



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
13.11.2013 Patentblatt 2013/46

(51) Int Cl.:
B21D 37/20 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13160276.5**

(22) Anmeldetag: **21.03.2013**

(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 MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft**
80809 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Felixberger, Michael**
85540 Haar (DE)
• **Haugg, Roman**
84453 Mühldorf (DE)

(30) Priorität: **07.05.2012 DE 102012207474**

(54) **Verfahren zur Herstellung eines Werkzeugs**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Werkzeugs, zum Umformen von Werkstücken (20), wobei das Werkzeug mindestens eine erste Werkzeughälfte (14) und eine zweite Werkzeughälfte (13) umfasst und jede Werkzeughälfte (13, 14) zumindest eine Wirkoberfläche aufweist, die der anderen Werkzeughälfte (14, 13) zugewandt ist, so dass das Werkstück (20) durch in Kontakt bringen mit den Wirkoberflächen umgeformt wird, mit den Schritten:

- Erzeugen der Wirkoberfläche der ersten Werkzeughälfte (14),
- Erzeugen der Wirkoberfläche der zweiten Werkzeughälfte (13),

dadurch gekennzeichnet, dass zumindest bei dem Erzeugen der Wirkoberfläche der zweiten Werkzeughälfte (13) die elastische Verformbarkeit mindestens einer Werkzeughälfte (13, 14) berücksichtigt wird.

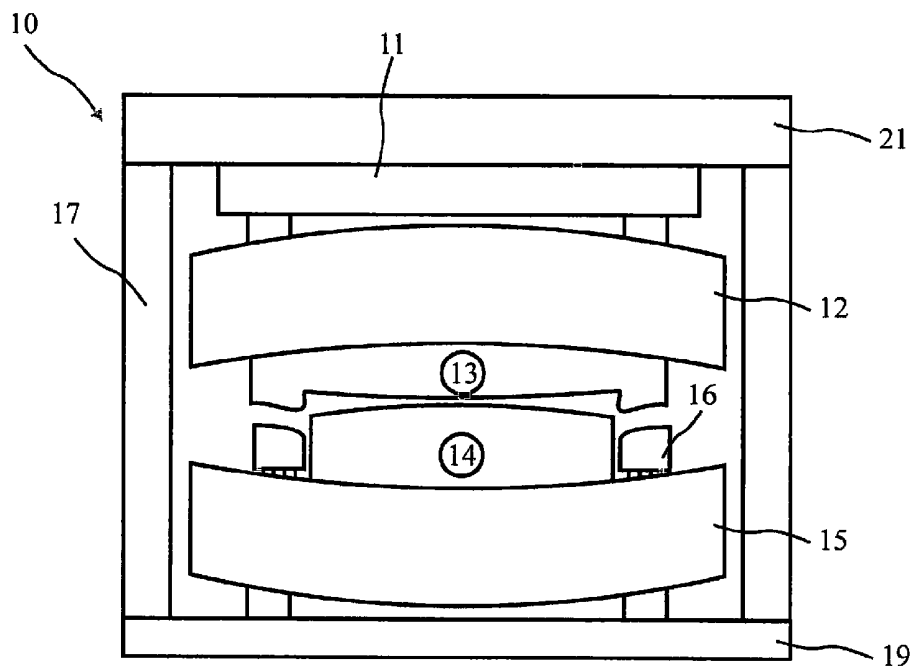


Fig. 4

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Werkzeugs, zum Umformen von Werkstücken, wobei das Werkzeug mindestens eine erste Werkzeughälfte und eine zweite Werkzeughälfte umfasst und jede Werkzeughälfte zumindest eine Wirkoberfläche aufweist, die der anderen Werkzeughälfte zugewandt ist, so dass mit den Wirkoberflächen des Werkzeugs das Werkstück umformbar ist.

[0002] Umformwerkzeuge im Sinne der Erfindung sind vor allem Presswerkzeuge, Schneidwerkzeuge, Tiefziehwerkzeuge oder Nachformwerkzeuge, die zur Bearbeitung von Blechplatten eingesetzt werden. Solche Werkzeuge sind beispielsweise aus der DE 10 2004 054 679 B4 bekannt.

