

(19)



(11)

**EP 1 902 792 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**26.03.2008 Patentblatt 2008/13**

(51) Int Cl.:  
**B21D 5/02 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **07018438.7**

(22) Anmeldetag: **20.09.2007**

(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 MT NL PL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA HR MK YU**

(71) Anmelder: **Trumpf Maschinen Austria GmbH & CO. KG.**  
**4061 Pasching (AT)**

(72) Erfinder: **Fischereder, Bernhard**  
**4870 Vöcklabruck (AT)**

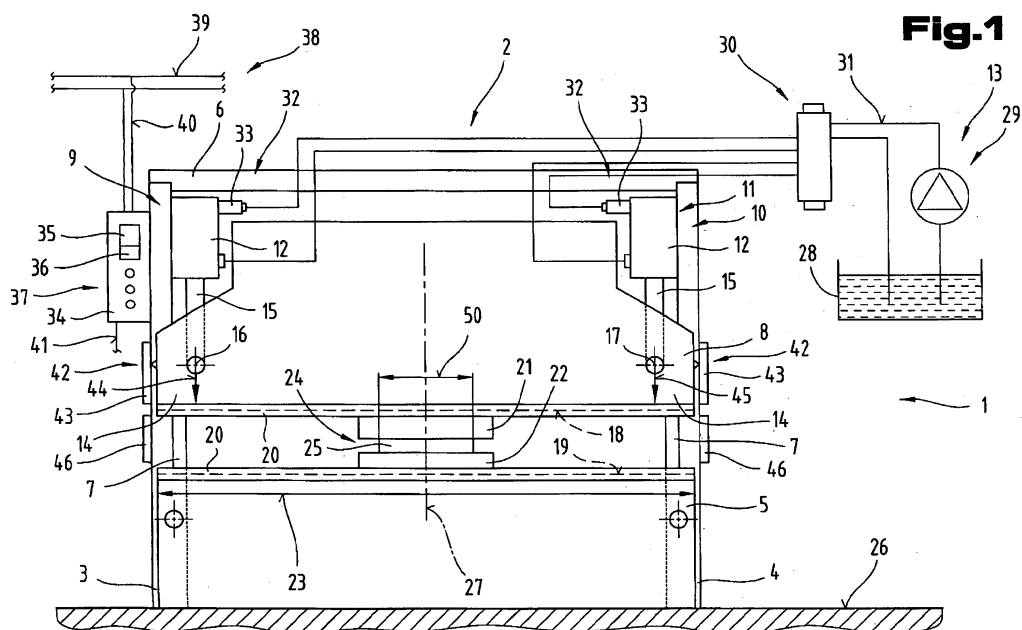
(30) Priorität: **25.09.2006 AT 15972006**

(74) Vertreter: **Secklehner, Günter**  
**Rechtsanwalt**  
**Rosenauerweg 16**  
**4580 Windischgarsten (AT)**

**(54) Verfahren zum Betrieb einer Biegepresse, insbesondere Abkantpresse**

(57) Die Erfindung beschreibt Verfahren zum Betrieb einer Biegepresse, insbesondere Abkantpresse (1), mit einem im Wesentlichen aus Seitenständern (3, 4) und einem Tischbalken (5) bestehenden Maschinengestell (2) und mit einem relativ zum Tischbalken (5) verstellbar gelagerten, mittels einer Antriebsvorrichtung (11) verstellbaren Pressenbalken (8). Eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung (34) ist mit einer Wegmessvorrichtung (42) zur Feststellung eines Verstellweges des Pressenbalkens (8) zwischen einer oberen und unteren Umkehrposition und mit zumindest einem Erfassungsmittel (32) für die Erfassung zumindest eines physikalischen Parameters zur Bestimmung der am Pressenbalken (8) von der Antriebsvorrichtung (11) bzw. dem Antriebsmittel (9, 10) aufgetragenen Verstellkraft leitungsverbunden. Eine in der unteren Umkehrposition aus dem vom Erfassungsmittel (32) erfassten Parameter ermittelte Reaktionskraft (71) bildet einen Ist-Wert der nach einer im Datenspeicher (36) oder Rechner (35) hinterlegten Regelfunktion auf einen vorgegebenen Soll-Wert zur Beaufschlagung der Antriebsmittel (9, 10) für einen Eilrückhub reduziert wird.

für die Erfassung zumindest eines physikalischen Parameters zur Bestimmung der am Pressenbalken (8) von der Antriebsvorrichtung (11) bzw. dem Antriebsmittel (9, 10) aufgetragenen Verstellkraft leitungsverbunden. Eine in der unteren Umkehrposition aus dem vom Erfassungsmittel (32) erfassten Parameter ermittelte Reaktionskraft (71) bildet einen Ist-Wert der nach einer im Datenspeicher (36) oder Rechner (35) hinterlegten Regelfunktion auf einen vorgegebenen Soll-Wert zur Beaufschlagung der Antriebsmittel (9, 10) für einen Eilrückhub reduziert wird.

**EP 1 902 792 A2**

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren, wie im Oberbegriff des Anspruchs 1 beschrieben.

**[0002]** Aus der WO 02/13986 A1 der selben Anmelderin ist ein Verfahren zum Betrieb einer Biegepresse, insbesondere Abkantpresse, bekannt, nachdem während eines Umformvorganges für einen Werkteil IST - Presskräfte von Antrieben der Antriebsanordnung ermittelt werden und mittels dieser aus in einem Datenspeicher für Produktions- und Maschinendaten hinterlegten, für verschiedene Belastungsfälle hinterlegten Maschinendaten Verstellwege der Antriebe für den Arbeitshub unschiedlich geregelt werden.

**[0003]** Aufgabe der Erfindung ist es ein Verfahren zur Regelung von Verstellphasen der Antriebsvorrichtung anzugeben, mit dem eine Minimierung der Taktzeit durch eine automatische Erfassung des Beaufschlagungszeitpunkts von Antriebsmitteln zur Einleitung eines Eilrückhubes erreicht wird.

**[0004]** Diese Aufgabe der Erfindung wird durch die im Kennzeichenteil des Anspruchs 1 wiedergegebenen Maßnahmen erreicht. Der überraschende Vorteil dabei ist, dass der Zeitpunkt für die Aktivierung der Vorschubvorrichtung für einen Eilrückhub des Pressenbalkens in die obere Umkehrposition in Abhängigkeit der variierenden Verstellkräfte über die Erfassung des Parameters bei Erreichen eines vorgegebenen Soll- Wertes automatisch und ohne einer durch einen Sicherheits- Zeitzuschlag bedingten Zeitverzögerung erfolgt wodurch einerseits ein schonender Betrieb der Abkantpresse gesichert ist und die Zykluszeit für einen Umformvorgang reduziert wird.

