



(10) **DE 10 2022 121 997 A1** 2024.02.29

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 121 997.6**

(22) Anmeldetag: **31.08.2022**

(43) Offenlegungstag: **29.02.2024**

(51) Int Cl.: **B21D 22/08** (2006.01)

B21D 37/06 (2006.01)

B21D 51/12 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung eingetragener Verein,
80686 München, DE**

(74) Vertreter:

**Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB,
80802 München, DE**

(72) Erfinder:

**Reuther, Franz, 09126 Chemnitz, DE; Melzer,
Sebastian, 09126 Chemnitz, DE; Kurth, Robin,
09126 Chemnitz, DE; Päßler, Thomas, 09126
Chemnitz, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

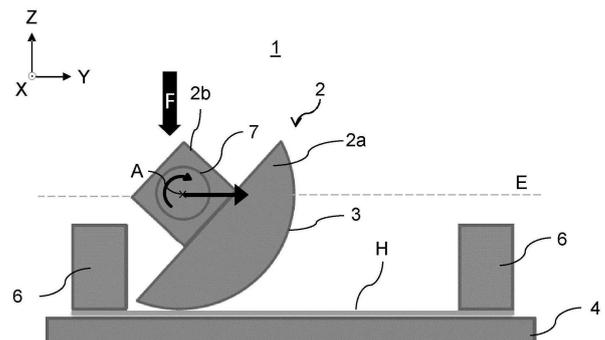
DE	198 32 897	B4
DE	10 2013 020 280	B3
DE	10 2014 018 409	A1
DE	10 2015 220 231	A1
DE	10 2016 003 840	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Umformen von dünnwandigen Blechhalbzeugen**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung umfasst ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Umformen von dünnwandigen Blechhalbzeugen (H), insbesondere zur Herstellung von Bipolarplatten, Elektrolyseurplatten, Wärmeübertragern oder Sonnenkollektoren, wobei ein Blechhalbzeug (H) in einer Umformvorrichtung (1) an einer Matrize (4) fixiert und mittels Abrollen eines Stempелеlements (2) mit zumindest abschnittsweise zylindrischer Stempelfläche (3) inkrementell zwischen der Stempelfläche (3) und der Matrize (4) umgeformt wird.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Umformen von dünnwandigen Blechhalbzeugen, insbesondere zur Herstellung von großflächigen, strukturierten Blechbauteilen wie Bipolarplatten, Elektrolyseurplatten, Wärmeübertragern oder Sonnenkollektoren, und eine Vorrichtung zu dessen Durchführung.

[0002] Zur Herstellung von flächigen Bauteilen durch einen spanlosen Umformprozess werden üblicherweise Pressen oder Walzen verwendet, in denen Umformwerkzeuge eingesetzt sind, um ein Blechhalbzeug aufzunehmen und dieses dann durch entsprechende Krafterwirkung in die gewünschte Form zu bringen. Zur wirtschaftlichen Fertigung von flächigen Bauteilen für den Massenmarkt wird eine hohe Produktivität bei geringen Kosten angestrebt. Für die umformende Fertigung von Wärmeübertragerplatten und für dünnwandige Blechbauteile, insbesondere Bipolarplatten, Elektrolyseurplatten, Wärmeübertrager oder Sonnenkollektoren werden verschiedene Verfahren eingesetzt.

Beschreibung des Stands der Technik

[0003] Umformverfahren zum Umformen dünnwandigen Blechhalbzeugen, z.B. zur Herstellung von großflächigen, strukturierten Blechbauteilen, sind im Stand der Technik bekannt. Einerseits gibt es Umformverfahren, wie das Tiefziehen und das Blechhochdruckumformen, bei denen das Blechhalbzeug fixiert und mittels Stempel oder Druckbeaufschlagung komplett umgeformt wird. Andererseits ist das Hohlprägewalzen bekannt, bei dem das Halbzeug durch ein kontinuierliches Walzenpaar geführt und dort lokal umgeformt wird.

[0004] DE 10 2015 220 231 A1 offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Tiefziehen eines Blechhalbzeugs, das mittels Niederhalter gegen eine Matrize geklemmt wird. Ein Stempel drückt anschließend das Blechhalbzeug in die Gravur der Matrize. Durch den Niederhalter kann das Halbzeug gehalten und gespannt werden. Dadurch wird Faltenbildung vermieden und Ebenheit gewährleistet. Das Verfahren kann auf allen normalen Umformpressen durchgeführt werden, so dass keine Sonderanlagen nötig sind. Durch die komplette Umformung in einem Schritt sind beim Tiefziehen die Prozesskräfte jedoch sehr hoch und es bedarf sehr hoher Maschinensteifigkeiten.

[0005] Beim Blechhochdruckumformen oder auch Hydroforming wird das Blechhalbzeug gegen eine Matrize geklemmt und mittels einseitigem Wasserdruck in die Matrize hineingedrückt. Dabei werden

die beiden Werkzeughälften geschlossen gehalten. Eine entsprechende Vorrichtung zur Umformung eines Blechhalbzeugs mittels eines fließfähigen Wirkmediums ist beispielsweise aus der DE 10 2013 020 280 bekannt. Die Vorrichtung umfasst ein Formwerkzeug, das eine zur Erzeugung einer Werkstückform ausgebildete Matrize aufweist. Durch Aufbringen eines Wirkmediums auf ein gehaltenes Halbzeug mittels einer Druckerzeugungseinrichtung zur Druckbeaufschlagung des Wirkmediums wird das Werkstück gemäß dem Formwerkzeug umgeformt. Es wird nur eine Werkzeugeite benötigt, da das Wasser die Aufgabe des Stempels übernimmt. Dadurch sind die Werkzeugkosten geringer. Durch die Druckbeaufschlagung ergibt sich ein homogenes Abstreckerverhalten, wodurch eine hohe Ebenheit erreicht und Faltenbildung vermieden werden kann. Nachteilig ist dabei, dass ein Hochdruckerezeuger und spezielle Zuhaltepressen nötig sind. Es entstehen hohe Prozesszeiten durch Befüll- und Entleerungsvorgänge.

[0006] Beim Hohlprägewalzen wird das Halbzeug durch ein kontinuierliches Walzenpaar geführt und dort lokal umgeformt. Dabei wird das Blechhalbzeug entlang der Bandrichtung auf Zug gehalten. Ein derartiges Verfahren ist aus DE 10 2014 018 409 bekannt. Durch die inkrementelle Umformung werden nur geringe Prozesskräfte benötigt. Mangels Haltung in Querrichtung zur Walzrichtung kann die Ebenheit des Blechhalbzeugs nicht vollumfänglich gewährleistet werden. Große Walzen- und Lagerdurchmesser werden benötigt, um das Aufbiegen der Walzen zu vermeiden. Durch große Antriebsmomente wird die Kinematik des Umformprozesses erschwert.

[0007] Für die umformende Herstellung von großflächigen Strukturen (bspw. Kanalstrukturen) kann der Kraftbedarf beim Tiefziehen bzw. Blechhochdruckumformen ohne inkrementellen Anteil über die anlagenseitig verfügbaren Umformkräfte steigen. Selbst bei inkrementeller Umformung durch Hohlprägewalzen können die Prozesskräfte bereits so groß werden, dass eine sichere umformtechnische Herstellung infolge von Walzenaufbiegung nicht möglich ist. Problematisch sind die Breite der Walze, die daraus resultierende freie Biegelänge und die fehlende Möglichkeit, die profilierten Walzen in vertikaler Richtung zu stabilisieren. Weiterhin sind durch die ungünstigere Kinematik des Walzantriebes z.B. gegenüber dem Antrieb einer Presse deutlich größere und dementsprechend teurere Antriebe nötig.

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die aus dem Stand der Technik bekannten Probleme zu lösen und ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Umformen von dünnwandigen Blechhalbzeugen mit geringer Prozesskraft bereitzustellen.

[0009] Zur Lösung der vorstehend definierten Aufgabe offenbart die vorliegende Erfindung ein Verfahren nach Anspruch 1 und eine Vorrichtung nach Anspruch 7.

