



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

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

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

(21) Anmeldenummer: **15165673.3**

(22) Anmeldetag: **29.04.2015**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**MA**

(72) Erfinder:  
• **Klinkhammer, Marc**  
**71254 Ditzingen (DE)**  
• **Wilhelm, Markus**  
**70839 Gerlingen (DE)**  
• **Abiko, Takeshi**  
**71254 Ditzingen (DE)**

(71) Anmelder: **TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG**  
**71254 Ditzingen (DE)**

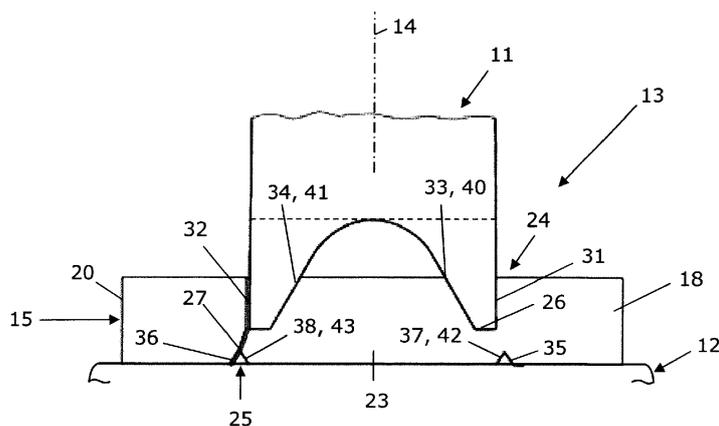
(74) Vertreter: **Kohler Schmid Möbus Patentanwälte Partnerschaftsgesellschaft mbB**  
**Ruppmanstraße 27**  
**70565 Stuttgart (DE)**

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

(57) Ein Umformwerkzeug (13) zum Druckumformen eines Verbindungsstegs (23) zwischen unvollständig voneinander getrennten Werkstückteilen (18, 20) eines trennend bearbeiteten plattenartigen Werkstücks, insbesondere eines Blechs (15), umfasst zwei Werkzeugteile (11, 12), von denen jeder mit einem Umformorgan (24, 25) versehen ist. Die Werkzeugteile (11, 12) sind längs einer Hubachse (14) mit einem Bearbeitungshub aufeinander zu in eine Hub-Endposition bewegbar. Jedes der Umformorgane (24, 25) weist an einer von dem betreffenden Werkstückteil (18, 20) abgewandten Stegseite (33, 34, 37, 38) eine Umformfläche (40, 41, 42, 43) auf, die ausgehend von einer Stirnseite (26, 27) des Umformorgans (24, 25) längs der Hubachse (14) von einer dem

betreffenden Werkstückteil (18, 20) zugewandten Werkstückseite (31, 32, 35, 36) weg verläuft.

Mittels des Umformwerkzeugs (13) wird ein Verfahren zum Druckumformen eines Verbindungsstegs (23) durchgeführt. Das Verfahren zum Druckumformen eines Verbindungsstegs (23) ist Teil eines Verfahrens zum trennenden Bearbeiten von plattenartigen Werkstücken, insbesondere zum trennenden Bearbeiten von Blechen (15) und auch Teil eines Verfahrens zum Bearbeiten von plattenartigen Werkstücken, insbesondere zum Bearbeiten von Blechen (15), im Rahmen dessen zusätzlich zu der trennenden Bearbeitung eine weitere Werkstückbearbeitung, insbesondere eine Kantenbearbeitung, durchgeführt wird.



**Fig. 5**

**Beschreibung**

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

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

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

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

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

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

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

5 **[0005]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Vorrichtungen und Verfahren bereitzustellen, die es ermöglichen, unvollständig voneinander getrennte und über Verbindungsstege miteinander verbundene Werkstückteile, die als Bearbeitungsprodukte einer trennenden Bearbeitung von plattenartigen Werkstücken vorliegen, derart vollständig voneinander zu trennen, dass keine oder allenfalls eine geringfügige Nachbearbeitung der Werkstückteile erforderlich ist.

**[0006]** Erfindungsgemäß gelöst wird diese Aufgabe durch das Umformwerkzeug und die Werkzeugmaschine gemäß den Patentansprüchen 1 und 13 sowie durch die Verfahren gemäß den Patentansprüchen 15, 16 und 18.

10 **[0007]** Im Falle der Erfindung wird von einem Umformwerkzeug Gebrauch gemacht, das aufgrund der Geometrie der an den Werkzeugteilen des Umformwerkzeugs vorgesehenen Umformorgane beim Druckumformen eines zwischen zwei Werkstückteilen stehengebliebenen Verbindungsstegs an dem oder den Enden des Verbindungsstegs eine Bruchzone erzeugt, die derart beschaffen ist, dass nach dem Brechen des Verbindungsstegs keine oder nur allenfalls geringfügige Spuren des Verbindungsstegs an dem oder den Werkstückteilen verbleiben. Die Umformorgane der Werkzeugteile tauchen beim Druckumformen eines Verbindungsstegs in diesen ein und verdrängen dabei Werkstoff des Verbindungsstegs. Aufgrund der Geometrie der Umformorgane des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs wird der durch das Umformwerkzeug plastifizierte Werkstoff des Verbindungsstegs von dem oder den an den Verbindungssteg angrenzenden Werkstückteilen weg verdrängt. Infolgedessen kann der im Laufe des Umformprozesses plastifizierte Werkstoff des Verbindungsstegs an dem oder den betreffenden Werkstückteilen keine oder allenfalls geringfügige Spuren hinterlassen. An dem Verbindungssteg gebildeter Grat wird gemeinsam mit dem Verbindungssteg entfernt und beeinträchtigt  
20 folglich die Qualität der Trennfläche an dem oder den Werkstückteilen nicht. Je nach Anwendungsfall, beispielsweise je nach Bemessung der Breite des Verbindungsstegs einerseits und der Breite der Umformorgane andererseits, führen die Werkzeugteile des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs zum Umformen eines Verbindungsstegs einen einzelnen Bearbeitungshub oder mehrere aufeinanderfolgende Bearbeitungshübe aus.

25 **[0008]** Nach dem Druckumformen eines Verbindungsstegs besitzt das umgeformte Ende des Verbindungsstegs nur noch einen verhältnismäßig kleinen Querschnitt, der derart bemessen ist, dass die Anbindung des Verbindungsstegs an den benachbarten Werkstückteil mit geringem Kraftaufwand, beispielsweise durch Hin- und Herbewegen des bearbeiteten Werkstücks, zumindest annähernd restlos und gratfrei gelöst werden kann. Dessen ungeachtet kann der Verbindungssteg vor dem Druckumformen derart dimensioniert sein, dass er eine belastbare Verbindung zwischen den betreffenden Werkstückteilen herstellt.

30 **[0009]** Als Werkstückteile können Gutteile untereinander aber auch ein oder mehrere Gutteile mit einem Abfallteil, beispielsweise mit einem Restgitter, durch Verbindungsstege verbunden sein. Die Verbindungsstege können beispielsweise an geradlinig oder bogenförmig verlaufenden Kanten aber auch an Ecken der miteinander verbundenen Werkstückteile ansetzen. Im Interesse einer möglichst langen Standzeit des Umformwerkzeugs sollten die Verbindungsstege gegenüber den Umformorganen des Umformwerkzeugs derart ausgerichtet sein, dass die Verbindungsstege den Umformorganen längs der Hubachse mit Flächen und nicht mit Kanten gegenüberliegen. Beim unvollständigen Trennen der Werkstückteile ist deshalb eine Torsion der Verbindungsstege um ihre Längsachse zu vermeiden.  
35

**[0010]** Ebenfalls im Interesse einer Optimierung der Standzeit des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs können Werkstoffteilchen, die beim Druckumformen eines Verbindungsstegs beispielsweise als Späne anfallen, von der Bearbeitungsstelle abgeführt werden. Zu diesem Zweck ist in bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung wenigstens einer der Werkzeugteile des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs mit einer entsprechenden Absaugung versehen. Durch das Abführen von Werkstoffteilchen von der Bearbeitungsstelle wird im Übrigen auch verhindert, dass die Werkstoffteilchen an den voneinander zu trennenden Werkstückteilen Spuren hinterlassen und dadurch die Qualität der Werkstückbearbeitung mindern.  
40

45 **[0011]** An der erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine sind die Werkzeugteile des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs in Werkzeugaufnahmen angeordnet, die an einander gegenüberliegenden Seiten des umzuformenden Verbindungsstegs bzw. der durch den umzuformenden Verbindungssteg miteinander verbundenen Werkstückteile vorgesehen sind und die numerisch gesteuert längs der Hubachse der Werkzeugteile relativ zueinander bewegt werden können. Außerdem kann die Möglichkeit bestehen, die Werkzeugaufnahmen gemeinsam mit den daran fixierten Werkzeugteilen um die Hubachse drehezustellen. 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.  
50

55 **[0012]** Während des Umformvorgangs wird ein umzuformender Verbindungssteg beidseits durch die Umformorgane der Werkzeugteile des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs druckbeaufschlagt. Die Linie, entlang derer die Umformorgane dabei an einem Ende des Verbindungsstegs eintauchen, kann in Verlängerung einer Trennfläche verlaufen, die an dem benachbarten Werkstückteil bei der Erzeugung des Verbindungsstegs erstellt worden ist, sie kann aber auch gegenüber dieser Trennfläche in das Innere des Werkstückteils zurückversetzt sein. In dem letztgenannten Fall ist selbst

dann, wenn beim Trennen des Verbindungsstegs von dem Werkstückteil kleine Reste des Verbindungsstegs an dem Werkstückteil verbleiben, gewährleistet, dass keine Reste des Verbindungsstegs über die beim Erzeugen des Verbindungsstegs an dem Werkstückteil erstellte Trennfläche vorstehen. Gegebenenfalls überlappen die Umformorgane mit einem Werkstückteil vorzugsweise in der Größenordnung von Zehntelmillimetern.

