



(11) **EP 1 952 904 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**29.08.2012 Patentblatt 2012/35**

(51) Int Cl.:  
**B21D 5/12** (2006.01) **B21D 53/04** (2006.01)  
**B21D 5/08** (2006.01) **F28D 1/00** (2006.01)  
**F28F 1/00** (2006.01) **B21D 53/08** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08000606.7**

(22) Anmeldetag: **15.01.2008**

(54) **Umformverfahren zum Herstellen eines Eckfalzes für Wärmetauscherrohre**

Forming process for the production of a fold in a heat exchanger tube

Procédé de déformation pour la formation d'un pliage dans un tube d'échangeur de chaleur

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

(30) Priorität: **05.02.2007 DE 102007005590**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**06.08.2008 Patentblatt 2008/32**

(73) Patentinhaber: **Behr GmbH & Co. KG  
70469 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder: **Hägele, Jürgen  
70469 Stuttgart (DE)**

(74) Vertreter: **Grauel, Andreas  
Grauel IP  
Patentanwaltskanzlei  
Presselstrasse 10  
70191 Stuttgart (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 829 316 EP-A- 1 213 555  
WO-A-02/086408 DE-A1- 19 958 935  
FR-A- 2 836 546 JP-A- 2004 276 070  
US-A1- 2003 145 465**

**EP 1 952 904 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 Umformverfahren gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

**[0002]** Aus der europäischen Patentanmeldung EP 0 829 316 A2 ist ein Formwalzverfahren zum Formen eines Flachrohrs mit einem Eckfalz bekannt, der in zwei Stufen umgeformt und gestaucht wird.

**[0003]** Die FR 2836546 offenbart die Herstellung eines Rohrs mit Eckfalz.

**[0004]** Die US 2003/0145465 A1 offenbart ein Verfahren zum Formen eines Wärmetauscherrohrs, eines so genannten B-Rohrs, wobei das Rohr in einer Mehrzahl von Schritten gebogen wird, bevor es gelötet wird.

**[0005]** Die WO 02/086408 A1 offenbart die Herstellung eines so genannten B-Rohrs für Wärmeübertrager, wobei am mittleren Steg nach außen hervorstehende Vorsprünge angeformt werden.

**[0006]** Die EP 1213555 A1 offenbart ein so genanntes B-Rohr für einen Wärmeübertrager, wobei der Steg zur Abtrennung der beiden Kammern des B-Rohrs durch Mehrfachfaltungen erzeugt wird.

**[0007]** Aufgabe der Erfindung ist es, die Geometrie von Wärmetauscherrohren im Bereich des Eckfalzes, insbesondere im Hinblick auf die Lötbarkeit, zu optimieren.

**[0008]** Die Aufgabe ist bei einem Umformverfahren durch die Merkmale von Anspruch 1 gelöst.

**[0009]** Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Umformverfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass der Zwischenraum an der Innenseite des Eckfalzes vorgesehen ist. Dadurch wird eine gute Abstützung des Eckfalzes auf der Außenseite ermöglicht.

**[0010]** Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Umformverfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass der Nutgrund zu dem Zwischenraum hin geneigt ist. Dadurch kann ein unerwünschtes Ausknicken des Eckfalzes in den Zwischenraum verhindert werden.

**[0011]** Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnung verschiedene Ausführungsbeispiele im Einzelnen beschrieben sind. Es zeigen:

- Figur 1 einen Blechstreifen mit einem Eckfalz, der in fünf Umformstufen gebogen und gestaucht wird;
- Figur 2 einen Ausschnitt eines erfindungsgemäßen Wärmetauscherrohrs mit zwei Eckfalzen vor dem Verlöten;
- Figur 3 einen ähnlichen Ausschnitt wie in Figur 2 mit einer durchgängigen Plattierschicht;
- Figur 4 einen ähnlichen Ausschnitt wie in Figur 2 mit angeschrägten Falzenden nach dem Verlöten;
- Figur 5 den gleichen Ausschnitt wie in Figur 4, wobei die Falzenden in einer anderen Richtung angeschrägt sind;
- Figur 6 einen ähnlichen Ausschnitt wie in Figur 4;

