

# Neuer Sensor mit Doppelfunktion für die Werkzeugüberwachung

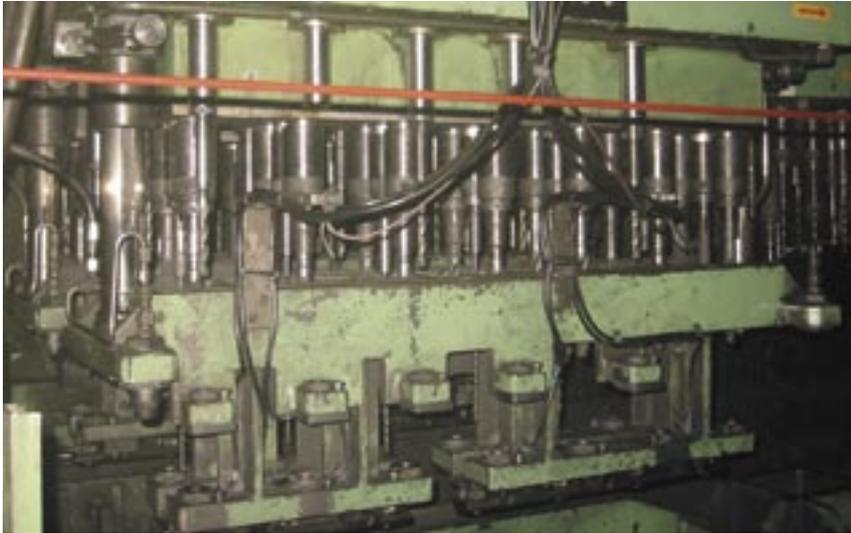


Bild 1: Komplexer Mehrspindelbohrkopf: Eine Herausforderung für die Werkzeugüberwachung

Seit Jahren wird zur prozessbegleitenden Werkzeugüberwachung ausschließlich Wirkleistung, Kraft oder Körperschall gemessen. Man kann damit die meisten Überwachungsaufgaben lösen, aber eben nicht alle. Gerade sehr kleine Bohrer mit Durchmessern unterhalb von 2 mm oder Mehrspindelbohrköpfe stellen die Anbieter von Werkzeugüberwachungssystemen vor schwierige Aufgaben. In diesem Beitrag wird ein neuer Messwertempfänger vorgestellt, der den Bohrerzustand auf zwei verschiedene Arten kontrollieren kann, und zwar einerseits nach der Zerspanung (postprozess), und



Bild 2: Elektromagnetischer Sensor zur Werkzeuglängen- und Schnittkraftkontrolle

andererseits auch während der Zerspanung (prozessbegleitend). Komplexe Mehrspindelbohrköpfe (Bild 1) sind eine Herausforderung für Werkzeugüberwacher insbesondere dann, wenn ein einzelner Motor viele verschiedene Bohrer gleichzeitig antreibt. Dann lässt sich über die Kontrolle dessen elektrischer Wirkleistungsaufnahme nicht mehr ausreichend präzise auf den Zustand des einzelnen Bohrers schließen. Das gleiche Problem liegt vor, wenn ein 1mm-Bohrer in einem flexiblen Bearbeitungszentrum von einer leistungsstarken Spindel (z.B. 20 kW) angetrieben wird. Allerdings gibt es schon einige Messmethoden und Auswerteverfahren, die sich diesen Überwachungsaufgaben, die mit der „normalen“ Wirkleistungsauswertung nur schwer zu lösen sind, widmen:

1.) Auswertung der elektrischen Wirkleistungsaufnahme mit einer gleitend angepassten Hüllkurvengrenze, d.h. sie bildet sich bei jedem Werkstück neu anhand der Form der Messkurve, die beim

Bohren der letzten Werkstücke aufgenommen wurde. Änderungen der Messwerthöhe durch Bohrerverschleiß werden dadurch berücksichtigt. Hiermit lassen sich im Extremfall bis zu 10 gleiche Bohrer überwachen. Fehlt ein Bohrer durch Bruch, dann ist die Messkurve danach 10 % niedriger. Dabei wird die untere Hüllkurvenbegrenzung verletzt, wenn sie mit einem Abstand von z.B. - 8 % unterhalb der Messkurve liegt. Das ist eine recht preiswerte Methode. Sie hat aber ihre Grenzen, wenn verschieden dicke Bohrer gleichzeitig zerspanen, da dann die Leistungsabnahme bei Verlust eines der kleineren Bohrer zu gering wird. Die Methode hat auch ihre Grenzen bei mehr als 10 gleichzeitig angetriebenen gleich großen Bohrern.

2.) Messung der Einfederung jedes einzelnen Bohrers in die Spindellagerung: Während des Bohrens federt die vorgespannte Wälzlagerung aufgrund ihrer Elastizität in Vorschubrichtung um mehrere Mikrometer ein. Ein Wirbelstrom-Wegsensor im Lagerdeckel jeder Spindel kann das messen. Es ist aber eine recht aufwändige und teure Lösung.

