



(11)

EP 2 101 935 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
27.02.2019 Patentblatt 2019/09

(51) Int Cl.:
B21D 26/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07856437.4**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2007/010632

(22) Anmeldetag: **06.12.2007**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2008/080502 (10.07.2008 Gazette 2008/28)

(54) WERKSTÜCK UND VERFAHREN FÜR DAS EXPLOSIONSUMFORMEN

WORKPIECE AND METHOD FOR EXPLOSION FORMING

PIÈCE ET PROCÉDÉ POUR LE FORMAGE PAR EXPLOSION

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **20.12.2006 DE 102006060372**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.09.2009 Patentblatt 2009/39

(73) Patentinhaber: **Cosma Engineering Europe AG**
2522 Oberwaltersdorf (AT)

(72) Erfinder:
• **ZAK, Alexander**
A-2340 Mödling (AT)

• **STOEGER, Philipp**
A-2700 Wr. Neustadt (AT)

(74) Vertreter: **Grünecker Patent- und Rechtsanwälte**
PartG mbB
Leopoldstraße 4
80802 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 148 459 EP-A- 1 702 695
DE-A1- 3 305 615 DE-C1- 4 035 894
GB-A- 878 178 JP-A- 2 117 728
JP-A- 58 145 381 US-A- 4 788 841

EP 2 101 935 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Explosionsumformverfahren mit den oberbegrifflichen Merkmalen von Anspruch 1. Ein gattungsgemäßes Verfahren ist beispielsweise aus der JP 58 145381 A bekannt. Weitere Verfahren zum Explosionsumformen sind in der EP 0 148 459 A, EP 1 702 695 A, US 4 788 841 A, JP 02 17728 A, DE 40 35 894 C1, DE 33 05 615 A1, und der GB 878 178 A beschrieben.

[0002] Zum Umformen eines Werkstücks existieren unterschiedliche Verfahren. Beim Hydroumformen zum Beispiel wird ein rohrartiges Werkstück mit einer Flüssigkeit, zumeist Wasser, gefüllt und abgedichtet. Durch das Erhöhen des Flüssigkeitsdrucks wird das Werkstück aufgeweitet und legt sich allmählich den Konturen des das Werkstück umgebenden Formwerkzeugs an.

[0003] Ein Explosionsumformverfahren der eingangs genannten Gattung ohne Flüssigkeit ist in der EP 592 068 beschrieben. Zum Herstellen einer Nockenwelle wird eine Form mit den bereits vorgefertigten Nocken bestückt und, nachdem ein innen hohler Nockenwellenschaft durch die Öffnungen der einzelnen Nocken geführt wurde, geschlossen. Die Enden der geschlossenen Form werden mit Dichtelementen versiegelt und eine in den Nockenwellenschaft hineinragende Zündkerze wird eingeschraubt. Nachdem der Schaft mit einem brennbaren Gas gefüllt wurde, wird dieses mittels der Zündkerze gezündet. Durch den schlagartigen Anstieg des Gasdrucks im Inneren des Schaftes wird dieser aufgeweitet und in die Öffnungen der einzelnen Nocken gedrückt. Diese sind somit axial und verdrehfest mit dem Nockenwellenschaft verbunden.

[0004] Diese Druckschrift geht auf geläufige Nachteile des Explosionsumformens ein. Aufgrund der auf die Detonation folgenden Schockwelle neigt das Werkstück lokal zur Spannungs- und Rissbildung. Der hohe entstehende Spitzendruck bedingt einen nicht konstanten Materialfluss, was zu unterschiedlichen Wandstärken führen kann. In der EP 592 068 wird zur Abhilfe vorgeschlagen, dass der Umformdruck durch eine Verpuffung (Deflagration) anstatt einer Explosion (Detonation) erfolgt. Eine Detonation basiert auf einer chemischen Reaktion des oder der Explosivstoffe(s) und pflanzt sich durch stoßwelleninduzierte Verbrennung fort. Es kommt zu einer Überlagerung der Druckwelle mit der Volumenausdehnung, was die höhere Geschwindigkeit und den vielfachen Druck im Vergleich zu einer Deflagration ausmacht. Im Gegensatz dazu ist eine Deflagration ein schneller Verbrennungsvorgang, der sich durch die Aufheizung des unverbrauchten Gemisches fortpflanzt. Der nur durch Gasausdehnung erreichte Druck beträgt ungefähr 10 bar und die Geschwindigkeit ist deutlich geringer als die Schallgeschwindigkeit.

[0005] In der Praxis hat sich dieser Ansatz nicht durchgesetzt, zum einen weil eine Deflagration weniger prozesssicher ist, und zum anderen weil eben Geschwindigkeit und Umformdruck geringer sind verglichen mit

einer Detonation.

[0006] Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe ist es, einen Explosionsumformprozess der eingangs genannten Gattung dahingehend zu verbessern, dass auf einfache Art und Weise eine gute Qualität des Werkstücks mit gewünschter Wandstärke erzielt werden kann.

[0007] Zur Lösung des oben beschriebenen Problems wird ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1 angegeben. Weitere vorteilhafte Weiterbildungen dieses Verfahrens sind in den Unteransprüchen definiert.

