



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
30.10.2024 Patentblatt 2024/44

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B21D 31/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **24401012.0**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B21D 31/005; B21D 37/16

(22) Anmeldetag: **18.04.2024**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Pierer, Alexander**
09114 Chemnitz (DE)
• **Demmler, Matthias**
09125 Chemnitz (DE)
• **Weise, Dieter**
09128 Chemnitz (DE)

(30) Priorität: **27.04.2023 DE 102023110863**

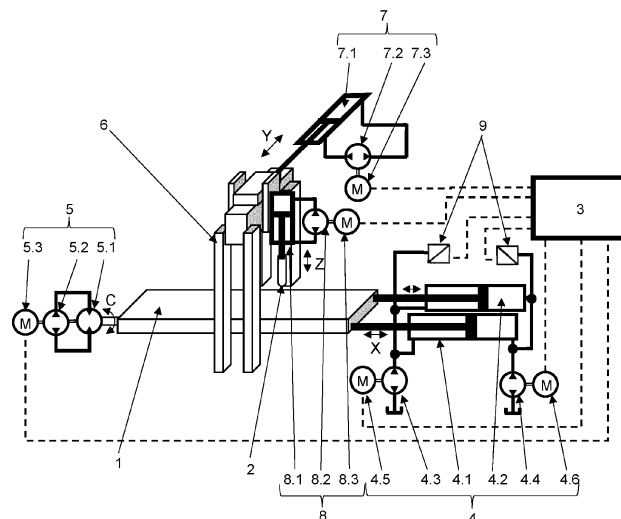
(74) Vertreter: **Rumrich, Gabriele**
Patentanwältin
Limbacher Strasse 305
09116 Chemnitz (DE)

(71) Anmelder: **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**
80686 München (DE)

(54) **VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG VON BLECHBAUTEILEN**

(57) Vorrichtung zur Herstellung von Blechbauteilen, aufweisend einen Maschinentisch (1) zur Aufnahme eines Blechbauteils (11), einen Drückdorn (2) zur schrittweisen Umformung des Blechbauteils (11) und eine Bewegungssteuerung (3), wobei der Maschinentisch (1) und der Drückdorn (2) innerhalb eines Koordinatensystems zueinander in X-, Y- und Z-Richtung mittels zugehöriger Achsen eines Kinematiksystems verfahrbar und/oder drehbar sind, wobei wenigstens eine der Achsen als servohydraulische Achse (4, 5, 7, 8) ausgebildet

ist und zumindest teilweise innerhalb des Arbeitsraums gemeinsam mit zumindest einer weiteren Achse des Kinematiksystems über die Bewegungssteuerung (3) verfahrbar ist, wobei die servohydraulische Achse (4, 5, 7, 8) als Pumpendirektantrieb mit mindestens einer Pumpe (4.3, 4.4, 5.2, 7.2, 8.2) ausgeführt ist, wobei die Pumpe (4.3, 4.4, 5.2, 7.2, 8.2) direkt mit einer, als Hydraulikzylinder und/oder hydraulischen Drehantrieb ausgeführten servohydraulischen Achse (4, 5, 7, 8) verbunden ist.



Figur 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Herstellung von Blechbauteilen nach dem Oberbegriff des ersten Patentanspruchs.

[0002] Die inkrementelle Blechumformung (IBU) ist eine Umformtechnik zur Herstellung von Blechteilen mit, im Vergleich zu herkömmlichen Umformtechniken wie dem Tiefziehen, minimalen Werkzeugkosten. Die endgültige Form wird durch eine Bahnsteuerung (z.B. CNC, MotionControl, Robotersteuerung) eines Stahlstifts erzeugt, der das Blech schrittweise in die endgültige Form bringt. Bestehende IBU-Anlagen arbeiten mit Robotern oder Portalkinematiken mit elektrischen Antrieben mit Maximalkräften mit ca. 1t Hauptkraft. Die begrenzte Kraftdichte elektrischer Antriebe limitiert die umformbare Blechdicke auf ca. 2mm bei Stahlblechen. Massive Bleche mit höheren Blechdicken, z.B. für Schiffskomponenten oder Spezialbehälter, sind mit bestehenden IBU-Anlagen nicht herstellbar.

[0003] In der Publikation "Novel five-axis forming press for the incremental sheet-bulk metal forming" (Key Materials, Vol. 554-557, S. 1478-1483, 2013) wird eine Umformpresse und -technologie zur inkrementellen Massivumformung von belastungsangepassten, endkonturnahen Funktionsteilen wie Verzahnungen, Zahnräder und dergleichen beschrieben. Dabei wurde eine servohydraulische O-Gestell-Umformpresse mit vier servohydraulischen Zusatzachsen entwickelt. Das Bauteil wird mit den Achsen unter dem Pressenstempel positioniert. Anschließend schließt der Pressenstempel und formt dabei mit einem keil- oder kegelförmigen Werkzeug lokal ein Formelement in den Grundkörper ein. Dieses Formelement kann z.B. eine Zahnflanke oder ein ganzer Zahn in einem massiven Bauteil sein. Nach dem Öffnen des Pressenstempels wird das Bauteil repositioniert, um das nächste Formelement auszuformen. Mit einer derartigen Lösung sind keine freie programmierbaren und im Raum interpolierten Bewegungsbahnen möglich. Es lassen sich keine 3D-Freiformgeometrien herstellen.

