



(10) **AT 520563 B1 2019-05-15**

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 51081/2017 (51) Int. Cl.: **B21D 5/00** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 22.12.2017 **B21D 7/14** (2006.01)
(45) Veröffentlicht am: 15.05.2019

(56) Entgegenhaltungen:
EP 1961502 A2
DE 19936839 A1
DE 10130937 C1
EP 1398094 A1

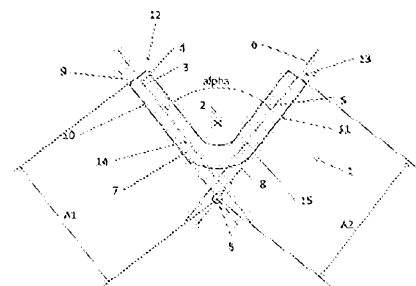
(73) Patentinhaber:
TRUMPF Maschinen Austria GmbH & Co. KG.
4061 Pasching (AT)

(74) Vertreter:
Anwälte Burger und Partner Rechtsanwalt
GmbH
4580 Windischgarsten (AT)

(54) **Bestimmung der Biegever kürzung eines zu bie genden Blechwerkstückes**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abschätzen einer Verkürzungslänge eines um n Biegeachsen und um n Biegewinkel α gebogenen Blechwerkstückes umfassend die folgenden Verfahrensschritte, wobei das gebogene Blechwerkstück $n+1$ sich entlang einer Erstreckungsgeraden erstreckende Schenkel und n durch die Biegung des Blechwerkstückes hergestellte und sich zwischen zwei benachbarte Schenkel erstreckenden Krümmungsbereiche umfasst.

Fig.1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abschätzen einer Verkürzungslänge eines um n Biegeachsen und um n Biegewinkel α gebogenen Blechwerkstückes, wobei das gebogene Blechwerkstück $n+1$ sich entlang einer Erstreckungsgeraden erstreckende Schenkel und n durch die Biegung des Blechwerkstückes hergestellte und sich zwischen zwei benachbarte Schenkel erstreckenden Krümmungsbereiche umfasst.

[0002] Der Buchstabe n steht hierbei für eine natürliche Zahl; es gilt $n=1,2,3,4,\dots$

[0003] Eine Schwierigkeit beim Biegen eines Blechstreifens um eine Biegeachse besteht darin, die Ursprungslänge des Blechstreifens so zu wählen, dass der gebogene Blechstreifen definierte Abmessungen aufweist. Während des Vorganges des Biegens kommt es nach der gängigen Lehre in Abhängigkeit des zu biegenden Werkstückes an der Innenseite des Krümmungsbereiches zu Stauchungen, während der Werkstoff an der Außenseite des Krümmungsbereiches einer Streckung unterworfen ist. Das Ausmaß des Stauchens und des Streckens des Werkstückes an der Innenseite beziehungsweise an der Außenseite der Krümmung ist aufgrund der Vielzahl der Einflussfaktoren sehr schwer vorhersagbar.

[0004] Es wird in DE112012000792 T ein Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsabmessungen eines Blechwerkstückes vor dem Biegen zu einer Blechkonstruktion vorgeschlagen, welches Verfahren auf der Bestimmung einer Länge $H3$ und der Bestimmung von Winkeln basiert. Betrachtet man das gebogene Werkstück als ein Dreieck, so entspricht die Länge $H3$ im Wesentlichen der Höhe des Dreieckes.

[0005] Das erfindungsgemäße Verfahren unterscheidet sich von dem in DE112012000792 T offenbarten Verfahren, dass es ohne die Bestimmung der Länge $H3$ und ohne das Bestimmen der Winkel und sohin in einer einfacheren Weise durchführbar ist.

[0006] EP1398094 betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Schenkellänge eines Bieeteils in einer Biegevorrichtung. Es findet sich in EP1398094 kein Hinweis auf die Ermittlung der Verkürzungslängen wie dies Teil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist. EP1398094 ist insbesondere auf die Bestimmung nur einer Schenkellänge beschränkt.

[0007] EP2683504 beschreibt ein Verfahren zur dynamischen Korrektur eines Biegewinkels eines Blechmaterials auf einer Plattenbiegevorrichtung. Das darin beschriebene Verfahren beruht unter anderem auf der Bestimmung des nominalen Biegewinkels und des Abstandes des Biegestempels von dem gebogenen Blech, nachdem der Biegestempel in eine zurückgezogene Position gebracht wurde. Das im Folgenden beschriebene Verfahren kommt ohne die Bestimmung dieser Parameter aus.

[0008] DE10009074 betrifft ein Verfahren zum Frei- oder Schwenkbiegen eines Werkstückes sowie eine Vorrichtung zur Ermittlung der Lage eines Werkstückschenkels beim Biegen. Es findet sich in DE10009074 kein Hinweis auf die Bestimmung der Längen und Abstände und die Errechnung der Verkürzungen wie im erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben.

[0009] Es ist in DE10163956 ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Messen von Längen an einem durch Biegen verformten Werkstück erfasst. Es findet sich in DE10163956 kein Hinweis auf die Errechnung der Verkürzungen wie im erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben.

[0010] Die Verfahren nach dem Stand der Technik sind im Allgemeinen nicht einfach durchzuführen. Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Nachteile der Verfahren nach dem Stand der Technik zur Bestimmung der zuzufolge einer Biegung um eine Biegeachse stattfindenden Verkürzung eines Blechwerkstückes zu überwinden.

[0011] Die im Folgenden diskutierte Erfindung stellt sich insbesondere die Aufgabe, die beim Biegen eines Blechwerkstückes auftretende Verkürzung in einem möglichst einfachen Verfahren mit einer möglichst hohen Genauigkeit im Sinne einer Abschätzung bestimmen zu können. Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens soll es insbesondere einfach sein, Veränderungen im Biegeverhalten von einer Vielzahl von zu biegenden Blechwerkstückes, insbesondere das

Verhalten von einer Vielzahl von zu biegenden Blechwerkstücken in Hinblick auf die stattfindende Verkürzung festzustellen.

[0012] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß den Ansprüchen gelöst.

[0013] Das erfindungsgemäße Verfahren ist vor allem, jedoch nicht einschränkend auf Blechwerkstücke mit einer über die Erstreckungsfläche des Blechwerkstückes gleichbleibenden Dicke gerichtet. Dies schließt nicht aus, dass die Dicke beispielsweise im Bereich der durch die einschlägigen Normen festgelegten Grenzen variieren kann.

[0014] Das erfindungsgemäße Verfahren ist vor allem auf gebogene Blechwerkstücke gerichtet, welche durch ein Gesenkbiegewerkzeug durch Kaltbiegen hergestellt werden. Die gebogenen Blechwerkstücke können durch Beachtung der DIN6935 hergestellt werden.

