



(11)

EP 1 861 214 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
10.12.2008 Patentblatt 2008/50

(51) Int Cl.:
B21D 24/10 ^(2006.01) **G05B 19/18** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06722642.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2006/000486

(22) Anmeldetag: **17.03.2006**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2006/099845 (28.09.2006 Gazette 2006/39)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR STEUERUNG UND REGELUNG VON SERVO-ELEKTRISCHEN ZIEHKISSEN**

METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING AND REGULATING SERVO-ELECTRIC DIE CUSHIONS

PROCEDE ET DISPOSITIF POUR COMMANDER ET REGLER DES COUSSINS DE SERRE-FLAN SERVO-ELECTRIQUES

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **19.03.2005 DE 102005012876**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.12.2007 Patentblatt 2007/49

(73) Patentinhaber: **Müller Weingarten AG**
88250 Weingarten (DE)

(72) Erfinder:
• **DARR, Uwe**
99094 Erfurt (DE)
• **HEDLER, Rainer**
99198 Urbich (DE)

• **SCHMIDT, Steffen**
99102 Windischholzhausen (DE)

(74) Vertreter: **Stern, Wolfgang**
Weidner Stern
Patentanwälte
Rubianusstrasse 8
99084 Erfurt (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 4 114 496 DE-A1- 10 336 279
JP-A- 10 202 327

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1998, Nr. 13, 30. November 1998 (1998-11-30) & JP 10 202327 A (AIDA ENG LTD), 4. August 1998 (1998-08-04)**

EP 1 861 214 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung und Regelung von servo-elektrischen Ziehkissen an Umformpressen nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 8.

[0002] Die JP-A-10202327 beschreibt ein solches Verfahren sowie eine solche Vorrichtung.

Stand der Technik

[0003] In der US 5 435 166 A ist eine, die Kissenkraft durch Servoantriebe erzeugende Zieheinrichtung im Tisch einer Presse offenbart, wobei der Servoantrieb über ein Getriebe und Zahnstange mit der Kissenplatte verbunden ist. Dabei können entweder mehrere, jeweils untereinander mechanische gekoppelte Servoantriebe auf eine gemeinsame Druckwange wirken oder ein Servoantrieb wirkt unabhängig von anderen auf je ein Druckwangelement einer mehrteiligen Druckwange. Die Servomotoren werden von einer numerischen Steuerung mit den für die Erzeugung der Ziehkraft erforderlichen Positions- und Momentensignalen angesteuert, wobei bedarfsweise innerhalb eines Regelkreises eine Rückmeldung der Istwerte des Servomotors oder der zur Zieheinrichtung gehörigen Kissenplatte erfolgen kann.

[0004] In der JP 04172200 A wird eine Steuerung für die Vorbeschleunigung von hydraulischen Ziehkissen beschrieben, bei der die Vorbeschleunigung bei einem bestimmten Pressenwinkel gestartet und die Zielposition von einer Arithmetikeinheit vorgegeben wird.

[0005] Die Art der Vorgabe, Berechnung, Regelung und insbesondere die Synchronisation der Bewegungs- und Kraftverläufe der Zieheinrichtung in allen Bewegungsphasen mit der Hauptbewegung des Stößels und den Nebenbewegungen, wie beispielsweise der Handlingbewegung, sind in diesen beiden Druckschriften nicht beschrieben.

[0006] Aus der EP 0 556 390 B1 ist eine weitere Vorrichtung für ein kombiniertes pneumatisches und hydraulischen Ziehkissen bekannt, bei der zwischen der Phase der Vorbeschleunigung und dem Ziehvorgang eine Umschaltung von Lage- auf Druckregelung mittels eines positionsabhängigen Schaltsignals erfolgt. Außer der Phase der Vorbeschleunigung sind keine weiteren für einen geschlossenen Bewegungszyklus erforderlichen Phasen mit Lageregelung offenbart. Da der Lageregelkreis für die Phase der Vorbeschleunigung nur über die Rückführung des Ist-Weges geschlossen wird, ist die Regeltgüte der Angleichung der Geschwindigkeit des Ziehkissens an die Geschwindigkeit des Stößels begrenzt. Durch das positionsabhängige Schaltsignal zur Umschaltung von Lage- auf Kraftregelung können prozessabhängige Schwankungen die Reproduzierbarkeit des Druckaufbaus bei Ziehbeginn beeinträchtigen. Bedingt durch den Aufbau des pneumo-hydraulischen Ziehkis-

sens sind für die Phase der Vorbeschleunigung und des Ziehvorganges jeweils separate Regeleinrichtungen für die den getrennten Hydraulikaktoren zugeordneten Servoventile notwendig. Weiterhin ist die Ansteuerung von Kraftsollwertprofilen für die Möglichkeit von während des Ziehvorganges variierenden Kräften nicht offenbart.

[0007] Aus der DE 198 21 159 A1 ist eine Vorrichtung im Tisch einer Probierrpresse bekannt, deren Druckwange mit Motoren über ein System Spindel -Spindelmutter so wirkverbunden ist, dass der an der Kissenplatte gegen die Abwärtsbewegung des Stößels erzeugte Widerstand durch die Motoren steuerbar ist. Mit den elektrischen oder mechanischen schlupffrei gekoppelten Anund Abtriebsmotoren soll die Kippungsbewegung der Druckwange verhindert werden.

Für eine Anwendung, insbesondere in Großpressen mit Mehrpunktzieheinrichtungen und einteiliger Druckwange, deren einzelne Druckpunkte einerseits eine untereinander differenzierte Krafteinstellung während des Ziehvorganges ermöglichen und andererseits eine Kippung der Druckwange infolge außermittiger Belastung vermeiden sollen, ist die aus dem Stand der Technik bekannte Synchronkopplung der Druckpunkte untereinander ungeeignet.

Ferner wird offenbart, dass die Bewegung der Zieheinrichtung über elektrische Wellen einerseits zwischen dem Stößel und der Zieheinrichtung und andererseits zwischen mehreren zur Zieheinrichtung gehörenden Servomotoren synchronisiert wird. Dabei kann die erforderliche Ziehkraft durch Änderung des Motormomentes während des Tiefziehvorganges angepasst werden. Die hierzu erforderliche Vorrichtung und die zur Steuerung erforderlichen Verfahrensschritte sind nicht offenbart.

[0008] Die DE 4218818 A1 stellt sich die Aufgabe, in einer Transferpresse die mechanischen Kurvenscheiben zum zwangsgesteuerten Antrieb der Teiletransporteinrichtung zu substituieren. Dazu wird eine Regelung der Bewegung der Teiletransporteinrichtung mittels Leitwelle für eine vollständige elektronische Synchronisation mit der Hauptbewegung des Stößels beschrieben, der das Prinzip der elektronischen Kurvenscheibenregelung zugrunde liegt. Die Bewegung des Pressenstößels wird als Leitwelle durch einen oder zwei Positionsgeber erfasst und die Bewegungsachsen der Teiletransporteinrichtung in Abhängigkeit von der Leitwellenposition nach vorberechneten Bewegungsfunktionen gesteuert.

Ein ähnliches Prinzip wird in der DE 19642962 A1 für eine hydraulische Presse beschrieben, bei der ein Taktgeber als virtuelle Leitwelle verwendet wird und sowohl die Stößelbewegung als auch die Bewegungsachsen der Teiletransporteinrichtung in Abhängigkeit von der virtuellen Leitwellenposition steuert.

Der Vorteil dieses Prinzips ist die Möglichkeit zur Lagesynchronisation einerseits zwischen Pressenstößel und Teiletransporteinrichtung und andererseits zwischen den einzelnen Bewegungsachsen innerhalb der mehrachsigen Teiletransporteinrichtung.

Da die beiden letztgenannten Anwendungen in Teile-

transporteinrichtungen funktionsbedingt keine Kraftregelung beinhalten, ist deren Einsatz für kraftgeregelte Ziehkissen ungeeignet.

Die JP-A-10202327 beschreibt eine Steuerung für servoelektrische Ziehkissen in Pressen, in deren Bewegungsablauf beim Auftreffen des Stößels auf das Ziehkissen eine Umschaltung von Lage- auf Kraftregelung durch eine Regelabweichung erfolgt. Da als Umschaltkriterium die Überschreitung eines Strom-Schwellwertes während des Auftreffvorgangs genutzt wird, kann der infolge der zeitverzögerten Wirkung eintretende und für eine hohe Ziehteilqualität unerwünschte schlagartige Kraftanstieg nicht vermieden werden.

Aufgabenstellung

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung und Regelung von servo-elektrischen Ziehkissen an Pressen zu schaffen, bei dem mittels einer einfachen Struktur der Steuerung und Regelung sowie einer geringen Zahl von Schritten im Steuerungs- bzw. Regelungsablauf ein stabiler und präziser Ablauf mit hoher Regelgüte und hoher Reproduzierbarkeit einerseits in der Phase des kraftgeregelten Ziehvorganges und andererseits in allen Phasen der lagegeregelten Bewegung des Kissens ermöglicht wird.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren zur Steuerung und Regelung von servo-elektrischen Ziehkissen mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Weitere detaillierte Ausgestaltungen des Verfahrens sind in den Ansprüchen 2 bis 7 beschrieben. Die Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 7 erfolgt mit einer Vorrichtung mit den Merkmalen gemäß Anspruch 8. Die Ansprüche 9 bis 12 enthalten weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Vorrichtung.

[0010] Das Verfahren und die Vorrichtung zielen neben servo-elektrischen Antrieben ebenso auf servo-hydraulische Antriebe für Ziehkissen in Umformpressen, wobei die Ziehkissen einerseits als die auf das Unterwerkzeug wirkende Ziehkissen im Tisch und andererseits als die auf das Oberwerkzeug wirkende Ziehkissen im Stößel Anwendung finden. Die Ziehkissen können als Einpunkt- oder als Mehrpunkt-Ziehkissen ausgeführt werden.

Der Kerngedanke der Erfindung besteht darin, dass zur Steuerung und Regelung des Ziehkissens das Prinzip der leitwellengesteuerten elektronischen Kurvenscheibenregelung mit der Kraftregelung so kombiniert wird, dass alle Bewegungsphasen des Ziehkissens, die ohne mechanischen Kontakt zum Pressenstößel ablaufen, über elektronische Positions-Kurvenscheiben gesteuert werden, während die Bewegungen mit Kontakt zum Pressenstößel über eine Kraftregelung mit einem wegabhängig gesteuerten Kraftsollwertprofil erfolgen.

