



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 484 789 B1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Veröffentlichungstag der Patentschrift: **12.04.95**

Int. Cl.<sup>6</sup>: **B21D 22/10, B21D 28/00**

Anmeldenummer: **91118373.9**

Anmeldetag: **29.10.91**

**Verfahren zum Herstellen eines Durchbruches in der Wandung eines als Hohlkörper ausgebildeten Werkstückes und Werkzeug zur Durchführung des Verfahrens.**

Priorität: **09.11.90 DE 4035625**

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**13.05.92 Patentblatt 92/20**

Bekanntmachung des Hinweises auf die  
Patenterteilung:  
**12.04.95 Patentblatt 95/15**

Benannte Vertragsstaaten:  
**DE ES FR GB IT SE**

Entgegenhaltungen:  
**GB-A- 1 166 532**  
**US-A- 2 732 897**

**BLECH ROHRE PROFILE Bd. 35, Nr. 3, März**  
**1988, Seiten 175 - 180; F.KLAAS: 'AUFWEIT-**  
**STAUCHEN VON ROHREN DURCH INNEN-**  
**HOCHDRUCKFORMUNG'**

Patentinhaber: **AUDI AG**  
**Postfach 10 02 20**  
**D-85002 Ingolstadt (DE)**

Erfinder: **Schiessl, Gerhard, Dipl.-Ing.**  
**Sonnenstrasse 4**  
**W-8073 Kösching (DE)**  
Erfinder: **Lindner, Horst, Dipl.-Ing.**  
**Silesiusstrasse 1**  
**W-8070 Ingolstadt (DE)**

Vertreter: **Geissler, Manfred**  
**Audi AG,**  
**Abteilung I/EXA-1,**  
**Postfach 10 02 20**  
**D-85002 Ingolstadt (DE)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen eines Durchbruches in der Wandung eines als Hohlkörper ausgebildeten Werkstückes gemäß Oberbegriff des Patentanspruches 1 sowie auf ein Werkzeug zur Durchführung des Verfahrens gemäß Oberbegriff des Patentanspruches 3.

Im Stand der Technik sind eine Reihe von Möglichkeiten bekannt (Bohren, Stanzen usw.), um beispielsweise rotationssymmetrische oder auch eine bestimmte Formkontur aufweisende Durchbrüche in die Wandung eines Werkstückes einzubringen.

Auch ist es bekannt (GB-A 11 66 532, US-A 27 32 897), Perforationen in einem Hohlkörper dadurch herzustellen, daß dessen Wandung sich auf der einen Seite an einem perforierten Stützkörper abstützt, während die gegenüberliegende Seite einem unter hohen Druck stehenden Medium (hydraulisch, pneumatisch) ausgesetzt wird.

Aufgabe der Erfindung ist es, diese Anwendungsmöglichkeiten des letztgenannten Herstellungsverfahrens zu erweitern.

Gelöst wird diese Aufgabe erfindungsgemäß durch eine Verfahrensweise, wie sie im Kennzeichen des Patentanspruches 1 angegeben ist.

Dadurch lassen sich in vorteilhafter Weise zwei an sich bekannte Werkstück-Bearbeitungsverfahren in einem einzigen Bearbeitungsschritt durchführen.

In besonders vorteilhafter Weiterbildung wird das erfindungsgemäße Verfahren während eines Umformens des Werkstückes unter Anwendung des Innenhochdruckverfahrens angewendet (Patentanspruch 2).

Das Innenhochdruckumformen (von vorzugsweise rohrförmigen Werkstücken) ist im Stand der Technik bekannt und in der einschlägigen Literatur beschrieben (DE-Z "Bänder Bleche Rohre" 6/1986, Seiten 117 bis 120; DE-Z "Bleche Rohre Profile" 35 (1988) 3, Seiten 175 bis 180; "Fortschrittsberichte" VDI Reihe 2 Nr. 142, VDI-Verlag; jeweils mit Querverweisen zu weiterführendem Schrifttum).

Das Innenhochdruckumformverfahren wird vorzugsweise zur Herstellung unterschiedlich geformter Hohlteile angewendet und ist ein materialsparendes Verfahren, das den Forderungen einer ressourcensparenden Fertigungstechnik entspricht. Die Arbeitsweise dieses Umformverfahrens ist dabei dergestalt, daß ein Werkstück-Rohling in eine Form gelegt, unter Zuhilfenahme eines geeigneten Hydraulikfluids mit hohem Innendruck beaufschlagt und unter gleichzeitiger Beaufschlagung mit axialem Druck auf die Rohrwandung umgeformt wird. Axialdruck und Innendruck bewirken, daß sich der Werkstück-Rohling an die Innenkontur der Form anlegt. Dabei wird der Werkstoff in den plastischen

Zustand versetzt, der während des gesamten Umformvorganges unter Berücksichtigung von Werkstoffverfestigung und etwaiger Werkzeugkräfte aufrechterhalten bleibt.