- Figur 7 ein Wärmetauscherrohr mit zwei Rohrkammern im Querschnitt;
- Figur 8 ein ähnliches Wärmetauscherrohr wie in Figur 7 mit vier Rohrkammern;
- 5 Figur 9 ein Werkzeug mit einer Oberrolle und einer Unterrolle einer ersten Umformstufe;
- Figur 10 ein Werkzeug mit einer Oberrolle und einer Unterrolle einer zweiten Umformstufe;
- Figur 11 ein Werkzeug mit einer Oberrolle und einer Unterrolle einer dritten Umformstufe;
- 10 Figur 12 ein Werkzeug mit einer Oberrolle und einer Unterrolle einer vierten Umformstufe;
- Figur 13 eine ähnliche Darstellung wie in Figur 12 und
- Figur 14 ein Werkzeug mit einer Oberrolle und einer Unterrolle einer vierten Umformstufe gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

**[0012]** In Figur 1 sind fünf Umformschritte oder Verfahrensschritte 1 bis 5 zur Herstellung eines scharfkantigen Eckfalzes untereinander dargestellt. Ein Blechstreifen 1 hat die Gestalt einer rechteckigen Platte 2, von der ein Eckfalz 4 rechtwinklig abgebogen wird. Der Blechstreifen 1 hat eine Dicke S. In der ersten Umformstufe wird der Eckfalz 4 um einen Winkel von etwa 30 Grad umgebogen. Die Länge des Eckfalzes 4 ist mit x1 bezeichnet. In der zweiten Umformstufe wird der Eckfalz 4 etwa um weitere 40 Grad umgebogen. Die Länge des Eckfalzes 4 ist mit x2 bezeichnet. In der dritten Umformstufe wird der Eckfalz 4 um weitere 20 Grad umgebogen. Die Länge des Eckfalzes 4 ist mit x3 bezeichnet.

**[0013]** Nach der dritten Umformstufe ist der Eckfalz 4 in einem Winkel von 90 Grad zu der rechteckigen Platte 2 angeordnet. Die Breite der rechteckigen Platte 2 ist mit L3 bezeichnet. In der vierten Umformstufe werden der Eckfalz 4 gestaucht und gegebenenfalls die Breite der rechteckigen Platte 2 reduziert. Außerdem wird das freie Ende des Eckfalzes 4 in einem Winkel  $\alpha$  angeschrägt. Die Länge des Eckfalzes 4 ist mit x4 bezeichnet. Die Breite der rechteckigen Platte 2 ist mit L4 bezeichnet. In dem fünften Umformschritt werden der Eckfalz 4 und gegebenenfalls die Breite der rechteckigen Platte 2 weiter reduziert. Die Länge des Eckfalzes 4 ist mit x5 bezeichnet. Die Breite der rechteckigen Platte 2 ist mit L5 bezeichnet. Außerdem wird das freie Ende des Eckfalzes 4 weiter angeschrägt, wie durch einen Winkel  $\beta$  angedeutet ist.

**[0014]** In den drei Umformstufen 1 bis 3 wird der Eckfalz 4 gebogen. Dabei wird die Schenkelhöhe x1 bis x3 des Eckfalzes 4 vorzugsweise konstant gehalten, um eine scharfkantige Falzecke einzuformen. Die Schenkelhöhe kann aber auch bereits in den Umformstufen 1 bis 3 in Abhängigkeit des Verhältnisses der fertigen Falzhöhe x5 zu der Rohrwanddicke S von Stufe zu Stufe reduziert werden. In den Umformschritten 4 und 5 wird der Falz mindestens einmal kalibriert. Bei der Kalibrierung wird entweder die Breite L3 bis L5 verkleinert und die Falzhöhe konstant gehalten, oder die Breite L3 bis L5 konstant gehalten und die Falzhöhe x3 bis x5 reduziert.

Es ist auch möglich, die Falzhöhe  $x$  und die Breite  $L$  gemeinsam zu reduzieren. Die optimale Geometrie ist abhängig von der Verarbeitungseigenschaften des Rohrbandes 1 sowie dem Verhältnis der Rohrwanddicke zur fertigen Falzhöhe.

**[0015]** In den Kalibrierstufen 4 und 5 wird an die Bandkante am freien Ende des Eckfalzes 4 eine Schräge angeprägt. Das Anprägen der Schräge ermöglicht eine Oberrollenkontur, in der die Falzbreite ausgespart werden und deshalb besser entformt werden kann. Die Schräge ist in einem Winkel  $\alpha$ ,  $\beta$  so geneigt, dass sie den Falz an die senkrechte Rollenwand drückt, an der sich der Falz 4 abstützen kann. Dadurch kann ein unerwünschtes Ausknicken des Eckfalzes 4 auf die freie, nicht gestützte Falzseite verhindert werden. Das wiederum führt dazu, dass der Eckfalz 4 stärker komprimiert und somit scharfkantiger geformt werden kann, ohne dass es zu Entformungsproblemen zwischen Rolle und Falz kommt.