[0010] In dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Umformen von dünnwandigen Blechhalbzeugen, insbesondere zur Herstellung von Bipolarplatten, Elektrolyseurplatten, Wärmeübertragern oder Sonnenkollektoren, wird ein Blechhalbzeug in einer Umformvorrichtung an einer Matrize fixiert und mittels Abrollen eines Stempелеlements mit zumindest abschnittsweise zylindrischer Stempelfläche inkrementell zwischen der Stempelfläche und der Matrize umgeformt.

[0011] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Umformen von dünnwandigen Blechhalbzeugen, insbesondere zur Herstellung von Bipolarplatten, Elektrolyseurplatten, Wärmeübertragern oder Sonnenkollektoren, umfasst eine Matrize und mindestens ein Stempелеlement, das eine zumindest abschnittsweise zylindrische Stempelfläche aufweist und konfiguriert ist, um an einem an der Matrize fixierten Halbzeug abzurollen, um das Halbzeug inkrementell zwischen der Stempelfläche und der Matrize umzuformen.

[0012] Hierdurch ergibt sich der vorteilhafte Effekt, dass zwischen der zylindrischen Stempelfläche und dem Halbzeug eine linienförmige Kraftübertragung stattfindet. Durch die inkrementelle Umformung muss durch das Stempелеlement lediglich eine geringe Prozesskraft auf das Halbzeug aufgebracht werden. Durch die niedrigen Prozesskräfte können selbst in dickeren Blechhalbzeugen tiefe Strukturen geformt werden. Durch die Fixierung des Halbzeugs auf der Matrize kann im Gegensatz zum Hohlprägewalzen - bei welchem das Halbzeug gegenüber beiden Walzen beweglich und folglich nicht an der Matrize fixiert ist - zusätzlich eine hohe Ebenheit des umgeformten Halbzeugs ermöglicht werden. Dies mündet in einer hohen Qualität des umgeformten Blechhalbzeugs und aller daraus hergestellten Bauteile.

[0013] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstände der abhängigen Ansprüche.

[0014] Es kann von Vorteil sein, wenn beim Abrollen des Stempелеlements auf dem Halbzeug eine senkrecht zum Halbzeug ausgerichtete Presskraft auf das Halbzeug aufgebracht wird, wobei das Stempелеlement vorzugsweise schlupffrei auf dem Halbzeug abrollt. Die Schlupffreiheit sorgt für eine flächendeckende sowie gleichmäßige Umformung des Halbzeugs. Die Matrize weist vorzugsweise wenigstens einen ebenen, insbesondere horizontalen Anlageabschnitt auf, vorzugsweise an der Oberseite, der mit dem Stempелеlement zusammenwirkt und mit die-

sem eine Form zur Umformung des Blechhalbzeugs bildet. Es ist auch möglich, dass der Anlageabschnitt gekrümmt ist, z.B. konkav oder konvex, insbesondere in zylindrischer Form, wobei der Anlageabschnitt bevorzugt einen größeren Krümmungsradius aufweist als die Stempelfläche. So kann der Anlageabschnitt beispielsweise als Wanne ausgelegt sein. Bevorzugt liegen mehrere Anlageabschnitte in einer Ebene oder einer zylindrischen Fläche. Das Blechhalbzeug wird zur Umformung vorzugsweise an dem Anlageabschnitt angelegt und dort fixiert, sodass es während der Umformung in Anlage an diesem Anlageabschnitt der Matrize gehalten wird.

[0015] das Stempелеlement auf dessen Stempelfläche ein abschnittsweise erhabenes und/oder ausgespartes Prägeprofil, vorzugsweise Kanalstrukturen oder Tiefungsgeometrien, aufweist. Somit können komplexe Oberflächenstrukturen der Blechhalbzeuge, insbesondere Bipolarplatten, Elektrolyseurplatten, Wärmeübertragern oder Sonnenkollektoren bedarfsgerecht geformt werden.

[0016] Es kann sich als vorteilhaft erweisen, wenn das Halbzeug an der Matrize anliegend umgeformt wird, vorzugsweise in horizontaler Ausrichtung, wobei die Matrize bevorzugt wenigstens einen Anlageabschnitt aufweist, der eine ebene Auflagevorzugsweise ebene oder zylinderabschnittsförmige Anlagefläche definiert, wobei die Matrize besonders bevorzugt ein abschnittsweise ausgespartes Prägeprofil, noch bevorzugter Kanalstrukturen oder Tiefungsgeometrien aufweist, wobei ganz besonders bevorzugt die Prägeprofile der Matrize und des Stempелеlements komplementär zueinander ausgebildet sind, wobei das Prägeprofil der Matrix noch weiter bevorzugt als vertiefte Gravur ausgebildet ist. Die Matrize bildet somit eine feste Unterlage für den Umformprozess und bietet eine hohe Steifigkeit des Halbzeugs bei der Umformung. Durch das Prägeprofil der Matrize kann eine Formgebung an der Unterseite des Halbzeugs aufgebracht werden, während durch das Stempелеlement lediglich die Presskraft aufgebracht wird. Durch die komplementär zueinander ausgeführten Prägeprofile kann die Umformung von beiden Seiten unterstützt werden und somit eine weitere Verringerung der Prozesskraft ermöglicht werden.

[0017] Es kann nützlich sein, wenn das Verfahren den folgenden Schritt umfasst: Steuerung der relativen translatorischen und/oder rotatorischen Bewegung des Stempелеlements und/oder der Matrize, vorzugsweise mechanisch oder elektronisch, insbesondere zur Synchronisation des Abrollvorgangs des Stempелеlements auf dem Halbzeug, vorzugsweise derart, dass das Stempелеlement schlupffrei auf dem Halbzeug abrollt. Durch die Abstimmung der Kinematik zwischen dem Stempелеlement und der Matrize kann gewährleistet werden, dass während

der Abrollbewegung des Stempелеlements auf dem Halbzeug die abgerollte Zylinderfläche des Stempелеlements exakt auf die umzuformende Fläche auf dem Halbzeug gepresst wird. Durch eine zusätzlich bereitgestellte, abgestimmte Steuerung des Stempелеlements und der Matrize ist der Einsatz auf konventionellen Pressen möglich.

[0018] Es kann praktisch sein, wenn eine Rotationsachse des Stempелеlements und das Halbzeug während des Umformens relativ zueinander bewegt werden, vorzugsweise in parallelen Ebenen, vorzugsweise derart, dass die Bewegungsgeschwindigkeit der Rotationsachse des Stempелеlements der Umfangsgeschwindigkeit der Stempelfläche des Stempелеlements entspricht. Somit kann ein exakter Abrollvorgang auf dem Halbzeug gewährleistet werden.

[0019] Es kann sich als sinnvoll erweisen, wenn die Umformvorrichtung konfiguriert ist, um das Stempелеlement um eine Rotationsachse zu drehen und dabei entweder das Stempелеlement oder die Matrize in einer Richtung senkrecht bzw. tangential zu dieser Rotationsachse zu bewegen, vorzugsweise derart, dass das Stempелеlement schlupffrei an dem an der Matrize fixierten Halbzeug abrollt. Je nach Bedarf kann das Halbzeug durch Bewegung der Matrize entsprechend der Umfangsgeschwindigkeit der Stempelfläche bewegt werden, oder das Stempелеlement rotiert und bewegt sich entsprechend über das fixierte Halbzeug hinweg.

[0020] Es kann sich als nützlich erweisen, wenn eine Rotationsachse des Stempелеlements mit einer Krümmungsachse der zylindrischen Stempelfläche zusammenfällt oder versetzt zu der Krümmungsachse der zylindrischen Stempelfläche angeordnet ist, vorzugsweise zwischen der Krümmungsachse der zylindrischen Stempelfläche und der Stempelfläche. Wenn die Rotationsachse des Stempелеlements mit der Krümmungsachse der zylindrischen Stempelfläche zusammenfällt, können die Rotationsachse und die Matrize in zwei parallelen Ebenen relativ einfach zueinander bewegt werden. Wenn die Rotationsachse des Stempелеlements zwischen der Krümmungsachse der zylindrischen Stempelfläche und der Stempelfläche angeordnet ist, kann das Stempелеlement kleiner ausgelegt werden und der Platzbedarf für das Stempелеlement in der Umformvorrichtung wird verringert.

