

PATENTANSPRÜCHE

1. Schleifmaschine mit einem Gestell, einem eine Schleifscheibe tragenden Schleifscheibenkopf, einem Schleifscheibenmotor zur Drehung der Schleifscheibe und einem Vorschubmechanismus zur Ausführung einer gegenseitigen Bewegung zwischen dem Schleifscheibenkopf und einem Werkstück, wobei der Vorschubmechanismus auf eine Steuerung anspricht, die eine Anzahl von Signalen erzeugt zur Bildung eines Schleifzyklus mit einer Anzahl von Arbeitsgängen: einem Schnellvorschubgang für das Positionieren des Schleifscheibenkopfes oder des Werkstücks, wobei der Schnellvorschubgang durch ein erstes Signal aus der Steuerung eingeleitet wird, durch einen Spaltbeseitigungsgang für das Positionieren des Schleifscheibenkopfes oder des Werkstücks zur Einleitung des Schleifvorgangs, wobei die Steuerung ein zweites Signal erzeugt zur Beendigung des Schnellvorschubgangs und zum Beginn des Spaltbeseitigungsgangs, und durch einen Schleifgang für die Ausführung des Schleifvorgangs, gekennzeichnet durch einen auf die Belastung des Schleifscheibenmotors ansprechenden Umformer (40) zur Erzeugung eines die Gesamtkraft am Schleifscheibenmotor (34) darstellenden Signals, durch ein auf das Umformersignal ansprechendes Speicherelement (46) für das Speichern des Umformersignals vor der Berührung der Schleifscheibe (11) mit dem Werkstück (36), wobei das gespeicherte Signal die Nichtschleifkräfte am Schleifscheibenmotor (34) darstellt, durch einen Eingänge aufweisenden Komparatorkreis (50), der auf den Umformer (40) und auf gespeicherte Umformersignale anspricht zur Erzeugung eines Schleifkraftsignals in Abhängigkeit von der Differenz zwischen den Eingängen, durch eine auf das Schleifkraftsignal ansprechende Torschaltung (56) zur Erzeugung eines ersten Zyklusabänderungssignals zur Umkehr der Richtung der gegenseitigen Bewegung zwischen der Schleifscheibe (11) und dem Werkstück (36) jedesmal, wenn das Schleifkraftsignal eine gegebene Grösse übersteigt und dem zweiten Signal vorausseilt, und durch eine auf das Schleifkraftsignal ansprechende zweite Torschaltung (68) zur Erzeugung eines zweiten Zyklusabänderungssignals zur Abänderung der Bewegungsgeschwindigkeit zwischen der Schleifscheibe (11) und dem Werkstück (36) jedesmal, wenn das Schleifkraftsignal eine gegebene Grösse übersteigt im Anschluss an das zweite Signal.

2. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zur Speicherung des Umformersignals einen Entnahme- und Haltekreis (46) enthält zur Entnahme des Umformersignals vor dem Auftreten des ersten Signals und zum Halten des entnommenen Umformersignals während der Dauer des Schleifzyklus.

3. Maschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zur Erzeugung des Schleifkraftsignals einen Komparatorkreis (50) enthält, dessen erster Eingang mit dem Entnahme- und Haltekreis (46) und dessen zweiter Eingang mit einem Filterkreis (44) verbunden ist, wobei der Komparatorkreis (50) das die Nichtschleifkräfte am Schleifscheibenmotor (34) darstellende gespeicherte Umformersignal von dem die Gesamtkraft am Schleifscheibenmotor (34) darstellenden Umformersignal subtrahiert zur Erzeugung des die Schleifkraft am Schleifscheibenmotor (34) darstellenden Schleifkraftsignals.

4. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zur Erzeugung des ersten Zyklusabänderungssignals (52-60) bewirkt, dass die gegenseitige Bewegung zwischen dem Schleifscheibenkopf (33) und dem Werkstück (36) unterbrochen wird.

5. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zur Erzeugung des ersten Zyklusabänderungssignals (52-60) bewirkt, dass sich die gegenseitige Bewegung zwischen dem Schleifscheibenkopf (33) und dem Spindel-

stock (35) umkehrt und deren anfängliche gegenseitige Lage vor dem Auftreten des ersten Signals wiederhergestellt wird.

6. Maschine nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch eine auf das zweite Zyklusabänderungssignal ansprechende Einrichtung (72) zur Erzeugung eines Teilsignals, das die Anzahl der dem Schleifvorgang unterworfenen Werkstücke darstellt.

7. Maschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zur Erzeugung des Teilsignals einen Zählkreis (72) enthält, der auf die zweite Torschaltung (68) anspricht, indem er zur Erzeugung des Teilsignals in Abhängigkeit von jedem Auftreten des Spaltbeseitigungssignals eine Zählung hinzufügt.

8. Maschine nach Anspruch 7, gekennzeichnet durch einen auf das Steuersignal ansprechenden Kreis (74) zur Erzeugung eines Kein-Teil-Signals, das die Häufigkeit darstellt, mit der der Zyklus bei Abwesenheit eines Werkstücks (36) ausgeführt wurde, und durch einen Kreis (76, 77), der auf das Kein-Teil-Signal anspricht und mit der Steuerung (38) verbunden ist zur Abänderung des Zyklus in Abhängigkeit vom Kein-Teil-Signal.

9. Maschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Kreis zur Erzeugung des Kein-Teil-Signals einen Takt- und Reseteingänge aufweisenden Zeitkreis (74) enthält, der auf das zweite Signal bzw. das zweite Zyklusabänderungssignal anspricht und ein Keine-Teile-Signal erzeugt in Abhängigkeit von der Anwesenheit des zweiten Signals und der Abwesenheit des Spaltbeseitigungssignals.

10. Maschine nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der auf das Kein-Teil-Signal ansprechende Kreis einen Keine-Teile-Zählkreis (76) und einen Dekodierer (77) aufweist, wobei der Keine-Teile-Zählkreis (76) in Abhängigkeit von jedem Auftreten des Keine-Teile-Signals eine Zählung hinzufügt und der Dekodierer (77) auf eine gegebene Anzahl von Zählungen am Kein-Teil-Zählkreis (76) anspricht für die Erzeugung eines Signals zur Abänderung des Zyklus.

Die Erfindung betrifft eine Schleifmaschine mit einem Gestell, einem eine Schleifscheibe tragenden Schleifscheibenkopf, einem Schleifscheibenmotor zur Drehung der Schleifscheibe und einem Vorschubmechanismus zur Ausführung einer gegenseitigen Bewegung zwischen dem Schleifscheibenkopf und einem Werkstück, wobei der Vorschubmechanismus auf eine Steuerung anspricht, die eine Anzahl von Signalen erzeugt zur Bildung eines Schleifzyklus mit einer Anzahl von Arbeitsgängen: einem Schnellvorschubgang für das Positionieren des Schleifscheibenkopfes oder des Werkstücks, wobei der Schnellvorschubgang durch ein erstes Signal aus der Steuerung eingeleitet wird, durch einen Spaltbeseitigungsgang für das Positionieren des Schleifscheibenkopfes oder des Werkstücks zur Einleitung des Schleifvorgangs, wobei die Steuerung ein zweites Signal erzeugt zur Beendigung des Schnellvorschubgangs und zum Beginn des Spaltbeseitigungsgangs, und durch einen Schleifgang für die Ausführung des Schleifvorgangs.

Bei derzeitigen Schleifmaschinen ist es allgemein üblich geworden, Mehrfach-Schleifzyklen anzuwenden zur Verminderung der Taktzeit und zur Erhöhung der Maschinenproduktivität. Ein normaler Zyklus enthält wenigstens drei gesonderte Arbeitsgänge, von denen jeder unterschiedliche Geschwindigkeiten für den Schleifscheibenvorschub aufweist. Der erste Arbeitsgang in einer normalen Schleifzyklusfolge ist der Schnellvorschubgang, bei dem die Schleifscheibe in Richtung zum Werkstück von einer Maschinenladestellung zu einer dazwischenliegenden gewählten Stellung bewegt wird. Der Zweck des Schnellvorschubgangs besteht in der schnellen Be-