Ein Vorteil dieses Prinzips ist die vollständige Synchronität der Bewegung des Ziehkissens zur Stößelbewegung, die auch bei Geschwindigkeitsänderungen und

Not-Stopps der Stößelbewegung eingehalten wird, ohne dass hierfür spezielle Steuerfunktionen notwendig sind. Gleiches gilt für die Synchronität der Druckpunkte von Mehrpunkt-Ziehkissen untereinander und für die Synchronität der Ziehkissenbewegung zu einer bedarfsweise vorhandenen Teiletransporteinrichtung.

Wesentlich ist die Möglichkeit, die Umschaltung zwischen Lageregelung und Kraftregelung mit einfachen steuerungstechnischen Mitteln auszuführen. Die Umschaltung kann einerseits über einen Grenzwertschalter erfolgen, der beispielsweise beim Aufsetzen des Stößels auf das Ziehkissen eine Regelabweichung auswertet und eine Umschalteinrichtung auf Kraftregelung aktiviert. Andererseits kann der Wechsel von Lage- und Kraftregelung lediglich durch den Verlauf der Positions-Kurvenscheibe relativ zur Position des Stößels bestimmt werden. Verläuft beispielsweise die Kurvenscheibe oberhalb der Stößelposition, wird die Kissenposition durch die Bewegung des Pressenstößels erzwungen. In diesem Fall bewirken die überhöhten Ausgangssignale von Lage- und Geschwindigkeitsregler eine dynamische Kraftbegrenzung, wodurch eine Umschaltung auf Kraftregelung erfolgt.

Aus der einfachen Struktur und Funktionsweise der Steuerung ergeben sich neben der Aufwandsreduzierung bei Inbetriebnahme und Instandhaltung verbesserte Voraussetzungen für einen präzisen und reproduzierbaren Ablauf des Ziehvorganges.

Ausführungsbeispiele

[0011] Die Erfindung wird nachstehend an Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die zugehörige Zeichnung zeigt:

Fig. 1 Aufbau eines Mehrpunkt-Ziehkissens

Fig. 2a Vorrichtung in einer ersten Ausgestaltung zur Steuerung von servo-elektrischen Ziehkissen

Fig. 2b Vorrichtung in einer zweiten Ausgestaltung zur Steuerung von servo-hydraulischen Ziehkissen

Fig. 3 Schrittfolge des Verfahrens zur Steuerung servo-geregelter Ziehkissen

Fig. 4a beispielhafter Bewegungsablauf eines Ziehkissens in der Betriebsart "mit Sperrung" in der unteren Lage

Fig. 4b beispielhafter Bewegungsablauf eines Ziehkissens in der Betriebsart "ohne Sperrung"

Fig. 5 Blockschaltbild für die Ziehkissenregelung mit elektronischer Kurvenscheibe und partieller Umschaltung auf Kraftregelung in einer ersten Ausgestaltung mit rotatorischer Leitwelle

Fig. 6 Blockschaltbild für die Ziehkissenregelung mit elektronischer Kurvenscheibe und partieller Umschaltung auf Kraftregelung in einer zweiten Ausgestaltung mit Lineargeber am Stößel und zwei Kurvenscheiben

Fig. 7 Blockschaltbild für die Ziehkissenregelung mit elektronischer Kurvenscheibe in einer dritten Ausgestaltung mit Kraftbegrenzungsregelung

[0012] Die Figur 1 zeigt den Aufbau eines als Mehrpunktkissen ausgeführten servo-elektrischen Ziehkissens 8 in einer Ausgestaltung mit auf die Druckwange 2 wirkenden Elektrozylindern 21. Die Elektrozylinder 21 sind im Innenbereich der Druckwange 2 angeordnet und stützen sich im Pressentisch 20 ab. Als Linearwandler kommt in dieser Ausgestaltung ein System Spindel/Spindelmutter 3, 23 zum Einsatz. Die mit der Druckwange 2 verbundene Spindelmutter 23 ist drehfest, und axial synchron mit der Druckwange 2 beweglich. Die zugehörige Spindel 3 ist axialfest im Pressentisch 20 drehbar gelagert. Das von der Spindelmutter 23 abgewandte Ende der Spindel 3 steht über eine Kupplung 24 mit einem Servomotor 5 in Wirkverbindung. Die Kraftübertragung erfolgt von den Elektrozylindern 21 über die Druckwange 2 und Ziehstifte 25 auf den Blechhalter 22 im Pressenwerkzeug.

[0013] Das Ziehkissen 8 kann ebenso anstelle von Elektrozylindern 21 mit Hydraulikzylindern 3a als servo-hydraulisches Ziehkissen 9 ausgerüstet sein. Vorteilhaft ist auch eine Ausgestaltung mit einer Kombination von Hydraulikzylindern 3a und Elektrozylindern 21, wobei die Hydraulikzylinder 3a die Krafterzeugung und ein oder mehrere Elektrozylinder 21 die Bewegungsfunktionen wie Vorbeschleunigung, Sperrung in einer definierten Lage, bedarfsweise Rückzug, Ausheben und Hochlauf des Ziehkissens 8 übernehmen.

[0014] Fig. 2a zeigt den prinzipiellen Aufbau der Vorrichtung mit einem schematisch dargestellten und in Fig. 1 beschriebenen servo-elektrischen Ziehkissen 8, mit der das Verfahren umsetzbar ist. Die Servomotoren 5 sind jeweils mit einem Encoder 6 ausgerüstet, über den die Positions- und Geschwindigkeitserfassung erfolgt. Die Kissenkraft wird durch je einen Kraftaufnehmer 4 für jeden Druckpunkt erfasst. Die Kraftaufnehmer 4 können beispielsweise piezoelektrische oder resistive Dehnungsaufnehmer sein. Alternativ kann die Kissenkraft indirekt über den Motorstrom der Servomotore 5 erfasst werden.

[0015] Die NC-Steuereinrichtung 59 beinhaltet für jeden Druckpunkt des Ziehkissens 8 eine Achsregeleinrichtung 58, die die Lage-, Geschwindigkeits- und Kraftregelung des Druckpunktes übernimmt und die Leistung zur Ansteuerung des Servomotors 5 oder Hydraulikzylinders 3a erzeugt. Die Achsregeleinrichtungen 58 erhalten ihre Führungsgrößen von einer Kurvenscheiben-Steuereinrichtung 56 und einer Kraftsollwert-Steuereinrichtung 57. Beide Einrichtungen werden über eine Leit-

welle gesteuert, wobei die Leitwelle entweder durch reale Positionsgeber am Pressenstößel, Pressenantrieb oder am Antrieb eines Teiletransportsystems innerhalb der Presse oder durch ein "virtuelles" Leitwellensignal beispielsweise aus der Steuerung einer Servopresse darstellbar ist.

[0016] Die Kurvenscheiben-Steuereinrichtung 56 erzeugt leitwellenabhängig Lagesollwerte für die Achsregeleinrichtungen 58. Dabei wird das Prinzip der elektronischen Kurvenscheibe verwendet, wobei jeder Leitwellenposition durch eine Steuerungstabelle oder eine mathematische Funktion eine Kissenposition zugeordnet wird. Die Kraftsollwert-Steuereinrichtung 57 erzeugt Kraftsollwertprofile für die Kraftregelung in den Achsregeleinrichtungen 58. Je nach Anwendung oder teilespezifischer Anforderung kann es sich dabei um einen konstanten Wert oder ein positionsabhängig gesteuertes Kraftprofil für den Ziehbereich und bedarfsweise um zusätzliche Werte für den Kissenhochlauf in der Betriebsart "Ohne Sperrung" handeln.

[0017] Aus Figur 2b ist ersichtlich, wie mit dem Verfahren ein servo-hydraulisches Ziehkissen 9 ansteuerbar ist. Die bewegliche Druckwange 2 wird durch zwei Hydraulikzylinder 3a angetrieben. Der Druck in den Hydraulikzylindern 3a wird durch Servo- oder Proportionalventile 5a gesteuert. Die Positionserfassung erfolgt durch lineare Wegaufnehmer 6a an der Druckwange 2 und die Kraftmessung wird durch Druckaufnehmer 4a an den Hydraulikzylindern 3a realisiert.

Aus der Anordnung der Signalschnittstellen (punktiierte Linien) ist ersichtlich, wie das servo-hydraulische Ziehkissen 9 mit der in Fig. 2a dargestellten NC-Steuereinrichtung 59 kombinierbar sind. Die Möglichkeit dieser Kombination gilt ebenso für die in den Figuren 5, 6 und 7 beschriebenen Ausgestaltungen der Ziehkissenregelung. Die Funktionsweise der Achsregeleinrichtungen 58 und der Leistungsverstärker ist in diesem Fall auf die Anforderungen des hydraulischen Systems angepasst.

[0018] In Fig. 3 ist das vorgeschlagene Verfahren in Form einer Schrittfolge dargestellt.

In der ersten Vorbereitungsphase 31 wird der gewünschte teile- und betriebsartenspezifische Bewegungsablauf des Ziehkissens 8, 9 vorgegeben. Dabei berechnet die Steuerung eine so genannte elektronische Positions-Kurvenscheibe 12, die den Soll-Verlauf der Kissenposition 13 in Abhängigkeit von der Stößelposition 11 beinhaltet.

In zweiter Vorbereitungsphase 32 erfolgt die Vorgabe des gewünschten Kraftverlaufs des Ziehkissens 8, 9 während des Ziehvorganges. Die Steuerung berechnet dabei ein Kraftsollwertprofil, dass den Kraftverlauf in Abhängigkeit von der Stößel- und / oder Kissenposition 11, 13 beinhaltet.

Die Positions-Kurvenscheibe 12 und das Kraftsollwertprofil werden in Form einer Tabelle, einer mathematischen Funktion oder einer Kombination aus beiden in der Steuerung gespeichert.

[0019] Diese beiden Vorbereitungsphasen 31, 32, de-

ren Reihenfolge als Vorbereitung für den eigentliche Zyklus beliebig wählbar ist, können entweder manuell über eine entsprechende Bedienoberfläche eingegeben oder aus einem Speicher abgerufen werden. Es ist ebenso denkbar, diese beiden Schritte für ein neues Teil schon auszuführen, während der Bewegungszyklus für das vorherige Teil noch ausgeführt wird.

[0020] Nach dem Startsignal 37 beginnt mit dem ersten Verfahrensschritt 33 der zyklische Ablauf der Funktionen des Ziehkissens 8, 9, die je nach Betriebsart auch aus den Figuren 4a und 4b ersichtlich sind. Bis zur Phase des Aufsetzens des Stößels auf das Ziehkissen wird die Kissenposition 13 durch eine Lageregelung beeinflusst, die ihren Sollwert aus der entsprechend der aktuellen Stößelposition 11 ausgelesenen Positions-Kurvenscheibe 12 erhält. Durch den Verlauf der Positions-Kurvenscheibe 12 wird das Ziehkissen 8, 9 zunächst in seiner oberen Lage gehalten und anschließend kurz vor dem Auftreffen des Stößels vorbeschleunigt.