5 **[0013]** 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.

10 **[0014]** Besondere Ausführungsarten der Erfindung nach den unabhängigen Patentansprüchen ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen 2 bis 12, 14 und 17.

15 **[0015]** Gemäß Patentanspruch 2 ist in bevorzugter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs vorgesehen, dass wenigstens einer der Werkzeugteile eine im Wesentlichen senkrecht zu der Hubachse verlaufende Auflagefläche aufweist, von welcher das Umformorgan dieses Werkzeugteils zu dem anderen Werkzeugteil hin vorsteht. Die Auflagefläche bildet während des Umformprozesses ein Widerlager für den umzuformenden Verbindungssteg und verhindert dadurch eine unerwünschte Deformation des bearbeiteten Verbindungsstegs.

20 **[0016]** Für die Umformorgane der Werkzeugteile des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs kommen unterschiedliche Geometrien in Frage.

25 **[0017]** Gemäß Patentanspruch 3 weist wenigstens eines der Umformorgane in einer parallel zu der Hubachse verlaufenden Schnittebene einen dreiecksförmigen Querschnitt oder einen trapezförmigen Querschnitt auf. Bevorzugt wird ausweislich Patentanspruch 4 eine Bauart des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs, im Falle derer das Umformorgan eines der Werkzeugteile einen dreiecksförmigen Querschnitt und das Umformorgan des anderen Werkzeugteils einen trapezförmigen Querschnitt aufweist. Die Stirnseite eines Umformorgans mit Dreiecksquerschnitt ist an sich linienförmig. Zur Erhöhung der Standzeit kann ein derartiges Umformorgan in bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung mit einer geringfügigen Abflachung oder Abrundung an der die Stirnseite des Umformorgans ausbildenden Dreiecksspitze versehen sein. Abweichend von einem Umformorgan mit Dreiecksquerschnitt besitzt ein Umformorgan mit trapezförmigem Querschnitt eine flächige Stirnseite. Auch von der Trapezform abweichende Querschnitte, die an dem betreffenden Umformorgan eine flächige Stirnseite ausbilden, sind erfindungsgemäß denkbar.

30 **[0018]** Umformorgane mit einem dreiecksförmigen oder mit einem trapezförmigen Querschnitt werden in Weiterbildung der Erfindung dadurch bereitgestellt, dass das Umformorgan eines Werkzeugteils von einem mit einem Innenhohlraum, vorzugsweise einem Innenkonus versehenen freien Ende des Werkzeugteils gebildet ist (Patentanspruch 5). Beim Druckumformen eines Verbindungsstegs kann Werkstoff des Verbindungsstegs in das Innere des beispielsweise von dem Innenkonus gebildeten Hohlraums abfließen. Dadurch reduziert sich der Widerstand, welchen der Verbindungssteg der Bearbeitung durch das erfindungsgemäße Umformwerkzeug entgegensetzt. In Weiterbildung der Erfindung kann an dem Übergang zwischen der Stirnseite des betreffenden Umformorgans und dem Innenkonus ein Radius oder eine Abschrägung vorgesehen sein. Der Radius und die Abschrägung sorgen gegebenenfalls dafür, dass der umgeformte Verbindungssteg bei der endgültigen Trennung der Werkstückteile nicht an dieser Stelle sondern vielmehr unmittelbar an dem Ansatz des Verbindungsstegs an dem benachbarten Werkstückteil bricht.

35 **[0019]** Beim Druckumformen des Verbindungsstegs und dem damit verbundenen Eintauchen der Umformorgane des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs an wenigstens einem Ende des Verbindungsstegs wird durch die Umformorgane werkstückseitig eine Trennfläche erstellt. Durch entsprechende Gestaltung der Umformorgane kann auf die Beschaffenheit der durch die Umformorgane erzeugten Trennfläche Einfluss genommen werden. Weist ein Umformorgan eine scharfe Kante auf, so erzeugt das Umformorgan eine glatte und somit qualitativ hochwertige Trennfläche.

40 **[0020]** Im Falle der Erfindungsbauart gemäß Patentanspruch 6 ist vorgesehen, dass wenigstens eines der Umformorgane an der Werkstückseite längs der Hubachse parallel zu der Trennfläche oder unter einem Winkel gegenüber der Trennfläche an demjenigen Werkstückteil verläuft, welchem die Werkstückseite des Umformorgans beim Druckumformen des Verbindungsstegs zugewandt ist. Ist die Werkstückseite eines Umformorgans parallel zu der Trennfläche an dem betreffenden Werkstückteil, so verläuft auch die mittels des Umformorgans an dem betreffenden Werkstückteil erstellte Trennfläche parallel zu der vor dem Druckumformen des Verbindungsstegs erstellten Trennfläche des Werkstückteils. Verläuft die Werkstückseite des Umformorgans unter einem Winkel gegenüber der bereits vor dem Umformen des Verbindungsstegs erstellten Trennfläche an dem betreffenden Werkstückteil, so gilt Entsprechendes für die mittels des Umformorgans an dem Werkstückteil erzeugte Trennfläche. Eine parallel zu der Trennfläche an dem betreffenden Werkstückteil verlaufende Trennfläche wird mittels des Umformorgans erfindungsgemäß insbesondere dann erzeugt, wenn die mittels des Umformorgans erzeugte Trennfläche in Verlängerung der bereits vorhandenen Trennfläche an dem Werkstückteil verläuft. Die Erstellung einer unter einem Winkel gegen die bereits vorhandene Trennfläche des

Werkstückteils geneigten Trennfläche mittels des Umformorgans ist erfindungsgemäß beispielsweise in Fällen vorgesehen, in denen vor oder nach dem Umformen des Verbindungsstegs die bereits vorhandene Trennfläche an dem Werkstückteil durch zusätzliche Kantenbearbeitung des Werkstückteils umgeformt und dabei abgeschrägt wird. Bei entsprechender Wahl des Winkels zwischen der Werkstückseite des Umformorgans und der bereits vorhandenen Trennfläche des Werkstückteils fluchtet die mittels des Umformorgans an dem Werkstück erzeugte Schrägfläche mit der Schrägfläche, die im Rahmen der zusätzlichen Kantenbearbeitung des Werkstückteils erstellt wird.

**[0021]** Gemäß Patentanspruch 7 ist das erfindungsgemäße Umformwerkzeug derart gestaltet, dass das Umformorgan eines der Werkzeugteile an dem betreffenden Werkstückteil eine Trennfläche erzeugt, die parallel zu der bereits vorhandenen Trennfläche des Werkstückteils verläuft, während das Umformorgan des anderen Werkzeugteils eine Trennfläche erstellt, die unter einem Winkel gegenüber der bereits vorhandenen Trennfläche des Werkstückteils verläuft.

**[0022]** Im Falle der Erfindungsbauart nach Patentanspruch 8 sind die Umformorgane an den Werkzeugteilen des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs in Querrichtung der Hubachse gegeneinander versetzt. Dadurch ergibt sich zwischen den beiderseitigen Umformorganen ein Spalt, der ein schräges Abbrechen des Verbindungsstegs nach dem Umformen begünstigt. Eine schräge Bruchfläche an einem Werkstückteil kann beispielsweise in dem vorstehend bereits angesprochenen Fall erstrebenswert sein, in dem durch Kantenbearbeitung des Werkstückteils ebenfalls eine Schrägfläche erzeugt wird, auf welche die schräge Bruchfläche an dem Werkstückteil dann abgestimmt sein kann.

**[0023]** Stellt ein Verbindungssteg eine Verbindung zwischen zwei als Gutteile vorgesehenen Werkstückteilen her, so ist der Verbindungssteg von beiden Werkstückteilen möglichst rückstandslos zu trennen.

**[0024]** Patentanspruch 9 betrifft eine zu diesem Zweck vorgesehene Bauart des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs, die es erlaubt, einen Verbindungssteg zeitgleich an mehreren längs des Verbindungsstegs voneinander beabstandeten Stellen umzuformen. Jede der Umformstellen an dem Verbindungssteg wird dabei durch zwei Organabschnitte bearbeitet, wobei der eine Organabschnitt Teil des Umformorgans an dem einen Werkstückteil und der andere Organabschnitt Teil des Umformorgans an dem anderen Werkstückteil des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs ist.

**[0025]** Zur Ausbildung von Organabschnitten, die verschiedenen Bearbeitungsstellen an einem Verbindungssteg zugeordnet sind, werden im Falle der Erfindung unterschiedliche Möglichkeiten zur konstruktiven Gestaltung der Umformorgane an den Werkzeugteilen des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs genutzt.

