



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
19.08.2015 Patentblatt 2015/34

(51) Int Cl.:
C21D 1/34 (2006.01) B21D 37/16 (2006.01)
C21D 1/673 (2006.01) C21D 9/00 (2006.01)
H05B 6/100 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15154074.7**

(22) Anmeldetag: **06.02.2015**

(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

- **Niese, Dipl.-Ing. Max**
33098 Paderborn (DE)
- **Lackmann, Dr. Jan**
33098 Paderborn (DE)
- **Konrad, Stefan**
33102 Paderborn (DE)
- **Lambers, Dr. Hans-Gerd**
49809 Lingen (DE)

(30) Priorität: **07.02.2014 DE 102014101539**

(71) Anmelder: **Benteler Automobiltechnik GmbH**
33102 Paderborn (DE)

(74) Vertreter: **Griepenstroh, Jörg**
Bockermann Ksoll
Griepenstroh Osterhoff
Patentanwälte
Bergstrasse 159
44791 Bochum (DE)

(72) Erfinder:
• **Frost, Dipl.-Ing. (FH) Georg**
32839 Steinheim (DE)

(54) **Warmformlinie und Verfahren zur Herstellung von warmumgeformten Blechprodukten**

(57) Eine Warmformlinie zur Herstellung von warmumgeformten und pressgehärteten Blechprodukten aus Metallplatten 6 umfasst eine Heizstation 1 und eine Umformstation 2. Die Heizstation 1 weist ein Unterwerkzeug 3 und ein Oberwerkzeug 4 auf, zwischen denen eine Metallplatte 6 zum Erwärmen aufgenommen wird. Die Erwärmung bzw. Aufheizung einer Metallplatte 6 in der Heizstation 1 erfolgt durch mittelbare Widerstandserwärmung. Die Wärme wird außerhalb der Metallplatte 6 erzeugt und gelangt durch Wärmeleitung in die Metallplatte 6 selber. Hierzu weist das Unterwerkzeug 3 und/oder das Oberwerkzeug 4 eine elektrische Widerstandsheizung 7 mit zumindest einem Flächenheizelement auf. Erfindungsgemäß ist das Flächenheizelement eine Heizplatte 8 mit einem Plattenkörper 9 aus einem elektrisch leitfähigen Material, wobei der Plattenkörper 9 als Heizleiter 11 ausgebildet ist. Hierzu ist der Plattenkörper 9 geschlitzt und beispielsweise mit einem Schlitz 10 versehen, welcher sich über die Dicke d des Plattenkörpers 9 erstreckt.

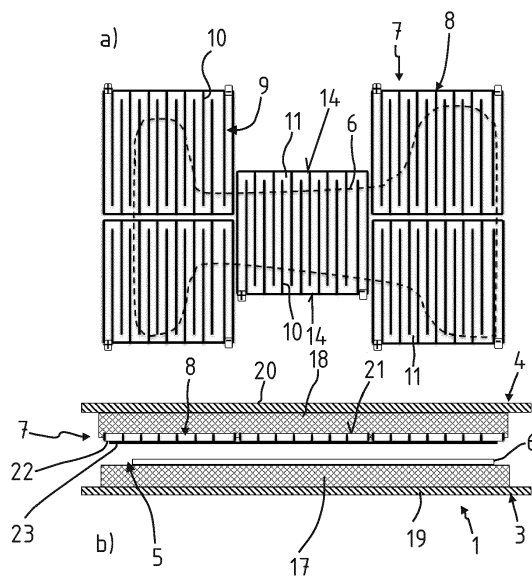


Fig. 3

Beschreibung

- 5 [0001] Die Erfindung betrifft eine Warmformlinie mit einer Heizstation und einer Umformstation zur Herstellung von warmumgeformten und insbesondere pressgehärteten Blechprodukten aus Metallplatinen sowie ein Verfahren zur Herstellung von warmumgeformten Blechprodukten.
- 10 [0002] Das Presshärten ist ein Verfahren zur Herstellung höchstfester komplexer Fahrzeugkomponenten mit großer Fertigungsgenauigkeit. Es verbindet das Tiefziehen mit einer Wärmebehandlung mit dem Ziel der Festigkeitssteigerung in einem Prozess. Dieses Fertigungsverfahren erfordert einen relativ hohen Aufwand, da es zusätzlich zu der Formgebung ein Erwärmen und ein anschließendes definiertes Abkühlen der umgeformten Blechprodukte beinhaltet. Die einzelnen Teilprozesse üben einen signifikanten Einfluss auf die Bauteileigenschaften aus.
- 15 [0003] Durch die DE 24 52 486 A1 zählt ein Verfahren zur Herstellung von gehärteten Blechprofilen aus einer Metallplatte in ein Presshärteverfahren zum Stand der Technik. Hierbei wird eine aus einem härtbaren Stahl bestehende Platte auf eine Härte-temperatur oberhalb der Austenitisierungstemperatur Ac3 erhitzt und dann in einem Pressenwerkzeug warmumgeformt und anschließend gehärtet, während das Blechprofil im Pressenwerkzeug eingespannt verbleibt. Da das Blechprofil bei der im Zuge des Härtevorgangs vorgenommenen Kühlung im Pressenwerkzeug eingespannt ist, erhält man ein Produkt mit hoher und guter Maßhaltigkeit.
- 20 [0004] Die Erwärmung der Metallplatinen in der Serienfertigung erfolgt derzeit zum weitüberwiegenden Teil in Durchgangsöfen, insbesondere Rollenherdöfen, durch Konvektion und Wärmestrahlung. Auch Kammeröfen kommen zum Einsatz.
- 25 [0005] Die Ofenerwärmung ist ein etabliertes Erwärmungsverfahren, die unabhängig von der Geometrie ein homogenes Erwärmen ermöglicht. Die Ofenanlagen werden in der Regel elektrisch oder mit Gas beheizt. Die zur Warmumformung notwendigen Temperaturen liegen bei Stahlblechen zwischen 780 °C bis ca. 1.000 °C. Um generell die hohen Warmformtemperaturen in den Metallplatinen zu erreichen, muss die Verweildauer in der Ofenanlage entsprechend ausgelegt sein. Dies ist anlagentechnisch aufwendig und macht einen relativ hohen Platzbedarf notwendig.
- 30 [0006] Wesentlich schneller ist die induktive Erwärmung. Sie kann sowohl flächig als auch lokal angewendet werden. Allerdings ist die Homogenität von der Induktorgeometrie abhängig und deutlich inhomogener als bei der Ofenerwärmung. Der Wirkungsgrad der induktiven Erwärmung basiert vor allem auf dem Abstand des Induktors zum Bauteil. Je größer er ist, desto geringer ist der Wirkungsgrad. Allerdings ist bei geringem Abstand der Energieverlust durch die Wärmeübertragung zum Induktor deutlich höher.
- 35 [0007] Eine Warmformlinie mit einer induktiv beheizten Erwärmungsvorrichtung zählt beispielsweise durch die DE 10 2012 110 650 B3 zum Stand der Technik.
- [0008] Auch Systeme zur konduktiven Erwärmung sind bekannt. In der Technologie der direkten Widerstandserwärmung stellt die Metallplatte oder der zu erwärmende Bereich selbst einen Teil des Stromkreises dar. Ein Verfahren und eine Vorrichtung zum konduktiven Erwärmen von Metallblechen ist in der DE 10 2006 037 637 A1 beschrieben.
- 40 [0009] Aus der DE 102 12 819 B4 gehen Verfahren zur Herstellung von metallischen Bauteilen mittels elektrischen Widerstandserwärmens mit anschließendem Härten durch schnelles Abkühlen hervor, wobei während des Widerstandserwärmens gezielt Bereiche gekühlt oder elektrisch und/oder thermisch überbrückt werden, um in diesen Bereichen unter der Austenitisierungstemperatur zu bleiben, so dass in den Blechprodukten ungehärtete Bereiche verbleiben.
- 45 [0010] Durch die DE 10 2012 110 649 B3 zählt eine Warmformlinie zur Herstellung eines warmumgeformten und pressgehärteten Stahlblechprodukts, insbesondere eines Kraftfahrzeugbauteils zum Stand der Technik. Die Warmformlinie weist eine Temperierstation auf, wobei in der Temperierstation lokal voneinander verschiedene Bereiche auf unterschiedliche Temperaturen temperierbar sind. Die Temperierung erfolgt durch konduktive Anlage, wobei hierzu Temperierplatten verwendet werden, die austauschbar sind.
- 50 [0011] Eine Heizvorrichtung mit einer unteren Heizeinheit und einer oberen Heizeinheit zur Erwärmung einer metallenen Platte geht des Weiteren aus der EP 2 216 417 A2 hervor. Jede Heizeinheit weist eine mit der Platte in Kontakt tretende beheizbare Heizplatte auf. Die Heizplatte der unteren und/oder der oberen Heizeinheit weist eine Vielzahl von Heizsegmenten auf, die in einem vorbestimmten Raster relativ zueinander angeordnet sind und die in der von einer Kontaktfläche zwischen den Heizsegmenten und der Platte definierten Ebene relativ zueinander verschiebbar sind. Die Heizsegmente besitzen jeweils ein integriertes Heizelement in Form einer Widerstandsheizung.
- 55 [0012] Die EP 2 182 081 A1 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur thermischen Behandlung eines beschichteten Stahlblechkörpers. Auch hier erfolgt die Erwärmung über Flächenelemente in Form von Kontaktplatten.
- [0013] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Entwicklung einer anlagentechnisch verbesserten Warmformlinie mit einem rational gestalteten konduktiven Erwärmungssystem, welches eine effiziente Erwärmung von Metallplatinen für das Warmumformen innerhalb der Warmformlinie ermöglicht.
- [0014] Die Lösung dieser Aufgabe besteht nach der Erfindung in einer Warmformlinie gemäß den Merkmalen von Anspruch 1.

[0015] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Warmformlinie sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2 bis 18.

[0016] Ein Verfahren zur Herstellung von warmumgeformten Blechprodukten in einer erfindungsgemäßen Warmformlinie ist Gegenstand der Ansprüche 19 bis 22.

[0017] Die erfindungsgemäße Warmformlinie zur Herstellung von warmumgeformten und pressgehärteten Blechprodukten aus Metallplatinen umfasst eine Heizstation und eine Umformstation. Die Heizstation weist ein Unterwerkzeug und ein Oberwerkzeug auf, zwischen denen eine Metallplatine zum Erwärmen aufgenommen wird. Die Erwärmung bzw. Aufheizung einer Metallplatine in der Heizstation erfolgt konduktiv durch mittelbare bzw. indirekte Widerstandserwärmung. Die Wärme wird außerhalb der Metallplatine erzeugt und gelangt über dessen Oberfläche in die Metallplatine selber. Hierzu weist das Unterwerkzeug und/oder das Oberwerkzeug eine elektrische Widerstandsheizung auf mit zumindest einem Flächenheizelement. Die Wärmeübertragung vom Flächenheizelement auf die Metallplatine erfolgt durch Wärmeleitung in Folge des zumindest mittelbaren Kontaktes zwischen dem Flächenheizelement und der aufzuheizenden Metallplatine.

[0018] Erfindungsgemäß ist das Flächenheizelement eine Heizplatte mit einem Plattenkörper aus einem elektrisch leitfähigen Material, wobei der Plattenkörper als Heizleiter ausgebildet ist. Der Plattenkörper selbst bildet unmittelbar den Heizleiter. Der Heizleiter definiert einen Strompfad im Plattenkörper. Im Heizleiter wird elektrische Energie in Wärme umgewandelt.

[0019] Zur Erwärmung einer Metallplatine wird diese zwischen Oberwerkzeug und Unterwerkzeug aufgenommen. Hierzu ist zwischen Unterwerkzeug und Oberwerkzeug ein entsprechender Aufnahmeraum vorgesehen. Das oder die Flächenheizelemente bzw. Heizplatten können in direkten Kontakt mit einer Metallplatine gelangen. Wenn sich hierbei die Heizfläche der Heizplatte und die Metallplatine unmittelbar berühren, ist die Heizplatte in diesem Betriebszustand stromlos geschaltet. Ein anderer Aspekt der Erfindung sieht vor, dass die Heizplatte indirekt bzw. mittelbar mit der Metallplatine in Kontakt gelangt. Die Heizfläche einer Heizplatte kann mit einer elektrischen Isolierung bzw. einer Isolierschicht versehen sein.

[0020] Der Heizleiter ist bevorzugt so konfiguriert, dass von ihm die zweckentsprechende Menge an Wärme für das Erwärmen der Metallplatine freigesetzt wird, die durch Wärmeübertragung den Metallplatinen zugeführt wird. Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist in dem Plattenkörper durch zumindest einen Schlitz, welcher sich über die Dicke des Plattenkörpers erstreckt, ein Heizleiter ausgebildet. Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist der Heizleiter durch zumindest einen horizontalen Schlitz im Plattenkörper ausgebildet. Bevorzugt erstreckt sich der Horizontalschlitz nahezu über die gesamte Länge bzw. Breite des Plattenkörpers. Die elektrische Leitung bzw. der Strompfad erfolgt über den Bereich des Plattenkörpers, der nicht durch den Schlitz getrennt ist.

