



EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

 Anmeldenummer: **89810322.1**

 Int. Cl.⁴: **B 21 D 5/02**

 Anmeldetag: **28.04.89**

 Priorität: **03.05.88 AT 1140/88**

 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.11.89 Patentblatt 89/45

 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB IT LI NL SE

 Anmelder: **HAEMMERLE AG**
Wuhrmattstrasse 1
CH-4800 Zofingen (CH)

 Erfinder: **Zbornik, Vaclav**
Titlisstrasse 4
CH-4665 Oftringen (CH)

 Vertreter: **Rottmann, Maximilian R.**
c/o Rottmann, Zimmermann + Partner AG Glattalstrasse
37
CH-8052 Zürich (CH)

 **Verfahren zum Biegen von Blech.**

 Zum Biegen von Blechstücken mit Hilfe einer Biegeeinrichtung, die einen Biegestempel (1) und eine Matrize (2) mit verstellbarem Boden (3) aufweist, wird zunächst der praktische Biegeverlauf (8) eines Muster-Blechstücks gleicher Dicke und gleicher Materialqualität ermittelt und als Referenzkurve (8) gespeichert. Im Verlauf des Biegevorganges wird der tatsächliche Biegeverlauf (9) registriert und mit dem entsprechenden, gespeicherten Wert verglichen. Aufgrund der festgestellten Differenz wird dann die Stellung des Matrizenbodens (3) korrigiert.

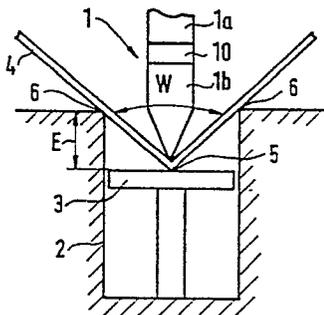
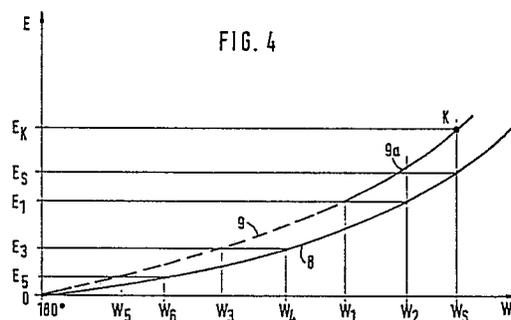


FIG. 1



Beschreibung

Verfahren zum Biegen von Blech

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Biegen von Blechen mit Hilfe einer Biegeeinrichtung, die einen Biegestempel sowie eine Matrize mit verstellbarem Boden aufweist, in welche Matrize der Biegestempel je nach erwünschtem Biegewinkel bis zum Auffahren des Bleches auf den Matrizenboden eindringt, wobei der theoretische Biegewinkel bei gleichbleibender Matrizenöffnung durch die relative Stellung des Matrizenbodens zur Matrizenöffnung bestimmt ist.

Es ist bekannt, dass der Biegewinkel beim Blechbiegen mit einem Biegestempel und einer Matrize, bei einer gegebenen Breite der Matrize, durch die Festlegung der Eindringtiefe des Biegestempels in die Matrize theoretisch angenähert bestimmt werden kann. Die Praxis hat aber gezeigt, dass der tatsächliche Biegewinkel, je nach Materialqualität und Dickentoleranz des zu biegenden Blechstückes, kleinere oder grössere Abweichungen vom theoretischen Wert aufweist.

Durch die Höhenverstellung des Matrizenbodens konnte der gewünschte Winkel theoretisch einfach und wiederholbar festgelegt werden. Bei der Wiederholung des Biegevorganges an verschiedenen, qualitativ gleichwertigen Blechstücken treten jedoch Abweichungen im Biegewinkel auf. Dies hängt zum einen damit zusammen, dass beim Biegevorgang im Blech nie die theoretische, scharfe Kante entsteht, welche der Arbeitskante des Biegestempels entspricht, sondern es entstehen beim Biegen Abrundungen, welche den Biegewinkel erheblich beeinflussen. Zum anderen federn die beiden Blechschenkel etwas zurück, sobald das Blech vom Biegedruck befreit ist. Die Grösse der Rückfederung hängt ebenfalls von der Blechdicke und der Materialqualität ab, so dass der tatsächliche Endbiegewinkel nie theoretisch genau vorherbestimmt werden kann.

