

(19)



(11)

EP 1 907 148 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
31.12.2008 Patentblatt 2009/01

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

(21) Anmeldenummer: **06724324.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2006/003435

(22) Anmeldetag: **13.04.2006**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2006/128519 (07.12.2006 Gazette 2006/49)

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM EXPLOSIONSUMFORMEN**

DEVICE AND METHOD FOR EXPLOSION FORMING

DISPOSITIF ET PROCEDE DE FORMAGE PAR EXPLOSION

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CZ DE FR GB PL

(30) Priorität: **03.06.2005 DE 102005025660**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.04.2008 Patentblatt 2008/15

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

(72) Erfinder:
• **ZAK, Alexander**
2340 Mödling (AT)
• **STRANZ, Andreas**
A-2722 Weikersdorf (AT)

• **TRUBERT, Franz,**
c/o Magna Engineering Europe AG
A-2722 Weikersdorf (AT)

(74) Vertreter: **Grünecker, Kinkeldey,**
Stockmair & Schwanhäusser
Anwaltssozietät
Leopoldstrasse 4
80802 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 592 068 DE-A1- 2 337 176
DE-A1- 19 638 688 GB-A- 2 009 651
US-A- 3 252 312 US-A- 4 738 012

EP 1 907 148 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 Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 bzw. 25.

[0002] Zum Umformen eines Werkstücks existieren unterschiedliche Vorrichtungen und Verfahren. Bei dem Hydroumformen z.B. wird ein rohrartiges Werkstück mit einer Flüssigkeit, zumeist Wasser, gefüllt und abgedichtet. Durch die Erhöhung des Flüssigkeitsdrucks wird das Werkstück aufgeweitet und legt sich allmählich den Konturen des das Werkstück umgebenden Formwerkzeugs an. Bei diesem Verfahren müssen relativ hohe Kräfte zum Verformen des Werkstücks sowie zum Zusammenhalten des Formwerkzeugs über einen längeren Zeitraum aufgebracht werden. Um gute Ergebnisse zu erhalten, muss der Verlauf der Kräfte über die Zeit genau gesteuert werden.

[0003] Das Hydroumformen kann auch mittels Explosionsenergie betrieben werden. Dieses weit verbreitete Verfahren nutzt eine Flüssigkeit wie z.B. Wasser als Übertragungsmedium für die durch die Explosion entstehenden Druckwellen. Das Werkstück, meist eine Blechplatte, wird auf der Kavität einer Form platziert und in einem Wasserbad versenkt. In der Kavität unter dem Werkstück wird im Allgemeinen ein Vakuum erzeugt. Durch das Einbringen einer Explosionsladung in das Wasserbad und anschließendes Zünden wird die Blechplatte in die Form gepresst und erhält so ihre endgültige Form. Dieses Verfahren findet z.B. im Schiffsbau Verwendung. Es wird in der Regel zur Produktion flächiger, aus einer ebenen Platte zu formenden Gegenstände genutzt.

[0004] Ein Explosionsumformverfahren der eingangs genannten Gattung ohne Flüssigkeit ist in der EP 592 068 beschrieben. Zum Herstellen einer Nockenwelle wird eine untere Formhälfte mit den bereits vorgefertigten Nocken bestückt. Nachdem ein innen hohler Nockenwellenschaft durch die Öffnungen der einzelnen Nocken geführt wurde, wird die obere Formhälfte auf die untere gesetzt. Die einzelnen Nocken werden durch durch spezielle Öffnungen in den Werkzeughälften geführte Haltearme separat abgestützt. Die Enden der geschlossenen Form werden durch Seitenwände des Werkzeugs mit radial zum Nockenwellenschaft verlaufenden Dichtelementen versiegelt. Durch eine dieser Endplatten wird eine stopfenartig in den Nockenwellenschaft hineinragende Zündkerze eingeschraubt. Nachdem der Schaft mit einem brennbaren Gas gefüllt wurde, wird dieses mittels der Zündkerze gezündet. Durch das schlagartige Ansteigen des Gasdrucks im Innern des Schaftes wird dieser aufgeweitet und in die Öffnungen der einzelnen Nocken gedrückt. Diese sind somit axial und verdrehfest mit dem Nockenwellenschaft verbunden.

[0005] Auch dieses Verfahren ist, obwohl es ohne jegliche Flüssigkeit auskommt, in der Handhabung relativ kompliziert und zeitaufwendig. Zunächst muss die Form mit Fertigteilen vorbestückt und anschließend der Nockenwellenschaft passgenau durch die Öffnungen der

einzelnen Nocken gefädelt werden. Anschließend müssen die Seitenflächen passgenau angesetzt und montiert werden. Zuleitungen für das Gas müssen vorgesehen werden ebenso eine Zündkerze. Dies alles sind zeitintensive einzelne Arbeitsschritte. Die Endplatten bzw. Seitenflächen müssen entweder bei jedem Umformvorgang neu abgedichtet oder mit einem Dichtelement versehen werden. Letzteres ist jedoch ein Verschleißteil, welches zusätzliche Kosten verursacht. Diese komplizierte Handhabung hat einen hohen Zeit- und damit Kostenaufwand zur Folge. Daher konnte sich dieses Verfahren industriell nicht durchsetzen.

[0006] Ähnliche Verfahren offenbaren auch die US 4,738,012 und die DE 196 38 688 A1. Die US 4,738,012 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines Nockenwellenschaftes, bei welchen ein zylindrischer Schaft durch unregelmäßig geformte Öffnungen in den Nocken in diese eingeführt wird. Sobald die Nocken auf dem Schaft positioniert sind, werden die Enden des zylindrischen Schafts verschlossen und sein innerer Hohlraum mit Flüssigkeit gefüllt. Durch die in dem Inneren des Schafts wirkende hydraulische Kraft wird dieser in seinem Umfang aufgedehnt, so dass die Nocken auf dem Schaft fixiert sind.

Ein Verformen der Umfläche zylindrischer oder säulenförmiger Gegenstände bei atmosphärischem Luftdruck und unter Ausnutzung der Verformkraft eines eine hohe Geschwindigkeit aufweisenden Wasserstrahls, der unter einem Flüssigkeits- Stoßdruck steht wird zum Beispiel auch in der DE 233 71 76 offenbart.

[0007] Die DE 196 38 688 A1 beschreibt ein Verfahren zum Formen von Dosen. Dabei wird die Öffnung des Dosenrohlings bzw. des Hohlkörpers vor dem Umformprozess mit einer speziellen Verschlussvorrichtung einem sogenannten Stopfen zum Dichten des Innenraums des Formkörpers während des Formvorgangs versehen. Der Stopfen ist mit mindestens einer Zündleitung und gegebenenfalls einer Zündeinrichtung versehen und hat eine konische Form mit einem Neigungswinkel gegenüber der Senkrechten im Bereich von 2 bis 5 Grad.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung der eingangs genannten Gattung dahingehend zu verbessern, dass das Umformen eines rohrartigen Werkstücks auf einfache, wenige Einzelarbeitsschritte erfordernde und damit zeit- und kostengünstige Weise möglich ist.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst mit einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0010] Mit Hilfe des Stopfens wird der Explosionsraum abgedichtet und das Werkstück in seiner Lage fixiert. Durch das Einbringen des Stopfens wird das Werkstück vorzugsweise plastisch verformt und zwischen dem Stopfen und dem Formwerkzeug eingespannt. So wird das Werkstück nicht nur in seiner Lage in dem Formwerkzeug gehalten, sondern trägt auch selbst zur Dichtung des Explosionsraums bei. Dieser Prozess lässt sich bei einem weiteren Umformprozess wiederholen. Mit

dem Einlegen eines neuen Werkstückrohlings und dem Einbringen des Stopfens entsteht so bei jedem einzelnen Umformprozess auch eine neue Dichtung. Durch diese einfache Handhabung, welche mehrere Funktionen in einen Arbeitsschritt integriert, lässt sich eine kurze Taktzeit und damit kostengünstige industrielle Fertigung erreichen. Außerdem werden die einzelnen Formwerkzeugteile, welche durch die Explosionskräfte naturgemäß auseinanderstreben, durch den Kragen umfasst und zusammengehalten. Dadurch wird diese sensible Stelle zusätzlich gesichert.

[0011] In einem günstigen Ausführungsbeispiel kann der lichte Abstand zwischen dem Stopfen und dem Formwerkzeug bei eingesetztem Stopfen kleiner als die Materialdicke des Werkstückrohlings sein. Durch das Einsetzen des Stopfens wird das Werkstück verformt und der Explosionsraum so abgedichtet. Gleichzeitig wird das Werkstück zwischen dem Stopfen und dem Formwerkzeug eingespannt und in seiner Position fixiert.

[0012] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann das Formwerkzeug einen die endgültige Werkzeugform definierenden Formbereich sowie mindestens einen das Werkstück haltenden Werkstückhaltebereich aufweisen. Dadurch kann der Haltebereich auf das Einspannen und Fixieren des Werkstücks ausgerichtet sein, während der Formbereich ganz auf eine gute Formgebung des Werkstücks ausgerichtet ist. Der separate Haltebereich lässt sich später gut von dem Fertigteil trennen.

[0013] In einer Variante der Erfindung kann die Kavität des Formwerkzeugs im Werkstückhaltebereich konisch ausgeformt sein. Die konische Form ermöglicht ein leichteres Einführen des Stopfens sowie ein leichteres Lösen desselben nach dem Umformprozess.

[0014] Vorteilhafterweise kann der Stopfen an seinem vorderen, dem Werkstück zugewandten Ende, einem Werkstückhaltebereich des Formwerkzeugs entsprechend ausgebildet sein. Indem der Stopfen quasi eine Abformung des Werkstückhaltebereichs darstellt, kann beim Einbringen des Stopfens eine gute Dichtung erzeugt werden.

[0015] In einer günstigen Ausführungsform kann der Stopfen eine Verbindung des Explosionsraums im Innern des Formwerkzeugs mit einer Gaszuführungsvorrichtung, Entlüftungsvorrichtung und/oder Zündvorrichtung herstellen. Durch Integration weiterer Funktionen in ein bereits vorhandenes Bauteil, nämlich den Stopfen, wird die Handhabbarkeit der Vorrichtung vereinfacht. Durch das Eindringen des Stopfens kann das Werkstück so nicht nur abgedichtet und gleichzeitig fixiert, sondern z.B. auch mit einer Gaszuführung verbunden werden.