[0015] Das Abschätzen der Verkürzung zufolge Biegung eines Blechwerkstückes um eine Biegeachse kann durch das Bestimmen einer Tangentenverkürzung erfolgen, welches Verfahren zur Tangentenverkürzung die folgenden Schritte umfasst:

- Bestimmen der Ursprungslänge L_0 des Blechstreifens vor dem Biegen des Blechwerkstückes,
- Bestimmen des Schnittpunktes von den Erstreckungsgeraden benachbarter Schenkel oder von zu den Erstreckungsgeraden parallelen Geraden, welche Geraden an den der jeweiligen Biegeachse abgewandten Oberflächen der Schenkel verlaufen,
- Bestimmen der i Abstände A_1, A_2 zwischen den Schnittpunkten und den freien Enden der Schenkel und gegebenenfalls bei $n > 2$ Bestimmen der j Abstände B_1 zwischen den Schnittpunkten,
- Bestimmen einer Tangentenverkürzung T gemäß der Formel:

$$T = L_0 - \sum_{i=1}^{n+1} A_i - \sum_{j=1}^{n-1} B_j$$

[0016] Ein Blechwerkstück mit $n=1$ Biegeachsen umfasst zwei Schenkel und einen sich zwischen den Schenkeln erstreckenden Krümmungsbereich. Es sind sohin nur Abstände A_1 und A_2 bestimmbar.

[0017] Ein Blechwerkstück mit $n=2$ Biegeachsen umfasst drei Schenkel und zwei sich zwischen zwei benachbarten Schenkeln erstreckende Krümmungsbereiche. Es sind sohin zwei Abstände A_1, A_2 und ein Abstand B_1 bestimmbar.

[0018] Die Anzahl der bestimmbaren Abstände A und die Anzahl der bestimmbaren Abstände B sind durch die geometrischen Gegebenheiten vorgegeben.

[0019] Das Abschätzen der Verkürzung zufolge Biegung eines Blechwerkstückes um eine Biegeachse kann durch das Bestimmen einer Kantenverkürzung erfolgen, welches Verfahren zur Tangentenverkürzung die folgenden Schritte umfasst:

- Bestimmen der Ursprungslänge L_0 des Blechstreifens vor dem Biegen des Blechwerkstückes,
- Bestimmen von k Kantenlängen C des gebogenen Blechwerkstückes, welche Kantenlängen C jeweils einen parallel zu der Erstreckungsgeraden des Schenkels zu messenden Abstand von einem freien Ende eines Schenkels bis zu einem Tangentenpunkt angeben, in welchem Tangentenpunkt eine normal zu der ersten Erstreckungsgeraden stehende Tangente den Krümmungsbereich tangiert,
- gegebenenfalls l Kantenlängen D des gebogenen Blechwerkstückes, welche Kantenlängen D einen parallel zu der Erstreckungsgeraden des Schenkels zu messenden Abstand von einem Tangentenpunkt zu einem weiteren Tangentenpunkt angeben, in welchen Tangentenpunkten normal zu der Erstreckungsgeraden stehende Tangenten den Krümmungsbereich tangieren,
- Errechnen der Kantenverkürzungslänge K gemäß der nachstehenden Formel:

$$K = L_0 - \sum_{k=1}^{n+1} C_k - \sum_{l=1}^{n-1} C_l$$

[0020] Ein Blechwerkstück mit $n=1$ Biegeachsen umfasst zwei Schenkel und einen sich zwischen den Schenkeln erstreckenden Krümmungsbereich. Es sind sohin nur Abstände C_1 und

C2 bestimmbar.

[0021] Ein Blechwerkstück mit $n=2$ Biegeachsen umfasst drei Schenkel und zwei sich zwischen zwei benachbarten Schenkeln erstreckende Krümmungsbereiche. Es sind sohin zwei Abstände C1, C2 und ein Abstand D1 bestimmbar.

[0022] Die Anzahl der bestimmbaren Abstände C und die Anzahl der bestimmbaren Abstände D sind durch die geometrischen Gegebenheiten vorgegeben.

[0023] Die hier offenbarte Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zum Bestimmen einer Kantenverkürzungslänge eines Blechwerkstückes, welche Vorrichtung eine erste Messelementoberfläche und eine zweite Messelementoberfläche umfasst, wobei die erste Messelementoberfläche und die zweite Messelementoberfläche in einem rechten Winkel zueinander stehen.

[0024] Die Messelementoberflächen sind so ausgebildet, dass die Oberflächen der Schenkel des Blechwerkzeuges an die Messelementoberflächen anlegbar sind und die Kantenlängen des Blechwerkzeuges durch Bestimmen eines Abstandes des freien Endes des Blechwerkzeuges von dem Schnittpunkt der Messelementoberflächen bestimmbar sind.

[0025] Eine derartige erfindungsgemäße Vorrichtung kann berührende Messvorrichtungen und/oder berührungslose Messvorrichtungen zur Bestimmung des Abstandes des freien Endes vom Schnittpunkt der Messelementoberflächen umfassen.

[0026] Die zweite Messelementoberfläche, mit welcher zweiten Messelementoberfläche der Schenkel mit der zu bestimmenden Kantenlänge in Kontakt gebracht wird, kann eine Länge L2 kleiner als die zu bestimmende Kantenlänge C aufweisen. Diese Ausbildung erlaubt es, die Kantenlänge C durch ein Überstandmaß zu bestimmen.

[0027] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0028] Es zeigen jeweils in stark vereinfachter, schematischer Darstellung:

[0029] Fig. 1 die geometrischen Verhältnisse eines um eine Biegeachse gebogenen Blechwerkstückes aufweisend einen Biegewinkel $\alpha < 90^\circ$ zur Bestimmung der Kantenverkürzung;

[0030] Fig. 2 die geometrischen Verhältnisse eines um eine Biegeachse gebogenen Blechwerkstückes aufweisend einen Biegewinkel $90 < \alpha < 180^\circ$ zur Bestimmung der Kantenverkürzung;

[0031] Fig. 3 die geometrischen Verhältnisse eines um zwei Biegeachsen gebogenen Blechwerkstückes aufweisend Biegewinkel $90 < \alpha < 180^\circ$ zur Bestimmung der Kantenverkürzung;

[0032] Fig. 4 die geometrischen Verhältnisse eines um eine Biegeachse gebogenen Blechwerkstückes aufweisend einen Biegewinkel $\alpha < 90^\circ$ zur Bestimmung der Tangentenverkürzung;

[0033] Fig. 5 eine Messvorrichtung zur Bestimmung der Tangentenverkürzung;

[0034] Fig. 6 die geometrischen Verhältnisse eines um zwei Biegeachsen gebogenen Blechwerkstückes aufweisend zwei Biegewinkel $\alpha < 90^\circ$ zur Bestimmung der Tangentenverkürzung;

[0035] Fig. 7 Möglichkeiten zur Bestimmung der Tangentenverkürzung;

[0036] Fig. 8 die Bestimmung der Tangentenverkürzung eines mehrfach gebogenen Blechwerkstückes.