[0003] Beim Umformen von Blechen, beispielsweise in Form von Tiefziehverfahren, treten zu den Umformkräften Reaktionskräfte auf, die zu einer elastischen Verformung des Werkzeugs sowie der Presse führen. Die Verformung des Gesamtsystems Presse und Werkzeug findet in allen am Lastfluss beteiligten Bauteilen, insbesondere dem Pressentisch, dem Pressenstößel, dem Zuganker, dem Getriebe sowie dem Werkzeug statt. Zur Kompensation der Verformung der Zuganker und des Getriebes wird im Stand der Technik der Stößelhub verstellt. Um die Verformung des Pressentischs und des Pressenstößels zu kompensieren, werden die Wirkflächen der Werkzeuge nachbearbeitet. Dieses Verfahren ist im Stand der Technik als Tuschieren bekannt, beispielsweise aus Absatz [0005] der DE 10 2004 054 679 A1. Um ein flächiges Tragbild zu erlangen, werden beim Tuschieren tragende Wirkflächenbereiche sukzessive durch Handarbeit abgetragen, bis auch die nichttragenden Bereiche Druck auf das Werkstück übertragen. Dieser manuelle Vorgang ist wegen seiner Arbeitsintensität und der langen Maschinenbelegung sehr kostenintensiv. Die Einarbeitung der Werkzeuge erfolgt dabei zuerst auf einer Einarbeitungspresse und anschließend auf der Produktionspresse, mit der die Serienbauteile hergestellt werden.

[0004] Ausgehend von diesem Stand der Technik macht es sich die vorliegende Erfindung zur Aufgabe, ein Verfahren anzugeben, mit dem die Nachteile des Standes der Technik überwunden werden. Ferner ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren anzugeben, mit dem Wirkoberflächen von Werkzeugen effizient und präzise gestaltet werden können und der Aufwand bei deren Nachbearbeitung reduziert wird.

[0005] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs gelöst. Die abhängigen Ansprüche stellen vorteilhafte Ausführungen der Erfindung dar.

[0006] Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Werkzeugs zum Umformen von Werkstücken vor, wobei das Werkzeug mindestens eine erste Werkzeughälfte und eine zweite Werkzeughälfte umfasst, bei dem jede Werkzeughälfte zumindest eine Wirkoberfläche aufweist, die der anderen Werkzeughälfte zugewandt ist. Durch Schließen des Werkzeugs, bei dem die Werkzeughälften aufeinander zu bewegt werden, kommen die Wirkoberflächen der Werkzeughälften mit dem Werkstück in Kontakt. Dabei wird mit den Wirkoberflächen das Werkstück umgeformt. Das Verfahren kann dabei die Schritte Erzeugen der Wirkoberfläche der ersten Werkzeughälfte und Erzeugen der Wirkoberfläche der zweiten Werkzeughälfte umfassen, wobei zumindest bei dem Erzeugen der Wirkoberfläche der zweiten Werkzeughälfte die elastische Verformbarkeit mindestens einer Werkzeughälfte berücksichtigt wird. Dies bietet den Vorteil, dass die Aufwände in der Einarbeitungsphase und Inbetriebnahme der Werkzeughälften verringert werden. Solche Umformwerkzeuge sind insbesondere Tiefziehwerkzeuge, Presswerkzeuge oder ähnliche Werkzeuge, bei denen zur Umformung eines Werkstücks, dieses zumindest abschnittsweise zwischen den Wirkoberflächen der Werkzeughälften eingeklemmt wird.

[0007] Darüber hinaus kann beim Erzeugen der Wirkoberfläche der ersten Werkzeughälfte die elastische Verformbarkeit mindestens einer Werkzeughälfte berücksichtigt werden. Hieraus ergeben sich Vorteile dahingehend, dass bei der Konstruktion eines Werkzeugs die elastische Verformbarkeit beider Werkzeughälften berücksichtigt wird.

[0008] Darüber hinaus kann bei dem Erzeugen der Wirkoberfläche der ersten und/oder der zweiten Werkzeughälfte die elastische Verformbarkeit einer Pressvorrichtung, in der das Werkzeug montiert ist, berücksichtigt werden. Vorteilhafterweise erhöht sich dadurch die Genauigkeit bei der Herstellung der Endkontur der Wirkfläche, so dass der Aufwand bei der Nacharbeit weiter reduziert wird.

[0009] Zum Erzeugen einer Wirkoberfläche auf einer Werkzeughälfte unter Berücksichtigung der elastischen Verformbarkeit mindestens einer Werkzeughälfte, können folgende Schritte durchgeführt werden, Erzeugen einer vorläufigen Wirkoberfläche einer Werkzeughälfte, Ermittlung der elastischen Biegung bzw. elastischen Verformung mindestens einer Werkzeughälfte mittels einer Finite Elemente Simulation, Erzeugen eines Verschiebungsfelds, in dem punktuelle Verschiebungen der Wirkoberfläche über den Verlauf der vorläufigen Wirkoberfläche der Werkzeughälften ermittelt werden, basierend auf den Simulationsergebnissen, Ermittlung einer Deformationsfunktion aus dem Verschiebungsfeld und Anwendung der Deformationsfunktion auf die vorläufige Wirkoberfläche zumindest einer der Werkzeughälften zur Erzeugung der Wirkoberfläche der Werkzeughälfte. Mit anderen Worten handelt es sich bei der vorläufigen Wirkoberfläche um eine erste Wirkoberfläche einer Werkzeughälfte, die bei geschlossener Presse und ohne Einwirkung von Prozesskräften weitestgehend der Negativform der Wirkoberfläche der korrespondierenden Werkzeughälfte entspricht. Die unter Berücksichtigung des Verschiebungsfeldes erzeugte Wirkoberfläche stellt eine finale Wirkoberfläche der Werkzeughälfte dar, die in unbelastetem Zustand nicht der Negativform der Wirkoberfläche der korrespondierenden Werk-

zeughälfte entspricht. Erst durch Aufbringen der Umformkräfte wird die Wirkoberfläche dieser Werkzeughälfte derart verformt, dass sie der Negativform der korrespondierenden Werkzeughälfte entspricht.

