

(19)



(11)

EP 3 088 096 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
07.07.2021 Patentblatt 2021/27

(51) Int Cl.:
B21D 28/10 (2006.01) B21D 28/34 (2006.01)
B21D 28/16 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15165673.3**

(22) Anmeldetag: **29.04.2015**

(54) VORRICHTUNGEN UND VERFAHREN ZUM DRUCKUMFORMEN VON VERBINDUNGSSTEGEN ZWISCHEN WERKSTÜCKTEILEN EINES PLATTENARTIGEN WERKSTÜCKS

DEVICES AND METHOD FOR THE PRESSURE FORMING OF CONNECTOR BRIDGES BETWEEN PARTS OF A BOARD-SHAPED WORKPIECE

DISPOSITIFS ET PROCÉDÉ DE FORMAGE PAR PRESSION DE BARRETTES DE LIAISON ENTRE DES PARTIES D'UNE PIÈCE À USINER EN PLAQUES

(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

- **Wilhelm, Markus**
70839 Gerlingen (DE)
- **Abiko, Takeshi**
71254 Ditzingen (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.11.2016 Patentblatt 2016/44

(74) Vertreter: **Kohler Schmid Möbus Patentanwälte Partnerschaftsgesellschaft mbB**
Gropiusplatz 10
70563 Stuttgart (DE)

(73) Patentinhaber: **TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG**
71254 Ditzingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1-102012 011 767 US-A- 4 362 078
US-A- 5 655 401

(72) Erfinder:
• **Klinkhammer, Marc**
71254 Ditzingen (DE)

- **None**

EP 3 088 096 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Umformwerkzeug sowie eine mit einem derartigen Umformwerkzeug versehene Werkzeugmaschine zum Druckumformen eines Verbindungsstegs, der an seinen Enden an Werkstückteilen ansetzt und der die Werkstückteile miteinander verbindet, die als Bearbeitungsprodukte einer trennenden Bearbeitung von plattenartigen Werkstücken, insbesondere von Blechen, vorliegen und die jeweils eine Trennfläche aufweisen, in deren Querrichtung der Verbindungssteg verläuft,

- mit zwei Werkzeugteilen, welche beim Druckumformen des Verbindungsstegs einander gegenüberliegenden Seiten des Verbindungsstegs zugeordnet sind und welche relativ zueinander längs einer Hubachse bewegbar sind, die beim Druckumformen des Verbindungsstegs in Querrichtung des Verbindungsstegs verläuft,
- wobei die Werkzeugteile an längs der Hubachse einander zugewandten Seiten jeweils mit einem Umformorgan versehen sind und freie Enden der Umformorgane mit Stirnseiten längs der Hubachse zueinander hinweisen,
- wobei jedes der Umformorgane eine Werkstückseite und eine Stegseite aufweist und beim Druckumformen des Verbindungsstegs die Werkstückseite der Umformorgane ein und demselben Werkstückteil zugewandt und die Stegseite der Umformorgane von diesem Werkstückteil abgewandt ist und
- wobei die Werkzeugteile längs der Hubachse mit einem Bearbeitungshub aufeinander zu in eine Hub-Endposition bewegbar sind, in welcher die Stirnseiten der Umformorgane längs der Hubachse einen Abstand voneinander aufweisen, der beim Druckumformen des Verbindungsstegs kleiner ist als die Erstreckung des umzuförmenden Verbindungsstegs längs der Hubachse.

[0002] Die Erfindung betrifft außerdem ein mittels des vorstehenden Umformwerkzeugs und/oder mittels der vorstehenden Werkzeugmaschine durchgeführtes Verfahren zum Druckumformen eines Verbindungsstegs der genannten Art.

[0003] Schließlich betrifft die Erfindung Verfahren zum Bearbeiten von plattenartigen Werkstücken, insbesondere zum Bearbeiten von Blechen, im Rahmen derer zwei Werkstückteile voneinander getrennt werden,

- indem die beiden Werkstückteile zunächst unter Erstellen einer Trennfläche an jedem der beiden Werkstückteile und unter Stehenlassen wenigstens eines Verbindungsstegs unvollständig voneinander getrennt werden, der an seinen Enden an den Werkstückteilen ansetzt, der die Werkstückteile miteinander verbindet und der in Querrichtung der Trennflächen verläuft,
- indem nach dem unvollständigen Trennen der Werkstückteile der Verbindungssteg druckumgeformt wird und
- indem die beiden Werkstückteile anschließend durch Lösen der durch den umgeformten Verbindungssteg hergestellten Verbindung vollständig voneinander getrennt werden.

[0004] Vorrichtungen und Verfahren mit den vorgenannten Merkmalen sind bekannt aus US 5,655,401 A. Diese Druckschrift offenbart ein Umformwerkzeug, das dazu dient, den Querschnitt von Verbindungsstegen zu reduzieren, über welche durch stanzendes Bearbeiten einer Blechtafel erzeugte Blechteile mit einem die Blechteile umgebenden Restgitter verbunden sind. Die Verbindungsstege, auch "Micro-Joints" genannt, stellen eine vorläufige Verbindung zwischen den Blechteilen und dem Restgitter her und sorgen dafür, dass während und nach der stanzenden Bearbeitung der Blechtafel die erzeugten Blechteile und das Restgitter als Einheit gehandhabt werden können. Damit die Verbindungsstege unter der Wirkung der bei der gemeinsamen Handhabung der Blechteile und des Restgitters auftretenden Belastungen nicht brechen, sind die Verbindungsstege hinreichend groß zu dimensionieren. Gleichzeitig muss es möglich sein, nach der gemeinsamen Handhabung der Blechteile und des Restgitters die Blechteile mit geringem Kraftaufwand aus dem Restgitter zu lösen. Zu diesem Zweck wird der Querschnitt der Verbindungsstege zwischen den Blechteilen und dem Restgitter mittels des vorbekannten Umformwerkzeugs reduziert. Das vorbekannte Umformwerkzeug umfasst einen Umformstempel mit einer abgeschrägten Stempelspitze sowie eine Umformmatrize mit einer ebenen Auflagefläche und einer in die ebene Auflagefläche eingelassenen Matrizenvertiefung. Der Umformstempel ist der einen, die Umformmatrize der anderen Seite eines zu bearbeitenden Verbindungsstegs zugeordnet. Mit einem längs einer Hubachse ausgeführten Bearbeitungshub wird der Umformstempel in Richtung auf die Umformmatrize bewegt. Dabei beaufschlagt der Umformstempel den zwischen dem Umformstempel und der Umformmatrize angeordneten Verbindungssteg mit der abgeschrägten Stempelspitze. Infolge der Beaufschlagung durch die Stempelspitze wird der Verbindungssteg unter Reduzierung der Dicke des Verbindungsstegs zwischen dem Umformstempel und der Umformmatrize gequetscht und außerdem über eine Kante gebogen, die an der Umformmatrize durch die Auflagefläche und eine parallel zu der Hubachse verlaufende seitliche Begrenzungsfläche der Matrizenvertiefung gebildet ist. Dadurch wird an dem Verbindungssteg eine gegenüber dem restlichen Verbindungssteg querschnittsreduzierte Bruchzone erzeugt. Sind sämtliche Verbindungsstege zwischen den Blechteilen der bearbeiteten Blechtafel und dem die Blechteile umgebenden Restgitter in der beschriebenen Weise druckumgeformt, so reicht ein Schütteln der Einheit aus Blechteilen und Restgitter aus, um die Verbindungsstege an den Bruchzonen zu zerstören und dadurch die Blechteile aus dem Restgitter zu lösen. Im Bereich

des Ansatzes der Verbindungsstege an den Blechteilen verbleibt dabei ein Grat, der gegenüber der Oberfläche der Blechteile vorragt und der maschinell entfernt werden muss.

[0005] DE 10 2012 011 767 A1 offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Zerteilen eines Werkstücks. Ausweislich dieser Druckschrift wird ein zu zerteilendes Werkstück beidseits mit jeweils einer im Querschnitt V-förmigen Schneide eines Kerbwerkzeugs beaufschlagt. Die Schneiden des Kerbwerkzeugs werden entlang einer Bewegungsachse aufeinander zubewegt. Die Spitzen der Schneiden liegen einander längs der Bewegungsachse gegenüber und dringen an der jeweils zugeordneten Seite des Werkstücks unter Erzeugung einer im Querschnitt V-förmigen Korbgeometrie so weit in das Werkstück ein, dass zwischen den Spitzen der Schneiden eine Restdicke des Werkstücks stehen bleibt. In einem anschließenden Arbeitsschritt wird das Werkstück entlang der zuvor erstellten Korbgeometrien scherschnitten und dadurch zerteilt.

[0006] US 4,362,078 A betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum stanzenden Bearbeiten von plattenartigen Werkstücken. Ein Stanzwerkzeug umfasst zwei Stanzstempel, die beidseits eines zu bearbeitenden Werkstücks angeordnet sind und von denen jeder einen erhabenen umlaufenden Rand mit einem V-förmigen Querschnitt aufweist. Längs einer Hubachse der Stanzstempel liegen die Spitzen der umlaufenden Ränder der Stanzstempel einander gegenüber. In einem ersten Arbeitsschritt werden die Stanzstempel entlang der Hubachse so weit aufeinander zubewegt, dass ihre umlaufenden Ränder zwar in das betreffende Werkstück eindringen und an den zugeordneten Werkstückseiten jeweils eine V-förmige Werkstücknut erzeugen, an dem Werkstück aber noch keinen Ausschnitt erstellen. Ein Ausschnitt wird in einem nachfolgenden Arbeitsschritt durch Scherschneiden des Werkstücks längs der V-förmigen Werkstücknuten erzeugt.

[0007] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Vorrichtungen und Verfahren bereitzustellen, die es ermöglichen, unvollständig voneinander getrennte und über Verbindungsstege miteinander verbundene Werkstückteile, die als Bearbeitungsprodukte einer trennenden Bearbeitung von plattenartigen Werkstücken vorliegen, derart vollständig voneinander zu trennen, dass keine oder allenfalls eine geringfügige Nachbearbeitung der Werkstückteile erforderlich ist.

[0008] Erfindungsgemäß gelöst wird diese Aufgabe durch das Umformwerkzeug und die Werkzeugmaschine gemäß den Patentansprüchen 1 und 12 sowie durch die Verfahren gemäß den Patentansprüchen 14, 15 und 17.

[0009] Es wird von einem Umformwerkzeug Gebrauch gemacht, das aufgrund der Geometrie der an den Werkzeugteilen des Umformwerkzeugs vorgesehenen Umformorgane beim Druckumformen eines zwischen zwei Werkstückteilen stehengebliebenen Verbindungsstegs an dem oder den Enden des Verbindungsstegs eine Bruchzone erzeugt, die derart beschaffen ist, dass nach dem Brechen des Verbindungsstegs keine oder nur allenfalls geringfügige Spuren des Verbindungsstegs an dem oder den Werkstückteilen verbleiben. Die Umformorgane der Werkzeugteile tauchen beim Druckumformen eines Verbindungsstegs in diesen ein und verdrängen dabei Werkstoff des Verbindungsstegs. Aufgrund der Geometrie der Umformorgane des Umformwerkzeugs wird der durch das Umformwerkzeug plastifizierte Werkstoff des Verbindungsstegs von dem oder den an den Verbindungssteg angrenzenden Werkstückteilen weg verdrängt. Infolgedessen kann der im Laufe des Umformprozesses plastifizierte Werkstoff des Verbindungsstegs an dem oder den betreffenden Werkstückteilen keine oder allenfalls geringfügige Spuren hinterlassen. An dem Verbindungssteg gebildeter Grat wird gemeinsam mit dem Verbindungssteg entfernt und beeinträchtigt folglich die Qualität der Trennfläche an dem oder den Werkstückteilen nicht. Erfindungsgemäß sind die Umformorgane an den Werkzeugteilen des Umformwerkzeugs in Querrichtung der Hubachse gegeneinander versetzt. Dadurch ergibt sich zwischen den beiderseitigen Umformorganen ein Spalt, der ein schräges Abbrechen des Verbindungsstegs nach dem Umformen begünstigt. Eine schräge Bruchfläche an einem Werkstückteil kann beispielsweise in einem Fall erstrebenswert sein, in dem durch Kantenbearbeitung des Werkstückteils ebenfalls eine Schrägfläche erzeugt wird, auf welche die schräge Bruchfläche an dem Werkstückteil dann abgestimmt sein kann.

[0010] Je nach Anwendungsfall, beispielsweise je nach Bemessung der Breite des Verbindungsstegs einerseits und der Breite der Umformorgane andererseits, führen die Werkzeugteile des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs zum Umformen eines Verbindungsstegs einen einzelnen Bearbeitungshub oder mehrere aufeinanderfolgende Bearbeitungshübe aus.

[0011] Nach dem Druckumformen eines Verbindungsstegs besitzt das umgeformte Ende des Verbindungsstegs nur noch einen verhältnismäßig kleinen Querschnitt, der derart bemessen ist, dass die Anbindung des Verbindungsstegs an den benachbarten Werkstückteil mit geringem Kraftaufwand, beispielsweise durch Hin- und Herbewegen des bearbeiteten Werkstücks, zumindest annähernd restlos und gratfrei gelöst werden kann. Dessen ungeachtet kann der Verbindungssteg vor dem Druckumformen derart dimensioniert sein, dass er eine belastbare Verbindung zwischen den betreffenden Werkstückteilen herstellt.

[0012] Als Werkstückteile können Gutteile untereinander aber auch ein oder mehrere Gutteile mit einem Abfallteil, beispielsweise mit einem Restgitter, durch Verbindungsstege verbunden sein. Die Verbindungsstege können beispielsweise an geradlinig oder bogenförmig verlaufenden Kanten aber auch an Ecken der miteinander verbundenen Werkstückteile ansetzen. Im Interesse einer möglichst langen Standzeit des Umformwerkzeugs sollten die Verbindungsstege gegenüber den Umformorganen des Umformwerkzeugs derart ausgerichtet sein, dass die Verbindungsstege den Umformorganen längs der Hubachse mit Flächen und nicht mit Kanten gegenüberliegen. Beim unvollständigen Trennen

der Werkstückteile ist deshalb eine Torsion der Verbindungsstege um ihre Längsachse zu vermeiden.

[0013] Ebenfalls im Interesse einer Optimierung der Standzeit des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs können Werkstoffteilchen, die beim Druckumformen eines Verbindungsstegs beispielsweise als Späne anfallen, von der Bearbeitungsstelle abgeführt werden. Zu diesem Zweck ist in bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung wenigstens einer der Werkzeugteile des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs mit einer entsprechenden Absaugung versehen. Durch das Abführen von Werkstoffteilchen von der Bearbeitungsstelle wird im Übrigen auch verhindert, dass die Werkstoffteilchen an den voneinander zu trennenden Werkstückteilen Spuren hinterlassen und dadurch die Qualität der Werkstückbearbeitung mindern.