[0037] Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen

werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen. Es sind aus Übersichtlichkeitsgründen nicht in allen Figuren sämtliche Elemente mit Bezugszeichen versehen.

[0038] Figur 1 und Figur 2 veranschaulichen die zu bestimmenden Längen und Abstände an einem Blechwerkstück 1, welches Blechwerkstück 1 um eine Biegeachse 2 um einen Biegewinkel α gebogen wurde. Die in der Figurenbeschreibung zu Figur 1 und Figur 2 erläuterte Bestimmung der Tangentenverkürzung T als ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Abschätzung einer bei einem Biegen eines Blechwerkstückes um eine normal zur Bildebene der Figur 1 und der Figur 2 orientierte Biegeachse 2 auftretenden Verkürzung ist für alle Biegewinkel $\alpha < 180^\circ$ möglich. Figur 1 zeigt ein um eine Biegeachse 2 gebogenes Blechwerkstück 1 mit einem Biegewinkel $\alpha < 90^\circ$ und Figur 2 ein um eine Biegeachse 2 gebogenes Blechwerkstück 1 mit einem Biegewinkel $90^\circ < \alpha < 180^\circ$.

[0039] Die in Figur 1 und Figur 2 dargestellten Blechwerkstücke 1 umfassen jeweils eine Biegeachse 2, sodass $n=1$ gilt.

[0040] Die jeweils in Figur 1 und Figur 2 dargestellten gebogenen Biegeblechwerkstücke 1 umfassen jeweils einen ersten Schenkel 3, welcher erster Schenkel 3 sich entlang einer ersten Erstreckungsgeraden 4 erstreckt, einen zweiten Schenkel 5, welcher zweiter Schenkel 5 sich entlang einer zweiten Erstreckungsgeraden 6 erstreckt, und einen sich zwischen dem ersten Schenkel 3 und dem zweiten Schenkel 5 erstreckenden Krümmungsbereich 7. Der jeweilige Übergang zwischen den Schenkeln 3, 4 und dem Krümmungsbereich 7 ist geometrisch durch die Erstreckung der Schenkel 3, 4 und die polygonale Erstreckung des Krümmungsbereiches 7 definiert, wobei der erste Übergangspunkt 14 zwischen dem ersten Schenkel 3 und dem Krümmungsbereich 7 sowie der zweite Übergangspunkt 15 zwischen dem zweiten Schenkel 5 und dem Krümmungsbereich 7 nur schwer am Blechwerkstück 1 bestimmbar ist.

[0041] Der Krümmungsbereich 6 weist eine polygonale Form auf, wobei der erste Schenkel 3 beziehungsweise die erste Erstreckungsgerade 4 und der zweite Schenkel 5 beziehungsweise die zweite Erstreckungsgerade 6 jeweils tangential zu den Endpunkten des Krümmungsbereiches 7 sind.

[0042] Der Fachmann ist in der Lage, die Ursprungslänge L_0 des in keiner Figur dargestellten Blechwerkstückes vor dem Biegen des Blechwerkstückes 1 um die Biegeachse 2 mit Messmethoden nach dem Stand der Technik zu bestimmen. Die Ursprungslänge L_0 ist als jene Länge definiert, welche Länge zwischen den freien Enden 12, 13 des Blechwerkstückes 1 messbar ist.

[0043] Der Fachmann bestimmt den durch einen Kreis zusätzlich markierten Schnittpunkt S zwischen einer ersten Geraden 8 und einer zweiten Geraden 9, wobei die erste Gerade 8 und die zweite Gerade 9 parallele Geraden zu der ersten Erstreckungsgeraden 4 beziehungsweise zu der zweiten Erstreckungsgeraden 6 sind. Die erste Gerade 8 ist die zu der ersten Erstreckungsgeraden 4 parallele Gerade, welche erste Gerade 8 eine Tangente zu der äußeren ersten Oberfläche 10 des ersten Schenkels 3 ist. Die zweite Gerade 9 ist die zu der zweiten Erstreckungsgeraden 6 parallele Gerade, welcher zweite Gerade 9 eine Tangente zu der äußeren zweiten Oberfläche 11 des zweiten Schenkels 5 ist.

[0044] Der Schnittpunkt S kann in der Weise bestimmt werden, dass ein erstes Messelement an die äußere erste Oberfläche 10 und ein zweites Messelement an die äußere zweite Oberfläche 11 angelegt wird. Die an die äußeren Oberflächen angelegten Messelemente erstrecken sich mit der an die Oberflächen angelegten Kanten deckungsgleich mit der ersten Gerade 8 beziehungsweise mit der zweiten Gerade.

[0045] Nach der Bestimmung des Schnittpunktes S ist der Fachmann in der Lage, die in der Figur 1 eingetragenen Längen A_1 und A_2 zu bestimmen. Die Länge A_1 ist definitionsgemäß die zwischen dem freien ersten Ende 12 des ersten Schenkels 3 und dem Schnittpunkt S gemessene Länge. Die Länge A_2 ist definitionsgemäß die zwischen dem freien zweiten Ende 13 des

zweiten Schenkels 5 gemessene Länge.

[0046] Der Fachmann bestimmt die Tangentenverkürzung T aus der gemessenen Ursprungslänge L_0 des Blechwerkstückes, mit Hilfe der Länge A_1 und der Länge A_2 gemäß der Formel $T=L_0-A_1-A_2$.

[0047] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Abschätzung der Verkürzung eines Blechwerkstückes ist auch auf ein gebogenes Blechwerkstück umfassend n Schenkeln anwendbar. Figur 3 veranschaulicht eine Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens auf ein Blechwerkstück 1 umfassend einen ersten Schenkel 3, einen zweiten Schenkel 5, einen dritten Schenkel 24. Es erstreckt sich zwischen dem ersten Schenkel 3 und dem zweiten Schenkel 5 ein erster Krümmungsbereich 7 sowie zwischen dem zweiten Schenkel 5 und dem dritten Schenkel 24 ein zweiter Krümmungsbereich 25. Der erste Krümmungsbereich 7 wird durch Biegen des Blechwerkstückes 1 um eine erste Biegeachse 2 und der zweite Krümmungsbereich 25 durch Biegen des Blechwerkstückes 1 um eine zweite Biegeachse 26 hergestellt. Figur 3 betrifft den Sonderfall, dass das Blechwerkstück 1 bei der Biegung um die erste Biegeachse 2 und bei der Biegung um die zweite Biegeachse 26 jeweils um einen Biegewinkel α gebogen wurde.