[0021] Im zweiten Verfahrensschritt 34 wird beim Aufsetzen des Stößels auf das Ziehkissen 8, 9 auf Kraft- oder Drehmomentenregelung mit einer ersten Umschaltbedingung 38 umgeschaltet. Die erste Umschaltbedingung 38 kann durch das Erreichen einer bestimmten Stößelposition 11, einer definierten Regelabweichung oder durch einen definierten Verlauf der Positions-Kurvenscheibe 12 in Verbindung mit einer Kraftbegrenzungsregelung erfüllt werden. Die zugehörigen Ausgestaltungen sind in Figuren 5 und 7 beschrieben.

Im dritten Verfahrensschritt 35 erfolgt vom Aufsetzen des Stößels auf das Ziehkissen 8, 9 bis zum Ende der gemeinsamen Bewegung von Stößel und Ziehkissen 8, 9 eine Kraft- oder Drehmomentenregelung, die ihren Sollwert aus dem entsprechend der aktuellen Kissen- oder Stößelposition 13, 11 ausgelesenen Kraftsollwertprofil erhält.

[0022] Im vierten Verfahrensschritt 36 erfolgt je nach vorgewählter Betriebsart des Ziehkissens 8, 9 entweder in der unteren Lage oder zu Beginn der Endlagendämpfung des Kissenhochlaufes nach einer zweiten Umschaltbedingung 39 wieder ein Umschalten auf Lageregelung mit Positions-Kurvenscheibe 12. Die zweite Umschaltbedingung 39 kann entweder durch das Erreichen einer bestimmten Stößel- bzw. Kissenposition 11, 13 einer definierten Regelabweichung oder durch einen bestimmten Verlauf der Positions-Kurvenscheibe 12 in Verbindung mit einer Kraftbegrenzungsregelung erfüllt werden.

[0023] Anschließend wird der zyklische Bewegungsablauf mit dem ersten Verfahrensschritt 33 fortgesetzt. Durch den Verlauf der Positions-Kurvenscheibe 12 werden je nach gewählter Betriebsart des Ziehkissens 8, 9 die Bewegungsfunktionen Sperren beziehungsweise Rückzug in der unteren Lage, Ausheben des Teils, Kissenhochlauf und Endlagendämpfung 19 mit anschließender Rast in der oberen Lage ausgeführt.

[0024] Die in Fig.3 dargestellte Schrittfolge des Ablaufes der Funktionen des Ziehkissens 8, 9 ist aus den Fi-

guren 4a und 4b grafisch ersichtlich.

[0025] Die Figur 4a stellt einen typischen Bewegungsablauf des Ziehkissens 8, 9 in der Betriebsart "Mit Sperrung" in Zusammenhang mit dem vorgeschlagenen Verfahren dar. In dieser Betriebsart erfolgt der Kissenhochlauf nicht unmittelbar nach Durchlauf des unteren Umkehrpunktes des Stößels, sondern die Bewegung des Ziehkissens 8, 9 wird zunächst gesperrt und der Hochlauf erfolgt zeitlich gegenüber der Stößelbewegung verzögert. Dargestellt sind die Stößelposition 11, die Kissenposition 13 und eine Positions-Kurvenscheibe 12 als zeit- oder kurbelwinkelabhängiger Verlauf.

[0026] In einer ersten Phase 14 erfolgt die Lageregelung mit elektronischer Positions-Kurvenscheibe 12, wobei die Kissenposition 13 der Positions-Kurvenscheibe 12 folgt und die Rast in der oberen Lage und die Vorbeschleunigung des Ziehkissens 8, 9 steuert. Dies entspricht dem ersten Verfahrensschritt 33 nach Fig. 3.

[0027] Im Auftreffpunkt 17 erfolgt die Umschaltung auf Kraftregelung entsprechend dem zweiten Verfahrensschritt 34 aus Fig. 3. In der sich anschließenden zweiten Phase 15 erfolgt die Kraftregelung mit definiertem Kraftsollwertprofil entsprechend dem dritten Verfahrensschritt 35 aus Fig. 3. In dieser Phase kann die Positions-Kurvenscheibe 12 unwirksam sein. Der Verlauf der Positions-Kurvenscheibe ist in dieser Phase nur dann wirksam, wenn die Umschaltung auf Kraftregelung nach der in Fig. 7 dargestellten Ausgestaltung mit Kraftbegrenzung realisiert wird. Dabei muss der Verlauf der Positions-Kurvenscheibe 12 oberhalb der durch die Stößelposition 11 erzwungenen Kissenposition 13 liegen.

[0028] Im unteren Umkehrpunkt 18 erfolgt in Analogie zum vierten Verfahrensschritt 36 nach Fig. 3 das Umschalten auf Lageregelung mit elektronischer Positions-Kurvenscheibe 12. Die sich anschließende dritte Phase 16 beinhaltet die Bewegungsfunktionen Kissenrückzug und Sperrung in der unteren Lage, Ausheben des Teils, Kissenhochlauf, Endlagendämpfung und Rast in der oberen Lage. Der Ablauf wiederholt sich zyklisch mit der eingangs beschriebenen ersten Phase 14. Die genannten Bewegungsfunktionen sind im Verlauf der Positions-Kurvenscheibe 12 enthalten und werden durch die Lageregelung in Abhängigkeit von der als Leitwelle dienenden Stößelposition 11 ausgeführt.

[0029] Aus Fig. 4b ist ein typischer Bewegungsablauf des Ziehkissens 8, 9 in der Betriebsart "Ohne Sperrung" im Zusammenhang mit dem vorgeschlagenen Steuerungsverfahren ersichtlich. Dargestellt sind analog zur Fig. 4a die Stößelposition 11, die Kissenposition 13 und eine Positions-Kurvenscheibe 12 als zeit- oder kurbelwinkelabhängiger Verlauf.

[0030] Nach der ersten und zweiten Phase 14, 15 mit jeweils analogem Ablauf nach Fig. 4 erfolgt der Kissenhochlauf unmittelbar nach dem unteren Umkehrpunkt 18, wobei das Ziehkissen 8, 9 unverzüglich der Stößelbewegung folgt. Im unteren Umkehrpunkt 18 wird die Kraftregelung fortgesetzt. Dazu enthält das Kraftsollwertprofil einen oder mehrere zusätzliche Werte, die so bemessen

sind, dass das Ziehkissen 8, 9 der Aufwärtsbewegung des Stößels folgt und das umgeformte Teil aushebt. Zu Beginn der Endlagendämpfung 19 erfolgt das Umschalten auf Lageregelung, so dass die Endlagendämpfung und die Rast in der oberen Lage durch die Positions-Kurvenscheibe 12 vorgegeben werden und der Ablauf sich zyklisch wiederholt.

[0031] Die Figuren 5, 6 und 7 zeigen Anwendungsbeispiele und vorteilhafte Ausgestaltungen der vorgeschlagenen Ziehkissenregelung mit elektronischer Kurvenscheibe und partieller Umschaltung auf Kraftregelung in Form von Blockschaltbildern. Die erste Ausgestaltung nach Fig. 5 beinhaltet eine Kurvenscheibensteuerfunktion 41 zum Berechnen, Speichern und leitwellenabhängigen Auslesen von Positions-Kurvenscheiben 12, eine Kraftsollwertsteuerfunktion 42 zum Berechnen, Speichern und positionsabhängigen Auslesen von Kraftsollwertprofilen und eine Achsregelvorrichtung 58, die aus den drei Regelkreisen Lageregler 43, Geschwindigkeitsregler 44 und Kraftregler 45 sowie der Umschalteinrichtung für Reglersollwerte 49 und dem Leistungsverstärker 46 besteht. Alle drei Regelkreise werden durch Rückführung der entsprechenden Istwerte geschlossen. Der Lage-Istwert wird vom Encoder 6 geliefert. Der Geschwindigkeits-Istwert wird durch ein Differenzglied 47 aus dem Lage-Istwert erzeugt und der Kraft-Istwert wird durch den Kraftaufnehmer 4 erfasst.

[0032] Der Funktionsablauf wird durch die Leitwelle, die hier dem Kurbelwinkel der Presse entspricht, folgendermaßen gesteuert:

Wenn sich der Pressenstößel von seinem oberen Umkehrpunkt bis zum Auftreffpunkt 17 auf das Ziehkissen 8, 9 bewegt, werden durch die Kurvenscheibensteuerfunktion 41 fortlaufend LageSollwerte an den Lageregler 43 übergeben. Dem Lageregler 43 ist der Geschwindigkeitsregler 44 nachgeordnet, der wiederum über die Umschalteinrichtung 49 den Kraftregler 45 ansteuert. In dieser Konstellation arbeiten die drei kaskadierten Regler als Lageregelung, so dass der über einen Leistungsverstärker 46 angesteuerte Servomotor 5 und die wirkverbundene Druckwange 2 der Positions-Kurvenscheibe 12 folgt. Auf diese Weise wird die erste Bewegungsphase des Ziehkissens 8, 9, bestehend aus Rast in der oberen Lage und Vorbeschleunigung gesteuert.

Beim Aufsetzen des Stößels auf das Ziehkissen 8, 9 wird die Funktionseinheit zur Reglerumschaltung 55 wirksam, die in dieser Ausgestaltung aus Grenzwertschalter 48 und Umschalteinrichtung für Reglersollwerte 49 besteht. Dabei wird durch den Grenzwertschalter 48, der im Auftreffpunkt 17 eine Regelabweichung auswertet, mittels Umschalteinrichtung 49 auf Kraftregelung umgeschaltet. Damit sind Lage- und Geschwindigkeitsregler 43, 44 wirkungslos und der Kraftregler 45 erhält seine Sollwerte von der Kraftsollwertsteuerfunktion 42. Diese erzeugt fortlaufend Sollwerte durch stößel- oder kissenpositionsabhängiges Auslesen des gespeicherten Kraftsollwertprofils. Auf diese Weise wird die zweite Phase 15 des Ziehkissens 8, 9 ab Auftreffpunkt 17 bis zum Ende der

gemeinsamen Bewegung von Stößel und Ziehkissen 8, 9 gesteuert.

[0033] Anschließend wird mittels Umschalteinrichtung 49 entweder bei der Funktion "Mit Sperrung" in der unteren Lage des Ziehkissens 8, 9 oder bei der Funktion "Ohne Sperrung" zu Beginn der Endlagendämpfung 19 des Kissenhochlaufes wieder auf Lageregelung mit Positions-Kurvenscheibe 12 umgeschaltet. Die Lageregelung bleibt bis zum nächsten Aufsetzen des Stößels auf das Ziehkissen 8, 9 aktiv, so dass sich der Bewegungszyklus wie oben beschrieben fortsetzt.