[0016] In einem günstigen Ausführungsbeispiel kann im Formwerkzeug zwischen einem die endgültige Werkzeugform definierenden Formbereich und einem das Werkstück haltenden Werkstückhaltebereich eine Trennkante vorgesehen sein. Dadurch wird schon während dem Umformprozess der deformierte Werkstückhaltebereich von dem fertig geformten Werkstück ge-

trennt.

[0017] Vorteilhafterweise kann in dem Formwerkzeug mindestens eine Lochmatrize zum Herstellen eines Lochs im Werkstück vorgesehen sein. Hierdurch wird das Werkstück während des Umformprozesses mit Löchern versehen. Durch die beim Explosionsumformen herrschenden hohen Temperaturen und Strömungsgeschwindigkeit haben die Lochkanten eine hohe Qualität und sind zumeist schon gratfrei.

[0018] Bei einer Variante der Erfindung kann im Bereich des Lochgrunds der Lochmatrize ein Auswurfmechanismus für das abgetrennte Lochmaterial vorgesehen sein. Durch diesen Mechanismus kann das abgetrennte Material einfach und zeitsparend aus dem Formwerkzeug entfernt werden.

[0019] Vorteilhafterweise kann in dem Formwerkzeug mindestens eine Schneidmatrize zum Beschneiden des Werkstücks vorgesehen sein. So erfolgt das Beschneiden des Werkstücks gleichzeitig mit dem Umformen.

[0020] Bei einer Variante der Erfindung kann der von dem Kragen eingefasste Abschnitt der Mundstückanordnung einen Werkstückhaltebereich aufweisen. Hierdurch wird auch der mit großen Kräften beaufschlagte Werkstückhaltebereich umfasst und so zusammengehalten.

[0021] In einer günstigen Ausführungsform kann der Kragen einstückig mit dem Stopfen ausgebildet sein. Die einstückige Form gewährleistet einen guten Zusammenhalt zwischen Stopfen und Kragen und die mit dem Kragen zu erzielende Umfassung kann zusammen mit der Bewegung des Stopfens gesteuert werden.

[0022] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung kann ein Kraftkopplungsmechanismus vorgesehen sein, welcher wenigstens einen Teil der durch die Explosion entstehenden Kräfte in eine Richtung umkehrt, in welcher der Stopfen auf das Formwerkzeug drückt. So können die durch die Explosion entstehenden, die Vorrichtung eigentlich auseinander treibenden Kräfte umgelenkt und zum Aufpressen des Stopfens und somit zum Dichten der Vorrichtung genutzt werden.

[0023] Vorteilhafterweise kann ein Kraftkopplungsmechanismus vorgesehen sein, welcher wenigstens einen Teil der durch die Explosion entstehenden Kräfte in eine Richtung umlenkt, in welche ein Kragen in eine Mundstückanordnung des Formwerkzeugs umgreifende Stellung gedrückt wird. Die durch die Explosion entstehenden Kräfte, welche das Formwerkzeug auseinander treiben, können so in das Formwerkzeug zusammenhaltende Kräfte umgelenkt werden.

[0024] In einer Variante der Erfindung kann ein Eingriffselement des Formwerkzeugs und ein Zündrohr jeweils auf einer Bewegungsbahn in einem bewegbaren Steuerelement geführt sein, wobei die Bewegungsbahn des Eingriffselement etwa parallel zu der Bewegungsrichtung des Steuerelements und die Bewegungsbahn des Zündrohrs quer zu dieser angeordnet ist. Durch diese Anordnung der Bewegungsbahnen kann das Zündrohr mit Hilfe des Steuerelements unabhängig von dem

Eingriffselement bewegt werden. Dennoch ist eine Kraftkopplung zwischen dem Eingriffselement und dem Zündrohr gegeben.

[0025] Vorteilhafterweise können die Bewegungsbahnen als Nuten in dem Steuerelement ausgebildet sein, in welche ein Absatz des Eingriffselements bzw des Zündrohrs eingreift. Die Nuten gewährleisten eine gute und enge Führung und ermöglichen durch ihre beiden Anlagekanten eine Kraftübertragung in zwei Richtungen.

[0026] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann ein Umlenkmechanismus vorgesehen sein, durch welchen ein Zündrohr mittels einer Bewegungsbahn zwischen einer Arbeitsposition, in welcher das Zündrohr gegen das Formwerkzeug drückt, und einer zu dem Formwerkzeug beabstandeten Ruheposition bewegbar ist. Über den Umlenkmechanismus lässt sich das Zündrohr zwischen seinen beiden Endpositionen steuern.

[0027] Bei einer weiteren Variante der Erfindung kann durch die Bewegung eines Steuerelements, welches über die Bewegungsbahn des Umlenkmechanismus mit dem Zündrohr gekoppelt ist, das Zündrohr zwischen der Arbeitsposition und der Ruheposition bewegbar sein. Durch diesen Umlenkmechanismus wird die Bewegung bzw. die Antriebskraft des Steuerelements in eine Antriebskraft bzw. Bewegung des Zündrohrs umgesetzt. Über die Ausgestaltung der Bewegungsbahn lässt sich somit ein Übersetzungsverhältnis für die Kraft bzw. die Bewegung der einzelnen Bauteile zueinander einstellen. Je nach Ausgestaltung der Bewegungsbahn des Umlenkmechanismus kann die Trägheit des Steuerelements dazu beitragen die kurzzeitigen hohen Explosionskräfte besser abzufangen.

[0028] Vorteilhafterweise kann das Verhältnis der zur Betätigung des Umlenkmechanismus aufzubringenden Kraft zu der resultierenden, das Zündrohr bewegenden Kraft 3-5:1, insbesondere 3,5-4,5:1 und im Besonderen etwa 4:1 betragen. Dieses ist ein günstiges Kraftverhältnis, um das Zündrohr auch während der Explosion in seiner Position zu halten.

[0029] Bei einer Variante der Erfindung kann die Bewegungsbahn quer zu der Bewegungsrichtung des Zündrohrs verlaufend angeordnet sein. Hierdurch ist eine gute Übersetzung der Kraft bzw. Bewegung des Steuerelements zu der Kraft bzw. Bewegung des Zündrohrs gegeben. Die Kompensation kurzzeitiger Kräftespitzen, wie sie bei einer Explosion auftreten, kann durch den Verlauf der Bewegungsbahn günstig beeinflusst werden.

[0030] In einem günstigen Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Bewegungsbahn 60° bis 85° insbesondere 75° bis 80° und im Besonderen etwa 77° gegenüber der Bewegungsrichtung des Zündrohrs geneigt sein. Dies gewährleistet ein günstiges Kraftverhältnis um kurzzeitige hohe Kräftespitzen gut abzufangen und so das Zündrohr auch während der Explosion in der gewünschten Position zu halten. Je nach Neigung der Bewegungsbahn trägt auch die Trägheit des Steuerelements mit zu dieser Aufgabe bei.

[0031] Vorteilhafterweise kann das Zündrohr an sei-

nem vorderen, dem Formwerkzeug zugewandten Ende einen Stopfen tragen. So wird der Stopfen zusammen mit dem Zündrohr bewegt und in der Arbeitsposition des Zündrohrs dichtend gegen das Formwerkzeug gedrückt.

[0032] Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann das Zündrohr an seinem vorderen, dem Formwerkzeug zugewandten Ende einen Kragen tragen, welcher eine Mundstückanordnung des Formwerkzeugs umgreift. So wird der Kragen durch die Zündrohrbewegung mitbewegt und in der Arbeitsposition des Zündrohrs in eine die Mundstückanordnung umgreifende Stellung gedrückt.

[0033] Vorteilhafterweise kann das Zündrohr in einer die Bewegungsbahn bildenden Nut geführt sein. Die Nut gewährleistet eine enge und genaue Führung sowie durch die beiden Anlagekanten eine Kraft- bzw. Bewegungsübertragung in zwei Richtungen.

[0034] Die eingangs genannte Aufgabe wird ferner verfahrensmäßig gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 25.

[0035] In nur einem Arbeitsschritt, nämlich dem Einbringen des Stopfens, wird der Explosionsraum abgedichtet und das Werkstück gleichzeitig eingespannt und in der Form fixiert. Durch die Integration mehrerer Funktionen und damit Einzelarbeitsschritte in einen Arbeitsschritt lässt sich die Taktzeit eines einzelnen Explosionsumformprozesses reduzieren und damit ein industriell kostengünstig einsetzbares Verfahren generieren. Zusätzlich werden die einzelnen Formwerkzeugteile im Bereich der Mundstückanordnung umschlossen und während des Explosionsvorgangs zusammengehalten.

[0036] In einer Variante der Erfindung kann ein von außen zugänglicher Endbereich des Werkstücks durch das Einbringen des Stopfens konisch verformt werden. Durch das Verformen des Endbereichs des Werkstücks wird dieses in der Form fixiert. Die konische Form gewährleistet ein leichtes Einführen sowie Entfernen des Stopfens.

[0037] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform kann ein von außen zugänglicher Endbereich des Werkstücks durch das Einbringen des Stopfens in in einem Werkstückhaltebereich des Formwerkzeugs vorgesehene Rippen gedrückt werden. Das Einpressen in Halterippen gewährleistet eine gute Fixierung des Werkstücks sowie Dichtung des Explosionsraums.

[0038] Vorteilhafterweise kann durch das Einbringen des Stopfens eine Verbindung eines Explosionsraums mit einer Gaszuführungsvorrichtung, Entlüftungsvorrichtung und/oder Zündvorrichtung hergestellt werden. Durch die Integration dieser Funktionen bzw. Einzelarbeitsschritte in den Arbeitsschritt: "Stopfen einbringen" lässt sich die Taktzeit reduzieren und das Verfahren vereinfachen.

[0039] Vorteilhafterweise kann wenigstens ein Teil der auf das Formwerkzeug wirkenden Explosionskräfte umgeleitet werden und den Stopfen gegen eine Mundstückanordnung drücken, welche den Zugang zu einem Formbereich des Formwerkzeugs bildet. Hierdurch werden

die Explosionskräfte, welche die Vorrichtung auseinander treiben, umgelenkt und dazu genutzt den Stopfen gegen die Mundstückanordnung zu drücken und den Explosionsraum somit abzudichten.

