



ZELLER+GMELIN

Stellschrauben bei der Zerspanung schwer bearbeitbarer Werkstoffe

10. Nynas ISSF 2025

EXPERTLY DONE.

Agenda

- + Was sind schwer bearbeitbare Werkstoffe?
- + Konsequenzen bei der Entwicklung von Kühlschmierstoffen
- + Stellschrauben bei der Entwicklung von Kühlschmierstoffen
- + Fazit & Zusammenfassung

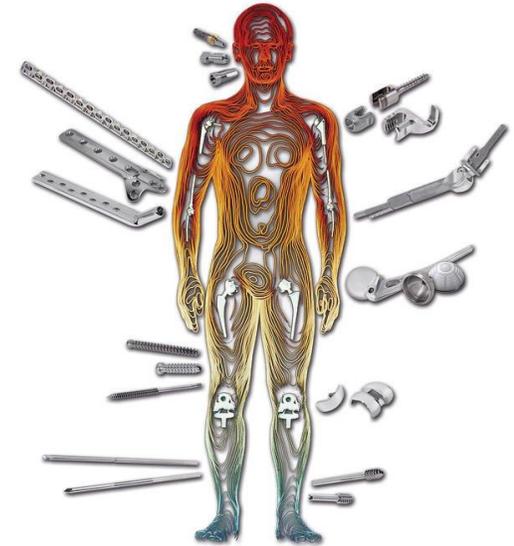


Schwer bearbeitbare Werkstoffe

EXPERTLY DONE.

Was für Werkstoffe sind schwer bearbeitbar...

- + Superlegierungen sind für höhere Einsatztemperaturen und höhere Festigkeiten entwickelt worden
- + Beispiele dafür sind Titan- und Nickelbasis-Legierungen (Inconel, Hastelloy, etc.)
- + Anwendungen in:
 - + Flug- und Raumfahrt (hohe Temperaturen, Leichtbau)
 - + Hochpreisige Autos, Rennsport
 - + Seefahrt (hohe Korrosionsbeständigkeit)
 - + Chemische Industrie (hohe Chemikalienbeständigkeit)
 - + Implantate/Medizintechnik (nicht allergieauslösend)



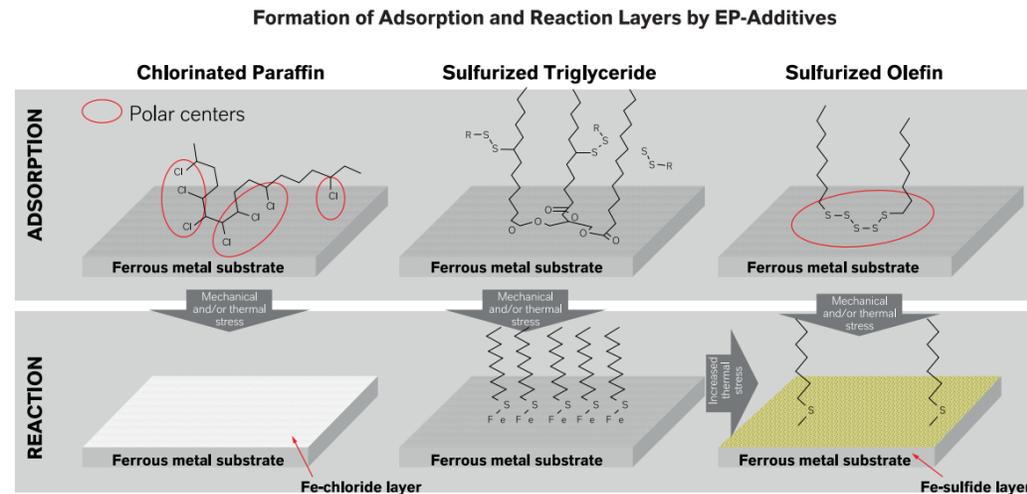
<https://www.superiortube.com/applications/aerospace-engine-tubes>

<https://mav.industrie.de/werkzeuge/die-bearbeitung-von-titan-in-der-medizinindustrie/#slider-intro-1>

... und warum sind sie schwer bearbeitbar?

