(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 590 262 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
17.04.1996 Patentblatt 1996/16

(51) Int. Cl.[6]: **B21D 26/08**, B21D 22/20

(21) Anmeldenummer: **93111956.4**

(22) Anmeldetag: **27.07.1993**

(54) Explosionsunterstütztes hydromechanisches Tiefziehen

Explosion assisted hydromechanical deep drawing

Emboutissage profond hydromécanique assisté par explosion

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR IT

(30) Priorität: **01.10.1992 DE 4232913**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.04.1994 Patentblatt 1994/14

(73) Patentinhaber: **MERCEDES-BENZ AG**
D-70327 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder: **Thoms, Volker, Dr.**
D-75365 Calw (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 1 777 208
DE-A- 3 220 506
DE-A- 3 709 181
US-A- 3 742 746

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).

EP 0 590 262 B1

Beschreibung

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum hydromechanischen Tiefziehen von Blech in eine durch nur einen der beiden Werkzeugteile, vorzugsweise den Stempel vorgegebene Form mittels einer Presse, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs, wie es beispielsweise durch die DE-OS 37 09 181 als bekannt hervorgeht.

Der Vorteil des hydromechanischen Tiefziehens liegt darin, daß ein Teil des Ziehwerkzeuges, vorzugsweise die Matrize relativ einfach gestaltet ist und nur bezüglich seiner Anlagefläche an den gegenüberliegende Werkzeugteil angepaßt zu sein braucht, was die Werkzeugkosten erheblich verbilligt. Jedoch müssen beim hydromechanischen Tiefziehen zumindest gegen Ende des Formvorganges sehr hohe, im Bereich von 600 bis 1000 bar liegende Drücke wirken, um das Blech formgetreu in die Gravur des Stempels einpressen zu können. Nachdem diese hohen Drücke über die gesamte Fläche des Werkstückes wirksam sind, resultieren daraus sehr hohe Kräfte, die wesentlich höher sind, als die beim rein mechanischen Tiefziehen zwischen formgebendem Stempel und Matrize auftretenden Pressenbelastungen, weil dort die Belastung im wesentlichen lediglich durch den Materialquerschnitt im Ziehbereich und die Fließspannung des Werkstoffes bestimmt ist. Sollen beispielsweise Karosserieteile mit einer Flächenerstreckung von etwa einem Quadratmeter hydromechanisch tiefgezogen werden, so treten je nach erforderlichem Ausformdruck Kräfte in der Größe von 0,6 bis 1 Giganewton auf. Abgesehen von den dazu erforderlichen schweren, voluminösen und dementsprechend teuren Pressenkonstruktionen treten unter diesen Belastungen unvermeidlicherweise Verformungen der Presse auf, die in ihrer Größe nicht mehr tolerierbar sind, um einwandfreie Ziehergebnisse und vertretbare Werkzeugstandzeiten erzielen zu können. Darüber hinaus ist auch zu berücksichtigen, daß das gesamte, vom fertig gezogenen Blech eingenommene Volumen unter Druck mit Flüssigkeit aufgefüllt werden muß, was relativ lange dauert, weil dazu in der Druckhöhe zwar leistungsstarke, aber im Förderstrom nur schwache Druckpumpen verwendet werden. Preßzeiten von zwei Minuten können ohne weiteres vorkommen, die im Vergleich zu den mit herkömmlichen Karosserie-Pressen erzielbaren Zykluszeiten von vier bis sechs Sekunden viel zu lang sind. Nachteilig beim hydromechanischen Tiefziehen von größeren Blechteilen in Pressen ist also, daß die Pressen unverhältnismäßig teuer und trotzdem noch zu wenig steif sind und daß das Verfahren zu wenig produktiv ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, das gattungsgemäß zugrundegelegte Verfahren zum hydromechanischen Tiefziehen von Blech mittels einer Presse dahingehend zu verbessern, daß das Verfahren in der Produktivität erheblich gesteigert und diesbezüglich dem rein mechanischen Tiefziehen angenähert wird und daß zugleich die Presse von den hohen Kräften entlastet wird und somit bei vertretbarer Steifigkeit wesentlich kostengünstiger herstellbar ist.

