

Werkzeugüberwachung bei der Einspritzdüsenfertigung

Selbst kleinste Bohrer unter Kontrolle

Einspritzdüsen für Verbrennungsmotoren sind einem Druck bis 2000 bar ausgesetzt. Ihre Fertigung stellt höchste Anforderungen an die Bearbeitungsgenauigkeit der Werkzeugmaschine und erfordert eine verlässliche Kontrolle der Werkzeugschneiden.

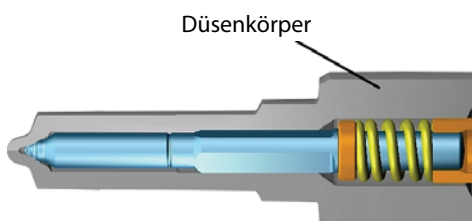
→ Robert Bosch erfand die Kraftstoff-Einspritzpumpe in den 20er-Jahren. Unabhängig davon, um welches System zur Druckerzeugung (zum Beispiel Pumpe/Düse oder Common Rail) es sich handelt, der Kraftstoff muss durch den sogenannten Düsenkörper (Bild 1) gepresst werden. Im Düsenkörper sind feine Bohrungen, die durch eine Düsennadel im Arbeitstakt jedes Zylinders geöffnet beziehungsweise verschlossen werden. Die Führungsspiel-

elastisch ausbiegen und ein langes Ausfeuern nicht möglich ist.

In der Fertigung der Robert Bosch GmbH in Bamberg werden die Werkstücke vor dem Schleifen auf Rundtaktautomaten von Mikron Machining Technology (Bild 2) mit Bohrern und Reibwerkzeugen ähnelnden Bohrern bearbeitet. Mikron ist bekannt als Hersteller von Präzisionsmaschinen, die ihre Anwendung auch in der Schweizer Uhrenindustrie finden, wo mit

besonders präzisen und kleinen Werkzeugen gearbeitet wird.

Mikron setzt seit vielen Jahren Werkzeugüberwachungssysteme von Nordmann aus Hürth ein. Beatrice Paniga, Kundenprojekt-Managerin und Projektleiterin ›Multistar‹, berichtet: »Mit Nordmann-Werkzeugüberwachungssystemen haben wir bisher immer eine Lösung auch bei schwierigen Überwachungsaufgaben gefunden. Das betrifft insbesondere die



1 Nur wenige Mikrometer Führungsspiel-toleranz: Düsenkörper aus der Fertigung von Robert Bosch in Bamberg

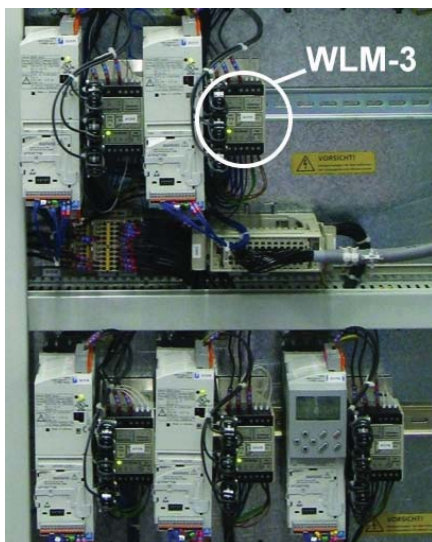
toleranz zwischen der Düsennadel und dem Düsenkörper liegt im Bereich nur weniger Mikrometer.