Die Vorteile der Werkstoffe werden zur Herausforderung bei der Bearbeitung:

- + Schlechte Wärmeleitfähigkeit → Hohe Temperatur am Werkzeug
- + Hohe Materialhärte → Hoher Werkzeugverschleiß
- + Hohe chemische Beständigkeit → Schlecht für Leistungsadditive im Kühlschmierstoff



<https://lanxess.com/en/products-and-brands/brands/additin/extreme-pressure>, solutions for metalworking fluids brochure 2024 US
Yang, Xiaoping; Liu, C. Richard (1999-01-01). "Machining Titanium and Its Alloys". *Machining Science and Technology*. 3 (1): 107–139.



Konsequenzen für die Entwicklung

Was bedeuteten die Herausforderungen für die Kühlschmierstoffentwicklung?

- + Wäremeabfuhr ist wichtiger als sonst
- + Bisherige Leistungsadditive sind nur teilweise hilfreich
- + Anforderungen des Kunden an Werkzeugstandzeit bleiben aber gleich !

Was für Stellschrauben gibt es um doch wirtschaftlich nachhaltig eine Zerspanung zu ermöglichen?





Einfluss der Schmierleistung

EXPERTLY DONE.

Reichertversuche zur Charakterisierung

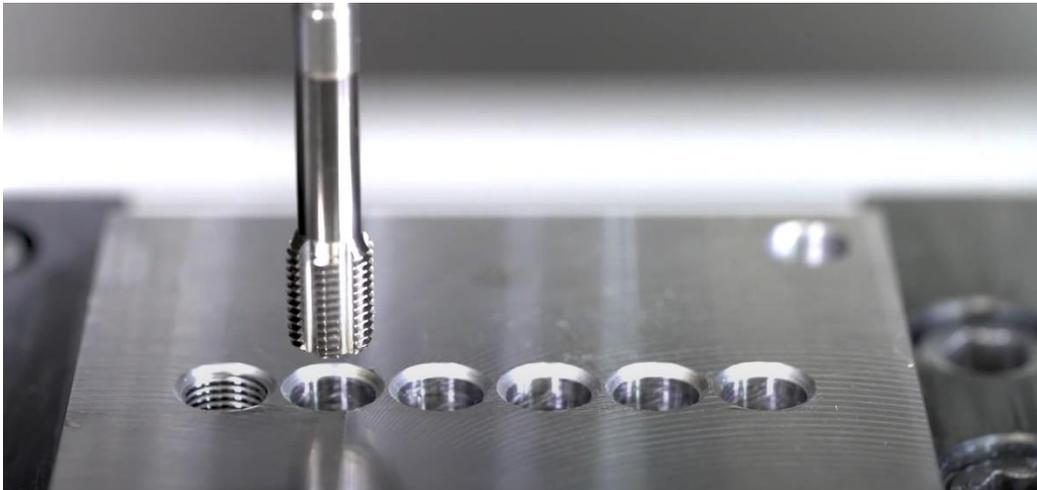
- + Reichert ist eine Möglichkeit zur Charakterisierung von Schmierleistung über Verschleißmarke
- + **Je kleiner die Verschleißmarke umso höher die Schmierleistung und der Reichert-Wert**



