



PATENTAMT der DDR

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 05 D / 326 994 4

(22) 29.03.89

(44) 25.07.90

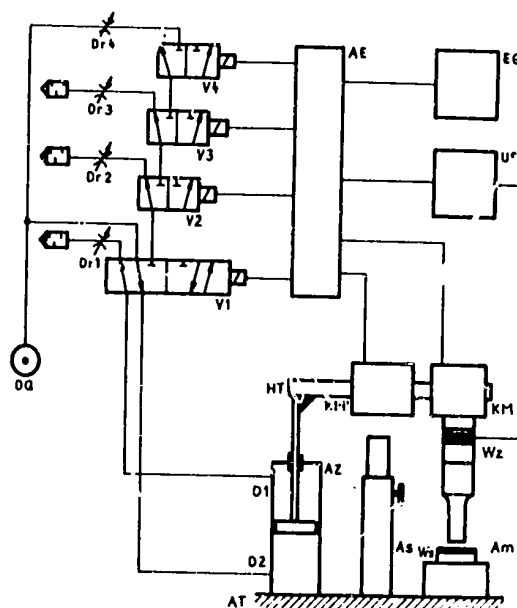
(71) VEB Funkwerk Köpenick, ZFT Nachrichtenelektronik, Edisonstraße 63, Berlin, 1160, DD

(72) Gier, Jörg; Karbstein, Dieter, Dipl.-Ing.; Kaul, Hans-Dieter, Dipl.-Ing., DD

(54) Verfahren zur Steuerung und Regelung des Prozeßkraftverlaufs bei Ultraschallanwendungen

(55) Ultraschallanwendung; Prozeßkraftverlauf; Regelung; Ultraschallpresse; Arbeitszylinder; Druckmittelquelle; Vorgabewert; Kraftmeßeinrichtungen; Auswerteelektronik; Auslösesignal; Schaltsignal; Regelsignal; Druckkammern; Anschluß

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung und Regelung des Prozeßkraftverlaufs bei Ultraschallanwendungen an einer Ultraschallpresse mit einem zwei Druckkammern enthaltenden Arbeitszylinder. Durch ein Auslösesignal wird der Anschluß der ersten Druckkammer bei offener zweiter Druckkammer an eine Druckmittelquelle geschaltet, bei Erreichen eines Vorgabewertes der von einer Kraftmeßeinrichtung zwischen Hub- und Auflageteil der Ultraschallpresse gemessenen Prozeßkraft wird durch ein Schaltsignal einer die Kraftmeßeinrichtung abtastenden und mit dem Vorgabewert vergleichenden Auswerteelektronik der Anschluß der zweiten Druckkammer verschlossen und bei Überschreiten des Vorgabewertes wird durch ein Regelsignal der Auswerteelektronik der Anschluß der zweiten Druckkammer an dieselbe Druckmittelquelle geschaltet. Figur



Patentansprüche:

1. Verfahren zur Steuerung und Regelung des Prozeßkraftverlaufs bei Ultraschallanwendungen unter Einbeziehung einer Ultraschallpresse mit einem zwei Druckkammern enthaltenden Arbeitszylinder, **dadurch gekennzeichnet**, daß durch ein Auslösesignal der Anschluß der ersten, im Schließrichtung wirkenden und die Kolbenstange enthaltenden Druckkammer (D 1) des Arbeitszylinders (Az) der Ultraschallpresse bei offenem Anschluß der zweiten Druckkammer (D 2) an eine Druckmittelquelle (DQ) geschaltet wird, daß bei Erreichen eines Vorgabewertes der von einer Kraftmeßeinrichtung (KM; KM') zwischen dem Hubteil (HT) und dem Auflageteil (AT) der Ultraschallpresse kontinuierlich gemessenen Prozeßkraft durch ein Schaltsignal einer den Ausgang der Kraftmeßeinrichtung (KM; KM') abtastenden und mit dem Vorgabewert vergleichenden Auswerteelektronik (AE) der Anschluß der zweiten Druckkammer (D 2) verschlossen wird, und daß bei Überschreiten des Vorgabewertes durch ein Regelsignal der Auswerteelektronik (AE) der Anschluß der zweiten Druckkammer (D 2) an dieselbe Druckmittelquelle (DQ) geschaltet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß beim Auswerten eines ersten, am Ausgang einer ersten Kraftmeßeinrichtung (KM) auftretenden, vom Anfangswert abweichenden Meßwertes der zwischen dem Hubteil (HT) und dem Auflageteil (AT) der Ultraschallpresse kontinuierlich gemessenen Prozeßkraft durch ein erstes Schaltsignal der den Ausgang der ersten Kraftmeßeinrichtung (KM) abtastenden und mit dem Vorgabewert vergleichenden Ausgleichenden Auswerteelektronik (AE) kurzzeitig der Anschluß der ersten Druckkammer (D 1) geöffnet und die zweite Druckkammer (D 2) an die Druckmittelquelle (DQ) geschaltet und bei erneutem Anschalten der ersten Druckkammer (D 1) an die Druckmittelquelle (DQ) der Anschluß der zweiten Druckkammer (D 2) um ein gewähltes Maß gedrosselt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei Erreichen des Vorgabewertes der zwischen dem Hubteil (HT) und dem Auflageteil (AT) der Ultraschallpresse kontinuierlich gemessenen Prozeßkraft durch ein zweites Schaltsignal der den Ausgang der ersten Kraftmeßeinrichtung (KM) abtastenden und mit dem Vorgabewert vergleichenden Auswerteelektronik (AE) auf einen anderen Vorgabewert umgeschaltet und bei Erreichen des anderen Vorgabewertes durch ein drittes Schaltsignal der Auswerteelektronik (AE) der Anschluß der zweiten Druckkammer (D 2) verschlossen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß beim Auswerten eines am Ausgang einer zweiten Kraftmeßeinrichtung (KM') auftretenden Meßwertes vor dem Auftreten eines Meßwertes der ersten Kraftmeßeinrichtung (KM) der zwischen dem Hubteil (HT) und dem Auflageteil (AT) der Ultraschallpresse gemessenen Prozeßkraft durch ein Stoppsignal der Auswerteelektronik (AE) der Anschluß der zweiten Druckkammer (D 2) bei offenem Anschluß der ersten Druckkammer (D 1) an die Druckmittelquelle (DQ) geschaltet wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung und Regelung des Prozeßkraftverlaufs bei Ultraschallanwendungen, beispielsweise beim Ultraschallschweißen.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Ultraschallanwendungen, wie beispielsweise das Ultraschallschweißen, werden von werkstoff- und von anlagenseitigen Parametern beeinflusst. Zu den anlagenseitigen Einflußgrößen gehören die Ultraschallamplitude, die Prozeßzeit und die Prozeßkraft. Die in Abhängigkeit von dem zu bearbeitenden Werkstoff notwendige Ultraschallamplitude läßt sich über die am Ultraschallwandler umgesetzte Leistung mit Hilfe von Regelschaltungen relativ genau konstant halten. Ebenso läßt sich die Prozeßzeit fest einstellen oder in Abhängigkeit von der eingebrachten Energiemenge je Prozeßzyklus regeln, vgl. DD-V/P 231 034; B 29 C - 65/08.

Lediglich die Prozeßkraft ist bisher infolge ihrer Abhängigkeit von mechanischen Bauelementen der Ultraschallpresse einer zufriedenstellenden Regelung nicht in vollem Maße zugänglich.