3.) Drehmomentmessfutter: Sind eine bestechende technische Lösung. Oft stört die infolge der Applikation von Dehnmessstreifen geringere Steifigkeit des Messfutters gegen Biegung, verglichen mit einer normalen Werkzeugaufnahme.

4.) Körperschallmessung über einen Kühlschmierstoffstrahl als Schallwellenleiter am Werkstück oder an jedem einzelnen Bohrer (Schall-Emissions-Hydrophon SEH): Kann sehr kleine Bohrer überwachen, auch mit Durch-

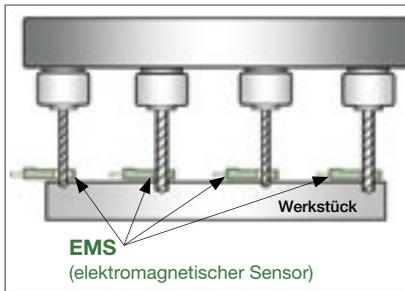


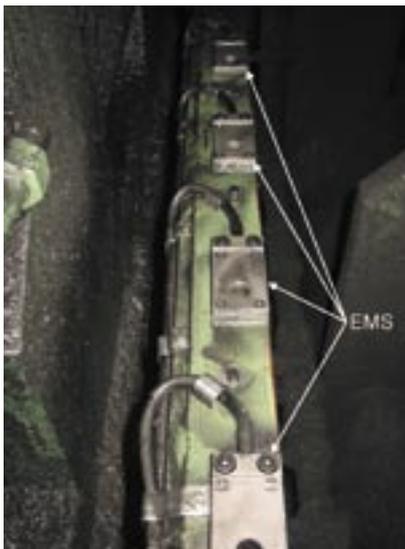
Bild 3:  
Anwendung des Sensors zur Werkzeuglängenkontrolle (postprozess)

messern von z.B. 0,05 mm, ist aber bei vielen zu überwachenden Bohrern in der Summe nicht billig.

5.) Kühlschmierstoff-Strahlschranken: Kontrollieren wie Lichtschranken mit Hilfe einer Strahlunterbrechung durch den Bohrer, aber mit Kühlschmierstoff statt Licht als Strahlmedium. Die Strahlschranke ist eine gute Wahl für Bearbeitungszentren oder Drehmaschinen als Ergänzung der Wirkleistungsmessung, wenn auch kleinste Bohrer kontrolliert werden sollen. Bei geringen Strahllängen unter etwa 80 mm kann auch mit Luft statt Kühlschmierstoff gemessen werden. Bei der Anwendung an Mehrspindelbohrköpfen stört die Anzahl der Strahldüsen und die Menge an Kühlschmierstoff- bzw. Pressluftröhrchen, die rechts und links der Bohrer montiert werden müssen.

#### Sensor EMS ergänzt bisherige Verfahren

Die obige Auflistung zeigt: Jeder Sensor hat seine Stärken und Schwächen. Das trifft auch für den neuen Sensor „EMS“ zu,



der in diesem Beitrag vorgestellt wird (Bild 2). In der Summe aller Sensoren entsteht aber ein Baukasten, aus dem man die jeweils technisch und finanziell günstigste Messmethode auswählen kann.

Der EMS arbeitet wie folgt: Er besitzt eine Bohrung, durch die hindurch der Bohrer das Werkstück bearbeiten kann (Bild 3). Beim Rückzug des Bohrers wird die Menge Schneidwerkstoff innerhalb der Öffnung des Sensors gemessen und mit zuvor eingelernten Hüllkurven-Grenzwerten verglichen. Ist das Werkzeug kürzer, oder ist an der Spitze seitlich eine Schneide ausgebrochen, so wird dies erkannt durch den Vergleich mit dem eingelernten „Metallmengenverlauf“, d.h. der Messkurve „Metallmenge über Vorschubweg“. Das Verfahren ist anwendbar bei allen gängigen Schneidstoffen, d.h. bei Bohrern oder Reibahlen aus HSS, Vollhartmetall oder Werkzeugen mit Hartmetall-Schneidplatten. Anstatt den Bohrer beim Rückzug aus der Bohrung aus dem Sensor zu ziehen, kann er auch anschließend – jeweils zwischen zwei Werkstücken – in die Öffnung des EMS getaucht werden (hier: Öffnungsdurchmesser 9,5 mm für Bohrer mit Durchmesser 0,5 bis 9,5 mm). D.h. der Bohrer läuft dann nicht während des Bohrens innerhalb der Bohrung des EMS. Ein eventueller Spänestau zwischen Werkstück und Sensor kann dann nicht vorkommen. Allerdings hat die zuerst beschriebene Messung während

