



Offengelegt nach  
§ 10 Abs. 3 ErstrG

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: B 23 Q 15/22

G 01 B 21/16

G 05 B 19/18

B 23 C 1/00

## DEUTSCHES PATENTAMT

(21) Aktenzeichen:

DD B 23 Q / 340 114 6

(22) Anmeldetag:

26. 04. 90

(41) Aufgebot zur

Akteninsicht:

07. 05. 92

(43) Veröff.-tag

der Offenlegungsschrift:

09. 06. 94

(30) Unionspriorität:

—

(71) Anmelder bzw. Rechtsnachfolger:

Modul GmbH Chemnitz Werkzeugmaschinen, PF 1051, 09125 Chemnitz, DE

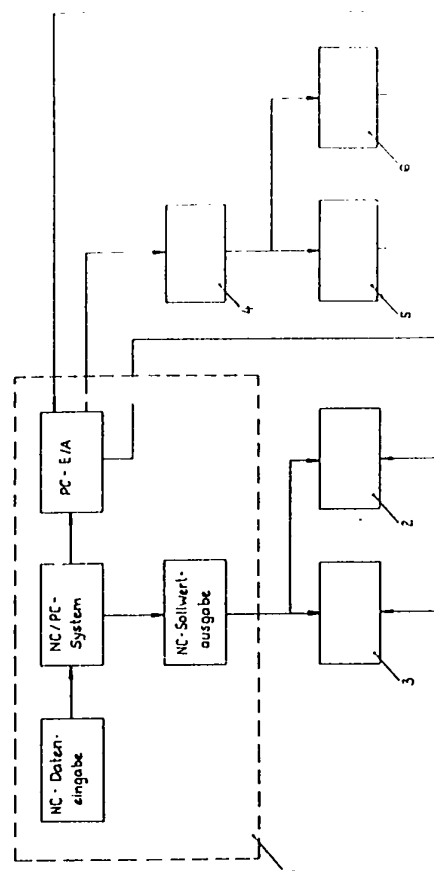
(72) Erfinder:

Hölzig, Michael, Dr.-Ing., 09111 Chemnitz, DE; Möckel, Frank, Dipl.-Ing., 09227 Einsiedel, DE;

Barth, Wolfram, 09122 Chemnitz, DE; Stark, Eberhard, Dr.-Ing., 09113 Chemnitz, DE

**(54) Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung der radialen und tangentialen Bezugslage von Werkzeug und Werkstück durch Signalisierung einer ersten Berührung bei Werkzeugmaschinen**

(55) Einrichteprozess; erste Berührung von Werkzeug und Werkstück, Resonanzschwingungsaufnehmer; Resonanz; Signalpegelerhöhung; Schwingungsamplitude; CNC-Steuerung; sprunghafte Amplitudenerhöhung, Wälzfräsmaschine, radiale Bezugslage; tangentiale Bezugslage  
(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ermittlung der radialen und tangentialen Bezugslage von Werkzeug und Werkstück durch Signalisierung einer ersten Berührung während des Einrichteprozesses für Fräsmaschinen, insbesondere für Wälzfräsmaschinen mit elektronischem Zwangslauf. Während es das Ziel der Erfindung ist, die erste Berührung zwischen Werkzeug und Werkstück zu erkennen, ohne daß dafür entsprechende Bauteile in deren Arbeitsraum einzubringen sind, zum anderen die subjektiven Fehlermöglichkeiten beim Einrichteprozess auszuschließen und gleichzeitig den Zeitaufwand für diesen Vorgang zu minimieren, besteht deren Aufgabe darin, den Einrichteprozess unter Einbindung in die CNC-Steuerung der Wälzfräsmaschine zu automatisieren und die nach der ersten Berührung auszuwertenden Signale so zu bilden, daß eine eindeutige Erkennung dieser Berührung ohne komplizierte Signalauswertung möglich ist. Dies wird dadurch gelöst, daß in der CNC-Steuerung eine Drehzahl für die Werkzeugspindel berechnet und an den Stromrichter des Werkzeugantriebes weitergegeben und bei Berührung von Werkzeug und Werkstück in der Maschine eine erzwungene Schwingung in einer Frequenz erzeugt wird, die eine Maschinenkonstante K verkörpert und daß die auf die Maschinenkonstante K geeichten Resonanzschwingungsaufnehmer in Resonanz schwingen, wodurch deren sprunghafte Amplitudenerhöhung zu einer in der CNC-Steuerung auswertbaren, den Vorschub-Halt auslösenden Signalpegelerhöhung der gemessenen Schwingungsamplitude führt. Figur



