

# Intelligentes Zerspanungswerkzeug detektiert selbsttätig Verschleiß

Seit Anfang der 80er Jahre werden Zerspanungswerkzeuge mithilfe von Kraft, Wirkleistung oder Körperschall erfolgreich überwacht. Es gibt allerdings Fertigungsprozesse, die mit solchen indirekten Methoden nicht überwachbar sind. In diesem Fall schafft eine Methode Abhilfe, die prozessbegleitend den Schneidverschleiß über Dünnschichtsensoren unter der Verschleißschicht direkt und geometrisch definiert überwacht.

Ein Übriges taten neu entwickelte Sensoren, mit denen die Messwerte besonders nah am Zerspanungsprozess gewonnen werden konnten. Hierzu zählt zum Beispiel das so genannte Schallemissions-Hydrophon, das die Körperschallwellen des Zerspanungsvorgangs über einen Kühlschmierstoffstrahl als Schallwellenleiter unmittelbar vom Werkzeug oder vom Werkstück aufnimmt.

## Schnitttiefenschwankung verfälscht Messwerte

Trotz hervorragender Messwerte ist es in gewissen Situationen nicht möglich, den Verschleiß eines Werkzeuges mit den oben genannten Messgrößen zu erkennen. Es handelt sich speziell um folgende Fälle:

- ▶ Zerspanung unter sehr großen Schnitttiefenschwankungen,
- ▶ Zerspanung eines Werkstoffes mit stark variierender Härte,
- ▶ Arbeiten mit Formdrehmeißeln, deren verschleißbedingte Veränderung von Kraft- oder Körperschallsignalen im Gesamtsignal der breiten Schneide untergeht, wenn nur kleine Schneidbereiche vom Verschleiß oder vom Ausbruch betroffen sind, sowie
- ▶ Vorhandensein einzelner Schneiden in Messerköpfen, Räumwerkzeugen oder Sägeblättern, deren Einzelkräfte ebenso im Gesamtsignal verschwinden, wenn mehrere Schneiden gleichzeitig im Eingriff sind.

An einer Lösung dieser Problematik arbeitet zur Zeit ein Verbund aus mehreren Unternehmen und Instituten. Die

**MM** KLAUS NORDMANN

Wirksame und erfolgreiche Werkzeugüberwachungssysteme sind nicht erst seit Beginn des Internet-Zeitalters „online“, sondern sie überwachen nunmehr schon seit ungefähr 20 Jahren die Zerspanungswerkzeuge während der Werkstückbearbeitung. Dabei handelt es sich um Systeme, die nach den so genannten prozessbegleitenden Methoden arbeiten. Diese Methoden basieren auf einer indirekten Kontrolle des Werkzeugzustandes über eine Messung der Zerspanungskräfte, der elektrischen Wirkleistung der Antriebsmotoren oder des bei der Zerspanung entstehenden Körperschalls.

Anfangs war die Zuverlässigkeit der indirekt wirkenden Überwachungssysteme eher mäßig, weil der Maschinenbediener im Falle eines falschen Alarms nur unzureichende Mittel hatte, der Ursache des Fehlalarms auf den Grund zu gehen. Das änderte sich mit der Einführung von Grafikdisplays, welche die Messwerte als Kurvenverläufe zusammen mit den Grenzwerten anzeigten. Vor allem grafisch veränderbare Hüllkurven waren im Fall eines falschen Alarms dem Messwertverlauf leicht anzupassen.

Dr.-Ing. Klaus Nordmann ist Geschäftsführer der Nordmann GmbH & Co. KG in 50354 Hürth bei Köln, Tel. (0 22 33) 96 88-0, Fax (0 22 33) 96 88-22, Internet: [www.nordmann-online.de](http://www.nordmann-online.de).



Werkzeuge sicher auf Bruch und Verschleiß zu überwachen ist vor allem bei fortschrittlichen Zerspantechniken wie dem Harddrehen von Bedeutung.

Projektleitung liegt bei der Nordmann GmbH & Co. KG (Projektleiter: Dr.-Ing. Klaus Nordmann), die sich seit Jahren mit der Entwicklung und Herstellung von Werkzeugüberwachungssystemen beschäftigt, und dem Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik in Braunschweig (Projektverantwortlicher: Dipl.-Ing. Holger Lühje). Weitere Projektpartner sind das Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen, ICR-Materials in Jena, die LPKF Laser & Electronics AG in Garbsen, die Wolf-Beschichtungstechnologie GmbH in Bruchmühlbach, die KMW Engineering GmbH in Klingenthal und die Robert Bosch GmbH in Stuttgart.