[0021] Die Konfiguration des Heizleiters erfolgt durch die Schlitzführung im Plattenkörper. Insbesondere ist der Heizleiter mehrfach gewunden. Beispielsweise kann der Heizleiter mäanderförmig oder spiralförmig verlaufen. Der Heizleiter besitzt eine Länge, die länger ist als der kürzeste Abstand zwischen den elektrischen Kontakten des Heizleiters. Es können auch mehr als ein Heizleiter in zweckentsprechender Schaltungsanordnung in einer Heizplatte angeordnet bzw. ausgebildet sein.

[0022] Bei einem anderen Aspekt der Erfindung umfasst der Plattenkörper zumindest zwei Plattenkörperlagen. Die Plattenkörperlagen sind nach Art einer Sandwichkonstruktion übereinander angeordnet. Hierbei sind die Plattenkörperlagen durch eine elektrische Isolierung gegeneinander elektrisch isoliert. Über einen Kontaktabschnitt sind die Plattenkörperlagen miteinander elektrisch verbunden, so dass ein den Strompfad definierender Heizleiter ausgebildet ist. Der Kontaktabschnitt kann ein separates Kontaktbauteil sein. Vorzugsweise ist der Kontaktabschnitt unmittelbarer Bestandteil der Plattenkörperlagen. Im Bereich des Kontaktabschnittes sind die Plattenkörperlagen nicht gegeneinander elektrisch isoliert, so dass der Stromfluss von einer Plattenkörperlage über den Kontaktabschnitt in die nächste Plattenkörperlage erfolgt.

[0023] Der Plattenkörper besteht aus einem elektrisch leitfähigen Material. Der Werkstoff hat einen hohen spezifischen Widerstand sowie eine hohe Warmfestigkeit. Ein Aspekt der Erfindung sieht vor, dass der Plattenkörper aus einem metallischen Heizleiterwerkstoff besteht. Alternativ kann der Plattenkörper auch aus einem keramischen Heizleiterwerkstoff bestehen.

[0024] Ein im Rahmen der Erfindung als besonders vorteilhafter Heizleiterwerkstoff ist der nichtrostende austenitische Stahl mit der Werkstoffnummer 1.4841 (EN Werkstoff Kurzname X15CrNiSi25-21), der in der Norm-DIN EN 10095 normiert ist. Dieser Stahl ist hitzebeständig und zeichnet sich durch seine guten Festigkeitseigenschaften auch bei hohen Temperaturen aus. Der Anwendungsbereich liegt bevorzugt zwischen 900 °C bis 1.120 °C.

[0025] Zu den metallischen Heizleiterwerkstoffen gehören ferner Chrom-Nickel-Legierungen (CrNi). Diese sind etwa bis 1.200 °C verwendbar. Weiterhin können ferritische Chrom-Eisen-Aluminium-Legierungen (CrFeAl) für Temperaturen bis 1400 °C Verwendung finden.

[0026] Zu den keramischen Heizleiterwerkstoffen gehört Siliziumkarbid (SiC). Dieses wird üblicherweise bis zu Temperaturen von 1.600 °C verwendet. Ferner stehen Molybdändisilizid (MoSi2) für Anwendungen bis 1.850 °C zur Verfügung.

[0027] Im Rahmen der Erfindung wird ferner ein keramischer Heizleiterwerkstoff in Form von Silizium infiltriertem Siliziumkarbid (SiSiC) als vorteilhaft angesehen. Hierbei handelt es sich um Siliziumkarbid mit im Kristall eingelagertem metallischem Silizium. Dieser Heizleiterwerkstoff ist für Einsatztemperaturen bis über 1.300 °C verwendbar. Ferner weist er eine sehr hohe Druckfestigkeit von ca. 2000 MPa auch bei hohen Temperaturen auf. Zudem zeichnet sich der Heizleiterwerkstoff durch seine gute Korrosionsbeständigkeit und Verschleißfestigkeit aus. Ferner sind die hohe Wärmekapazität und die geringe Wärmeausdehnung vorteilhaft.

[0028] Besonders zweckmäßig ist die Heizplatte in einer Einfassung aufgenommen. Die Einfassung umgibt bzw. schließt die äußeren Seitenränder der Heizplatte ein. Die Einfassung dient sowohl zur thermischen und elektrischen Isolierung als auch zur mechanischen Stabilisierung. Die Einfassung kann beispielsweise aus einem keramischen Werkstoff bestehen.

[0029] Sowohl die Seitenränder als auch die Rückseite der Heizplatte sind vorteilhafterweise mit einer Wärmeisolierung versehen. Zudem kann die Einfassung und/oder eine Wärmeisolierung auch zum Ausgleich von Toleranzen in der Dicke oder der Einlegeposition einer Metallplatine dienen.

[0030] Bei einer für die Praxis vorteilhaften Ausgestaltung der Heizstation ist im Unterwerkzeug und/oder im Oberwerkzeug eine Lastverteilplatte angeordnet. Hierzu können das Unterwerkzeug und/oder das Oberwerkzeug unter Eingliederung der Lastverteilplatte in das Werkzeuggestell der Heizstation eingegliedert sein. Die Lastverteilplatte kann insbesondere durch Federelemente an einem Pressentisch festgelegt sein.

[0031] Zum Aufheizen einer Metallplatine kann die Heizplatte mit ihrer Heizfläche in direkten Kontakt mit der Metallplatine gelangen. Hierzu ist die Heizplatte vorher aufgeheizt worden. Bevor die Heizplatte mit der Metallplatine in Kontakt gelangt, wird der elektrische Stromfluss der Heizplatte unterbrochen. Auf diese Weise wird ein elektrischer Kurzschluss über die Metallplatine verhindert. Diese Vorgehensweise ist mit einer entsprechend ausgelegten Taktsteuerung möglich.

[0032] Ein weiterer Aspekt sieht vor, dass die Heizplatte an ihrer die Metallplatine kontaktierenden Heizfläche mit einer elektrischen Isolierung versehen ist. Dieser alternative Aspekt sieht vor, einen unmittelbaren Kontakt zwischen der Heizplatte und der Metallplatine durch Zwischenschaltung einer elektrischen Isolierung zu vermeiden. Die elektrische Isolierung kann durch eine Beschichtung der Heizfläche der Heizplatte oder eine separate Isolationsschicht bzw. -platte realisiert sein. Hierdurch kann auch während der Zuhaltezeit bzw. -phase und damit während der Erwärmung einer Metallplatine der elektrische Stromfluss beibehalten werden. Dies ist vorteilhafter, da ständig wechselnde Schaltzyklen der Elektrik vermieden werden. Vorteilhafterweise weist die Widerstandsheizung eine Anzahl von wahlweise ansteuerbaren, beispielsweise zu- und/oder abschaltbaren, Flächenheizelementen auf. Hierdurch ist es möglich, Bereiche der Metallplatine unterschiedlich zu erwärmen oder auch Bereiche der Metallplatine nicht zu erwärmen. Die Flächenheizelemente können über eine regelbare Spannungs- bzw. Stromversorgung auch unterschiedlich aufgeheizt werden, um eine partiell unterschiedliche Erwärmung einer Metallplatine zu ermöglichen. Wahlweise sind einzelne Flächenheizelemente oder auch in Gruppen zusammengeschaltete Segmente von Flächenheizelementen ansteuerbar. Das Ansteuern schließt auch ein wahlweises Zu- und/oder Abschalten von Heizflächenelementen ein. Auch mehrere verschiedene Bauteile bzw. Metallplatinen sind in derselben Heizstation aufheizbar durch eine bedarfsgerechte Schaltung der Flächenheizelemente. Dies kann einzeln oder in Gruppen erfolgen.

[0033] Ein anderer Aspekt der Erfindung sieht vor, dass der Querschnitt des Heizleiters über seine Länge variiert. Insbesondere variiert der Heizleiter in seiner Breite. Durch eine entsprechende Querschnittsauslegung des Heizleiters ist ebenfalls eine Temperatur- bzw. Heizsteuerung möglich. Da sich der Widerstand im Heizleiter proportional zu seinem Querschnitt ändert, kann über die Variation des Querschnitts die gewünschte Wärmemenge und die Temperatur im Verlauf bzw. über die Länge des Heizleiters bzw. in Abschnitten des Heizleiters eingestellt werden.

[0034] Die erfindungsgemäße Warmformlinie ist nicht nur zum Aufheizen von ebenen Metallplatinen geeignet. Auch Metallplatinen mit variierender Dicke bzw. Querschnittsverlauf, beispielsweise sogenannte Tailored Blanks können in der Heizstation auf Umformtemperatur gebracht und anschließend warmumgeformt und pressgehärtet werden. Hierzu sieht ein Aspekt der Erfindung vor, dass zwischen dem Unterwerkzeug und dem Oberwerkzeug ein Aufnahmeraum für die Metallplatine vorgesehen ist und der Aufnahmeraum eine an die Oberflächenkontur der Metallplatine angepasste Geometrie besitzt.

[0035] Der Aufnahmeraum zwischen dem Unterwerkzeug und dem Oberwerkzeug kann auch durch bzw. in dem Plattenkörper selbst gebildet sein. Abhängig von der Platinendicke sind unterschiedliche Heiztemperaturen einstellbar.

[0036] Dickentoleranzen der aufzuheizenden Metallplatinen sind ausgleichbar. Ein Toleranzausgleich kann beispielsweise durch eine federnde Lagerung der Wärmeisolierung von Unterwerkzeug und/oder Oberwerkzeug realisiert werden. Auch eine federnde Lagerung des Plattenkörpers ist denkbar. Weiterhin ist ein Toleranzausgleich über eine elastische Verformbarkeit der Wärmeisolierung selbst möglich.

[0037] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Warmformlinie sieht weiterhin vor, dass der Heizstation zumindest eine weitere Heizvorrichtung vor- oder nachgeschaltet sein kann. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass eine zusätzliche Heizvorrichtung der Heizstation vorgeschaltet ist. Diese Auslegung der Warmformlinie sieht eine zweistufige Erwärmung einer Metallplatine vor, bei der die Metallplatine zunächst in einer ersten Stufe auf eine bestimmte Temperatur vorgeheizt wird. Danach wird die vorgeheizte Metallplatine in die Heizstation überführt und dort auf Um-

formtemperatur erwärmt bzw. aufgeheizt.

[0038] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Warmformlinie ist die Heizstation und die Umformstation innerhalb einer Synchronantriebseinheit angeordnet. Zwischen Heizstation und Umformstation sind geeignete Transfersysteme integriert. Die Bewegung des Unterwerkzeugs und des Oberwerkzeugs der Heizstation sowie des Unterwerkzeugs und des Oberwerkzeugs der Umformstation erfolgt synchron bevorzugt innerhalb einer gemeinsamen Synchronantriebseinheit mit dem gleichen Takt.

[0039] Wie erwähnt sind innerhalb der Synchronantriebseinheit zwischen Heizstation und Umformstation geeignete Platinen-Transfersysteme vorgesehen. Es versteht sich, dass auch für die Zufuhr der Metallplatte innerhalb der Warmformlinie zur Heizstation Transfereinrichtungen bzw. -systeme vorgesehen sind. Gleiches gilt für die Entnahme der warmumgeformten Blechprodukte aus der Umformstation und/oder einer gegebenenfalls nachgeschalteten zusätzlichen Kühlstation.

[0040] Generell kann das Umformen und Presshärten in einem Werkzeug durchgeführt werden. Möglich ist auch eine zweistufige Kühlung bzw. ein zweistufiger Härtevorgang. Hierzu wird die aufgeheizte Metallplatte in der Umformstation umgeformt und in der insbesondere aktiv gekühlten Umformstation bereits abgekühlt. Das Einstellen der Endtemperatur und/oder das Halten des umgeformten Blechproduktes kann in einer zweiten Kühlstufe realisiert werden. Hierzu ist der Umformstation eine separate Kühlstation nachgeschaltet.

[0041] Die Bewegung und die Taktsteuerung kann weiterhin dadurch verbessert werden, dass die Heizstation und/oder die Umformstation und/oder die Kühlstation der Warmformlinie in einem Maschinengestell gelagert sind. Hierbei sind zwingend eine Station oder alle Stationen federelastisch innerhalb des Maschinengestells gelagert. Die nachgiebige Lagerung der Stationen bzw. von beweglichen Werkzeugen der Stationen verlängert die Zuhaltezeit bzw. Aufheizzeit bei der Aufheizung der Metallplatte und/oder die Umform- und Abkühlzeit in der Umformstufe und/oder in der Kühlstufe. Insbesondere ergibt sich daraus eine relativ zur Taktzeit verlängerte Kontaktzeit zwischen Oberwerkzeug und Unterwerkzeug.

[0042] Die erfindungsgemäße Warmformlinie zeichnet sich durch ein rationell gestaltetes konduktives Erwärmungssystem aus, welches eine effiziente Erwärmung von Metallplatten für das Warmumformen, insbesondere auch einem Presshärten innerhalb der Warmformlinie ermöglicht.

