



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 133 367 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
29.01.2003 Patentblatt 2003/05

(21) Anmeldenummer: **00960426.5**

(22) Anmeldetag: **09.08.2000**

(51) Int Cl.7: **B21D 26/02, B21D 22/20**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP00/07753

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 01/014078 (01.03.2001 Gazette 2001/09)

(54) **VERFAHREN ZUR BETÄTIGUNG EINER UMFORMPRESSE**

METHOD FOR OPERATING A FORMING PRESS

PROCEDE POUR ACTIONNER UNE PRESSE DE FORMAGE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT SE

(30) Priorität: **20.08.1999 DE 19939504**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.09.2001 Patentblatt 2001/38

(73) Patentinhaber: **Schnupp, Konrad**
94327 Bogen (DE)

(72) Erfinder: **Schnupp, Konrad**
94327 Bogen (DE)

(74) Vertreter: **Weber, Joachim, Dr. et al**
Hoefler, Schmitz, Weber & Partner
Patentanwälte
Gabriel-Max-Strasse 29
81545 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 19 513 444 **DE-A- 19 717 953**
DE-A- 19 751 035

EP 1 133 367 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Betätigung einer Umformpresse, bei welcher in einem starren Pressenrahmen ein Werkstück mittels einer Niederhalterkraft gegen ein Werkzeug vorgespannt wird, wobei zumindest ein Stößelwerkzeug eine Stößelkraft parallel zur Niederhalterkraft aufbringt und wobei gegen die Stößelkraft und die Niederhalterkraft Schließzylinderkräfte aufgebracht werden und in dem Werkzeug ein Wasserkasten ausgebildet ist, durch welchen Wasserkastenkräfte auf das Werkstück wirken können.

[0002] Eine Umformpresse der beschriebenen Art ist aus der deutschen Patentanmeldung 195 13 444 vorkannt.

[0003] Diese Umformpresse zeichnet sich u.a. durch den entscheidenden Vorteil aus, daß es sowohl zum Innenhochdruckumformen als auch zum Außenhochdruckumformen möglich ist, sowohl das Stößelwerkzeug als auch die Niederhalter zu verriegeln und die erforderlichen weiteren Umformkräfte durch eine Vielzahl von Schließzylindern aufzubringen. Diese Schließzylinder sind selektiv regelbar und können hinsichtlich ihrer Anordnung an unterschiedlichsten Bereichen des Werkstücks angreifen. Hierdurch können große Kräfte bei geringen Kolbenwegen der Zylinder aufgebracht werden.

[0004] Beim Betrieb der beschriebenen Umformpresse hat es sich jedoch herausgestellt, daß für bestimmte Werkstücke die erforderlichen Niederhalterkräfte nicht oder nur unzureichend realisiert werden können.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, welches bei einfachem Aufbau und einfacher Durchführbarkeit die Aufbringung exakter Niederhalterkräfte ermöglicht und welches auch für unterschiedlichste Werkstücke anwendbar ist.

[0006] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmale des Hauptanspruchs gelöst, die Unteransprüche zeigen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

[0007] Erfindungsgemäß ist somit vorgesehen, daß die durch die Aufbringung der Stößelkraft resultierende Störkraft ermittelt und durch eine Änderung der Schließzylinderkräfte ausgeglichen wird.

[0008] Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich durch eine Reihe erheblicher Vorteile aus.

[0009] Durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise ist es möglich, die bei dem Gesamtsystem durch die Aufbringung der Stößelkraft resultierende Störkraft zu kompensieren. Es hat sich gezeigt, daß die Schließzylinder zumindest teilweise wie elastische Elemente reagieren und sich beim Aufbringen einer Stößelkraft und/oder einer Wasserkastenkraft verformen. Diese Verformung wiederum führt, zusammen mit einer Elastizität des Werkzeuges dazu, daß sich die Niederhalterkräfte ändern. Diese werden entweder höher oder niedriger, abhängig von der auftretenden Verformung. Hierdurch

verändern sich die Umformparameter, so daß Fehler (zu stark oder zu schwaches Nachfließen des Materials des Werkstücks) auftreten.

[0010] Durch das erfindungsgemäße Verfahren werden die beschriebenen Probleme vermieden.

[0011] Die Niederhalterkraft steuert bei blechartigen Werkstücken den Blecheinzug und erzeugt eine ausreichende Flächenpressung auf dem Werkzeug, um den Wasserkasten bei den auftretenden Drücken abzudichten. Die Niederhalterkraft ist dabei idealerweise stößelwegabhängig dem erforderlichen Wasserkastendruck angepaßt und über den gesamten Flanschbereich des Werkstücks unterschiedlich groß, um die lokal unterschiedlichen Umformgrade ausgleichen zu können.

[0012] Bei einer Umformpresse der beschriebenen Art liegt der Druck im Wasserkasten anfänglich bei wenigen bar und steigert sich dann zu einigen hundert bar bei der Endausformung des Werkstücks.

[0013] In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Störkraft durch eine Änderung der Niederhalterkraft gemessen wird. Hierbei ist es möglich, die Niederhalterzylinder als Drucksensoren zu verwenden, so daß zusätzliche Meßeinrichtungen, wie etwa Druckmeßdosen entfallen können. Hierdurch vereinfacht sich der Aufbau der Umformpresse ganz erheblich. In ähnlicher Weise kann in vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung die Änderung der Niederhalterkraft durch eine Druckänderung in dem jeweiligen Niederhalterzylinder bestimmt werden.

[0014] Der Ausgleich der Störkraft erfolgt vorteilhafterweise durch lokal unterschiedliche Schließzylinderkräfte. Da bei der erfindungsgemäßen Umformpresse die Schließzylinder variabel angeordnet werden können, um sie der Geometrie des Werkstücks und den auftretenden Kräften angepaßt zu positionieren, ist es auch möglich, einzelne der Schließzylinder mit unterschiedlichen Drücken zu beaufschlagen. Erfindungsgemäß können somit einzelne Schließzylinder stärker mit Druck beaufschlagt werden, als andere Schließzylinder. Hierdurch kann die elastische Verformung des Werkzeugs so kompensiert werden, daß die gewünschten Niederhalterkräfte aufrechterhalten werden. Erfindungsgemäß kann somit in vorteilhafter Weise der Druck einzelner Schließzylinder unterschiedlich geändert werden.

[0015] Zur Bestimmung der erforderlichen Parameter und zur Durchführung eines optimalen Umformvorgangs ist es besonders günstig, wenn die Summe der Schließzylinderkräfte für eine jeweilige Phase eines Umformvorgangs konstant ist. Dies bedeutet, daß die Summe der einzelnen Schließzylinderkräfte, das heißt die Gesamt-Schließzylinderkraft auf einzelne Regelkreise der einzelnen Schließzylinder aufgeteilt wird. Diese Aufteilung kann bevorzugterweise prozentual erfolgen, so daß sich für die Gesamt-Schließzylinderkraft ein Wert von 100 % ergibt. Diese prozentuale Aufteilung der Gesamt-Schließzylinderkraft berücksichtigt als Führungsgröße einen Niederhalterkraftverlauf, welcher un-

ter anderem abhängig ist von dem Niederhalterweg und dem Stößelweg beziehungsweise der Stößelkraft. Der Niederhalterkraftverlauf wird über den Druck der Niederhalterzylinder multipliziert mit der aktiven Fläche gemessen. Für die einzelnen Phasen eines Umformvorganges werden dann Abweichungen von diesem Sollwert der Niederhalterkraft beziehungsweise dem vorgegebenen Niederhalterkraftverlauf nach dem noch zu beschreibenden Regelschema korrigiert. Es ist somit möglich, entweder empirisch oder rechnerisch sowohl die Anzahl der einzelnen Schließzylinder und deren Regelkreise sowie deren prozentuale Lastaufnahme zu bestimmen. Es kann dabei beispielsweise bei Beginn des Optimierungsprozesses von einer gleichmäßigen Lastaufnahme ausgegangen werden. Mögliche Fehlstellen des Werkzeuges können somit durch lokale Änderungen der Niederhalterkraft ausgeglichen oder vermieden werden. Diese lokalen Änderungen der jeweiligen lokalen Niederhalterkräfte werden durch Änderung der einzelnen Schließzylinderkräfte bewirkt. Wird die Einzelkraft eines Schließzylinders erhöht oder erniedrigt, so ändert sich gemäß dem vorgegebenen prozentualen Verteilungsschlüssel auch die jeweilige Kraft der restlichen Schließzylinder. Dieser prozentuale Ausgleich erfolgt im Rahmen der Erfindung bevorzugterweise vollautomatisch.

[0016] Um ein optimales Umformergebnis zu erzielen, kann es vorteilhaft sein, daß vorab die jeweils zeitlich und lokal optimale Niederhalterkraft bestimmt wird und daß die Änderung der Schließzylinderkräfte zur Aufrechterhaltung dieser Niederhalterkraft verändert wird. Auf diese Weise kann mittels der Pressenregelung ein optimaler Verlauf der Niederhalterkraft an lokal unterschiedlichsten Stellen realisiert werden.

[0017] Besonders günstig ist es dabei, wenn für jeden Umformvorgang die erforderlichen Niederhalterkräfte in einzelne zonenartige Bereiche des Werkstücks aufgeteilt und in ihrem jeweiligen Wert bestimmt werden und wenn die einzelnen Schließzylinderkräfte den jeweiligen Bereichen angepaßt werden.

[0018] Zur Bestimmung der erforderlichen Niederhalterkräfte wird der Umformvorgang bevorzugterweise in einzelne Phasen zerlegt und für diese Phasen jeweils mittels Finiter-Elemente-Methoden die Niederhalterkräfte sowohl lokal als auch zeitlich und dem Wert nach bestimmt. Zu den Niederhalterkräften können somit lokal und zeitlich zugeordnet die jeweiligen Schließzylinderkräfte aufgebracht werden.

[0019] Besonders günstig ist es, wenn die Schließzylinderkräfte in ihrem Wert größer gewählt werden als die jeweils rechnerisch vorbestimmten lokalen und zeitlichen Schließzylinderkräfte.

[0020] Hieraus ergibt sich eine um einige Prozente erhöhte Schließzylinderkraft bei jedem der Schließzylinder, um sowohl mögliche Fehler bei der rechnerischen Vorbestimmung als auch Toleranzen im Werkstückverhalten zu kompensieren. In jedem Falle ist sichergestellt, daß der Wasserkasten ausreichend abgedichtet

ist.

[0021] Um die Anordnung und Lage der einzelnen Schließzylinder vorbestimmen zu können, kann es besonders vorteilhaft sein, wenn für die einzelnen Umformstufen die resultierende Gesamtkraft jeweils hinsichtlich Größe und dreidimensionaler Lage ermittelt wird und wenn die lokale Zuordnung der Schließzylinder in Abhängigkeit von der jeweiligen Lage der resultierenden Gesamtkraft erfolgt.

