

GERÄUSCHEMISSION EINER NC-DREHMASCHINE

O. BERKES

Lehrstuhl für Fertigungstechnik,
Technische Universität, H-1521 Budapest

Eingegangen am 27 Juni 1984
Vorgelegt von Prof. Dr. M. HORVÁTH

Summary

The noise measurement during idle running of machine tools is applied basically for diagnostical purposes. Measurement during the process however seems to be an excellent aid to analyse the characteristics of the cutting process and to detect any changes in the condition of the cutting tool.

It is therefore that a real time noise analyser is of great importance in an AC system for controlling and monitoring the cutting process.

Einführung

Während der letzten Jahre wurde infolge der Verbreitung und Entwicklung der numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen, der integrierten Fertigungssysteme sowie der Fertigungszellen überall in der Welt der Problemkreis der Prozeß- und der Systemüberwachung behandelt. Da die verschiedenen Zustände der Zerspanung kontinuierlich (oder mit einer bestimmten Abstrategie) berücksichtigt werden müssen, rückte im Zusammenhang damit auch die Forschung der Anwendung von aktiven Meßsystemen und der „on-line“ Meßtechnik in den Vordergrund.

Die während der Zerspanung entstehenden Schwingungen und Instabilitäten sind beim Optimieren der technologischen Parameter schwer zu behandeln, da als Ursache ihres Auftretens verschiedene Parameter (Ursachen) zu nennen sind. Somit können einige Bereiche und Punkte des durch Optimieren bestimmten Optimumgebietes schwingungstechnisch weiterhin ungünstig plaziert sein. Um das Auftreten dieser Größen vermeiden zu können, wäre die Kenntnis der dynamischen Eigenschaften der spanenden Werkzeugmaschine (als eines komplizierten Schwingungssystems mit mehreren Freiheitsgraden) sowie des gesamten WVMW-System (Werstück-Vorrichtung-Maschine-Werkzeug-System) erforderlich. Außerdem sollten auch die zwischen dem WVMW-System und dem damit verbundenen MSPUS-System (Messung-Steuerung-Prozeß-Umwelt-Subjekt-System) auftretenden Wechselwirkungen berücksichtigt werden.

Da aber dafür unsere heutigen Kenntnisse keinen eindeutigen Hinweis zulassen, bleibt uns nur die Möglichkeit: das kontinuierliche Messen, die

ständige Beobachtung des Zerspanungsprozesses. Der Echtzeitbetrieb (real-time) wird auch durch die Entwicklung der Prozeßsteuerung mittels elektronischen Rechenanlagen begründet, da die ausgewerteten Meßdaten, um den Prozeß wirkungsvoll beeinflussen zu können, gleichzeitig mit der Durchführung der Messung benötigt werden.

Außer der adaptiven Regelung muß die Überwachung zustandsbeobachtende und gefahrvorbeugende Funktionen auch versehen. Um die Zuverlässigkeit des Überwachungssystems sichern zu können, soll danach gestrebt werden, daß man über so viel als möglich Prozeßzustandsgrößen Meßinformationen verfüge.

Das Messen und die Analyse der während des Drehens emittierten Geräusches

Die Messungen wurden an einer mit numerisch gesteuerten Bahnsteuerung ausgerüsteten Revolverkopf-Drehmaschine vom Typ ERI-250 DIALOG CNC durchgeführt. Die auf diese Maschine hinweisenden dynamischen Untersuchungen und Stabilitätskarten sind in der Literatur zu finden [1].

Als Aufnehmer wurde das Kondensatormikrophon vom Typ MK 102 (Hersteller: RFT) verwendet, das zusammen mit dem Meßverstärker vom Typ MV 102 in einem Abstand von 1 m und in einer Höhe von 1,5 m, gemessen von der Maschinenverkleidungsfläche untergebracht wurde.

An den Echtzeitanalysator vom Typ 01012 (Hersteller: RFT) als Meßgerät wurde das Display vom Typ SG1 angeschlossen. Der Hauptvorteil der Verwendung des Analysators lag in seiner Geschwindigkeit, da das Abtasten und das Anzeigen des gesamten Tonfrequenzspektrums binnen 20 ms erfolgen konnte.

Nach Aufnahme der die Zerspanung im Leerlauf und im stabilen Zustand kennzeichnenden Geräuschpegel wurde die in [1] angegebene bekannte WVMW-Konfiguration verwendet. Danach wurde durch Programmieren der kritischen technologischen Parameter ein instabiler Zerspanungszustand eingestellt. Mit dem Echtzeitanalysator wurde der den instabilen Zustand kennzeichnende Geräuschpegel aufgenommen, wonach das Speichern und die digitale Auswertung erfolgte.