[0014] An der erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine sind die Werkzeugteile des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs in Werkzeugaufnahmen angeordnet, die an einander gegenüberliegenden Seiten des umzuformenden Verbindungsstegs bzw. der durch den umzuformenden Verbindungssteg miteinander verbundenen Werkstückteile vorgesehen sind und die numerisch gesteuert längs der Hubachse der Werkzeugteile relativ zueinander bewegt werden können. Außerdem kann die Möglichkeit bestehen, die Werkzeugaufnahmen gemeinsam mit den daran fixierten Werkzeugteilen um die Hubachse dreheinzustellen. Das zuvor trennend bearbeitete Werkstück ruht üblicherweise auf einer herkömmlichen Werkstückauflage der Werkzeugmaschine. Durch eine parallel zu der Plattenebene des bearbeiteten Werkstücks ausgeführte Relativbewegung der Werkstückteile und der Verbindungsstege einerseits und der Werkzeugaufnahmen der Werkzeugmaschine andererseits werden die Verbindungsstege gegenüber den in den Werkzeugaufnahmen gehaltenen Werkzeugteilen des Umformwerkzeugs zur Bearbeitung positioniert.

[0015] Während des Umformvorgangs wird ein umzuformender Verbindungssteg beidseits durch die Umformorgane der Werkzeugteile des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs druckbeaufschlagt. Die Linie, entlang derer die Umformorgane dabei an einem Ende des Verbindungsstegs eintauchen, kann in Verlängerung einer Trennfläche verlaufen, die an dem benachbarten Werkstückteil bei der Erzeugung des Verbindungsstegs erstellt worden ist, sie kann aber auch gegenüber dieser Trennfläche in das Innere des Werkstückteils zurückversetzt sein. In dem letztgenannten Fall ist selbst dann, wenn beim Trennen des Verbindungsstegs von dem Werkstückteil kleine Reste des Verbindungsstegs an dem Werkstückteil verbleiben, gewährleistet, dass keine Reste des Verbindungsstegs über die beim Erzeugen des Verbindungsstegs an dem Werkstückteil erstellte Trennfläche vorstehen. Gegebenenfalls überlappen die Umformorgane mit einem Werkstückteil vorzugsweise in der Größenordnung von Zehntelmillimetern.

[0016] Das erfindungsgemäße Umformverfahren ist Teil des erfindungsgemäßen Trennverfahrens und auch Teil des erfindungsgemäßen Bearbeitungsverfahrens, im Laufe dessen das erfindungsgemäße Trennverfahren und zusätzlich eine weitere Werkstückbearbeitung durchgeführt werden. Im Rahmen des erfindungsgemäßen Bearbeitungsverfahrens kann das erfindungsgemäße Umformwerkzeug dazu dienen, den oder die Verbindungsstege auf eine Art und Weise umzuformen, die auf die zusätzlich zu der trennenden Bearbeitung vorgesehene Werkstückbearbeitung abgestimmt ist. Insbesondere besteht die Möglichkeit, beim Umformen des oder der Verbindungsstege an einem Werkstückteil Geometrien zu erzeugen, wie sie im Rahmen der zusätzlichen Werkstückbearbeitung an der restlichen Trennfläche des betreffenden Werkstückteils hergestellt werden.

[0017] Besondere Ausführungsarten der Erfindung nach den unabhängigen Patentansprüchen ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen 2 bis 11, 13 und 16.

[0018] Gemäß Patentanspruch 2 ist in bevorzugter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs vorgesehen, dass wenigstens einer der Werkzeugteile eine im Wesentlichen senkrecht zu der Hubachse verlaufende Auflagefläche aufweist, von welcher das Umformorgan dieses Werkzeugteils zu dem anderen Werkzeugteil hin vorsteht. Die Auflagefläche bildet während des Umformprozesses ein Widerlager für den umzuformenden Verbindungssteg und verhindert dadurch eine unerwünschte Deformation des bearbeiteten Verbindungsstegs.

[0019] Für die Umformorgane der Werkzeugteile des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs kommen unterschiedliche Geometrien in Frage.

[0020] Gemäß Patentanspruch 3 weist wenigstens eines der Umformorgane in einer parallel zu der Hubachse verlaufenden Schnittebene einen dreiecksförmigen Querschnitt oder einen trapezförmigen Querschnitt auf. Bevorzugt wird ausweislich Patentanspruch 4 eine Bauart des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs, im Falle derer das Umformorgan eines der Werkzeugteile einen dreiecksförmigen Querschnitt und das Umformorgan des anderen Werkzeugteils einen trapezförmigen Querschnitt aufweist. Die Stirnseite eines Umformorgans mit Dreiecksquerschnitt ist an sich linienförmig. Zur Erhöhung der Standzeit kann ein derartiges Umformorgan in bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung mit einer geringfügigen Abflachung oder Abrundung an der die Stirnseite des Umformorgans ausbildenden Dreiecksspitze versehen sein. Abweichend von einem Umformorgan mit Dreiecksquerschnitt besitzt ein Umformorgan mit trapezförmigem Querschnitt eine flächige Stirnseite. Auch von der Trapezform abweichende Querschnitte, die an dem betreffenden Umformorgan eine flächige Stirnseite ausbilden, sind erfindungsgemäß denkbar.

[0021] Umformorgane mit einem dreiecksförmigen oder mit einem trapezförmigen Querschnitt werden in Weiterbildung der Erfindung dadurch bereitgestellt, dass das Umformorgan eines Werkzeugteils von einem mit einem Innenhohlraum, vorzugsweise einem Innenkonus versehenen freien Ende des Werkzeugteils gebildet ist (Patentanspruch 5). Beim Druckumformen eines Verbindungsstegs kann Werkstoff des Verbindungsstegs in das Innere des beispielsweise von

dem Innenkonus gebildeten Hohlraums abfließen. Dadurch reduziert sich der Widerstand, welchen der Verbindungssteg der Bearbeitung durch das erfindungsgemäße Umformwerkzeug entgegensetzt. In Weiterbildung der Erfindung kann an dem Übergang zwischen der Stirnseite des betreffenden Umformorgans und dem Innenkonus ein Radius oder eine Abschrägung vorgesehen sein. Der Radius und die Abschrägung sorgen gegebenenfalls dafür, dass der umgeformte Verbindungssteg bei der endgültigen Trennung der Werkstückteile nicht an dieser Stelle sondern vielmehr unmittelbar an dem Ansatz des Verbindungsstegs an dem benachbarten Werkstückteil bricht.

[0022] Beim Druckumformen des Verbindungsstegs und dem damit verbundenen Eintauchen der Umformorgane des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs an wenigstens einem Ende des Verbindungsstegs wird durch die Umformorgane werkstückseitig eine Trennfläche erstellt. Durch entsprechende Gestaltung der Umformorgane kann auf die Beschaffenheit der durch die Umformorgane erzeugten Trennfläche Einfluss genommen werden. Weist ein Umformorgan eine scharfe Kante auf, so erzeugt das Umformorgan eine glatte und somit qualitativ hochwertige Trennfläche.

[0023] Im Falle der Erfindungsbauart gemäß Patentanspruch 6 ist vorgesehen, dass wenigstens eines der Umformorgane an der Werkstückseite längs der Hubachse parallel zu der Trennfläche oder unter einem Winkel gegenüber der Trennfläche an demjenigen Werkstückteil verläuft, welchem die Werkstückseite des Umformorgans beim Druckumformen des Verbindungsstegs zugewandt ist. Ist die Werkstückseite eines Umformorgans parallel zu der Trennfläche an dem betreffenden Werkstückteil, so verläuft auch die mittels des Umformorgans an dem betreffenden Werkstückteil erstellte Trennfläche parallel zu der vor dem Druckumformen des Verbindungsstegs erstellten Trennfläche des Werkstückteils. Verläuft die Werkstückseite des Umformorgans unter einem Winkel gegenüber der bereits vor dem Umformen des Verbindungsstegs erstellten Trennfläche an dem betreffenden Werkstückteil, so gilt Entsprechendes für die mittels des Umformorgans an dem Werkstückteil erzeugte Trennfläche. Eine parallel zu der Trennfläche an dem betreffenden Werkstückteil verlaufende Trennfläche wird mittels des Umformorgans erfindungsgemäß insbesondere dann erzeugt, wenn die mittels des Umformorgans erzeugte Trennfläche in Verlängerung der bereits vorhandenen Trennfläche an dem Werkstückteil verläuft. Die Erstellung einer unter einem Winkel gegen die bereits vorhandene Trennfläche des Werkstückteils geneigten Trennfläche mittels des Umformorgans ist erfindungsgemäß beispielsweise in Fällen vorgesehen, in denen vor oder nach dem Umformen des Verbindungsstegs die bereits vorhandene Trennfläche an dem Werkstückteil durch zusätzliche Kantenbearbeitung des Werkstückteils umgeformt und dabei abgeschrägt wird. Bei entsprechender Wahl des Winkels zwischen der Werkstückseite des Umformorgans und der bereits vorhandenen Trennfläche des Werkstückteils fluchtet die mittels des Umformorgans an dem Werkstück erzeugte Schrägfläche mit der Schrägfläche, die im Rahmen der zusätzlichen Kantenbearbeitung des Werkstückteils erstellt wird.

[0024] Gemäß Patentanspruch 7 ist das erfindungsgemäße Umformwerkzeug derart gestaltet, dass das Umformorgan eines der Werkzeugteile an dem betreffenden Werkstückteil eine Trennfläche erzeugt, die parallel zu der bereits vorhandenen Trennfläche des Werkstückteils verläuft, während das Umformorgan des anderen Werkzeugteils eine Trennfläche erstellt, die unter einem Winkel gegenüber der bereits vorhandenen Trennfläche des Werkstückteils verläuft.

[0025] Stellt ein Verbindungssteg eine Verbindung zwischen zwei als Gutteile vorgesehenen Werkstückteilen her, so ist der Verbindungssteg von beiden Werkstückteilen möglichst rückstandslos zu trennen.

[0026] Patentanspruch 8 betrifft eine zu diesem Zweck vorgesehene Bauart des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs, die es erlaubt, einen Verbindungssteg zeitgleich an mehreren längs des Verbindungsstegs voneinander beabstandeten Stellen umzuformen. Jede der Umformstellen an dem Verbindungssteg wird dabei durch zwei Organabschnitte bearbeitet, wobei der eine Organabschnitt Teil des Umformorgans an dem einen Werkstückteil und der andere Organabschnitt Teil des Umformorgans an dem anderen Werkstückteil des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs ist.

[0027] Zur Ausbildung von Organabschnitten, die verschiedenen Bearbeitungsstellen an einem Verbindungssteg zugeordnet sind, werden im Falle der Erfindung unterschiedliche Möglichkeiten zur konstruktiven Gestaltung der Umformorgane an den Werkzeugteilen des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs genutzt.

[0028] Gemäß Patentanspruch 9 verlaufen die Umformorgane an den beiden Werkzeugteilen des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs in einer Umfangsrichtung und dabei insbesondere bogenförmig, vorzugsweise längs eines Kreisbogens, um die Hubachse. Die Erstreckung der Umformorgane in Umfangsrichtung kann dabei derart bemessen sein, dass die Umformorgane beim Umformen eines Verbindungsstegs gleichzeitig an mehreren Stellen des Verbindungsstegs zu liegen kommen. Ein bogenförmiger, insbesondere ein kreisförmiger Verlauf der Umformorgane bietet die Möglichkeit, die Bruchzone, an welcher der Verbindungssteg nach dem Umformen brechen soll, an dem an den Verbindungssteg anschließenden Werkstückteil in einem Bereich anzuordnen, der gegenüber der an diesem Werkstückteil bereits vor dem Umformen des Verbindungsstegs erstellten Trennfläche in das Innere des Werkstückteils zurückversetzt ist. Ein kreisförmiger Verlauf der Umformorgane ist darüber hinaus insofern vorteilhaft, als durch eine einfache Dreheinstellung der Werkzeugteile um eine mit den Umformorganen konzentrische Positionierachse unterschiedliche Organabschnitte der Umformorgane ein und derselben Bearbeitungsstelle und/oder ein und dieselben Organabschnitte unterschiedlichen Bearbeitungsstellen zugeordnet werden können. Der sukzessive Einsatz unterschiedlicher Organabschnitte eines Umformorgans empfiehlt sich insbesondere aufgrund der damit verbundenen Vergleichmäßigung des Werkzeugverschleißes.

[0029] Gemäß Patentanspruch 10 ist in weiterer bevorzugter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Umformwerk-

zeugs wenigstens eines der Umformorgane in Umfangsrichtung endlos ausgebildet. Alternativ sind im Falle der Erfindung aber auch in Umfangsrichtung segmentierte Umformorgane denkbar.

[0030] An der erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine nach Patentanspruch 13 ist der zum Druckumformen eines Verbindungsstegs auszuführende Bearbeitungshub kraftabhängig gesteuert. Patentanspruch 11 betrifft eine Bauart des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs, das eine kraftabhängige Steuerung des Bearbeitungshubs der Werkzeugteile des Umformwerkzeugs ermöglicht. Eine längs der Hubachse wirksame gegenseitige Abstützung der Werkzeugteile unter Umgehung des druckumgeformten Verbindungsstegs ist in bevorzugter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs realisiert, indem wenigstens einer der Werkzeugteile eine portalartige Gestalt aufweist und den umzuformenden Verbindungssteg während dessen Bearbeitung übergreift. Die Portalstützen des betreffenden Werkzeugteils können bei Hub-Endposition der beiden Werkzeugteile auf dem anderen Werkzeugteil seitlich neben dem Verbindungssteg aufsetzen. Das Umformorgan kann an dem oder den mit wenigstens einem Vorsprung versehenen Werkzeugteilen zwischen den Portalstützen angeordnet sein.

[0031] In bevorzugter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Trennverfahrens ist ausweislich Patentanspruch 16 vorgesehen, dass bei der Bearbeitung eines plattenartigen Werkstücks aus einem elastisch verformbaren Werkstoff der wenigstens eine Verbindungssteg als Festkörpergelenk erstellt wird und in Querrichtung der Trennflächen der durch den Verbindungssteg miteinander verbundenen Werkstücke federelastisch ist. Wird ein derartiger Verbindungssteg mittels des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs umgeformt und dabei an zwei längs des Verbindungsstegs voneinander beabstandeten Stellen, insbesondere an beiden einander gegenüberliegenden Enden des Verbindungsstegs, druckbeaufschlagt, so kann der zwischen den beiden Angriffsstellen des Umformwerkzeugs gelegene Bereich des Verbindungsstegs unter Ausnutzung der Elastizität des Verbindungsstegs gestaucht werden. Zur Umformung des Verbindungsstegs ist folglich nur eine verhältnismäßig geringe Kraft aufzuwenden.

[0032] Nachfolgend wird die Erfindung anhand beispielhafter schematischer Darstellungen näher erläutert.