[0048] Der erste Schenkel 3 erstreckt sich entlang einer ersten Erstreckungsgeraden 4; der zweite Schenkel 5 und der dritte Schenkel 24 erstrecken sich entlang einer zweiten Erstreckungsgeraden 6 beziehungsweise entlang einer dritten Erstreckungsgeraden 27.

[0049] Der Fachmann ermittelt den ersten Schnittpunkt S_1 als einen Schnittpunkt der ersten Geraden 8 und der zweiten Geraden 9. Die Schnittpunkte S_1 und S_2 sind in Figur 3 durch einen Kreis zusätzlich markiert. Die erste Gerade 8 erstreckt sich in der ersten Oberfläche 10 des ersten Schenkels 3, welche erste Oberfläche 10 von der ersten Biegeachse 2 abgewandt ist, und parallel zu der ersten Erstreckungsgeraden 4. Die zweite Gerade 9 verläuft in der zweiten Oberfläche 11 des zweiten Schenkels 5, welche zweite Oberfläche 11 von der ersten Biegeachse 2 abgewandt ist, und parallel zu der zweiten Erstreckungsgeraden.

[0050] Es wird weiters der Schnittpunkt S_2 als ein Schnittpunkt der dritten Geraden 28 und der vierten Geraden 29 ermittelt. Die dritte Gerade 28 erstreckt sich in der der zweiten Biegeachse 26 abgewandten dritten Oberfläche 30 des zweiten Schenkels 5 und parallel zu der zweiten Erstreckungsachse 6. Die vierte Gerade 29 verläuft in der vierten Oberfläche 31 des dritten Schenkels 24, welche vierte Oberfläche 31 die von der zweiten Biegeachse 26 abgewandte Oberfläche des dritten Schenkels 24 ist, und parallel zu der dritten Erstreckungsgeraden 27.

[0051] Der Fachmann ermittelt abschließend den Abstand A_1 als den Abstand zwischen dem ersten freien Ende 12 des Blechwerkstückes 1 und dem ersten Schnittpunkt S_1 , den Abstand A_2 als den Abstand zwischen dem zweiten Ende 13 des Blechwerkstückes 1 und dem zweiten Schnittpunkt S_2 und den Abstand B_1 zwischen den Schnittpunkten S_1 und S_2 . Die erwähnten Abstände werden parallel zu der ersten Erstreckungsgeraden 3 beziehungsweise zu der zweiten Erstreckungsgeraden 6 beziehungsweise zu der dritten Erstreckungsgeraden 27 gemessen. Der Abstand A_1 ist zu der ersten Erstreckungslinie 4, der Abstand A_2 ist zu der dritten Erstreckungslinie 27 und der Abstand B_1 ist zu der zweiten Erstreckungslinie 6 parallel.

[0052] Der Fachmann errechnet die durch die Offenbarung der Erfindung definierte Tangentenverkürzung durch $T=L_0-A_1-A_2-B_1$.

[0053] Figur 4 veranschaulicht die zu bestimmenden Längen und Abstände an einem Blechwerkstück 1, welches Blechwerkstück 1 um eine Biegeachse 2 um einen Biegewinkel α gebogen wurde, um die Kantenverkürzung K zu bestimmen, welche Kantenverkürzung nach dem Biegen eines Blechwerkstückes um eine Biegeachse 2 und um einen Biegewinkel α kleinergleich 90° bestimmbar ist.

[0054] Der Fachmann ist in der Lage, die Ursprungslänge L_0 des in keiner Figur dargestellten unverformten Blechwerkstückes 1 zu messen. Die Ursprungslänge L_0 ist die zwischen den freien Enden 12, 13 des unverformten Blechstückes 1 messbare Länge.

[0055] Das um eine normal auf die Bildebene der Figur 4 orientierte Biegeachse 2 gebogene

Blechwerkstück 1 umfasst einen ersten Schenkel 3, welcher erste Schenkel sich entlang einer ersten Erstreckungsgeraden 4 erstreckt, einen sich entlang einer zweiten Erstreckungsgeraden 6 erstreckenden zweiten Schenkel 5 und einen sich zwischen den Schenkeln 3, 4 erstreckenden polygonalen Krümmungsbereich 7. Die Erstreckungsgeraden 4, 5 bilden die Tangenten zum Krümmungsbereich 7.

[0056] Die Erstreckungsgeraden 4, 5 kontaktieren den Krümmungsbereich 7 an einem ersten Übergangspunkt 14 beziehungsweise einem zweiten Übergangspunkt 15, welche Übergangspunkte 14, 15 geometrisch eindeutig definiert sind, jedoch am gebogenen Blechwerkstück 1 nur schwer feststellbar sind.

[0057] Der Fachmann ermittelt den ersten Tangentenpunkt 16, an welchem ersten Tangentenpunkt 16 eine normal auf die erste Erstreckungsgerade 4 stehende Gerade eine erste Tangente 18 auf den Krümmungsbereich 7 ausbildet. Es ist weiters der zweite Tangentenpunkt 17 ermittelbar, an welchem zweiten Tangentenpunkt 17 eine normal auf die zweite Erstreckungsgerade 6 stehende Gerade eine zweite Tangente 19 auf den Krümmungsbereich 7 ausbildet. Die Tangentenpunkte 16, 17 sind durch Kreise zusätzlich markiert.

[0058] Es ist eine erste Kantenlänge C1 am gebogenen Blechwerkstück messbar, welche erste Kantenlänge C1 als der zu der ersten Erstreckungsgeraden 4 parallele Abstand zwischen dem ersten freien Ende 12 und dem ersten Tangentenpunkt 16 definiert ist. In hierzu analoger Weise ist eine zweite Kantenlänge C2 am gebogenen Blechwerkstück 1 bestimmbar, welche zweite Kantenlänge C2 als der parallel zu der zweiten Erstreckungsgeraden 6 zu messende Abstand zwischen dem zweiten freien Ende 13 und zweiten Tangentenpunkt 17 messbar ist.

[0059] Die erste Kantenlänge C1 ist beispielsweise in einer sehr einfach durchzuführenden Art und Weise mittels einer Schiebelehre messbar. Es werden hierzu die Innenkanten der Außenmessschenkel für äußere Abmessungen von Objekten an das erste freie Ende 12 und an die Außenoberfläche der Krümmung 7 und die den Außenschenkel zugewandte Kante der Stange der Schiebelehre an die erste Oberfläche 10 angelegt. Durch das Anlegen der Kante der Stange der Schiebelehre an die erste Oberfläche wird der erste Tangentenpunkt 16 ermittelt und die erste Kantenlänge C1 gemessen.