**[0026]** Gemäß Patentanspruch 10 verlaufen die Umformorgane an den beiden Werkzeugteilen des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs in einer Umfangsrichtung und dabei insbesondere bogenförmig, vorzugsweise längs eines Kreisbogens, um die Hubachse. Die Erstreckung der Umformorgane in Umfangsrichtung kann dabei derart bemessen sein, dass die Umformorgane beim Umformen eines Verbindungsstegs gleichzeitig an mehreren Stellen des Verbindungsstegs zu liegen kommen. Ein bogenförmiger, insbesondere ein kreisförmiger Verlauf der Umformorgane bietet die Möglichkeit, die Bruchzone, an welcher der Verbindungssteg nach dem Umformen brechen soll, an dem an den Verbindungssteg anschließenden Werkstückteil in einem Bereich anzuordnen, der gegenüber der an diesem Werkstückteil bereits vor dem Umformen des Verbindungsstegs erstellten Trennfläche in das Innere des Werkstückteils zurückversetzt ist. Ein kreisförmiger Verlauf der Umformorgane ist darüber hinaus insofern vorteilhaft, als durch eine einfache Dreheinstellung der Werkzeugteile um eine mit den Umformorganen konzentrische Positionierachse unterschiedliche Organabschnitte der Umformorgane ein und derselben Bearbeitungsstelle und/oder ein und dieselben Organabschnitte unterschiedlichen Bearbeitungsstellen zugeordnet werden können. Der sukzessive Einsatz unterschiedlicher Organabschnitte eines Umformorgans empfiehlt sich insbesondere aufgrund der damit verbundenen Vergleichmäßigung des Werkzeugverschleißes.

**[0027]** Gemäß Patentanspruch 11 ist in weiterer bevorzugter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs wenigstens eines der Umformorgane in Umfangsrichtung endlos ausgebildet. Alternativ sind im Falle der Erfindung aber auch in Umfangsrichtung segmentierte Umformorgane denkbar.

**[0028]** An der erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine nach Patentanspruch 14 ist der zum Druckumformen eines Verbindungsstegs auszuführende Bearbeitungshub kraftabhängig gesteuert. Patentanspruch 12 betrifft eine Bauart des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs, das eine kraftabhängige Steuerung des Bearbeitungshubs der Werkzeugteile des Umformwerkzeugs ermöglicht. Eine längs der Hubachse wirksame gegenseitige Abstützung der Werkzeugteile unter Umgehung des druckumgeformten Verbindungsstegs ist in bevorzugter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Umformwerkzeugs realisiert, indem wenigstens einer der Werkzeugteile eine portalartige Gestalt aufweist und den umzuformenden Verbindungssteg während dessen Bearbeitung übergreift. Die Portalstützen des betreffenden Werkzeugteils können bei Hub-Endposition der beiden Werkzeugteile auf dem anderen Werkzeugteil seitlich neben dem Verbindungssteg aufsetzen. Das Umformorgan kann an dem oder den mit wenigstens einem Vorsprung versehenen Werkzeugteile zwischen den Portalstützen angeordnet sein.

**[0029]** In bevorzugter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Trennverfahrens ist ausweislich Patentanspruch 17 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 und dabei an zwei längs des Verbindungsstegs vonein-

ander beabstandeten Stellen, insbesondere an beiden einander gegenüberliegenden Enden des Verbindungsstegs, druckbeaufschlagt, so kann der zwischen den beiden Angriffsstellen des Umformwerkzeugs gelegene Bereich des Verbindungsstegs unter Ausnutzung der Elastizität des Verbindungsstegs gestaucht werden. Zur Umformung des Verbindungsstegs ist folglich nur eine verhältnismäßig geringe Kraft aufzuwenden.

5 **[0030]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand beispielhafter schematischer Darstellungen näher erläutert.  
**[0031]** Es zeigen:

- Figur 1 eine Werkzeugmaschine für die Blechbearbeitung mit einer Schneidstation und einer Umformstation,  
 10  
 Figur 2 über Verbindungsstege miteinander verbundene Blechteile, erzeugt durch die Bearbeitung einer Blechtafel an der Werkzeugmaschine gemäß Figur 1,  
 Figur 3 ein Umformwerkzeug erster Bauart zum Einsatz an der Umformstation der Werkzeugmaschine gemäß Figur 1,  
 15  
 Figuren 4 bis 9 Darstellungen zur Veranschaulichung der Funktionsweise des Umformwerkzeugs gemäß Figur 3 beim Umformen von zwischen zwei Blechteilen vorgesehenen Verbindungsstegen,  
 20  
 Figuren 10a, 10b, 10c die Oberwerkzeuge weiterer Bauarten eines Umformwerkzeugs zum Einsatz an der Umformstation der Werkzeugmaschine gemäß Figur 1,  
 Figur 11 eine Darstellung zur Veranschaulichung der Funktionsweise des Umformwerkzeugs gemäß Figur 10a,  
 25  
 Figur 12 eine Darstellung zur Veranschaulichung der Funktionsweise des Umformwerkzeugs gemäß Figur 10b und des Umformwerkzeugs gemäß Figur 10c,  
 Figur 13 eine Variante des Umformwerkzeugs gemäß Figur 3 zur Verwendung bei kraftabhängiger Steuerung eines von dem Umformwerkzeug ausgeführten Bearbeitungshubs und  
 30  
 Figur 14 zwei über einen Verbindungssteg miteinander verbundene Blechteile während einer Kantenbearbeitung der Blechteile.

35 **[0032]** 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.

40 **[0033]** Die Laser-Schneidstation 5 umfasst einen Laserschneidkopf 7 an dem oberen Gestellschenkel 3 und eine Laserstrahlaufnahme 8 an dem unteren Gestellschenkel 4. Die Umformstation 6 weist eine obere Werkzeugaufnahme 9 an dem oberen Gestellschenkel 3 und eine untere Werkzeugaufnahme 10 an dem unteren Gestellschenkel 4 auf. In die obere Werkzeugaufnahme 9 ist ein als Umformstempel 11 ausgebildetes Oberwerkzeug, in die untere Werkzeugaufnahme 10 ein als Umformmatrize 12 ausgebildetes Unterwerkzeug eingewechselt. Der Umformstempel 11 und die Umformmatrize 12 sind Werkzeuteile eines Umformwerkzeugs 13.

45 **[0034]** Mittels eines herkömmlichen Hubantriebs für das Umformwerkzeug 13 kann der Umformstempel 11 längs einer Hubachse 14 relativ zu der Umformmatrize 12 angehoben und abgesenkt werden. Die obere Werkzeugaufnahme 9 und die untere Werkzeugaufnahme 10 sind gemeinsam mit dem Umformstempel 11 und der Umformmatrize 12 um die Hubachse 14 dreheinstellbar (Doppelpfeil in Figur 1). Sämtliche Funktionen der Werkzeugmaschine 1 werden durch eine programmierbare numerische Steuerung gesteuert.

50 **[0035]** 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.  
 55

**[0036]** Im Rahmen des an der Werkzeugmaschine 1 durchgeführten Bearbeitungsverfahrens wird das Blech 15 zunächst an der Laser-Schneidstation 5 trennend bearbeitet. Ein mögliches Ergebnis der trennenden Bearbeitung des

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

**[0037]** 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.

**[0038]** Im Einzelnen ist das Umformwerkzeug 13 mit dem als Oberwerkzeug vorgesehenen Umformstempel 11 und der als Unterwerkzeug vorgesehenen Umformmatrize 12 in Figur 3 gezeigt. Dabei ist sowohl an dem Umformstempel 11 als auch an der Umformmatrize 12 die Hubachse 14 strichpunktiert angedeutet, längs derer der Umformstempel 11 zum Druckumformen eines Verbindungsstegs 23 relativ zu der Umformmatrize 12 mit einem Bearbeitungshub abgesenkt wird.

**[0039]** Bei in die obere Werkzeugaufnahme 9 und die untere Werkzeugaufnahme 10 eingewechseltem Umformwerkzeug 13 liegen ein stempelseitiges Umformorgan 24 und ein matrizeitiges Umformorgan 25 längs der Hubachse 14 einander gegenüber. Eine flächige kreisringförmige Stirnseite 26 des stempelseitigen Umformorgans 24 und eine kreislinienförmige Stirnseite 27 des matrizeitigen Umformorgans 25 weisen längs der Hubachse 14 zueinander hin.

**[0040]** Zur Ausbildung der flächigen Stirnseite 26 ist das freie Ende des Umformstempels 11 mit einem Innenkonus 28 versehen. Die Mantelfläche des Innenkonus 28 begrenzt gemeinsam mit der hubachsparallelen zylindrischen Außenfläche des Umformstempels 11 und der senkrecht zu der Hubachse 14 verlaufenden flächigen Stirnseite 26 einen trapezförmigen Querschnitt des stempelseitigen Umformorgans 24. Die obere Begrenzung des trapezförmigen Querschnitts des stempelseitigen Umformorgans 24 ist in Figur 5 durch eine gedachte gestrichelte Linie angedeutet.

**[0041]** Das matrizeitige Umformorgan 25 steht von einer Auflagefläche 29 der Umformmatrize 12 zu dem Umformstempel 11 hin vor. Die Auflagefläche 29 verläuft an der Umformmatrize 12 senkrecht zu der Hubachse 14. Der Querschnitt des matrizeitigen Umformorgans 25 hat die Form eines gleichschenkligen Dreiecks, dessen Basis in der Auflagefläche 29 der Umformmatrize 12 liegt und dessen Spitze die linienförmige Stirnseite 27 des matrizeitigen Umformorgans 25 ausbildet.

