



(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2012/112306**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2012 000 792.1**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2012/023489**
(86) PCT-Anmeldetag: **01.02.2012**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **23.08.2012**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **19.12.2013**

(51) Int Cl.: **B21D 5/00 (2013.01)**
G06F 17/50 (2013.01)

(30) Unionspriorität:
13/027,012 **14.02.2011** **US**

(74) Vertreter:
von Kreisler Selting Werner, 50667, Köln, DE

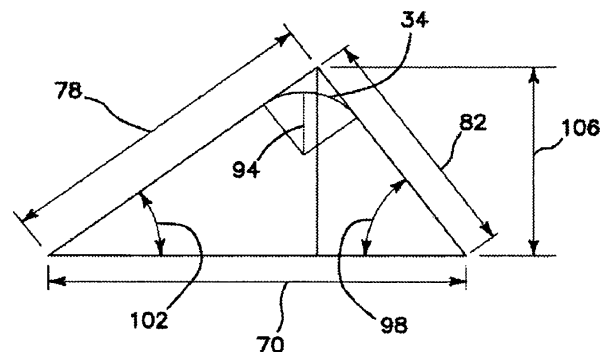
(71) Anmelder:
Sakai, Satoshi, Newport Beach, US

(72) Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Biegen von Blech**

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zum Biegen von Blech wird ein Prüfwerkstück mit derselben Dicke und demselben Material wie ein fertiges Stück verwendet. Das Prüfstück wird zu einer Winkelform mit einem Innenwinkel beliebiger Größe gebogen. Der Innenwinkel wird als Höhe einer jeden Außenkante über deren gegenüberliegenden Schenkel und als Höhe des Scheitelpunkts der Winkelform gemessen. Mit diesen Maßen können der Innenradius der Winkelform sowie die Innen- und Außenlängen der Schenkel berechnet werden. Mit diesen Werten kann die Tiefe einer neutralen Faser bestimmt werden, die in einem Werkstück unabhängig davon, ob es gebogen ist oder nicht, dieselbe Länge hat. Nachdem die Tiefe der neutralen Faser berechnet worden ist, kann ein Biegeabzug für das fertige Werkstück bestimmt und somit die erforderliche Ausgangslänge für jeden gewünschten Innenwinkel oder jede gewünschte Schenkellänge bestimmt werden.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Diese Erfindung betrifft das Gebiet der Metallumformung und insbesondere Verfahren zur Bestimmung der richtigen Größe eines flachen Werkstücks, das für das Formen eines in einem beliebigen Winkel gebogenen fertigen Produkts benötigt wird.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Eine der Hauptschwierigkeiten beim Biegen von Blech besteht darin, die erforderliche Länge eines Stücks im flachen Zustand so zu bestimmen, dass es nach dem Biegen die gewünschten Abmessungen der Außenfläche aufweist. Dies ist schwierig, weil beim Biegeverfahren ein Stauchen der Innenfläche des Metalls und ein Strecken der Außenfläche bewirkt werden. Der Umfang des auftretenden Streckens ist schwer vorhersehbar. Bisher ist dieses Problem durch die Verwendung von Tabellen angegangen worden, die für verschiedene Materialtypen und -dicken auf der Grundlage von mit dem Material durchgeführten Biegeprüfungen entwickelt wurden. Das Verfahren, das gegenwärtig zur Berücksichtigung dieses Streckens und somit zur Berechnung der zweckmäßigen Länge im flachen Zustand verwendet wird, wird als Biegeabzug oder Biegeverkürzung bezeichnet. Der Wert für den Biegeabzug gibt an, um wie viel die Summe der beiden gewünschten Flanschabmessungen vermindert werden muss, um die richtige Länge im flachen Zustand zu erhalten. Die Hauptvorteile dieses Verfahrens bestehen darin, dass es preiswert und einfach ist – man braucht nur die Länge der Flansche A und B und die Länge des Teils im flachen Zustand mit Messschiebern zu messen. Es hat jedoch auch viele Nachteile. Das Hauptproblem besteht darin, dass, wenn der Biegewinkel nicht 90° beträgt, die Flanschlängen A und B nicht genau gemessen werden können. Weiterhin hängt der Wert für den Biegeabzug vom gewünschten Biegewinkel ab, sodass man sogar dann, wenn ein genauer Biegeabzugswert für eine 90°-Biegung berechnet wird, nicht vorhersagen kann, welchen Wert der Biegeabzug für einen anderen Biegewinkel haben wird.

[0003] Eine andere Möglichkeit zur Berechnung der geeigneten Länge eines Teils im flachen Zustand besteht in der Bestimmung der Position der neutralen Faser. Während des Biegens wird das Material an der Innenfläche gestaucht und das Material an der Außenfläche gestreckt. Somit muss es zwischen der Innenfläche und der Außenfläche einen Ort geben, an dem weder ein Strecken noch ein Stauchen auftritt. Diese Linie, auf der die Moleküle des Materials weder gestreckt noch gestaucht werden, wird als neutrale Faser bezeichnet. Die neutrale Faser befindet sich in einem Abstand t von der Innenfläche des Werk-

stücks. Nach dem Biegen schließt die Innenfläche den Innenwinkel ein.

[0004] Der wichtigste Aspekt der neutralen Faser besteht darin, dass ihre Länge gleich der Länge des Stücks im flachen Zustand ist. Wenn wir daher wissen, wo sich die neutrale Faser befindet, können wir exakt bestimmen, wie lang unser flaches Stück sein sollte, um im gebogenen Zustand die richtigen Abmessungen zu erhalten. Ein weiteres wichtiges Merkmal der neutralen Faser besteht darin, dass ihre Position nicht vom Biegewinkel abhängt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass nach Beginn eines Biegevorgangs bereits gestauchtes Material nicht beginnt, sich zu strecken, und dass bereits gestrecktes Material nicht beginnt, gestaucht zu werden, wodurch eine Zunahme des Biegewinkels keine Auswirkung auf die Position der neutralen Faser hat.

[0005] Wenn der Abstand t bekannt ist, kann er zur Berechnung der richtigen Länge im flachen Zustand für jeden gewünschten Biegewinkel verwendet werden. Da die neutrale Faser sich jedoch innerhalb des Materials befindet, kann der Abstand t offensichtlich nicht mit einem herkömmlichen Verfahren wie mit Messschiebern gemessen werden. Diese Schwierigkeit bei der Messung ist der Grund dafür, dass das Biegeabzugsverfahren anstelle des Verfahrens der neutralen Faser verwendet wird. Es gibt in der Produktion keine einfache Möglichkeit zur Bestimmung der Position der neutralen Faser beim Biegen. Die vorliegende Erfindung widmet sich diesen Einschränkungen.

[0006] Verschiedene Erfindungen sind entwickelt worden, um das Problem der Bestimmung der Größe eines Ausgangswerkstücks für eine gebogene Metallkonstruktion mit einer festgelegten Größe zu lösen.

[0007] Lascoe, O. D., Handbook of Fabrication Processes", ASM International, 1988, S. 187 und 189, enthält ein Kapitel zum Biegen von Blech. Dieses Kapitel enthält einen Abschnitt über Biegeberechnungen. In diesem Abschnitt ist aufgeführt, dass ein häufiger Fehler bei der Bestimmung der Länge von Platinen (Blech-Rohteilen) darin besteht, dass die Blechdicke nicht addiert oder subtrahiert werden, wenn dies erforderlich ist. In diesem Abschnitt ist auch aufgeführt, dass eine allgemeine Regel bei der Entwicklung von Platinen darin besteht, das Teil in gerade Abschnitte und Biegungen oder Bögen aufzuteilen. Dann wird die Länge eines jeden Abschnitts ermittelt. Oft müssen rechtwinkelige Dreiecke eingezeichnet werden, um bekannte mit unbekanntem Abmessungen zu verbinden. Dann wird eine unbekannt Seite oder ein unbekannter Winkel mittels Trigonometrie ermittelt. **Fig. 2G–Fig. 11** veranschaulicht viele beim Biegen verwendete Begriffe einschließlich eines Schrägwinkels (B).

[0008] Leigh, R. W., "Bend Allowance Formulas", http://ronleigh.com/ivytech/_refba.htm, Copyright 1994, 2006; Version vom 5. Dezember 2008, offenbart zwei Formeln:

eine empirische Formel für einen K-Faktor als:

$$K = ((R/T)/16) + 0,25$$

und eine Formel für eine Biegezugabe (Bend Allowance, B. A.):

$$B. A. = A \cdot \pi \cdot (R + K \cdot T) / 180 \quad (A \text{ in Grad gemessen})$$

[0009] Diese beiden Gleichungen werden in dieser Literaturstelle abgeleitet. Die Gleichung zum K-Faktor ist aus experimentellen Daten abgeleitet. Bei der Biegezugabe handelt es sich um eine Gleichung für die Bogenlänge der neutralen Faser als Funktion der Biegung bei einem Biegewinkel A und des eingestellten Radius als Innenradius R plus dem Abstand t zur neutralen Faser, der durch $t = K \cdot T$ gegeben ist, wobei T die Dicke des Materials ist.

