückdatenbank



- **Verschiedene Modelle für unterschiedliche Anforderungen:
Vision / Center / Nano / Production / Elementary**
- **AFM-Maschinen für besondere Anwendungen:
Zum Beispiel *Co-flow-Maschine* für Bearbeitung mit
kontinuierlicher Zuführung (Mediumfluss in nur eine Richtung)**
- **Anpassung an individuelle Anforderungen**

Das Schleifmedium ist die zweite Säule des Verfahrens.

Es ist eine polymere, hochviskose Masse, die mit Schleifkorn angereichert ist.

Die Eigenschaften des Schleifmediums werden abgestimmt auf die jeweilige Bearbeitungsaufgabe

Das Schleifmedium ist charakterisiert durch:

- Viskosität
- Schleifkorntyp
(Siliciumcarbid, Borcarbid, Diamantkorn)
- Schleifkorngröße und -konzentration
- Additive für bestimmte rheologische Eigenschaften



AFM: Das Schleifmedium

Wir fertigen individuelle Rezepturen für verschiedene Bauteile und Anforderungen.

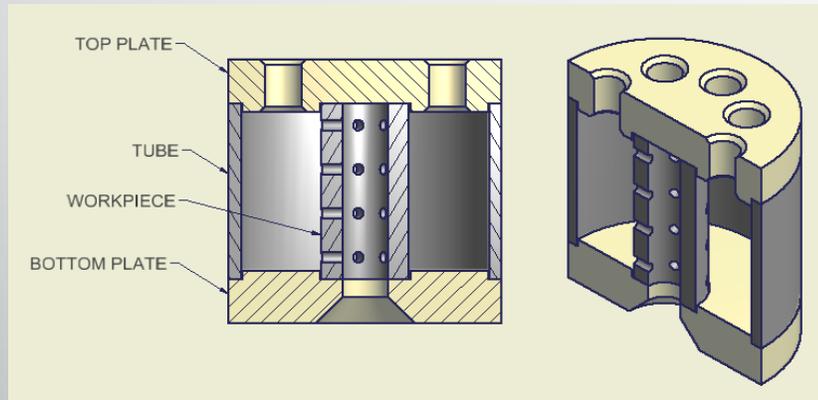
Messung der Viskosität von Zwischenprodukten und Endprodukten.



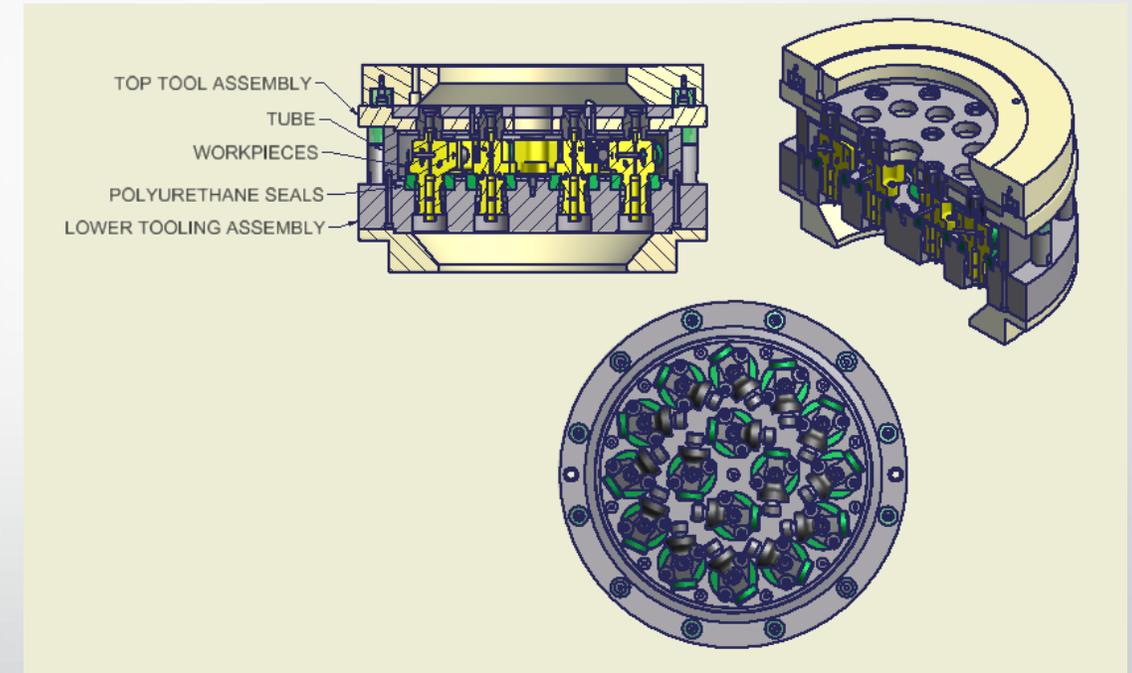
Die Vorrichtung ist die dritte Säule des Verfahrens.