[0022] Bei der erfindungsgemäßen Vorgehensweise werden somit mittels Finiter-Elemente-Methoden und/oder mittels Computersimulation der ideale Kraftverlauf für die partiellen Niederhalterkräfte und den Wasserkastendruck in Abhängigkeit vom Weg des Stößelwerkzeugs errechnet. Der Umformvorgang wird hierzu in einzelne Phasen zerlegt und den jeweiligen Kraftverläufen zugeordnet. Die Wege (Hübe) und die zugehörigen Kraftverläufe bestimmen den Funktionsablauf der Umformpresse. Bei hoher Ziehtiefe und niedriger Kraft kann die Umformung z.B. nur über das Stößelwerkzeug erfolgen, bei flachen Bauteilen mit hoher Kraft eventuell nur über die Schließzylinder. Im Normalfall, d.h. bei hoher Ziehtiefe und großer Kraft erfolgt die Umformung über das Stößelwerkzeug und die Schließzylinder.

[0023] Die oben genannten einzelnen Phasen können erfindungsgemäß entweder Zeitabschnitte des Umformvorgangs oder Wegabschnitte des Stößelwerkzeugs bilden. Es ist somit im Rahmen der Erfindung auf vielfältige Weise möglich, den Umformvorgang den jeweiligen Anforderungen angepaßt zu optimieren. Es ist somit zum Beispiel möglich, während des Hubs beispielsweise des Stößelwerkzeugs nach vorgegebenen Wegen (zum Beispiel 1 mm, 1,5 mm, 2 mm etc.) eine Wichtung vorzunehmen und die Schließzylinderkräfte wie oben beschrieben zu regeln, sei es in ihrer Gesamthöhe oder in der prozentualen Verteilung. Gleiches gilt für die Möglichkeit, die einzelnen Phasen als Zeitabschnitte auszubilden. So ist es möglich, daß die Regelung in Millisekunden-Schritten die jeweiligen Werte abfragt und entsprechend ausgleicht oder kompensiert.

[0024] Nachdem die Kräfte (Stößelkraft, Wasserkastkraft und partielle Niederhalterkräfte) über den gesamten Umformprozeß ermittelt bzw. vorbestimmt sind, erfolgt der Umformvorgang erfindungsgemäß wie folgt:

1. Die Schließzylinder werden so positioniert, daß die errechneten Niederhalterkräfte und die Schließkräfte optimal eingeleitet werden können. Hierzu sind sämtliche Kräfte über den gesamten Umformvorgang zu betrachten. Bei der erfindungsgemäßen Presse ist es möglich, einzelne Schließzylinder separat zu regeln und sie gegebenenfalls auch separat einzuschalten bzw. auszuschalten. Ebenso ist ein Umschalten auf einen Eilgang möglich, nämlich durch eine Verbindung der Ringraumseite mit der Bodenseite. Dabei ist gewährleistet, daß die Position der Schließzylinder so gewählt werden kann, daß der Flanscheinzug des Werk-

stücker örtlich optimal beeinflusst wird. Der Druckbereich bei der Umformung kann so gelegt werden, daß ein optimales Ergebnis erzielt wird. Es versteht sich, daß die auftretenden Kräfte hinsichtlich ihrer Minimal- und Maximalwerte rechnerisch ermittelt werden können, um sowohl die Größe als auch die Position der einzelnen Schließzylinder festzulegen.

Nachdem diese Verfahrensschritte abgearbeitet sind, wird die Presse geschlossen, es können die Niederhalterriegel eingefahren werden. Die Niederhalterzylinder sind somit auf Anschlag ausgefahren, die Schließzylinder sind abgesenkt.

2. Zur Erzeugung der Niederhalterkräfte müssen die Schließzylinderkräfte neben der Niederhalterkraft die zu hebenden Pressen- und Werkzeugeile und die daraus resultierenden Kräfte, die Reibungskraft an den Führungen und in den Zylindern und die Stößelkraft überwinden. Letztere ist wiederum eine Funktion des Wasserkastendruckes multipliziert mit der aktuellen Berührungsfläche zwischen Stößelwerkzeug und Platine. Eine weitere Komponente der Stößelkraft entsteht durch einen Schrägeinzug der Platine und wirkt ebenfalls auf den Wasserkasten. Die jeweilige Niederhalterkraft ist direkt durch Erfassung der Drücke (Boden- und Ringraumseite) an den Niederhalterzylindern, multipliziert mit den Wirkungsflächen, möglich. Zu diesem Wert werden die Gewichte der Niederhalterringe und des Werkzeugs addiert. Hieraus ergibt sich die gesamte Niederhalterkraft.

3. Betrachtet man die nachfolgenden 5 Phasen bzw. Schritte der Umformung, so ergeben sich für das Zusammenwirken von Niederhalterkraft und Schließzylinderkraft folgende Zusammenhänge:

- a. Presse schließen und Niederhalter verriegeln
- b. Niederhalterdruck aufbauen und vorwölben
- c. Stößel abfahren und verriegeln
- d. Mittels Schließzylindern Wasserkasten und Blechhalter nach oben fahren und dabei gegen die Niederhalterzylinder vorspannen
- e. Ausprägen des Werkstücks
- f. Dekomprimieren der Umformpresse, entriegeln und öffnen

[0025] Zu a: Nach dem Schließen der Umformpresse fahren die Niederhalterriegel ein, die Niederhalterzylinder sind auf Anschlag ausgefahren, die Schließzylinder sind abgesenkt.

[0026] Zu b: Die ausgefahrenen Niederhalterzylinder sind geblockt und erzeugen eine maximale Kraft, die Schließzylinder fahren auf und klemmen das Werkstück zwischen den Wasserkästen und den Niederhalterring fest, so daß beim Vorrecken kein Platineneinzug des

Werkstücks erfolgt und die maximale Niederhalterkraft nicht erreicht wird. Es wird nun Fluid in den Wasserkasten zugeführt und entweder über den Druck im Wasserkasten oder über die Menge des zugeführten Fluids gemessen, bis die gewünschte Vorwölbung erreicht ist.

[0027] Zu c: Die Schließzylinder senken ihre Kraft so ab, daß partiell der jeweils gewünschte Niederhalterdruck erreicht wird, ohne die Niederhalterzylinder einzufahren. Kurzzeitig werden die Niederhalterzylinder drucklos gemacht, um sie dann als "Druckmeßdose" zu verwenden. Als nächstes fahren die Schließzylinder nach oben und entwickeln die ihnen zugeordnete Schließkraft. Die Summe der Schließzylinderkräfte muß die vorgegebene Gesamtniederhalterkraft ergeben. Zum Ausregeln der Störkräfte, wie Stößelkraft, Reibung und Gewichte wird die aktuelle Niederhalterkraft in einem Rechner ermittelt. Dieser vergleicht Sollwert und Istwert und regelt prozentual die einzelnen Schließzylinder-Regelkreise. Somit ist gewährleistet, daß die partielle Zuteilung der Niederhalterkräfte entsprechend den vorgegebenen Werten im beabsichtigten Verhältnis zueinander erfolgt. Die Niederhalterzylinder wirken dabei als starre Distanz und übernehmen lediglich eine Meßfunktion.

[0028] Zu d: Nachdem der Stößel bzw. das Stößelwerkzeug seinen unteren Totpunkt erreicht hat und verriegelt wurde, erfolgt der weitere Umformprozeß. Das eingespannte Werkstück (Platine) wird nun über das feststehende Stößelwerkzeug gezogen. Dabei müssen die Niederhalterzylinder die vorgegebene Niederhalterkraft aufbringen. Dies geschieht dadurch, daß den Niederhalterzylindern stößelwegabhängige Drücke vorgegeben werden. Der Druckverlauf wird von der Regelungseinheit überwacht. Sofern Abweichungen auftreten, werden diese den einzelnen Schließzylinderkreisen zugerechnet, um partiell einen Druckausgleich durch die Schließzylinder erzeugen zu können. Hierdurch würde sich jedoch lediglich ein Kräftegleichgewicht erzeugen lassen, die Aufbringung einer Bewegung wäre noch nicht möglich. Deshalb addiert die Regelung automatisch einen Offset zu den vorgegebenen Werten der Schließzylinderkräfte, der immer einige Prozente höher liegt als kräftemäßig erreichbar. Unter kräftemäßiger Erreichbarkeit versteht man in diesem Zusammenhang die Erzeugung der vorgegebenen Niederhalterkraft und damit die Verdrängung der Niederhalterzylinder, welche einem weiteren Schließzylinderhub entspricht. Diese Methode gewährleistet variable Niederhalterkräfte bei partiell unterschiedlich vorgegebener Aufteilung im Flanschbereich des Werkstücks während des Umformhubes.

[0029] Zu e: Nach beendetem Schließzylinderhub befindet sich das Werkstück im umgeformten Zustand, um jedoch Radien und scharfkantige Konturen zu erzeugen, werden sowohl der Schließdruck der Schließzylinder als auch der Wasserkastendruck zu einem Maximalwert hochgefahren. Dabei ist ein eventuell erforderlicher Blecheinzug des Werkstücks noch mög-

lich, ohne die Dichtwirkung zwischen dem Werkstück und dem Wasserkasten zu überwinden.

[0030] Zu f: Nach Abbau aller Drücke werden die Schließzylinder abgesenkt, sowohl das Stößelwerkzeug als auch die Niederhalterzylinder werden entriegelt, das Werkzeug wird geöffnet.

[0031] Erfindungsgemäß ist somit für die Bedienungsperson, welche die Umformpresse auslegt oder programmiert oder bedient, die Möglichkeit geschaffen, eine Vielzahl von Parametern zur Optimierung des Umformvorganges zu berücksichtigen. Die wichtigsten Parameter sind nachfolgend aufgelistet:

- Niederhalterkraftverlauf in Abhängigkeit zur Position Stößel-Niederhalter,
- Wasserkastendruckverlauf in Abhängigkeit zur Position Stößel-Niederhalter,
- Anzahl und Position der einzelnen Schließzylinder und/oder
- Anzahl und Geometrie der Schließzylinderkreise und deren Druckverläufe in Abhängigkeit zur Position Stößel-Niederhalter.

[0032] Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeichnung beschrieben. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Umformpresse im geöffneten Ausgangszustand,

Fig. 2 eine Ansicht, analog Fig. 1, in einem Verfahrensschritt der Vorwölbung des Werkstücks,

Fig. 3 eine Ansicht der Umformpresse, analog Fig. 1 und 2, in einem Zustand des Einfahrens des Stößelwerkzeugs, und

Fig. 4 eine Ansicht, analog den Fig. 1 bis 3, im Zustand der End-Ausformung des Werkstücks,

Fig. 5 eine schematische Seitenansicht der Umformpresse mit Darstellung der auftretenden Kräfte,

Fig. 6 eine schematische Detailansicht der auf das Werkstück wirkenden Kräfte,

Fig. 7 eine schematische Darstellung der auf das Werkzeug wirkenden Kräfte,

Fig. 8 ein Beispiel eines Druckverlaufs in dem Wasserkasten über die Zeit,

Fig. 9 ein Beispiel des Verlaufs der einzelnen Kräfte über die Zeit,

Fig. 10 ein Beispiel unterschiedlicher Niederhalter-

kräfte über die Zeit, und

Fig. 11 ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Reglers.