Immer eine Lösung – auch bei schwierigen Aufgaben

Auch wenn im Anschluss an die spanende Bearbeitung mit definierter Schneide die Werkstücke noch geschliffen werden, so geht die Toleranz der Vorbearbeitung dennoch in das Ergebnis der Schleifbearbeitung ein, zumal die für das Innenschleifen verwendeten Schleifdorne sich



2 Rundtaktautomat von Mikron Machining Technology mit Nordmann-Werkzeugüberwachung



3 Die Messgeräte ›WLM-3‹ erzeugen die Wirkleistungskurven mit einer dreiphasigen Strom- und Spannungsmessung

Überwachung kleinster Bohrer im Bereich weniger Zehntelmillimeter Durchmesser. Hier werden die Körperschallmessung per Hydrophon über den Kühlschmierstoffstrahl als Schallwellenleiter oder Strahl-schranken per Kühlschmierstoffstrahl eingesetzt. Bei der Wirkleistungsmessung kann je nach Spindelantrieb flexibel die digitale Messung per Profibus und/oder die analoge Dreiphasen-Messung am selben Tool-Monitor verwendet werden.«

Die Maschinen bei Bosch in Bamberg werden vorwiegend mit der Wirkleistungsmessung kontrolliert, denn für mechanische Taster zur Werkzeuglängenkontrolle ist im engen Arbeitsraum zwischen den nah am Werkzeug angeordneten Kühlschmierstoffdüsen kein Platz (Bild 3).

Die Messkurven der Werkzeugspindel-leistung werden normalerweise mit geradlinigen oberen und unteren Grenzen oder mit Hüllkurvengrenzen ausgewertet. Die unteren Grenzen liegen dann jeweils unterhalb der Messkurve des scharfen Werkzeugs, und die oberen Grenzen liegen oberhalb der Messkurve bei stumpfem Werkzeug. Bei Bosch wünschte man allerdings einen immer gleich engen Abstand der Hüllkurven von der Messkurve, unabhängig von der Schärfe des Werkzeugs, um kleinste plötzliche Werkzeugdefekte oder andere plötzliche Prozessunregelmäßigkeiten besser zu erkennen. Das erfordert allerdings eine Kompensation des Verschleißzuwachses der Messkurven, da dieser ja normalerweise einen recht weiten Abstand zwischen der oberen

und unteren Hüllkurvengrenze erfordert. Die Kompensation des Verschleißzuwachses erfolgt softwaremäßig anhand einer über zum Beispiel acht Werkstücke gemittelten Messkurve, die die Vorlage ist für eine vor jedem Werkstück neu gebildete Hüllkurve. Das heißt, mit zunehmender Werkzeugabstumpfung ›wächst‹ auch die Hüllkurve. Diese Hüllkurve wird wegen ihrer ständigen Anpassung ›gleitende Hüllkurve‹ genannt.

Otto Halama, Betreuer der Mikron-Rundtaktautomaten, sagt zur Fertigung der Düsenkörper: »Neben der normalen Bohrerbruchererkennung sehen wir mit dem Nordmann-System auch um nur 0,02 mm zu große Vorbearbeitungen und einen ungleichmäßigen Anschliff. Wenn die Kurven anfangen, stärker zu streuen, ist das auch ein Zeichen für zunehmenden Werkzeugverschleiß. Defekte Spindellager wurden hierüber auch schon erkannt. Die stärkere Streuung der Messkurve verletzt die oberen und unteren Hüllkurvengrenzen. Zur visuellen Kontrolle der Streuung der Messkurve ist die hinter der gelben Messkurve des aktuellen Werkstücks grau angezeigte Messkurve der letzten Bearbeitung hilfreich, die sogenannte Schattenkurve (Bild 4).«

Die Hüllkurve kann jederzeit auf Tastendruck neu gelernt werden

Erschwerend kommt an einer Mikron ›Dico-18‹ hinzu, dass die Messkurven nach einem Werkzeugwechsel mal weiter links oder mal weiter rechts auf dem >>>

