



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
12.11.1997 Patentblatt 1997/46

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: B21D 24/10

(21) Anmeldenummer: 97107440.6

(22) Anmeldetag: 06.05.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR IT

(30) Priorität: 06.05.1996 DE 19617965

(71) Anmelder: Müller-Weingarten AG  
88250 Weingarten (DE)

(72) Erfinder:  
• Siegert, Klaus, Prof. Dr.-Ing.  
71063 Sindelfingen (DE)  
• Ziegler, Michael, Dipl.-Ing.  
73087 Bad Boll (DE)

(74) Vertreter: Patentanwälte  
Eisele, Otten & Roth  
Seestr. 42  
88214 Ravensburg (DE)

(54) **Verfahren zur Materialflusssteuerung beim Ziehen von Blechformteilen sowie Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens**

(57) Es wird ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur Materialflußsteuerung beim Ziehen von Blechformteilen (2) vorgeschlagen, wobei ein Regelkreis (21) für eine Ziehvorrichtung (20) derart aufgebaut wird, daß mittels eines Meßelements (25) und mittels Vorgabe einer optimalen Steuerungskurve (32) ein Regelkreis aufgebaut wird der das Meßsignal als Regelgröße und die Niederhaltekraft als Stellgröße derart verwendet, daß der Regelkreis selbständig auf Veränderungen der tribologischen Bedingungen reagiert.

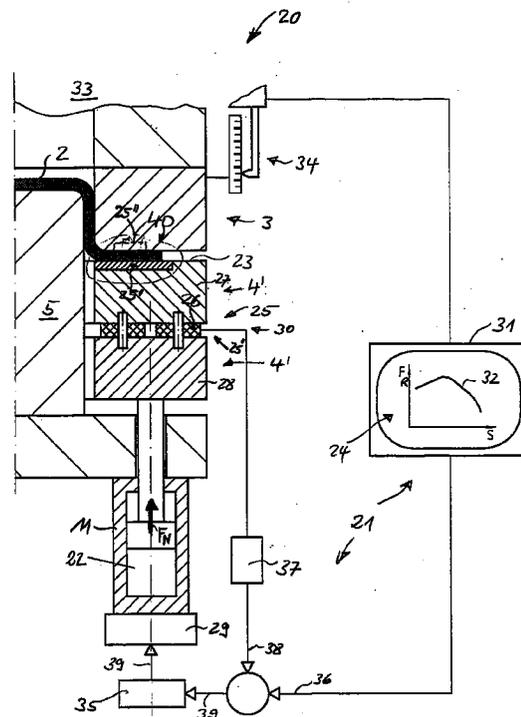


Fig 2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Materialflußsteuerung beim Ziehen von Blechformteilen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach dem Oberbegriff des Anspruchs 10.

### Stand der Technik:

Beim Ziehen von Blechformteilen unterscheidet man zwischen zweifachwirkenden Pressen mit Ziehstößel und Niederhalterstößel und einfachwirkenden Pressen mit Ziehstößel und Zieheinrichtung im Pressentisch. Die Zieheinrichtung kann auch mittels im Ziehwerkzeug angeordnete hydraulische oder pneumatische Zylinder realisiert werden.

Zur Erläuterung des Standes der Technik zeigt Fig. 1a eine zweifachwirkende Presse zum Ziehen regelmäßiger Blechformteile. Dabei zeigt die Presseinrichtung 1 ein Werkstück 2 (Blech), welches zwischen einem Ziehring 3 und einem Niederhalter 4 eingespannt und von einem Ziehstempel 5 beaufschlagt ist. Die Stempelkraft ist mit  $F_S$ , die Niederhalterkraft mit  $F_N$  bezeichnet. Das Werkstück 2 wird am Ziehteilflansch 6 gehalten und über die Ziehkante 7 in der Ziehteil-Wandung 8 (Zarge) umgeformt.

Beim Ziehen von nicht rotationssymmetrischen Blechformteilen kommt der Steuerung des Materialflusses eine große Bedeutung zu. Ist die Niederhalterkraft  $F_N$  zu gering, so kann es im Flanschbereich 6 zu einer Faltenbildung erster Art zwischen Niederhalter 4 und Ziehring 3 kommen (Fig. 1a).