**[0005]** Vorteilhaft sind auch die Maßnahmen nach den Ansprüchen 2 und 3, wodurch die beim Umformvorgang an einem Werkteil durch die Antriebsvorrichtung aufzubringenden und für eine Verformung der maßgebenden Maschinenelemente der Abkantpresse maßgebenden Verstellkräfte als Parameter für Steuerungsmaßnahmen zur Entlastung erfasst werden.

**[0006]** Gemäß den in den Ansprüchen 4 und 5 genannten Maßnahmen, kann maschinenspezifisch eine geeignete Regelfunktion für einen kontrollierten Abbau der auf die Komponenten der Abkantpresse einwirkenden Verformungskräfte festgelegt werden.

**[0007]** Möglich sind aber auch Maßnahmen wie im Anspruch 6 gekennzeichnet, weil dadurch eine Verkürzung der Entlastungsphase und damit eine Verkürzung der Zykluszeit eines Umformvorganges erreicht wird.

**[0008]** Möglich sind auch die vorteilhaften Maßnahmen nach Anspruch 7, wodurch eine Verkürzung der Rückhubzeit für den Pressenbalken erreicht wird.

**[0009]** Durch die im Anspruch 8 genannten, vorteilhaften Maßnahmen wird ohne Zeitverzögerung der Entlastungszustand detektiert.

**[0010]** Gemäß den in den Ansprüchen 9 bis 11 genannten Maßnahmen können weitere physikalische Parameter für die Regelung einer Entlastungsphase herangezogen werden.

**[0011]** Die Aufgabe der Erfindung wird aber auch durch die im Anspruch 12 wiedergegebenen Maßnahmen erreicht. Der Überraschende Vorteil dabei ist, dass durch das Bestimmen eines Entlastungshubes aus der effektiv erfassten Verstellkraft der Antriebsmittel in Verbindung mit der mittels der Wegmessvorrichtung einfach zu kontrollierende Hubposition, ein weiterer Parameter für die Ansteuerung der Antriebsmittel vorliegt der beispielsweise für einen Abgleich im Steuerungsverfahren heran zu ziehen ist, oder aber unmittelbar Steuerfunktionen bewirkt.

**[0012]** Mögliche vorteilhafte Maßnahmen beschreiben auch die Ansprüche 13 bis 18, wonach während eines Umformvorganges alle erforderlichen Daten zur Bestimmung eines Differenzweges und damit eines Entlastungshubes zwischen einer theoretischen unteren Umkehrposition und einer effektiven unteren Umkehrposition zur Verfügung stehen.

**[0013]** Vorteilhaft sind auch Maßnahmen nach Anspruch 19, weil dadurch das Erstellen umfangreicher Dateien entfällt und Speicherkapazität eingespart wird und die erforderlichen Ergebnisse vom Rechner rasch verfügbar sind.

**[0014]** Gemäß den im Anspruch 20 beschriebenen Maßnahmen wird ein sehr einfacher Steuerungs- und Kontrollablauf erreicht.

**[0015]** Vorteilhaft sind auch die Maßnahmen nach den Ansprüchen 21 bis 23, wodurch Regelvarianten, wie sie für unterschiedliche Maschinenkonfigurationen zweckmäßig erforderlich werden, zur Verfügung stehen.

**[0016]** Schließlich sind auch Maßnahmen nach den Ansprüchen 24 und 25 vorteilhaft, weil dadurch eine Anpassung des die Steuerfunktion "Eilrückhub" bewirkenden Ist-Wertes der Verstellkraft an die vorgangsbedingten unterschiedlichen effektiven Verstellwerte erreicht wird.

**[0017]** Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der in den Figuren gezeigten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

**[0018]** Es zeigen:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Fertigungsanlage in Ansicht zur Durchführung des Verfahrens;

Fig. 2 ein erfindungsgemäßes Antriebssystem der Fertigungsanlage in vereinfachter Darstellung;

Fig. 3 eine Detaildarstellung eines Umformvorganges an einer Platine mit in einer unteren Umkehrposition befindlichem Biegewerkzeug eines verstellbaren Pressenbalkens.

**[0019]** Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen. Weiters können auch Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen für sich eigenständige, erfinderische oder erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

**[0020]** In der Fig. 1 ist in vereinfachter, schematischer Darstellung eine Abkantpresse 1 gezeigt, die aus einem Maschinengestell 2, bestehend aus Seitenständern 3, 4, einem feststehenden Tischbalken 5 und einem Querverband 6 gebildet ist. In Führungsanordnungen 7 der Seitenwangen 3, 4 bzw. des Querverbandes 6 ist ein Pressenbalken 8 in einer durch den Tischbalken 5 gebildeten Ebene und relativ zu diesem verstellbar gelagert, der im gezeigten Ausführungsbeispiel durch an den Seitenständern 3, 4 bewegungsfest angeordnete Antriebsmitteln 9, 10 einer Antriebsvorrichtung 11, z.B. Hydraulikzylinder 12 einer Hydraulikanlage 13, betätigt wird, wobei je ein Hydraulikzylinder 12 an den Seitenständern 3, 4 befestigt ist und an entgegengesetzten Endbereichen 14 des verstellbaren Pressenbalkens 8 mit Kolbenstangen 15 angelenkt sind und damit zwei Achspositionen 16, 17 zur Einleitung von Verstellkräften am Pressenbalken 8 ausbilden.

**[0021]** Auf gegenüberliegenden Stirnseiten 18, 19 des Tischbalkens 5 und des verstellbaren Pressenbalkens 8 sind Werkzeugaufnahmeverrichtungen 20 angeordnet und in diesen einander gegenüberliegende Biegewerkzeuge 21, 22 oder Werkzeugsätze aus einer Aneinanderreihung einzelner Werkzeuge befestigt.

**[0022]** Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Biegewerkzeuge 21, 22, die nicht über eine gesamte Länge 23 des Tischbalkens 5 und des Pressenbalkens 8 reichen, zur Fertigung eines Werkteiles 24, z.B. durch Biegeumformung einer Platine 25, z.B. aus einem Blechzuschnitt, außermittig in Bezug auf die Länge 23 des Tischbalkens 5 und Pressenbalkens 8 positioniert.

**[0023]** Eine derartige Anordnung ist vielfach üblich, wenn von der Länge 23 abweichende, kürzere Biegewerkzeuge 21, 22, zur Anwendung gelangen, die dann außermittig in Bezug auf eine senkrecht zu einer Aufstandsfläche 26 und parallel zu den Seitenwangen 3, 4 verlaufenden Mittelebene 27 positioniert werden, beispielsweise dann, wenn zwei oder mehr Werkzeugsätze, bestehend aus den Biegewerkzeugen 21, 22, zur abwechselnden Nutzung die Bestückung der Abkantpresse 1 vorgesehen sind.