Dies bedeutet in der Praxis, dass zwei von verschiedenen Fabrikanten hergestellte oder aus verschiedenen Produktionsserien stammende, qualitativ gleichwertige und gleich dicke Bleche nach der Bearbeitung an derselben Maschine mit derselben Einstellung abweichende Biegewinkel aufweisen können, da das Materialverhalten bezüglich der resultierenden Abrundung des Bugs und der Grösse der Rückfederung geringfügig unterschiedlich sein kann.

Zur Verbesserung der Genauigkeit beim Biegevorgang wurde von der Anmelderin bereits ein Verfahren vorgeschlagen, gemäss welchem die während der Deformation des Blechstücks auftretenden Kräfte kontinuierlich ermittelt und die ermittelten Werte einer Steuereinrichtung zugeführt werden, welche diese mit gespeicherten Sollwerten vergleicht und in Abhängigkeit der Abweichungen den Stempelvorschub beeinflusst. (EP-PS 0 096 278).

Mit diesem Verfahren konnten gute Resultate erzielt werden. Es ist hingegen das Ziel der Erfindung, ein solches Blechbiegeverfahren einfacher zu gestalten und trotzdem eine nochmals

gesteigerte Genauigkeit bezüglich des resultierenden Endbiegewinkels zu erreichen.

Um dieses Ziel zu erreichen, weist das vorgeschlagene Vorgehen die in Patentanspruch 1 zusammengefassten Merkmale auf. In dieser Weise werden Winkelmessungen während des Biegevorgangs dazu benutzt, um die richtige Höhenstellung des Matrizenbodens zu bestimmen. Es ist mit Hilfe des vorgeschlagenen Verfahrens möglich, aufgrund der ermittelten Winkeldifferenzen den Boden während des Biegevorganges auf korrekte Eindringtiefe einzustellen, wobei am Ende des Biegevorganges der tatsächliche Sollwinkel genau eingehalten wird. Dieses Verfahren weist gegenüber dem bekannten Verfahren eine wesentliche Vereinfachung auf und stellt einen grossen Fortschritt dar.

Bevorzugte Weiterbildungen des Verfahrens sind in den abhängigen Ansprüchen definiert. So ist es beispielsweise ferner möglich, neben der Vergleichskurve des Biegeverlaufs auch die Grösse und den Verlauf der zur Deformation des Blechstücks benötigten Biegekraft zu ermitteln. Diese wird dann in Funktion der Eindringtiefe des Biegestempels oder des Deformationswinkels gespeichert, worauf der tatsächliche Kräfteverlauf beim Biegen des Blechs mit dem gespeicherten Kräfteverlauf verglichen und die festgestellten Unterschiede zur zusätzlichen Korrektur der Eindringtiefe verwendet werden.

Das vorgeschlagene Verfahren wird anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1-3 schematische Querschnittsskizzen durch eine Biegeeinrichtung;

Fig. 4 ein Diagramm des Biegewinkelverlaufs; und

Fig. 5 ein Diagramm des Kräfteverlaufs.

Zum Biegen von Blechstücken wird eine Biegeeinrichtung verwendet, welche an und für sich bekannt ist und aus einem Biegestempel sowie aus einer Matrize mit verstellbarem Boden besteht, in welche der Biegestempel je nach Biegewinkel mehr oder weniger eindringt. Der theoretische Biegewinkel wird bei gleichbleibender Matrizenöffnung durch die relative Stellung des Matrizenbodens zur Matrizenöffnung gegeben. Gemäss der schematischen Skizze in Fig. 1 ist ein Biegestempel 1 vorgesehen, welcher mit der festen Biegematrize 2 zusammenarbeitet, die einen verstellbaren Boden 3 besitzt. Zum Biegen des Blechs 4 wird dasselbe, mit Hilfe des Biegestempels 1, entlang einer Kante 5 gegen den verstellbaren Boden 3 gepresst. Der gebildete Winkel W wird durch die Lage der Kante 5 bezüglich der Auflagekanten 6 der Matrize 2 bestimmt. Die Eindringtiefe des Biegestempels 1 ist in der Fig. 1 mit E bezeichnet.

