

# WHITEPAPER

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

Bauteile aus Kupfer und Kupferlegierungen sind in essenziellen 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 VIBROdrill 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 VIBROdrill ultrasonic ausgerüstet. Hierbei wird im Werkzeughalter eine Ultraschallschwingung erzeugt und die Prozesskinematik mit dieser überlagert.

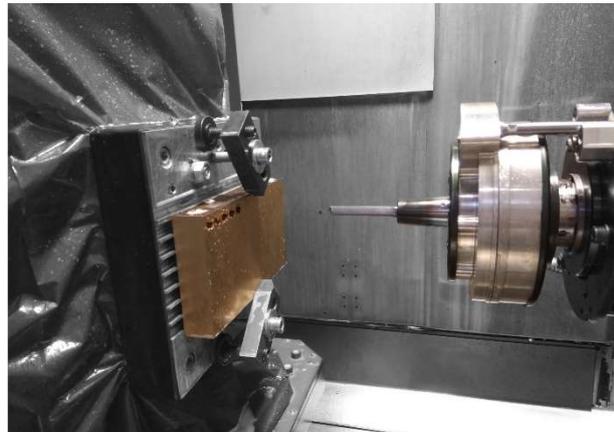


Abbildung 1: Versuchsaufbau

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 Schwingfrequenz des Werkzeugs ca. 17.000 Hz und die Schwingweite 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 Schwingweite. 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 Schwingweite von 12  $\mu\text{m}$  bewirkt für alle Vorschübe zu einer signifikanten Reduzierung der Vorschubkräfte. Wird die Schwingweite auf 20  $\mu\text{m}$  erhöht sinken die Vorschubkräfte, insbesondere für die höheren Vorschübe, weiter. Als Ergebnis steht bei Vorschub 0,25 mm eine Verringerung der Vorschubkraft von 5.743 N auf 2.739 N. Die drastische Kraftreduzierung von 3.004 N entspricht 52 %. Ursächlich dafür der Einfluss der Ultraschallunterstützung auf die Spanbildung, welche anhand der Späne bei Vorschub 0,05 mm deutlich sichtbar wird (Abbildung 3). Während die Späne des konventionellen Bohrprozesses durch das Aufstauen auf der Spanfläche sehr dick sind,

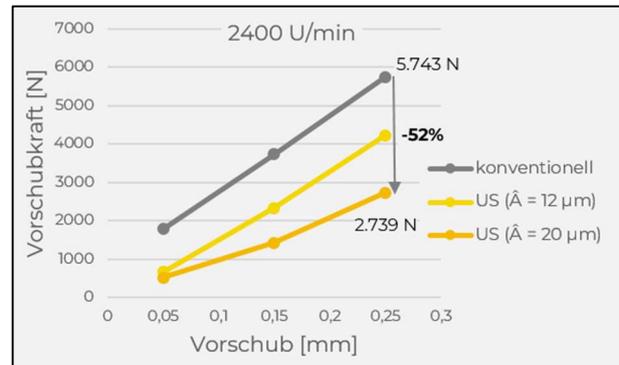


Abbildung 2: Diagramm der Vorschubkräfte

entstehen mit 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

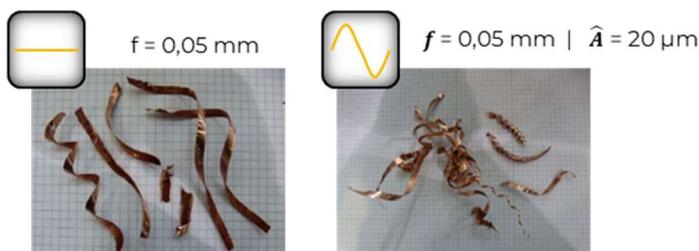


Abbildung 3: Spanbildung im Vergleich

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 Bearbeitungskräfte 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.

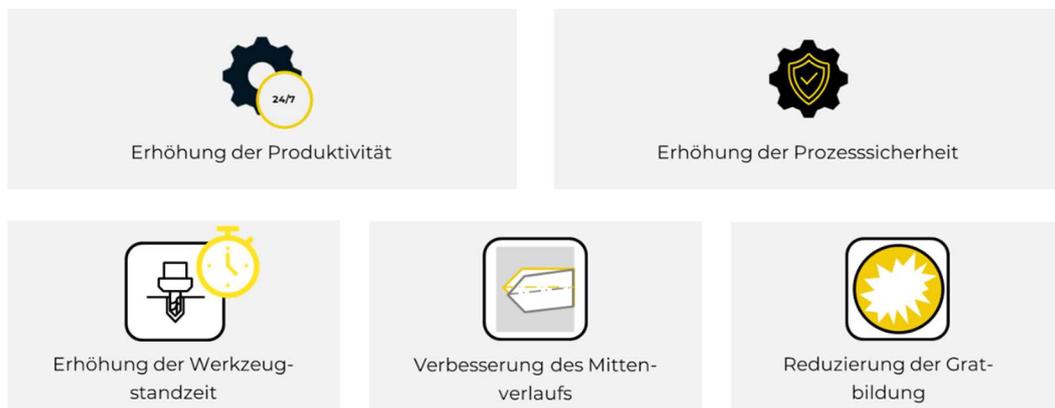


Abbildung 4: Vorteile beim ultraschallunterstützten Bohren und Tiefbohren

Insbesondere der Mittenverlauf beim 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 spielt die Prozesssicherheit einen entscheidenden Faktor für eine wirtschaftliche Fertigung. Beim