wegung der Schleifscheibe zum Werkstück zur Beschleunigung der Schleifzykluszeit. Bei einer Aussenschleifmaschine erfolgt diese Bewegung im allgemeinen quer zur Achse des Werkstücks und mit Hydraulikantrieb. Bei einer Innenschleifmaschine umfasst der Schnellvorschub im allgemeinen zwei Bewegungen: zuerst die parallel zur Werkstücksachse erfolgende Tischverschiebebewegung, die die Schleifscheibe in den Werkstückshohlraum bewegt, und zweitens die Querverschiebebewegung, die quer zur Werkstücksachse erfolgt. Der zweite oder Spaltbeseitigungsgang beginnt mit der Beendigung des Schnellvorschubgangs an der gewählten Stelle. Bei diesem Spaltbeseitigungsgang erfolgt die eigentliche anfängliche Berührung des Werkstücks. Die Schleifscheibenvorschubgeschwindigkeit beim zweiten Arbeitsgang, dessen Antrieb häufig durch einen elektrischen Schrittmotor erfolgt, ist im allgemeinen niedriger als die Schnellvorschubgeschwindigkeit, ist aber noch grösser als die für den Schleifvorgang angebrachte Geschwindigkeit. Da die Schleifscheibenvorschubgeschwindigkeit während des zweiten Arbeitsgangs gross ist, müssen zur Durchführung des eigentlichen Schleifens Vorkehrungen zur Verminderung der Geschwindigkeit nach der Berührung des Werkstücks getroffen werden.

Die bisherigen Maschinen führten diesen zwischen den Arbeitsgängen erfolgenden Übergang auf einige unterschiedliche Arten durch. Ein Verfahren besteht in einer schnellen Bewegung der Schleifscheibe (oder des Werkstücks, falls dieses bewegt wird zur Ausführung der gegenseitigen Bewegung mit der Schleifscheibe) in eine gegebene feste Stellung in der Nähe des anfänglichen Berührungspunkts. Danach wird der dritte oder Schleifgang eingeleitet, wobei die Geschwindigkeit auf eine niedrigere Höhe vermindert wird, die sich für das Schleifen eignet. Ein drittes, ausgeklügeltes Verfahren ist dasjenige der Kraftermittlung. Bei diesem Verfahren überwacht ein Spaltbeseitigungskreis die Schleifkraft dadurch, dass die elektrische Belastung am Schleifscheibenmotor gemessen wird. Eine plötzliche Stromzunahme wird dann als Anzeige dafür gewertet, dass die Werkstücksberührung stattgefunden hat, wobei in Abhängigkeit hiervon ein Signal erzeugt wird, das zur Verminderung der Schleifscheibengeschwindigkeit verwendet wird. Die Vorrichtung nach der Erfindung steuert die Schleifmaschine entsprechend diesem letzteren Verfahren.

Beim Kraftermittlungsverfahren ist es erwünscht, die Schleifscheibenvorschubgeschwindigkeit nach der Berührung mit dem Werkstück so bald wie möglich zu vermindern, wodurch es erforderlich ist, dass die Geschwindigkeitsänderung bei einer kleinen Zunahme des Motorstroms auftritt. Bei bisherigen Maschinen ist der Schleifscheibenleerlaufstrom durch einen festen Wert vorgegeben. Der Leerlaufstrom ist aber in der Praxis nicht konstant, sondern verändert sich mit vielen Faktoren einschliesslich unter anderem der Schleifscheibengrösse, des Antriebsgetriebes zwischen dem Motor und den Schleifscheiben, der Energiequellen, des Teileverschleisses und der Temperaturänderungen. Folglich wird die Grösse des Leerlaufstromes für den schlechtesten Fall eingestellt, wobei dieser Wert in den meisten Fällen für den besten Spaltbeseitigungsbetrieb zu hoch ist. Eine Verminderung dieses Wertes ergibt ein unerwünschtes zufälliges Auslösen des Spaltbeseitigungskreises.

Es kommt gelegentlich auch vor, dass die Schleifscheibe während eines sehr frühen Teils des Schleifzyklus, z. B. beim Schnellvorschubgang, mit dem Werkstück in Berührung kommt. Dies stellt im allgemeinen eine grobe Fehlbedienung der Schleifmaschine dar, wobei ein fortgesetzter Vorschub der Schleifscheibe häufig Schaden an der Maschine ergibt. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die beste Betriebsweise in solchen Fällen die Zurückziehung der Schleifscheibe ist. Bei den bisherigen Schleifmaschinen wurde versucht, dieses Problem mit einem «Interferenzkreis» zu lösen. Der Interferenzkreis über-