[0010] Diegel, O., "BendWorks The fine-art of Sheet Metal Bending", Complete Design Services, Juli 2002, offenbart Gleichungen für die Biegezugabe, den Biegeabzug und den k-Faktor. In dieser Literaturstelle wird eine Rückwärtsentwicklung des k-Faktors durch das Messen der Gesamtlänge im flachen Zustand, der Außenlängen des gebogenen Abschnitts, des Biegeradius, des Biegewinkels und der Materialdicke diskutiert.

[0011] Die U.S.-Patentanmeldung Nr. 2010/0106463, veröffentlicht für Hindman et al., betrifft angepasste Gleichungen für das Auseinanderfalten von Blech. Dieses System ermöglicht die Verwendung von angepassten Gleichungen für das Auseinanderfalten von Blech und die Bestimmung, wie Blech sich biegt. Die Lösung mit angepassten Gleichungen ermöglicht Anwendern die Definition von Formeln für das Auseinanderfalten auf der Grundlage von Gleichungstypen, die eine Referenz dafür bieten, worauf die Formeln geometrisch basieren. Der Formeltyp kann vom Anwender ausgewählt werden und aus einer Liste verfügbarer Typen einschließlich der Biegezugabe, des Biegeausgleichs, des Biegeabzugs und des k-Faktors stammen. In dieser Hinsicht kann der Gleichungstyp aus den vier Typen ausgewählt werden, und zweckmäßige Gleichungen sind mit anpassbaren Variablen veranschaulicht.

[0012] Das US-Patent Nr. 5,689,435, erteilt an Umney et al., betrifft Systeme und Verfahren für die automatisierte Konstruktion von Klammern. Diese Literaturstelle offenbart Gleichungen für die Biegezugabe und den Biegeabzug.

[0013] Das US-Patent Nr. 5,842,36, erteilt an Hans Klingel et al., offenbart als Teil eines Verfahrens zum

Biegen von Werkstücken, wenn das Werkstück aus dem Gelenkunterteil und/oder dem Gelenkoberteil freigegeben wird, dass die tatsächliche Größe des Biegewinkels kontinuierlich bestimmt wird und aus der tatsächlichen Größe des gefundenen Biegewinkels dessen Änderung bestimmt und, sobald die Änderung der tatsächlichen Größe des Biegewinkels einen vorbestimmten Wert annimmt, die tatsächliche Größe des dann vorhandenen Biegewinkels mit der gewünschten Größe verglichen wird. An einer Werkzeugmaschine zum Ausführen des beschriebenen Verfahrens gibt es Scanelemente und eine Vorrichtung zur Bestimmung der tatsächlichen Größe des Biegewinkels, wobei es sich um Teile einer Vorrichtung zur Bestimmung der tatsächlichen Größe des Biegewinkels handelt. Die Vorrichtung zur Bestimmung der tatsächlichen Größe des Biegewinkels ist mit einer Vergleichsvorrichtung zum Vergleichen der tatsächlichen Größe des Biegewinkels mit der gewünschten Größe verbunden.

[0014] Das US-Patent Nr. 7,643,967, erteilt an Max W. Durney et al., offenbart ein Verfahren für die Gestaltung von Falzlinien in Blechmaterial, umfassend die Schritte des Definierens der gewünschten Abkantlinie in einer Hauptebene in einem Zeichensystem und des Besetzens der Abkantlinie mit einer Falzgeometrie, die eine Serie von Schneidzonen einschließt, die eine Reihe von verbundenen Zonen definieren, die relativ zur Abkantlinie ausgestaltet und positioniert sind, wobei beim Abkanten des Materials entlang der Abkantlinie ein Kanten-Flächen-Angriff des Materials auf gegenüberliegenden Seiten der Schneidzonen erzeugt wird. Alternativ kann das Verfahren die Schritte des Speicherns einer Mehrzahl von Schneidzonenkonfigurationen und Konfigurationen von verbundenen Zonen mit unterschiedlichen Abmessungen und/oder Formen, des Definierens einer gewünschten Abkantlinie in einer Hauptebene in einem Zeichensystem, des Auswählens einer bevorzugten Schneidzone und/oder einer bevorzugten verbundenen Zone, die eine gewünschte Form und einen gewünschten Maßstab aufweist, des Lokalisierens einer bevorzugten Abkantgeometrie entlang der Abkantlinie, wobei die bevorzugte Abkantgeometrie die gewählte Schneidzone und die gewählte verbundene Zone einschließt, und des erneuten Lokalisierens, Skalierens und/oder Formens der bevorzugten Abkantgeometrie, um wenigstens eine der verbundenen Zonen zu verschieben, hinzuzufügen und/oder zu subtrahieren, wodurch beim Abkanten des Materials entlang der Abkantlinie Ecken-Flächen-Angriffe des Materials an gegenüberliegenden Seiten der Schneidzonen erzeugt werden, einschließlich. Ein Computerprogrammprodukt und ein System, das zum Implementieren des Verfahrens für die Gestaltung von Abkantlinien in Blechmaterial ausgestaltet ist, sind ebenfalls offenbart.

[0015] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Verfügbarmachung eines Verfahrens für eine genaue Bestimmung der Ausgangsgröße eines Blechstücks, das zu einer gebogenen Konstruktion mit einer festgelegten Größe gebogen werden soll. Eine weitere Aufgabe besteht in der Verfügbarmachung eines solchen Verfahrens, das für Bleche mit unterschiedlichen Dicken und aus verschiedenen Materialien wiederholt verwendet werden kann. Noch eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht in der Verfügbarmachung eines Verfahrens, das auf Blechbiegungen mit beliebigem Winkel genau angewandt werden kann. Noch eine weitere Aufgabe besteht in der Verfügbarmachung eines Verfahrens, das leicht anwendbar ist und ein Minimum an Ausrüstung erfordert. Schließlich besteht eine Aufgabe der Erfindung in der Verfügbarmachung eines Verfahrens zur genauen Bestimmung der Position einer neutralen Faser für jede Dicke eines Werkstücks aus jedem beliebigen Material.

[0016] Obwohl einige der Aufgaben der vorliegenden Erfindung im Stand der Technik offenbart sind, schließt keine der gefundenen Erfindungen alle aufgeführten Anforderungen ein.

Kurzbeschreibung der Erfindung

[0017] Die vorliegende Erfindung überwindet alle Mängel der Verfahren des Standes der Technik in Erfindungen zum Biegen von Blech und löst alle oben beschriebenen Aufgaben.

1) Ein Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsabmessungen eines Blechwerkstücks vor dem Biegen zu einer Blechkonstruktion unter Verwendung eines Prüfwerkstücks, das mit einem stumpfen Innenwinkel ausgebildet ist, schließt folgende Schritte ein:

1) Bereitstellen des Prüfwerkstücks, wobei das Prüfwerkstück aus demselben Material wie das Blechwerkstück besteht und zu plus oder minus 25% dieselbe Dicke T wie dieses aufweist;

2) Messen und Aufzeichnen der Länge L und der Dicke T des Prüfwerkstücks;

3) Biegen des Prüfwerkstücks zu einer Winkelform, wobei die Winkelform einen Innenwinkel φ aufweist;

4) Identifizieren des ersten und des zweiten Schenkels der Winkelform;

5) Messen und Aufzeichnen der Länge H_1 des ersten Schenkels und der Länge H_2 des zweiten Schenkels, wobei jede der Längen den Gesamtabstand zwischen einer Außenkante eines der Schenkel und der Außenfläche des benachbarten anderen Schenkels einschließt;

6) Messen und Aufzeichnen der Länge einer ersten Linie H_3 , die sich vom Innenwinkel φ nach unten erstreckt, wobei die erste Linie H_3 sich vom Scheitelpunkt der Winkelform zu einer zweiten Li-

nie c erstreckt, wobei die zweite Linie c Innenkanten der Winkelform verbindet;

7) Bestimmen und Aufzeichnen des Innenwinkels φ ;

8) Berechnen der ersten inneren Flanschlänge $a = (H_1 - T)/\cos(\varphi - 90)$;

9) Berechnen der zweiten inneren Flanschlänge $b = (H_2 - T)/\cos(\varphi - 90)$;

10) Berechnen der ersten äußeren Flanschlänge $A = (H_1 - T \cdot \sin(\varphi - 90))/\cos(\varphi - 90)$;

11) Berechnen der zweiten äußeren Flanschlänge $B = (H_2 - T \cdot \sin(\varphi - 90))/\cos(\varphi - 90)$;

12) Berechnen des Biegeabzugs $BD = A + B - L$;