Aber auch dann, wenn die Niederhalterkraft  $F_N$  über der Kraft liegt, die zur Unterdrückung von Falten erster Art erforderlich ist, kann es zu einem zu starken Einlauf von Umformgut über die Ziehkante 7 in die Ziehteilwandung (Zarge) 8 hinein kommen, so daß Unruhen und sogar Falten in der Ziehteilwandung 8 entstehen. Wird jedoch der Materialfluß unter dem Niederhalter 4 so stark behindert, daß zu wenig Umformgut über die Ziehkante 7 in die Ziehteilwandung 8 fließt, dann treten Reißen im Ziehteil 2 auf.

Aus diesem Grund ist man bestrebt, den Materialfluß beim Tiefziehen so zu steuern, daß weder Falten noch Reißen im Ziehteil 2 auftreten.

Der Materialfluß wird neben der Platinenform und den Ziehsicken weiterhin von der zwischen Niederhalter 4 und Blech 2 beziehungsweise zwischen Blech 2 und Ziehring 3 wirkenden Reibung beeinflusst.

Fig. 1b zeigt vom Grundaufbau eine bekannte einfachwirkende Presseneinrichtung 9 als einfachwirkende Presse mit hydraulischer Zieheinrichtung 10 mit Hydraulikzylindern 11 sowie den zu Fig. 1a beschriebenen Ziehring 3, dem Niederhalter 4 und dem Ziehstempel 5. Ein Niederhalter-Kraftsensor ist mit Bezugszeichen 13 angezeigt. Diese Presse kann zum Ziehen unregelmäßiger Blechformteile gleichermaßen verwendet werden.

Stand der Technik sind demzufolge Pressen- und Werkzeugsysteme, die die Niederhalterkraft während des Ziehprozesses verändern können. Hierbei können die hydraulische Zieheinrichtungen 10, bestehend aus einzelnen über nicht näher dargestellte Servoventile ansteuerbaren Hydraulikzylindern 11, die Niederhalterkräfte  $F_N$  direkt über die Kolbenstangen 12 (vgl. Bild 1b) oder indirekt über nicht dargestellte Pinolen in den Niederhalter 4 einleiten (siehe z.B. DE 41 12 656 A1).

Bei diesen Systemen sind verschiedene Möglichkeiten zur Steuerung des Materialflusses bekannt.

### Problemstellung der Erfindung

Oftmals werden vor dem Ziehprozeß festgelegte Niederhalterdruckprofile über dem Ziehweg in einem Regelkreis vorgegeben, der die gewünschte Niederhalterkraft während des Ziehprozesses realisiert. Nachteil dieser Systeme ist, daß die vordefinierten Niederhalterdruckprofile zur Steuerung des Materialflusses von gleichbleibenden Reibungsverhältnissen zwischen Niederhalter 4 und Blech 2 bzw. zwischen Ziehring und Blech ausgehen.

Eine wesentliche Verbesserung stellen Regelkreise dar, die Umformparameter wie den Flanschkanteneinlauf, die Stempelkraft oder die Faltenhöhe des aktuell ablaufenden Ziehprozesses als Regelgröße verwenden.

Diese Größen sind unter anderem direkt abhängig von den Reibungsverhältnissen zwischen Werkstück, Niederhalter, Ziehstempel und Ziehring usw. Kommt es zu einer Veränderung der Reibungsverhältnisse, z. B. durch Veränderung der Blechoberfläche, des Schmiermittels oder der Schmiermittelmenge usw., so kann durch ein automatisches Reagieren des Systems die Niederhalterkraft so angepaßt werden, daß der angestrebte Verlauf der Führungsgröße, die den optimalen Materialfluß und damit den gewünschten Umformprozeß charakterisiert, wieder erreicht wird. Von Nachteil ist bei dieser Vorgehensweise, daß der Flanschkanteneinlauf sensorisch aufwendig zu messen ist und die Meßsignale bei geringem Einzug ein nicht hinreichendes Signal als Führungsgröße liefern. Der Faltenhöhen-sensor ist aus der Literatur bekannt und scheint als Führungsgröße für den Aufbau von Regelkreisen zur Unterdrückung von Falten 1. Art, also Falten im Flansch des Ziehteils, gut geeignet zu sein.