[0040] In einem günstigen Ausführungsbeispiel kann wenigstens ein Teil der auf das Formwerkzeug wirkenden Explosionskräfte umgelenkt werden und einen Kräfte in eine eine Mundstückanordnung des Formwerkzeugs umgreifende Stellung drücken. So werden die Explosionskräfte, welche das Formwerkzeug auseinander treiben, umgelenkt und dazu genutzt dieses zusammenzuhalten.

[0041] Vorteilhafterweise kann ein Zündrohr mittels einer Bewegungsbahn zwischen einer Arbeitsposition, in welcher das Zündrohr auf eine Mundstückanordnung des Formwerkzeugs drückt, welche den Zugang zu einem Formbereich des Formwerkzeugs bildet, und einer zu dem Formwerkzeug beabstandeten Ruheposition bewegt werden. Durch die Bewegung der Bewegungsbahn wird die Bewegung des Zündrohrs somit initiiert und gesteuert.

[0042] In einer Variante der Erfindung kann ein mit dem Formwerkzeug bewegbares Eingriffselement des Formwerkzeugs und das Zündrohr mittels je einer Bewegungsbahn eines bewegbaren Steuerelements geführt werden und beim Bewegen des Steuerelements das Zündrohr zwischen der Arbeitsposition und der Ruheposition bewegt werden während das Eingriffselement stillsteht. Das Zündrohr und das Eingriffselement des Formwerkzeugs sind über das Steuerelement kraftschlüssig gekoppelt. Dennoch lässt sich das Zündrohr durch Bewegen des Steuerelements unabhängig von dem Eingriffselement bewegen und steuern.

[0043] Vorteilhafterweise kann der Explosionsraum mit Knallgas in etwa stöchiometrischer Mischung mit einem geringen O₂-Überschuss gefüllt werden. Der geringe Sauerstoffüberschuss gewährleistet eine vollständige Reaktion des Wasserstoffs. So kann das Formwerkzeug gefahrlos geöffnet werden, da kein freier Wasserstoff mehr vorhanden ist.

[0044] In einem günstigen Ausführungsbeispiel kann das Werkstück während des Explosionsumformens beschnitten werden. Durch die Integration des Schneidprozesses in den Umformprozess verkürzt sich die Herstellungszeit des Gesamtproduktes.

[0045] Vorteilhafterweise kann der deformierte Haltebereich des Werkstücks während des Explosionsumformens von dem fertigen Formteil abgetrennt werden. Damit können bestimmte Beschneidungsvorgänge schon in den Schritt der Explosionsformung integriert werden.

[0046] In einem besonders günstigen Ausführungsbeispiel kann das Werkstück während des Explosionsumformens mit wenigstens einem Loch versehen werden. Die Integration eines weiteren Arbeitsschrittes, nämlich des Lochens, in den eigentlichen Umformprozess reduziert die Nachbearbeitungszeiten und damit die Gesamtbearbeitungszeit des Werkstücks.

[0047] In einer günstigen Ausführungsform kann das abgetrennte Lochmaterial ausgeworfen werden. Dies vereinfacht und beschleunigt den Werkstückwechsel.

[0048] Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der folgenden Zeichnungen beschrieben. Dabei zeigen:

Figur 1 4, einen Vertikalschnitt durch die Vorrichtung längs des Schnitts I-I aus Figur

Figur 2 einen Horizontalschnitt durch die Vorrichtung längs dem Schnitt II-II in Figur 3,

Figur 3 eine leicht schräge Seitenansicht der in einer Presse angeordneten Vorrichtung und

Figur 4 eine Draufsicht auf das Formwerkzeug in der Presse längs dem Schnitt IV-IV in Figur 3.

[0049] Figur 1 zeigt einen Vertikalschnitt durch die Vorrichtung. Das mehrteilige Formwerkzeug 1 ist hier in geschlossenem Zustand gezeigt und besteht in diesem Ausführungsbeispiel aus einer oberen 2 und einer unteren 3 Formwerkzeughälfte. Die eigentliche Werkzeugform bzw. -kontur wird hier durch Werkzeugeinsätze 4 erzeugt, welche in die obere 2 und die untere 3 Formwerkzeughälfte eingesetzt und mit dieser mechanisch verbunden sind. Die Werkzeugkontur könnte jedoch auch direkt in die obere 2 und die untere 3 Formwerkzeughälfte eingebracht sein. In geschlossenem Zustand bilden die Formhälften in ihrem Inneren eine Werkzeugkavität 5, welche der endgültigen Form des Werkstücks nach dem Umformprozess entspricht.

[0050] Damit sich das Werkstück während des Umformprozesses gut an die Werkzeugkavität 5 anlegen kann, ist das Formwerkzeug 1 mit Entlüftungsöffnungen 29 versehen. Diese sind vorzugsweise spaltartig längs der Werkzeugkontur angeordnet. So kann die in der Werkzeugkavität 5 enthaltene Luft entweichen und behindert das Werkstück nicht in seiner Ausdehnung. Außerdem wird so eine gleichmäßigere Temperaturverteilung während des Umformens gewährleistet. Die Öffnungen 29 haben eine lichte Weite, die etwa gleich oder geringer als die Wandstärke des Werkstücks ist, damit das Werkstück nicht in die Öffnungen hineingedrückt wird.

[0051] An Stelle der Werkzeugeinsätze 4 können auch eine oder mehrere Loch- 30 und/oder Schneidmatrizen 31 in das Formwerkzeug eingesetzt werden. Alternativ können die Loch- bzw. Schneidkanten auch direkt in die obere 2 bzw. die untere 3 Formwerkzeughälfte eingebracht sein. So kann das Werkstück schon während des Umformprozesses mit Löchern versehen und/oder beschnitten werden. Die Lochmatrizen besitzen nahe dem Lochgrund einen Auswurfmechanismus für das abgetrennte Lochmaterial. Durch das automatische Auswerfen des Abfallmaterials ist das Formwerkzeug nach dem Umformprozess wieder einsatzbereit.

[0052] Das Formwerkzeug weist in diesem Ausführungsbeispiel eine von außen zugängliche, aus mehreren Formwerkzeugteilen bestehende Mundstückanordnung 6 auf. Sie entsteht bei dem Schließen des mehrteiligen Formwerkzeugs 1 durch das Aufeinandertreffen von Einformungen in den einzelnen Formwerkzeugteilen 2, 3, deren Grenzflächen aufeinander zu liegen kommen. Die Mundstückanordnung 6 bildet den Zugang zu einem die endgültige Werkstückform definierenden Formbereich 7 des Formwerkzeugs 1. In diesem Ausführungsbeispiel umfasst die Mundstückanordnung 6 auch einen Werkzeughaltebereich 8, welcher hier konisch ausgeformt und mit Halterippen 9 versehen ist.

[0053] Während des Explosionsumformprozesses wird die Werkzeugkavität durch einen in die Mundstückanordnung 6 eingesetzten und gegen den Werkstückhaltebereich gedrückten Stopfen 10 verschlossen. Der lichte Abstand zwischen dem Werkstückhaltebereich und dem Stopfen ist dabei geringer als die Materialdicke eines Werkstückrohrlings. So wird das Ende des Werkstückrohrlings zwischen dem Stopfen und dem Werkzeughaltebereich eingespannt. Beim Einsetzen des Stopfens wird das Werkstück bei diesem Ausführungsbeispiel außerdem konisch aufgeweitet und in die Halterippen 9 gedrückt. Hierdurch wird das Werkstück in der Form fixiert und zudem eine Abdichtung des Explosionsraums im Innern des Werkstücks erreicht.

[0054] Zwischen dem Werkstückhaltebereich 8 und dem Formbereich 7 des Formwerkzeugs 1 ist mittels eines Werkzeugeinsatzes 4 oder direkt in den Formwerkzeughälften 2, 3 eine Trennkante 32 vorgesehen. Während des Umformprozesses trennt diese Kante den deformierten Haltebereich des Werkstücks von dem fertigen Formteil ab.

[0055] Um die Mundstückanordnung 6, welche wegen der vielen Grenzflächen und dem dagegen drückenden Stopfen 10 besonderen Belastungen ausgesetzt ist, zusätzlich zu sichern ist ein Kragen 11 vorgesehen. Der Kragen 11 ist in diesem Ausführungsbeispiel aus Stabilitätsgründen einstückig mit dem Stopfen 10 ausgebildet. Während des Umformprozesses greift der Kragen 11 in eine hier ringförmige Ausnehmung 12 der Mundstückanordnung 6 und umschließt diese ringartig.

[0056] Der Kragen und der Stopfen sind an einem vorderen dem Werkzeug zugewandten Ende eines Zündrohrs 13 vorgesehen. Der Stopfen ist in diesem Ausführungsbeispiel mit einer zentralen Bohrung 14 versehen und verbindet so den Explosionsraum im Innern des Werkstücks über das Zündrohr 13 mit einer Gaszuführungs- 33, Entlüftungs- 34 und Zündvorrichtung 35. Die Zündvorrichtung 35 kann dabei, wie hier, in das Zündrohr 13 integriert sein. Alternativ kann der Stopfen auch lediglich als Verschlusselement dienen oder die Verbindung zu lediglich einer der genannten Vorrichtungen bilden.

[0057] Das Zündrohr 13 ist in diesem Ausführungsbeispiel über einen in Figur 2 dargestellten Absatz in einer Nut 15 in einem Steuerelement 16 geführt. Alternativ

könnte das Zündrohr auch durch einen anderen Mechanismus auf der durch die Nut 15 vorgegebenen Bewegungsbahn geführt werden. Das Steuerelement 16 ist hier senkrecht zu dem Zündrohr 13 zwischen einer oberen 17 und einer unteren 18 Endposition bewegbar. Über die Nut 15 wird die Vertikalbewegung des Steuerelements 16 in eine Horizontalbewegung des Zündrohrs 13 umgewandelt. Durch die Bewegung des Steuerelements 16 kann das Zündrohr zwischen einer Arbeitsposition 19, in welcher das Zündrohr 13 und damit der Stopfen 10 und der Kragen 11 gegen das Formwerkzeug 1 drückt, und einer von dem Formwerkzeug 1 beabstandeten Ruheposition 20 bewegt werden.