Wie schon eingangs erwähnt ist der Biegewinkel W vom Verrundungsradius der Biegekante abhängig. In der Fig. 2 ist schematisch dargestellt, wie sich der Winkel W ändert. Das Blechstück 4a weist (theoretisch) eine sehr scharfe Kante in Form einer Linie auf, während das Blechstück 4b eine verrunde-

te Biegekante besitzt. Es ist deutlich zu sehen, dass der Winkel, den die beiden Schenkel des Blechstückes 4a einschliessen, etwas grösser ist als der von den Schenkeln des Blechstückes 4b eingeschlossene Winkel. Generell gilt (bei unveränderter Matrizen-einstellung): Je grösser der Verrundungsradius der Biegekante, desto kleiner der resultierende Biege-winkel.

In der Fig. 3 ist, stark übertrieben gezeichnet, das Rückfederungsverhalten eines gebogenen Bleches 4 dargestellt. Es ist klar ersichtlich, dass das von der Biegekraft, die vom Stempel 1 ausgeübt wird, entlastete Blech mit seinen beiden Schenkeln etwas zurückfedert, so dass der Biegewinkel bei entlastetem Blech (Stempel 1 zurückgezogen) et-was grösser ist als der theoretische Biegewinkel in der Situation, wenn der Stempel das Blech 4 vollends gegen den Matrizenboden presst. Die Rückfederungsrate ist von der Blechdicke und vom Material des Bleches abhängig und kann kaum mit der erforderlichen Genauigkeit vorausberechnet werden.

Der praktische Biegeverlauf eines Musterblech-stücks ist in der Fig. 4 durch die Kurve 8 dargestellt, welche den Zusammenhang zwischen Eindringtiefe E und Winkel W angibt. Einen Einfluss auf den Verlauf der Kurve 8 üben neben der Dickentoleranz des zu biegenden Bleches auch die Streckgrenze, der Elastizitätsmodul und das Verfestigungsverhalten des Blechstückes aus.

Nach dem erfindungsgemässen Verfahren wird also zunächst dieser praktische Biegeverlauf 8 des Blechstückes ermittelt, indem ein Musterblechstück einer bestimmten Dicke und mit einer bestimmten Materialqualität in einer Versuchsreihe gebogen wird. Dabei werden eine Vielzahl von Wertepaaren E/W aufgenommen, in Form einer Kurve dargestellt und als Referenzkurve für die obengenannte, be-stimmte Materialqualität und Dicke gespeichert.

Bei der Ausübung des tatsächlichen Biegevorgan-ges unter Verwendung von Blechen gleichwertiger Qualität und Dicke wird die Position des verstellba-ren Matrizenbodens 3 und damit die Eindringtiefe auf einen Wert E_s eingestellt, der gemäss der gespeicherten Vergleichskurve 8 den Sollwinkel W_s ergeben sollte. Dann wird der Biegevorgang gestar-tet und kontinuierlich weitergeführt. Wenn der Stempel eine erste Eindringtiefe E_5 erreicht hat, wird der effektive Biegewinkel W_5 gemessen und mit dem Biegewinkel W_6 verglichen, welcher sich aus der Vergleichskurve 8 ergibt. Die Differenz W_5-W_6 zeigt, dass der effektive Biegewinkel W_5 grösser ist als der theoretisch erwartete Biegewinkel W_6 .

Entsprechend wird bei den Eindringtiefen E_3 und E_1 vorgegangen: Der effektive Biegewinkel W_3 bzw. W_1 wird gemessen und jeweils mit dem zugeordne-ten Biegewinkel W_4 bzw. W_2 aus der Kurve 8 verglichen. Aufgrund der ermittelten Winkeldifferen-zen W_5-W_6 , W_3-W_4 und W_1-W_2 ist erkennbar, dass sich für das eben bearbeitete Blech eine von der Vergleichskurve 8 abweichende Biegekurve 9 ergibt, die in der Fig. 4 gestrichelt eingezeichnet ist. Der Verlauf dieser Kurve 9 zeigt, dass bei gleicher Eindringtiefe der tatsächliche Winkel grösser als der erwartete Winkel ist. Aus diesem Grund muss die

Lage des verstellbaren Bodens 3 der Matrize 2 korrigiert werden, weil der Sollwinkel nicht bei der Eindringtiefe E_s gemäss Vergleichskurve 8 erreicht sein wird, sondern erst bei der korrigierten Eindring-tiefe E_k .