13) Berechnen des Innenradius r , umfassend die Schritte des:

a) Berechnens der Länge $c = \sqrt{a^2 + b^2} - 2ab \cdot \cos \varphi$ der Linie,

b) Berechnens des Winkels α gegenüber der ersten inneren Flanschlänge a , $\alpha = \sin^{-1}((a \cdot \sin \varphi)/c)$;

c) Berechnens des Winkels β gegenüber der zweiten inneren Flanschlänge b , $\beta = \sin^{-1}((b \cdot \sin \varphi)/c)$;

d) Berechnens der Höhe des Dreiecks abc , $H' = a \cdot \sin \beta = (a \cdot b/c) \cdot \sin \varphi$;

e) Berechnens des Versatzwinkels $\delta = 90 - (\beta + \varphi/2)$;

f) Berechnens der Länge der Hypotenuse $x = r/\sin(\varphi/2)$, bezogen auf r ;

e) Berechnens des Innenradius r , wobei $\cos \delta = (r + H' - (H_3 - T))/x$ und $r = ((H' - (H_3 - T)) \cdot \sin(\varphi/2))/(\cos \alpha - \sin(\varphi/2))$;

14) Berechnen des Abstands einer neutralen Faser von der Innenfläche des Prüfwerkstücks, $t = (2 \cdot \tan(\varphi/2) \cdot (T + r) - BD)/((\pi/180) \cdot \varphi) - r$;

15) Berechnen eines Biegeabzugs für ein tatsächliches Werkstück mit einem endgültigen Innenwinkel φ_F , $BD_F = 2 \cdot \tan(\varphi_F/2) \cdot (T + r) - (t + r) \cdot (\pi/180) \cdot \varphi_F$;

16) Berechnen einer Ausgangslänge L_F für ein Werkstück mit den gewünschten äußeren Flanschlängen A_F und B_F , $L_F = A_F + B_F - BD_F$; und des

17) Anwendens der Ausgangslänge L_F auf das Blechwerkstück vor dem Biegen zu einer Blechkonstruktion mit dem stumpfen Innenwinkel φ_F .

2) In einer Variante der Erfindung umfasst der Schritt zur Bestimmung des Innenwinkels φ weiterhin die Schritte des:

1) Messens der Länge der Linie C , die sich von der Außenkante des ersten Schenkels zur Außenkante des zweiten Schenkels erstreckt; und des

2) iterativen Substituierens von Werten für φ , wobei die erste äußere Flanschlänge $A = (H_1 - T \cdot \sin(\varphi - 90))/\cos(\varphi - 90)$ und die zweite äußere Flanschlänge $B = (H_2 - T \cdot \sin(\varphi - 90))/\cos(\varphi - 90)$, bis $C^2 = A^2 + B^2 - 2AB \cdot \cos(\varphi)$.

3) In einer anderen Variante umfasst der Schritt des Messens und Aufzeichnens der Länge H_1 des ersten Schenkels, der Länge H_2 des zweiten Schenkels und der ersten Linie H_3 weiterhin die Verwendung von Messschiebern zum Messen der Längen H_1 , H_2 und H_3 .

4) In noch einer anderen Variante umfasst der Schritt des Messens und Aufzeichnens der Länge H_1 des ersten Schenkels, der Länge H_2 des zweiten Schenkels und der ersten Linie H_3 weiterhin die Verwendung einer optischen Scan- und Bildverarbeitungstechnik zum Messen der Längen H_1 und H_2 .

5) In noch einer anderen Variante umfasst der Schritt des Messens und Aufzeichnens der Länge H_1 des ersten Schenkels, der Länge H_2 des zweiten Schenkels und der ersten Linie H_3 weiterhin die Verwendung eines Höhenmessschiebers zum Messen der Längen H_1 , H_2 und H_3 .

6) In noch einer weiteren Variante der Erfindung schließt ein Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsabmessungen eines Blechwerkstücks vor dem Biegen zu einer Blechkonstruktion unter Verwendung eines Prüfwerkstücks, das mit einem spitzen Innenwinkel ausgebildet ist, folgende Schritte ein:

1) Bereitstellen des Prüfwerkstücks, wobei das Prüfwerkstück aus demselben Material wie das Blechwerkstück besteht und zu plus oder minus 25% dieselbe Dicke T wie dieses aufweist;

2) Messen und Aufzeichnen der Länge L und der Dicke T des Prüfwerkstücks;

3) Biegen des Prüfwerkstücks zu einer Winkelform, wobei die Winkelform einen Innenwinkel \varnothing aufweist;

4) Identifizieren des ersten und des zweiten Schenkels der Winkelform;

5) Messen und Aufzeichnen der Länge H_1 des ersten Schenkels und der Länge H_2 des zweiten Schenkels, wobei jede der Längen den Gesamtabstand zwischen einer Außenkante eines der Schenkel und der Außenfläche des benachbarten anderen Schenkels einschließt;

6) Messen und Aufzeichnen der Länge einer ersten Linie H_3 , die sich vom Innenwinkel \varnothing nach unten erstreckt, wobei die erste Linie H_3 sich vom Scheitelpunkt der Winkelform zu einer zweiten Linie c erstreckt, wobei die zweite Linie c Innenkanten der Winkelform verbindet;

7) Messen und Aufzeichnen des Innenwinkels \varnothing ;

8) Berechnen der ersten inneren Flanschlänge $a = (H_1 - T - T \cdot \sin(90 - \varnothing)) / \cos(90 - \varnothing)$;

9) Berechnen der zweiten inneren Flanschlänge $b = (H_2 - T - T \cdot \sin(90 - \varnothing)) / \cos(90 - \varnothing)$;

10) Berechnen der ersten äußeren Flanschlänge $A = H_1 / \cos(90 - \varnothing)$;

11) Berechnen der zweiten äußeren Flanschlänge $B = H_2 / \cos(90 - \varnothing)$;

12) Berechnen des Biegeabzugs $BD = A + B - L$;

13) Berechnen des Innenradius r , umfassend die Schritte des:

a) Berechnens der Länge $c = \sqrt{a^2 + b^2} - 2ab \cdot \cos \varnothing$ der Linie;

b) Berechnens des Winkels α gegenüber der ersten inneren Flanschlänge a , $\alpha = \sin^{-1}((a \cdot \sin \varnothing) / c)$;

c) Berechnens des Winkels β gegenüber der zweiten inneren Flanschlänge b , $\beta = \sin^{-1}((b \cdot \sin \varnothing) / c)$;

d) Berechnens der Höhe des Dreiecks abc , $H' = a \cdot \sin \beta = (a \cdot b / c) \cdot \sin \varnothing$;

e) Berechnens des Versatzwinkels $\delta = 90 - (\beta + \varnothing / 2)$;

f) Berechnens der Länge der Hypotenuse $x = r / \sin(\varnothing / 2)$, bezogen auf r ;

g) Berechnens des Innenradius r , wobei $\cos \delta = (r + H' - (H_3 - T)) / x$ und $r = ((H' - (H_3 - T)) \cdot \sin(\varnothing / 2)) / (\cos \alpha - \sin(\varnothing / 2))$

14) Berechnen des Abstands einer neutralen Faser von der Innenfläche des Prüfwerkstücks, $t = (2 \cdot \tan(\varnothing / 2) \cdot (T + r) - BD) / ((\pi / 180) \cdot \varnothing) - r$;

15) Berechnen eines Biegeabzugs für ein tatsächliches Werkstück mit einem endgültigen Innenwinkel \varnothing_F , $BD_F = 2 \cdot \tan(\varnothing_F / 2) \cdot (T + r) - (t + r) \cdot (\pi / 180) \cdot \varnothing_F$;

16) Berechnen einer Ausgangslänge L_F für ein Werkstück mit den gewünschten äußeren Flanschlängen A_F und B_F , $L_F = A_F + B_F - BD_F$; und das

17) Anwenden der Ausgangslänge L_F auf das Blechwerkstück vor dem Biegen zu einer Blechkonstruktion mit dem stumpfen Innenwinkel \varnothing_F .

7) In noch einer weiteren Variante umfasst der Schritt zur Bestimmung des Innenwinkels \varnothing weiterhin die Schritte des:

1) Messens der Länge der Linie C , die sich von der Außenkante des ersten Schenkels zur Außenkante des zweiten Schenkels erstreckt; und des

2) Berechnens des Innenwinkels $\varnothing_F = 180 - \sin^{-1}(H_1 / C) - \sin^{-1}(H_2 / C)$.

8) In noch einer anderen Variante umfasst der Schritt des Messens und Aufzeichnens der Länge H_1 des ersten Schenkels, der Länge H_2 des zweiten Schenkels und der ersten Linie H_3 weiterhin die Verwendung von Messschiebern zum Messen der Längen H_1 , H_2 und H_3 .

9) In noch einer anderen Variante umfasst der Schritt des Messens und Aufzeichnens der Länge H_1 des ersten Schenkels, der Länge H_2 des zweiten Schenkels und der ersten Linie H_3 weiterhin die Verwendung einer optischen Scan- und Bildverarbeitungstechnik zum Messen der Längen H_1 , H_2 und H_3 .