[0033] In den Fig. 1 bis 4 ist eine Umformpresse in schematischer Weise dargestellt. Diese weist einen geschlossenen Pressenrahmen 1 auf (siehe auch Fig. 5). Der Pressenrahmen 1 umfaßt einen Oberholm 8 sowie einen Unterholm 9. An dem Oberholm 8 ist ein Stößelzylinder 10 angeordnet, dessen Kolbenstange 12 einen Stößel 11 lagert. An dem Stößel 11 wiederum ist ein Stößelwerkzeug 4 befestigt, welches der Form des fertigen Werkstücks 2 entspricht. In Fig. 1 ist das Werkstück 2 als ebene BlechPlatine dargestellt.

[0034] Die Umformpresse umfaßt weiterhin in ihrem oberen Bereich Niederhalterriegel 13 sowie Stößelriegel 14. Die Niederhalterriegel 13 und die Stößelriegel 14 sind jeweils horizontal verfahrbar.

[0035] Im oberen Bereich der Umformpresse sind weiterhin Niederhalterzylinder 6 angeordnet, welche auf einen Niederhalterring 15 wirken, an dessen Stirnseite ein Niederhalterwerkzeug 16 angeordnet ist.

[0036] Im unteren Bereich der Presse sind auf dem Unterholm mehrere Schließzylinder 7 angeordnet, die einzeln mit Hydraulikfluid versorgt werden und deren Lage den jeweiligen Anforderungen gemäß angepaßt werden kann. Die Schließzylinder 7 wirken auf eine Tischplatte 17, auf welcher ein Werkzeug 3 montiert ist. Dieses umfaßt einen Wasserkasten 5, welcher mit Wasser beaufschlagbar ist.

[0037] In den Fig. 1 bis 4 ist zum Zwecke der Vereinfachung der Darstellung darauf verzichtet worden, die einzelnen Hydraulikleitungen und Wasserleitungen sowie weitere Regeleinrichtungen etc. darzustellen.

[0038] Die Fig. 1 zeigt die Umformpresse im geöffneten Zustand, in welchem ein platinenförmiges Werkstück 2 einlegbar ist.

[0039] In Fig. 2 ist ein Zustand dargestellt, in welchem der Stößel zusammen mit dem Stößelwerkzeug nach unten verfahren worden ist. In diesem Zustand wird ein geringer Druck auf den Wasserkasten 5 aufgebracht, um das Werkstück 2 vorzuwölben.

[0040] Die Fig. 3 zeigt einen Verfahrensvorgang, bei welchem ein Umformen der Platine des Werkstücks 2 durch die Stößelkraft F_{St} erfolgt. In dem gezeigten Zustand sind die Stößelriegel 14 bereits eingefahren, nachdem der Stößel 11 zusammen mit dem Stößelwerkzeug 4 den unteren Totpunkt durchfahren haben. Weiterhin ist gezeigt, daß die Niederhalterriegel 13 ebenfalls eingefahren sind und ein Gegenlager bilden, um mittels der Niederhalterzylinder 6 einen geeigneten Niederhalterdruck aufzubringen.

[0041] Die Fig. 4 zeigt einen Verfahrenszustand, welcher die End-Umformung des Werkstücks 2 zeigt. Während in dem Zustand der Fig. 3 die Schließzylinder noch ohne weitere Funktion dargestellt sind, sind sie in dem Zustand der Fig. 4 ausgefahren (die Fig. 4 zeigt in sche-

matischer Weise die Kolbenstangen und die Zylinder der einzelnen Schließzylinder 7). Sowohl der Stößel 11 mit dem Stößelwerkzeug 4 als auch die Niederhalterzylinder 6 mit dem Niederhalterring 15 und den Niederhalterwerkzeugen 16 sind durch die Niederhalterriegel 13 bzw. die Stößelriegel 14 verriegelt, so daß sich ein festes Widerlager innerhalb des Pressenrahmens 1 gegen die Kraft der Schließzylinder 7 ergibt. Durch eine Druckbeaufschlagung des Wasserkastens kann somit eine restliche Umformung des Werkstücks 2 erfolgen. In diesem Zustand erfolgt somit eine Kalibrierung des Werkstücks 2.

[0042] Die Fig. 5 zeigt das Kräftegleichgewicht am Pressenrahmen 1, das Werkzeug 3 ist nur schematisch dargestellt. Wie sich aus der Darstellung der Fig. 5 ergibt, wirkt eine Zylinderschließkraft F_{SZ} nach oben, während eine Gewichtskraft G des Werkzeugs 3 nach unten wirkt. Die Gewichtskraft G umfaßt auch das Gewicht des Wassers in dem Wasserkasten 5 sowie sonstiger zugeordneter Bauelemente sowie des Werkstücks 2. In Fig. 5 ist weiterhin die Stößelkraft F_{St} dargestellt, sowie die Niederhalterkräfte F_{NH} . Aus dieser Darstellung ist ersichtlich, welche Kräfte wirken und welches Kräftegleichgewicht herrscht. Die Schließzylinderkraft muß somit sowohl die Gewichtskraft G als auch die Stößelkraft F_{St} und die Niederhalterkräfte F_{NH} kompensieren. Es ergibt sich, daß eine Änderung einer dieser Kräfte auch in einer Änderung der Schließzylinderkraft F_{SZ} resultieren muß.

[0043] In Fig. 6 ist in schematischer Weise das Kräftegleichgewicht an dem Werkstück 2 (Blechplatte) dargestellt. Von unten wirkt eine Wasserkastenkraft, welche sich aus dem Produkt von Druck und Fläche ($p \cdot A$) ergibt. Von oben wirkt die Stößelkraft F_{St} und die Niederhalterkraft F_{NH} . Hieraus ergibt sich eine aufzubringende resultierende Kraft F_R . Es ergibt sich somit:

$$F_R = F_{NH} + F_{St} - p \cdot A$$

[0044] Betrachtet man die Kraft zwischen dem Werkstück 2 und der resultierenden Kraft F_R und zwischen dem Werkstück und der Niederhalterkraft F_{NH} , stellt sich heraus, daß die Kraft zwischen dem Werkstück und dem Niederhalter um die wirksame Stößelkraft und die Wasserkastenkraft größer ist. Beim Vorwölben des Werkstücks nimmt somit die Niederhalterkraft um die von der Wasserkastenkraft resultierende Kraft ab, während beim Umformen eine Abnahme der Niederhalterkraft um die Stößelkraft erfolgt.

[0045] Die Fig. 7 zeigt das Kräftegleichgewicht am Werkzeug 3. An diesem wirkt die Niederhalterkraft F_{NH} sowie die Gewichtskraft G . Weiterhin ist eine Reaktionskraft R dargestellt, die vom Werkstück eingeleitet wird. Weiterhin wirkt die Wasserkastenkraft $p \cdot A$, als Gegenkraft wirkt die Schließzylinderkraft F_{SZ} .

[0046] In Fig. 8 ist ein Beispiel eines typischen Druckverlaufs in dem Wasserkasten über die Zeit dargestellt.

In der ersten Stufe erfolgt das bereits beschriebene Vorwölben des Werkstücks, in den nachfolgenden Stufen erfolgt eine Umformung durch Stößelkraft sowie ein weiteres Umformen, insbesondere auch durch die Druckbeaufschlagung der Schließzylinder, während in der folgenden Stufe die Kalibrierung (Ausprägen) analog Fig. 4 erfolgt. In der letzten Stufe ist der Druckabbau dargestellt.

[0047] Die Fig. 9 zeigt ein weiteres Beispiel von Kraftverläufen über die Zeit. Hierbei sind die einzelnen Verfahrensschritte dargestellt, welche nach dem Verriegeln des Niederhalters durchgeführt werden, nämlich zunächst das Vorwölben. Dabei ist ersichtlich, daß sowohl die Niederhalterkraft F_{NH} als auch die Schließzylinderkraft F_{SZ} konstant bleiben, während die Wasserkastenkraft $p \cdot A$ ansteigt. Im nächsten Umformschritt wird der Stößel abgesenkt, hierdurch steigt die Stößelkraft F_{St} , während sowohl die Niederhalterkraft F_{NH} als auch die Schließzylinderkraft F_{SZ} absinken. Das Absinken der Schließzylinderkraft F_{SZ} erfolgt auf einen höheren Wert als das Absinken der Niederhalterkraft F_{NH} . Gestrichelt ist die maximale hydraulische Niederhalterkraft auf einem konstanten Wert dargestellt.

[0048] Nach diesem Umformschritt wird der Stößel verriegelt, während die Schließzylinder aufgefahren werden. Hierdurch steigt die Schließzylinderkraft an, während die Niederhalterkraft nochmals absinkt. Die Kraft in dem Wasserkasten bleibt im wesentlichen konstant. Nachfolgend wird der Niederhalter verriegelt oder geblockt. Während der Kalibrierung oder Ausprägung des Werkstücks steigt die Schließzylinderkraft auf einen Maximalwert, während gleichzeitig die Wasserkastenkraft ebenfalls linear ansteigt. Die theoretische Niederhalterkraft sowie die theoretische Stößelkraft sind gestrichelt eingezeichnet. In der letzten Umformphase erfolgt ein Dekomprimieren, wodurch sämtliche Kräfte absinken.

[0049] Die Fig. 10 zeigt Anteile unterschiedlicher Schließzylinderkräfte, welche von 1 bis 6 numeriert sind. Weiterhin ist der Istwert der Summe der Schließzylinderkräfte dargestellt (zweite Linie von oben in der linken Hälfte der Fig. 10), die gestrichelte Linie zeigt die Niederhalterkraft. Die zu der Kurve der Summe der Schließzylinderkräfte parallele Kurve (oberste Kurve in der linken Hälfte der Fig. 10) ist die Sollkurve der Summe der Schließzylinderkräfte. Es ist ersichtlich, daß in der rechten Hälfte der Fig. 10 die Summenkurve der Istwerte der Schließzylinderkräfte über der Summenkurve der Sollwerte der Schließzylinderkräfte liegt. Diese geringfügige Erhöhung der Kraft ist erforderlich, um eine Bewegung der Werkzeuge zu bewirken und den Umformvorgang einzuleiten. Es ist zunächst das Eintauchen des Stößelwerkzeugs in das Werkstück gemäß Fig. 3 dargestellt. Ab diesem Zeitraum erhöht sich die Stößelkraft F_{St} , gleichzeitig ergibt sich aus dem Diagramm, daß die Schließzylinderkräfte F_{SZ} jeweils prozentual anteilig erhöht werden. Es erfolgt dann eine Umschaltung der Regelung von einer statischen Beauf-

schlagung des Niederhalters auf eine dynamische Regelung. Die Summe der Schließzylinderkräfte wird höher, als die Niederhalterkraft F_{NH} , während die Stößelkraft F_{St} exponentiell ansteigt. Der Anstoß der Stößelkraft F_{St} ergibt sich zwangsläufig aus dem Umformvorgang. In der beschriebenen Weise wirkt die Stößelkraft dabei gegen die Niederhalterkraft. Über den weiteren relativen Weg des Stößelwerkzeugs und des Niederhalters verlaufen die Schließzylinderkräfte dann im wesentlichen konstant.

