



Condition Monitoring in der Fertigung

ANTON MAUERSBERGER & SARAH TOMETZEK



In dieser Ausgabe unserer Nachgelesen-Reihe wird die Zustandsüberwachung von Fertigungsprozessen anhand verschiedener vom Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU entwickelter Sensorlösungen vorgestellt. Hierbei finden Sie Antworten und praktische Anwendungsbeispiele für die folgenden Fragen:

- Was ist Condition Monitoring und was sind relevante Prozessparameter?
- Anwendungsbeispiel zerspanende Bearbeitung
- Anwendungsbeispiel hydraulische Umformprozesse
- Anwendungsbeispiel adaptives Wälzschleifen

Was ist Condition Monitoring?

Produzierende Unternehmen stehen heutzutage vor stetig wachsenden Anforderungen. Kundenseitig werden vermehrt individualisierte, teils hochgenaue Produkte bei kostengünstiger, transparenter und zeiteffizienter Fertigung verlangt.^[1] Für produzierende Unternehmen ist daher die Überwachung des Maschinen- und Prozesszustandes für den gesamten Fertigungsprozess von entscheidender Bedeutung. Um den Verschleiß der Werkzeuge oder gar Ausfall der Maschinen, in anderen Worten Prozessinstabilitäten und -störungen,

schlechte Produktqualität und damit verbundene, vermeidbare Kosten zu reduzieren, können Produktions- und Maschinenbetriebsdaten analysiert werden.

RELEVANTE PROZESSPARAMETER

Condition Monitoring bzw. Zustandsüberwachung umfasst die Teilbereiche Maschinen- und Prozessüberwachung. Im letzteren Fall liegt der Fokus nicht auf maschinenbezogenen Daten wie Maschinenantrieb, -spindel oder -revolver, sondern auf Prozessparametern. Anhand von Prozessparametern wird versucht, den Fertigungsprozess zu beurteilen. Wichtige Prozessparameter sind Druck, Temperatur oder Vibrationen innerhalb der Maschine. Durch die kontinuierliche Echtzeitüberwachung von Werkzeugmaschinen und Anlagen, Visualisierung und Datenanalyse besteht Möglichkeit, proaktiv mit Wartung und Instandhaltung umzugehen und die Produktqualität zu sichern.^[2]

Impressum

HERAUSGEBER

Mittelstand-Digital Zentrum Chemnitz
Tel: 0371 531 19935
Fax: 0371 531 819935
info@digitalzentrum-chemnitz.de
www.digitalzentrum-chemnitz.de

REDAKTION Diana Falke

GESTALTUNG

PUNKT191 – Marketing und Design
www.punkt191.de

BILDNACHWEIS TITEL Isabell Richter

VERÖFFENTLICHUNG Mai 2022



↑ Werkzeughalter smartTOOL ©Fraunhofer IWU

Anwendungsbeispiel zerspanende Bearbeitung

AUSGANGSSITUATION

Genauigkeits- und/oder produktivitätsmindernde Aspekte der zerspanenden Bearbeitung bilden sich erfahrungsgemäß im zeitlichen Verlauf der Zerspankraft sowie in der Amplitude der auftretenden Schwingungen ab. Hierzu zählen:

- Werkzeugverschleiß und -bruch
- Kollisionen von Maschinenkomponenten
- dynamische Instabilitäten (Rattern)
- elastische Werkzeugabdrängung (lastinduzierte Abweichung der vorgegebenen Werkzeugbahn)
- schwankende Eigenschaften des zu bearbeitenden Werkstücks (Gefügeunterschiede, Aufmaß- und Härteschwankungen, lokale Eigenspannungen)

Zusätzlich empfiehlt es sich, die Temperatur zu messen, um die Einhaltung der Temperatureinsatzgrenzen der gesamten Elektronik zu gewährleisten.