[0033] Es zeigen:

- 25 Figur 1 eine Werkzeugmaschine für die Blechbearbeitung mit einer Schneidstation und einer Umformstation,
- Figur 2 über Verbindungsstege miteinander verbundene Blechteile, erzeugt durch die Bearbeitung einer Blechtafel an der Werkzeugmaschine gemäß Figur 1,
- 30 Figur 3 ein Umformwerkzeug erster Bauart zum Einsatz an der Umformstation der Werkzeugmaschine gemäß Figur 1,
- Figuren 4 bis 9 Darstellungen zur Veranschaulichung der Funktionsweise des Umformwerkzeugs gemäß Figur 3 beim Umformen von zwischen zwei Blechteilen vorgesehenen Verbindungsstegen,
- 35 Figuren 10a, 10b, 10c die Oberwerkzeuge weiterer Bauarten eines Umformwerkzeugs zum Einsatz an der Umformstation der Werkzeugmaschine gemäß Figur 1,
- 40 Figur 11 eine Darstellung zur Veranschaulichung der Funktionsweise des Umformwerkzeugs gemäß Figur 10a,
- Figur 12 eine Darstellung zur Veranschaulichung der Funktionsweise des Umformwerkzeugs gemäß Figur 10b und des Umformwerkzeugs gemäß Figur 10c,
- 45 Figur 13 eine Variante des Umformwerkzeugs gemäß Figur 3 zur Verwendung bei kraftabhängiger Steuerung eines von dem Umformwerkzeug ausgeführten Bearbeitungshubs und
- 50 Figur 14 zwei über einen Verbindungssteg miteinander verbundene Blechteile während einer Kantenbearbeitung der Blechteile.

[0034] Gemäß Figur 1 ist eine Werkzeugmaschine 1 als Stanz-Laser-Kombimaschine ausgeführt. Ein Maschinenrahmen 2 der Werkzeugmaschine 1 besitzt eine C-Form und weist einen oberen Gestellschenkel 3 sowie einen unteren Gestellschenkel 4 auf. An den freien Enden des oberen Gestellschenkels 3 und des unteren Gestellschenkels 4 sind eine Laser-Schneidstation 5 sowie eine Umformstation 6 vorgesehen.

[0035] Die Laser-Schneidstation 5 umfasst einen Laserschneidkopf 7 an dem oberen Gestellschenkel 3 und eine Laserstrahlaufnahme 8 an dem unteren Gestellschenkel 4. Die Umformstation 6 weist eine obere Werkzeugaufnahme 9 an dem oberen Gestellschenkel 3 und eine untere Werkzeugaufnahme 10 an dem unteren Gestellschenkel 4 auf. In

die obere Werkzeugaufnahme 9 ist ein als Umformstempel 11 ausgebildetes Oberwerkzeug, in die untere Werkzeugaufnahme 10 ein als Umformmatrize 12 ausgebildetes Unterwerkzeug eingewechselt. Der Umformstempel 11 und die Umformmatrize 12 sind Werkzeugteile eines Umformwerkzeugs 13.

[0036] Mittels eines herkömmlichen Hubantriebs für das Umformwerkzeug 13 kann der Umformstempel 11 längs einer Hubachse 14 relativ zu der Umformmatrize 12 angehoben und abgesenkt werden. Die obere Werkzeugaufnahme 9 und die untere Werkzeugaufnahme 10 sind gemeinsam mit dem Umformstempel 11 und der Umformmatrize 12 um die Hubachse 14 dreheinstellbar (Doppelpfeil in Figur 1). Sämtliche Funktionen der Werkzeugmaschine 1 werden durch eine programmierbare numerische Steuerung gesteuert.

[0037] An der Laser-Schneidstation 5 und an der Umformstation 6 werden plattenartige Werkstücke, in dem dargestellten Beispielsfall ein Blech 15, bearbeitet. Zu Bearbeitungszwecken wird das Blech 15 mittels einer herkömmlichen Koordinatenführung 16 mit einer zweiachsigen horizontalen Bewegung über eine Werkstückauflage 17 der Werkzeugmaschine 1 und dabei relativ zu dem Laserschneidkopf 7 und der Laserstrahlaufnahme 8 und auch relativ zu dem Umformwerkzeug 13 bewegt. In Figur 1 ist das Blech 15 abgebrochen dargestellt. Dadurch sind in Figur 1 die Laserstrahlaufnahme 8 und die untere Werkzeugaufnahme 10 mit der Umformmatrize 12 des Umformwerkzeugs 13 zu erkennen.

[0038] Im Rahmen des an der Werkzeugmaschine 1 durchgeführten Bearbeitungsverfahrens wird das Blech 15 zunächst an der Laser-Schneidstation 5 trennend bearbeitet. Ein mögliches Ergebnis der trennenden Bearbeitung des Blechs 15 ist in Figur 2 dargestellt. Demnach werden bei der mittels des Laserschneidkopfs 7 durchgeführten trennenden Bearbeitung als Werkstückeile ein in Figur 2 abgebrochen dargestelltes Restgitter 18 sowie als Gutteile vorgesehene Blechteile 19, 20, 21, 22 unvollständig voneinander getrennt. Aufgrund einer mittels der Koordinatenführung 16 erzeugten Bewegung des Blechs 15 schneidet ein von dem Laserschneidkopf 7 auf das Blech 15 gerichteter Laserstrahl die Blechteile 19, 20, 21, 22 unter Stehenlassen von Verbindungsstegen 23 frei. Infolge der über die Verbindungsstege 23 hergestellten Restverbindung sind das Restgitter 18 und die Blechteile 19, 20, 21, 22 nur unvollständig voneinander getrennt. Anstelle des Laserschneidstrahls könnte zum unvollständigen Trennen des Restgitters 18 und der Blechteile 19, 20, 21, 22 auch ein andersartiges Schneidwerkzeug, insbesondere ein an der Umformstation 6 eingewechseltes Stanzwerkzeug, eingesetzt werden.

[0039] In dem Bearbeitungszustand gemäß Figur 2 wird das Blech 15 mittels der Koordinatenführung 16 zu der Umformstation 6 der Werkzeugmaschine 1 bewegt. Dort werden die Verbindungsstege 23 mittels des in die obere Werkzeugaufnahme 9 und die untere Werkzeugaufnahme 10 eingewechselten Umformwerkzeugs 13 druckumgeformt.

[0040] Im Einzelnen ist das Umformwerkzeug 13 mit dem als Oberwerkzeug vorgesehenen Umformstempel 11 und der als Unterwerkzeug vorgesehenen Umformmatrize 12 in Figur 3 gezeigt. Dabei ist sowohl an dem Umformstempel 11 als auch an der Umformmatrize 12 die Hubachse 14 strichpunktiert angedeutet, längs derer der Umformstempel 11 zum Druckumformen eines Verbindungsstegs 23 relativ zu der Umformmatrize 12 mit einem Bearbeitungshub abgesenkt wird.

[0041] Bei in die obere Werkzeugaufnahme 9 und die untere Werkzeugaufnahme 10 eingewechseltem Umformwerkzeug 13 liegen ein stempelseitiges Umformorgan 24 und ein matrizenseitiges Umformorgan 25 längs der Hubachse 14 einander gegenüber. Eine flächige kreisringförmige Stirnseite 26 des stempelseitigen Umformorgans 24 und eine kreislinienförmige Stirnseite 27 des matrizenseitigen Umformorgans 25 weisen längs der Hubachse 14 zueinander hin.

[0042] Zur Ausbildung der flächigen Stirnseite 26 ist das freie Ende des Umformstempels 11 mit einem Innenkonus 28 versehen. Die Mantelfläche des Innenkonus 28 begrenzt gemeinsam mit der hubachsparallelen zylindrischen Außenfläche des Umformstempels 11 und der senkrecht zu der Hubachse 14 verlaufenden flächigen Stirnseite 26 einen trapezförmigen Querschnitt des stempelseitigen Umformorgans 24. Die obere Begrenzung des trapezförmigen Querschnitts des stempelseitigen Umformorgans 24 ist in Figur 5 durch eine gedachte gestrichelte Linie angedeutet.

[0043] Das matrizenseitige Umformorgan 25 steht von einer Auflagefläche 29 der Umformmatrize 12 zu dem Umformstempel 11 hin vor. Die Auflagefläche 29 verläuft an der Umformmatrize 12 senkrecht zu der Hubachse 14. Der Querschnitt des matrizenseitigen Umformorgans 25 hat die Form eines gleichschenkligen Dreiecks, dessen Basis in der Auflagefläche 29 der Umformmatrize 12 liegt und dessen Spitze die linienförmige Stirnseite 27 des matrizenseitigen Umformorgans 25 ausbildet.

[0044] Sowohl das stempelseitige Umformorgan 24 als auch das matrizenseitige Umformorgan 25 verlaufen endlos längs einer Kreislinie und dabei konzentrisch mit der Hubachse 14. In Querrichtung der Hubachse 14 sind das stempelseitige Umformorgan 24 und das matrizenseitige Umformorgan 25 gegeneinander versetzt, wobei die flächige Stirnseite 26 des stempelseitigen Umformorgans 24 innerhalb der linienförmigen Stirnseite 27 des matrizenseitigen Umformorgans 25 liegt.

[0045] Die Abläufe beim Druckumformen der Verbindungsstege 23 des bearbeiteten Blechs 15 werden nachfolgend am Beispiel eines der Verbindungsstege 23 zwischen dem Restgitter 18 und dem Blechteil 20 beschrieben.

[0046] Vor Beginn des eigentlichen Umformprozesses wird das bearbeitete Blech 15 mittels der Koordinatenführung 16 der Werkzeugmaschine 1 relativ zu dem an der Umformstation 6 eingewechselten Umformwerkzeug 13 derart positioniert, dass das Umformwerkzeug 13 gegenüber dem umzuformenden Verbindungssteg 23 eine Bearbeitungs-Be-

reitschaftsposition einnimmt. Bei Bearbeitungs-Bereitschaftsposition des Umformwerkzeugs 13 ist der Umformstempel 11 des Umformwerkzeugs 13 längs der Hubachse 14 von der Oberseite des Verbindungsstegs 23 und der an diesen angrenzenden Werkstückeile beabstandet. Die Stirnseite 27 des matrizen seitigen Umformorgans 25 weist längs der Hubachse 14 einen minimalen Abstand von der Unterseite des Verbindungsstegs 23 und der durch diesen verbundenen

5 Werkstückeile auf.

[0047] Aufgrund einer entsprechenden Dimensionierung des Durchmessers des Umformstempels 11 reicht die senkrechte Projektion der flächigen Stirnseite 26 des stempelseitigen Umformorgans 24 des in der Bearbeitungs-Bereitschaftsposition angeordneten Umformstempels 11 auf die Oberseite des bearbeiteten Blechs 15 an beiden Enden des Verbindungsstegs 23 über einen Ansatz 30 des Verbindungsstegs 23 an dem jeweiligen Werkstückeil hinaus. Dargestellt ist dies in Figur 4, wobei in Figur 4 lediglich die senkrechte Projektion der radial außenliegenden Begrenzungslinie der flächigen Stirnseite 26 des stempelseitigen Umformorgans 24 dargestellt ist. An der Unterseite des Restgitters 18 und des Blechteils 20 verläuft die senkrechte Projektion der linienförmigen Stirnseite 27 des matrizen seitigen Umformorgans 25 auf das bearbeitete Blech 15 konzentrisch mit und dabei radial außerhalb der senkrechten Projektion der Stirnseite 26 des stempelseitigen Umformorgans 24.

15 **[0048]** Ausgehend von der Bearbeitungs-Bereitschaftsposition wird der Umformstempel 11 mit einem Bearbeitungshub längs der Hubachse 14 in Richtung auf die Umformmatrize 12 bis in eine Hub-Endposition bewegt. In den Beispielfällen gemäß den Figuren 3 bis 12 wird der Bearbeitungshub wegab hängig gesteuert, in dem Beispielfall gemäß den Figur 13 erfolgt die Steuerung des Bearbeitungshubs kraftabhängig.

[0049] Im Rahmen der wegab hängigen Steuerung des Bearbeitungshubs des Umformstempels 11 ist der Betrag des von dem Umformstempel 11 relativ zu der Umformmatrize 12 ausgeführten Bearbeitungshubs variabel einstellbar und hängt insbesondere von der gewünschten Restdicke des Verbindungsstegs 23 nach dem Umformen ab. Der von dem Umformstempel 11 längs der Hubachse 14 zurückgelegte Weg wird mittels eines herkömmlichen Wegmesssystems erfasst und bildet die Grundlage für die Steuerung des Hubantriebs der Werkzeugmaschine 1.

20 **[0050]** Die Restdicke des Verbindungsstegs 23 wird außerdem durch die längs der Hubachse 14 gemessene Höhe des matrizen seitigen Umformorgans 25 bestimmt.

[0051] Die Verhältnisse bei Hub-Endposition des Umformstempels 11 sind in Figur 5 veranschaulicht. Längs der Hubachse 14 weisen die Stirnseiten 26, 27 des stempelseitigen Umformorgans 24 und des matrizen seitigen Umformorgans 25 einen Abstand voneinander auf, der kleiner ist als die Dicke des unverformten Verbindungsstegs 23. Der Verbindungssteg 23, das Restgitter 18 und das Blechteil 20 werden unter der Wirkung der Beaufschlagung durch den Umformstempel 11 mit ihrer Unterseite gegen die Auflagefläche 29 der Umformmatrize 12 gedrückt.

30 **[0052]** Der Umformstempel 11 ist im Laufe des Bearbeitungshubs mit diametral einander gegenüberliegenden Organabschnitten des stempelseitigen Umformorgans 24 an beiden Enden des Verbindungsstegs 23 in diesen und in die angrenzenden Bereiche des Restgitters 18 und des Blechteils 20 eingetaucht. Eine Werkstückeile 31 des stempelseitigen Umformorgans 24 ist dem Restgitter 18, eine Werkstückeile 32 des stempelseitigen Umformorgans 24 dem Blechteil 20 zugewandt. Stegseiten 33, 34 des stempelseitigen Umformorgans 24 weisen zu dem Verbindungssteg 23 hin und sind dementsprechend von dem Restgitter 18 und dem Blechteil 20 abgewandt.

35 **[0053]** Entsprechend stellen sich die Verhältnisse an dem matrizen seitigen Umformorgan 25 dar. Infolge der Druckbeaufschlagung des bearbeiteten Blechs 15 durch den Umformstempel 11 hat sich das matrizen seitige Umformorgan 25 mit zwei einander diametral gegenüberliegenden Organabschnitten an den Enden des Verbindungsstegs in diesen und in stegnahe Bereiche des Restgitters 18 und des Blechteils 20 eingedrückt. Werkstückeilen 35, 36 des matrizen seitigen Umformorgans 25 sind dem Restgitter 18 und dem Blechteil 20 zugewandt, Stegseiten 37, 38 des matrizen seitigen Umformorgans 25 sind von dem Restgitter 18 und von dem Blechteil 20 abgewandt.