Die Stempelkraft  $F_S$  beinhaltet zwar die Kräfte der Reibung zwischen Blech 2 und Niederhalter 4 und der Reibung zwischen Ziehring 3 und Niederhalter 4. Sie beinhaltet jedoch auch alle anderen Reibungskräfte sowie die Umformkräfte, so daß sie als Führungsgröße für die Steuerung des Materialflusses nur bedingt geeignet ist. Die hiermit erreichten Erfahrungen bestätigen die Kritik an der Verwendung dieser Größen als Führungsgrößen zur Materialflußsteuerung.

In den letzten Jahren wurden demzufolge verschiedene Systeme mit Regelungen der Stempelkraft, der Faltenhöhe und des Flanschkanteneinlaufs der Platine

in verschiedenen Patenten und Veröffentlichungen erwähnt. So wird beispielsweise im Patent DE 43 38 828 C2 der Mercedes-Benz AG ein System zur Regelung des Kanteneinlaufs vorgestellt, das auch eine Erweiterung auf eine Stempelkraftregelung vorsieht. Eine ähnliche Anordnung ist in der DE 42 42 442 A1 der gleichen Anmelderin gezeigt.

#### Aufgabe der Erfindung:

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die bekannten Ziehverfahren und Ziehpressen zu verbessern und insbesondere ein genaueres Erfassen der Ziehparameter und der zugehörigen Prozeßabläufe zu ermöglichen. Dabei soll insbesondere die Reibungskraft zwischen Blech und Niederhalter bzw. Blech und Ziehring als Regelgröße berücksichtigt werden.

Die Erfindung wird im nachfolgenden Ausführungsbeispiel anhand der Figurendarstellung näher erläutert:

Die Figuren 1a, 1b zeigen den bekannten Stand der Technik;

Die Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Zieheinrichtung mit Regelungseinrichtung, wobei - soweit möglich - gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen wie zu Fig. 1a, 1b bezeichnet sind.

#### Beschreibung der vorliegenden Erfindung

Bei dem neuen erfindungsgemäßen Verfahren sowie der zugehörigen Einrichtung 20 werden zur Materialflußsteuerung ein Regelkreis 21 verwendet, der es unter Verwendung der Niederhalterkraft  $F_N$  als Stellgröße 22 der Niederhalterkraft  $F_N$  erlaubt, die an der Oberfläche 23 des Niederhalters und/oder des Zieh- rings 3 wirkende Reibung nach einer vorgegebenen Führungsgröße 24 (Reibungskraft  $F_R$  über dem Zieh- weg  $s$ ) zu regeln (Fig. 2). Daher erfolgt die Messung der Reibungskraft  $F_R$  über einen Reibungskraftsensor 25, 25', 25'', der vorzugsweise als Drei-Komponenten-Piezokraftmeßelement 26 ausgebildet ist, d.h. auf einem piezoelektrischen Effekt basiert. Derartige Sensoren 25', 25'' können insbesondere auch an vorgegebenen Stellen des Niederhalters 4 und/oder auch des Zieh- rings 3 eingebaut werden (siehe gestrichelt eingezeichnet in Fig. 2).

Der in Fig. 2 gezeigte Regelkreis reagiert automatisch auf die Veränderungen im tribologischen System 40, d.h. er regelt automatisch die Veränderungen der mit dem Reibkraftsensor 25 gemessenen Reibkraft, die beispielsweise durch Änderungen der Schmiermittelmenge und Schmierstoffart, der Blechoberfläche usw. verursacht werden. Zum Aufbau des Systems wird eine Pressen- oder Werkzeugeinrichtung 20 benötigt, die eine Veränderung der Niederhalterkraft 30 während des Ziehvorgangs erlaubt. Dieses ist bei Einsatz hydraulischer Ziehkissen im Tisch einfachwirkender Pressen, wie sie prinzipiell auch Fig. 1b zeigt, möglich. Hierfür werden bestimmte Bereiche eines vorzugsweise seg-

mentierten Niederhalters 4 mit oberem Segment 27 und unterem Segment 28 über jeweils einen eigenen, in der Presse 20 oder auch ggf. im Werkzeug angeordneten Hydraulikzylinder 11 beaufschlagt, wobei jeder Zylinder 11 über ein eigenes Servoventil 29 angesteuert werden kann. Das Servoventil 29 regelt dabei den Ölfluß und bestimmt somit den im Zylinder 11 wirkenden Druck und damit die am Segment 27 herrschende Niederhalterkraft 30. Diese kann sowohl über eine Druckmessung im Zylinder 11 oder über einen im Kraftfluß angeordneten Niederhalterkraftsensor 25, 26 ermittelt werden.