Ein besonders geeignetes Werkzeug zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist ausgehend von Werkzeugen, wie sie in "Aufweitstauchen von Rohren durch Innenhochdruckumformung", Blech Rohre Profile, Band 35, Nr. 3, März 1988, Seite 175, Bild 2, beschrieben sind, in Patentanspruch 3 angegeben.

Dadurch, daß das Werkzeug im Randbereich einer Ausformung sowohl eine scharfe Schnittkante als auch "Bremskonturen" aufweist, wobei letztere die Aufgabe haben, den Werkstoff im Bereich der Schnittkante gezielt am Nachfließen zu hindern, wird in vorteilhafter Weise eine definierte Sollbruchlinie zuverlässig gebildet.

Eine in der Ausformung vorzugsweise mittig angeordnete Abstützfläche, wie in Patentanspruch 4 beschrieben, begrenzt die Werkstoffstreckung im inneren Bereich der auszuschneidenden Werkstückwandung und erhöht gleichzeitig die Werkstoffstreckung im frei tragenden Bereich.

Ist die Abstützfläche gleichzeitig Teil eines Auswerfers, wie dies in Anspruch 5 angegeben ist, so kann nach Herstellung des Durchbruches die in der Ausformung gegebenenfalls noch festsitzende ausgeschnittene Werkstückwandung herausgedrückt werden.

Die Einhaltung der Randbedingungen, wie sie mit den Patentansprüchen 6 und 7 angegeben sind, gewährleisten eine zuverlässige Herstellung des Durchbruches.

Die Erfindung ist nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels beschrieben, wobei die Herstellung des Durchbruches während eines Umformens eines Werkstückes unter Anwendung des Innenhochdruckverfahrens erfolgt. Die zugehörige Zeichnung zeigt in

**Fig. 1** eine Schematische Darstellung von Werkstück und Werkzeug in der Anordnung für ein rotationssymmetrisches Aufweitstauchen im geöffneten Werkzeug als eines der Grundverfahren des Innenhochdruckumformens und

**Fig. 2** eine vergrößerte Darstellung des Bereiches X gemäß Fig. 1, in dem im Werkstück ein Durchbruch hergestellt wird.

Das Innenhochdruckumformverfahren kennt im wesentlichen drei Grundverfahren, nämlich das partielle Ausbauchen im geschlossenen Werkzeug, das rotationssymmetrische Aufweiten im geschlossenen Werkzeug und das rotationssymmetrische Aufweitstauchen im geöffneten Werkzeug. Fig. 1 zeigt in schematisierter Form das letztgenannte

Verfahren. Dabei wird ein als Rohr ausgebildetes Werkstück 1 in ein geöffnetes (Abstand  $a_0$ ), aus Ober- und Unterwerkzeug 2.1, 2.2 sich zusammensetzendes und während des Umformvorganges mitbewegtes Werkzeug 2 eingelegt. Nach dem Einspannen und der Abdichtung mittels geeigneter Dichtringe (nicht dargestellt) wird ein Hohlraum 3 des Werkstückes 1 über eine Zuflußöffnung 4 mit einem flüssigen Wirkmedium gefüllt. Anschließend erfolgt die Umformung, wobei sich während des Umformvorganges Ober- und Unterwerkzeug 2.1, 2.2 solange mit einer Axialkraft  $F_a$  bei gleichzeitiger Wirkung eines vom Wirkmedium erzeugten Innendruckes  $p_i$  aufeinander zubewegen, bis die gewünschte Aufweitform im Werkstück 1 erreicht ist. Der Innendruck  $p_i$  ist in Abhängigkeit von insbesondere Werkstoff und Wandstärke des Werkstückes 1 zu wählen. Nach Abschluß des Umformvorganges weisen Ober- und Unterwerkzeug 2.1, 2.2 noch einen Abstand  $a_1$  auf.

Ein detaillierteres Eingehen auf das Innenhochdruckumformverfahren dürfte entbehrlich sein. Es genügt an dieser Stelle ein Verweis auf die eingangs angegebene, insgesamt sehr umfangreiche Literatur hierzu.

Mit der Bezugsziffer X ist derjenige Werkzeugbereich näher gekennzeichnet, in dem während des Umformvorganges auf erfindungsgemäße Weise ein Durchbruch hergestellt wird. Nähere Einzelheiten ergeben sich aus Fig. 2.