[0008] Dieser Materialvorrat wird durch die Detonation mit umgeformt und kann dazu eingesetzt werden, in gewünschten Bereichen des Werkstücks gewünschte Wandstärken zu erzielen. Durch das Bevorraten von Material kann während des Umformprozesses der Materialfluss über die zur Verfügung stehende Materialmenge verbessert werden. Damit kann ein gleichmäßigeres Ausformen des Werkstücks erzielt werden und dessen Formgebung unterstützt werden. Der vorgeformte Materialvorrat kann also auch dazu dienen, eine gute Wandqualität des Werkstücks herzustellen. In Form, Größe und Lage kann sich der vorgeformte Materialvorrat daher an die Endform des Werkstücks und/oder dem Verlauf der Detonationsfront orientieren.

[0009] Der vorgeformte Materialvorrat kann einen verformten Bereich des Werkstücks aufweisen. Ein solchermaßen vorgeformter Materialvorrat lässt sich leicht durch umformende Formgebung des Werkstücks selbst erreichen und besonders gut an der Werkstück-Endform orientieren.

[0010] Es kann der vorgeformte Materialvorrat über einen zusätzlich an das Werkstück aufgebrachten Materialbereich verfügen. Dieses zusätzlich aufgebrachte Fremdmaterial eignet sich gut für einen klar begrenzten vorgeformten Materialvorrat und kann sehr exakt am Werkstück positioniert werden.

[0011] Vorteilhafterweise besteht der vorgeformte Materialvorrat aus einem Bereich dickerer Wandstärke. Das derart bevorratete Material kann gut von der Detonationsfront erfasst werden und z. B. dem Ausformen von Kavitäten dienen.

[0012] Der vorgeformte Materialvorrat kann außenseitig bezogen auf die Umformrichtung angeordnet sein. Außenseitig kann in diesem Sinn verstanden werden als an der dem Explosionsraum abgewandten Seite des Werkstücks. Ein vorgeformter Materialvorrat an der Außenseite eignet sich besonders dazu, Ausbuchtungen des Werkstücks umzuformen und ist meist gut zugänglich.

[0013] Der vorgeformte Materialvorrat kann innenseitig bezogen auf die Umformrichtung vorgesehen sein. Dies kann sich empfehlen, wenn an der Außenseite engere Toleranzen und bessere Oberflächenqualität als an der Innenseite verlangt werden.

[0014] Es kann von Vorteil sein, den vorgeformten Materialvorrat etwa punktuell auszubilden. Ein solcherart vorgeformter Materialvorrat kann speziell bei kleinen Ein- oder Ausbuchtungen des Formwerkzeugs an dieser Stelle ratsam sein.

[0015] In einer Variation erstreckt sich der vorgeformte Materialvorrat in etwa linear verlaufend. Ein derart vorgeformter Materialvorrat kann sich einachsiger erstrecken, die Formen unterstützen, z. B. Absätze im Formwerkzeug.

[0016] In besonderer Weise kann der vorgeformte Materialvorrat etwa flächig ausgebildet sein. Eine flächige Ausbildung kann z. B. von Vorteil sein, einen ausgedehnten Bereich größerer Wandstärke auszuformen. Sie kann sich auch aus punktuellen und/oder linearen Ausbildungen zusammensetzen, mit deren genannten Vorteilen.

[0017] Der vorgeformte Materialvorrat kann aus mindestens einer Ein- und/oder Ausbuchtung und/oder Vertiefung und/oder Erhöhung in der Werkstückwand bestehen. In einer weiteren günstigen Ausführungsform besteht der vorgeformte Materialvorrat aus mindestens einer Riefe und/oder Rippe und/oder Falte und/oder Welle und/oder einem Absatz und/oder einer Nut. Abhängig von der Werkstück-Endform bzw. der Kavität des Formwerkzeugs lässt sich mit solchen Formen des vorgeformten Materialvorrats, die in der Praxis leicht aufbringbar sind, der Umformvorgang an kritischen Bereichen in gewünschter Weise beeinflussen.

[0018] Vorteilhafterweise kann der vorgeformte Materialvorrat quer zur Längserstreckung des Werkstücks verlaufend ausgebildet sein. Diese Ausführung empfiehlt sich insbesondere, wenn die Umformarbeit quer zur Längserstreckung des Werkstücks groß ist.

[0019] In einer Abwandlung ist der vorgeformte Materialvorrat längs bezüglich der Längserstreckung des Werkstücks ausgebildet. Diese Abwandlung ist dann empfehlenswert, wenn die Umformarbeit in dieser Richtung groß ist.

[0020] Der vorgeformte Materialvorrat kann sich über den Umfang des Werkstücks erstrecken. Ein dergestalt vorgeformter Materialvorrat kann der Umformung von Werkstücken mit rohrförmigen Abschnitten dienen.

