

Filigrane Teile ■ Hightech-Werkstoff ■ Hochpräzisionsbearbeitung

Sensorische Meisterleistung

Um die Prozesse zur Fertigung sehr genauer Spannhülsen und Membranen für Sensoren zu optimieren und Ausschuss zu verhindern, setzt der Schweizer Messtechnikexperte Kistler in seiner Produktion auf eigene Systeme zur hochaufgelösten Kraftmessung am Drehwerkzeug.



1 Severin Hosmann, Gruppenleiter bei Kistler in Winterthur, suchte lange nach einem System, das die Zerspanung filigraner Sensorkomponenten aus einer Nickel-Eisen-Legierung überwacht. Die Lösung fand er in SlimLine-Kraftsensoren des eigenen Unternehmens (© Kistler)

Piezoelektrische Drucksensoren des Schweizer Herstellers Kistler sind ausgelegt für die Langzeitmessung kleinster Druckänderungen (Druckpulsationen) mit hoher Auflösung und hervorragendem Signal-Rausch-Verhältnis bis in einen Frequenzbereich von über 100 kHz. Deshalb findet man sie beispielsweise in der Motorenmesstechnik, in Gasturbinen oder anderen rauen Industrieumgebungen. Das Messelement

der piezoelektrischen Drucksensoren basiert auf einem Kristall, der unter Belastung eine elektrische Ladung abgibt, die proportional zum Druck ist.

Je nach Kunden- und Applikationsanforderung schneidet Kistler die Messelemente unterschiedlich aus dem Kristall heraus. Werden Sensoren mit einer höheren Empfindlichkeit benötigt, können mehrere Kristallscheiben aufeinander gestapelt und elektrisch parallel ge-

schaltet werden. An seinem Hauptsitz in Winterthur fertigt das inhabergeführte Unternehmen derzeit pro Jahr ungefähr 120 000 solcher Drucksensoren.

Severin Hosmann ist seit 15 Jahren Gruppenleiter im Bereich Metallbearbeitung bei Kistler in Winterthur/Schweiz. Zu seinen Aufgaben gehört es, in der Produktion der Komponenten für ein gleichbleibend hohes Qualitätsniveau zu sorgen und bestehende Prozesse kontinuierlich zu optimieren. Eine besonders große Herausforderung ist in seinen Augen die Produktion der Spannhülsen und Membranen von Drucksensoren – zweier absoluter Schlüsselkomponenten. »Weil unsere Drucksensoren besonders empfindlich sind, müssen diese Komponenten enorm präzise hergestellt werden«, so Hosmann. »Hinzu kommt, dass unsere Kunden von uns immer Top-Qualität erwarten. Da muss jedes noch so kleine Detail aufeinander abgestimmt sein und zusammenpassen.«

Eigene Produktion für Sensorbauteile erfordert auch Zerspan-Know-how

Vor zwei Jahren begannen Hosmann und sein Team zunächst damit, eine neue Metalllegierung zu eruiieren, die sie zur Herstellung der extrem dünnen Spannhülsen (Wandstärke 0,06 mm) verwenden wollten. Die Nickel-Eisen-Legierung hatte im Vergleich zum Werkstoff gängiger Hülsen einen geringeren Wärmeausdehnungs-Koeffizienten sowie einen höheren Temperaturbereich, und zwar bis 350 °C. Allerdings bestand bei ihr auch das Problem, dass sie sehr schwierig zu zerspanen ist. Der Werkstoff reagiert extrem empfindlich und verformt sich bei



2 Weil die Drucksensoren von Kistler besonders empfindlich sind, müssen ihre Komponenten außergewöhnlich präzise hergestellt werden. Im linken Teil des Bildes ist zu sehen, wie eine der Hülse unter dem Mikroskop untersucht wird. Der rechte Teil zeigt den Längsschnitt durch eine Hülse. Ihre minimale Wandstärke von 0,06 mm verdeutlicht den Genauigkeitsgrad, unter dem die Zerspanung vonstatten geht (© Kistler)

zu starken Berührungen sofort. Das führte bei Kistler in der Vergangenheit häufiger zu Werkzeugbrüchen und zu Ausschuss in der Produktion. Auch die kurzen Werkzeugstandzeiten bereiteten dem Team Schwierigkeiten. »Wir stellten in der Praxis relativ schnell fest, dass die Standzeiten beim Drehen sehr stark variieren«, so Hosmann. »Das war für unsere Maschinenbediener sehr mühsam, da sie die Maschinen permanent im Blick haben mussten. Mal konnten sie mit einer Schneide 20 Spannhülsen abstechen, mal waren es 50 Stück. Das konnten wir auf Dauer nicht hinnehmen.«

Das Team testete diverse Schneidplatten, passte Schnittdaten an und begutachtete unzählige Kühlschmierstoffe. Spezial-Schneidplatten aus CBN der Fir-

ma Paul Horn GmbH schnitten schließlich am besten ab und werden bis heute in der Produktion verwendet. Diese haben im Vergleich zu Drehwerkzeugen aus Hartmetall eine deutlich längere Standzeit bei der Bearbeitung von Drehteilen aus Nickel-Eisen-Legierungen.