[0004] In der Online-Publikation "3D-Servo-Press (3 DOF, 1.600 kN)" der TU Darmstadt wird eine sog. 3D-Servo-Press mit drei Freiheitsgraden des Pressenstößels beschrieben. Der Stößel wird über ein parallelkinematisches Bewegungssystem bestehend aus drei Anlenkpunkten bewegt. An den Anlenkpunkten greifen dazu jeweils Servomotoren und ein Hebelsystem an, wodurch die Anlenkpunkte unabhängig voneinander servogeregelt verfahren werden können, wodurch die Bewegungen der Stößelplatte in z-Richtung und die Rotation um die x- und y-Achse frei realisiert werden können.

[0005] In den Schriften "Controlling Product Stiffness by an Incremental Sheet Metal Forming Process" (Procedia Manufacturing 10, S. 276 - 285, 2017), "Orbital Forming of Flange Parts under Uncertainty" (Applied Mechanics and Materials, Volume 807, 2015) und der Dissertationsschrift "Modellbasierte Regelung der Stößelbewegung von Servopressen" (F. Hoppe, ISBN:

978-3-8440-8131-2, TU Darmstadt, 2021) erzeugen derartige Pressen eine kreisende, orbitale Bewegung von Umformwerkzeugen, um Bauteile sukzessive umzuformen oder Geometrielemente lokal auszuformen. Komplexe, großflächige 3D-Freiformgeometrien, wie z.B. Bootskörper oder Chemiebehälter, lassen sich so nicht ausformen. Durch die Schrägstellung des Stößels entstehen während der Umformung enorme Querkräfte und Kippmomente, die durch massive Führungssysteme abgestützt werden. Ebenso sind in Abhängigkeit vom räumlichen Bearbeitungsbereich sehr lange domartige Umformwerkzeuge erforderlich, deren kritische Knicklänge und Biegesteifigkeit die erzielbaren Umformkräfte, insbesondere außerhalb der Arbeitsraummitte, stark einschränkt.

[0006] Die Druckschrift EP 0 970 764 A1 beschreibt eine IBU-Maschine mit einer möglichen Ausgestaltung, die hydraulische Achsen verwendet, die über Ventile/Servo-Ventile geregelt werden. Diese im bisherigen Stand der Technik verwendeten Ventile wandeln sehr viel Energie in Wärme um und sind daher nicht energieeffizient. Weiterhin kann keine mechanisch-hydraulische Energie, bspw. bei Brems- oder elastischen Rückföhrungsvorgängen, in den elektrischen Teil des Antriebsstranges rekuperiert werden.

[0007] In der Druckschrift DE 10 2011 116 215 A1 wird ein Multi-Pin-Kissen beschrieben, bei welchen Pins an fixen Positionen aus einer Grundplatte ein- und ausgefahren werden. Eine schrittweise inkrementelle Umformung ist mit dieser Lösung nicht möglich.

[0008] Aus der Druckschrift DE 30 07 098 A1 ist eine NC-Schweißvorrichtung bekannt, die zwar auch servohydraulische Achsen beinhaltet um ein Bauteil zu positionieren. Auch hier erfolgt keine inkrementelle Blechumformung (IBU) für Dickbleche.

[0009] Die Druckschrift CN 1 13 579 062 B beschreibt eine IBU-Vorrichtung für explizit dünnwandige Bleche. Die Antriebsart des Drückdorns wird nicht offenbart.

[0010] Eine Handlingsvorrichtung (Roboter), die ein Bauteil schrittweise in seine Endform umformt, ist aus der Druckschrift DE 102 31 430 A1 bekannt. Dabei wird das Werkstück zur Umformung einer hämmernden Bearbeitung mit einem formungebundenen Bearbeitungswerkzeug unterzogen wird, bei der das Werkstück und/oder das Bearbeitungswerkzeug mit einer angesteuerten Handhabungseinrichtung auf einer vorgegebenen Bahn geführt wird, während ein Formgebungselement des Bearbeitungswerkzeugs mit einem Hammerbar-Antrieb hämmernd gegen das Werkstück gestoßen wird. Diese Lösung ist zur Umformung von Werkstücken mit großer Blechdicke nicht geeignet.

[0011] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zur Herstellung von Blechbauteilen zu entwickeln, welche einen einfachen konstruktiven Aufbau aufweist und hohe Kräfte für größere Blechstärken bei geringen Werkzeugkosten bereitstellt und die energieeffizient arbeitet.

[0012] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des ersten Patentanspruchs gelöst.

[0013] Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0014] Die Vorrichtung zur Herstellung von Blechbauteilen weist einen Maschinentisch zur Aufnahme eines Blechbauteils, einen Drückdorn zur schrittweisen Umformung des Blechbauteils und eine Bewegungssteuerung auf, wobei der Maschinentisch und der Drückdorn innerhalb eines Koordinatensystems zueinander in X-, Y- und Z-Richtung mittels zugehöriger Achsen eines Kinematiksystems verfahrbar und/oder drehbar sind, wobei wenigstens eine der Achsen als servohydraulische Achse ausgebildet ist und zumindest teilweise innerhalb des Arbeitsraums gemeinsam mit zumindest einer weiteren Achse des Kinematiksystems über eine Bewegungssteuerung verfahrbar ist, wobei die servohydraulische Achse als Pumpendirektantrieb ausgeführt ist.