[0050] Die Fig. 11 zeigt ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Reglers. Dabei ist die erfindungsgemäße Berechnungsformel für die Schließzylinderkräfte zugrundegelegt: Die Summe der Schließzylinderkräfte ist so groß wie die Stößelkraft plus die Niederhalterkraft plus die Gewichtslasten von Tisch, Werkzeug, Niederhalter, Stößel und Anbauten plus die Reibungskräfte in den Führungen und Zylindern. Die Summe der Schließzylinderkräfte ist somit gleich dem Produkt aus Druck- und Wirkfläche pro Zylinder, multipliziert mit der Anzahl zugeschalteter Schließzylinder. Bei mehreren Schließzylinderkreisen ergibt sich die Gesamtsumme aus der jeweiligen Aufsummierung der Einzelkreise. Die Gesamtsumme der Niederhalterzylinder-Kräfte ergibt sich aus dem Produkt von Druck mal Wirkfläche pro Zylinder, multipliziert mit der Anzahl zugeschalteter Niederhalterzylinder. Bei mehreren Niederhalterzylinderkreisen ergibt sich die Gesamtkraft aus der Aufsummierung der Einzelkreise. Die Abkürzung für Schließzylinder ist "SZ".

[0051] Das Offset ergibt sich wie folgt:

- a) Summe des zu hebenden Gewichts (im wesentlichen konstant, da sich dieses aus den Gewichten von Tisch, Werkzeug, Stößel und Niederhalter ergibt);
- b) somit der durch die Schließzylinder zu überwindenden Reibkräfte, vor allem in den Stößelführungen und den Niederhalterführungen sowie in den Zylindern;
- c) aktuelle Stößelkraft (variabel).

[0052] Wie in Fig. 11 gezeigt, erfolgt die Regelung somit in nachfolgender Weise: Der Regler erfaßt jeweils den Druck-Istwert der einzelnen Niederhalter beziehungsweise Niederhalterkreise und vergleicht diesen mit dem jeweiligen Sollwert, den er aus einer Tabelle, einer Graphik oder einem ähnlichen Speichermedium abliest. Aus dem Vergleichswert wird die Abweichung berechnet, dieser Wert der Abweichung wird weitergegeben an einen überlagerten Regler (PI-Regler), dieser teilt die Abweichung auf in die Anzahl der aktiven Schließzylinderregelkreise, und zwar in dem Verhältnis der vom Bediener vorgegebenen prozentualen Gewichtung dieser Schließzylinderregelkreise. Dieser Wert wird jeweils mit den vorgegebenen Regelparametern (PID) multipliziert und als neuer Vorgabewert an die Betätigungsorgane (Servoventile) der einzelnen

Schließzylinderkreise ausgegeben. Die Druckkorrektur erfolgt in Taktraten von beispielsweise einer msec, bis der gewünschte Sollwert erreicht ist. Wird beispielsweise festgestellt, daß der Sollwert um eine t_0 unterschritten wird (im Vergleich der jeweiligen Istwerte der einzelnen Niederhalter), so erfolgt bei beispielsweise drei Schließzylinderregelkreisen, die beispielsweise mit 50%, 30% und 20% gewichtet sind, eine Aufteilung dieser t_0 in Druckwerte von 50%, 30% und 20%. Um diese Prozentsätze wird der Druck in dem jeweiligen Schließzylinderkreis jeweils verändert.

[0053] Die Erfindung ist nicht auf die gezeigten Ausführungsbeispiele beschränkt, vielmehr ergeben sich im Rahmen der Erfindung wie er durch die Ansprüche definiert wird, vielfältige Abwandlungs- und Modifikationsmöglichkeiten.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Betätigung einer Umformpresse, bei welcher in einem starren Pressenrahmen (1) ein Werkstück (2) mittels einer Niederhalterkraft (F_{NH}) gegen ein Werkzeug (3) vorgespannt wird, wobei zumindest ein Stößelwerkzeug (4) eine Stößelkraft (F_{St}) parallel zur Niederhalterkraft (F_{NH}) aufbringt und wobei gegen die Stößelkraft (F_{St}) und die Niederhalterkraft (F_{NH}) Schließzylinderkräfte (F_{SZ}) aufgebracht werden und in dem Werkzeug (3) ein Wasserkasten (5) ausgebildet ist, durch welchen Wasserkastenkräfte ($p \cdot A$) auf das Werkstück (3) wirken können, **dadurch gekennzeichnet, daß** die durch die Aufbringung der Stößelkraft (F_{St}) resultierende Störkraft ermittelt und durch eine Änderung der Schließzylinderkräfte (F_{SZ}) ausgeglichen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Störkraft durch eine Änderung der Niederhalterkraft (F_{NH}) gemessen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Änderung der Niederhalterkraft (F_{NH}) durch Druckänderung in den Niederhalterzylindern (6) bestimmt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Ausgleich der Störkraft durch lokal unterschiedliche Schließzylinderkräfte (F_{SZ}) erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Druck einzelner Schließzylinder (7) unterschiedlich geändert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Summe der Schließzylinderkräfte (F_{SZ}) für eine jeweilige Phase eines Umformvorgangs konstant ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die einzelnen Schließzylinderkräfte (F_{SZ}) für eine jeweilige Phase eines Umformvorgangs prozentual zur Summe der Schließzylinderkräfte (F_{SZ}) aufgeteilt werden. 5
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** bei Änderung einer lokalen oder zeitlichen Schließzylinderkraft (F_{SZ}) die restlichen Schließzylinderkräfte (F_{SZ}) unter Beibehaltung der prozentualen Verteilung erhöht oder erniedrigt werden. 10
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** vorab die jeweils zeitlich und lokal optimale Niederhalterkraft (F_{NH}) bestimmt wird und daß die Änderung der Schließzylinderkräfte (F_{SZ}) zur Aufrechterhaltung dieser Niederhalterkraft (F_{NH}) kompensiert wird. 15
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** für den jeweiligen Umformvorgang die erforderlichen Niederhalterkräfte (F_{NH}) in einzelne zonenartige Bereiche des Werkstücks (2) aufgeteilt und in ihrem jeweiligen Wert bestimmt werden und daß die einzelnen Schließzylinderkräfte (F_{SZ}) den jeweiligen zonenartigen Bereichen angepaßt werden. 20
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Bestimmung der erforderlichen Niederhalterkräfte (F_{NH}) der Umformvorgang in einzelne Phasen zerlegt wird und für diese Phasen mittels Finiter-Elemente-Methoden die Niederhalterkräfte (F_{NH}) sowohl lokal als auch zeitlich und dem Wert nach bestimmt werden. 25
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die einzelnen Phasen Zeitabschnitte des Umformvorgangs bilden. 30
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** die einzelnen Phasen Wegabschnitte des Stößelwerkzeugs (4) bilden. 35
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** zu den Niederhalterkräften (F_{NH}) lokal und zeitlich zugeordnet die jeweiligen Schließzylinderkräfte (F_{SZ}) aufgebracht werden. 40
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schließzylinderkräfte (F_{SZ}) in ihrem Wert größer gewählt werden als die jeweils rechnerisch vorbestimmte lokale und zeitliche Schließzylinderkraft (F_{SZ}). 45
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** für die einzelnen Umformstufen die resultierende Gesamtkraft jeweils hinsichtlich Größe und dreidimensionaler Lage ermittelt wird und daß die lokale Zuordnung der Schließzylinder (7) in Abhängigkeit von der jeweiligen Lage der resultierenden Gesamtkraft erfolgt. 50
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Regler den Soll-Druck der Niederhalter ermittelt, diesen mit den jeweiligen Istwerten vergleicht, die Abweichung berechnet, den berechneten Wert an einem überlagerten Regler (PI-Regler) weitergibt, daß dieser PI-Regler diese Abweichung auf die Anzahl der aktiven Schließzylinderregelkreise aufteilt, und zwar in dem Verhältnis der vorgegebenen prozentualen Gewichtung dieser Schließzylinderregelkreise, daß dieser aufgeteilte Wert mit den vorgegebenen Regelparametern (PID) multipliziert und als neuer Vorgabewert an Betätigungsorgane der einzelnen Schließzylinderregelkreise ausgegeben wird. 55
18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Druckkorrektur in kurzen Taktrafen bis zur Erreichung der jeweiligen Sollwerte erfolgt.

Claims

1. A method for operating a forming press, in which in a rigid press frame (1) a workpiece (2) is prestressed against a tool (3) by means of a holding-down force (F_{NH}), whereby at least one slide tool (4) applies a slide force (F_{St}) parallel to the holding-down force (F_{NH}) and whereby closing cylinder forces (F_{SZ}) are applied against the slide force (F_{St}) and the holding-down force (F_{NH}) and a water chamber (5) is constructed in the tool (3), by which water chamber forces ($p \cdot A$) can act on the workpiece (3), **characterised in that** the disturbance force that results from the application of the slide force (F_{St}) is determined and is equalised by a change in the closing cylinder forces (F_{SZ}).
2. A method according to Claim 1, **characterised in that** the disturbance force is measured by a change in the holding-down force (F_{NH}).
3. A method according to Claim 2, **characterised in that** the change in the holding-down force (F_{NH}) is determined by a change in pressure in the holding-down cylinders (6).
4. A method according to one of Claims 1 to 3, **characterised in that** the equalisation of the disturbance force takes place by locally different clos-