[0010] Zusätzlich oder alternativ kann bei der Erzeugung der Wirkoberfläche auch die elastische Verformung bzw. die elastische Durchbiegung der Presse berücksichtigt werden, wobei die elastische Verformung der Presse ebenfalls in der Finite Elemente Simulation berücksichtigt wird. Bei dem Erzeugen eines Verschiebungsfelds, in dem punktuelle Verschiebungen der Wirkoberfläche über den Verlauf der vorläufigen Wirkoberfläche der Werkzeughälften ermittelt werden, basierend auf den Simulationsergebnissen wird folglich auch die elastische Durchbiegung der Presse einbezogen.

[0011] Zusätzlich kann die ermittelte Deformationsfunktion auch auf einen Blechhalter angewendet werden zur Bestimmung einer Wirkoberfläche des Blechhalters. Der Blechhalter wirkt zusammen mit einer Fläche an der zweiten Werkzeughälfte, wobei auf diese Fläche ebenfalls die Deformationsfunktion angewendet wird.

[0012] Darüber hinaus können die wirkenden Prozesslasten aus den Ergebnissen einer Umformsimulation ermittelt werden und in Form von vielen Einzelkräften in die Finite Elemente Simulation eingehen.

[0013] In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein computerlesbares Medium mit einem Computerprogramm-Produkt, das Softwaremittel zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der oben genannten Schritte aufweist, wenn das Computerprogramm in einem Automatisierungssystem, beispielsweise auf einem Computer, ausgeführt wird.

[0014] Im Folgenden wird die Erfindung anhand der Figurenbeschreibung näher erläutert. Die Ansprüche, die Figuren und die Beschreibung enthalten eine Vielzahl von Merkmalen, die im Folgenden im Zusammenhang mit beispielhaft beschriebenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung erläutert werden. Der Fachmann wird diese Merkmale auch einzeln und in anderen Kombinationen betrachten, um weitere Ausführungsformen zu bilden, die an entsprechende Anwendungen der Erfindung angepasst sind.

[0015] Es zeigt in schematischer Darstellung

Figur 1 den Aufbau einer Pressenvorrichtung mit darin angeordnetem Umformwerkzeug,

Figuren 2a,2b, 2c einzelne Prozessschritte bei der Erzeugung der Wirkoberfläche einer Werkzeughälfte,

Figur 3 eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Werkzeugs, das in einer Pressvorrichtung angeordnet ist und

Figur 4 eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Werkzeugs, das in einer Pressvorrichtung montiert ist.

[0016] Zum Verständnis der Erfindung wird zunächst in Figur 1 der prinzipielle Aufbau einer Umformvorrichtung beschrieben, hier einer Presse 10. Dieser Aufbau ist nur beispielhaft und soll die vorliegende Erfindung nicht darauf beschränken. Die Umformvorrichtung 10 umfasst einen Tisch 15, der sich über Auflageelemente 18 auf einem Boden 19 abstützt. Gegenüber dem Boden 19, der beispielsweise ein Werkstattboden ist, befindet sich eine Decke 21, an der ein Antrieb 11, beispielsweise mit einem Getriebe 11, vorgesehen ist. Über Halterungen 22 ist der Antrieb 11 mit einem Stößel 12 verbunden.

[0017] Das Umformwerkzeug umfasst eine erste Werkzeughälfte 14 und eine zweite Werkzeughälfte 13, die in einer geschlossenen Position des Werkzeugs eine Kavität ausbilden. Die erste Werkzeughälfte 14 ist an dem Tisch 15 befestigt und die zweite Werkzeughälfte 13 ist an dem Stößel 12 fixiert. Mit Hilfe der Antriebseinheit 11 kann der Stößel 12 und damit auch die zweite Werkzeughälfte 13 Relativbewegungen zur ersten Werkzeughälfte 14 durchführen. Gemäß der Darstellung aus Figur 1 können folglich Hub- und Senkbewegungen der zweiten Werkzeughälfte 13 erzeugt werden, um ein Arbeitsspiel der Presse 10 bzw. des Werkzeugs zu durchlaufen. In einem oberen Totpunkt der zweiten Werkzeughälfte 13, in dem die Werkzeughälften 13, 14 am weitesten voneinander entfernt sind, ist die Kavität des Werkzeugs geöffnet. In einem unteren Totpunkt bilden die beiden Werkzeughälften 13, 14 die Kavität aus. Ein Arbeitsspiel der Presse umfasst eine Bewegung der zweiten Werkzeughälfte 13 von dem oberen Totpunkt zu dem unteren Totpunkt und wieder zurück in den oberen Totpunkt. Wie in den Figuren dargestellt, verläuft die Trennebene der Werkzeughälften 13, 14 im Wesentlichen in horizontaler Richtung, wobei die Arbeitsrichtung der Presse in den Figuren einer vertikalen Arbeitsrichtung entspricht.