**[0024]** Die Antriebsvorrichtung 11 umfasst im gezeigten Ausführungsbeispiel die Hydraulikanlage 13 und weist im Wesentlichen einen Behälter 28 für ein Druckmedium, z.B. Hydrauliköl, ein Pumpenaggregat 29, eine Steuereinheit 30 und entsprechende Verbindungsleitungen zur Beaufschlagung der Hydraulikzylinder 12 auf. Weiter sind Erfassungsmittel 32 für die Regelung der Hydraulikanlage 13 vorgesehen, wobei im Besonderen auf Drucksensoren 33 in den Verbindungsleitungen 31 hingewiesen wird, die bevorzugt unmittelbar an den Hydraulikzylindern 12 angeordnet sind.

**[0025]** Der Betrieb der Abkantpresse 1 wird von einer Steuer- und/oder Regeleinrichtung 34, die im Wesentlichen einen Rechner 35 mit Datenspeicher 36 sowie die entsprechend erforderlichen Schalt- und Kontrollelemente 37 umfasst, gesteuert und geregelt. Die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 34 wird von einer Energiequelle 38, z.B. einem Stromnetz 39, über Leitungen 40 mit Energie angespeist und ist über Leitungen 41 mit dem anzusteuern und mit Energie zu versorgenden Steuer-, Regel-, Erfassungs- und Sicherungsmittel verbunden. Weiters umfasst die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 34 eine Wegmessvorrichtung 42, mittels der die jeweilige Stellposition des verstellbaren Pressenbalkens 8 in Bezug auf eine Referenzposition während eines Verstellvorganges gemessen und überwacht und als variabler Steuerungsparameter in einem Steuerungsprogramm für die Verstellwegsteuerung herangezogen wird.

**[0026]** Bevorzugt ist die Wegmessvorrichtung 42 durch eine optisch- elektronische Messeinrichtungen gebildet die an den beiden entgegengesetzten Endbereichen 14 des Pressenbalkens 8 angeordnet sind und die jeweilige Position des Biegebalkens über an den feststehenden Seitenwangen 3, 4 angeordnete, aus dem Stand der Technik bekannte Linearmassstäbe 43 ermitteln und deren Messergebnisse an die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 34 übermittelt und ausgewertet werden.

**[0027]** Die Anordnung dieser Wegmessvorrichtung 42 an den entgegengesetzten Endbereichen 14 des Pressenbalkens 8 ermöglicht somit auch die Feststellung der Parallelität der Verstellung des Pressenbalkens 8 in Bezug zum Tischbalken 5 und damit der einander gegenüberliegenden Biegewerkzeuge 21, 22, wie auch die Ermittlung oder Überwachung einer Winkellage, wie sie bei unterschiedlichen Verstellwegen der Antriebsmittel 9, 10 auftritt bzw. zum Ausgleich unterschiedlicher Auffederung der Seitenständer 3, 4 - hervorgerufen bei asymmetrischer Belastung durch exzentrische Position der Biegewerkzeuge 21, 22, und damit verbunden durch unterschiedliche in den Achspositionen 16, 17 einzuleitende Verstellkräfte - gemäß Pfeile 44, 45 - um diese bedarfsgerecht auf diese Verformungen abgestimmt aufzubringen.

**[0028]** Selbstverständlich kann als Wegmessvorrichtung 42 auch eine andere aus dem Stand der Technik bekannte Vorrichtung, z.B. ein Abstandslaser eingesetzt werden.

**[0029]** Zur Ermittlung der Auffederung der Seitenständer 3, 4 sind ebenfalls eine Reihe von Methoden bzw. Vorrichtungen, wie z.B. an den Seitenständern 3, 4 angeordnete Dehnmesssensoren 46, oder in den Seitenwangen 3,4 integriert angeordnete Piezoelemente oder Laserstrahlmesseinrichtungen etc. möglich.

**[0030]** Für die Steuerung und damit den Betrieb der Abkantpresse 1 ist die Erfassung des Belastungszustandes und daraus abgeleitete physikalische Parameter wesentlich. Der Belastungszustand ist unmittelbar aus dem Betriebszustand der Antriebsmitteln 9,10 und somit aus den Messwerten der Erfassungsmitteln 32, z.B. den Drucksensoren 33 oder aber im Falle elektrischer Antriebe durch Strommessmittel ermittelter Antriebsleistungen abzuleiten z.B. nach vorgegebenen Formeln im Rechner 35 zu berechnen oder durch Vergleich mit im Datenspeicher 36 hinterlegter Modelle oder Dateien zu bestimmen.

**[0031]** Wesentlich für den Betrieb der Abkantpresse ist jedenfalls ein Fertigungsverfahren für eine präzise Fertigung der Werkteile bei einem wirtschaftlichen Einsatz der Abkantpresse, d.h. unter anderem unter Betriebsbedingungen, das einen störungsfreien Langzeitbetrieb bei minimierten Zykluszeiten gewährleistet.

**[0032]** Einen wesentlichen Faktor für eine Minimierung der Gesamtzykluszeit eines Umformvorganges bildet eine Entlastungsphase in der kontrolliert eine Entspannung des gesamten Systems durch Druckabbau und Verformungsrückbildung in einem Entlastungshub ausgehend einer unteren Umkehrposition(= unterer Todpunkt) des verstellbaren Pressenbalkens 8 erfolgt hat bevor eine Beaufschlagung der Antriebsmittel 9, 10 für einen Eilrücklauf eingeleitet wird.

**[0033]** In diesem Entlastungshub werden die in Abhängigkeit von der Verstellkraft auftretenden Rückfederkräfte der Platine 25 bzw. Werkteils sowie Rückstellkräfte aus der Auffederung der Seitenwangen 3, 4 sowie der Biegung des Pressenbalkens 8 abgebaut bevor ohne schädliche Auswirkungen für die Antriebsvorrichtung 11 und die belasteten Bauelemente der Abkantpresse 1 auf Eilrückhub umgesteuert wird. Im Falle der beschriebenen Abkantpresse 1 mit der hydraulischen Antriebsvorrichtung 11 wird der exakte Zeitpunkt zur Umsteuerung mittels der den Mediumsdruck in den Hydraulikzylindern 12 kolbenseitig als Parameter erfassenden Drucksensoren 33 automatisch ermittelt.

**[0034]** In der Fig. 2 ist in vereinfachter Darstellung ein hydraulisches Antriebssystem 50 für den Pressenbalken 8 mittels des Hydraulikzylinders 12 gezeigt, wobei sich die Darstellung und Beschreibung auf eine Antriebsseite einer selbstverständlich symmetrisch vorgesehenen Antriebsvorrichtung 11 beschränkt und wobei unabhängig davon selbstverständlich auch je Antriebsseite, bezogen auf eine Mittelebene 27, mehrere der Hydraulikzylinder 12 z.B. vier zum Betrieb des Pressenbalkens 8 vorgesehen sein können.