Diese Aufgabe wird bei Zugrundelegung des gattungsgemäßen Verfahrens erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs gelöst. Das erfindungsgemäße Verfahren stellt nicht nur eine Vereinigung des bekannten hydromechanischen Tiefziehens mit dem für sich bekannten Explosionsumformen dar, wodurch kurze Zykluszeiten und somit eine hohe Produktivität erreicht wird. Als weiterer Erfindungsschritt kommt die Trägheitsverriegelung des Stempels und der Werkzeugkammer durch eine entsprechend großzügige Massenbelegung hinzu, wodurch die hohen, jedoch nur kurzzeitig wirkenden Umformkräfte auf diese Teile beschränkt bleiben und von der Pressenkonstruktion ferngehalten werden.

Die Erfindung ist anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispieles nachfolgend noch erläutert; dabei zeigt die einzige Figur eine Presse zum hydromechanischen Tiefziehen von Blechen mit starker Massebelegung der am Ziehvorgang beteiligten Werkzeugteile und mit der Möglichkeit zur Einspeisung einer gasförmigen Treibladung.

Die dargestellte Presse 1 ist bezüglich ihres statischen Teiles im wesentlichen durch einen Preßrahmen 2 gebildet, der seitliche Pressenständer, oben ein Pressenhaupt und unten einen Pressenfuß enthält. Für die Darstellung ist das Beispiel einer doppeltwirkenden Presse gewählt, wenngleich dieses nicht für die vorliegende Erfindung Voraussetzung ist; vielmehr läßt sich diese auch an anderen Pressentypen realisieren. Auf dem Pressenfuß ist als unterer Teil des Werkzeuges eine Matrize 6 mit großer Masse angeordnet. Auf diese Massenbelegung sei weiter unten noch näher eingegangen. Zur Formgebung wird beim dargestellten Ausführungsbeispiel - wie beim konventionellen Tiefziehen - ein in Bewegungsrichtung 24 hubbeweglich antreibbarer Stempel 7 benötigt. Durch den Stempel 7 ist die Form, mit welcher das in die Presse 1 eingebrachte Blech 8 tiefgezogen werden soll, vorgegeben. Die gegenüberliegend zum Stempel angeordnete Matrize 6 ist in Form einer offenen Werkzeugkammer 9 ausgebildet, die mit ihrer oberen stirnseitigen Anlagefläche flüssigkeits- und gasdicht an das eingelegte Blech 8 anlegbar ist. In die mit dem Blech 8 in Berührung gelangende Anlagefläche der Matrize 6 sind dementsprechend Dichtungen eingelassen. Das in die Presse eingebrachte Blech 8 ist an seinem Außenrand zwischen dieser Anlagefläche einerseits und einer entsprechend geformten Gegen-Anlagefläche eines Niederhalter-Rahmens 5 an der Stirnseite des Niederhalter-Bärs 4 andererseits einklemmbar. Der Niederhalterbär 4 ist ebenfalls mit einer sehr großen Masse belegt, worauf weiter unten noch näher eingegangen werden soll. Der Niederhalterrahmen 5 ist auswechselbar mit dem Niederhalterbär verschraubt. Bei Ausführung eines Pressenhubes wird der Niederhalterbär mit dem Niederhalterrahmen auf das eingelegte Blech abgesenkt und dort flüssigkeitsdicht und mit anhaltender Kraft angedrückt. Innerhalb des Niederhal-

terbärs ist der gesondert antreibbarer Stößelbär 3 mit dem bereits erwähnten Stempel 7 angebracht, der innerhalb des Niederhalterbäres 4 nach Art des Stößels einer doppeltwirkenden Tiefziehpresse auf- und abbeweglich ist.

