



(11) **EP 3 088 097 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**29.07.2020 Patentblatt 2020/31**

(51) Int Cl.:  
**B21D 28/10** <sup>(2006.01)</sup> **B21D 28/16** <sup>(2006.01)</sup>  
**B21D 28/34** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **15165676.6**

(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**

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

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

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

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

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

(56) Entgegenhaltungen:  
**JP-A- H10 152 136 US-A- 4 362 078  
US-A- 5 655 401**

**EP 3 088 097 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 eines plattenartigen Werkstücks, insbesondere eines Blechs, 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 ein erster der Werkzeugteile ein Umformorgan aufweist, welches ein freies Ende des ersten Werkzeugteils wenigstens teilweise ausbildet,
- wobei der zweite Werkzeugteil eine in Querrichtung der Hubachse verlaufende und dem freien Ende des ersten Werkzeugteils zugewandte Auflagefläche für den Verbindungssteg aufweist und
- wobei die beiden Werkzeugteile längs der Hubachse mit einem Bearbeitungshub aufeinander zu in eine Hub-Endposition bewegbar sind, in welcher das Umformorgan des ersten Werkzeugteils und die Auflagefläche des zweiten Werkzeugteils längs der Hubachse einen Abstand voneinander aufweisen, der beim Druckumformen des Verbindungsstegs kleiner ist als die Erstreckung des umzuformenden Verbindungsstegs längs der Hubachse und in welcher der Verbindungssteg beim Druckumformen an der Auflagefläche des zweiten Werkstückteils abgestützt ist.

**[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 Bearbeitung 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 Auflagefläche und einer in die 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.

**[0005]** US 4,362,078 A betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Stanzen Bearbeiten von plattenartigen Werkstücken. Ein Stanzwerkzeug umfasst einen Stanzstempel und eine Werkstückauflage, die beidseits eines zu bearbeitenden Werkstücks angeordnet sind. Der Stanzstempel weist einen erhabenen umlaufenden Rand mit einem Dreiecksquerschnitt auf. Die Werkstückauflage ist mit einer ebenen Auflagefläche für ein zu bearbeitendes Werkstück versehen. Längs einer Hubachse des Stanzstempels liegt der erhabene umlaufende Rand des Stanzstempels der ebenen Auflagefläche der Werkstückauflage gegenüber. In einem ersten Arbeitsschritt wird der Stanzstempel entlang der Hubachse so weit in Richtung auf die Auflagefläche der Werkstückauflage bewegt, dass der erhabene umlaufende Rand des Stanzstempels zwar in das betreffende Werkstück eindringt und an der zugeordneten Werkstückseite eine V-förmige Werkstücknut erzeugt, dass aber zwischen dem erhabenen umlaufenden Rand des Stanzstempels einerseits und der Auflagefläche der Werkstückauflage andererseits eine Restdicke des Werkstücks stehenbleibt. Durch Scherschneiden des Werkstücks längs der V-förmigen Werkstücknut wird in einem nachfolgenden Arbeitsschritt an dem Werkstück ein Ausschnitt erstellt.

**[0006]** JP H10 152136 A offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Erstellen einer Sollbruchstelle für einen Ring-Pull Verschluss an einer Blechdose. Dabei wird ein auf einer ebenen Auflagefläche der Vorrichtung gelagerter Wandbereich der Blechdose an der von der Auflagefläche abliegenden Seite durch eine Schneide eines Stempels derart beaufschlagt, dass zwischen der Schneide des Stempels einerseits und der Auflagefläche andererseits eine Restdicke der bearbeiteten Wand der Blechdose stehenbleibt.

**[0007]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine kraftabhängige Steuerung der Druckumformung von Verbindungsstegen der vorstehend beschriebenen Art zu ermöglichen.

**[0008]** Erfindungsgemäß gelöst wird diese Aufgabe durch das Umformwerkzeug und die Werkzeugmaschine gemäß den Patentansprüchen 1 und 10 sowie durch die Verfahren gemäß den Patentansprüchen 12, 14 und 16.

**[0009]** Das erfindungsgemäße Umformwerkzeug ermöglicht eine kraftabhängige Steuerung des Bearbeitungshubs der Werkzeugteile des Umformwerkzeugs. Eine längs der Hubachse wirksame gegenseitige Abstützung der Werkzeugteile unter Umgehung des druckumgeformten Verbindungsstegs realisiert, indem der erste Werkzeugteil eine portalartige Gestalt aufweist und den umzuformenden Verbindungssteg während dessen Bearbeitung übergreift. Die Portalstützen des ersten Werkzeugteils setzen bei Hub-Endposition der beiden Werkzeugteile auf dem zweiten Werkzeugteil seitlich neben dem Verbindungssteg auf. Das Umformorgan ist an dem portalartig ausgebildeten ersten Werkzeugteil zwischen den Portalstützen angeordnet.

**[0010]** Es wird von einem Umformwerkzeug Gebrauch gemacht, das zusätzlich zu einem mit einem Umformorgan versehenen ersten Werkzeugteil einen mit einer durchgehend ebenen Auflagefläche versehenen und folglich konstruktiv einfach gestalteten zweiten Werkzeugteil umfasst. Insbesondere besteht die Möglichkeit, den zweiten Werkzeugteil als ein scheibenförmiges Bauteil mit längs der Hubachse des Umformwerkzeugs geringer Bauhöhe auszuführen.

**[0011]** Auch für das Umformorgan des ersten Werkzeugteils sind erfindungsgemäß unterschiedliche Ausführungen denkbar. In Frage kommen beispielsweise Umformorgane, die mit dem restlichen Werkzeugteil starr verbunden sind, aber auch Umformorgane, die an einem Grundkörper des ersten Werkzeugteils drehbar gelagert sind und folglich zur Druckumformung des Verbindungsstegs auf diesem abrollen können.

**[0012]** Nach dem Druckumformen eines Verbindungsstegs besitzt der Verbindungssteg 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 gelöst werden kann. Dessen ungeachtet kann der Verbindungssteg vor dem Druckumformen derart dimensioniert sein, dass er eine belastbare Verbindung zwischen den betreffenden Werkstückteilen herstellt.

**[0013]** 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 dem Umformorgan des ersten Werkzeugteils derart ausgerichtet sein, dass die Verbindungsstege dem Umformorgan längs der Hubachse mit Flächen und nicht mit Kanten gegenüberliegen. Beim Erstellen der Verbindungsstege ist deshalb eine Torsion der Verbindungsstege um ihre Längsachse zu vermeiden.

**[0014]** 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 über Verbindungsstege miteinander verbundenen Werkstückteilen Spuren hinterlassen und dadurch die Qualität der Werkstückbearbeitung mindern.

**[0015]** An der erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine ist der zum Druckumformen eines Verbindungsstegs auszuführende Bearbeitungshub kraftabhängig gesteuert. Die Werkzeugteile des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs sind

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. Aufgrund der Geometrie des zweiten Werkzeugteils des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs bedarf es in aller Regel aber keiner Dreheinstellung derjenigen Werkzeugaufnahme, in welcher der mit der durchgehend ebenen Auflagefläche versehene Werkzeugteil aufgenommen ist.

**[0016]** 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.

**[0017]** Im Rahmen des erfindungsgemäßen Umformverfahrens wird ein umzuformender Verbindungssteg einerseits durch das Umformorgan des ersten Werkzeugteils druckbeaufschlagt und andererseits an der Auflagefläche des als Widerlager für den ersten Werkzeugteil dienenden zweiten Werkzeugteils abgestützt. Die Linie, entlang derer dabei das Umformorgan des ersten Werkzeugteils in den Verbindungssteg eintaucht, kann beispielsweise in Verlängerung einer Trennfläche verlaufen, die an dem benachbarten Werkstückteil bei der Erzeugung des Verbindungsstegs erstellt worden ist, sie kann aber auch dieser Trennfläche vorgelagert oder gegenüber der Trennfläche in das Innere des Werkstückteils zurückversetzt sein. In dem letztgenannten Fall ist gewährleistet, dass Reste des Verbindungsstegs, die beim Trennen des Verbindungsstegs von dem Werkstückteil an dem Werkstückteil verbleiben, nicht über die beim Erzeugen des Verbindungsstegs an dem Werkstückteil erstellte Trennfläche vorstehen. Gegebenenfalls überlappt das Umformorgan des ersten Werkzeugteils mit einem Werkstückteil vorzugsweise in der Größenordnung von Zehntelmillimetern.

**[0018]** Je nach Anwendungsfall, beispielsweise je nach Bemessung der Breite des Verbindungsstegs einerseits und des Umformorgans des ersten Werkzeugteils andererseits, führen die Werkzeugteile des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs zum Umformen eines Verbindungsstegs relativ zueinander einen einzelnen Bearbeitungshub oder mehrere aufeinanderfolgende Bearbeitungshübe aus.

**[0019]** 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.

**[0020]** Besondere Ausführungsarten der Erfindung nach den unabhängigen Patentansprüchen ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen 2 bis 9, 11, 13 und 15.

**[0021]** Beim Druckumformen des Verbindungsstegs und dem damit verbundenen Eintauchen des Umformorgans des ersten Werkzeugteils in den Verbindungssteg wird durch das Umformorgan werkstückseitig eine Trennfläche erstellt. Dieser Umstand ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn das Umformorgan des ersten Werkzeugteils an einem Ende des betreffenden Verbindungsstegs und folglich in unmittelbarer Nachbarschaft eines Werkstückteils ansetzt. Durch entsprechende Gestaltung des Umformorgans kann auf die Beschaffenheit der durch das Umformorgan erzeugten Trennfläche Einfluss genommen werden. Weist das Umformorgan an dem Übergang zwischen seiner Werkstückseite und dem freien Ende des ersten Werkzeugteils eine scharfe Kante auf, so erzeugt es eine glatte und somit qualitativ hochwertige Trennfläche.

**[0022]** Im Falle der Erfindungsbauart gemäß Patentanspruch 2 ist vorgesehen, dass das Umformorgan des ersten Werkzeugteils an einer 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 des 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 Schräglfläche mit der Schräglfläche, die im Rahmen der zusätzlichen Kantenbearbeitung des Werkstückteils erstellt wird.

**[0023]** Ausweislich Patentanspruch 3 ist der erste Werkzeugteil in bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung als sich verjüngender Werkzeugteil ausgebildet, wobei sich das Umformorgan des ersten Werkzeugteils längs der Hubachse zu dem freien Ende des ersten Werkzeugteils hin verjüngt. Insbesondere im Hinblick auf die zum Druckumformen eines Verbindungsstegs aufzubringende Umformkraft ist diese Bauart des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs vorteilhaft.

**[0024]** Gemäß Patentanspruch 4 ist in weiterer bevorzugter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs an einer von der Werkstückseite abgewandten Stegseite des Umformorgans des sich verjüngenden Werkzeugteils eine Umformfläche vorgesehen, die ausgehend von dem freien Ende des sich verjüngenden Werkzeugteils längs der Hubachse von der Werkstückseite des Umformorgans weg verläuft und dementsprechend gegenüber der Hubachse geneigt ist. Im Rahmen der mittels dieser Bauart des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs durchgeführten Variante des erfindungsgemäßen Umformverfahrens (Patentanspruch 13) wird an der dem sich verjüngenden Werkzeugteil zugeordneten Seite des Verbindungsstegs Werkstoff des Verbindungsstegs mittels des Umformorgans des sich verjüngenden Werkzeugteils plastifiziert und plastifizierter Werkstoff des Verbindungsstegs an der Stegseite des Umformorgans durch die Umformfläche des Umformorgans von dessen Werkstückseite weg verdrängt.

**[0025]** Wird das Umformwerkzeug an einem Ende eines umzuformenden Verbindungsstegs angesetzt, so erzeugt das Umformorgan des sich verjüngenden Werkzeugteils aufgrund seiner besonderen Geometrie an dem betreffenden Ende des Verbindungsstegs eine Bruchzone, die derart beschaffen ist, dass nach dem Brechen des Verbindungsstegs keine oder nur allenfalls geringfügige Spuren des Verbindungsstegs an dem Werkstückteil zurückbleiben. Da plastifizierter Werkstoff des Verbindungsstegs, der durch das Umformorgan erzeugt wird, von der Werkstückseite des Umformorgans und somit auch von dem an den Verbindungssteg angrenzenden Werkstückteil weg verdrängt wird, kann der plastifizierte Werkstoff des Verbindungsstegs an dem betreffenden Werkstückteil keine oder allenfalls geringfügige Spuren hinterlassen. An dem Verbindungssteg gebildeter Grat wird im Rahmen des erfindungsgemäßen Trennverfahrens gemeinsam mit dem Verbindungssteg entfernt und beeinträchtigt folglich die Qualität der Trennfläche an dem Werkstückteil nicht.

**[0026]** Für das Umformorgan an dem ersten Werkzeugteil des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs kommen unterschiedliche Geometrien in Frage. Denkbar ist beispielsweise ein Umformorgan mit einem rechteckigen Querschnitt.