**[0035]** Im Wesentlichen bilden das hydraulische Antriebssystem 50 bevorzugt ein zentraler Behälter 28 für das Druckmedium sowie das regelbare Pumpenaggregat 29, von dem eine Druckleitung 31 zu dem durch ein Proportional-Regelventil 52 gebildete Steuerventil 30 führt über das der Hydraulikzylinder 12 über Verbindungsleitungen 53, 54 je nach Regelstellung des Proportional-Regelventils 52 in einem Kolbendruckraum 55 oder Stangendruckraum 56 mit dem Medium beaufschlagt wird. Zwischen dem Proportional-Regelventil 52 und dem Behälter 28 verläuft weiters eine Rücklaufleitung 57 für die Rückführung des Mediums aus dem Hydraulikzylinder 12, die entsprechend der Stellung des Proportional-Regelventils 52 entweder mit der Verbindungsleitung 53, die den Kolbendruckraum 55 beaufschlagt, oder mit der Verbindungsleitung 54, die den Stangendruckraum 56 beaufschlagt, strömungsverbunden ist.

**[0036]** Weitere zur Steuerung der Bewegung des Pressenbalkens 8 erforderliche Steuerkomponenten sind beispielsweise ein an die Verbindungsleitung 53 für den Kolbendruckraum 55 angeschlossenes Nachsaugventil 58 mit einer Nachsaugleitung 59 für das Medium aus dem Behälter 28. Weitere Steuerelemente sind ein im Steuerkreis mit der Verbindungsleitung 54 für den Stangendruckraum 56 vorgesehenes Hochhalteventil 60 und ein Gegenhalteventil 61.

**[0037]** In der Verbindungsleitung 53 für die Beaufschlagung des Kolbendruckraumes 55 oder direkt eingangsseitig ist am Hydraulikzylinder 12 der Drucksensor 33 vorgesehen.

**[0038]** Die Bewegungssteuerung des Pressenbalkens 8 erfolgt durch die entsprechende Ansteuerung der aus den vorgenannten Ventilen beschriebenen Steueranordnung 62 über die Steuer- und Regeleinrichtung 34. Die Ventile sind bevorzugt mit elektrischen Antrieben 63 versehen, die über Leitungen 64 mit der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 34 verbunden sind und vielfach eine einseitige Beaufschlagung der Ventile entgegen der in den Ventilen vorgesehenen Federanordnungen 65, die eine Grundstellung bewirken, erfolgt.

**[0039]** Es wird vorsorglich darauf hingewiesen, dass zur Vereinfachung der Darstellung und Beschreibung nur die unmittelbar die Funktion der erfindungsgemäßen Abkantpresse 1 gewährender Komponenten des Antriebssystems 50 dargestellt und beschrieben sind und darüber hinaus eine Reihe von Überwachungs- und Kontrollmittel im Antriebssystem 50 vorgesehen sein können.

**[0040]** Zur Durchführung eines Arbeitshubes - gemäß Pfeil 44 - und eines Rückhubes - gemäß Pfeil 66 - wird nachfolgend ausgeführt.

**[0041]** Der Arbeitshub - gemäß Pfeil 44 - erfolgt zur Minimierung des Arbeitszyklus unter Beachtung der vorgegebenen Sicherheitsrichtlinien mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten für eine Eil-, Annäherungs- und Umformzustellung, wobei die Umsteuerpunkte für die Geschwindigkeitsänderung durch das Steuerprogramm in Abhängigkeit der Bestückung der Abkantpresse 1, entsprechend den verwendeten Biegewerkzeugen und dem am Werkteil vorzunehmenden Umform-

vorgang vorbestimmt und über die Wegemessvorrichtung 42 indiziert werden.

**[0042]** In der Fig. 3 ist in vollen Linien die Eingriffsstellung der Biegewerkzeuge 21, 22 zur Umformung der Platine 25 zur Erzielung eines für den Werkteil 24 vorgegebenen Biegewinkels 67 gezeigt. Bedingt durch ein materialabhängiges Rückfederverhalten der Platine 25 und einer realen Dicke 68 der Platine 25, sowie weiteren Faktoren wie Biegeradius, Werkzeugausbildung etc., ist eine Eintauchtiefe 69 vorzugeben, die gegenüber einer theoretischen Eintauchtiefe 70 zur Erzielung des Biegewinkels 67 größer zu wählen ist.

**[0043]** Weiter bewirkt die beim Arbeitshub - gemäß Pfeil 44 - aufzubringende Verstellkraft - gemäß Pfeil 70 - eine Reaktionskraft 71 auf die Abkantpresse 1 und damit eine Auffederung der Seitenwangen 3, 4 und Biegung des Pressenbalkens 8 - wie dies in unterbrochenen Linien am Pressenbalken 8 gezeigt ist. Dies, sowie die Rückfederung der Platine 24 erfordern eine Korrektur des Verfahrensweges des Pressenbalkens 8, um einen Differenzweg 72 in eine effektive untere Umkehrposition gegenüber einer theoretisch unteren Umkehrposition. Dieser Differenzweg 71 ist gleichzusetzen der von der erforderlichen Umformkraft abhängigen Auffederung der Seitenwangen 3, 4, der Biegung bzw. Verformung des Tischbalkens 5, Pressenbalkens 8, Biegewerkzeuge 21, 22 sowie Auffederung der Platine und ist damit eine Korrektur des Hubes zugrunde zu legen, und ist bevorzugt in einer Belastungs-/Verformungsmatrix im Datenspeicher der Steuer- und/oder Regeleinrichtung hinterlegt und über den Parameter des Druckes des Druckmediums, wie er vom Drucksensor 33 während des Umformvorganges ermittelt wird, der Ansteuerung der Bewegung des Pressenbalkens 8 zugrunde zu legen.

**[0044]** Nach dem Erreichen der für den geforderten Biegewinkel 67 erforderlichen Eintauchtiefe 69 ist zur Minimierung des Arbeitszyklus eine rasche Umsteuerung des Hydraulikzylinders 12 auf einen raschen Rückhub gemäß - Pfeil 66 - anzustreben.

**[0045]** Dazu ist nach dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen, dass nach dem Erreichen der Eintauchtiefe 69, vor der Umsteuerung des Hydraulikzylinders 12 auf Rückhub und Druckbeaufschlagung des Stangendruckraumes 56, eine Entlastungsphase zum Abbau der aus der Rückfederkraft der Platine 25 und den Rückstellkräften aus der Auffederung der Seitenwangen 3, 4 und Rückfederung der Biegung bzw. Verformung der Maschinen- und Werkzeugkomponenten wie bereits oben beschrieben bewirkten Reaktionskraft 72 kontrolliert über Druckbeaufschlagung des Hydraulikzylinders 12, entsprechend einer im Datenspeicher 36 hinterlegten Regelfunktion auf einen vorzugebenden Soll-Wert zu reduzieren um schädliche Laststöße in der Antriebsvorrichtung 11 und den Konstruktionselementen der Abkantpresse 1 bei einer Umsteuerung der Antriebsvorrichtung (11) bzw. Beaufschlagung der Antriebsmittel 9, 10 zu vermeiden.