i HERSTELLER

Nordmann GmbH & Co. KG

50354 Hürth

Tel. 0 22 33/96 88-0

Fax 0 22 33/96 88-22

→ www.nordmann.eu

i ANWENDER

Robert Bosch GmbH

96052 Bamberg

→ www.bosch.de

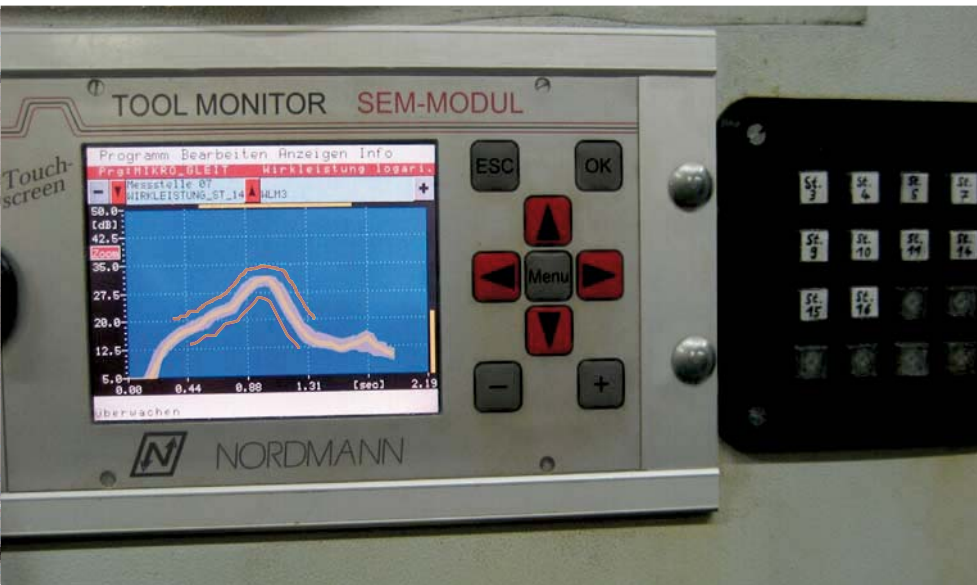
Mikron SA Agno, CH-6903 Lugano

Tel. +41/91/6 10 61 11

Fax +41/91/6 10 66 80

→ www.mikron.com

→ **AMB Stuttgart Halle 9, A 37**



0,8 auf 0,4 mm Durchmesser sich verjüngenden Zentrums des Ventilsitzes. Diese feine Werkzeugspitze wird nun durch eine Körperschallmessung per Schall-Emissions-Hydrophon zusätzlich überwacht (Bild 5). Erschwerend hierbei ist das schon relativ hohe Zerspanungsgeräusch des im Grunde mit circa 4 mm Durchmesser recht dicken Bohrers.

Alternativ zu dieser Lösung ist die Montage einer Strahlschranke per feinem Ölstrahl und einem akustischen Aufprallsensor angedacht, um die kleine Spitze des Ventilsitzbohrers zu kontrollieren.