Bild 4:  
Ausschnitt der Sensor-Anordnung für den Mehrspindelbohrkopf von Bild 1

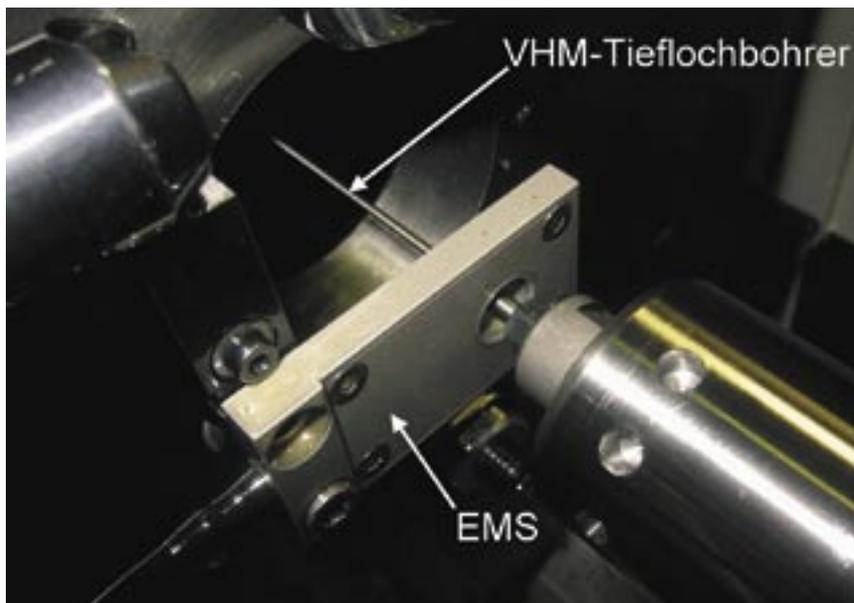


Bild 5: Anwendung des EMS zur prozessbegleitenden Überwachung des 2 mm-Tieflochbohrers anhand der Messung des dynamischen Anteils der Schnittkräfte

des Rückzuges des Bohrers den Vorteil keine zusätzliche Zeit für die Prüfung zu benötigen, sollte aber auf kurzspanende Werkstoffe beschränkt bleiben.

In Bearbeitungszentren bietet sich der EMS als Lichtschrankenersatz an, selbst um Kleinstbohrer zu kontrollieren. Er wird zwischen Werkstück und Werkzeugwechselposition montiert, oder auch im Magazin. Ein kurzes „Stechen“ mit dem Werkzeug in seine Öffnung verrät den Zustand der Schneide auch an der Seite oder Ecke des Werkzeuges. Sein Anwendungsbereich kann auf Fräser erweitert werden: Die Zähne von Messerköpfen dürfen

oberhalb bzw. neben der Bohrung des Sensors bei drehender Spindel vorbeistreichen, um auf eventuelle Ausbrüche kontrolliert zu werden.

### Prozessbegleitende Kontrolle mit dem elektromagnetischen Sensor

Aufgrund einer zweiten integrierten Betriebsart des EMS ermöglicht dieser Sensor eine weitergehende Anwendung zur prozessbegleitenden Kontrolle von Bohrern, d.h. zeitgleich mit der Zerspanung. Hierzu reagiert der Sensor auf die magnetischen Eigenschaften des Bohrers, die sich unter dem Einfluss der

dynamischen Beanspruchung beim Bohren (Spanlamellierung, Spanbruch) mit der selben Frequenz ändern (Bild 5). Die hierbei auftretenden Änderungen der elastischen Materialdehnung des Bohrerchaftes bewirken aufgrund des magnetoelastischen Effektes eine proportionale Änderung der magnetischen Permeabilität des Bohrerwerkstoffes. Diese Permeabilitätsänderungen werden über den EMS induktiv erfasst. Der angeschlossene Tool Monitor erzeugt aus diesen Daten eine der dynamischen Belastung des Werkzeuges entsprechende Messkurve (Bild 6).

Es handelt sich bei dem vorgestellten Sensor um die Umsetzung des Patentes „Vorrichtung zur magnetinduktiven Verschleiß- und Bruchüberwachung von rotierenden Werkzeugen“ des Autors von 1989, das erst kürzlich für den Verkauf fertig konstruiert wurde. Die Jahre bis heute waren ausgefüllt mit der Entwicklung anderer Sensoren und Verfahren, die eher zur Bedienung der „Massenanwendungen“ dienen. Heute liegt das Augenmerk auf der Entwicklung von Verfahren für „besondere“ Fälle. Demnächst werden zwei weitere neue Sensoren für diese Zwecke vorgestellt.

Die Anstrengungen bei Nordmann wurde kürzlich nach einer intensiven Beurteilungsprozedur mit dem Eintrag in die Lastenhefte bei Volkswagen und DaimlerChrysler objektiv bewertet. Der Großteil der Systeme geht allerdings an die Automobilzulieferer und andere Zerspanungsbetriebe wie beispielsweise Lohnfertiger. Weiteres und Anwendungsberichte siehe unter [www.nordmann.eu](http://www.nordmann.eu)

*Autor: Dr.-Ing. Klaus Nordmann, Geschäftsführer der Nordmann GmbH & Co. KG, [klaus.nordmann@nordmann.eu](mailto:klaus.nordmann@nordmann.eu)*



Bild 6: Tool Monitor zur Auswertung und Anzeige der Messwerte