[0021] Dieser vorgeformte Materialvorrat wird beim Explosionsumformen genutzt und erhöht die für die Umformung zur Verfügung stehende Materialmenge lokal, was zur Verbesserung des Materialflusses eingesetzt werden kann. Das derart bevorratete Material kann an relevanten Bereichen wieder abgelagert werden, um dort die gewünschte Form oder Wandstärke zu erreichen. In der Praxis kann der vorgeformte Materialvorrat ebenso einfach wie kostengünstig durch bekannte Verfahren am Werkstück ausgebildet werden, beispielsweise durch Umformen und thermisches Fügen.

[0022] Vorteilhafterweise kann der vorgeformte Materialvorrat durch Verformen eines Bereiches des Werkstücks hergestellt werden. Diese Verformung kann leicht durch umformende Formgebung erreicht werden, z. B. durch Quetschen, Biegen oder auch Rollieren, und kann ohne großen Aufwand und ohne große Kosten in die Verfahrenskette integriert werden.

[0023] Der vorgeformte Materialvorrat kann durch Aufbringung zusätzlichen Materials an das Werkstück her-

gestellt werden. Dieser aufgebrauchte Materialbereich kann schnell, z. B. durch Auftragsschweißen oder Anschweißen zusätzlichen Materials erzeugt werden, und der Verfahrensschritt lässt sich ebenfalls einfach und kostengünstig in den Herstellungsprozess des Werkstücks integrieren.

[0024] In besonderer Weise kann der vorgeformte Materialvorrat vor dem Einbringen des Werkstücks in das Formwerkzeug ausgebildet werden. Damit kann der Materialvorrat separat ausgebildet und das Formwerkzeug auf den Explosionsumformvorgang hin optimiert werden.

[0025] Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung beschrieben. Dabei zeigen:

- Figur 1 schematisch das Prinzip der Erfindung anhand eines Schnittes durch das Formwerkzeug und das Werkstück mit vorgeformtem Materialvorrat,
- Figur 2 Varianten des erfindungsgemäß vorgeformten Materialvorrats anhand von Werkstückschnitten, wobei in
 - Figur 2a eine Ein- bzw. Ausbuchtung,
 - Figur 2b eine Riefe bzw. Rippe,
 - Figur 2c verschiedene Falten,
 - Figur 2d eine Welle,
 - Figur 2e ein zusätzlich aufgebrauchter Materialbereich und
 - Figur 2f eine Nut und zwei Absätze dargestellt ist bzw. sind, und
- Figur 3 Varianten von erfindungsgemäß vorgeformten Materialvorräten, speziell punktuell, lineare und flächige Ausprägungen.

[0026] Gleiche Bezugszeichen verweisen auf gleiche Teile bzw. Merkmale, unabhängig von der Figur.

[0027] Figur 1 zeigt schematisch einen Schnitt durch ein geschlossenes Formwerkzeug 1. In diesem ist ein Werkstück 2 in seiner Ausgangsgestalt 3 und mit einem vorgeformten Materialvorrat 4 dargestellt. Die strichpunktierte Linie 5 deutet eine Symmetrieachse des Werkstücks 2 und/oder eine mögliche Trennebene des Formwerkzeugs an.

[0028] Ein Gasgemisch im Inneren des Werkstücks 2 wird durch eine Zündeinrichtung 6 gezündet. Eine Detonationsfront 7 verläuft von der Zündeinrichtung 6 zum entgegengesetzten Ende des Formwerkzeugs 1 in eine Ausbreitungsrichtung 11 und prägt dem Werkstück 2 einen Druckverlauf 8 auf, der strichliniert dargestellt ist.

[0029] Die eigentliche Umformung geschieht in einer mit 9 gekennzeichneten Zone, die der Detonationsfront 7 mit kurzer zeitlicher Verzögerung folgt und eine Endgestalt 10 des Werkstücks 2 ausprägt. Diese Materialumformungszone 9 trägt darstellungstechnisch der Trägheit des Materials und der damit zeitlich verzögerten Umformung Rechnung.

[0030] Während des Umformprozesses dient der vorgeformte Materialvorrat 4 dem Steuern des Materialflus-

ses in der Materialumformungszone 9. Durch die Materialbevorratung kann für relevante Bereiche des Werkstücks 2 die Wandungsstärke und -qualität der Endgestalt 10 beeinflusst werden. Der vorgeformte Materialvorrat 4 orientiert sich also günstigerweise in seiner Form, Lage und Gestalt am Verlauf der Detonationsfront 7 sowie an der gewünschten Endgestalt 10. Weiterhin eignet sich der vorgeformte Materialvorrat 4 besonders dazu, dem Werkstück 2 aufzuprägende Formen des Formwerkzeugs 1 während des Umformprozesses mit zusätzlichem Material zu versorgen, besonders Bereiche großer Umformarbeit.