Die Meßresultate beinhaltet in Form eines Spaltendiagrammes die Abb. 1. Die Abbildung gibt die mit einem Terzbandfilter aufgenommenen Geräuschpegel bei den nachstehenden Bedingungen an:

- leise Werkstatt,
- eingeschalteter Hauptmotor,
- Leerlauf-Zustand,
- stabile und instabile Zerspanung.

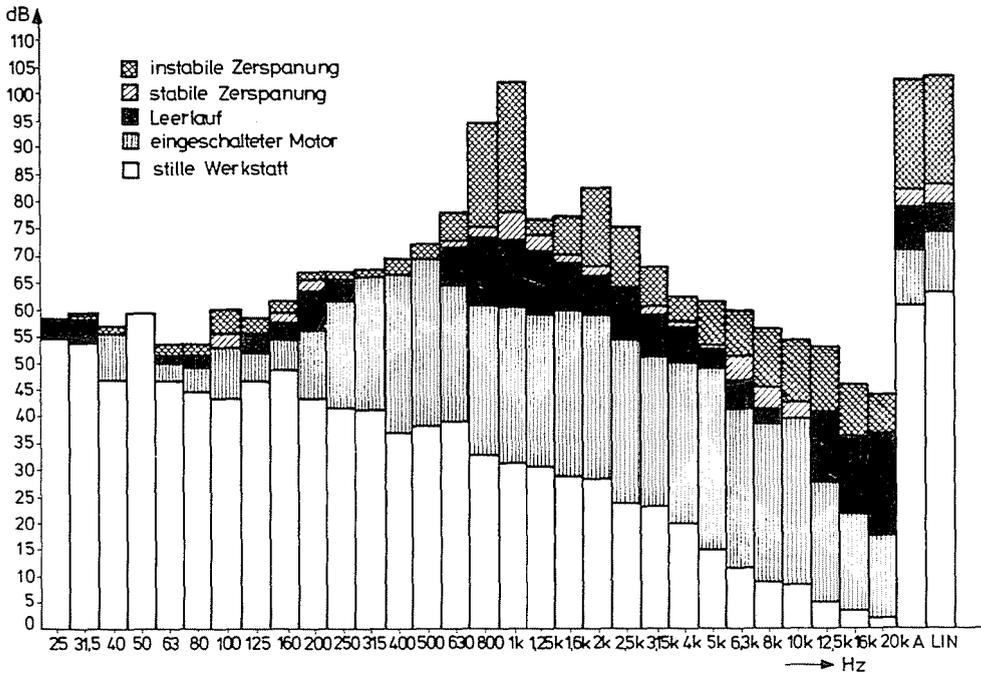


Abb. 1. Geräuschspektrum einer NC-Drehmaschine

Außer diesen wurden in der Abbildung die mit den Filtern „A“ und „LIN“ gemessenen Werte dargestellt. Die kennzeichnenden technologischen Parameter waren:

- Leerlauf bei $n = 710$ U/min
- stabile Zerspanung $v = 120$ m/mm; $s = 114$ mm/min, $a = 1,4$ mm
- instabile Zerspanung: $v = 120$ m/min; $s = 114$ mm/min; $a = 1,5$ mm.

Es ist festzustellen, daß im Falle der gegebenen WVMW-Konfiguration (Werkzeug: Bohrer mit einem Durchmesser von 16 mm, Hinausragen aus der Werkzeugmagazine 100 mm) das kennzeichnende Terzband das Band von 1000 Hz ist. In diesem Band war eine Geräuschzunahme von 24 dB zu ermitteln, die eindeutig durch den instabilen Zerspanungszustand hervorgerufen wurde.

Die Erklärung dafür ist, daß die Eigenfrequenz des Werkzeuges (955 Hz) in dieses Band fällt. Die Eigenfrequenz war mit Hilfe des Rechners bestimmbar. Das ergibt sich auch aus den Schwingungsspuren des Werkstückes. In diesem Fall war die primäre Geräuschquelle das Werkzeug.