[0043] Ein Verfahren zur Herstellung von warmumgeformten und insbesondere pressgehärteten Blechprodukten in einer erfindungsgemäßen Warmformlinie sieht vor, dass eine Heizplatte der Heizstation zumindest partiell auf eine Plattentemperatur zwischen 1.050 °C und 1.350 °C erwärmt wird. Die Heizplatte hat eine Übertemperatur gegenüber der Zieltemperatur, auf die eine Metallplatte erwärmt werden soll. In der Heizstation erfolgt dann eine zumindest partielle Erwärmung der Metallplatte von deren Ausgangstemperatur auf die Zieltemperatur durch Kontakt der Metallplatte mit der Heizplatte. Die Zieltemperatur liegt bevorzugt zwischen 850 °C und 970 °C. Die Erwärmung der Metallplatte wird in einer Zeit von 10 Sekunden oder weniger durchgeführt. Insbesondere erfolgt die Erwärmung in einer Zeit zwischen 3 und 6 Sekunden.

[0044] Ein Aspekt der Erfindung sieht vor, dass die Übertemperatur der Heizplatten zwischen 20 % und 30 % oberhalb der Zieltemperatur der Metallplatten liegt, auf welche die Metallplatten in der Heizstation erwärmt werden sollen.

[0045] Bei einer verfahrensmäßig vorteilhaften Ausgestaltung erfolgt der Transfer der erwärmten Metallplatte aus der Heizstation in die Umformstation in einer Zeit von maximal 3 Sekunden. Wärmeverluste können infolge der geringen Transferzeit minimiert werden.

[0046] Auch der Transfer der umgeformten Metallplatte bzw. des Blechproduktes aus der Umformstation in die Kühlstation wird in einer Zeit von maximal 3 Sekunden durchgeführt. Hierdurch können wiederum Wärmeverluste vermieden und auch ein Verzug des umgeformten Blechproduktes verhindert oder minimiert werden.

[0047] Die erfindungsgemäße Warmformlinie und das Verfahren ist besonders vorteilhaft für die Herstellung von warmumgeformten und pressgehärteten Blechprodukten aus Metallplatten. Das umgeformte Blechprodukt wird zumindest partiell gehärtet, insbesondere pressgehärtet während es im Umformwerkzeug eingespannt ist. Hierbei wird das Blechprodukt in der Umformstation in einer Zeit von kleiner oder gleich (\leq) 10 Sekunden, insbesondere in einer Zeit zwischen 3 und 6 Sekunden zumindest partiell auf eine Temperatur von kleiner oder gleich (\leq) 250 °C abgekühlt. Der Umformstation kann eine Kühlstation nachgeschaltet sein. Das Abkühlen und Härten kann dann alleine in der Kühlstation durchgeführt werden. Möglich ist es auch, das warmumgeformte Blechprodukt sowohl in der Umformstation als auch in einer nachgeschalteten Kühlstation zu kühlen. In einer nachgeschalteten Kühlstation erfolgt dann eine weitere Kühlung oder ein Halten des Blechproduktes auf der Abkühltemperatur. Die Kühlung kann beispielsweise in einem Tauchbecken erfolgen. Alternativ kann auch ein Kühlen in einem Presshärteinstrument oder einer Kontaktkühlstation erfolgen. Diese ist insbesondere aus Leichtmetall mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit ausgeführt und weist Kühlkanäle zur Durchleitung eines Kühlmediums auf.

[0048] Die Erfindung ist nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 eine grundlegende Ausführungsform einer Heizplatte in einer Draufsicht sowie in einem Längsschnitt und in einem Querschnitt;

EP 2 907 881 A2

Figur 2	eine Heizplatte mit äußerer Einfassung in einer Draufsicht sowie in einem Längsschnitt und einem Querschnitt;
5 Figuren 3 bis 7	unterschiedliche Ausführungsformen von Heizstationen, jeweils mit einer Ansicht von oben auf die Heizplattenanordnung sowie einer Querschnittsansicht auf die Heizstation;
Figur 8	einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Warmformlinie;
10 Figur 9	einen weiteren Ausschnitt aus einer anderen Ausführungsform einer Warmformlinie;
Figur 10	eine Heizstation, eine Umformstation und eine Kühlstation innerhalb einer Synchronantriebseinheit mit der Darstellung von drei verschiedenen Betriebspositionen;
15 Figur 11	eine weitere Ausführungsform einer Heizplatte in einer Draufsicht sowie in zwei Seitenansichten;
Figur 12	eine weitere Ausführungsform einer Heizplatte mit der Darstellung eines Heizleiterverlaufs;
20 Figuren 13 bis 16	jeweils Varianten einer Heizstation mit der Darstellung einer Heizplatte bzw. von Heizplatten in einer Draufsicht sowie in einer Seitenansicht auf die Heizstation;
Figur 17	technisch vereinfacht eine Heizplattenanordnung in einer Heizstation, wobei jeweils eine Heizplatte des Unterwerkzeugs und eine Heizplatte des Oberwerkzeugs dargestellt ist und
25 Figur 18	eine weitere Ausführungsform einer Heizplatte in einer schematisierten Seitenansicht.

[0049] Eine Warmformlinie zur Herstellung von warmumgeformten und pressgehärteten Blechprodukten aus Metallplatten umfasst eine Heizstation 1 zur Erwärmung der Metallplatten und eine Umformstation 2 zur formgebenden Bearbeitung der Metallplatten im erwärmten Zustand. Die Heizstation ist in den Figuren mit 1 und die Umformstation mit 2 gekennzeichnet. Eine Umformstation 2 ist dargestellt in den Figuren 8, 9 und 10.

[0050] Der grundsätzliche Aufbau einer Heizstation 1 ist anhand der Darstellung von Figur 3 beschrieben. In den Figuren 4 bis 9 sowie 15 bis 18 tragen einander entsprechende Bauteile bzw. Bauteilkomponenten die gleichen Bezugszeichen.

[0051] Die Heizstation 1 weist ein Unterwerkzeug 3 und ein Oberwerkzeug 4 auf. Zwischen Unterwerkzeug 3 und Oberwerkzeug 4 ist ein Aufnahmeraum 5 vorgesehen, zwischen denen eine Metallplatte 6 zum Erwärmen aufgenommen wird. Das Unterwerkzeug 3 und das Oberwerkzeug 4 sind durch Antriebsmittel offenbar und schließbar. Hierbei werden das Unterwerkzeug 3 und das Oberwerkzeug 4 relativ aufeinander zubewegt oder voneinander wegbewegt. Beim Erwärmen einer Metallplatte 6 gelangen das Unterwerkzeug 3 und das Oberwerkzeug 4 in unmittelbaren oder mittelbaren Kontakt mit der Oberfläche der Metallplatte 6.

[0052] Das Unterwerkzeug 3 und/oder das Oberwerkzeug 4 weisen eine elektrische Widerstandsheizung 7 mit zumindest einem Flächenheizelement auf. Das Flächenheizelement ist eine Heizplatte 8. Die Heizplatte 8 besitzt einen Plattenkörper 9 aus einem elektrisch leitfähigen Material. In dem Plattenkörper 9 ist durch zumindest einen Schlitz 10 ein Heizleiter 11 ausgebildet bzw. der Plattenkörper 9 bildet selbst materialeinheitlich den Heizleiter 11. Der Heizleiter 11 definiert den Strompfad zwischen den elektrischen Kontakten 12, 13 der Heizplatte 8. Der positive Kontakt 12 (Pluspol) ist in den Figuren durch das Zeichen "+" und der negative Kontakt 13 (Minuspol) ist durch das Zeichen "-" gekennzeichnet. Der Schlitz 10 erstreckt sich über die gesamte Dicke d des Plattenkörpers 9. Die Breite eines Schlitzes 10 ist ausreichend bemessen, so dass eine Isolierung zwischen den parallel zueinander verlaufenden Heizleiterabschnitten sichergestellt ist und kein Stromüberschlag erfolgt. Grundsätzlich kann der Schlitz 10 auch durch einen elektrischen Isolatorwerkstoff gefüllt sein.

[0053] Wie insbesondere in den Figuren 1 und 2 sowie 11 und 12 zu erkennen, ist der Heizleiter 11 mehrfach gewunden. Bei der Ausgestaltung der Heizplatte 8 gemäß den Figuren 1 und 2 verläuft der Heizleiter 11 mäanderförmig. Der Heizleiter 11 ist hierbei durch eine Vielzahl von einzelnen mit Abstand parallel nebeneinander angeordneten Schlitzten 10 im Plattenkörper 9 realisiert. Die einzelnen Schlitzte 10 sind jeweils abwechselnd von gegenüberliegenden Seitenrändern in den Plattenkörper 9 geführt. Die einzelnen Schlitzte 10 enden dann jeweils ein Stück vor dem gegenüberliegenden Seitenrand.

[0054] Der Plattenkörper 9 der Heizplatte 8 kann aus einem metallischen Heizleiterwerkstoff, insbesondere einem nichtrostenden hitzebeständigen austenitischen Chrom-Nickel-Stahl 1.4841 bestehen. Des Weiteren kann der Plattenkörper 9 aus einem keramischen Heizleiterwerkstoff bestehen, insbesondere aus Siliziumkarbid (SiC) oder aus Silizium infiltriertem Siliziumkarbid (SiSiC).

[0055] Die Länge des Heizleiters 11 ist jeweils größer bzw. länger als der kürzeste Abstand k_1 , k_2 zwischen den elektrischen Kontakten 12, 13 des Heizleiters 11.

[0056] Bei der Ausgestaltung einer Heizplatte 8, wie in den Figuren 11 und 12 dargestellt, verläuft der Heizleiter 11 spiralförmig.

[0057] Wie in der Aufsicht der Figur 11a dargestellt ist, verläuft der Schlitz 10 spiralförmig, wodurch der spiralförmige Heizleiter 11 ausgebildet wird. Durch einen konstanten Abstand des Schlitzes 10 besitzt der Heizleiter 11 eine konstante Breite b_{11} .

[0058] Weiterhin ist der Figur 11a zu entnehmen, dass die gemittelte Länge LS des Heizleiters 11 länger als der kürzeste Abstand k_2 zwischen den elektrischen Kontakten 12, 13 ist.

[0059] Die Figuren 11b und 11c zeigen weiterhin zwei Seitenansichten des Plattenkörpers 9 gemäß der Figur 11a.

[0060] Der Figur 11c ist zu entnehmen, dass sich der Schlitz 10 über die gesamte Dicke d des Plattenkörpers 9 erstreckt.

[0061] Eine weitere Ausgestaltungsvariante wird durch die Figur 12 gezeigt, bei der mehrere spiralförmig verlaufende Heizplatten 8 nebeneinander angeordnet sind, wobei der Heizleiter 11 einer jeden Heizplatte 8 jeweils durch einen Schlitz 10 ausgebildet wird.

[0062] Weiterhin wird durch die Figur 12 dargestellt, dass jeweils zwei Heizleiter 11 über einen elektrischen Kontakt 13 sowie zwei elektrische Kontakte 12 mit Spannung bzw. Strom versorgt werden. Weiterhin ist ersichtlich, dass die Länge LS eines jeden Heizleiters 11 jeweils größer bzw. länger ist als der kürzeste Abstand k_2 zwischen den elektrischen Kontakten 12, 13.

[0063] Die Figur 2 zeigt die Heizplatte 8 mit einer ihre Seitenränder 14, 15 einschließenden Einfassung 16. Die Einfassung 16 dient zur mechanischen Stabilisierung und/oder der thermischen Isolierung der Heizplatte 8.

[0064] Die in der Figur 3 dargestellte Heizstation 1 weist ein Unterwerkzeug 3 und ein Oberwerkzeug 4 auf. Im Oberwerkzeug 4 sind in dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel insgesamt fünf Heizplatten 8 angeordnet. Die zu erwärmende Metallplatte 6 ist in der Figur 3a) in gestrichelter Linienführung dargestellt. Die Metallplatte 6 dient zur Fertigung einer warmumgeformten und pressgehärteten B-Säule für ein Kraftfahrzeug.

[0065] Sowohl im Unterwerkzeug 3 als auch im Oberwerkzeug 4 ist eine thermische Isolierung in Form einer unteren Isolierplatte 17 und einer oberen Isolierplatte 18 vorgesehen.

[0066] Ferner ist sowohl im Unterwerkzeug 3 als auch im Oberwerkzeug 4 eine Lastverteilplatte 19, 20 vorgesehen. Die obere Isolierplatte 18 bildet eine Wärmeisolierung für die Rückseite 21 sowie der Seitenränder 14, 15 von der bzw. den Heizplatten 8. Wie in der Figur 3b) zu erkennen, liegt die zu erwärmende Metallplatte 6 für den Erwärmungsvorgang auf der unteren Isolierplatte 17 des Unterwerkzeugs 3 auf. Die zur Metallplatte 6 gerichtete Heizfläche 22 der Heizplatten 8 ist durch eine elektrische Isolierung in Form einer Isolierschicht 23 von der Metallplatte 6 getrennt. Die elektrische Isolierschicht 23 kann als Beschichtung der Heizflächen 22 der Heizplatte 8 ausgeführt sein. Weiterhin kann die elektrische Isolierschicht 23 als eine Isolierlage aus einem elektrischen Isolierwerkstoff ausgeführt sein.