- ing cylinder forces (F_{SZ}).
5. A method according to Claim 4, **characterised in that** the pressure of individual closing cylinders (7) is altered differently. 5
 6. A method according to Claim 5, **characterised in that** the sum of the closing cylinder forces (F_{SZ}) is constant for one respective phase of the forming operation. 10
 7. A method according to Claim 6, **characterised in that** the individual closing cylinder forces (F_{SZ}) for a respective phase of a forming operation are divided percentage-wise to the sum of the closing cylinder forces (F_{SZ}). 15
 8. A method according to Claim 7, **characterised in that** upon a change in a local or temporal closing cylinder force (F_{SZ}) the remaining closing cylinder forces (F_{SZ}) are increased or reduced with the retention of the percentage distribution. 20
 9. A method according to one of Claims 1 to 8, **characterised in that** the in each case temporally and locally optimal holding-down force (F_{NH}) is determined in advance **and in that** the change in the closing cylinder forces (F_{SZ}) is compensated to maintain this holding-down force (F_{NH}). 25 30
 10. A method according to one of Claims 1 to 9, **characterised in that** for the respective forming operation the required holding-down forces (F_{NH}) are divided into individual zone-type regions of the workpiece (2) and their respective value is determined **and in that** the individual closing cylinder forces (F_{SZ}) are adapted to the respective zone-type regions. 35 40
 11. A method according to one of Claims 1 to 10, **characterised in that** to determine the required holding-down forces (F_{NH}) the forming operation is separated into individual phases and for these phases the holding-down- forces (F_{NH}) are determined by means of finite element methods both locally and temporally and according to the value. 45 50
 12. A method according to Claim 11, **characterised in that** the individual phases form time segments of the forming operation.
 13. A method according to Claim 11 or 12, **characterised in that** the individual phases form path segments of the slide tool (4). 55
 14. A method according to one of Claims 11 to 13, **characterised in that** the respective closing cylinder forces (F_{SZ}) are applied in local and temporal association with the holding-down forces (F_{NH}).
 15. A method according to one of Claims 11 to 15, **characterised in that** the value of the closing cylinder forces (F_{SZ}) is chosen to be greater than the local and temporal closing cylinder force (F_{SZ}) which is arithmetically predetermined in each case.
 16. A method according to one of Claims 11 to 15, **characterised in that** for the individual forming stages the resultant overall force is determined with respect to size and three-dimensional position in each case **and in that** the local association of the closing cylinders (7) takes place in dependence on the respective position of the resultant overall force.
 17. A method according to one of Claims 1 to 15, **characterised in that** a controller determines the set pressure of the holding-down device, compares this with the respective actual values, calculates the deviation, relays the calculated value to a superimposed controller (PI controller), **in that** this PI controller divides this deviation over the number of the active closed-loop control circuits of the closing cylinders, specifically in the ratio of the predetermined percentage weighting of these closing cylinder closed-loop control circuits, **in that** this divided value is multiplied with the predetermined control parameters (PID) and is outputted as a new default value to operating elements of the individual closing cylinder circuits.
 18. A method according to Claim 17, **characterised in that** the pressure correction takes place in short clock frequencies until the respective set values are reached.

Revendications

1. Procédé pour actionner une presse de formage, dans laquelle une pièce à usiner (2) est pré-serrée contre un outil (3) dans un bâti de presse rigide (1) à l'aide d'une force de serrage (F_{NH}), au moins un outil poussoir (4) appliquant une force de poussoir (F_{St}) parallèlement à la force de serrage (F_{NH}), et des forces de cylindres de fermeture (F_{SZ}) étant appliquées contre la force de poussoir (F_{St}) et la force de serrage (F_{NH}), et un réservoir d'eau (5) étant formé dans l'outil (3) par lequel des forces de réservoir d'eau ($p \cdot A$) peuvent agir sur la pièce à usiner (3), **caractérisé en ce que** l'on détermine la force perturbatrice résultant de l'application de la force de poussoir (F_{St}), qu'on la compense par une modifi-

- cation des forces de cylindres de fermeture (F_{SZ}).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la force perturbatrice est mesurée par une modification de la force de serrage (F_{NH}). 5
 3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la modification de la force de serrage (F_{NH}) est déterminée par modification de pression dans les cylindres de serrage (6). 10
 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la force perturbatrice est compensée au moyen de forces de cylindres de fermeture (F_{SZ}) localement différentes. 15
 5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la pression de différents cylindres de fermeture (7) est modifiée de façon différente. 20
 6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la somme des forces de cylindres de fermeture (F_{SZ}) pour une phase respective d'un processus de formage est constante. 25
 7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** les forces de cylindres de fermeture individuelles (F_{SZ}) pour une phase respective d'un processus de formage sont réparties en pourcentages par rapport à la somme des forces de cylindres de fermeture (F_{SZ}). 30
 8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** lors d'une modification d'une force de cylindre de fermeture (F_{SZ}) locale ou instantanée, les forces de cylindres de fermeture (F_{SZ}) restantes sont augmentées ou réduites en conservant la répartition en pourcentages. 35
 9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** préalablement on détermine à chaque fois la force de serrage (F_{NH}) optimale localement et dans le temps, et **en ce que** la modification des forces de cylindres de fermeture (F_{SZ}) est compensée pour conserver cette force de serrage (F_{NH}). 40
 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** pour le processus de formage respectif, les forces de serrage (F_{NH}) nécessaires sont réparties en différents secteurs du type zone de la pièce à usiner (2) et déterminées au niveau de leur valeur respective, et **en ce que** les différentes forces de cylindres de fermeture (F_{SZ}) sont adaptées aux secteurs du type zone respectifs. 50
 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** pour déterminer les forces de serrage (F_{NF}) nécessaires, le processus de formage est divisé en différentes phases, et **en ce que** pour ces phases on détermine, à l'aide de méthodes des éléments finis, les forces de serrage (F_{NH}) aussi bien localement que dans le temps et selon la valeur. 55
 12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** les différentes phases constituent des intervalles de temps du processus de formage.
 13. Procédé selon la revendication 11 ou 12, **caractérisé en ce que** les différentes phases constituent des segments de course de l'outil poussoir (4).
 14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, **caractérisé en ce que** les forces de cylindres de fermeture (F_{SZ}) respectives sont appliquées de manière associée localement et dans le temps aux forces de serrage (F_{NG}).
 15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** les forces de cylindre de fermeture (F_{SZ}) sont choisies plus grandes quant à leur valeur que la force de cylindre de fermeture (F_{SZ}) locale et instantanée respectivement déterminée par calcul.
 16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 15, **caractérisé en ce que** pour les différentes étapes de formage, la force totale résultante est déterminée respectivement quant à sa grandeur et sa position tridimensionnelle, et **en ce que** l'association locale des cylindres de fermeture (7) est réalisée en fonction de la position respective de la force totale résultante.
 17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, **caractérisé en ce que** un régulateur détermine la pression de consigne des serre-flans, la compare avec les valeurs réelles respectives, calcule l'écart, transmet la valeur calculée vers un régulateur en amont (régulateur PI), et **en ce que** ce régulateur répartit cet écart sur le nombre des circuits de régulation actifs de cylindres de fermeture, et ceci selon le rapport de la pondération en pourcentages spécifiée de ces circuits de régulation de cylindres de fermeture, et **en ce que** cette valeur répartie est multipliée par les paramètres de régulation (PID) prédéterminés et transmise en tant que nouvelle valeur de consigne vers des organes d'actionnement des différents circuits de cylindres de fermeture.
 18. Procédé selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** la correction de pression est réalisée par courtes impulsions jusqu'à ce que les valeurs de

consigne respectives soient atteintes.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

