

(19)



(11)

EP 3 233 326 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
09.10.2019 Patentblatt 2019/41

(51) Int Cl.:
B21J 1/02 ^(2006.01) **B21J 7/14** ^(2006.01)
B21J 13/02 ^(2006.01) **C21D 7/02** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15825907.7**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/AT2015/050317

(22) Anmeldetag: **15.12.2015**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2016/094919 (23.06.2016 Gazette 2016/25)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM SCHMIEDEN EINES STABFÖRMIGEN WERKSTÜCKS**
METHOD AND DEVICE FOR FORGING A WORKPIECE IN BAR FORM
PROCÉDÉ ET DISPOSITIF POUR MARTELER UNE PIÈCE EN FORME DE BARRE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **16.12.2014 AT 509112014**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.10.2017 Patentblatt 2017/43

(73) Patentinhaber: **GFM GmbH**
4403 Steyr (AT)

(72) Erfinder:
• **KOPPENSTEINER, Robert**
4400 Steyr (AT)

• **ZEHETGRUBER, Paul**
3364 Neuhofen/Ybbs (AT)

(74) Vertreter: **Hübscher & Partner Patentanwälte**
GmbH
Spittelwiese 4
4020 Linz (AT)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A2-2011/073745 FR-A1- 2 147 980
RU-C1- 2 047 415 RU-C2- 2 406 588
SU-A1- 925 503

EP 3 233 326 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 bezieht sich auf ein Verfahren zum Schmieden eines stabförmigen Werkstücks, das in einer Biegezone zwischen zwei zentrischen Abstützungen mit Hilfe von einander paarweise gegenüberliegenden, radial zur Schmiedeachse auf das Werkstück einwirkenden Schmiedewerkzeugen im Sinne einer zur Schmiedeachse senkrechten Querschnittsverlagerung aus einer zur Schmiedeachse coaxialen Lage ausgebogen und in die Schmiedeachse zurückgebogen und in den Eingriffspausen der Schmiedewerkzeuge einem axialen Vorschub und gegebenenfalls einer Drehung um die Schmiedeachse unterworfen wird, und auf eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Beim Schmieden von Werkstücken, die in den Eingriffspausen der Schmiedewerkzeuge einem axialen Vorschub und gegebenenfalls einer Drehung um die Schmiedeachse unterworfen werden, wird durch die radial auf den Werkstückrohling einwirkenden, einander paarweise gegenüberliegenden Schmiedewerkzeuge nicht nur eine Querschnittsreduktion des Werkstückrohlings erreicht, sondern auch das Korngefüge des Werkstücks verbessert. Die Änderung der Gefügestruktur hängt von verschiedenen Schmiedeparametern, wie der Schmiedetemperatur, der Vorschubgeschwindigkeit, der Größe der Querschnittsreduktion und der Verformungsgeschwindigkeit, ab, sodass über diese Parameter auch Einfluss auf die Gefügestruktur des geschmiedeten Werkstücks genommen werden kann. Allerdings bleibt die Einflussmöglichkeit auf die Gefügestruktur durch Änderung dieser Parameter beschränkt, insbesondere wenn es darum geht, eine möglichst gleichmäßige Gefügestruktur über den Werkstückquerschnitt zu erreichen.

[0003] Zur Kornverfeinerung von metallischen Werkstücken ist es darüber hinaus bekannt (US 6 571 593 B1), das Werkstück mit Hilfe von eine Querschnittsreduktion bewirkenden Walzen durch eine anschließende Matrize zu drücken, die einen Umlenkanal für das gewalzte Werkstück bildet, um aufgrund der bei einer Umlenkung mit einem kleinen Umlenkradius im Werkstück auftretenden Scherkräfte die angestrebte Kornverfeinerung zu erzielen. Solche Vorrichtungen eignen sich wegen der aufzuwendenden Kräfte allerdings nur für vergleichsweise kleine Werkstückquerschnitte.

[0004] Dieser Nachteil wird durch ein Schmiedeverfahren überwunden (RU 2 406 588 C2), bei dem das Werkstück zwischen vier einander paarweise gegenüberliegenden Hämmern bearbeitet wird, von denen ein oberer Hammer mit einem feststehenden unteren Hammer zusammenwirkt, während die seitlichen Hämmer unter 45° nach unten bewegt werden, sodass das Werkstück im Sinne einer zur Schmiedeachse senkrechten Querschnittsverlagerung mit der Wirkung verformt wird, dass sich aufgrund der damit verbundenen zusätzlichen Scherspannungen eine Kornverfeinerung erzielen lässt, allerdings nur in einem beschränkten Ausmaß, trotz des

durch die besonderen Hammerführung bedingten Konstruktionsaufwands.