wacht die Schleifkraft und gleicht dem oben beschriebenen Spaltbeseitigungskreis. Er zieht die Schleifscheibe jedesmal zurück, wenn eine «Interferenz» (= gegenseitige Beeinflussung) mit dem Schnellvorschubgang angetroffen wird. Diese Versuche waren mit denselben den Spaltbeseitigungskreis belastenden Problemen behaftet und wurden im allgemeinen unabhängig von der Spaltbeseitigung durchgeführt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung einer Schleifmaschine, bei welcher die vorerwähnten Nachteile nicht auftreten und bei welcher ein einziges Zyklusabänderungssignal sowohl beim Interferenzkreis als auch beim Spaltbeseitigungskreis verwendet wird, wobei die Leerlaufstromgrösse auf einer mitfortgeschriebenen Basis mit jedem neuen Schleifzyklus abgeändert wird. Viele der zeitabhängigen Variablen beim Leerlaufstrom-Kompensationssignal sollen dabei beseitigt und die Wirksamkeit der Steuerung merklich verbessert werden.

Diese Aufgabe wird bei einer Schleifmaschine der eingangs genannten Art erfindungsgemäss gelöst durch einen auf die Belastung des Schleifscheibenmotors ansprechenden Umformer zur Erzeugung eines die Gesamtkraft am Schleifscheibenmotor darstellenden Signals, durch ein auf das Umformersignal ansprechendes Speicherelement für das Speichern des Umformersignals vor der Berührung der Schleifscheibe mit dem Werkstück, wobei das gespeicherte Signal die Nichtschleifkräfte am Schleifscheibenmotor darstellt, durch einen Eingänge aufweisenden Komparatorkreis, der auf den Umformer und auf gespeicherte Umformersignale anspricht zur Erzeugung eines Schleifkraftsignals in Abhängigkeit von der Differenz zwischen den Eingängen, durch eine auf das Schleifkraftsignal ansprechende Torschaltung zur Erzeugung eines ersten Zyklusabänderungssignals zur Umkehr der Richtung der gegenseitigen Bewegung zwischen der Schleifscheibe und dem Werkstück jedesmal, wenn das Schleifkraftsignal eine gegebene Grösse übersteigt und dem zweiten Signal vorausseilt, und durch eine auf das Schleifkraftsignal ansprechende zweite Torschaltung zur Erzeugung eines zweiten Zyklusabänderungssignals zur Abänderung der Bewegungsgeschwindigkeit zwischen der Schleifscheibe und dem Werkstück jedesmal, wenn das Schleifkraftsignal eine gegebene Grösse übersteigt im Anschluss an das zweite Signal. Eine bevorzugte Ausführungsform verwendet ein Schleifkraftsignal zur Zählung der Anzahl der Teile, an denen der Schleifvorgang vorgenommen wurde, und zur Ermittlung der Anzahl von Fällen, bei denen kein Werkstück im Schleifzyklus angetroffen wurde. Die Grob- und Fertigarbeitsgänge des Schleifzyklus werden entsprechend dem Schleifkraftsignal eingeregelt, wobei jeder Ausfeuerarbeitsgang beendet wird, wenn die Schleifkraft vor einer Ausfeuerperiode mit festgelegter Zeit unter ein gegebenes Bezugsniveau abfällt. Ein Spitzenlastkreis unterbricht den Schleifzyklus, wenn die Last an der Schleifscheibe ein zulässiges maximales Niveau übersteigt. Die Bezugsniveaus für beide Ausfeuerarbeitsgänge und die Spitzenlastbestimmung werden entsprechend der Schleifscheibengrösse und der Schleifverjüngung abgeändert.

Die Erfindung betrifft kurz zusammengefasst einen Mehrfachbetriebzyklus (multimodaler Zyklus) für eine Schleifmaschine, der in Abhängigkeit von der Schleifkraft und der Betriebsart abgeändert wird. Die Schleifkraft wird überwacht durch Messung der elektrischen Belastungsgrösse am Schleifscheibenmotor unter Betriebsbedingungen, wobei diese Belastungsgrösse mit einem die Nichtschleif-Leerlaufbelastung darstellenden gespeicherten Wert verglichen wird. Die Leerlaufbelastungsgrösse wird mit jedem Schleifzyklus mitfortgeschrieben, wobei das Schleifkraftsignal zur Steuerung einer Vielzahl von Maschinenarbeitsgängen verwendet wird. Wenn die Schleifkraft während eines frühen Teils des Schleifzyklus einen gegebenen Schwellwert übersteigt, wird der Schleifscheiben-

vorschub beendet, während dieselbe Situation in einem späteren Teil des Zyklus einen fortgesetzten Schleifscheibenvorschub mit verminderter Geschwindigkeit ermöglicht. Das Schleifkraftsignal wird auch verwendet zur Zählung von Teilen und zur Ermittlung der Abwesenheit von Teilen. Es wird ferner verwendet zur Einregelung der Grob- und Fertigaufbereitungen und auch als Spitzenlastbegrenzung für den Schleifzyklus. Das Schwellwertniveau dieser letzteren drei Funktionen wird ferner entsprechend der Grösse der Schleifscheibe abgeändert.