[0060] In hierzu analoger Weise wird der zweite Kantenlänge C2 durch Anlegen der Innenkanten der Außenmessschenkel an das zweite freie Ende 13 und an die Außenoberfläche der Krümmung 7 sowie der den Außenmessschenkel zugewandten Kante der Stange der Schiebelehre an die erste Oberfläche 11 bestimmt.

[0061] Abschließend ist der Fachmann in der Lage, die durch die Biegung des Blechwerkstückes 1 um die Biegeachse 2 und um einen Winkel $\alpha < 90^\circ$ auftretende Verkürzung des Blechwerkstückes 1 mittels Berechnung der Kantenverkürzung abzuschätzen. Die Kantenverkürzung kann anhand der Formel $K=L_0-C_1-C_2$ berechnet werden.

[0062] Figur 4 veranschaulicht den Sonderfall eines Biegewinkels $\alpha=90^\circ$. In Analogie zu den obigen Figurenbeschreibungen zu Figur 1 bis Figur 3 ist der Fachmann in der Lage, den Schnittpunkt S als einen Schnittpunkt der ersten Geraden 8 und der zweiten Geraden 9 zu bestimmen. Es sind hierbei die oben hinreichend genau erläuterten Konstruktionsvorgänge anzuwenden. Der Schnittpunkt S ist in Figur 4 zusätzlich durch einen Kreis markiert. Der Abstand A1 und der Abstand A2 sind ebenso analog zu der obigen Beschreibung zu ermitteln, wobei der Fachmann erkennt, dass bei dem in Figur 4 gezeigten Sonderfall eines Biegewinkels $\alpha=90^\circ$ $A_1=C_1$ und $A_2=C_2$ gilt. Es gilt weites für den Sonderfall $\alpha=90^\circ$ $L_0-C_1-C_2=K=T=L_0-A_1-A_2$.

[0063] Figur 5 veranschaulicht eine weitere Methode zur Bestimmung der Kantenlängen C1, C2 an einem gebogenen Blechwerkstück 1 aufweisend einen Biegewinkel α kleiner gleich 90° .

[0064] Die Messanordnung umfasst ein erstes Messelement 20 und ein zweites Messelement 21 aufweisend eine erste Messelementoberfläche 22 beziehungsweise eine zweite Messelementoberfläche 23. Die Messelementoberflächen 22, 23 sind in einem Winkel von 90° zueinander.

der angeordnet. Die zweite Messelementoberfläche 23 weist eine bekannte Länge L2 auf.

[0065] Die Messelemente 20, 21 können Teil einer Biegemaschine sein.

[0066] Es wird das gebogene Blechwerkstück 1 mit seiner äußeren Oberfläche an die Messoberflächen 22, 23 angelegt. Zur Bestimmung der ersten Kantenlänge C1 kontaktiert die erste Oberfläche 10 die zweite Messelementoberfläche 23 und die Außenoberfläche des Krümmungsbereiches 7 die erste Messelementoberfläche 22.

[0067] Figur 5 zeigt ein Blechwerkstück 1 aufweisend einen Biegewinkel alpha gleich 80° . Die erste Messelementoberfläche 22 kontaktiert die Außenoberfläche des Krümmungsbereiches 7 die erste Messelementoberfläche 22.

[0068] Nachdem die Länge L2 bekannt ist, ist der Fachmann in der Lage, die erste Kantenlänge C1 durch Bestimmen des Überstandmaßes L1 zu bestimmen. Das Maß L1 kann beispielsweise durch kontaktlose Messmethoden bestimmt werden.

[0069] Zum Bestimmen der zweiten Kantenlänge C2 legt der Fachmann das gebogene Blechwerkstück 1 mit der zweiten Oberfläche 11 an die zweite Messelementoberfläche 23 und mit der Außenoberfläche des Krümmungsbereiches 7 an der ersten Messelementoberfläche 22 an, um so wiederum über das Messen des Überstandmaßes L1 die zweite Kantenlänge B zu bestimmen. Der Vorgang des Bestimmens der zweiten Kantenlänge C2 ist in Figur 5 nicht dargestellt.

[0070] Figur 6 veranschaulicht das Verfahren zur Abschätzung der Verkürzung eines um zwei Biegeachsen 2, 26 gebogenen Blechwerkstückes 1 umfassend einen ersten Biegewinkel alpha kleinergleich 90° und einen zweiten Biegewinkel kleinergleich 90° .

[0071] Das Blechwerkstück 1 umfasst einen ersten Schenkel 3, einen zweiten Schenkel 5 und einen dritten Schenkel 24, welche Schenkel 3, 5, 24 sich entlang von Erstreckungsgeraden 4, 6, 27 erstrecken. Der erste Schenkel 3 und der zweite Schenkel 5 sind durch den ersten Krümmungsbereich 7 getrennt. Der zweite Schenkel 5 und der dritte Schenkel 25 sind durch den zweiten Krümmungsbereich 25 getrennt.

[0072] Zum Messen der ersten Kantenlänge C1 legt der Fachmann die Kante der Stange einer Schiebelehre (in Figur 6 nicht dargestellt) an die erste Oberfläche 10 des ersten Schenkels 3 an, welche erste Oberfläche 10 die von der ersten Biegeachse 2 abgewandte Oberfläche des ersten Schenkels 3 ist. Der Fachmann legt weiter die Innenkante eines Außenmessschenkels am ersten freien Ende 12 und eine Innenkante des anderen Außenmessschenkels am ersten Krümmungsbereich 7 an. Durch das Anlegen der Stange an der ersten Oberfläche 10 kontaktiert die Innenkante des anderen Außenmessschenkels den ersten Krümmungsbereich 7 am ersten Tangentenpunkt 16.

[0073] Die Bestimmung der zweiten Kantenlänge C2 erfolgt hierzu analog, wobei die Kante der Stange der Schiebelehre (in Figur 6 nicht dargestellt) an der zweiten Oberfläche 11 des dritten Schenkels 24 angelegt wird. Die Innenkanten der Außenmessschenkel kontaktieren wiederum das zweite freie Ende 13 des Blechwerkstückes 1 und den zweiten Tangentenpunkt 17.

[0074] Zur Bestimmung der Kantenlänge D1 wird die Kante der Stange der Schiebelehre (in Figur 6 nicht dargestellt) an der dritten Oberfläche 30 des zweiten Schenkels 5 und die Innenkanten der Außenmessschenkel an den ersten Krümmungsbereich 7 und an den zweiten Krümmungsbereich 25 angelegt.

[0075] Der Fachmann berechnet die Kantenverkürzung des Blechwerkstückes 1 zufolge einer Biegung des Blechwerkstückes 1 um die erste Biegeachse 2 und um die zweite Biegeachse 26 durch die Formel $K=L0-C1-C2-D1$.