[0015] Der Pumpendirektantrieb ermöglicht dabei eine energieeffiziente Arbeitsweise und gewährleistet die Bereitstellung hoher Umformkräfte, wodurch erstmalig eine inkrementelle Dickblechbearbeitung von Blechbauteilen mit Blechdicken größer 3mm bis hin zu 15 mm möglich ist.

[0016] In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die servohydraulische Achse mittels der Bewegungssteuerung in Form einer Bahnsteuerung entlang einer Trajektorie verfahrbar.

[0017] Die Steuerung erfolgt bevorzugt mittels CNC-Steuerung, alternativ ist auch eine MotionControl-Steuerung möglich. Die servohydraulische Achse und die zumindest eine weitere Achse sind vorteilhafter Weise synchron verfahrbar und/oder drehbar, wobei die Ansteuerung der wenigstens einen servohydraulischen Achse in Zusammenhang mit der weiteren Achse eine Bewegungstrajektorie im Raum beinhalten und/oder in bestimmten Phasen der Blechumformung definiert Kräfte einbringen kann.

[0018] Durch das insbesondere hydraulische Antriebssprinzip können zumindest in einem räumlichen Freiheitsgrad bedeutend höhere Kräfte als bei bekannten elektromechanischen Kinematiken aufgebracht werden.

[0019] Bevorzugt sind die Achsen in X-, Y- und Z-Richtung in Form von servohydraulischen Achsen in Form eines Linearzylinders ausgebildet. Besonders bevorzugt ist eine Drehachse C in Form einer servohydraulischen Achse, insbesondere eines hydraulischen Drehantriebs als Hydromotor ausgebildet.

[0020] Bei der Umformung sind auf die Achsen starke Querkkräfte zu erwarten, die ggf. nicht durch die Führungen und Lager der hydraulischen Übertragungselemente (z.B. Linearzylinder, Hydromotor) getragen werden können, sondern durch entsprechend ausgelegte externe, mit der Maschinenrahmenstruktur verbundene, Führungen und Lager aufgefangen werden müssen. Bei großen Führungsabständen kann es vorteilhaft sein die Linearzylinder als Doppelzylinder auszuführen, um Kippmomente besser aufnehmen zu können und/oder die für größere Kraftanforderungen die effektive Zylinderfläche zu vergrößern.

[0021] In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Vorrichtung ist der Maschinentisch in X-Richtung verfahrbar und um die C-Achse drehbar. Der Drückdorn ist in Y-Richtung und Z-Richtung verfahrbar.

[0022] In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die servohydraulische Achse als Pumpendirektantrieb ausgeführt, wobei zumindest eine Pumpe direkt mit der, als Hydraulikzylinder und/oder hydraulischen Drehantrieb ausgeführten, servohydraulischen Achse verbunden ist. Der Anschluss der Pumpe erfolgt daher ohne zwischengeschaltete Regelventile. Die Pumpe ist bevorzugt über einen Antriebsumrichter feinfühlig lage- bzw. druckregelt ansteuerbar um den Ölstrom in dem Zylinder oder Hydromotor zu steuern. Dadurch sind sehr präzise Achsregelungen vergleichbar mit vollelektrischen Achsen erreichbar. Da der Ölstrom nicht mehr über die Steuerkannten von Ventilen geführt wird, ist das System sehr energieeffizient und produziert wenig Abwärme. Des Weiteren ist es im Gegensatz zu klassischen ventilibasierten hydraulischen Achsregelungen möglich, überschüssige Bewegungsenergie über den Servoantrieb zu rekuperieren, wodurch das gesamte System sehr energieeffizient wird. Gegenüber vollelektrischen Antrieben bietet der Pumpendirektantrieb die aus der klassischen Hydraulik bekannten Vorteile wie eine unübertroffene Kraftdichte, gegenüber elektrischen Antrieben wesentlich höhere Maximal- und Dauerkräfte, Überlastfähigkeit und volle Kraftentfaltung auch im Achsstillstand und unter Dauerbelastung. Aus maschinenbaulicher Sicht stellen die servohydraulischen Achsen eine kompakte Funktionseinheit dar, da Achse, Pumpe und die hydraulische Verschaltung eine kompakte, geschlossene Einheit bilden. Klassische hydraulische Verschlauchungen/Verrohrungen sowie externe Ölkühlkreisläufe können entfallen. Der Integrationsaufwand ist mit elektrischen Achsen vergleichbar.

[0023] In einer vorteilhaften Ausgestaltung sind mittels der Bewegungssteuerung zusätzliche Signale einer Kraftmessvorrichtung erfassbar derart, dass die wirkenden Umformkräfte erfassbar und/oder regelbar sind.

[0024] Bei der geregelten Bewegung der Achse sind dabei zumindest abschnittsweise oder als Sequenz folgende Regelmodi in beliebiger Abfolge mittels der Bewegungssteuerung möglich: Lageregelung, Geschwindigkeitsregelung, Kraft- bzw. Druckregelung oder überlagerte Regelungen wie Lageregelung mit Kraftbegrenzung.

[0025] Bevorzugt ist mittels der Bewegungssteuerung eine zumindest abschnittsweise lage- und/oder kraftgezielte Bewegung einzelner Achsen steuerbar.