**[0016]** In Figur 2 ist ein Ausschnitt eines Rohres 10 im Querschnitt dargestellt. Bei dem Rohr 10 handelt es sich um ein Flachrohr eines Wärmetauschers. Das Rohr 10 umfasst ein Rohrwandstück 11, das im Wesentlichen die Gestalt einer rechteckigen Platte aufweist. Darüber hinaus umfasst das Rohr 10 zwei weitere Rohrwandstücke 12 und 13, die parallel zu dem Rohrwandstück 11 angeordnet sind. Von den Rohrwandstücken 12 und 13 ist jeweils ein Eckfalz 14, 15 im rechten Winkel abgebogen. Die freien Enden der Eckfalze 14 und 15 werden mit dem Rohrwandstück 11 verlötet. Durch diese Gestaltung der Eckfalze 14 und 15 werden in dem Rohr 10 zwei Rohrkammern 16 und 17 ausgebildet. Die Rohrwanddicke ist mit  $S$  bezeichnet. Die Rohrwanddicke im Bereich der Biegung der Eckfalze ist mit  $x$  bezeichnet. Der äußere Radius im Bereich der Biegung des Eckfalzes 14, 15 ist mit  $R$  bezeichnet. Die fertige Schenkelhöhe des Eckfalzes 14, 15 ist mit  $x_F$  bezeichnet. Gemäß einem Aspekt der Erfindung ist die Dicke  $x$  im Bereich der Biegung größer oder gleich der Rohrwanddicke  $S$ . Außerdem ist der Radius  $R$  gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung kleiner als die Rohrwanddicke  $S$ .

**[0017]** In Figur 3 ist angedeutet, dass die Rohrwandstücke 12 und 13 innen mit einer durchgehenden Plattierschicht 18, 19 versehen sind. Das Rohrwandstück 11 ist ebenfalls mit einer Plattierschicht 20 versehen. Die Plattierschichten 18 bis 20 sind einstückig miteinander verbunden. Somit sind die Rohrwandkammern 16, 17 innen mit einer kompletten Schutzplattierung versehen. Dadurch wird die Korrosionsbeständigkeit erhöht. Zur Verbesserung der Verlotung ist anstelle oder zusätzlich zur Schutzplattierung insbesondere eine Lotplattierung vorgesehen.

**[0018]** In Figur 4 sieht man, dass die freien Enden 24 und 25 der Eckfalze 14 und 15 jeweils in einem Winkel  $\beta$  abgeschrägt sind. Dadurch wird zwischen den freien Enden 24 und 25 und dem Rohrwandstück 11 jeweils ein keilförmiger Spalt ausgebildet, der sich zu der zugehörigen Rohrwandkammer 16, 17 hin erweitert. Die Eckfalze

14 und 15 sind an ihrer Außenseite miteinander verlötet. Des Weiteren sind die freien Enden 24 und 25 der Eckfalze 14 und 15 mit dem Rohrwandstück 11 verlötet.

**[0019]** In Figur 5 ist angedeutet, dass die freien Enden 28 und 29 der Eckfalze 14 und 15 auch in der entgegengesetzten Richtung abgeschrägt sein können, wie durch einen Winkel  $\gamma$  angedeutet ist. Bei dem in Figur 5 dargestellten Ausführungsbeispiel ergibt sich durch die Abschrägungen der freien Enden 28 und 29 ein im Wesentlichen dreieckförmiger Zwischenraum zwischen dem Rohrwandstück 11 und den freien Enden 28, 29 der Eckfalze 14, 15. Dieser Zwischenraum ist mit Lot gefüllt. Durch die abgeschrägten oder angeschrägten Falzen wird, wie in den Figuren 4 und 5 gezeigt ist, die Benetzbarkeit der Falzverbindung mit Lot verbessert.

**[0020]** In Figur 6 ist eine ähnliche Darstellung wie in Figur 4 gezeigt. Die Falzen sind um einen Winkel  $\gamma$  angeschrägt. Bei 32 ist angedeutet, dass bei der Falzkalibrierung ein Grat entstehen kann. Dieser Grat wirkt sich jedoch nicht negativ auf die Qualität des Wärmetauscherrohrs 10 aus.

**[0021]** In Figur 7 ist das Wärmetauscherrohr 10 im Querschnitt komplett dargestellt. In Figur 7 sieht man, dass die Rohrwandstücke 12 und 13 einstückig mit dem Rohrwandstück 11 verbunden sind.