[0076] In der Figurenbeschreibung zu Figur 6 ist die Konstruktion der Tangenten et cetera nicht derart detailliert beschrieben wie in den obigen Figurenbeschreibungen, um auch durch die schriftliche Beschreibung zu verdeutlichen, wie einfach das erfindungsgemäße Verfahren durchführbar ist.

[0077] Figur 7 veranschaulicht in Ergänzung zu Figur 5, wie die zufolge einer Biegung verkürz-

ten Blechwerkstücke 1 mit beispielhaft gezeigten Formen unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens vermessen werden können, sodass die Verkürzung abgeschätzt werden kann. Es wird - wie in der obigen Figurenbeschreibung zu Figur 5 eingehend erläutert - das gebogene Blechwerkstück 1 in die durch das erste Messelement 20 und das zweite Messelement 21 gebildete Messvorrichtung eingelegt, sodass das Blechwerkstück 1 die Messvorrichtung kontaktiert und ein freies Ende 12 vermessen kann.

[0078] Bei den in Figur 7 dargestellten Blechwerkstücken 1 wird die jeweils die Tangentenverkürzung ermittelt.

[0079] Anhand von Figur 8 wird erläutert, wie durch Vermessen des freien Endes die Verkürzung eines um eine erste Biegeachse 2 und um eine zweiten Biegeachse 26 gebogenen Blechwerkstückes 1 durch Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens abgeschätzt wird. Das Blechwerkstück 1 umfasst wiederum einen sich entlang einer ersten Erstreckungsgeraden 4 erstreckenden ersten Schenkel 3, einen sich entlang einer zweiten Erstreckungsgeraden 6 erstreckenden zweiten Schenkel 5 und einen sich entlang einer dritten Erstreckungsgeraden 27 erstreckenden dritten Schenkel 24. Das Blechwerkstück 1 umfasst einen sich zwischen dem ersten Schenkel 3 und dem zweiten Schenkel 5 erstreckenden ersten Krümmungsbereich 7 und einen sich zwischen dem zweiten Schenkel 5 und dem dritten Schenkel 24 erstreckenden zweiten Krümmungsbereich 25. Der erste Krümmungsbereich 7 und der zweite Krümmungsbereich 25 wird durch Biegen des Blechwerkstückes 1 um eine erste Biegeachse 2 beziehungsweise um eine zweite Biegeachse 26 um jeweils einen Biegewinkel α hergestellt. Das in Figur 8 gezeigte gebogene Blechwerkstück 1 weist sohin zwei gleiche Biegewinkel auf.

[0080] Das gebogene Blechwerkstück 1 wird zum Vermessen in eine erste Messelementoberfläche 22 und eine zweite Messelementoberfläche 23 umfassende Messvorrichtung mit seinem ersten Ende 12 eingebracht. Es sind in Figur 8 aus Übersichtlichkeitsgründen nur die Messelementoberflächen 22, 23 dargestellt, welche zueinander in einem rechten Winkel angeordnet sind.

[0081] Das Blechwerkstück 1 kontaktiert mit seinem ersten Ende 12 die zweite Messelementoberfläche 23 und mit seiner ersten Oberfläche 10 die erste Messelementoberfläche 22, wodurch das Blechwerkstück 1 auch zu der Messvorrichtung ausgerichtet ist.

[0082] Unter Anwendung vom berührungslosen und/oder berührenden Messmethoden nach dem Stand der Technik wird das zweite Ende 13 des Blechwerkstückes 1 vermessen, wobei insbesondere der Abstand a und der Abstand b zu der ersten Messelementoberfläche 22 beziehungsweise zu der zweiten Messelementoberfläche 23 bestimmt wird.

[0083] Der Fachmann kennt sohin den Abstand a und den Abstand b sowie den Biegewinkel α sowie die Blechdicke s .

[0084] Es gilt sohin aufgrund der geometrischen Beziehungen, welche der Fachmann aus der Figur 8 ablesen kann:

$$c' = \frac{b}{\sin(\alpha)}$$

$$c = c' + h$$

$$h = s \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$c = \frac{b}{\sin(\alpha)} + s \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$g' = \frac{b}{\tan(\alpha)} - s \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$g = \frac{b}{\tan(\alpha)} - s \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$a - g = d + e$$

$$T = L0 - (c + d + e)$$

$$T = L0 - (c + a - g)$$

$$T = L0 - \left(\frac{b}{\sin(\alpha)} + s \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) + a - \frac{b}{\tan(\alpha)} - s \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)$$

$$T = L0 - \left(\frac{b}{\sin(\alpha)} \cdot (1 - \cos(\alpha)) + 2 \cdot s \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) + a \right)$$

[0085] Sämtliche Verfahren zu Bestimmung von Abständen können auch durch weitere Verfahren nach dem Stand der Technik und/oder durch Anwendung der gängigen Lehre ergänzt oder ersetzt werden.

[0086] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus Elemente teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Blechwerkstück
- 2 (erste) Biegeachse
- 3 Erster Schenkel
- 4 Erste Erstreckungsgerade
- 5 Zweiter Schenkel
- 6 Zweite Erstreckungsgerade
- 7 Erster Krümmungsbereich
- 8 Erste Gerade
- 9 Zweite Gerade
- 10 Erste Oberfläche
- 11 Zweite Oberfläche
- 12 Erstes Ende
- 13 Zweites Ende
- 14 Erster Übergangspunkt
- 15 Zweiter Übergangspunkt
- 16 Erster Tangentenpunkt
- 17 Zweiter Tangentenpunkt
- 18 Erste Tangente
- 19 Zweite Tangente
- 20 Erstes Messelement
- 21 Zweites Messelement
- 22 Erste Messelementoberfläche
- 23 Zweite Messelementoberfläche
- 24 Dritter Schenkel
- 25 Zweiter Krümmungsbereich
- 26 Zweite Biegeachse
- 27 Dritte Erstreckungsachse
- 28 Dritte Gerade
- 29 Vierte Gerade
- 30 Dritte Oberfläche
- 31 Vierte Oberfläche
- S Schnittpunkt
- A_i Abstand
- B_j Abstand
- C_k Abstand
- D_l Abstand