**[0046]** Die Ansteuerung des Hydraulikzylinders 12 zur Druckbeaufschlagung des Stangendruckraums 56 erfolgt zur Minimierung einer Reaktionszeit nach dem Erreichen des vorgegebenen Soll-Wertes entsprechend einer Regelrampe der Regelfunktion automatisch durch die permanente Erfassung des physikalischen Parameters durch den Drucksensor 33. Ist dieser Soll-Wert erreicht erfolgt die Umsteuerung des Hydraulikzylinders 12 auf Eilrückhub.

**[0047]** Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren ist aber auch ein Regelvorgang möglich der dadurch eingeleitet wird, dass der Druck im Stangendruckraum 56 auf Systemdruck, entspricht dem maximalen Druck des hydraulischen Antriebssystems 50, erhöht wird, um einen möglichst großen Druck im Kolbendruckraum 55 zu erzeugen. Dieser Druck ist notwendig, um eine entsprechend große Druckdifferenz am Proportional-Regelventil 63 zu erhalten und um dadurch eine hohe aber kontrollierte Dekompressionsgeschwindigkeit zu erreichen. Dieser Vorgang dauert so lange an, bis sich im Kolbendruckraum 55 der über das Flächenverhältnis von stangenseitiger Ringkolbenfläche zu Kolbenfläche reduzierte Systemdruck ausgebildet hat. Nun wird mittels des Proportional-Regelventils 63 der Druck im Kolbendruckraum 55 entlang der Regelrampe der Regelfunktion gesenkt. Beendet ist dieser Vorgang, wenn am Drucksensor 33 als Soll-Wert nahezu der Umgebungsdruck, bevorzugt ca. 1 bis 3 bar über Umgebungsdruck anliegt. Damit sind die durch die Verformungen an den Maschinenelementen wie auch am Biegeteil auftretenden Rückstellkräfte über den kontrollierten und geregelten Druckabbau im Kolbendruckraum 55 auf ein Maß reduziert um die Beaufschlagung des Hydraulikzylinders 12 für einen Eilrückhub unter gleichzeitiger Öffnung des Nachsaugventils 58 über die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 34 ohne Auftreten von Stoßbelastungen vorzunehmen.

**[0048]** Die in der Regelfunktion festgelegte Regelrampe kann linear, stufig oder exponentiell verlaufen wobei bevorzugt ein exponentieller Kurvenverlauf der Regelrampe vorgesehen ist.

**[0049]** Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht auch weiter eine Überwachung bzw. Feststellung des Entlastungszustandes durch Bestimmung des belastungsabhängigen Entlastungshubes über den Parameter der für eine Umformung der Platine 25 aufzubringenden Verstellkraft am Antriebsmittel 9, 10. Ausgehend von diesem Parameter wird aus den im Datenspeicher 36 hinterlegten, maschinenbezogenen Verformungsdateien, Balkenmodellen etc., oder aber durch Berechnungen im Rechner 35 nach hinterlegten Gleichungen der Verformungsweg, bestehend aus Auffederung der Seitenwangen 3, 4, Durchbiegung des Pressenbalkens 8 sowie Rückfederweg der Platine 25 bestimmt. Das so ermittelte Ergebnis ist gleich zu setzen dem Entlastungshub zum Abbau der Reaktionskraft und ist mittels der Wegemessvorrichtung 45 kontrollierbar und kann zusätzlich oder als Vergleichswert für die Bestimmung des Schaltpunktes für den Eilrückhub Anwendung finden.

**[0050]** Es wird darauf verwiesen, dass die dargestellte Ausbildung der Abkantpresse nur eine mögliche Ausführung

darstellt und nicht als Beschränkung für die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens aufzufassen ist. Selbstverständlich sind die beschriebenen Verfahren auch bei von der dargestellten Ausbildung abweichenden Ausbildungen erfindungsgemäß anwendbar.

**[0051]** Insbesondere wird darauf verwiesen, dass für die detaillierte Beschreibung ein hydraulisches Antriebssystem für eine Abkantpresse heran gezogen wurde. Es ist jedoch selbstverständlich, dass dieselben belastungsabhängigen Auswirkungen auch bei einer mit anderen Antriebssystemen z.B. elektrische Antriebe, wie elektromotorisch betriebene Exzenter-, Kurbel- oder Spindeltriebe an einer Abkantpresse auftreten und das erfindungsgemäße Verfahren gleichermaßen auch bei diesen Antriebssystemen zur Anwendung gebracht werden kann und damit die Anwendung auch für derartige Lösungen unter den Schutzzumfang des erfindungsgemäßen Verfahrens fällt.

**[0052]** Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus der Abkantpresse diese bzw. deren Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

## Bezugszeichenaufstellung

**[0053]**

|    |                     |    |                               |
|----|---------------------|----|-------------------------------|
| 1  | Abkantpresse        | 36 | Datenspeicher                 |
| 2  | Maschinengestell    | 37 | Schalt- und Kontrollelemente  |
| 3  | Seitenständer       | 38 | Energiequelle                 |
| 4  | Seitenständer       | 39 | Stromnetz                     |
| 5  | Tischbalken         | 40 | Leitung                       |
| 6  | Querverband         | 41 | Leitung                       |
| 7  | Führungsanordnung   | 42 | Wegmessvorrichtung            |
| 8  | Pressenbalken       | 43 | Linearmaßstab                 |
| 9  | Antriebsmittel      | 44 | Pfeil                         |
| 10 | Antriebsmittel      | 45 | Pfeil                         |
| 11 | Antriebsvorrichtung | 46 | Dehnungsmesssensor            |
| 12 | Hydraulikzylinder   | 50 | Antriebssystem                |
| 13 | Hydraulikanlage     |    |                               |
| 14 | Endbereich          | 51 | Druckleitung                  |
| 15 | Kolbenstange        | 52 | Proportional-Regelvorrichtung |
|    |                     | 53 | Verbindungsleitung            |
| 16 | Achspannung         | 54 | Verbindungsleitung            |
| 17 | Achspannung         | 55 | Kolbendruckraum               |
| 18 | Stützfläche         |    |                               |
| 19 | Stützfläche         | 56 | Stangendruckraum              |
| 20 | Werkzeugaufnahme    | 57 | Rücklaufleitung               |
|    |                     | 58 | Nachsaugventil                |
| 21 | Biegewerkzeug       | 59 | Nachsaugleitung               |
| 22 | Biegewerkzeug       | 60 | Hochhalteventil               |
| 23 | Länge               |    |                               |
| 24 | Werkteil            | 61 | Gegenhalteventil              |
| 25 | Platine             | 62 | Steueranordnung               |
|    |                     | 63 | Antrieb                       |
| 26 | Aufstandsfläche     | 64 | Leitung                       |
| 27 | Mittelebene         | 65 | Federanordnung                |
| 28 | Behälter            |    |                               |
| 29 | Pumpenaggregat      | 66 | Pfeil                         |
| 30 | Steuereinheit       | 67 | Biegewinkel                   |
|    |                     | 68 | Dicke                         |
| 31 | Verbindungsleitung  | 69 | Eintauchtiefe                 |