[0034] Bei bestimmten Anwendungen oder bei hydraulischen Pressen kann es erforderlich sein, die Stößelposition 11 direkt mit linearen Wegaufnehmern 7 zu erfassen.

[0035] Die Figur 6 zeigt eine zweite Ausgestaltung der Ziehkissenregelung, die einen linearen Wegaufnehmer 7 am Pressenstößel als Leitwelle verwendet. Im Gegensatz zum rotatorischen Positionsgeber 1 ist eine Unterscheidung zwischen Abwärts- und Aufwärtsbewegung nicht mehr direkt durch das Leitwellensignal möglich. Dazu werden zwei Kurvenscheiben mit jeweils einer Positions-Kurvenscheibe 50 für die Steuerfunktion Abwärts und einer Positions-Kurvenscheibe 51 für die Steuerfunktion Aufwärts verwendet. Die Umschaltung erfolgt durch eine Umschalteinrichtung 53, die über einen von dem rotatorischen Positionsgeber 1 erzeugten Schaltnocken 52 gesteuert wird. Die Umschaltung kann alternativ auch durch eine virtuelle Leitwelle, eine Einrichtung zur Richtungserkennung oder ein Steuersignal aus der Ablaufsteuerung für die Stößelbewegung erfolgen. Die weitere Funktionsweise entspricht der ersten Ausgestaltung nach Fig. 5.

[0036] Es ist ebenso denkbar, nur eine Kurvenscheibe zu verwenden und das zugehörige Positionssignal des linearen Wegaufnehmers 7 umzuschalten oder rechnerisch anzupassen.

[0037] In der dritten Ausgestaltung nach Fig. 7 wird als Funktionseinheit zur Reglerumschaltung 55 eine Einrichtung zur dynamischen Kraftbegrenzung 54 verwendet. Diese Einrichtung begrenzt das Ausgangssignal des Geschwindigkeitsreglers 44 auf einen dynamisch vorgebaren Maximalwert, der von der Kraftsollwertsteuerfunktion 42 erzeugt wird. Auf diese Weise wird der Wechsel zwischen Lageregelung und Kraftregelung lediglich durch den Verlauf der Positions-Kurvenscheibe 12 relativ zur Stößelposition 11 bestimmt.

[0038] Verläuft die Positions-Kurvenscheibe 12 unterhalb der Stößelposition 11, ist die Kraftbegrenzung nicht wirksam und das System befindet sich in Lageregelung, so dass das Ziehkissen 8, 9 der Kurvenscheibe folgt. Verläuft dagegen die Positions-Kurvenscheibe 12 oberhalb der Stößelposition 11, wird die Kissenposition 13 durch die Bewegung des Pressenstößels erzwungen. In diesem Fall werden die Ausgangssignale von Lage- und Geschwindigkeitsregler so groß, dass die Kraftbegrenzung wirkt. Damit befindet sich das System in Kraftregelung und das Kraftsollwertprofil wird wirksam.

Gegenüber der ersten und zweiten Ausgestaltung ist vorteilhaft keine mit zusätzlichen Elementen gesteuerte Reglerumschaltung erforderlich.

Bezugszeichenliste

[0039]

1	rotatorische Positionsgeber als Leitwelle
2	Druckwange
3	Spindel
3a	Hydraulikzylinder
4	Kraftaufnehmer
4a	Druckaufnehmer
5	Servomotor
5a	Servo- oder Proportionalventil
6	Encoder
6a	linearer Wegaufnehmer am Kissen
7	linearer Wegaufnehmer am Stößel als Leitwelle
8	servo-elektrisches Ziehkissen
9	servo-hydraulisches Ziehkissen
11	Stößelposition
12	Positions-Kurvenscheibe
13	Kissenposition
14	erste Phase
15	zweite Phase
16	dritte Phase
17	Auftreffpunkt
18	unterer Umkehrpunkt
19	Beginn der Endlagendämpfung
20	Pressentisch
21	Elektrozylinder
22	Blechhalter
23	Spindelmutter
24	Kupplung
25	Ziehstifte
31	erste Vorbereitungsphase
32	zweite Vorbereitungsphase
33	erster Verfahrensschritt
34	zweiter Verfahrensschritt
35	dritter Verfahrensschritt
36	vierter Verfahrensschritt
37	Startsignal
38	erste Umschaltbedingung
39	zweite Umschaltbedingung
41	Kurvenscheibensteuerfunktion
42	Kraftsollwertsteuerfunktion
43	Lageregler
44	Geschwindigkeitsregler
45	Kraft- oder Drehmomentenregler
46	Leistungsverstärker
47	Differenzierglied
48	Grenzwertschalter
49	Umschalteinrichtung für Reglersollwerte
50	Positions-Kurvenscheibe für die Steuerfunktion

Abwärts

51	Positions-Kurvenscheibe für die Steuerfunktion
	Aufwärts
52	Schaltnocken
53	Umschalteinrichtung für Kurvenscheiben
54	Dynamische Kraftbegrenzung
55	Funktionseinheit zur Reglerumschaltung
56	Kurvenscheiben-Steuereinrichtung
57	Kraftsollwert-Steuereinrichtung
58	Achsregeleinrichtung
59	NC-Steuereinrichtung

Patentansprüche

15	1. Verfahren zur Steuerung und Regelung von servo-elektrischen Ziehkissen an Umformpressen mit einer NC-Steuereinrichtung (59), die die Positionen, Geschwindigkeiten und Kräfte der als Aktoren ausgebildeten Servomotore (5) oder Hydraulikzylinder (3a) so regelt, dass während der Stößelbewegung bis zum Auftreffpunkt (17) des Stößels auf das Ziehkissen (8, 9) die Kissenposition (13) durch eine Lageregelung beeinflusst wird, die ihren Sollwert aus einer entsprechend der aktuellen Leitwellenposition ausgelesenen Positions-Kurvenscheibe (12) erhält, dass im Auftreffpunkt (17) des Stößels auf das Ziehkissen (8, 9) durch Auswertung einer maximalen Regelabweichung auf Kraftregelung umgeschaltet wird, dass ab Auftreffpunkt (17) des Stößels auf das Ziehkissen (8, 9) bis zum unteren Umkehrpunkt eine Kraftregelung mit aus der Leitwellenposition ausgelesenen Kraftsollwert erfolgt,
20	dadurch gekennzeichnet,
25	dass während der Stößelbewegung bis zum Auftreffpunkt (17) des Stößels auf das Ziehkissen (8, 9) die Kissenposition (13) zusätzlich zur Lageregelung durch eine Geschwindigkeitsregelung beeinflusst wird, die ihren Istwert durch Differenzierung aus dem Lageistwert vom Encoder (6) erhält,
30	dass im Auftreffpunkt (17) des Stößels auf das Ziehkissen (8, 9) die Umschaltung zwischen Lage- und Kraft- oder Drehmomentenregelung entweder durch Auswertung der maximalen Regelabweichung des Lage- (43) oder Geschwindigkeitsreglers (44) erfolgt oder
35	durch eine permanent wirksame dynamische Kraftbegrenzung (54) in Verbindung mit dem Verlauf der Positions-Kurvenscheibe (12) erfolgt, wobei sich der Verlauf im Bereich vom Aufsetzen des Stößels auf das Ziehkissen (8, 9) bis zum Ende der gemeinsamen Bewegung mit dem Stößel oberhalb der vom Stößel erzwungenen Kissenposition (13) befindet,
40	dass ab Auftreffpunkt (17) des Stößels auf das Ziehkissen (8, 9) bis zum Ende der gemeinsamen Bewegung mit dem Stößel, betriebsartenabhängig auch über den unteren Umkehrpunkt hinaus eine Kraft- oder Drehmomentenregelung erfolgt, die ihren Soll-
45	
50	
55	

- wert aus einem entsprechend der aktuellen Kissen- (13), Stößel- (11) oder Leitwellenposition ausgelesenen Kraftsollwertprofil erhält, und
dass je nach vorgewählter Betriebsart des Ziehkissens (8, 9) entweder im unteren Umkehrpunkt (18) oder zu Beginn der Endlagendämpfung (19) des Kissenhochlaufes ein Umschalten auf Lageregelung mit Positions-Kurvenscheibe (12) erfolgt und der Bewegungsablauf zyklisch fortgesetzt wird.
2. Verfahren zur Steuerung und Regelung von servoelektrischen Ziehkissen an Umformpressen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor Beginn des Verfahrensablaufes der Bewegungsablauf des Ziehkissens (8, 9) neben der Vorbeschleunigungsphase je nach gewählter Betriebsart des Ziehkissens (8, 9) die Phasen ohne Sperrung und mit Sperrung beziehungsweise Rückzug in der unteren Lage, Ausheben des Teils, Kissenhochlauf und Endlagendämpfung 19 mit anschließender Rast in der oberen Lage in Abhängigkeit von der Stößel- (11) oder Leitwellenposition eingegeben, berechnet und als elektronische Positions-Kurvenscheibe (12,) in der NC-Steuereinrichtung (59) gespeichert wird sowie der gewünschte Kraftverlauf im Ziehbereich in Abhängigkeit von der Kissen- (13), Stößel- (11) oder Leitwellenposition eingegeben, berechnet und als Kraftsollwertprofil in der NC-Steuereinrichtung (59) gespeichert wird,
 3. Verfahren zur Steuerung und Regelung von servoelektrischen Ziehkissen an Umformpressen nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein positionsabhängiges Kraftprofil für den Kissenhochlauf in der Betriebsart "ohne Sperrung" in Abhängigkeit von der Kissen- (13), Stößel- (11) oder Leitwellenposition eingegeben, berechnet und als Kraftsollwertprofil in der NC-Steuereinrichtung (59) speicherbar ist.
 4. Verfahren zur Steuerung und Regelung von servoelektrischen Ziehkissen an Umformpressen nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Phase der Kraftregelung der Verlauf der Positionskurvenscheibe (12) oberhalb der durch die Stößelposition (11) erzwungenen Kissenposition (13) in der NC-Steuereinrichtung (59) gespeichert wird.
 5. Verfahren zur Steuerung und Regelung von servoelektrischen Ziehkissen an Umformpressen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kurvenscheiben-Steuereinrichtung (56) Sollwerte für Positions-Kurvenscheiben (12) berechnet, speichert und in Abhängigkeit von einer Leitwelle ausliest.
 6. Verfahren zur Steuerung und Regelung von servoelektrischen Ziehkissen an Umformpressen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kraftsollwert-Steuereinrichtung (57) Sollwerte für Kraftsollwertprofile (42) berechnet, speichert und in Abhängigkeit von einer Leitwelle oder Kissenposition (13) ausliest.
 7. Verfahren zur Steuerung und Regelung von servoelektrischen Ziehkissen an Umformpressen nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Positions-Kurvenscheibe (12) und das Kraftsollwertprofil in Form einer Tabelle, einer mathematischen Funktion oder einer Kombination aus beiden in der Steuerung speicherbar sind.
 8. Vorrichtung zur Steuerung und Regelung von servoelektrischen Ziehkissen an Umformpressen mit einer NC-Steuereinrichtung (59), die die Positionen, Geschwindigkeiten und Kräfte der als Aktoren ausgebildeten Servomotore (5) oder Hydraulikzylinder (3a) regelt, wobei eine Kurvenscheiben-Steuereinrichtung (56) und eine Kraftsollwert-Steuereinrichtung (57) mit mindestens einer Achsregelung (58) wirkverbunden sind, die eine Funktionseinheit zur Reglerumschaltung (55) zwischen Lage- und Kraftregelung aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Funktionseinheit zur Reglerumschaltung (55) entweder einen Grenzwertschalter (48) zur Auswertung der maximalen Regelabweichung des Lage- (43) oder Geschwindigkeitsreglers (44) oder eine Einrichtung zur dynamischen Kraftbegrenzung (54) aufweist.
 9. Vorrichtung zur Steuerung und Regelung von servoelektrischen Ziehkissen an Umformpressen nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitwelle zum Auslesen der Positions-Kurvenscheibe (12) durch einen realen Positionsgeber (1) am Antrieb eines Teiletransportsystems dargestellt wird.
 10. Vorrichtung zur Steuerung und Regelung von servoelektrischen Ziehkissen an Umformpressen nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitwelle zum Auslesen der Positions-Kurvenscheibe (12) durch ein rotatorisches virtuelles Leitwellensignal dargestellt wird.
 11. Vorrichtung zur Steuerung und Regelung von servoelektrischen Ziehkissen an Umformpressen nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitwelle durch einen realen linearen Wegaufnehmer (7) am Pressenstößel dargestellt wird, mit dem zwei unabhängige, jeweils entsprechend der Bewegungsphase des Stößels umschaltbare Positions-Kurvenscheiben (50, 51) für die Steuerfunktion Abwärts und Aufwärts auslesbar sind.
 12. Vorrichtung zur Steuerung und Regelung von servo-