[0067] Die Anordnung der Heizplatten 8 ist auf die Außenkontur bzw. -fläche einer aufzuheizenden Metallplatte 6 abgestimmt. Die Metallplatten 6 können vollständig auf eine vorbestimmbare Temperatur, beispielsweise die Härte-temperatur des jeweiligen Metallwerkstoffes, insbesondere die Austenitisierungstemperatur Ac_3 , aufgeheizt werden. Möglich ist es auch, die Metallplatten 6 partiell unterschiedlich aufzuheizen, so dass die Metallplatte 6 Bereiche bzw. Abschnitte mit voneinander verschiedenen Temperaturen aufweist. Hierzu sind die Heizplatten 8 bzw. die Heizflächenelemente wahlweise ansteuerbar, beispielsweise ein- und ausschaltbar oder aber auch unterschiedlich aufheizbar.

[0068] Die Heizstation 1, wie in der Figur 4 dargestellt, weist sowohl im Unterwerkzeug 3 als auch im Oberwerkzeug 4 eine elektrische Widerstandsheizung 7 mit Flächenheizelementen in Form von Heizplatten 8 auf. Um einen direkten Kontakt der aufzuheizenden Metallplatte 6 mit den Heizplatten 8 zu vermeiden sind sowohl die Heizfläche bzw. die Heizflächen 22 der oberen Heizplatten 8 als auch die Heizflächen 22 der unteren Heizplatten 8 mit einer durchschlag-sicheren Isolierschicht 23 versehen. Die untere Isolierplatte 17 nimmt die Heizplatten 8 auf und bildet eine thermische Isolierung der Rückseiten 21 und der Seitenränder 14, 15 der Heizplatten 8. Die Heizstation 1 in der Ausführungsform gemäß Figur 4 ist aufgrund ihrer Ausgestaltung mit einer doppelten Widerstandsheizung 7 insbesondere für die Erwärmung von dickeren Metallplatten 6 geeignet.

[0069] Bei der Heizstation 1, wie in Figur 5 dargestellt, sind drei Metallplatten 6 in Querrichtung parallel zueinander angeordnet. Die hier dargestellten Metallplatten 6 dienen zur Fertigung von Türaufprallträgern.

[0070] Die Figuren 6 und 7 zeigen Heizstationen 1 mit jeweils acht Heizplatten 8 bzw. 8'. Die Anordnung und Aufheizung der Heizplatten 8, 8' ist so gewählt, dass Abschnitte der Metallplatten 6 unterschiedlich temperiert werden. So können randseitige Bereiche und/oder mittlere Bereiche der Metallplatten 6 auf unterschiedliche Umformtemperaturen gebracht werden. Hierzu sind die Heizflächenelemente bzw. die Heizplatten 8, 8' regelbar und ansteuerbar. Wahlweise können auch Heizplatten 8, 8' zu- oder abgeschaltet werden. So kann beispielsweise bei der Ausführungsform gemäß Figur 6 über die mittleren bzw. zentralen Heizplatten 8' eine größere Temperatur eingestellt sein, als in den äußeren Heizplatten 8. Hierdurch wird die Metallplatte 6 in Längsrichtung in einem Mittelabschnitt 24 stärker erwärmt als in Plattenrandabschnitten 24' sowie in den unteren und oberen Flügelabschnitten 24".

[0071] Demgegenüber werden in der Ausführungsvariante nach Figur 7 zwei Metallplatten 6 erwärmt, die zur Ferti-

gung von A-Säulen dienen. Hier werden Randabschnitte 24" durch die zentralen Heizplatten 8' weniger stark aufgeheizt.

[0072] Bei der Heizstation 1, wie in der Figur 13 dargestellt, variiert der Querschnitt des Heizleiters 11 über seine Länge. Dies wird über den Abstand a_1 , a_2 , a_3 zwischen den einzelnen Schlitzen 10 im Plattenkörper 9 realisiert. Infolge der Veränderung des Querschnitts des Heizleiters 11 wird dieser unterschiedlich stark erwärmt. Der elektrische Widerstand ändert sich umgekehrt proportional mit dem Querschnitt des Heizleiters 11. Demzufolge haben Heizleiterabschnitte mit größerem Querschnitt einen geringeren elektrischen Widerstand als Heizleiterabschnitte mit einem kleineren Querschnitt. Der Heizleiter 11 wird folglich in Heizleiterabschnitten mit größerem Querschnitt weniger stark erwärmt als in Heizleiterabschnitten mit geringerem Querschnitt, dementsprechend sind in der Heizplatte 8 Zonen bzw. Bereiche ausgebildet, die unterschiedlich stark aufgeheizt werden. Die unterschiedlichen Zonen bzw. Bereiche sind in der Figur 13b) mit $>Ac_3$, $<Ac_1$ und $>Ac_1$ gekennzeichnet. Im Bereich $>Ac_3$ wird eine Metallplatte 6 auf eine Temperatur oberhalb der Austenitisierungstemperatur Ac_3 erwärmt. Hierzu weist die Heizplatte 8 in dieser Zone eine höhere Temperatur (Übertemperatur) gegenüber der Zieltemperatur der Metallplatte 6 auf. Die Übertemperatur beträgt vorzugsweise >1.050 °C, insbesondere jedoch maximal 1.350 °C. Im Bereich $<Ac_1$ wird eine Temperatur unterhalb der Austenitisierungstemperatur Ac_1 und im Bereich bzw. Zone $>Ac_1$ eine Temperatur oberhalb der Austenitisierungstemperatur Ac_1 erreicht. Die Heizplatte 8 weist in der Zone $<Ac_1$ eine Temperatur von beispielsweise <800 °C auf, wohingegen sie in der Zone $>Ac_1$ eine Temperatur von >800 °C besitzt, jedoch bevorzugt maximal 950 °C.

[0073] Auch die Heizstation 1 gemäß der Darstellung von Figur 14 umfasst ein Unterwerkzeug 3 und ein Oberwerkzeug 4, wobei im Oberwerkzeug 4 Flächenheizelemente in Form von Heizplatten 8 vorgesehen sind. Insofern wird auch hier auf die vorherige Beschreibung verwiesen. Die Querschnittsdarstellung von Figur 14c), die den Schnitt B-B durch die Figur 14a) zeigt, macht deutlich, dass die Dicke eines Heizleiters 11 variiert. Randabschnitte 32 des Heizleiters 11 sind dicker als der Mittelabschnitt 33 des Heizleiters 11. Da der Widerstand des Heizleiters 11 im Mittelabschnitt mit kleinerem Querschnitt größer ist als in den Randabschnitten 32 mit größerem Querschnitt wird der Heizleiter 11 in den Randabschnitten 32 weniger stark erwärmt. Entsprechend werden Randbereiche 34 der Metallplatten 6 durch diese Heizleiterkonfiguration weniger stark erwärmt. Demzufolge tritt an den aus den Metallplatten 6 warmgeformten und pressgehärteten Bauteilen in den Randbereichen 34 keine vollständige Härtung ein.

[0074] Die Figur 15a) und b) zeigt die Ausführungsform einer Heizstation 1 zur Erwärmung von Metallplatten 6, die einen unterschiedlichen Querschnitts- bzw. Dickenverlauf besitzen. Der Aufnahmeraum ist auf die Oberflächenkontur der Metallplatte 6 abgestimmt und weist eine der Metallplatte 6 entsprechende Geometrie auf. Dies ist durch die Formgebung der im Oberwerkzeug 4 angeordneten Heizplatten 8 bzw. deren Plattenkörper 9 realisiert. Die in ihrer Geometrie variierenden Abschnitte der Metallplatte 6 sind in der Figur 15b) durch s_1 bis s_5 gekennzeichnet. Analog variiert die Geometrie des Aufnahmeraumes 5 und der Heizplatten 8. Auch bei dieser Ausführungsform variiert die Dicke bzw. der Querschnitt des Heizleiters 11. Aufgrund des geringeren Querschnitts des Heizleiters 11 im Abschnitt s_3 wird der Heizleiter 11 im Abschnitt s_3 heißer, beispielsweise wird im Abschnitt s_3 eine Temperatur von >1.000 °C eingestellt. Demgegenüber ist der Querschnitt des Heizleiters 11 im Abschnitt s_1 oder s_5 größer, mit der Folge, dass dort geringere Heiztemperaturen anstehen, beispielsweise <950 °C.

[0075] Bei der in der Figur 16 dargestellten Ausführungsform einer Heizstation 1 variiert sowohl der Querschnittsverlauf der im Unterwerkzeug 3 angeordneten Heizplatten 8 als auch der Querschnittsverlauf der im Oberwerkzeug 4 integrierten Heizplatten 8. Der Aufnahmeraum zwischen dem Unterwerkzeug 3 und dem Oberwerkzeug 4 ist der Oberflächenkontur der hier dargestellten Metallplatte 6 mit breitseitigen Dickengradienten angepasst und weist eine entsprechende Geometrie auf. Der kürzeste Abstand k_3 zwischen den elektrischen Kontakten 12, 13 des Heizleiters 11 erstreckt sich diagonal über die Heizplatte 8. Der Heizleiter 11 ist mehrfach mäanderförmig gewunden und weist eine um ein mehrfaches größere Länge auf als der kürzeste Abstand k_3 .

[0076] Die Figur 8 zeigt einen Ausschnitt aus einer Warmformlinie. Dargestellt ist eine Heizstation 1 und eine Umformstation 2. Die Heizstation 1 und die Umformstation 2 sind innerhalb einer Synchronantriebseinheit 26 angeordnet. Bei der Synchronantriebseinheit 26 handelt es sich um eine Presse, insbesondere um eine Exzenterpresse. Im Takt der Synchronantriebseinheit 26 werden das Unterwerkzeug 3 bzw. das Oberwerkzeug 4 der Heizstation 1 und die Umformwerkzeuge der Umformstation 2 relativ zueinander bewegt.

[0077] Außerhalb der Synchronantriebseinheit 26 ist eine der Heizstation 1 vorgeschaltete Heizvorrichtung 27 vorgesehen. Hier erfolgt eine homogene Vorerwärmung der Metallplatten bevor diese in die Heizstation 1 überführt werden.

[0078] Die Metallplatte 6 wird dann in der Heizstation 1 auf Umformtemperatur erwärmt und anschließend durch ein hier nicht dargestelltes Platten-Transfersystem in die Umformstation 2 überführt. In der Heizstation 1 kann die Metallplatte 6 homogen, also insgesamt auf eine gleiche Umformtemperatur, erwärmt werden. Möglich ist, wie zuvor beschrieben, auch eine partiell unterschiedliche Erwärmung einer Metallplatte 6. In der Umformstation 2 wird die Metallplatte 6 warmumgeformt. Bereits in der Umformstation 2 kann die umgeformte Metallplatte 6 wenigstens partiell gekühlt und gehärtet werden. In der Synchronantriebseinheit 26 ist weiterhin eine der Umformstation 2 nachgeschaltete Kühlstation 28 integriert. Das in der Umformstation 2 aus der Metallplatte 6 umgeformte noch heiße Blechprodukt wird mittels eines hier ebenfalls nicht dargestellten Transfersystems in die Kühlstation 28 überführt und hier entweder durch weitere Abkühlung weiter gehärtet. Die Kühlstation 28 öffnet und schließt sich im Takt, bevorzugt synchron mit der

Heizstation 1 und der Umformstation 2.

[0079] Eine Variante einer Warmformlinie, bei der zwei Heizstationen 1a und 1b, eine Umformstation 2 sowie eine Kühlstation 28 innerhalb einer Synchronantriebseinheit 26 angeordnet sind, zeigt die Darstellung der Figur 9. In der Heizstation 1a erfolgt eine insbesondere homogene Erwärmung einer Metallplatte auf eine bestimmte Vorwärmtemperatur. Die Metallplatte wird dann in die Heizstation 1b überführt und dort partiell in bestimmten Bereichen weiter aufgeheizt oder auch durch Anlage mit nichtbeheizten Heizplatten 8 partiell gekühlt. Anschließend wird die temperierte, das heißt, in der Temperatur eingestellte Metallplatte in die Umformstation 2 überführt und zum Blechprodukt umgeformt. Bereits in der Umformstation 2 können auch Beschnittoperationen, beispielsweise Lochvorgänge am Blechprodukt vorgenommen werden. Transfersysteme überführen das Blechprodukt dann in die Kühlstation 28. Hier werden gegebenenfalls weitere Loch- oder Beschnittoperationen vorgenommen und das Blechprodukt pressgehärtet.

[0080] Die Figur 10 zeigt technisch schematisiert die Darstellung einer Heizstation 1, einer Umformstation 2 und einer Kühlstation 28, die gemeinsam in einer Synchronantriebseinheit 26 angeordnet sind. Bei der Antriebsbewegung der Synchronantriebseinheit 26 werden die Oberwerkzeuge und Unterwerkzeuge von Heizstation 1, Umformstation 2 und Kühlstation 28 relativ zueinander bewegt. Die Heizstation 1 und die Umformstation 2 sowie die Kühlstation 28 sind in einem hier nur schematisiert dargestellten Maschinengestell 29 der Synchronantriebseinheit 26 auf Federelementen 30 elastisch gelagert. Die Figur 10a) zeigt die Synchronantriebseinheit 26 in geöffneter Stellung. Entsprechend sind auch die Heizstation 1, die Umformstation 2 und die Kühlstation 28 geöffnet.