**[0022]** In Figur 8 ist ein Wärmetauscherrohr 40 im Querschnitt dargestellt, das vier Rohrkammern aufweist.

**[0023]** In Figur 9 ist ein Abschnitt einer Oberrolle 41 im Schnitt dargestellt, die um eine Drehachse 42 drehbar ist. Des Weiteren ist eine Unterrolle 43 im Schnitt dargestellt, die um eine Drehachse 44 drehbar ist. Zwischen der Oberrolle 41 und der Unterrolle 43 ist ein Blechstreifen 1 angeordnet, der die Gestalt einer rechteckigen Platte 2 aufweist, von der ein Eckfalz 4 abgebogen wird. Die Länge des Eckfalzes 4 ist mit  $x_1$  bezeichnet. Figur 9 entspricht der Umformstufe 1 in Figur 1.

**[0024]** Figur 10 entspricht der Umformstufe 2 in Figur 1. Der Blechstreifen 1 ist zwischen einer Oberrolle 45 und einer Unterrolle 46 angeordnet.

**[0025]** Figur 11 entspricht dem Umformschritt 3 in Figur 1. Der Blechstreifen 1 ist zwischen einer weiteren Oberrolle 47 und einer weiteren Unterrolle 48 angeordnet.

**[0026]** In Figur 12 ist ein Kalibrierschritt angedeutet. Der Blechstreifen 1 ist zwischen einer Oberrolle 51, die um eine Drehachse 52 drehbar ist, und einer Unterrolle 53 angeordnet, die um eine Drehachse 54 drehbar ist. Die Oberrolle 51 ist mit einer Ringnut ausgestattet, in welcher der Eckfalz 4 angeordnet ist. Der Eckfalz 4 liegt mit seiner Außenseite an der Oberrolle 51 an. Zwischen der Innenseite des Eckfalzes 4 und der Oberrolle 51 ist ein keilförmiger Zwischenraum 57 vorgesehen, der sich zu der rechteckigen Platte 2 hin erweitert.

**[0027]** In Figur 13 ist der Blechstreifen 1 zwischen einer Oberrolle 61, die um eine Drehachse 62 drehbar ist, und einer Unterrolle 63 angeordnet, die um eine Drehachse 64 drehbar ist. Bei dem in Figur 13 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Ringnut, in der der Eckfalz 4

angeordnet ist, breiter als bei dem vorangegangenen Ausführungsbeispiel. Dadurch entsteht zwischen der Innenseite des Eckfalzes 4 und der Oberrolle 61 ein Zwischenraum 67, der größer ist als bei dem vorangegangenen Ausführungsbeispiel. Das hat zur Folge, dass an dem freien Ende des Eckfalzes 4 Grat 68 entstehen kann. Dieser Grat 68 beeinträchtigt jedoch nicht die Lötverbindung zwischen dem Eckfalz 4 und dem zugehörigen Rohrwandstück (11 in Figur 2).

[0028] In Figur 14 ist der 131echstreifen 1 zwischen einer Oberrolle 71, die um eine Drehachse 72 drehbar ist, und einer Unterrolle 73 angeordnet, die um eine Drehachse 74 drehbar ist. Das freie Ende des Eckfalzes 4 ist um einen Winkel  $\gamma$  in der entgegengesetzten Richtung angeschrägt wie bei den vorangegangenen Ausführungsbeispielen. Außerdem ist die Ringnut, in der der Eckfalz 4 angeordnet ist, so ausgebildet, dass der Eckfalz 4 mit seiner Innenseite an der Oberrolle 71 anliegt. Zwischen der Außenseite des Eckfalzes 4 und der Oberrolle 71 ist ein keilförmiger Zwischenraum 77 ausgebildet, der sich zu der Unterrolle 73 hin erweitert.

## Patentansprüche

1. Umformverfahren zum Herstellen eines Eckfalzes (4;14,15) für Wärmetauscherrohre (10;44) mit einer Umformvorrichtung zum Herstellen eines Eckfalzes für Wärmetauscherrohre (10;40) mit mindestens zwei Rohrkammern (16,17), wobei der Eckfalz (4;14,15) mit Hilfe von Rollen (41,43;45,46;47,48;51,53;61,63;71,73) umgebogen und gestaucht wird, mit einer Ober- und/oder Unterrolle (47;51;61;71), die zum Umformen des Eckfalzes eine Ringnut mit einem Nutgrund aufweist, von dem zwei Nutflanken ausgehen, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Eckfalz (4;14,15) in mindestens drei Stufen umgebogen und gestaucht wird und zwischen dem Eckfalz (4) und einer der Nutflanken, im Querschnitt durch den Eckfalz betrachtet, ein im Wesentlichen keilförmiger Spalt (57;67;77) vorgesehen ist, der sich, bezogen auf die Ober- beziehungsweise Unterrolle, nach außen erweitert.
2. Umformverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zwischenraum (57;67) an der Innenseite des Eckfalzes vorgesehen ist.
3. Umformverfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Nutgrund zu dem Zwischenraum (57;67;77) hin geneigt ist.