Das Segment stützt sich demzufolge über Drei-KomponentenPiezokraftmeßelemente 26 ab. Diese erlauben die Messung einer Reibungskraft 25' und der auf das Segment 27 wirkenden Niederhalterkraft 30. Gegebenenfalls ist auch lediglich ein Reibungskraftsensor in den Niederhalter des Ziehwerkzeuges einbringbar. Eine Segmentierung des Niederhalters kann ggf. bei entsprechend "weicher" elastischer Ausführung entfallen.

Kennt man aus einer experimentellen oder theoretischen Analyse den Verlauf der Reibungskraft  $F_R$  über dem Stößelweg  $s$  für den gewünschten optimalen Materialfluß, so ist es mit Hilfe der Regelungstechnik und der Verwendung der Niederhalterkraft als Stellgröße möglich, auch bei einer Veränderung der Eingangsbedingungen stets den gleichen optimalen Reibungskraftverlauf zu erreichen.

Gegebenenfalls kann der Reibungskraftsensor in Eckenbereichen, in denen Falten zu unterdrücken sind, mit einem aus der Literatur bekannten Faltenhöhsensor gekoppelt werden, so daß stets gewährleistet ist, daß die Niederhalterkraft mindestens so groß ist, daß Falten im Flansch mit Sicherheit vermieden werden.

Innerhalb des Regelkreises wird als Steuerungseinheit ein Rechner 31 mit Analog/Digital-Schnittstelle verwendet. In diesem Rechner kann der gewünschte Kurvenverlauf 32 der Reibungskraft über dem Stößelweg als Führungsgröße 24 abgelegt werden. Zu jeder Position des Stößels 33, die von einem Wegmeßelement 34 gemessen wird, kann aus dieser Steuereinheit 31 der zugeordnete Wert der Reibungskraft ausgelesen werden. Dieser wird dem Regler 35 als Sollwert 36 vorgegeben. Mit Hilfe des Reibkraftsensors 25 und des nachgeschalteten Verstärkers 37 kann der zugehörige Istwert der Reibungskraft an den zweiten Eingang des Reglers 35 gegeben werden. Stellt der Regler eine Differenz zwischen Sollwert 36 und Istwert 38 fest, generiert er ein Stellsignal 39, das einem Stellglied (Servoventil 29) des Hydraulikkreislaufes des Segmentes zugeführt wird. Das Signal beeinflusst das Stellelement derart, daß sich der Istwert der Reibungskraft so ändert, daß die Differenz zwischen Istwert 38 und Sollwert 36 minimiert wird.

Dadurch ist es möglich, Reibungskraftverläufe 32, die den gewünschten Umformprozeß unabhängig von den momentanen Reibungsverhältnissen charakterisieren, als Führungsgröße vorzugeben.

Der erfindungsgemäße Regelkreis reagiert demzufolge selbständig auf Veränderungen der Reibung zwischen Niederhalter und Blech sowie zwischen Ziehring und Blech, hervorgerufen durch Veränderungen der Schmierstoffart oder -menge auf dem Blech, Veränderungen der Blechoberfläche und durch Werkzeugverschleiß oder dergleichen (tribologische Eigenschaften).

#### Bezugszeichenliste:

|    |                              |
|----|------------------------------|
| 1  | Presseneinrichtung           |
| 2  | Werkstück                    |
| 3  | Ziehring                     |
| 4  | Niederhalter                 |
| 5  | Ziehstempel                  |
| 6  | Ziehteiflansch               |
| 7  | Ziehkante                    |
| 8  | Ziehteilwandung (Zarge)      |
| 9  | Presseneinrichtung           |
| 10 | hydraulische Zieheinrichtung |
| 11 | Hydraulikzylinder            |
| 12 | Kolbenstange                 |
| 13 | Niederhalter-Kraftsensor     |
| 20 | erfindungsgemäße Einrichtung |
| 21 | Regelkreis                   |
| 22 | Stellgröße/Niederhalterkraft |
| 23 | Oberfläche                   |
| 24 | Führungsgröße                |
| 25 | Reibungskraftsensor          |
| 26 | Piezokraftmeßelement         |
| 27 | oberes Segment               |
| 28 | unteres Segment              |
| 29 | Servoventil                  |
| 30 | Niederhalterkraft            |
| 31 | Rechner                      |
| 32 | gewünschter Kurvenverlauf    |
| 33 | Stößel                       |
| 34 | Wegmeßelement                |
| 35 | Regler                       |
| 36 | Sollwert                     |
| 37 | Verstärker                   |
| 38 | Istwert                      |
| 39 | Stellsignal                  |
| 40 | tribologisches System        |