[0021] Es kann aber auch von Nutzen sein, wenn die Umformvorrichtung mindestens eine Fixiereinrichtung zum Fixieren des Halbzeugs an der Matrize, insbesondere Klemmen oder Niederhalter umfasst. Die Vielfalt an Fixiermöglichkeiten ermöglicht matrizenseitig eine Anwendung des Verfahrens auf bereits bestehenden konventionellen Pressen.

[0022] Es kann nützlich sein, wenn die Umformvorrichtung des Weiteren eine Steuereinheit umfasst, die konfiguriert ist, eine translatorische und/oder rotatorische Bewegung des Stempелеlements und/oder der Matrize zu steuern, vorzugsweise mechanisch oder elektronisch, insbesondere zur Synchronisation beispielsweise der Drehzahl, Drehmoment und/oder Presskraft des Abrollvorgangs auf dem Halbzeug sowie die Geschwindigkeit einer Bewegung des Halbzeugs. Durch die Abstimmung der Kinematik zwischen dem Stempелеlement und der Matrize kann gewährleistet werden, dass während der Abrollbewegung des Stempелеlements auf dem Halbzeug die abgerollte Zylinderfläche des Stempелеlements exakt auf die umzuformende Fläche auf dem Halbzeug gepresst wird. Außerdem kann es nützlich sein, wenn die Umformvorrichtung eine Messvorrichtung zur Überwachung der Prozessparameter, wie beispielsweise Drehzahl, Drehmoment und Presskraft des Stempелеlements umfasst, sowie eine Regelsteuerung zur Optimierung der Prozessparameter durch Anpassung der Steuerung basierend auf den Messwerten der Messvorrichtung. Somit kann eine vollumfängliche Qualitätsüberwachung des Umformprozesses bereitgestellt werden und Umformfehler vermieden oder frühzeitig abgefangen werden.

[0023] Es kann sich als vorteilhaft erweisen, wenn eine Umfangslänge der Stempelfläche des wenigstens einen Stempелеlements einer Länge einer Anlagefläche der Matrize entspricht (mit Toleranz +/- 10%, vorzugsweise +/- 5%) und/oder eine axiale Länge der Stempelfläche des wenigstens einen Stempелеlements einer Breite einer Anlagefläche der Matrize entspricht (mit Toleranz +/- 10%, vorzugsweise +/- 5%), wobei die Stempelfläche und die Anlagefläche gemeinsam eine Form zur Umformung des Halbzeugs bilden. Somit ist die gesamte Umformfläche auf die Matrize abgestimmt und ein ganzheitlicher Umformprozess kann nach einmaligem Abrollen des Stempелеlements abgeschlossen werden. Dies führt zu schnellen Prozesszeiten des Umformprozesses.

[0024] Es kann hilfreich sein, wenn das Stempелеlement im Querschnitt als Bogensegment ausgebildet ist und die Stempelfläche zylinderabschnittsförmig ausgebildet ist, wobei vorzugsweise ein Krümmungsradius der Stempelfläche des Stempелеlements mindestens 25%, vorzugsweise mindestens 50% der Bogenlänge der Stempelfläche beträgt. Wenn die Stempelfläche des Stempелеlements lediglich als Teilzylinder ausgebildet ist und somit nicht umlaufend ist, kann das Stempелеlement von einem der Stempelfläche gegenüberliegenden Stempelabschnitt gestützt werden. Die Aufhängung des Stempелеlements und das Aufbringen der Prozesskraft auf das Stempелеlement werden somit vereinfacht. Durch Vergrößerung des Krümmungsradius` im Ver-

hältnis zur Bogenlänge bzw. Umfangslänge der Stempelfläche werden Verzerrungen, die sich durch die Übertragung des Stempelprofils auf das vorzugsweise ebene Blechhalbzeug ergeben, minimiert.

[0025] Weitere bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich durch Kombinationen der Merkmale, die in der Beschreibung, den Ansprüchen und den Figuren offenbart sind.

Begriffe und Definitionen

[0026] Der Begriff Blechhalbzeug bezieht sich insbesondere, aber nicht ausschließlich, auf Blechplatten mit einer Blechstärke im Bereich vom 0,05 bis 2 mm, vorzugsweise 0,1 bis 0,5 mm. Die Blechstärke des Blechhalbzeugs ist vorzugsweise über dessen gesamte Fläche konstant. Jedes Blechhalbzeug weist vorzugsweise einen konvexen, polygonalen oder runden, insbesondere rechteckigen Umriss auf. Ein Blechhalbzeug erstreckt sich vorzugsweise in einer Ebene.

Kurze Beschreibung der Figuren

[0027] Es zeigen:

Fig. 1A eine Seitenansicht einer Umformvorrichtung einer ersten Ausführungsform zu Beginn des Umformprozesses.

Fig. 1B eine Seitenansicht einer Umformvorrichtung der ersten Ausführungsform am Ende des Umformprozesses.

Fig. 2A eine Seitenansicht einer Umformvorrichtung einer zweiten Ausführungsform zu Beginn des Umformprozesses.

Fig. 2B eine Seitenansicht einer Umformvorrichtung der zweiten Ausführungsform am Ende des Umformprozesses.

Fig. 3A eine Vorderansicht der Umformvorrichtung der ersten oder zweiten Ausführungsform vor dem Umformprozess.

Fig. 3B eine Vorderansicht der Umformvorrichtung der ersten oder zweiten Ausführungsform während des Umformprozesses.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele

[0028] Die bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend mit Bezug auf die beiliegenden Figuren im Detail beschrieben.

[0029] **Fig. 1A** zeigt eine Seitenansicht einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Umformvorrichtung 1 zu Beginn eines Umformprozesses. Eine horizontale Ebene der Umformvorrichtung entspricht einer X-Y-Koordinatenebene, die

durch die X-Richtung und die Y-Richtung aufgespannt wird. Eine vertikale Höhenrichtung entspricht der Z-Richtung.

[0030] Die Umformvorrichtung 1 umfasst ein Stempелеlement 2, eine Matrize 4 und eine Fixiereinrichtung 6. Die Matrize 4 erstreckt sich in X-Y-Ebene. Ein umzuformendes Blechhalbzeug H wird auf der Matrize 4 platziert, um es durch das Stempелеlement 2 umzuformen. Durch die Fixiereinrichtung 6 wird das Halbzeug H auf der Matrize 4 fixiert. Die Fixiereinrichtung 6 kann in Form von Niederhaltern 6 oder Klemmen 6 ausgeführt sein. Während des Umformprozesses wird das Halbzeug H von den Niederhaltern 6 oder Klemmen 6 ortsfest auf der Matrize 4 fixiert. Durch die Fixiereinrichtung 6 werden Faltenbildung auf dem Halbzeug H vermieden und die Ebenheit des Halbzeugs H gewährleistet.

[0031] Das Stempелеlement 2 der Umformvorrichtung 1 weist einen Stempelabschnitt 2a und einen an einer dem Stempelabschnitt 2a gegenüberliegenden Seite angeordneten Stempelaufhängung 2b auf. Der Stempelabschnitt 2a und die Stempelaufhängung 2b können einstückig ausgeführt sein oder aus mehreren Teilen zusammengesetzt sein. Die Stempelaufhängung 2b ist derart über der Matrize 4 aufgehängt, dass der Stempelabschnitt 2a über der Matrize 4 angeordnet ist und in Richtung der Matrize 4 weist. Das Stempелеlement 2 wird derart in der Umformvorrichtung 1 gehalten, dass das Stempелеlement 2 in X-, Y- und Z-Richtung und an einen beliebigen Ort über der Matrize 4 bewegt werden kann.

[0032] Der Stempelabschnitt 2a des Stempелеlements 2 weist die Form eines Zylinderabschnitts mit einer teilkreisförmigen Grundfläche auf. Im Querschnitt bildet der Stempelabschnitt 2a ein Bogensegment. Die Mantelfläche des Teilzylinders ist eine zylinderabschnittsförmige Stempelfläche 3. Ein Krümmungsradius der Stempelfläche 3 des Stempелеlements 2 beträgt vorzugsweise mindestens 25%, bevorzugt mindestens 50% der Bogenlänge der Stempelfläche 3.