**[0027]** Gemäß Patentanspruch 5 weist das Umformorgan eines sich verjüngenden ersten Werkzeugteils in einer parallel zu der Hubachse verlaufenden Schnittebene einen dreiecksförmigen Querschnitt oder einen trapezförmigen Querschnitt auf. Ein Umformorgan mit Dreiecksquerschnitt ist an seiner Stirnseite 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 ist ein Umformorgan mit trapezförmigem Querschnitt an seiner Stirnseite flächig ausgebildet und folglich im Betrieb weniger Verschleiß unterworfen als ein im Querschnitt dreiecksförmiges Umformorgan. Auch von der Trapezform abweichende Querschnitte, die an dem Umformorgan des sich verjüngenden Werkzeugteils eine Stirnfläche ausbilden, sind erfindungsgemäß denkbar.

**[0028]** Ein Umformorgan mit einem dreiecksförmigen oder mit einem trapezförmigen Querschnitt wird in Weiterbildung der Erfindung dadurch bereitgestellt, dass das Umformorgan des sich verjüngenden Werkzeugteils von einem mit einem Innenhohlraum, vorzugsweise einem Innenkonus, versehenen freien Ende des sich verjüngenden Werkzeugteils gebildet ist (Patentanspruch 6). Beim Druckumformen eines Verbindungsstegs kann Werkstoff des Verbindungsstegs in das Innere des Innenhohlraums 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 dem freien Ende des sich verjüngenden Werkzeugteils 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 dort bricht, wo das Umformorgan des sich verjüngenden Werkzeugteils mit der Kante ansetzt, die an dem Übergang zwischen der Werkstückseite des Umformorgans und dem freien Ende des sich verjüngenden Werkzeugteils gebildet ist.

**[0029]** Insbesondere in Fällen, in denen ein Verbindungssteg eine Verbindung zwischen zwei als Gutteile vorgesehenen Werkstückteilen herstellt, ist der Verbindungssteg von beiden Werkstückteilen zu trennen. Patentanspruch 7 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 und dadurch für die vollständige Trennung der über den Verbindungssteg miteinander verbundenen Werkstückteile zu schwächen. Jede der Umformstellen an dem Verbindungssteg wird dabei durch einen Organabschnitt des an dem ersten Werkzeugteil vorgesehenen Umformorgans bearbeitet.

**[0030]** Zur Ausbildung von Organabschnitten, die verschiedenen Bearbeitungsstellen an einem Verbindungssteg zugeordnet sind, werden im Falle der Erfindung unterschiedliche Möglichkeiten zur konstruktiven Gestaltung des Umfor-

morgans an dem sich verjüngenden Werkzeugteil genutzt.

**[0031]** Gemäß Patentanspruch 8 verläuft das Umformorgan des ersten Werkzeugteils in bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung in einer Umfangsrichtung und dabei insbesondere bogenförmig, vorzugsweise längs eines Kreisbogens, um die Hubachse. Die Erstreckung des Umformorgans in Umfangsrichtung kann dabei derart bemessen sein, dass das Umformorgan beim Umformen eines Verbindungsstegs gleichzeitig an mehreren Stellen des Verbindungsstegs angreift. Ein bogenförmiger, insbesondere ein kreisförmiger Verlauf des Umformorgans 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 des Umformorgans ist darüber hinaus insofern vorteilhaft, als durch eine einfache Dreheinstellung des ersten Werkzeugteils um eine mit dem Umformorgan konzentrische Positionierachse unterschiedliche Organabschnitte des Umformorgans ein und derselben Bearbeitungsstelle und/oder ein und dieselben Organabschnitte unterschiedlichen Bearbeitungsstellen zugeordnet werden können. Der sukzessive Einsatz unterschiedlicher Organabschnitte des Umformorgans empfiehlt sich insbesondere aufgrund der damit verbundenen Vergleichmäßigung des Werkzeugverschleißes.

**[0032]** Gemäß Patentanspruch 9 ist in Weiterbildung des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs das Umformorgan des ersten Werkzeugteils in Umfangsrichtung endlos ausgebildet. Alternativ ist im Falle der Erfindung aber auch ein in Umfangsrichtung segmentiertes Umformorgan denkbar.

**[0033]** In bevorzugter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Trennverfahrens ist ausweislich Patentanspruch 15 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 Werkstückteile federelastisch ist. Wird ein derartiger Verbindungssteg mittels des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs umgeformt, so kann der Verbindungssteg unter Ausnutzung seiner Elastizität gestaucht werden. Zur Umformung des Verbindungsstegs ist folglich nur eine verhältnismäßig geringe Kraft aufzuwenden. Dies gilt insbesondere in Fällen, in denen ein Verbindungssteg gleichzeitig an beiden Enden druckumgeformt wird.

**[0034]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand beispielhafter schematischer Darstellungen näher erläutert.

**[0035]** Es zeigen:

- |    |                       |  |
|----|-----------------------|--|
| 30 | 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,                       |
| 35 | Figur 3               | ein Umformwerkzeug erster Bauart zum Einsatz an der Umformstation der Werkzeugmaschine gemäß Figur 1 (nicht erfindungsgemäß),  |
| 40 | Figuren 4 bis 9       | Darstellungen zur Veranschaulichung der Funktionsweise des Umformwerkzeugs gemäß Figur 3 beim Umformen von zwischen zwei Blechteilen vorgesehenen Verbindungsstegen, |
|    | Figuren 10a, 10b, 10c | die Oberwerkzeuge weiterer Bauarten eines Umformwerkzeugs (nicht erfindungsgemäß) zum Einsatz an der Umformstation der Werkzeugmaschine gemäß Figur 1,               |
| 45 | 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,                               |
| 50 | Figur 13              | das Oberwerkzeug einer weiteren Bauart eines Umformwerkzeugs (nicht erfindungsgemäß) zum Einsatz an der Umformstation der Werkzeugmaschine gemäß Figur 1,            |
| 55 | Figur 14              | das Umformwerkzeug mit dem Oberwerkzeug gemäß Figur 13 bei der Bearbeitung eines Verbindungsstegs in einem ersten Anwendungsfall,                                    |
|    | Figur 15              | das Umformwerkzeug mit dem Oberwerkzeug gemäß Figur 13 bei der Bearbeitung eines Verbindungsstegs in einem zweiten Anwendungsfall,                                   |

- Figur 16 das Oberwerkzeug einer weiteren Bauart eines Umformwerkzeugs (nicht erfindungsgemäß) zum Einsatz an der Umformstation der Werkzeugmaschine gemäß Figur 1,
- Figur 17 eine Variante des Umformwerkzeugs gemäß Figur 3 zur Verwendung bei kraftabhängiger Steuerung eines von dem Umformwerkzeug ausgeführten Bearbeitungshubs,
- Figur 18 eine Variante des Umformwerkzeugs gemäß den Figuren 13 bis 15 zur Verwendung bei kraftabhängiger Steuerung eines von dem Umformwerkzeug ausgeführten Bearbeitungshubs,
- Figur 19 eine Variante des Umformwerkzeugs gemäß Figur 16 zur Verwendung bei kraftabhängiger Steuerung eines von dem Umformwerkzeug ausgeführten Bearbeitungshubs und
- Figur 20 zwei über einen Verbindungssteg miteinander verbundene Blechteile während einer Kantenbearbeitung der Blechteile.

**[0036]** 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.

**[0037]** 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 als erster Werkzeugteil ein als Umformstempel 11 ausgebildetes Oberwerkzeug, in die untere Werkzeugaufnahme 10 als zweiter Werkzeugteil ein als Umformmatrize 12 ausgebildetes Unterwerkzeug eines Umformwerkzeugs 13 eingewechselt.

**[0038]** 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 drehbar (Doppelpfeil in Figur 1). Sämtliche Funktionen der Werkzeugmaschine 1 werden durch eine programmierbare numerische Steuerung gesteuert.

**[0039]** 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.

**[0040]** 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 Werkstückteile 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.

**[0041]** 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.

**[0042]** Im Einzelnen ist das Umformwerkzeug 13 mit dem als Oberwerkzeug vorgesehenen Umformstempel 11 und der als Unterwerkzeug vorgesehenen und in dem dargestellten Beispielsfall im Wesentlichen zylindrischen 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.

**[0043]** Der Umformstempel 11 weist einen axialen Endabschnitt auf, der als Umformorgan 24 ausgebildet ist. Das Umformorgan 24 bildet das freie Ende des Umformstempels 11 aus. Wie Figur 5 zeigt, verjüngt sich das Umformorgan

24 längs der Hubachse 14 zu dem freien Ende des Umformstempels 11 hin. Bei dem Umformstempel 11 handelt es sich folglich um einen sich verjüngenden Werkzeugteil des Umformwerkzeugs 13.

**[0044]** Ein an dem axialen Endabschnitt des Umformstempels 11 vorgesehener und zu dem freien Ende des Umformstempels 11 hin offener Innenkonus 25 begrenzt gemeinsam mit der achsparallelen äußeren Mantelfläche des Umformstempels 11 eine Stirnfläche 26 des Umformorgans 24. Die achsparallele äußere Mantelfläche des Umformstempels 11 und die Stirnfläche 26 des stempelseitigen Umformorgans 24 bilden eine scharfe Kante aus, die beim Eintauchen des Umformstempels 11 in einen umzuformenden Verbindungssteg 23 eine glatte Trennfläche erzeugt. Ausweislich Figur 5 besitzt das Umformorgan 24 einen trapezförmigen Querschnitt. Die obere Begrenzung des trapezförmigen Querschnitts des Umformorgans 24 ist in Figur 5 durch eine gedachte gestrichelte Linie angedeutet. Das Umformorgan 24 verläuft endlos und dabei konzentrisch mit der Hubachse 14. An der Umformmatrize 12 ist eine durchgehend ebene Auflagefläche 27 vorgesehen. Ist das Umformwerkzeug 13 mit dem Umformstempel 11 in die obere Werkzeugaufnahme 9 und mit der Umformmatrize 12 in die untere Werkzeugaufnahme 10 der Werkzeugmaschine 1 eingewechselt, so liegt die Auflagefläche 27 der Umformmatrize 12 längs der Hubachse 14 der Stirnfläche 26 des stempelseitigen Umformorgans 24 gegenüber. Sowohl die Auflagefläche 27 der Umformmatrize 12 als auch die Stirnfläche 26 des stempelseitigen Umformorgans 24 erstrecken sich dabei senkrecht zu der Hubachse 14.

**[0045]** Die Abläufe beim Druckumformen der Verbindungsstege 23 des bearbeiteten Blechs 15 werden zunächst 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-Bereitschaftsposition 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 Werkstückteile beabstandet. Die Auflagefläche 27 der Umformmatrize 12 weist längs der Hubachse 14 einen minimalen Abstand von der Unterseite des Verbindungsstegs 23 und der durch diesen verbundenen Werkstückteile auf.

**[0047]** Aufgrund einer entsprechenden Dimensionierung des Durchmessers des Umformstempels 11 reicht die senkrechte Projektion der Stirnfläche 26 des 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 28 des Verbindungsstegs 23 an dem jeweiligen Werkstückteil hinaus. Dargestellt ist dies in Figur 4, wobei in Figur 4 lediglich die senkrechte Projektion der radial außenliegenden Begrenzungslinie der Stirnfläche 26 des stempelseitigen Umformorgans 24 dargestellt ist.

**[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 Beispielsfällen gemäß den Figuren 3 bis 16 wird der Bearbeitungshub wegababhängig gesteuert, in den Beispielsfällen gemäß den Figuren 17 bis 19 erfolgt die Steuerung des Bearbeitungshubs kraftabhängig.

**[0049]** Im Rahmen der wegababhängigen 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.

**[0050]** Die Verhältnisse bei Hub-Endposition des Umformstempels 11 sind in Figur 5 veranschaulicht. Längs der Hubachse 14 weisen das von der Stirnfläche 26 des stempelseitigen Umformorgans 24 ausgebildete freie Ende des Umformstempels 11 und die Auflagefläche 27 der Umformmatrize 12 einen Abstand voneinander auf, der kleiner ist als die Dicke des unverformten Verbindungsstegs 23. Der Verbindungssteg 23 wird unter der Wirkung der Beaufschlagung durch den Umformstempel 11 mit seiner Unterseite an der Auflagefläche 27 der Umformmatrize 12 abgestützt.

**[0051]** Der Umformstempel 11 ist im Laufe des Bearbeitungshubs mit diametral einander gegenüberliegenden Organabschnitten des Umformorgans 24 an beiden Enden des Verbindungsstegs 23 in diesen und in die angrenzenden Bereiche des Restgitters 18 und des Blechteils 20 eingetaucht. Eine Werkstückseite 29 des Umformorgans 24 ist dem Restgitter 18, eine Werkstückseite 30 des Umformorgans 24 dem Blechteil 20 zugewandt. Stegseiten 31, 32 des Umformorgans 24 weisen zu dem Verbindungssteg 23 hin und sind dementsprechend von dem Restgitter 18 und dem Blechteil 20 abgewandt.

**[0052]** Die Werkstückseiten 29, 30 des Umformorgans 24 an dem Umformstempel 11 verlaufen parallel zu der Hubachse 14 und auch parallel zu einer bei der vorausgegangenen trennenden Bearbeitung des Blechs an dem Restgitter 18 erstellten Trennfläche 33 und einer entsprechenden, in Figur 4 verdeckten Trennfläche an dem Blechteil 20. An den Stegseiten 31, 32 weist das Umformorgan 24 Umformflächen 34, 35 auf. Die Umformflächen 34, 35 des Umformorgans 24 verlaufen ausgehend von dem freien Ende des Umformstempels 11 längs der Hubachse 14 von den Werkstückseiten 29, 30 des Umformorgans 24 weg.