**[0042]** Sowohl das stempelseitige Umformorgan 24 als auch das matrizeitige Umformorgan 25 verlaufen endlos längs einer Kreislinie und dabei konzentrisch mit der Hubachse 14. In Querrichtung der Hubachse 14 sind das stempelseitige Umformorgan 24 und das matrizeitige Umformorgan 25 gegeneinander versetzt, wobei die flächige Stirnseite 26 des stempelseitigen Umformorgans 24 innerhalb der linienförmigen Stirnseite 27 des matrizeitigen Umformorgans 25 liegt.

**[0043]** Die Abläufe beim Druckumformen der Verbindungsstege 23 des bearbeiteten Blechs 15 werden nachfolgend am Beispiel eines der Verbindungsstege 23 zwischen dem Restgitter 18 und dem Blechteil 20 beschrieben.

**[0044]** 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 Werkstückeile beabstandet. Die Stirnseite 27 des matrizeitigen Umformorgans 25 weist längs der Hubachse 14 einen minimalen Abstand von der Unterseite des Verbindungsstegs 23 und der durch diesen verbundenen Werkstückeile auf.

**[0045]** Aufgrund einer entsprechenden Dimensionierung des Durchmessers des Umformstempels 11 reicht die senkrechte Projektion der flächigen Stirnseite 26 des stempelseitigen Umformorgans 24 des in der Bearbeitungs-Bereitschaftsposition angeordneten Umformstempels 11 auf die Oberseite des bearbeiteten Blechs 15 an beiden Enden des Verbindungsstegs 23 über einen Ansatz 30 des Verbindungsstegs 23 an dem jeweiligen Werkstückeile hinaus. Dargestellt ist dies in Figur 4, wobei in Figur 4 lediglich die senkrechte Projektion der radial außenliegenden Begrenzungslinie der flächigen Stirnseite 26 des stempelseitigen Umformorgans 24 dargestellt ist. An der Unterseite des Restgitters 18 und des Blechteils 20 verläuft die senkrechte Projektion der linienförmigen Stirnseite 27 des matrizeitigen Umformorgans 25 auf das bearbeitete Blech 15 konzentrisch mit und dabei radial außerhalb der senkrechten Projektion der Stirnseite 26 des stempelseitigen Umformorgans 24.

**[0046]** 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 12 wird der Bearbeitungshub wegababhängig gesteuert, in dem Beispielsfall gemäß den Figur

13 erfolgt die Steuerung des Bearbeitungshubs kraftabhängig.

**[0047]** Im Rahmen der wegabhängigen 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.

**[0048]** Die Restdicke des Verbindungsstegs 23 wird außerdem durch die längs der Hubachse 14 gemessene Höhe des matrizenseitigen Umformorgans 25 bestimmt.

**[0049]** Die Verhältnisse bei Hub-Endposition des Umformstempels 11 sind in Figur 5 veranschaulicht. Längs der Hubachse 14 weisen die Stirnseiten 26, 27 des stempelseitigen Umformorgans 24 und des matrizenseitigen Umformorgans 25 einen Abstand voneinander auf, der kleiner ist als die Dicke des unverformten Verbindungsstegs 23. Der Verbindungssteg 23, das Restgitter 18 und das Blechteil 20 werden unter der Wirkung der Beaufschlagung durch den Umformstempel 11 mit ihrer Unterseite gegen die Auflagefläche 29 der Umformmatrize 12 gedrückt.

**[0050]** Der Umformstempel 11 ist im Laufe des Bearbeitungshubs mit diametral einander gegenüberliegenden Organabschnitten des stempelseitigen Umformorgans 24 an beiden Enden des Verbindungsstegs 23 in diesen und in die angrenzenden Bereiche des Restgitters 18 und des Blechteils 20 eingetaucht. Eine Werkstückseite 31 des stempelseitigen Umformorgans 24 ist dem Restgitter 18, eine Werkstückseite 32 des stempelseitigen Umformorgans 24 dem Blechteil 20 zugewandt. Stegseiten 33, 34 des stempelseitigen Umformorgans 24 weisen zu dem Verbindungssteg 23 hin und sind dementsprechend von dem Restgitter 18 und dem Blechteil 20 abgewandt.

**[0051]** Entsprechend stellen sich die Verhältnisse an dem matrizenseitigen Umformorgan 25 dar. Infolge der Druckbeaufschlagung des bearbeiteten Blechs 15 durch den Umformstempel 11 hat sich das matrizenseitige Umformorgan 25 mit zwei einander diametral gegenüberliegenden Organabschnitten an den Enden des Verbindungsstegs in diesen und in stegnahe Bereiche des Restgitters 18 und des Blechteils 20 eingedrückt. Werkstückseiten 35, 36 des matrizenseitigen Umformorgans 25 sind dem Restgitter 18 und dem Blechteil 20 zugewandt, Stegseiten 37, 38 des matrizenseitigen Umformorgans 25 sind von dem Restgitter 18 und von dem Blechteil 20 abgewandt.

**[0052]** Während die Werkstückseiten 31, 32 des stempelseitigen Umformorgans 24 parallel zu der Hubachse 14 und auch parallel zu einer bei der vorausgegangenen trennenden Bearbeitung des Blechs 15 an dem Restgitter 18 erstellten Trennfläche 39 und einer entsprechenden, in Figur 4 verdeckten Trennfläche an dem Blechteil 20 verlaufen, sind die Werkstückseiten 35, 36 des matrizenseitigen Umformorgans 25 unter einem Winkel gegen die Trennflächen 39 an dem Restgitter 18 und dem Blechteil 20 geneigt.

**[0053]** An den Stegseiten 33, 34 weist das stempelseitige Umformorgan 24 Umformflächen 40, 41 auf. An den Stegseiten 37, 38 des matrizenseitigen Umformorgans 25 sind Umformflächen 42, 43 vorgesehen. Die Umformflächen 40, 41 des stempelseitigen Umformorgans 24 verlaufen ausgehend von der Stirnseite 26 des stempelseitigen Umformorgans 24 längs der Hubachse 14 von den Werkstückseiten 31, 32 des stempelseitigen Umformorgans 24 weg. Entsprechend entfernen sich die Umformflächen 42, 43 des matrizenseitigen Umformorgans 25 längs der Hubachse 24 von den Werkstückseiten 35, 36 des matrizenseitigen Umformorgans 25.

**[0054]** Aufgrund der sich damit ergebenden Geometrie des stempelseitigen Umformorgans 24 und des matrizenseitigen Umformorgans 25 wird unter der Wirkung der Beaufschlagung des Verbindungsstegs 23 durch das Umformwerkzeug 13 plastifizierter Werkstoff des Verbindungsstegs 23 an den Stegseiten 33, 34, 37, 38 des stempelseitigen Umformorgans 24 und des matrizenseitigen Umformorgans 25 zu dem Verbindungssteg 23 hin und damit von den Werkstückseiten 31, 32, 35, 36 des stempelseitigen Umformorgans 24 und des matrizenseitigen Umformorgans 25 weg verdrängt.

**[0055]** An den Enden des Verbindungsstegs 23 wird durch das Druckumformen mittels des Umformwerkzeugs 13 der Querschnitt des Verbindungsstegs 23 längs der Hubachse 14 reduziert. Aufgrund des Übermaßes der Durchmesser der Stirnseiten 26, 27 des stempelseitigen Umformorgans 24 und des matrizenseitigen Umformorgans 25 gegenüber dem Verbindungssteg 23 sind die querschnittsreduzierten Ansätze des Verbindungsstegs 23 an dem Restgitter 18 und an dem Blechteil 20 gegenüber den Trennflächen 39 in das Innere des Restgitters 18 und des Blechteils 20 zurückversetzt.

**[0056]** Ein entsprechender Versatz der Ansätze des querschnittsreduzierten Verbindungsstegs 23 an dem Restgitter 18 und an dem Blechteil 20 stellt sich ein, wenn die Trennflächen 39 an dem Restgitter 18 und dem Blechteil 20 bereits bei der dem Druckumformen der Verbindungsstege 23 vorgeschalteten trennenden Bearbeitung des Blechs 15 mit einem entsprechenden Rücksprung versehen werden (Figur 6). In diesem Fall ist bei dem sich an die trennende Bearbeitung des Blechs 15 anschließenden Druckumformen lediglich der Verbindungssteg 23 und nicht auch noch ein an den Verbindungssteg 23 unmittelbar anschließender Bereich des Restgitters 18 und des Blechteils 20 zu bearbeiten. Dementsprechend ist im Falle der Bearbeitungssituation gemäß Figur 6 zum Druckumformen des Verbindungsstegs 23 eine geringere Kraft aufzubringen als bei den Verhältnissen gemäß Figur 4.

**[0057]** 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.

**[0058]** Figur 9 zeigt einen zwischen zwei unvollständig voneinander getrennten Werkstückteilen vorgesehenen Verbindungssteg 23, der ebenso wie das restliche trennend bearbeitete Werkstück aus einem federelastischen Werkstoff besteht und der bei der unvollständigen Trennung der angrenzenden Werkstückteile mit einer Mäanderform erstellt worden ist. Werkstoffbedingt und aufgrund seiner besonderen Form ist der Verbindungssteg 23 federelastisch und bildet dementsprechend ein Festkörpergelenk zwischen den beiden angrenzenden Werkstückteilen. Wird der Verbindungssteg 23 gemäß Figur 9 in der in Figur 5 veranschaulichten Weise durch den Umformstempel 11 und die Umformmatrize 12 des Umformwerkzeugs 13 druckbeaufschlagt, so setzt der Verbindungssteg 23 aufgrund seiner Federelastizität der Druckumformung nur einen verhältnismäßig kleinen Widerstand entgegen. Die Federelastizität des Verbindungsstegs 23 erleichtert die Verdrängung von plastifiziertem Werkstoff des Verbindungsstegs 23 von den Werkstückseiten 31, 32, 35, 36 des stempelseitigen Umformorgans 24 und des matrizeitigen Umformorgans 25 weg.