[0033] Die Stempelaufhängung 2b hat die Form eines Quaders, der längsseitig an der flachen Seite des Teilzylinders angeordnet ist. Das Stempелеlement 2 ist rotierbar innerhalb der Umformvorrichtung 1 gelagert, so dass es sich um eine Rotationsachse A, die sich in X-Richtung erstreckt, drehen kann. Die Rotationsachse A erstreckt sich entlang der Längsrichtung des Stempelabschnitts 2a und der Stempelaufhängung 2b, und entspricht der Krümmungsachse des die Stempelfläche 3 bildenden Zylinderabschnitts.

[0034] in Abstand von der Rotationsachse A bis zur Stempelfläche 3 des Stempelabschnitts 2a ist derart

ausgelegt, dass sich die Stempelfläche 3 des Stempелеlements 2 durch Rotation um Rotationsachse A auf einer Kreisbahn um die Rotationsachse A dreht. Zusätzlich wird die Rotationsachse A des Stempелеlements 2 parallel zur Matrize 4 translatorisch in der Y-Richtung auf einer Verschiebungsebene E bewegt, während die Matrize 4 ortsfest bleibt. Die Rotationsbewegung des Stempелеlements 2 und die Translationsbewegung der Rotationsachse A sind derart aufeinander abgestimmt, dass die Stempelfläche 3 schlupffrei an dem Halbzeug H abrollt.

[0035] Nach dem Fixieren des Halbzeugs H auf der Matrize 4 wird das Stempелеlement 2 zunächst im Abstand über dem Halbzeug H angeordnet. Anschließend wird das Stempелеlement 2 in vertikaler Richtung bewegt, sodass die Stempelfläche 3 das Halbzeug berührt. Der Abstand der Verschiebungsebene E zur Oberfläche des Halbzeugs H entspricht dabei dem Krümmungs- und Rotationsradius der Stempelfläche 3 des Stempelabschnitts 2a. Ein derartiger Zustand vor dem Umformprozess ist in Fig. 1A dargestellt.

[0036] Das Stempелеlement 2 und das Halbzeug H berühren sich dabei entlang einer Linie. Durch das Aufbringen einer Presskraft F in Z-Richtung über die Stempelaufhängung 2b wird entlang der Linie eine Kraft über das Halbzeug H auf die als Widerlager dienende Matrize 4 übertragen und das Halbzeug H entlang der in Y-Richtung entlang der Matrize wandernden Linie zwischen Stempелеlement 2 und Matrize 4 inkrementell umgeformt. Für eine derartige Umformung werden lediglich geringe Prozesskräfte benötigt. Durch die niedrigen Prozesskräfte können auch in dickeren Blechhalbzeugen mit einer Dicke von 0,5 mm Strukturen geformt werden. Durch synchronisiertes Rotieren (um die Rotationsachse A) und translatorisches Bewegen (in Y-Richtung) des Stempелеlements 2 bei gleichzeitigem Aufbringen einer Presskraft F wird das Halbzeug H lokal und inkrementell zwischen der Stempelfläche 3 und der Matrize 4 umgeformt. Dadurch wird aus dem Halbzeug H ein räumlich strukturiertes Bauteil. Das Stempелеlement 2 bewegt sich entlang des Halbzeugs H und rollt sich auf dem Halbzeug H ab. Dabei wandert die Linie, an der das Halbzeug H umgeformt wird, über das Halbzeug H.

[0037] Das Stempелеlement 2 ist im Querschnitt als Bogensegment ausgebildet und die Stempelfläche ist zylinderabschnittsförmig geformt, wobei vorzugsweise ein Krümmungsradius der Stempelfläche des Stempелеlements mindestens 25%, vorzugsweise mindestens 50% der Bogenlänge der Stempelfläche 3 beträgt. Durch die Verwendung eines Teilzylinders anstelle eines Vollzylinders können große Antriebsmomente durch ungünstige Kinematik vermieden werden und das Stempелеlement 2 kleiner ausgelegt werden. Der Platzbedarf für das Stempелеlement 2 in

der Umformvorrichtung 1 kann somit verringert werden. Das Stempелеlement 2 kann jedoch auch vollzylindrisch ausgebildet sein und eine umlaufende, zylindrische Stempelfläche aufweisen. Ein derartiges Stempелеlement 2 kann für ein kontinuierliches Prägeprofil verwendet werden, das sich nach einer Vollumdrehung wiederholt.

[0038] Die Umfangslänge des Bogensegments der Stempelfläche 3 des Stempелеlements 2 entspricht vorzugsweise einer Länge des wenigstens einen Anlageabschnitts der Matrize 4 (mit Toleranz +/- 10%, vorzugsweise +/- 5%). Eine axiale Länge der Stempelfläche 3 des Stempелеlements 2 entspricht vorzugsweise einer Breite des wenigstens einen Anlageabschnitts der Matrize 4 (mit Toleranz +/- 10%, vorzugsweise +/- 5%). Somit kann das Halbzeug H durch einen einzigen Abrollvorgang von der Stempelfläche 3 berührt und umgeformt werden.

[0039] Fig. 1B zeigt die erste Ausführungsform der Umformvorrichtung 1 in einem Zustand, in dem sich das Stempелеlement 2 in Y-Richtung entlang der Verschiebungsebene E bewegt hat und die Stempelfläche 3 vollständig auf dem Halbzeug H abgerollt wurde. Anschließend wird das Stempелеlement 2 in Z-Richtung nach oben bewegt. Die Fixiereinrichtung 6 wird gelöst und das Halbzeug H kann von der Matrize 4 abgeführt werden.

[0040] Die Umformvorrichtung 1 ist in Fig. 1A und 1B derart gestaltet, dass die Matrize 4 das Halbzeug H liegend, vorzugsweise in horizontaler Ausrichtung, lagert. Das Stempелеlement 3 wird in Z-Richtung auf das Halbzeug zubewegt und durch Translation der Rotationsachse A in horizontaler Richtung bei gleichzeitiger Rotation der Stempelfläche 3 um die Rotationsachse A und auf dem Halbzeug H abgerollt. Andere Ausführungen der Umformvorrichtung 1 sind jedoch denkbar. Den Ausführungen ist dabei gleich, dass beim Abrollen des Stempелеlements 2 auf dem Halbzeug H eine senkrecht zum Halbzeug H ausgerichtete Presskraft auf das Halbzeug H aufgebracht wird, während das Stempелеlement 2 auf dem Halbzeug H abrollt. Die Rotationsachse des Stempелеlements 2 und das Halbzeug 4 werden während des Umformens relativ zueinander bewegt.

[0041] Vorzugsweise geschieht der Abrollvorgang schlupffrei. Die Relativbewegung des Stempелеlements 2 und des Halbzeugs H auf der Matrize 4 geschieht vorzugsweise in parallelen Ebenen. Die Bewegungsgeschwindigkeit der Rotationsachse A des Stempелеlements 2 entspricht vorzugsweise der Umfangsgeschwindigkeit der Stempelfläche des Stempелеlements 2.

[0042] Fig. 2A zeigt eine Seitenansicht einer Umformvorrichtung 1 einer zweiten Ausführungsform zu Beginn des Umformprozesses. Die Umformvor-

richtung 1 der zweiten Ausführungsform ist grundsätzlich aufgebaut wie in der ersten Ausführungsform. Daher wird auf die identischen Bezugszeichen und die entsprechende vorangehende Beschreibung verwiesen. Im Unterschied zur ersten Ausführungsform wird in der zweiten Ausführungsform die Relativbewegung des Stempелеlements 2 und des Halbzeugs H dadurch bereitgestellt, dass die anstelle des Stempелеlements 2 nun die Matrize 4 mit dem darauf fixierten Halbzeug H translatorisch bewegt wird. Die Matrize 4 wird, wie in **Fig. 2A** dargestellt, in horizontaler Richtung bewegt, so dass das Stempелеlement 2 schlupffrei auf dem an der Matrize 4 fixierten Halbzeug H abrollt. Das Stempелеlement 2 rotiert dabei lediglich um seine Rotationsachse B. Die Rotationsachse B ist während des Umformprozesses in horizontaler Richtung ortsfest.