[0081] Man erkennt eine Metallplatte 6 in der Heizstation 1. In der Umformstation 2 ist die Metallplatte 6 zum Blechprodukt 31 umgeformt. In der Kühlstation 28 wird das heiße Blechprodukt 31 von einer Temperatur oberhalb einer Austenitisierungstemperatur abgekühlt und pressgehärtet. Die Figur 10b) zeigt eine Betriebssituation, bei der die Synchronantriebseinheit 26 geschlossen ist und die jeweiligen Unterwerkzeuge und Oberwerkzeuge mit der Metallplatte 6 bzw. dem Blechprodukt 31 zur Anlage gelangen. Bei der weiteren Schließbewegung wird das Maschinengestell 29 der Synchronantriebseinheit 26 mit der Heizstation 1, der Umformstation 2 und der Kühlstation 28 gegen die Kraft der Federelemente 30 abwärts bewegt. Dies ist in der Figur 10c) dargestellt. Die Bewegung beim Schließen und Öffnen von Heizstation 1, Umformstation 2 und Kühlstation 28 ist durch die Federelemente 30 elastisch abgestützt.

[0082] In der Figur 17 ist schematisch eine elektrische Widerstandsheizung einer Heizstation dargestellt. Die Widerstandsheizung weist sowohl im hier nicht näher dargestellten Unterwerkzeug als auch im Oberwerkzeug ein Flächenheizelement in Form einer Heizplatte 35 auf. Eine Heizplatte 35 besitzt einen Plattenkörper 36 aus einem elektrisch leitfähigen Material. Der Plattenkörper 36 ist durch einen horizontalen Schlitz 37 auf dem überwiegenden Teil seiner Länge getrennt. Durch den horizontalen Schlitz 37 ist der Plattenkörper 36 als Heizleiter 38 ausgebildet, der einen Strompfad definiert. Der Strompfad ist durch die Pfeile P angedeutet. Man erkennt, dass der Schlitz 37 den Plattenkörper 36 nicht vollständig trennt, so dass am Ende 39 des Plattenkörpers 36 dieser nicht unterbrochen ist. Der Schlitz 37 kann mit einem elektrischen Isoliermaterial gefüllt sein.

[0083] Zum Aufheizen einer Metallplatte wird diese in der Heizstation 1 zwischen den Heizplatten aufgenommen. Hierbei gelangt die Platte in direkten Kontakt mit den Heizplatten 35. Die Heizplatten 35 sind parallel miteinander geschaltet und besitzen gleich große Widerstände. Während des Kontaktes ist weiterer Stromfluss möglich zur Erwärmung der Heizplatten 35 und damit der Metallplatte. Da die sich gegenüberliegenden Bereiche der Heizplatte 35, welche im geschlossenen Zustand durch die Metallplatte miteinander verbunden sind, an jeder Stelle dasselbe elektrische Potential (Spannungsniveau) aufweisen, kommt es zu keinem Kurzschluss.

[0084] Eine alternative Ausführungsform einer Heizplatte 40 ist in der Figur 18 dargestellt. Der Plattenkörper 41 der Heizplatte 40 weist zwei übereinander angeordnete Plattenkörperlagen 42, 43 auf. Zwischen den Plattenkörperlagen 42, 43 ist eine elektrische Isolierung 44 vorgesehen. Die elektrische Isolierung 44 erstreckt sich über den wesentlichen Teil der Länge L des Plattenkörpers 41, so dass diese bereichsweise gegeneinander elektrisch isoliert sind. Am Ende 45 des Plattenkörpers 41 ist ein Kontaktabschnitt 46 ausgebildet. Im Kontaktabschnitt 46 kontaktieren die Plattenkörperlagen 42, 43 einander und sind elektrisch leitend miteinander verbunden. Auf diese Weise ist ein U-förmig konfigurierter Heizleiter 47 im Plattenkörper 41 ausgebildet. Auch hier ist der Strompfad durch die Pfeile P kenntlich gemacht. Sowohl in der Figur 17 als auch in der Figur 18 ist der kürzeste Abstand zwischen den elektrischen Kontakten mit k_4 gekennzeichnet. Der Heizleiter 38 ebenso wie der Heizleiter 47 besitzen eine Länge, die länger ist als der kürzeste Abstand k_4 zwischen den elektrischen Kontakten "+" und "-".

[0085] Bei einem Verfahren zur Herstellung von warmumgeformten und pressgehärteten Blechprodukten aus Metallplatten in einer erfindungsgemäßen Warmformlinie werden die Metallplatten in einer Heizstation 1 auf Umformtemperatur erwärmt, anschließend aus der Heizstation 1 entnommen und innerhalb einer Zeit T_1 von weniger als 3 Sekunden in die Umformstation 2 transferiert. Im Umformwerkzeug 2 erfolgt dann die Umformung zum Blechprodukt. In der Umformstation 2 selber oder einer nachgeschalteten Kühlstation 28 wird das heiße Blechprodukt abgekühlt mit einer Abkühlgeschwindigkeit, die oberhalb der kritischen Abkühlgeschwindigkeit des Metallwerkstoffes liegt und auf diese Weise gehärtet. Die Abkühlung erfolgt in einer Zeit T_K von kleiner oder gleich (\leq) 10 Sekunden, insbesondere in einer Zeit zwischen 3 und 6 Sekunden. Hierbei wird das Blechprodukt auf eine Temperatur T_E von kleiner oder gleich (\leq) 250 °C abgekühlt.

[0086] Der Transfer der erwärmten Metallplatine aus der Heizstation 1 in eine nachgeschaltete Kühlstation 28 erfolgt in einer Zeit t_{T2} von maximal 3 Sekunden.

[0087] Ein vorteilhafter Aspekt des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass eine Heizplatte 8 der Heizstation 1 zumindest partiell auf eine Plattentemperatur T_P zwischen 1.050 °C und 1.350 °C erwärmt wird. Eine Metallplatine wird dann in der Heizstation 1 zumindest partiell erwärmt und zwar von einer Ausgangstemperatur T1 auf eine Zieltemperatur T2, indem die Metallplatine mit der Heizplatte 8 von Ober- und/oder Unterwerkzeug in Kontakt gelangt. Die Zieltemperatur T2 liegt zwischen 850 °C und 900 °C. Die Erwärmung der Metallplatine auf die Zieltemperatur T2 erfolgt in einer Zeit t_E von kleiner oder gleich (\leq) 10 Sekunden, insbesondere in einer Zeit zwischen 4 und 6 Sekunden.

Bezugszeichen:

[0088]

- 1 - Heizstation
- 15 1a - Heizstation
- 1b - Heizstation
- 2 - Umformstation
- 3 - Unterwerkzeug
- 4 - Oberwerkzeug
- 20 5 - Aufnahmeraum
- 6 - Metallplatine
- 7 - Widerstandsheizung
- 8 - Heizplatte
- 8' - Heizplatte
- 25 9 - Plattenkörper
- 10 - Schlitz
- 11 - Heizleiter
- 12 - Kontakt
- 13 - Kontakt
- 30 14 - Seitenrand von 8
- 15 - Seitenrand von 8
- 16 - Einfassung
- 17 - untere Isolierplatte
- 18 - obere Isolierplatte
- 35 19 - Lastverteilerplatte
- 20 - Lastverteilerplatte
- 21 - Rückseite
- 22 - Heizfläche von 8
- 23 - Isolierschicht
- 40 24 - Mittelabschnitt
- 24' - Platinenabschnitt
- 24'' - Flügelabschnitt
- 25 - Temperierplatte
- 26 - Synchronantriebseinheit
- 45 27 - Heizvorrichtung
- 28 - Kühlstation
- 29 - Maschinengestell
- 30 - Federelement
- 31 - Blechprodukt
- 50 32 - Randabschnitt
- 33 - Mittelabschnitt
- 34 - Randbereich
- 35 - Heizplatte
- 36 - Plattenkörper
- 55 37 - Schlitz
- 38 - Heizleiter
- 39 - Ende zu 36
- 40 - Heizplatte

	41	- Plattenkörper
	42	- Plattenkörperlagen
	43	- Plattenkörperlagen
	44	- Isolierung
5	45	- Ende zu 41
	46	- Kontaktabschnitt
	47	- Heizleiter
	d	- Dicke von 9
10	a1	- Abstand
	a2	- Abstand
	a3	- Abstand
	k1	- Abstand
	k2	- Abstand
15	k3	- Abstand
	k4	- Abstand
	s1	- Abschnitt
	s2	- Abschnitt
	s3	- Abschnitt
20	s4	- Abschnitt
	s5	- Abschnitt
	B	- Breite
	P	- Pfeil
	L	- Länge
25	LS	- Länge

Patentansprüche

- 30 1. Warmformlinie mit einer Heizstation (1) und einer Umformstation (2) zur Herstellung von warmumgeformten und insbesondere pressgehärteten Blechprodukten (31) aus Metallplatinen (6), wobei die Heizstation (1) ein Unterwerkzeug (3) und ein Oberwerkzeug (4) aufweist zwischen denen eine Metallplatte (6) zum Erwärmen aufnehmbar ist und das Unterwerkzeug (3) und/oder das Oberwerkzeug (4) eine elektrische Widerstandsheizung (7) mit zumindest einem Flächenheizelement aufweist und das Flächenheizelement eine Heizplatte (8, 8', 35, 40) ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Heizplatte (8, 8', 35, 40) als Plattenkörper (9, 36, 41) aus einem elektrisch leitfähigen Material ausgebildet ist und der Plattenkörper (9, 36, 41) als Heizleiter (11, 38, 47) ausgebildet ist.
- 35
2. Warmformlinie nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Heizleiter (11) eine Länge besitzt, die länger ist als der kürzeste Abstand (k1, k2, k3, k4) zwischen den elektrischen Kontakten (12, 13) des Heizleiters (11).
- 40
3. Warmformlinie nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Heizleiter (11, 38, 47) mehrfach gewunden, insbesondere mäanderförmig oder spiralförmig, verläuft.
4. Warmformlinie nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Heizleiter (11) in dem Plattenkörper (9) durch zumindest einen Schlitz (10) ausgebildet ist, welcher sich über die Dicke (d) des Plattenkörpers (9) erstreckt.
- 45
5. Warmformlinie nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Heizleiter (38) im Plattenkörper (36) durch einen horizontalen Schlitz (37) ausgebildet ist.
- 50
6. Warmformlinie nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Plattenkörper (41) zumindest zwei übereinander angeordnete Plattenkörperlagen (42, 43) umfasst, wobei die Plattenkörperlagen (42, 43) zumindest bereichsweise gegeneinander elektrisch isoliert sind und über einen Kontaktabschnitt elektrisch leitend miteinander verbunden sind.
- 55
7. Warmformlinie nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Plattenkörper (9, 36, 41) aus einem metallischen Heizleiterwerkstoff besteht.

EP 2 907 881 A2

8. Warmformlinie nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Plattenkörper (9, 36, 41) aus einem keramischen Heizleiterwerkstoff besteht.
- 5 9. Warmformlinie nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Heizplatte (8) in einer ihre Seitenränder (14, 15) umgebenden Einfassung (16) aufgenommen ist.
10. Warmformlinie nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Heizplatte (8) an ihrer die Metallplatine (6) kontaktierenden Heizfläche (22) mit einer elektrischen Isolierschicht (23) versehen ist.
- 10 11. Warmformlinie nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Widerstandsheizung (7) eine Anzahl von wahlweise ansteuerbaren Flächenheizelementen aufweist.
12. Warmformlinie nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Querschnitt des Heizleiters (11) über seine Länge variiert.
- 15 13. Warmformlinie nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Unterwerkzeug (3) und dem Oberwerkzeug (4) ein Aufnahmeraum (5) für die Metallplatine (6) vorgesehen ist und der Aufnahmeraum (5) eine an die Oberflächenkontur der Metallplatine (6) angepasste Geometrie besitzt.
- 20 14. Warmformlinie nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Heizstation (1) zumindest eine weitere Heizvorrichtung (27) vor- oder nachgeschaltet ist.
- 25 15. Warmformlinie nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Heizstation (1) und die Umformstation (2) innerhalb einer Synchronantriebseinheit (26) angeordnet sind.
- 26 16. Warmformlinie nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** innerhalb der Synchronantriebseinheit (26) zwischen Heizstation (1) und Umformstation (2) ein Platinen-Transfersystem vorgesehen ist.
- 30 17. Warmformlinie nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Umformstation (2) eine separate Kühlstation (28) nachgeschaltet ist.
- 35 18. Warmformlinie nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Heizstation (1) und/oder die Umformstation (2) und/oder die Kühlstation (28) in einem Maschinengestell (29) federelastisch gelagert sind.
- 40 19. Verfahren zur Herstellung von warmumgeformten und insbesondere pressgehärteten Blechprodukten in einer Warmformlinie nach einer der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Heizplatte der Heizstation (1) zumindest partiell auf eine Plattentemperatur T_P zwischen 1.050 °C und 1.350 °C erwärmt wird und in der Heizstation (1) die zumindest partielle Erwärmung einer Metallplatine (6) von einer Ausgangstemperatur T_1 auf eine Zieltemperatur T_2 durch Kontakt der Metallplatine (6) mit der Heizplatte durchgeführt wird, wobei die Zieltemperatur T_2 zwischen 850 °C und 970 °C liegt und die Erwärmung in einer Zeit t von kleiner oder gleich (\leq) 10 Sekunden, insbesondere in einer Zeit zwischen 3 und 6 Sekunden erfolgt.
- 45 20. Verfahren nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Transfer der erwärmten Metallplatine aus der Heizstation (1) in die Umformstation (2) in einer Zeit t_{T1} von maximal 3 Sekunden durchgeführt wird.
- 50 21. Verfahren nach Anspruch 19 oder 20, wobei der Umformstation eine Kühlstation nachgeschaltet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Transfer der umgeformten Metallplatine aus der Umformstation (2) in eine Kühlstation (28) in einer Zeit t_{T2} von maximal 3 Sekunden durchgeführt wird.
- 55 22. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 19 bis 21, wobei das umgeformte Blechprodukt zumindest partiell gehärtet, insbesondere pressgehärtet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Blechprodukt in der Umformstation (2) und/oder einer nachgeschalteten Kühlstation (28) in einer Zeit t_K von kleiner oder gleich (\leq) 10 Sekunden, insbesondere in einer Zeit zwischen 3 und 6 Sekunden, zumindest partiell auf eine Temperatur T_E von kleiner oder gleich (\leq) 250 °C abgekühlt wird.