Patentansprüche

1. Verfahren zum Abschätzen einer Verkürzungslänge eines um n Biegeachsen und um n Biegewinkel α gebogenen Blechwerkstückes umfassend die folgenden Verfahrensschritte, wobei das gebogene Blechwerkstück $n+1$ sich entlang einer Erstreckungsgeraden erstreckende Schenkel und n durch die Biegung des Blechwerkstückes hergestellte und sich zwischen zwei benachbarte Schenkel erstreckenden Krümmungsbereiche umfasst:
 - Bestimmen der Ursprungslänge L_0 des Blechstreifens vor dem Biegen des Blechwerkstückes,
 - Bestimmen des Schnittpunktes von den Erstreckungsgeraden benachbarter Schenkel oder von zu den Erstreckungsgeraden parallelen Geraden, welche Geraden an den der jeweiligen Biegeachse abgewandten Oberflächen der Schenkel verlaufen,
 - Bestimmen der i Abstände A_1, A_2 zwischen den Schnittpunkten und den freien Enden der Schenkel und gegebenenfalls bei $n > 2$ Bestimmen der j Abstände B_1 zwischen den Schnittpunkten,
 - Bestimmen einer Tangentenverkürzung T gemäß der Formel:

$$T = L_0 - \sum_{i=1}^{n+1} A_i - \sum_{j=1}^{n-1} B_j$$

mit $n=1, 2, 3, \dots$

2. Verfahren zum Abschätzen einer Verkürzungslänge eines um n Biegeachsen und um n Biegewinkel $\alpha < 90^\circ$ gebogenen Blechstreifens umfassend die folgenden Verfahrensschritte, wobei das gebogene Blechwerkstück zumindest $n+1$ sich entlang von Erstreckungsgeraden erstreckende Schenkel und n durch die Biegung des Blechwerkstückes hergestellte und sich zwischen benachbarte Schenkeln erstreckende Krümmungsbereiche umfasst:
 - Bestimmen der Ursprungslänge L_0 des Blechstreifens vor dem Biegen des Blechwerkstückes,
 - Bestimmen von k Kantenlängen C des gebogenen Blechwerkstückes, welche Kantenlängen C jeweils einen parallel zu der Erstreckungsgeraden des Schenkels zu messenden Abstand von einem freien Ende eines Schenkels bis zu einem Tangentenpunkt angeben, in welchem Tangentenpunkt eine normal zu der ersten Erstreckungsgeraden stehende Tangente den Krümmungsbereich tangiert,
 - gegebenenfalls l Kantenlängen D des gebogenen Blechwerkstückes, welche Kantenlängen D einen parallel zu der Erstreckungsgeraden des Schenkels zu messenden Abstand vom Tangentenpunkt zu einem weiteren Tangentenpunkt angeben, in welchen Tangentenpunkten normal zu der Erstreckungsgeraden stehende Tangenten den Krümmungsbereich tangieren,
 - Errechnen der Kantenverkürzungslänge K gemäß der nachstehenden Formel:

$$K = L_0 - \sum_{k=1}^{n+1} C_k - \sum_{l=1}^{n-1} C_l$$

3. Vorrichtung zum Bestimmen einer Kantenverkürzungslänge eines Blechwerkstückes (1) nach Anspruch 2, umfassend
 - eine erste Messelementoberfläche (22),
 - eine zweite Messelementoberfläche (23),
 - wobei die erste Messelementoberfläche (22) und die zweite Messelementoberfläche (23) in einem rechten Winkel zueinander stehen.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Messelementoberfläche (23) eine Länge L_2 kleiner als die zu bestimmende Kantenlänge C aufweist.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