LÖSUNG

Im Rahmen des Fraunhofer Cluster of Excellence Cognitive Internet Technologies wurde gemeinsam von Fraunhofer IWU und IIS der intelligente Werkzeughalter smartTOOL entwickelt.^[3] Dieser ermöglicht, mittels seiner Sensoren zur Messung von Schwingungen, Prozesskräften und Temperaturen, die Erfassung aller relevanten Prozessinformationen direkt an der Wirkstelle. Via Funkverbindung werden die Daten in Echtzeit an eine Auswerteeinheit mit grafischer Benutzeroberfläche übertragen. Mittels spezifischer Auswertelgorithmen können Rückschlüsse auf Zustände von Prozess, Werkzeug sowie auf das Bearbeitungsergebnis gezogen werden. Durch anschließendes Einleiten von Gegenmaßnahmen wie beispielsweise NC-Bahnkorrektur zur Kompensation der elastischen Werkzeugabdrängung oder iterative Vorschubreduktion zur Elimination dynamischer Instabilitäten, werden Rüstzeiten minimiert und somit die Gesamtproduktivität des Fertigungssystems erhöht.

Weitere Besonderheiten des smartTools umfassen einerseits die innovative, integrierte Energy Harvesting-Lösung, welche das rotierende System permanent mit Strom versorgt. Andererseits zählt die standardisierte Schnittstellengeometrie sowie das störkonturfreie Design dazu, welches eine einfache Implementation an jeglichen Werkzeugmaschinen ermöglicht.

Anwendungsbeispiel hydraulische Umformprozesse

AUSGANGSSITUATION

In Umformmaschinen zählen zu den wichtigen Prozessparametern:

- Flächenlasten zwischen Presse und Werkzeug
- Werkzeugverschleiß und Abweichungen am Werkstück
- Erkennen von Bedienfehlern (Verkanten, falsches Einlegen) oder Gegenstände zwischen Maschinentisch und Stößel