Die Erfindung wird anhand der Zeichnung beschrieben. Darin zeigt:

Fig. 1 eine schematische Schrägansicht einer die Erfindung verwendenden Schleifmaschinenart,

Fig. 2 eine schematische Seitenansicht der Schleifmaschine von Fig. 1,

Fig. 3 ein schematisches Blockdiagramm, das die Steuervorrichtung der Erfindung darstellt und den Betrieb erläutert.

Fig. 1 und 2 zeigen eine bevorzugte Ausführungsform einer Schleifmaschine nach der Erfindung. Die Schleifmaschine ist als Innenschleifmaschine 10 ausgebildet, die mit Hilfe einer Schleifscheibe 11 eine Rotationsfläche erzeugen kann. Die Maschine weist ein Gestell 12 auf, auf dem ein Vorschubmechanismus 14 (Zustellung der Schleifscheibe) befestigt ist. Der Vorschubmechanismus enthält einen Block 16 mit einem Lager, das durch einen in Abhängigkeit von elektrischen Impulsen betriebenen elektrischen Schrittmotor 20 senkrecht bewegt wird. Der Motor 20 arbeitet über eine Kugelumlaufspindel 22 und eine Mutter 24. Die Achse der Kugelumlaufspindel 22 ist durch die Linie C-C dargestellt. Diese Linie verläuft im wesentlichen senkrecht zu einer Ebene, die durch die Achse A-A einer Hauptstange 25 und die Achse B-B einer Nebenstange 26 verläuft. Der Block 16 ist mit seinem Lager 18 (das ein hydrostatisches Lager sein kann) auf der Nebenstange 26 angeordnet. Der Schrittmotor 20 weist eine mit einer Welle verbundene Schnecke 27 auf, die ihrerseits ein Schneckenrad 28 antreibt. Die Kugelumlaufspindel 22 greift in die Mutter 24 in bekannter Weise ein und bewegt den Block 16 und damit die Nebenstange 26 im wesentlichen senkrecht auf und ab. Der Block 16 ist durch eine biegsame Verbindung 29 an der Mutter 24 befestigt. Diese Verbindung weist an der Stelle zwischen der Mutter und dem Lager einen verhältnismässig kleinen Querschnitt auf, der eine geringfügige Biegung ermöglicht zwischen dem Block 16 und der Mutter 24. Dies ist daher erforderlich, weil die Nebenstange 26 bei der Auf- und Abbewegung um die Achse A-A der Hauptstange 25 schwenkt. Die Achse B-B der Nebenstange 26 bewegt sich dabei in einem Bogen. Dies bedeutet, dass die Stange 26 und der Block 16 sich auch geringfügig senkrecht zur Achse C-C der Kugelumlaufspindel 22 bewegen. Ein Schleifscheibenkopf 33 ist auf einem Schleifscheibenkopftisch 31 befestigt und wird durch einen Elektromotor 34 angetrieben. Der gesamte Mechanismus ist auf übliche Weise auf dem Gestell 12 befestigt. Der Schleifscheibenkopftisch 31 kann zum Einfahren der Schleifscheibe 11 in den Hohlraum eines Werkstücks 36 durch einen nicht gezeigten Stellantrieb in Richtung der Achse A-A gleitend längs der Hauptstange 25 verschoben werden. Auf dem Gestell 12 ist ebenfalls ein Spindelstock 35 befestigt und hält das Werkstück 36 an einem magnetischen Spannfutter 37 zur Drehung um die Achse der fertig zu bearbeitenden Rotationsfläche. Eine Hauptzyklussteuerung dient zur Erzeugung einer gegenseitigen Bewegung zwischen dem Schleifscheibenkopf und dem Spindelstock und erzeugt auf übliche Weise einen Schleifzyklus.