Fig.1

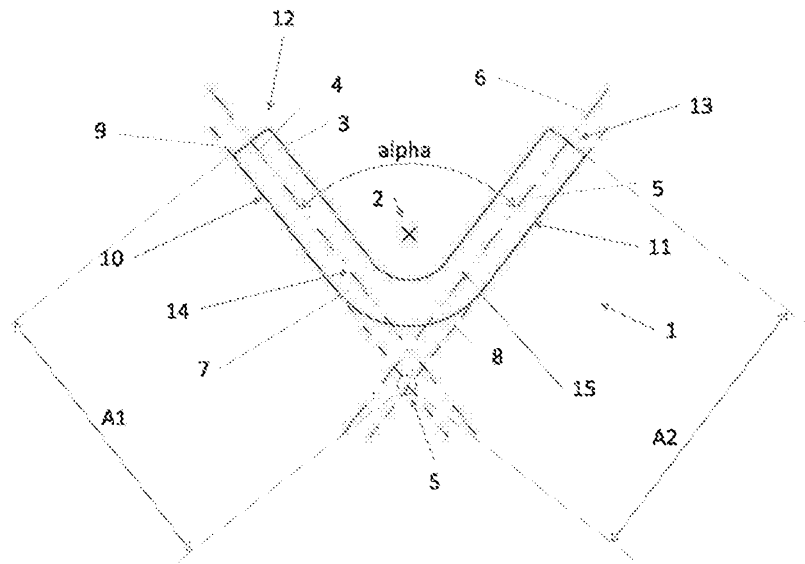


Fig.2

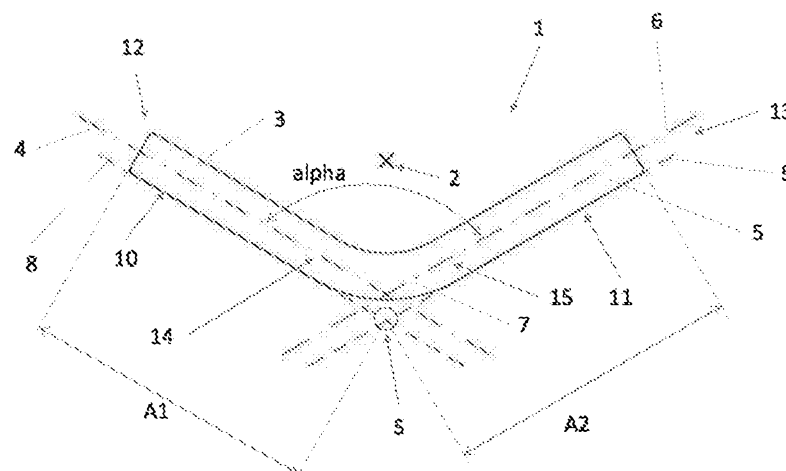


Fig.3

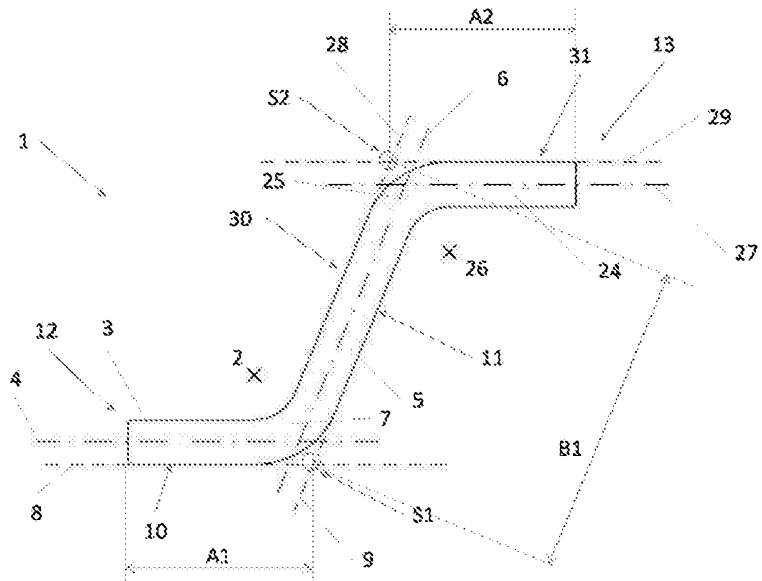


Fig.4

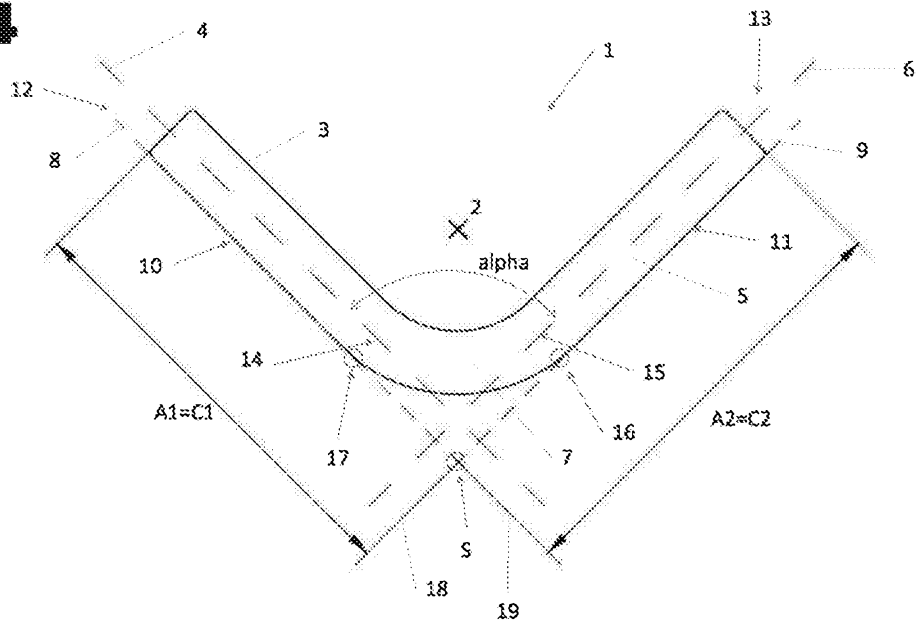


Fig.5

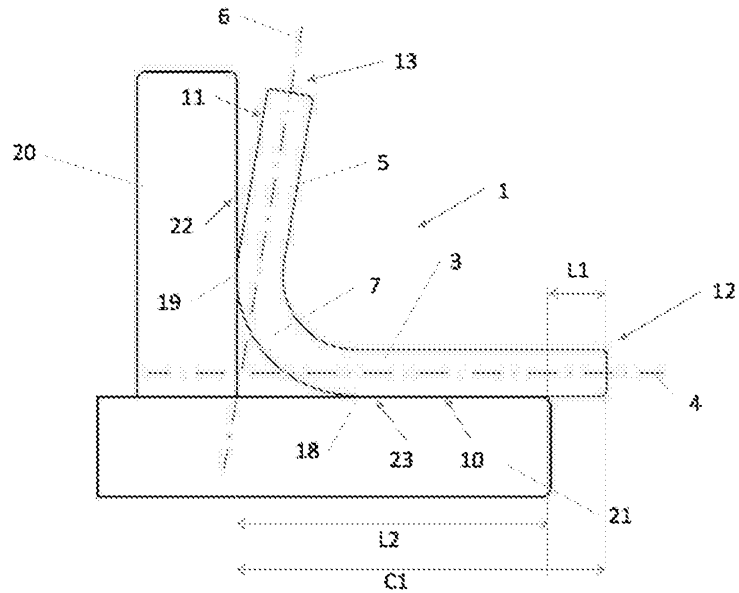


Fig.6

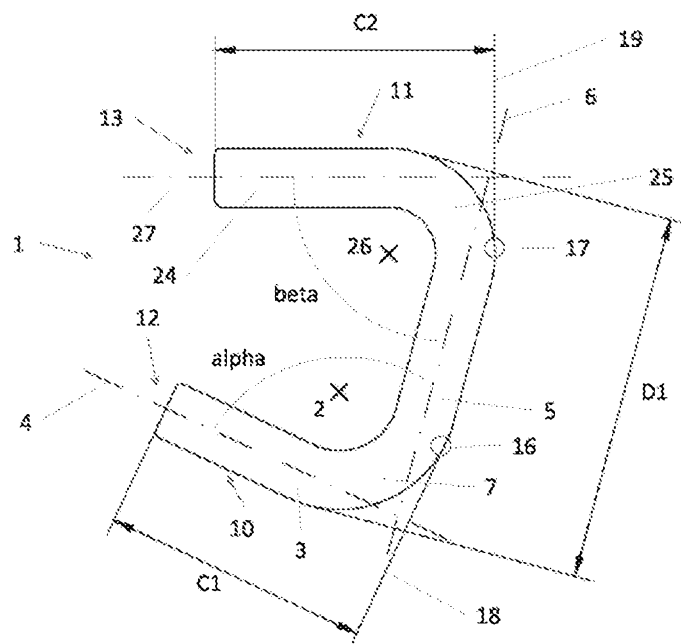


FIG. 7

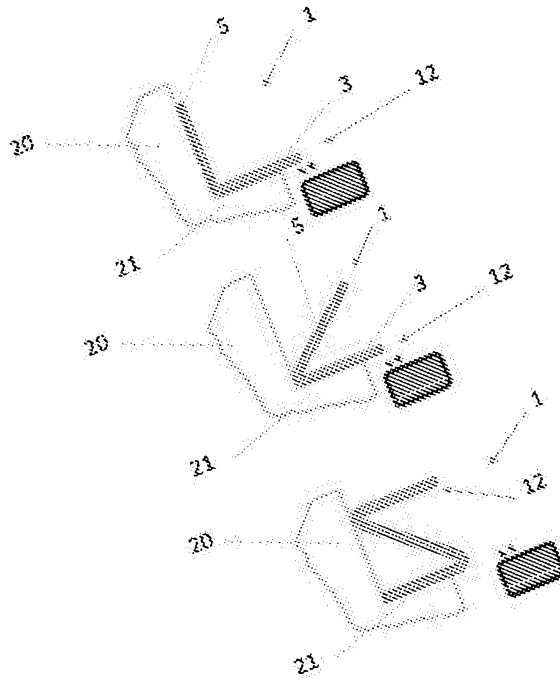


FIG. 8