Aufgrund der ermittelten Winkeldifferenzen kann die korrigierte Eindringtiefe E_k , d.h. die korrigierte Stellung des Bodens 3 der Matrize, sofort ermittelt und eingestellt werden. Dies kann, bildlich gespro-chen, z.B. dadurch geschehen, dass man ein Stück der Kurve 8 ab dem Winkel W_1 an die bisherige, praktisch ermittelte Biegeverlaufskurve 9 anfügt. Dadurch ergibt sich ein Schnittpunkt K dieses (in Fig. 4 stärker gezeichneten) angefügten Kurven-stücks 9a mit der dem Endsollwinkel W_s zugeordne-ten Geraden, so dass sich die zugehörige, korrigier-te Eindringtiefe E_k ermitteln lässt. Schliesslich wird der Matrizenboden 3 auf den neuen Wert E_k der Eindringtiefe eingestellt; dies alles erfolgt, während der Biegevorgang kontinuierlich weiterläuft. Bis zum Ende des Biegevorganges wird der tatsächliche Sollwinkel W_s genau erreicht sein.

In der praktischen Ausführung erfolgt diese Extrapolation der Biegeverlaufskurve 9 auf der Grundlage der bekannten Biegeverlaufskurve 8 natürlich in einem Rechner-gestützten Steuergerät, in dem auch die Kurve 8 gespeichert ist. Die Extrapolation ist ohne weiteres zulässig, da in der Praxis die Abweichung der Kurve 9 von der Kurve 8 sehr gering und in der Zeichnung aus Deutlichkeits-gründen stark übertrieben gezeigt ist. Die theoretisch resultierende Ungenauigkeit durch Extrapola-tion der Kurve 9 auf der Basis der Kurve 8 ist dermassen klein, dass sie ohne weiteres vernachläs-sigt werden kann.

Bei der praktischen Ausführung des Verfahrens ist es vorteilhaft, die Winkelbestimmungen in Abhän-gigkeit der Eindringtiefe jeweils bei mit dem Biege-druck belastetem Blech durchzuführen, und zwar sowohl bei der Ermittlung der Referenzkurve 8 als auch bei der tatsächlichen Kontrollmessung bei der Eindringtiefe E_1 . Dies gestattet ein kontinuierliches Arbeiten, ohne dass der Biegevorgang zur Messung der Biegewinkel unterbrochen werden muss.

Des weiteren ist es vorteilhaft, die letzte Kontroll-messung des Biegewinkels soweit rechtzeitig vor Erreichen des (erwarteten) Sollwinkels durchzufüh-ren, dass noch genügend Zeit verbleibt, den Matri-zenboden auf den korrigierten Höhenlagewert ein-zustellen. Andererseits soll aber die letzte Kontroll-messung möglichst spät erfolgen, so dass nur ein verhältnismässig kleiner Bereich der Kurve 9 aus der Referenzkurve 8 extrapoliert werden muss, wodurch die Genauigkeit weiter ansteigt.

Eine weitere Ausbildung des vorgeschlagenen Verfahrens kann darin bestehen, dass neben dem theoretischen Biegeverlauf auch die Grösse und der Verlauf dem praktisch zur Deformation des Blech-stückes benötigten Kraft an einem Musterblech gleicher Dicke und gleicher Qualität ermittelt und in Funktion der Eindringtiefe oder des Deformations-winkels gespeichert wird. Es hat sich nämlich gezeigt, dass bei gleichbleibender Eindringtiefe des Stempels 1 auch bei der Verwendung der gleichen Matrize mit den gleichen Auflagekanten der Winkel

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

nicht gleich bleibt, sondern sich infolge von Herstellungstoleranzen des Blechs ändert, da das eine Blech weniger und das andere Blech mehr Kraft zum Biegen benötigt.