[0043] **Fig. 2B** zeigt eine Seitenansicht der Umformvorrichtung 1 der zweiten Ausführungsform am Ende des Umformprozesses. Das Stempелеlement 2 ist vollständig auf dem Halbzeug H abgerollt. Das Halbzeug H auf der Matrize 4 hat die translatorische Bewegung in Y-Richtung beendet und der Umformprozess des Halbzeugs H ist abgeschlossen.

[0044] Die zweite Ausführungsform hat den Vorteil, dass die Presskraft F durchgängig an derselben Position auf das Stempелеlement 2 aufgebracht werden kann. Zudem kann die Bewegung der Matrize 4 einen Zu- und Abführablauf des Halbzeugs H unterstützen. Beispielsweise können nacheinander mehrere Halbzeuge H auf bewegbaren Matrizen 4 nach dem vorangehenden Beispiel unter dem Stempелеlement 2 hindurchbewegt werden, um das darauf angeordnete Halbzeug H umzuformen, während die Rotationsachse B des Stempелеlements 2 ortsfest bleibt.

[0045] **Fig. 3A** zeigt eine Vorderansicht der Umformvorrichtung der ersten oder zweiten Ausführungsform vor dem Umformprozess. Die Rotationsachsen A, B sind zur Vereinfachung einheitlich dargestellt. Die Fixiereinrichtung 6 wurde zur einfacheren Darstellung in **Fig. 3A** ausgespart. Durch Pfeile sind die Bewegungen in Z-Richtung und die Rotation um die Rotationsachse A, B dargestellt. Die Stempelaufhängung 2b weist die Form einer Rolle bzw. Walze auf um die Lagerung des Stempелеlements 2 zu gewährleisten.

[0046] Das Stempелеlement 2 weist, wie in **Fig. 3A** dargestellt, auf dessen Stempelfläche 3 ein abschnittsweise erhabenes und/oder ausgespartes Prägeprofil 3 auf. Das Prägeprofil kann Kanalstrukturen und/oder Tiefungsgeometrien umfassen und daraus bestehen. Das Prägeprofil 3 ist bevorzugt als Gravur 3a ausgebildet. Durch das Prägeprofil 3 können komplexe Oberflächenstrukturen der Blechhalbzeuge, insbesondere Bipolarplatten, Elektroly-

seurplatten, Wärmeübertragern oder Sonnenkollektoren bedarfsgerecht geformt werden.

[0047] **ig. 3B** zeigt eine Vorderansicht einer Umformvorrichtung 1 der ersten oder zweiten Ausführungsform während des Umformprozesses. Die Matrize 4 weist ein abschnittsweise ausgespartes Prägeprofil 5 auf. Das matrizeitige Prägeprofil 5 kann Kanalstrukturen und/oder Tiefungsgeometrien umfassen und daraus bestehen. Das matrizeitige Prägeprofil 5 ist bevorzugt als Gravur 5a ausgebildet.

[0048] Die Prägeprofile 3, 5 des Stempелеlements 2 und der Matrize 4 können, wie in **Fig. 3A** und **3B** dargestellt, komplementär zueinander ausgebildet sein. Durch die komplementär zueinander ausgeführten Prägeprofile 3, 5 kann die Umformung des Halbzeugs H von beiden Seiten unterstützt werden und somit eine weitere Verringerung der Prozesskraft ermöglicht werden.

[0049] Der ersten und zweiten Ausführungsform ist gemein, dass eine Rotationsachse des Stempелеlements A, B mit der Krümmungsachse der zylindrischen Stempelfläche 3 zusammenfällt. In einer weiteren Ausführungsform kann die Umformvorrichtung 1 derart gestaltet sein, dass die Rotationsachse A, B des Stempелеlements 2 zwischen der Krümmungsachse der zylindrischen Stempelfläche 3 und der Stempelfläche 3 liegt. Somit unterscheiden sich ein Innenwinkel eines Kreissegments der Stempelfläche 3 ein Rotationswinkel um die Rotationsachse A, B bei einem vollständigen Abrollvorgang der Stempelfläche 3. Bevorzugt ist der Abstand zwischen der Rotationsachse A, B und der Stempelfläche 3 kleiner als der Krümmungsradius der zylindrischen Stempelfläche 3. Bei einem Abrollvorgang der weiteren Ausführungsform der Umformvorrichtung 1 bewegt sich die Rotationsachse A, B nicht auf einer Ebene parallel zur Umformebene, sondern näherungsweise auf einer V-förmigen Linie. Zu Beginn des Umformvorgangs nähert sich die Rotationsachse A, B an die Matrize 4 an, um zur Mitte des Umformvorgangs einen minimalen Abstand zur Matrize 4 aufzuweisen. Zum Ende des Umformvorgangs bewegt sich die Rotationsachse A, B in Richtung weg von der Matrize 4. Eine derartige Ausführung des Stempелеlements 3 hat zur Folge, dass das Stempелеlement 3 kleiner ausgelegt werden kann und der Platzbedarf für das Stempелеlement 3 in der Umformvorrichtung 1 verringert wird.

[0050] Den Ausführungsformen ist gemein, dass die relativen translatorischen und rotatorischen Bewegungen des Stempелеlements 2 und der Matrize 4, insbesondere zur Synchronisation des Abrollvorgangs des Stempелеlements 2 auf dem Halbzeug H, durch eine Steuereinheit (nicht dargestellt) gesteuert und synchronisiert werden. Die Steuerein-

heit bewirkt, dass das Stempелеlement 2 schlupffrei auf dem Halbzeug H abrollt und die senkrecht zum Halbzeug H ausgerichtete Presskraft F über die inkrementelle Umformung hinweg vorzugsweise konstant bleibt. Insbesondere steuert die Steuereinheit im Umformverfahren die Synchronisation beispielsweise der Drehzahl, Drehmoment oder der Presskraft des Abrollvorgangs auf dem Halbzeug H sowie die Geschwindigkeit einer Bewegung des Halbzeugs H. Hierbei kann die Steuereinheit mechanisch in Form eines Getriebes oder einer Zwangsführung aufgebaut sein oder elektrisch gesteuert für die Synchronisation der Abläufe sorgen.

[0051] Zudem kann die Umformvorrichtung 1 eine Messvorrichtung (nicht dargestellt) zur Überwachung der Prozessparameter, wie beispielsweise der Drehzahl, Drehmoment und Presskraft des Stempелеlements 2 umfassen. Außerdem kann die Umformvorrichtung 1 eine Regelsteuerung (nicht dargestellt) zur Optimierung der Prozessparameter durch Anpassung der Steuerung basierend auf den Messwerten der Messvorrichtung umfassen. Durch die Messvorrichtung und die Regelsteuerung kann eine vollumfängliche Qualitätsüberwachung des Umformprozesses bereitgestellt werden und Umformfehler vermieden oder frühzeitig abgefangen werden.

[0052] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Weitere Abänderungen und Variationen der Ausführungsbeispiele sind denkbar. Die Umformvorrichtung kann eine Vielzahl von Stempелеlementen 2 umfassen die gleichzeitig in parallelen Umformvorgängen auf dem Halbzeug H abgerollt werden und eine umzuformende Fläche gemeinsam abdecken. Die umzuformende Fläche entspricht demnach der Summe der abgerollten Stempelflächen 3 der Vielzahl von Stempелеlementen 2. Dabei kann die Abrollrichtung der Vielzahl von Stempелеlementen 2 so gewählt werden, dass sich die Stempелеlemente 2 aufeinander zu bewegen und eine umzuformende Fläche von außen nach innen umgeformt wird. Auch ein Beginn des Umformprozesses im Zentrum der umzuformenden Fläche ist denkbar, bei dem sich die Stempелеlemente 2 voneinander wegbewegen.

[0053] Zudem kann die Stempelfläche 3 des Stempелеlements 2 einen vollständigen Zylinder formen und nacheinander über eine Vielzahl von Halbzeugen H abgerollt werden.