[0026] Vorzugsweise wird zwischen dem Drückdorn und dem Blechbauteil eine Kontaktstelle gebildet, wobei die Kontaktstelle zwischen dem Drückdorn und dem Blechbauteil oder deren Umgebung durch eine Erwärmungsvorrichtung und/oder durch einen elektrischen Stromfluss vom Drückdorn durch das Blechbauteil erwärmbar ist derart, dass die Umformbarkeit verbessert wird.

[0027] Die Erwärmung erfolgt beispielsweise indem ein Induktor Wirbelströme in das umzuformende Bauteil induziert (induktive Erwärmung) und/oder mittels eines Gasbrenners, der die Umformzone erwärmt und/oder über den Umformdorn, und/oder indem ein elektrischer Strom (konduktive Erwärmung) durch das Blech geleitet wird.

[0028] Die Vorrichtung weist bevorzugt eine Patrize und/oder Matrize und/oder einen synchron mitfahrenden Gegendorn und/oder eine Abstützung des Bleches zur Erzeugung einer 3D-Geometrie auf.

[0029] Die Anwendung in mehrachsigen CNC-gesteuerten Achssystemen oder in Verbindung mit einer frei programmierbaren IBU ist gegenüber dem Stand der Technik neuartig. Die Maximalkraft von servohydraulischen Achsen unterliegt nicht den Beschränkungen voll-elektrischer Antriebe. Lediglich die Belastung des Maschinenrahmens sowie der Führungs- und Lagerungselemente beschränken hierbei die erreichbare Maximalkraft. Beispielsweise können mit der erfindungsgemäßen Ausgestaltung, insbesondere durch die Verwendung von Pumpendirektantrieben, Vorrichtungen mit Drückkräften von bis 40t ausgelegt werden, womit die inkrementelle Umformung für noch größerer Blechdicken und völlig neue Anwendungsgebiete denkbar ist.

[0030] Vorteilhaft kann es sein das Blechbauteil während des Umformprozesses zumindest teilweise an dessen Rändern in einem Niederhalterahmen oder mehreren Niederhalterspannern zu spannen und zumindest teilweise während der Umformung positionsgeregelt nachzufahren, um das Blechbauteil über dem Gegenwerkzeug zu spannen und/oder eine definierte Zug- und/oder Niederhalterkraft aufzubringen.

[0031] Zur Prozessüberwachung und -regelung ist der Kontaktkraftvektor zwischen Drückdorn und Blech eine wesentliche Zustandsgröße für die Überwachung und Regelung des Prozesses. Der Kraftvektor kann dabei zum einen aus den Teildrücken gewichtet mit den jeweilig hydraulisch wirksamen Flächen der Hydraulikzylinder oder Hydromotoren ermittelt werden. Eine weitere erfindungsgemäße Ausgestaltung nutzt hierzu einen sensorisch wirkenden Drückdorn, insbesondere auf Basis von Dehnmessstreifen oder piezoelektrischen Kraftwandlern.

[0032] Die Vorrichtung kann vorteilhaft für folgende umformtechnischen Operationen, insbesondere bei großen Blechdicken oder hochfesten Materialien eingesetzt werden:

- Erzeugen von 3D-Geometrien durch zumindest teilweises inkrementelles Drücken des Bleches über die Patrize, Matrize, einen synchron mitfahrenden Gegendorn und/oder ohne Abstützung des Bleches
- Lokales Durchstoßen der Blechebene, insbesondere zum Kragenziehen
- Ausformen von Kanten und Sicken.

[0033] Die Vorrichtung ermöglicht es, Blechbauteile

auf einfache Weise und ohne teure Werkzeugkosten herzustellen. Durch die Bewegungssteuerung der servohydraulischen Achsen kann jedes Bauteil individuell gestaltet und die Achsen in Abhängigkeit von den Anforderungen an die Form des Bauteils gesteuert werden.

[0034] Die Erfindung wird nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel und zugehörigen Zeichnungen näher erläutert.

[0035] Es zeigen:

- Figur 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,
- Figur 2 eine schematische Darstellung eines Blechbauteils in einem Niederhalter mit Matrize,
- Figur 3 eine schematische Darstellung eines Blechbauteils in einem Niederhalter mit einem Gegendorn.

[0036] Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einem Maschinentisch 1, einem, Drückdorn 2 und einer Bewegungssteuerung 3. Der Maschinentisch 1 ist in einem X,Y,Z-Koordinatensystem in einer X-Richtung mittels einer ersten servohydraulischen Achse 4 verfahrbar. Die erste servohydraulische Achse 4 ist als Doppelzylinder 4.1, 4.2 mit je einer Pumpe 4.3, 4.4 und einem Servomotor 4.5, 4.6 ausgebildet. Neben der Verfahrbarkeit in X-Richtung ist der Maschinentisch 1 mittels einer zweiten servohydraulischen Achse 5 in Form eines Hydromotors 5.1 mit einer Pumpe 5.2 und einem Servomotor 5.3 um eine Drehachse C drehbar.

[0037] Der Drückdorn 2 ist an einem Maschinengestell 6 angeordnet und mittels einer dritten servohydraulischen Achse 7 mit einem Linearzylinder 7.1 und einer Pumpe 7.2 und zugehörigem Servomotor 7.3 entlang der Y-Richtung verfahrbar.