Aufgaben:

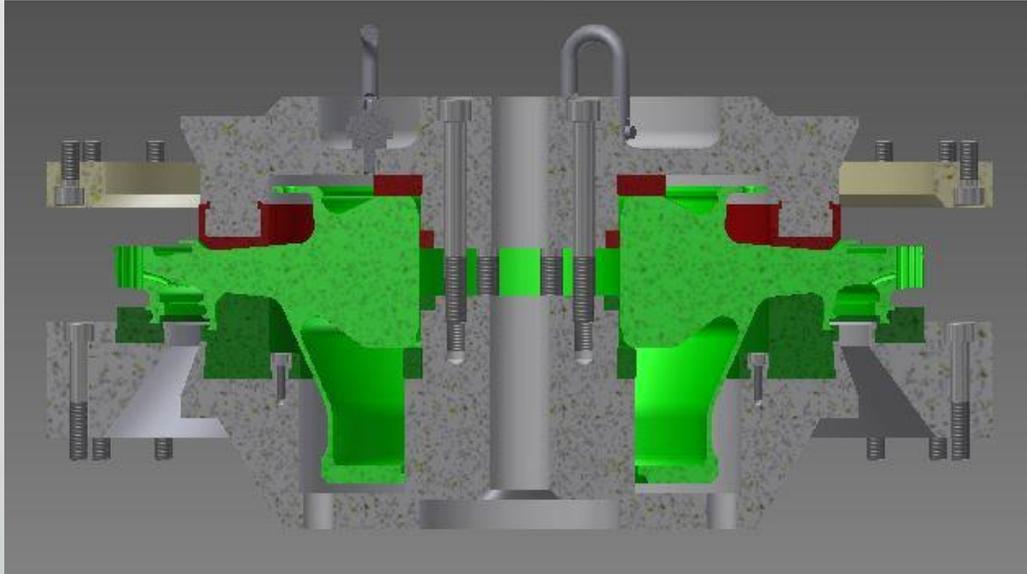
- Die Vorrichtung hält das Bauteil
- Sie kanalisiert das Schleifmedium