Fig

## Patentansprüche:

1. Verfahren zur Ermittlung der radialen und tangentialen Bezugslage von Werkzeug und Werkstück durch Signalisierung einer ersten Berührung bei Werkzeugmaschinen, insbesondere Wälzfräsmaschinen mit CNC-Steuerung und elektronischem Zwangslauf, mit Hilfe von Resonanzschwingungsaufnehmern, **dadurch gekennzeichnet**, daß in der CNC-Steuerung (1) eine Drehzahl für die Werkzeugspindel berechnet und an den Stromrichter (3) des Werkzeugantriebes weitergegeben und bei Berührung in der Maschine eine erzwungene Schwingung in einer Frequenz erzeugt wird, die eine Maschinenkonstante K verkörpert und daß die auf die Maschinenkonstante K geeichten Resonanzschwingungsaufnehmer (5) und (6) in Resonanz schwingen, wodurch deren sprunghafte Amplitudenerhöhung zu einer in der CNC-Steuerung (1) auswertbaren, den Vorschub-Halt auslösenden Signalpegelerhöhung der gemessenen Schwingungsamplitude führt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Frequenz der Maschinenkonstante K im Bereich von vorzugsweise 20–30 Hz liegt.
3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß jeweils mindestens ein Resonanzschwingungsaufnehmer (5) in radialer und ein Schwingungsaufnehmer (6) in tangentialer Richtung zur Werkstückachse am Ständer oder Gegenstände der Maschine angeordnet sind.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

## Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ermittlung der radialen und tangentialen Bezugslage von Werkzeug und Werkstück durch Signalisierung einer ersten Berührung während des im Automatikbetrieb betriebenen Einrichtungprozesses für Fräsmaschinen, insbesondere für Wälzfräsmaschinen mit elektronischem Zwangslauf.

## Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Aus dem Stand der Technik sind Verfahren zur Steuerung bzw. Vorrichtungen bekannt, die die technologischen Einrichteprozesse, wie die Bestimmung der radialen Ausgangslage des Werkzeuges und das tangentiale Einlehren von Fräser und vorverzahntem Werkstück automatisch oder zumindest mit Unterstützung des Bedieners realisieren.

In den DE-OS 2 434 032, 2 452 646 und 3 536 067 werden Lösungen beschrieben, bei denen bei Erkennen einer mechanischen Berührung von Werkzeug und Werkstück die jeweilige Abfühleinrichtung mit einem beeinflussbaren elektrischen Stromkreis ausgebildet ist, dessen Kennwerte zur Ermittlung der Berührung gemessen werden.

Nachteilig ist bei diesen Lösungen, daß sie zusätzliche Spannungspotentiale im Maschinensystem, eine elektrisch geeignete konstruktive Gestaltung der Trägerbaugruppen von Werkzeug und Werkstück (z. B. ohne isolierenden Gleitbelag bzw. Ölfilm) und einen erheblichen Aufwand zur elektronischen Erfassung und Auswertung des Berührungssignales (DE-OS 3 536 067) beinhalten. Im DD-WP 215 498 wird eine Steuereinrichtung zum selbständigen Ausrichten eines Zahnrades auf einer Zahnradbearbeitungsmaschine unter Ausnutzung von Tastern beschrieben, bei der während des Ausrichtvorganges entweder der Tasterkopf in eine Zahnücke eintaucht und dabei auf eine Zahnflanke auftrifft (hintere Zahnflanke), oder er trifft auf den dieser Zahnücke folgenden Zahnkopf auf.