LÖSUNG

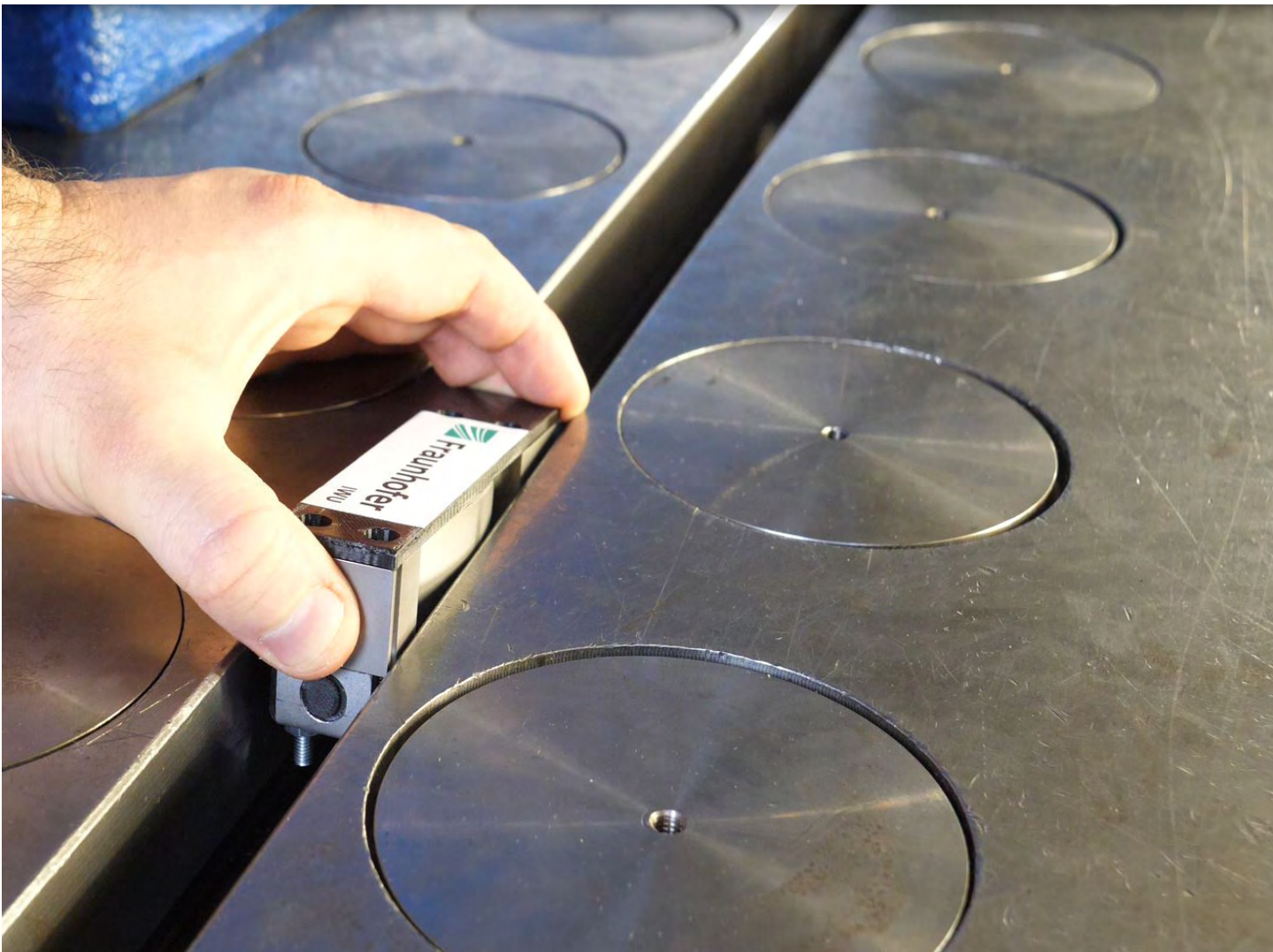
Das Fraunhofer IWU entwickelte für Umformprozesse das Messsystem smartNOTCH. Es besteht aus Sensoren, die an mehreren Stellen in die T-Nuten des Pressentisches oder -stößels integriert werden, um kleinste elastische Verformungen zu erfassen. Die Messungen erfolgen direkt unter dem

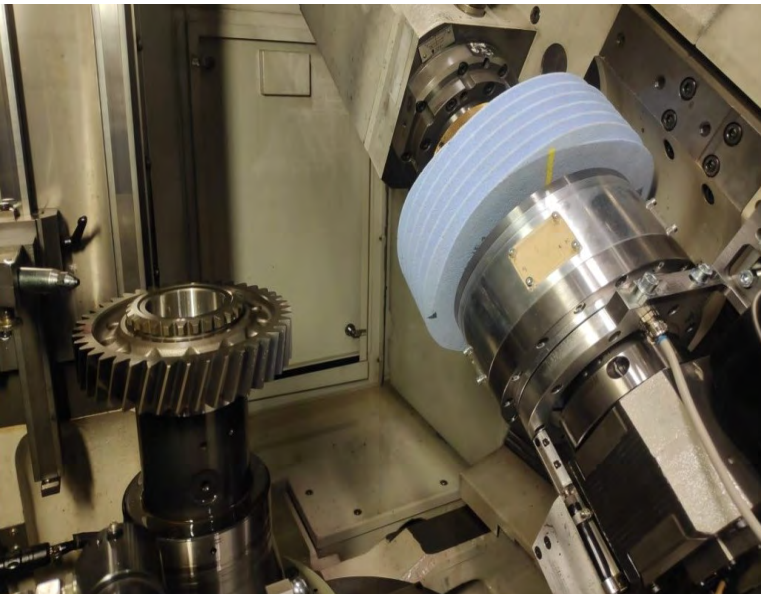
Umformwerkzeug ohne Beeinflussung der Presseneigenschaften oder Einschränkungen im Werkzeugeinbauraum. Somit werden Trendanalysen während des Produktionsprozesses möglich und Prozessunregelmäßigkeiten, die zu Änderungen in den Prozesskräften führen, können sicher detektiert werden. Mit dem robusten und vollintegrierten System kann auf Abweichungen blitzschnell reagiert werden, ohne dass Veränderungen an der Maschine vorgenommen werden müssen oder ein Nachteil im Produktionsprozess entsteht.^[4]

