

# WHITEPAPER

## Ultraschallunterstütztes Bohren und Tiefbohren von Kupfer und Kupferlegierungen mit VibroCut *ultrasonic*

Bauteile aus Kupfer und Kupferlegierungen sind in essentiellen Komponenten in verschiedenen Branchen wie der Elektroindustrie oder Energietechnik zu finden. Die Herstellung erfolgt in vielen Fällen mit zerspanenden Verfahren, wobei verschiedene Prozesse wie u.a. das Bohren und Tiefbohren Anwendung finden. Trotz der vergleichsweise geringen Festigkeiten gelten insbesondere Kupferbasiswerkstoffe als auch niedriglegierte Kupferlegierungen als schwer spanbar. Grund dafür ist das zähe Materialverhalten mit hohem Umformvermögen. Die Folge sind ein schlechtes Spanbildungsverhalten und hohe Bearbeitungskräfte, welche für industrielle Prozesse hinsichtlich Produktivität, Prozesssicherheit und Qualität eine Herausforderung darstellen.

### Untersuchung zur Anwendung der Ultraschallunterstützung mit VibroCut *ultrasonic*

Beispielhaft für die Gruppe der Kupferbasiswerkstoffe und niederlegierten Kupferlegierungen erfolgt eine Untersuchung der Ultraschallunterstützung beim Bohren am Beispiel eines Referenzteils aus CuCr1Zr (2.1293). Zur Realisierung der Ultraschallunterstützung wurde entsprechend Abbildung 1 eine Werkzeugmaschine mit dem System VibroCut *ultrasonic* ausgerüstet. Hierbei wird im Werkzeughalter eine Ultraschallbewegung erzeugt und die Prozesskinematik mit dieser überlagert.

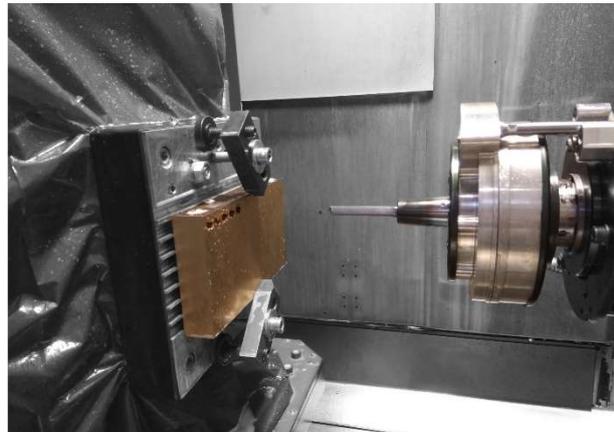


Abbildung 1: Versuchsaufbau

Als Werkzeug wurde ein geradgenuteter Vollhartmetallbohrer mit  $\varnothing 12$  mm verwendet. Die Bohrungstiefe betrug 40 mm.

Um die Effekte der Ultraschallunterstützung zu evaluieren, wurden mit Hilfe einer Kraftmessplattform die Vorschubkräfte des Bohrprozesses erfasst und für das konventionelle und ultraschallunterstützte Bohren verglichen. Innerhalb der Versuchsreihen erfolgte für die Schnittgeschwindigkeit 90 m/min eine Untersuchung verschiedener Vorschübe von 0,05 mm bis 0,25 mm. Für den ultraschallunterstützten Prozess betrug die Ultraschallfrequenz der Werkzeugs ca. 17.000 Hz und die Amplitude  $\hat{A}_{pp}$  12  $\mu$ m bzw. 20  $\mu$ m.



## Technologische Effekte und Wirkmechanismen

Abbildung 2 zeigt den Verlauf der Vorschubkräfte für die verschiedenen Vorschübe sowie den konventionellen und ultraschallunterstützten Bohrprozess bei steigender Amplitude. Entsprechend der grundlegenden Zerspanungstheorie wird zuerst ersichtlich, dass die Vorschubkräfte mit höherem Vorschub ansteigen und die Kräfte des konventionellen Bohrens mit max. 5.743 N sehr hoch sind. Diese führen in der praktischen Anwendung zur Limitierung der Produktivität und Problemstellungen hinsichtlich der Prozesssicherheit. Die Ultraschallunterstützung mit einer Amplitude von  $12\ \mu\text{m}$  führt für alle Vorschübe zu einer signifikanten Reduzierung der Vorschubkräfte. Wird die Amplitude auf  $20\ \mu\text{m}$  erhöht sinken die Vorschubkräfte, insbesondere für die höheren Vorschübe, weiter. Als Ergebnis steht bei Vorschub  $0,25\ \text{mm}$  eine Verringerung der Vorschubkraft von  $5.743\ \text{N}$  auf  $2.739\ \text{N}$ . Die drastische Kraftreduzierung von  $3.004\ \text{N}$  entspricht  $52\%$ . Ursächlich dafür der Einfluss der Ultraschallunterstützung auf die Spanbildung, welche anhand der Späne bei Vorschub  $0,05\ \text{mm}$  deutlich sichtbar wird (Abbildung 3). Während die Späne des konventionellen Bohrprozesses durch das Aufstauen auf der Spanfläche sehr dick sind, entstehen mit