Diese Lösung hat den Nachteil, daß sie zusätzliche Baugruppenträger mit einer hochgenauen Führung im Arbeitsraum der Maschine sowie komplizierte und aufwendige Algorithmen zur Taster signalauswertung erforderlich macht. Des weiteren wird in der DE-OS 3 617 781 ein Verfahren zur Steuerung der Werkzeug-Zustellung bei Bearbeitungsbeginn an einer Zahnradbearbeitungsmaschine vorgestellt. Hierbei wird das erstmalige Berühren von Werkzeug und Werkstück mittels optischer Meßgeber ermittelt.

Dieses Verfahren hat jedoch die Nachteile, daß es einmal vorzugsweise für Zahnrad-Schleifmaschinen anwendbar und andererseits dieser optische Meßgeber stets unmittelbar in die jeweilige Zahnücke einzubringen ist, d. h., er muß im Arbeitsraum zwischen Werkzeug und Werkstück angeordnet sein. Das wiederum führt entweder zu Behinderungen während des Arbeitsprozesses, oder der Meßgeber muß nach Feststellen der Berührung wieder aus dem Arbeitsraum entfernt werden.

## Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, mit Hilfe der erfindungsgemäßen Lösung ohne Bauteile zur Berührungserfassung in den Arbeitsraum zwischen Werkzeug und Werkstück einzudringen, die subjektiven Fehlermöglichkeiten beim Einrichtungprozeß auszuschalten und den Zeitaufwand für diesen Vorgang gleichzeitig zu minimieren.

## Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, wodurch der Einrichteprozess, d. h. die Signalisierung einer ersten Berührung von Werkzeug und Werkstück beim Ankratzen und Einlehren und damit die Ermittlung deren radialer und tangentialer Bezugslage, unter Einbindung in die CNC-Steuerung der Wälzfräsmaschine automatisiert werden kann, und die nach einer ersten Berührung auszuwertenden Signale so zu bilden sind, daß eine eindeutige Erkennung dieser Berührung ohne komplizierte Signalauswertung möglich ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß in der CNC-Steuerung eine Drehzahl für die Werkzeugspindel berechnet und an den Stromrichter des Werkzeugantriebes weitergegeben und bei Berührung von Werkzeug und Werkstück in der Maschine eine erzwungene Schwingung in einer Frequenz erzeugt wird, die eine Maschinenkonstante K verkörpert und daß die auf die Maschinenkonstante K geeichten Resonanzschwingungsaufnehmer in Resonanz schwingen, wodurch deren sprunghafte Amplitudenerhöhung zu einer in der CNC-Steuerung auswertbaren, den Vorschub-Halt auslösenden Signalpegelerhöhung der gemessenen Schwingungsamplitude führt.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist für die Maschinenkonstante K eine Frequenz im Bereich von vorzugsweise 20–30 Hz zu wählen. Des weiteren sind zur Durchführung des Verfahrens jeweils mindestens ein Resonanzschwingungsaufnehmer in radialer und ein Schwingungsaufnehmer in tangentialer Richtung zur Werkstückachse am Ständer oder Gegenstände der Maschine angeordnet.

Aufgrund der Möglichkeit des Einsatzes von Resonanzschwingungsaufnehmern für dieses Steuerverfahren, die an beliebiger Stelle am Ständer bzw. Gegenstände der Maschine in ebenfalls beliebiger Zahl angebracht werden können, ist der Einrichteprozess durch Wegfall der entsprechenden Bauelemente im Arbeitsbereich ungehindert ausführbar.

Außerdem ist mit dieser erfinderischen Lösung die Grundlage geschaffen worden für eine Automatisierung des Einrichteprozesses, der automatisch abläuft, wodurch subjektive Fehler völlig ausgeschlossen werden.

## Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachfolgend am Beispiel einer Stirnradwälzfräsmaschine mit CNC-Steuerung und elektronischem Zwangslauf zwischen der linearen und rotatorischen Werkzeugbewegung sowie der Werkstückdrehung und zugehöriger Zeichnung näher erläutert werden.