Um den Einrichtaufwand gering zu halten und gleichzeitig die Zuverlässigkeit des Systems zu maximieren, kommunizieren die Sensoren über ein Gateway von der Tisch- oder Stößelseite via Funk mit der Auswerteeinheit.

Individuelle Anforderungen aus Maschine und Technologie werden durch die flexible Anordnung der Messstellen an der Maschine und durch eine Kalibrierung des Systems berücksichtigt. Das Expertenteam des Fraunhofer IWU unterstützt zudem bei der Auswertung und Interpretation der Messdaten.^[5]

↓ Messsystem smartNOTCH ©Fraunhofer IWU





↑ Adaptives Wälzschleifen im Maschinenarbeitsraum ©Fraunhofer IWU

Anwendungsbeispiel adaptives Schleifen

AUSGANGSSITUATION

Schleifverfahren mit geometrisch unbestimmter Schneide kommen hauptsächlich zur Fein- bzw. Endbearbeitung von Werkstücken zum Einsatz, um hohe Anforderungen hinsichtlich Maßgenauigkeit und Oberflächenstruktur zu erfüllen. Dabei wird für die Massenproduktion eine generelle Kostensenkung, 100%ige-Prüfung sowie eine Nullfehlerproduktion gefordert.

In der Automobilproduktion erfolgt aktuell beispielweise bei über 90 % der Verzahnungen eine Hartfeinbearbeitung mit geometrisch unbestimmter Schneide. Das dafür dominierende Hartfeinbearbeitungsverfahren ist das kontinuierliche Wälzschleifen. Dieses Verfahren ermöglicht die geforderten Genauigkeiten ($\leq Q7$ nach DIN 3962) bei akzeptabler Fertigungszeit und universell einsetzbaren Schleifwerkzeugen.

Da die Werkstücke vor dem Schleifen bereits eine lange Wertschöpfungskette durchlaufen haben, führen Fehler während des Schleifens zu besonders hohen wirtschaftlichen Verlusten. Hauptursache für solche Fehler ist die sich im Verlauf der Standzeit ändernde Mikrogeometrie (reduziertes Schneidverhalten führt zu thermischen Randzonenschädigungen) und Makrogeometrie (Änderungen am Werkzeugprofil führen zu Geometriefehlern) des Schleifwerkzeuges. Dafür gibt es unter anderem folgende Ursachen:

- unregelmäßige, stochastische Verteilung der Schleifkörner im Schleifbelag
- Abhängigkeit der Anzahl der Schleifkörner vom aktuellen Schleifkörnerdurchmesser

- Selbstschärfeneffekte (Bildung neuer Schneiden und Ausbrechen stumpfer Körner)
- Abstumpfungseffekte durch Verschleiß von Schneiden
- Ablagerung von Schleifspänen in den Poren

Diese Änderungen des Werkzeugzustandes sind laut Stand der Technik jedoch nicht erfassbar. Daher muss zur Vermeidung von Fehlern mit hohen Sicherheitsfaktoren bei der Technologieauslegung gearbeitet werden. Auf diesem Weg können wesentliche Potenziale bezüglich Produktivität und Prozesssicherheit nicht ausgeschöpft werden.