Um mit einer solchen Presse einen hydromechanischen Tiefziehvorgang ausüben zu können, muß - nach dem Einlegen des Bleches 8 in die Presse bzw. auf die Matrize 6 - der Niederhalterrahmen 5 durch Absenken des Niederhalterbäres 4 dichtend zur Anlage gebracht werden. Die zunächst weitestgehend mit Flüssigkeit gefüllte Werkzeugkammer 9 muß ein gewisses Restvolumen von Stauerstoff oder Luft enthalten. Zu diesem Zweck ist eine durch ein Steuergerät 20 ansteuerbare Füll- und Entleerungspumpe 19 an die Werkzeugkammer 9 über eine Füll- und Entleerungsleitung 25 angeschlossen; das Steuergerät für die Pumpe 19 erhält seitens des Winkelgebers 11 ein zeitlich abgstimmtes Triggersignal für die Füll- bzw. Entleerungsvorgänge. Vor und während des Niedergehens des Stempels 7 wird in der Werkzeugkammer 9 ein ansteigender Druck in der Flüssigkeit und im Gas entsprechend der Stößelbewegung und der Stößelkraft erzeugt. Seitens eines Steuergerätes 18, welches von einem Winkelgeber 11 ein zeitlich abgestimmtes Triggersignal erhält, wird das Ventil 16 zum Einspeisen einer gasförmigen Treibladung in die Werkzeugkammer zu einem geeigneten Zeitpunkt innerhalb des Preßzyklus' eingeschaltet. Die Möglichkeit zum Einspeisen der Treibladung in die Werkzeugkammer 9 während des Befüllvorganges ist durch eine in die Werkzeugkammer einmündende Gaszufuhrleitung 17 mit Rückschlagventil 21 und durch das steuerbare Gaszufuhrventil 16 geschaffen. Die gasförmige Treibladung kann aus der Gasflasche 14 und - sofern und/oder soweit notwendig - aus der Sauerstoffflasche 15 zugeführt werden, in denen die erwähnten Gase in hochgespannter Form bevorratet sind, so daß sie ohne Druckanhebung in die anfänglich noch unter relativ niedrigem Druck stehende Werkzeugkammer 9 eingespeist werden können.

Sowohl die Flüssigkeitsbefüllung als auch die Einspeisung der gasförmigen Treibladung sollten weitgehend abgeschlossen sein, bevor der Stößelbär 3 etwa den Umkehrpunkt seines Hubes erreicht hat. Dadurch wird erreicht, daß die Befüllung der Werkzeugkammer mit Gas bzw. mit Flüssigkeit bei relativ niedrigem Druck aber mit hoher Geschwindigkeit vorgenommen werden kann. Es kann durchaus sein, daß während der Befüllung, die selbstverständlich mit ansteigendem Druck erfolgt, das Blech sich dem niedergehenden Stempel entgegen- und - soweit das Blech den Stempel berührt - in seine Gravur hineinwölbt.