elektrischen Ziehkissen an Umformpressen nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitwelle zum Auslesen der Positions-Kurvenscheibe (12) durch einen realen linearen Wegaufnehmer (7) am Stößel dargestellt wird, wobei dessen Ausgangssignal durch Umschaltung oder Umrechnung in einen Bereich für die Abwärts- und einen Bereich für die Aufwärtsbewegung getrennt wird.

Claims

1. Method for the open-loop and closed-loop control of servo-electric die cushions on forming presses with an NC control device (59), which controls the positions, speeds and forces of the servo motors (5) or hydraulic cylinders (3a), formed as actuators, in such a way that, during the ram movement up to the point of impingement (17) of the ram on the die cushion (8, 9), the position of the cushion (13) is influenced by the position control, which receives its setpoint value from a position cam disc (12) read in accordance with the current position of the main shaft, that, at the point of impingement (17) of the ram on the die cushion (8, 9), switching over to force control is performed by evaluation of a maximum system deviation, that, as from the point of impingement (17) of the ram on the die cushion (8, 9) until the lower reversal point, force control takes place with a force setpoint value read from the position of the main shaft,
characterized in that, during the ram movement up until the point of impingement (17) of the ram on the die cushion (8, 9), the position of the cushion (13) is influenced in addition to the position control by a speed control, which receives its actual value from the encoder (6) by differentiation from the actual position value,
in that, at the point of impingement (17) of the ram on the die cushion (8, 9), the switchover between position control and force control or torque control takes place either by evaluation of the maximum system deviation of the position controller (43) or speed controller (44) or by a permanently effective dynamic force limitation (54) in conjunction with the variation of the position cam disc (12), the variation being in the region from the setting down of the ram on the die cushion (8, 9) to the end of the joint movement with the ram above the position of the cushion (13) enforced by the ram,
in that, as from the point of impingement (17) of the ram on the die cushion (8, 9) up to the end of the joint movement with the ram, a force control or torque control takes place, depending on the operating mode, even beyond the lower reversal point, receiving its setpoint value from a force setpoint value profile read in accordance with the current position of the cushion (13), position of the ram (11) or position

of the main shaft, and

in that, depending on the preselected operating mode of the die cushion (8, 9), switching over to position control with the position cam disc (12) takes place either at the lower reversal point (18) or at the beginning of the end position damping (19) of the running up of the cushion, and the sequence of movements is cyclically continued.

2. Method for the open-loop and closed-loop control of servo-electric die cushions on forming presses according to Claim 1, **characterized in that**, before the beginning of the method sequence, the sequence of movements of the die cushion (8, 9) along with the acceleration phase, depending on the chosen operating mode of the die cushion (8, 9), the phases without blocking and with blocking or retraction in the lower position, lifting out of the part, running up of the cushion and end position damping (19) with subsequent engagement in the upper position are entered in dependence on the position of the ram (11) or position of the main shaft, calculated and stored in the NC control device (59) as an electronic position cam disc (12), and the desired force variation in the drawing region is entered in dependence on the position of the cushion (13), position of the ram (11) or position of the main shaft, calculated and stored in the NC control device (59) as a force setpoint value profile.
3. Method for the open-loop and closed-loop control of servo-electric die cushions on forming presses according to Claim 2, **characterized in that** a position-dependent force profile for the running up of the cushion in the operating mode "without blocking" is entered in dependence on the position of the cushion (13), position of the ram (11) or position of the main shaft, calculated and can be stored in the NC control device (59) as a force setpoint value profile.
4. Method for the open-loop and closed-loop control of servo-electric die cushions on forming presses according to Claim 2, **characterized in that**, for the phase of force control, the variation of the position cam disc (12) above the position of the cushion (13) enforced by the position of the ram (11) is stored in the NC control device (59).
5. Method for the open-loop and closed-loop control of servo-electric die cushions on forming presses according to Claim 1, **characterized in that** the cam disc control device (56) calculates setpoint values for position cam discs (12), stores them and reads them in dependence on a main shaft.
6. Method for the open-loop and closed-loop control of servo-electric die cushions on forming presses according to Claim 1, **characterized in that** the force

setpoint value control device (57) calculates setpoint values for force setpoint value profiles (42), stores them and reads them in dependence on a position of the main shaft or position of the cushion (13).

7. Method for the open-loop and closed-loop control of servo-electric die cushions on forming presses according to Claim 2, **characterized in that** the position cam disc (12) and the force setpoint value profile can be stored in the control in the form of a table, a mathematical function or a combination of the two.
8. Apparatus for the open-loop and closed-loop control of servo-electric die cushions on forming presses with an NC control device (59), which controls the positions, speeds and forces of the servo motors (5) or hydraulic cylinders (3a), formed as actuators, wherein a cam disc control device (56) and a force setpoint value control device (57) are operatively connected to at least one axis control device (58), which has a functional unit for the controller switch-over (55) between position control and force control, **characterized in that** the functional unit for the controller switchover (55) has either a limit monitor (48) for evaluating the maximum system deviation of the position controller (43) or speed controller (44) or a device for dynamic force limitation (54).
9. Apparatus for the open-loop and closed-loop control of servo-electric die cushions on forming presses according to Claim 8, **characterized in that** the main shaft for reading the position cam disc (12) is represented by an actual position sensor (1) on the drive of a parts transporting system.
10. Apparatus for the open-loop and closed-loop control of servo-electric die cushions on forming presses according to Claim 8, **characterized in that** the main shaft for reading the position cam disc (12) is represented by a rotary virtual main shaft signal.
11. Apparatus for the open-loop and closed-loop control of servo-electric die cushions on forming presses according to Claim 8, **characterized in that** the main shaft is represented by an actual linear displacement transducer (7) on the press ram, with which two independent position cam discs (50, 51) which can be respectively switched over in accordance with the movement phase of the ram and are for the downward and upward control function can be read.
12. Apparatus for the open-loop and closed-loop control of servo-electric die cushions on forming presses according to Claim 8, **characterized in that** the main shaft for reading the position cam disc (12) is represented by an actual linear displacement transducer (7) on the ram, wherein its output signal is divided by switchover or conversion into a region for the

downward movement and a region for the upward movement.

5 Revendications

1. Procédé de commande et de régulation de coussins de serre-flanc servo-électriques sur des presses de façonnage comprenant un dispositif de commande à CN (59) qui régule les positions, les vitesses et les forces des servomoteurs (5) ou des vérins hydrauliques (3a) réalisés sous la forme d'actionneurs de telle sorte que pendant le mouvement du coulisseau jusqu'au point de rencontre (17) du coulisseau sur les coussins de serre-flanc (8, 9), la position des coussins (13) est influencée par une régulation de position qui obtient sa valeur de consigne d'une came de position (12) relevée conformément à la position actuelle de l'onde de commande, qu'un basculement sur la régulation de la force a lieu au point de rencontre (17) du coulisseau sur les coussins de serre-flanc (8, 9) par une analyse d'un écart de régulation maximum, qu'une régulation de la force est effectuée à partir du point de rencontre (17) du coulisseau sur les coussins de serre-flanc (8, 9) jusqu'au point de retournement inférieur avec une valeur de consigne de la force relevée à partir de la position de l'onde de commande, **caractérisé en ce que** pendant le mouvement du coulisseau jusqu'au point de rencontre (17) du coulisseau sur les coussins de serre-flanc (8, 9), la position des coussins (13), en plus d'être influencée par la régulation de position, l'est également par une régulation de vitesse qui obtient sa valeur réelle en calculant la différence à partir de la valeur réelle de la position du codeur (6), qu'au point de rencontre (17) du coulisseau sur les coussins de serre-flanc (8, 9), le basculement entre la régulation de la position, de la force ou du couple s'effectue soit en analysant l'écart de régulation maximum du régulateur de position (43) ou de vitesse (44), soit par une limitation dynamique agissant en permanence de la force (54) en combinaison avec la trajectoire de la came de position (12), la trajectoire se trouvant dans la plage entre l'entrée en contact du coulisseau sur les coussins de serre-flanc (8, 9) et la fin du mouvement commun avec le coulisseau au-dessus de la position du coussin (13) forcée par le coulisseau, qu'à partir du point de rencontre (17) du coulisseau sur les coussins des serre-flanc (8, 9) et jusqu'à la fin du mouvement commun avec le coulisseau, suivant le mode de fonctionnement aussi au-delà du point de retournement inférieur, il se produit une régulation de la force ou du couple qui obtient sa valeur de consigne d'un profil de valeur de consigne de la force relevé conformément à la position actuelle des coussins (13), du coulisseau (11) ou de l'onde de commande et que suivant le mode de fonctionnement présélectionné du coussin de

serre-flanc (8, 9), il se produit un basculement sur la régulation de la position avec la came de position (12) soit au niveau du point de retournement inférieur (18), soit au début de l'amortissement de fin de course (19) de la remontée des coussins, et le déroulement du mouvement se poursuit de manière cyclique.