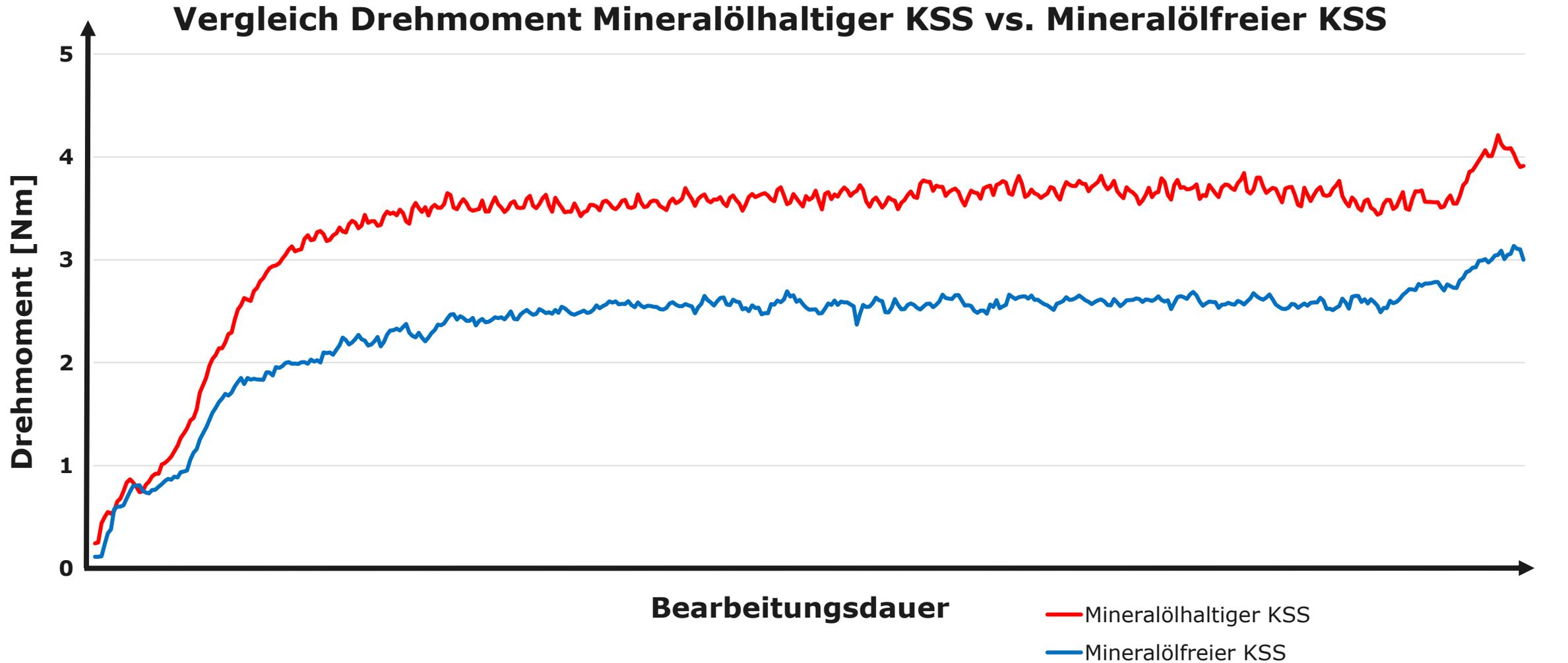
	Reichertwert
Wasser	8 N/mm ²
Basisöl	12 N/mm ²
Polyglykol	21 N/mm ²

Tapping Torque Test

- + Messung des Drehmoments und Kraftaufnahme bei Gewindeformen oder Gewindeschneiden
- + Möglichkeit zur Abprüfung von verschiedenen Geschwindigkeiten, Tiefen, Werkzeugen, Materialien.....