Nach Abschluß der flüssigkeitsseitigen und der gasseitigen Befüllung der Werkzeugkammer 9 erfolgt ein weiterer Druckaufbau darin aufgrund des niedergehenden Stempels 7, der die in der Werkzeugkammer 9 eingeschlossenen Medien unter gleichzeitiger Kompression des eingeschlossenen Gases vor sich herschiebt, wobei das Blech 8 durch den Druck zunehmend in die Gravur des Stempels hineingewölbt wird und wobei das randseitig eingeklemmte Blech aus dieser Randeinklemmung herausgleitet. Mit zunehmendem Verformungsgrad und Vollendung der Blechausformung nimmt der Druck in der eingegebenen Flüssigkeit bzw. in dem eingegebenen Gas mehr und mehr zu. Kurz vor Erreichen des unteren Umkehrpunktes des Stempels 7 wird mittels der am oberen Bereich des Stößelkolbens eingelassenen Zündeinrichtung 12 die eingebrachte, komprimierte gasförmige Treibladung gezündet. Zu diesem Zweck ist ein Steuergerät 13 für die Zündeinrichtung vorgesehen, die ebenfalls von dem Winkelgeber 11 ein zeitlich abgestimmtes Zündsignal erhält. Mit Rücksicht auf die Tatsache, daß sich die gasförmige Treibladung stets an der höchsten Stelle der weitgehend mit Flüssigkeit gefüllten Zündkammer hält, muß auch dort oben die Zündeinrichtung 12 angebracht sein. Es kann sich dabei bspw. um eine elektrische Zündeinrichtung nach Art einer Zündkerze handeln, wie sie aus der Technik der Verbrennungsmotoren bekannt ist. Durch einen kurzen Stromstoß bei hoher Spannung kann ein leistungsfähiger Zündfunke an den Elektroden der Zündkerze ausgelöst werden, der die Treibladung zur Entzündung bringt und einen explosionsartigen Druckaufbau in der ohnehin bereits unter einem relativ hohen Druck stehenden Werkzeugkammer hervorruft. Dank der Vorkompression der Treibladung kommt es zu einem sehr raschen Druckanstieg auf einen hohen Spitzenwert; diese leistungsstarke Druckspitze bewerkstelligt die Endausformung des Bleches in die Gravur des Stempels. Dank der in die Gaszufuhrleitung 17 und in die Füll- und Entleerungsleitung 25 für die Flüssigkeit angeordneten Rückschlagventile 21 bzw. 22 wird ein Abströmen der eingebrachten Medien verhindert. Aufgrund einer Entlüftungsbohrung 23 am Stempel wird auch ein widerstandsfreies Abströmen der zwischen Blech und Gravur des Stempels eingeschlossenen Luft sichergestellt, so daß die Gravur sauber und formgetreu durch das Blech ausgeformt werden kann.

Zwar kommt es aufgrund einer Abkühlung der verbrannten Treibgase zu einem relativ raschen Druckabfall, der jedoch durchaus erwünscht ist, um die Pressenkonstruktion von hohen Kräften zu entlasten. Die hohen Druckspitzen der explodierenden Treibladung und die damit ausgelösten hohen, auf die Wandungen der Werkzeugkammer 9 bzw. des Stempels 7 ausgeübten Kräfte werden durch eine Trägheitsverriegelung dieser Teile von der Pressenkonstruktion bzw. dem Pressenrahmen 2 ferngehalten. Diese Trägheitsverriegelung kommt durch die bereits weiter oben erwähnte großzügige Massenbelegung der Matrize 6 bzw. durch eine sehr große massenmäßige Dimensionierung des Stößelbäres 3 und des Niederhalterbäres 4 zustande. Da die sehr hohe Druckspitze nur während einer sehr geringen Zeit im Bereich weniger Millisekunden wirksam ist, die jedoch ausreicht, um eine vollständige Ausformung des Bleches sicherzustellen, können die beteiligten Massen nicht aus der Ruhelage herausbewegt werden. Die auf die sehr stark massebelegte Werkzeugkammer 9 bzw. der Matrize 6 einerseits und auf den

Stempel 7 bzw. Stößelbär 3 und Niederhalterbär 4 andererseits einwirkenden fluidischen Kräfte bleiben also in der sehr kurzen Zeit der Druckspitze auf die erwähnten Massen beschränkt; der Pressenrahmen 2 wird durch diese Kräfte nicht belastet.

Das in der Füll- und Entleerungsleitung 25 für die Flüssigkeit angeordnete Rückschlagventil 22 ist steuerbar ausgebildet, so daß die Schließwirkung ggf. aufhebbar ist und zu einem geeigneten Zeitpunkt eine Entleerung der Werkzeugkammer 9 erforderlichenfalls eingeleitet werden kann. Hierbei erhält das steuerbare Rückschlagventil 22 von dem Steuergerät 20 für die Pumpe ein entsprechendes Öffnungssignal, so daß zu einem geeigneten Zeitpunkt innerhalb des Preßzyklus', beispielsweise vor dem Einspeisen der Treibladung, eine Abströmung eines entsprechenden Teiles der eingeschlossenen Flüssigkeit eingeleitet werden kann. Hierbei wird nicht nur die Pumpe 19 in Abströmrichtung angetrieben, sondern es wirkt außerdem noch der im Innern der Werkzeugkammer 9 anstehender Restdruck der Treibladung.