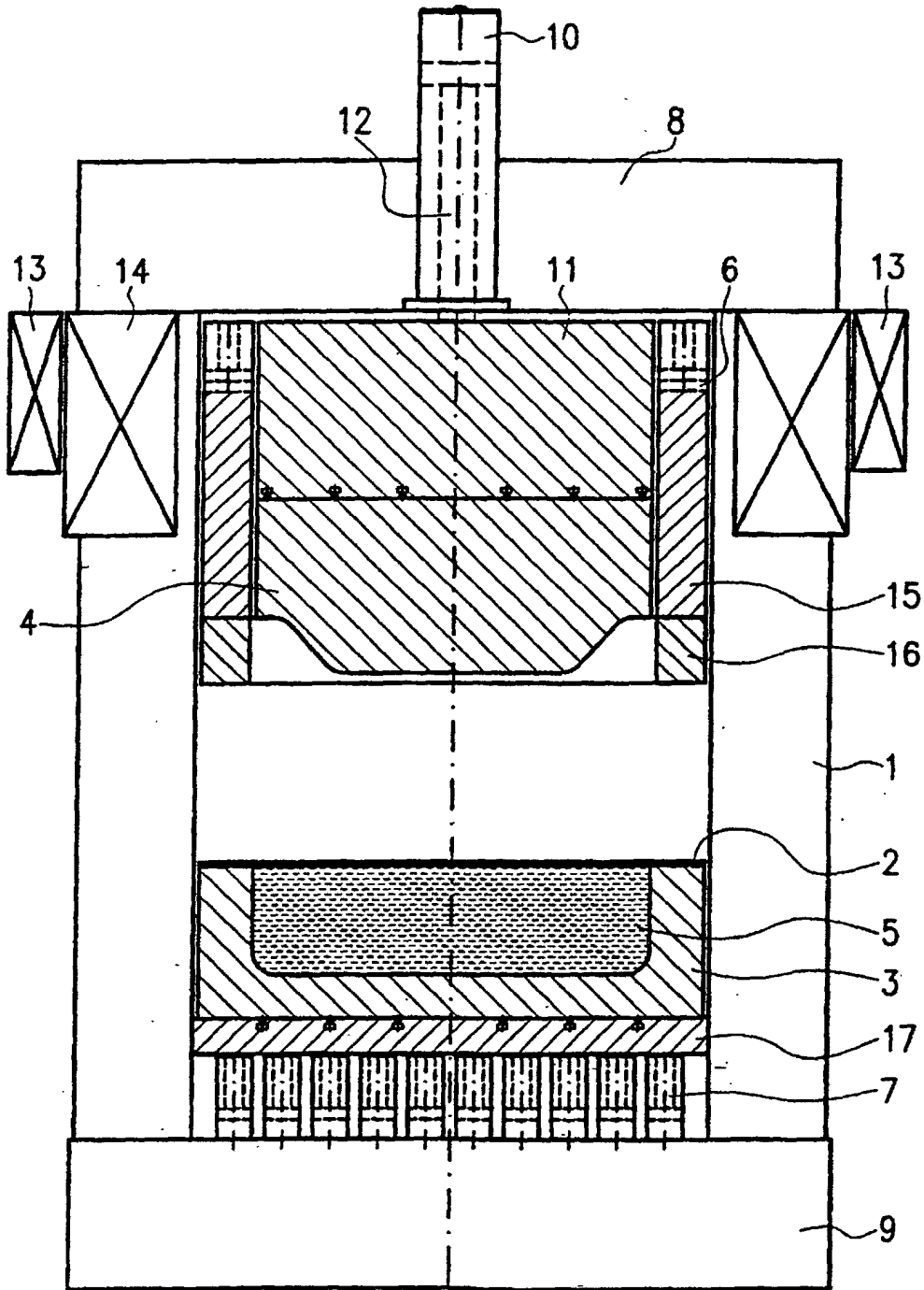


Fig.1

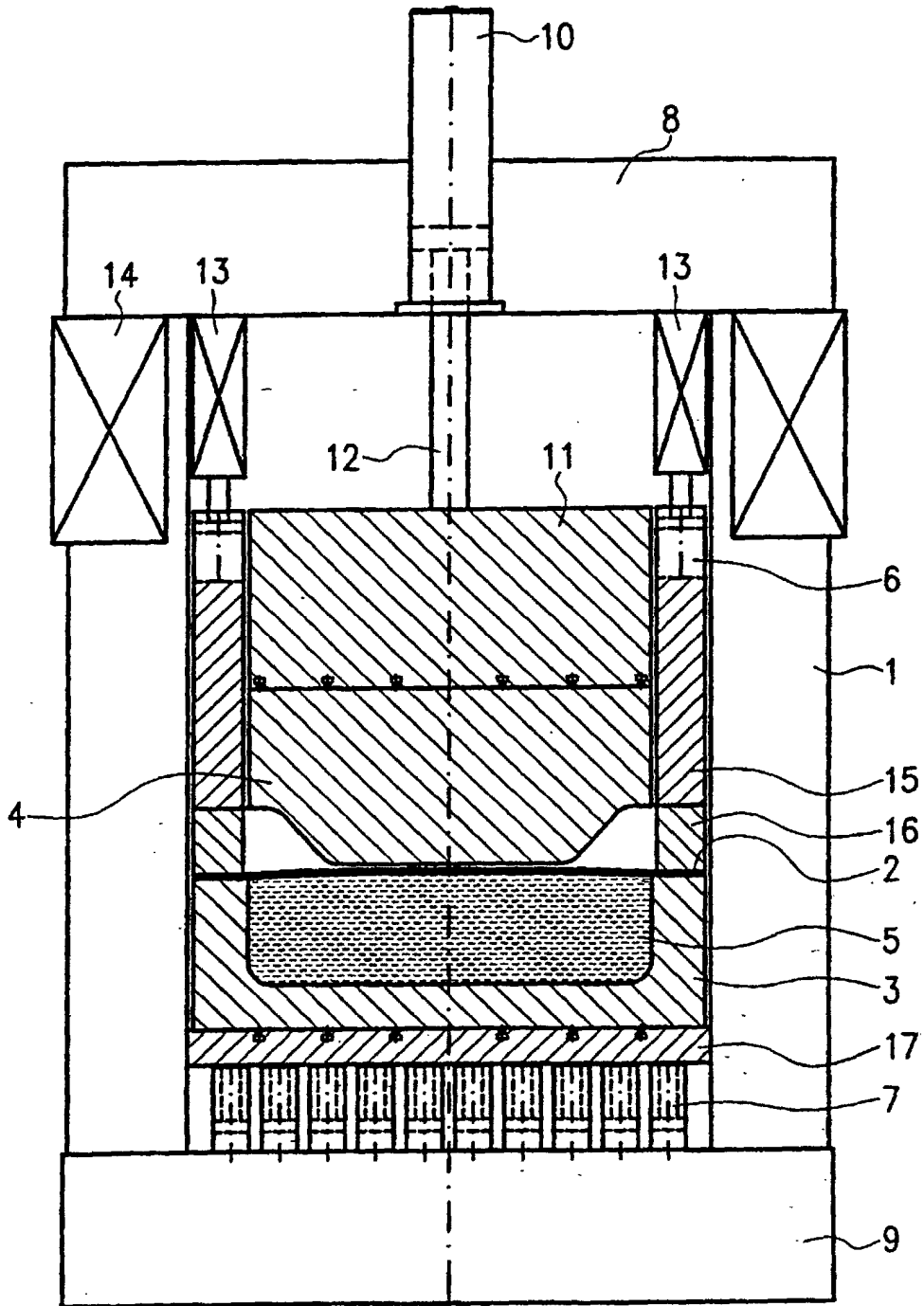


Fig.2

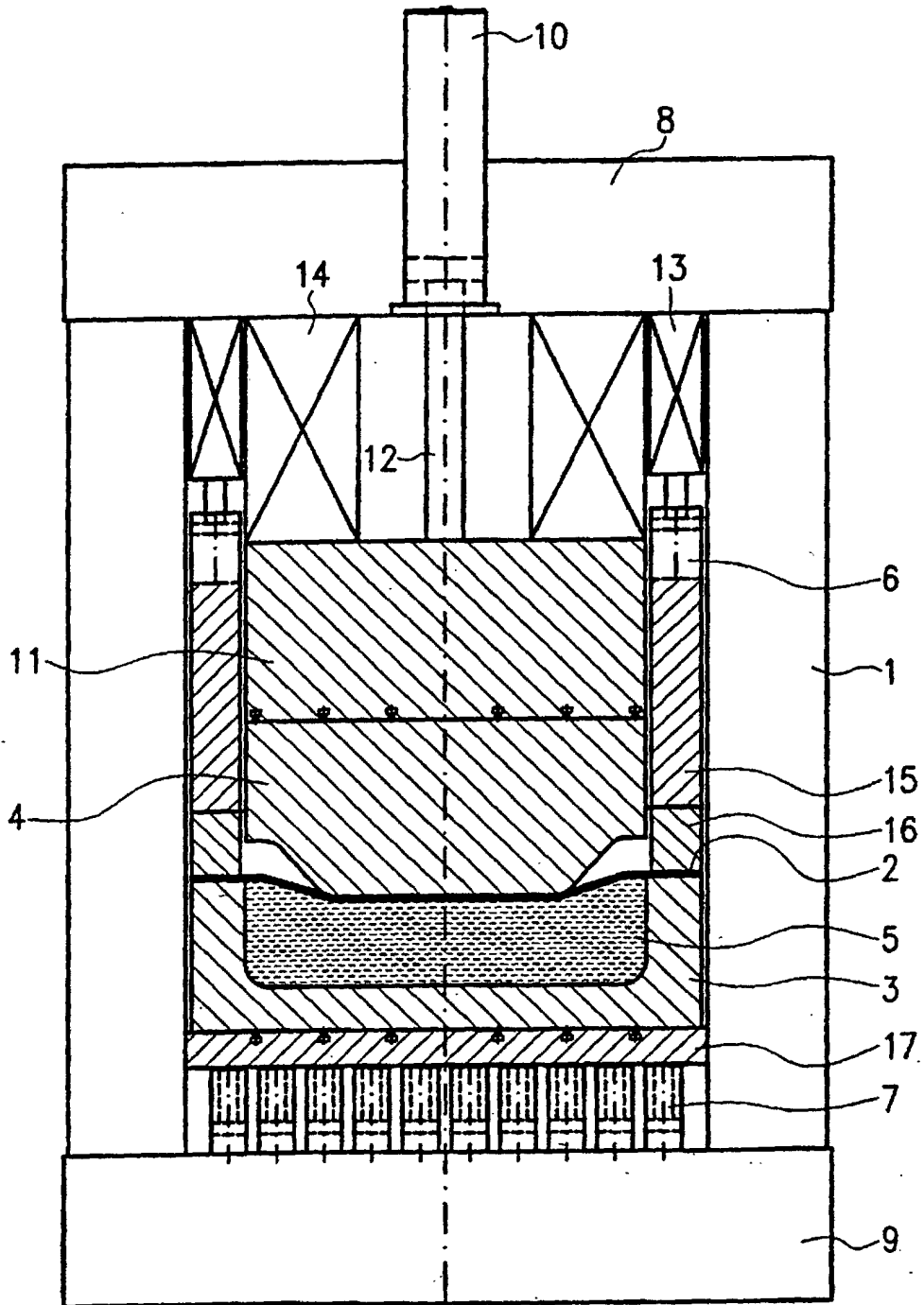


Fig.3

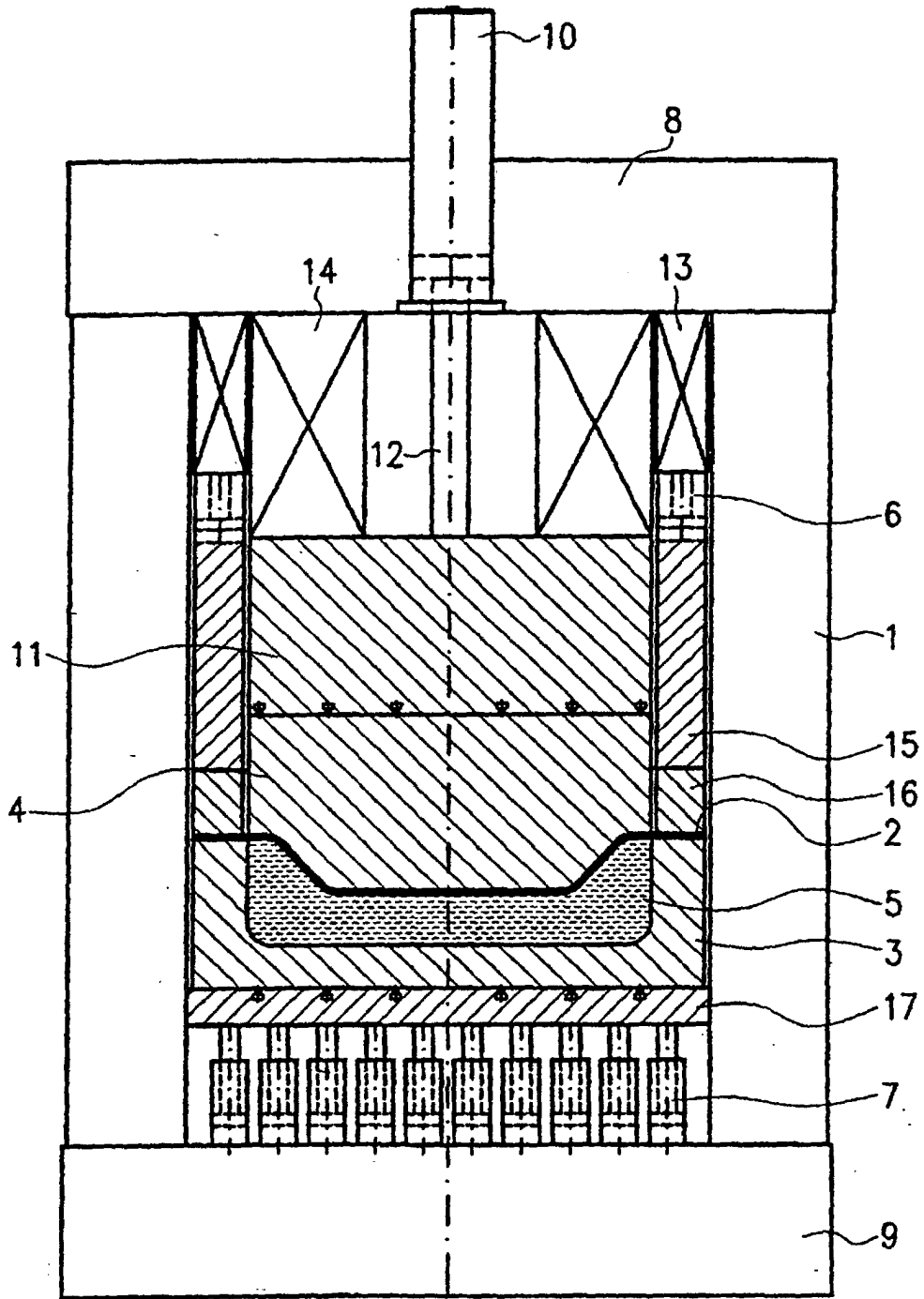