[0018] Zwischen den zwei Werkzeughälften 13, 14 wird ein Werkstück 20, beispielsweise ein Blech oder eine Blechplatte eingebracht und durch Zusammenfahren der Werkzeughälften 13 und 14 umgeformt. Die erste Werkzeughälfte 14 ist in den Figuren 1, 3 und 4 als eine untere Werkzeughälfte ausgebildet und umfasst einen Stempel und einen Blechhalter 16. Dieser Blechhalter 16 ist zur Fixierung des Werkstücks 20 in einer vorbestimmten Position vorgesehen, und ist ebenfalls in Arbeitsrichtung der Presse, d.h. in Figur 1 in vertikaler Richtung beweglich verfahrbar.

[0019] In den Figuren 3 und 4 wird durch eine Aufwärtsbewegung des Blechhalters 16 das zu bearbeitende Blech 20 gegen die zweite Werkzeughälfte 13 gedrückt und damit ortsfest fixiert. Beim Schließen des Werkzeugs bewegt sich

die zweite Werkzeughälfte 13 nach unten, wobei auch der Blechhalter 16 nach unten verdrängt wird. Die zweite Werkzeughälfte 13 ist als ein Oberwerkzeug in den Figuren 1, 3 und 4 dargestellt und als Matrize ausgebildet. Diese Matrize hat einen Bereich, in dem sie mit dem Stempel zusammenwirkt und einen oder mehrere Bereiche in denen sie mit den Blechhaltern 16 zusammen wirkt. Das Werkstück 20, hier eine Blechplatine, wird über die Blechhalter 16 in den Bereichen der Matrize, die mit dem Blechhalter zusammenwirken, gegen diese gedrückt. Die Blechplatine 20 wird so geklemmt, dass ein definiertes Nachfließen des Blechmaterials ermöglicht wird.

[0020] Der Boden 19 und die Decke 21 sind rechts- und linksseitig in Figur 1 über Zuganker 17 miteinander verbunden um zu vermeiden, dass aufgrund von Reaktionskräften, die durch die Umformung erzeugt werden, sich die Decke 21 und der Boden 19 voneinander weg bewegen.

[0021] In Figur 1 ist ein zweiteiliges Werkzeug dargestellt, mit einem ortsfesten Unterwerkzeug 14 als erste Werkzeughälfte und einer translatorisch beweglichen zweiten Werkzeughälfte 13 als Oberwerkzeug. In einer weiteren, nicht dargestellten Ausführungsform der Erfindung, können auch beide Werkzeughälften 13, 14 zueinander translatorische Relativbewegungen durchführen, um das Werkstück 20 umzuformen.

[0022] Die in Figur 1 dargestellte Presse 10 mit den Werkzeughälften 13, 14 weist dahingehend Nachteile auf, dass das Werkzeug nicht über die komplette Wirkfläche schließt, bzw. an dem Werkstück anliegt, wenn es sich in einer geschlossenen Position befindet. Dadurch entsteht eine nicht konstante Druckverteilung, weshalb die Bauteiloberflächen nicht zufriedenstellend ausgeprägt sind. Folglich muss das Werkzeug und somit die Werkzeughälften 13 und 14 eintuschiert werden. Da dies zunächst auf einer Einarbeitspresse erfolgt, die nicht identisch mit der späteren Produktionspresse ist, müssen die Werkzeuge mehrfach eintuschiert werden. Die Presse 10 in Figur 1 ist in einer geöffneten Position dargestellt, nachdem ein Blech 20 umgeformt wurde. In Realität wirken in dieser Position keine Prozesskräfte auf das Blech 20, so dass der Tisch 15 und der Stößel 12 nicht durchgebogen sind. Zur besser Erläuterung der Problemstellung, mit der sich die Erfindung beschäftigt, wird jedoch in Figur 1 diesbezüglich von der Realität abgewichen, indem Tisch 15 und Stößel 12 gebogen dargestellt sind.