Der Vorteil der Erfindung liegt darin, daß die Vorteile eines einfachen Werkzeuges für das hydromechanische Tiefziehen voll erhalten bleiben, daß aber die Nachteile dieses Verfahrens vermieden werden, daß also relativ kurze Preßzykluszeiten im Bereich von wenigen Sekunden erreichbar sind und daß die Pressenkonstruktion von den hohen Druckkräften entlastet ist.

Das Einbringen der Treibladungs durch Einströmenlassen eines Gases ist einfacher als andere denkbare Möglichkeiten hierfür, bspw. das lagedefinierte Einbringen einer Sprengstofftablette mit integrierter Zündeinrichtung in die Werkzeugkammer oder ein adiabatisches Verdichten von in der Werkzeugkammer eingeschlossener Luft oder Sauerstoff nach Art eines Dieselmotores und Einspritzen des Brennstoffes der Treibladung erst zum Zeitpunkt der Zündung in Form eines vernebelten flüssigen Kraftstoffes, dessen Zündtemperatur unterhalb der Verdichtungstemperatur des komprimierten gases liegt. Als Gas für die erfindungsgemäß zum Einsatz gelangende, gasförmige Treibladung wäre Wasserstoff geeignet, zumal es keine schädlichen Verbrennungsgase bildet und die Verbrennungsprodukte sich ohne weiteres mit der im wesentlichen durch Wasser gebildeten Druckflüssigkeit vertragen; die Verbrennungsgase kondensieren selber sehr schnell zu Wasser. Außerdem bilden Wasserstoff und Sauerstoff eine hochbrisante Mischung, die in sehr weiten Mischungsgrenzen zündfähig ist. Um allerdings sicherzustellen, daß sich im Bereich der Presse kein Wasserstoff ansammeln kann, um andererseits sicherzustellen, daß kein übermäßiger Überschuß an Sauerstoff innerhalb der Presse entsteht, was ebenfalls ein Gefahrenpunkt sein kann, sollte annähernd stöchiometrisch mit leichtem Sauerstoffüberschuß gefahren werden, um eine vollständige Verbrennung des Treibgases sicherzustellen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum hydromechanischen Tiefziehen von Blech in eine durch nur eines der beiden Werkzeugteile, vorzugsweise den Stempel, vorgegebene Form mittels einer Presse, die den formbestimmenden Werkzeugteil, vorzugsweise den Stempel (7) und eine mit Druckflüssigkeit beaufschlagbare, zum formbestimmenden Werkzeugteil hin offene Werkzeugkammer (9) enthält, wobei eines der beiden Teile hubbeweglich antreibbar ist,

   - bei dem das Blech (8) an seinem Außenrand zwischen einer Anlagefläche an der Stirnseite des formbestimmenden Werkzeugteiles, vorzugsweise des Stempels (7) bzw. Niederhalters und einer entsprechend geformten Gegen-Anlagefläche an der Stirnseite der Werkzeugkammer (9) flüssigkeits- und gasdicht und mit anhaltender Kraft eingeklemmt wird,
   - bei dem ferner die flüssigkeitsgefüllte Werkzeugkammer (9) zunehmend unter Druck gesetzt wird, wobei das nachgebende Blech (8) unter Nachgleiten des Blechrandes aus der Randeinklemmung durch den Flüssigkeitsdruck gezogen und formgetreu in die Gravur des formbestimmenden Werkzeugteiles hineingedrückt wird,

   dadurch gekennzeichnet,
   daß vor dem oder während des Füllen(s) der Werkzeugkammer (9) mit Flüssigkeit in die Werkzeugkammer (9) eine abgemessene Treibladung in Form eines brennbaren, mit Sauerstoff gemischten Gases eingebracht, die Werkzeugkammer (9) bei relativ geringem Druck zügig mit Druckflüssigkeit gefüllt und die Treibladung zu einem bestimmten Zeitpunkt vor Vollendung des Ziehvorganges gezündet wird und daß die durch die Explosion der Treibladung auf den formbestimmenden Werkzeugteil, vorzugsweise den Stempel (7) und auf die Werkzeugkammer (9) kurzzeitig in Bewegungsrichtung (24) des hubbeweglichen Werkzeugteiles (7) einwirkenden Kräfte durch eine entsprechend dimensionierte Massenbelegung dieser Teile von der Pressenkonstruktion (2) ferngehalten werden.

