

PREDICTIVE MAINTENANCE

# Angst vor Werkzeugbruch? Nicht mit Sensoren!

Im Akkord drehen sich Bohrer in Metallrohlinge, ein Werkstück nach dem anderen verlässt die Fertigung. Damit das so bleibt, hilft ein Werkzeugüberwachungssystem. Dieses misst Wirkleistung, Kraft oder Körperschall während der Zerspanung und ermöglicht so eine vorausschauende Wartung.

**E**in Bohrer bricht bei der Bearbeitung eines Werkstücks, die Werkzeugmaschine stoppt, die Produktionsanlage steht still, bis der einzelne Bohrer getauscht ist – ein Szenario, das Firmen in der Metallzerspannung unbedingt vermeiden möchten. Denn jeder Maschinenstillstand kostet Zeit und Geld, da in der Serien- und Massenteilfertigung in sehr hoher Stückzahl produziert wird und die Lieferfristen für die gefertigten Produkte eingehalten werden müssen. Schließlich sind die Werkstücke der zerspanenden Industrie Teile weit größerer Produkte bzw. Fertigungen – man denke zum Beispiel an die Automobilindustrie. Ihre Anlagen möglichst reibungslos und fehlerfrei laufen zu lassen, hat deshalb höchste Priorität. Eine vorausschauende Wartung – Predictive Maintenance – hilft, rechtzeitig Maßnahmen vor einem möglichen Ausfall zu planen bzw. durchzuführen. So sagt beispielsweise ein Werkzeugüberwachungssystem mittels unterschiedlicher Messtechniken genau voraus, wie hoch der Werkzeugverschleiß ist oder wann mit einer Materialermüdung der

Schneiden zu rechnen ist. Um solch exakte Vorhersagen treffen zu können, werden in den Produktionsanlagen und Werkzeugmaschinen an unterschiedlichen Stellen Sensoren eingesetzt, die entweder die Wirkleistung, die Kraft oder den Körperschall während der Zerspanung messen. Werden die ermittelten Werte anschließend in Relation zu vordefinierten Toleranzbereichen gesetzt, erkennen die Betreiber, ob die Werkzeuge effizient arbeiten oder ob Handlungsbedarf für einen Werkzeugwechsel oder mögliche Wartungsmaßnahmen an den Spindellagerungen und Vorschubantrieben erforderlich sind.

## Toleranzbereich für Messtechnikeinsatz festlegen

Bevor Messwerte verglichen werden können, gilt es zunächst, die notwendigen Referenzwerte zu ermitteln. In der Einlernphase lernt das Überwachungssystem, wie die Maschine und ihre einzelnen Werkzeuge unter rea-

Damit ein Werkzeugüberwachungssystem Verschleiß zuverlässig melden kann, müssen zunächst Hüllkurvengrenzwerte festgelegt werden.