(fortgesetzt)

|   |    |                                   |    |                |
|---|----|-----------------------------------|----|----------------|
|   | 32 | Erfassungsmittel                  | 70 | Eintauchtiefe  |
|   | 33 | Drucksensor                       |    |                |
| 5 | 34 | Steuer- und/oder Regeleinrichtung | 71 | Reaktionskraft |
|   | 35 | Rechner                           | 72 | Differenzweg   |

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Biegepresse, insbesondere Abkantpresse (1), mit einem im Wesentlichen aus Seitenständern (3, 4) und einem Tischbalken (5) bestehenden Maschinengestell (2) und mit einem relativ zum Tischbalken (5) in einer Führungsanordnung (7) an den Seitenständern (3, 4) verstellbar gelagerten Pressenbalken (8) und mit einer Antriebsvorrichtung (11), z.B. hydraulischen Antriebssystem (50), elektromotorischer Spindeltrieb etc. mit zumindest einem Antriebsmittel (9, 10) für den Pressenbalken (8) und mit einer Steuer- und/oder Regeleinrichtung (34) mit einem Rechner (35) und Datenspeicher (36) und mit einer Wegmessvorrichtung (42) für einen Verstellweg des Pressenbalkens (8) zwischen einer oberen und unteren Umkehrposition und mit zumindest einem Erfassungsmittel (32) für die Erfassung zumindest eines physikalischen Parameters zur Bestimmung der am Pressenbalken (8) von der Antriebsvorrichtung (11) bzw. dem Antriebsmittel (9, 10) aufgebrachten Verstellkraft, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine in der unteren Umkehrposition aus dem vom Erfassungsmittel (32) erfassten Parameter ermittelte, durch Rückfederkräfte der Seitenständer (3, 4), Pressenbalken (8) und eines Werkteils bewirkte Reaktionskraft (71) als Ist- Wert erfasst und nach einer im Datenspeicher (36) oder Rechner (35) hinterlegten Regelfunktion auf einen vorgegebenen Soll- Wert reduziert wird wonach das Antriebsmittel (9, 10) für einen Eilrückhub in die obere Umkehrposition mit Energie beaufschlagt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mit dem Erfassungsmittel (32) erfasste physikalische Parameter ein Druck eines Druckmediums ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Parameter der Druck des Mediums in einem Kolbendruckraum (55) eines Hydraulikzylinders (12) erfasst wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regelfunktion eine linear verlaufende Regelrampe ausbildet.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regelfunktion eine exponentiell verlaufende Regelrampe ausbildet.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regelfunktion zur Reduktion der Reaktionskraft bevorzugt vorsieht, dass der Mediumsdruck in einem Stangendruckraum (56) des Hydraulikzylinders (12) auf einen von der Kolbengeschwindigkeit abhängigen Druck erhöht wird bis im Kolbendruckraum (55) ein über ein Flächenverhältnis von Ringkolbenfläche zu Kolbenfläche reduzierter Mediumsdruck erreicht wird wonach der Mediumsdruck im Stangendruckraum (56) auf einen Umlaufdruck reduziert wird und danach der Mediumsdruck im Kolbendruckraum (55) entsprechend der Regelfunktion reduziert wird und danach der Hydraulikzylinder (12) im Kolbendruckraum (55) für einen Eilrückhub in die obere Umkehrposition mit dem Druckmedium beaufschlagt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** gleichzeitig mit der Beaufschlagung des Hydraulikzylinders (12) für den Eilrückhub ein Nachsaugventil (58) der Antriebsvorrichtung (11) zur Erzielung einer hohen Verstellgeschwindigkeit geöffnet wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Rechner (35) der Steuer- und/oder Regeleinrichtung (34) eine permanente Bcwrtung des vom Erfassungsmittel (32) erfassten Parameters erfolgt.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Parameter zur Erfassung der Verstell-bzw. Reaktionskraft durch einen Messwert einer Messeinrichtung für eine Verformungskraft z.B. Zugkraft, Biegekraft etc., am Seitenständer, Pressenbalken etc. bestimmt wird.