Zwischen dem Biegewinkel und der Eindringtiefe besteht also eine Funktion, welche vom jeweiligen Kräfteverlauf abhängt. In der Vervollkommnung des Verfahrens wird deshalb die Grösse der Biegekraft im Biegestempel entlang des Stempelweges gemessen und ein Rechner mit den Messwerten gespeist. Es ergibt sich so eine Kurve 11 (Fig. 5), welche den tatsächlichen Kräfteverlauf in Funktion des Weges des Biegestempels beim Biegen darstellt. Dieser Kräfteverlauf wird mit dem gespeicherten Referenz-Kräfteverlauf verglichen, wobei die festgestellten Unterschiede zur zusätzlichen Korrektur der Eindringtiefe, d.h. zur zusätzlichen Korrektur der Stellung des verstellbaren Bodens 3 verwendet wird.

In der praktischen Ausführung wird der Biegestempel 1 zweiteilig ausgeführt und besteht aus einem oberen Teil 1a und aus einem unteren Teil 1b, wobei zwischen den beiden Teilen eine Messeinrichtung 10 Aufnahme findet. Diese Messeinrichtung kann zum Beispiel als elektrische Kraftmessdose ausgebildet sein und dient zum Messen des durch den Stempel 1 ausgeübten Drucks auf das Blechstück 4. Die Messwerte werden in einem Rechner registriert und verarbeitet, welcher auf die Stellvorrichtung des Matrizenbodens einwirken kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Biegen von Blechen mit Hilfe einer Biegeeinrichtung, die einen Biegestempel (1) sowie eine Matrize (2) mit verstellbarem Boden (3) aufweist, in welche Matrize (2) der Biegestempel (1) je nach erwünschtem Biegewinkel (W) mehr oder weniger eindringt, wobei der theoretische Biegewinkel bei gleichbleibender Matrizenöffnung durch die relative Stellung des Matrizenbodens (3) zur Matrizenöffnung (6-6) bestimmt ist, dadurch gekennzeichnet, dass zunächst in einer Versuchsreihe mit einer bestimmten Blechqualität der effektive Biegewinkel (W) in Funktion der Eindringtiefe (E) des Biegestempels (1) in die Matrize (2) ermittelt und als Vergleichskurve (8) gespeichert wird, worauf im tatsächlichen Biegevorgang von weiteren, gleichwertigen Blechen der Winkel (W_1) des belasteten Blechs (4) im Verlauf des Biegevorgangs bei mindestens einer ausgewählten Eindringtiefe (E_1) gemessen und mit dem sich aus der Vergleichskurve (8) ergebenden entsprechenden Winkel (W_2) verglichen wird, und dass die Stellung des Matrizenbodens (3) aufgrund der ermittelten Winkeldifferenz ($W_1 - W_2$) korrigiert wird, worauf der Biegevorgang bis zum Erreichen der korrigierten Stellung des Bodens (3) der Matrize (2) fertig ausgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Messung der Biegewinkel (W_1) des belasteten Blechs (4) und der Vergleich mit den sich aus der Vergleichskurve

(8) ergebenden, entsprechenden Biegewinkeln (W_2, W_4, W_6) bei mindestens zwei, vorzugsweise drei verschiedenen Eindringtiefen (E_1, E_3, E_5) erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die letzte Messung des Biegewinkels (W_1) und der Vergleich desselben mit dem Winkelwert (W_2) aus der Vergleichskurve (8) im Verlauf des tatsächlichen Biegevorgangs so weit vor Erreichen des Sollbiegewinkels (W_s) erfolgt, dass für die Korrektur der Stellung des Matrizenbodens (3) genügend Zeit verbleibt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, dass der Korrekturwert für die Verstellung des Matrizenbodens (3) durch Extrapolation der gemessenen Winkeldifferenz-Werte auf der Basis der gespeicherten Vergleichskurve (8) ermittelt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, dass neben der Vergleichskurve (8) des Biegeverlaufs auch die Grösse und der Verlauf der zur Deformation des Musterblechs (4) benötigten Biegekraft ermittelt und in Funktion der Eindringtiefe des Biegestempels (1) oder des Biegewinkels (W) als weitere Vergleichskurve (11) gespeichert wird, worauf der tatsächliche Kräfteverlauf beim Biegen von weiteren, gleichwertigen Blechen (4) mit dem gespeicherten Kräfteverlauf verglichen und die festgestellten Unterschiede zur zusätzlichen Korrektur der Stellung des Matrizenbodens (3) verwendet werden.