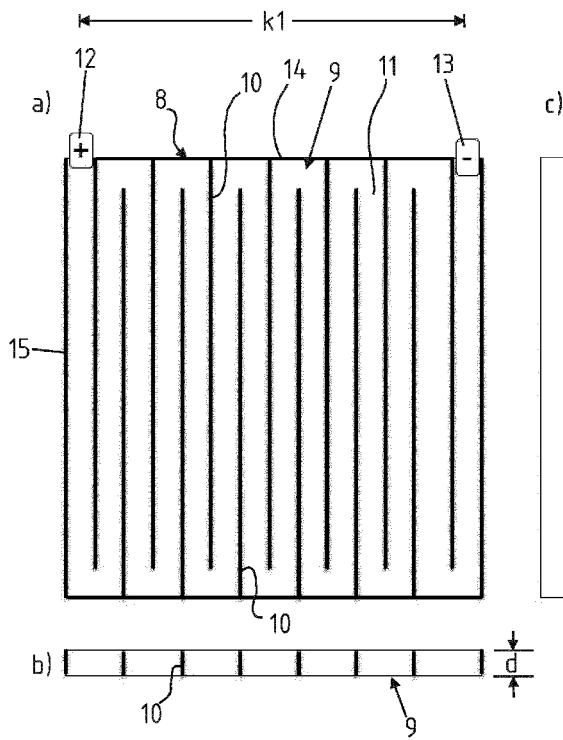


Fig. 1

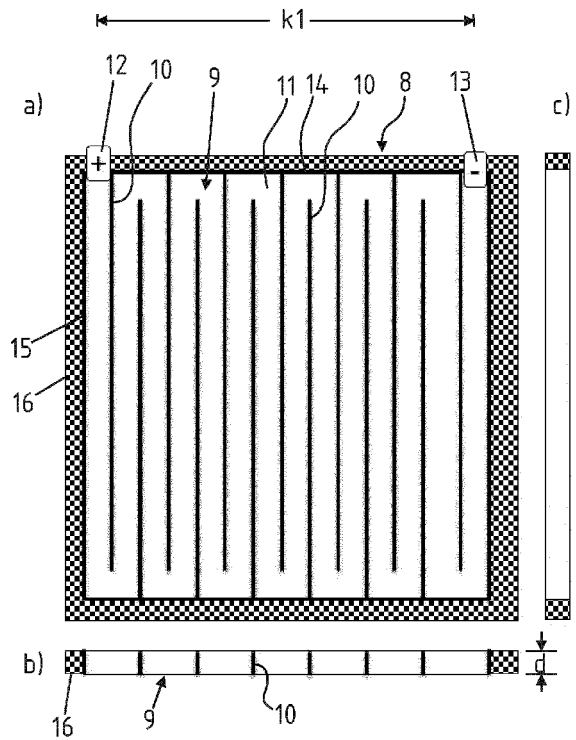


Fig. 2

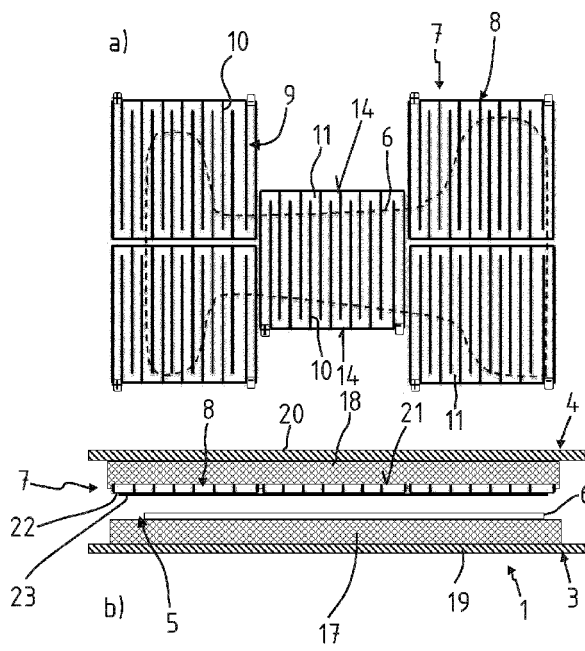


Fig. 3

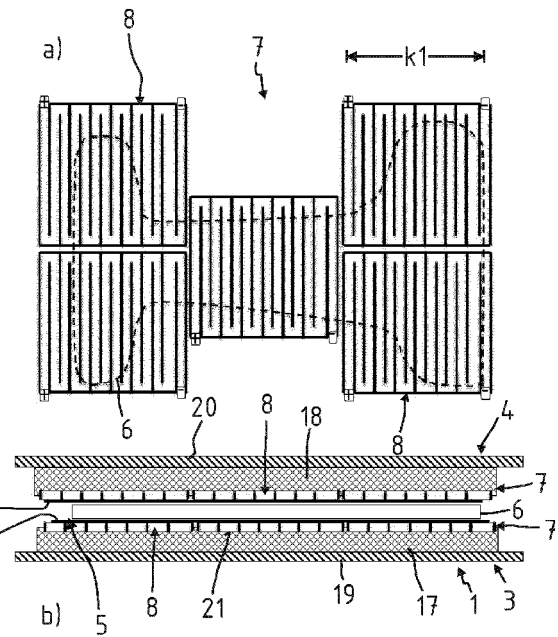


Fig. 4

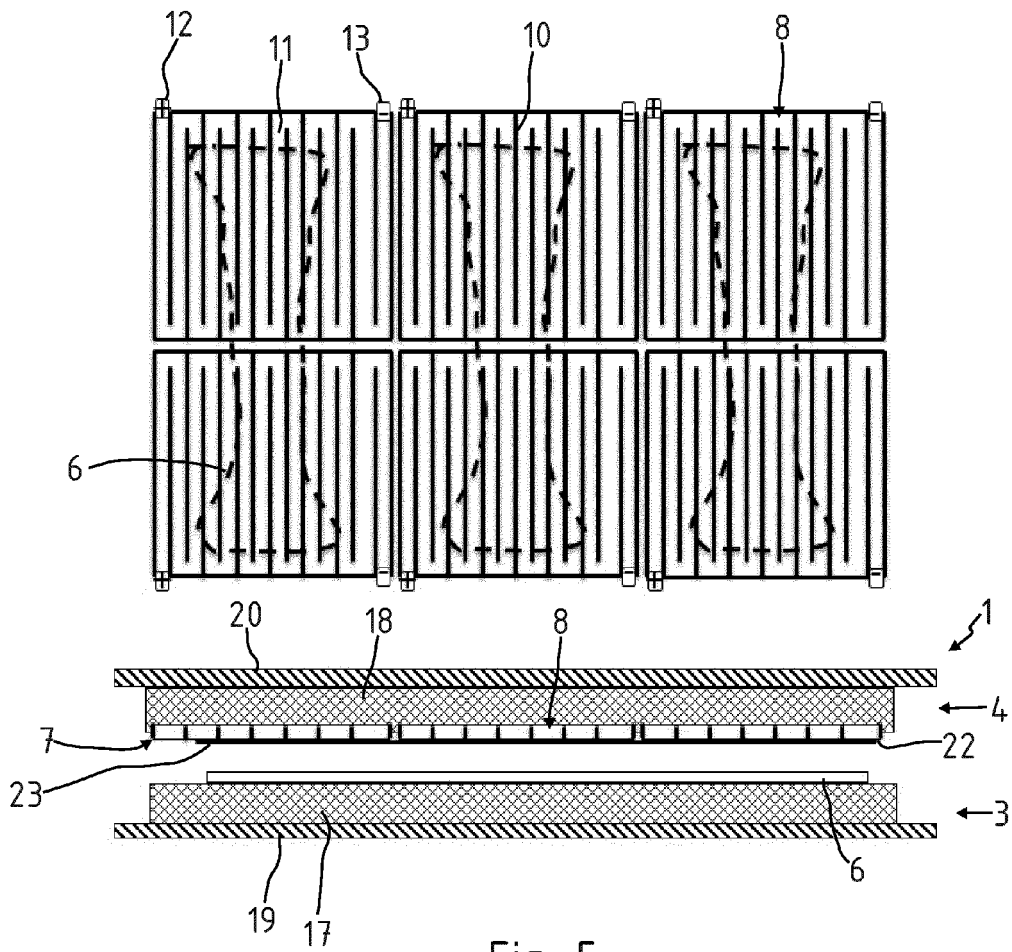


Fig. 5

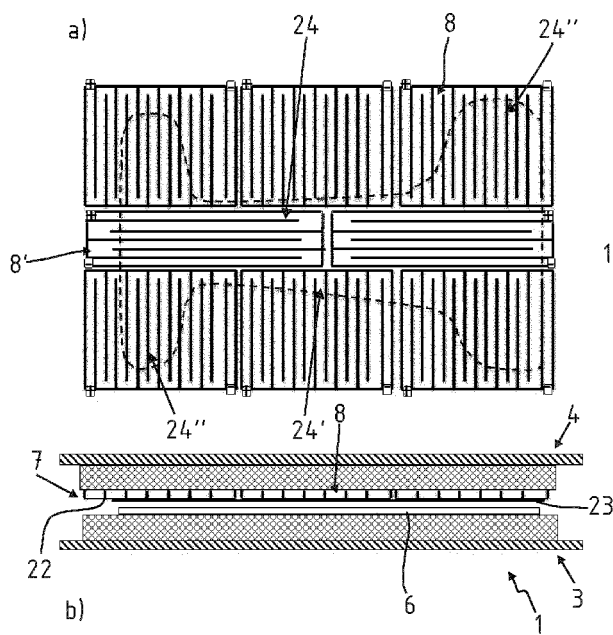


Fig. 6

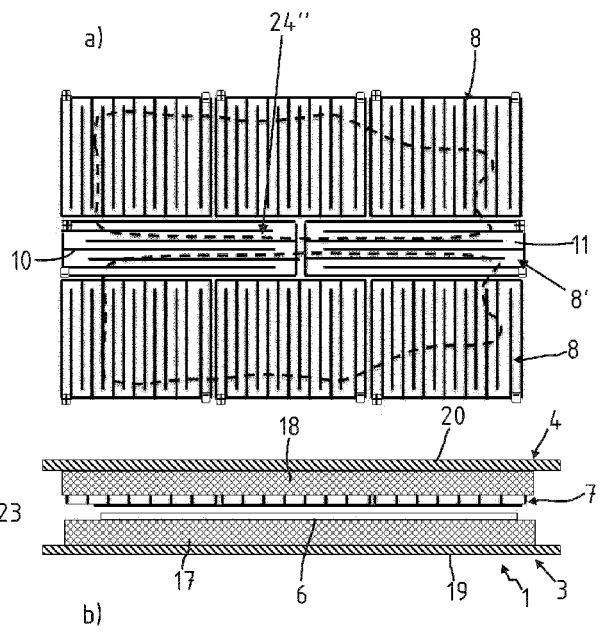


Fig. 7

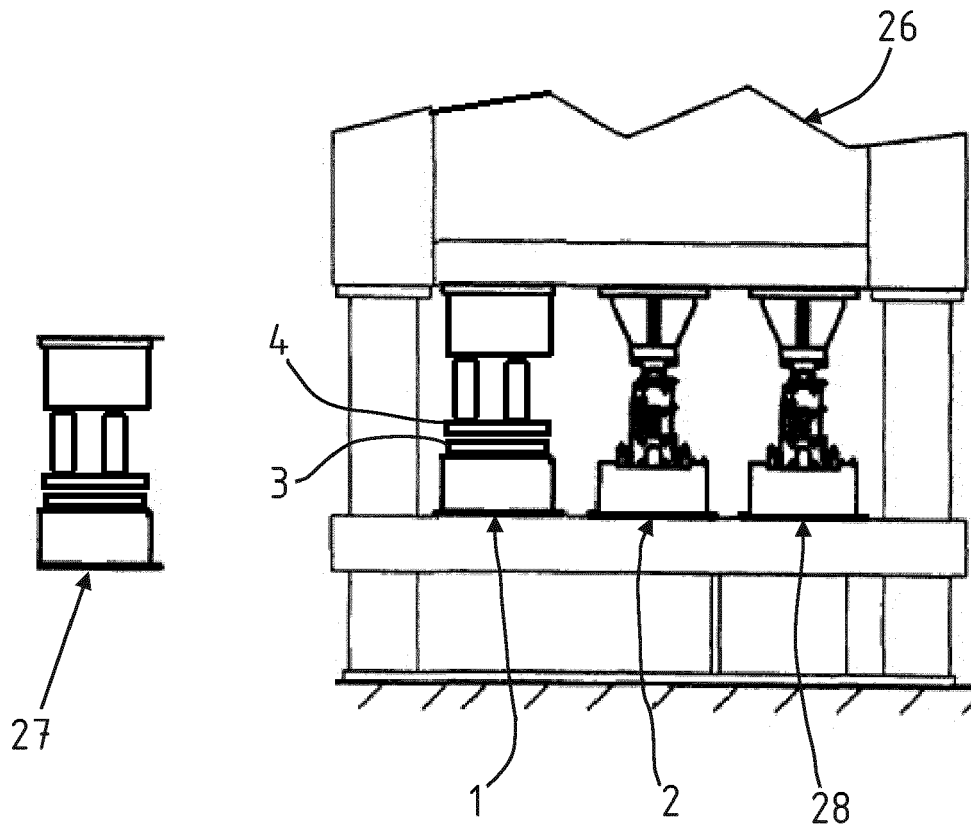