Tapping Torque Test



Stahl CK 45, 1200 rpm, 18 mm tief, EMUGE Drück 1-STEEL-SN-NT



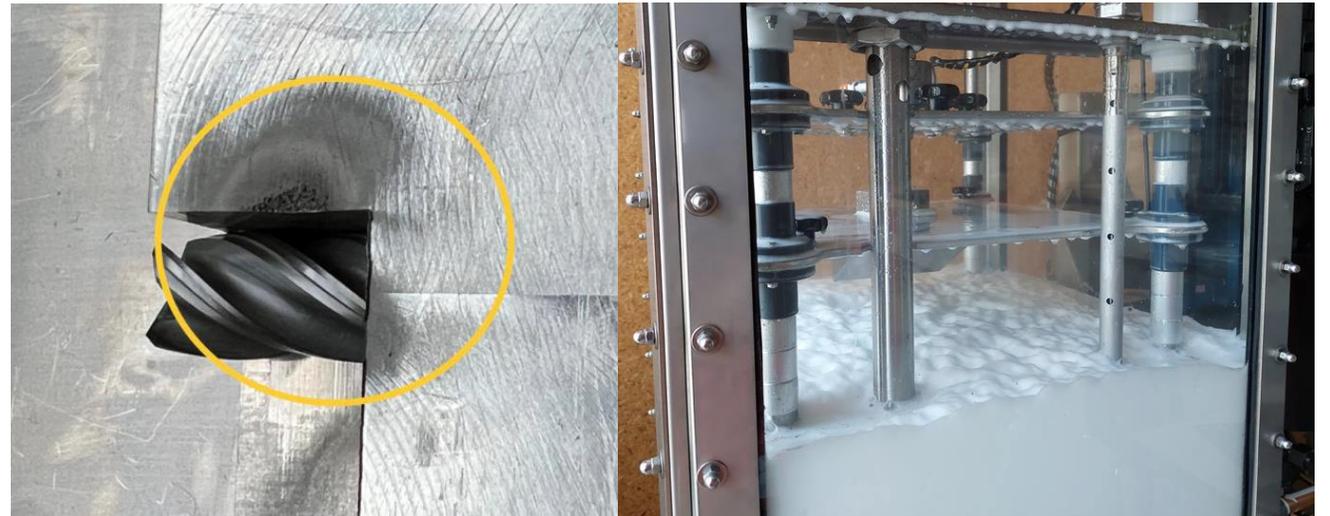
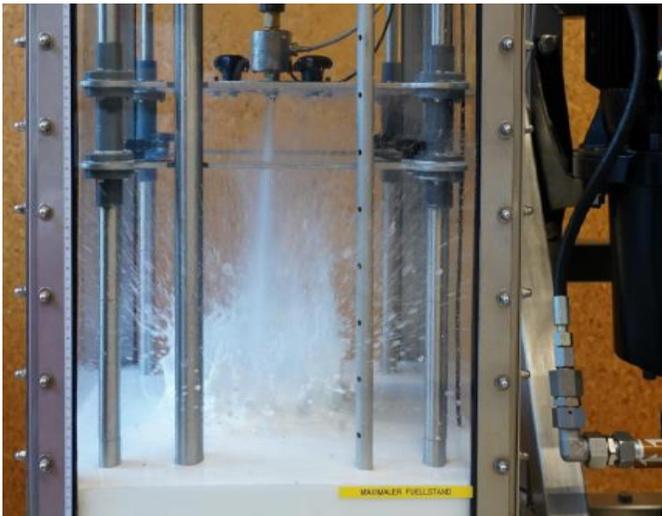
Einfluss des Bearbeitungsdrucks

Kurzvorstellungung des Projekts

Projekt: Optimierter Einsatz von Hochdruckkühlschmierstoff in Fräsmaschinen

Vorhaben: Finden eines geeigneten KSS um unter Hochdruckbedingungen technologische und wirtschaftliche Optimierungen des Bearbeitungsprozess zu ermöglichen.

Beteiligung verschiedener Industriepartner (KSS-Lieferant, Maschinenhersteller, Werkzeughersteller, Praxisanwender, FH Kempten,...)



Durchführung im Projekt

Tests: Mineralölhaltig vs Mineralölfreier KSS

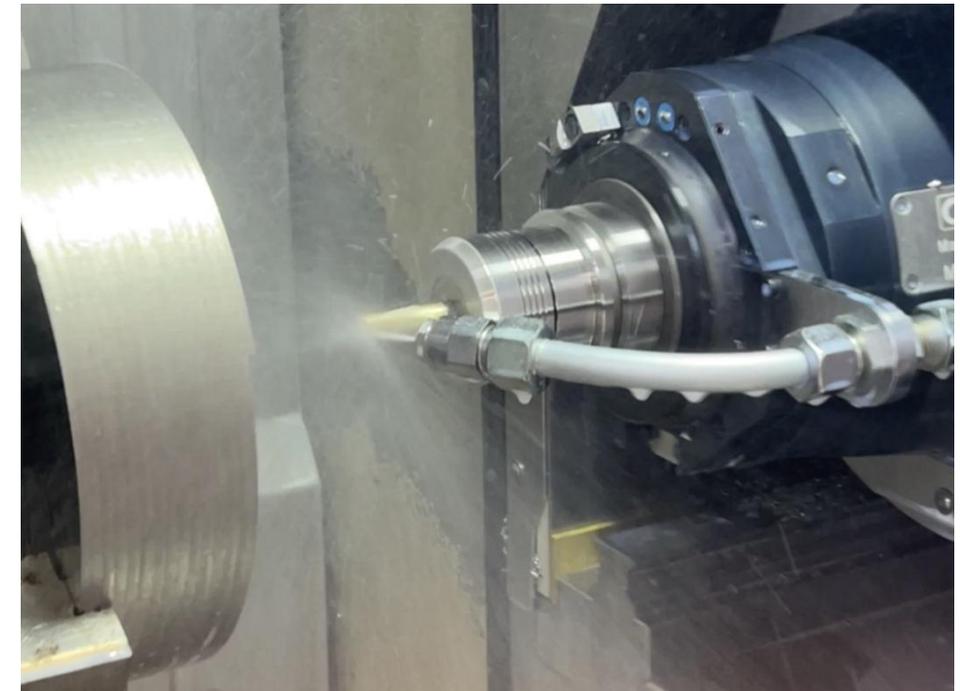
- + Hochdruck (195 bar) vs Schwallkühlung (80 bar)
- + Material: Titan Ti6Al4V, Inconel 718
- + Bearbeitung: Fräsen