Bekannt ist in diesem Zusammenhang ein Verfahren, bei dem die während des Prozeßablaufs in einem Ultraschallwandler umgesetzte elektrische Leistung sowie der Werkzeugvorschub fortlaufend gemessen und in ihrem zeitlichen Verlauf mit vorgegebenen Masterfunktionen verglichen werden, wobei die aus diesem Vergleich resultierenden positiven oder negativen Abweichungen mit Hilfe eines Stellventils für das Druckmittel den Bewegungsvorgang des Werkzeugs derart beeinflussen, daß Differenzen zwischen den Masterfunktionen und den Meßwerten zu einem Minimum werden, vgl. DE-OS 33 139 18; B 29 C - 27/08.

Nachteilig hierbei ist, daß die genannten Masterkurven, bei denen in möglichst kurzer Zeit ein Maximum an Energie in den Werkstoff einleitbar ist, bei jedem Einrichten einer Anlage auf neue Prozeßparameter erst durch ein empirisches Angleichen der Senkgeschwindigkeit des Werkzeugs an die Plastifizierungsgeschwindigkeit des zu bearbeitenden Werkstoffs zu ermitteln sind. Durch schrittweises Verändern der am Ultraschallwandler umgesetzten Leistung wird die optimale Werkzeugamplitude sowie durch ein ebensolches Verändern von Druck und Durchflußmenge des Druckmittels die zugehörige Senkgeschwindigkeit ermittelt und damit indirekt die notwendige Prozeßkraft eingestellt. Für den Fall, daß bei einer ersten Prozeßkraft der Ultraschall auf das Werkzeug zuzuschalten und bei einer zweiten, anderen Prozeßkraft das Ultraschallschweißen auszuführen ist, vergrößert sich der Aufwand. Die Folge ist eine große Anzahl einzustellender Parameter, ein komplizierter Aufbau der Anlage sowie die Abhängigkeit von dem sogenannten „human factor“. Darüber hinaus verursachen schon geringe Änderungen der Werkstoffstruktur und geringe Druckschwankungen des Druckmittels nicht zu vermeidende Abweichungen von der ursprünglich festgelegten Masterfunktion.

Von Nachteil ist weiter, daß die beabsichtigte Regelung der Prozeßkraft nach dem beschriebenen Verfahren und unter Verwendung eines Stellventils für das Druckmittel nur möglich ist, so lange sich das Werkzeug aufgrund der Plastifizierung des Werkstoffs in einer gewissen Bewegung befindet. Beispielsweise ist eine Verminderung der Prozeßkraft nach diesem Verfahren nicht möglich, wenn das Werkzeug bei zu geringer Drosselung des Druckmittels mit zu hoher Prozeßkraft auf das Werkstück aufsetzt, so daß der Ultraschallwandler aufgrund erheblicher Bedämpfung nicht mehr resonanzfähig ist, bevor eine Plastifizierung des Werkstoffes einsetzt. Schließlich sind insbesondere beim Ultraschallschweißen die durchschnittlichen Prozeßzeiten so kurz und die Einsenkwege so klein, daß es unter Berücksichtigung der Trägheit einer druckmittelgetriebenen Anordnung mit einem Stellventil kaum gelingt, nennenswerte Beeinflussungen des Prozeßablaufs zu bewirken.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, bei der Optimierung des Prozeßverlaufs von Ultraschallanwendungen subjektive sowie werkstoff- und anlagenbedingte Störfaktoren weitgehend auszuschalten.