10) In einer letzten Variante umfasst der Schritt des Messens und Aufzeichnens der Länge H_1 des ersten Schenkels, der Länge H_2 des zweiten Schenkels und der ersten Linie H_3 weiterhin die Verwendung eines Höhenmessschiebers zum Messen der Längen H_1 , H_2 und H_3 .

[0018] Eine Würdigung der übrigen Ziele und Aufgaben der vorliegenden Erfindung und ein Verständnis dafür können unter Bezugnahme auf die Begleitzeichnungen und die ausführliche Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform erhalten werden.

Beschreibung der Zeichnungen

[0019] **Fig. 1** ist eine perspektivische Ansicht eines Blechwerkstücks vor dem Biegen;

[0020] **Fig. 2** ist eine perspektivische Darstellung der Ausführungsform von **Fig. 1** nach dem Biegen;

[0021] **Fig. 3** ist eine Seitenansicht eines Blechwerkstücks vor dem Biegen;

[0022] **Fig. 4** ist eine Seitenansicht der Winkelform, die aus dem Prüfwerkstück mit einem stumpfen Innenwinkel erzeugt wurde, wobei die Messung der Schenkelhöhen der Winkelform veranschaulicht ist;

[0023] **Fig. 5** ist eine Seitenansicht der Winkelform, die aus dem Prüfwerkstück mit einem stumpfen Innenwinkel erzeugt wurde, wobei die Berechnung der Längen der inneren und äußeren Flanschlängen veranschaulicht ist;

[0024] **Fig. 6** ist eine vergrößerte Seitenansicht der Winkelform, in der die Berechnung der neutralen Faser t veranschaulicht wird.

[0025] **Fig. 7** ist eine schematische Ansicht eines Dreiecks das zur Berechnung des Innenradius der aus dem Prüfwerkstück erzeugten Winkelform verwendet wird;

[0026] **Fig. 8** ist eine vergrößerte Ansicht des Scheitelpunkts der Ausführungsform von **Fig. 7**, in der weiterhin die Berechnung des Innenradius veranschaulicht ist;

[0027] **Fig. 9** ist eine weitere vergrößerte Ansicht eines Teils der Ausführungsform von **Fig. 8**, in der die Einzelheiten zur Berechnung des Innenradius veranschaulicht sind;

[0028] **Fig. 10** ist eine Seitenansicht der Winkelform, die aus dem Prüfwerkstück mit einem spitzen Innenwinkel erzeugt wurde, wobei die Messung der Schenkelhöhen der Winkelform veranschaulicht ist; und

[0029] **Fig. 11** ist eine Seitenansicht der Winkelform, die aus dem Prüfwerkstück mit einem spitzen Innenwinkel erzeugt wurde, wobei die Berechnung der Längen der inneren und äußeren Flanschlängen veranschaulicht ist;

Ausführliche Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform

1) Die **Fig. 1–Fig. 9** veranschaulichen ein Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsabmessungen eines Blechwerkstücks vor dem Biegen **10** zu einer Blechkonstruktion **14** unter Verwendung eines Prüfwerkstücks **18**, das mit einem stump-

fen Innenwinkel ausgebildet ist, das die folgenden Schritte einschließt:

1) Bereitstellen des in den **Fig. 1–Fig. 3** veranschaulichten Prüfwerkstücks **18**, wobei das Prüfwerkstück **18** aus demselben Material wie das Blechwerkstück besteht und zu plus oder minus 25% dieselbe Dicke **22**, T , wie das Prüfwerkstück **10** aufweist;

2) Messen und Aufzeichnen der Länge **26**, L , und der Dicke **22**, T , des Prüfwerkstücks **18**;

3) Biegen des Prüfwerkstücks **18** zu einer in **Fig. 4** und **Fig. 5** veranschaulichten Winkelform **30**, wobei die Winkelform **30** einen Innenwinkel **34**, \varnothing , aufweist;

4) Identifizieren des ersten **38** und des zweiten **42** Schenkels der Winkelform **30**;

5) Messen und Aufzeichnen der Länge H_1 des ersten Schenkels **46** und der Länge H_2 des zweiten Schenkels **50**, wobei jede der Längen **46**, **50** den Gesamtabstand zwischen einer Innenkante **54**, **56** eines der Schenkel **38**, **42** und der Außenfläche **58** des benachbarten anderen Schenkels **38**, **42** einschließt;

6) Messen und Aufzeichnen der Länge einer ersten Linie **62**, H_3 , die sich vom Innenwinkel **34**, \varnothing , nach unten erstreckt, wobei die erste Linie **62**, H_3 , sich vom Scheitelpunkt **66** der Winkelform **30** zu einer zweiten Linie **70**, c , erstreckt, wobei die zweite Linie **70**, c , Innenkanten **54**, **56** der Winkelform **30** verbindet;

7) Bestimmen und Aufzeichnen des Innenwinkels **34**, \varnothing ;

8) Berechnen der ersten inneren Flanschlänge **78**, $a = (H_1 - T)/\cos(\varnothing - 90)$;

9) Berechnen der zweiten inneren Flanschlänge **82**, $b = (H_2 - T)/\cos(\varnothing - 90)$;

10) Berechnen der ersten äußeren Flanschlänge **86**, $A = (H_1 - T \cdot \sin(\varnothing - 90))/\cos(\varnothing - 90)$;

11) Berechnen der zweiten äußeren Flanschlänge **90**, $B = (H_2 - T \cdot \sin(\varnothing - 90))/\cos(\varnothing - 90)$;

12) Berechnen des Biegeabzugs $BD = A + B - L$;

13) Berechnen des in den **Fig. 6–Fig. 9** veranschaulichten Innenradius **94**, r , umfassend die Schritte des:

a) Berechnens der Länge $c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \varnothing}$ der Linie **70**;

b) Berechnens des Winkels **98**, α , gegenüber der ersten inneren Flanschlänge **78**, a , $\alpha = \sin^{-1}((a \cdot \sin \varnothing)/c)$;

c) Berechnens des Winkels **102**, β , gegenüber der zweiten inneren Flanschlänge **82**, b , $\beta = \sin^{-1}((b \cdot \sin \varnothing)/c)$;

d) Berechnens der Höhe des Dreiecks abc **106**, $H^1 = a \cdot \sin \beta = (a \cdot b/c) \cdot \sin \varnothing$;

e) Berechnens des Versatzwinkels **110**, $\delta = 90 - (\beta + \varnothing/2)$;

f) Berechnens der Länge der Hypotenuse **114**, $x = r/\sin(\varnothing/2)$, bezogen auf r **94**;

g) Berechnens des Innenradius **r 94**, wobei $\cos\delta = (r + H' - (H_3 - T))/x$ und $r = ((H' - (H_3 - T)) \cdot \sin(\varphi/2)) / (\cos\alpha - \sin(\varphi/2))$;

14) Berechnen des Abstands einer neutralen Faser von der Innenfläche des Prüfwerkstücks **118**, $t = ((2 \cdot \tan(\varphi/2) \cdot (T + r) - BD) / ((\pi/180) \cdot \varphi)) - r$;

15) Berechnen eines Biegeabzugs für ein tatsächliches Werkstück mit einem endgültigen Innenwinkel **122**, φ_F , $BD = 2 \cdot \tan(\varphi_F/2) \cdot (T + r) - (t + r) \cdot (\pi/180) \cdot \varphi_F$, wie in **Fig. 1** und **Fig. 2** veranschaulicht ist;

16) Berechnen einer Ausgangslänge **126**, L_F , für ein Werkstück mit den gewünschten äußeren Flanschlängen **130**, A_F , und **134**, A_F , $L_F = A_F + B_F - BD_F$; und das

17) Anwenden der Ausgangslänge **126**, L_F , auf das Blechwerkstück vor dem Biegen **10** zu einer Blechkonstruktion **14**.

2) In einer in **Fig. 4** und **Fig. 5** veranschaulichten Variante der Erfindung umfasst der Schritt zur Bestimmung des Innenwinkels φ weiterhin die Schritte des:

1) Messens der Länge der in **Fig. 4** und **Fig. 5** veranschaulichten Linie **128**, C , die sich von der Außenkante **60** des ersten Schenkels **38** zur Außenkante **64** des zweiten Schenkels **42** erstreckt; und des

2) iterativen Substituierens von Werten für φ , wobei die erste äußere Flanschlänge **86**,

$A = (H_1 - T \cdot \sin(\varphi - 90)) / \cos(\varphi - 90)$ und die zweite äußere Flanschlänge **90**,

$B = (H_2 - T \cdot \sin(\varphi - 90)) / \cos(\varphi - 90)$, bis $C^2 = A^2 + B^2 - 2AB \cdot \cos(\varphi)$.