**[0059]** Die Figuren 10a, 10b und 10c zeigen von dem Umformwerkzeug 13 konstruktiv abweichende Umformwerkzeuge 13/1, 13/2, 13/3 jeweils im Umfang eines Umformstempels 11/1, 11/2, 11/3. Ein stempelseitiges Umformorgan 24/1 des Umformstempels 11/1 weist anders als das stempelseitige Umformorgan 24 des Umformstempels 11 eine elliptische Form auf. Der Umformstempel 11/2 ist in einer Ebene parallel zur Hubachse 14 geteilt und besitzt folglich ein zweiteiliges stempelseitiges Umformorgan 24/2, wobei jedes Segment des stempelseitigen Umformorgans 24/2 halbkreisförmig ausgebildet ist. Der Umformstempel 11/3 hat sich aus dem Umformstempel 11/1 durch Teilung längs einer parallel zu der Hubachse 14 verlaufenden Ebene ergeben. Auch ein stempelseitiges Umformorgan 24/3 des Umformstempels 11/3 ist folglich segmentiert und umfasst zwei baugleiche Hälften. Den Umformstempeln 11/1, 11/2, 11/3 sind nicht gezeigte Umformmatrizen zugeordnet mit matrizeitigen Umformorganen, deren Geometrie an die Geometrie der stempelseitigen Umformorgane 24/1, 24/2, 24/3 angepasst ist und die im Übrigen mit dem matrizeitigen Umformorgan 25 der Umformmatrize 12 des Umformwerkzeugs 13 übereinstimmen.

**[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 werden der Umformstempel 11/1 und die diesem zugeordnete Umformmatrize durch Drehen der oberen Werkzeugaufnahme 9 und der unteren Werkzeugaufnahme 10 der Werkzeugmaschine 1 um die Hubachse 14 dreheingestellt. Zusätzlich wird das bearbeitete Blech 15 mittels der Koordinatenführung 16 der Werkzeugmaschine 1 gegenüber dem Umformwerkzeug 13/1 positioniert.

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

**[0064]** Zusätzlich zu der Umformeinheit 44 weist der Umformstempel 11/4 Wangen 45, 46 auf, welche gegenüber dem stempelseitigen Umformorgan 24/4 des Umformstempels 11/4 längs der Hubachse 14 zu der nicht gezeigten Umformmatrize 12 hin vorstehen und dadurch Vorsprünge 47, 48 des Umformstempels 11/4 ausbilden.

**[0065]** Zum Druckumformen eines Verbindungsstegs 23 werden das zuvor trennend bearbeitete Blech 15 und das Umformwerkzeug 13/4 relativ zueinander derart positioniert, dass bei einem von dem Umformstempel 11/4 zu der Umformmatrize 12 hin ausgeführten Bearbeitungshub der umzuformende Verbindungssteg 23 zwischen den Vorsprüngen 47, 48 des Umformstempels 11/4 zu liegen kommt. Am Ende des Bearbeitungshubs setzen die Vorsprünge 47, 48 des Umformstempels 11/4 mit ihren längs der Hubachse 14 voreilenden Stirnflächen auf der Auflagefläche 29 der Umformmatrize 12 auf. Der Überstand der Vorsprünge 47, 48 gegenüber dem stempelseitigen Umformorgan 24/4 ist derart bemessen, dass bei Hub-Endposition des Umformstempels 11/4 die Stirnseite des stempelseitigen Umformorgans 24/4 von der Stirnseite des matrizeitigen Umformorgans 25 längs der Hubachse 14 einen Abstand aufweist, welcher der gewünschten Restdicke des druckumgeformten Verbindungsstegs 23 entspricht. In der Hub-Endposition übergreift der Umformstempel 11/4 den umgeformten Verbindungssteg 23 portalartig. Die Vorsprünge 47, 48 des Umformstempels

11/4 sind dem Verbindungssteg 23 nach Art von Portalstützen seitlich benachbart.

**[0066]** Der von dem Umformstempel 11/4 relativ zu der Umformmatrize 12 ausgeführte Bearbeitungshub ist kraftgesteuert. In die programmierbare numerische Steuerung der Werkzeugmaschine 1 ist zu diesem Zweck eine in Figur 13 andeutungsweise dargestellte Hubsteuerungsvorrichtung 49 für den Hubantrieb des Umformwerkzeugs 13/4 integriert.

**[0067]** Die Hubsteuerungsvorrichtung 49 umfasst eine Kraftmessvorrichtung 50, eine Auswertevorrichtung 51 sowie eine Betätigungsvorrichtung 52. Mittels der Kraftmessvorrichtung 50 wird der Betrag der Abstützkraft gemessen, mit welcher der Umformstempel 11/4 des Umformwerkzeugs 13/4 längs der Hubachse 14 an der Umformmatrize 12 abgestützt ist. In der Auswertevorrichtung 51 wird der gemessene Ist-Betrag der Abstützkraft mit einem in der Hubsteuerungsvorrichtung 49 hinterlegten Grenzbetrag der Abstützkraft verglichen. Erreicht der gemessene Ist-Betrag der Abstützkraft den vorgegebenen Grenzbetrag, so indiziert dies, dass der Umformstempel 11/4 längs der Hubachse 14 seine Hub-Endposition erreicht hat. Die Auswertevorrichtung 51 erzeugt daraufhin ein Schaltsignal für die Betätigungsvorrichtung 52. Aufgrund des von der Auswertevorrichtung 51 generierten Schaltsignals betätigt die Betätigungsvorrichtung 52 den Hubantrieb des Umformwerkzeugs 13/4 dahingehend, dass der zu der Umformmatrize 12 hin gerichtete Bearbeitungshub des Umformstempels 11/4 beendet und ein Rückhub des Umformstempel 11/4 in Gegenrichtung des Bearbeitungshubs eingeleitet wird.

**[0068]** Figur 14 veranschaulicht einen Verfahrensschritt, der bei der Bearbeitung des Blechs 15 in dem dargestellten Beispielsfall vor dem Druckumformen der Verbindungsstege 23 durchgeführt wird. Dabei werden durch trennende Bearbeitung unter Stehenlassen von federelastischen Verbindungsstegen 23 unvollständig voneinander getrennte Blechteile an der Unterseite kantenbearbeitet.

**[0069]** Zu diesem Zweck vorgesehen ist eine Umformrolle 53, die in die untere Werkzeugaufnahme 10 an der Umformstation 6 der Werkzeugmaschine 1 eingewechselt wird. Die Umformrolle 53 wirkt bei der Bearbeitung der Blechteile eines zuvor trennend bearbeiteten Blechs mit einer in Figur 14 nicht gezeigten Gegendruckrolle zusammen, die in die obere Werkzeugaufnahme 9 der Werkzeugmaschine 1 eingewechselt wird und die an der Oberseite des bearbeiteten Blechs mit einer zylindrischen Mantelfläche anliegt. Die Umformrolle 53 ist mit einem doppelkonischen Wulst 54 versehen, der zwei konische Umformflächen 55, 56 aufweist.

**[0070]** Zur Durchführung der Kantenbearbeitung der unvollständig voneinander getrennten Blechteile des trennend bearbeiteten Blechs wird dieses mittels der Koordinatenführung 16 derart über die Werkstückauflage 17 der Werkzeugmaschine 1 bewegt, dass die gegen die Blechteile gepresste Umformrolle 53 längs der Kanten der Blechteile abrollt und dabei an den Kanten der Blechteile mittels der Umformflächen 55, 56 Schrägflächen (Fasen) erzeugt. Dabei werden die Ansätze der Verbindungsstege 23 an den Blechteilen ausgespart. In diesen Bereichen wird im Anschluss an die Kantenbearbeitung der unvollständig voneinander getrennten Blechteile beim Druckumformen der Verbindungsstege 23 mittels des matrizenseitigen Umformorgans 25 des Umformwerkzeugs 13 beziehungsweise mittels der matrizenseitigen Umformorgane der Umformwerkzeuge 13/1, 13/2, 13/3, 13/4 eine entsprechende Schrägfläche erstellt.

**[0071]** Nach dem Druckumformen sämtlicher Verbindungsstege 23 eines bearbeiteten Blechs werden die Blechteile, in dem Beispielsfall gemäß Figur 2 die Blechteile 19, 20, 21, 22 des bearbeiteten Blechs 15, aus dem zugehörigen Restgitter (Restgitter 18 in Figur 2) gelöst. Aufgrund der Querschnittsreduzierung der Verbindungsstege 23 reicht hierfür ein Schütteln des bearbeiteten Blechs aus. Aufgrund der dabei wirkenden Belastung brechen die Verbindungsstege 23 in den durch Druckumformen erzeugten Bruchzonen, wobei aufgrund der Geometrie der stempelseitigen Umformorgane 24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 und der zugeordneten matrizenseitigen Umformorgane der Umformwerkzeuge 13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4 an den Blechteilen keine oder allenfalls minimale Spuren der Verbindungsstege 23 zurückbleiben. Sind aufgrund der entsprechenden Dimensionierung der stempelseitigen Umformorgane 24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4 und der matrizenseitigen Umformorgane die durchmesserreduzierten Ansätze der Verbindungsstege 23 in das Innere der Blechteile zurückversetzt, so ragen auch an den Blechteilen verbliebene Reste der Verbindungsstege 23 nicht über die vor dem Druckumformen der Verbindungsstege 23 erstellten Trennflächen der Blechteile vor.