[0005] Darüber hinaus ist es bekannt (RU 2 047 415 C1), ein Werkstück zunächst nach einer Seite entsprechend einem trapezförmigen Verlauf in einem gesenkartigen Werkzeugpaar auszubiegen, dann bei offenem Werkzeugpaar um 180° um seine Längsachse zu drehen und um die Verformungslänge axial zu verschieben, bevor in einem anschließenden Verformungsschritt der im ersten Verformungsschritt trapezförmig ausgebogene Werkstückabschnitt zurückgebogen und ein neuer Abschnitt des Werkstücks trapezförmig ausgebogen wird. Nachteilig ist, dass lediglich die Werkstückabschnitte im Bereich der geneigten Trapezseiten, nicht aber die dazwischenliegenden, auch während des Verformungsvorgangs in Werkstücklängsrichtung verlaufenden Abschnitte einer Scherbeanspruchung unterworfen werden.

[0006] Für eine über die Werkstücklänge gleichmäßigere Scherung wurde außerdem vorgeschlagen (WO 2011/073745 A2), das einen in Richtung der Längsachse gleichbleibenden Querschnitt aufweisende Werkstück in einem dem Querschnitt des Werkstücks entsprechenden, eine Biegung des Werkstücks bedingenden Hohlraum zwischen einander paarweise gegenüberliegenden Umformwerkzeugen einer Scherbeanspruchung auszusetzen, wobei das Biegen des Werkstücks entsprechend dem Längsverlauf des Hohlraums beim Schließen der Umformwerkzeuge durch diese erfolgt. Die Gefügeverbesserung bleibt jedoch insbesondere bei größeren Werkstückquerschnitten in Grenzen. Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dessen Hilfe die Gefüge für Werkstücke auch mit größeren Querschnittsabmessungen erheblich verbessert werden können.

[0007] Ausgehend von einem Verfahren der eingangs geschilderten Art löst die Erfindung die gestellte Aufgabe dadurch, dass das Werkstück in Vorschubrichtung vor der Biegezone einer Schmiedereduktion unterworfen wird.

[0008] Zuzufolge dieser Maßnahme wird das Werkstück nicht nur zwischen den zentrischen Abstützungen durch die radial zur Schmiedeachse einwirkenden Schmiedewerkzeuge aus einer zur Schmiedeachse coaxialen Lage ausgebogen und in die Schmiedeachse zurückgebogen, sondern auch einer Schmiedereduktion in Vorschubrichtung vor der Biegezone unterworfen. Dadurch ergeben sich besonders günstige Bedingungen zur Verbesserung der Gefügestruktur, weil die durch die Schmiedeparameter bedingten Einflüsse auf die kristalline Struktur des Werkstücks in Verbindung mit der zusätzlichen biegebedingten Querschnittsverlagerung senkrecht zur Schmiedeachse vorteilhaft genutzt werden können. Mit Hilfe der hierfür eingesetzten Schmiedewerkzeuge können in einfacher Weise auch Werkstücke mit vergleichsweise großen Querschnittsabmessungen in wenigstens einem Durchlauf bearbeitet werden.

[0009] Im Anschluss an die Kornverfeinerung durch

ein Ausbiegen des Werkstücks mit Hilfe von Schmiedewerkzeugen kann das Werkstück einer weiteren Querschnittsreduktion unterworfen werden, die den zusätzlichen Vorteil einer genauen Führung coaxial zur Schmiedeachse mit sich bringt. Eine abschließende Schlichtbearbeitung ergibt eine entsprechende Oberflächengüte. Die schmiedebedingte Querschnittsreduktion eines Werkstücks sowie das abschließende Schlichten erzwingt eine zur Schmiedeachse coaxiale Werkstücklage, sodass das Werkstück beim Reduktionsschmieden und/oder beim Schlichten für die Biegeverformung ohne zusätzliche Maßnahmen zentrisch abgestützt werden kann.

[0010] Zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Schmiedeverfahrens kann von herkömmlichen Schmiedevorrichtungen mit einander bezüglich der Schmiedeachse paarweise gegenüberliegenden Schmiedewerkzeugen ausgegangen werden. Es muss lediglich dafür gesorgt werden, dass die Schmiedewerkzeuge einlaufseitig einen sich in Vorschubrichtung verjüngenden Formraum bildende Formflächen und im Bereich der Biegezone Formflächen aufweisen, die einen gegenüber der Schmiedeachse derart exzentrischen Formquerschnitt bilden, dass das Werkstück zwischen zentrischen Abstützungen aus einer zur Schmiedeachse coaxialen Lage ausgebogen und in die Schmiedeachse zurückgebogen wird. Werden für die Biegezone gesonderte Schmiedewerkzeuge eingesetzt, so kann die durch die Schmiedewerkzeuge angestrebte Querverlagerung des Werkstücks durch eine bezüglich der Schmiedeachse asymmetrische Anstellung der Schmiedewerkzeuge sichergestellt werden. Um einen den jeweiligen Anforderungen entsprechenden Biegeverlauf zu erreichen, ist es jedoch vorteilhaft, die symmetrisch zur Schmiedeachse radial anstellbaren, einander gegenüberliegenden Schmiedewerkzeuge mit Formflächen zu versehen, die aufgrund eines unterschiedlichen Abstands von der Schmiedeachse einen gegenüber der Schmiedeachse exzentrischen Querschnitt des Werkstücks und damit eine Werkstückquerverlagerung bedingen.