[0023] Im Folgenden sollen anhand der Figuren 2a, 2b und 2c das erfindungsgemäße Verfahren zum Erzeugen der Wirkoberflächen der Werkzeughälften 13, 14 erläutert werden. In Figur 2a ist eine aus dem Stand der Technik bekannte Werkzeughälfte 13 mit einer Wirkoberfläche 13a dargestellt. Die Kontur bzw. der Verlauf der Wirkoberfläche 13a entspricht der Kontur bzw. dem Verlauf der äußeren geometrischen Form eines herzustellenden Bauteils. Die in Figur 2a dargestellte Werkzeughälfte 13 liefert jedoch nur unter der Annahme, dass Umformkräfte keine elastischen Verformungen in der Werkzeughälfte 13 hervorrufen, eine ausreichend ausgeprägte Sollgeometrie. Gleichzeitig stellt die in Figur 2a dargestellte Werkzeughälfte 13 und deren Kontur der Wirkoberfläche 13a einen Ausgangspunkt bei der Erzeugung der finalen Wirkoberfläche dar.

[0024] Ausgehend von dem Verlauf der vorläufigen Wirkoberfläche 13a wird in einer Finiten Elemente Simulation die elastische Verformung bzw. die Durchbiegung dieser vorläufigen Wirkoberfläche 13a bestimmt. Bei der Finite Elemente Simulation wird als Belastung die Umformkraft herangezogen, mit der die Werkzeughälften auf das Werkstück wirken. Hierbei werden Knotenpunkte definiert und die diskret wirkenden Prozesslasten in den Punkten ermittelt. Die wirkenden Prozesslasten werden aus den Ergebnissen einer Umformsimulation ermittelt und gehen in Form von vielen Einzelkräften in die Finite Elemente Simulation ein. Bei der Ermittlung der beim Umformen vorherrschenden Prozesskräfte bzw. Prozesslasten wird auch das Material des Werkstücks, wie auch dessen Dicke berücksichtigt. Der sich aus der Finite Elemente Simulation ergebende Verlauf der durchgebogenen, vorläufigen Wirkfläche 13a ist in Figur 2b mit der gestrichelten Linie dargestellt. Aus dem unterschiedlichen Verlauf der vorläufigen Wirkoberfläche 13a und dem durchgebogenen Verlauf der vorläufigen Wirkoberfläche 13b wird ein Verschiebungsfeld ermittelt, in dem die punktuelle Verschiebung bzw. Durchbiegung über den Verlauf der vorläufigen Wirkoberfläche 13a bestimmt wird. Mit anderen Worten, es wird entlang des Verlaufs der vorläufigen Wirkfläche 13a eine Auslenkung ermittelt, um die sich die vorläufige Wirkfläche 13a verschiebt zu der durchgebogenen Wirkoberfläche 13b.

[0025] Dieses Verschiebungsfeld wird anschließend invertiert und dem Verlauf der vorläufigen Wirkoberfläche überlagert. Hierbei wird die Auslenkung der vorläufigen Wirkoberfläche 13a, die mit der gestrichelten Linie 13b dargestellt ist, in gegenüberliegender Richtung der vorläufigen Wirkoberfläche 13a mit umgekehrten Vorzeichen addiert, so dass sich ein Verlauf ergibt, wie er mit der gepunkteten Linie 13c in Figur 2c dargestellt ist. Die in Figur 2c dargestellte gestrichelte Linie 13c stellt die finale Wirkoberfläche der Werkzeughälfte 13 dar.

[0026] Bei der Finite Elemente Simulation werden die Prozesskräfte, die auf die Blechplatine wirken berücksichtigt. Da bei der Ermittlung der Prozesskräfte neben anderen Größen auch die Blechdicke sowie das Blechmaterial berücksichtigt werden, fließen diese Parameter in die Finite Elemente Simulation ein.

[0027] In der Finite Elemente Simulation, bei der die Durchbiegung bzw. die elastische Verformung der Werkzeughälfte 13 ermittelt wird, kann in einer alternativen Ausführungsform des Verfahrens auch die elastische Verformung der Pressenvorrichtung, insbesondere des Pressenstößels sowie des Pressentisches, berücksichtigt werden. Ebenso ist es möglich, bei der Auslegung der Wirkoberfläche einer Werkzeughälfte die elastische Verformung der anderen Werkzeughälfte ober beider Werkzeughälften zu berücksichtigen.

[0028] Zwei alternative Ausführungsformen der Erfindung sind in den Figuren 3 und 4 dargestellt, wobei gleiche