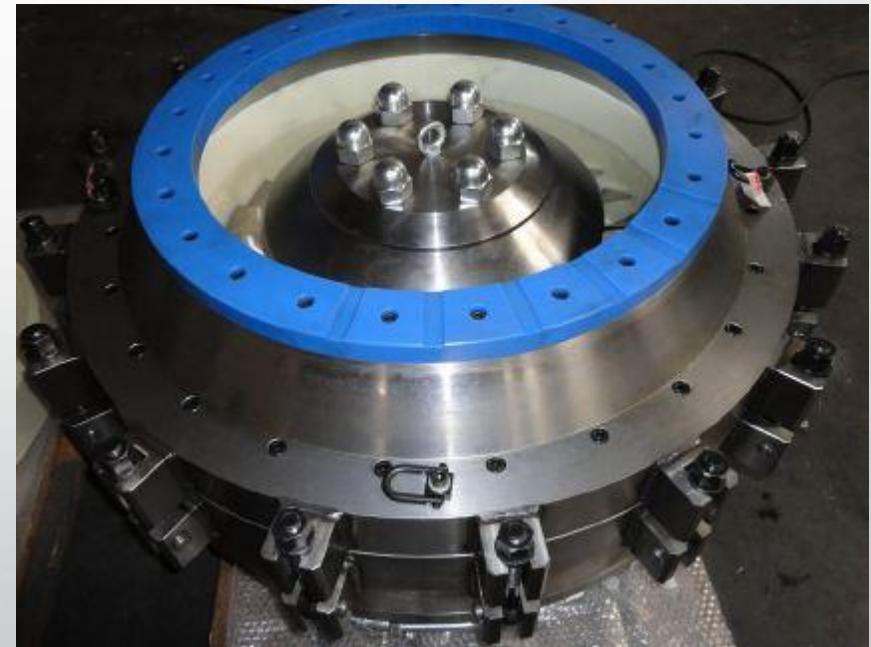
Einfach-Vorrichtung



Mehrfach-Vorrichtung



**Vorrichtungen zur
Bearbeitung von
Turbinenscheiben**



AFM: Reinigung nach der Bearbeitung

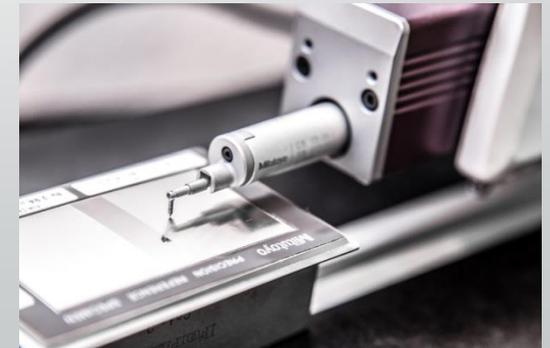
1. Grobreinigung mit Druckluft
2. Behandlung mit flüssigem Reiniger
Auf wässriger Basis oder
Kohlenwasserstoff-Basis

Meist mit Unterstützung von
Ultraschall
3. Druckluft zur Feinreinigung
und zum Trocknen





- Erfahrung über Jahrzehnte mit dem Prozess AFM/Strömungsschleifen
- Höchste Prozesssicherheit
- Kostengünstige Bearbeitung
- Losgrößen: Ab 1 Stück
- Kurze Reaktionszeiten
- Die 4mi GmbH ist zertifiziert nach ISO9001:2015
- Regelmäßige Werkstückprüfungen



