

Patentansprüche:

1. Schaltungsanordnung zur Kompensation des Werkstücktemperatureinflusses an Werkzeugmaschinen, **dadurch gekennzeichnet**, daß durch die Kombination von Weg- und Temperaturmeßeinrichtung in Verbindung mit einer Verarbeitungs- und Auswerteeinheit der aktuelle Zustand des zu bearbeitenden Werkstückes mit hoher Genauigkeit erfaßt wird.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der aktuelle Istzustand (Temperatur und Geometrie) des zu bearbeitenden Werkstückes auf einem temperaturunabhängigen Modell abgebildet wird.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1–2, **dadurch gekennzeichnet**, daß aus dem Vergleich Istzustand–Modell eine Regelgröße resultiert, welche zyklisch ermittelt wird und direkt Einfluß auf den Bearbeitungsvorgang, in Abhängigkeit vom Sollwert des Bearbeitungsendwertes zur Kompensation der temperaturabhängigen Geometrieänderung des Werkstückes, nimmt.
4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1–3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Funktion der Module der Steuereinheit durch einen Prozeßrechner in Verbindung mit programmtechnischen Mitteln realisiert ist und somit das dargelegte Verarbeitungs- und Auswertesystem auf mehrere, unterschiedliche Bearbeitungsrichtungen anwendbar ist.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Steuerung des Arbeitsablaufes von spanenden Werkzeugmaschinen zur Erhöhung der Genauigkeit der Bearbeitung mittels Wegmessung unter Beachtung der Werkstücktemperatur und Kompensation dieses Temperatureinflusses durch Abbildung der temperaturabhängigen Werkstückgeometrie auf ein temperaturunabhängiges Modell zur Entscheidungsfindung.

Die Anwendung der Erfindung ist für solche spanabhebenden Vorgänge gegeben, bei denen Werkstücke bearbeitet werden, deren Geometrie infolge von Erwärmung eine temperaturabhängige Änderung erfahren hat oder im Prozeß der Bearbeitung erfährt, wodurch diese Werkstücke nur mit ungenügender Genauigkeit bearbeitet werden können und diese Bearbeitungsfehler durch Änderung des Zustellmaßes vermieden werden können.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es ist bekannt, daß in verschiedenen Werkzeugmaschinen Steuerungen integriert sind, welche auf unterschiedliche äußere Einflüsse reagieren und diese Störgrößen selbständig ausregeln. Dabei werden vor allem Lageveränderungen und Verschleißkriterien der Werkzeuge als direkte Regelgrößen einbezogen und durch Veränderung der Zustell- und Vorschubbewegung der Werkzeugmaschine ausgeglichen.

Das Kriterium „Temperaturänderung“ wird aber in den bekannten NC- und CNC-Steuerungen nicht als Regelgröße berücksichtigt, sondern wird nur zur Registrierung von Grenzfällen der Überlastung als Störgröße erfaßt.

Auch bei anderen bekannten technischen Maschinen und Anlagen wird die Temperaturerfassung nur zum Schutz vor Überlastung und/oder unzulässiger Erwärmung genutzt und über entsprechende Schwellwerteneinrichtungen zum Abschalten der Maschinen oder zum Zuschalten von Kühlsystemen genutzt.

So wird in WP DD87424 ein Verfahren zum Regeln der Bewegungsabläufe zwischen Werkzeug und Werkstück bei Bearbeitungsvorgängen auf spanenden Werkzeugmaschinen beschrieben, bei dem eine numerische Steuerung mit Überlastschutz gegen zu große Schnitttiefe ausgerüstet ist.

Weiterhin ist zu dieser Problematik in OS DE 3111425 ein Verfahren und Vorrichtung zur Erkennung abnormaler Störgrößen beim Betrieb in Werkzeugmaschinen beschrieben, bei dem verschiedene Meßsignale über Werkzeug und Bewegungsablauf zur gut/schlecht-Auswertung über das Werkstück genutzt werden.

In PS DE 2621430 wird ein Kompensationssystem für eine numerische gesteuerte Werkzeugmaschine beschrieben, bei dem der veränderte Radius des Werkzeuges (Abnutzung) als Regelgröße für die Stellgröße Zustellung genutzt wird.