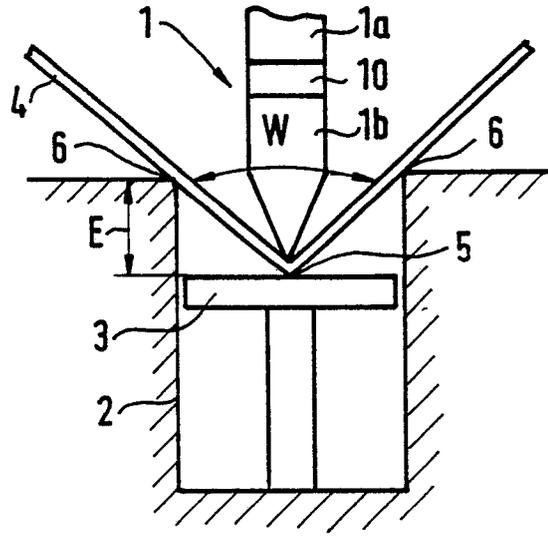


FIG. 1

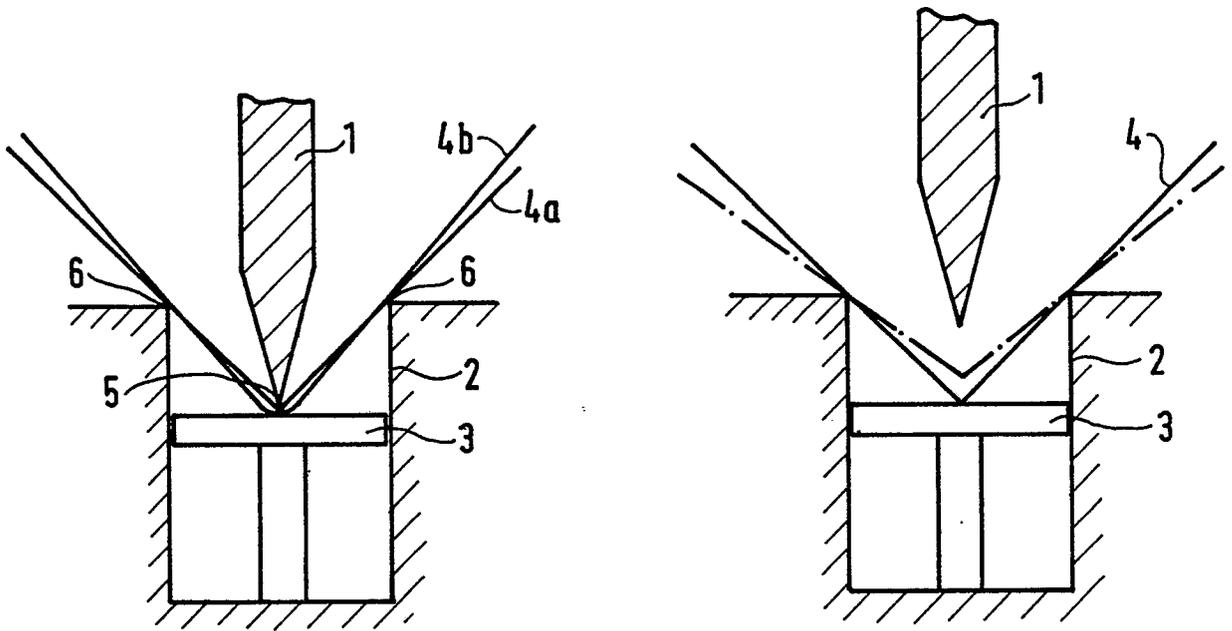


FIG. 2

FIG. 3