Bezugszeichen die gleichen Bauteile, wie bereits zu der Figur 1 beschriebenen Pressenvorrichtung, bezeichnen. In beiden Figuren ist das Werkzeug in einer geöffneten Stellung abgebildet, wobei die Werkzeughälften zueinander nicht formschlüssig sind und sowohl Tisch 15 und Stößel 12 durchgebogen sind. Dies dient nur als grafische Darstellung zur Erläuterung der Erfindung. In Realität passen bei durchgebogenem Tisch 15 und Stößel 12 die Werkzeughälften 13, 14 aufeinander (Werkzeug ist geschlossen). Wenn die Wirkflächenkonturen in der dargestellten Position (Werkzeug geöffnet) bleiben, verlaufen Tisch 15 und Stößel 12 parallel bzw. ohne Durchbiegung. D.h. in den Figuren 3 und 4 entspricht die Form der Werkzeuge 13, 14 einem unbelasteten Zustand und die Form des Tisches 15 und des Stößels 12 einem belasteten Zustand. Wie aus den Figuren 3 und 4 ersichtlich ist, weist die zweite Werkzeughälfte 13 einen Verlauf der Wirkoberfläche auf, der sich von dem Verlauf der Wirkoberfläche der zweiten Werkzeughälfte 13 aus Figur 1 unterscheidet. Während der Verlauf der Wirkoberfläche der zweiten Werkzeughälfte 13 aus Figur 1 konkav geformt ist, sind die Verläufe bzw. die Konturen der zweiten Werkzeughälften 13 gemäß der Erfindung konvex gekrümmt. Wenn also ein Werkstück 20, beispielsweise eine Blechplatte mit dem erfindungsgemäßen Werkzeug gemäß der Figuren 3 und 4 umgeformt wird, wird der Stößel 12 mit daran befindlicher zweiter Werkzeughälfte 13 in einer Arbeitsrichtung bewegt, die einer Bewegungsrichtung nach unten entspricht in den Figuren 3 und 4. Dabei fahren die erste Werkzeughälfte 14 und die zweite Werkzeughälfte 13 zusammen und formen das Werkstück 20 um. Die Umformkräfte erzeugen Reaktionskräfte in der ersten oder auch in der zweiten Werkzeughälfte 13, 14, durch welche diese elastisch verformt wird. Die elastische Verformung erzeugt eine Durchbiegung zumindest der zweiten Werkzeughälfte 13, so dass die Wirkoberfläche dieser zweiten Werkzeughälfte 13 den gleichen Verlauf aufweist wie die vorläufige Wirkoberfläche 13a wie in den Figuren 2a bis c dargestellt. Dadurch erhält das herzustellende Bauteil seine endgültige äußere Form.

[0029] In der zweiten Ausführungsform der Erfindung sind die Blechhalter 16 ebenfalls gekrümmt ausgebildet. Die Deformationsfunktion, die sich aus der Finiten Elemente Simulation bestimmt, ist gemäß dieser Ausführungsform auch auf die Blechhalter 16 angewendet.

[0030] In einer weiteren, nicht dargestellten Ausführungsform der Erfindung, können die Werkzeughälften auch als sogenannte Mehrfachkavitäten ausgebildet sein. Damit ist es möglich mit einem Werkzeughälftenpaar umfassend ein Oberwerkzeug und ein Unterwerkzeug mehrere Bauteile während eines Arbeitsspiels zu erzeugen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Werkzeugs, zum Umformen von Werkstücken (20), wobei das Werkzeug mindestens eine erste Werkzeughälfte (14) und eine zweite Werkzeughälfte (13) umfasst und jede Werkzeughälfte (13, 14) zumindest eine Wirkoberfläche aufweist, die der anderen Werkzeughälfte (14, 13) zugewandt ist, so dass das Werkstück (20) durch in Kontakt bringen mit den Wirkoberflächen umgeformt wird, mit den Schritten:

- Erzeugen der Wirkoberfläche der ersten Werkzeughälfte (14),
- Erzeugen der Wirkoberfläche der zweiten Werkzeughälfte (13),

dadurch gekennzeichnet, dass

zumindest bei dem Erzeugen der Wirkoberfläche der zweiten Werkzeughälfte (13) die elastische Verformbarkeit mindestens einer Werkzeughälfte (13, 14) berücksichtigt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei dem Erzeugen der Wirkoberfläche der ersten Werkzeughälfte (14) die elastische Verformbarkeit mindestens einer Werkzeughälfte (13, 14) berücksichtigt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei dem Erzeugen der Wirkoberfläche der ersten und/oder der zweiten Werkzeughälfte (13, 14) die elastische Verformbarkeit einer Pressvorrichtung (10), in der das Werkzeug montiert ist, berücksichtigt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Erzeugen einer Wirkoberfläche einer Werkzeughälfte (13, 14) unter Berücksichtigung der elastischen Verformbarkeit mindestens einer Werkzeughälfte (13, 14) folgende Schritte durchgeführt werden:

- Erzeugen einer vorläufigen Wirkoberfläche einer Werkzeughälfte (13, 14),
- Ermittlung der elastischen Biegung mindestens einer Werkzeughälfte (13, 14) mittels einer Finite Elemente Simulation,
- Erzeugen eines Verschiebungsfelds, in dem punktuelle Verschiebungen der Wirkfläche über den Verlauf der vorläufigen Wirkoberflächen der Werkzeughälften (13, 14) ermittelt werden, basierend auf den Simulationsergebnissen,

EP 2 662 161 A2

- Ermittlung einer Deformationsfunktion aus dem Verschiebungsfeld,
- Anwendung der Deformationsfunktion auf die vorläufige Oberfläche zumindest einer Werkzeughälfte (13, 14), zur Erzeugung der Wirkoberfläche der Werkzeughälfte (13,14).

