

WHITEPAPER

Ultraschallunterstütztes Bohren und Tiefbohren von Aluminiumlegierungen mit VIBROdrill *ultrasonic*

Bauteile aus Aluminiumlegierungen finden als Knet- oder Druckgusslegierung Anwendung in nahezu allen Branchen. Aufgrund der günstigen Materialeigenschaften sowie der geringen Kosten und guten Spanbarkeit werden Aluminiumlegierungen unter anderem für Komponenten mit hohen Stückzahlen verwendet und innerhalb von Serienfertigungsprozessen hergestellt. Hierbei steht die Optimierung von Produktivität, Qualität und Prozesssicherheit im Fokus, um fortwährend eine Steigerung der Effizienz und Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Die Ultraschallunterstützung von Bohr- und Tiefbohrverfahren kann hierbei einen wesentlichen Beitrag leisten. Die hochfrequenten Schwingungen modifizieren das Materialverhalten bei der Spanbildung zugunsten geringer Zerspankräfte und minimieren Reibung, wodurch die Leistungsfähigkeit von Bohr- und Tiefbohrprozessen in Aluminiumlegierungen entscheidend gesteigert wird.

Untersuchung zur Anwendung der Ultraschallunterstützung mit VIBROdrill *ultrasonic*

Beispielhaft für die Gruppe der Aluminiumlegierungen erfolgt eine Untersuchung der Ultraschallunterstützung beim Bohren am Beispiel eines Referenzteils aus einer Knetlegierung EN AW-7075 (AlZn5,5MgCu) sowie einer Gusslegierung EN AC-42000 (AlSi7Mg).

Zur Realisierung der Ultraschallunterstützung wurde entsprechend Abbildung 1 eine Werkzeugmaschine mit dem System VIBROdrill *ultrasonic* ausgerüstet. Hierbei wird im rotierenden Werkzeughalter eine Ultraschallschwingung erzeugt und die Kinematik des Zerspanungsprozesses mit dieser gezielt überlagert. Die Schwingamplitude wird mittels M-Befehlen im NC-Programm



Abbildung 1: Versuchsaufbau

eingestellt und kann in weiten Bereichen verändert werden. Die Schwingfrequenz wird vom System automatisch eingestellt und während des Bohrprozesses geregelt.

Die Versuchsparameter wurden in Abhängigkeit des zu bearbeitenden Werkstoffs variiert und sind in Tabelle 1 zusammengefasst.



Tabelle 1: Parameter der Zerspanungsuntersuchungen

	EN AW-7075 (AlZn5,5MgCu)	EN AC-42000 (AlSi7Mg)
Werkzeug	VHM – geradgenutet	VHM mit PKD-Schneiden – geradgenutet
Bohrungsdurchmesser	Ø8 mm	Ø8 mm
Bohrungstiefe	20 mm	67 mm
Schnittgeschwindigkeit v_c	200 m/min	138 m/min
Vorschub f	0,07 ... 0,2 mm/U	0,12 ... 0,35 mm/U
Schwingfrequenz	≈ 27 kHz	≈ 20 kHz
Schwingweite	12 µm / 20 µm	15 µm / 25 µm

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.

Technologische Effekte und Wirkmechanismen

Abbildung 2 zeigt in Bezug auf die Versuche in EN AW-7075 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 max. 848 N beträgt. Die Zerspanungskräfte und die Abfuhr der Späne definieren in Bohrprozessen oft die Grenzen von Produktivität und Prozesssicherheit. Die Ultraschallunterstützung mit einer Schwingweite von 12 µm führt für alle Vorschübe zu einer signifikanten Reduzierung der Vorschubkräfte. Wird die Schwingweite auf 20 µm erhöht, sinken die

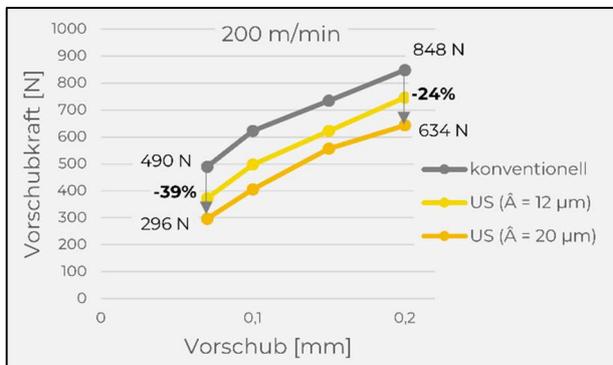


Abbildung 2: Diagramm der Vorschubkräfte (EN AW-7075)

Vorschubkräfte weiter. Als Ergebnis steht bei Vorschub 0,07 mm eine Verringerung der Vorschubkraft von 194 N bzw. 39%. Entsprechend niedrige Vorschübe werden u.a. bei Anbohrzyklen tieferer Bohrungen verwendet. Hier kann der Ultraschall für eine höhere Stabilität und Genauigkeit sorgen oder Notwendigkeit einer Vorschubreduzierung verringern, so dass eine höhere Produktivität erreicht wird. Beim höheren Prozessvorschub von 0,2 mm reduziert die Ultraschallunterstützung mit 20 µm die



Vorschubkraft um 214 N bzw. 24%. Weiterhin wurde in den Zeitverläufen der Vorschubkraft beobachtet, dass die Ultraschallunterstützung zu einer deutlichen Reduzierung von Kraftschwankungen führt und der Bohrprozess bedingt durch die verbesserte Spanabfuhr stabilisiert wird. Dies liegt in der verringerten Reibung zwischen Werkzeugschaft und Spänen begründet, wodurch die Spanabfuhr verbessert und Spanklemmer vermindert werden. Dies ist besonders bei langspanenen Aluminiumknetlegierungen ein entscheidender Vorteil. Basierend auf der Ultraschallunterstützung besteht das Potential die Schnittwerte, insbesondere den Vorschub, beim Bohren von Aluminium signifikant zu steigern und damit die Produktivität und Wirtschaftlichkeit entscheidend zu steigern.