Die Figur zeigt ein Blockschaltbild zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Für den automatisch über die CNC-Steuerung 1 der Wälzfräsmaschine ablaufenden Einrichtevorgang wird gemäß Figur zunächst durch den Bediener über die Tastatur der Steuerung die jeweilige Einrichtefunktion „Einlehren“ oder „Ankratzen“ aufgerufen. Dieser Aufruf löst in der CNC-Steuerung 1 den Abruf der nach der Eingabe der pro Fräserumdrehung bei einer ersten Werkzeug-Werkstück-Berührung zum Eingriff kommenden Fräserzähne, bei Standardwerkzeugen die Fräserstollenzahl, aus. Nunmehr ist der manuelle Start für die Werkzeug-Spindeldrehung freigegeben. In der CNC-Steuerung 1 wird daraufhin die Drehzahl für die Werkzeugspindel so berechnet und an das Antriebssystem ausgegeben, daß das Produkt aus Fräserdrehzahl 5 und wirksamer Fräserstollenzahl n eine Maschinenkonstante K für die Schwingungserregerfrequenz bei Fräserstelleneingriff ergibt, die vorzugsweise im Frequenzbereich von 20–30 Hz liegt.

Mit dem Spindelstart wird gleichzeitig für den jeweiligen die Zustellbewegung des Werkzeuges auf die Flanke des Werkstückes (Tangentialvorschubachse für das „Einlehren“ bzw. die Radialvorschubachse für das „Ankratzen“) realisierenden Stromrichter des Vorschubmotors 2 eine Strombegrenzung, d. h. eine Momentenbegrenzung zugeschaltet, die etwa 110–120% des für die Zustellbewegung üblichen statischen Strombedarfes ohne Schnittrkräfte beträgt. Analog dazu wird ebenfalls der Stromrichter des Werkzeugantriebes 3 durch Zuschalten einer Strombegrenzung von 110–120% bei Leerlaufdrehzahl auf die Berührungserkennung eingestellt.

Des weiteren wird zu diesem Zeitpunkt die Meßelektronik 4 für die Schwingungsauswertung der auf die Maschinenkonstante K abgestimmten Resonanzschwingungsaufnehmer 5 und 6, die vorzugsweise in radialer und tangentialer Richtung zur Werkstückachse am Ständer oder Gegenstände der Maschine angeordnet sind, aktiviert.

In einem Verfahrenszwischenschritt kann durch die CNC-Steuerung 1 in Auswertung des anstehenden analogen Signals der Resonanzschwingungsaufnehmer 5 und 6 durch Vergleich mit einem abgespeicherten Grenzwert 1 kontrolliert werden, ob die Meßelektronik 4 ordnungsgemäß arbeitet, da selbst im berührungslosen Zustand ein durch Leerlaufschwingungen in der Maschine erzeugtes quantitativ vergleichbares Signal ansteht.

Bei Fehlfunktionen der Meßelektronik 4 wird der weitere Ablauf über die CNC-Steuerung 1 sofort abgebrochen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Realisierung des Einrichteprozesses läuft nun folgendermaßen ab.

Bei radialer Annäherung (z. B. über ein elektronisches Handrad der CNC-Steuerung 1) des sich drehenden Werkzeuges an das sich im Zwangslauf zu diesem ebenfalls drehende Werkstück werden infolge der ersten Berührung von Werkzeug und Werkstück durch die Fräserstollen zusätzliche auf die Maschinenkonstante K abgestimmte Schwingungen in der Maschine erzeugt, die die „Leerlaufschwingungen“ überlagern. An schwingungsanfälligen Baugruppen der Wälzfräsmaschine, wie z. B. am Gegenständer, prägen sich diese Schwingungen besonders aus.

Die hier in radialer und tangentialer Richtung zur Werkstückachse am Gegenstände angeordneten

Resonanzschwingungsaufnehmer 5 und 6 sind mit ihrem Schwingungssystem so auf die Maschinenkonstante K abgestimmt, daß es bei Berührung von Werkzeug und Werkstück, d. h. bei zusätzlicher Erregung der Wälzfräsmaschine im Frequenzbereich dieser Maschinenkonstante K in den Schwingungsaufnehmern 5 und 6 zur Resonanzerscheinung kommt.