40 **[0054]** Während die Werkstückeilen 31, 32 des stempelseitigen Umformorgans 24 parallel zu der Hubachse 14 und auch parallel zu einer bei der vorausgegangenen trennenden Bearbeitung des Blechs 15 an dem Restgitter 18 erstellten Trennfläche 39 und einer entsprechenden, in Figur 4 verdeckten Trennfläche an dem Blechteil 20 verlaufen, sind die Werkstückeilen 35, 36 des matrizen seitigen Umformorgans 25 unter einem Winkel gegen die Trennflächen 39 an dem Restgitter 18 und dem Blechteil 20 geneigt.

45 **[0055]** An den Stegseiten 33, 34 weist das stempelseitige Umformorgan 24 Umformflächen 40, 41 auf. An den Stegseiten 37, 38 des matrizen seitigen Umformorgans 25 sind Umformflächen 42, 43 vorgesehen. Die Umformflächen 40, 41 des stempelseitigen Umformorgans 24 verlaufen ausgehend von der Stirnseite 26 des stempelseitigen Umformorgans 24 längs der Hubachse 14 von den Werkstückeilen 31, 32 des stempelseitigen Umformorgans 24 weg. Entsprechend entfernen sich die Umformflächen 42, 43 des matrizen seitigen Umformorgans 25 längs der Hubachse 24 von den Werkstückeilen 35, 36 des matrizen seitigen Umformorgans 25.

50 **[0056]** Aufgrund der sich damit ergebenden Geometrie des stempelseitigen Umformorgans 24 und des matrizen seitigen Umformorgans 25 wird unter der Wirkung der Beaufschlagung des Verbindungsstegs 23 durch das Umformwerkzeug 13 plastifizierter Werkstoff des Verbindungsstegs 23 an den Stegseiten 33, 34, 37, 38 des stempelseitigen Umformorgans 24 und des matrizen seitigen Umformorgans 25 zu dem Verbindungssteg 23 hin und damit von den Werkstückeilen 31, 32, 35, 36 des stempelseitigen Umformorgans 24 und des matrizen seitigen Umformorgans 25 weg

verdrängt.

[0057] An den Enden des Verbindungsstegs 23 wird durch das Druckumformen mittels des Umformwerkzeugs 13 der Querschnitt des Verbindungsstegs 23 längs der Hubachse 14 reduziert. Aufgrund des Übermaßes der Durchmesser der Stirnseiten 26, 27 des stempelseitigen Umformorgans 24 und des matrizenseitigen Umformorgans 25 gegenüber dem Verbindungssteg 23 sind die querschnittsreduzierten Ansätze des Verbindungsstegs 23 an dem Restgitter 18 und an dem Blechteil 20 gegenüber den Trennflächen 39 in das Innere des Restgitters 18 und des Blechteils 20 zurückversetzt.

[0058] Ein entsprechender Versatz der Ansätze des querschnittsreduzierten Verbindungsstegs 23 an dem Restgitter 18 und an dem Blechteil 20 stellt sich ein, wenn die Trennflächen 39 an dem Restgitter 18 und dem Blechteil 20 bereits bei der dem Druckumformen der Verbindungsstege 23 vorgeschalteten trennenden Bearbeitung des Blechs 15 mit einem entsprechenden Rücksprung versehen werden (Figur 6). In diesem Fall ist bei dem sich an die trennende Bearbeitung des Blechs 15 anschließenden Druckumformen lediglich der Verbindungssteg 23 und nicht auch noch ein an den Verbindungssteg 23 unmittelbar anschließender Bereich des Restgitters 18 und des Blechteils 20 zu bearbeiten. Dementsprechend ist im Falle der Bearbeitungssituation gemäß Figur 6 zum Druckumformen des Verbindungsstegs 23 eine geringere Kraft aufzubringen als bei den Verhältnissen gemäß Figur 4.

[0059] In der anhand des Verbindungsstegs 23 zwischen dem Restgitter 18 und dem Blechteil 20 im Einzelnen beschriebenen Weise werden nacheinander sämtliche Verbindungsstege 23 an dem gemäß Figur 2 bearbeiteten Blech 15 druckumgeformt. Die Figuren 7 und 8 veranschaulichen beispielhaft die Bearbeitung von sich X-förmig kreuzenden Bearbeitungsstegen 23, wie sie der Art nach in Figur 2 zwischen den Blechteilen 19, 20, 21, 22 vorgesehen sind. Figur 7 betrifft dabei den Fall, dass nicht nur die Verbindungsstege 23 selbst sondern auch unmittelbar angrenzende Werkstückbereiche umzuformen sind, während gemäß Figur 8 unmittelbar an die Verbindungsstege 23 angrenzende Werkstückbereiche bereits bei der vorausgegangenen trennenden Bearbeitung des Blechs 15 entfernt worden sind und folglich nur die Verbindungsstege 23 umgeformt werden müssen.

[0060] Figur 9 zeigt einen zwischen zwei unvollständig voneinander getrennten Werkstückteilen vorgesehenen Verbindungssteg 23, der ebenso wie das restliche trennend bearbeitete Werkstück aus einem federelastischen Werkstoff besteht und der bei der unvollständigen Trennung der angrenzenden Werkstückteile mit einer Mäanderform erstellt worden ist. Werkstoffbedingt und aufgrund seiner besonderen Form ist der Verbindungssteg 23 federelastisch und bildet dementsprechend ein Festkörpergelenk zwischen den beiden angrenzenden Werkstückteilen. Wird der Verbindungssteg 23 gemäß Figur 9 in der in Figur 5 veranschaulichten Weise durch den Umformstempel 11 und die Umformmatrize 12 des Umformwerkzeugs 13 druckbeaufschlagt, so setzt der Verbindungssteg 23 aufgrund seiner Federelastizität der Druckumformung nur einen verhältnismäßig kleinen Widerstand entgegen. Die Federelastizität des Verbindungsstegs 23 erleichtert die Verdrängung von plastifiziertem Werkstoff des Verbindungsstegs 23 von den Werkstückseiten 31, 32, 35, 36 des stempelseitigen Umformorgans 24 und des matrizenseitigen Umformorgans 25 weg.

[0061] Die Figuren 10a, 10b und 10c zeigen von dem Umformwerkzeug 13 konstruktiv abweichende Umformwerkzeuge 13/1, 13/2, 13/3 jeweils im Umfang eines Umformstempels 11/1, 11/2, 11/3. Ein stempelseitiges Umformorgan 24/1 des Umformstempels 11/1 weist anders als das stempelseitige Umformorgan 24 des Umformstempels 11 eine elliptische Form auf. Der Umformstempel 11/2 ist in einer Ebene parallel zur Hubachse 14 geteilt und besitzt folglich ein zweiteiliges stempelseitiges Umformorgan 24/2, wobei jedes Segment des stempelseitigen Umformorgans 24/2 halbkreisförmig ausgebildet ist. Der Umformstempel 11/3 hat sich aus dem Umformstempel 11/1 durch Teilung längs einer parallel zu der Hubachse 14 verlaufenden Ebene ergeben. Auch ein stempelseitiges Umformorgan 24/3 des Umformstempels 11/3 ist folglich segmentiert und umfasst zwei baugleiche Hälften. Den Umformstempeln 11/1, 11/2, 11/3 sind nicht gezeigte Umformmatrizen zugeordnet mit matrizenseitigen Umformorganen, deren Geometrie an die Geometrie der stempelseitigen Umformorgane 24/1, 24/2, 24/3 angepasst ist und die im Übrigen mit dem matrizenseitigen Umformorgan 25 der Umformmatrize 12 des Umformwerkzeugs 13 übereinstimmen.

[0062] In den Figuren 11 und 12 sind Bearbeitungsstrategien veranschaulicht, nach denen Verbindungsstege 23 zwischen unvollständig voneinander getrennten Werkstückteilen mittels der Umformwerkzeuge 13/1, 13/2, 13/3 druckumgeformt werden können.

[0063] Ausweislich Figur 11 wird mit mehreren Bearbeitungshüben des Umformwerkzeugs 13/1 nacheinander an den Enden von Verbindungsstegen 23 eine Druckumformung durchgeführt. Zur zweckentsprechenden Ausrichtung des Umformwerkzeugs 13/1 gegenüber den zu bearbeitenden Verbindungsstegen 23 werden der Umformstempel 11/1 und die diesem zugeordnete Umformmatrize durch Drehen der oberen Werkzeugaufnahme 9 und der unteren Werkzeugaufnahme 10 der Werkzeugmaschine 1 um die Hubachse 14 dreheingestellt. Zusätzlich wird das bearbeitete Blech 15 mittels der Koordinatenführung 16 der Werkzeugmaschine 1 gegenüber dem Umformwerkzeug 13/1 positioniert.

[0064] Gemäß Figur 12 wird ein einfacher Verbindungssteg 23 mittels des Umformwerkzeugs 13/2 bearbeitet. Zum Druckumformen zweier sich X-förmig kreuzender Verbindungsstege 23 wird das Umformwerkzeug 13/3 eingesetzt. Die Umformwerkzeuge 13/2, 13/3 führen mit einem einzigen Bearbeitungshub eine Druckumformung an beiden Enden eines Verbindungsstegs 23 durch, wobei zur Bearbeitung der beiden sich X-förmig kreuzenden Verbindungsstege 23 zwei aufeinanderfolgende Bearbeitungshübe des Umformwerkzeugs 13/3 erforderlich sind und das Umformwerkzeug 13/3 nach dem ersten Bearbeitungshub um die Hubachse 14 gedreht wird.

[0065] Gemäß Figur 13 ist ein Werkzeugteil eines Umformwerkzeugs 13/4 als Umformstempel 11/4 ausgebildet. Dem Umformstempel 11/4 ist als zweiter Werkzeugteil eine in Figur 13 nicht dargestellte Umformmatrize 12 gemäß Figur 3 zugeordnet. Eine Umformeinheit 44 des Umformstempels 11/4 stimmt mit dem Umformstempel 11 gemäß Figur 3 überein. Der Umformstempel 11/4 endet in einem stempelseitigen Umformorgan 24/4 mit trapezförmigem Querschnitt.

[0066] Zusätzlich zu der Umformeinheit 44 weist der Umformstempel 11/4 Wangen 45, 46 auf, welche gegenüber dem stempelseitigen Umformorgan 24/4 des Umformstempels 11/4 längs der Hubachse 14 zu der nicht gezeigten Umformmatrize 12 hin vorstehen und dadurch Vorsprünge 47, 48 des Umformstempels 11/4 ausbilden.

[0067] Zum Druckumformen eines Verbindungsstegs 23 werden das zuvor trennend bearbeitete Blech 15 und das Umformwerkzeug 13/4 relativ zueinander derart positioniert, dass bei einem von dem Umformstempel 11/4 zu der Umformmatrize 12 hin ausgeführten Bearbeitungshub der umzuformende Verbindungssteg 23 zwischen den Vorsprüngen 47, 48 des Umformstempels 11/4 zu liegen kommt. Am Ende des Bearbeitungshubs setzen die Vorsprünge 47, 48 des Umformstempels 11/4 mit ihren längs der Hubachse 14 voreilenden Stirnflächen auf der Auflagefläche 29 der Umformmatrize 12 auf. Der Überstand der Vorsprünge 47, 48 gegenüber dem stempelseitigen Umformorgan 24/4 ist derart bemessen, dass bei Hub-Endposition des Umformstempels 11/4 die Stirnseite des stempelseitigen Umformorgans 24/4 von der Stirnseite des matrizeitigen Umformorgans 25 längs der Hubachse 14 einen Abstand aufweist, welcher der gewünschten Restdicke des druckumgeformten Verbindungsstegs 23 entspricht. In der Hub-Endposition übergreift der Umformstempel 11/4 den umgeformten Verbindungssteg 23 portalartig. Die Vorsprünge 47, 48 des Umformstempels 11/4 sind dem Verbindungssteg 23 nach Art von Portalstützen seitlich benachbart.

[0068] Der von dem Umformstempel 11/4 relativ zu der Umformmatrize 12 ausgeführte Bearbeitungshub ist kraftgesteuert. In die programmierbare numerische Steuerung der Werkzeugmaschine 1 ist zu diesem Zweck eine in Figur 13 andeutungsweise dargestellte Hubsteuerungsvorrichtung 49 für den Hubantrieb des Umformwerkzeugs 13/4 integriert.

[0069] Die Hubsteuerungsvorrichtung 49 umfasst eine Kraftmessvorrichtung 50, eine Auswertevorrichtung 51 sowie eine Betätigungsvorrichtung 52. Mittels der Kraftmessvorrichtung 50 wird der Betrag der Abstützkraft gemessen, mit welcher der Umformstempel 11/4 des Umformwerkzeugs 13/4 längs der Hubachse 14 an der Umformmatrize 12 abgestützt ist. In der Auswertevorrichtung 51 wird der gemessene Ist-Betrag der Abstützkraft mit einem in der Hubsteuerungsvorrichtung 49 hinterlegten Grenzbetrag der Abstützkraft verglichen. Erreicht der gemessene Ist-Betrag der Abstützkraft den vorgegebenen Grenzbetrag, so indiziert dies, dass der Umformstempel 11/4 längs der Hubachse 14 seine Hub-Endposition erreicht hat. Die Auswertevorrichtung 51 erzeugt daraufhin ein Schaltsignal für die Betätigungsvorrichtung 52. Aufgrund des von der Auswertevorrichtung 51 generierten Schaltsignals betätigt die Betätigungsvorrichtung 52 den Hubantrieb des Umformwerkzeugs 13/4 dahingehend, dass der zu der Umformmatrize 12 hin gerichtete Bearbeitungshub des Umformstempels 11/4 beendet und ein Rückhub des Umformstempels 11/4 in Gegenrichtung des Bearbeitungshubs eingeleitet wird.

[0070] Figur 14 veranschaulicht einen Verfahrensschritt, der bei der Bearbeitung des Blechs 15 in dem dargestellten Beispielsfall vor dem Druckumformen der Verbindungsstege 23 durchgeführt wird. Dabei werden durch trennende Bearbeitung unter Stehenlassen von federelastischen Verbindungsstegen 23 unvollständig voneinander getrennte Blechteile an der Unterseite kantenbearbeitet.

[0071] Zu diesem Zweck vorgesehen ist eine Umformrolle 53, die in die untere Werkzeugaufnahme 10 an der Umformstation 6 der Werkzeugmaschine 1 eingewechselt wird. Die Umformrolle 53 wirkt bei der Bearbeitung der Blechteile eines zuvor trennend bearbeiteten Blechs mit einer in Figur 14 nicht gezeigten Gegendruckrolle zusammen, die in die obere Werkzeugaufnahme 9 der Werkzeugmaschine 1 eingewechselt wird und die an der Oberseite des bearbeiteten Blechs mit einer zylindrischen Mantelfläche anliegt. Die Umformrolle 53 ist mit einem doppelkonischen Wulst 54 versehen, der zwei konische Umformflächen 55, 56 aufweist.