### Kosteneinsparung mit VIBROdrill ultrasonic



#### Berechnungsbeispiel Schnittparametererhöhung

- Maschinenstundensatz: 130,- €/h
- Planbelegungszeit: 6000 h / Jahr (750 Schichten / Jahr)
- Anteil Hauptbohrzeit an Taktzeit: 35 %

Schnittparametererhöhung	Produktivitätssteigerung	Einsparung pro Maschine / Jahr
20 %	7,1 %	45.000 €
40 %	10 %	78.000 €
100 %	17,5 %	136.000 €

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 werden die Produktivität der Bohrprozesse signifikant erhöht und entsprechend der beispielhaften Rechnung in Abbildung 5 hohe wirtschaftliche Benefits erzielt.



## Weiterführende Informationen

VIBROdrill *ultrasonic* ist ein patentiertes System der VibroCut GmbH. Wir treten als Produkt- und Technologieanbieter sowie Integrationspartner für den Einsatz der schwingungsunterstützten Zerspanung in Ihrer Fertigung auf. Dabei vertreiben wir die Schwingensysteme als Werkzeughalter zur Ausrüstung von Neu- und Bestandsmaschinen und bieten zugehörige Servicedienstleistungen an.

Das Ultraschallsystem VIBROdrill *ultrasonic* ist in verschiedenen Leistungsklassen und Abmessungen passend für Ihre Werkzeugmaschine erhältlich. Wir bedienen darüber hinaus alle gängigen Spindelschnittstellen wie HSK, SK oder BT in verschiedenen Größen. Einzigartig ist die neuartige Amplituden- und Frequenzregelung, welche den optimalen Schwingzustand auch im Werkzeugeingriff sicherstellt. Für den Anwender stehen, je nach Anforderung des Bearbeitungsprozesses, vier verschiedene Leistungsklassen zur Auswahl – von der Precision-Line für filigrane Werkzeuge mit Drehzahlen von bis zu 30.000 U/min

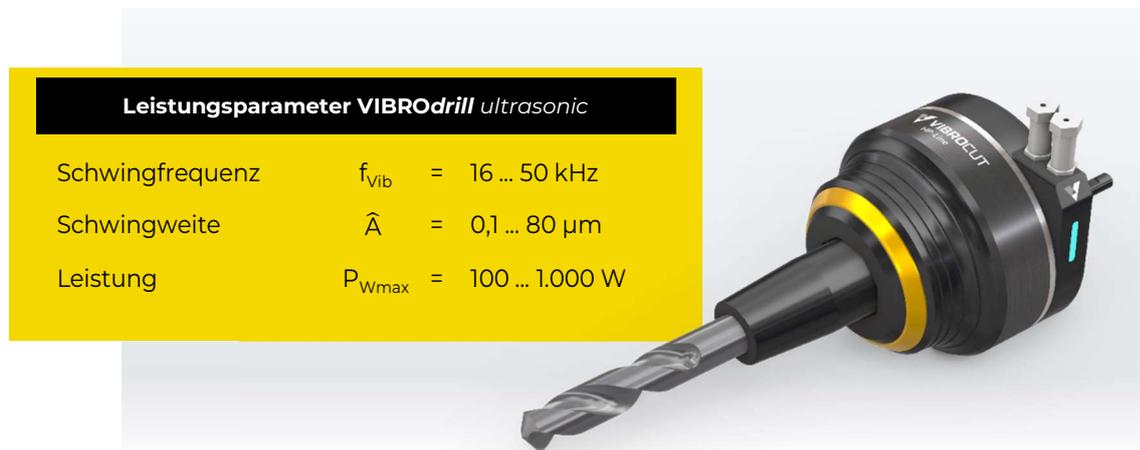


Abbildung 6: Ultraschall-Werkzeughalter VIBROdrill *ultrasonic*

bis zur High Performance-Line für spezielle Anwendungen mit großen, massereichen Werkzeugen. Mit einer Maximalleistung von 1.000 W können z. B. Tiefbohrwerkzeuge mit einer Länge von über 2.000 mm zuverlässig und mit ausreichend hohen Amplituden in eine Ultraschallschwingung versetzt werden. Die Precision-Line mit einer Ultraschallleistung von 100 W, Standard-Line mit 250 W und Performance-Line mit 500 W sind für Bearbeitungszentren mit automatischem Werkzeugwechsel vorgesehen.

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)