3) In einer anderen Variante umfasst der Schritt des Messens und Aufzeichnens der Länge H_1 des ersten Schenkels **46**, der Länge H_2 des zweiten Schenkels **50** und der ersten Linie **62**, H_3 , weiterhin die Verwendung von Messschiebern zum Messen der Längen **46**, H_1 , **50**, H_2 , und **62**, H_3 .

4) In noch einer anderen Variante umfasst der Schritt des Messens und Aufzeichnens der Länge H_1 des ersten Schenkels **46**, der Länge H_2 des zweiten Schenkels **50** und der ersten Linie **62**, H_3 weiterhin die Verwendung einer optischen Scan- und Bildverarbeitungstechnik zum Messen der Längen **46**, H_1 , **50**, H_2 , und **62**, H_3 .

5) In noch einer anderen Variante umfasst der Schritt des Messens und Aufzeichnens der Länge H_1 des ersten Schenkels **46**, der Länge H_2 des zweiten Schenkels **50** und der ersten Linie **62**, H_3 weiterhin die Verwendung eines Höhenmessschiebers zum Messen der Längen **46**, H_1 , **50**, H_2 , und **62**, H_3 .

6) In noch einer weiteren Variante der Erfindung schließt ein Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsabmessungen eines Blechwerkstücks vor dem Biegen **10** zu einer Blechkonstruktion **14** unter Verwendung eines Prüfwerkstücks **18**, das mit einem spitzen Innenwinkel ausgebildet ist, folgende Schritte ein:

1) Bereitstellen des in den **Fig. 1–Fig. 3** veranschaulichten Prüfwerkstücks **18**, wobei das Prüfwerkstück **18** aus demselben Material wie das Blechwerkstück besteht und zu plus oder minus 25% dieselbe Dicke **22**, T , wie das Prüfwerkstück **10** aufweist;

2) Messen und Aufzeichnen der Länge **26**, L , und der Dicke **22**, T , des Prüfwerkstücks **18**;

3) Biegen des in **Fig. 10** und **Fig. 11** veranschaulichten Prüfwerkstücks **18** zu einer Winkelform **32**, wobei die Winkelform **32** einen Innenwinkel **34**, φ aufweist;

4) Identifizieren des ersten **38** und des zweiten **42** Schenkels der Winkelform **32**;

5) Messen und Aufzeichnen der Länge H_1 des ersten Schenkels **46** und der Länge H_2 des zweiten Schenkels **50**, wobei jede der Längen **46**, **50** den Gesamtabstand zwischen einer Außenkante **60**, **64** eines der Schenkel **38**, **42** und der Außenfläche **58** des benachbarten anderen Schenkels **38**, **42** einschließt;

6) Messen und Aufzeichnen der Länge einer ersten Linie **62**, H_3 , die sich vom Innenwinkel **34**, φ , nach unten erstreckt, wobei die erste Linie **62**, H_3 sich vom Scheitelpunkt **66** der Winkelform **32** zu einer zweiten Linie **70**, c , erstreckt, wobei die zweite Linie **70**, c , Innenkanten **74** der Winkelform **32** verbindet;

7) Bestimmen und Aufzeichnen des Innenwinkels **34**, φ ;

8) Berechnen der ersten inneren Flanschlänge **142**, $a = (H_1 - T - T \cdot \sin(90 - \varphi)) / \cos(90 - \varphi)$;

9) Berechnen der zweiten inneren Flanschlänge **146**, $b = (H_2 - T - T \cdot \sin(90 - \varphi)) / \cos(90 - \varphi)$;

10) Berechnen der ersten äußeren Flanschlänge **150**, $A = H_1 / \cos(90 - \varphi)$;

11) Berechnen der zweiten äußeren Flanschlänge **154**, $B = H_2 / \cos(90 - \varphi)$;

12) Berechnen des Biegeabzugs $BD = A + B - L$;

13) Berechnen des in den **Fig. 6–Fig. 9** veranschaulichten Innenradius **94**, r , umfassend die Schritte des:

a) Berechnens der Länge $c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos\varphi}$ der Linie **70**,

b) Berechnens des Winkels **98**, α , gegenüber der ersten inneren Flanschlänge **78**, a , $\alpha = \sin^{-1}((a \cdot \sin\varphi)/c)$;

c) Berechnens des Winkels **102**, β , gegenüber der zweiten inneren Flanschlänge **82**, b , $\beta = \sin^{-1}((b \cdot \sin\varphi)/c)$;

d) Berechnens der Höhe des Dreiecks abc , **106**, $H' = a \cdot \sin\beta = (a \cdot b/c) \cdot \sin\varphi$;

e) Berechnens des Versatzwinkels **110**, $\delta = 90 - (\beta + \varphi/2)$;

f) Berechnens der Länge der Hypotenuse **114**, $x = r/\sin(\varphi/2)$, bezogen auf **94**, r ;

e) Berechnens des Innenradius **94**, r , wobei $\cos\delta = (r + H' - (H_3 - T))/x$ und $r = ((H' - (H_3 - T)) \cdot \sin(\varphi/2)) / (\cos\alpha - \sin(\varphi/2))$;

- 14) Berechnen des Abstands einer neutralen Faser von der Innenfläche des Prüfwerkstücks **118**,
 $t = ((2 \cdot \tan(\varphi/2) \cdot (T + r) - BD) / ((\pi/180) \cdot \varphi)) - r$,
- 15) Berechnen eines Biegeabzugs für ein tatsächliches Werkstück mit einem endgültigen Innenwinkel **122**, φ_F , $BD_F = 2 \cdot \tan(\varphi_F/2) \cdot (T + r) - (t + r) \cdot (\pi/180) \cdot \varphi_F$, wie in [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) veranschaulicht ist;
- 16) Berechnen einer Ausgangslänge **126**, L_F , für ein Werkstück mit den gewünschten äußeren Flanschlängen **130**, A_F , und **134**, B_F , $L_F = A_F + B_F - BD_F$; und das
- 17) Anwenden der Ausgangslänge **126**, L_F , auf das Blechwerkstück vor dem Biegen **10** zu einer Blechkonstruktion **14**.
- 7) In noch einer weiteren Variante umfasst der Schritt zur Bestimmung des Innenwinkels φ weiterhin die Schritte des:
- 1) Messens der Länge der in [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) veranschaulichten Linie **138**, C , die sich von der Außenkante **60** des ersten Schenkels **38** zur Außenkante **64** des zweiten Schenkels **42** erstreckt; und des
- 2) Berechnens des Innenwinkels **34** $\varphi_F = 180 - \sin^{-1}(H_1/C) - \sin^{-1}(H_2/C)$,
- 8) In einer anderen Variante umfasst der Schritt des Messens und Aufzeichnens der Länge H_1 des ersten Schenkels **46**, der Länge, H_2 des zweiten Schenkels **50** und der Länge der ersten Linie **62**, H_3 weiterhin die Verwendung von Messschiebern zum Messen der Längen **46**, H_1 , **50**, H_2 , und **62**, H_3 .
- 9) In noch einer anderen Variante umfasst der Schritt des Messens und Aufzeichnens der Länge H_1 des ersten Schenkels **46**, der Länge H_2 des zweiten Schenkels **50** und der Länge der ersten Linie **62**, H_3 weiterhin die Verwendung einer optischen Scan- und Bildverarbeitungstechnik zum Messen der Längen **46**, H_1 , **50**, H_2 , und **62**, H_3 .
- 10) In noch einer anderen Variante umfasst der Schritt des Messens und Aufzeichnens der Länge H_1 des ersten Schenkels **46**, der Länge H_2 des zweiten Schenkels **50** und der Länge der ersten Linie **62**, H_3 weiterhin die Verwendung eines Höhenmessschiebers zum Messen der Längen **46**, H_1 , **50**, H_2 , und **62**, H_3 .