## Patentansprüche

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

- mit zwei Werkzeugteilen (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12), welche beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) einander gegenüberliegenden Seiten des Verbindungsstegs (23) zugeordnet sind und welche relativ zueinander längs einer Hubachse (14) bewegbar sind, die beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) in Querrichtung des Verbindungsstegs (23) verläuft,
- wobei die Werkzeugteile (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) an längs der Hubachse (14) einander zugewandten

Seiten jeweils mit einem Umformorgan (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) versehen sind und freie Enden der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) mit Stirnseiten (26, 27) längs der Hubachse (14) zueinander hin weisen,

• wobei jedes der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) eine Werkstückseite (31, 32, 35, 36) und eine Stegseite (33, 34, 37, 38) aufweist und beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) die Werkstückseite (31, 32, 35, 36) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) ein und demselben Werkstückteil (18, 19, 20, 21, 22) zugewandt und die Stegseite (33, 34, 37, 38) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) von diesem Werkstückteil (18, 19, 20, 21, 22) abgewandt ist und

• wobei die Werkzeugteile (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) längs der Hubachse (14) mit einem Bearbeitungshub aufeinander zu in eine Hub-Endposition bewegbar sind, in welcher die Stirnseiten (26, 27) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) längs der Hubachse (14) einen Abstand voneinander aufweisen, der beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) kleiner ist als die Erstreckung des umzuförmenden Verbindungsstegs (23) längs der Hubachse (14),

**dadurch gekennzeichnet, dass**

jedes der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) an der Stegseite (33, 34, 37, 38) eine Umformfläche (40, 41, 42, 43) aufweist, die ausgehend von der Stirnseite (26, 27) des Umformorgans (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) längs der Hubachse (14) von der Werkstückseite (31, 32, 35, 36) des Umformorgans (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) weg verläuft.

2. Umformwerkzeug nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens einer der Werkzeugteile (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) eine im Wesentlichen senkrecht zu der Hubachse (14) verlaufende Auflagefläche (29) aufweist, von welcher das Umformorgan (25) dieses Werkzeugteils (12) zu dem anderen Werkzeugteil (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4) hin vorsteht.

3. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eines der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) in einer parallel zu der Hubachse (14) verlaufenden Schnittebene einen dreiecksförmigen Querschnitt aufweist oder dass wenigstens eines der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) in einer parallel zu der Hubachse (14) verlaufenden Schnittebene einen trapezförmigen Querschnitt aufweist.

4. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einer parallel zu der Hubachse (14) verlaufenden Schnittebene eines der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) einen dreiecksförmigen Querschnitt und das andere der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) einen trapezförmigen Querschnitt aufweist.

5. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an wenigstens einem der Werkzeugteile (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) das Umformorgan (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) von einem mit einem Innenhohlraum, vorzugsweise einem Innenkonus (28), versehenen freien Ende des Werkzeugteils (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) gebildet ist.

6. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eines der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) an der Werkstückseite (31, 32, 35, 36) längs der Hubachse (14) parallel zu der Trennfläche (39) an demjenigen Werkstückteil (18, 19, 20, 21, 22) verläuft, welchem die Werkstückseite (31, 32, 35, 36) des Umformorgans (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) zugewandt ist oder dass wenigstens eines der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) an der Werkstückseite (31, 32, 35, 36) längs der Hubachse (14) unter einem Winkel gegenüber der Trennfläche (39) an demjenigen Werkstückteil (18, 19, 20, 21, 22) verläuft, welchem die Werkstückseite (31, 32, 35, 36) des Umformorgans (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) zugewandt ist.

7. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eines der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) an der Werkstückseite (31, 32, 35, 36) längs der Hubachse (14) parallel zu der Trennfläche (39) und das andere der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) an der Werkstückseite (31, 32, 35, 36) längs der Hubachse (14) unter einem Winkel gegenüber der Trennfläche (39) an demjenigen Werkstückteil (18, 19, 20, 21, 22) verläuft, welchem die Werkstückseiten (31, 32, 35, 36) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) zugewandt sind.

8. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stirnseiten (26, 27) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) in Querrichtung der Hubachse (14) gegeneinander

versetzt sind.

9. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) Organabschnitte aufweist, die gegeneinander versetzt sind und mittels derer der Verbindungssteg (23) beim Druckumformen an mehreren längs des Verbindungsstegs (23) gegeneinander versetzten Stellen druckumformbar ist,

- wobei jeweils ein Organabschnitt eines der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) und jeweils ein Organabschnitt des anderen der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) einander zugeordnet und auf diese Weise Organabschnittspaare gebildet sind,
- wobei die Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) an den Organabschnitten der Organabschnittspaare jeweils eine Werkstückseite (31, 32, 35, 36) und eine Stegseite (33, 34, 37, 38) aufweisen und beim Druckumformen des Verbindungsstegs (23) die Werkstückseiten (31, 32, 35, 36) der Organabschnitte eines Organabschnittspaars ein und demselben Werkstückteil (18, 19, 20, 21, 22) zugewandt und die Stegseiten (33, 34, 37, 38) der Organabschnitte eines Organabschnittspaars von diesem Werkstückteil (18, 19, 20, 21, 22) abgewandt sind und
- wobei die Werkstückseiten (31, 32, 35, 36) der Organabschnitte verschiedener Organabschnittspaare verschiedenen Werkstückteilen (18, 19, 20, 21, 22) zugewandt und die Stegseiten (33, 34, 37, 38) der Organabschnitten verschiedener Organabschnittspaare von verschiedenen Werkstückteilen (18, 19, 20, 21, 22) abgewandt sind.

10. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) in einer Umfangsrichtung insbesondere bogenförmig, vorzugsweise längs eines Kreisbogens, um die Hubachse (14) verlaufen.

11. Umformwerkzeug nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eines der Umformorgane (24, 24/1, 24/4; 25) in Umfangsrichtung endlos ausgebildet ist.

12. Umformwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens einer der Werkzeugteile (11/4; 12) einen Vorsprung (47, 48) aufweist, der sich längs der Hubachse (14) zu dem jeweils anderen Werkzeugteil (11/4; 12) hin erstreckt und dass die beiden in die Hub-Endlage bewegten Werkzeugteile (11/4; 12) über den Vorsprung (47, 48) unter Umgehung des Verbindungsstegs (23) längs der Hubachse (14) aneinander abgestützt sind.

13. Werkzeugmaschine mit einem Umformwerkzeug (13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4) zum Druckumformen eines Verbindungsstegs (23), der an seinen Enden an Werkstückteilen (18, 19, 20, 21, 22) ansetzt und der die Werkstückteile (18, 19, 20, 21, 22) miteinander verbindet, die als Bearbeitungsprodukte einer trennenden Bearbeitung eines plattenartigen Werkstücks, insbesondere eines Blechs (15), vorliegen und die jeweils eine Trennfläche (39) aufweisen, in deren Querrichtung der Verbindungssteg (23) verläuft,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
als Umformwerkzeug das Umformwerkzeug (13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4) nach einem der Ansprüche 1 bis 12 vorgesehen ist.

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

- wobei mittels der Kraftmessvorrichtung (50) der Hubsteuerungsvorrichtung (49) während des Bearbeitungshubs der Werkzeugteile (11/4; 12) des Umformwerkzeugs (13/4) der Betrag der Abstützkraft messbar ist, mit welcher die Werkzeugteile (11/4; 12) über den sich längs der Hubachse (14) erstreckenden Vorsprung (47, 48) aneinander abgestützt sind,
- wobei mittels der Auswertevorrichtung (51) der Hubsteuerungsvorrichtung (49) der mittels der Kraftmessvorrichtung (50) gemessene Betrag der Abstützkraft mit einem der Hub-Endlage der Werkzeugteile (11/4; 12) zugeordneten Grenzbetrag der Abstützkraft vergleichbar ist und
- wobei mittels der Auswertevorrichtung (51) der Hubsteuerungsvorrichtung (49) bei Erreichen oder Überschrei-

ten des Grenzbetrags der Abstützkraft ein Schaltsignal für die Betätigungsvorrichtung (52) der Hubsteuerungsvorrichtung (49) erzeugbar ist, aufgrund dessen die Betätigungsvorrichtung (52) den Hubantrieb des Umformwerkzeugs (13/4) im Sinne einer Beendigung des Bearbeitungshubs betätigt.