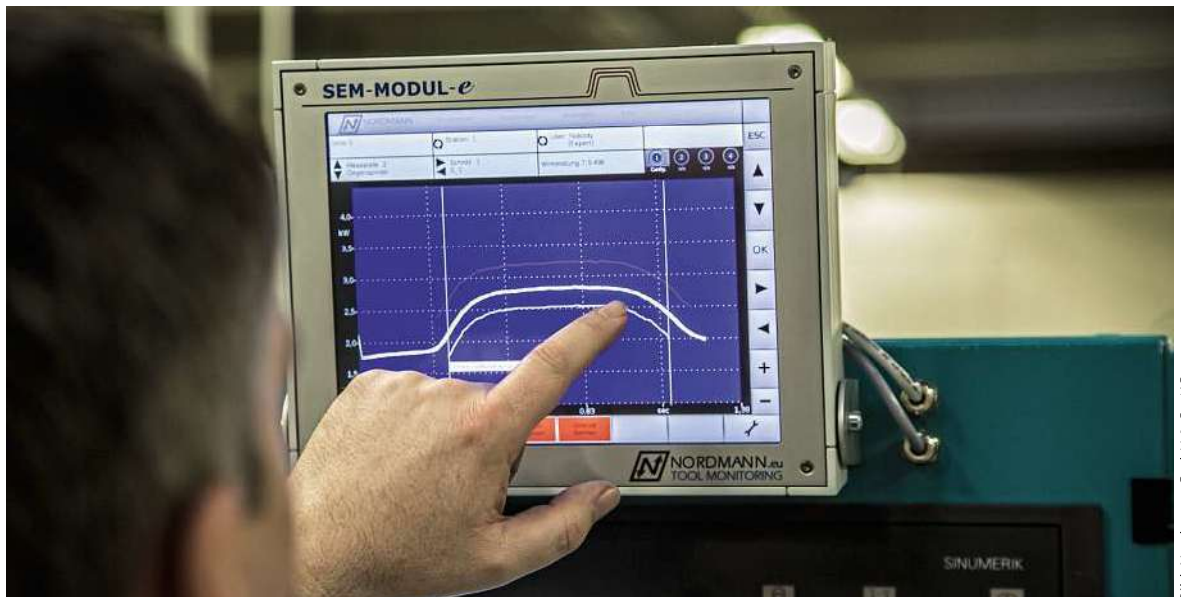


Bild: Nordmann GmbH & Co. KG

len Bedingungen arbeiten. Hierzu werden im besten Fall neue oder neuwertige Werkzeuge verwendet. Auf der Basis dieser eingelernten Referenzwerte werden die Grenzwerte berechnet. Dadurch entsteht ein Toleranzband zwischen Messkurve und der Grenze, bei der die Maschine stoppen soll. Wenn Erfahrungswerte der Anwender nun zusätzlich in die Berechnung mit einfließen, können die Grenzwerte sehr fein eingestellt werden, um so Werkzeugbrüche klar zu erkennen oder sogar vorzubeugen, um Schäden am Werkstück zu vermeiden.

### Sensoren erfassen die exakte Wirkleistung während der Zerspanung

Mit welcher Leistung ein Bohrer seine Arbeit verrichtet, zeigt unter anderem, wie lange er bereits im Einsatz war. Wurde er gerade erst in die Maschine eingesetzt, entspricht seine Wirkleistung noch den ursprünglichen Referenzmesswerten. Je länger das Werkzeug jedoch arbeitet, desto höher wird die Leistungsaufnahme durch den steigenden Verschleiß und desto stärker weichen die Messwerte ab. Solange die Wirkleistung jedoch innerhalb eines Toleranzbereichs liegt, arbeitet die Maschine effizient und problemlos weiter. Gelangen die Messwerte jedoch an die Toleranzgrenzen, meldet das Werkzeugüberwachungssystem einen bald notwendigen Werkzeugwechsel.

Was den Zustand der meist wälzgelagerten Spindeln und Vorschubschlitten anbetrifft, wird die für deren Bewegung erforderliche Wirkleistung in den Augenblicken zwischen dem Start eines Spindelhochlaufs und einer Vorschubbewegung bis zum Kontakt der Werkzeugschneide mit dem Werkstück ermittelt. Gesonderte Prüfroutinen sind dafür nicht im NC-Programm erforderlich. Die Kontrolle der Wälzlager erfolgt sozusagen nebenbei, auch wenn der Fokus auf der Kontrolle des Werkzeugzustandes liegen mag.

Zur Messung der Wirkleistung sind zwei Vorgehensweisen denkbar: Entweder entnimmt man sie den internen Antriebsdaten der Maschinensteuerung oder man installiert auf dem Hall-Effekt basierende Stromsensoren, die den Strom aller drei Phasen am Umrichter des Motors aufnehmen. Zusammen mit der ebenfalls dort abgegriffenen Spannung wird die Wirkleistung berechnet – und zwar mit einer Geschwindigkeit, die auch mit einer Frequenz von mehreren Hundert Hertz stattfindende dynamische Belastungsänderungen erfasst. Da je nach Bearbeitung das Werkstück und auch das Werkzeug rotiert, kann die Sensorik auch beide Spindelantriebe kontrollieren.

### Kraftmessung bei Mehrspindel-Drehautomaten

Während bei der Messung mittels Hall-Sensoren die benötigte Wirkleistung der Spindel- und Vorschubantriebe aufgenommen wird, können Sensoren auch die wirkenden Werkzeugkräfte erfassen. Diese werden anhand der elastischen Dehnung der im Kraftfluss liegenden Maschinenkomponenten gemessen. Analog zur Wirkleistung steigen durch den Werkzeugverschleiß die Vorschubkräfte an, bis hin zum Werkzeugbruch, bei dem die Kraft auf ein Minimum fällt.