**[0053]** Aufgrund der sich damit ergebenden Geometrie des stempelseitigen Umformorgans 24 wird unter der Wirkung

der Beaufschlagung des Verbindungsstegs 23 durch das Umformwerkzeug 13 plastifizierter Werkstoff des Verbindungsstegs 23 an den Stegseiten 31, 32 des stempelseitigen Umformorgans 24 zu dem Verbindungssteg 23 hin und damit von den Werkstückseiten 29, 30 des stempelseitigen Umformorgans 24 weg verdrängt.

**[0054]** 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 des Durchmessers der Stirnfläche 26 des stempelseitigen Umformorgans 24 gegenüber dem Verbindungssteg 23 sind die querschnittsreduzierten Ansätze des Verbindungsstegs 23 an dem Restgitter 18 und an dem Blechteil 20 gegenüber den Trennflächen 33 in das Innere des Restgitters 18 und des Blechteils 20 zurückversetzt.

**[0055]** Ein entsprechender Versatz der Ansätze des querschnittsreduzierten Verbindungsstegs 23 an dem Restgitter 18 und an dem Blechteil 20 stellt sich ein, wenn die Trennflächen 33 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.

**[0056]** 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.

**[0057]** 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 29, 30 des stempelseitigen Umformorgans 24 weg.

**[0058]** 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 Umformorgan 24/1 des Umformstempels 11/1 weist anders als das 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 Umformorgan 24/2, wobei jedes Segment des 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 Umformorgan 24/3 des Umformstempels 11/3 ist folglich segmentiert und umfasst zwei baugleiche Hälften.

**[0059]** Die Umformorgane 24/1, 24/2, 24/3 der Umformstempel 11/1, 11/2, 11/3 besitzen dieselbe Querschnittsform wie das Umformorgan 24 des Umformstempels 11. Bei den Umformstempeln 11/1, 11/2, 11/3 handelt es sich folglich um sich verjüngende Werkzeugteile der Umformwerkzeuge 13/1, 13/2, 13/3. Den Umformstempeln 11/1, 11/2, 11/3 ist jeweils eine Umformmatrize 12 zugeordnet, wie sie in Figur 3 dargestellt ist.

**[0060]** 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.

**[0061]** 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 wird der Umformstempel 11/1 durch Drehen der oberen Werkzeugaufnahme 9 um die Hubachse 14 dreheingestellt. Einer Dreheinstellung der mit dem Umformstempel 11/1 zusammenwirkenden Umformmatrize 12 bedarf es aufgrund der Geometrie der Umformmatrize 12 nicht. Zusätzlich zu der Dreheinstellung der oberen Werkzeugaufnahme 9 und des Umformstempels 11/1 wird das bearbeitete Blech 15 mittels der Koordinatenführung 16 der Werkzeugmaschine 1 gegenüber dem Umformwerkzeug 13/1 positioniert.

**[0062]** 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.

**[0063]** Figur 13 zeigt einen als Umformstempel 11/4 ausgebildeten ersten Werkzeugteil eines Umformwerkzeugs 13/4. Auch bei dem Umformstempel 11/4 handelt es sich um einen sich verjüngenden Werkzeugteil.

**[0064]** Der Umformstempel 11/4 weist ein Umformorgan 24/4 auf, das ein freies Ende des Umformstempels 11/4 bildet und das sich längs der Hubachse 14 zu dem freien Ende des Umformstempels 11/4 hin verjüngt. Abweichend von den stempelseitigen Umformorganen 24, 24/1, 24/2, 24/3 besitzt das Umformorgan 24/4 einen dreiecksförmigen Querschnitt. Eine obere horizontale Begrenzungslinie des Dreiecksquerschnittes des Umformorgans 24/4 ist in Figur 13 gestrichelt angedeutet.

**[0065]** Anders als die Umformstempel 11, 11/1, 11/2, 11/3 bearbeitet der Umformstempel 11/4 einen Verbindungssteg 23 bei einem zum Druckumformen des Verbindungsstegs 23 ausgeführten Bearbeitungshub lediglich an einer Stelle. Auch der Umformstempel 11/4 wirkt zum Druckumformen eines Verbindungsstegs 23 mit einer Umformmatrize 12 der in Figur 3 gezeigten Art zusammen.

**[0066]** Bearbeitungen, wie sie mittels des Umformwerkzeugs 13/4 durchgeführt werden können, sind in den Figuren 14, 15 veranschaulicht. In beiden Darstellungen sind die Längsenden des jeweils zu bearbeitenden Verbindungsstegs 23 durch gedachte gestrichelte Linien markiert. Durch den Verbindungssteg 23 verbunden werden in den dargestellten Beispielfällen jeweils die Blechteile 20, 21 des bearbeiteten Blechs 15 gemäß Figur 2.

**[0067]** In Figur 14 ist der Umformstempel 11/4 mit dem Umformorgan 24/4 an dem in der Darstellung rechts liegenden Ende des Verbindungsstegs 23 in diesen eingetaucht. Eine parallel zu der Hubachse 14 verlaufende Werkstückseite 36 des Umformorgans 24/4 ist dem Blechteil 20 zugewandt, eine Stegseite 37 des Umformorgans 24/4 ist von dem Blechteil 20 abgewandt. An der Stegseite 37 ist das Umformorgan 24/4 mit einer Umformfläche 38 versehen. Aufgrund der Bemessung des von dem Umformstempel 11/4 längs der Hubachse 14 ausgeführten Bearbeitungshubs bleibt beim Druckumformen des Verbindungsstegs 23 eine Restdicke des Verbindungsstegs 23 stehen.

**[0068]** An die Bearbeitung des in Figur 14 rechten Endes des Verbindungsstegs 23 schließt sich eine entsprechende Bearbeitung des in Figur 14 linken Endes des Verbindungsstegs 23 an. Zur zweckentsprechenden Positionierung des stempelseitigen Umformorgans 24/4 wird der Umformstempel 11/4 gemeinsam mit der den Umformstempel 11/4 aufnehmenden oberen Werkzeugaufnahme 9 der Werkzeugmaschine 1 um 180 Grad um die Hubachse 14 gedreht. Außerdem wird das bearbeitete Blech 15 aus der Position gemäß Figur 14 nach rechts verschoben. Auch an dem in Figur 14 linken Ende des Verbindungsstegs 23 bleibt nach dessen Bearbeitung durch das Umformwerkzeug 13/4 eine Restdicke des Verbindungsstegs 23 stehen.

**[0069]** Die Werkstückseite 36 des Umformorgans 24/4 ist bei der Bearbeitung des in Figur 14 linken Endes des Verbindungsstegs 23 dem Blechteil 21 zugewandt, die Stegseite 37 des Umformorgans 24/4 ist von dem Blechteil 21 abgewandt. Sowohl beim Druckumformen des Verbindungsstegs 23 an dessen rechtem Ende als auch beim Umformen des Verbindungsstegs 23 an dessen linkem Ende wird plastifizierter Werkstoff des Verbindungsstegs 23 durch die Umformfläche 38 an der Stegseite 37 des stempelseitigen Umformorgans 24/4 von der Werkstückseite 36 des Umformorgans 24/4 weg verdrängt,

**[0070]** Die Verhältnisse gemäß Figur 15 unterscheiden sich von der Bearbeitungssituation gemäß Figur 14 dadurch, dass die in Figur 14 als Stegseite 37 vorgesehene Seite des Umformorgans 24/4 eine Werkstückseite 39 bildet. Dementsprechend ist in Figur 15 das Umformorgan 24/4 an der Werkstückseite 39 gegen die Hubachse 14 und folglich auch gegen eine in Figur 15 nicht dargestellte hubachsparallele Trennfläche 33 des Blechteils 21 geneigt. Die Werkstückseite 36 gemäß Figur 14 bildet in Figur 15 eine hubachsparallele Stegseite 40 des Umformorgans 24/4.

**[0071]** Darüber hinaus unterscheidet sich die Bearbeitungssituation gemäß Figur 15 von den in Figur 14 dargestellten Verhältnissen auch durch den Betrag des von dem Umformstempel 11/4 längs der Hubachse 14 ausgeführten Bearbeitungshubs. In Figur 15 ist der Bearbeitungshub des Umformstempels 11/4 derart bemessen, dass lediglich das im Querschnitt dreiecksförmige Umformorgan 24/4 und nicht auch noch ein sich daran anschließender axialer Abschnitt des Umformstempels 11/4 in das bearbeitete Blech 15 eintaucht.

**[0072]** Ebenfalls abweichend von Figur 14 ist ausweislich Figur 15 das bearbeitete Blech 15 gegenüber dem Umformwerkzeug 13/4 derart positioniert, dass das Umformorgan 24/4 des Umformstempels 11/4 in der Hub-Endposition des Umformwerkzeugs 13/4 beidseits des Ansatzes des Verbindungsstegs 23 an dem Blechteil 21 angeordnet ist und folglich sowohl den Verbindungssteg 23 als auch den Blechteil 21 beaufschlagt. Infolgedessen erstellt das Umformorgan 24/4 an der gegen die Hubachse 14 geneigten Werkstückseite 39 eine Fase an dem Rand des Blechteils 21. Gleichzeitig wird der Querschnitt des Verbindungsstegs 23 an dem zu dem Blechteil 21 hin liegenden Ende des Verbindungsstegs 23 reduziert.

**[0073]** An die Druckumformung an dem in Figur 15 linken Ende des Verbindungsstegs 23 schließt sich eine entsprechende Bearbeitung an dem in Figur 15 rechten Ende des Verbindungsstegs 23 an, nachdem zuvor der Umformstempel 11/4 um 180 Grad um die Hubachse 14 gedreht und das bearbeitete Blech 15 aus der Position gemäß Figur 15 nach

links verschoben worden ist. Der Verbindungssteg 23 wird an seinem zu dem Blechteil 20 hin gelegenen Ende querschnittsreduziert, an dem zu dem Verbindungssteg 23 hin liegenden Rand des Blechteils 20 wird eine Fase erstellt.

**[0074]** In Figur 16 ist ein Umformstempel 11/4 als erster Werkzeugteil eines Umformwerkzeugs 13/5 dargestellt. Ein Umformorgan 24/5 des Umformstempels 11/5 besitzt in einer parallel zu der Hubachse 14 verlaufenden Schnittebene einen rechteckigen Querschnitt und verjüngt sich dementsprechend nicht zu dem freien Ende des Umformstempels 11/5 hin. Bei dem Umformstempel 11/5 handelt es sich folglich nicht um einen sich verjüngenden Werkzeugteil des Umformwerkzeugs 13/5. Auch der Umformstempel 11/5 wirkt zum Druckumformen von Verbindungsstegen 23 mit einer als zweiter Werkzeugteil des Umformwerkzeugs 13/5 vorgesehenen Umformmatrize 12 gemäß Figur 3 zusammen.

**[0075]** Gemäß Figur 17 ist ein erster Werkzeugteil eines Umformwerkzeugs 13/6 als Umformstempel 11/6 ausgebildet. Dem Umformstempel 11/6 ist als zweiter Werkzeugteil eine in Figur 17 nicht dargestellte Umformmatrize 12 gemäß Figur 3 zugeordnet. Eine Umformeinheit 41 des Umformstempels 11/6 stimmt mit dem Umformstempel 11 gemäß Figur 3 überein. Dementsprechend handelt es sich auch bei dem Umformstempel 11/6 um einen sich verjüngenden Werkzeugteil. Der Umformstempel 11/6 endet in einem Umformorgan 24/6 mit trapezförmigem Querschnitt.

**[0076]** Zusätzlich zu der Umformeinheit 41 weist der Umformstempel 11/6 Wangen 42, 43 auf, welche gegenüber dem Umformorgan 24/6 des Umformstempels 11/6 längs der Hubachse 14 zu der nicht gezeigten Umformmatrize 12 hin vorstehen und dadurch Vorsprünge 44, 45 des Umformstempels 11/6 ausbilden.

**[0077]** Zum Druckumformen eines Verbindungsstegs 23 werden das zuvor trennend bearbeitete Blech 15 und das Umformwerkzeug 13/6 relativ zueinander derart positioniert, dass bei einem von dem Umformstempel 11/6 zu der Umformmatrize 12 hin ausgeführten Bearbeitungshub der umzuformende Verbindungssteg 23 zwischen den Vorsprüngen 44, 45 des Umformstempels 11/6 zu liegen kommt. Am Ende des Bearbeitungshubs setzen die Vorsprünge 44, 45 des Umformstempels 11/6 mit ihren längs der Hubachse 14 voreilenden Stirnflächen auf der Auflagefläche 27 der Umformmatrize 12 auf. Der Überstand der Vorsprünge 44, 45 gegenüber dem Umformorgan 24/6 des Umformstempels 11/6 ist derart bemessen, dass bei Hub-Endposition des Umformstempels 11/6 das freie Ende des Umformorgans 24/6 an dem Umformstempel 11/6 von der Auflagefläche 27 der Umformmatrize 12 längs der Hubachse 14 einen Abstand aufweist, welcher der gewünschten Restdicke des druckumgeformten Verbindungsstegs 23 entspricht. In der Hub-Endposition übergreift der Umformstempel 11/6 den umgeformten Verbindungssteg 23 portalartig. Die Vorsprünge 44, 45 des Umformstempels 11/6 sind dem Verbindungssteg 23 nach Art von Portalstützen seitlich benachbart.

