

KISTLER

measure. analyze. innovate.

Optimierung des vibrationsunterstützten Bohrens



Zerspankraftmessung in der Werkzeugentwicklung

MITIS setzt auf Dynamometer von Kistler



Abb. 1: Zerspankraftdynamometer 9255C

Die Prozessoptimierung ist ein geeignetes Mittel, um die Produktivität und Qualität von Bearbeitungsprozessen zu steigern und damit die Wettbewerbsfähigkeit der Zerspanungsunternehmen zu sichern. Für die Bewertung von Optimierungen sowie den effizienten Einsatz von Produktionsressourcen an ihren Leistungsgrenzen sind aussagekräftige Messungen physikalischer Parameter erforderlich. MITIS, ein führender Hersteller von Systemen für vibrationsunterstütztes Bohren, setzt in der Entwicklung auf die Zerspankraftmessgeräte von Kistler. Ein Beispiel für eine erfolgreiche Partnerschaft.

MITIS entwickelt seit mehr als 10 Jahren Systeme für vibrationsunterstütztes Bohren (VAD: Vibration Assisted Drilling). Solche Systeme werden insbesondere bei Anwendungen eingesetzt, in denen der Spanbruch eine entscheidende Rolle für einen stabilen und effizienten Prozess spielt. Darüber hinaus kann diese Technologie die Werkzeugstandzeit verlängern, die Schnittgeschwindigkeit erhöhen und die Bearbeitungsqualität verbessern. Um diesen neuen Prozess zu analysieren, zu verstehen und zu verbessern, musste MITIS von Anfang an Messlösungen für Werkzeugmaschinen implementieren.

Im Jahr 2015 wurde mit der Entwicklung von MITISlab ein weiterer Schritt in Richtung automatisierter Bearbeitungstests an Werkzeugmaschinen beschlossen. Ziel war es, eine integrierte Lösung zur Überwachung der Bearbeitungstests auf dem hauseigenen Bearbeitungszentrum und damit die Möglichkeit der systematischen Erfassung aller Bearbeitungstests zu realisieren. Bei der Entwicklung der erforderlichen Software, die heute den Namen WITIS trägt, und der anschließenden Maschinenintegration der Messhardware, setzte MITIS auf sein internes Know-how. Die Messhardware wurde entsprechend den Anforderungen von verschiedenen Drittanbietern bezogen.

Die richtigen Sensoren als Grundlage für zuverlässige Messdaten
Insbesondere die Messung von Zerspankräften ist für die Beurteilung von Bearbeitungsprozessen unerlässlich. MITIS setzt bei der Zerspankraftmessung auf Sensoren von Kistler. Das Schweizer Unternehmen hat sich unter anderem auf die Entwicklung hochwertiger und robuster piezoelektrischer Sensoren zur Zerspankraftmessung spezialisiert. Das breite Portfolio umfasst verschiedene Systeme, die entweder stationär auf dem Maschinentisch oder als Rotationslösung in der Werkzeugspindel montiert werden.



„Kraftdynamometer von Kistler sind eine sehr genaue und zuverlässige Lösung für die Entwicklung und Optimierung von Werkzeugen.“