[0054] Die Fixiereinrichtung 6 kann das Halbzeug H allseitig an Umfangsabschnitten des Halbzeugs H fixieren und dabei eine zentrale umzuformende Fläche aussparen. Andererseits kann die Fixiervorrichtung 6 das Halbzeug H durch eine Mehrzahl an temporären Fixierungsschritten an Zwischenpositionen fixieren um eine Umformung des Halbzeugs H bis zu dessen Außenkanten zu ermöglichen. Dies wird

durch ein Umspannen der Fixiervorrichtung 6 zwischen den Umformschritten realisiert.

[0055] Es ist denkbar, dass die Umformvorrichtung im Rahmen einer Umformlinie eine Zuführeinrichtung, insbesondere eine rotierende Zuführwalzeinrichtung umfasst, um das Halbzeug in die Umformvorrichtung zuzuführen. Auch eine Abführeinrichtung, insbesondere eine rotierende Abführwalzeinrichtung, ist denkbar, um das Halbzeug aus der Umformvorrichtung abzuführen. Dadurch kann ein effizienter Versorgungsvorgang und Abtransport der Halbzeuge zu der Umformvorrichtung gewährleistet werden.

[0056] Je nach Ausführungsform, d.h. je nach Kinematik des Stempелеlements 2 und Kinematik der Matrize 4, kann das erfindungsgemäße Umformverfahren auf konventionellen Pressen zum Einsatz kommen.

[0057] Die Merkmale verschiedener Ausführungsformen können kombiniert werden, um weitere Ausführungsformen der Erfindung zu bilden.

[0058] Obwohl die Erfindung in Bezug auf spezifische Ausführungsformen für eine vollständige und klare Offenbarung beschrieben wurde, sind die beigefügten Ansprüche nicht auf diese Weise zu beschränken, sondern so auszulegen, dass sie alle Modifikationen und alternativen Konstruktionen verkörpern, die einem Fachmann auf entsprechende Weise einfallen können, welche in die hier dargelegte Grundlehre fallen. Zusätzlich können die Merkmale der offenbarten Ausführungsformen kombiniert werden, um weitere nicht offenbarte Ausführungsformen der Erfindung zu bilden.

Bezugszeichenliste

1	Umformvorrichtung
2	Stempелеlement
2a	Stempelabschnitt
2b	Stempelaufhängung
3	Stempelfläche, Stempelseitiges Prägeprofil
3a	Gravur
4	Matrize
5	Matrizenseitiges Prägeprofil
5a	Gravur
6	Fixiereinrichtung, Niederhalter, Klemmen
7	Walze
A	Rotationsachse
B	horizontal fixierte Rotationsachse

E Verschiebungsebene
F Presskraft
H Blechhalbzeug

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102015220231 A1 [0004]
- DE 102013020280 [0005]
- DE 102014018409 [0006]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Umformen von dünnwandigen Blechhalbzeugen (H), insbesondere zur Herstellung von Bipolarplatten, Elektrolyseurplatten, Wärmeübertragern oder Sonnenkollektoren, wobei ein Blechhalbzeug (H) in einer Umformvorrichtung (1) an einer Matrize (4) fixiert und mittels Abrollen eines Stempелеlements (2) mit zumindest abschnittsweise zylindrischer Stempelfläche (3) inkrementell zwischen der Stempelfläche (3) und der Matrize (4) umgeformt wird.

2. Verfahren nach dem vorangehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Abrollen des Stempелеlements (2) auf dem Halbzeug (H) eine senkrecht zum Halbzeug (H) ausgeübte Presskraft auf das Halbzeug (H) aufgebracht wird, wobei das Stempелеlement (2) vorzugsweise schlupffrei auf dem Halbzeug (H) abrollt.

3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Stempелеlement (2) auf dessen Stempelfläche (3) ein abschnittsweise erhabenes und/oder ausgespartes Prägeprofil (3), vorzugsweise Kanalstrukturen oder Tiefungsgeometrien aufweist.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Halbzeug (H) an der Matrize (4) anliegend umgeformt wird, vorzugsweise in horizontaler Ausrichtung, wobei die Matrize (4) bevorzugt wenigstens einen Anlageabschnitt aufweist, der eine vorzugsweise ebene oder zylinderabschnittsförmige Anlagefläche definiert, wobei die Matrize (4) besonders bevorzugt ein abschnittsweise ausgespartes Prägeprofil (5), noch bevorzugter Kanalstrukturen, Tiefungsgeometrien aufweist, wobei ganz besonders bevorzugt die Prägeprofile (3a, 5a) der Matrize (4) und des Stempелеlements (2) komplementär zueinander ausgebildet sind, wobei das Prägeprofil (5a) der Matrize (4) noch weiter bevorzugt als vertiefte Gravur (5a) ausgebildet ist.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren den folgenden Schritt umfasst: Steuerung der relativen translatorischen und/oder rotatorischen Bewegung des Stempелеlements (2) und/oder der Matrize (4), vorzugsweise mechanisch oder elektronisch, insbesondere zur Synchronisation des Abrollvorgangs des Stempелеlements (2) auf dem Halbzeug (H), vorzugsweise derart, dass das Stempелеlement (2) schlupffrei auf dem Blechhalbzeug (H) abrollt.

6. Verfahren nach dem vorangehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine

Rotationsachse (A, B) des Stempелеlements (2) und das Halbzeug (H) während des Umformens relativ zueinander bewegt werden, vorzugsweise in parallelen Ebenen, vorzugsweise derart, dass die Bewegungsgeschwindigkeit der Rotationsachse (A, B) des Stempелеlements (2) der Umfangsgeschwindigkeit der Stempelfläche des Stempелеlements (2) entspricht.

7. Umformvorrichtung (1) zum Umformen von dünnwandigen Blechhalbzeugen (H), insbesondere zur Herstellung von Bipolarplatten, Elektrolyseurplatten, Wärmeübertragern oder Sonnenkollektoren, wobei die Umformvorrichtung (1) umfasst: eine Matrize (4), mindestens ein Stempелеlement (2), das eine zumindest abschnittsweise zylindrische Stempelfläche (3) aufweist und konfiguriert ist, um an einem an der Matrize (4) fixierten Halbzeug (H) abzurollen, um das Halbzeug (H) inkrementell zwischen der Stempelfläche (3) und der Matrize (4) umzuformen.

8. Umformvorrichtung (1) nach dem vorangehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umformvorrichtung (1) konfiguriert ist, um das Stempелеlement (2) um eine Rotationsachse (A, B) zu drehen und dabei entweder das Stempелеlement (2) oder die Matrize (4) in einer Richtung senkrecht bzw. tangential zu dieser Rotationsachse (A, B) zu bewegen, vorzugsweise derart, dass das Stempелеlement (2) schlupffrei auf dem an der Matrize (4) fixierten Halbzeug (H) abrollt.

9. Umformvorrichtung (1) nach einem der zwei vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Rotationsachse (A, B) des Stempелеlements (2) mit einer Krümmungsachse der zylindrischen Stempelfläche (3) zusammenfällt oder versetzt zu der Krümmungsachse der zylindrischen Stempelfläche (3) angeordnet ist, vorzugsweise zwischen der Krümmungsachse der zylindrischen Stempelfläche und der Stempelfläche (3).

10. Umformvorrichtung (1) nach einem der drei vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stempelfläche (3) ein abschnittsweise erhabenes und/oder ausgespartes Prägeprofil (3), noch bevorzugter Kanalstrukturen oder Tiefungsgeometrien aufweist.

11. Umformvorrichtung (1) nach einem der vier vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Matrize (4) konfiguriert ist, das Halbzeug (H) liegend zu lagern, vorzugsweise in horizontaler Ausrichtung, wobei die Matrize (4) bevorzugt eine wenigstens einen Anlageabschnitt aufweist, der eine vorzugsweise ebene oder zylinderabschnittsförmige Anlagefläche definiert, wobei die Matrize besonders bevorzugt ein abschnittsweise ausgespartes Prägeprofil (5), noch bevorzugter

Kanalstrukturen oder Tiefungsgeometrien, aufweist, wobei ganz besonders bevorzugt die Prägeprofile (3, 5) der Matrize (4) und des Stempелеlements (2) komplementär zueinander ausgebildet sind, wobei das Prägeprofil (5) der Matrize (4) bevorzugt als vertiefte Gravur (5a) ausgebildet ist.