vor AFM



Laserge-
sinterter
Stator

nach AFM



**Turbinenräder:
Polieren der Schaufeln
und Laufflächen**

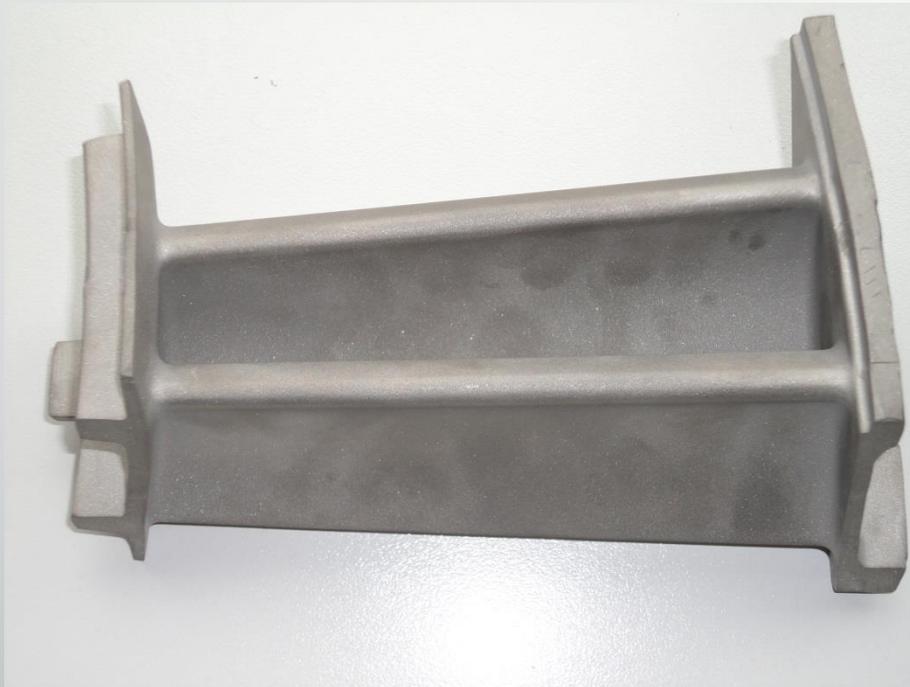




**Kantenverrundung der
Tannenbaumstruktur von
Turbinenrädern**



Turbinenschaufeln



Vor AFM



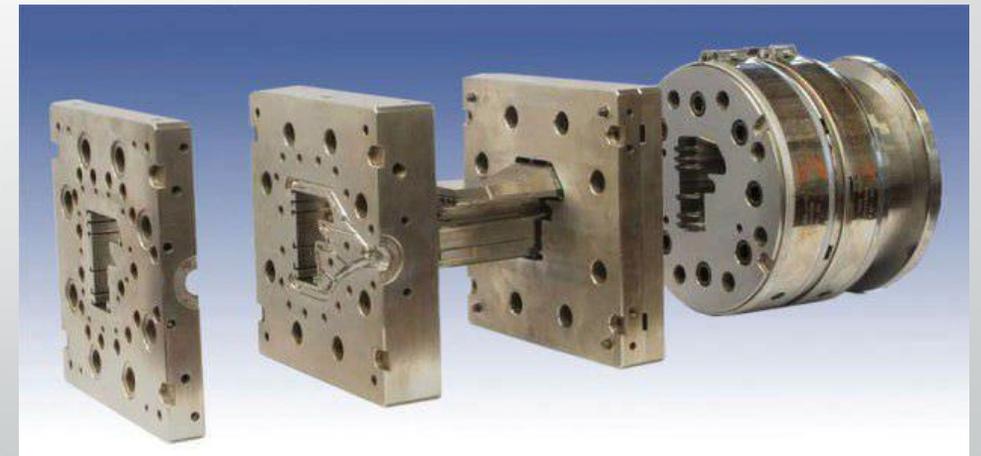
Nach AFM

Aluminium- Extrusions- Matrizen



- Automatisierter Prozess
- Hohe Reproduzierbarkeit
- Schneller und zuverlässiger als manuelles Polieren
- Keine Vorrichtungen notwendig