Gemäss Fig. 3 ist eine Belastungsermittlungseinrichtung oder ein Umformer 40 mit dem Schleifscheibenmotor 34 verbunden. Der Umformer 40 ist als Stromumformer beschrieben, kann aber von beliebiger herkömmlicher Bauart, z. B. ein

Leistungsumformer, sein. Der Umformer 40, der ein Signal erzeugt, das dem vom Schleifscheibenmotor 34 aufgenommenen Strom proportional ist, ist mit einem Verstärkerkreis 42 verbunden, der seinerseits mit einem Filterkreis 44 verbunden ist. Die Verstärker- und Filterkreise 42 bzw. 44 verstärken und puffern das Umformersignal zur Erzeugung eines das Umformersignal darstellenden Gleichstromsignals, das an den Entnahme- und Haltekreis 46 angelegt wird. Der Entnahme- und Haltekreis 46, der aus einigen beliebigen im Handel erhältlichen Einheiten bestehen kann, entnimmt das Signal, wenn die Schleifscheibe vor Beginn ihres Vorschubs in ihrer ganz zurückgezogenen Stellung im Ruhezustand ist. Die Entnahme erfolgt in Abhängigkeit von einem Auslösesignal an der Leitung 45, das erzeugt wird in Abhängigkeit davon, dass sich die Schleifscheibe in irgendeiner üblichen Weise (z. B. vorgegebene elektrische Impulszahl, Grenzscharter usw.) in ihrer ganz zurückgezogenen Stellung befindet. Das entnommene Umformersignal, das für die Dauer des Schleifzyklus gespeichert wird, stellt den Leerlaufstrom dar, der zur Drehung der Schleifscheibe ohne Belastung erforderlich ist, d. h. stellt die Nichtschleifkräfte am Schleifscheibenmotor 34 dar.

Aufgrund des Kommandos eines ersten Signals aus der Zyklussteuerung 38 erzeugt in der bevorzugten Ausführungsform ein Schrittmotor 20 eine schnelle gegenseitige Bewegung zwischen dem Schleifscheibenkopf 33 und dem Spindelstock 35 für den Beginn des Schleifzyklus mit einem Schnellvorschubgang. Ein Komparator 50 empfängt nach Beginn des Schleifzyklus über einen Nebenstromkreis 49 ein ständig überwacht Signal vom Umformer 40 und vergleicht dieses Signal mit demjenigen des Entnahme- und Haltekreises 46. Jedesmal, wenn die Schleifscheibe ein Werkstück antrifft, steigt der vom Schleifscheibenmotor 34 entnommene Strom plötzlich an, wobei der Ausgang des Umformers 40 entsprechend zunimmt. Es entwickelt sich dann eine Ungleichheit zwischen den überwachten und gespeicherten Signalen, wobei der Komparator 50 in Abhängigkeit hiervon ein Schleifkraftsignal erzeugt. Das Schleifkraftsignal ist proportional der Differenz zwischen den überwachten und gespeicherten Signalen und stellt somit die dem Schleifen eigenen Kräfte an der Schleifscheibe dar. Dieses Schleifkraftsignal wird dann an einen zweiten Komparator 52 angelegt, wo es mit einem ersten Bezugssignal gegebener Grösse aus einem Potentiometer 51 verglichen wird. Die Grösse dieses ersten Bezugsniveaus wird als ein Niveau festgelegt, das geringfügig über erwarteten Schwankungen liegt, die im Schleifscheibenmotorstrom auftreten könnten, um sicherzustellen, dass ein das Bezugsniveau übersteigendes Schleifkraftsignal Schleifkräften an der Schleifscheibe tatsächlich zugeordnet werden kann.

Eine ein UND-Glied 56 enthaltende Torschaltung spricht an auf das erste Signal an der Leitung 53, das den Schnellvorschubgang einleitet, und auf das Schleifkraftsignal aus dem Komparator 52 mit Hilfe eines Treibers 54. Das gleichzeitige Auftreten dieser beiden Signale erzeugt ein Interferenzsignal vom UND-Glied 56, das während des Schnellvorschubgangs die Schleifscheibenberührung angibt. Dies ist eine Situation, die eine Art von starker Fehlbedienung der Maschine darstellt. Das Interferenzsignal wird auf eine Richtungssteuerung 60 übertragen, die bewirkt, dass der Schrittmotor 20 die gegenseitige Bewegung zwischen dem Schleifscheibenkopf 33 und dem Spindelstock 35 beendet und eine Umsteuerung des Schrittmotorantriebs 62 bewirkt, wodurch die Schleifscheibe in ihre Ruhe- oder Ladestellung zurückgeführt wird. Es sei auch angegeben, dass ein hydraulisch angetriebener Tischschlitten in gleichartiger Weise zurückgezogen werden kann durch Anlegen des Ausgangs eines UND-Glieds 56 an einen Servoverstärker, der ein Servoventil steuert, das die Rückführung der Schleifscheibe aus dem Hohlraum des Werkstücks ausführt.