### Sensorische Leiterbahnen auf der Freifläche angeordnet

Der Verbund mit der Bezeichnung IDEE (intelligenter Drehmeißel) wird vom Bundesforschungsministerium innerhalb des Mikrosystemtechnik-Programms gefördert. Die „Idee“ für dieses Projekt basiert auf dem Vorprojekt „Ingwer“, das sich mit der Entwicklung erster Dünnschichtsensoren zur Werkzeugverschleißkontrolle befasste. Diese Sensoren sind in Form hauchdünner Leiterbah-

nen unter der Verschleißschicht der Spanfläche angeordnet und werden infolge des Schneidverschleißes durchtrennt. Die Bilder 1 und 2 illustrieren diesen Zusammenhang.

Im Rahmen des Ingwer-Projektes erfolgten Tests zur Beschichtungstechnik und zur Haltbarkeit der Sensoren auf Hartmetall-Wendeschneidplatten, die mit Zerspanungstests am Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen ergänzt wurden. Im Zuge der Untersuchungen ergab sich, dass die Kontaktierung der Leiterbahnen noch nicht zufriedenstellend gelöst war, weil sie auf der Spanfläche erfolgte und zu viele Kontakte einschloss.

Im Rahmen des IDEE-Vorhabens werden die Leiterbahnen nun auf der Freifläche der Wendeschneidplatte angeordnet. Die Kontaktierung erfolgt mit einem federnden Kontaktstift aus einer im Werkzeughalter geschützten Bohrung. Außerdem hat es sich das im Projekt federführende Unternehmen zur Aufgabe gemacht, die Informationen über den Zustand der Leiterbahnen drahtlos und ohne eine Batterie über eine Entfernung von mehreren Metern zu übertragen.

Es ist beabsichtigt, im Rahmen des Forschungsprojektes IDEE eine besonders widerstandsfähige Verschleißschicht in Verbindung mit den Dünnschichtsensoren zu entwickeln. Denn wichtig für den Anwender ist die Gewissheit, dass die Standzeit der Schneide durch den Auftrag zusätzlicher Beschichtungen nicht beeinträchtigt wird. Das ist der Grund dafür, dass die Beschichtung nur mit einer Dicke von wenigen Mikrometern mit großer Genauigkeit an der Stelle der Freifläche aufgebracht wird, die erst bei Überschreiten der tolerierten Verschleißmarkenbreite „angekratzt“ wird. Der Werkzeuganwender sollte eine besonders widerstandsfähige Verschleißschicht erhalten, denn das Aufbringen und Abdecken der Dünnschichtsensoren erfolgt besonders sorgfältig.

Die in Bild 3 gezeigten Wendeschneidplatten wurden beschichtet und sind zur Zeit Gegenstand von Zerspanungstests. Die weißen Keramikplatten werden bei einem norddeutschen Hersteller von Zylinderlaufbuchsen für Großdieselmotoren zum spanenden Bearbeiten von Zylinderlaufbuchsen aus Grauguss verwendet. Bei dieser Fertigungsaufgabe sah sich das Unternehmen mit der Schwierigkeit konfrontiert, dass wegen großer Schnitttiefen- und Härteunterschiede in der Randzone der Graugussteile eine Werkzeugüberwachung mit konventionellen Methoden sehr



Bild 1: Die Wendeschneidplatte des intelligenten Drehmeißels „spürt“ den Verschleiß selbst.

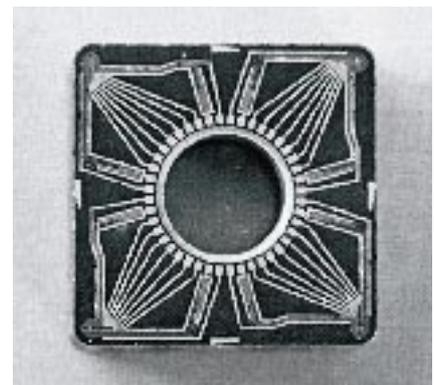


Bild 2: Bei einem früheren Forschungsprojekt befanden sich die Dünnschichtsensoren noch auf der Spanfläche. Nun sind sie auf der Freifläche angeordnet.

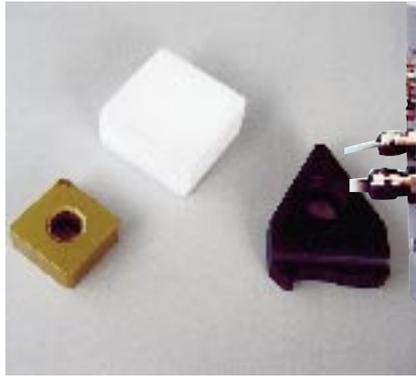
schwierig ist, denn die Messwerte schwanken stark. Der intelligente Drehmeißel ist dagegen unabhängig von der inhomogenen Randzonenstruktur des Werkstückes.