2. Procédé de commande et de régulation de coussins de serre-flanc servo-électriques sur des presses de façonnage selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**avant le début du déroulement du procédé, le déroulement du mouvement du coussin de serre-flanc (8, 9), en plus de la phase de pré-accélération, suivant le mode de fonctionnement sélectionné du coussin de serre-flanc (8, 9), les phases sans blocage et avec blocage ou retrait dans la position inférieure, relevage de la pièce, montée des coussins et amortissement de fin de course (19) avec ensuite enclenchement en position supérieure, est entré, calculé et enregistré sous la forme d'une came de position électronique (12) dans le dispositif de commande à CN (59) en fonction de la position du coulisseau (11) ou de l'onde de commande et la courbe de force souhaitée dans la zone du serre-flanc est entrée, calculée et enregistrée sous la forme d'un profil de valeur de consigne de la force dans le dispositif de commande à CN (59) en fonction de la position des coussins (13), du coulisseau (11) ou de l'onde de commande.
3. Procédé de commande et de régulation de coussins de serre-flanc servo-électriques sur des presses de façonnage selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'**un profil de force dépendant de la position pour la montée du coussin dans le mode de fonctionnement « sans blocage » est entré, calculé et peut être enregistré sous la forme d'un profil de valeur de consigne de la force dans le dispositif de commande à CN (59) en fonction de la position des coussins (13), du coulisseau (11) ou de l'onde de commande.
4. Procédé de commande et de régulation de coussins de serre-flanc servo-électriques sur des presses de façonnage selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** pour la phase de la régulation de force, la trajectoire de la came de position (12) au-dessus de la position des coussins (13) forcée par la position du coulisseau (11) est enregistrée dans le dispositif de commande à CN (59).
5. Procédé de commande et de régulation de coussins de serre-flanc servo-électriques sur des presses de façonnage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le dispositif de commande à cames (56) calcule et enregistre des valeurs de consigne pour la came de position (12) et les relève en fonction d'une

onde de commande.

6. Procédé de commande et de régulation de coussins de serre-flanc servo-électriques sur des presses de façonnage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le dispositif de commande à valeur de consigne de la force (57) calcule et enregistre des valeurs de consigne pour le profil de valeur de consigne de la force (42) et les relève en fonction d'une onde de commande ou d'une position des coussins (13).
7. Procédé de commande et de régulation de coussins de serre-flanc servo-électriques sur des presses de façonnage selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la came de position (12) et le profil de valeur de consigne de la force peuvent être enregistrés dans la commande sous la forme d'un tableau, d'une fonction mathématique ou d'une combinaison des deux.
8. Dispositif de commande et de régulation de coussins de serre-flanc servo-électriques sur des presses de façonnage comprenant un dispositif de commande à CN (59) qui régule les positions, les vitesses et les forces des servomoteurs (5) ou des vérins hydrauliques (3a) réalisés sous la forme d'actionneurs, un dispositif de commande à cames (56) et un dispositif de commande à valeur de consigne de la force (57) étant en liaison active avec au moins un dispositif de régulation d'axe (58), lequel présente une unité fonctionnelle de basculement du régulateur (55) entre une régulation de la position et une régulation de la force, **caractérisé en ce que** l'unité fonctionnelle de basculement du régulateur (55) présente soit un commutateur de valeur limite (48) pour analyser l'écart de régulation maximum du régulateur de position (43) ou de vitesse (44), soit un dispositif de limitation dynamique de la force (54).
9. Dispositif de commande et de régulation de coussins de serre-flanc servo-électriques sur des presses de façonnage selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** l'onde de commande, pour relever la came de position (12), est représentée par un codeur de position réel (1) sur le mécanisme d'entraînement d'un système de transport de pièces.
10. Dispositif de commande et de régulation de coussins de serre-flanc servo-électriques sur des presses de façonnage selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** l'onde de commande, pour relever la came de position (12), est représentée par un signal d'onde de commande virtuel rotatif.
11. Dispositif de commande et de régulation de coussins de serre-flanc servo-électriques sur des presses de façonnage selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** l'onde de commande est représentée sur le

coulisseau de presse par un capteur de course (7) linéaire réel qui permet de relever deux cames de position (50, 51) indépendantes, pouvant respectivement être commutées en fonction de la phase de mouvement du coulisseau, pour la fonction de commande de descente et de montée. 5

12. Dispositif de commande et de régulation de coussins de serre-flanc servo-électriques sur des presses de façonnage selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** l'onde de commande, pour relever la came de position (12), est représentée par un capteur de course (7) linéaire réel sur le coulisseau, son signal de sortie étant divisé par commutation ou conversion en une plage pour le mouvement descendant et une plage pour le mouvement ascendant. 10 15