[0031] Dargestellt ist das Formwerkzeug 1 mit konstant zu der Linie 5 beabstandeten Außenwänden und das Werkstück 2 mit einem umlaufend riefenartig ausgebildeten vorgeformten Materialvorrat 4. Dieser Materialvorrat 4 ist, ebenso wie die Ausgangsgestalt 3, noch vom Formwerkzeug 1 beabstandet. Durch Einwirkung der Detonationsfront 7 schiebt die nachfolgende Materialumformungszone 9 den Materialvorrat 4 vor sich her und lagert ihn umgeformt im Bereich gewünschter größerer Wandstärke ab, so dass er sich mit der Ausgangsgestalt 3 an die Außenwände bis zur Endgestalt 10 anlegt. Genauso gut kann der Materialvorrat 4 dazu dienen, Ein- oder Ausbuchtungen des Formwerkzeugs 1 in diesem Bereich auszuformen.

[0032] Figur 2 zeigt verschiedene Ausführungsformen des vorgeformten Materialvorrats 4 am Werkstück 2. In Figur 2a bis 2d und 2f sind verformte Bereiche des Materialvorrats 4 zu sehen und im Gegensatz dazu ein zusätzlich aufgebrachter Bereich in Figur 2d. Beispiele für einen vorgeformten Materialvorrat 4, welcher sich außen- und/oder innenseitig bezogen auf die Umformrichtung befinden kann, zeigen Figur 2a bis 2e.

[0033] Dabei zeigt Figur 2a eine Ausbuchtung 12 und damit eine etwa punktuelle Ausprägung des vorgeformten Materialvorrats 4. Das kann z. B. eine Beule sein, welche etwa einfach durch einen Hammerschlag von der Gegenseite her auszubilden ist.

[0034] Figur 2b zeigt eine Vertiefung 13 des vorgeformten Materialvorrats 4 bezüglich des Werkstücks 2, und damit eine etwa lineare Erstreckung, namentlich eine Riefe, die z. B. gefalzt werden kann.

[0035] Figur 2c zeigt zwei Beispiele einer Falte 14, und damit ebenfalls eine lineare Erstreckung des vorgeformten Materialvorrats 4. Derartige Falten 14 können durch gezieltes Stauchen oder Mehrfachfalzen des Werkstücks 2 schnell erzielt werden.

[0036] Figur 2d zeigt ein Ausbildungsbeispiel einer Welle im Werkstück 2, und damit ebenfalls eine etwa lineare Erstreckung des vorgeformten Materialvorrats 4, herzustellen z. B. durch Walzen, Pressen oder Rollieren.

[0037] Figur 2e zeigt ein Ausführungsbeispiel eines zusätzlich an das Werkstück 2 aufgebrachten Materialbereichs 16, der als aufgeschweißtes Blech den vorgeformten Materialvorrat 4 mit dickerer Wandstärke bildet, und je nach Abmessungen etwa punktuell, linear verlaufend oder flächig ausgebildet sein kann.

[0038] Figur 2f zeigt einen Materialvorrat 4 des Werkstücks 2, welcher sich über den Umfang des hier rotationssymmetrischen Werkstücks 2 erstreckt. Der vorgeformte Materialvorrat 4 ist in diesem Ausführungsbeispiel als zwei Absätze 17 und eine Nut 18 ausgeformt. In dieser Teilfigur ist ein rohrförmiges Werkstück gezeigt, wobei sich die Erfindung jedoch nicht auf diese Werkstück-Grundform einschränkt.

[0039] Die in Figur 2 dargestellten Materialvorräte können ebenso in die Gegenrichtung ausgeprägt sein; z. B. wird dann aus der Ausbuchtung bzw. Beule 12 zur Außenseite in Figur 2a eine Einbuchtung bzw. Delle zur Innenseite und aus der Vertiefung bzw. Riefe 13 zur Innenseite in Figur 2b eine Erhöhung bzw. Rippe zur Außenseite.

[0040] Figur 3 zeigt weitere Ausführungsbeispiele zur Ausprägung des vorgeformten Materialvorrats 4 am Werkstück 2. Zu sehen ist ein gewellter Bereich 19, aus Wellen 15 zusammengesetzt, eine Auftragsschweißnaht 20, ein aufgeschweißtes Blech 16 und je eine Beule 12 und Delle 21. Namentlich sind dies punktuelle (einachsige), lineare (zweiachsige) sowie flächige (dreiachsige) Erstreckungen des vorgeformten Materialvorrats 4. Dabei kann eine lineare Ausprägungsart aus mehreren punktuellen bestehen und eine flächige Ausprägungsart ihrerseits wiederum aus mehreren linearen und/oder zweiachsig angeordneten punktuellen. Der vorgeformte Materialvorrat 4 kann sich längs sowie quer zur Längserstreckung des Werkstücks erstrecken. So befindet sich der gewellte Bereich 19 z. B. längs zu einer ersten möglichen Längserstreckung 22 und quer zu einer zweiten möglichen Längserstreckung 23. Dargestellt ist hier beispielhaft ein blechförmiges Werkstück 2, wobei dessen Form ebenfalls nicht auf diese Grundform beschränkt sein soll.