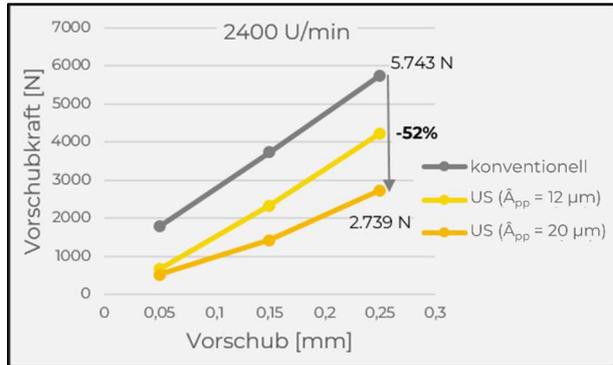


Abbildung 2: Diagramm der Vorschubkräfte

Ultraschallunterstützung deutlich dünnere Späne. Der verbesserte Spanfluss und auch das veränderte Materialverhalten bei Ultraschallunterstützung wirken sich direkt auf die Zerspanungskräfte aus. Ursächlich ist, dass der Ultraschall einerseits die

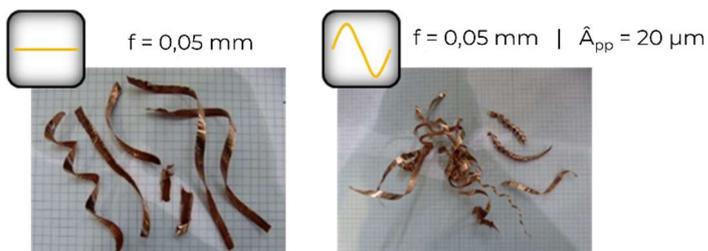


Abbildung 3: Spanbildung im Vergleich

Materialeigenschaften beeinflusst, die Prozesskinematik verändert und andererseits die Reibung zwischen Span und Werkzeug insbesondere der Spanfläche stark verringert, so dass der Kupferspan besser abfließen kann. Die reduzierten Bearbeitungsprozesse wirken sich vorteilhaft auf den Bohrprozess und seine Eigenschaften aus und erschließen weiterführende Verbesserungspotentiale. In diesem Zusammenhang wird z.B. die Qualität der Bohrungen hinsichtlich des Mittenverlaufs, was insbesondere beim Tiefbohren ein kritischer Faktor ist, deutlich gesteigert. Weiterhin wird die Bildung von Grat am Bohrungsaustritt sowie der Werkzeugverschleiß vermindert. Entscheidend ist zudem das Potential die Schnittwerte vor allem den Vorschub weiter zu steigern und dadurch die Produktivität deutlich zu erhöhen.



## Kundennutzen

Die drastisch reduzierten Bearbeitungskräfte wirken sich positiv auf die Grenzen des Bohrprozesses hinsichtlich Produktivität, Prozesssicherheit und Qualität aus. Abbildung 4 fasst die Vorteile der Ultraschallunterstützung beim Bohren von Kupfer- und Kupferlegierungen zusammen.