20

25

30

35

40

45

50

55

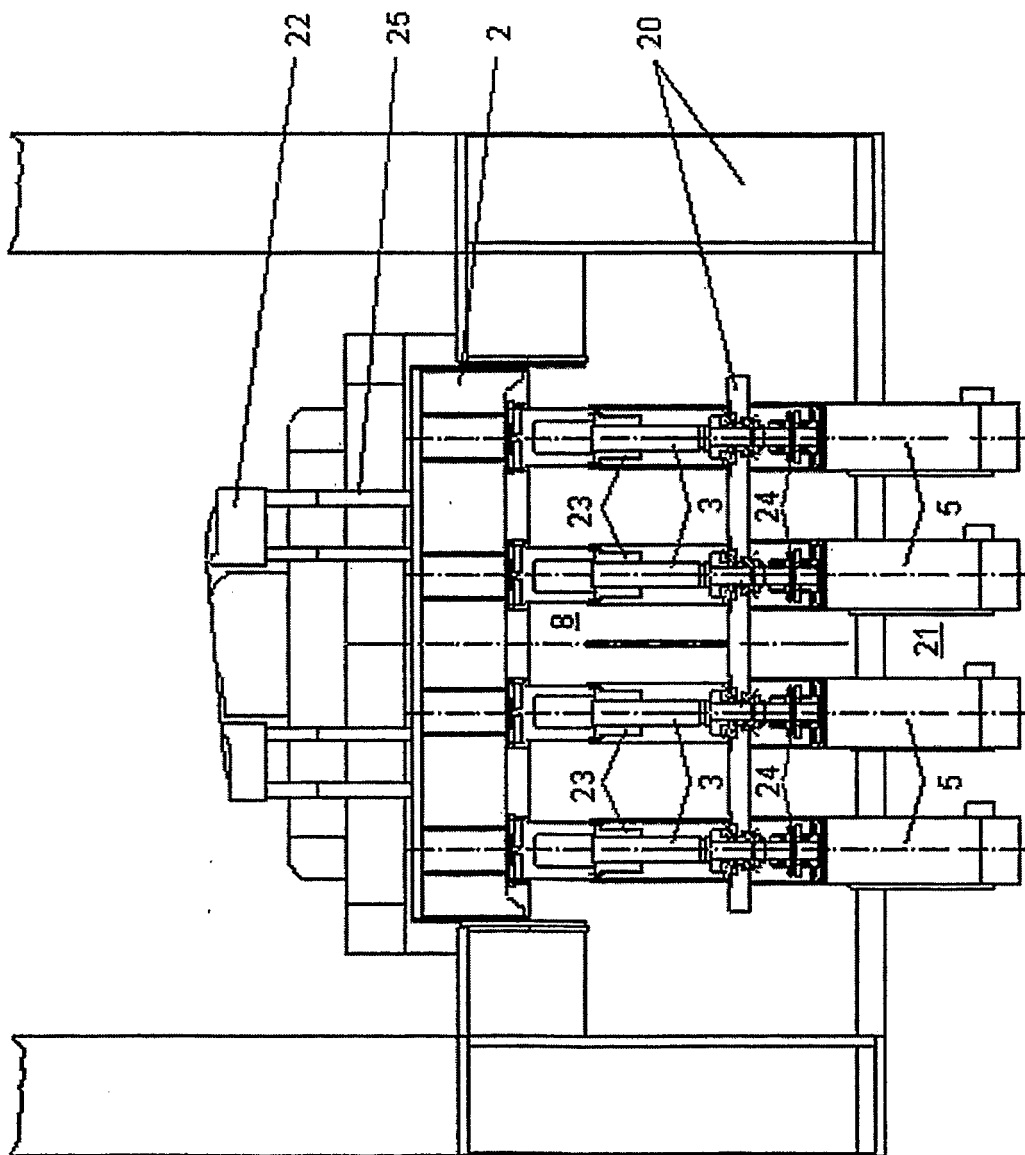


Fig. 1

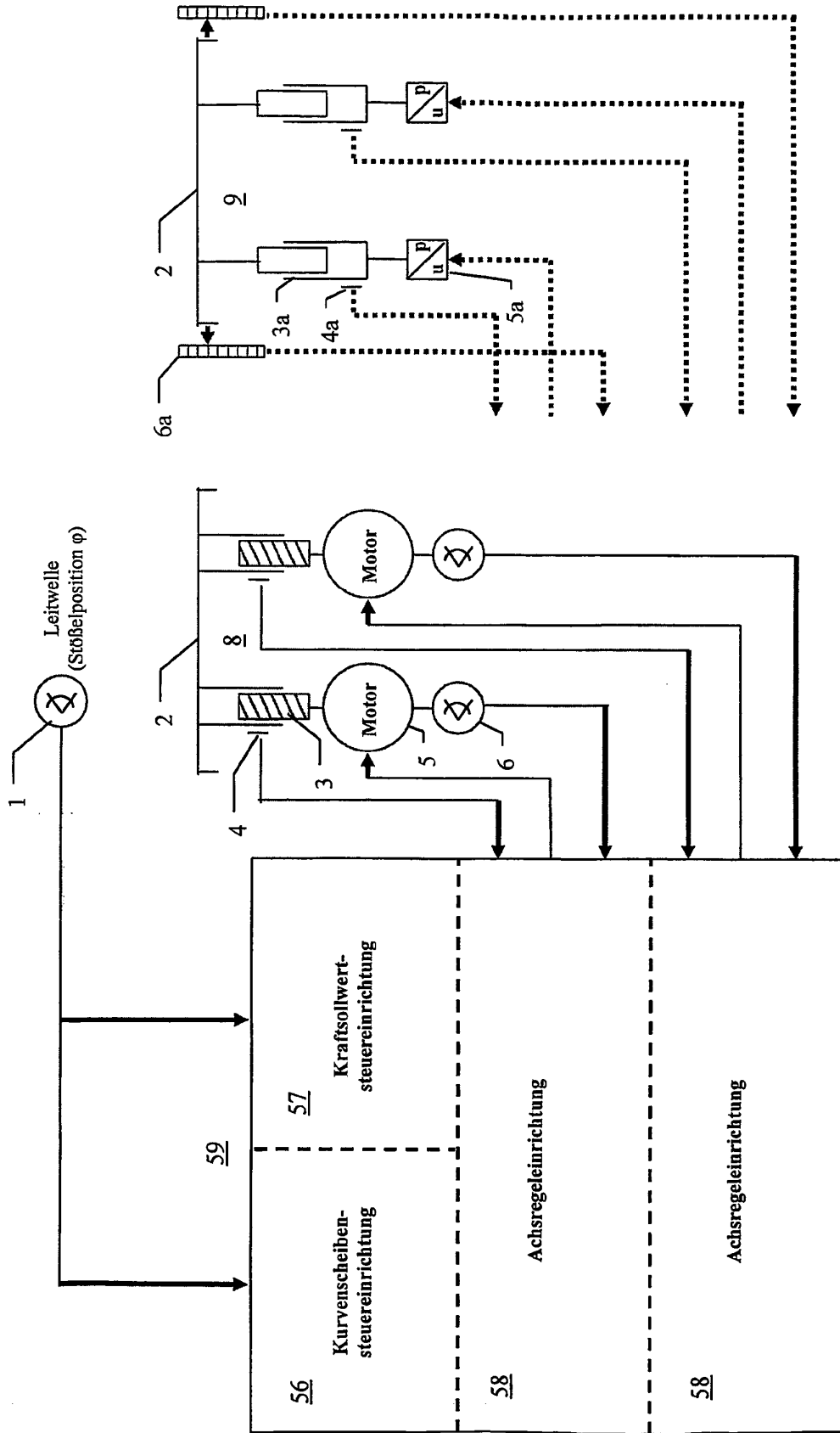


Fig. 2b

Fig. 2a

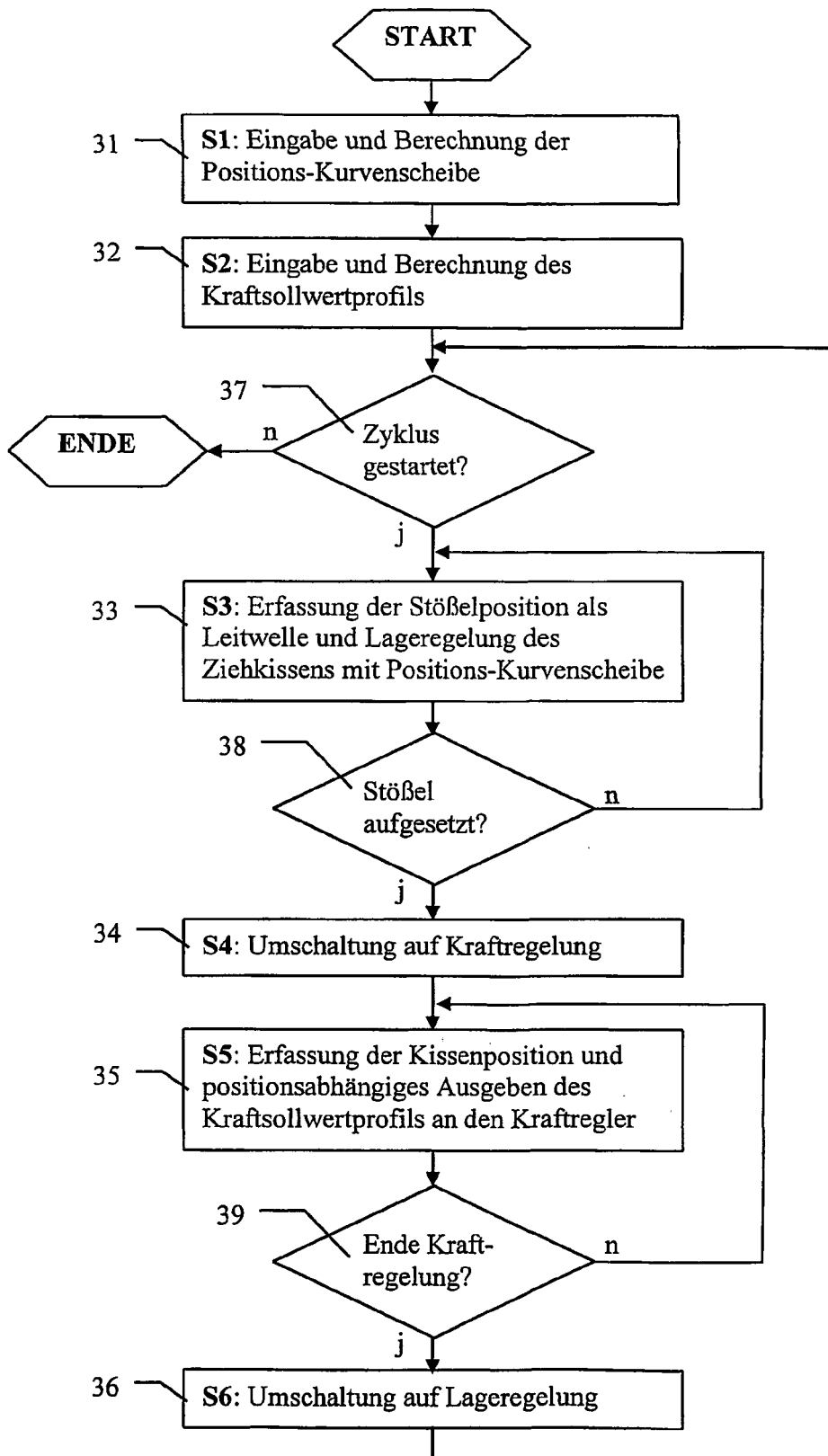


Fig. 3

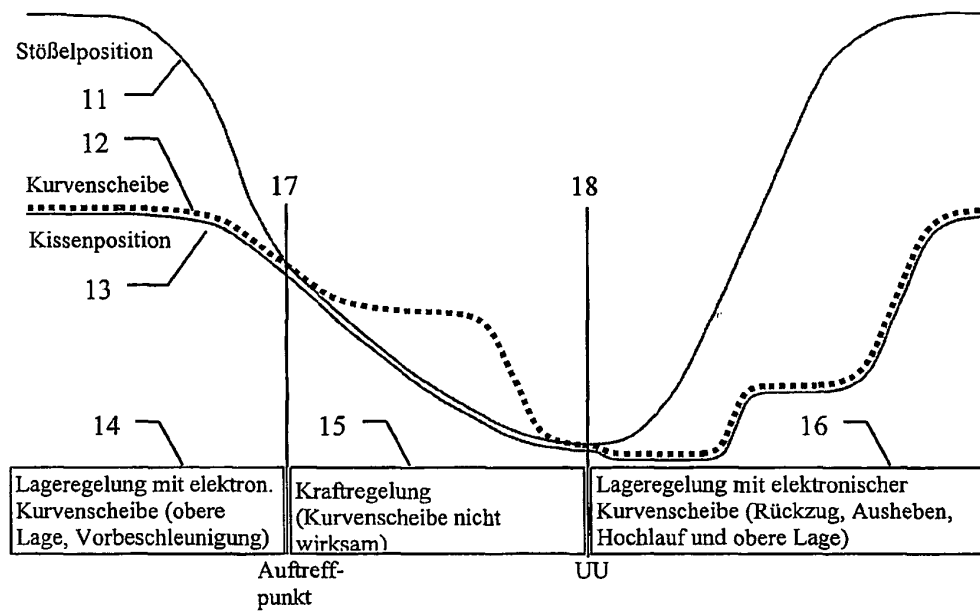


Fig. 4a

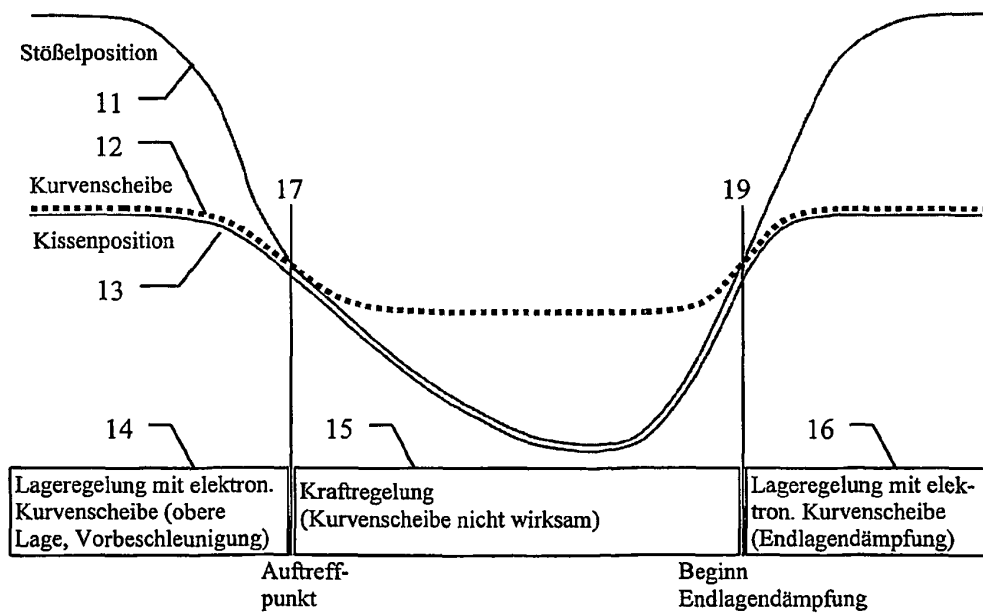


Fig. 4b

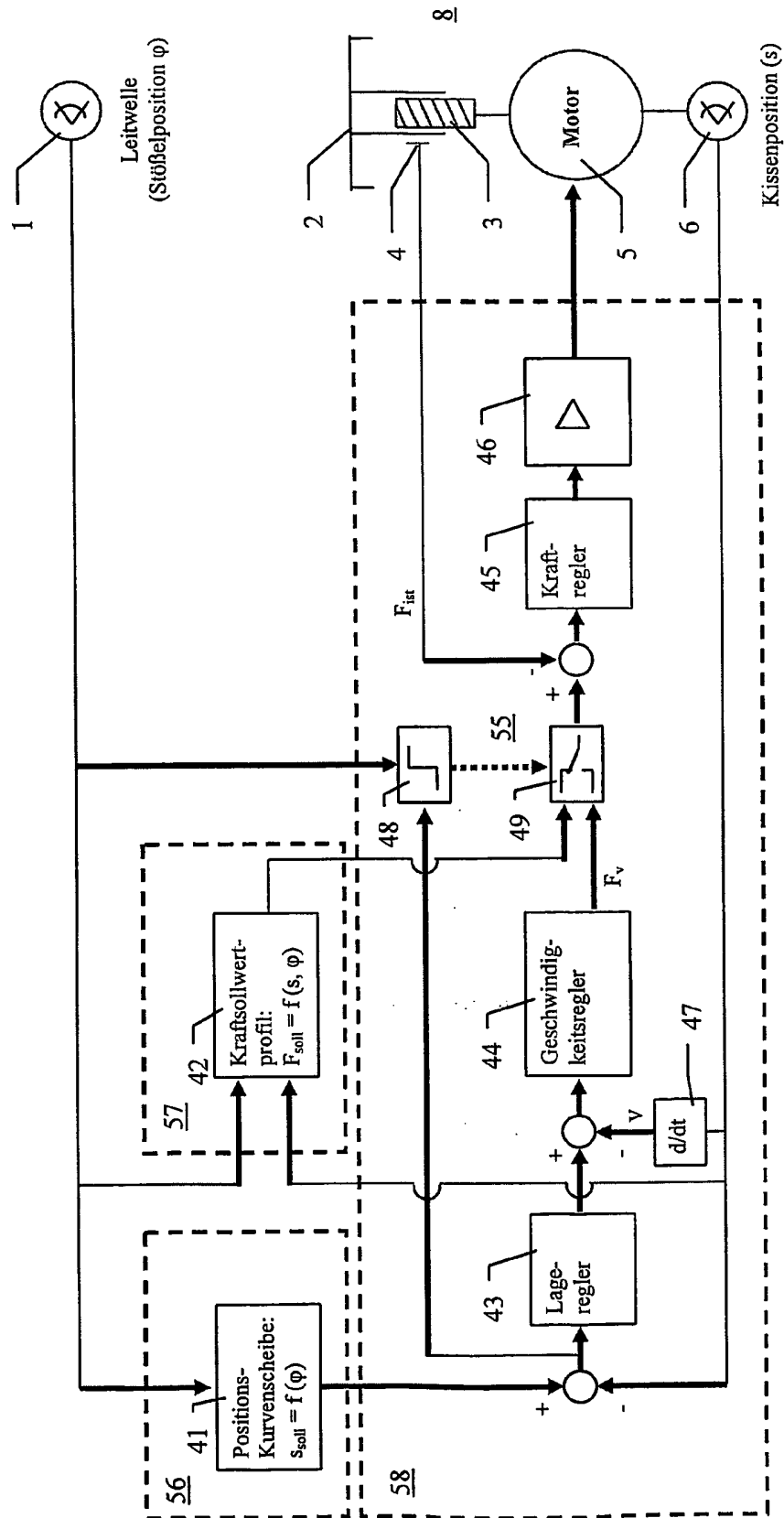