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

10 • wobei zwei Werkzeugteile (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) eines Umformwerkzeugs (13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4) an wenigstens einem Ende des Verbindungsstegs (23) einander gegenüberliegenden Seiten des Verbindungsstegs (23) zugeordnet und relativ zueinander längs einer Hubachse (14) bewegt werden, die in Querrichtung des Verbindungsstegs (23) verläuft,

15 • wobei der Verbindungssteg (23) an dem wenigstens einen Ende durch Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) der Werkzeugteile (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) beaufschlagt wird, mit denen die Werkzeugteile (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) an längs der Hubachse (14) einander zugewandten Seiten versehen sind, die an freien Enden mit Stirnseiten (26, 27) längs der Hubachse (14) zueinander hin weisen und von denen jedes eine Werkstückseite (31, 32, 35, 36) und eine Stegseite (33, 34, 37, 38) aufweist,

20 • wobei die Werkzeugteile (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) gegenüber dem Verbindungssteg (23) derart ausgerichtet werden, dass die Werkstückseite (31, 32, 35, 36) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) ein und demselben Werkstückteil (18, 19, 20, 21, 22) zugewandt und die Stegseite (33, 34, 37, 38) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) von diesem Werkstückteil (18, 19, 20, 21, 22) abgewandt ist und

25 • wobei die Werkzeugteile (11, 11/1, 11/2, 11/3, 11/4; 12) längs der Hubachse (14) mit einem Bearbeitungshub aufeinander zu in eine Hub-Endposition bewegt werden, in welcher die Stirnseiten (26, 27) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) längs der Hubachse (14) einen Abstand voneinander aufweisen, der kleiner ist als die Erstreckung des umzuformenden Verbindungsstegs (23) längs der Hubachse (14),

**dadurch gekennzeichnet, dass**

30 das Verfahren mittels des Umformwerkzeugs (13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4) nach einem der Ansprüche 1 bis 12 und/oder mittels der Werkzeugmaschine (1) nach Anspruch 13 oder Anspruch 14 durchgeführt wird, wobei an den einander gegenüberliegenden Seiten des Verbindungsstegs (23) Werkstoff des Verbindungsstegs (23) mittels der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) des Umformwerkzeugs (13, 13/1, 13/2, 13/3, 13/4) plastifiziert und plastifizierter Werkstoff des Verbindungsstegs (23) an der Stegseite (33, 34, 37, 38) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) durch die Umformflächen (40, 41, 42, 43) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) von der Werkstückseite (31, 32, 35, 36) der Umformorgane (24, 24/1, 24/2, 24/3, 24/4; 25) weg verdrängt wird.

16. 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,

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

45 • 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**

50 nach dem unvollständigen Trennen der Werkstückteile (18, 19, 20, 21, 22) der Verbindungssteg (23) nach dem Verfahren gemäß Anspruch 15 druckumgeformt wird.

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

18. Verfahren zum Bearbeiten von plattenartigen Werkstücken, insbesondere zum Bearbeiten von Blechen (15), wobei

## EP 3 088 096 A1

das Werkstück trennend bearbeitet wird,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Werkstück nach dem Verfahren gemäß Anspruch 16 oder Anspruch 17 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 Verbindungssteigs (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.