Bei keiner der bekannten technischen Lösungen wird jedoch die auf Grund einer Temperaturerhöhung des Werkstückes veränderte Geometrie des Werkstückes in die Steuerungs- oder Regelungsverfahren einbezogen und kompensiert.

Die während eines Bearbeitungsprozesses auftretenden Temperaturänderungen am Werkstück führen in jedem Fall auch zu Geometrieänderungen am Werkstück, welche nach Abkühlung des Werkstückes sich in einem geänderten Bearbeitungsmaß bemerkbar machen. Bei hohen Genauigkeitsanforderungen bedeutet diese auftretende Endmaßdifferenz in jedem Fall eine Qualitätsminderung (bis hin zum Ausschuß), welche mit den bekannten technischen Lösungen nicht kompensiert werden kann.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Schaffung einer im Aufbau einfachen, funktionssicheren, in der Herstellung kostengünstigen und wenig materialintensiven Schaltungsanordnung zur Kompensation des Werkstücktemperatureinflusses auf die Genauigkeit der Bearbeitung an Werkzeugmaschinen.

Die Schaltungsanordnung ist für ohne Kühlflüssigkeit arbeitende Werkzeugmaschinen vorzusehen, welche die durch Temperaturerhöhung resultierende Geometrieänderung des Werkstückes durch Veränderung der Zustell- und/oder Vorschubbewegung ausgleicht und so ein Bearbeitungsendmaß garantiert, welches hohen Qualitätsansprüchen gerecht wird. Die Schaltungsanordnung ist so aufzubauen, daß sie in bestehende Anlagen leicht nachrüstbar ist und als hierarchische Steuereinheit eine hohe Zuverlässigkeit besitzt und die erforderliche Genauigkeit der Bearbeitung gewährleistet.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde eine Schaltungsanordnung zu entwickeln, mit der die temperaturabhängigen Geometrieänderungen der Werkstücke durch Beeinflussung der Zustellbewegung an Werkzeugmaschinen kompensiert werden und die Genauigkeit der Bearbeitung erhöht wird.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Kombination von Temperatur- und Wegmeßeinrichtung eine zyklische Ermittlung der aktuellen Werkstückgeometrie mit hoher Genauigkeit ermöglicht und dieser temperaturabhängige Istzustand auf einem temperaturabhängigen Modell abgebildet wird.

Die aus der Abbildung in der Auswerteeinheit resultierende Differenz zwischen Istzustand und Modell bildet in Verbindung mit dem Sollwert des Bearbeitungsendmaßes die erforderliche Regelgröße für den Ablauf des Bearbeitungsvorganges zur Kompensation der im Bearbeitungsprozeß temperaturabhängig geänderten Werkstückgeometrie.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll an einem Ausführungsbeispiel gemäß den zugehörigen Zeichnungen näher erläutert werden. Die Zeichnungen zeigen:

Fig. 1: Gesamtschaltbild der Schaltungsanordnung

Fig. 2: Impulsdiagramm

Die Funktionsweise der Erfindung soll am Beispiel einer Karusselldrehmaschine zur Bearbeitung der Radreifen von elektrischen Lokomotiven unterschiedlicher Baureihen beschrieben werden.

Die Radreifen mit einem Durchmesser von etwa 1,5m werden aus Rohlingen hergestellt, wobei der Innendurchmesser aus technologischen Gründen mit einer Genauigkeit von mindestens 0,1mm zu realisieren ist. Dabei ist für jeden Radreifen ein eigenes fertigungstechnisch bedingtes Endmaß zu gewährleisten.

Infolge der Erwärmung der Radreifen im Bearbeitungsprozeß kommt es zu Bearbeitungsfehlern im Bereich einiger Zehntelmillimeter, wodurch die geforderte Genauigkeit nicht realisiert werden kann. Durch die zusätzliche Einbringung eines Temperatursensors zur Messung der Werkstücktemperatur werden diese Abweichungen erfaßt und sind somit kompensierbar. Zur Kompensation des Temperatureinflusses wurde mit einer Meßreihe der Zusammenhang zwischen der sich ändernden Werkstückgeometrie und der Temperatur in der interessierenden Richtung

$$s = f_1(s'; T) \text{ ermittelt.} \quad (1)$$

s' : Wegkoordinate bei Umgebungstemperatur (20°C)

s : Wegkoordinate; durch erhöhte Temperatur verfälscht

T : Werkstücktemperatur

Daraus wird eine zweite Beziehung

$$s' = f_2(s; T) \quad (2)$$

abgeleitet, mit der ein Transformator (4.4) die korrigierte Wegkoordinate berechnet.