Fig.4

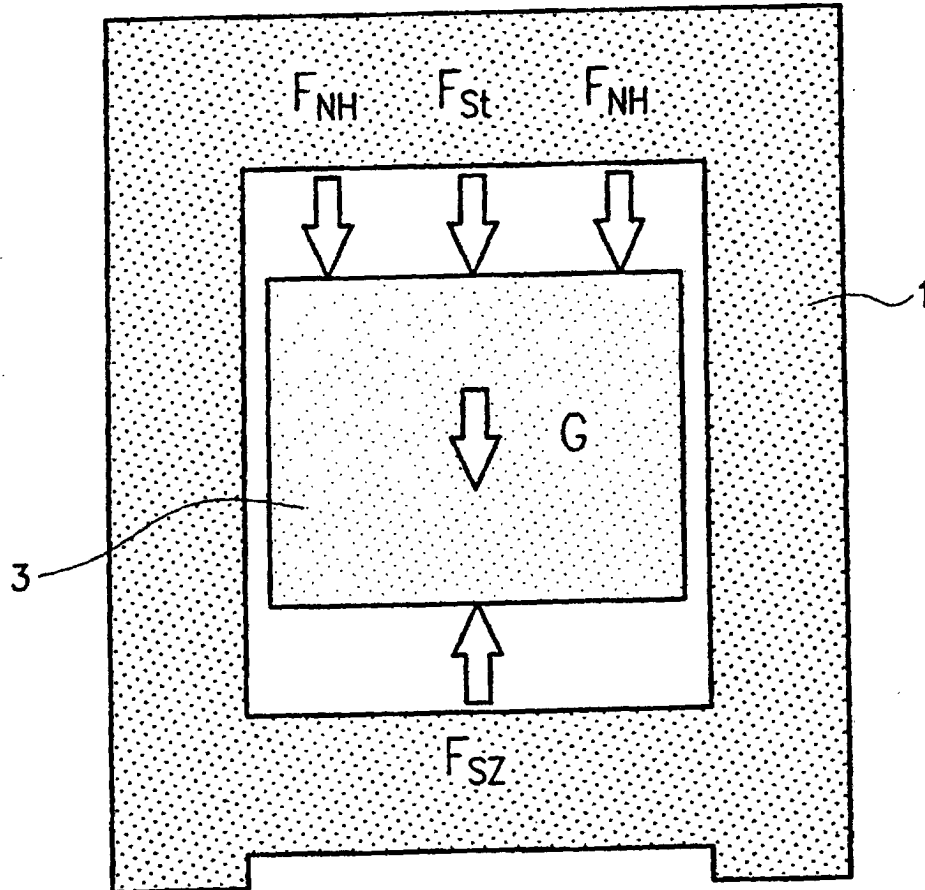


Fig.5

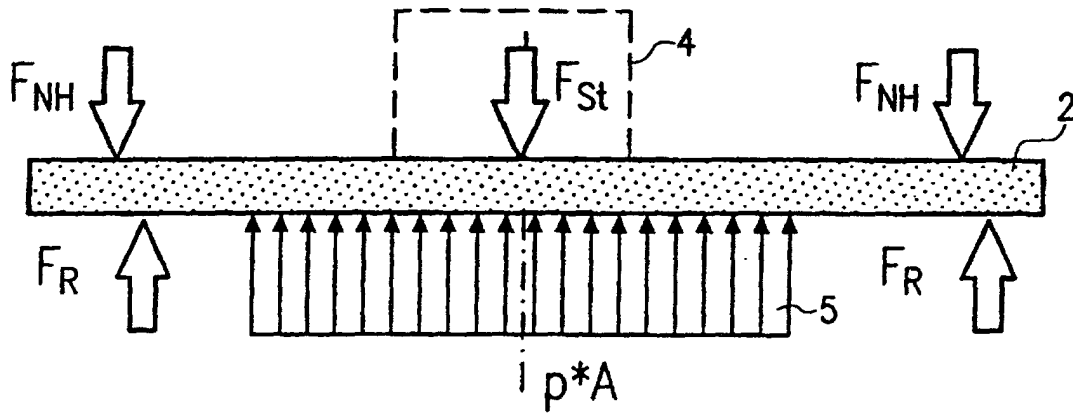


Fig.6

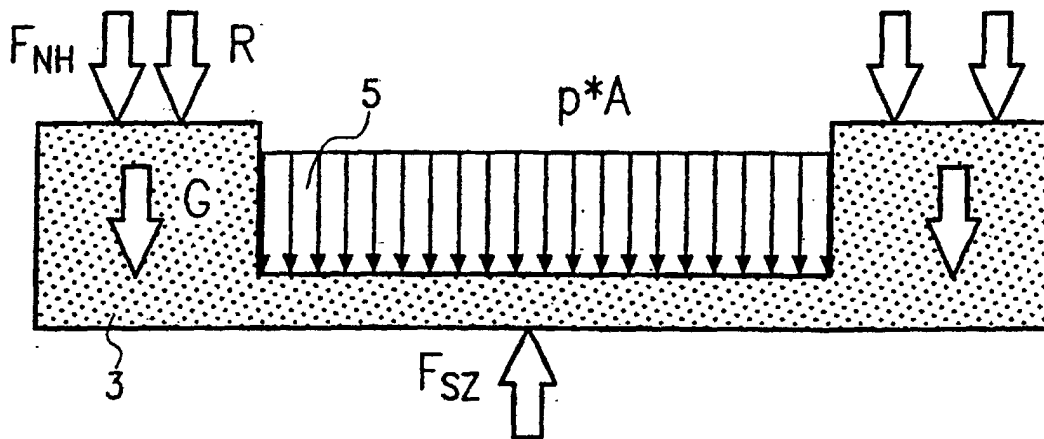


Fig.7