Wenn sich die Schleifscheibe im Schnellvorschubgang vor-

wärtsbewegt, ohne irgendeine «Interferenz» (gegenseitige Beeinflussung) anzutreffen, erzeugt die Zyklussteuerung 38 an der Leitung 55 ein zweites Signal, das den zweiten oder Spaltbeseitigungsgang einleitet. Dieses zweite Signal kann in Abhängigkeit von einer gegebenen Anzahl von Impulsen zum Schrittmotorantrieb 62 erzeugt werden. Diese Impulse werden gemessen durch einen Aufwärts-Abwärtszähler 66 oder durch Berührung des Schleifscheibenkopfs mit einem Grenzschalter in der Vorschubbahn des Schleifscheibenkopfs. Diese beiden Verfahren sind allgemein bekannt. Eine ein UND-Glied 68 enthaltende zweite Torschaltung spricht auf das zweite Signal und das Steuersignal aus dem Treiber 54 an zur Erzeugung eines Spaltbeseitigungssignals, wenn die beiden Signale gleichzeitig auftreten. Das Spaltbeseitigungssignal wird auf einen Geschwindigkeitssteuerkreis 70 übertragen, der den Spaltbeseitigungsgang beendet und die Schleifscheibenvorschubgeschwindigkeit vermindert zum Einleiten des Schleifgangs.

Der Aufwärts-Abwärtszähler 66 misst die Impulse zum Schrittmotorantrieb 62 und liefert somit eine Anzeige für die gegenseitigen Stellungen des Schleifscheibenkopfs 33 und des Spindelstocks 35. Jedesmal, wenn das Steuersignal im zweiten Gang des Zyklus erzeugt und ein Spaltbeseitigungssignal hergestellt wird, spricht ein Zählkreis oder digitaler Teilzähler 72 auf die zweite Torschaltung an und zählt zusätzlich jedes Auftreten des Spaltbeseitigungssignals zur Erzeugung eines Teilsignals, das die Anzahl der Teile darstellt, die dem Schleifvorgang unterzogen wurden. Zusätzlich erzeugt ein weiterer Zählkreis, ein Keine-Teile-Zähler 76, ein Signal, das die Häufigkeit darstellt, mit der der Schleifzyklus bei Abwesenheit eines Werkstücks ausgeführt wurde. Dieser Zählkreis 76 spricht auf einen Zeitkreis 74 an. Ein Takteingang 74a zum Zeitkreis 74 empfängt das zweite Zyklussteuersignal, das den zweiten oder Spaltbeseitigungsgang des Zyklus einleitet. Der Zeitkreis 74 erzeugt ein Signal, sofern er nicht innerhalb der Zeitgabeperiode durch das Auftreten des Schleifkraftsignals aus dem Treiber 54 rückgesetzt wird (74b). Die Periode wird geringfügig länger festgesetzt als diejenige, die nach Einleitung des Spaltbeseitigungsgangs für den Werkstückeingriff durch die Schleifscheibe vernünftigerweise erwartet werden kann. Das Fehlen des Spaltbeseitigungssignals zeigt natürlich an, dass sich im Spindelstock 35 kein Werkstück befindet. Das Ausgangssignal vom Zählkreis 76 wird durch einen Dekodierer 77 empfangen, der seinerseits ein Zyklusbeendigungssignal erzeugt, das zur Beendigung des Zyklus an die Zyklussteuerung 38 angelegt wird. Das Zyklusbeendigungssignal kann beim einzigen Auftreten des Kein-Teil-Signals oder nach einer gegebenen Häufigkeit dieses Auftretens erzeugt werden. Offensichtlich können der Kein-Teil-Zählkreis 76 und der Dekodierer 77 weggelassen werden, wenn es erwünscht ist, den Schleifzyklus stets mit dem Auftreten eines einzigen Kein-Teil-Signals zu beenden.