Die eingesetzte Schaltungsanordnung besteht aus einer Tastatur, Analog/Digital-Wandlern zum Anschluß von Weg- und Temperatursensoren, einer Steuereinheit und einem Ausgabemodul zur Ansteuerung des Werkzeugmaschinenschalterschranke. (Figur 1) Die für die Bearbeitung notwendige Eingabe des Sollwertes als Bearbeitungsendmaß erfolgt mit einer Tastatur (1). Dieser Sollwert wird über eine Eingabesteuerung (4.3) und einem Sollwertspeicher (4.5) einem Komparator (4.6) zugeführt. Darüber hinaus ist die Tastatur (1) derart gestaltet, daß eine direkte Beeinflussung des Bearbeitungszyklusses durch Steuerinformationen des Bedieners möglich ist.

(Start; Stop; Sollwertkorrektur)

Für die Erfassung des Istwertes ist in der Schaltung ein Wegsensor (3.1) zur Wandlung des Weges $s(t)$ in eine Spannung $U_s(t)$ gemeinsam mit einem Analog/Digital-Wandler (1.2) als Wegmeßeinrichtung (3) angeordnet.

Die zur Kompensation des Temperatureinflusses auf die Werkstückgeometrie notwendige Temperaturmessung erfolgt mit einer Temperaturmeßeinrichtung (2). Diese besteht aus einem Temperatursensor (2.1) zur Wandlung der Temperatur $T(t)$ in eine elektrische Spannung $U_T(t)$ und aus einem Analog/Digital-Wandler (2.2).

Die Linearisierung der Kennlinien der Weg- und Temperaturmeßeinrichtungen erfolgt in einem Modul Kennlinienlinearisierung (4.1/4.2) der Steuereinheit.

Entsprechend den in Meßreihen aufgenommen Beziehungen zwischen Werkstücktemperatur und Werkstückgeometrie für verschiedene Werkstoffe wird das gemessene temperaturabhängige Wegsignal mit Hilfe des Transformators (4.4) auf das Wegsignal eines temperaturunabhängigen Modells für die Werkstückgeometrie abgebildet. Dieses temperaturunabhängige Wegsignal wird als Istwert weiterverarbeitet. Der Vergleich des Istwertes mit dem Sollwert erfolgt in einem Komparator (4.6). In Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis erfolgt eine Entscheidung über die Größe der Zustellbewegung. Diese wird über die Zeitsteuereinheit (4.7) realisiert und wirkt über den Ausgangsmodul (5) auf den Werkzeugmaschinenschalterschrank.

Für die Bildung der Ausgangssignale der Zeitsteuereinheit (4.7) werden die für den jeweiligen Bearbeitungszyklus notwendigen technologisch bedingten Werte für die Zustellbewegung und den Vorschub in die Entscheidungsfindung integriert.

Die Einheiten Kennlinienlinearisierung, Transformator, Komparator und Zeitsteuereinheit konnten in Form von EPROM realisiert werden, wodurch eine hohe Prozeßflexibilität gewährleistet wird. Nach der Eingabe des Sollwertes und dem Starten des Bearbeitungsvorganges läuft der nachfolgend erläuterte Zyklus (Figur 2) repetierend ab.

Ein solcher Zyklus beginnt mit der Erfassung der aktuellen Werkstücktemperatur und der Lage des Drehmeißels in Richtung der Zustellbewegung. Anschließend wird der temperatureinflußkompensierte Istwert der Meißellage mit dem Sollwert für das Bearbeitungsendmaß verglichen.