[0058] In dem Steuerelement 16 befindet sich in diesem Ausführungsbeispiel neben der ersten Nut 15 noch eine weitere Nut 21, in welcher ein Eingriffselement 22 des Formwerkzeugs 1 über einen in Figur 2 dargestellten Absatz 23 eingreift. Das Eingriffselement 22 ist hier ebenfalls wie das Formwerkzeug 1 zweigeteilt, wobei die obere Hälfte 24 des Eingriffselements mit der oberen Formwerkzeughälfte 2 verbunden ist und sich zusammen mit dieser öffnet und schließt. Die Nut 21, über welche das Eingriffselement 22 mit dem Steuerelement 16 verbunden ist, verläuft parallel zu der Bewegungsrichtung des Steuerelements 16. Dadurch wirkt sich eine Bewegung des Steuerelements 16 auf das Eingriffselement 22 im Gegensatz zu dem Zündrohr 13 in keiner Weise aus und auch das Eingriffselement 22 kann ohne Einfluss auf das Steuerelement 16 oder das Zündrohr 13 gemeinsam mit der oberen Formwerkzeughälfte 2 geöffnet und geschlossen werden.

[0059] Da das Steuerelement 16 das Zündrohr 13 mit dem Eingriffselement 22 kraftschlüssig verbindet, wirkt das Zusammenspiel dieser drei Bauteile als Umlenkmechanismus für bei dem Explosionsumformprozess entstehende Kräfte. Diejenigen Explosionskräfte, welche in der Bewegungsrichtung des Zündrohrs 13 wirken, werden über das Eingriffselement 22 des Formwerkzeugs 1 aufgenommen und mittels der Nuten 15, 21 über das Steuerelement 16 hier in die entgegengesetzte Richtung umgelenkt. So werden die Explosionskräfte, welche ursprünglich ein Auseinandertreiben der Vorrichtung und ein Zurückdrängen des Zündrohrs 13 bewirken, genutzt, um das Zündrohr 13 und damit den Stopfen 10 und den Kragen 11 an dessen vorderem Ende 25 weiter gegen das Formwerkzeug 1 zu drücken. Ein Teil der Explosionskräfte wird so zum Abdichten und Sichern des Formwerkzeugs genutzt.

[0060] Figur 3 zeigt die Vorrichtung zum Explosionsumformen angeordnet in einer Presse. Die in den Figuren 1 und 2 verwendeten Bezugszeichen bezeichnen dieselben Teile wie in Figur 3 so dass diesbezüglich auf die Beschreibung der Figuren 1 und 2 verwiesen wird. Die beiden Formwerkzeughälften 2, 3 werden durch den Stempel 27 der Presse zusammengepresst. Die Haltekräfte betragen bei diesem Umformverfahren mit der gezeigten Vorrichtung lediglich ca. ein Viertel der Haltekräfte eines vergleichbaren Prozesses beim Hydroumfor-

men.

[0061] Das Steuerelement 16 wird in diesem Ausführungsbeispiels mittels eines Hydraulikzylinders 27 zwischen seinen, in Figur 1 dargestellten, Endpositionen 17, 18 bewegt.

Durch Anheben des Steuerelements 16 wird dieses in seine obere Endposition 17 gebracht, in welcher eine Unterkante des Steuerelements 16 mit der in Figur 2 gestrichelt dargestellten Ebene 17 in etwa übereinstimmt. Durch die Bewegung des Steuerelements 16 in seine obere Endposition 17 wird auch das Zündrohr 13 in seine Arbeitsposition 19 gebracht, in welcher der Stopfen 10 an seinem vorderen Ende 25 gegen die Mundstückanordnung 6 drückt. Der durch den Hydraulikzylinder aufgebrachte Druck beträgt dabei ca. 400 Tonnen. Dieser wird mittels der Nut 15 in ca. 100 Tonnen Anpressdruck des Zündrohrs 13 bzw. des Stopfens 10 an das Mundstück 6 transformiert.

[0062] Dieses Kräfteverhältnis lässt sich mit einer gegenüber der Bewegungsrichtung des Zündrohrs 13 um ca. 77° geneigten Nut 14 erreichen und gewährleistet ein gutes Abfangen kurzzeitiger, hoher Kräftespitzen wie sie bei einer Explosion auftreten. Auch die Trägheitskräfte des Steuerelements 16 tragen dazu bei kurzzeitige Kräftespitzen abzufangen. Durch Absenken des Steuerelements 16 mittels des Hydraulikzylinders 27 wird dieses in seine untere Endposition 18 gebracht, in welcher die Unterkante des Steuerelements 16 mit der in Figur 2 gestrichelt dargestellten Ebene 19 in etwa übereinstimmt. In dieser Stellung des Steuerelements 16 befindet sich das Zündrohr 13 in seiner Ruheposition 20.

[0063] Figur 4 zeigt den Schnitt IV-IV durch die in Figur 3 abgebildete Presse. Die in den Figuren 1 bis 3 verwendeten Bezugszeichen bezeichnen dieselben Teile wie in Figur 4, so dass diesbezüglich auf die Beschreibung der Figuren 1 bis 3 verwiesen wird.

[0064] Figur 3 zeigt eine Draufsicht auf die obere Formwerkzeughälfte 2 bei geschlossenem Formwerkzeug 1. Die durch die obere Formwerkzeughälfte 2 bzw. anderweitig verdeckte Bauteilkonturen sind hier gestrichelt dargestellt. Die Werkzeugkavität 5 im Innern des Formwerkzeugs 1 ist durch eine Strichpunktlinie dargestellt.

[0065] Im Folgenden wird ein Verfahren zum Explosionsumformen mit der erfindungsgemäßen, in dem Ausführungsbeispiel dargestellten Vorrichtung erläutert.

[0066] Zunächst wird ein rohrartiger Werkstückrohling in die untere Formwerkzeughälfte 3 eingelegt. Anschließend wird das Formwerkzeug, durch Aufbringen der oberen Formhälfte 2, geschlossen. Dadurch wird das Werkstück annähernd vollständig umschlossen. Lediglich die beiden Werkstückenden bleiben von außen zugänglich. Im Folgenden wird das Verfahren zum Verschließen der Werkstückenden anhand eines Werkstückendes erläutert.

[0067] Das Zündrohr 13, welches an seinem vorderen Ende 25 den Stopfen 10 sowie den Kragen 1.1 trägt, wird durch die Bewegung des Steuerelements 16 aus seiner

Ruheposition 20 in seine Arbeitsposition 19. Dadurch wird der Stopfen 10 in den Endbereich des Werkstücks gepresst, wodurch das Werkstück an dieser Stelle konisch verformt und in die Halterippen 9 des Werkstückhaltebereichs 8 hineingedrückt wird. Hierdurch entsteht zwischen dem Stopfen 10 und dem Formwerkzeug 1 eine dichte Verbindung und das Werkstück wird in der Werkzeugform fixiert. Mit dem Einbringen des Stopfens wird gleichzeitig eine Verbindung zu einer Gaszuführungs- 33, Entlüftungs- 34 und Zündvorrichtung 35 hergestellt.

[0068] Durch die Bewegung des Zündrohrs 13 wird gleichzeitig der Kragen 11 auf die Mundstückanordnung 6 aufgebracht. Dieser umfasst die Mundstückanordnung ringartig und sichert diese so gegen ein Auseinanderstreben der einzelnen Formwerkzeugteile während des Umformprozesses.

[0069] Durch das Schließen des Formwerkzeugs 1 wird das mit der oberen Formwerkzeughälfte 2 verbundene Eingriffselement 22 mit der Nut 21 in dem Steuerelement 16 in Eingriff gebracht. Durch das über die Nut 15 ebenfalls mit dem Steuerelement 16 verbundene Zündrohr 13 wird das Formwerkzeug 1 so kraftschlüssig mit dem Stopfen 10 bzw. dem Kragen 11 am vorderen Ende 25 des Zündrohrs 13 verbunden. Ein Teil der bei der Explosion entstehenden Kräfte wird so über diesen Kraftkopplungsmechanismus umgeleitet und als Angriffskraft für den Stopfen 10 bzw. den Kragen 11 gegen das Formwerkzeug 1 genutzt.

[0070] Der Explosionsraum im Innern des Werkstücks wird über das Zündrohr 13 und den Stopfen 10 mit Knallgas in stöchiometrischer Mischung mit einem geringen Sauerstoffüberschuss gefüllt. Anschließend wird das Gas durch eine in dem Zündrohr 13 angeordnete Zündvorrichtung 35 gezündet, wodurch das Werkstück in die Werkzeugkavität 8 gedrückt wird. Gleichzeitig wird das Werkstück durch in dem Formwerkzeug 1 vorgesehene Schneidkanten 30, 31 beschnitten und mit den nötigen Löchern versehen. Auch der deformierte Haltebereich des Werkstücks wird von dem fertigen Formteil abgetrennt. Das abgetrennte Lochmaterial wird durch einen Auswurfmechanismus ausgeworfen.

[0071] Wahlweise kann das Beschneiden und/oder das Lochen des Werkstücks auch in einem separaten, nachgeordneten Verfahrensschritt erfolgen. Hierfür wird das durch das Explosionsumformen fertig geformte Werkstück der Werkzeugform entnommen und in eine weitere Form eingebracht, in welcher es mit Löchern und/oder Einschnitten versehen und/oder von dem Haltebereich getrennt wird.