### Erst jetzt volle Nutzung aller acht Schneidenecken

Es wird angestrebt, dass die Wendeschneidplatte mit der zusätzlichen Beschichtung weniger als doppelt so viel kostet wie konventionelle Ausführungen. Trotz des dennoch deutlich höheren Preises verspricht man sich einen Vorteil, weil mit der innovativen Überwachungsmethode alle acht Ecken der quadratischen Wendeschneidplatte genutzt werden können. Bisher konnten die Platten schon vor dem ersten Wenden aufgrund von Totalbruch nach übermäßigem Verschleiß der ersten Schneidenecke unbrauchbar werden (Bild 4). Außerdem



Bild: RWTH Aachen



**Bild 3:** Beispiele für Schneidplatten, die mit Dünnschichtsensoren versehen werden: links TiN-beschichtete HM-Platte, Mitte Keramikplatte, rechts TiAlN-beschichtete HM-Formplatte.



**Bild 4:** Solche Brüche, die eine vollständige Ausnutzung aller acht Schneidenecken verhindern, lassen sich mit Dünnschichtsensoren auf der Freifläche vermeiden.

kann der Bediener die Werkzeugmaschine endlich sich selbst überlassen, ohne ständig mit der Hand am Stopp-Knopf auszuharren. Die Mehrmaschinenbedienung wird dadurch möglich.

Zur Kontrolle des Hauptfreiflächenverschleißes teilt der Anwender dem Anbieter des Werkzeugüberwachungssystems die tolerierte Verschleißmarkenbreite mit. Die Techniker bestimmen daraufhin die geometrische Lage der Leiterbahnen und lassen die Platten entsprechend den Anforderungen beschichten. Der Halter der Wendeschneidplatte wird mit einem Kontaktstift und der Funkübertragung versehen. Auf die Funkübertragung kann verzichtet werden, wenn es sich nicht um rotierende Werkzeuge oder Werkzeuge für rotierende Werkzeugrevolver handelt.

Die neue Überwachungstechnik ermöglicht nicht nur die Kontrolle des Hauptfreiflächenverschleißes, um Brüche zu vermeiden, sondern man kann auch den Verschleiß der Schneidenecke



Bilder: Verfasser

**Bild 5:** Dieser Tool-Monitor SEM-Modul wertet parallel zu Kraft, Wirkleistung oder Körperschall Informationen der intelligenten Wendeschneidplatte aus.

an ihrem Übergang zur Nebenfreifläche überwachen, um die Maßhaltigkeit der Werkstücke sicherzustellen. Des Weiteren ist es mit dieser Methode möglich, Kraft, Wirkleistung oder Körperschall gemeinsam mit den Informationen der intelligenten Wendeschneidplatte zu verarbeiten (Bild 5).

Von einem namhaften deutschen Wälzlagerhersteller werden Formdrehmeißel zur Beschichtung und Erprobung zur Verfügung gestellt. Wie von Mitarbeitern der Abteilung Technologieentwicklung dieses Herstellers verlautet, ist die erläuterte Verfahrensweise eine vielversprechende Möglichkeit zur Überwachung von Formdrehmeißeln, weil der Verschleiß oder kleine Ausbrüche einzelner Schneidbereiche im Gesamtkraftsignal nicht erkennbar sind. Auf diese Weise würde der Verschleiß genau zum richtigen Zeitpunkt erkannt, nämlich bei Erreichen einer definierten Verschleißmarkenbreite.

### Schnittwertoptimierung als weiterer Vorteil

Die unter der Verschleißschutzschicht angeordneten Dünnschichtsensoren erlauben das parallele Messen der Schneidkantentemperatur, um zum Beispiel beim Hartdrehen Werkstoffbeeinflussungen am Werkstück wie Aufhärtungen oder Eigenspannungen zu vermeiden. Weil die thermische Belastbarkeit der Schneidstoffe aus Keramik, CBN oder Hartmetall bekannt ist, lassen sich hiermit auch Schnittwerte optimieren und regeln hinsichtlich kürzestmöglicher Produktionszeit.

Mit dieser innovativen Methode wird endlich die einfache, sichere und allumfassende Überwachung von Werkzeugen bei der Einzelteilerfertigung oder unter schwankenden Schnitttiefen und Werkstoffhärten bei allen Zerspanungsprozessen ermöglicht. Auf der Metallbearbeitungsmesse Metav in Düsseldorf wird diese Technik vorgestellt.