Übliche Überwachungsmethoden erwiesen sich als zu ungenau

Die durchschnittliche Standzeit hat sich seit Einführung der Spezial-Schneidplatten zwar insgesamt verlängert, doch noch immer war eine inakzeptable Streuung der Standzeit vorhanden. »Erschwerend kam hinzu, dass wir den Zustand der Schneide bei dieser Mikrozerspannung nicht wie üblich durch akustische Wahrnehmung des Bediener bewerten konn-

ten«, erläutert Hosmann. »Der Grund: Die Kräfte, die auf die Schneide wirken und Prozessinstabilitäten erzeugen können, sind schlicht nicht hörbar.« Zwar besorgte er parallel zur Maschine ein externes Prozessüberwachungssystem, jedoch habe sich schnell gezeigt, dass die marktübliche Überwachung der Maschinenleistungsaufnahme für die Mikrobearbeitung viel zu ungenau ist und keine nutzbaren Daten liefert.

Was also unternahm Hosmann und sein Team, um einen stabilen und sicheren Prozess zu entwickeln, der möglichst konstante Drehteile liefert und die hohen Qualitätsanforderungen erfüllt? »Wir haben zur Lösung des Problems ein neuartiges Sensorkonzept auf Basis der piezoelektrischen Kraftmessung erarbeitet, das anschließend in unserer eigenen Produktion in Winterthur auf seine Tauglichkeit geprüft wurde«, erklärt Hosmann. Dazu ergänzten er und seine Kollegen das jeweilige Drehwerkzeug mit hochauflösenden SlimLine-Kraftsensoren von Kistler. Auch die Messkette, die Anbindung an die Maschinensteuerung sowie eine für diesen Fall programmierte Software wurden installiert.

Die kompakten SlimLine-Kraftmess-elemente von Kistler eignen sich dank ihrer großen Steifigkeit speziell zum Messen sich rasch ändernder Zug- und Druckkräfte. Das elastische Verhalten des Messobjektes wird dabei nicht nennenswert verändert. Auch quasistatische Mes- »

sungen, das heißt Messungen mit relativ großen Zeitkonstanten, sind möglich. SlimLine-Kraftmess-Elemente sind leicht installierbar und mit Standard-Empfindlichkeiten sofort einsatzbereit. Für genauere Messungen können In-situ-Kalibrierungen im eingebauten Zustand durchgeführt werden.

1500 Drehversuche belegten die Eignung des Sensorkonzeptes

Um die Projektziele zu erreichen, planten die Metallbearbeitungs-Spezialisten für die Spannhülse und die Membran je drei Drehversuche und führten sie durch. Zu jedem Drehversuch wurden sämtliche Prüfmaße in einem Messprotokoll erfasst. Für die kritischen Maße, also die Dicke der Dehnpartie der Spannhülse und die Membrandicke, erstellten sie zusätzlich Qualitätsregelkarten, um die Pro-



4 Slimline-Kraftsensor mit eingebautem Quarzkristall und extrem flacher Bauform

(© Kistler)