**[0078]** Der von dem Umformstempel 11/6 relativ zu der Umformmatrize 12 ausgeführte Bearbeitungshub ist kraftgesteuert. In die programmierbare numerische Steuerung der Werkzeugmaschine 1 ist zu diesem Zweck eine in den Figuren 17 bis 19 andeutungsweise dargestellte Hubsteuerungsvorrichtung 50 für den Hubantrieb des Umformwerkzeugs 13/6 integriert.

**[0079]** Die Hubsteuerungsvorrichtung 50 umfasst eine Kraftmessvorrichtung 51, eine Auswertevorrichtung 52 sowie eine Betätigungsvorrichtung 53. Mittels der Kraftmessvorrichtung 51 wird der Betrag der Abstützkraft gemessen, mit welcher der Umformstempel 11/6 des Umformwerkzeugs 13/6 längs der Hubachse 14 an der Umformmatrize 12 abgestützt ist. In der Auswertevorrichtung 52 wird der gemessene Ist-Betrag der Abstützkraft mit einem in der Hubsteuerungsvorrichtung 50 hinterlegten Grenzbetrag der Abstützkraft verglichen. Erreicht der gemessene Ist-Betrag der Abstützkraft den vorgegebenen Grenzbetrag, so indiziert dies, dass der Umformstempel 11/6 längs der Hubachse 14 seine Hub-Endposition erreicht hat. Die Auswertevorrichtung 52 erzeugt daraufhin ein Schaltsignal für die Betätigungsvorrichtung 53. Aufgrund des von der Auswertevorrichtung 52 generierten Schaltsignals betätigt die Betätigungsvorrichtung 53 den Hubantrieb des Umformwerkzeugs 13/6 dahingehend, dass der zu der Umformmatrize 12 hin gerichtete Bearbeitungshub des Umformstempels 11/6 beendet und ein Rückhub des Umformstempels 11/6 in Gegenrichtung des Bearbeitungshubs eingeleitet wird.

**[0080]** In Figur 18 ist ein Umformwerkzeug 13/7 mit einem ersten Werkzeugteil in Form eines Umformstempels 11/7 und mit einer Umformmatrize 12 als zweiter Werkzeugteil dargestellt. Vorsprünge 46, 47 des Umformstempels 11/7 stehen längs der Hubachse 14 gegenüber einem Umformorgan 24/7 des Umformstempels 11/7 zu der Umformmatrize 12 hin vor. Das Umformorgan 24/7 des Umformstempels 11/7 stimmt in seiner konstruktiven Gestaltung und in seiner Funktionsweise mit dem Umformorgan 24/4 des Umformstempels 11/4 (Figuren 14, 15) überein. Auch der Umformstempel 11/7 ist dementsprechend als sich verjüngender Werkzeugteil ausgeführt.

**[0081]** Figur 19 zeigt ein Umformwerkzeug 13/8 mit einem als Umformstempel 11/8 ausgebildeten ersten Werkzeugteil und einem als Umformmatrize 12 ausgeführten zweiten Werkzeugteil. Ein Umformorgan 24/8 entspricht in Aufbau und Funktionsweise dem Umformorgan 24/5 an dem Umformstempel 11/5 gemäß Figur 16. Dementsprechend handelt es sich auch bei dem Umformstempel 11/8 nicht um einen sich verjüngenden Werkzeugteil. Dem Umformorgan 24/8 benachbart stehen an dem Umformstempel 11/8 Vorsprünge 48, 49 längs der Hubachse 14 zu der Umformmatrize 12 hin vor.

**[0082]** Auch der Bearbeitungshub des Umformwerkzeugs 13/7 gemäß Figur 18 und der Bearbeitungshub des Umformwerkzeugs 13/8 gemäß Figur 19 sind kraftabhängig gesteuert. Die Abläufe bei der kraftabhängigen Steuerung des Bearbeitungshubs der Umformwerkzeuge 13/7, 13/8 entsprechen den vorstehend für das Umformwerkzeug 11/6 gemäß Figur 17 beschriebenen Abläufen.

**[0083]** Figur 20 veranschaulicht einen Verfahrensschritt, der bei der Bearbeitung des Blechs 15 in dem dargestellten Beispielsfall vor dem Druckumformen der Verbindungsstege 23 durchgeführt wird. Dabei werden Blechteile an der Oberseite kantenbearbeitet, die zuvor durch trennende Werkstückbearbeitung unter Stehenlassen von federelastischen Verbindungsstegen 23 unvollständig voneinander getrennt worden sind.

**[0084]** Zur Durchführung der Kantenbearbeitung dient eine Umformrolle 54, die in die obere Werkzeugaufnahme 9 an der Umformstation 6 der Werkzeugmaschine 1 eingewechselt wird. Die Umformrolle 54 wirkt bei der Bearbeitung der Blechteile eines zuvor trennend bearbeiteten Blechs mit einer in Figur 20 nicht gezeigten Gegendruckrolle zusammen, die in die untere Werkzeugaufnahme 10 der Werkzeugmaschine 1 eingewechselt wird und die an der Unterseite des bearbeiteten Blechs mit einer zylindrischen Mantelfläche anliegt. Die Umformrolle 54 ist mit einem doppelkonischen Wulst 55 versehen, der zwei konische Umformflächen 56, 57 aufweist.

**[0085]** 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 54 längs der Kanten der Blechteile abrollt und dabei an den Kanten der Blechteile mittels der Umformflächen 56, 57 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 Umformwerkzeugs 13/4 in der zu Figur 15 beschriebenen Weise jeweils eine entsprechende Schrägfläche erstellt.

**[0086]** 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 15 aus. Infolge der dabei wirkenden Belastung brechen die Verbindungsstege 23 in den durch Druckumformen erzeugten Bruchzonen.

**[0087]** Bei Einsatz der Umformwerkzeuge 13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4, 13/6, 13/7 bleiben aufgrund der Geometrie der stempelseitigen Umformorgane 24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4, 24/6, 24/7 an den Blechteilen keine oder allenfalls minimale Spuren der Verbindungsstege 23 zurück. Dies gilt für das Umformwerkzeug 13/4 jedenfalls dann, wenn das stempelseitige Umformorgan 24/4 gegenüber dem zu bearbeitenden Verbindungssteg 23 gemäß Figur 14 ausgerichtet wird. Sind aufgrund der entsprechenden Dimensionierung der stempelseitigen Umformorgane 24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4, 24/6, 24/7 und/ oder aufgrund der gegenseitigen Positionierung der stempelseitigen Umformorgane 24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4, 24/6, 24/7 und des zuvor trennend bearbeiteten Blechs 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.

## 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 (33) aufweisen, in deren Querrichtung der Verbindungssteg (23) verläuft,

- mit zwei Werkzeugteilen, 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 ein erster der Werkzeugteile ein Umformorgan (24/6, 24/7, 24/8) aufweist, welches ein freies Ende des ersten Werkzeugteils wenigstens teilweise ausbildet,

- wobei der zweite Werkzeugteil (12) eine in Querrichtung der Hubachse (14) verlaufende und dem freien Ende des ersten Werkzeugteils zugewandte Auflagefläche (27) für den Verbindungssteg (23) aufweist und

- wobei die beiden Werkzeugteile längs der Hubachse (14) mit einem Bearbeitungshub aufeinander zu in eine Hub-Endposition bewegbar sind, in welcher das Umformorgan (24/6, 24/7, 24/8) des ersten Werkzeugteils und die Auflagefläche (27) des zweiten Werkzeugteils (12) 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) und in welcher der Verbindungssteg (23) beim Druckumformen an der Auflagefläche (27) des zweiten Werkzeugteils (12) abgestützt ist,

- wobei die Auflagefläche (27) des zweiten Werkzeugteils (12) als durchgehend ebene Fläche ausgebildet ist und beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) dem Umformorgan (24/6, 24/7, 24/8) des ersten Werkzeugteils längs der Hubachse (14) mit einem Flächenbereich gegenüberliegt, der mit der restlichen Auflagefläche

(27) des zweiten Werkzeugteils (12) in Querrichtung der Hubachse (14) fluchtet und

- wobei der erste Werkzeugteil einen sich längs der Hubachse (14) zu dem zweiten Werkzeugteil hin erstreckenden Vorsprung (44, 45, 46, 47, 48, 49) aufweist, über welchen die beiden in die Hub-Endlage bewegten Werkzeugteile unter Umgehung des Verbindungsstegs (23) längs der Hubachse (14) aneinander abgestützt sind, indem der erste Werkzeugteil eine portalartige Gestalt aufweist mit den Vorsprung (44, 45, 46, 47, 48, 49) ausbildenden Portalstützen und dem zwischen den Portalstützen angeordneten Umformorgan (24/6, 24/7, 24/8), wobei der erste Werkzeugteil beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) den Verbindungssteg (23) portalartig übergreift und bei Hub-Endposition der beiden Werkzeugteile mit den Portalstützen seitlich neben dem Verbindungssteg (23) auf dem zweiten Werkzeugteil aufsetzt.

2. Umformwerkzeug nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformorgan (24/6, 24/7, 24/8) des ersten Werkzeugteils eine Werkstückseite (29, 30, 36, 39) aufweist, welche beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) einem der Werkstückeile (18, 19, 20, 21, 22) zugewandt ist und dass das Umformorgan (24/6, 24/7, 24/8) des ersten Werkzeugteils an der Werkstückseite (29, 30, 36) längs der Hubachse (14) parallel zu der Trennfläche (33) an demjenigen Werkstückteil (18, 19, 20, 21, 22) verläuft, welchem die Werkstückseite (29, 30, 36) des Umformorgans (24/6, 24/7, 24/8) beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) zugewandt ist oder dass das Umformorgan (24/7) des ersten Werkzeugteils an der Werkstückseite (39) längs der Hubachse (14) unter einem Winkel gegenüber der Trennfläche (33) an demjenigen Werkstückteil (18, 19, 20, 21, 22) verläuft, welchem die Werkstückseite (39) des Umformorgans (24/7) beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) zugewandt ist.

3. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Werkzeugteil als sich verjüngender Werkzeugteil (11/6, 11/7) ausgebildet ist, indem der erste Werkzeugteil ein Umformorgan (24/6, 24/7) aufweist, welches sich längs der Hubachse (14) zu dem freien Ende des ersten Werkzeugteils hin verjüngt.

4. Umformwerkzeug nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformorgan (24/6, 24/7) des sich verjüngenden Werkzeugteils (11/6, 11/7) eine Werkstückseite (29, 30, 36, 39) und eine Stegseite (31, 32, 37, 40) aufweist, wobei beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) die Werkstückseite (29, 30, 36, 39) des Umformorgans (24/6, 24/7) einem der Werkstückeile (18, 19, 20, 21, 22) zugewandt und die Stegseite (31, 32, 37, 40) des Umformorgans (24/6, 24/7) von diesem Werkstückteil (18, 19, 20, 21, 22) abgewandt ist und dass an der Stegseite (31, 32, 37) des Umformorgans (24/6, 24/7) eine Umformfläche (34, 35, 38) vorgesehen ist, die ausgehend von dem freien Ende des sich verjüngenden Werkzeugteils (11/6, 11/7) längs der Hubachse (14) von der Werkstückseite (29, 30, 36) des Umformorgans (24/6, 24/7) weg verläuft.

5. Umformwerkzeug nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformorgan (24/6, 24/7) des sich verjüngenden Werkzeugteils (11/6, 11/7) in einer parallel zu der Hubachse (14) verlaufenden Schnittebene einen dreiecksförmigen Querschnitt oder einen trapezförmigen Querschnitt aufweist.

6. Umformwerkzeug nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformorgan (24/6) des sich verjüngenden Werkzeugteils (11/6) von einem mit einem Innenhohlraum, vorzugsweise einem Innenkonus (25), versehenen Endabschnitt des sich verjüngenden Werkzeugteils (11/6) gebildet ist.

7. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformorgan (24/6) des ersten Werkzeugteils 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 das Umformorgan (24/6) an den Organabschnitten jeweils eine Werkstückseite (29, 30) und eine Stegseite (31, 32) aufweist und

- wobei die Werkstückseiten (29, 30) der Organabschnitte verschiedenen Werkstückteilen (18, 19, 20, 21, 22) zugewandt und die Stegseiten (31, 32) der Organabschnitte von verschiedenen Werkstückteilen (18, 19, 20, 21, 22) abgewandt sind.

8. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformorgan (24/6) des ersten Werkzeugteils in einer Umfangsrichtung insbesondere bogenförmig, vorzugsweise längs eines Kreisbogens, um die Hubachse (14) verläuft.

9. Umformwerkzeug nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformorgan (24/6) des ersten Werk-

zeugteils in Umfangsrichtung endlos ausgebildet ist.