Wesen der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein solches Verfahren zur Steuerung und Regelung des Prozeßkraftverlaufs bei Ultraschallanwendungen unter Einbeziehung einer Ultraschallpresse mit einem zwei Druckkammern enthaltenden Arbeitszylinder anzugeben, bei dem Prozeßkräfte direkt als Vorgabewerte einstellbar und Abweichungen von diesen Vorgabewerten während des Prozeßverlaufs unabhängig von der Werkzeugbewegung und der Plastifizierung des Werkstoffes ausregelbar sind.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß durch ein Auslösesignal der Anschluß der ersten, in Schließrichtung wirkenden und die Kolbenstange enthaltenden Druckkammer des Arbeitszylinders der Ultraschallpresse bei offenem Anschluß der zweiten Druckkammer an eine Druckmittelquelle geschaltet wird, daß bei Erreichen eines Vorgabewertes der von einer Kraftmeßeinrichtung zwischen dem Hubteil und dem Auflageteil der Ultraschallpresse kontinuierlich gemessenen Prozeßkraft durch ein Schaltsignal einer den Ausgang der Kraftmeßeinrichtung abtastenden und mit dem Vorgabewert vergleichenden Auswerteelektronik der Anschluß der zweiten Druckkammer verschlossen wird, und daß bei Überschreiten des Vorgabewertes durch ein Regelsignal der Auswerteelektronik der Anschluß der zweiten Druckkammer an dieselbe Druckmittelquelle geschaltet wird.

In einer Variante des Verfahrens wird beim Auswerten eines ersten, am Ausgang einer ersten Kraftmeßeinrichtung auftretenden, vom Angangswert abweichenden Meßwertes der zwischen dem Hubteil und dem Auflageteil der Ultraschallpresse kontinuierlich gemessenen Prozeßkraft durch ein erstes Schaltsignal der den Ausgang der ersten Kraftmeßeinrichtung abtastenden und mit dem Vorgabewert vergleichenden Auswerteelektronik kurzzeitig der Anschluß der ersten Druckkammer geöffnet und die zweite Druckkammer an die Druckmittelquelle geschaltet und bei erneutem Anschalten der ersten Druckkammer an die Druckmittelquelle der Anschluß der zweiten Druckkammer um ein gewähltes Maß gedrosselt.

In einer weiteren Variante des Verfahrens wird bei Erreichen des Vorgabewertes der zwischen dem Hubteil und dem Auflageteil der Ultraschallpresse kontinuierlich gemessenen Prozeßkraft durch ein zweites Schaltsignal der den Ausgang der ersten Kraftmeßeinrichtung abtastenden und mit dem Vorgabewert vergleichenden Auswerteelektronik auf einen anderen Vorgabewert umgeschaltet und bei Erreichen des anderen Vorgabewertes durch ein drittes Schaltsignal der Auswerteelektronik der Anschluß der zweiten Druckkammer verschlossen. Beim Auswerten eines am Ausgang einer zweiten Kraftmeßeinrichtung auftretenden Meßwertes vor dem Auftreten eines Meßwertes der ersten Kraftmeßeinrichtung der zwischen dem Hubteil und dem Auflageteil der Ultraschallpresse gemessenen Prozeßkraft wird durch ein Stoppsignal der Auswerteelektronik der Anschluß der zweiten Druckkammer bei offenem Anschluß der ersten Druckkammer an die Druckmittelquelle geschaltet.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gelingt es, die Prozeßkraft als objektive Vorgabewerte direkt einzustellen und während des Prozesses auftretende Abweichungen unabhängig von der Werkzeugbewegung beziehungsweise der Plastifizierung des Werkstoffes auszuregulieren. Durch den Fortfall der indirekten Prozeßkräfteeinstellung werden die Bedingung und der Aufbau der Anlagen vereinfacht. Schwankungen des Betriebsdruckes der Druckmittelversorgung oder die Plastifizierung beeinflussende Werkstoffänderungen werden kompensiert und üben keinen Einfluß auf die Prozeßkraft aus. Varianten des Verfahrens gestatten das Einstellen mehrerer Vorgabewerte für einzelne Phasen eines Arbeitszylinders beziehungsweise unterschiedliche Absenkgeschwindigkeiten zwecks Realisierung kurzer Arbeitszyklen. Durch das Verfahren wird in Verbindung mit der Anordnung des Arbeitszylinders in der Ultraschallpresse, bei der die Kolbenfläche für die Schließrichtung der Ultraschallpresse kleiner als für deren Öffnungsrichtung ist, eine Einstellung und Regelung von einem Prozeßkraftwert Null bis zu dem sich aus Kolbenfläche und Betriebsdruck des Druckmittels ergebenden Maximalwert ermöglicht, so daß mit nur einem Arbeitszylinder ein vergleichsweise großer Kraftbereich überstreichbar ist.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. In der zugehörigen Zeichnung ist die schematische Darstellung einer Anordnung für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Steuerung und Regelung des Prozeßkraftverlaufs bei einer Ultraschallpresse gezeigt.