Entsprechend der gewählten Ansprechsensibilität dieser geeichten Schwingungsaufnehmer 5 und 6 genügen bereits kleinste Erregerkräfte in dieser Frequenz, um eine Erhöhung der Schwingungsamplitude der Resonanzschwingungsaufnehmer 5 und 6 zu erzielen. Die auszuwertende Signalpegelerhöhung liegt dabei im Bereich von 300–1000%.

Diese sprunghafte Signalpegelerhöhung kann nun z. B. nach A-D-Wandlung in einem PC-Rechner bei Überschreitung eines festgelegten Grenzwertes ausgewertet werden und einen sofortigen Vorschub-Stop an die Wegesteuerung der Vorschubachsen der CNC-Steuerung 1 auslösen, der unabhängig von den weiteren Bedienhandlungen an der Maschine ist.

Zur Erhöhung der Sicherheit des Steuerablaufes ist es zweckmäßig, daß die Schwingungsamplituden beider Resonanzschwingungsaufnehmer 5 und 6 unabhängig davon, ob „Einlehren“ oder „Ankratzen“ vorgewählt wurde, in der CNC-Steuerung 1 ausgewertet werden und beim entsprechend vorgegebenen Signalpegel bei Berührung zum Vorschub-Stop-Signal führen. Experimentell konnte nachgewiesen werden, daß jeweils beide Resonanzschwingungsaufnehmer 5 und 6 in der oben genannten erforderlichen Größenordnung (300% im Vergleich zum berührungslosen Zustand) eine Signalpegelerhöhung erfahren.

Das Zuschalten externer Strombegrenzungen zu den Stromrichtern 2 an die jeweils bewegten Vorschubachsen und des Stromrichters des Werkzeugantriebes 3 dient als weitere Maßnahme zur Erhöhung der Sicherheit des Steuerverfahrens bei möglicher Fehlfunktion zum Zeitpunkt der Berührungserkennung, da bei zu tiefem Eindringen des Werkzeuges in das Werkstück beide zusätzlich benötigten Ströme die vorbestimmten Werte der Strombegrenzung erreichen bzw. überschreiten und somit weitere Abschaltsignale bzw. direkte Abschalttroutinen der Stromrichter 2 und 3 sofort aktiviert werden.