[0072] Nach dem Umformprozess wird das Formwerkzeug 1 über das Zündrohr 13 und den Stopfen 10 entlüftet. Das Zündrohr 13 wird durch Absenken des Steuerelements 16 aus seiner Arbeits-19 wieder in seine Ruheposition 20 gebracht. Dadurch wird auch der Stopfen 10 sowie der Kragen 11 von dem Formwerkzeug entfernt. Nun kann das Formwerkzeug geöffnet und das fertige Formteil entnommen werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Explosionsumformen eines rohrartigen Werkstücks, welche ein mehrteiliges, in geschlossenem Zustand das Werkstück annähernd vollständig umschließendes Formwerkzeug (1) umfasst, wobei im Bereich wenigstens eines Endes des Formwerkzeugs (1) ein Stopfen (10) zur Ausbildung einer Dichtung zwischen dem Formwerkzeug (1) und dem Stopfen (10) vorgesehen ist, 5
dadurch gekennzeichnet,
dass das Formwerkzeug einen die endgültige Werkstückform definierenden Formbereich (7) aufweist und eine Mundstückanordnung (6), welche mehrere Formwerkzeugteile im Bereich des Zugangs zum Formbereich (7) des Formwerkzeugs (1) aufweist, in geschlossenem Zustand von einem Kragen (11) umfasst wird. 10
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, 20
dadurch gekennzeichnet, dass der von dem Kragen (11) eingefasste Abschnitt der Mundstückanordnung (6) einen Werkstückhaltebereich (8) aufweist.
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 und 2, 25
dadurch gekennzeichnet,
dass der Kragen (11) einstückig mit dem Stopfen (10) ausgebildet ist.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 30
dadurch gekennzeichnet,
dass die Dichtung unter Einspannung und Deformierung eines Werkstückendes zwischen dem Formwerkzeug (1) und dem Stopfen (10) herstellbar ist. 35
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 40
dadurch gekennzeichnet, dass das Formwerkzeug (1) mindestens einen das Werkstück haltenden Werkstückhaltebereich (8) aufweist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, 45
dadurch gekennzeichnet, dass die Kavität (5) des Formwerkzeugs (1) im Werkstückhaltebereich (8) konisch ausgeformt ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 und 6, 50
dadurch gekennzeichnet, dass der Stopfen (10) an seinem vorderen, dem Werkstück zugewandten Ende dem Werkstückhaltebereich (8) des Formwerkzeugs (1) entsprechend ausgebildet ist.
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 55
dadurch gekennzeichnet, dass der Stopfen (10) eine Verbindung des Explosionsraums im Innern des Formwerkzeugs (1) mit einer Gaszuführungsvorrichtung, Entlüftungsvorrichtung und/oder Zündvorrichtung herstellt.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, 5
dadurch gekennzeichnet, dass im Formwerkzeug (1) zwischen dem Formbereich (7) und dem das Werkstück haltenden Werkstückhaltebereich (8) eine Trennkante vorgesehen ist. 10
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 15
dadurch gekennzeichnet,
dass in dem Formwerkzeug (1) mindestens eine Lochmatrize zum Herstellen eines Lochs im Werkstück vorgesehen ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, 20
dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich des Lochgrunds der Lochmatrize ein Auswurfmechanismus für das abgetrennte Lochmaterial vorgesehen ist.
12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 25
dadurch gekennzeichnet, dass in dem Formwerkzeug (1) mindestens eine Schneidmatrize zum Beschneiden des Werkstücks vorgesehen ist.
13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 30
dadurch gekennzeichnet, dass ein Kraftkoppungsmechanismus vorgesehen ist, welcher wenigstens einen Teil der durch die Explosion entstehenden Kräfte in eine Richtung umkehrt, in welcher der Stopfen (10) auf das Formwerkzeug (1) drückt. 35
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, 40
dadurch gekennzeichnet, dass ein Kraftkoppungsmechanismus vorgesehen ist, welcher wenigstens einen Teil der durch die Explosion entstehenden Kräfte in eine Richtung umlenkt, in welcher der Kragen (11) in eine eine Mundstückanordnung des Formwerkzeugs umgreifende Stellung gedrückt wird.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 und 14, 45
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Eingriffselement (22) des Formwerkzeugs (1) und ein Zündrohr (13) jeweils auf einer Bewegungsbahn in einem bewegbaren Steuerelement (16) geführt sind, wobei die Bewegungsbahn des Eingriffselements (22) etwa parallel zu der Bewegungsrichtung des Steuerelements (16) und die Bewegungsbahn des Zündrohrs (13) quer zu dieser angeordnet ist. 50
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, 55

- dadurch gekennzeichnet, dass** die Bewegungsbahnen als Nuten (15, 21) in dem Steuerelement (16) ausgebildet sind, in welche ein Absatz des Eingriffselements (23) bzw. des Zündrohrs eingreift.
17. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass ein Umlenkmechanismus vorgesehen ist, durch welchen ein Zündrohr (13) mittels einer Bewegungsbahn zwischen einer Arbeitsposition (19), in welcher das Zündrohr (13) gegen das Formwerkzeug (1) drückt, und einer zu dem Formwerkzeug (1) beabstandeten Ruheposition (20) bewegbar ist.
18. Vorrichtung nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet, dass durch die Bewegung eines Steuerelements (16), welches über die Bewegungsbahn des Umlenkmechanismus mit dem Zündrohr (13) gekoppelt ist, das Zündrohr zwischen der Arbeitsposition (19) und der Ruheposition (20) bewegbar ist.
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 und 18,
dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der zur Betätigung des Umlenkmechanismus aufzubringenden Kraft zu der resultierenden, das Zündrohr (13) bewegend Kraft 3-5: 1, insbesondere 3,5-4,5: 1 und im Besonderen etwa 4:1 beträgt.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 19,
dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsbahn quer zu der Bewegungsrichtung des Zündrohrs (13) verlaufend angeordnet ist.
21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 20,
dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsbahn 60° bis 85°, insbesondere 75° bis 80° und im Besonderen etwa 77° gegenüber der Bewegungsrichtung des Zündrohrs (13) geneigt ist.
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 21,
dadurch gekennzeichnet, dass das Zündrohr (13) an seinem vorderen, dem Formwerkzeug (1) zugewandten Ende (25) den Stopfen (10) trägt.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 22,
dadurch gekennzeichnet, dass das Zündrohr (13) an seinem vorderen, dem Formwerkzeug (1) zugewandten Ende (25) den Kragen (11) trägt, welcher die Mundstückanordnung (6) des Formwerkzeugs (1) umgreift.
24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 23,
dadurch gekennzeichnet, dass das Zündrohr (13) in einer die Bewegungsbahn bildenden Nut (15) geführt ist.
25. Explosionsumformverfahren für ein rohrartiges Werkstück, bei welchem das Werkstück in eine mehrteilige, geöffnete Werkzeugform (1) eingelegt und durch Schließen der Werkzeugform (1) von dieser annähernd vollständig umschlossen wird, und wobei an wenigstens eine von außen zugängliche Öffnung des Werkstücks ein Stopfen (10) zur Ausbildung einer Dichtung zwischen dem Stopfen (10) und dem Werkzeug (1) eingepresst wird,
dadurch gekennzeichnet, dass bei geschlossener Werkzeugform (1) ein Kragen (11) auf eine mehrere Formwerkzeugteile umfassende Mundstückanordnung (6), welche den Zugang zu einem Formbereich (7) des Formwerkzeugs (1) bildet, aufgebracht wird, wobei der Kragen (11) die Mundstückanordnung (6) umfasst.
26. Verfahren nach Anspruch 25,
dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Teil der auf das Formwerkzeug (1) wirkenden Explosionskräfte umgeleitet wird und den Stopfen (10) gegen die Mundstückanordnung (6) drückt, welche den Zugang zum Formbereich (7) des Formwerkzeugs (1) bildet.
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 und 26,
dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Teil der auf das Formwerkzeug (1) wirkenden Explosionskräfte umgeleitet wird und einen Kragen (11) in eine die Mundstückanordnung (6) des Formwerkzeugs (1) umgreifende Stellung drückt.
28. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 27,
dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück unter Ausbildung einer Dichtung zwischen dem Stopfen (10) und dem Werkzeug (1) eingespannt und verformt wird.
29. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 25 bis 28,
dadurch gekennzeichnet, dass ein von außen zugänglicher Endbereich des Werkstücks durch das Einbringen des Stopfens (10) konisch verformt wird.
30. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 29,
dadurch gekennzeichnet, dass ein von außen zugänglicher Endbereich des Werkstücks durch das Einbringen des Stopfens (10) in einem Werkstückhaltebereich (8) des Formwerkzeugs (1) vorgesehene Rippen (9) gedrückt wird.
31. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 30,
dadurch gekennzeichnet, dass durch das Einbringen des Stopfens (10) eine Verbindung eines Explosionsraums mit einer Gaszuführungsvorrichtung, Entlüftungsvorrichtung und/oder Zündvorrichtung hergestellt wird.

32. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 31,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Zündrohr (13) mittels einer Bewegungs-
bahn zwischen einer Arbeitsposition (19), in welcher
das Zündrohr (13) auf die Mundstückanordnung (6)
des Formwerkzeugs (1) drückt, welche den Zugang
zum Formbereich (7) des Formwerkzeugs (1) bildet,
und einer zu dem Formwerkzeug (1) beabstandeten
Ruheposition (20) bewegt wird.
33. Verfahren nach Anspruch 32,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein mit dem Formwerkzeug bewegbares Ein-
griffselement (22) des Formwerkzeugs (1) und das
Zündrohr (13) mittels je einer Bahnkurve eines be-
wegbaren Steuerelements (16) geführt werden und
beim Bewegen des Steuerelements (16) das Zünd-
rohr (13) zwischen der Arbeitsposition (19) und der
Ruheposition (20) bewegt wird während das Eingriff-
selement (22) still steht.
34. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che 25 bis 33,
dadurch gekennzeichnet, dass der Explosions-
raum mit Knallgas in etwa stöchiometrischer Mi-
schung mit einem geringen O₂-Überschuss gefüllt
wird.
35. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 34,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Werkstück während des Explosionsum-
formens beschnitten wird.
36. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 35,
dadurch gekennzeichnet, dass der deformierte
Haltebereich des Werkstücks während des Explosi-
onsumformens von dem fertigen Formteil abge-
trennt wird.
37. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 36,
dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück
während des Explosionsumformens mit wenigstens
einem Loch versehen wird.
38. Verfahren nach Anspruch 37,
dadurch gekennzeichnet,
dass das abgetrennte Lochmaterial ausgeworfen
wird.

Claims

1. Device for the explosion forming of a tube-like work-
piece, which comprises a multipart forming die (1)
almost fully enclosing the workpiece in the closed
state, with a plug (10) being provided in the area of
at least one end of the forming die (1) in order to form
a seal between the forming die (1) and the plug (10),

characterised

in that the forming die has a forming area (7) which
defines the final workpiece shape, and a nozzle ar-
rangement (6), which has a plurality of forming die
parts in the area of the access to the forming area
(7) of the forming die (1), is enclosed by a collar (11)
in the closed state.