12. Umformvorrichtung (1) nach einem der fünf vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umformvorrichtung (1) umfasst: mindestens eine Fixiereinrichtung (6) zum Fixieren des Halbzeugs (H) an der Matrize (4), insbesondere Klemmen (6) oder Niederhalter (6).

13. Umformvorrichtung (1) nach einem der sechs vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umformvorrichtung (1), des Weiteren umfasst:
eine Steuereinheit, die konfiguriert ist, eine translatorische und/oder rotatorische Bewegung des Stempелеlements (2) und/oder der Matrize (4) zu steuern, vorzugsweise mechanisch oder elektronisch, insbesondere zur Synchronisation beispielsweise der Drehzahl, Drehmoment und/oder Presskraft des Abrollvorgangs auf dem Halbzeug (H) sowie die Geschwindigkeit einer Bewegung des Halbzeugs (H),
eine Messvorrichtung zur Überwachung der Prozessparameter, wie beispielsweise Drehzahl, Drehmoment und Presskraft des Stempелеlements (2), sowie
eine Regelsteuerung zur Optimierung der Prozessparameter durch Anpassung der Steuerung basierend auf den Messwerten der Messvorrichtung.

14. Umformvorrichtung (1) nach einem der sieben vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Bogenlänge der Stempelfläche (3) des wenigstens einen Stempелеlements (2) einer Länge einer Anlagefläche der Matrize (4) entspricht und/oder eine axiale Länge der Stempelfläche (3) des wenigstens einen Stempелеlements (2) einer Breite einer Anlagefläche der Matrize (4) entspricht, wobei die Stempelfläche und die Anlagefläche gemeinsam eine Form zur Umformung des Halbzeugs bilden.

15. Umformvorrichtung (1) nach einem der acht vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Stempелеlement (2) im Querschnitt als Bogensegment ausgebildet ist und die Stempelfläche zylinderabschnittsförmig ausgebildet ist, wobei vorzugsweise ein Krümmungsradius der Stempelfläche des Stempелеlements (2) mindestens 25%, vorzugsweise mindestens 50% der Bogenlänge der Stempelfläche (3) beträgt.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