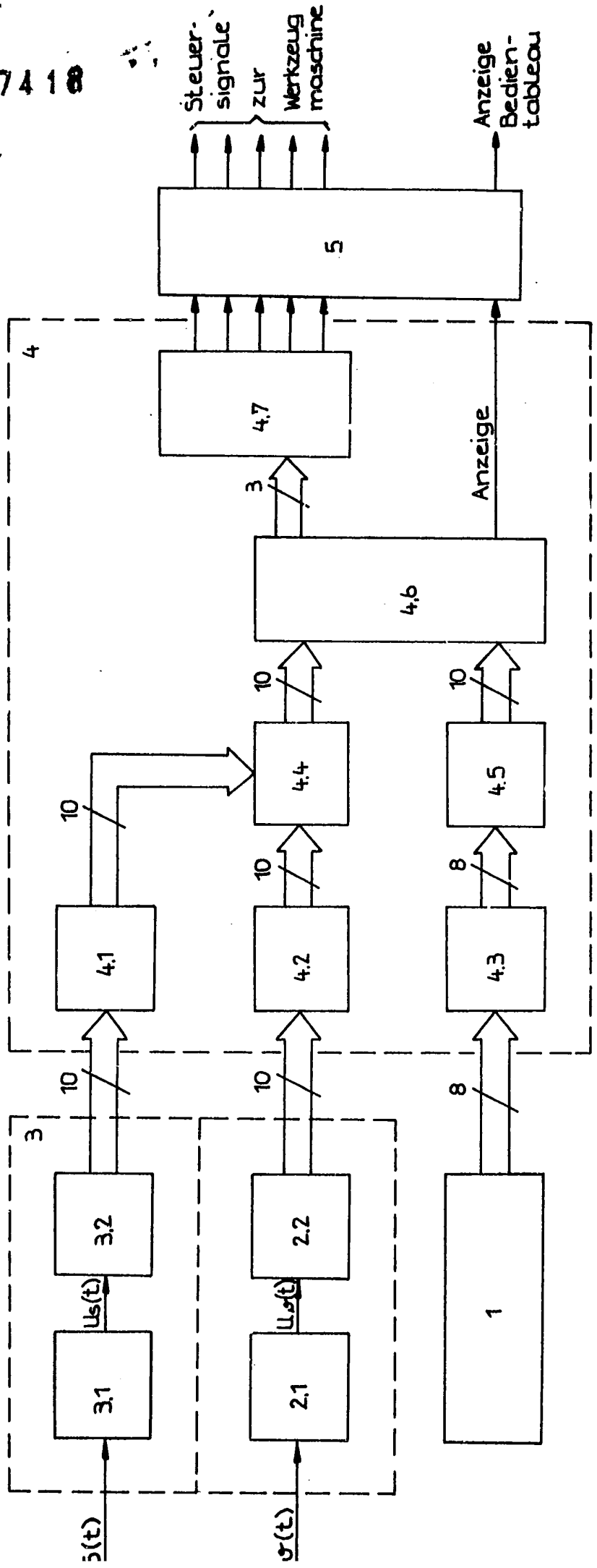
Ist die Differenz zwischen Soll- und Istwert größer als 0,7 mm wird als nächster Bearbeitungsschritt ein Schruppgang mit einer Spantiefe von 0,5 mm–5,0 mm durchgeführt. Dazu wird vom Komparator ein Signal „Schruppgang“ gesetzt und von der Zeitsteuereinheit die Arbeitsgänge „Zustellen“ und „Vorschub“ ausgeführt.

Mit einem Steuerimpuls „abdrehen – Ende“ wird der Zyklus abgeschlossen und ein neuer Zyklus, wieder mit der Weg- und Temperaturmessung beginnend eingeleitet.

Für den Fall, daß die Differenz zwischen Soll- und Istwert kleiner als 0,7 mm ist, wird das Steuersignal „Schruppgang“ zurückgesetzt und ein Steuersignal „Schlichtgang“ gesetzt. In Abhängigkeit von der Differenz zwischen Ist- und Sollwert, der geforderten Genauigkeit und der Oberflächengüte werden jetzt von der Zeitsteuerung Zustellbewegungen in der Größenordnung von 0,1 mm–0,3 mm ausgeführt.

Dieser Zyklus wird wieder mit dem Signal „abdrehen – Ende“ abgeschlossen und solange wiederholt bis Soll- und Istwert mit einer Genauigkeit von $\pm 0,05$ mm übereinstimmen.

277418



Figur 1