[0072] Zur Durchführung der Kantenbearbeitung der unvollständig voneinander getrennten Blechteile des trennend bearbeiteten Blechs wird dieses mittels der Koordinatenführung 16 derart über die Werkstückauflage 17 der Werkzeugmaschine 1 bewegt, dass die gegen die Blechteile gepresste Umformrolle 53 längs der Kanten der Blechteile abrollt und dabei an den Kanten der Blechteile mittels der Umformflächen 55, 56 Schrägflächen (Fasen) erzeugt. Dabei werden die Ansätze der Verbindungsstege 23 an den Blechteilen ausgespart. In diesen Bereichen wird im Anschluss an die Kantenbearbeitung der unvollständig voneinander getrennten Blechteile beim Druckumformen der Verbindungsstege 23 mittels des matrizeitigen Umformorgans 25 des Umformwerkzeugs 13 beziehungsweise mittels der matrizeitigen Umformorgane der Umformwerkzeuge 13/1, 13/2, 13/3, 13/4 eine entsprechende Schrägfläche erstellt.

[0073] Nach dem Druckumformen sämtlicher Verbindungsstege 23 eines bearbeiteten Blechs werden die Blechteile, in dem Beispielsfall gemäß Figur 2 die Blechteile 19, 20, 21, 22 des bearbeiteten Blechs 15, aus dem zugehörigen Restgitter (Restgitter 18 in Figur 2) gelöst. Aufgrund der Querschnittsreduzierung der Verbindungsstege 23 reicht hierfür ein Schütteln des bearbeiteten Blechs aus. Aufgrund der dabei wirkenden Belastung brechen die Verbindungsstege 23 in den durch Druckumformen erzeugten Bruchzonen, wobei aufgrund der Geometrie der stempelseitigen Umformorgane 24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 und der zugeordneten matrizeitigen Umformorgane der Umformwerkzeuge 13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4 an den Blechteilen keine oder allenfalls minimale Spuren der Verbindungsstege 23 zurückbleiben. Sind aufgrund der entsprechenden Dimensionierung der stempelseitigen Umformorgane 24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 und der

matrizenseitigen Umformorgane die durchmesserreduzierten Ansätze der Verbindungsstege 23 in das Innere der Blechteile zurückversetzt, so ragen auch an den Blechteilen verbliebene Reste der Verbindungsstege 23 nicht über die vor dem Druckumformen der Verbindungsstege 23 erstellten Trennflächen der Blechteile vor.

5

Patentansprüche

1. Umformwerkzeug zum Druckumformen eines Verbindungsstegs (23), der an seinen Enden an Werkstückteilen (18, 19, 20, 21, 22) ansetzt und der die Werkstückteile (18, 19, 20, 21, 22) miteinander verbindet, die als Bearbeitungsprodukte einer trennenden Bearbeitung eines plattenartigen Werkstücks, insbesondere eines Blechs (15), vorliegen und die jeweils eine Trennfläche (39) aufweisen, in deren Querrichtung der Verbindungssteg (23) verläuft,
- mit zwei Werkzeugteilen (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12), welche beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) einander gegenüberliegenden Seiten des Verbindungsstegs (23) zugeordnet sind und welche relativ zueinander längs einer Hubachse (14) bewegbar sind, die beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) in Querrichtung des Verbindungsstegs (23) verläuft,
 - wobei die Werkzeugteile (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) an längs der Hubachse (14) einander zugewandten Seiten jeweils mit einem Umformorgan (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) versehen sind und freie Enden der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) mit Stirnseiten (26, 27) längs der Hubachse (14) zueinander hinweisen,
 - wobei jedes der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) eine Werkstückseite (31, 32, 35, 36) und eine Stegseite (33, 34, 37, 38) aufweist und beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) die Werkstückseite (31, 32, 35, 36) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) ein und demselben Werkstückteil (18, 19, 20, 21, 22) zugewandt und die Stegseite (33, 34, 37, 38) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) von diesem Werkstückteil (18, 19, 20, 21, 22) abgewandt ist und
 - wobei die Werkzeugteile (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) längs der Hubachse (14) mit einem Bearbeitungshub aufeinander zu in eine Hub-Endposition bewegbar sind, in welcher die Stirnseiten (26, 27) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) längs der Hubachse (14) einen Abstand voneinander aufweisen, der beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) kleiner ist als die Erstreckung des umzuformenden Verbindungsstegs (23) längs der Hubachse (14),
 - wobei jedes der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) an der Stegseite (33, 34, 37, 38) eine Umformfläche (40, 41, 42, 43) aufweist, die ausgehend von der Stirnseite (26, 27) des Umformorgans (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) längs der Hubachse (14) von der Werkstückseite (31, 32, 35, 36) des Umformorgans (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) weg verläuft und
 - wobei die Stirnseiten (26, 27) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) in Querrichtung der Hubachse (14) gegeneinander versetzt sind.
2. Umformwerkzeug nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens einer der Werkzeugteile (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) eine im Wesentlichen senkrecht zu der Hubachse (14) verlaufende Auflagefläche (29) aufweist, von welcher das Umformorgan (25) dieses Werkzeugteils (12) zu dem anderen Werkzeugteil (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4) hin vorsteht.
3. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eines der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) in einer parallel zu der Hubachse (14) verlaufenden Schnittebene einen dreiecksförmigen Querschnitt aufweist oder dass wenigstens eines der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) in einer parallel zu der Hubachse (14) verlaufenden Schnittebene einen trapezförmigen Querschnitt aufweist.
4. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einer parallel zu der Hubachse (14) verlaufenden Schnittebene eines der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) einen dreiecksförmigen Querschnitt und das andere der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) einen trapezförmigen Querschnitt aufweist.
5. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an wenigstens einem der Werkzeugteile (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) das Umformorgan (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) von einem mit einem Innenhohlraum, vorzugsweise einem Innenkonus (28), versehenen freien Ende des Werkzeugteils (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) gebildet ist.

6. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eines der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) an der Werkstückseite (31, 32, 35, 36) längs der Hubachse (14) parallel zu der Trennfläche (39) an demjenigen Werkstückteil (18, 19, 20, 21, 22) verläuft, welchem die Werkstückseite (31, 32, 35, 36) des Umformorgans (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) zugewandt ist oder dass wenigstens eines der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) an der Werkstückseite (31, 32, 35, 36) längs der Hubachse (14) unter einem Winkel gegenüber der Trennfläche (39) an demjenigen Werkstückteil (18, 19, 20, 21, 22) verläuft, welchem die Werkstückseite (31, 32, 35, 36) des Umformorgans (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) zugewandt ist.
7. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eines der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) an der Werkstückseite (31, 32, 35, 36) längs der Hubachse (14) parallel zu der Trennfläche (39) und das andere der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) an der Werkstückseite (31, 32, 35, 36) längs der Hubachse (14) unter einem Winkel gegenüber der Trennfläche (39) an demjenigen Werkstückteil (18, 19, 20, 21, 22) verläuft, welchem die Werkstückseiten (31, 32, 35, 36) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) zugewandt sind.
8. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) Organabschnitte aufweist, die gegeneinander versetzt sind und mittels derer der Verbindungssteg (23) beim Druckumformen an mehreren längs des Verbindungsstegs (23) gegeneinander versetzten Stellen druckumformbar ist,
- wobei jeweils ein Organabschnitt eines der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) und jeweils ein Organabschnitt des anderen der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) einander zugeordnet und auf diese Weise Organabschnittspaare gebildet sind,
 - wobei die Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) an den Organabschnitten der Organabschnittspaare jeweils eine Werkstückseite (31, 32, 35, 36) und eine Stegseite (33, 34, 37, 38) aufweisen und beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) die Werkstückseiten (31, 32, 35, 36) der Organabschnitte eines Organabschnittspaars ein und demselben Werkstückteil (18, 19, 20, 21, 22) zugewandt und die Stegseiten (33, 34, 37, 38) der Organabschnitte eines Organabschnittspaars von diesem Werkstückteil (18, 19, 20, 21, 22) abgewandt sind und
 - wobei die Werkstückseiten (31, 32, 35, 36) der Organabschnitte verschiedener Organabschnittspaare verschiedenen Werkstückteilen (18, 19, 20, 21, 22) zugewandt und die Stegseiten (33, 34, 37, 38) der Organabschnitten verschiedener Organabschnittspaare von verschiedenen Werkstückteilen (18, 19, 20, 21, 22) abgewandt sind.
9. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) in einer Umfangsrichtung insbesondere bogenförmig, vorzugsweise längs eines Kreisbogens, um die Hubachse (14) verlaufen.
10. Umformwerkzeug nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eines der Umformorgane (24, 24/1, 24/4; 25) in Umfangsrichtung endlos ausgebildet ist.
11. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens einer der Werkzeugteile (11/4; 12) einen Vorsprung (47, 48) aufweist, der sich längs der Hubachse (14) zu dem jeweils anderen Werkzeugteil (11/4; 12) hin erstreckt und dass die beiden in die Hub-Endlage bewegten Werkzeugteile (11/4; 12) über den Vorsprung (47, 48) unter Umgehung des Verbindungsstegs (23) längs der Hubachse (14) aneinander abgestützt sind.
12. Werkzeugmaschine mit einem Umformwerkzeug (13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4) zum Druckumformen eines Verbindungsstegs (23), der an seinen Enden an Werkstückteilen (18, 19, 20, 21, 22) ansetzt und der die Werkstückteile (18, 19, 20, 21, 22) miteinander verbindet, die als Bearbeitungsprodukte einer trennenden Bearbeitung eines plattenartigen Werkstücks, insbesondere eines Blechs (15), vorliegen und die jeweils eine Trennfläche (39) aufweisen, in deren Querrichtung der Verbindungssteg (23) verläuft,
dadurch gekennzeichnet, dass
als Umformwerkzeug das Umformwerkzeug (13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 vorgesehen ist.
13. Werkzeugmaschine nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Umformwerkzeug das Umformwerk-

zeug (13/4) nach Anspruch 11 vorgesehen ist und dass das Umformwerkzeug (13/4) für die Werkzeugteile (11/4; 12) einen Hubantrieb mit einer Hubsteuerungsvorrichtung (49) aufweist, die ihrerseits eine Kraftmessvorrichtung (50), eine mit der Kraftmessvorrichtung (50) in Verbindung stehende Auswertevorrichtung (51) sowie eine mit der Auswertevorrichtung (51) der Hubsteuerungsvorrichtung (49) und dem Hubantrieb in Verbindung stehende Betätigungsvorrichtung (52) umfasst,

- wobei mittels der Kraftmessvorrichtung (50) der Hubsteuerungsvorrichtung (49) während des Bearbeitungshubs der Werkzeugteile (11/4; 12) des Umformwerkzeugs (13/4) der Betrag der Abstützkraft messbar ist, mit welcher die Werkzeugteile (11/4; 12) über den sich längs der Hubachse (14) erstreckenden Vorsprung (47, 48) aneinander abgestützt sind,
- wobei mittels der Auswertevorrichtung (51) der Hubsteuerungsvorrichtung (49) der mittels der Kraftmessvorrichtung (50) gemessene Betrag der Abstützkraft mit einem der Hub-Endlage der Werkzeugteile (11/4; 12) zugeordneten Grenzbetrag der Abstützkraft vergleichbar ist und
- wobei mittels der Auswertevorrichtung (51) der Hubsteuerungsvorrichtung (49) bei Erreichen oder Überschreiten des Grenzbetrags der Abstützkraft ein Schaltsignal für die Betätigungsvorrichtung (52) der Hubsteuerungsvorrichtung (49) erzeugbar ist, aufgrund dessen die Betätigungsvorrichtung (52) den Hubantrieb des Umformwerkzeugs (13/4) im Sinne einer Beendigung des Bearbeitungshubs betätigt.

14. Verfahren zum Druckumformen eines Verbindungsstegs (23), der an seinen Enden an Werkstückteilen (18, 19, 20, 21, 22) ansetzt und der die Werkstückteile (18, 19, 20, 21, 22) miteinander verbindet, die als Bearbeitungsprodukte einer trennenden Bearbeitung eines plattenartigen Werkstücks, insbesondere eines Blechs (15), vorliegen und die jeweils eine Trennfläche (39) aufweisen, in deren Querrichtung der Verbindungssteg (23) verläuft,

- wobei zwei Werkzeugteile (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) eines Umformwerkzeugs (13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4) an wenigstens einem Ende des Verbindungsstegs (23) einander gegenüberliegenden Seiten des Verbindungsstegs (23) zugeordnet und relativ zueinander längs einer Hubachse (14) bewegt werden, die in Querrichtung des Verbindungsstegs (23) verläuft,
- wobei der Verbindungssteg (23) an dem wenigstens einen Ende durch Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) der Werkzeugteile (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) beaufschlagt wird, mit denen die Werkzeugteile (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) an längs der Hubachse (14) einander zugewandten Seiten versehen sind, die an freien Enden mit Stirnseiten (26, 27) längs der Hubachse (14) zueinander hin weisen und von denen jedes eine Werkstückseite (31, 32, 35, 36) und eine Stegseite (33, 34, 37, 38) aufweist,
- wobei die Werkzeugteile (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) gegenüber dem Verbindungssteg (23) derart ausgerichtet werden, dass die Werkstückseite (31, 32, 35, 36) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) ein und demselben Werkstückteil (18, 19, 20, 21, 22) zugewandt und die Stegseite (33, 34, 37, 38) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) von diesem Werkstückteil (18, 19, 20, 21, 22) abgewandt ist und
- wobei die Werkzeugteile (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) längs der Hubachse (14) mit einem Bearbeitungshub aufeinander zu in eine Hub-Endposition bewegt werden, in welcher die Stirnseiten (26, 27) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) längs der Hubachse (14) einen Abstand voneinander aufweisen, der kleiner ist als die Erstreckung des umzuformenden Verbindungsstegs (23) längs der Hubachse (14),

dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren mittels des Umformwerkzeugs (13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 und/oder mittels der Werkzeugmaschine (1) nach Anspruch 12 oder Anspruch 13 durchgeführt wird, wobei an den einander gegenüberliegenden Seiten des Verbindungsstegs (23) Werkstoff des Verbindungsstegs (23) mittels der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) des Umformwerkzeugs (13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4) plastifiziert und plastifizierter Werkstoff des Verbindungsstegs (23) an der Stegseite (33, 34, 37, 38) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) durch die Umformflächen (40, 41, 42, 43) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) von der Werkstückseite (31, 32, 35, 36) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) weg verdrängt wird.