[0038] Des Weiteren ist der Drückdorn 2 entlang der Z-Richtung mittels einer vierten servohydraulischen Achse 8 mit zugehörigem Linearzylinder 8.1, einer Pumpe 8.2 und einem Servomotor 8.3 verfahrbar.

[0039] Die Linearzylinder sind als Hydraulikzylinder ausgebildet.

[0040] Die Servomotoren 4.5, 4.6, 5.3, 7.3 und 8.3 sind mit der Bewegungssteuerung 3 verbunden und werden von dieser geregelt und/oder gesteuert.

[0041] Des Weiteren sind an den Doppelzylindern 4.1, 4.2 Drucksensoren 9 vorgesehen, die mit der Bewegungssteuerung 3 verbunden sind. Die Drucksensoren 9 dienen der

[0042] Prozessüberwachung und -regelung. Der Kraftvektor wird dabei aus den Teildrücken der Drucksensoren 9 gewichtet mit den jeweilig hydraulisch wirksamen Flächen der Hydraulikzylinder 4.1, 4.2 ermittelt.

[0043] Die Figuren 2 und 3 zeigen schematische Darstellungen der Herstellung eines, in einem Niederhalter (Niederhalterrahmen, Niederhalterspanner) 10 angeordneten Blechbauteils 11. Der Niederhalter 10 ist auf dem Maschinentisch 1 montiert. Das Bauteil wird gemäß Figur

2 in einem Two-point Incremental Forming (TPIF) Verfahren hergestellt, wobei das Blechbauteil 11 an seinen Enden in dem Niederhalter 10 eingespannt ist und zumindest teilweise auf einer Matrize 12 aufliegt. Der Drückdorn 2 fährt entlang der Kontur der Matrize 12 diese ab und formt das Blechbauteil 11 entsprechend um. Die Niederhalter 10 sind während der Umformung mittels der Bewegungssteuerung positionsgeregelt nachfahrbar.

[0044] Figur 3 zeigt ein Dual-point Incremental Forming (DPIF) wobei ein bewegungsgesteuerter Gegendorn 13 die Matrize ersetzt. Gemäß Figur 3 ist das Blechbauteil 11 ebenfalls in einem Niederhalter 10 angeordnet. Der Gegendorn 13 ist ebenfalls in dem Koordinatensystem entsprechend dem Drückdorn 2 verfahrbar.

Bezugszeichenliste

[0045]

- | | | |
|-----|--------------------------------|--|
| 1 | Maschinentisch | |
| 2 | Drückdorn | |
| 3 | Bewegungssteuerung | |
| 4 | erste servohydraulische Achse | |
| 4.1 | Linearzylinder | |
| 4.2 | Linearzylinder | |
| 4.3 | Pumpe | |
| 4.4 | Pumpe | |
| 4.5 | Servomotor | |
| 4.6 | Servomotor | |
| 5 | zweite servohydraulische Achse | |
| 5.1 | Hydromotor | |
| 5.2 | Pumpe | |
| 5.3 | Servomotor | |
| 6 | Maschinengestell | |
| 7 | dritte servohydraulische Achse | |
| 7.1 | Linearzylinder | |
| 7.2 | Pumpe | |
| 7.3 | Servomotor | |
| 8 | vierte servohydraulische Achse | |
| 8.1 | Linearzylinder | |
| 8.2 | Pumpe | |
| 8.3 | Servomotor | |
| 9 | Drucksensor | |
| 10 | Niederhalter | |
| 11 | Blechbauteil | |
| 12 | Matrize | |
| 13 | Gegendorn | |

C Drehachse Maschinentisch

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Herstellung von Blechbauteilen, aufweisend einen Maschinentisch (1) zur Aufnahme eines Blechbauteils (11), einen Drückdorn (2) zur schrittweisen Umformung des Blechbauteils (11) und eine Bewegungssteuerung (3), wobei der Ma-

schinentisch (1) und der Drückdorn (2) innerhalb eines Koordinatensystems zueinander in X-, Y- und Z-Richtung mittels zugehöriger Achsen eines Kinematiksystems verfahrbar und/oder drehbar sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine der Achsen als servohydraulische Achse (4, 5, 7, 8) ausgebildet ist und zumindest teilweise innerhalb des Arbeitsraums gemeinsam mit zumindest einer weiteren Achse des Kinematiksystems über die Bewegungssteuerung (3) verfahrbar ist, wobei die servohydraulische Achse (4, 5, 7, 8) als Pumpendirektantrieb mit mindestens einer Pumpe (4.3, 4.4, 5.2, 7.2, 8.2) ausgeführt ist, wobei die Pumpe (4.3, 4.4, 5.2, 7.2, 8.2) direkt mit einer, als Hydraulikzylinder und/oder hydraulischen Drehantrieb ausgeführten servohydraulischen Achse (4, 5, 7, 8) verbunden ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die servohydraulische Achse (4, 5, 7, 8) mittels der Bewegungssteuerung (3) in Form einer Bahnsteuerung entlang einer Trajektorie verfahrbar ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die servohydraulische Achse (4, 5, 7, 8) und die zumindest eine weitere Achse synchron verfahrbar/drehbar sind, wobei die servohydraulische Achse (4, 5, 7, 8) einen rotativen oder translatorischen Freiheitsgrad aufweist.

4. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Maschinentisch (1) in X-Richtung verfahrbar und um eine C-Achse drehbar ist und dass der Drückdorn (2) in Y-Richtung und Z-Richtung verfahrbar ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pumpe (4.3, 4.4, 5.2, 7.2, 8.2) über einen Antriebsumrichter lage- bzw. druckgeregelt ansteuerbar ist derart, dass der Ölstrom in der servohydraulischen Achse (4, 5, 7, 8) regelbar und/oder steuerbar ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung eine Kraftmessvorrichtung aufweist und dass mittels der Bewegungssteuerung (3) zusätzliche Signale der Kraftmessvorrichtung erfassbar sind derart, dass die wirkenden Umformkräfte erfassbar und/oder regelbar sind.

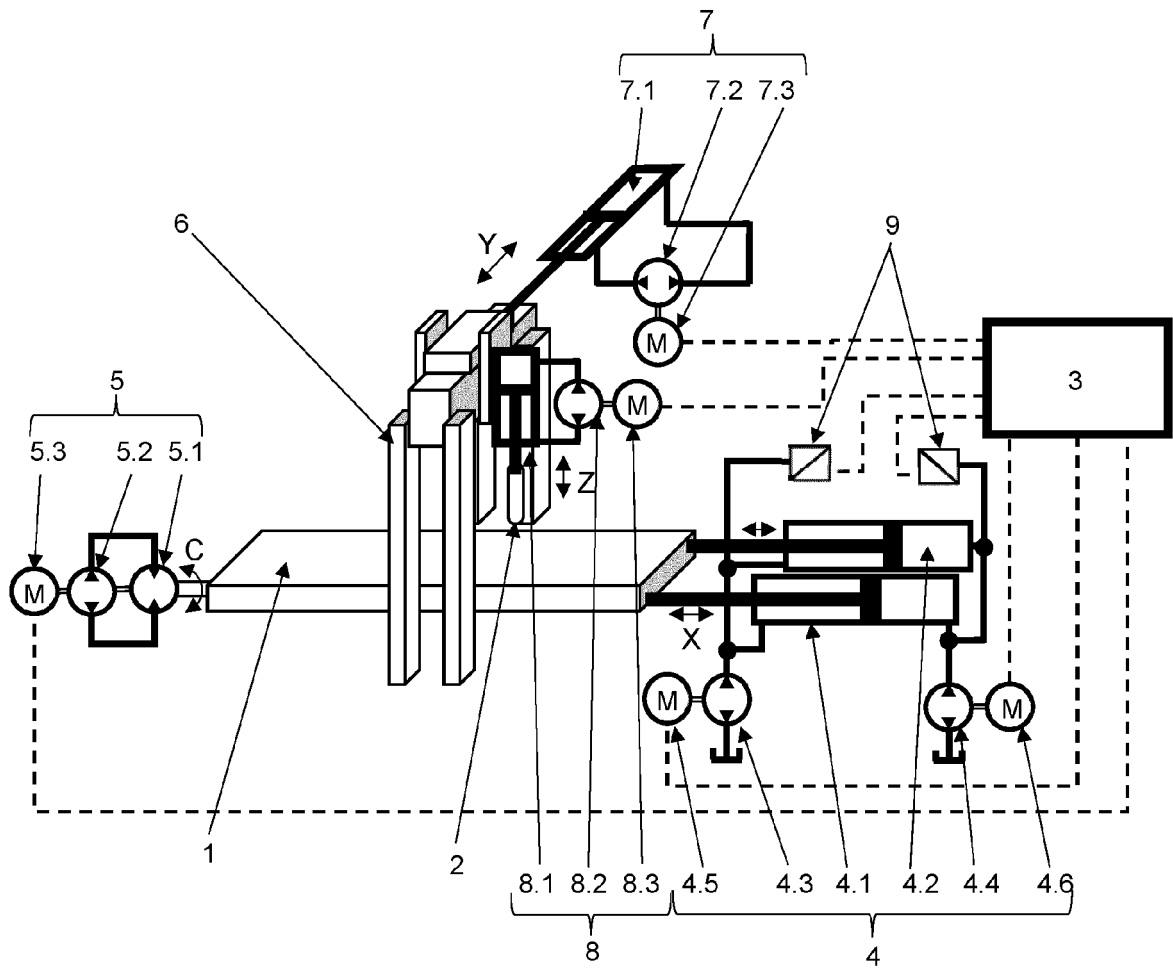
7. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels der Bewegungssteuerung (3) eine zumindest abschnittsweise lage- und/oder kraftgeregelt Bewegung einzelner servohydraulischer Achsen (4, 5, 7, 8) steuerbar ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Drückdorn (2) und dem Blechbauteil (11) eine Kontaktstelle ist, wobei die Kontaktstelle zwischen dem Drückdorn (2) und dem Blechbauteil (11) oder deren Umgebung durch eine, in der Vorrichtung angeordnete Erwärmungsvorrichtung und/oder durch einen elektrischen Stromfluss vom Drückdorn (2) durch das Blechbauteil (11) erwärmbar ist derart, dass die Umformbarkeit verbessert wird. 5 10
9. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung eine Patrize und/oder Matrize (12) und/oder einen synchron mitfahrenden Gegendorn (13) und/oder eine Abstützung des Blechbauteils (11) zur Erzeugung einer 3D-Geometrie aufweist. 15
10. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung einen Niederhalterrahmen (10) oder mehrere Niederhalterspanner (10) zur Spannung des Blechbauteils (11) aufweist und dass der Niederhalterrahmen (10) oder die mehreren Niederhalterspanner (10) während der Umformung mittels der Bewegungssteuerung (3) positionsgeregelt nachfahrbar sind. 20 25
11. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Prozessüberwachung und -regelung ein Kontaktkraftvektor zwischen Drückdorn und dem Blechbauteil (11) erfassbar ist, wobei der Kraftvektor aus den Teildrücken gewichtet mit den jeweilig hydraulisch wirkenden Flächen der Linearzylinder oder Hydromotoren (4.1, 4.2, 5.1, 7.1, 8.1) ermittelt wird oder dass die Vorrichtung einen sensorisch wirkenden Drückdorn (2) auf Basis von Dehnmessstreifen oder piezoelektrischen Kraftwandlern aufweist. 30 35 40