Fig. 2 zeigt ausschnittsweise das Unterwerkzeug 2.2, welches auf seiner inneren Wandfläche 5 eine der Kontur (beispielsweise rotationssymmetrisch) des gewünschten Werkstück-Durchbruches entsprechende Ausformung 6 aufweist. In deren mittlerem Bereich ragt durch eine Bohrung 7 im Unterwerkzeug 2.2 ein mittels Druckkraft  $F_s$  beaufschlagbarer Stößel 8 in die Ausformung 6 hinein, wobei dessen Stirnfläche 9 (mit abgerundeter Umfangskante) dem Werkstück 1 während der Herstellung des Durchbruches als Stützfläche dient.

Die Stirnfläche 9 begrenzt die Werkstoffstreckung in diesem Bereich und erhöht gleichzeitig die Werkstoffstreckung im frei tragenden Bereich der Ausformung 6.

Eine umlaufende Kante 10 der Ausformung 6 ist scharfkantig ausgeführt ( $90^\circ$ ) und dient insoweit als Schnittkante. Desweiteren ist nahe dieser Kante 10 die innere Wandfläche 5 des Unterwerkzeuges 2.2 mit ebenfalls umlaufenden zackenförmigen Erhebungen 13 ausgestattet, die als Bremskonturen wirken und ein Nachfließen des Werkstück-Werkstoffes verhindern sollen, um das Einreißen der Werkstückwandung entlang der Schnittkante (Kante 10) bei Erreichen eines bestimmten Innendruckes  $p_i$  zu begünstigen.

Dabei kommt es bei zunehmendem Innendruck  $p_i$  zu einem verstärktem Einschneiden des Werk-

stoffes. Außerdem ist in der Schneidkanteneinflußzone ein gleichmäßiger Festigkeitszustand gegeben, so daß an der Kante 10 die Beanspruchung steigt. Ist der Werkstoff etwa in der Größenordnung  $1/3 s$  ( $s$  = Werkstück-Wandstärke) eingeschnitten, so kommt es zum Bruch.

Ist die Ausformung 6 kreisförmig (Durchmesser  $D$ ), so sollte bezüglich des Stößelquerschnittes  $d$  etwa ein Verhältnis von  $d/D = 1/3$  eingehalten werden, wobei das genaue Verhältnis insbesondere von Werkstück-Werkstoff und -Wandstärke abhängig und entsprechend zu wählen ist.

Der Abstand  $T$ , um den die Stirnfläche 9 des Stößels 8 gegenüber der inneren Wandfläche 5 des Unterwerkzeuges 2.2 zurückversetzt ist, ist unter Berücksichtigung der Durchmesser  $d$ ,  $D$  und der Werkstoffeigenschaften (maximale Bruchdehnung  $\delta$  in %) des Werkstückes 1 zu wählen.

Höhe und Fußbreite der zackenförmigen Erhebungen 13 sollten in etwa der Wandstärke  $s$  des Werkstückes 1 entsprechen. Im Übergangsbereich zwischen Mantelfläche 14 und Stirnfläche 9 des Stößels 8 sollte eine Rundung vorhanden sein, deren Radius  $R$  mindestens der Werkstückwandstärke  $s$  entsprechen sollte. Für die Ausformung 6 ist eine Tiefe  $T_1$  zu wählen, für die zumindest gelten sollte:  $T_1 \geq 1,5 T$ .

Der Stößel 8 dient gleichzeitig als Auswerfer, da es durchaus passieren kann, daß beim Bruch des auszuschneidenden Werkstückbereiches sich dieser innerhalb der Ausformung 6 verklemmt. Das Auswerfen erfolgt vor oder während des Öffnens von Ober- und Unterwerkzeug 2.1, 2.2 durch eine entsprechende mechanische Einrichtung, die den Stößel 8 betätigt. Dabei könnte die Werkzeug-Öffnungsbewegung genutzt werden, um die Stößelbewegung einzuleiten. Selbstverständlich könnte das Auswerfen auch in einem zweiten Arbeitsschritt erfolgen.