Dank Kooperation zum Erfolg

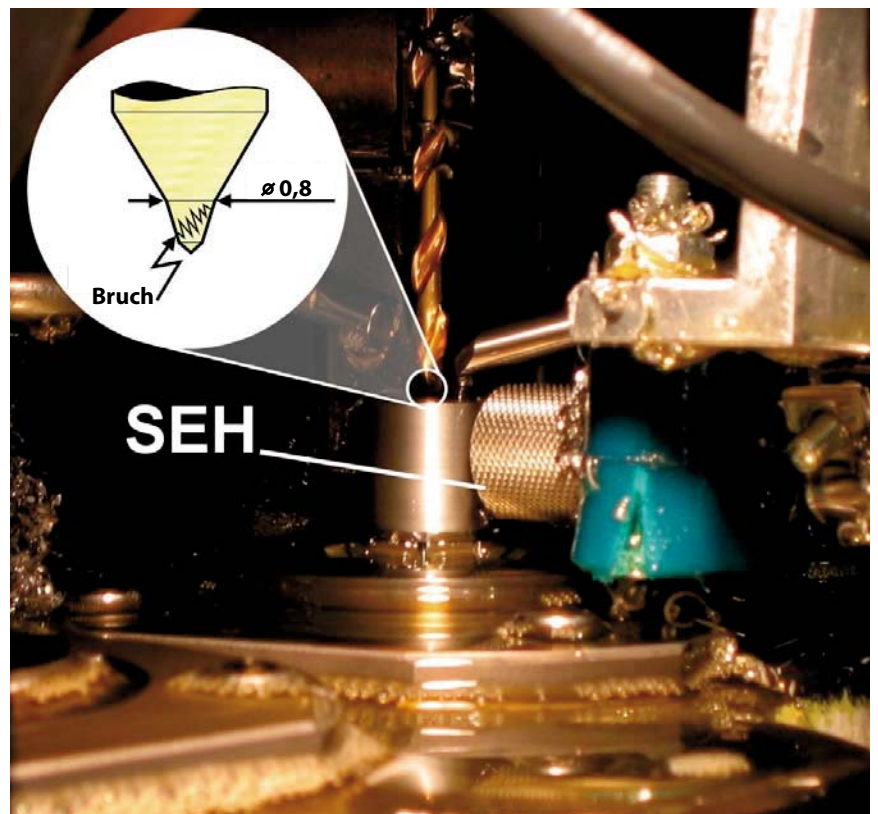
Es gibt also in der Regel immer einen Sensor oder eine Überwachungsstrategie per Software, um auch schwierige Überwachungsaufgaben zu lösen. Solche erfolg-

4 Tool-Monitor SEM-Modul mit »gleitender Hüllkurve« (rot) um die Wirkleistungsmesskurve des letzten und des vorletzten Werkstücks

» Monitor liegen. Scharfe Werkzeuge haben außerdem niedrigere Messkurven, weshalb die gleitenden Hüllkurven nach einem Werkzeugwechsel in jedem Fall neu gelernt, das heißt, vom stumpfen Niveau heruntergeholt werden müssen. Das Auslösen des Lernens einzelner Stationen ist zwar über ein Menü möglich, der Einfachheit halber wurde aber rechts neben dem Tool-Monitor ein Tastenfeld mit den Stationsnummern angebracht, wo durch Drücken der passenden Taste die Hüllkurve der jeweiligen Station jederzeit – auch während der Überwachung – neu gelernt werden kann, indem die Bildung der gemittelten Messkurve anhand der aktuellen Bohrung neu gestartet wird.

Der Werkzeugverschleiß wird an der Dico-18 über die Streuung der Messkurven überwacht. Alternativ dazu kann die mittlere Höhe eines Kurvenausschnittes der Wirkleistung herangezogen werden, die mit einer eigenen Grenze kontrolliert wird. Ihre Entwicklung mit der Anzahl produzierter Werkstücke wird in einem zusätzlichen Trenddiagramm angezeigt.

Aber auch trotz der sehr eng um die Messkurven gelegten Hüllkurven kann es mal vorkommen, dass die Brüche von Bohrern oder Bohrerspitzen mit Durchmessern unter 1 mm per Wirkleistungsmessung nicht erkannt werden. In solchen Fällen kommt das Schall-Emissions-Hydrophon zum Einsatz, das die durch das Knacksgeräusch ausgelösten Körper-



5 Schall-Emissions-Hydrophon »SEH« zur Kontrolle der feinen Spitze des Ventilsitzbohrers per Körperschallmessung

schallwellen über einen Kühlschmierstoffstrahl als Schallwellenleiter vom Werkstück oder Werkzeug aufnimmt. An den Mikron-Rundtaktautomaten können alle Stationen mithilfe der Wirkleistungsmessung überwacht werden, bis auf die Station zur Herstellung eines feinen, von

reichen Lösungen können jedoch nur durch eine intensive und engagierte Zusammenarbeit mit dem Maschinenhersteller und dem Kunden entstehen. Diese Lösungen kommen dann auch anderen Betrieben zugute. ■

www → WB101960