Abbildung 3 zeigt für die Versuche in der Aluminiumgusslegierung EN AC-42000 die Vorschubkräfte für das konventionelle und ultraschallunterstützte Bohren. Auch hier steigen die Vorschubkräfte mit höherem Vorschub an und erreichen beim konventionellem Bohren max. 488 N. Im Diagramm ist zu erkennen, dass auch bei Gusslegierungen die Ultraschallunterstützung für alle Vorschübe zur Reduzierung der Vorschubkraft führt, wobei der Effekte mit zunehmender Schwingweite ansteigt. Die Kraftreduzierung bei niedrigem Vorschub von 0,1 mm und einer Schwingweite von 25 µm beträgt hier 111 N bzw. 43%.

Beim konventionellen Prozessvorschub von 0,25 mm wird die Vorschubkraft um 266 N bzw. 55% drastisch vermindert. In den Untersuchungen wurde auf dieser Basis der Vorschub gesteigert. Bei einer Schwingweite von 15 µm wird die konventionelle Vorschubkraft von 488 N bei einem Vorschub von ca. 0,33 mm erreicht, was einer Steigerung von 32% entspricht. Bei einer Schwingweite von 25 µm liegen die Vorschubkräfte auch bei einem Vorschub von 0,35 mm deutlich unter dem konventionellen Wert. Hier ergibt sich ein Potential zur Steigerung von Vorschubs von >50%.

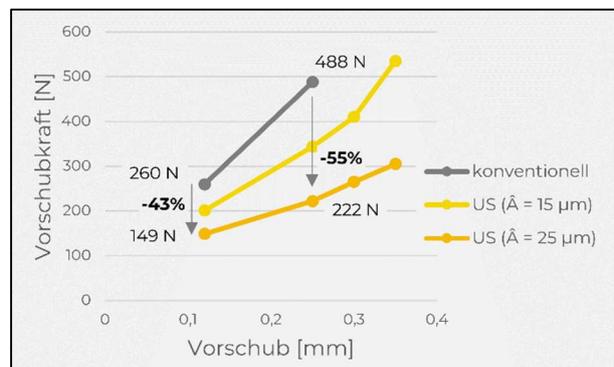


Abbildung 3: Diagramm der Vorschubkräfte (EN AC-42000)

Die reduzierten Bearbeitungskräfte wirken sich bei der Bearbeitung von Aluminiumknet- und Gusslegierungen 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 Aluminiumlegierungen zusammen.

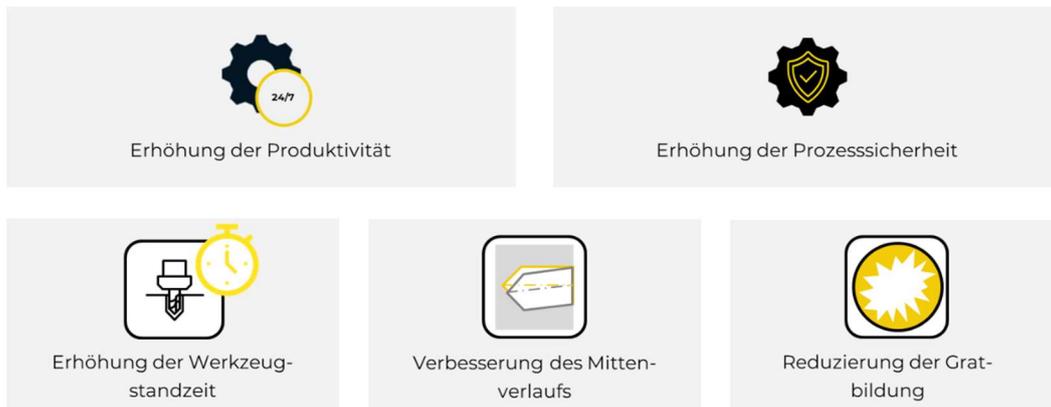


Abbildung 4: Vorteile beim ultraschallunterstützten Bohren und Tiefbohren

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, besonders nahe seiner Leistungsgrenzen, sicherer ab. So reduziert die verminderte Bearbeitungskraft zum Beispiel die Wahrscheinlichkeit von spontanem Werkzeugbruch.

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

Besonders in der Serienfertigung und bei hohem Automatisierungsgrad ist die Prozesssicherheit ein entscheidender Faktor für eine wirtschaftliche Fertigung. Beim 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

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 Ultraschalleistung von 100 W, Standard-Line mit 250 W und Performance-Line mit 500 W sind für Bearbeitungszentren mit automatischen Werkzeugwechsel vorgesehen.

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

VibroCut GmbH
 Annaberger Str. 240
 09125 Chemnitz
info@vibrocut.de
www.vibrocut.de