LÖSUNG

Das Fraunhofer IWU entwickelt ein kabelungebundenes Daten- und Energieübertragungssystem, was den Einsatz rotierender Sensoren in unmittelbarer Werkstellennähe ermöglicht. Dieses innovative System ist schnell mit wenig Aufwand installierbar und ermöglicht einen universellen Einsatz an jeder beliebigen Schleifmaschine. Mit dem System können folgende Potenziale erschlossen werden:

- präventive Erkennung von Werkzeugverschleiß (Mikroverschleiß: Randzonenschädigung und Rautiefe, Makroverschleiß: Bauteilgenauigkeit)
- Echtzeitüberwachung des Bearbeitungsprozesses
- Prozessregelung: Anpassung der Vorschubgeschwindigkeit
- Dokumentation der Fertigungsdaten

Mit den Ergebnissen ist eine Reduzierung der Werkzeugkosten und Nebenzeiten um bis zu 40 % möglich, die Hauptzeiten lassen sich um bis zu 25 % reduzieren. In Summe ergibt das eine Senkung der Bauteilkosten um bis zu 30 %. Diese Zahlen konnten aus vorangegangenen Projekten mit kabelgebundenen Sensoren ermittelt werden.

Anmerkungen/Quellen

- 1** Dombrowski, U.; Wullbrandt, J.; Fochler, S. (2019): Kompetenzentwicklung in der digitalen Transformation: dezentrales und lebenslanges Lernen im Arbeitsprozess in: Spath, D.; Spanner-Ulmer, B.: Digitale Transformation, Gutes Arbeiten und Qualifizierung aktiv gestalten, WGAB e.V., GITO mbH, Berlin, S. 21-50.
- 2** Sang, G. et AL. (2020): Towards Predictive Maintenance for Flexible Manufacturing Using FIWARE. In: Dupuy-Chessa, S. Proper, H.: CAiSE 2020 Workshops, LNBIP 382, S. 17-28.
- 3** <https://www.kognitive-produktion.de/?p=4011> [04.04.2022]
- 4** <https://www.iwu.fraunhofer.de/de/forschung/leistungsangebot/kompetenzen-von-a-bis-z/werkzeugmaschine/Umformende-Werkzeugmaschinen/smartnotch.html> [04.04.2022]
- 5** <https://www.kognitive-produktion.de/?p=4620> [04.04.2022]

Autoren

ANTON MAUERSBERGER ist Business Development Manager am Fraunhofer IWU und beschäftigt sich mit dem Technologietransfer und der Verwertung von wissenschaftlichen Ergebnissen. Außerdem sucht und entwickelt er Methoden zur kundenorientierten Produktentwicklung. Im Mittelstand-Digital Zentrum Chemnitz ist er als Netzwerkmanager tätig.
anton.mauersberger@digitalzentrum-chemnitz.de

SARAH TOMETZEK absolviert derzeit ihr Masterstudium in Wirtschaftsingenieurwesen an der Technischen Universität Chemnitz und arbeitet als wissenschaftliche Hilfskraft am Fraunhofer IWU. Dort beschäftigt sie sich mit der Ausgestaltung von Geschäftsmodellen.

Weitere Informationen

Das Mittelstand-Digital Zentrum Chemnitz gehört zu Mittelstand-Digital. Mit dem Mittelstand-Digital Netzwerk unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz die Digitalisierung in kleinen und mittleren Unternehmen und dem Handwerk.

WAS IST MITTELSTAND-DIGITAL?

Das Mittelstand-Digital Netzwerk bietet mit den Mittelstand-Digital Zentren, der Initiative IT-Sicherheit in der Wirtschaft und Digital Jetzt umfassende Unterstützung bei der Digitalisierung. Kleine und mittlere Unternehmen profitieren von konkreten Praxisbeispielen und passgenauen, anbieterneutralen Angeboten zur Qualifikation und IT-Sicherheit. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz ermöglicht die kostenfreie Nutzung und stellt finanzielle Zuschüsse bereit. Weitere Informationen finden Sie unter www.mittelstand-digital.de.





Mittelstand-Digital
Zentrum
Chemnitz