- 5 **5.** Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Deformationsfunktion auch auf einen Blechhalter (16) angewendet wird, zur Bestimmung einer Wirkoberfläche (16a) des Blechhalters(16).
- 10 **6.** Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Erzeugung der Wirkoberfläche auch die elastische Verformbarkeit der Presse berücksichtigt wird, in dem die elastische Verformung der Presse in der Finite Elemente Simulation berücksichtigt wird.
- 15 **7.** Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wirkenden Prozesslasten aus den Ergebnissen einer Umformsimulation ermittelt und in Form von vielen Einzelkräften in die Finite Elemente Simulation eingehen.

20

25

30

35

40

45

50

55

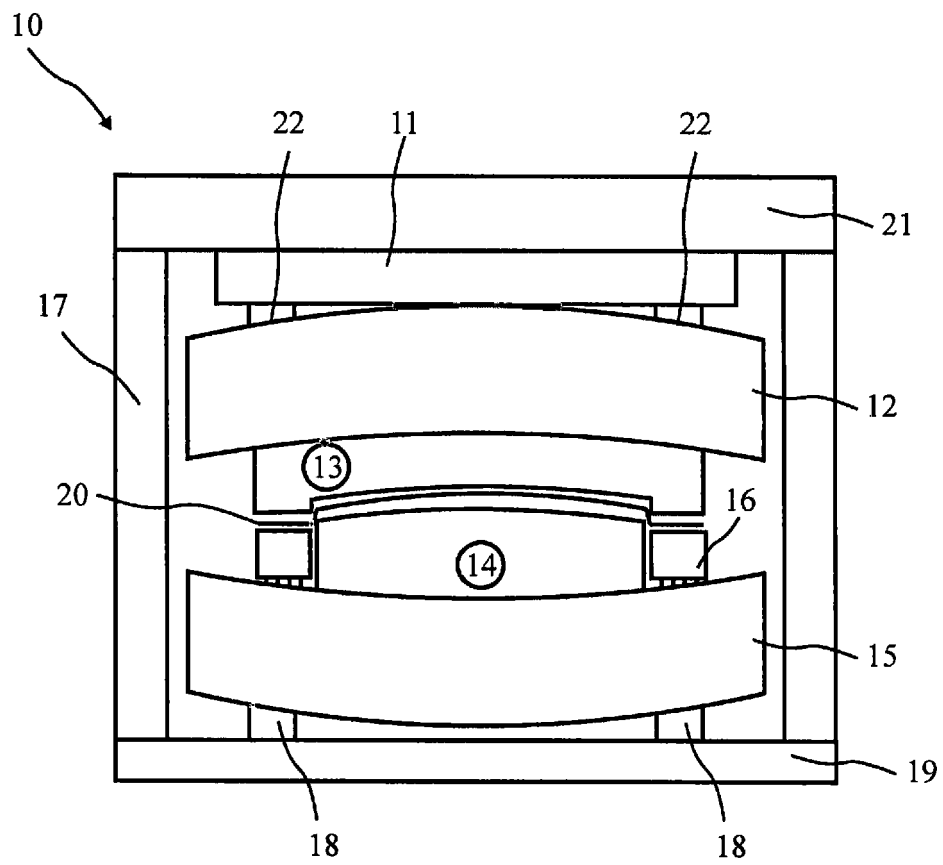
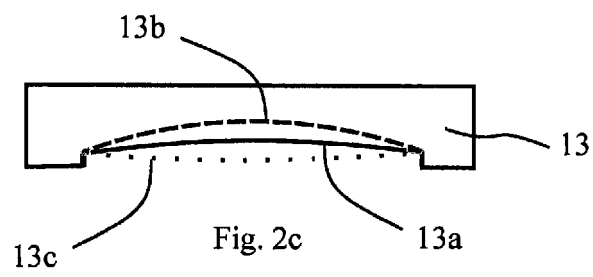
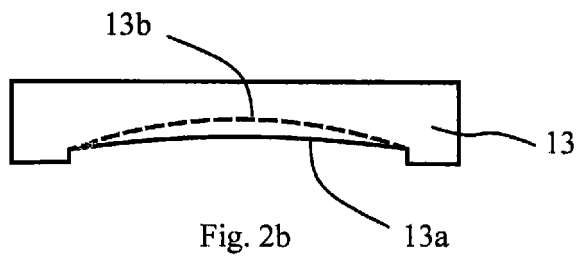
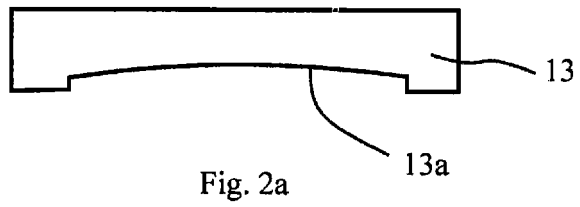