## Claims

1. A forming process for the production of a fold (4;14,15) in a heat exchanger tube (10;40), comprising a forming device for producing a fold in a heat ex-

changer tube (10;40) having at least two tube chambers (16,17), wherein the fold (4;14,15) is bent and upset using rolls (41,43;45,46;47,48;51,53;61,63;71,73), with an upper and/or lower roll (47;51;61;71) which has an angular groove with a groove base for forming the fold, two groove flanks originating from the groove base, **characterized in that** the fold (4;14,15) is bent and upset in at least three states and, as seen looking at the cross-section of the fold, a substantially wedge-shaped gap (57;67;77) is provided between the fold (4) and once of the groove flanks, the gap widening toward the outsize relative to the upper or slower roll.

2. The forming process according to claim 1, **characterized in that** the intermediate space (57;67) is provided on the inner side of the fold.
3. The forming process according to claim 1 or 2, **characterized in that** the groove base is inclined toward the intermediate space (57;67;77).

## Revendications

1. Procédé de déformation pour produire un pliage angulaire (4;14,15) pour des tubes d'échangeurs de chaleur (10;40), comprenant un dispositif de déformation pour la production d'un pliage angulaire pour des tubes d'échangeurs de chaleur (10;40) comportant au moins deux chambres tubulaires (16,17), ou le pliage angulaire (4;14,15) est recourbé et refoulé à l'aide de rouleaux (41,43;45,46;47,48;51,53;61,63;71,73), ledit dispositif de déformation comprenant un rouleau supérieur et / ou inférieur (47;51;61;71) qui, pour la déformation du pliage angulaire, présente une rainure annulaire comportait un fond de rainure à partir duquel partent deux flancs de rainure, **caractérisé en ce que** le pliage angulaire (4;14,15) est recourbé et refoulé dans au moins trois étapes, et est prévu, entre le pliage angulaire (4) et l'un des flancs de rainure, en regardait en section à travers le pliage angulaire, un espace (57;67;77) sensiblement en forme de coin qui, par rapport au rouleau supérieur ou inférieur, s'élargit vers l'extérieur.
2. Procédé de déformation selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'espace intermédiaire (57;67) est prévu sur le côté intérieur du pliage angulaire.
3. Procédé de déformation selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le fond de rainure est incliné en direction de l'espace intermédiaire (57;67;77),