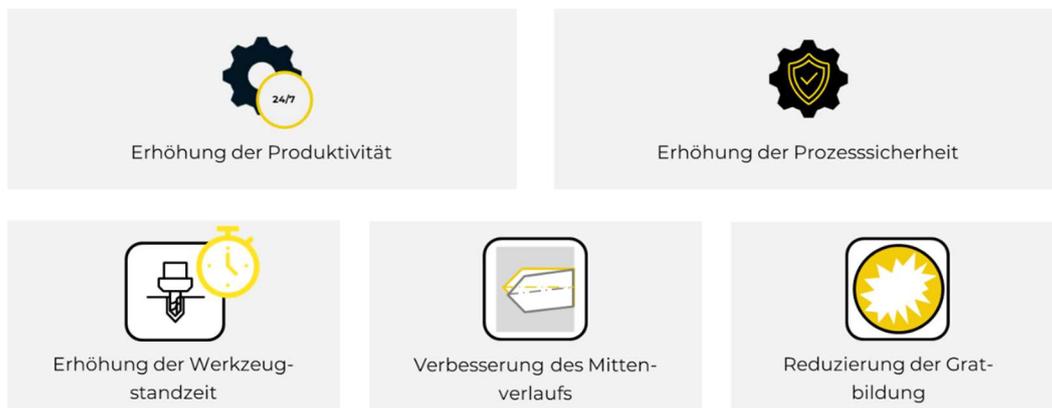


Abbildung 4: Vorteile beim ultraschallunterstützten Bohren und Tiefbohren

Insbesondere der Mittelverlauf der Bohren und Tiefbohren wird durch die ultraschallbedingte Kraftreduzierung deutlich verbessert, was in vielen industriellen Anwendungsfällen ein entscheidender Faktor ist. Weiterhin läuft der Bohrprozess, insbesondere nahe seiner Leistungsgrenzen, sicherer ab. So reduzierte die verminderte Bearbeitungskraft zum Beispiel die Wahrscheinlichkeit von spontanem Werkzeugbruch. Besonders in der Serienfertigung und bei hohem Automatisierungsgrad die die Prozesssicherheit ein entscheidender Faktor für eine wirtschaftliche Fertigung. Beim

### Kosteneinsparung mit VibroCut ultrasonic



#### Berechnungsbeispiel Schnittparametererhöhung

- Maschinenstundensatz: 75 €/h
- Planbelegungszeit: 6000 h/Jahr (750 Schichten/Jahr)
- Schnittparametererhöhung: 25...100 Prozent

Schnittparametererhöhung	Produktivitätssteigerung	Einsparung pro Maschine/Jahr
25 %	9,0 %	40.500 €/Jahr
50 %	15,0 %	67.500 €/Jahr
100 %	22,5 %	101.250 €/Jahr

Abbildung 5: Beispielrechnung zum wirtschaftlichen Benefit bei Schnittwerterhöhung

Vergleich der Vorschubkräfte wird das Potential der Ultraschallunterstützung zur Erhöhung der Schnittwerte, insbesondere des Vorschubs, deutlich. Dadurch wird die Produktivität der Bohrprozesse signifikant erhöht und entsprechend der beispielhaften Rechnung in Abbildung 5 hohe wirtschaftliche Benefits erzielt.



## Weiterführende Informationen

VibroCut *ultrasonic* ist ein patentiertes System der VibroCut GmbH und setzt neue Maßstäbe in der hybriden Zerspanung. Als Produkt- und Technologieanbieter sowie Integrationspartner ermöglichen wir den effizienten Einsatz der Ultraschalltechnologie in Ihrer Fertigung. Unsere Ultraschallsysteme sind als Werkzeughalter zur Nachrüstung von Neu- und Bestandsmaschinen erhältlich, ergänzt durch umfassende Servicedienstleistungen.

Das VibroCut *ultrasonic*-System bietet höchste Flexibilität mit verschiedenen Leistungsklassen und Abmessungen, passend für alle gängigen Spindelschnittstellen wie HSK, SK oder BT. Ein Alleinstellungsmerkmal ist die präzise Amplituden- und Frequenzregelung, die den optimalen Bewegungszustand auch während des Werkzeugeingriffs sicherstellt. Je nach Bearbeitungsanforderung stehen vier Leistungsklassen zur Verfügung – von der Precision-Line für filigrane Werkzeuge mit Drehzahlen bis zu 30.000 U/min bis zur High Performance-Line für massereiche



Abbildung 6: Ultraschall-Werkzeughalter VibroCut *ultrasonic*

Spezialanwendungen. Mit einer Maximalleistung von 1.000 W ermöglicht VibroCut *ultrasonic* sogar den zuverlässigen Einsatz von Tiefbohrwerkzeugen mit über 2.000 mm Länge. Dank der für Bearbeitungszentren optimierten Precision-Line (100 W), Standard-Line (250 W) und Performance-Line (500 W) ist eine nahtlose Integration in Maschinen mit automatischem Werkzeugwechsel möglich.

Treten Sie gern direkt mit uns in Kontakt oder informieren Sie sich auf unserer Website:

**VibroCut GmbH**  
 Annaberger Str. 24  
 09125 Chemnitz  
[info@vibrocut.de](mailto:info@vibrocut.de)  
[www.vibrocut.de](http://www.vibrocut.de)