5

10

15

20

25

30

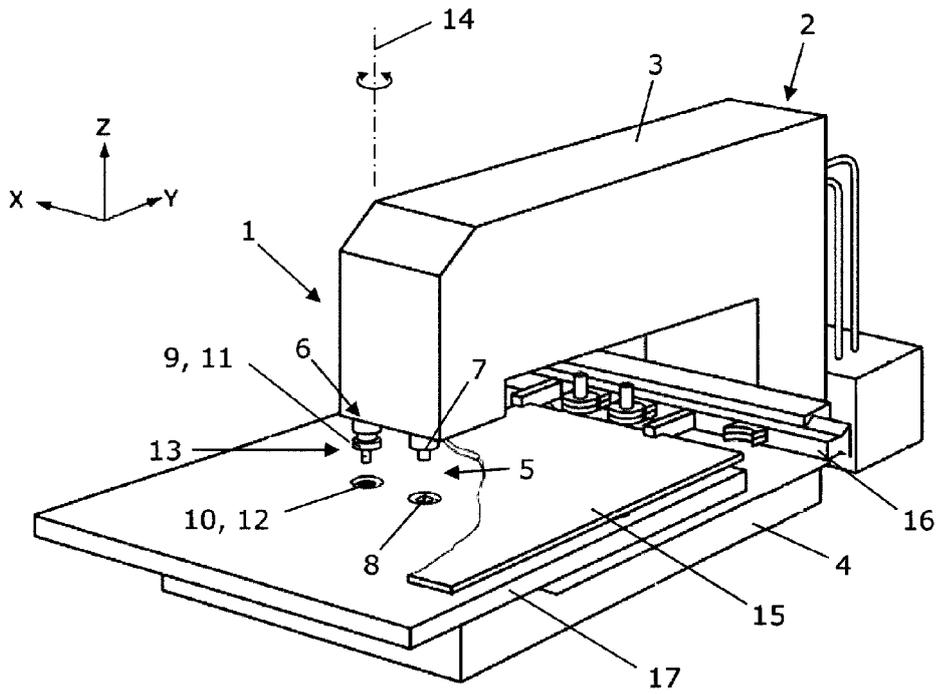
35

40

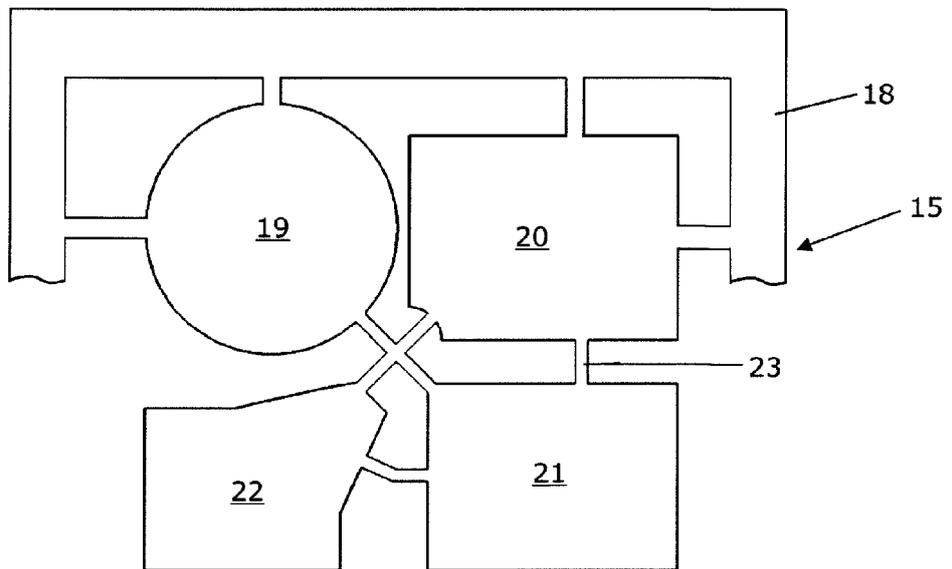
45

50

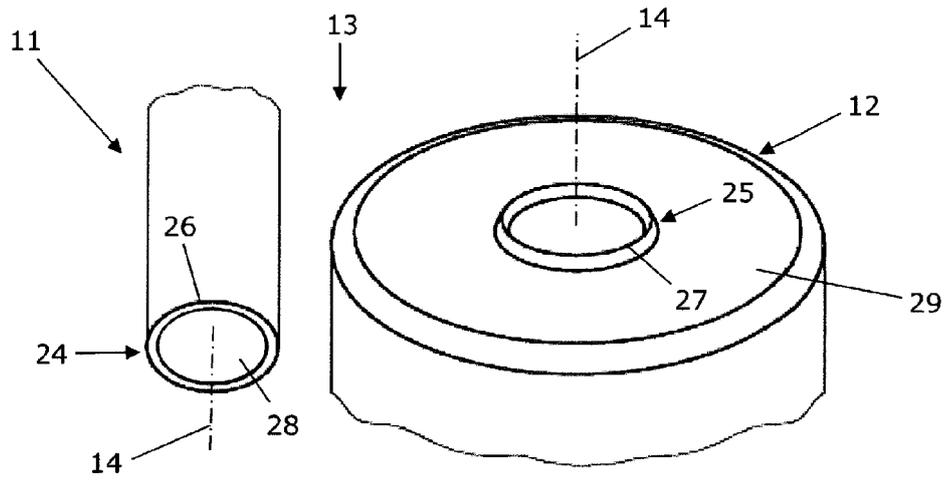
55



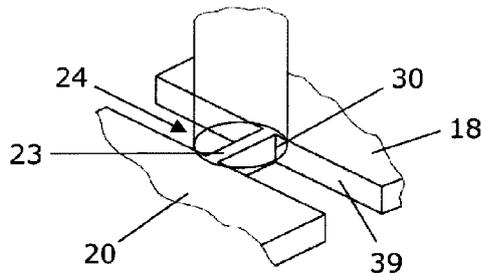
**Fig. 1**



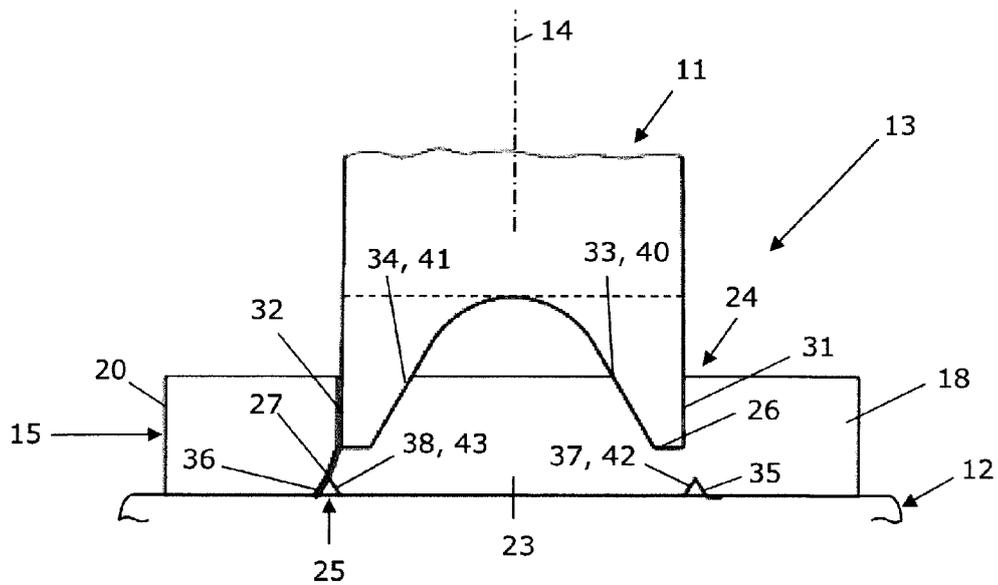
**Fig. 2**



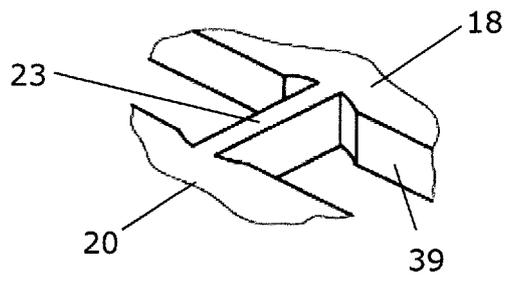
**Fig. 3**



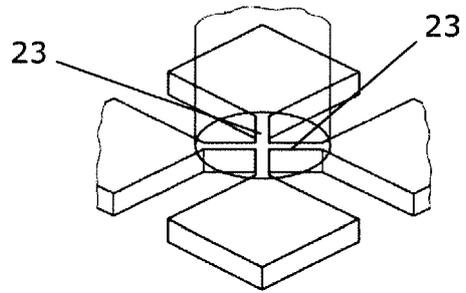
**Fig. 4**



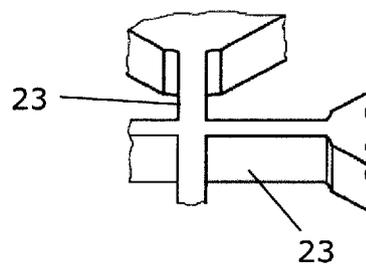
**Fig. 5**



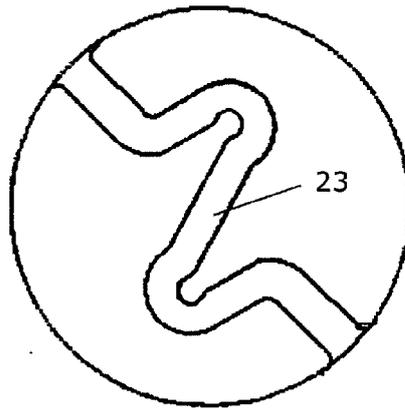
**Fig. 6**



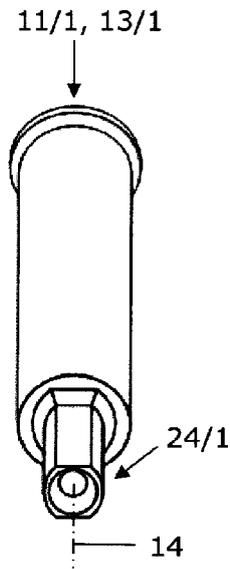
**Fig. 7**



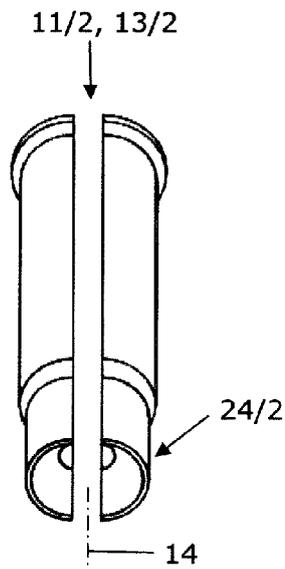
**Fig. 8**



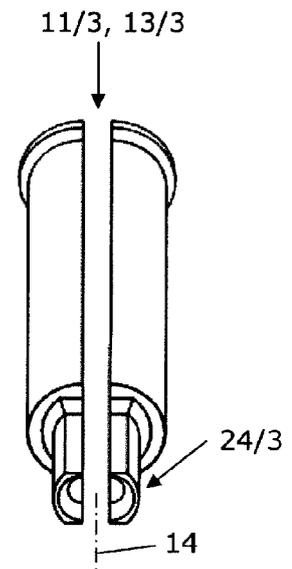
**Fig. 9**



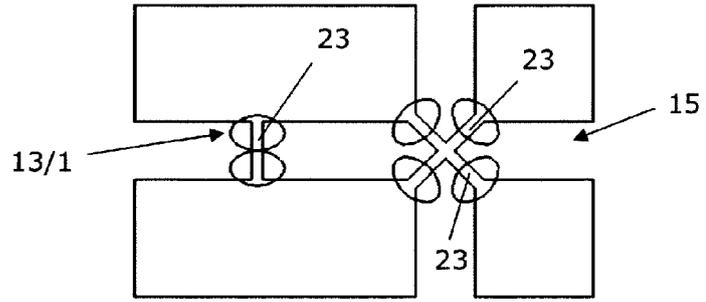
**Fig. 10a**



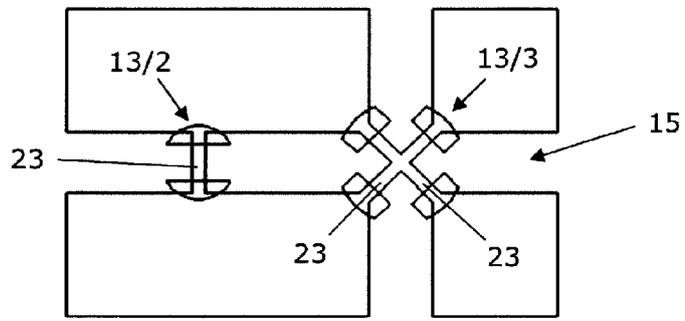
**Fig. 10b**



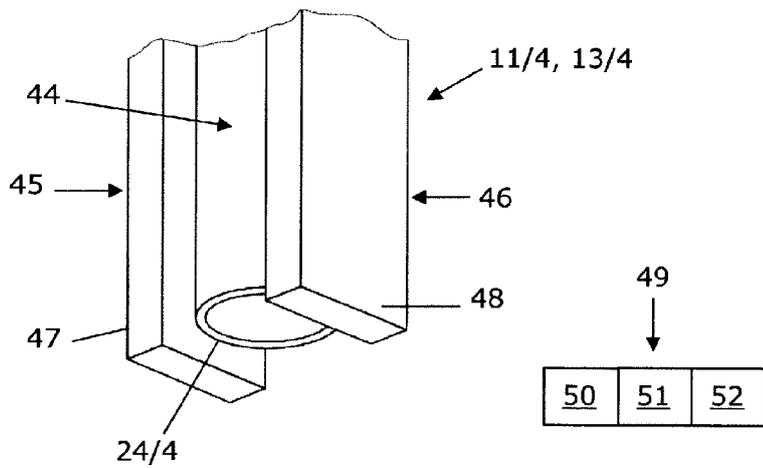
**Fig. 10c**



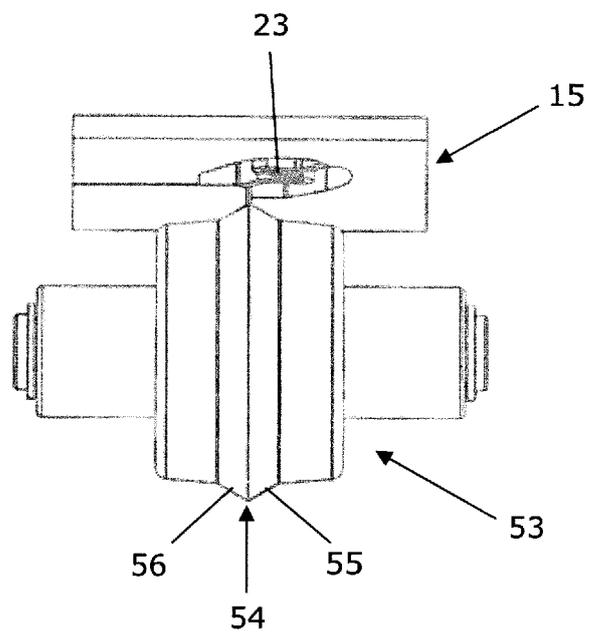
**Fig. 11**



**Fig. 12**



**Fig. 13**



**Fig. 14**



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 15 16 5673

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X A	US 4 362 078 A (OHNISHI TATSUO ET AL) 7. Dezember 1982 (1982-12-07) * Abbildungen 4,5 *	1-7,10, 11,13 8,9,12, 14-18	INV. B21D28/10 B21D28/34 B21D28/16
X A	DE 10 2012 011767 A1 (UNIV MUENCHEN TECH [DE]) 14. November 2013 (2013-11-14) * Abbildung 1 *	1-3,13 4-12, 14-18	
A,D	US 5 655 401 A (BAUER THEODORE L [US] ET AL) 12. August 1997 (1997-08-12) * Abbildungen 6-8 *	1-18	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>8. Oktober 2015</b>	Prüfer <b>Vinci, Vincenzo</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 16 5673

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

08-10-2015

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4362078 A	07-12-1982	JP S6315048 B2 JP S56134026 A US 4362078 A	02-04-1988 20-10-1981 07-12-1982
DE 102012011767 A1	14-11-2013	DE 102012011767 A1 WO 2013167232 A1	14-11-2013 14-11-2013
US 5655401 A	12-08-1997	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**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]