2. Device according to Claim 1,
characterised
in that the section of the nozzle arrangement (6)
enclosed by the collar (11) has a workpiece holding
area (8).
3. Device according to one of Claims 1 and 2,
characterised
in that the collar (11) is made in one piece with the
plug (10).
4. Device according to one of the preceding claims,
characterised
in that the seal can be produced between the form-
ing die (1) and the plug (10) during clamping and
deformation of a workpiece end.
5. Device according to one of the preceding claims,
characterised
in that the forming die (1) has at least one workpiece
holding area (8) which holds the workpiece.
6. Device according to Claim 5,
characterised
in that the cavity (5) of the forming die (1) is shaped
conically in the workpiece holding area (8).
7. Device according to one of Claims 5 and 6,
characterised
in that the plug (10) is designed, at its front end fac-
ing the workpiece, to correspond to the workpiece
holding area (8) of the forming die (1).
8. Device according to one of the preceding claims,
characterised
in that the plug (10) produces a connection of the
explosion space in the interior of the forming die (1)
with a gas feed device, venting device and/or ignition
device.
9. Device according to one of Claims 5 to 7,
characterised
in that a separation edge is provided in the forming
die (1) between the forming area (7) and the work-
piece holding area (8) holding the workpiece.
10. Device according to one of the preceding claims,
characterised
in that at least one piercing die for producing a hole
in the workpiece is provided in the forming die (1).

11. Device according to Claim 10,
characterised
in that an ejection mechanism for the separated hole material is provided in the area of the hole bottom of the piercing die.
12. Device according to one of the preceding claims,
characterised
in that at least one cutting die for cutting the workpiece is provided in the forming die (1).
13. Device according to one of the preceding claims,
characterised
in that a force coupling mechanism is provided, which reverses at least a part of the forces formed by the explosion in a direction in which the plug (10) presses against the forming die (1).
14. Device according to one of Claims 1 to 12,
characterised
in that a force coupling mechanism is provided, which diverts at least a part of the forces formed by the explosion in a direction in which the collar (11) is forced into a position that encloses a nozzle arrangement of the forming die.
15. Device according to one of Claims 13 and 14,
characterised
in that an engagement element (22) of the forming die (1) and an ignition tube (13) are each guided on a movement path in a movable control element (16), the movement path of the engagement element (22) being arranged approximately parallel to the movement direction of the control element (16) and the movement path of the ignition tube (13) being arranged transversely to this direction.
16. Device according to Claim 15,
characterised
in that the movement paths are designed as grooves (15, 21) in the control element (16), in which grooves a shoulder of the engagement element (23) or ignition tube engages.
17. Device according to one of the preceding claims,
characterised
in that a deflection mechanism is provided, through which an ignition tube (13) can be moved by means of a movement path between a working position (19), in which the ignition tube (13) presses against the forming die (1) and a rest position (20) at a spacing from the forming die (1).
18. Device according to Claim 17,
characterised
in that, by movement of a control element (16) which is coupled to the ignition tube (13) via the movement path of the deflection mechanism, the ignition tube can be moved between the working position (19) and the rest position (20).
19. Device according to one of Claims 17 and 18,
characterised
in that the ratio of the force to be applied to activate the deflection mechanism to the resulting force that moves the ignition tube (13) is 3-5:1, especially 3.5-4.5:1, and, in particular, about 4:1.
20. Device according to one of Claims 17 to 19,
characterised
in that the movement path is arranged transversely to the movement direction of the ignition tube (13).
21. Device according to one of Claims 17 to 20,
characterised
in that the movement path is sloped 60° to 85°, especially 75° to 80°, and, in particular, about 77° relative to the movement direction of the ignition tube (13).
22. Device according to one of Claims 17 to 21,
characterised
in that the ignition tube (13) carries the plug (10) on its front end (25) facing the forming die (1).
23. Device according to one of Claims 17 to 22,
characterised
in that the ignition tube (13) carries the collar (11) on its front end (25) facing the forming die (1), which collar encloses the nozzle arrangement (6) of forming die (1).
24. Device according to one of Claims 17 to 23,
characterised
in that the ignition tube (13) is guided in a groove (15) that forms the movement path.
25. Explosion forming method for a tube-like workpiece, in which the workpiece is inserted into a multipart, opened die mould (1) and almost fully enclosed by it by closing the die mould (1), and in which a plug (10) is pressed in against at least one workpiece opening accessible from the outside, in order to form a seal between the plug (10) and the die (1),
characterised
in that, when the die mould (1) is closed, a collar (11) is applied to a nozzle arrangement (6), comprising a plurality of forming die parts, which forms the access to a forming area (7) of the forming die (1), the collar (11) enclosing the nozzle arrangement (6).
26. Method according to Claim 25,
characterised
in that at least a part of the explosion forces acting on the forming die (1) is diverted and forces the plug (10) against the nozzle arrangement (6), which forms

the access to the forming area (7) of the forming die (1).

27. Method according to one of Claims 25 and 26, **characterised** **in that** at least a part of the explosion forces acting on the forming die (1) is diverted and forces a collar (11) into a position that encloses the nozzle arrangement (6) of the forming die (1).

28. Method according to one of Claims 25 to 27, **characterised** **in that** the workpiece is clamped and deformed to produce a seal between the plug (10) and the die (1).

29. Method according to one of Claims 25 to 28, **characterised** **in that** a workpiece end area accessible from the outside is conically deformed by the introduction of the plug (10).

30. Method according to one of Claims 25 to 29, **characterised** **in that** a workpiece end area accessible from the outside is forced, by the introduction of the plug (10), into ribs (9) provided in a workpiece holding area (8) of the forming die (1).

31. Method according to one of Claims 25 to 30, **characterised** **in that**, by the introduction of the plug (10), a connection is produced between an explosion space and a gas feed device, venting device and/or ignition device.

32. Method according to one of Claims 25 to 31, **characterised** **in that** an ignition tube (13) is moved by means of a movement path between a working position (19), in which the ignition tube (13) presses against the nozzle arrangement (6) of the forming die (1), which forms the access to the forming area (7) of the forming die (1), and a rest position (20) at a spacing from the forming die (1).

33. Method according to Claim 32, **characterised** **in that** an engagement element (22) of the forming die (1), movable with the forming die, and the ignition tube (13) are guided by in each case one path of a movable control element (16) and, during movement of the control element (16), the ignition tube (13) is moved between the working position (19) and the rest position (20), while the engagement element (22) stands still.

34. Method according to one of the preceding Claims 25 to 33,

characterised

in that the explosion space is filled with oxyhydrogen gas in an approximately stoichiometric mixture with a slight O₂ excess.

35. Method according to one of Claims 25 to 34, **characterised** **in that** the workpiece is cut during the explosion forming.

36. Method according to one of Claims 25 to 35, **characterised** **in that** the deformed holding area of the workpiece is separated from the finished moulded part during the explosion forming.

37. Method according to one of Claims 25 to 36, **characterised** **in that** the workpiece is provided with at least one hole during the explosion forming.

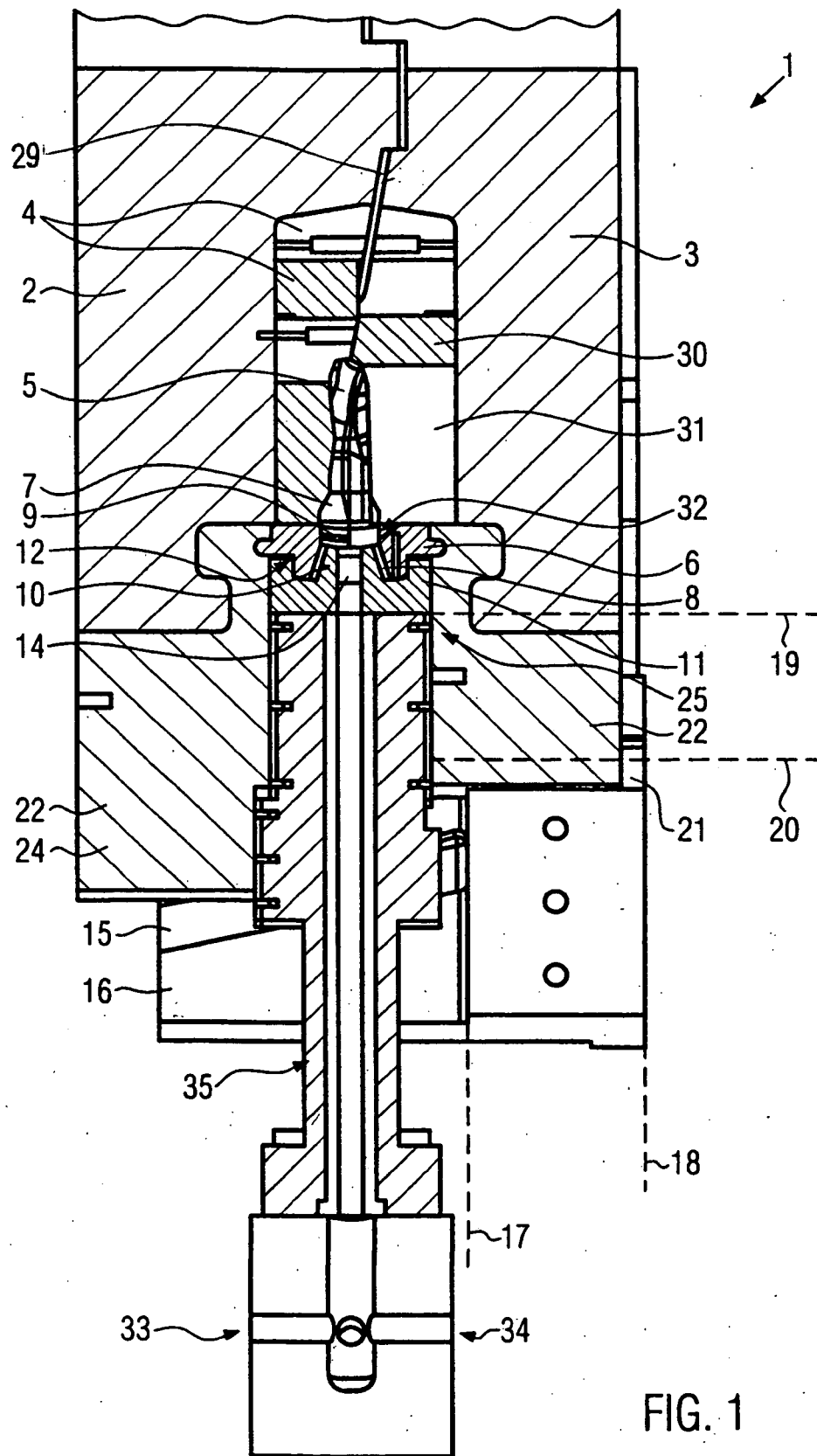
38. Method according to Claim 37, **characterised** **in that** the separated hole material is ejected.