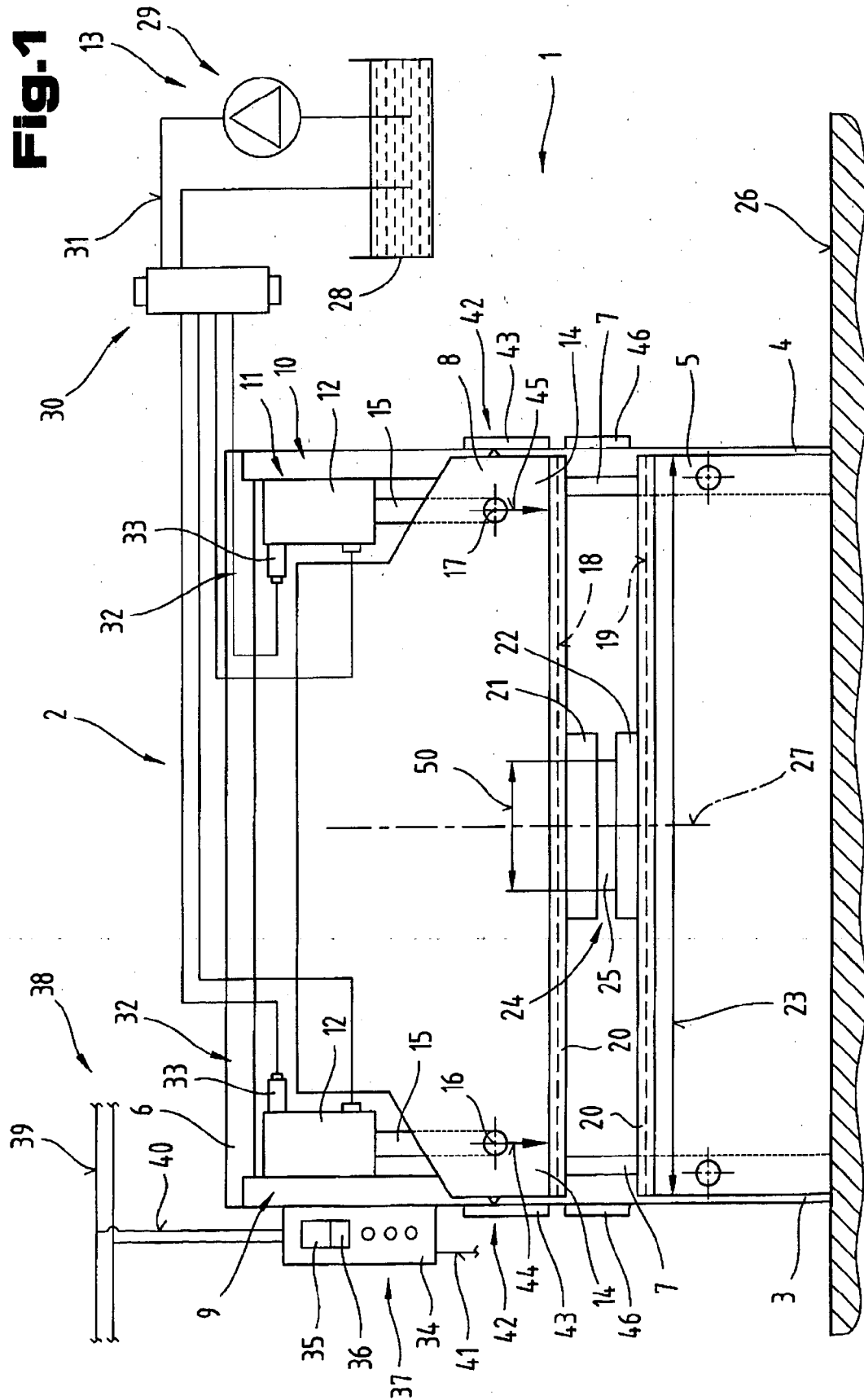
10. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Parameter durch einen Messwert z.B. einer Strom- oder Leistungsaufnahme eines elektrischen Antriebsmittels (9, 10), z.B. Elektromotor eines Exzentertriebes, Kurbeltriebes, Spindeltriebes etc., messenden Messeinrichtung bestimmt wird.
- 5 11. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Parameter durch Erfassung einer Antriebsleistung, z.B. eines von dem Antriebsmittel (9, 10) zur Verstellung des Pressenbalkens (8) aufgebrachten Drehmomentes, bestimmt wird.
- 10 12. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** während eines Arbeitshubes zur Umformung einer Platine (25) in die untere Umkehrposition die zur Verstellung des Pressenbalkens (8) von der Antriebsvorrichtung (11) aufgebrachte Verstellkraft aus einem von dem Erfassungsmittel (32) gemessenen physikalischen Parameter vom Rechner (35) der Steuer- und Regeleinrichtung (34) bestimmt wird, worauf die in Abhängigkeit von der Verstellkraft auftretenden Verformungsdaten der Seitenständer (3, 4) und des Pressenbalkens (8) und ein Rückfederweg der Platine (25) als Differenzweg (72) zwischen einer theoretischen und einer effektiven unteren Umkehrposition des Pressenbalkens (8) bestimmt wird, der als Entlastungshub aus der unteren Umkehrposition in Richtung der oberen Umkehrposition festgelegt wird, der durch Ansteuerung der Antriebsmittel (9, 10) mit Energie, nach der in der Steuer- und/oder Regeleinrichtung (34) oder im Datenspeicher (36) hinterlegten Regelfunktion ausgeführt wird, wonach die Beaufschlagung der Antriebsmittel (9, 10) der Antriebsvorrichtung (11) mit Energie für einen Eilrückhub erfolgt.
- 15 13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Maschinendaten für die Verformungsdaten für eine vorbestimmte Anzahl von Belastungsfällen in einer Belastungs-Verformungsmatrix im Datenspeicher (36) hinterlegt sind.
- 20 14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verformungsdaten des Tischbalkens (5) und/oder des Pressenbalkens (8) aus einem im Datenspeicher (36) hinterlegten Balkenmodell bestimmt werden.
- 25 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rückfederweg der Platine (25) durch Berechnung aus Werkstoff- und umformspezifischen Daten bestimmt wird.
- 30 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rückfederweg der Platine (25) durch im Datenspeicher (36) hinterlegten Modellen bestimmt wird.
- 35 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rückfederweg der Platine (25) durch Testumformung zumindest einer Platine (25) bestimmt wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verformungsdaten der Seitenständer (3, 4) aus einem im Datenspeicher (36) hinterlegten Ständermodell bestimmt werden.
- 40 19. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verformungsdaten für die Auffederung der Seitenständer (3, 4) und/oder für die Durchbiegung des Tischbalkens (5) und/oder des Pressenbalkens (8) in Realzeit durch eine Rechenoperation nach hinterlegten Gleichungen, insbesondere FEM- Gleichungen, vom Rechner (35) aus den von den Erfassungsmitteln (32) für die Verstellkräfte der Antriebsmittel (9,10) ermittelten Messwerten bestimmt werden.
- 45 20. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Entlastungshub von der effektiven in die theoretische Umkehrposition von der Wegmessvorrichtung (42) überwacht wird und bei Erreichen der theoretischen Umkehrposition die Beaufschlagung der Antriebsmittel (9, 10) mit Energie für den Eilrückhub über die Steuer- und Regeleinrichtung (34) erfolgt.
- 50 21. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abbau der Verstellkräfte während des Entlastungshubes über die Regelfunktion nach einer linear verlaufenden Regelrampe geregelt wird.
- 55 22. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abbau der Verstellkräfte während des Entlastungshubes über die Regelfunktion nach einer exponentiell verlaufenden Regelrampe geregelt wird.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abbau der Verstellkräfte