Cosme de Castelbajac, Leiter Monitoring Solutions bei MITIS
www.mitis.fr

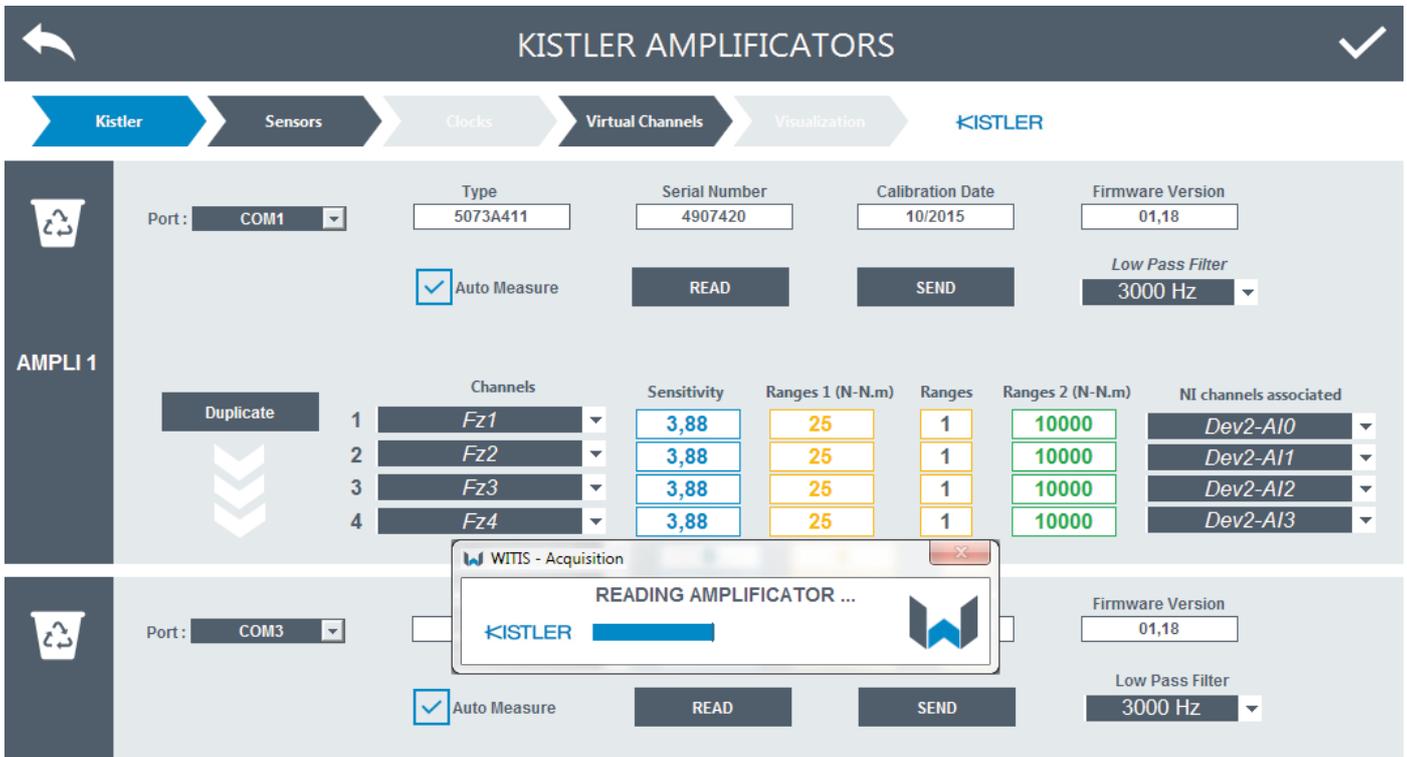


Abb. 2: Parametrierung von Kistler Ladungsverstärkern in der WITIS-Software

MITIS hat sich bei seiner Lösung für das stationäre Zerspankraftmessgerät 9255C entschieden. Das Gerät gehört zu den größeren Dynamometern und bietet durch seine großzügige Aufspannfläche viel Platz für die Montage der Prüflinge. Durch seine Robustheit, einen Messbereich von bis zu 60 kN und seine wasserdichte Ausführung erfüllt er alle Anforderungen für den Einsatz bei Fräs- und Bohruntersuchungen im rauen Umfeld von Bearbeitungszentren. Darüber hinaus sorgt die piezoelektrische Technologie für eine mit anderen Verfahren nicht erreichte Genauigkeit, Dynamik und Steifigkeit. Die hohen Eigenfrequenzen erlauben eine Analyse der auf die einzelne Schneidkante aufgelösten Zerspankräfte.

Ein Sensor ergibt noch keine Messkette

Ein häufig unterschätzter Bestandteil von Messketten ist die Signalaufbereitung. Sie ist dafür verantwortlich, dass die Ausgangssignale der Sensoren so gewandelt und gefiltert werden, dass sie an die spätere Anwendung angepasst und ohne Verlust relevanter Informationen erfasst werden können. Zu beachten ist ferner, dass weitere Informationen, wie z. B. die Skalierung mit dem Messsignal zur Datenerfassung übertragen werden. Die Ausgangssignale des piezoelektrischen Zerspankraftmessgeräts sind elektrische Ladungen. Die Ladungssignale werden mit Ladungsverstärkern in Spannungssignale umgewandelt. Dabei setzt MITIS ebenfalls auf Ladungsverstärker von Kistler, die über eine digitale Schnittstelle gesteuert und parametrierbar werden können. Dies ist die Schnittstelle zur Integration der Messhardware in die WITIS-Software

von MITIS. Um die Bedienung des Systems zu vereinfachen und sicherzustellen, dass die Parameter des Ladungsverstärkers mit den Messdateien gespeichert werden, hat sich MITIS entschieden, eine entsprechende Schnittstelle in die Software zu implementieren, die eine Kommunikation zwischen Datenerfassung und Ladungsverstärkern ermöglicht. Dadurch können die Ladungsverstärker direkt aus der Software heraus parametrierbar werden, so dass der Anwender alle Informationen und Parameter in einer Umgebung verwalten kann.