Fig. 8

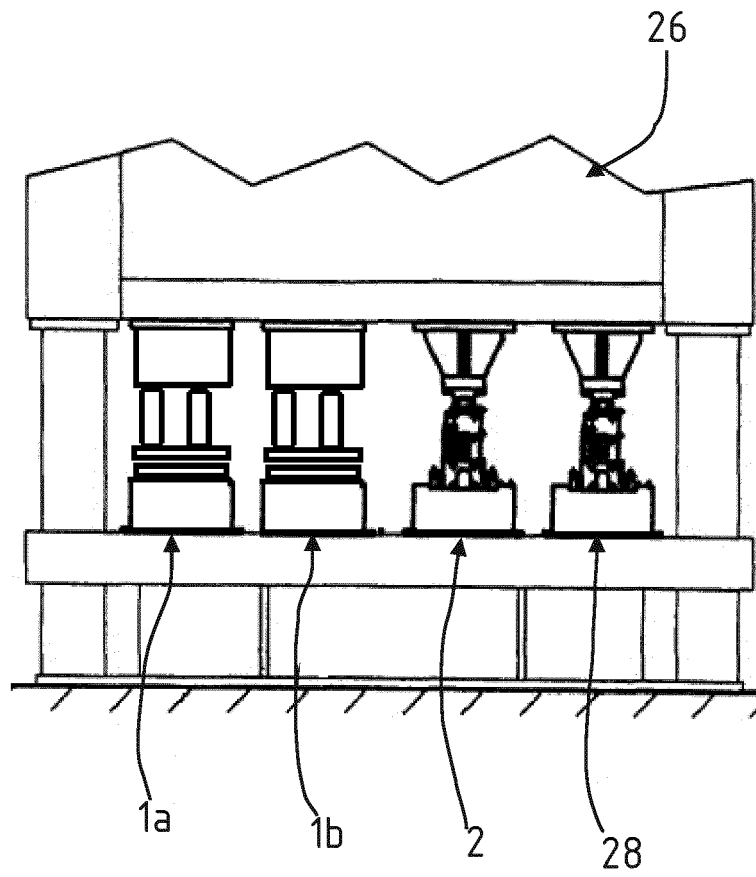


Fig. 9

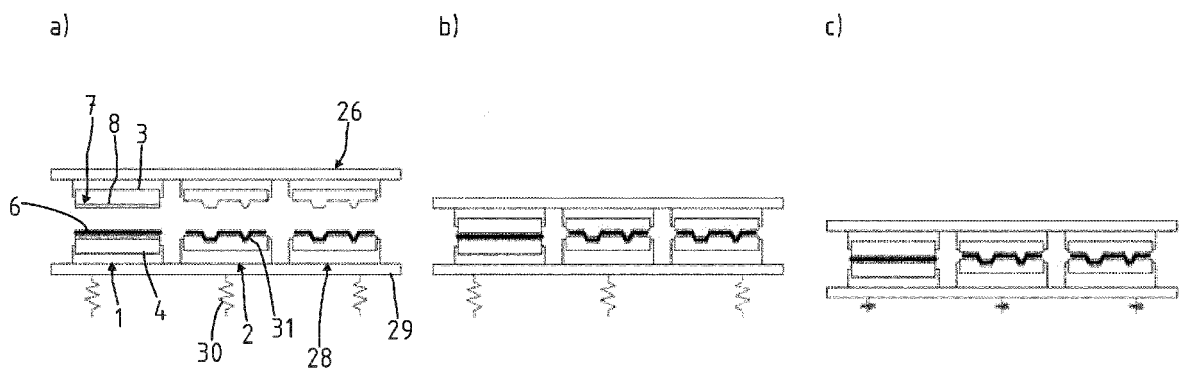


Fig. 10

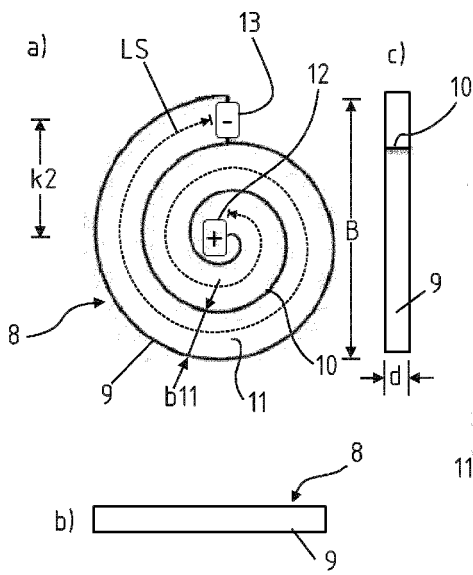


Fig. 11

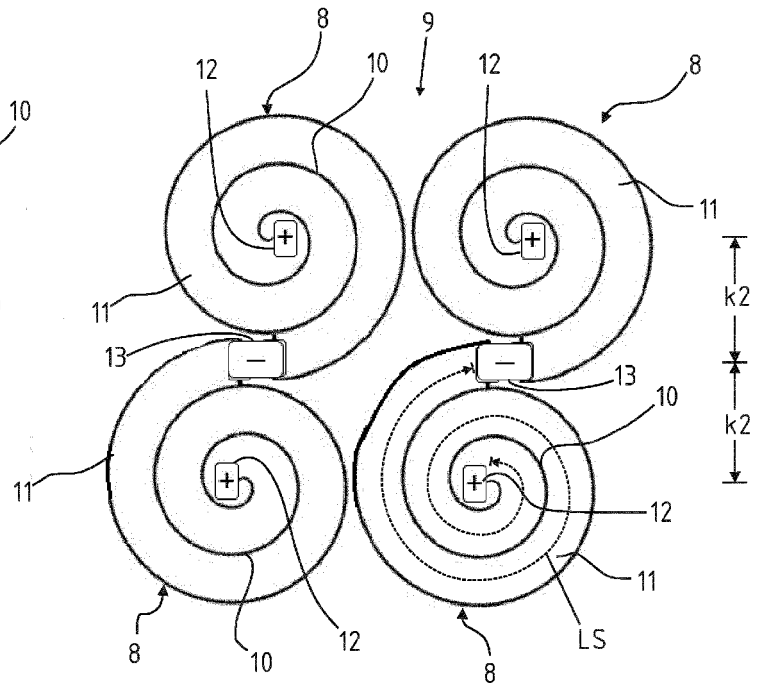


Fig. 12

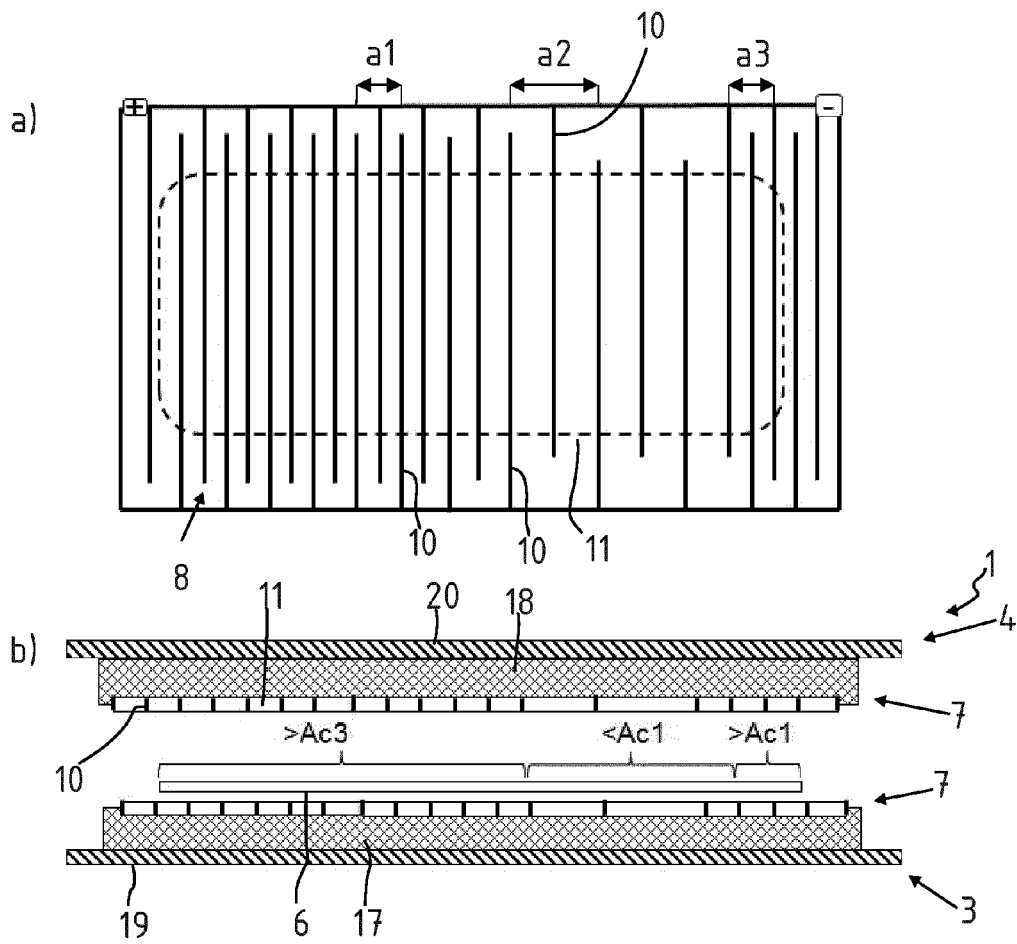


Fig. 13

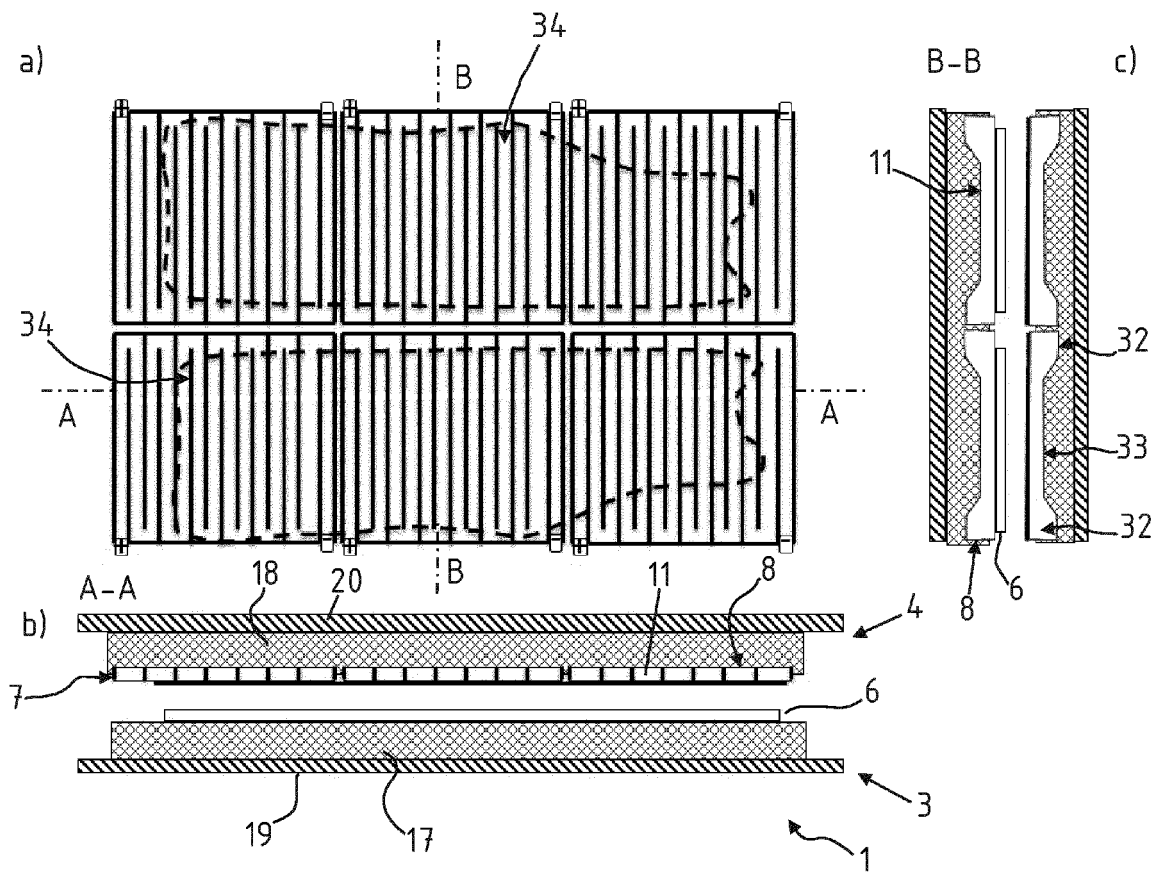


Fig. 14

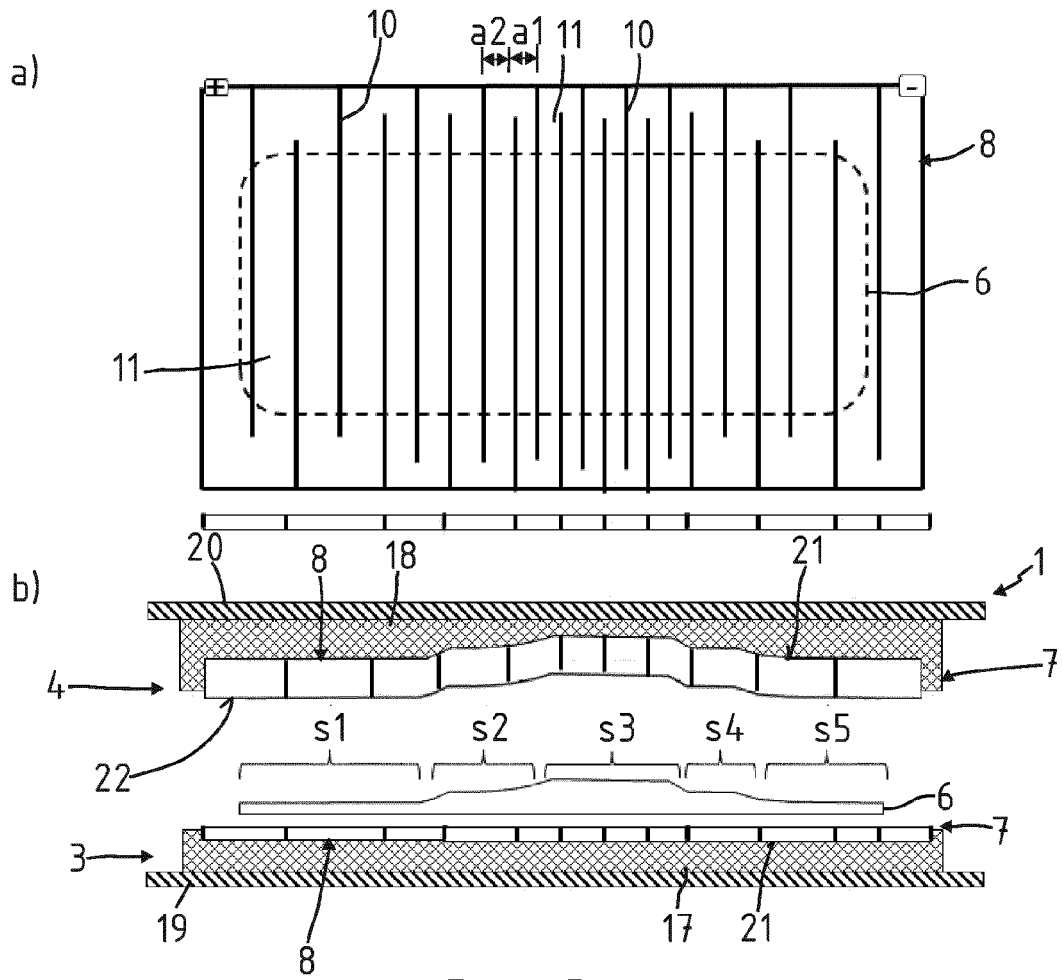


Fig. 15