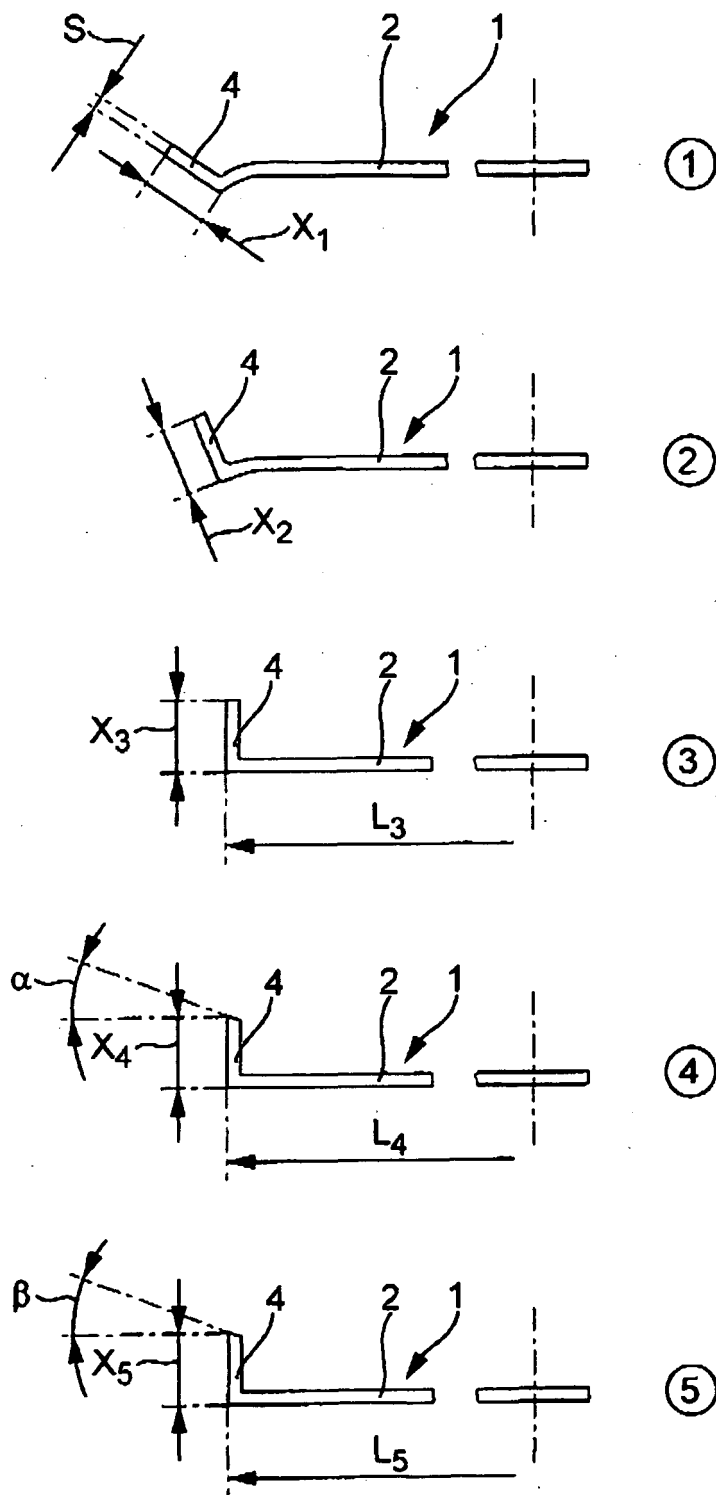


Fig. 1

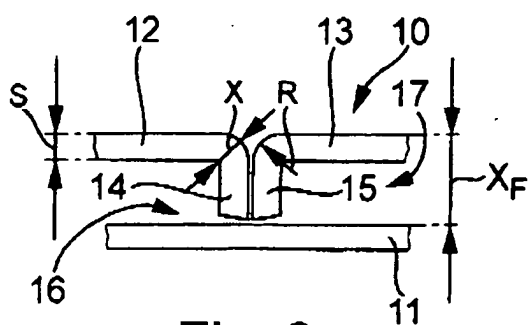


Fig. 2

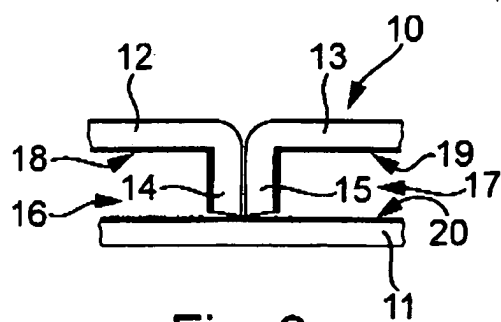


Fig. 3

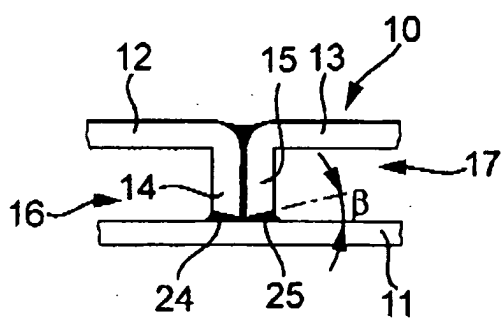


Fig. 4

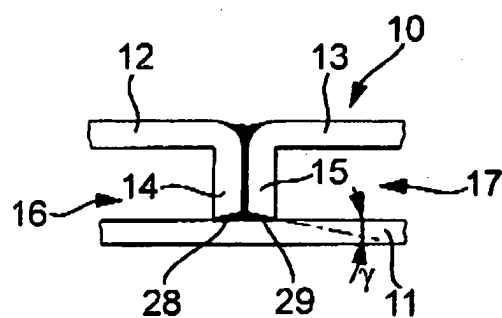