10. Werkzeugmaschine mit einem Umformwerkzeug (13/6, 13/7, 13/8) zum Druckumformen eines Verbindungsstegs (23), der 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 (33) aufweisen, in deren Querrichtung der Verbindungssteg (23) verläuft,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

als Umformwerkzeug (13/6, 13/7, 13/8) das Umformwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 9 vorgesehen ist.

11. Werkzeugmaschine nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformwerkzeug (13/6, 13/7, 13/8) für die beiden Werkzeugteile einen Hubantrieb mit einer Hubsteuerungsvorrichtung (50) aufweist, die ihrerseits eine Kraftmessvorrichtung (51), eine mit der Kraftmessvorrichtung (51) in Verbindung stehende Auswertevorrichtung (52) sowie eine mit der Auswertevorrichtung (52) der Hubsteuerungsvorrichtung (50) und dem Hubantrieb in Verbindung stehende Betätigungsvorrichtung (53) umfasst,

- wobei mittels der Kraftmessvorrichtung (51) der Hubsteuerungsvorrichtung (50) während des Bearbeitungshubs der beiden Werkzeugteile des Umformwerkzeugs (13/6, 13/7, 13/8) der Betrag der Abstützkraft messbar ist, mit welcher die beiden Werkzeugteile über den sich längs der Hubachse (14) erstreckenden Vorsprung (44, 45, 46, 47, 48, 49) aneinander abgestützt sind,

- wobei mittels der Auswertevorrichtung (52) der Hubsteuerungsvorrichtung (50) der mittels der Kraftmessvorrichtung (51) gemessene Betrag der Abstützkraft mit einem der Hub-Endlage der beiden Werkzeugteile zugeordneten Grenzbetrag der Abstützkraft vergleichbar ist und

- wobei mittels der Auswertevorrichtung (52) der Hubsteuerungsvorrichtung (50) bei Erreichen oder Überschreiten des Grenzbetrags der Abstützkraft ein Schaltsignal für die Betätigungsvorrichtung (53) der Hubsteuerungsvorrichtung (50) erzeugbar ist, aufgrund dessen die Betätigungsvorrichtung (53) den Hubantrieb des Umformwerkzeugs (13/6, 13/7, 13/8) im Sinne einer Beendigung des Bearbeitungshubs betätigt.

12. 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 (33) aufweisen, in deren Querrichtung der Verbindungssteg (23) verläuft,

- wobei zwei Werkzeugteile eines Umformwerkzeugs (13/6, 13/7, 13/8) einander gegenüberliegenden Seiten des Verbindungsstegs (23) zugeordnet und relativ zueinander längs einer Hubachse (14) bewegt werden, die in Querrichtung des Verbindungsstegs (23) verläuft, wobei ein erster der Werkzeugteile ein Umformorgan (24/6, 24/7, 24/8) aufweist, welches ein freies Ende des ersten Werkzeugteils wenigstens teilweise ausbildet und wobei der zweite Werkzeugteil (12) eine in Querrichtung der Hubachse (14) verlaufende und dem freien Ende des ersten Werkzeugteils zugewandte Auflagefläche (27) für den Verbindungssteg (23) aufweist,

- wobei der Verbindungssteg (23) an einer Seite durch das Umformorgan (24/6, 24/7, 24/8) des ersten Werkzeugteils beaufschlagt und an einer längs der Hubachse (14) gegenüberliegenden Seite durch die Auflagefläche (27) des zweiten Werkzeugteils (12) abgestützt wird und

- wobei die Werkzeugteile längs der Hubachse (14) mit einem Bearbeitungshub aufeinander zu in eine Hub-Endposition bewegt werden, in welcher das Umformorgan (24/6, 24/7, 24/8) des ersten Werkzeugteils und die Auflagefläche (27) des zweiten Werkzeugteils (12) 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),

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Verfahren mittels des Umformwerkzeugs (13/6, 13/7, 13/8) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 und/oder mittels der Werkzeugmaschine (1) nach Anspruch 10 oder Anspruch 11 durchgeführt wird, wobei der Verbindungssteg (23) an der von dem Umformorgan (24/6, 24/7, 24/8) des ersten Werkzeugteils abliegenden Seite durch eine als durchgehend ebene Fläche ausgebildete Auflagefläche (27) des zweiten Werkzeugteils (12) abgestützt wird, welche dem Umformorgan (24/6, 24/7, 24/8) des ersten Werkzeugteils längs der Hubachse (14) mit einem Flächenbereich gegenüberliegt, der mit der restlichen Auflagefläche (27) des zweiten Werkzeugteils (12) in Querrichtung der Hubachse (14) fluchtet.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren mittels des Umformwerkzeugs (13/6,

13/7) nach Anspruch 4 durchgeführt wird, wobei an der dem sich verjüngenden Werkzeugteil (11/6, 11/7) zugeordneten Seite des Verbindungsstegs (23) Werkstoff des Verbindungsstegs (23) mittels des Umformorgans (24/6, 24/7) des sich verjüngenden Werkzeugteils (11/6, 11/7) plastifiziert und plastifizierter Werkstoff des Verbindungsstegs (23) an der Stegseite (31, 32, 37) des Umformorgans (24/6, 24/7) durch die Umformfläche (34, 35, 38) des Umformorgans (24/6, 24/7) von der Werkstückseite (29, 30, 36) des Umformorgans (24/6, 24/7) weg verdrängt wird.

14. 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 (33) 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 (33) 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,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

nach dem unvollständigen Trennen der Werkstückteile (18, 19, 20, 21, 22) der Verbindungssteg (23) nach dem Verfahren gemäß Anspruch 12 oder Anspruch 13 druckumgeformt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14 **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 (33) der durch den Verbindungssteg (23) miteinander verbundenen Werkstückteile (18, 19, 20, 21, 22) federelastisch ist.

16. 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 14 oder Anspruch 15 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 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

1. A forming tool for pressure forming of a connector bridge (23), which is attached at the ends thereof to workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) and which connects the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) to each other, which workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) are processing products of a separating processing of a plate-like workpiece, in particular a metal sheet (15), and each have a separating surface (33), in the transverse direction of which the connector bridge (23) extends,

- having two tool parts which are assigned to opposite sides of the connector bridge (23) during pressure forming of the connector bridge (23) and which are movable relative to one another along a stroke axis (14) which extends in the transverse direction of the connector bridge (23) during pressure forming of the connector bridge (23),

- wherein a first of the tool parts has a forming means (24/6, 24/7, 24/8) which at least partially forms a free end of the first tool part,

- wherein the second tool part (12) has a bearing surface (27) for the connector bridge (23) which bearing surface (27) extends in the transverse direction of the stroke axis (14) and faces the free end of the first tool part, and

- wherein the two tool parts are movable towards each other along the stroke axis (14) with a processing stroke into a stroke end position in which the forming means (24/6, 24/7, 24/8) of the first tool part and the bearing surface (27) of the second tool part (12) are spaced apart from each other along the stroke axis (14) by a

distance, which during pressure forming of the connector bridge (23) is smaller than the extension of the connector bridge (23) to be formed along the stroke axis (14) and in which stroke end position the connector bridge (23) during pressure forming is supported on the bearing surface (27) of the second tool part (12),

- wherein the bearing surface (27) of the second tool part (12) is formed as a continuous plane surface and, during pressure forming of the connector bridge (23), is located opposite the forming means (24/6, 24/7, 24/8) of the first tool part along the stroke axis (14) with a surface region which is aligned with the remaining bearing surface (27) of the second tool part (12) in the transverse direction of the stroke axis (14), and

- wherein the first tool part has a projection (44, 45, 46, 47, 48, 49) which extends along the stroke axis (14) towards the second tool part and by means of which the two tool parts moved into the stroke end position are supported on one another, bypassing the connector bridge (23) along the stroke axis (14), in that the first tool part is of a portal-like shape comprising portal columns forming the projection (44, 45, 46, 47, 48, 49) and further comprising the forming means (24/6, 24/7, 24/8) arranged between the portal columns, wherein the first tool part engages over the connector bridge (23) in a portal-like manner during the pressure forming of the connector bridge (23) and, when the two tool parts are in their stroke end position, rests with the portal supports on the second tool part laterally beside the connector bridge (23).

2. The forming tool according to claim 1, **characterized in that** the forming means (24/6, 24/7, 24/8) of the first tool part has a workpiece side (29, 30, 36, 39), which, during pressure forming of the connector bridge (23), faces one of the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22), and **in that** the forming means (24/6, 24/7, 24/8) of the first tool part extends on the workpiece side (29, 30, 36) along the stroke axis (14) parallel to the separating surface (33) on that workpiece part (18, 19, 20, 21, 22), to which the workpiece side (29, 30, 36) of the forming organ (24/6, 24/7, 24/8) faces during pressure forming of the connector bridge (23) or **in that** the forming means (24/7) of the first tool part on the workpiece side (39) extends along the stroke axis (14) at an angle relative to the separating surface (33) on that workpiece part (18, 19, 20, 21, 22), to which the workpiece side (39) of the forming means (24/7) faces during pressure forming of the connector bridge (23).

3. The forming tool according to any of the preceding claims, **characterized in that** the first tool part is formed as a tapering tool part (11/6, 11/7), **in that** the first tool part has a forming means (24/6, 24/7) which tapers along the stroke axis (14) towards the free end of the first tool part.

4. The forming tool according to claim 3, **characterized in that** the forming means (24/6, 24/7) of the tapering tool part (11/6, 11/7) has a workpiece side (29, 30, 36, 39) and a bridge side (31, 32, 37, 40), wherein, during pressure forming of the connector bridge (23), the workpiece side (29, 30, 36, 39) of the forming means (24/6, 24/7) faces one of the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) and the bridge side (31, 32, 37, 40) of the forming means (24/6, 24/7) is remote from this workpiece part (18, 19, 20, 21, 22) and **in that** a forming surface (34, 35, 38) is provided on the bridge side (31, 32, 37) of the forming means (24/6, 24/7) which forming surface (34, 35, 38), starting from the free end of the tapering tool part (11/6, 11/7), extends along the stroke axis (14) away from the workpiece side (29, 30, 36) of the forming means (24/6, 24/7).

5. The forming tool according to claim 3 or claim 4, **characterized in that** the forming means (24/6, 24/7) of the tapering tool part (11/6, 11/7) has a triangular cross-section or a trapezoidal cross-section in a sectional plane extending parallel to the stroke axis (14).

6. The forming tool according to any of claims 3 to 5, **characterized in that** the forming means (24/6) of the tapering tool part (11/6) is formed by an end portion of the tapering tool part (11/6) provided with an inner cavity, preferably an inner cone (25).

7. The forming tool according to any of the preceding claims, **characterized in that** the forming means (24/6) of the first tool part has portions which are offset relative to one another and by means of which the connector bridge (23) can be pressure-formed during pressure forming at a plurality of locations offset relative to one another along the connector bridge (23),

- wherein the forming means (24/6) has a workpiece side (29, 30) and a bridge side (31, 32) at each of the portions thereof and

- wherein the workpiece sides (29, 30) of the portions of the forming means (24/6) face different workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) and the bridge sides (31, 32) of the portions of the forming means (24/6) face away from different workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22).

8. The forming tool according to any of the preceding claims, **characterized in that** the forming means (24/6) of the first tool part extends in a circumferential direction, in particular arc-shaped, preferably along an arc of a circle, around the stroke axis (14).

9. The forming tool according to claim 8, **characterized in that** the forming means (24/6) of the first tool part is endless in the circumferential direction.

10. A machine tool having a forming tool (13/6, 13/7, 13/8) for pressure forming of a connector bridge (23), which is attached to workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) and which connects the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) to one another, which workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) are processing products of a separating processing of a plate-like workpiece, in particular of a metal sheet (15), and each have a separating surface (33), in the transverse direction of which the connector bridge (23) extends, **characterized in that** the forming tool (13/6, 13/7, 13/8) provided is the forming tool according to any of claims 1 to 9.

11. The machine tool according to claim 10, **characterized in that** the forming tool (13/6, 13/7, 13/8) for the two tool parts has a stroke drive having a stroke control device (50), which in turn comprises a force measuring device (51), an evaluation device (52) connected to the force measuring device (51) and an actuating device (53) connected to the evaluation device (52) of the stroke control device (50) and the stroke drive,

- wherein by means of the force measuring device (51) of the stroke control device (50) during the processing stroke of the two tool parts of the forming tool (13/6, 13/7, 13/8) the amount of the supporting force can be measured with which the two tool parts are supported on one another via the projection (44, 45, 46, 47, 48, 49) extending along the stroke axis (14),

- wherein by means of the evaluation device (52) of the stroke control device (50) the amount of the supporting force measured by means of the force measuring device (51) is comparable with a limit amount of the supporting force associated with the stroke end position of the two tool parts, and

- wherein by means of the evaluation device (52) of the stroke control device (50), when the limit amount of the supporting force is reached or exceeded, a switching signal can be generated for the actuating device (53) of the stroke control device (50), based on which switching signal the actuating device (53) actuates the stroke drive of the forming tool (13/6, 13/7, 13/8) in order to terminate the processing stroke.