Stempelkraft  $F_S$

Niederhalterkraft  $F_N$

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Materialflußsteuerung beim Ziehen von Werkstücken wie Blechformteilen oder dergleichen, wobei ein Regelkreis unter Einbeziehung einer vorzugsweise hydraulischen Zieheinrichtung derart aufgebaut wird, daß über einen im Niederhalter (4) und/oder im Ziehring (3) des Werkzeuges angeordneten Reibungskraftsensor (25) die Reibungskraft zwischen Werkstück (2) und Niederhalter (4) und/oder die Reibungskraft zwischen

Ziehring (3) und Werkstück (2) gemessen wird und diese in einem Regelkreis (21) als Regelgröße einem vorgegebenen experimentell oder theoretisch ermittelten Reibungskraft-Ziehstempelverlauf (32) folgt, wobei die Niederhalterkraft ( $F_N$ ) als Stellgröße fungiert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Niederhalterkraft über vorzugsweise servoventilgesteuerte Hydraulikzylinder (11) oder indirekt mittels mechanischen Mitteln wie Pinolen, höhenverstellbare Bolzen oder dergleichen aufgebracht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Regelkreis selbständig auf Veränderungen der Reibung zwischen Niederhalter und Blech und/oder zwischen Ziehring und Blech im Sinne einer Prozeßoptimierung reagiert.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Ziehwerkzeug gesteuerte hydraulische und/oder pneumatische Zylinder oder Aktoren angeordnet sind, wobei insbesondere die Funktionen der Zieheinrichtung in das Werkzeug integriert sind und wobei der Regelkreis zur Regelung der Niederhalterkraft unter Verwendung der Reibungskraft als Regelgröße dient.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein im Ziehwerkzeug angeordneter Faltenhöhsensensor in den Regelkreis derart einbezogen wird, daß stets sichergestellt wird, daß Falten im Flansch des Ziehzeugs eine vorgegebene maximale Faltenhöhe nicht überschreiten.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Regelkreis für eine Zieheinrichtung derart aufgebaut wird, daß mittels eines Meßelementes, insbesondere eines Reibkraftsensors und mittels Vorgabe einer optimalen Steuerungskurve, insbesondere Reibungskraftkurve über dem Ziehweg ein Regelkreis aufgebaut wird, der das Meßsignal und insbesondere die Reibungskraft als Regelgröße und die Niederhalterkraft als Stellgröße verwendet, derart, daß der Regelkreis selbständig auf Veränderungen der tribologischen Bedingungen reagiert.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein segmentierter Niederhalter derart verwendet wird, daß jedes Segment des Niederhalters von einem zugehörigen Regelkreis, der die Niederhalterkraft des Segments als Stellgröße verwendet, hinsichtlich der Reibungskraft regelbar ist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein einteiliger Niederhalter verwendet wird, der so elastisch ausgeführt wird, daß er quasi segmentweise hinsichtlich der Regelung der Reibungskraft nach einem vorgegebenen Reibkraftverlauf regelbar ist. 5
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Reibkraftsensoren im Niederhalter oder Ziehring angeordnet sind und hierüber die Regelung der Reibungskraft eines bestimmten Bereiches entsprechend einem vorgegebenen Kurvenverlauf der Reibungskraft über dem Ziehweg mit der Niederhalterkraft als Stellgröße erfolgt. 10  
15
10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche und insbesondere zur Materialflußsteuerung beim Ziehen von Blechteilen, mit einem Regelkreis für eine Zieheinrichtung, der ein Meßelement z. B. Reibkraftsensor sowie eine vorgegebene optimale Reibungskraftkurve über dem Ziehweg umfaßt, wobei die Reibungskraft als Regelgröße und die Niederhalterpressung als Stellgröße derart verwendbar sind, daß der Regelkreis selbständig auf Veränderungen der tribologischen Bedingungen durch Verändern der Niederhalterkraft reagiert. 20  
25
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Niederhalter segmentiert ausgebildet ist, derart, daß jedes Segment von einem eigenen zugehörigen Regelkreis, der die Niederhalterkraft des Segments als Stellgröße verwendet, hinsichtlich der Reibungskraft regelbar ist. 30  
35
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Niederhalter einteilig ausgebildet und so elastisch ausgeführt ist, daß er quasi segmentweise hinsichtlich der Regelung der Reibungskraft nach einem vorgegebenen Reibkraftverlauf regelbar ist. 40
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß Reibkraftsensoren im Niederhalter oder im Ziehring angeordnet sind und hierüber die Regelung der Reibungskraft eines bestimmten Bereiches entsprechend einem vorgegebenen Kurvenverlauf der Reibungskraft über dem Ziehweg mit der Niederhalterkraft als Stellgröße erfolgt. 45  
50

