

DISS. ETH Nr. 16138

**Strategische Signalerfassung mit piezoelektrischen
Sensoren für die Prozessüberwachung in der
Zerspanung**

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

ROGER DONG YOON MARGOT

Dipl. Informatik-Ingenieur ETHZ

geboren am 15.08.1968

von
Genf/GE

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. K. Wegener, Referent
Prof. Dr. W. L. Weingaertner, Korreferent

2005

Abstract

Process monitoring based on piezo electric sensor in industry is still limited through the lack of reliability and their handling. The on-line information like tool break, chip length and wear are acquired with a new acquisition strategy of acoustic emission in order to increase the reliability.

This strategy takes in account the information about the process and of other disturbing information. After their description with information theory they are separated with filters. The information theory describes the information processing chain and shows how information for noisy signals is lost when the RMS (root mean square) value of AE-signal is taken. Without pre-processing the signal with the RMS value, the signal acquisition for AE is limited in time because of the high sampling rate and the memory device. But the limitation in the time disables the acquisition of long chips, because the time between two chip-breaks may be as long as some seconds.

This thesis shows how the filters are realised in order to build systematically the signal acquisition in a machine environment. Because of strong vibrations AE-sensor are saturated without any care and the signals are corrupted. To avoid these effects, a mechanical highpass filter is developed. The dependency between mechanical effects and the electronic measure is described with a new defined transformation: the mechatronic Transformation. Thus the transfer function of mechanic devices can be described electronically.

After the signal acquisition is clear the AE noise due to friction between tool and workpiece is modelled with the help of force-sensors in order to acquire friction coefficient. The chip breaks and tool breaks are modelled as well and can be acquired reliably. The AE-Noise contains information about the friction and is used for wear monitoring. With the information of chip break and friction the chipping length can be recorded too. Examples of Wear with the chip length control system in turning and drilling are shown.

Further the tool break can be distinguished through these information reliably. Drill break is shown with examples. The strategy is extended to the grinding process and shown with examples.

The reliability of process monitoring with piezo electric sensor is reached by this strategy.

A part of the industrial application has been realised with the product:

„Chip Length Control System“, more over the detection of drill breakage has been integrated since the system Release 3.4.1.

Zusammenfassung

Die Prozessüberwachung mit piezoelektrischen Sensoren ist in der Industrie durch die nicht zufrieden stellende Zuverlässigkeit der Systeme und die mangelnde Durchführbarkeit wegen der nicht eindeutigen Signalinterpretation von Sensoren noch begrenzt. Die online Informationen wie Werkzeugbruch, Spanlängen und Verschleiss werden durch eine neue Erfassungsstrategie mit Schallemission (Acoustic Emission auch kurz AE) erfasst, um die Zuverlässigkeit der Prozessüberwachung zu erhöhen.

Diese Strategie berücksichtigt die Informationen vom Prozess und von anderen störenden Faktoren. Sie werden nach ihrer Beschreibung mit der Informationstheorie durch Filterung getrennt. Die Informationstheorie beschreibt die Informationsverarbeitungskette und zeigt wie die Information für gestreute Signale verloren gehen, wenn der RMS (root mean square) Wert des AE-Signals gebildet wird. Ohne Vorverarbeitung durch RMS ist die Signalaufnahme für AE durch die hohe Abtastrate wegen der Speicherkapazität zeitlich begrenzt. Die Zeitbegrenzung verhindert aber die Erfassung langer Späne, da die Zeit zwischen zwei Spanbrüche ein paar Sekunden dauern kann.

In dieser Arbeit wird gezeigt, wie die Filter realisiert werden können, um die Signalerfassung in einer Maschinenumgebung systematisch aufzubauen. Aufgrund von starken Vibrationen arbeiten AE-Sensoren ohne zusätzliche Massnahmen im Sättigungsbereich, ausserdem sind die Signale gestört. Um diesen Effekt zu unterdrücken, wird ein mechanisches Hochpassfilter entwickelt. Die Zusammenhänge zwischen mechanischen Effekten und elektronischen Grössen werden durch eine neue definierte Transformation beschrieben: die mechatronische Transformation. Damit lässt sich die Übertragungsfunktionen mechanischer Komponenten elektronisch beschreiben.

Nachdem die Signalerfassung durch die Filter deutlich ist, wird das AE-Rauschen verursacht durch die Reibung zwischen dem Werkzeug und dem Werkstück mit Hilfe von Kraft-Sensoren modelliert, um die Reibungskoeffizienten zu erfassen. Die Spanbrüche und Werkzeugbrüche werden ebenfalls modelliert und können dann sicher erfasst werden. Das AE-Rauschen enthält die Information der Reibung und wird für die Verschleiss-Überwachung verwendet. Mit der Information über Spanbruch und Reibung können die nominalen Spanlängen erfasst werden. Beispiele von Verschleissüberwachung mit Hilfe der Spanlängenüberwachung beim Drehen und Bohren werden gezeigt.

Weiter wird der Werkzeugbruch durch diese Informationsverarbeitung sicher erfasst. Das Erfassen von Bohrerbrüchen wird anhand von Beispielen gezeigt. Die Strategie wird für das Schleifen erweitert und mit Beispielen gezeigt.

Eine gute Zuverlässigkeit der Prozessüberwachung mit piezoelektrischen Sensoren ist mit dieser Strategie erreicht worden. Die industrielle Umsetzung wurde teilweise in einem neuem Produkt realisiert: „Chip Length Control System“, ein System des IWF, indem auch die Bohrerbrücherkennung integriert ist.