Entwickelt von und für Zerspanungstechniker, ist WITIS einfach zu bedienen, schnell und zuverlässig. Die Softwareentwicklung erfolgte mit LabView. Sie ist kompatibel und kann flexibel an die Anforderungen der Anwendung angepasst werden. Dem Anwender stehen verschiedene Werkzeuge zur Datenanalyse zur Verfügung. Damit können die Daten sowohl im Zeit- als auch im Frequenzbereich analysiert werden.

Die Analyse des Kraftsignals ist besonders relevant für die Optimierung vibrationsunterstützter Bohranwendungen. Tatsächlich ist der Vorschub beim Vibrationsbohren eine Kombination aus dem linearen Vorschub der Spindelachse und der kleinen axialen sinusförmigen Schwingung der Vibrationsunterstützung (im MITIS-Werkzeughalter integriert). Als direkte Folge variiert die Vorschubkraft regelmäßig zwischen einem minimalen und einem maximalen Niveau mit einer ähnlichen periodischen Form.

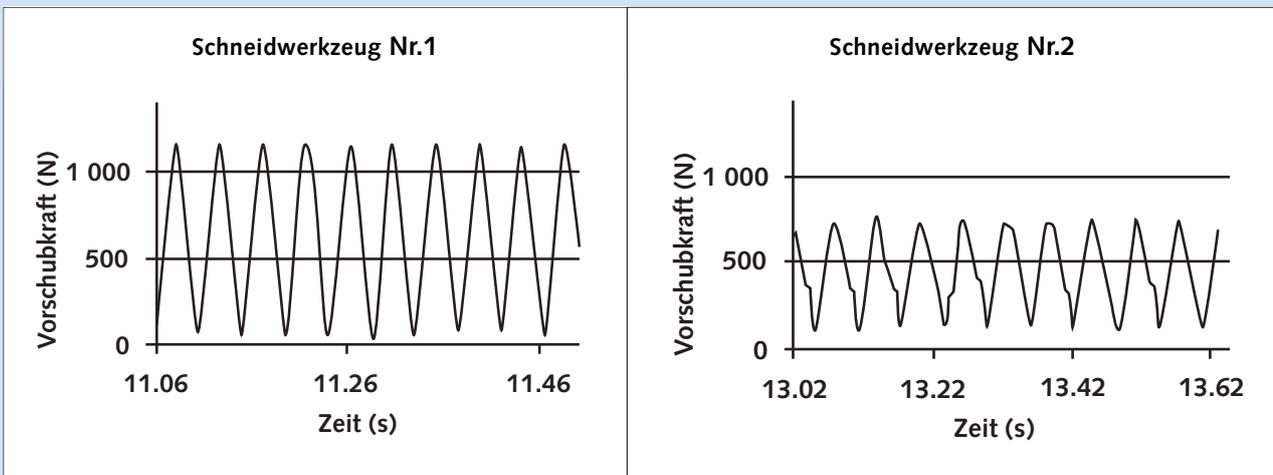


Abb. 3: Axialkraftsignal für beide Schneidwerkzeuge beim vibrationsunterstützten Bohren

Was ist vibrationsunterstütztes Bohren?

„Vibrationsunterstütztes Bohren basiert auf einer revolutionären Bohrk kinematik, die eine niederfrequente axiale Fräseroszillation erzeugt. In Kombination mit dem konstanten Spindelvorschub sorgt diese periodische Vibration für eine perfekte Wärme- und Späneabfuhr. Eine sehr eindrucksvolle Antwort auf immer wiederkehrende Probleme beim Bohren!

Aus diesem Grund bietet dieses neue Verfahren viele Vorteile für die Verbesserung der Effizienz und Produktivität von Bearbeitungszentren, insbesondere bei schwierigen oder komplexen Bearbeitungsaufbauten: Tieflochbohren, Trocken- oder MMS-Bohren, schwer zerspanbare Werkstoffe, Mehrstoffstapelbohren etc.