55

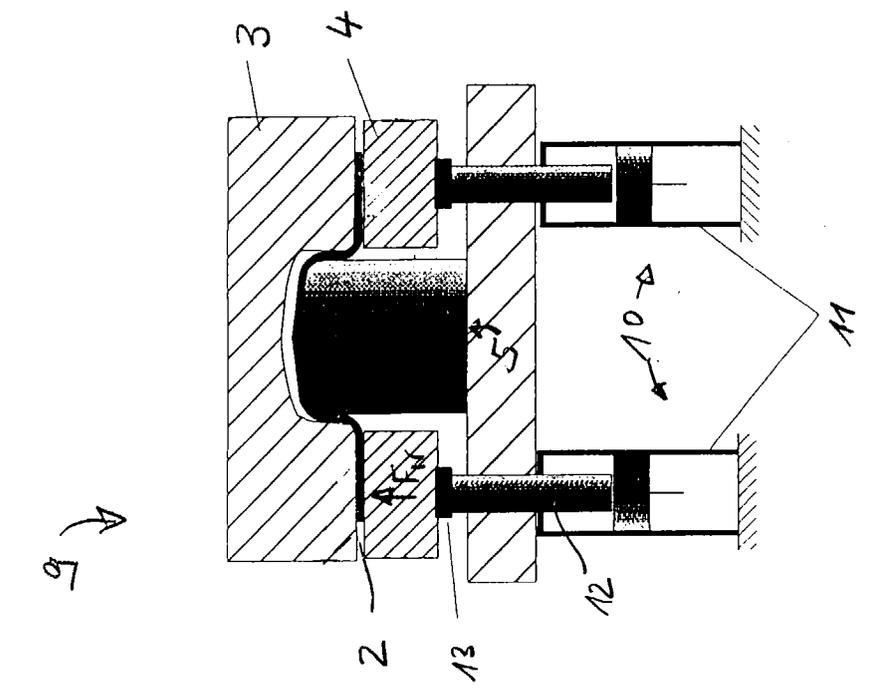


Fig 10a

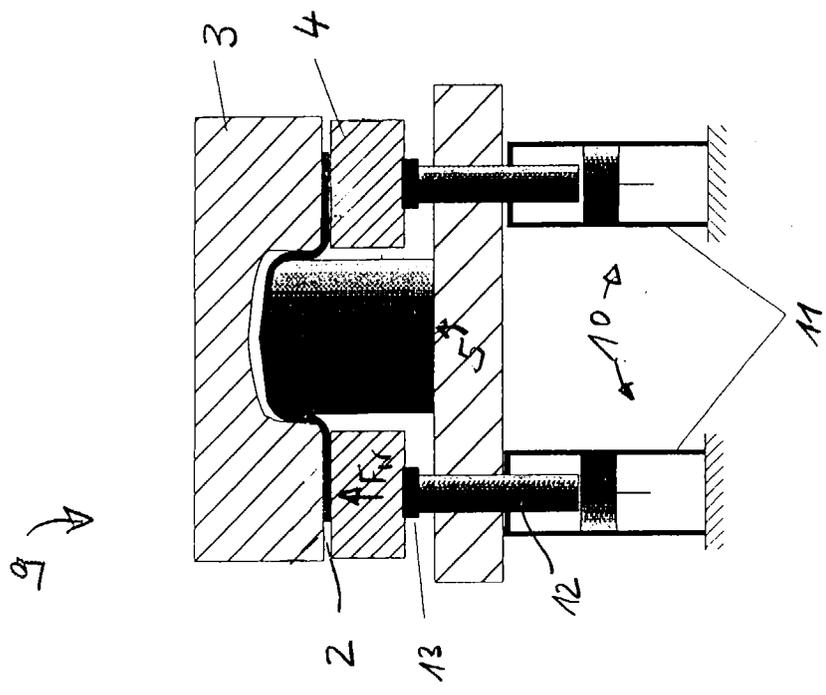