Werkzeugzustandskontrolle mit Hilfe der Geräuschemission

Der Zustand der an Drehmaschinen verwendeten Werkzeuge beeinflusst hauptsächlich das Maß und die Oberflächengüte des Werkstückes. Das während der Bearbeitung mit verschlissenen Werkzeugen oder mit Werkzeugen, an denen Ausbrüche vorhanden sind, ausgestrahlte Geräuschspektrum unterscheidet sich von den Rechnungen in [2, 3].

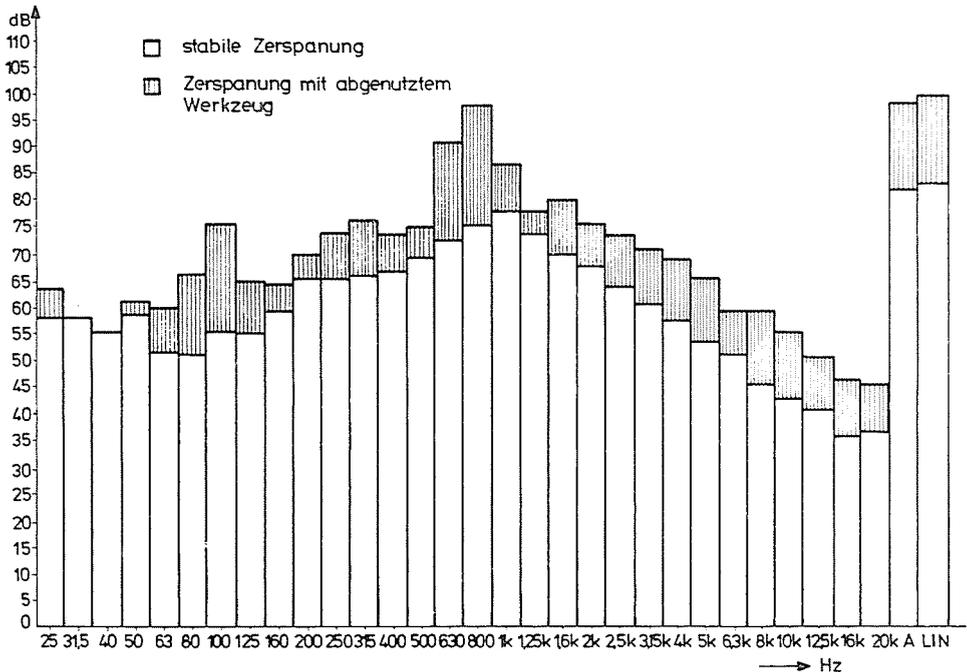


Abb. 2. Das abgenutzte Werkzeug kennzeichnendes Geräuschspektrum

Für die technologischen Parameter eines Werkstückes, einer Maschine, eines Werkzeuges läßt sich für normalen Betrieb das Geräuschbild feststellen. Das Geräuschbild läßt sich im Speicher des Rechners, der mit einer NC-Maschine gekoppelt ist, aufbewahren. Für signifikante Abweichungen ist die Ausschaltung der Maschine und der Werkzeugwechsel mit Hilfe dieser Anweisungen möglich.

Der Verfasser stellte im Laufe seiner Versuche fest, daß den Werkzeugverschleiß, den Ausbruch und den totalen Bruch die Veränderung des Geräuschbildes eindeutig anzeigt. Für den vom Verfasser untersuchten Fall beim Drehen mit verschlissenerem Werkzeug (Abb. 2) war charakteristisch, daß im 100

Hz Terzband 20 dB, im 800 Hz Terzband 24 dB Geräuschzunahme festzustellen war. Der Verschleiß verursachte auch beim A-Pegel einen bedeutenden — 16 dB/A—Zuwachs in Vergleich zum Normalzustand.

Aus dem für den Werkzeugbruchaugenblick charakteristischen Spektrum (Abb. 3) sieht man, daß die charakteristischen Terzbänder die folgenden sind: 800 Hz, 1000 Hz, 8 kHz und 10 kHz. Bei den beiden ersten ist die Erklärung das, daß der Bruch gleichzeitig mit dem Entstehen des instabilen Zustandes eintritt. Bei den letzteren beiden Bändern verursachte den Bruch der auftretende Zuwachs von 23—25 dB. Der beim A-Pegel auftretende Zuwachs von 20 dB/A ist vom Entstehen des instabilen Zustandes und vom Bruch verursacht.