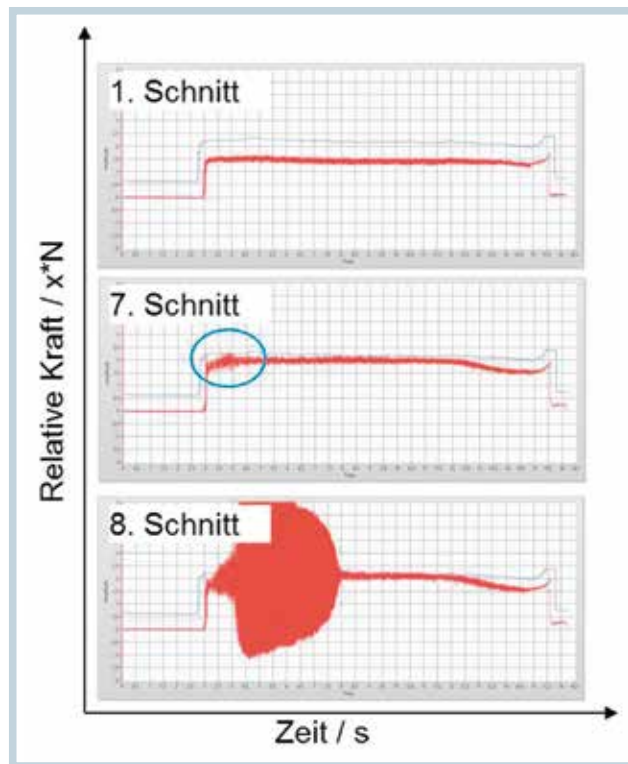
zessstabilität zu bewerten. Jedem Drehversuch schloss sich eine umfangreiche Auswertung an. Dazu gehörten auch weitere Messungen an der gesamten Geometrie sowie statistische Auswertungen. Diese Erkenntnisse und die Maßnahmen für das weitere Vorgehen flossen schließlich in den Versuchsbericht ein.

Im ersten Drehversuch sollte eine grobe Abschätzung der Machbarkeit geprüft werden. Die zwei weiteren Drehversuche dienten zur Abstimmung des optimalen Drehprozesses. Im Rahmen seiner

Untersuchungen realisierte das Team innerhalb kürzester Zeit rund 1500 Schnittversuche. »Die Versuchsreihe war für uns ein voller Erfolg«, resümiert der Gruppenleiter. »Unser Sensorkonzept war für die Messung von relativen Kräften bei der Mikrozerspannung optimal geeignet und machte bereits kleinste Veränderungen im Prozess hochdynamisch sichtbar.«

Auf Basis der erhobenen Messdaten konnten er und die Maschinenbediener untermauern, was sie vorher schon geahnt hatten: Der Werkzeugverschleiß sowie unterschiedliche Parameter und Werkzeuggeometrien haben einen signifikanten Einfluss auf das Kraftniveau, aber besonders auf das dynamische Verhalten im Bearbeitungsprozess.

So konnten die Messtechnikexperten mit ihren Kraftsensoren nachweisen, dass sich die Prozessdynamik mit zunehmendem Verschleiß regelmäßig aufgeschaukelt hatte und es in der Folge zu einer überproportional hohen Werkzeugbelastung kam.



3 Wie die Versuche ergaben, erhöhten sich mit zunehmendem Werkzeugverschleiß das Kraftniveau sowie die Dynamik des Drehprozesses bis zum Erreichen der Stabilitätsgrenze. Das Verlassen des Stabilitätsbereichs kündigt sich in den vorhergehenden Prozessen an und kann detektiert werden

(© Kistler)

Severin Hosmann leitete daraufhin sofort Maßnahmen zur Prozessoptimierung ein und bewertete sie. Als Ergebnis erzielte er für zwei ausgewählte Prozessschritte in den Versuchen eine 2,5-fache Werkzeugstandzeit beziehungsweise visualisierte die Bestätigung des nicht proportionalen Verschleißverhaltens. Zudem konnten er und sein Team durch das Optimieren des Schnittvolumens die Prozessstabilität deutlich erhöhen.

2,5-fach längere Standzeit als zuvor und deutlich stabilerer Prozess

Ein weiterer Vorteil: Über die Anbindung an die Maschinensteuerung konnten die Experten von Kistler die Messdaten schon mit Metadaten versehen und sie eindeutig einem der Prozessschritte und Werkzeuge zuordnen. Wie bei einer industriellen Prozessüberwachung üblich, wurden die Messungen automatisiert durch digitale Signale der Steuerung gestartet und gestoppt. So sank der Versuchs- und Dokumentationsaufwand, und Fehler wurden vermieden.

Außer der Optimierung des Zerspanprozesses will Hosmann nun die Sensoren für die kontinuierliche Werkzeugüberwachung nutzen. Denn mit den SlimLine-Kraftsensoren können Anwender einen Ausschuss erkennen, bevor er entsteht – und so ihre Produktivität nachhaltig erhöhen. Die Sensoren messen während der Produktion kleinste Kräfte und informieren, wenn das Drehwerkzeug ausgetauscht werden muss. ■

INFORMATION & SERVICE



HERSTELLER/ANWENDER

Kistler Instrumente AG

CH-8408 Winterthur

Tel. +41 52 224 11 11

www.kistler.com

PDF-DOWNLOAD

www.werkstatt-betrieb.de/6321759