Fig. 1



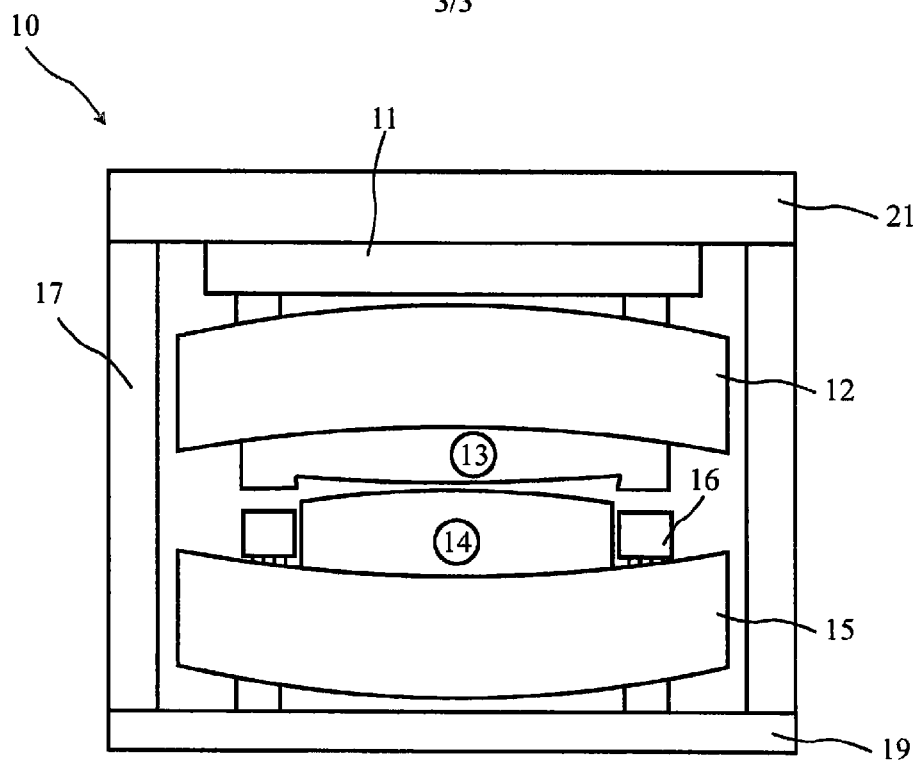


Fig. 3

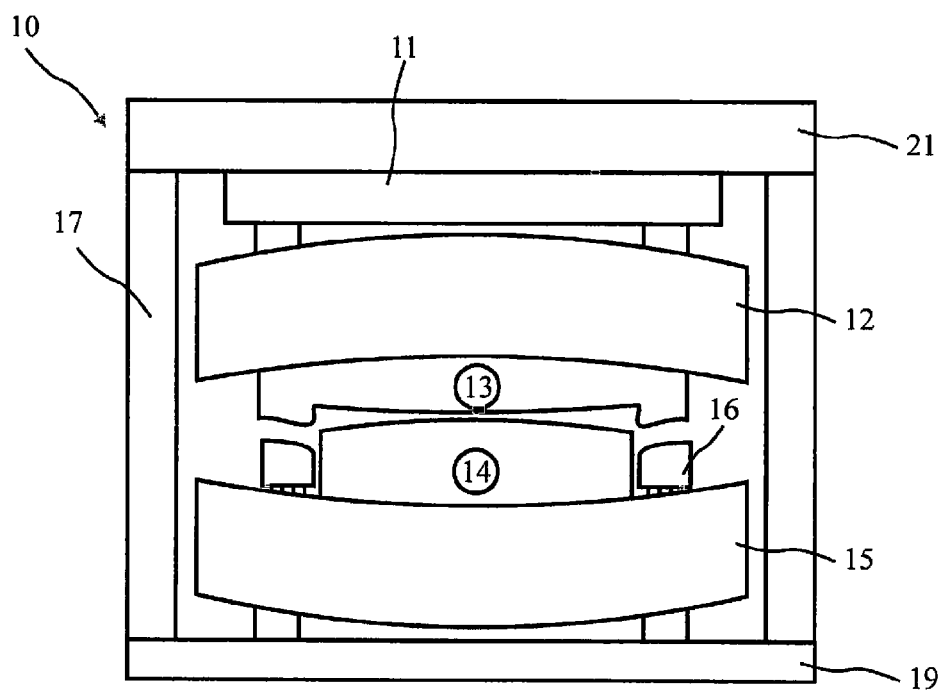


Fig. 4

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

- DE 102004054679 B4 [0002]
- DE 102004054679 A1 [0003]