Fig. 5

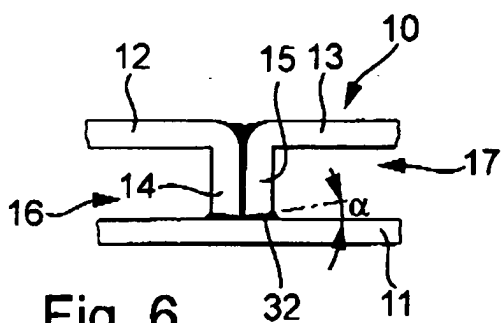


Fig. 6

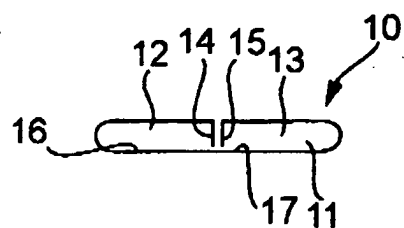
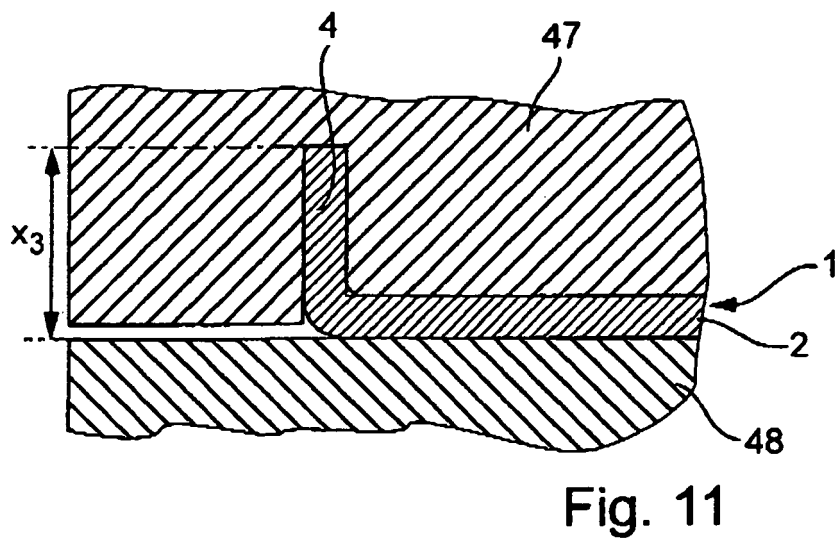
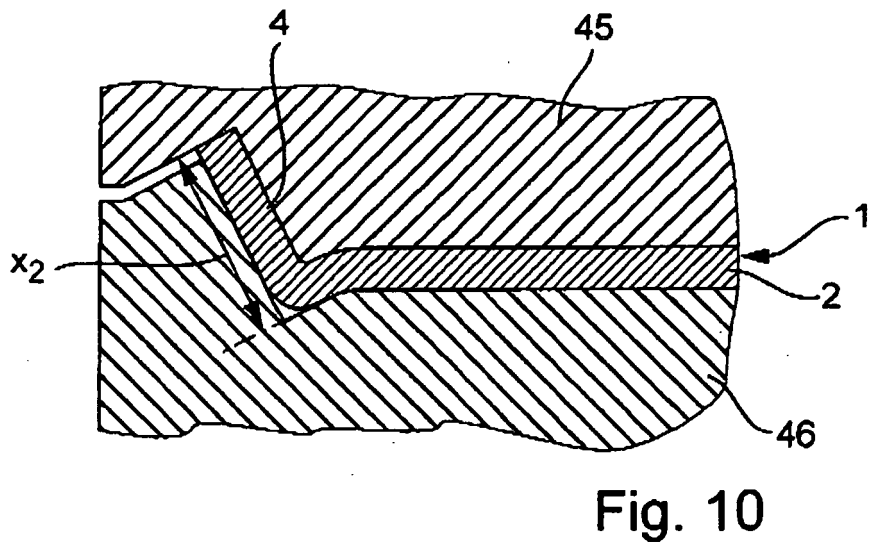
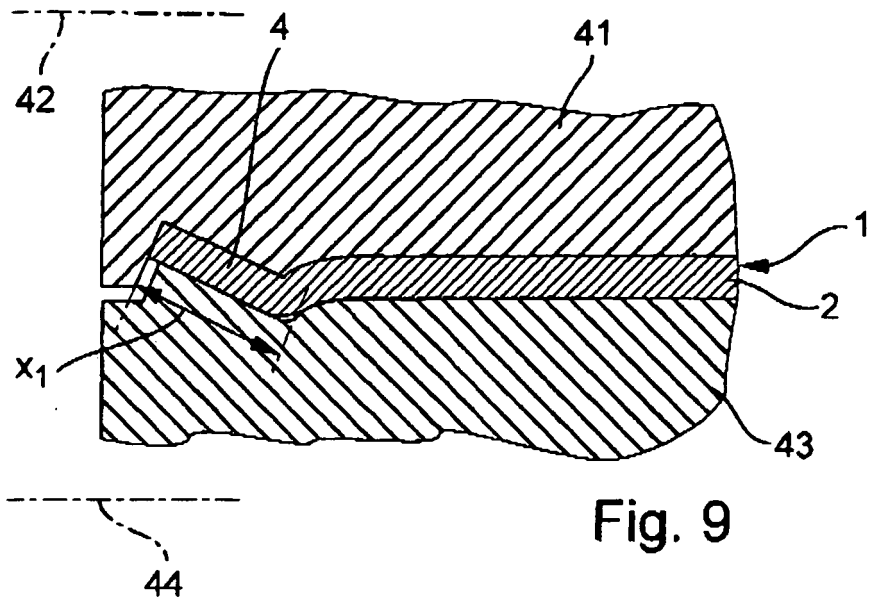