Patentansprüche

1. Explosionsumformverfahren, bei welchem ein Werkstück (2) in ein Formwerkzeug (1) eingebracht und dort von einer Ausgangsgestalt (3) mittels Explosionsumformens zu einer Endgestalt (10) umgeformt wird, wobei ein Gasgemisch von einer Zündeinrichtung (6) gezündet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausgangsgestalt (3) des Werkstücks (2) mit wenigstens einem gegenüber benachbarten Bereichen vorgeformten Materialvorrat (4) versehen wird und durch die Zündung des Gasgemisches eine Detonationsfront (7) erzeugt wird, welche von der Zündeinrichtung (6) zu einem entgegengesetzten Ende des Formwerkzeugs (2) verläuft und den Materialvorrat (4) mit umformt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der vorgeformte Materialvorrat (4) durch Ver-

formen eines Bereiches des Werkstücks (2) hergestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass der vorgeformte Materialvorrat (4) durch Aufbringen zusätzlichen Materials an das Werkstück (2) hergestellt wird. 5
4. Verfahren nach mindestens einem vorhergehenden Anspruch 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass der vorgeformte Materialvorrat (4) vor dem Einbringen des Werkstücks (2) in das Formwerkzeug (1) ausgebildet wird. 10 15
5. Explosionsumformverfahren nach mindestens einem vorhergehenden Anspruch,
dadurch gekennzeichnet,
dass der vorgeformte Materialvorrat (4) durch Ausbilden eines Bereichs dickerer Wandstärke hergestellt wird. 20
6. Explosionsumformverfahren nach mindestens einem vorhergehenden Anspruch,
dadurch gekennzeichnet,
dass der vorgeformte Materialvorrat (4) außenseitig bezogen auf die Umformrichtung angeordnet wird. 25
7. Explosionsumformverfahren nach mindestens einem vorhergehenden Anspruch,
dadurch gekennzeichnet,
dass der vorgeformte Materialvorrat (4) innenseitig bezogen auf die Umformrichtung angeordnet, oder etwa punktuell ausgebildet oder etwa flächig ausgebildet wird, oder etwa linear verlaufend angeordnet wird. 30 35
8. Explosionsumformverfahren nach mindestens einem vorhergehenden Anspruch,
dadurch gekennzeichnet,
dass der vorgeformte Materialvorrat (4) als mindestens ein(e) Ein- und/oder Ausbuchtung und/oder Vertiefung und/oder Erhöhung in der Werkstückwand ausgebildet wird. 40 45
9. Explosionsumformverfahren nach mindestens einem vorhergehenden Anspruch,
dadurch gekennzeichnet,
dass der vorgeformte Materialvorrat (4) als mindestens ein(e) Riefe und/oder Rippe und/oder Falte und/oder Welle und/oder Absatz und/oder Nut ausgebildet wird. 50
10. Explosionsumformverfahren nach mindestens einem vorhergehenden Anspruch,
dadurch gekennzeichnet,
dass der vorgeformte Materialvorrat (4) bezüglich 55

der Längserstreckung des Werkstücks (2) quer dazu verlaufend ausgebildet wird.

11. Explosionsumformverfahren nach mindestens einem vorhergehenden Anspruch,
dadurch gekennzeichnet,
dass der vorgeformte Materialvorrat (4) bezüglich der Längserstreckung des Werkstücks (2) längs dazu verlaufend ausgebildet wird.
12. Explosionsumformverfahren nach mindestens einem vorhergehenden Anspruch,
dadurch gekennzeichnet,
dass der vorgeformte Materialvorrat (4) über den Umfang des Werkstücks (2) ausgebildet wird.

Claims

1. Explosion forming process,
in which a workpiece (2) is introduced into a forming tool (1) and is formed there from an initial shape (3) by means of explosive forming into an end shape (10), wherein a gas mixture is ignited by an ignition device (6),
characterized in that
the initial shape (3) of the workpiece (2) is provided with at least one material supply (4) which is preformed with respect to adjacent regions, and a detonation front (7) is generated by the ignition of the gas mixture, which detonation front extends from the ignition device (6) to an opposite end of the forming tool (2) and also transforms the material supply (4). 20
2. Process according to claim 1,
characterized in that
the preformed material supply (4) is produced by deforming a region of the workpiece (2). 25
3. Process according to claim 1 or 2,
characterized in that
that the preformed material supply (4) is produced by applying additional material to the workpiece (2). 30 35
4. Process in accordance with at least one preceding claim 1 to 3,
characterized in that
the preformed material supply (4) is formed before the workpiece (2) is introduced into the forming tool (1). 40 45
5. Explosion forming process according to at least one previous claim,
characterized in that
the preformed material supply (4) is produced by forming a region of thicker wall thickness. 50
6. Explosion forming process according to at least one

previous claim,

characterized in that

the preformed material supply (4) is arranged on the outside with respect to the forming direction.

7. Explosion forming process according to at least one previous claim,

characterized in that

the preformed material supply (4) is arranged on the inside with respect to the forming direction, or is formed approximately punctiform or approximately flat, or is arranged approximately linearly.

8. Explosion forming process according to at least one preceding claim,

characterized in that

the preformed material supply (4) is formed as at least one indentation and/or bulge and/or recess and/or elevation in the workpiece wall.

9. Explosion forming process according to at least one preceding claim,

characterized in that

the preformed material supply (4) is in the form of at least one groove and/or rib and/or fold and/or shaft and/or shoulder and/or groove.