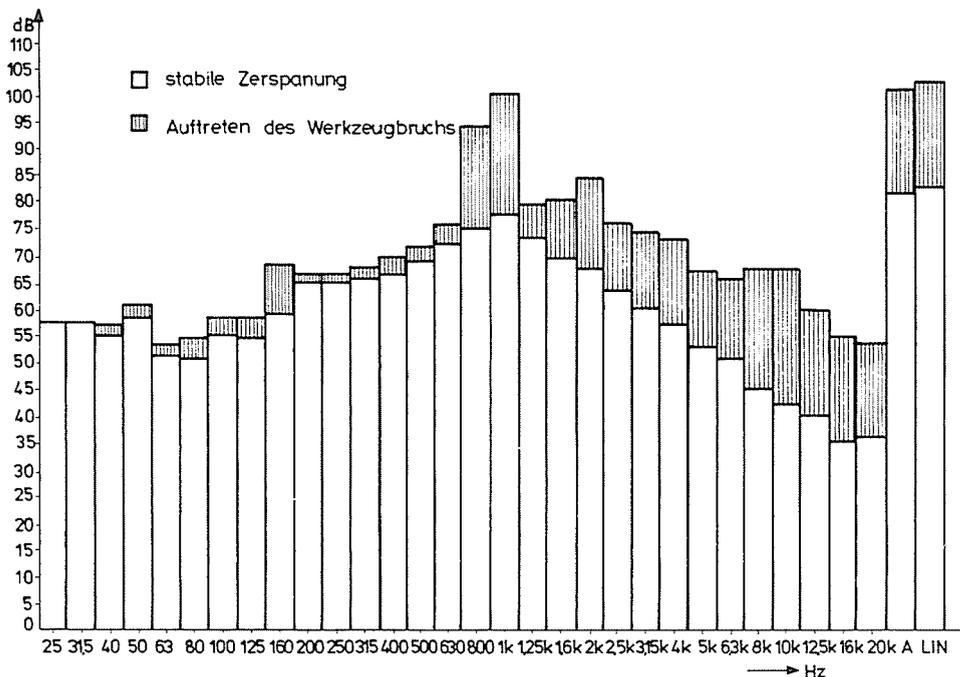


Abb. 3. Den Werkzeugbruch kennzeichnendes Geräuschspektrum

Adaptive Regelung, Prozeßüberwachung

Die auf der Geräuschemission beruhende Überwachung des Bearbeitungsprozesses ist keine leichte Aufgabe, weil die Auswertung der Echtzeit für das gesamte Geräuschbild der arbeitenden Werkzeugmaschine nötig ist.

Die mit Echtzeitanalysatoren durchgeführten Geräuschmessungen beweisen, daß mit Hilfe des Geräts die unterschiedlichen Zustände des

Drehvorgangs bzw. des bearbeitenden Werkzeuges gut zu unterscheiden sind. Nach den Versuchen war es ausreichend, einige selektive und/oder breitbandige Filter zu benutzen, wodurch die Elektronik einfacher wird. Für ein gegebenes WVMW-System sind die charakteristischen Bänder und Geräuschpegelbilder feststellbar, z.B. für Mittel- und Großserienfertigung. Wenn der Echtzeitanalysator in einen AC-Regelkreis eingeschaltet wird, so ist eine Eingriffsmöglichkeit in den Prozeß gewährleistet, die im einfachsten Fall dem Abschalten der Maschine, in einem komplizierteren dagegen der Veränderung der technologischen Parameter während der Bearbeitung entspricht.

Der vom Verfasser verwendete Echtzeitanalysator konnte an eine elektronische Rechenmaschine angeschlossen werden, die on-line Verarbeitung der gemessenen Werte war somit möglich. Unter Ausnützung der Möglichkeiten des Echtzeitanalysators können nicht nur adaptive Regelung und Zustandsüberwachung, sondern auch diagnostische Untersuchungen durchgeführt werden.

Bei Werkzeugmaschinen mit adaptiver Regelung sind die wichtigsten Kenngrößen die Leistung, das Drehmoment und die Kraft.

Die Fachleute betonen aber, daß möglicherweise aus den den Zerspanungsvorgang kennzeichnenden Parametern die größtmögliche Anzahl gemessen werden soll, da nur auf diese Weise ein effektiv und zuverlässig funktionierendes Regelsystem entworfen werden kann. In dem vom Verfasser vorgeschlagenen Regelkreis wäre den schon erwähnten Kenngrößen das Geräuschspektrum hinzugefügt, dessen Kontrolle in erster Linie zum Vermeiden von Instabilitäten und Gefahrensituationen zu verwenden wäre.