Soweit die in das Werkstück 1 einzubringende Durchbrechung ein gewisses Maß (z. B.  $\emptyset < 8$  mm) unterschreitet, könnte gegebenenfalls auf ein Stützelement verzichtet werden. Für eine kreisförmige Ausformung sollte dann  $T \geq D$  eingehalten werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Durchbruches in der Wandung eines als Hohlkörper ausgebildeten Werkstückes (1), wobei das Werkstück (1) in ein Werkzeug (2) eingesetzt wird, welches im Bereich des vorgesehenen Durchbruches mit einer Ausformung (6) mit einer dem Durchbruch entsprechenden Randkontur versehen ist und der Hohlraum (3) des Werkstückes (1) mit einem Wirkmedium bis zu einem das Einschneiden der Werkstückwandung entlang einer Kante (10) der Ausformung (6) bewirken-

den Innendruck ( $p_i$ ) beaufschlagt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Werkstück (1) in ein eine durch Einwirken von Verformungskräften hervorrufbare Aufweitung des Werkstückes (1) in gewissen Grenzen zulassendes Formwerkzeug (2) eingesetzt wird und daß die Herstellung des Durchbruches während eines gleichzeitigen Umformens, insbesondere Aufweitens, zum Herbeiführen einer geänderten Kontur des Werkstückes (1) erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Umformen des Werkstückes (1) unter Anwendung des Innenhochdruckumformverfahrens erfolgt.

3. Werkzeug mit das Werkstück (1) aufnehmenden Ober- und Unterwerkzeugen (2.1, 2.2) mit einer Wirkmedium-Zuflußöffnung (4) zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** eine im Bereich des vorgesehenen Durchbruches angeordnete Ausformung (6), wobei der Übergang von einer inneren Werkzeug-Wandfläche (5) zur Ausformung (6) scharfkantig ist (10) und nahe dieser die Wandfläche (5) mit nach innen ragenden, entlang der Kante (10) verlaufenden zackenförmigen Erhebungen (13) ausgestattet ist.

4. Werkzeug nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß im mittleren Bereich der Ausformung (6) durch eine Bohrung (7) des Unterwerkzeuges (2.2) ein Stößel (8) in die Ausformung (6) hineinragt, dessen Stirnfläche (9) das sich in diesem Bereich verformende Werkstück (1) abstützt.

5. Werkzeug nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Stößel (8) als Auswerfer dient und von einer Druckkraft  $F_s$  beaufschlagbar ist.

6. Werkzeug nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei kreisförmigem Querschnitt von Stößel (8) und Ausformung (6) das Verhältnis  $d:D$  1:3 ist, wobei  $d$  der Stößeldurchmesser und  $D$  der Ausformungsdurchmesser ist.

7. Werkzeug nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei einer kreisförmigen Ausformung (6) deren Tiefe  $T_1$  stets größer ist, als ihr Durchmesser  $D$ .

## Claims

1. Process for producing a passage in the wall of a workpiece (1) constructed as a hollow body, the workpiece (1) being inserted into a die (2) which in the region of the envisaged passage is provided with a shaped area (6) with a rim contour that matches the passage, and the cavity (3) in the workpiece (1) being acted upon by an operating medium up to an internal pressure ( $p_i$ ) that causes the wall of the workpiece to be incised along an edge (10) of the shaped area (6), characterised in that the workpiece (1) is inserted into a die (2) allowing the workpiece (1) to be enlarged within certain limits as a result of the action of deformation forces, and that the passage is produced simultaneously with a re-shaping operation, in particular an enlarging operation, to bring about an altered contour of the workpiece (1).

2. Process according to claim 1, characterised in that the re-shaping of the workpiece (1) is carried out using the internal high-pressure re-shaping process.

3. Die with upper and lower dies (2.1, 2.2) to receive the workpiece (1) and an operating-medium inflow port (4) for carrying out the process according to claim 1, characterised by a shaped area (6) disposed in the region of the envisaged passage, the interface from one internal die wall surface (5) to the shaped area (6) being sharp-edged (10) and near to the latter the wall surface (5) being equipped with inward-projecting, zig-zag shaped raised areas (13) extending along the edge (10).

4. Die according to claim 3, characterised in that in the central region of the shaped area (6) a ram (8) projects into the shaped area (6) through a bore (7) in the lower die (2.2), the end surface (9) of said ram (8) supporting the workpiece (1) being deformed in said region.

5. Die according to claim 4, characterised in that the ram (8) acts as an ejector and is adapted to be acted on by a compressive force  $F_s$ .

6. Die according to claim 4, characterised in that when the ram (8) and shaped area (6) are circular in cross-section the ratio  $d:D$  is 1:3, where  $d$  is the diameter of the ram and  $D$  the diameter of the shaped area.

7. Die according to claim 3, characterised in that when the shaped area (6) is circular its depth  $T_1$  is always greater than its diameter  $D$ .