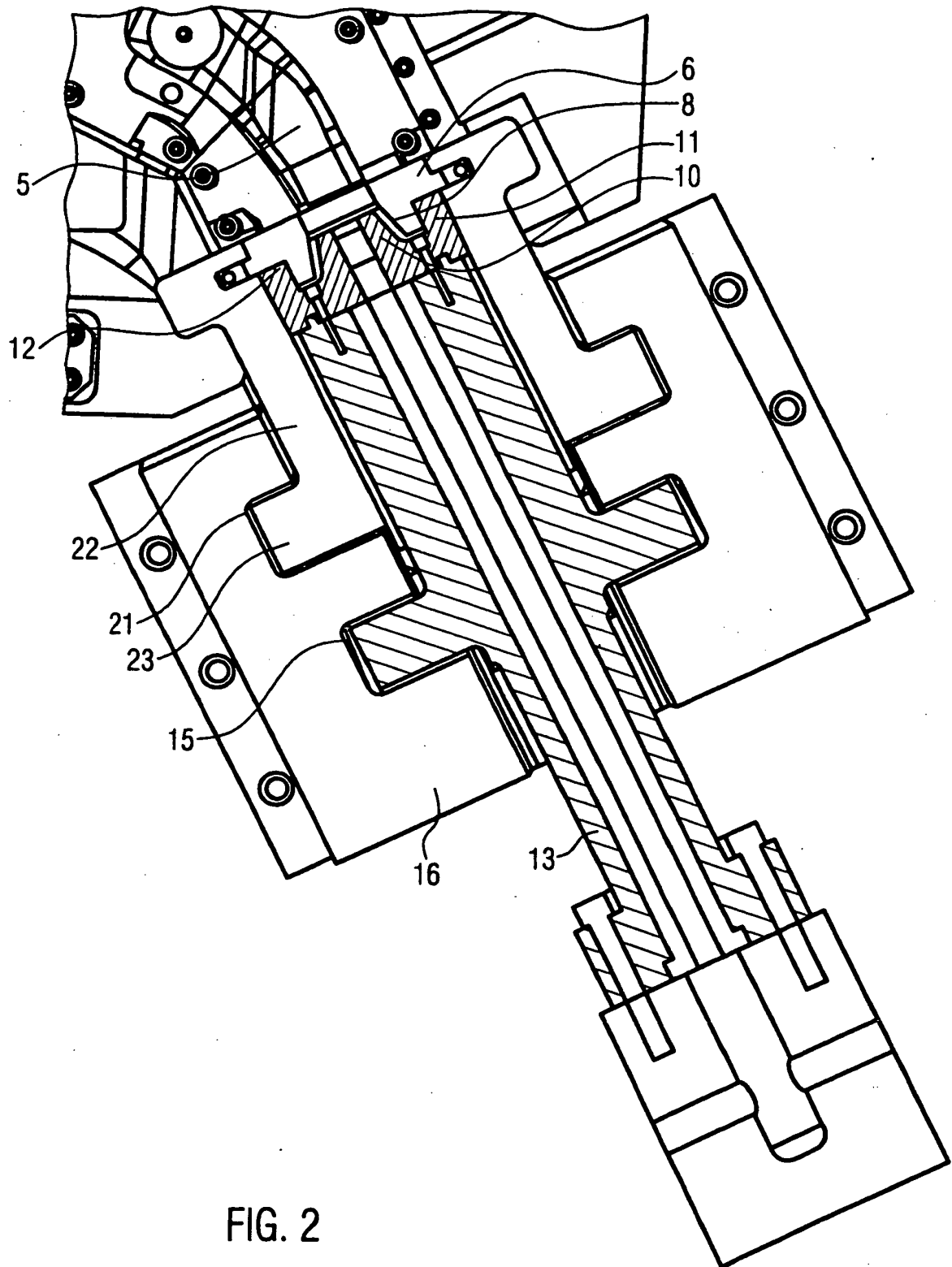
Revendications

- Dispositif pour le formage par explosion d'une pièce tubulaire, comprenant un outil de formage (1) en plusieurs parties qui, en position fermée, entoure à peu près entièrement la pièce, étant précisé qu'il est prévu dans la zone d'au moins une extrémité de l'outil de formage (1) un bouchon (10) pour réaliser une étanchéité entre l'outil de formage (1) et le bouchon (10), **caractérisé en ce que** l'outil de formage comporte une zone de formage (7) qui définit la forme définitive de la pièce, et un dispositif à orifice (6) qui comporte plusieurs parties d'outil de formage, dans la zone de l'accès à ladite zone de formage (7) de l'outil (1), est entouré par une collerette (11), en position fermée.
- Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la partie du dispositif à orifice (6) qui est bordée par la collerette (11) présente une zone de fixation de pièce (8).
- Dispositif selon l'une des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** la collerette (11) est formée d'une seule pièce avec le bouchon (10).
- Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'étanchéité peut être réalisée grâce au serrage et à la déformation d'une extrémité de pièce entre l'outil de formage (1) et le bouchon (10).

5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'outil de formage (1) comporte au moins une zone de fixation de pièce (8) qui fixe la pièce.
6. Dispositif selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la cavité (5) de l'outil de formage (1) est conique dans la zone de fixation de pièce (8).
7. Dispositif selon l'une des revendications 5 et 6, **caractérisé en ce que** le bouchon (10), à son extrémité avant tournée vers la pièce, a une forme qui correspond à la zone de fixation de pièce (8) de l'outil de formage (1).
8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le bouchon (10) réalise une liaison entre l'espace d'explosion, à l'intérieur de l'outil de formage (1), et un dispositif d'amenée de gaz, un dispositif d'évacuation d'air et/ou un dispositif d'allumage.
9. Dispositif selon l'une des revendications 5 à 7, **caractérisé en ce qu'un** bord de séparation est prévu dans l'outil de formage (1), entre la zone de formage (7) et la zone de fixation de pièce (8) qui fixe la pièce.
10. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** est prévu dans l'outil de formage (1) au moins une matrice de perforation pour réaliser un trou dans la pièce.
11. Dispositif selon la revendication 10, **caractérisé en ce qu'il** est prévu dans la zone du fond de la matrice de perforation un mécanisme d'éjection pour la matière séparée.
12. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** est prévu dans l'outil de formage (1) au moins une matrice de découpage pour détourner la pièce.
13. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** est prévu un mécanisme de couplage de force qui inverse une partie au moins des forces produites par l'explosion, dans un sens dans lequel le bouchon (10) appuie sur l'outil de formage (1).
14. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce qu'il** est prévu un mécanisme de couplage de force qui dévie une partie au moins des forces produites par l'explosion, dans un sens dans lequel la collerette (11) est poussée vers une position où elle entoure un dispositif à orifice de l'outil de formage.
15. Dispositif selon l'une des revendications 13 et 14, **caractérisé en ce qu'un** élément de contact (22) de l'outil de formage (1) et un tube d'allumage (13) sont guidés sur des trajectoires respectives dans un élément de commande mobile (16), la trajectoire de l'élément de contact (22) étant à peu près parallèle au sens de déplacement de l'élément de commande (16), et la trajectoire du tube d'allumage (13) étant transversale par rapport à celle-ci.
16. Dispositif selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** les trajectoires sont conçues comme des rainures (15, 21) dans l'élément de commande (16), dans lesquelles entre un talon de l'élément de contact (23) ou du tube d'allumage.
17. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** est prévu un mécanisme de déviation grâce auquel un tube d'allumage (13) est mobile, grâce à une trajectoire, entre une position de travail (19) dans laquelle le tube d'allumage (13) appuie contre l'outil de formage (1), et une position de repos (20) espacée de celui-ci.
18. Dispositif selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** grâce au déplacement d'un élément de commande (16) qui est couplé au tube d'allumage (13) par l'intermédiaire de la trajectoire du mécanisme de déviation, le tube d'allumage est mobile entre la position de travail (19) et la position de repos (20).
19. Dispositif selon l'une des revendications 17 et 18, **caractérisé en ce que** le rapport de la force à fournir pour actionner le mécanisme de déviation, sur la force résultante qui déplace le tube d'allumage (13) est de 3-5:1, en particulier de 3,5-4,5:1 et plus spécialement d'environ 4:1.
20. Dispositif selon l'une des revendications 17 à 19, **caractérisé en ce que** la trajectoire est disposée transversalement par rapport au sens de déplacement du tube d'allumage (13).
21. Dispositif selon l'une des revendications 17 à 20, **caractérisé en ce que** la trajectoire est inclinée de 60° à 85°, en particulier de 75° à 80° et plus spécialement d'environ 77° par rapport au sens de déplacement du tube d'allumage (13).
22. Dispositif selon l'une des revendications 17 à 21, **caractérisé en ce que** le tube d'allumage (13) porte le bouchon (10) sur son extrémité avant (25) tournée vers l'outil de formage (1).
23. Dispositif selon l'une des revendications 17 à 22, **caractérisé en ce que** le tube d'allumage (13) porte sur son extrémité avant (25) tournée vers l'outil de formage (1) le collerette (11) qui entoure le dispositif à orifice (6) de l'outil de formage (1).