Nach Meinung der Fachleute ist die Belastung der Umwelt in großem Maße der bedeutenste Nachteil der Geräuschmessungen. In integrierten Fertigungssystemen und Fertigungszellen ist der Umweltlärm gut zu handhaben, praktisch verändert er sich kaum und beeinflusst die Messergebnisse nicht. Natürlich muß man sichern, daß der Geräuschaufnehmer so dicht wie möglich an der Geräuschquelle angebracht sei, die im gegebenen Fall die Werkstück-Werkzeug Berührungszone ist. Die Berechtigung der Geräuschmessungen unterstreicht auch die Tendenz, daß in den letzten Jahren die Anwendung berührungsfreie Aufnehmer benutzender Systeme in den Vordergrund rückte [4]. Von den in den ungarischen flexiblen Fertigungssystemen zu verwendenden AC-Systemen befindet sich nur das von dem MTA-SZTAKI entwickelte System im Stadium der vorbetrieblichen Untersuchungen. Dieses System regelt über die vom Hauptmotor aufgenommenen Momentan- und Durchschnittsleistung die Vorschubänderung. Es wird jetzt eine neue Variante dieses Systems entwickelt, diese DIALOG CNC-AC-Option wäre dadurch in der Lage, die vom Echtzeitanalysator ausgegebenen Signale zu der Regelung heranzuziehen. Als Beispiel dafür kann die Überwachung eines kennzeichnenden Terzbandes oder der Veränderung des Schalldruckpegels „A“ genannt

werden. (Abb. 4) In letzterem Falle kann man ein billiges, handelsübliches Gerät verwenden. Basierend auf der Geräuschmessung kann z.B. zum Vermeiden von Instabilitäten in der Zukunft auch ein solches Lernsystem entworfen werden, welches das von Echtzeitanalysator gelieferte Spektrum kontinuierlich aufarbeitet, und unter Verwendung der Ergebnisse über Drehzahl- und Vorschubänderung in den Prozeß zur Sicherung des stabilen Zerspanungszustandes eingreift.

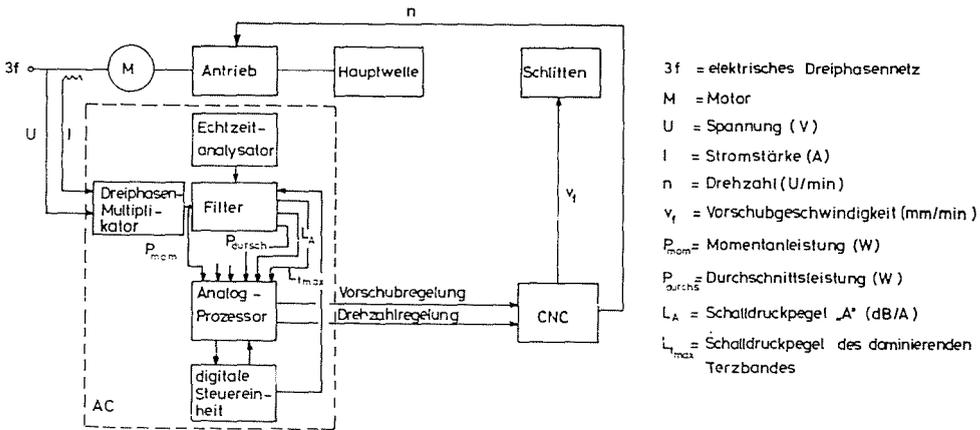


Abb. 4. CNC-AC Regelung

Zusammenfassung

Die auf spannenden Werkzeugmaschinen durchgeführten Geräuschmessungen können nicht nur im Leerlauf (für diagnostische Zwecke), sondern auch während des Betriebes verwendet werden, da das emittierte Geräusch die verschiedenen Zustände des Zerspanungsvorganges kennzeichnet.

Mit Hilfe eines Echtzeitanalysators kann der Zustand des bearbeitenden Werkzeuges verfolgt werden. Der Echtzeitanalysator kann in einem entsprechend aufgebauten AC-Kreis das Mittel der Regelung und der Überwachung des Zerspanungsvorganges sein.

Literatur

1. BERKES, O.: Dissertation, T. U. Budapest, 1982
2. MERCER, D.: Metalwork 124. 130. (1980)
3. PODURAJEV—VALIKOV; Izv. VUZ Maschinostroenie 6. 117. (1978)
4. COLEMAN, J. R.: Tooling and Production, 49. 71. (1983)

Dr Ottó BERKES H-1521 Budapest