Die Schnittgeschwindigkeiten können bis zu 30 % erhöht werden, insbesondere bei harten Werkstoffen (Titan, Inconel, ...). Bei Tieflochbohrkonfigurationen ist unabhängig vom zu schneidenden Material kein Tieflochzyklus erforderlich, je tiefer das Loch, desto höher die Produktivitätssteigerung. Daneben wird die Standzeit der Schneidwerkzeuge um bis zu 50 % verlängert. Die Technologie beruht auf einem robusten mechanischen Came-System, das in verschiedene Produktionslinien eingebettet ist, die mit CNC-Maschinen, ADU oder Robotern kompatibel sind.“

Ein perfektes Beispiel für die Analyse des VAD-Kraftsignals, das sich mit dem Bohren von Flugzeugrahmen beschäftigt, ist im Folgenden aufgeführt. In dieser Anwendung müssen zwei Schneidwerkzeu glösungen (Nr. 1 und Nr. 2) verglichen werden, um diejenige zu finden, die beide Hauptanforderungen der Kundenspezifikationen vereint: eine maximale Produktivität (Zykluszeit unter 27 s) und eine minimale Vorschubkraft beim Bohren (unter 1000 N), um eine Verformung von flexiblen dünnen Titan teilen zu vermeiden.

Der erste Schritt der Untersuchung besteht darin, für jedes Schneidwerkzeug den besten VAD-Amplitudenfaktor (d. h. das Verhältnis von VAD-Amplitude zu Vorschub pro Zahn) zu ermitteln, der eine perfekte Zersplitterung und Evakuierung der Späne ermöglicht. Die Überwachung der Axialkraft während dieser Tests ist wichtig, um eine minimale Vorschubkraft höher als Null zu halten. Dieser Indikator stellt sicher, dass das Schneidwerkzeug während des Schneidens immer im Material verbleibt. Der Amplitudenfaktor liegt bei 5,3 für das Schneidwerkzeug Nr. 1 und 4,0 für das Schneidwerkzeug Nr. 2. Abbildung 3 zeigt das jeweilige Axialkraftsignal. Beide Signale haben minimale Werte größer als Null, aber bei gleichem Vorschub zeigt das Schneidwerkzeug Nr. 1 aufgrund seines höheren Amplitudenfaktors eine höhere maximale Kraft als das Schneidwerkzeug Nr. 2.