Kunststoff- Extrusions- Düsen





**Verrunden von inneren
Verschneidungen in
Einspritzdüsen, Common Rails und
anderen Einspritzkomponenten**



Ventilsitz



vor AFM

nach AFM

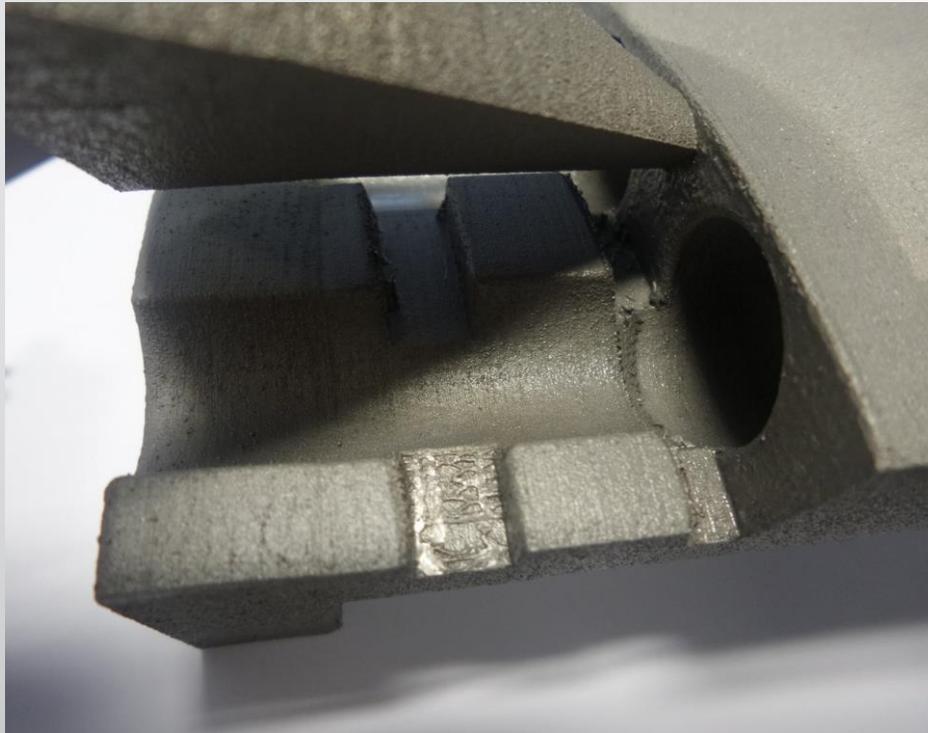
Knochennägel



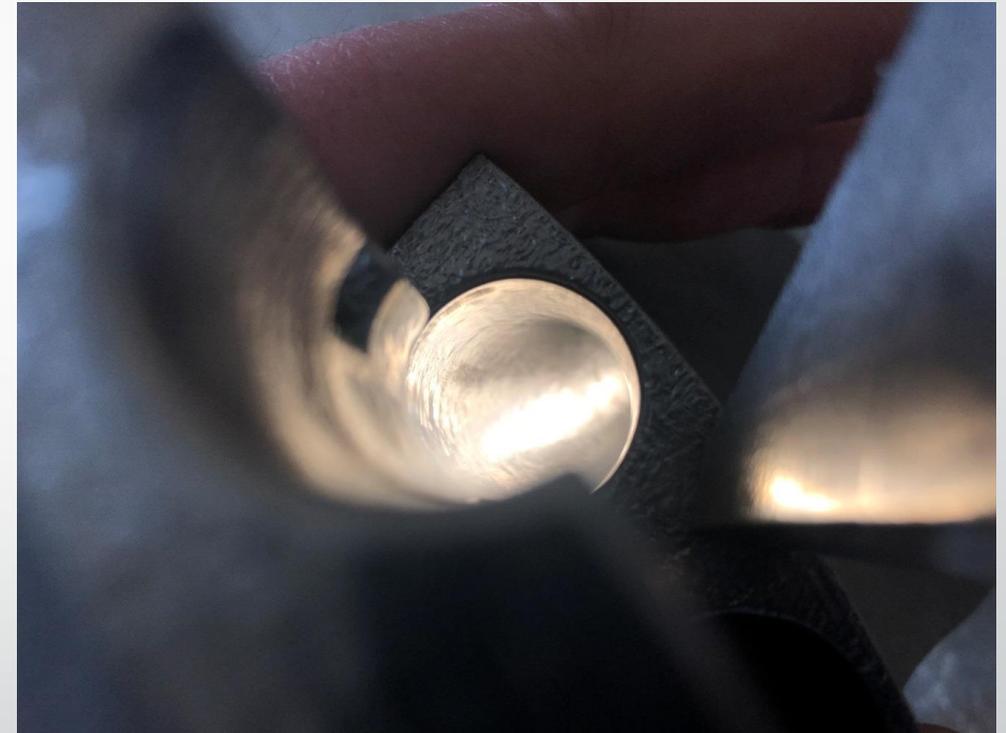
Fraktur-Implantat



Additiv gefertigte Rinne



vor AFM



nach AFM

Hydraulik-
Steuerzylinder



vor AFM

nach AFM

**Polieren von
Verbindungsstücken in
der Halbleiterindustrie**



Additiv gefertigte
Mischelemente



vor AFM

nach AFM

Additiv gefertigte
Filterelemente



vor AFM

nach AFM

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Bitte besuchen Sie uns auf Stand 623