Erwartete Lebensdauer des Werkzeug:

- + Titan: **35-45 m**
- + Inconel: **5-6 m**

Auswertung über Schneidenverschleiß

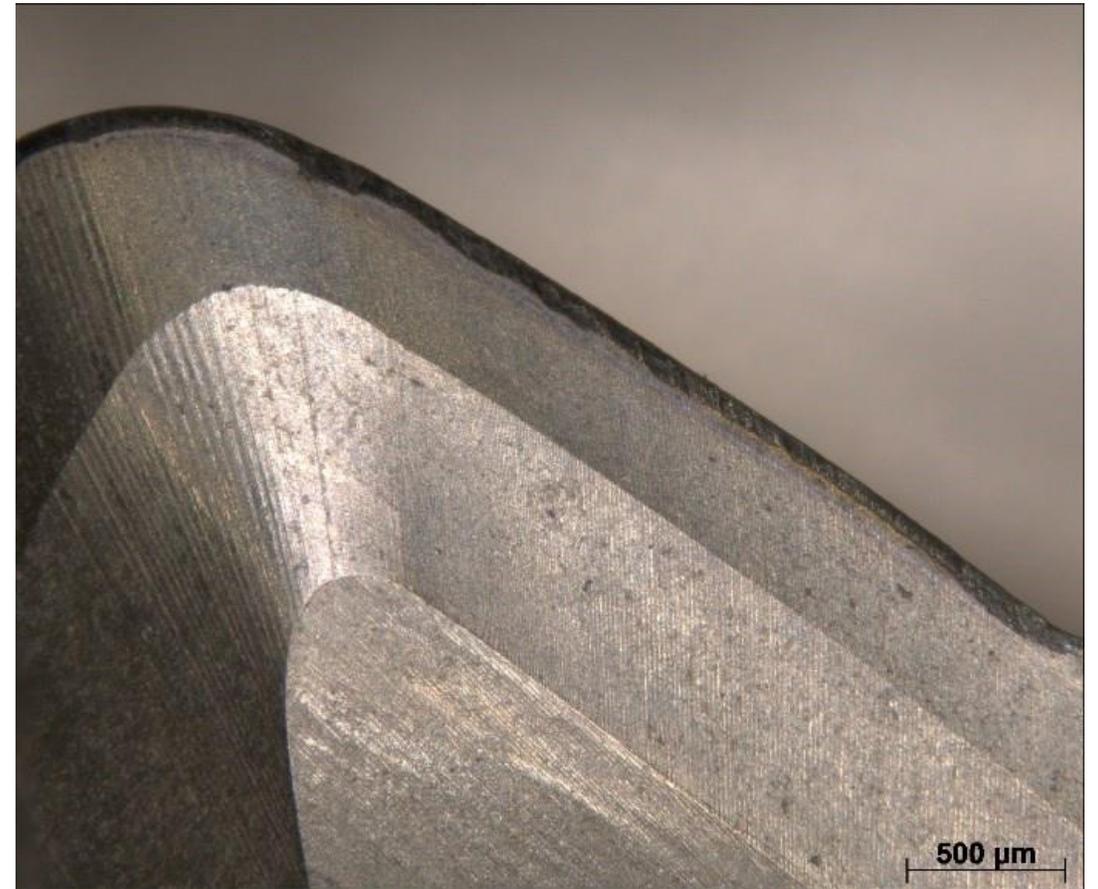
EXPERTLY DONE.