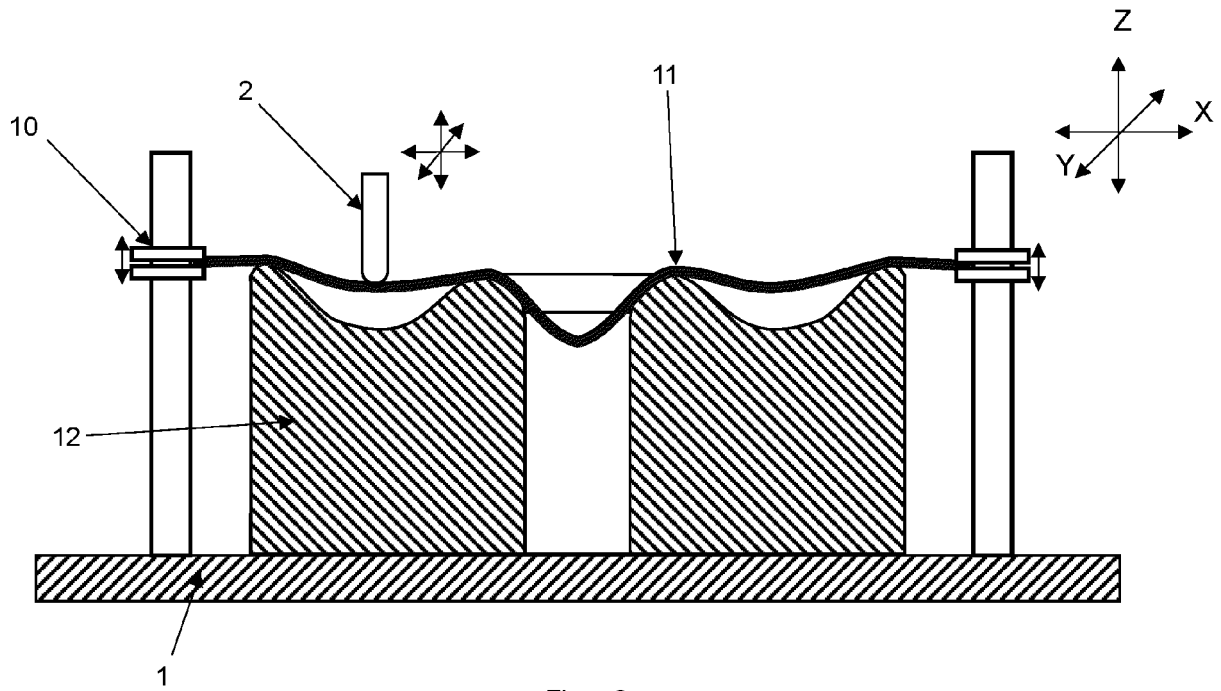
45

50

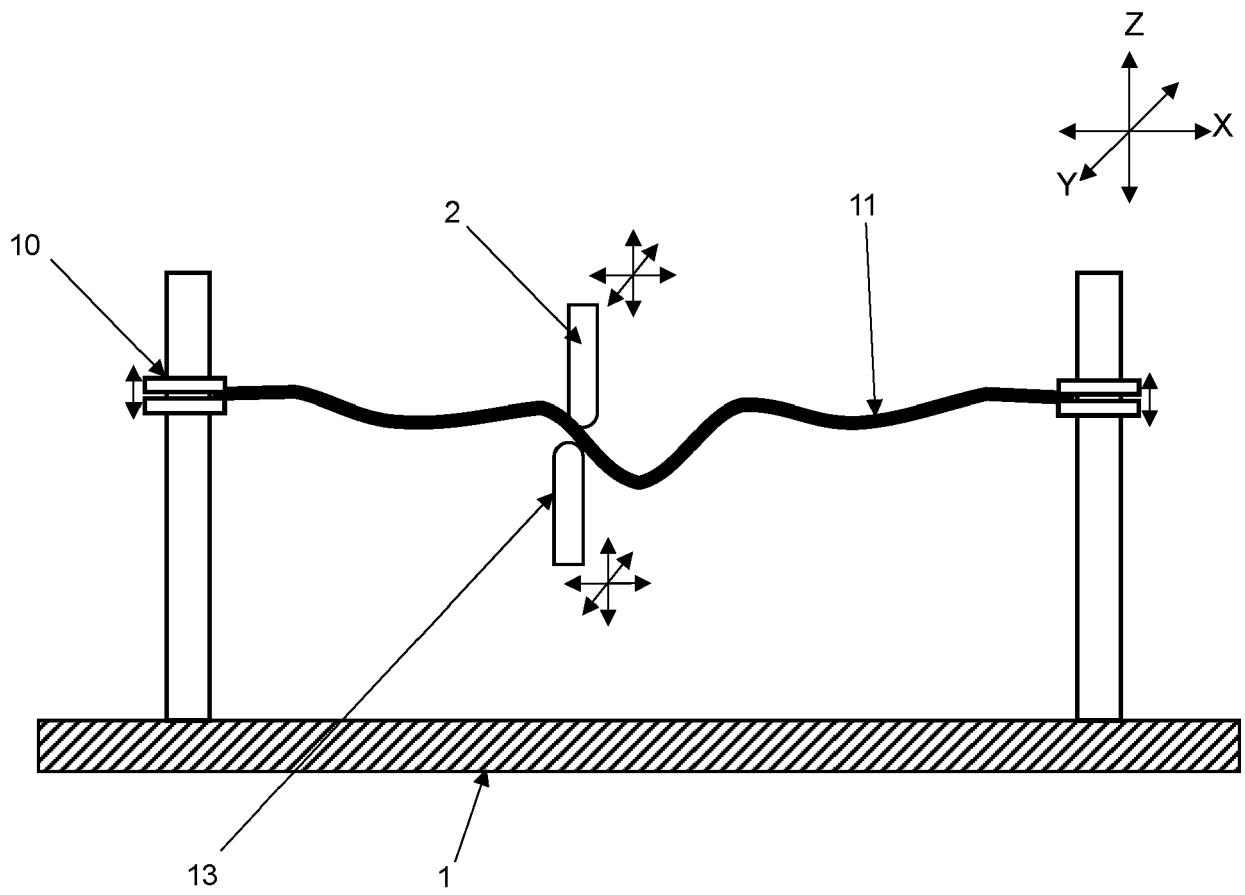
55



Figur 1



Figur 2



Figur 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 40 1012

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X,D	EP 0 970 764 A1 (AMINO CORP [JP]; MATSUBARA SHIGEO [JP]) 12. Januar 2000 (2000-01-12)	1-3,5,7,9,10	INV. B21D31/00
Y	* Absatz [0045] - Absatz [0054]; Abbildungen 1-3 *	4,6,8,11	
Y	DE 10 2014 014202 A1 (TECH UNIVERSITÄT DORTMUND [DE]) 24. März 2016 (2016-03-24) * Absatz [0041]; Abbildung 1 *	4	
Y	CN 108 339 886 B (NANJING INST TECH) 5. November 2019 (2019-11-05) * Absatz [0027]; Abbildungen 1,2 *	6	
Y	US 10 144 048 B2 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 4. Dezember 2018 (2018-12-04) * Spalte 3, Zeile 54 - Zeile 67; Abbildung 1 *	8	
Y	EP 2 052 810 A1 (EADS DEUTSCHLAND GMBH [DE]; FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 29. April 2009 (2009-04-29) * Absatz [0035] *	11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 2. September 2024	Prüfer Vesterholm, Mika
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 24 40 1012

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

02-09-2024

	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
10	EP 0970764	A1	12-01-2000	CA	2285364 A1	05-08-1999
15				CN	1255881 A	07-06-2000
				EP	0970764 A1	12-01-2000
				ES	2324063 T3	29-07-2009
				JP	4287912 B2	01-07-2009