15. Verfahren zum trennenden Bearbeiten von plattenartigen Werkstücken, insbesondere zum trennenden Bearbeiten von Blechen (15), wobei zwei Werkstückteile (18, 19, 20, 21, 22) voneinander getrennt werden,

- indem die beiden Werkstückteile (18, 19, 20, 21, 22) zunächst unter Erstellen einer Trennfläche (39) an jedem der beiden Werkstückteile (18, 19, 20, 21, 22) und unter Stehenlassen wenigstens eines Verbindungsstegs (23) unvollständig voneinander getrennt werden, der an seinen Enden an den Werkstückteilen (18, 19, 20, 21, 22) ansetzt, der die Werkstückteile (18, 19, 20, 21, 22) miteinander verbindet und der in Querrichtung der Trennflächen (39) verläuft,

- indem nach dem unvollständigen Trennen der Werkstückteile (18, 19, 20, 21, 22) der Verbindungssteg (23) druckumgeformt wird und
- indem die beiden Werkstückteile (18, 19, 20, 21, 22) anschließend durch Lösen der durch den umgeformten Verbindungssteg (23) hergestellten Verbindung vollständig voneinander getrennt werden,

5

dadurch gekennzeichnet, dass

nach dem unvollständigen Trennen der Werkstückteile (18, 19, 20, 21, 22) der Verbindungssteg (23) nach dem Verfahren gemäß Anspruch 14 druckumgeformt wird.

10 **16.** Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein plattenartiges Werkstück, insbesondere ein Blech (15), aus einem elastisch verformbaren Werkstoff trennend bearbeitet wird und dass der wenigstens eine Verbindungssteg (23) als Festkörpergelenk erstellt wird und in Querrichtung der Trennflächen (39) der durch den Verbindungssteg (23) miteinander verbundenen Werkstückteile (18, 19, 20, 21, 22) federelastisch ist.

15 **17.** Verfahren zum Bearbeiten von plattenartigen Werkstücken, insbesondere zum Bearbeiten von Blechen (15), wobei das Werkstück trennend bearbeitet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 das Werkstück nach dem Verfahren gemäß Anspruch 15 oder Anspruch 16 trennend bearbeitet wird und dass nach dem unvollständigen Trennen der Werkstückteile (18, 19, 20, 21, 22) und vor oder nach dem Druckumformen des wenigstens einen die Werkstückteile (18, 19, 20, 21, 22) miteinander verbindenden Verbindungsstegs (23) und vor
 20 dem vollständigen Trennen der Werkstückteile (18, 19, 20, 21, 22) wenigstens einer der unvollständig voneinander getrennten Werkstückteile (18, 19, 20, 21, 22) zusätzlich bearbeitet, vorzugsweise zusätzlich kantenbearbeitet, wird.

Claims

25

1. Forming tool for pressure-forming a connecting web (23) which is attached at the ends thereof to workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) and interconnects the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22), which workpiece parts are present as machining products of cutting machining of a plate-like workpiece, in particular a metal sheet (15), and each have a cutting surface (39) in the transverse direction of which the connecting web (23) extends,

30

- comprising two tool parts (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) which are assigned to mutually opposite sides of the connecting web (23) during pressure-forming of the connecting web (23) and which are movable relative to one another along a stroke axis (14) that extends in the transverse direction of the connecting web (23) during pressure-forming of the connecting web (23),

35

- wherein the tool parts (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12), on sides which face one another along the stroke axis (14), are each provided with a forming element (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25), and end faces (26, 27) of the free ends of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) point towards one another along the stroke axis (14),

40

- wherein each of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) has a workpiece side (31, 32, 35, 36) and a web side (33, 34, 37, 38) and, during pressure-forming of the connecting web (23), the workpiece sides (31, 32, 35, 36) of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) face the same workpiece part (18, 19, 20, 21, 22) and the web sides (33, 34, 37, 38) of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) face away from this workpiece part (18, 19, 20, 21, 22), and

45

- wherein the tool parts (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) can be moved toward one another along the stroke axis (14) with a machining stroke into a stroke end position in which the end faces (26, 27) of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) are at a distance from one another along the stroke axis (14) which is smaller during pressure-forming of the connecting web (23) than the extension along the stroke axis (14) of the connecting web (23) to be formed,

50

- wherein each of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) has a forming surface (40, 41, 42, 43) on the web side (33, 34, 37, 38) that extends from the end face (26, 27) of the forming element (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) along the stroke axis (14) away from the workpiece side (31, 32, 35, 36) of the forming element (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25), and

55

- wherein the end faces (26, 27) of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) are mutually offset in the transverse direction of the stroke axis (14).

2. Forming tool according to claim 1, **characterized in that** at least one of the tool parts (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) has a supporting surface (29) which extends substantially perpendicularly to the stroke axis (14) and from which the forming element (25) of this tool part (12) protrudes toward the other tool part (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4).

3. Forming tool according to any of the preceding claims, **characterized in that** at least one of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) has a triangular cross section in a section plane extending parallel to the stroke axis (14), or **in that** at least one of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) has a trapezoidal cross section in a section plane extending parallel to the stroke axis (14).
- 5
4. Forming tool according to any of the preceding claims, **characterized in that**, in a section plane extending parallel to the stroke axis (14), one of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) has a triangular cross section and the other forming element (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) has a trapezoidal cross section.
- 10
5. Forming tool according to any of the preceding claims, **characterized in that**, on at least one of the tool parts (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12), the forming element (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) is formed by a free end of the tool part (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) provided with an inner cavity, preferably an inner cone (28).
- 15
6. Forming tool according to any of the preceding claims, **characterized in that** at least one of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25), on the workpiece side (31, 32, 35, 36), extends along the stroke axis (14) parallel to the cutting surface (39) on the workpiece part (18, 19, 20, 21, 22) which the workpiece side (31, 32, 35, 36) of the forming element (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) faces during pressure-forming of the connecting web (23), or **in that** at least one of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25), on the workpiece side (31, 32, 35, 36), extends along the stroke axis (14) at an angle with respect to the cutting surface (39) on the workpiece part (18, 19, 20, 21, 22) which the workpiece side (31, 32, 35, 36) of the forming element (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) faces during pressure-forming of the connecting web (23).
- 20
7. Forming tool according to any of the preceding claims, **characterized in that** one of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25), on the workpiece side (31, 32, 35, 36), extends along the stroke axis (14) parallel to the cutting surface (39), and the other forming element (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25), on the workpiece side (31, 32, 35, 36), extends along the stroke axis (14) at an angle with respect to the cutting surface (39) on the workpiece part (18, 19, 20, 21, 22) which the workpiece sides (31, 32, 35, 36) of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) face during pressure-forming of the connecting web (23).
- 25
8. Forming tool according to any of the preceding claims, **characterized in that** each of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) has element portions which are mutually offset and by means of which the connecting web (23) can be pressure-formed during pressure-forming at a plurality of locations that are mutually offset along the connecting web (23),
- 30
- an element portion of one of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) and an element portion of the other forming element (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) being assigned to one another in each case, thus forming element portion pairs,
 - the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) on the element portions of the element portion pairs each having a workpiece side (31, 32, 35, 36) and a web side (33, 34, 37, 38) and, during pressure-forming of the connecting web (23), the workpiece sides (31, 32, 35, 36) of the element portions of an element portion pair facing the same workpiece part (18, 19, 20, 21, 22) and the web sides (33, 34, 37, 38) of the element portions of an element portion pair facing away from this workpiece part (18, 19, 20, 21, 22), and
 - the workpiece sides (31, 32, 35, 36) of the element portions of different element portion pairs facing different workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) and the web sides (33, 34, 37, 38) of the element portions of different element portion pairs facing away from different workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22).
- 35
9. Forming tool according to any of the preceding claims, **characterized in that** the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) extend around the stroke axis (14) in a circumferential direction, in particular in an arc-like manner, preferably along a circular arc.
- 40
10. Forming tool according to claim 9, **characterized in that** at least one of the forming elements (24, 24/1, 24/4; 25) is designed to be endless in the circumferential direction.
- 45
11. Forming tool according to any of the preceding claims, **characterized in that** at least one of the tool parts (11/4; 12) has a projection (47, 48) which extends along the stroke axis (14) toward the other tool part (11/4; 12), and **in that** the two tool parts (11/4; 12), when moved into the stroke end position, bear against one another along the stroke axis (14) via the projection (47, 48), bypassing the connecting web (23).
- 50
- 55

12. Machine tool comprising a forming tool (13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4) for pressure-forming a connecting web (23) which is attached at the ends thereof to workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) and interconnects the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22), which workpiece parts are present as machining products of cutting machining of a plate-like workpiece, in particular a metal sheet (15), and each have a cutting surface (39) in the transverse direction of which the connecting web (23) extends, **characterized in that** the forming tool (13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4) according to any of claims 1 to 11 is provided as the forming tool.

13. Machine tool according to claim 12, **characterized in that** the forming tool (13/4) according to claim 11 is provided as the forming tool, and **in that** the forming tool (13/4) has a stroke drive for the tool parts (11/4; 12) having a stroke control device (49) which comprises a force measuring device (50), an evaluation device (51) connected to the force measuring device (50), and an actuating device (52) connected to the evaluation device (51) of the stroke control device (49) and the stroke drive,

- it being possible, by means of the force measuring device (50) of the stroke control device (49) and during the machining stroke of the tool parts (11/4; 12) of the forming tool (13/4), to measure the amount of the bearing force with which the tool parts (11/4; 12) bear against one another via the projection (47, 48) extending along the stroke axis (14),
- it being possible, by means of the evaluation device (51) of the stroke control device (49), to compare the amount of bearing force measured by the force measuring device (50) with a threshold amount of bearing force associated with the stroke end position of the tool parts (11/4; 12), and
- it being possible, by means of the evaluation device (51) of the stroke control device (49), to generate a switching signal for the actuating device (52) of the stroke control device (49) when the threshold amount of bearing force is reached or exceeded, on the basis of which signal the actuating device (52) actuates the stroke drive of the forming tool (13/4) with the effect of terminating the machining stroke.

14. Method for pressure-forming a connecting web (23) which is attached at the ends thereof to workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) and interconnects the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22), which workpiece parts are present as machining products of cutting machining of a plate-like workpiece, in particular a metal sheet (15), and each have a cutting surface (39) in the transverse direction of which the connecting web (23) extends,

- two tool parts (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) of a forming tool (13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4), at at least one end of the connecting web (23), being assigned to mutually opposite sides of the connecting web (23) and being moved relative to one another along a stroke axis (14) which extends in the transverse direction of the connecting web (23),
- the connecting web (23) being acted on at the at least one end by forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) of the tool parts (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) with which the tool parts (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) are provided on sides which face one another along the stroke axis (14), which forming elements point toward one another along the stroke axis (14) at free ends by means of end faces (26, 27) and each have a workpiece side (31, 32, 35, 36) and a web side (33, 34, 37, 38),
- the tool parts (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) being aligned with respect to the connecting web (23) in such a way that the workpiece sides (31, 32, 35, 36) of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) face the same workpiece part (18, 19, 20, 21, 22) and the web sides (33, 34, 37, 38) of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) face away from this workpiece part (18, 19, 20, 21, 22), and
- the tool parts (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) being moved toward one another along the stroke axis (14) with a machining stroke into a stroke end position in which the end faces (26, 27) of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) are at a distance from one another along the stroke axis (14) which is smaller than the extension along the stroke axis (14) of the connecting web (23) to be formed,

characterized in that the method is carried out by means of the forming tool (13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4) according to any of claims 1 to 11 and/or by means of the machine tool (1) according to either claim 12 or claim 13, material of the connecting web (23) being plasticized on the mutually opposite sides of the connecting web (23) by means of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) of the forming tool (13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4), and plasticized material of the connecting web (23) on the web side (33, 34, 37, 38) of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) being displaced by means of the forming surfaces (40, 41, 42, 43) of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) away from the workpiece side (31, 32, 35, 36) of the forming elements (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25).

15. Method for cutting machining plate-like workpieces, in particular for cutting machining metal sheets (15), two workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) being separated from one another

- by the two workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) first being incompletely separated from one another with a cutting surface (39) being produced on each of the two workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) and with at least one connecting web (23) being left in place, which connecting web is attached at the ends thereof to the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22), interconnects the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22), and extends in the transverse direction of the cutting surfaces (39),
- by the connecting web (23) being pressure-formed after the incomplete separation of the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22), and
- by the two workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) then being completely separated from one another by removing the connection established by the formed connecting web (23),

characterized in that, after the incomplete separation of the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22), the connecting web (23) is pressure-formed in accordance with the method according to claim 14.

16. Method according to claim 15, **characterized in that** a plate-like workpiece, in particular a metal sheet (15), made of an elastically deformable material is machined by cutting, and **in that** the at least one connecting web (23) is produced as a flexure hinge and is resilient in the transverse direction of the cutting surfaces (39) of the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) interconnected by the connecting web (23).

17. Method for machining plate-like workpieces, in particular for machining metal sheets (15), the workpiece being machined by cutting, **characterized in that** the workpiece is machined by cutting in accordance with the method according to either claim 15 or claim 16, and **in that**, after the incomplete separation of the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22), before or after pressure-forming of the at least one connecting web (23) that interconnects the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22), and before the complete separation of the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22), at least one of the incompletely separated workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) is additionally machined, preferably additionally edge machined.

Revendications

1. Outil de mise en forme dévolu au formage sous pression d'une membrure de liaison (23) attenante à des parties (18, 19, 20, 21, 22) d'une pièce, par ses extrémités, et reliant les unes aux autres lesdites parties (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce qui se présentent comme des produits d'un usinage séparatif d'une pièce du type plaque, d'une tôle (15) en particulier, et sont respectivement munies d'une surface de séparation (39) dans la direction transversale de laquelle ladite membrure de liaison (23) s'étend,

- comprenant deux parties d'outil (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4 ; 12) qui, lors du formage sous pression de la membrure de liaison (23), sont affectées à des côtés mutuellement opposés de ladite membrure de liaison (23) et peuvent être mues, l'une par rapport à l'autre, le long d'un axe de déplacement (14) s'étendant dans la direction transversale de la membrure de liaison (23) au cours du formage sous pression de ladite membrure de liaison (23),

- sachant que lesdites parties (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4 ; 12) de l'outil sont pourvues, à chaque fois, d'un organe (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme sur des côtés pointant l'un vers l'autre le long de l'axe de déplacement (14), et que des extrémités libres des organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme sont orientées l'une en direction de l'autre par des faces extrêmes (26, 27), le long dudit axe de déplacement (14),

- sachant que chacun desdits organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme comporte un côté pièce (31, 32, 35, 36) et un côté membrure (33, 34, 37, 38) et que, lors du formage sous pression de la membrure de liaison (23), le côté pièce (31, 32, 35, 36) desdits organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme est tourné vers une seule et même partie (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce, et le côté membrure (33, 34, 37, 38) desdits organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme pointe à l'opposé de cette partie (18, 19, 20, 21, 22) de ladite pièce, et

- sachant que lesdites parties (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4 ; 12) de l'outil peuvent être mues en direction l'une de l'autre le long de l'axe de déplacement (14), en accomplissant une course d'usinage, vers un emplacement de fin de course auquel les faces extrêmes (26, 27) desdits organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme sont mutuellement espacées, le long dudit axe de déplacement (14), d'une distance inférieure, au cours du formage sous pression de la membrure de liaison (23), à l'étendue de ladite membrure de liaison (23) devant être mise en forme le long dudit axe de déplacement (14),

- sachant que chacun desdits organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme est pourvu, au niveau du côté membrure (33, 34, 37, 38), d'une surface (40, 41, 42, 43) de mise en forme qui s'éloigne du côté pièce

EP 3 088 096 B1

(31, 32, 35, 36) dudit organe (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme, le long de l'axe de déplacement (14), à partir de la face extrême (26, 27) dudit organe (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme, et

- sachant que les faces extrêmes (26, 27) desdits organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme sont mutuellement décalées dans la direction transversale dudit axe de déplacement (14).