[0030] Die Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsabmessungen eines Blechwerkstücks vor dem Biegen **10** zu einer Blechkonstruktion unter Verwendung eines Prüfwerkstücks, das entweder mit einem stumpfen Innenwinkel oder einem spitzen Innenwinkel ausgebildet ist, ist unter Bezugnahme auf bestimmte Ausführungsformen beschrieben worden. Andere Modifikationen und Verbesserungen können vorgenommen werden, ohne dass dadurch vom Wesen und Umfang der folgenden Patentansprüche abgewichen wird.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 5689435 [0012]
- US 584236 [0013]
- US 7643967 [0014]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Lascoe, O. D., "Handbook of Fabrication Processes", ASM International, 1988, S. 187 und 189, enthält ein Kapitel zum Biegen von Blech [0007]
- Leigh, R. W., "Bend Allowance Formulas", http://ronleigh.com/ivytech/_refba.htm, Copyright 1994, 2006; Version vom 5. Dezember 2008 [0008]
- Diegel, O., "BendWorks The fine-art of Sheet Metal Bending", Complete Design Services, Juli 2002 [0010]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsabmessungen eines Blechwerkstücks vor dem Biegen zu einer Blechkonstruktion unter Verwendung eines Prüfwerkstücks, das mit einem stumpfen Innenwinkel ausgebildet ist, umfassend die Schritte des:

Bereitstellens des Prüfwerkstücks, wobei das Prüfwerkstück aus demselben Material wie das Blechwerkstück besteht und zu plus oder minus 25% dieselbe Dicke T wie dieses aufweist;

Messens und Aufzeichnens der Länge L und der Dicke T des Prüfwerkstücks;

Biegens des Prüfwerkstücks zu einer Winkelform, wobei die Winkelform einen Innenwinkel \varnothing aufweist; Identifizierens des ersten und des zweiten Schenkels der Winkelform;

Messens und Aufzeichnens der Länge H_1 des ersten Schenkels und der Länge H_2 des zweiten Schenkels, wobei jede der Längen den Gesamtabstand zwischen einer Außenkante eines der Schenkel und der Außenfläche des benachbarten anderen Schenkels einschließt;

Messens und Aufzeichnens der Länge einer ersten Linie H_3 , die sich vom Innenwinkel \varnothing nach unten erstreckt, wobei die erste Linie H_3 sich vom Scheitelpunkt der Winkelform zu einer zweiten Linie c erstreckt, wobei die zweite Linie c Innenkanten der Winkelform verbindet;

Bestimmens und Aufzeichnens des Innenwinkels \varnothing ; Berechnens der ersten inneren Flanschlänge $a = (H_1 - T)/\cos(\varnothing - 90)$;

Berechnens der zweiten inneren Flanschlänge $b = (H_2 - T)/\cos(\varnothing - 90)$;

Berechnens der ersten äußeren Flanschlänge $A = (H_1 - T \cdot \sin(\varnothing - 90))/\cos(\varnothing - 90)$;

Berechnens der zweiten äußeren Flanschlänge $B = (H_2 - T \cdot \sin(\varnothing - 90))/\cos(\varnothing - 90)$;

Berechnens des Biegeabzugs $BD = A + B - L$;

Berechnens des Innenradius r , umfassend die Schritte des:

Berechnens der Länge $c = \sqrt{a^2 + b^2} - 2ab \cdot \cos \varnothing$ der Linie,

Berechnens des Winkels α gegenüber der ersten inneren Flanschlänge a , $\alpha = \sin^{-1}((a \cdot \sin \varnothing)/c)$;

Berechnens des Winkels β gegenüber der zweiten inneren Flanschlänge b , $\beta = \sin^{-1}((b \cdot \sin \varnothing)/c)$;

Berechnens der Höhe des Dreiecks abc , $H' = a \cdot \sin \beta = (a \cdot b/c) \cdot \sin \varnothing$;

Berechnens des Versatzwinkels $\delta = 90 - (\beta + \varnothing/2)$;

Berechnens der Länge der Hypotenuse $x = r/\sin(\varnothing/2)$, bezogen auf r ;

Berechnens des Innenradius r , wobei $\cos \delta = (r + H' - (H_3 - T))/x$ und $r = ((H' - (H_3 - T)) \cdot \sin(\varnothing/2))/(\cos \delta - \sin(\varnothing/2))$

Berechnens des Abstands einer neutralen Faser von der Innenfläche des Prüfwerkstücks, $t = ((2 \cdot \tan((90 - \varnothing)/2) \cdot (T + r) - BD)/((\pi/180) \cdot (180 - \varnothing))) - r$;

Berechnens eines Biegeabzugs für ein tatsächliches Werkstück mit einem endgültigen Innenwinkel \varnothing_F , $BD_F = \tan((90 - \varnothing_F)/2)(T + r) - (t + r)(\pi/180) \cdot (180 - \varnothing_F)$; Berechnens einer Ausgangslänge L_F für ein Werkstück mit den gewünschten äußeren Flanschlängen A_F und B_F , $L_F = A_F + B_F - BD_F$; und des Anwendens der Ausgangslänge L_F auf das Blechwerkstück vor dem Biegen zu einer Blechkonstruktion mit dem stumpfen Innenwinkel \varnothing_F .

2. Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsabmessungen eines Blechwerkstücks vor dem Biegen zu einer Blechkonstruktion unter Verwendung eines Prüfwerkstücks, das mit einem stumpfen Innenwinkel ausgebildet ist, gemäß der Beschreibung in Anspruch 1, wobei der Schritt des Bestimmens des Innenwinkels \varnothing weiterhin die Schritte des:

Messens der Länge der Linie C , die sich von der Außenkante des ersten Schenkels zur Außenkante des zweiten Schenkels erstreckt; und des

iterativen Substituierens von Werten für \varnothing , wobei die erste äußere Flanschlänge

$A = (H_1 - T \cdot \sin(\varnothing - 90))/\cos(\varnothing - 90)$ und die zweite äußere Flanschlänge $B = (H_2 - T \cdot \sin(\varnothing - 90))/\cos(\varnothing - 90)$, bis $C^2 = A^2 + B^2 - 2AB \cdot \cos(\varnothing)$ umfasst.

3. Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsabmessungen eines Blechwerkstücks vor dem Biegen zu einer Blechkonstruktion unter Verwendung eines Prüfwerkstücks, das mit einem stumpfen Innenwinkel ausgebildet ist, gemäß der Beschreibung in Anspruch 1, wobei der Schritt des Messens und Aufzeichnens der Länge H_1 des ersten Schenkels, der Länge H_2 des zweiten Schenkels und der ersten Linie H_3 weiterhin die Verwendung von Messschiebern zum Messen der Längen H_1 , H_2 und H_3 umfasst.

4. Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsabmessungen eines Blechwerkstücks vor dem Biegen zu einer Blechkonstruktion unter Verwendung eines Prüfwerkstücks, das mit einem stumpfen Innenwinkel ausgebildet ist, gemäß der Beschreibung in Anspruch 1, wobei der Schritt des Messens und Aufzeichnens der Länge H_1 des ersten Schenkels, der Länge H_2 des zweiten Schenkels und der ersten Linie H_3 weiterhin die Verwendung einer optischen Scan- und Bildverarbeitungstechnik zum Messen der Längen H_1 , H_2 und H_3 umfasst.

5. Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsabmessungen eines Blechwerkstücks vor dem Biegen zu einer Blechkonstruktion unter Verwendung eines Prüfwerkstücks, das mit einem stumpfen Innenwinkel ausgebildet ist, gemäß der Beschreibung in Anspruch 1, wobei der Schritt des Messens und Aufzeichnens der Länge H_1 des ersten Schenkels, der Länge H_2 des zweiten Schenkels und der ersten Linie H_3 weiterhin die Verwendung eines Höhenmessschiebers zum Messen der Längen H_1 , H_2 und H_3 umfasst.

6. Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsmessungen eines Blechwerkstücks vor dem Biegen zu einer Blechkonstruktion unter Verwendung eines Prüfwerkstücks, das mit einem spitzen Innenwinkel ausgebildet ist, umfassend die Schritte des:

Bereitstellens des Prüfwerkstücks, wobei das Prüfwerkstück aus demselben Material wie das Blechwerkstück besteht und zu plus oder minus 25% dieselbe Dicke T wie dieses aufweist;

Messens und Aufzeichnens der Länge L und der Dicke T des Prüfwerkstücks;

Biegens des Prüfwerkstücks zu einer Winkelform, wobei die Winkelform einen Innenwinkel \varnothing aufweist; Identifizierens des ersten und des zweiten Schenkels der Winkelform;

Messens und Aufzeichnens der Länge H_1 des ersten Schenkels und der Länge H_2 des zweiten Schenkels, wobei jede der Längen den Gesamtabstand zwischen einer Außenkante eines der Schenkel und der Außenfläche des benachbarten anderen Schenkels einschließt;

Messens und Aufzeichnens der Länge einer ersten Linie H_3 , die sich vom Innenwinkel \varnothing nach unten erstreckt, wobei die erste Linie H_3 sich vom Scheitelpunkt der Winkelform zu einer zweiten Linie c erstreckt, wobei die zweite Linie c Innenkanten der Winkelform verbindet;

Messens und Aufzeichnens des Innenwinkels \varnothing ;
Berechnens der ersten inneren Flanschlänge $a = (H_1 - T - T \cdot \sin(90 - \varnothing)) / \cos(90 - \varnothing)$;

Berechnens der zweiten inneren Flanschlänge $b = (H_2 - T - T \cdot \sin(90 - \varnothing)) / \cos(90 - \varnothing)$;

Berechnens der ersten äußeren Flanschlänge $A = H_1 / \cos(90 - \varnothing)$;

Berechnens der zweiten äußeren Flanschlänge $B = H_2 / \cos(90 - \varnothing)$;

Berechnens des Biegeabzugs $BD = A + B - L$;
Berechnens des Innenradius r , umfassend die Schritte des:

Berechnens der Länge $c = \sqrt{a^2 + b^2} - 2ab \cdot \cos \varnothing$; der Linie,

Berechnens des Winkels α gegenüber der ersten inneren Flanschlänge a , $\alpha = \sin^{-1}((a \cdot \sin \varnothing) / c)$;

Berechnens des Winkels β gegenüber der zweiten inneren Flanschlänge b , $\beta = \sin^{-1}((b \cdot \sin \varnothing) / c)$;

Berechnens der Höhe des Dreiecks abc , $H' = a \cdot \sin \beta = (a \cdot b / c) \cdot \sin \varnothing$;

Berechnens des Versatzwinkels $\delta = 90 - (\beta + \varnothing / 2)$;
Berechnens der Länge der Hypotenuse $x = r / \sin(\varnothing / 2)$, bezogen auf r ;

Berechnens des Innenradius r , wobei $\cos \delta = (r + H' - (H_3 - T)) / x$ und $r = ((H' - (H_3 - T)) \cdot \sin(\varnothing / 2)) / (\cos \delta - \sin(\varnothing / 2))$

Berechnens des Abstands einer neutralen Faser von der Innenfläche des Prüfwerkstücks, $t = ((2 \cdot \tan((90 - 0) / 2) \cdot (T + r) - BD) / ((\pi / 180) \cdot (180 - \varnothing))) - r$;

Berechnens eines Biegeabzugs für ein tatsächliches Werkstück mit einem endgültigen Innenwinkel \varnothing_F , $BD_F = 2 \cdot \tan((90 - \varnothing_F) / 2) \cdot (T + r) - (t + r) \cdot (\pi / 180) \cdot (180 - \varnothing_F)$;

Berechnens einer Ausgangslänge L_F für ein Werkstück mit den gewünschten äußeren Flanschlängen A_F und B_F , $L_F = A_F + B_F - BD_F$; und des Anwendens der Ausgangslänge L_F auf das Blechwerkstück vor dem Biegen zu einer Blechkonstruktion mit dem stumpfen Innenwinkel \varnothing_F .

7. Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsmessungen eines Blechwerkstücks vor dem Biegen zu einer Blechkonstruktion unter Verwendung eines Prüfwerkstücks, das mit einem spitzen Innenwinkel ausgebildet ist, gemäß der Beschreibung in Anspruch 6, wobei der Schritt des Bestimmens des Innenwinkels \varnothing weiterhin die Schritte des:

Messens der Länge der Linie C , die sich von der Außenkante des ersten Schenkels zur Außenkante des zweiten Schenkels erstreckt; und des

Berechnens des Innenwinkels \varnothing , $\varnothing = 180 - \sin^{-1}(H_1 / C) - \sin^{-1}(H_2 / C)$

umfasst.

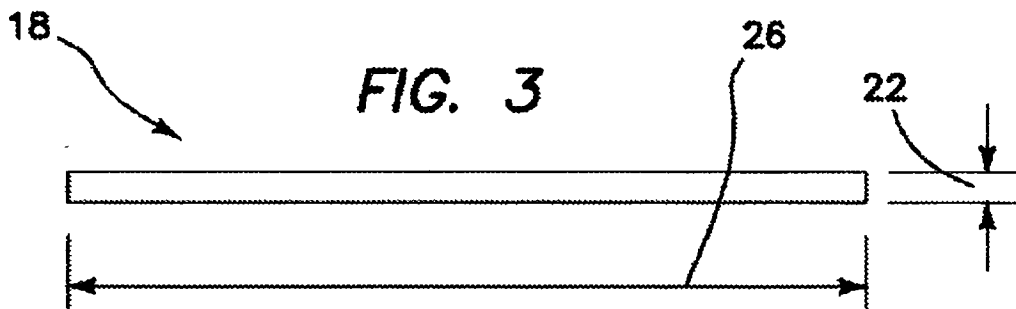
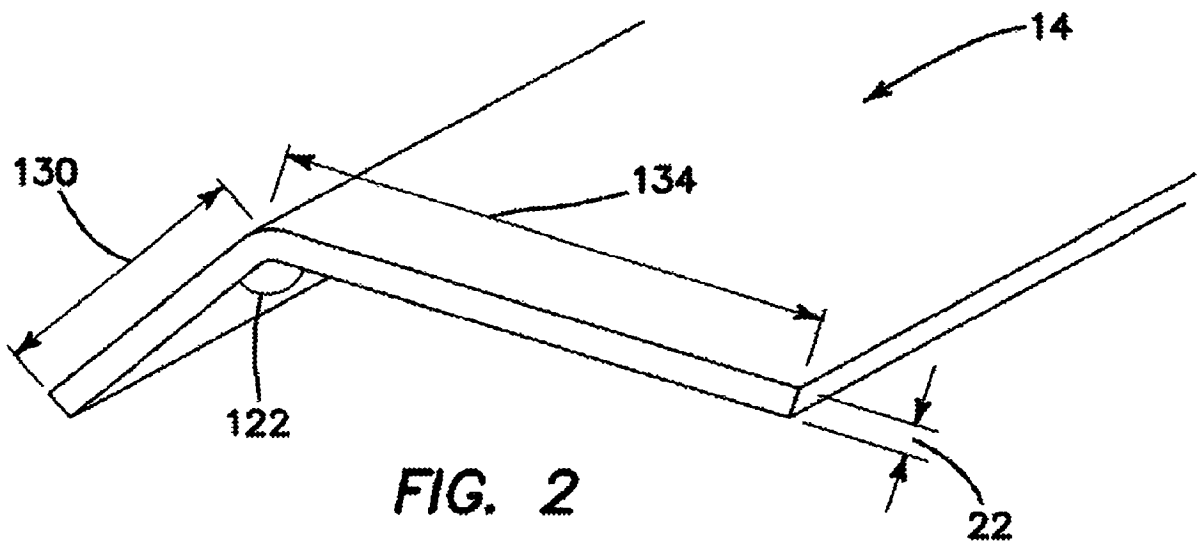
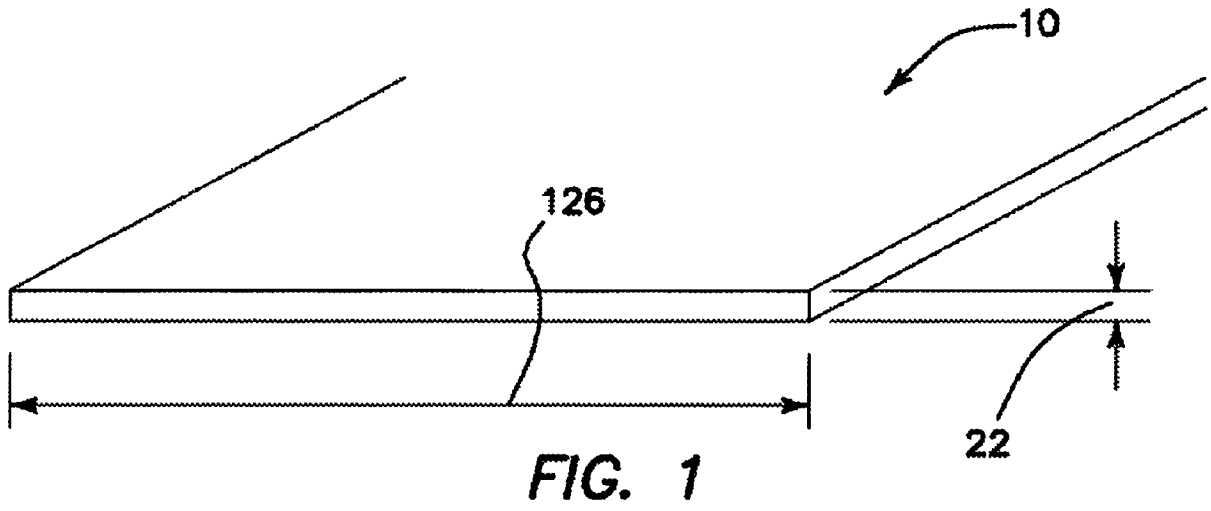
8. Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsmessungen eines Blechwerkstücks vor dem Biegen zu einer Blechkonstruktion unter Verwendung eines Prüfwerkstücks, das mit einem spitzen Innenwinkel ausgebildet ist, gemäß der Beschreibung in Anspruch 6, wobei der Schritt des Messens und Aufzeichnens der Länge H_1 des ersten Schenkels, der Länge H_2 des zweiten Schenkels und der ersten Linie H_3 weiterhin die Verwendung von Messschiebern zum Messen der Längen H_1 , H_2 und H_3 umfasst.

9. Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsmessungen eines Blechwerkstücks vor dem Biegen zu einer Blechkonstruktion unter Verwendung eines Prüfwerkstücks, das mit einem spitzen Innenwinkel ausgebildet ist, gemäß der Beschreibung in Anspruch 6, wobei der Schritt des Messens und Aufzeichnens der Länge H_1 des ersten Schenkels, der Länge H_2 des zweiten Schenkels und der ersten Linie H_3 weiterhin die Verwendung einer optischen Scan- und Bildverarbeitungstechnik zum Messen der Längen H_1 , H_2 und H_3 umfasst.

10. Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsmessungen eines Blechwerkstücks vor dem Biegen zu einer Blechkonstruktion unter Verwendung eines Prüfwerkstücks, das mit einem spitzen Innenwinkel ausgebildet ist, gemäß der Beschreibung in Anspruch 6, wobei der Schritt des Messens und Aufzeichnens der Länge H_1 des ersten Schenkels, der Länge H_2 des zweiten Schenkels und der ersten Linie H_3 weiterhin die Verwendung eines Höhenmessschiebers zum Messen der Längen H_1 , H_2 und H_3 umfasst.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



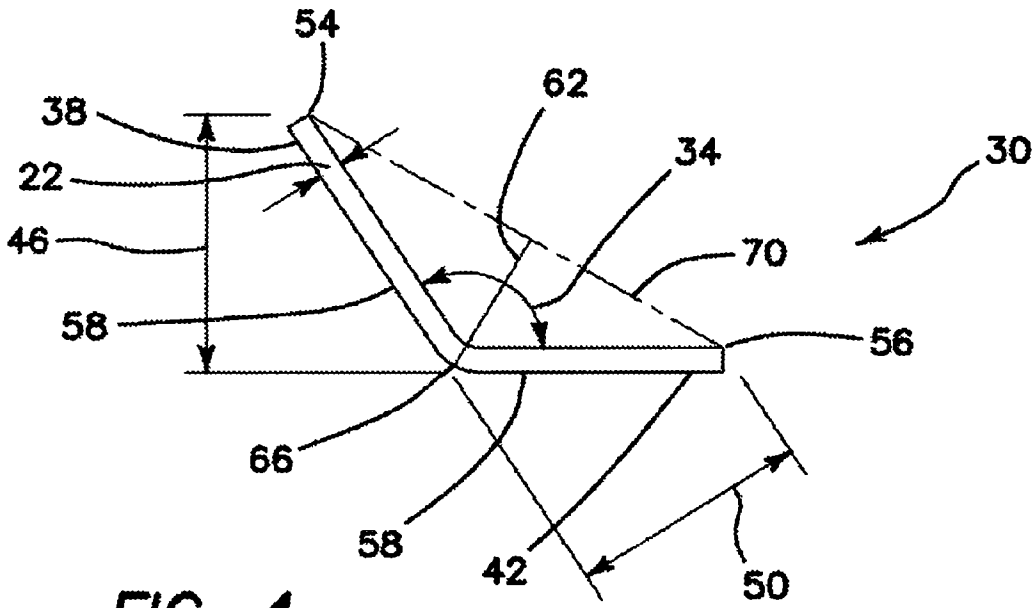


FIG. 4

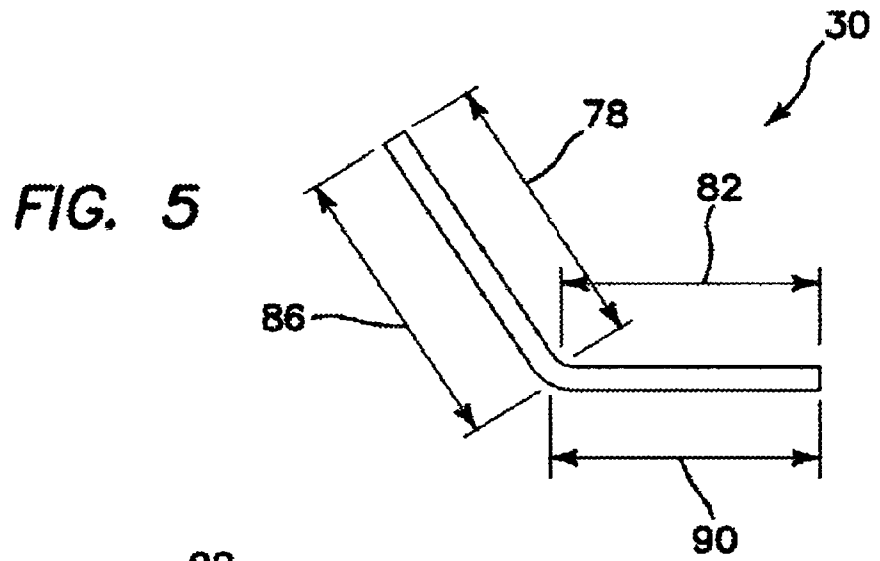


FIG. 5

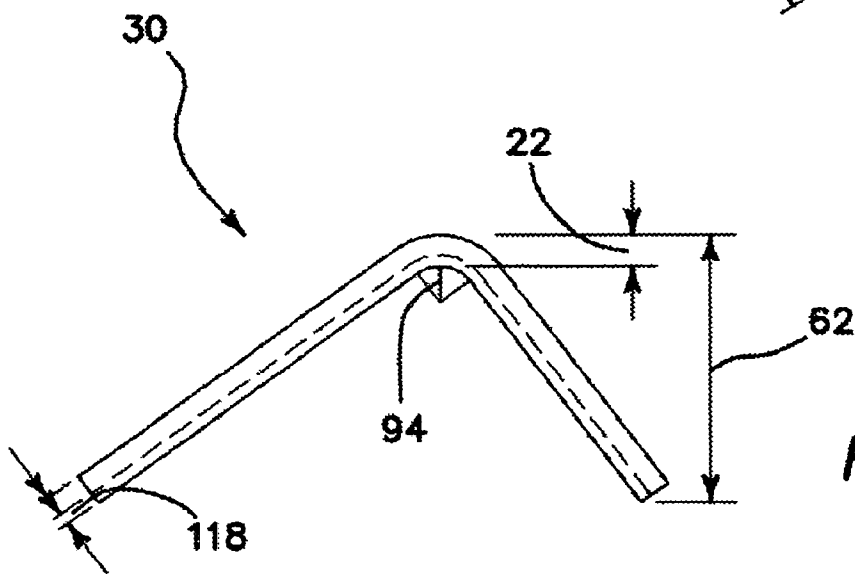


FIG. 6

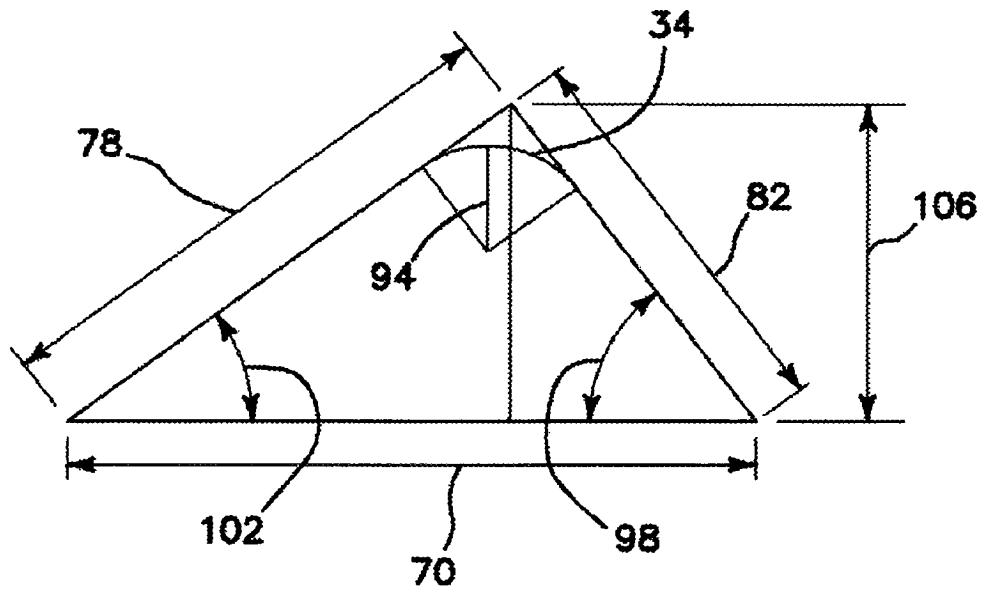


FIG. 7

FIG. 8

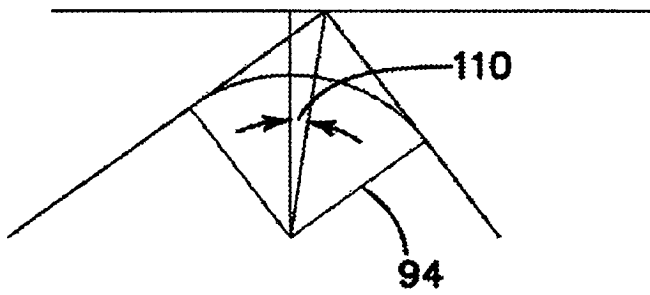


FIG. 9