Claims

1. A method for the hydromechanical deep drawing of sheet metal into a predetermined form by only one of the two tool parts, preferably the male die, employing a press which contains the shape-determining tool part, preferably the male die (7) and a tool chamber (9) open towards the shape-determining tool part and to which a pressurised fluid can be applied, whereby one of the two parts can be driven for a lifting movement,

- in which the sheet metal (8) is on its outer edge clamped between a supporting surface at the end face of the shape-determining tool part, preferably the male die (7) or depressor and a correspondingly shaped mating supporting surface on the end face of the tool chamber (9) in a fluid and gas-tight form and with an enduring force,
- and in which furthermore the fluid-filled tool chamber (9) is increasingly pressurised, whereby the yielding sheet metal (8) is drawn out of the marginal clamping by the fluid pressure, the edge of the metal sheet slipping, and is forced into the impression in the shape-determining tool part in such a way that it assumes a faithful shape,

characterised in that prior to or during filling of the tool chamber (9) with fluid, a measured propellant charge in the form of a combustible gas mixed with oxygen is introduced into the tool chamber (9), the tool chamber (9) is steadily filled with pressurised fluid at relatively low pressure and the propellant charge is detonated at a specific point in time prior to completion of the drawing process and in that the forces created by the explosion of the propellant charge and applied to the shape-determining tool part, preferably the male die (7) and to the tool chamber (9) briefly in the direction of movement (24) of the liftingly movable tool part (7) are kept remote from the press construction (2) by a correspondingly dimensioned positioning of the masses in these parts.