10. Explosion forming process according to at least one previous claim,

characterized in that

the preformed material supply (4) is designed to run transversely thereto with respect to the longitudinal extension of the workpiece (2).

11. Explosion forming process according to at least one preceding claim,

characterized in that

the preformed material supply (4) is formed so as to extend longitudinally thereto with respect to the longitudinal extension of the workpiece (2).

12. Explosion forming process according to at least one preceding claim,

characterized in that

the preformed material supply (4) is formed over the circumference of the workpiece (2).

Revendications

1. Procédé de formage par explosion, d'après lequel une pièce d'oeuvre (2) est mise en place dans un outillage de formage (1) et y est déformée à partir d'une configuration initiale (3) jusqu'à une configuration finale (10), par formage par explosion, un mélange de gaz étant soumis à un allumage par un dispositif d'allumage (6), **caractérisé en ce que** la configuration initiale (3) de

la pièce d'oeuvre (2) est dotée d'au moins une réserve de matériau (4) préformée par rapport à des zones voisines, et l'allumage du mélange de gaz produit un front de détonation (7), qui s'étend à partir du dispositif d'allumage (6) vers une extrémité opposée de l'outillage de formage (2), et assure en même temps le formage de la réserve de matériau (4).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la réserve de matériau (4) préformée est réalisée par déformation d'une zone de la pièce d'oeuvre (2).

3. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisé en ce que** la réserve de matériau (4) préformée est réalisée en rapportant du matériau supplémentaire sur la pièce d'oeuvre (2).

4. Procédé selon au moins une revendication précédente 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'on forme la réserve de matériau (4) préformée, avant l'introduction de la pièce d'oeuvre (2) dans l'outillage de formage (1).

5. Procédé selon au moins une revendication précédente, **caractérisé en ce que** la réserve de matériau (4) préformée est réalisée en formant une zone d'une épaisseur de paroi plus importante.

6. Procédé selon au moins une revendication précédente, **caractérisé en ce que** la réserve de matériau (4) préformée est agencée du côté extérieur en se référant à la direction de formage.

7. Procédé selon au moins une revendication précédente, **caractérisé en ce que** la réserve de matériau (4) préformée est agencée du côté intérieur en se référant à la direction de formage, ou est réalisée sensiblement sous forme de point, ou est réalisée sensiblement sous forme de surface, ou bien est agencée pour s'étendre sensiblement de manière linéaire.

8. Procédé selon au moins une revendication précédente, **caractérisé en ce que** la réserve de matériau (4) préformée est réalisée en tant qu'au moins un renforcement et/ou une partie bombée et/ou un creux et/ou un bossage dans la paroi de la pièce d'oeuvre.

9. Procédé selon au moins une revendication précédente, **caractérisé en ce que** la réserve de matériau (4)

préformée est réalisée sous la forme d'au moins une strie et/ou d'une nervure et/ou d'un pli et/ou d'une onde et/ou d'un gradin d'étagement et/ou d'une rainure.

5

10. Procédé selon au moins une revendication précédente,

caractérisé en ce que la réserve de matériau (4) préformée est réalisée de manière à s'étendre transversalement par rapport à l'étendue longitudinale de la pièce d'oeuvre (2).

10

11. Procédé selon au moins une revendication précédente,

caractérisé en ce que la réserve de matériau (4) préformée est réalisée de manière à s'étendre longitudinalement par rapport à l'étendue longitudinale de la pièce d'oeuvre (2).

15

12. Procédé selon au moins une revendication précédente,

caractérisé en ce que la réserve de matériau (4) préformée est réalisée le long de la périphérie de la pièce d'oeuvre (2).