Fig. 7



Fig. 8



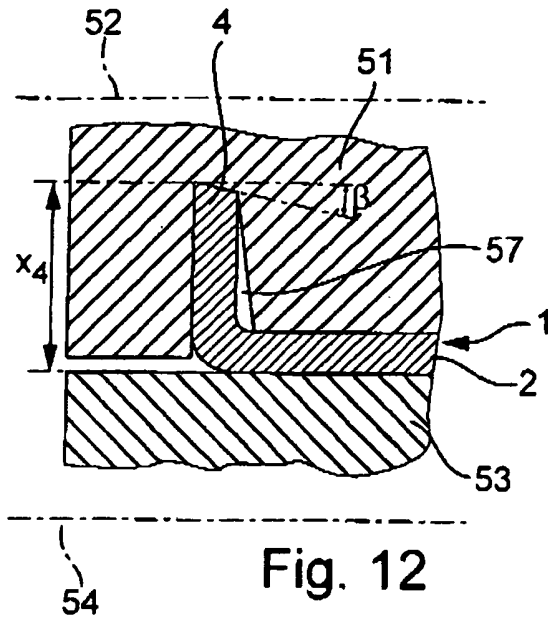


Fig. 12

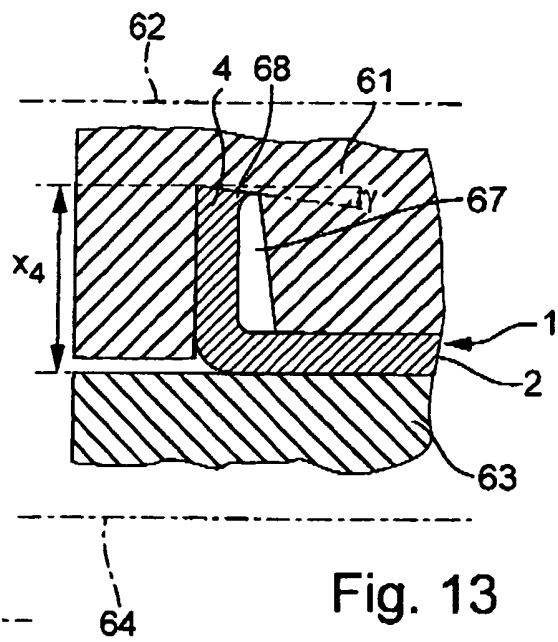


Fig. 13

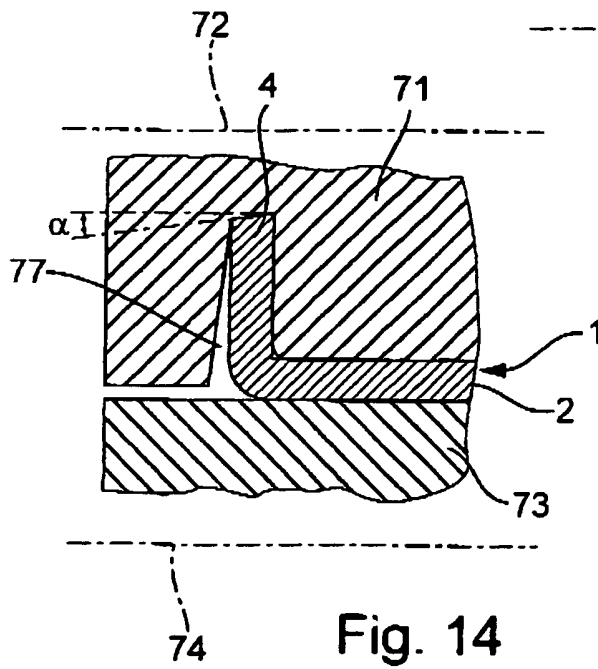


Fig. 14

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 0829316 A2 [0002]
- FR 2836546 [0003]
- US 20030145465 A1 [0004]
- WO 02086408 A1 [0005]
- EP 1213555 A1 [0006]