5

2. Outil de mise en forme selon la revendication 1, **caractérisé par le fait qu'**au moins l'une des parties (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4 ; 12) dudit outil est dotée d'une surface de support (29) qui s'étend, pour l'essentiel, perpendiculairement à l'axe de déplacement (14) et au-delà de laquelle l'organe (25) de mise en forme de cette partie (12) dudit outil fait saillie en direction de l'autre partie (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4) dudit outil.

10

3. Outil de mise en forme selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait qu'**au moins l'un des organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme présente une section transversale triangulaire dans un plan de coupe s'étendant parallèlement à l'axe de déplacement (14) ; ou **par le fait qu'**au moins l'un desdits organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme présente une section transversale trapézoïdale dans un plan de coupe s'étendant parallèlement audit axe de déplacement (14).

15

4. Outil de mise en forme selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que**, dans un plan de coupe s'étendant parallèlement à l'axe de déplacement (14), l'un des organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme présente une section transversale triangulaire et l'autre desdits organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme, présente une section transversale trapézoïdale.

20

5. Outil de mise en forme selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que**, sur au moins l'une des parties (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4 ; 12) dudit outil, l'organe (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme est matérialisé par une extrémité libre de ladite partie (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4 ; 12) de l'outil qui est munie d'une cavité intérieure, de préférence d'un cône intérieur (28).

25

6. Outil de mise en forme selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait qu'**au moins l'un des organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme s'étend au niveau du côté pièce (31, 32, 35, 36) le long de l'axe de déplacement (14), parallèlement à la surface de séparation (39), sur la partie (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce vers laquelle ledit côté pièce (31, 32, 35, 36) dudit organe (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme est tourné au cours du formage sous pression de la membrure de liaison (23) ; ou **par le fait qu'**au moins l'un desdits organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme s'étend au niveau du côté pièce (31, 32, 35, 36) le long dudit axe de déplacement (14), en décrivant un angle par rapport à ladite surface de séparation (39), sur la partie (18, 19, 20, 21, 22) de ladite pièce vers laquelle ledit côté pièce (31, 32, 35, 36) dudit organe (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme est tourné au cours du formage sous pression de ladite membrure de liaison (23).

30

35

7. Outil de mise en forme selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** l'un des organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme s'étend au niveau du côté pièce (31, 32, 35, 36), le long de l'axe de déplacement (14), parallèlement à la surface de séparation (39) et l'autre desdits organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme, s'étend au niveau du côté pièce (31, 32, 35, 36) le long dudit axe de déplacement (14), en décrivant un angle par rapport à ladite surface de séparation (39), sur la partie (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce vers laquelle les côtés pièce (31, 32, 35, 36) desdits organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme sont tournés au cours du formage sous pression de ladite membrure de liaison (23).

40

8. Outil de mise en forme selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** chacun des organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme est muni de tronçons qui sont décalés les uns des autres et au moyen desquels, au cours du formage sous pression, la membrure de liaison (23) peut être mise en forme, sous pression, en plusieurs zones décalées les unes des autres le long de ladite membrure de liaison (23),

45

- sachant qu'un tronçon respectif de l'un des organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme et un tronçon respectif de l'autre desdits organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme, sont mutuellement associés et forment, de la sorte, des paires de tronçons d'organes,

50

- sachant que lesdits organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme sont respectivement pourvus d'un côté pièce (31, 32, 35, 36) et d'un côté membrure (33, 34, 37, 38) au niveau des tronçons des paires de tronçons d'organes, et que, lors du formage sous pression de la membrure de liaison (23), les côtés pièce (31, 32, 35, 36) des tronçons d'une paire de tronçons d'organes sont tournés vers une seule et même partie (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce, et les côtés membrure (33, 34, 37, 38) des tronçons d'une paire de tronçons d'organes pointent à l'opposé de cette partie (18, 19, 20, 21, 22) de ladite pièce,

55

et

• sachant que les côtés pièce (31, 32, 35, 36) des tronçons de différentes paires de tronçons d'organes sont tournés vers différentes parties (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce, et que les côtés membrure (33, 34, 37, 38) des tronçons de différentes paires de tronçons d'organes pointent à l'opposé de différentes parties (18, 19, 20, 21, 22) de ladite pièce.

9. Outil de mise en forme selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** les organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme s'étendent notamment sous une forme arquée dans une direction périphérique, autour de l'axe de déplacement (14), de préférence le long d'un arc de cercle.

10. Outil de mise en forme selon la revendication 9, **caractérisé par le fait qu'**au moins l'un des organes (24, 24/1, 24/4 ; 25) de mise en forme présente une réalisation sans fin dans la direction périphérique.

11. Outil de mise en forme selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait qu'**au moins l'une (11/4 ; 12) des parties dudit outil est dotée d'une protubérance (47, 48) qui s'étend le long de l'axe de déplacement (14), en direction de l'autre partie considérée (11/4 ; 12) dudit outil ; et **par le fait que** les deux parties (11/4 ; 12) dudit outil, mues vers l'emplacement de fin de course, sont en appui l'une contre l'autre par l'intermédiaire de ladite protubérance (47, 48), le long dudit axe de déplacement (14), avec contournement de la membrure de liaison (23).

12. Machine-outil équipée d'un outil (13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4) de mise en forme dévolu au formage sous pression d'une membrure de liaison (23) attenante à des parties (18, 19, 20, 21, 22) d'une pièce, par ses extrémités, et reliant les unes aux autres lesdites parties (18, 19, 20, 21, 22) de ladite pièce qui se présentent comme des produits d'un usinage séparatif d'une pièce du type plaque, d'une tôle (15) en particulier, et sont respectivement munies d'une surface de séparation (39) dans la direction transversale de laquelle ladite membrure de liaison (23) s'étend, **caractérisée par le fait que** l'outil de mise en forme (13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4) selon l'une des revendications 1 à 11 est prévu en tant qu'outil de mise en forme.

13. Machine-outil selon la revendication 12, **caractérisée par le fait que** l'outil de mise en forme (13/4) selon la revendication 11 est prévu en tant qu'outil de mise en forme ; et **par le fait que** ledit outil (13/4) de mise en forme comporte, pour les parties (11/4 ; 12) de l'outil, un entraînement en translation équipé d'un dispositif (49) de commande de courses qui comprend, pour sa part, un dispositif (50) mesureur de forces, un dispositif d'évaluation (51) connecté audit dispositif (50) mesureur de forces, ainsi qu'un dispositif d'actionnement (52) connecté audit dispositif d'évaluation (51) dudit dispositif (49) de commande de courses, et audit entraînement en translation,

• sachant que le dispositif (50) mesureur de forces du dispositif (49) de commande de courses permet de mesurer, lors de la course d'usinage des parties (11/4 ; 12) de l'outil (13/4) de mise en forme, la valeur de la force d'appui avec laquelle lesdites parties (11/4 ; 12) de l'outil sont en appui l'une contre l'autre, par l'intermédiaire de la protubérance (47, 48) s'étendant le long de l'axe de déplacement (14),

• sachant que le dispositif d'évaluation (51) dudit dispositif (49) de commande de courses permet de comparer ladite valeur de la force d'appui, mesurée au moyen dudit dispositif (50) mesureur de forces, à une valeur limite de ladite force d'appui affectée à l'emplacement de fin de course desdites parties (11/4 ; 12) de l'outil, et

• sachant que ledit dispositif d'évaluation (51) dudit dispositif (49) de commande de courses permet d'engendrer, à l'instant auquel ladite valeur limite de la force d'appui est atteinte ou dépassée, un signal de commutation qui est destiné au dispositif d'actionnement (52) dudit dispositif (49) de commande de courses, et sur la base duquel ledit dispositif d'actionnement (52) actionne ledit entraînement en translation dudit outil (13/4) de mise en forme dans le sens d'une cessation de la course d'usinage.

14. Procédé de formage sous pression d'une membrure de liaison (23) attenante à des parties (18, 19, 20, 21, 22) d'une pièce, par ses extrémités, et reliant les unes aux autres lesdites parties (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce qui se présentent comme des produits d'un usinage séparatif d'une pièce du type plaque, d'une tôle (15) en particulier, et sont respectivement munies d'une surface de séparation (39) dans la direction transversale de laquelle ladite membrure de liaison (23) s'étend,

• sachant que deux parties (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4 ; 12) d'un outil (13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4) de mise en forme sont affectées à des côtés mutuellement opposés de la membrure de liaison (23), au niveau d'au moins une extrémité de ladite membrure de liaison (23), et sont mues, l'une par rapport à l'autre, le long d'un axe de déplacement (14) qui s'étend dans la direction transversale de ladite membrure de liaison (23),

- sachant que ladite membrure de liaison (23) est sollicitée, au niveau de ladite extrémité impliquée au minimum, par des organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme des parties (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4 ; 12) de l'outil, dont lesdites parties (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4 ; 12) de l'outil sont équipées sur des côtés pointant l'un vers l'autre le long de l'axe de déplacement (14), qui sont orientés les uns en direction des autres par des faces extrêmes (26, 27), à des extrémités libres, le long dudit axe de déplacement (14), et dont chacun est pourvu d'un côté pièce (31, 32, 35, 36) et d'un côté membrure (33, 34, 37, 38),
- sachant que les parties (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4 ; 12) de l'outil sont orientées, par rapport à la membrure de liaison (23), de telle manière que le côté pièce (31, 32, 35, 36) des organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme soit tourné vers une seule et même partie (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce, et que le côté membrure (33, 34, 37, 38) desdits organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme pointe à l'opposé de cette partie (18, 19, 20, 21, 22) de ladite pièce, et
- sachant que les parties (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4 ; 12) de l'outil sont mues en direction l'une de l'autre le long de l'axe de déplacement (14), en accomplissant une course d'usinage, vers un emplacement de fin de course auquel les faces extrêmes (26, 27) des organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme sont mutuellement espacées, le long dudit axe de déplacement (14), d'une distance inférieure à l'étendue de la membrure de liaison (23) devant être mise en forme le long dudit axe de déplacement (14),

caractérisé par le fait que

ledit procédé est mis en œuvre au moyen de l'outil de mise en forme (13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4) selon l'une des revendications 1 à 11, et/ou au moyen de la machine-outil (1) conforme à la revendication 12 ou à la revendication 13, sachant qu'au niveau des côtés de la membrure de liaison (23) pointant l'un vers l'autre, du matériau de ladite membrure de liaison (23) est plastifié au moyen des organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme de l'outil (13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4) de mise en forme, et du matériau plastifié de ladite membrure de liaison (23) est refoulé du côté pièce (31, 32, 35, 36) desdits organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme, au niveau du côté membrure (33, 34, 37, 38) desdits organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme, par les surfaces (40, 41, 42, 43) de mise en forme desdits organes (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 ; 25) de mise en forme.

15. Procédé dévolu à l'usinage séparatif de pièces du type plaque, notamment à l'usinage séparatif de tôles (15), deux parties (18, 19, 20, 21, 22) d'une pièce étant alors séparées l'une de l'autre,

- en ce sens que les deux parties (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce sont, dans un premier temps, incomplètement séparées l'une de l'autre en engendrant une surface de séparation (39) sur chacune desdites deux parties (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce et en laissant subsister au moins une membrure de liaison (23) qui est attenante auxdites parties (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce, par ses extrémités, relie l'une à l'autre lesdites parties (18, 19, 20, 21, 22) de ladite pièce et s'étend dans la direction transversale des surfaces de séparation (39),
- en ce sens que la membrure de liaison (23) est mise en forme sous pression à l'issue de la séparation incomplète des parties (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce, et
- en ce sens que, ensuite, les deux parties (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce sont complètement séparées l'une de l'autre par dissociation de la liaison instaurée par la membrure de liaison (23) mise en forme,

caractérisé par le fait que

la membrure de liaison (23) est mise en forme sous pression, à l'issue de la séparation incomplète des parties (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce, suivant le procédé conforme à la revendication 14.

16. Procédé selon la revendication 15, **caractérisé par le fait qu'**une pièce du type plaque, une tôle (15) en particulier, en matériau élastiquement déformable est soumise à un usinage séparatif ; et **par le fait que** la membrure de liaison (23), à présence minimale, est produite en tant qu'articulation à corps solide et est douée de l'élasticité d'un ressort dans la direction transversale des surfaces de séparation (39) des parties (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce qui sont reliées mutuellement par ladite membrure de liaison (23).