Die Darstellung zeigt einen Arbeitszylinder Az mit einer ersten und zweiten Druckkammer D1; D2 und mit einem auf den Hubteil HT der Ultraschallpresse einwirkenden Kolben. An dem Hubteil HT sind eine erste und eine zweite Kraftmeßeinrichtung KM; KM' befestigt, von denen die erste einem Werkzeug-Wandler-System Wz und die zweite einem verstellbaren Anschlag AS zugeordnet ist. Auf dem Auflageteil AT und der Ultraschallpresse ist weiterhin ein Amboß Am zur Aufnahme eines Werkstückes Ws befestigt. Die beiden Druckkammern D1; D2 sind über vier Magnetventile V1; V2; V3; V4 an eine Druckmittelquelle DQ, in diesem Beispiel ein Druckluftnetz, beziehungsweise über schalldämpfende Mundstücke an die umgebende Atmosphäre anschaltbar. Vier den Magnetventilen V1; V2; V3; V4 zugeordnete Drosselventile Dr1; Dr2; Dr3; Dr4 dienen zur Begrenzung der Strömungsgeschwindigkeit des Druckmittels.

Die Magnetventile V1; V2; V3; V4 werden von einer Auswerteelektronik AE angesteuert, an die ein Einstellgerät EG zum Einstellen der Vorgabewerte sowie ein Ultraschallgenerator US angeschlossen sind.

Das erfindungsgemäße Verfahren läuft in der hier dargestellten Anordnung wie folgt ab:

An dem Einstellgerät EG sind die Vorgabewerte der Prozeßkraft, beispielsweise ein erster Vorgabewert zum Zuschalten des Ultraschalls und ein zweiter, beispielsweise größerer Vorgabewert für die Dauer des Prozesses, einzustellen.

Der Arbeitszyklus beginnt mit einem Auslösesignal, durch das das erste Magnetventil V1 betätigt und damit die erste Druckkammer D1 des Arbeitszylinders Az an die Druckmittelquelle DQ und die zweite Druckkammer D2 über das unbetätigte, zweite Magnetventil V2 und das zweite Drosselventil Dr2 an die umgebende Atmosphäre geschaltet werden. Bei minimaler Drosselung durch das Drosselventil Dr2 wird der Hubteil HT der Ultraschallpresse mit dem Werkzeug-Wandler-System Wz mit maximaler Geschwindigkeit abgesenkt.