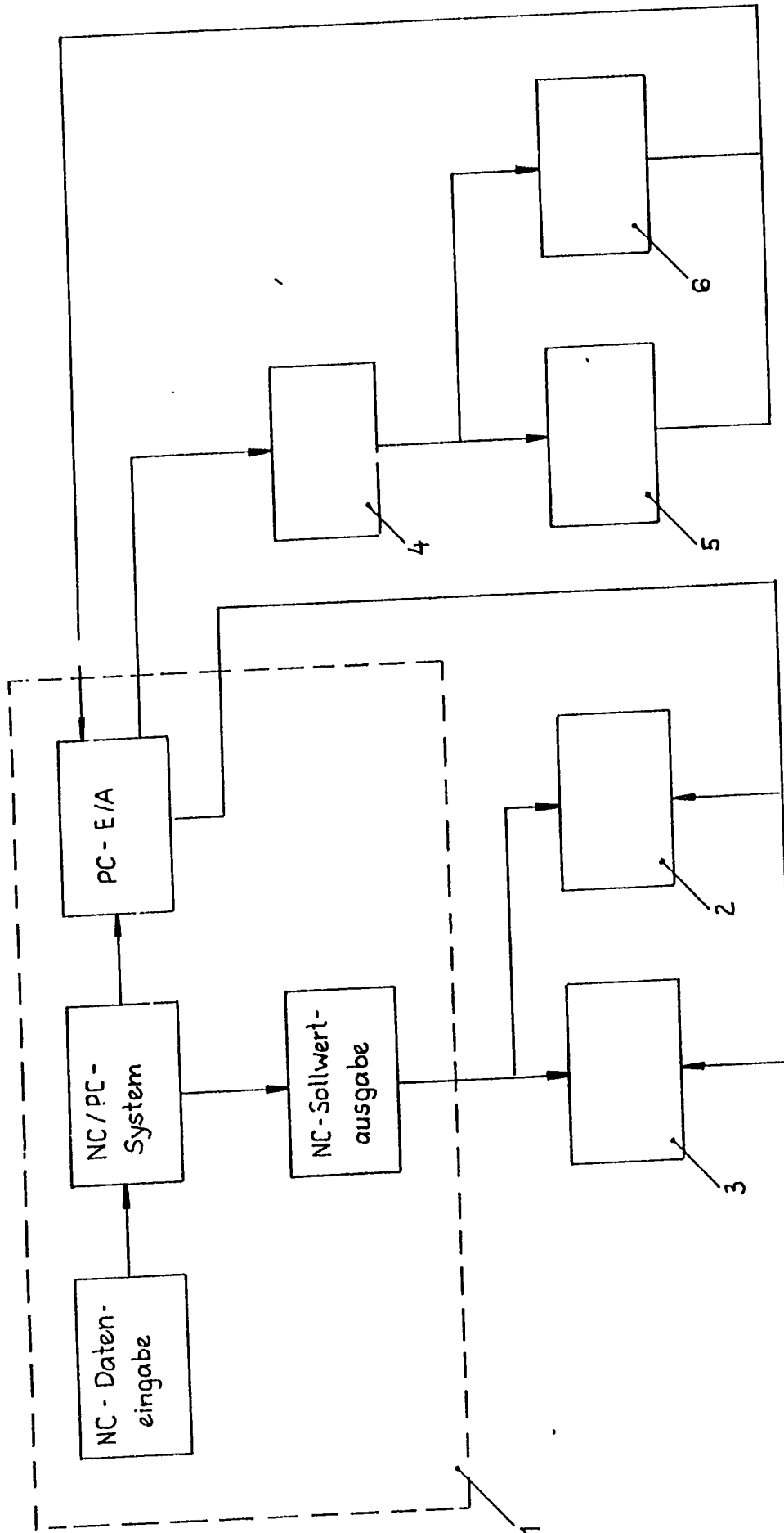
Weitere Abschaltsignale lassen sich ableiten, wenn die Strom-Ist-Werte der am Vorgang beteiligten Stromrichter 2 und 3 A/D gewandelt und in der CNC-Steuerung digital auf allerdings nur kleine Ist-Wert-Sprünge ausgewertet werden.

Der infolge der Berührung von Werkzeug und Werkstück erreichte Vorschub-Stop-Zustand der Maschine wird dem Bediener akustisch oder optisch signalisiert, und der Einrichteprozess kann entsprechend der technologischen Aufgabenstellung mit dem Vorgang „Ankratzen“ oder „Einlehren“ fortgesetzt werden.

Zum Zeitpunkt der Berührungserkennung kann gleichzeitig die erreichte Position der bewegten Achse des Werkzeuges in einem entsprechenden Speicher der CNC-Steuerung 1, gegebenenfalls mit einem experimentell ermittelten Korrekturbetrag, abgelegt werden (z. B. die Ankratzstellung in den Speicher der Nullpunktverschiebung der X-Achse).

Nunmehr sind in der CNC-Steuerung 1 das Bearbeitungsprogramm mit den relativen Verfahrenswegen des Werkzeuges und die Absolutlage des Werkstückes zueinander in Beziehung gesetzt.

Alle anderen Maschinenfunktionen werden solange blockiert, bis der Bediener durch Abwahl der Einrichtefunktion „Ankratzen“ oder „Einlehren“ den Ausgangszustand der Maschine herstellt. Die nach der Berührungserkennung in der CNC-Steuerung 1 der Maschine gespeicherten Daten bilden die Grundlage eines automatischen Steuerablaufes für die Einrichtefunktionen „Ankratzen“ und „Einlehren“.



பு.