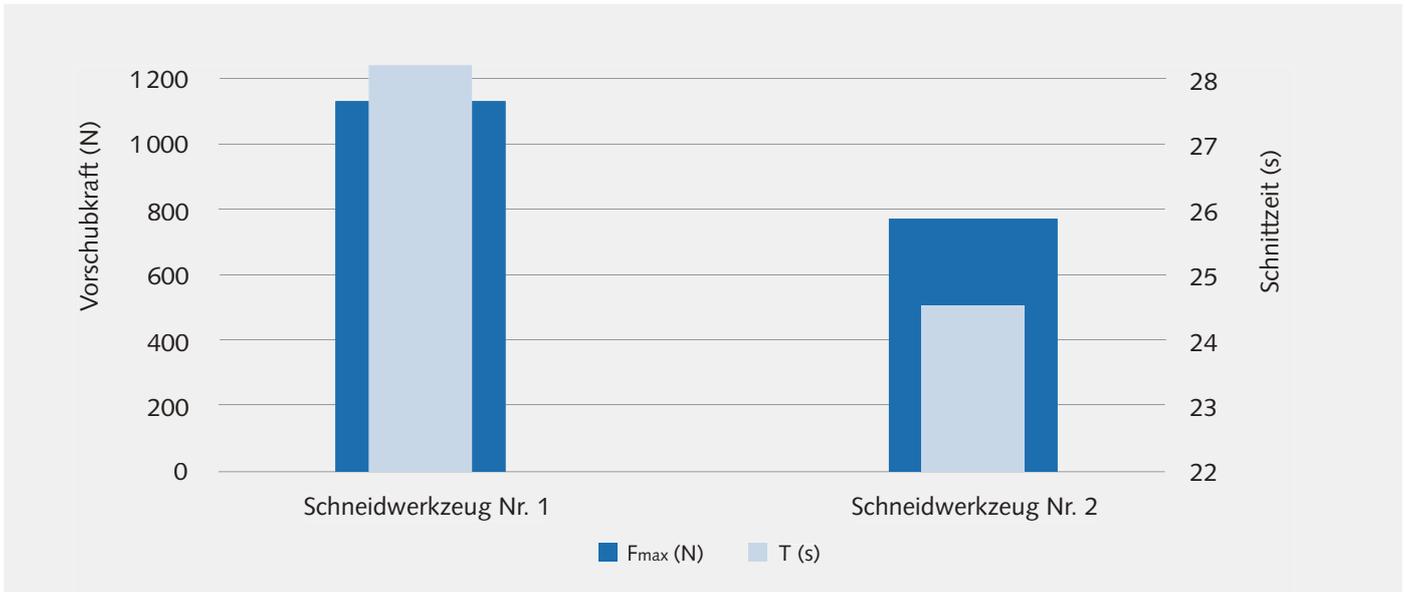


Abb. 4: Maximale Vorschubkraft und Zykluszeit für beide Schneidwerkzeuge Nr. 1 und Nr. 2

Nach der Wahl des richtigen Amplitudenfaktors besteht der zweite Schritt darin, Vorschub und Schnittgeschwindigkeit zu definieren, um sowohl die Verformung des Werkstücks als auch die Zykluszeit gemeinsam zu minimieren. Da die Verformung der Werkstücke beim Bohren stark von der Vorschubkraft abhängig ist, führt eine Messung der Kräfte durch den Sensor von Kistler zu einer direkten Beurteilung des Prozesses hinsichtlich des Einflusses auf mögliche Verformungen.

Für beide Schneidwerkzeuge liegt die maximale Schnittgeschwindigkeit bei 18 m/min (Durchmesser: 9,1 mm; Schmierung: MMS). Daher muss sich die Prozessoptimierung auf den Vorschub konzentrieren, da die Erhöhung des Vorschubs die Zykluszeit verkürzt, aber auch den Axialschub erhöht. Abbildung 4 zeigt die Zykluszeit und die maximale Axialkraft für beide Schneidwerkzeuge. In diesem Vergleich erfüllt nur eine Schneidwerkzeuglösung – das

Schneidwerkzeug Nr. 2 – die Anforderungen des Kunden. Das andere Schneidwerkzeug erzeugt eine derartig hohe Axialkraft, dass eine Begünstigung der Produktivität zu Qualitätseinbußen (Bauteilverformung) führen würde.

Wie können Kunden von der Kooperationslösung profitieren?

Die Fallstudie zeigt, wie es MITIS schafft, die Systeme für vibrationsunterstütztes Bohren nach Kundenwunsch zu optimieren. Neben den Inhouse-Anwendungen können Systeme auf Basis der WITIS-Software auch von anderen industriellen Anwendern erworben werden. MITIS bietet Komplettpakete von der Beratung bis zur Integration der erforderlichen Komponenten von Kistler, des Messwertfassungssystems und der WITIS-Softwareanbindung.



„Vibrationsunterstützte Bohrprodukte von MITIS sorgen für Höchstleistungen in der spanenden Industrie. Kistler ist stolz darauf, diesen innovativen Hersteller mit Messlösungen zu unterstützen.“

Dr. Gunnar Keitzel, Leiter Strategic Business Field Cutting Force bei Kistler

KISTLER
measure. analyze. innovate.

Take the lead – right from the start

Biomechanics
Force measurement solutions for motion analysis, sports performance diagnosis, rehabilitation and ergonomics.

KISTLER
measure. analyze. innovate.

Safe braking thanks to efficient maintenance

Brake force measurement in the Rail transport sector
Sensors and actuators for periodic brake force testing

KISTLER
measure. analyze. innovate.

Flexible to create and easy to integrate

Now OIML-certified also

Weigh-In-Motion
Measuring equipment for a wide variety of traffic data collection, enforcement and toll collection applications.

KISTLER
measure. analyze. innovate.

Measuring equipment for demanding T&M applications

Test & Measurement
Sensors and signal conditioning systems

KISTLER
measure. analyze. innovate.

Achieve maximum efficiency and stable operation with combustion dynamics monitoring

Thermoacoustics
Measuring combustion dynamics on high temperature environments

KISTLER
measure. analyze. innovate.

Analyzing and commanding sophisticated machining processes

Cutting force measurement
Probe measuring systems for machining

Find out more about our applications:
www.kistler.com/applications

Kistler Group
Eulachstrasse 22
8408 Winterthur
Switzerland
Tel. +41 52 224 11 11

Kistler Group products are protected by various intellectual property rights. For more details visit www.kistler.com. The Kistler Group includes Kistler Holding AG and all its subsidiaries in Europe, Asia, the Americas and Australia.

Find your local contact on
www.kistler.com

KISTLER
measure. analyze. innovate.