24. Dispositif selon l'une des revendications 17 à 23, **caractérisé en ce que** le tube d'allumage (13) est guidé dans une rainure (15) qui forme la trajectoire.
25. Procédé de formage par explosion d'une pièce tubulaire, selon lequel la pièce est placée dans un moule en plusieurs parties (1) ouvert et, grâce à la fermeture du moule (1), est à peu près complètement entourée par celui-ci, et il est prévu sur au moins une ouverture de la pièce accessible de l'extérieur un bouchon (10) pour réaliser une étanchéité entre le bouchon (10) et la pièce (1), **caractérisé en ce que** lorsque le moule (1) est fermé, une collerette (11) est appliquée sur un dispositif à orifice (6) qui comporte plusieurs parties d'outil de formage et qui forme l'accès à une zone de formage (7) de l'outil de formage (1), la collerette (11) entourant le dispositif à orifice (6).
26. Procédé selon la revendication 25, **caractérisé en ce qu'**une partie au moins des forces d'explosion agissant sur l'outil de formage (1) est déviée et pousse le bouchon (10) contre le dispositif à orifice (6) qui forme l'accès à la zone de formage (7) de l'outil de formage (1).
27. Procédé selon l'une des revendications 25 et 26, **caractérisé en ce qu'**une partie au moins des forces d'explosion agissant sur l'outil de formage (1) est déviée et pousse une collerette (11) vers une position où elle entoure le dispositif à orifice (6) de l'outil de formage (1).
28. Procédé selon l'une des revendications 25 à 27, **caractérisé en ce que** la pièce est serrée et déformée grâce à la formation d'une étanchéité entre le bouchon (10) et l'outil (1).
29. Procédé selon l'une au moins des revendications 25 à 28, **caractérisé en ce qu'**une zone d'extrémité de la pièce, accessible de l'extérieur, est déformée suivant une forme conique grâce à la mise en place du bouchon (10).
30. Procédé selon l'une des revendications 25 à 29, **caractérisé en ce qu'**une zone d'extrémité de la pièce, accessible de l'extérieur, est pressée dans des nervures (9) prévues dans une zone de fixation de pièce (8) de l'outil de formage (1), grâce à la mise en place du bouchon (10).
31. Procédé selon l'une des revendications 25 à 30, **caractérisé en ce que** grâce à la mise en place du bouchon (10), une liaison est réalisée entre un espace d'explosion et un dispositif d'amenée de gaz, un dispositif d'évacuation d'air et/ou un dispositif d'allumage.
32. Procédé selon l'une des revendications 25 à 31, **caractérisé en ce qu'**un tube d'allumage (13) est déplacé à l'aide d'une trajectoire entre une position de travail (19) dans laquelle il appuie sur le dispositif à orifice (6) prévu sur l'outil de formage (1) et formant l'accès à la zone de formage (7) de l'outil de formage (1), et une position de repos (20) espacée de celui-ci.
33. Procédé selon la revendication 32, **caractérisé en ce qu'**un élément de contact (22) de l'outil de formage (1) qui est mobile avec celui-ci, et le tube d'allumage (13) sont guidés grâce à des glissières respectives d'un élément de commande mobile (16), et lors du déplacement de l'élément de commande (16) le tube d'allumage (13) est déplacé entre la position de travail (19) et la position de repos (20), tandis que l'élément de contact (22) est immobile.
34. Procédé selon l'une des revendications 25 à 33 précédentes, **caractérisé en ce que** l'espace d'explosion est rempli de gaz explosif suivant un mélange à peu près stoechiométrique avec un faible excédent de O₂.
35. Procédé selon l'une des revendications 25 à 34, **caractérisé en ce que** la pièce est détournée pendant le formage par explosion.
36. Procédé selon l'une des revendications 25 à 35, **caractérisé en ce que** la zone de fixation déformée de la pièce est séparée, pendant le formage par explosion, de la pièce moulée finie.
37. Procédé selon l'une des revendications 25 à 36, **caractérisé en ce que** la pièce est dotée d'au moins un trou, pendant le formage par explosion.
38. Procédé selon la revendication 37, **caractérisé en ce que** la matière séparée résultant de la perforation est éjectée.





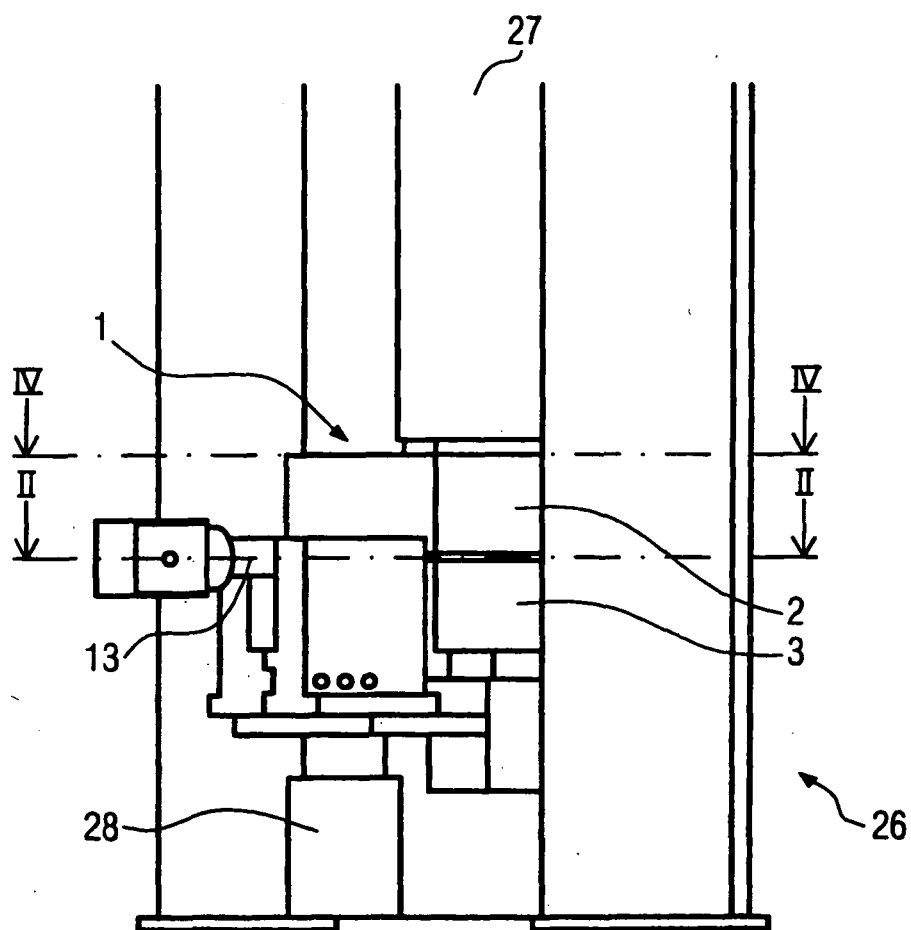
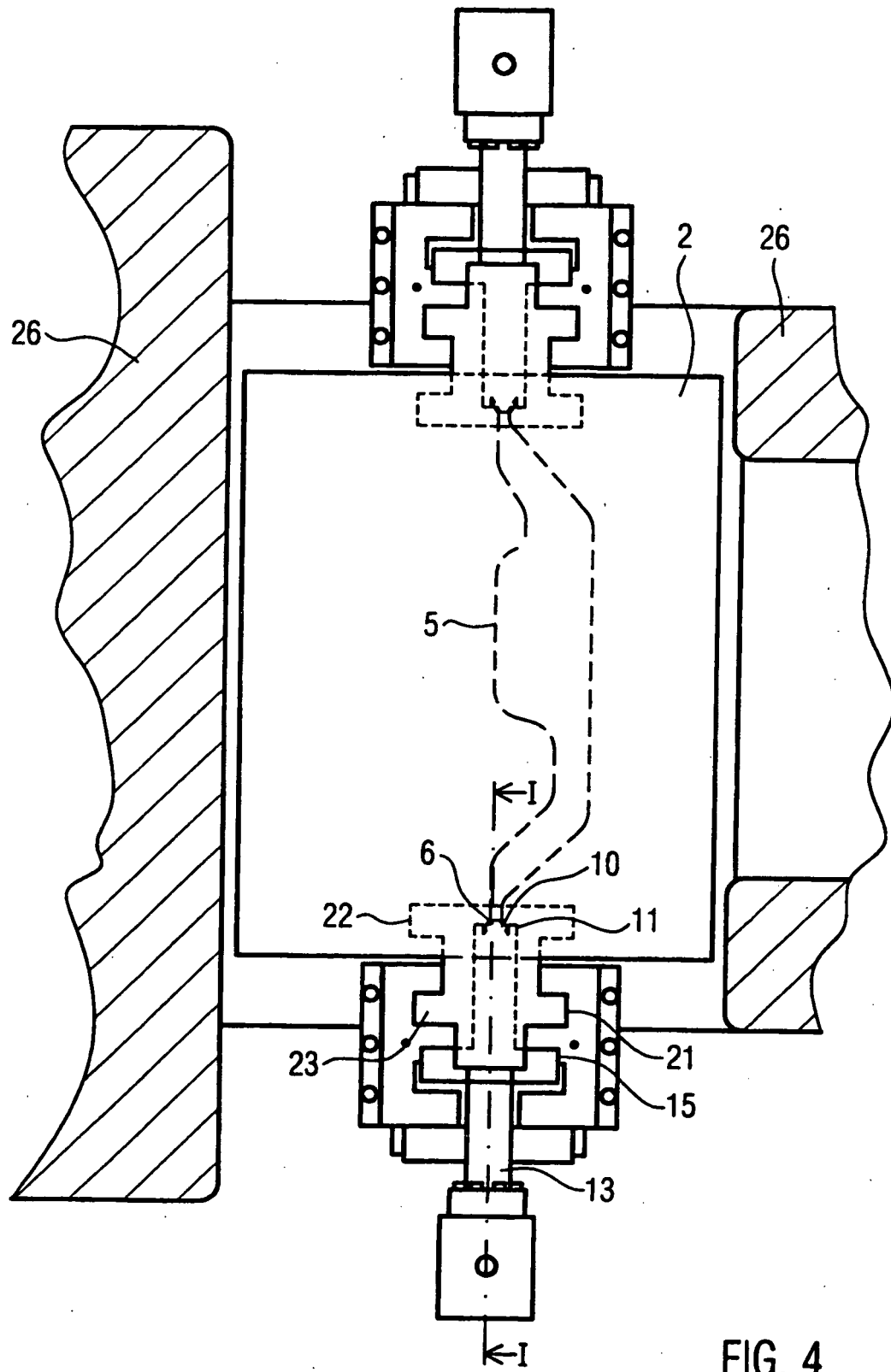


FIG. 3



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

- EP 592068 A [0004]
- US 4738012 A [0006] [0006]
- DE 19638688 A1 [0006] [0007]
- DE 2337176 [0006]