Unterschiedlich ist jedoch ihr Einsatz: Die Kraftmessung wird meist dann verwendet, wenn eine Aufnahme der Wirkleistung nicht möglich ist – etwa bei Mehrspin-

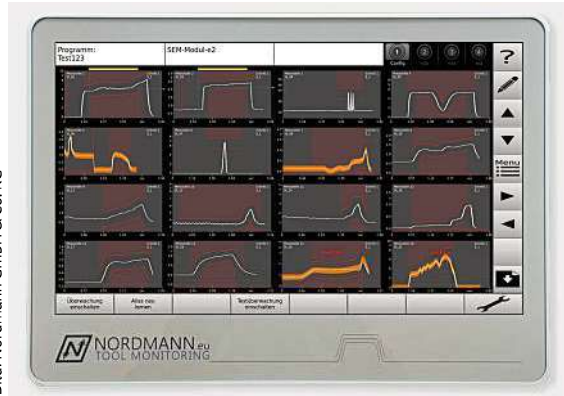


Bild: Nordmann GmbH & Co. KG

Prozesssteuerung für alle Arten spanender Werkzeugmaschinen.

del-Drehautomaten in der Massenfertigung. Hier treibt ein einzelner Hauptantriebsmotor gleichzeitig bis zu acht Werkstückspindeln und Vorschubantriebe an. Aus der Wirkleistung des Hauptantriebsmotors Rückschlüsse auf das Verhalten einzelner Werkzeuge zu ziehen, ist unmöglich. Einfacher ist es in solchen Fällen, Sensoren direkt an den prozessnahen Maschinenelementen zu platzieren, die nur durch die zu überwachende Bearbeitung belastet werden, beispielsweise durch den Werkzeughalter. Dadurch ist sichergestellt, dass Kräften anderer Werkzeuge oder auch Werkstücke sich nicht überlagern. Die Sensoren werden entweder geklebt oder mittels einer Schraube montiert – jedoch so, dass dies nicht die Mechanik schwächt. So wie die Wirkleistungsmessung erlaubt auch die über eine Dehnungsmessung erfolgende Kraftmessung eine Beurteilung der Güte der Spindel- oder Vorschublagerung.

### Körperschall während des Kühlschmiervorgangs messen

Eine weitere Messmethode setzt an der Kühlung und Schmierung während der Zerspanung an. Bei jeder Bearbeitung wird Schall emittiert, der sich als Körperschall in einem Werkstück oder dem Werkzeug ausbreitet. Trifft der Kühlschmierstoff-Strahl während der Fertigung auf ein Werkstück oder Werkzeug, dient er ebenso als Schallwellenleiter. Dieses Geräusch kann mittels eines Schallemissions-Hydrophons aufgenommen werden, das direkt in der Austrittsdüse des Kühlmittelstrahls platziert wird bzw. diese selbst darstellt.

### Die passende Methode für jedes Fertigungsverfahren

Drei unterschiedliche Messmethoden helfen einem Werkzeugüberwachungssystem, den realen Zustand einer Produktionsanlage bzgl. ihrer Spindel- und Vorschubantriebe sowie Werkzeugschneiden aufzuzeigen, sodass deren Wechsel rechtzeitig erfolgen kann, bevor die Anlage durch sich festfressende oder heißlaufende Lager oder kapitale Werkzeugbrüche ausfällt. Ob Firmen die Wirkleistung, die Kraft oder den Körperschall für ihre Predictive Maintenance nutzen, hängt von ihrem Fertigungsverfahren und der individuellen Werkzeugmaschine ab. Sowohl ein bestehendes Überwachungssystem zu erweitern als auch es an einer schon seit Jahren im Betrieb befindlichen Maschine nachzurüsten, ist in keinem Fall ein Problem. (ls)

VERFASST VON  
**Alexander Nordmann**  
Ingenieur für  
Service und Vertrieb  
Nordmann GmbH  
& Co. KG