20

25

30

35

40

45

50

55

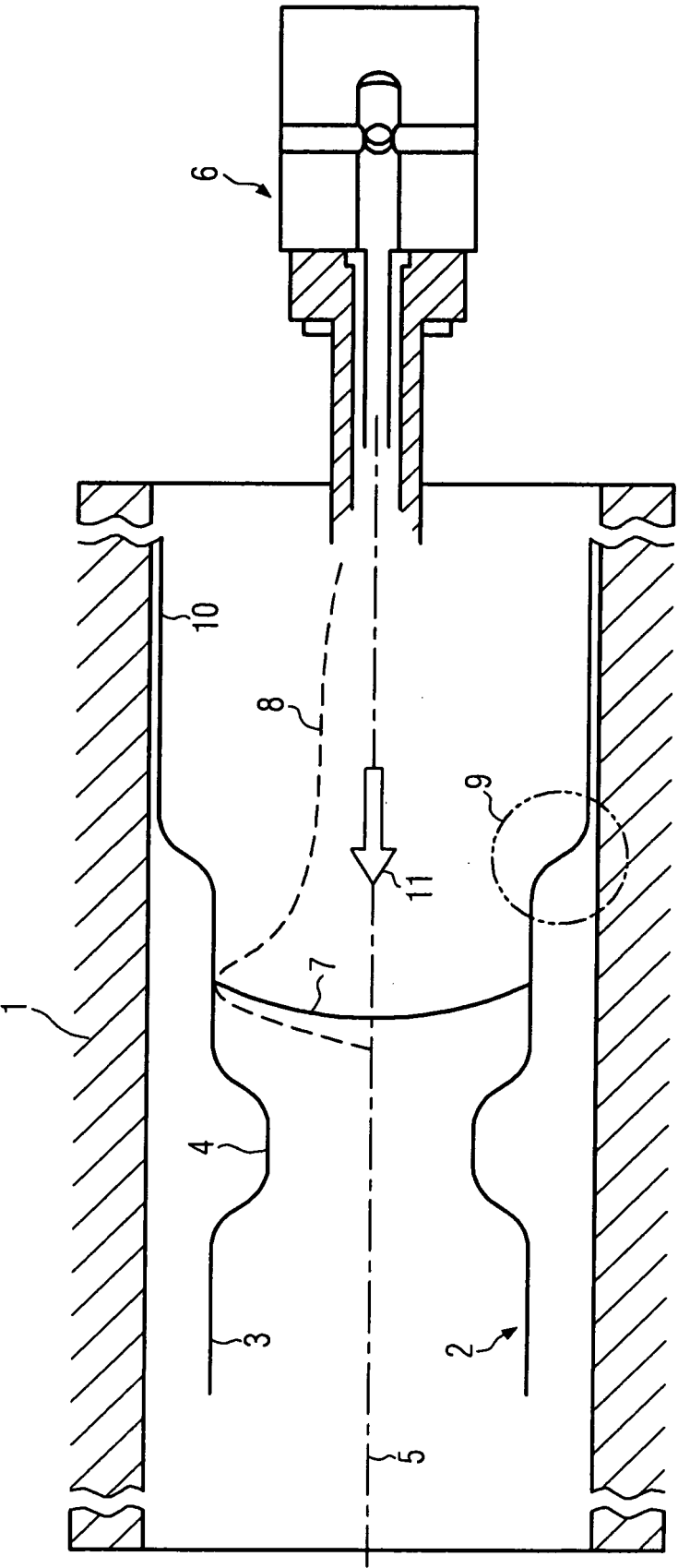


FIG. 1

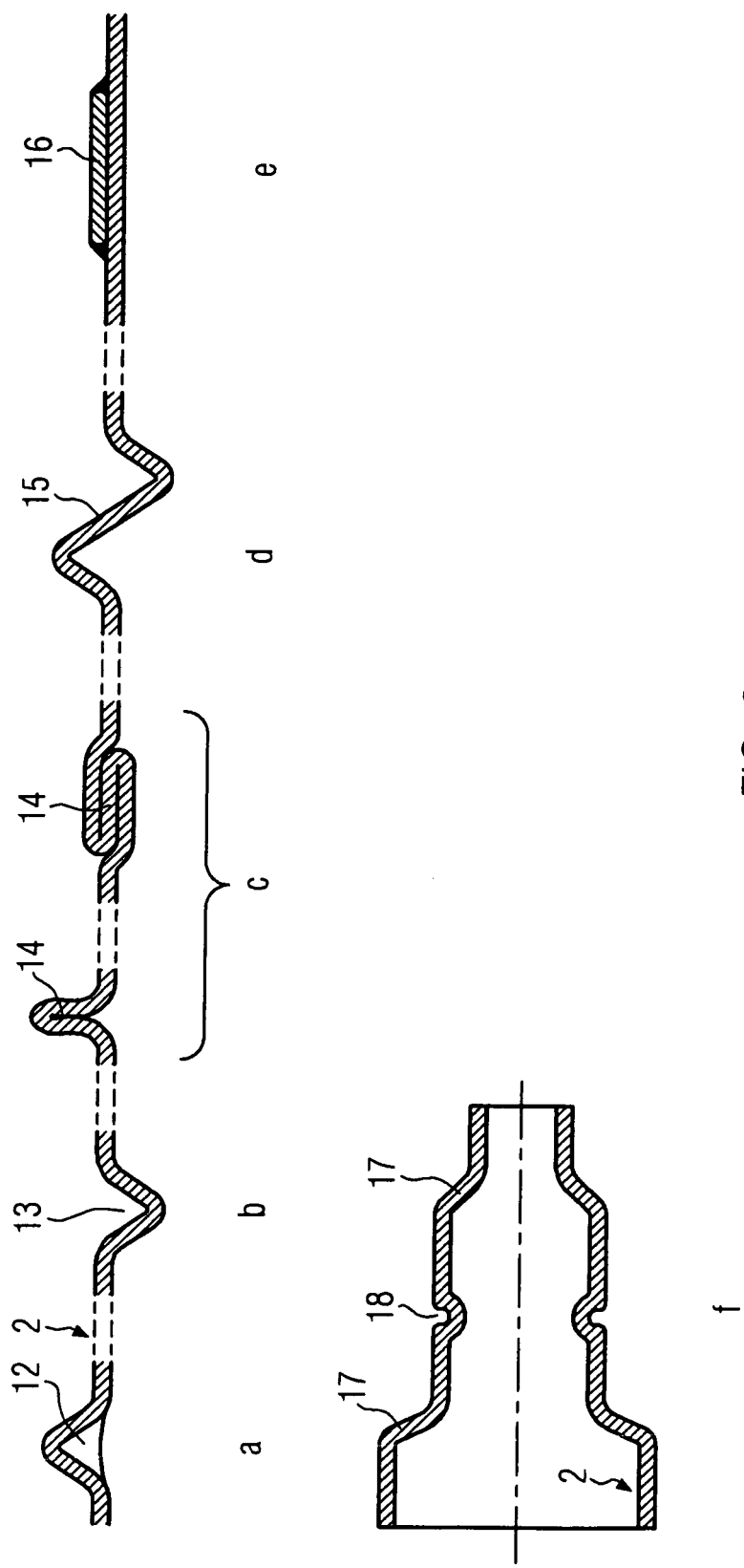


FIG. 2

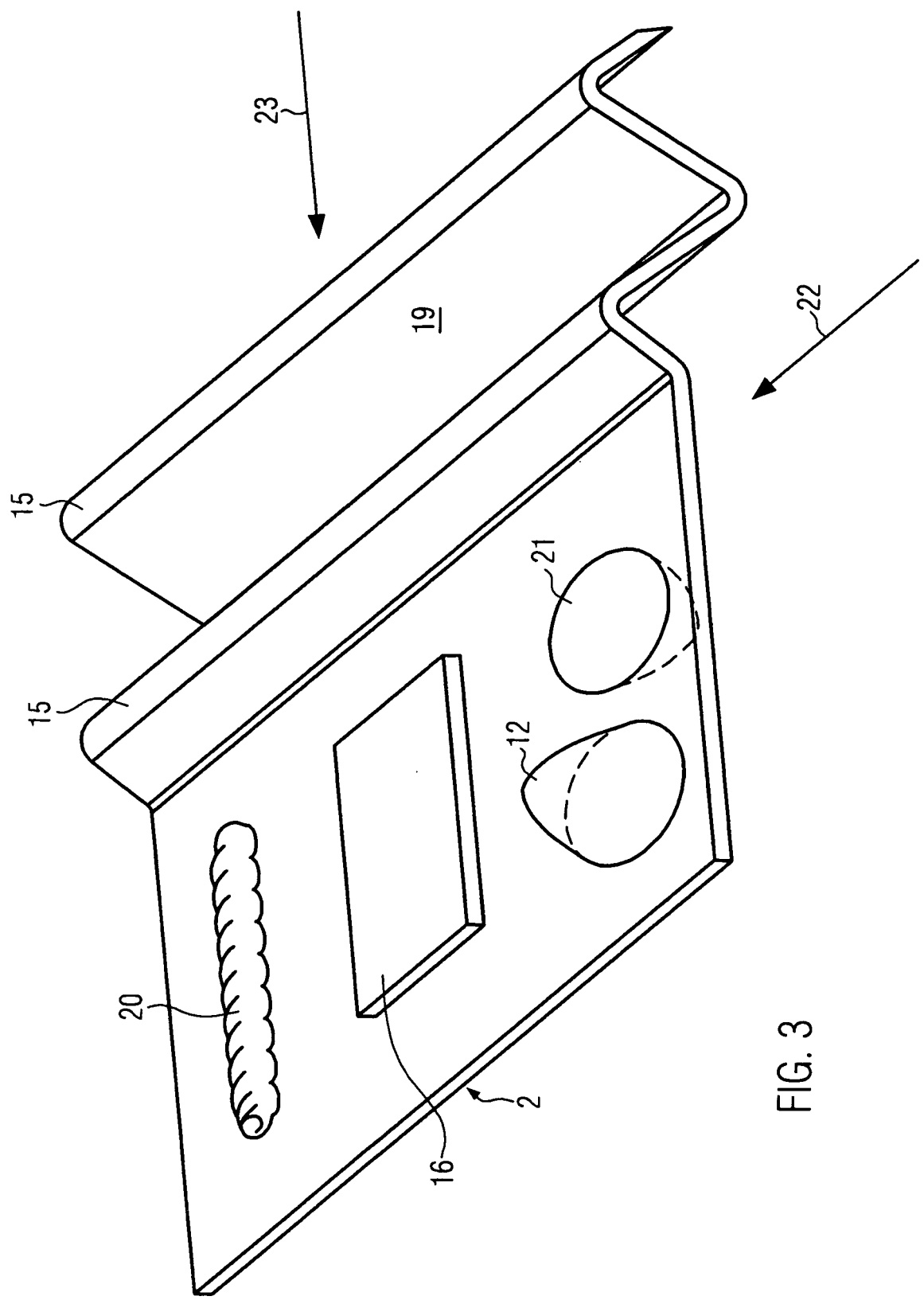


FIG. 3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- JP 58145381 A [0001]
- EP 0148459 A [0001]
- EP 1702695 A [0001]
- US 4788841 A [0001]
- JP 2017728 A [0001]
- DE 4035894 C1 [0001]
- DE 3305615 A1 [0001]
- GB 878178 A [0001]
- EP 592068 A [0003] [0004]