12. A method for pressure forming of a connector bridge (23), which is attached at the ends thereof to workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) and which connects the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) to each other, which workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) are processing products of a separating processing of a plate-like workpiece, in particular a metal sheet (15), and each have a separating surface (33), in the transverse direction of which the connector bridge (23) extends,

- wherein two tool parts of a forming tool (13/6, 13/7, 13/8) are associated with opposite sides of the connector bridge (23) and are moved relative to one another along a stroke axis (14) which extends in the transverse direction of the connector bridge (23), wherein a first of the tool parts has a forming means (24/6, 24/7, 24/8), which at least partially forms a free end of the first tool part and wherein the second tool part (12) has a bearing surface (27) for the connector bridge (23) which bearing surface (27) extends in the transverse direction of the stroke axis (14) and faces the free end of the first tool part,

- the connector bridge (23) being acted upon on one side by the forming means (24/6, 24/7, 24/8) of the first tool part and being supported on an opposite side along the stroke axis (14) by the bearing surface (27) of the second tool part (12), and

- wherein the tool parts are moved towards one another along the stroke axis (14) with a processing stroke into a stroke end position in which the forming means (24/6, 24/7, 24/8) of the first tool part and the bearing surface (27) of the second tool part (12) are spaced apart from one another along the stroke axis (14) by a distance which, during pressure forming of the connector bridge (23), is smaller than the extension of the connector bridge (23) to be formed along the stroke axis (14), **characterized in that** the method is performed by means of the forming tool (13/6, 13/7, 13/8) according to any of claims 1 to 9 and/or by means of the machine tool (1) according to claim 10 or claim 11, wherein the connector bridge (23) is supported on the side remote from the forming means (24/6, 24/7, 24/8) of the first tool part by a bearing surface (27) of the second tool part (12) formed as a continuous plane surface, which bearing surface (27) is located opposite the forming means (24/6, 24/7, 24/8) of the first tool part along the stroke axis (14) having a surface region which is aligned with the remaining bearing surface (27) of the second tool part (12) in the transverse direction of the stroke axis (14).

13. The method according to claim 12, **characterized in that** the method is performed by means of the forming tool (13/6, 13/7) according to claim 4, wherein, on the side of the connector bridge (23) associated with the tapering tool part (11/6, 11/7), material of the connector bridge (23) is plasticized by the forming means (24/6, 24/7) of the tapering tool part (11/6, 11/7) and plasticized material of the connector bridge (23) on the bridge side (31, 32, 37) of the forming means (24/6, 24/7) is displaced by the forming surface (34, 35, 38) of the forming means (24/6, 24/7) away from the workpiece side (29, 30, 36) of the forming means (24/6, 24/7).

14. A method for the separating processing of plate-like workpieces, in particular for the separating processing of metal sheets (15), wherein two workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) are separated from each other,

- in that the two workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) are firstly separated incompletely from one another, with a separating surface (33) being produced on each of the two workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) and with at least one connector bridge (23) being left in place, which connector bridge (23) is attached at the ends thereof to the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22), connects the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) to one another, and extends in the transverse direction of the separating surfaces (33),
- in that after the incomplete separation of the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) the connector bridge (23) is pressure-formed and
- in that the two workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) are subsequently completely separated from one another by releasing the connection made by the formed connector bridge (23), **characterized in that**, after the incomplete separation of the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22), the connector bridge (23) is pressure-formed according to the method according to claim 12 or claim 13.

15. The method according to claim 14, **characterized in that** a plate-like workpiece, in particular a metal sheet (15), made of an elastically deformable material is processed in a separating manner, and **in that** the at least one connector bridge (23) is produced as a flexure hinge and is resiliently elastic in the transverse direction of the separating surfaces (33) of the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) connected to one another by the connector bridge (23).

16. A method for processing plate-like workpieces, in particular for processing metal sheets (15), wherein the workpiece is processed in a separating manner, **characterized in that** the workpiece is processed in a separating manner according to the method according to claim 14 or claim 15 and that after the incomplete separation of the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) and before or after the pressure forming of the at least one connector bridge (23) connecting the workpiece parts (18, 19, 20, 21, 22) to one another 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 processed, preferably additionally edge processed.

## 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 (33) dans la direction transversale de laquelle ladite membrure de liaison (23) s'étend,

- comprenant deux parties d'outil 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),
- une première partie, au sein desdites parties de l'outil, étant pourvue d'un organe (24/6, 24/7, 24/8) de mise en forme qui matérialise, au moins partiellement, une extrémité libre de ladite première partie de l'outil,
- sachant que la seconde partie (12) de l'outil est dotée d'une surface de support (27) qui est dédiée à la membrure de liaison (23), s'étend dans la direction transversale de l'axe de déplacement (14) et est tournée vers l'extrémité libre de la première partie dudit outil, et
- sachant que les deux parties 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 l'organe (24/6, 24/7, 24/8) de mise en forme de la première partie de l'outil et la surface de support (27) de la seconde partie (12) dudit outil sont mutuellement espacés, le long dudit axe de déplacement (14), d'une distance inférieure, lors 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), emplacement auquel ladite membrure de liaison (23) est en appui, au cours du formage sous pression, contre ladite surface de support (27) de la seconde partie (12) de l'outil,

• laquelle surface de support (27) de la seconde partie (12) de l'outil est réalisée sous la forme d'une surface à planéité continue et se trouve, au cours du formage sous pression de la membrure de liaison (23), en vis-à-vis de l'organe (24/6, 24/7, 24/8) de mise en forme de la première partie dudit outil, le long de l'axe de déplacement (14), par une zone de surface située dans l'alignement de la région restante de ladite surface de support (27) de la seconde partie (12) de l'outil, dans la direction transversale dudit axe de déplacement (14), et

• sachant que la première partie de l'outil comporte une saillie (44, 45, 46, 47, 48, 49) qui s'étend le long de l'axe de déplacement (14), en direction de la seconde partie dudit outil, et par l'intermédiaire de laquelle les deux parties dudit outil, mues vers l'emplacement de fin de course, sont en appui l'une contre l'autre le long dudit axe de déplacement (14), avec contournement de la membrure de liaison (23), du fait que ladite première partie de l'outil présente une configuration de type portique comprenant des montants donnant naissance à ladite saillie (44, 45, 46, 47, 48, 49) et l'organe (24/6, 24/7, 24/8) de mise en forme, interposé entre lesdits montants du portique, sachant que, lors du formage sous pression de la membrure de liaison (23), ladite première partie de l'outil se trouve en surplomb de ladite membrure de liaison (23) à la manière d'un portique et que, lorsque les deux parties de l'outil occupent l'emplacement de fin de course, elle repose sur la seconde partie dudit outil par lesdits montants du portique, en jouxtant latéralement ladite membrure de liaison (23).

2. Outil de mise en forme selon la revendication 1, **caractérisé par le fait que** l'organe (24/6, 24/7, 24/8) de mise en forme de la première partie dudit outil comporte un côté pièce (29, 30, 36, 39), tourné vers l'une des parties (18, 19, 20, 21, 22) de ladite pièce au cours du formage sous pression de la membrure de liaison (23) ; et **par le fait que** ledit organe (24/6, 24/7, 24/8) de mise en forme de ladite première partie de l'outil s'étend le long de l'axe de déplacement (14) au niveau dudit côté pièce (29, 30, 36), parallèlement à la surface de séparation (33), sur la partie (18, 19, 20, 21, 22) de ladite pièce vers laquelle ledit côté pièce (29, 30, 36) dudit organe (24/6, 24/7, 24/8) de mise en forme est tourné au cours du formage sous pression de ladite membrure de liaison (23) ; ou **par le fait que** ledit organe (24/7) de mise en forme de ladite première partie de l'outil s'étend le long dudit axe de déplacement (14), au niveau dudit côté pièce (39), en décrivant un angle par rapport à ladite surface de séparation (33), sur la partie (18, 19, 20, 21, 22) de ladite pièce vers laquelle ledit côté pièce (39) dudit organe (24/7) de mise en forme est tourné au cours du formage sous pression de ladite membrure de liaison (23).

3. Outil de mise en forme selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** la première partie dudit outil est réalisée sous la forme d'une partie d'outil (11/6, 11/7) s'amenuisant, en ce sens que ladite première partie de l'outil est pourvue d'un organe (24/6, 24/7) de mise en forme qui s'amenuise, le long de l'axe de déplacement (14), en direction de l'extrémité libre de ladite première partie dudit outil.

4. Outil de mise en forme selon la revendication 3, **caractérisé par le fait que** l'organe (24/6, 24/7) de mise en forme de la partie d'outil (11/6, 11/7) s'amenuisant comprend un côté pièce (29, 30, 36, 39) et un côté membrure (31, 32, 37, 40), sachant que, lors du formage sous pression de la membrure de liaison (23), ledit côté pièce (29, 30, 36, 39) de l'organe (24/6, 24/7) de mise en forme est tourné vers l'une des parties (18, 19, 20, 21, 22) de ladite pièce et le côté membrure (31, 32, 37, 40) dudit organe (24/6, 24/7) de mise en forme pointe à l'opposé de cette partie (18, 19, 20, 21, 22) de ladite pièce ; et **par le fait qu'une** surface (34, 35, 38) de mise en forme, prévue au niveau dudit côté membrure (31, 32, 37) dudit organe (24/6, 24/7) de mise en forme, s'éloigne dudit côté pièce (29, 30, 36) dudit organe (24/6, 24/7) de mise en forme, le long de l'axe de déplacement (14), depuis l'extrémité libre de ladite partie d'outil (11/6, 11/7) s'amenuisant.

5. Outil de mise en forme selon la revendication 3 ou la revendication 4, **caractérisé par le fait que** l'organe (24/6, 24/7) de mise en forme de la partie d'outil (11/6, 11/7) s'amenuisant est muni d'une section transversale triangulaire, ou d'une section transversale trapézoïdale, dans un plan de coupe s'étendant parallèlement à l'axe de déplacement (14).

6. Outil de mise en forme selon l'une des revendications 3 à 5, **caractérisé par le fait que** l'organe (24/6) de mise en forme de la partie d'outil (11/6) s'amenuisant est formé par une région extrême de ladite partie d'outil (11/6) s'amenuisant qui est dotée d'une cavité intérieure, de préférence d'un cône intérieur (25).

7. Outil de mise en forme selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** l'organe (24/6) de mise en forme de la première partie dudit outil 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),

- sachant que ledit organe (24/6) de mise en forme est muni, à chaque fois, d'un côté pièce (29, 30) et d'un côté membrure (31, 32) au niveau des tronçons dudit organe, et
- sachant que les côtés pièce (29, 30) des tronçons dudit organe sont tournés vers différentes parties (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce, et que les côtés membrure (31, 32) desdits tronçons dudit organe pointent à l'opposé de différentes parties (18, 19, 20, 21, 22) de ladite pièce.

8. Outil de mise en forme selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** l'organe (24/6) de mise en forme de la première partie dudit outil s'étend 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.

9. Outil de mise en forme selon la revendication 8, **caractérisé par le fait que** l'organe (24/6) de mise en forme de la première partie dudit outil présente une réalisation sans fin dans la direction périphérique.

10. Machine-outil équipée d'un outil (13/6, 13/7, 13/8) 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 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 (33) dans la direction transversale de laquelle ladite membrure de liaison (23) s'étend, **caractérisée par le fait que** l'outil de mise en forme, selon l'une des revendications 1 à 9, est prévu en tant qu'outil (13/6, 13/7, 13/8) de mise en forme.

11. Machine-outil selon la revendication 10, **caractérisée par le fait que** l'outil (13/6, 13/7, 13/8) de mise en forme comporte, pour les deux parties de l'outil, un entraînement en translation équipé d'un dispositif (50) de commande de courses qui comprend, pour sa part, un dispositif (51) mesureur de forces, un dispositif d'évaluation (52) connecté audit dispositif (51) mesureur de forces, ainsi qu'un dispositif d'actionnement (53) connecté audit dispositif d'évaluation (52) du dispositif (50) de commande de courses, et audit entraînement en translation,

- sachant que le dispositif (51) mesureur de forces du dispositif (50) de commande de courses permet de mesurer, lors de la course d'usinage des deux parties de l'outil (13/6, 13/7, 13/8) de mise en forme, la valeur de la force d'appui avec laquelle lesdites deux parties de l'outil sont en appui l'une contre l'autre, par l'intermédiaire de la saillie (44, 45, 46, 47, 48, 49) s'étendant le long de l'axe de déplacement (14),
- sachant que le dispositif d'évaluation (52) dudit dispositif (50) de commande de courses permet de comparer ladite valeur de la force d'appui, mesurée au moyen dudit dispositif (51) mesureur de forces, à une valeur limite de ladite force d'appui affectée à l'emplacement de fin de course des deux parties de l'outil, et
- sachant que le dispositif d'évaluation (52) dudit dispositif (50) 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 (53) dudit dispositif (50) de commande de courses, et sur la base duquel ledit dispositif d'actionnement (53) actionne ledit entraînement en translation dudit outil (13/6, 13/7, 13/8) de mise en forme dans le sens d'une cessation de la course d'usinage.