				KR	20000075873 A	26-12-2000
				TW	401329 B	11-08-2000
20				US	6216508 B1	17-04-2001
	WO	9938627 A1	05-08-1999			

	DE 102014014202	A1	24-03-2016	DE	102014014202 A1	24-03-2016
				EP	3197633 A1	02-08-2017
				WO	2016045651 A1	31-03-2016

25	CN 108339886	B	05-11-2019	KEINE		

30	US 10144048	B2	04-12-2018	BR	102015028866 A2	02-08-2016
				CN	105598245 A	25-05-2016
				EP	3023169 A1	25-05-2016
				RU	2015149618 A	22-05-2017
				TR	201809613 T4	23-07-2018
				US	2016136714 A1	19-05-2016

35	EP 2052810	A1	29-04-2009	AT	E490051 T1	15-12-2010
				EP	2052810 A1	29-04-2009
				ES	2356936 T3	14-04-2011
				JP	5355579 B2	27-11-2013
				JP	2011500331 A	06-01-2011
				WO	2009053323 A2	30-04-2009

40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- EP 0970764 A1 [0006]
- DE 102011116215 A1 [0007]
- DE 3007098 A1 [0008]
- CN 113579062 B [0009]
- DE 10231430 A1 [0010]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Novel five-axis forming press for the incremental sheet-bulk metal forming. *Key Materials*, 2013, vol. 554 (557), 1478-1483 [0003]
- Controlling Product Stiffness by an Incremental Sheet Metal Forming Process. *Procedia Manufacturing*, 2017, vol. 10, 276-285 [0005]
- Orbital Forming of Flange Parts under Uncertainty. *Applied Mechanics and Materials*, 2015, vol. 807 [0005]
- F. HOPPE. *Modellbasierte Regelung der Stoßbewegung von Servopressen*, 2021, ISBN 978-3-8440-8131-2 [0005]