## EP 1 902 792 A2

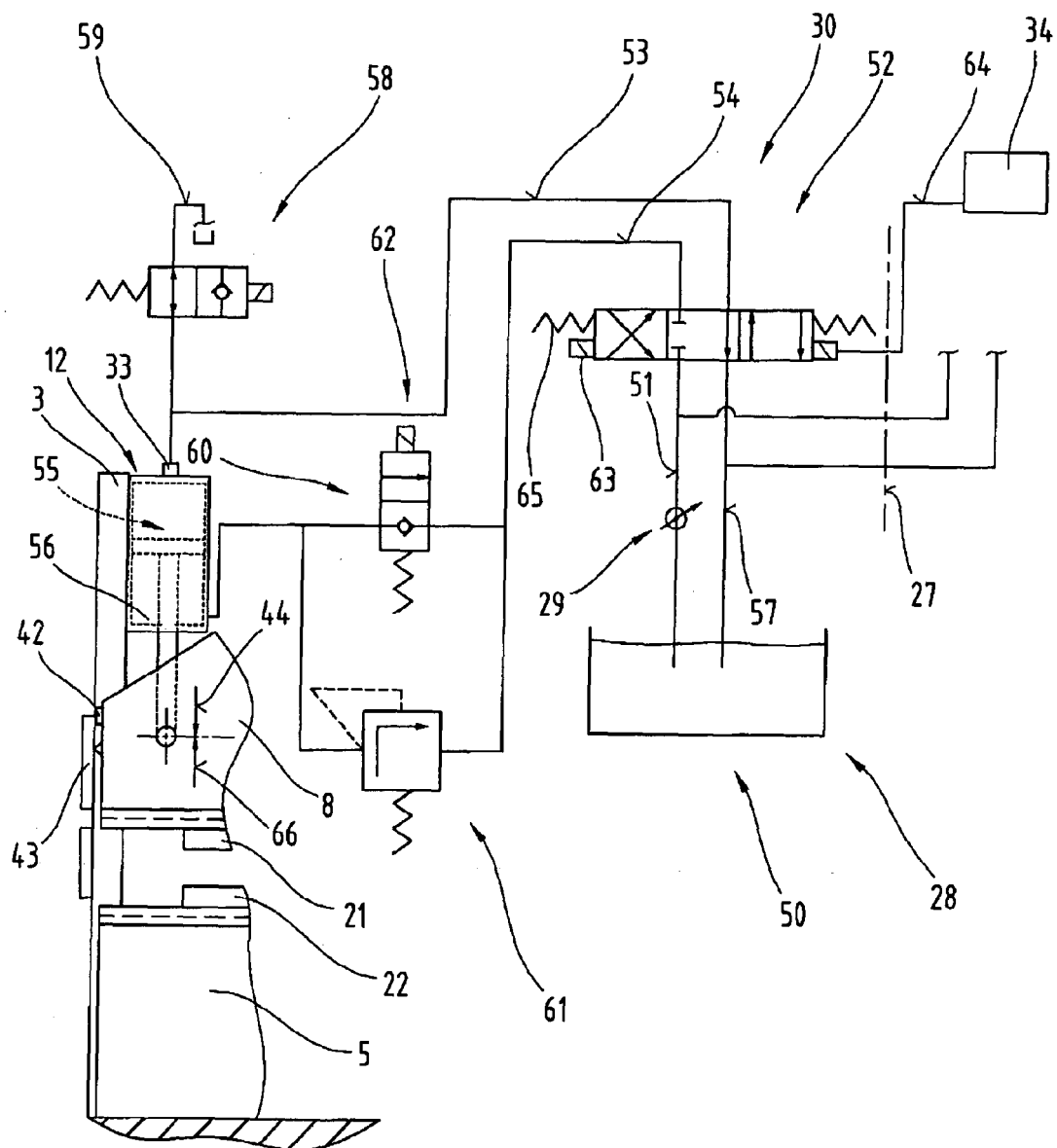
während des Entlastungshubes über das Regelglied (32) nach einer stufig verlaufenden Regelrampe geregelt wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Soll-Wert der Verstellkraft nach dem Entlastungshub etwa 2 % bis 30 % von dem Ist-Wert der Verstellkraft vor dem Entlastungshub beträgt.
25. Verfahren nach Anspruch 1 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erfassung des Ist-Wertes der Reaktionskraft und der Regelvorgang zur Reduzierung des Ist-Wertes auf den vorgegebenen Soll-Wert zyklisch, d.h. je Verfahrensdurchlauf für einen Umformvorgang am Werkteil erfolgt.

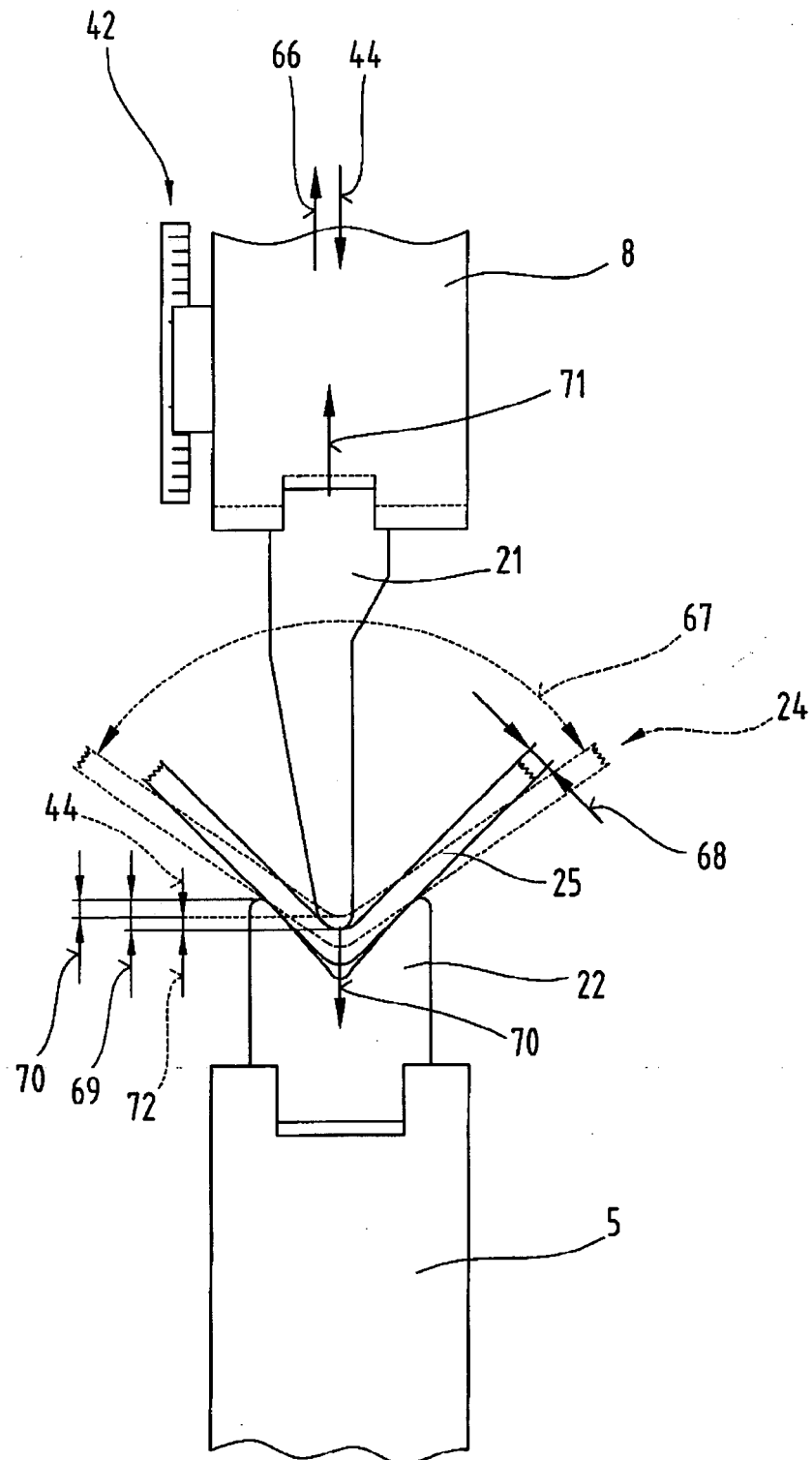
**Fig.1**



**Fig.2**



**Fig.3**



**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**

- WO 0213986 A1 [0002]