12. 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 (33) dans la direction transversale de laquelle ladite membrure de liaison (23) s'étend,

- sachant que deux parties d'un outil (13/6, 13/7, 13/8) de mise en forme sont affectées à des côtés mutuellement opposés de ladite membrure de liaison (23) et sont 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), une première partie, au sein desdites parties de l'outil, étant pourvue d'un organe (24/6, 24/7, 24/8) de mise en forme qui matérialise, au moins partiellement, une extrémité libre de ladite première partie de l'outil, et sachant que la seconde partie (12) de l'outil est dotée d'une surface de support (27) qui est dédiée à la membrure de liaison (23), s'étend dans la direction transversale de l'axe de déplacement (14) et est tournée vers l'extrémité libre de la première partie dudit outil,
- sachant que ladite membrure de liaison (23) est sollicitée, sur un côté, par l'organe (24/6, 24/7, 24/8) de mise en forme de la première partie de l'outil et est soutenue, sur un côté situé à l'opposé le long de l'axe de déplacement (14), par la surface de support (27) de la seconde partie (12) dudit outil, et

• sachant que lesdites parties 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 l'organe (24/6, 24/7, 24/8) de mise en forme de la première partie de l'outil et la surface de support (27) de la seconde partie (12) dudit outil sont mutuellement espacés, le long dudit axe de déplacement (14), d'une distance inférieure, lors 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),

#### caractérisé par le fait que

ledit procédé est mis en œuvre au moyen de l'outil (13/6, 13/7, 13/8) de mise en forme selon l'une des revendications 1 à 9, et/ou au moyen de la machine-outil (1) conforme à la revendication 10 ou à la revendication 11, la membrure de liaison (23) étant soutenue, au niveau du côté éloigné de l'organe (24/6, 24/7, 24/8) de mise en forme de la première partie de l'outil, par l'intermédiaire d'une surface de support (27) de la seconde partie (12) dudit outil, réalisée sous la forme d'une surface à planéité continue et située en vis-à-vis dudit organe (24/6, 24/7, 24/8) de mise en forme de ladite première partie de l'outil, le long de l'axe de déplacement (14), par une zone de surface située dans l'alignement de la région restante de ladite surface de support (27) de la seconde partie (12) de l'outil, dans la direction transversale dudit axe de déplacement (14).

13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé par le fait que** ledit procédé est mis en œuvre au moyen de l'outil (13/6, 13/7) de mise en forme selon la revendication 4, sachant qu'au niveau du côté de la membrure de liaison (23) tourné vers la partie d'outil (11/6, 11/7) s'amenuisant, du matériau de ladite membrure de liaison (23) est plastifié au moyen de l'organe (24/6, 24/7) de mise en forme de ladite partie d'outil (11/6, 11/7) s'amenuisant, et du matériau plastifié de ladite membrure de liaison (23) est refoulé du côté pièce (29, 30, 36) dudit organe (24/6, 24/7) de mise en forme, au niveau du côté membrure (31, 32, 37) dudit organe (24/6, 24/7) de mise en forme, par la surface (34, 35, 38) de mise en forme dudit organe (24/6, 24/7) de mise en forme.

14. 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 (33) 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 la pièce et s'étend dans la direction transversale des surfaces de séparation (33),
- 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

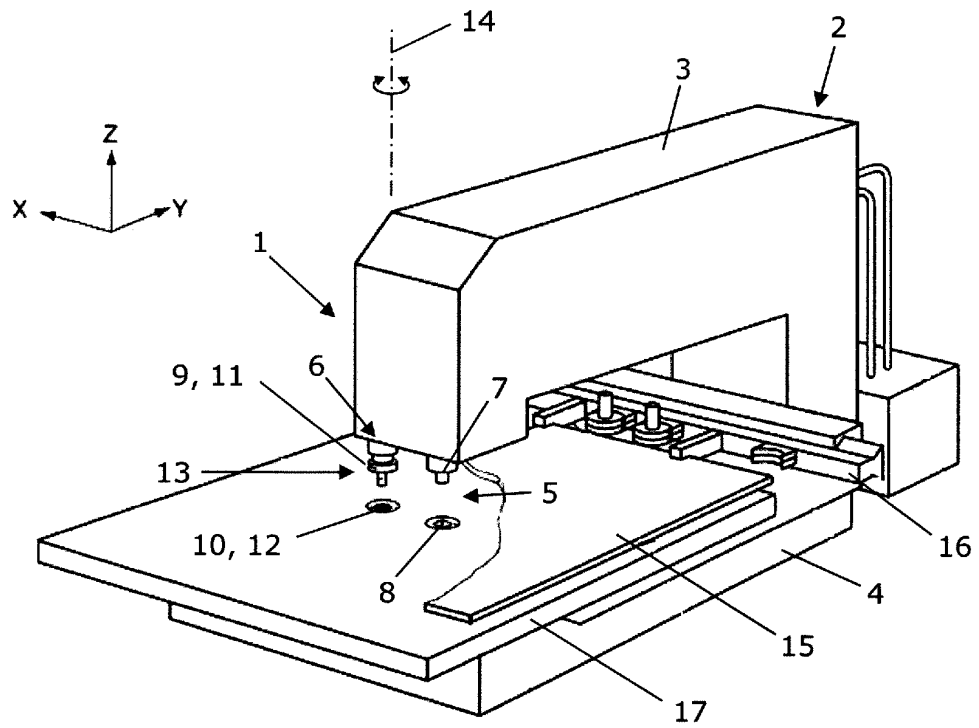
la membrure de liaison (23) est mise en forme sous pression, à l'issue de la séparation incomplète des parties (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce, suivant le procédé conforme à la revendication 12 ou à la revendication 13.

15. Procédé selon la revendication 14, **caractérisé par le fait qu'**une pièce du type plaque, une tôle (15) en particulier, d'un matériau élastiquement déformable est soumise à un usinage séparatif; et **par le fait que** la membrure de liaison (23) est produite en tant qu'articulation à corps solide et est dotée de l'élasticité d'un ressort dans la direction transversale des surfaces de séparation (33) des parties (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce qui sont reliées mutuellement par ladite membrure de liaison (23).

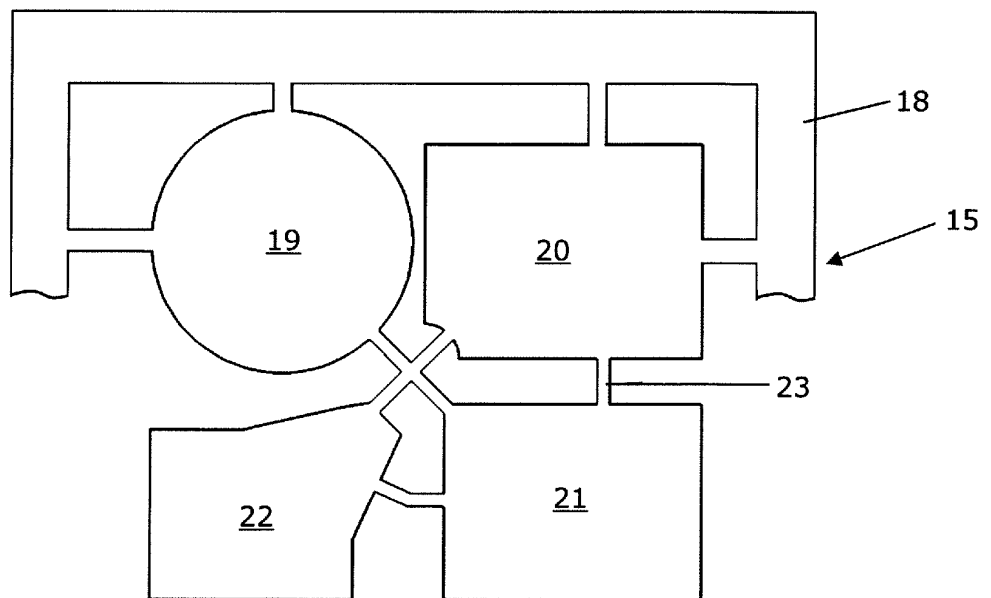
16. Procédé dévolu à l'usinage de pièces du type plaque, notamment à l'usinage de tôles (15), la pièce étant soumise à un usinage séparatif,

#### caractérisé par le fait que

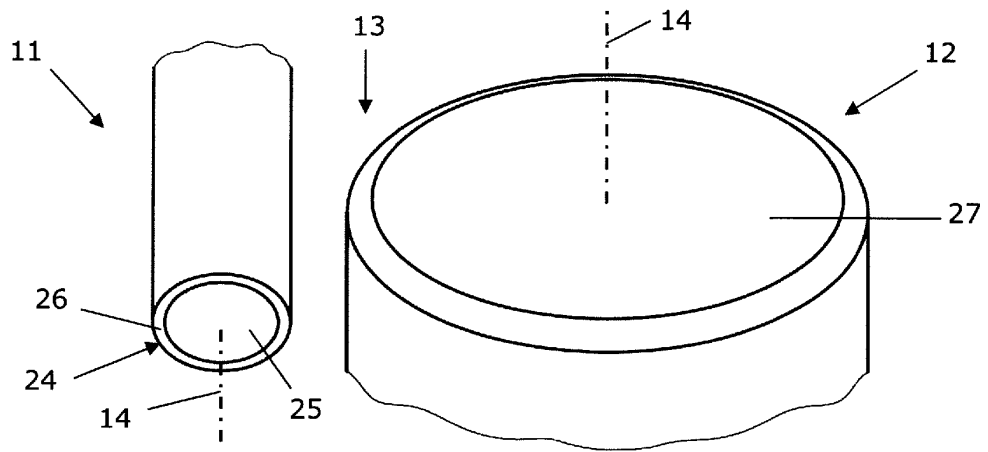
la pièce est soumise à un usinage séparatif suivant le procédé conforme à la revendication 14 ou à la revendication 15; et **par le fait qu'**à l'issue de la séparation incomplète des parties (18, 19, 20, 21, 22) de la pièce, et avant ou après le formage sous pression de la membrure de liaison (23), 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 la pièce incomplètement séparées les unes des autres est soumise à un usinage additionnel, de préférence à un façonnage additionnel de bords.