Mit dem Auftreffen des Werkzeug-Wandler-Systems Wz auf das Werkstück Ws wird zwischen dem Hubteil HT und dem Auflageteil AT der Ultraschallpresse die Prozeßkraft aufgebaut, die kontinuierlich von der ersten Kraftmeßeinrichtung KM gemessen und von der den Ausgang der Kraftmeßeinrichtung abtastenden Auswerteelektronik AE mit dem Vorgabewert verglichen wird. Beim Auswerten eines ersten, am Ausgang der ersten Kraftmeßeinrichtung KM auftretenden, vom Anfangswert abweichenden Meßwertes der Prozeßkraft wird durch ein erstes Schaltsignal der Auswerteelektronik AE das erste Magnetventil V1 impulsartig abgeschaltet und wieder angeschaltet, so daß für einen kurzen Zeitintervall der Anschluß der ersten Druckkammer D1 geöffnet und die zweite Druckkammer D2 an die Druckmittelquelle DQ geschaltet ist. Hierdurch wird die maximale Absenkgeschwindigkeit des Hubteils HT der Ultraschallpresse gebremst. Bei dem erneuten Betätigen des ersten Magnetventils V1 wird auch das zweite Magnetventil V2 betätigt, wodurch die zweite Druckkammer D2 über das unbetätigte dritte Magnetventil V3 und das dritte Drosselventil Dr3 an die umgebende Atmosphäre geschaltet werden. Durch eine geeignete Wahl des dritten Drosselventils Dr3 läßt sich der weitere Absenkvorgang verlangsamen. Bei fortgesetztem Aufbau der Prozeßkraft wird bei Erreichen des zuvor eingestellten ersten Vorgabewertes durch ein zweites Schaltsignal der Auswerteelektronik AE nach Zuschalten des Ultraschallgenerators US über das Werkzeug-Wandler-System Wz Ultraschall in das Werkstück Ws eingeleitet und zugleich auf den zweiten, in diesem Falle größeren Vorgabewert umgeschaltet. Bei fortgesetztem Aufbau der Prozeßkraft wird bei Erreichen des zweiten Vorgabewertes durch ein drittes Schaltsignal der Auswerteelektronik AE das dritte Magnetventil V3 betätigt und damit der Anschluß der zweiten Druckkammer D2 verschlossen. Schon bei einem geringfügigen Überschreiten des Vorgabewertes, beispielsweise infolge der Trägheiten des Druckmittelsystems, wird durch ein Regelsignal der Auswerteelektronik AE das vierte Magnetventil V4 so lange betätigt und damit die Druckmittelquelle DQ an die zweite Druckkammer D2 geschaltet, bis der Vorgabewert wieder erreicht oder unterschritten wird. Durch eine geeignete Wahl des dritten und vierten Drosselventils Dr3; Dr4 ist ein unerwünschtes Überschwingen der Regelanordnung vermeidbar. Durch wechselweises, impulsförmiges Betätigen des dritten und vierten Magnetventils V3; V4 werden Abweichungen der Prozeßkraft vom Vorgabewert ausgeregelt bis nach Ablauf der Prozeßdauer durch ein Stoppsignal der Auswerteelektronik AE alle vier Magnetventile V1; V2; V3; V4 abgeschaltet werden, so daß bei offenem Anschluß der ersten Druckkammer D1 die zweite Druckkammer D2 an die Druckmittelquelle DQ geschaltet wird. Bei minimaler Drosselung durch das erste Drosselventil Dr1 öffnet die Ultraschallpresse mit maximaler Hubgeschwindigkeit. Die zweite Kraftmeßeinrichtung KM' ist dem Anschlag AS zugeordnet. Wird von der zweiten Kraftmeßeinrichtung KM' durch die Auswerteelektronik AE ein Meßwert ausgewertet, bevor Meßwerte der ersten Kraftmeßeinrichtung KM auftraten, signalisiert das eine Unregelmäßigkeit im Prozeßablauf, wie beispielsweise ein fehlendes oder zu kleines Werkstück Ws. Von der Auswerteelektronik AE wird das Stoppsignal gesendet, das in der schon beschriebenen Weise zum Abbruch des Arbeitszyklus führt.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es auch möglich, eine Prozeßkraft mit dem Wert 0 N einzustellen und auszuregeln. Um den Wert 0 N tatsächlich zu erreichen, ist es von Bedeutung, daß die Druckkammer D1 mit der geringeren Kolbenfläche in Schließrichtung der Ultraschallpresse wirkt. Hierdurch gelingt es dann auch, mit einem einzigen Arbeitszylinder Az einen Prozeßkraftbereich von 0 N bis zu einem Maximalwert zu überstreichen, der sich aus der effektiven Kolbenfläche und dem Betriebsdruck des Druckmittels ergibt. Ein Austausch des Arbeitszylinders Az entsprechend des benötigten Prozeßkraftbereiches wird damit überflüssig.