Revendications

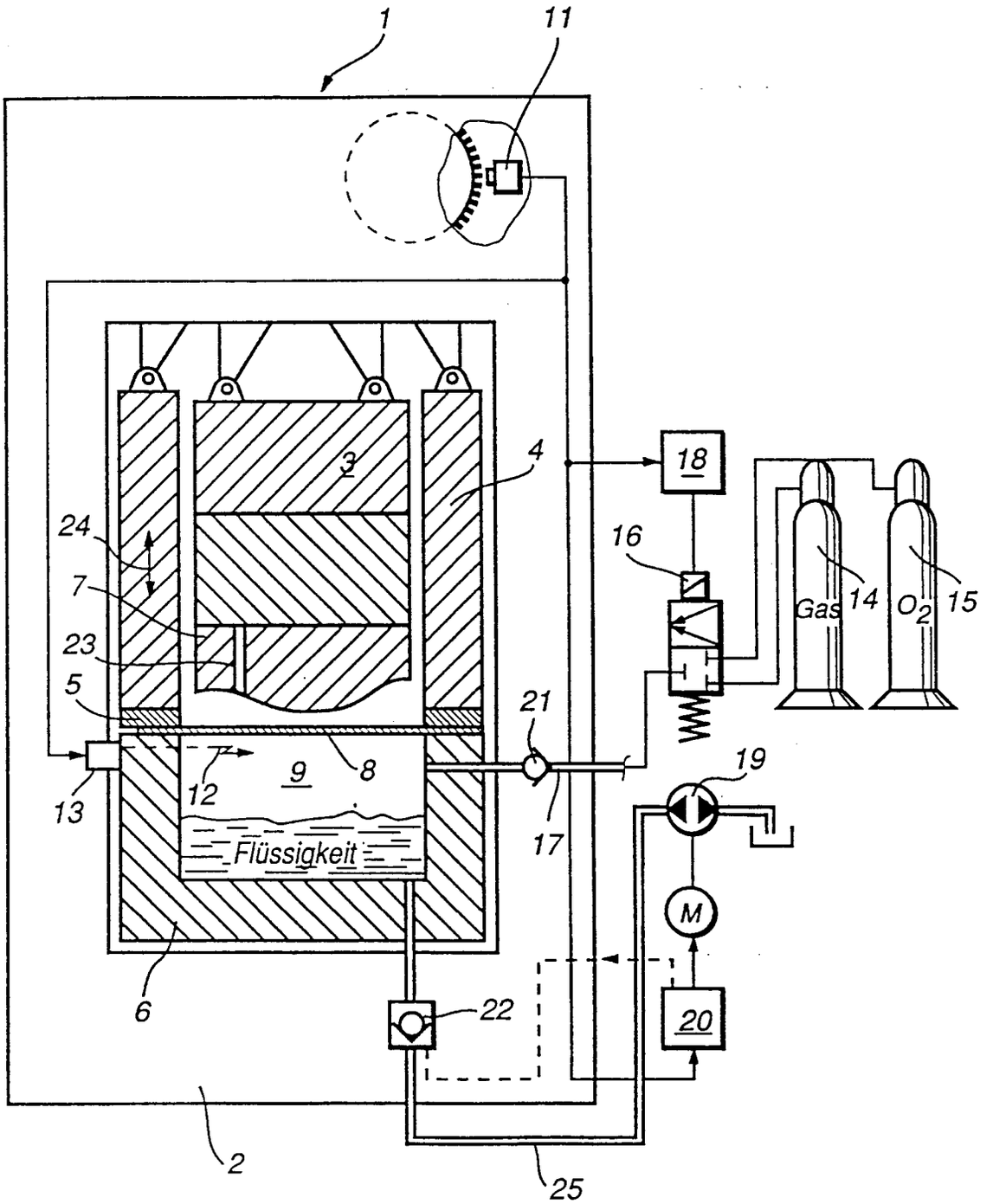
1. Procédé d'emboutissage profond hydromécanique de tôle à une forme prédéterminée seulement par l'une des deux parties d'outil, de préférence le poinçon, au moyen d'une presse qui comprend la partie d'outil qui détermine la forme, de préférence le poinçon (7), et une chambre d'outil (9) ouverte vers la partie d'outil qui détermine la forme et à laquelle un liquide sous pression peut être appliqué, l'une des deux parties pouvant être entraînée pour effectuer un mouvement de levage,

   dans lequel la tôle (8) est serrée à son bord extérieur d'une façon étanche aux liquides et aux gaz et sous une force continue entre une surface d'appui formée sur le côté frontal de la partie d'outil qui détermine la forme, de préférence le poinçon (7) ou serre-flan, et une contre-surface d'appui de forme correspondante sur le côté frontal de la chambre (9) d'outil,

   dans lequel en outre une pression croissante est appliquée à la chambre (9) d'outil remplie de liquide, la tôle extensible (8) étant emboutie par la pression de liquide, tandis que le bord de tôle glisse hors du serrage de bord, et étant enfoncée dans la gravure de la partie d'outil qui détermine la forme en épousant exactement sa forme,

   caractérisé en ce que

   une charge active appropriée formée d'un gaz combustible mélangé à de l'oxygène est introduite dans la chambre (9) d'outil avant ou pendant le remplissage de la chambre (9) d'outil au moyen d'un liquide, la chambre (9) d'outil est remplie de liquide sous pression en continu sous une pression relativement faible et la charge active est allumée à un instant précis pour achever le processus d'emboutissage et en ce que la structure (2) de la presse est préservée des forces qui s'exercent brièvement dans la direction de déplacement (24) de la partie (7) d'outil mobile pour le levage sous l'effet de l'explosion de la charge active sur la partie d'outil qui détermine la forme, de préférence le poinçon (7), et sur la chambre (9) d'outil, en garnissant de masses de dimensions appropriées ces parties.


1
11
3
4
18
24
16
7
Gas
14
O_2
15
23
5
21
19
9
8
12
13
Flüssigkeit
17
M
6
22
20
2
25