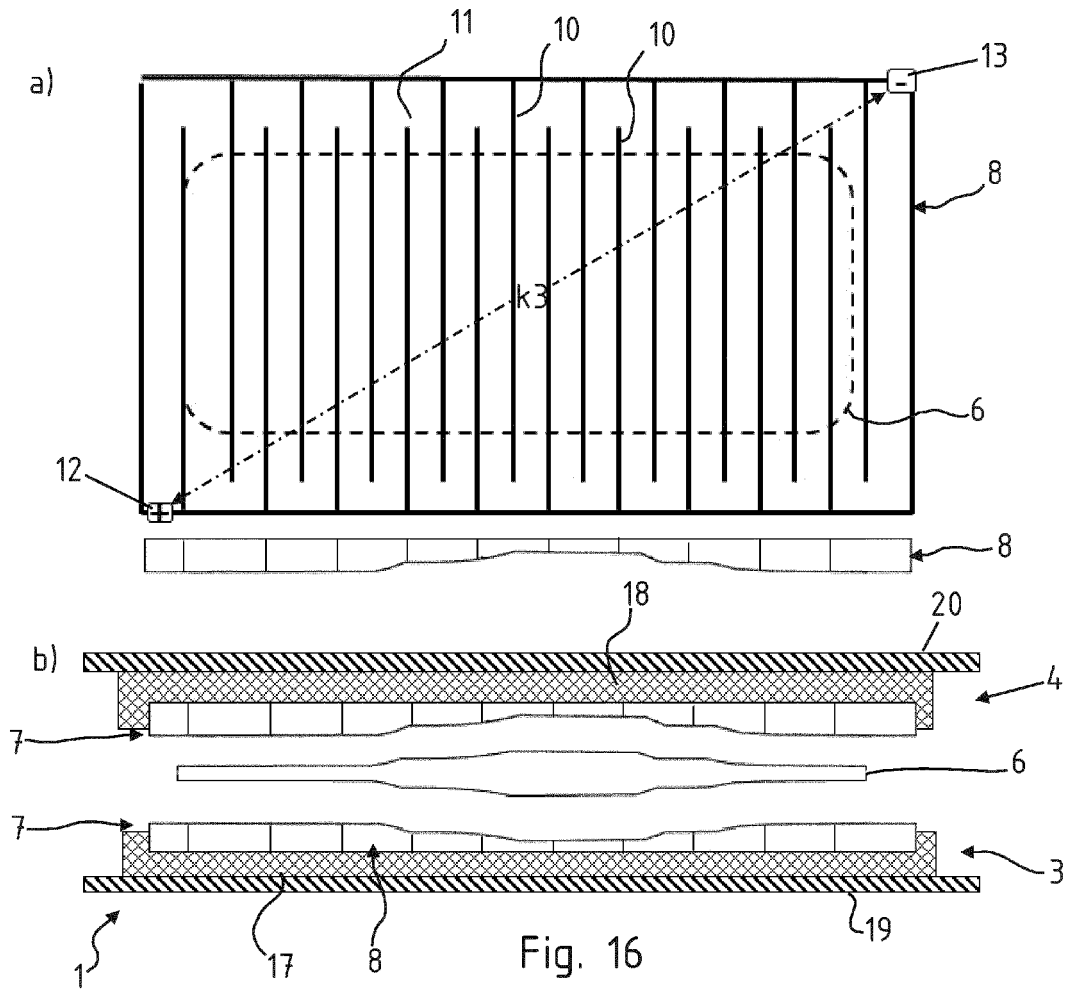


Fig. 16

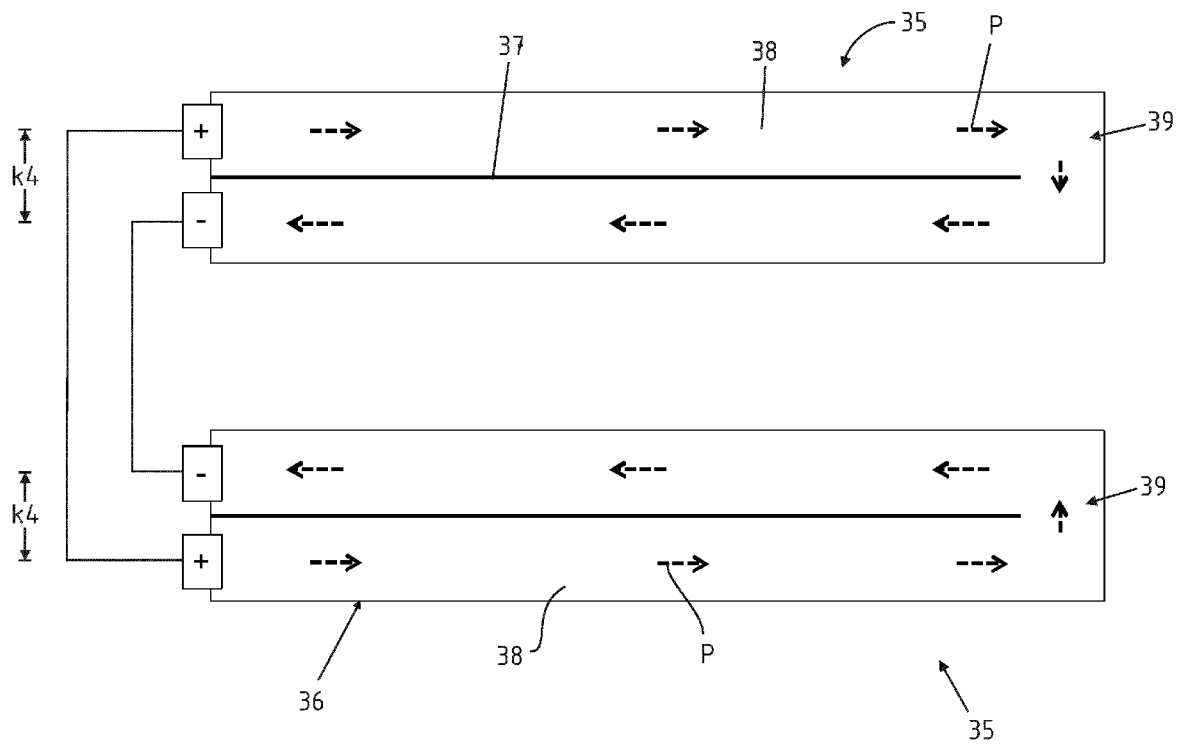


Fig. 17

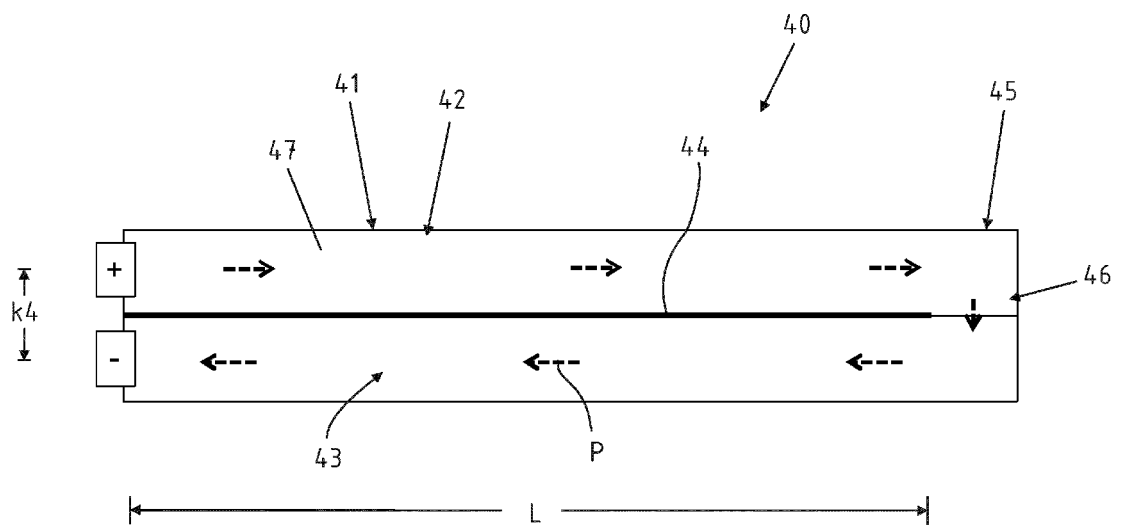


Fig. 18

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 2452486 A1 **[0003]**
- DE 102012110650 B3 **[0007]**
- DE 102006037637 A1 **[0008]**
- DE 10212819 B4 **[0009]**
- DE 102012110649 B3 **[0010]**
- EP 2216417 A2 **[0011]**
- EP 2182081 A1 **[0012]**