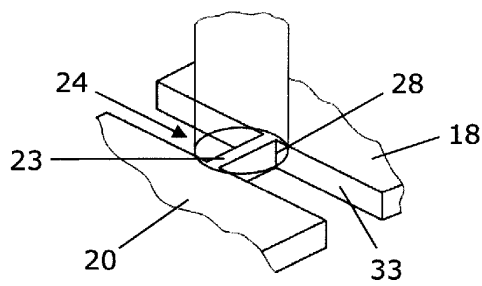
**Fig. 1**



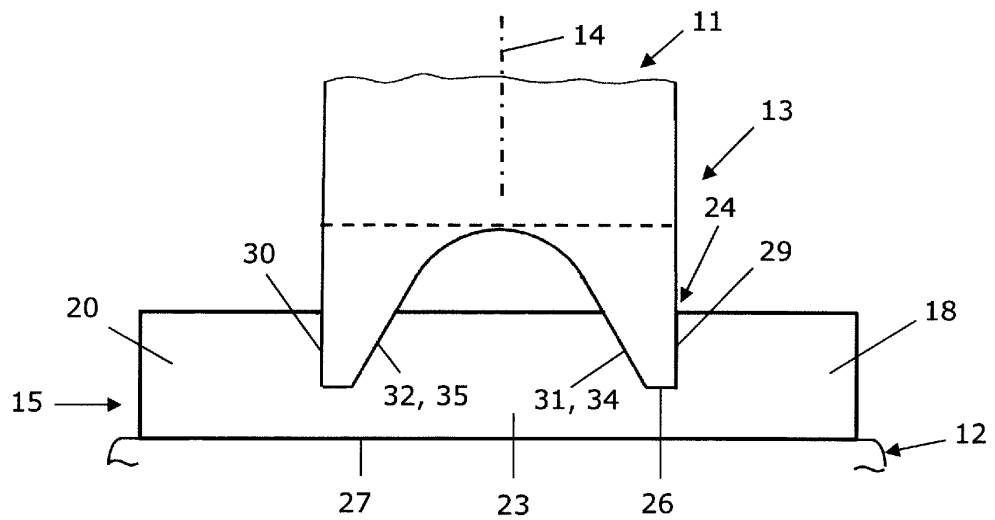
**Fig. 2**



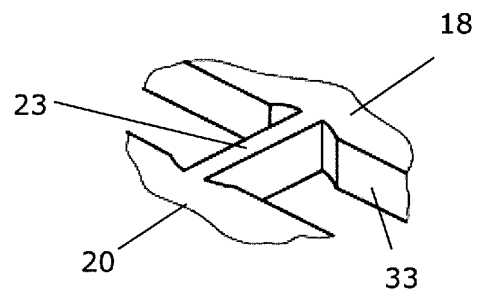
**Fig. 3**



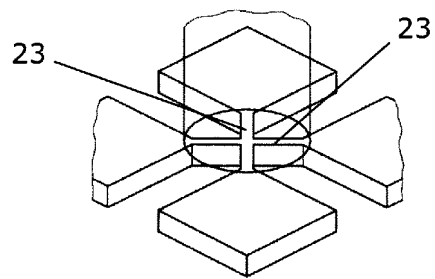
**Fig. 4**



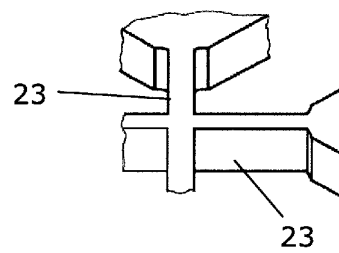
**Fig. 5**



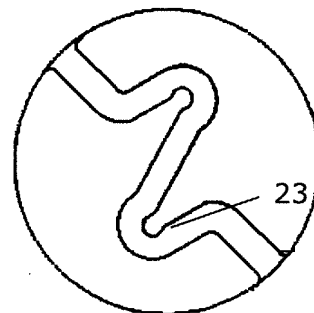
**Fig. 6**



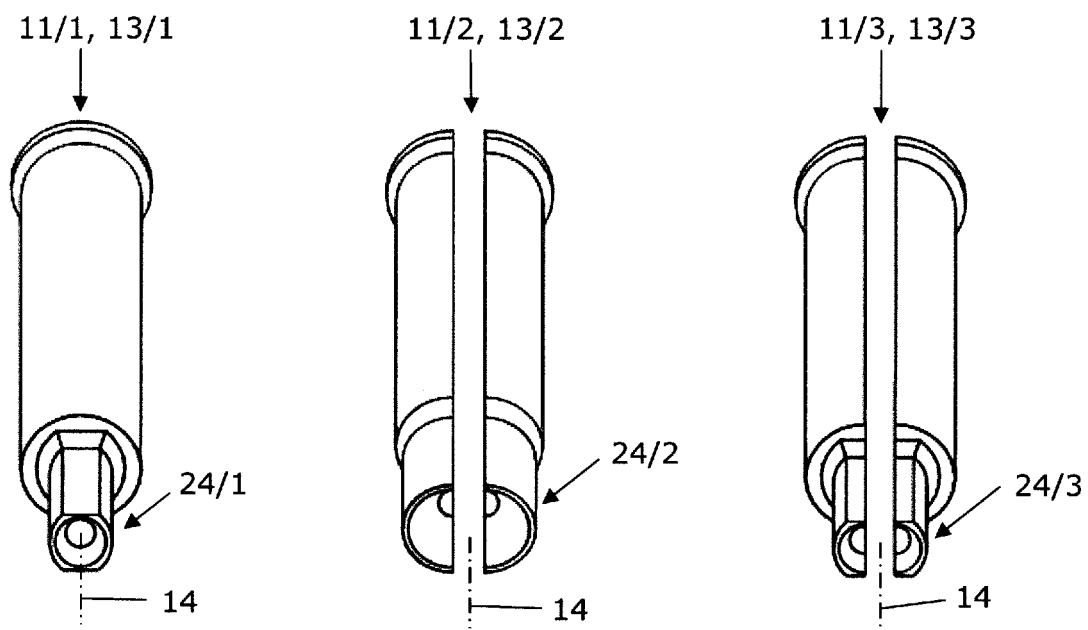
**Fig. 7**



**Fig. 8**



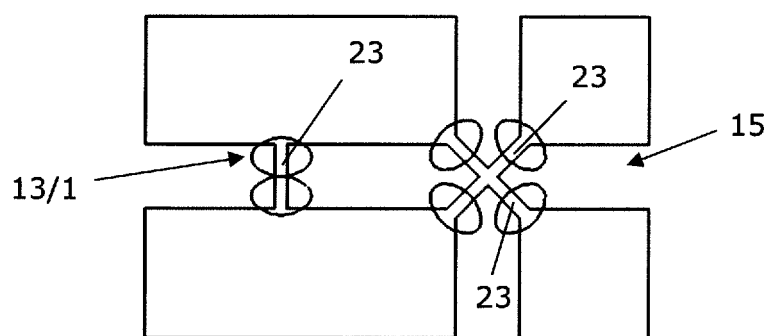
**Fig. 9**



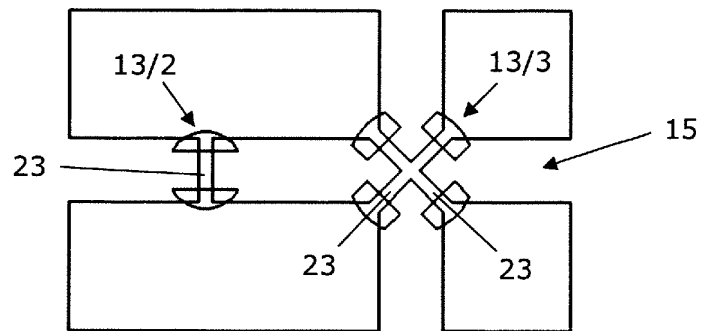
**Fig. 10a**

**Fig. 10b**

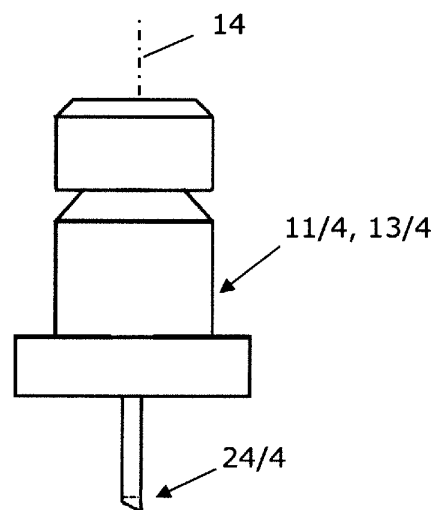
**Fig. 10c**



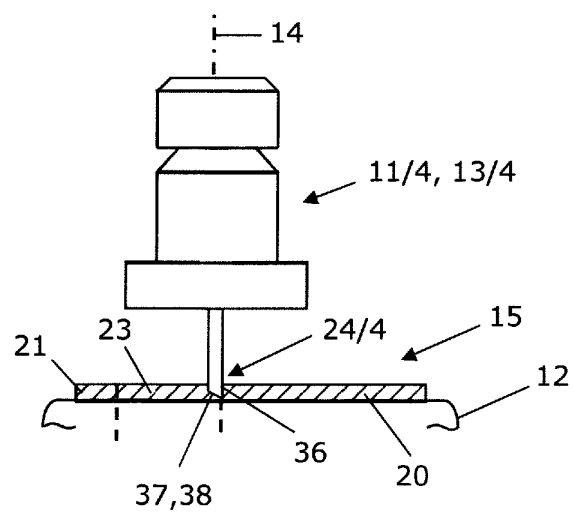
**Fig. 11**



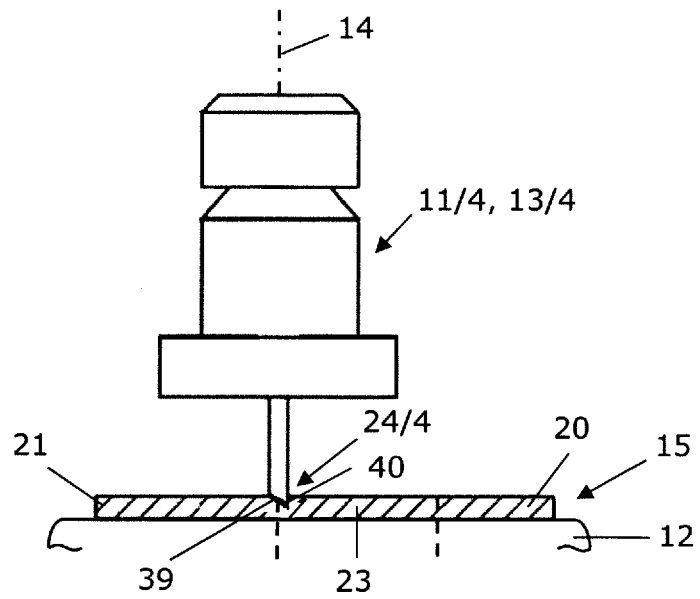
**Fig. 12**



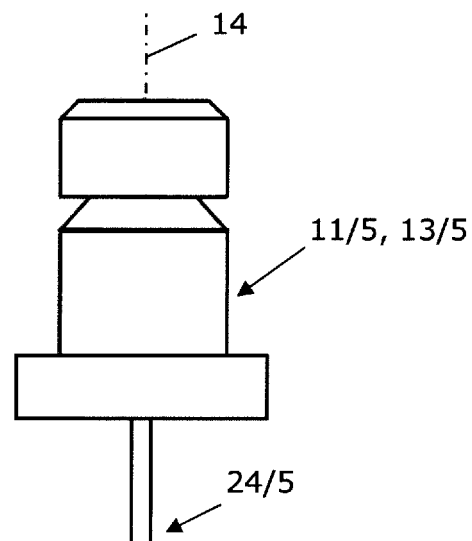
**Fig. 13**



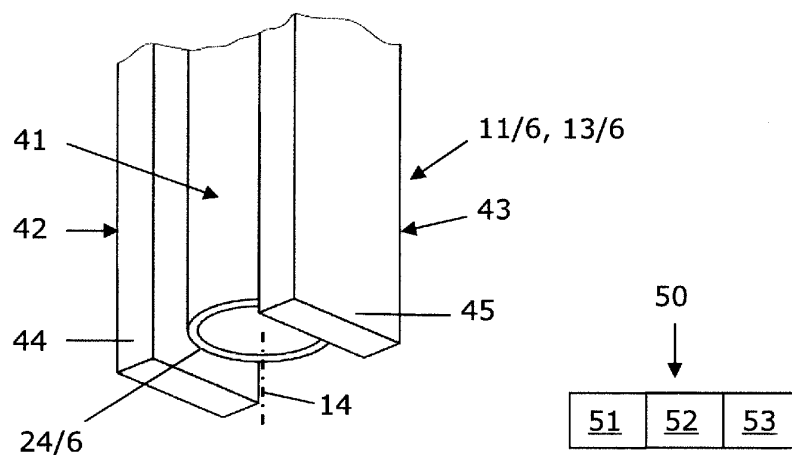
**Fig. 14**



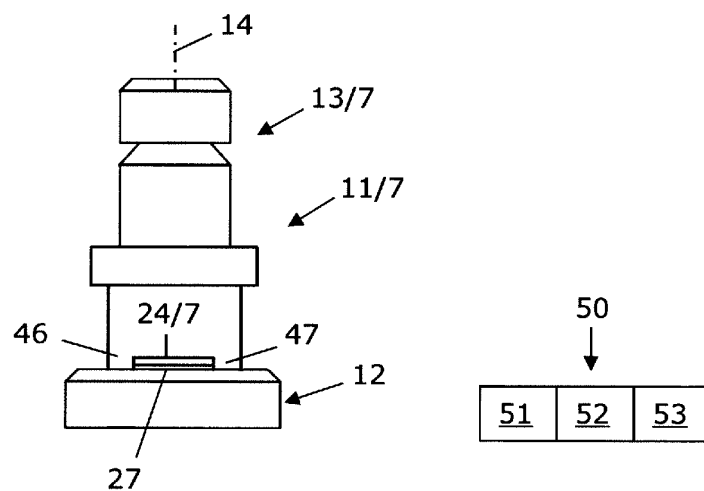
**Fig. 15**



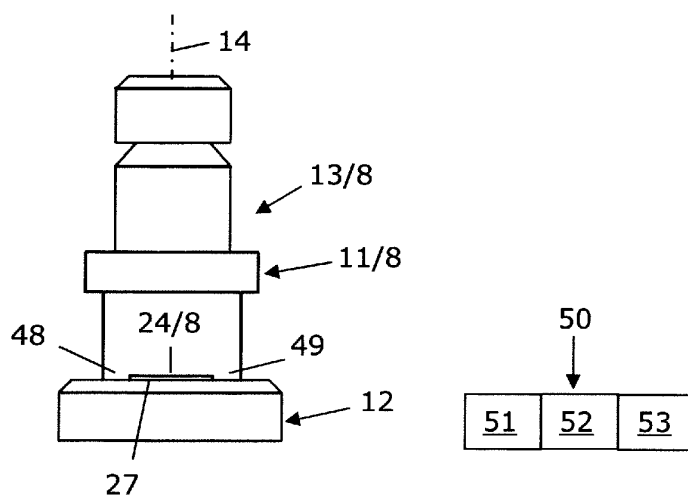
**Fig. 16**



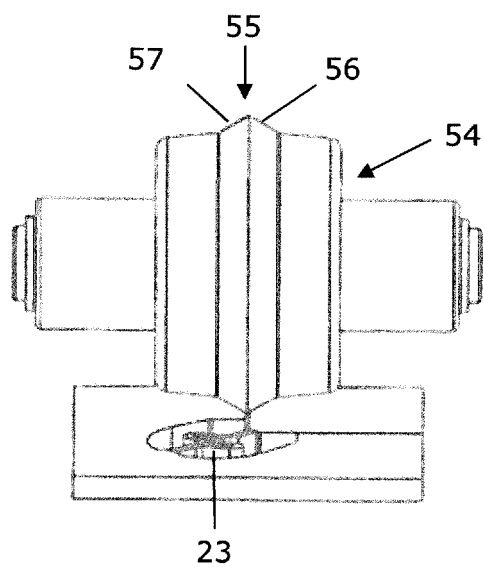
**Fig. 17**



**Fig. 18**



**Fig. 19**



**Fig. 20**

**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]
- US 4362078 A [0005]
- JP H10152136 A [0006]