17. Procédé dévolu à l'usinage de pièces du type plaque, notamment à l'usinage de tôles (15), la pièce étant soumise à un usinage séparatif,

caractérisé par le fait que

la pièce est soumise à un usinage séparatif suivant le procédé conforme à la revendication 15 ou à la revendication 16 ; et **par le fait qu'**à l'issue de la séparation incomplète des parties (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce, et avant ou après le formage sous pression de la membrure de liaison (23) à présence minimale, reliant mutuellement lesdites parties (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce, et préalablement à la séparation complète desdites parties (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce, au moins l'une desdites parties (18, 19, 20, 21, 22) de ladite pièce incomplètement séparées les

EP 3 088 096 B1

unes des autres est soumise à un usinage additionnel, de préférence à un usinage additionnel de chants.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

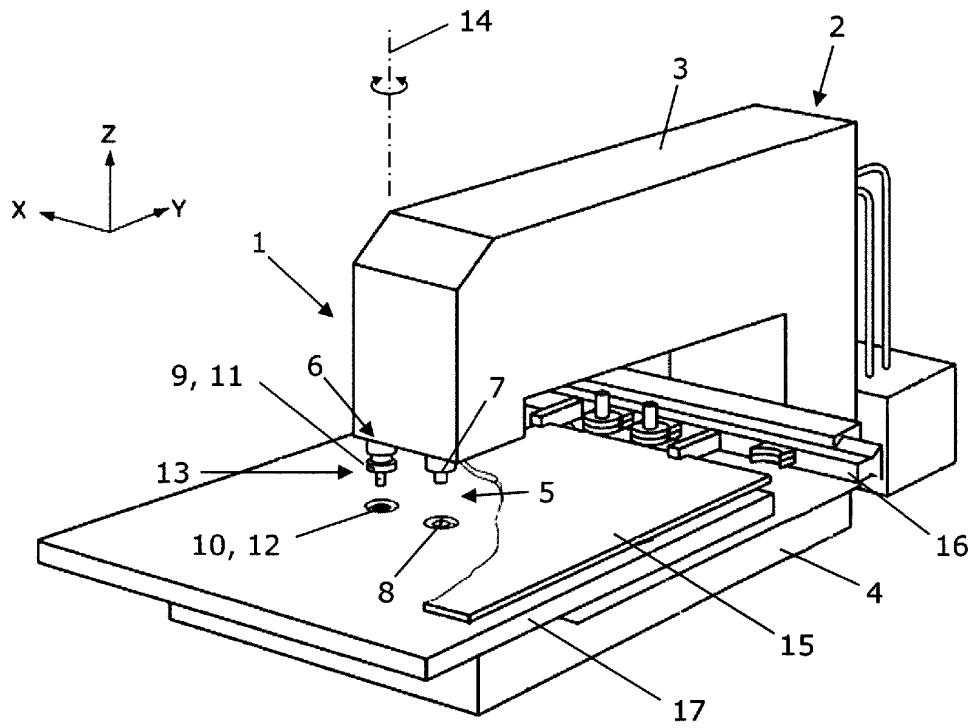


Fig. 1

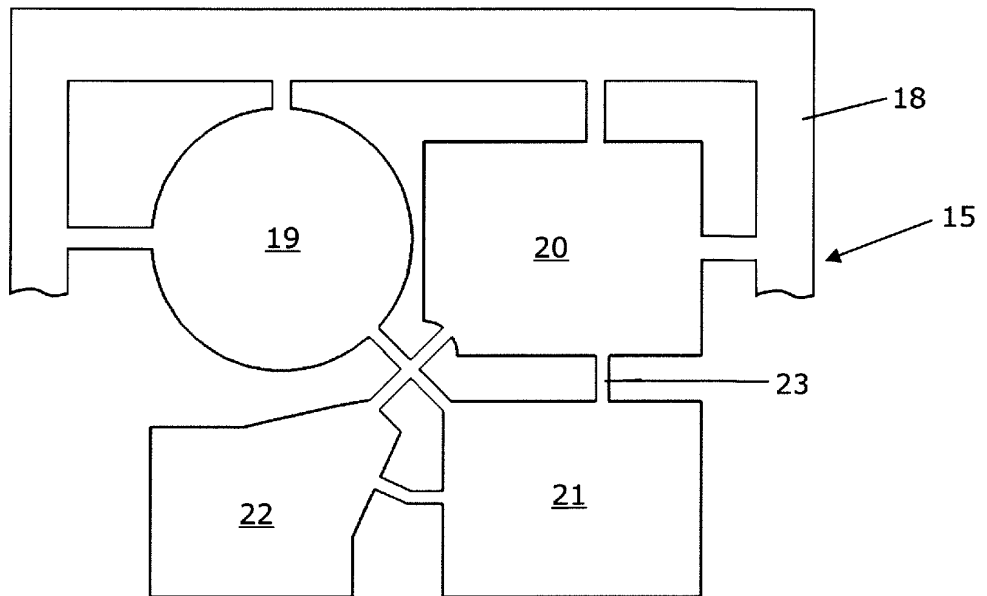


Fig. 2

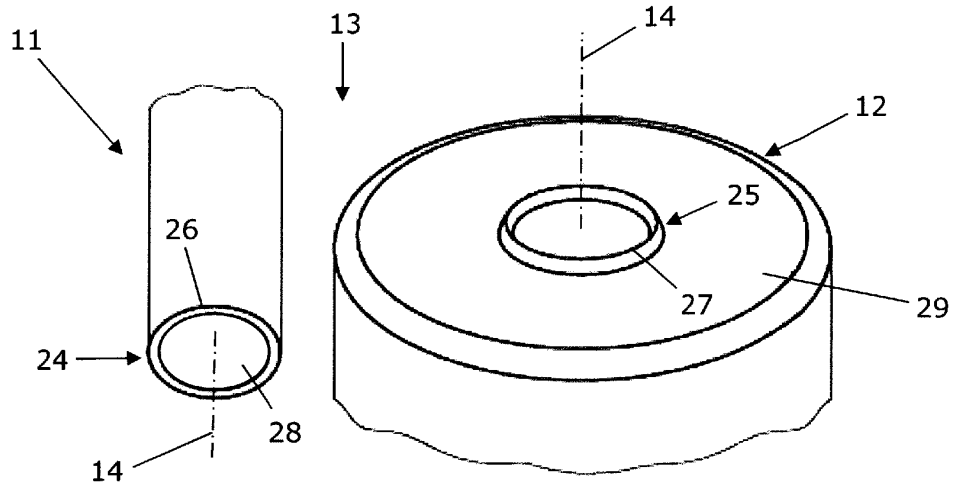


Fig. 3

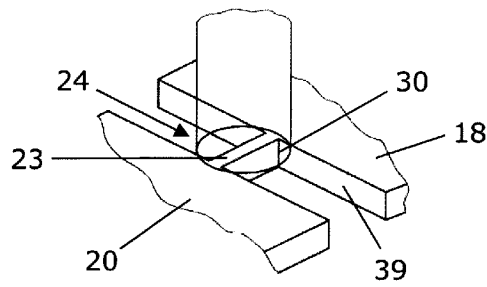


Fig. 4

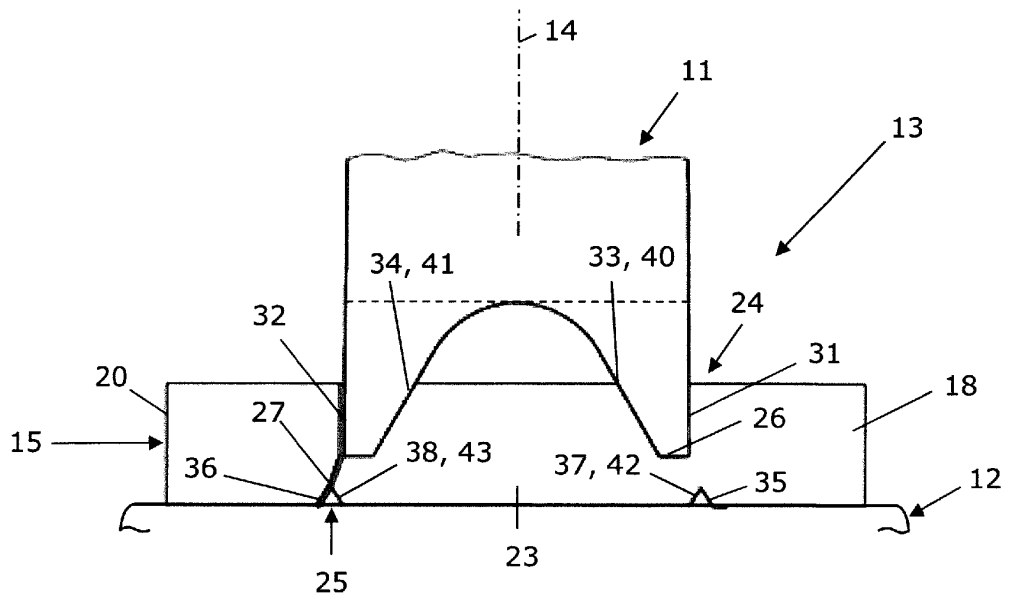


Fig. 5

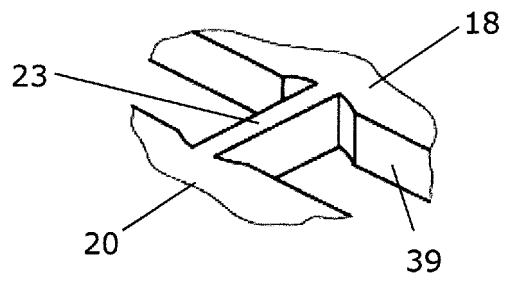


Fig. 6

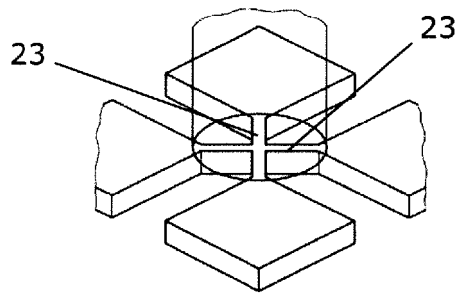


Fig. 7

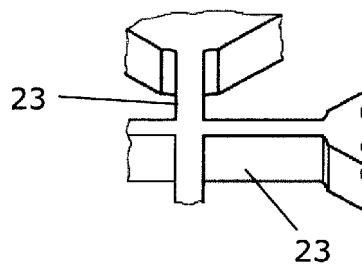


Fig. 8

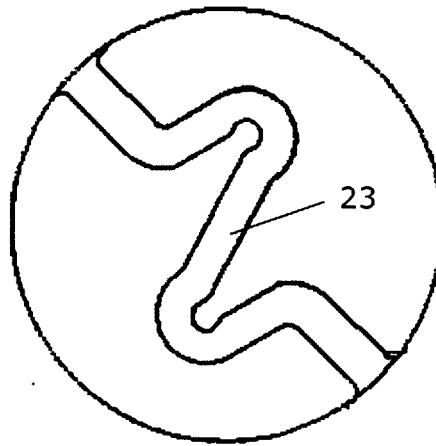


Fig. 9

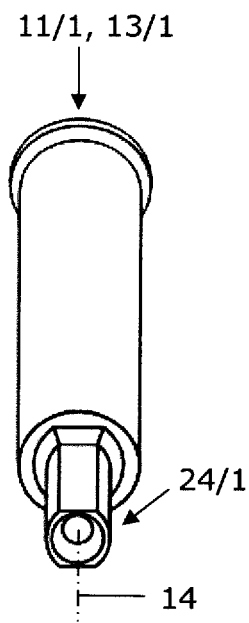


Fig. 10a

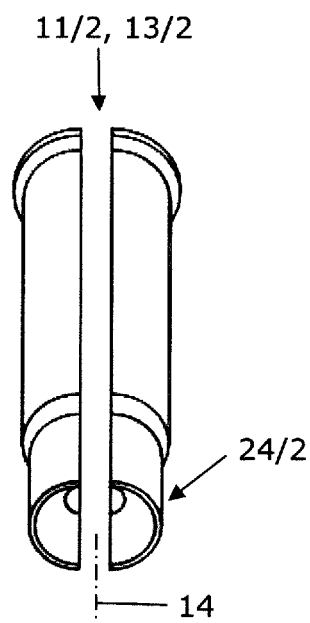


Fig. 10b

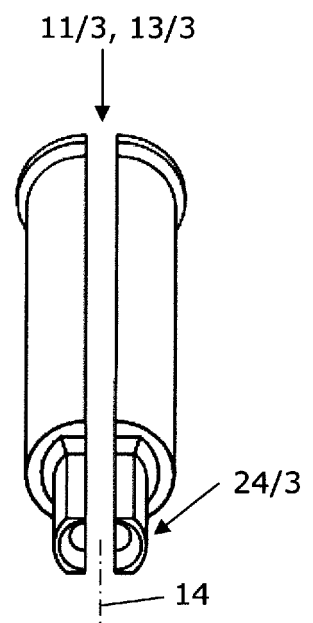


Fig. 10c

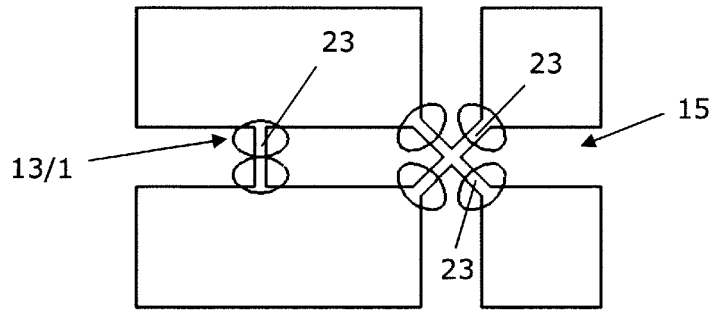


Fig. 11

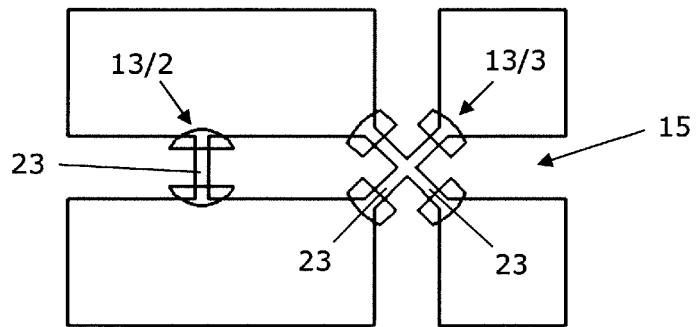


Fig. 12

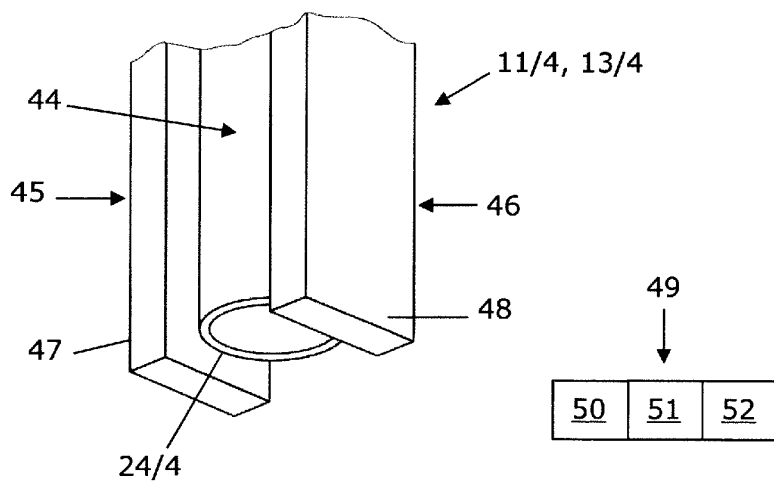


Fig. 13

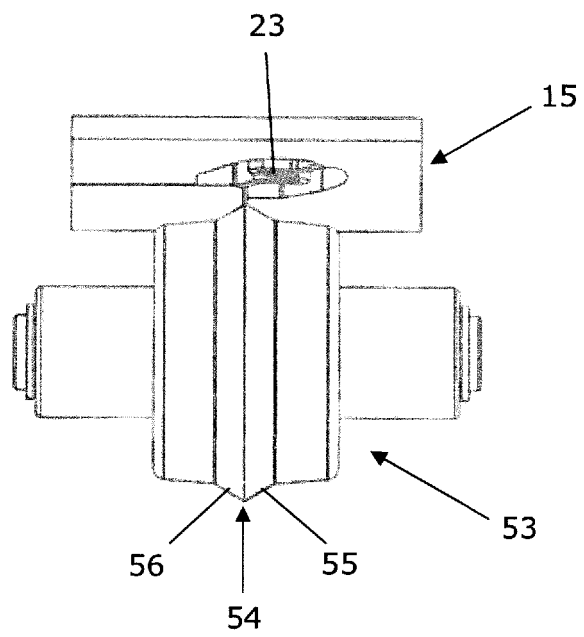


Fig. 14

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

- US 5655401 A [0004]
- DE 102012011767 A1 [0005]
- US 4362078 A [0006]