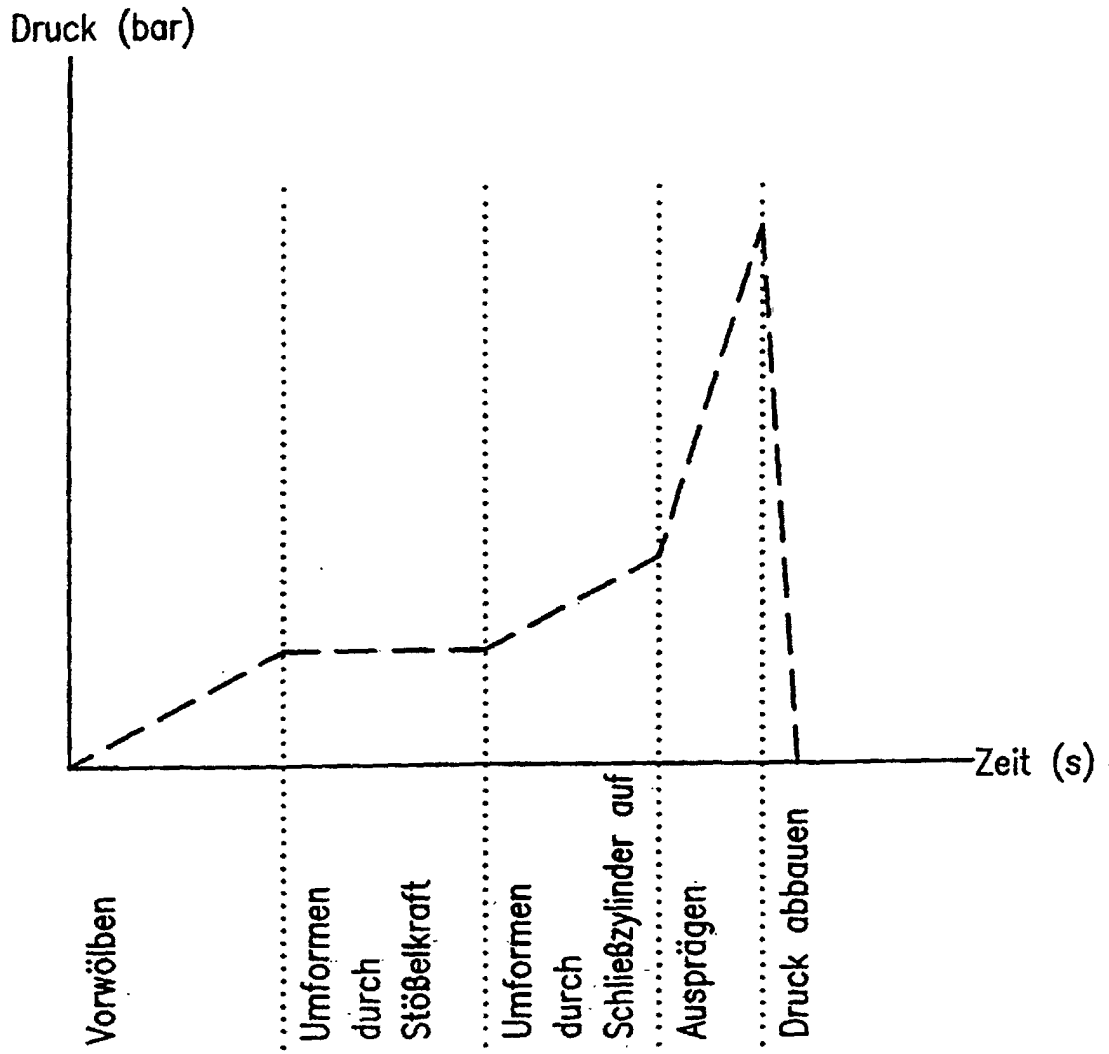


Fig. 8

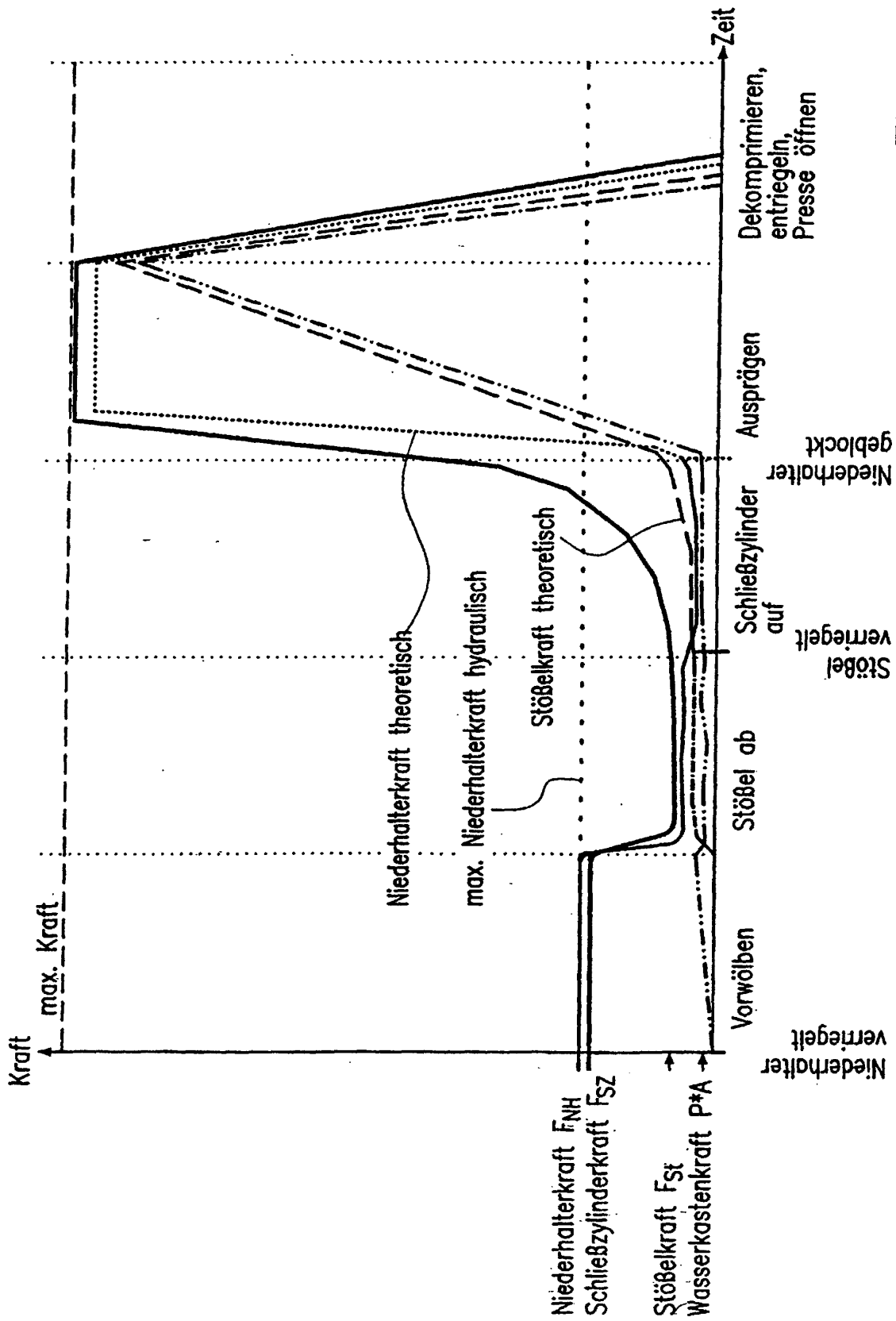


Fig.9

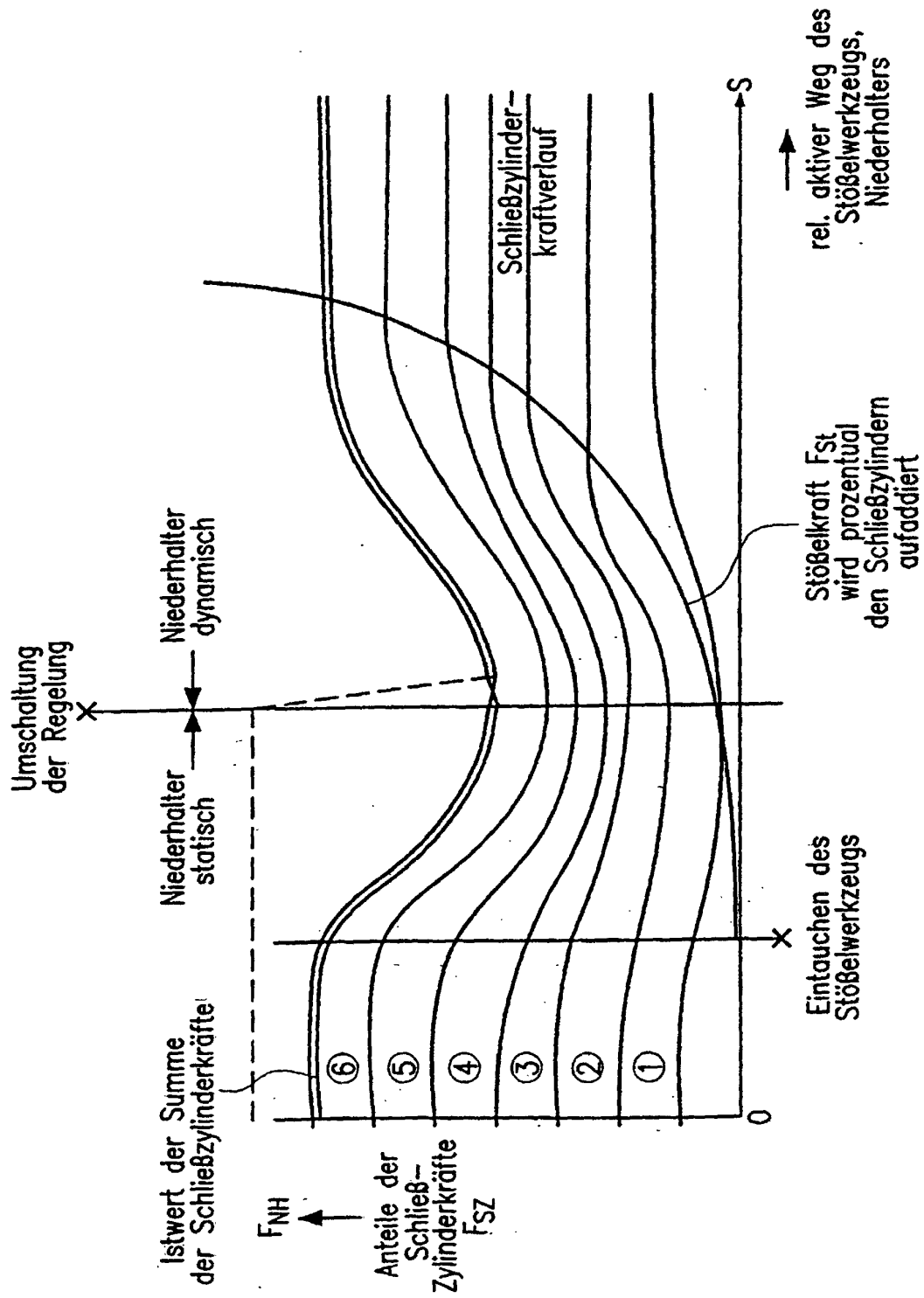


Fig.10

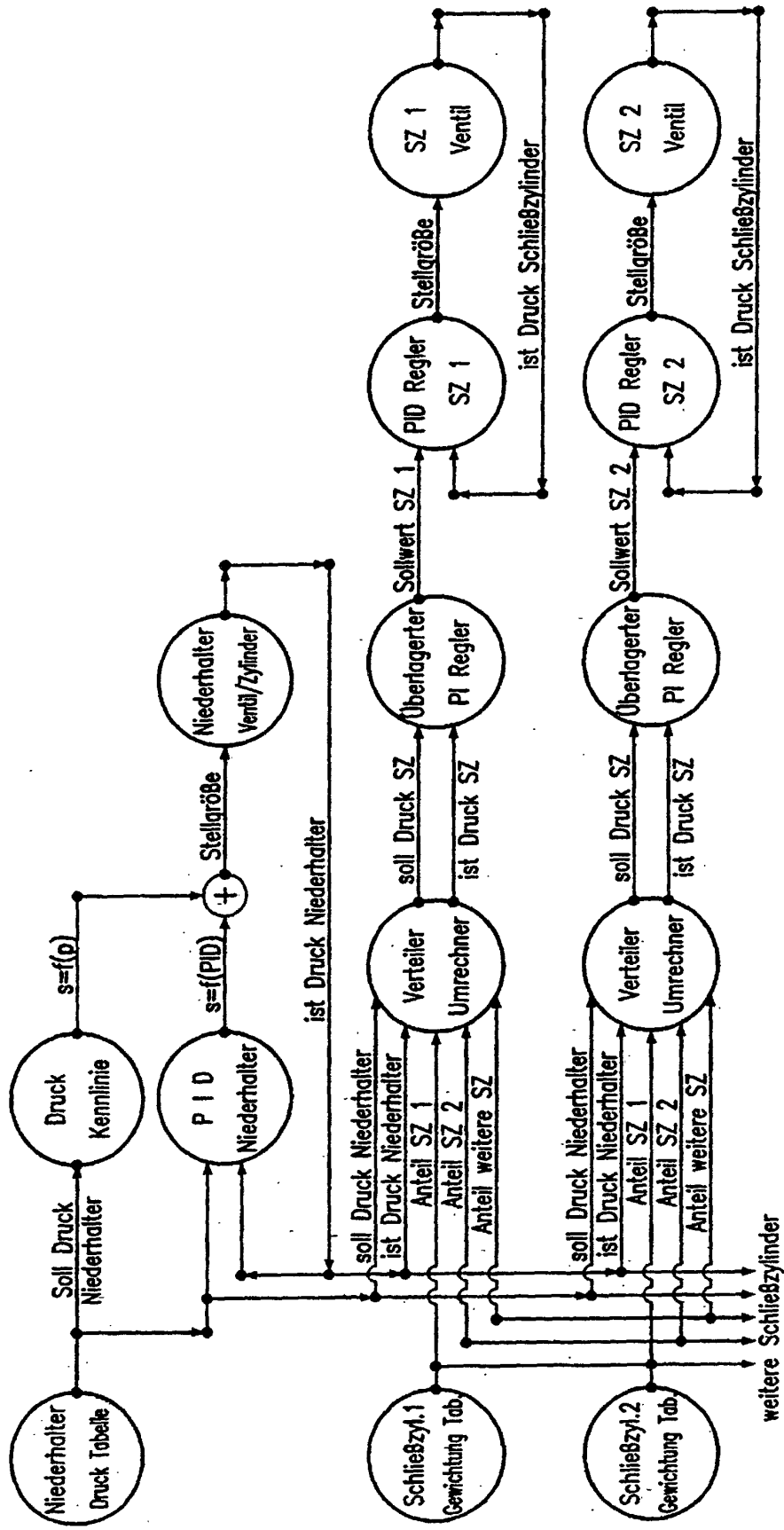


Fig.11