## Revendications

1. Procédé pour la formation d'un trou dans la paroi d'une pièce à usiner (1) réalisée sous forme de corps creux, la pièce à usiner (1) étant insérée dans un outil (2) qui présente, dans la région du trou prévu, un creux (6) dont le contour du bord correspond au trou, et un fluide actif étant injecté dans la cavité (3) de la pièce à usiner (1) jusqu'à une pression interne ( $p_i$ ) qui produit l'entaillage de la paroi de la pièce à usiner le long d'une arête (10) du creux (6) de l'outil, caractérisé en ce que la pièce à usiner (1) est insérée dans un outil de formage (2) qui permet, dans certaines limites, un élargissement de la pièce à usiner (1) pouvant être produit sous l'effet de forces de déformation, et en ce que la formation du trou est effectuée pendant un changement de forme simultané, en particulier un élargissement, pour créer un contour modifié de la pièce à usiner (1).
 

5  
10  
15  
20
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le changement de forme de la pièce à usiner (1) est effectué par application du procédé de changement de forme sous haute pression interne.
 

25
3. Outil pour l'exécution du procédé selon la revendication 1, comprenant des outils supérieur et inférieur (2.1, 2.2), qui reçoivent la pièce à usiner (1), et un orifice d'admission (4) pour un fluide actif, caractérisé par un creux (6) situé dans la région du trou prévu, la transition entre une surface de paroi interne (5) de l'outil et le creux (6) étant à arête vive (10) et, à proximité de celle-ci, la surface de paroi (5) étant pourvue de surélévations en forme de dents (13), qui font saillie vers l'intérieur et s'étendent le long de l'arête (10).
 

30  
35  
40
4. Outil selon la revendication 3, caractérisé en ce que, dans la région centrale du creux (6), un poussoir (8), sur la surface d'extrémité (9) duquel prend appui la pièce à usiner (1) qui se déforme dans cette région, pénètre par une forure (7) de l'outil inférieur (2.2) et fait saillie dans le creux (6).
 

45  
50
5. Outil selon la revendication 4, caractérisé en ce que le poussoir (8) sert d'éjecteur et peut être actionné par une force hydraulique ou pneumatique  $F_s$ .
 

55
6. Outil selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'en cas de section circulaire du poussoir (8) et du creux (6), le rapport  $d : D$  est égal à 1
 

5
7. Outil selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'avec un creux (6) de forme circulaire, la profondeur  $T_1$  de celui-ci est toujours plus grande que son diamètre  $D$ .
 

: 3, d étant le diamètre du poussoir et D étant le diamètre du creux.

FIG. 1

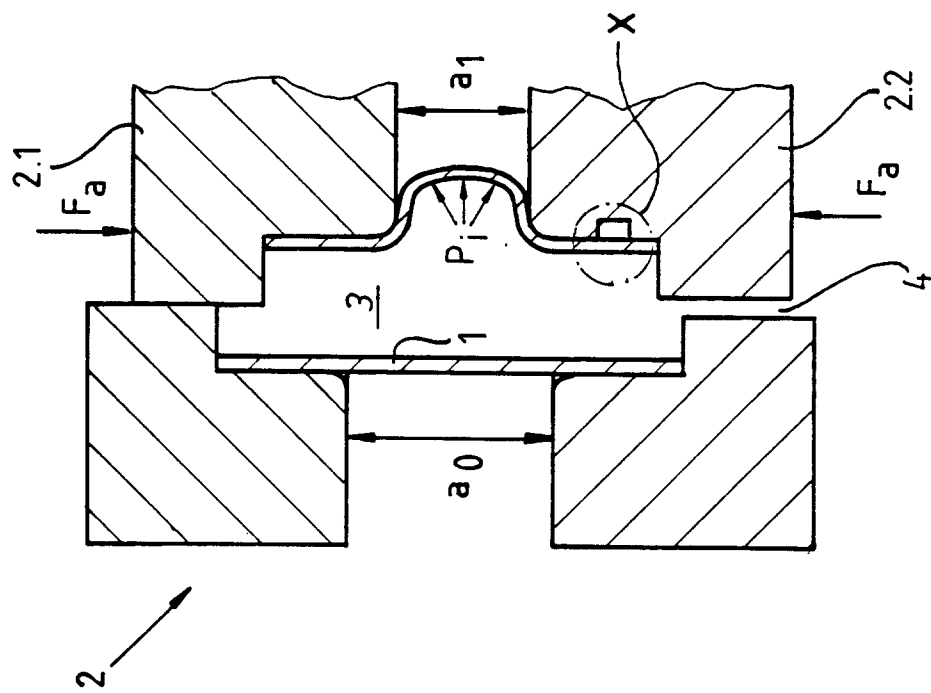


FIG. 2