Das Schleifkraftsignal aus dem Komparator 50 wird auch zur Einregulierung der Grob- und Fertigauffeuerperioden des Schleifzyklus verwendet. Derartige Ausfeuerarbeitsgänge werden durch irgendein bekanntes Verfahren erzeugt. Bei einer Steuerungsart (SIZEMATIC) wird das Ausfeuern beispielsweise eingeleitet durch eine dem Schrittmotorantrieb 62 zugeführte gegebene Anzahl von Impulsen, wie sie durch den Auf-

wärts-Abwärtszähler 66 gemessen werden. Ein Grobausfeuerkomparator 80 empfängt ein Bezugssignal vom Potentiometer 81, das auf die gewünschte Grobausfeuerkraft eingestellt ist. Der Grobausfeuerkomparator vergleicht dann dieses Bezugssignal mit dem Schleifkraftsignal aus dem Komparator 50 und erzeugt jedesmal ein Ausgangssignal, wenn das Schleifkraftsignal gleich dem Bezugssignal oder kleiner als dieses ist. Das Bezugssignal aus diesem Komparator wird von einem Treiber 82 empfangen, der dann das Signal zu einem ODER-Glied 84 überträgt. Ein Ausgang aus einem Zeitgeber 83 wird ebenfalls vom ODER-Glied 84 empfangen, wobei der Zeitgeber durch die Einleitung des Grobausfeuergangs aktiviert wird. Die Aufnahme des ersten dieser ersten Signale durch das ODER-Glied 84 aktiviert das Glied und sendet ein Signal zur Zyklussteuerung 38, das das Grobausfeuern beendet. In ähnlicher Weise empfängt ein Fertigauffeuerkomparator 85 ein Fertigauffeuer-Bezugssignal vom Potentiometer 86, das mit dem Schleifkraftsignal verglichen wird. Ein Treiber 87 verstärkt das Fertigauffeuer-Beendigungssignal jedesmal, wenn das Treiberkraftsignal gleich als das Bezugskraftsignal oder kleiner als dieses ist, und legt es an das ODER-Glied 88 an. Ähnlich dem ODER-Glied 84 spricht das ODER-Glied 88 für seinen Ausgang auf das erste der beiden Signale an, während das zweite Signal vom Zeitgeber 89 stammt, der mit Beginn des Fertigauffeuergangs durch die Zyklussteuerung 38 in Betrieb gesetzt wird.

Die Schleifzyklussteuerung der dargestellten Ausführungsform enthält auch eine Spitzenbelastungssteuerung, die den Schleifscheibenvorschub untersagt, wenn die Schleifkraft eine gegebene Spitzenbelastung übersteigt. Ein vom Potentiometer 91 ausgehendes Bezugssignal wird auf die zulässige Spitzenschleifbelastung eingestellt, während vom Komparator jedesmal ein Sperrsignal erzeugt wird, wenn das Schleifkraftsignal gleich dem Spitzenbelastungs-Bezugssignal ist oder dieses übersteigt. Das Sperrsignal wird durch den Treiber 92 verstärkt und an die Geschwindigkeitssteuerung 70 angelegt zur Verminderung der Geschwindigkeit des Schleifscheibenvorschubs und folglich der Schleifkraft an der Schleifscheibe.

Die Bezugssignale zu den beiden Ausfeuerkomparatoren 80 und 85 und auch zum Spitzenbelastungskomparator 90 werden in Abhängigkeit von der Schleifscheibengröße und der Schleifscheibenabnutzung moduliert. Ein Potentiometer 94 am Antrieb für das Abrichtwerkzeug der Schleifmaschine weist einen Ausgang auf, der sich entsprechend der Schleifscheibengröße verändert und über einen Verstärker 95 angelegt wird. Dieses Signal wird dann durch einen Zweistellungsschalter 97 zu parallelen Potentiometern 98 und 99 geleitet, die ihrerseits mit dem Spitzenbelastungskomparator 90 bzw. den Ausfeuerkomparatoren 80 und 85 verbunden sind. Die Signale zu jedem dieser Komparatoren ändern die jeweiligen Bezugssignaleingänge in Abhängigkeit von der Schleifscheibengröße ab. Ein Inverter 96 ist selektiv in den Abrichtscheibenbezugsmodulationskreis eingesetzt zur Umkehrung der Polarität des Signals in Abhängigkeit von der Schleifscheibenabnutzung. Eine solche Einstellung ist in einer Innenschleifmaschine besonders erwünscht aufgrund der während des Schleifvorgangs auftretenden Verformung der die Schleifscheibe tragenden Hohlwelle.