Fig. 5

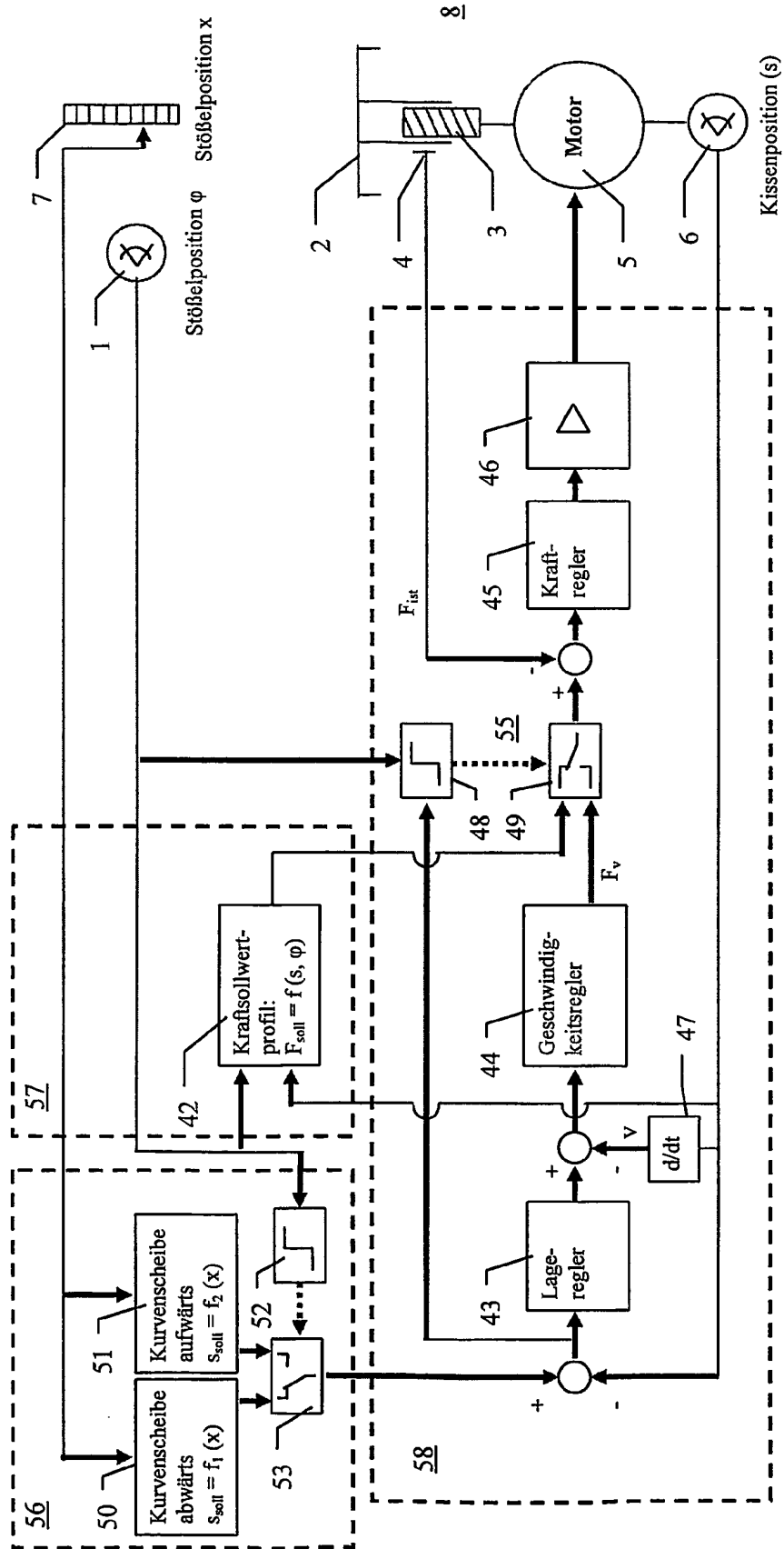
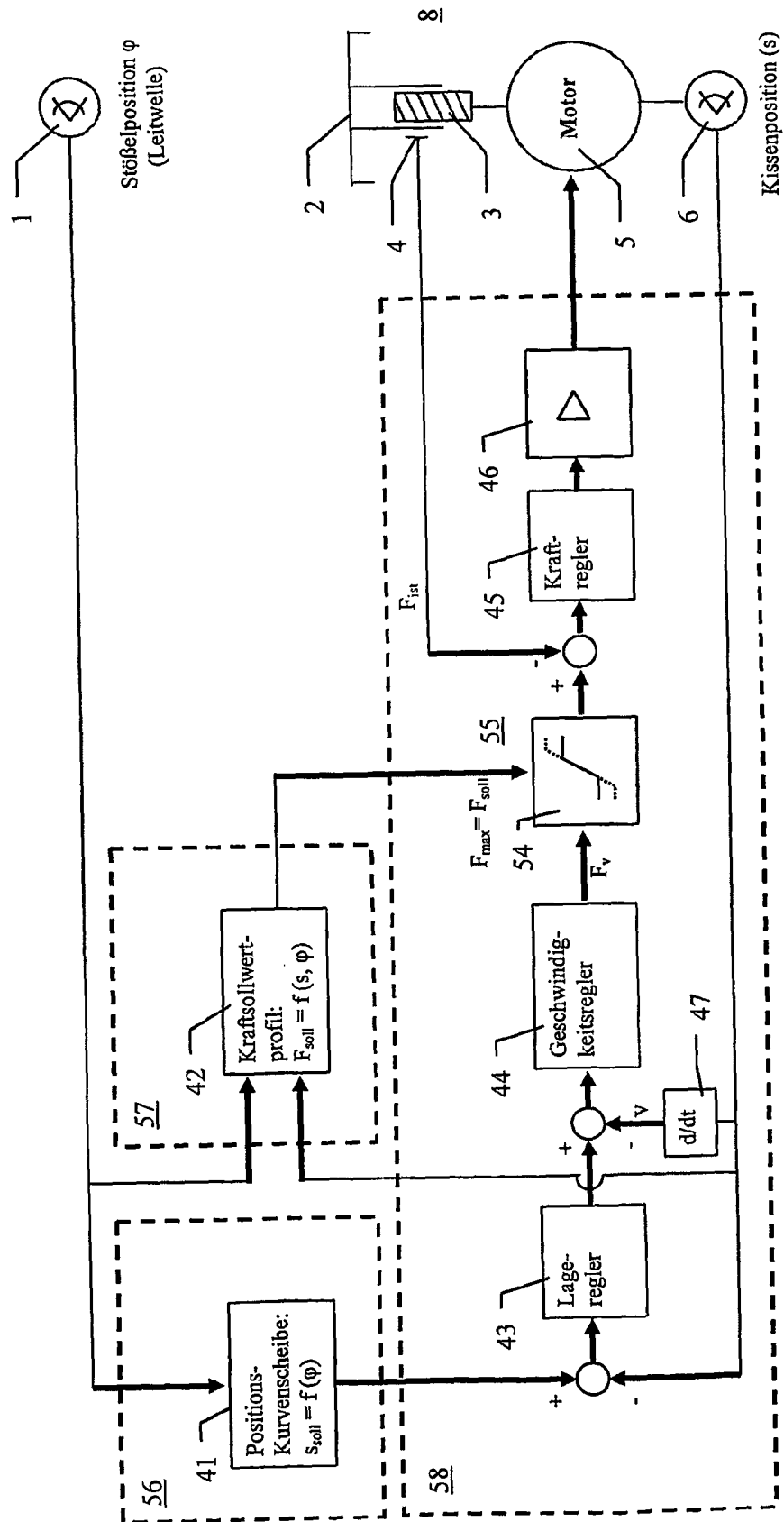


Fig. 6



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- JP 10202327 A [0002] [0008]
- US 5435166 A [0003]
- JP 04172200 A [0004]
- EP 0556390 B1 [0006]
- DE 19821159 A1 [0007]
- DE 4218818 A1 [0008]
- DE 19642962 A1 [0008]