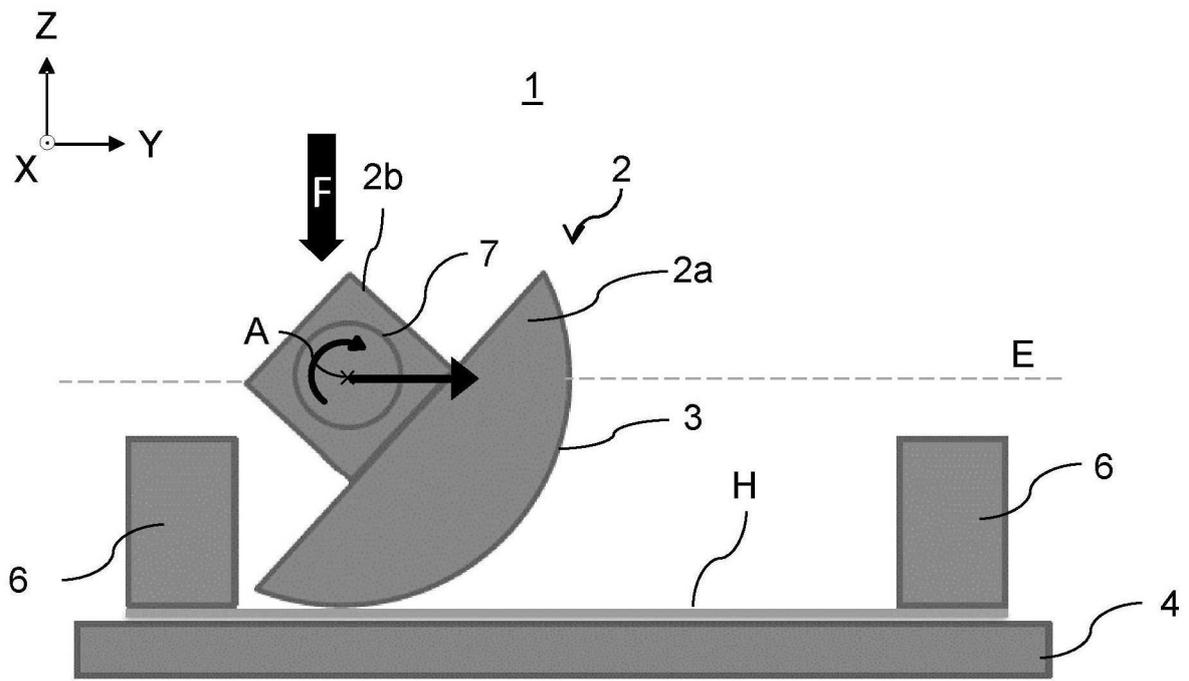


Fig. 1A

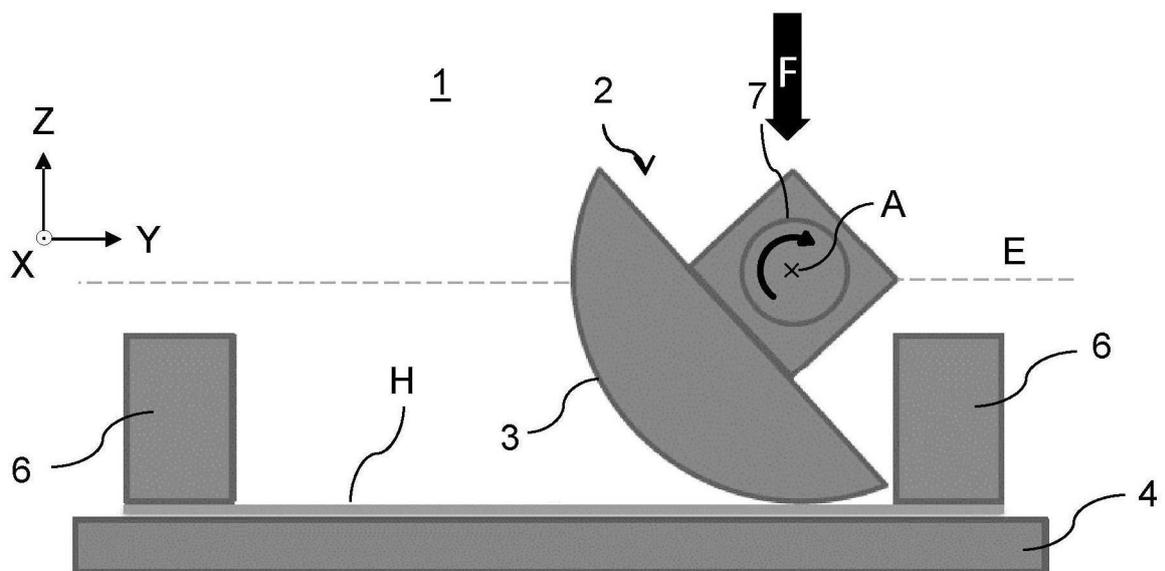


Fig. 1B

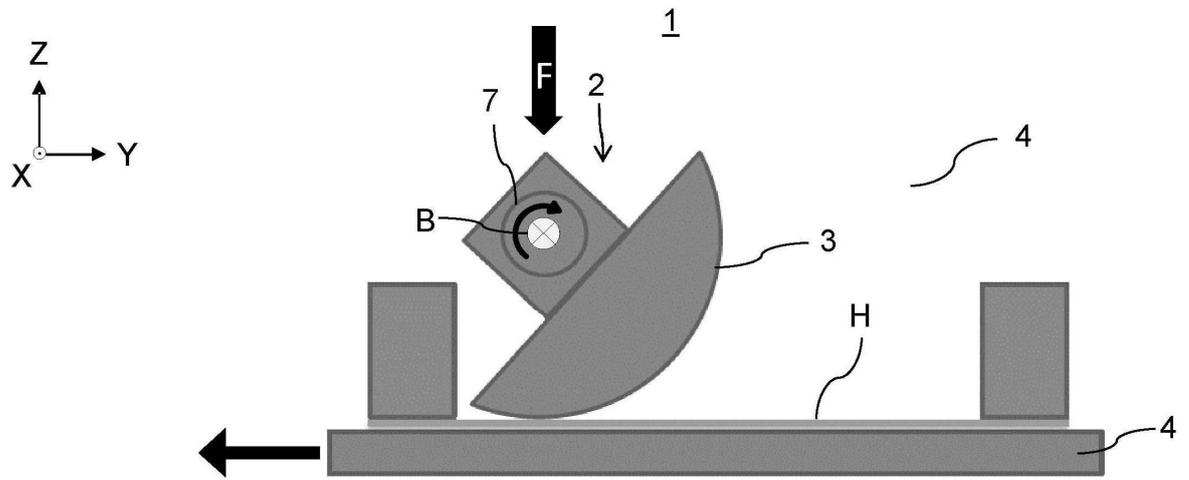


Fig. 2A

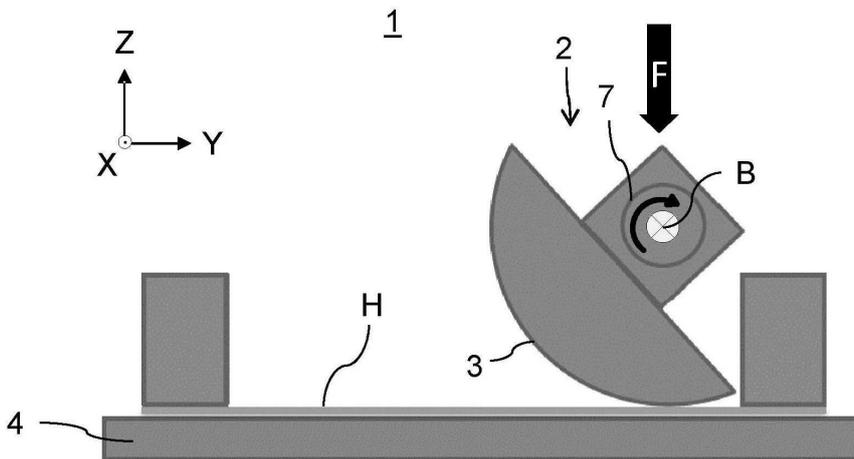


Fig. 2B

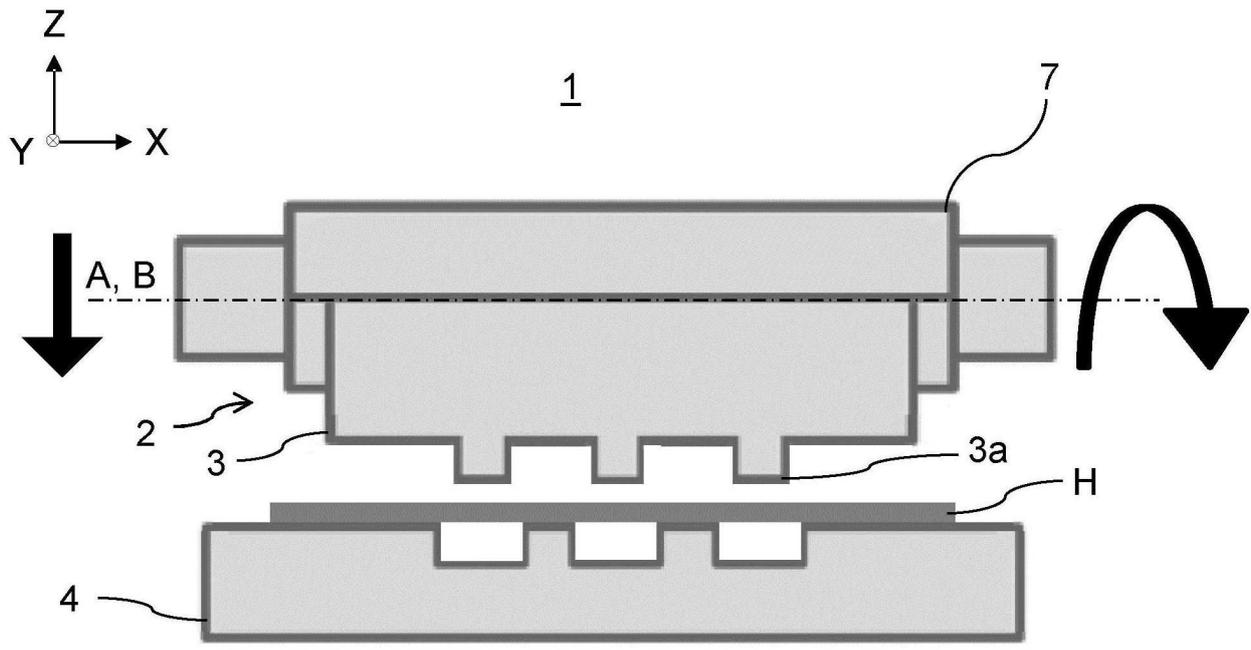


Fig. 3A

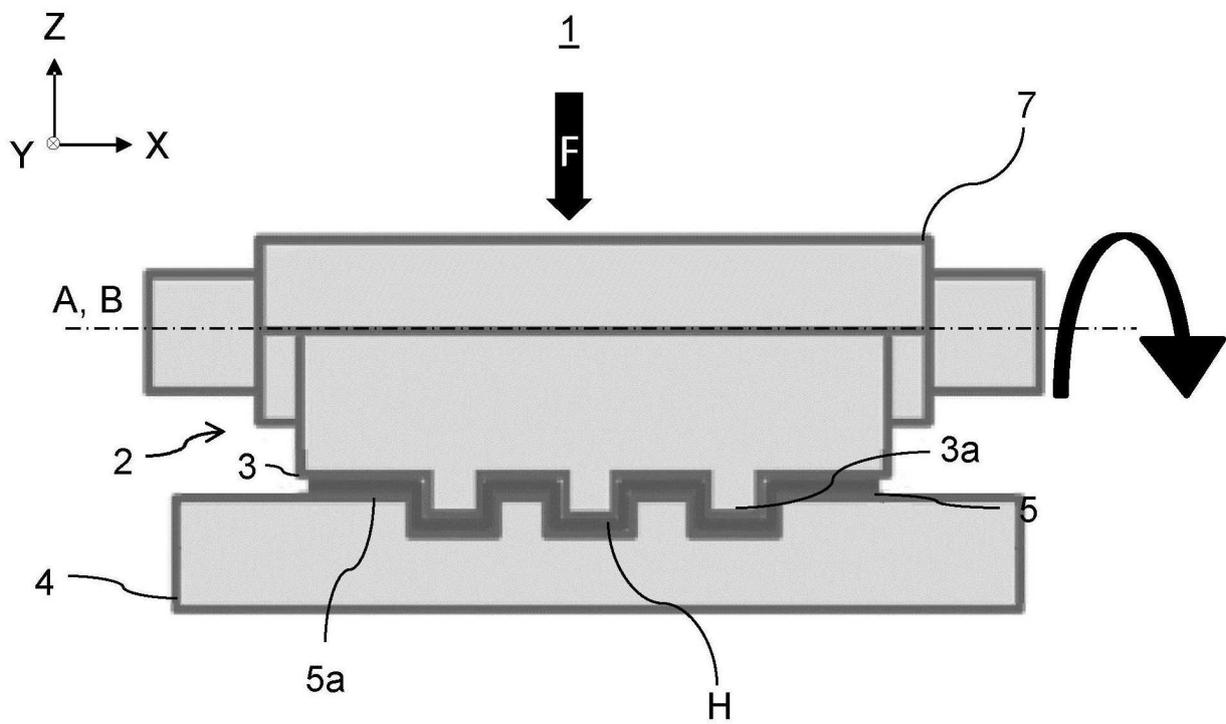


Fig. 3B