Fig 10b

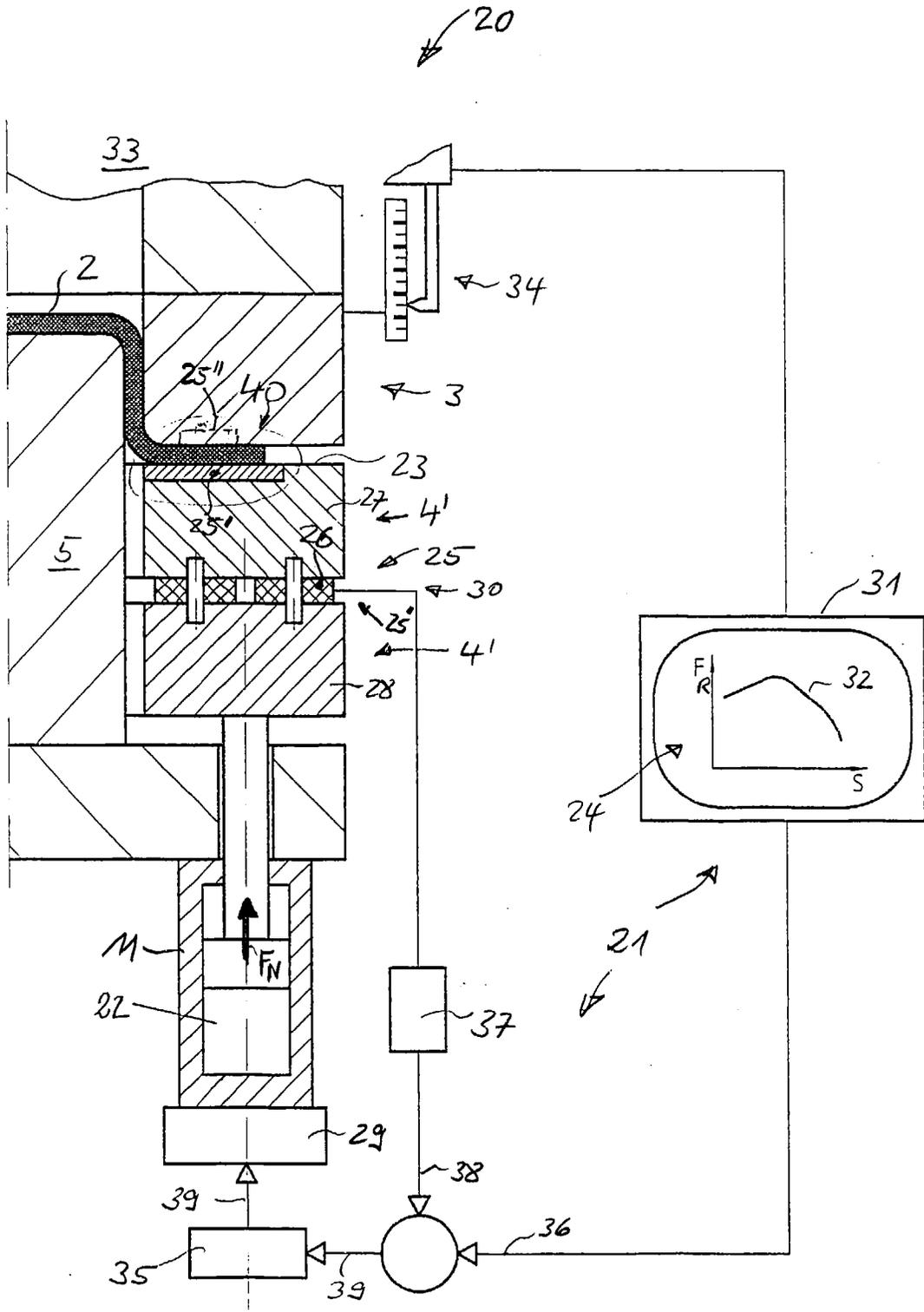


Fig 2