Verschleiß Schwall- vs Hochdruckkühlung

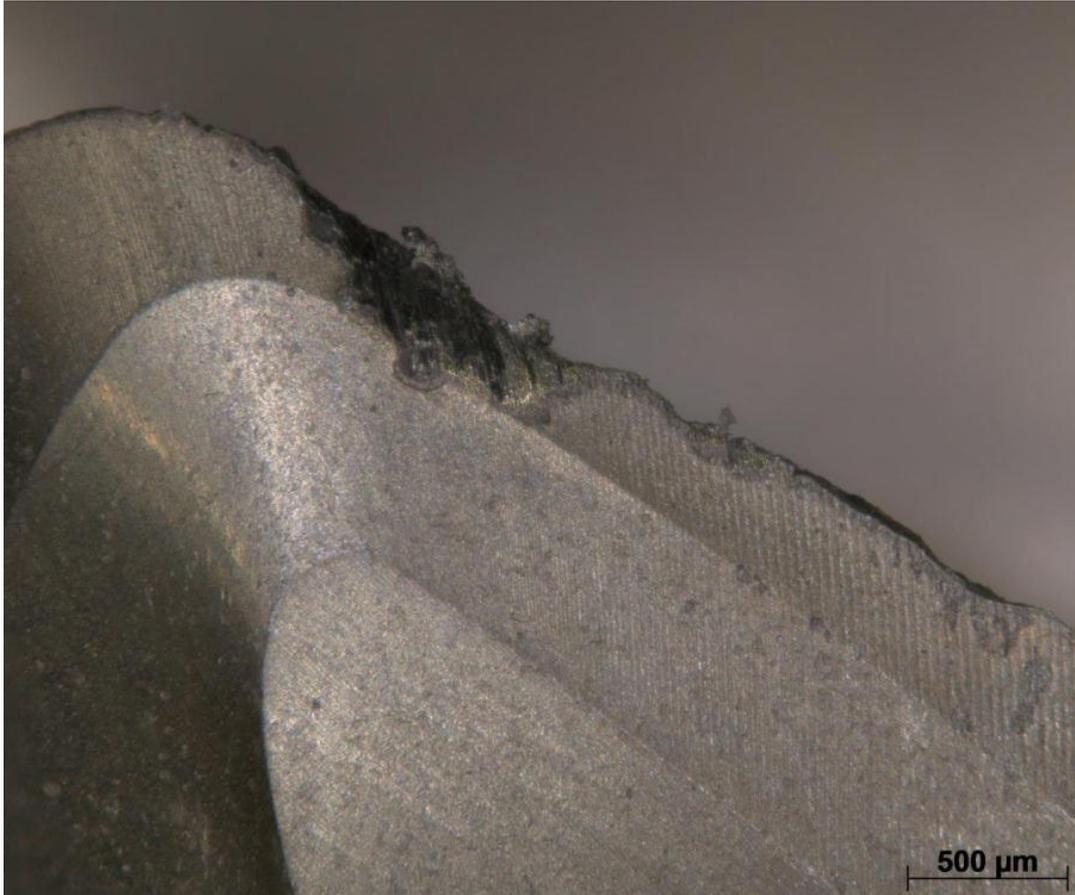


Inconel, **6 m**, Mineralöhlhaltiger KSS, **80 bar**

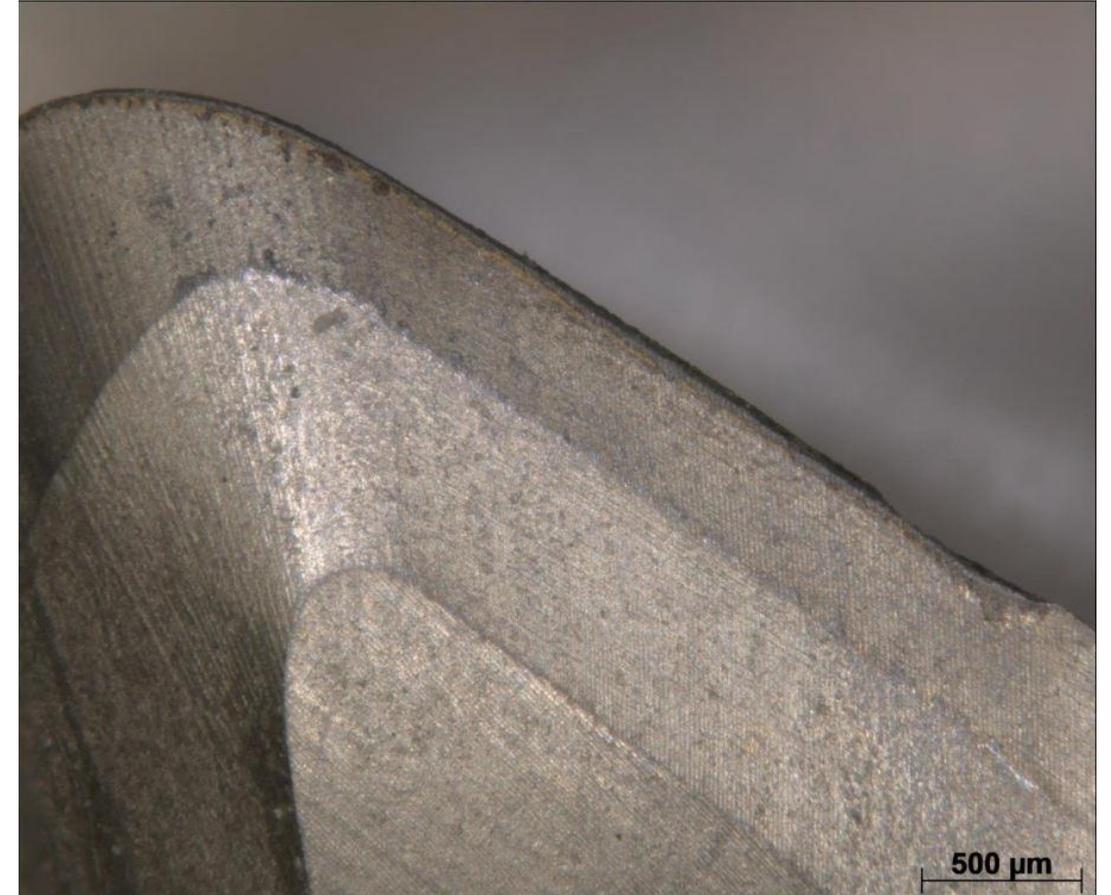


Inconel, **9 m**, Mineralöhlhaltiger KSS, **195 bar**

Verschleiß Mineralölhaltig vs Mineralölfrei



Titan, **95 m, Mineralölhaltiger KSS**, 80 bar



Titan, **120 m, Mineralölfreier KSS**, 80 bar

Standzeitvergleich

Material/Druck	Mineralölhaltiger KSS	Mineralölfreier KSS	Standzeit
Titan Schwall	95 m	120 m	+26%
Titan Hochdruck	105 m	145 m	+38%
Inconel Schwall	6 m	n.b.*	-
Inconel Hochdruck	12 m	n.b.*	-

* Test konnte innerhalb des Projektzeitrahmens nicht durchgeführt werden

- + Mineralölfreier KSS verringert Werkzeugverschleiß deutlich gegenüber mineralölhaltigem KSS
- + Steigerung des Bearbeitungsdrucks vom KSS reduziert ebenfalls Werkzeugverschleiß

→ **Verlängert Wechselintervall des Werkzeugs und spart somit Kosten**

Einsparpotential

Parameter

Werkzeugkosten	100 €/Fräser
Nachschleifkosten	15 €/Schliff
Anzahl Nachschleifen	5 mal
Spindelstunden	2500 h/a
Bearbeitungsdruck	80 Bar

	Mineralöhlhaltiger KSS	Mineralölfreier KSS
Standmeter	95 m	120 m
Standzeit*	6:20 h	8:00 h
Fräser pro Jahr	79 Stück	63 Stück
Werkzeugkosten	13815 €	10937 €
Differenz	- 2878 € pro Maschine	

*Aus den Versuchen berechnet



Fazit

Was sind die Erkenntnisse?

- + Herkömmliche Additive und Vorgehensweisen bei der Entwicklung sind für schwer bearbeitbare Werkstoffe nicht unbedingt anwendbar
- + Schmierleistung des Kühlschmierstoffes ist sehr wichtig
- + Steigerung des Bearbeitungsdruck kann die Werkzeugstandzeit signifikant erhöhen

Aber:

- + Nicht jeder Kühlschmierstoff ist schaumarm und stabil genug bei den hohen Drücken
- + Kosten für erhöhten Sicherheitsaufwand, leistungsfähigere Pumpen, etc müssen sorgfältig abgewogen werden!

**Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit!**