[0011] Solche von den einander paarweise gegenüberliegenden Schmiedewerkzeugen gebildete Formflächen mit unterschiedlichem Abstand von der Schmiedeachse sind für das erfindungsgemäße Ausbiegen des Werkstücks dann zwingend, wenn diese einen gegenüber der Schmiedeachse exzentrischen Formquerschnitt bildenden Formflächen zwischen ein- und auslaufseitigen Formflächen für einen zur Schmiedeachse coaxialen Formquerschnitt vorgesehen sind. Bei einer solchen Ausbildung der Schmiedewerkzeuge wird die zentrische Abstützung des Werkstücks unmittelbar vor und nach der Biegezone durch die Schmiedewerkzeuge selbst gebildet, und zwar mit dem Vorteil, dass der Biegeverlauf für das Werkstück durchgehend vorgegeben werden kann.

[0012] Durch die einlaufseitigen Formflächen, die einen sich in Vorschubrichtung verjüngenden Formraum bilden, wird eine Querschnittsreduktion in Verbindung

mit einer zusätzlichen Kornverfeinerung durch eine Auslenkung des Werkstücks quer zur Schmiedeachse erreicht. Auslaufseitig können die Formflächen ebenfalls für eine Querschnittsreduktion sorgen. Außerdem können die auslaufseitigen Formflächen der Schmiedewerkzeuge ein Schlichtwerkzeug bilden, um nach dem Schmiedevorgang ein Werkstück mit einer feinkörnigen Gefügestruktur und einer guten Oberflächenqualität zu erhalten.

[0013] Anhand der Zeichnung wird das erfindungsgemäße Verfahren zum Schmieden von Werkstücke näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 zwei der vier zur Bildung eines Formhohlraums angestellten, einander paarweise gegenüberliegenden Schmiedewerkzeuge einer erfindungsgemäßen Schmiedevorrichtung in einer Ansicht auf die Formflächen,

Fig. 2 einen Schnitt nach der Linie II-II der Fig. 1,

Fig. 3 einen Schnitt nach der Linie III-III der Fig. 1,

Fig. 4 einen Schnitt nach der Linie IV-IV der Fig. 1,

Fig. 5 einen Schnitt nach der Linie V-V der Fig. 2 und

Fig. 6 einen Schnitt nach der Linie VI-VI der Fig. 3.

[0014] Von der in bekannter Weise aufgebauten Schmiedevorrichtung sind gemäß dem dargestellten Ausführungsbeispiel lediglich die vier einander paarweise gegenüberliegenden, radial zu einer Schmiedeachse a beaufschlagbaren Schmiedewerkzeuge 1, 2, 3, 4 in einer den Formraum für ein strichpunktirt angedeutetes, stabförmiges Werkstück 5 bildenden Anstellung dargestellt. Diese Schmiedewerkzeuge 1, 2, 3, 4 bilden einlaufseitig Formflächen 6, die einen zur Schmiedeachse a coaxialen Formraum ergeben und aufgrund ihres in Vorschubrichtung 7 geneigten Verlaufs eine Querschnittsreduzierung bedingen. Auslaufseitig sind Formflächen 8 vorgesehen, die ebenfalls einen zur Schmiedeachse a coaxialen Formraum bestimmen und vorteilhaft für eine zusätzliche Querschnittsreduktion sorgen, was die zentrische Führung des Werkstücks 5 im Bereich der auslaufseitigen Formflächen 8 unterstützt. Die auslaufseitigen Formflächen können auch als Schlichtwerkzeug eingesetzt werden.

[0015] Zwischen den ein- und auslaufseitigen Formflächen 6, 8 bilden die Schmiedewerkzeuge 1 bis 4 Formflächen 9, die einen gegenüber der Schmiedeachse a exzentrischen Formquerschnitt des Werkstücks 5 bestimmen, wie dies insbesondere der Fig. 4 entnommen werden kann, in der die durch die Formflächen 9 bedingte Querverlagerung des Werkstücks 5 gegenüber der Schmiedeachse a erkennbar wird. Die Achse des Werkstückquerschnitts ist mit 10 bezeichnet und verläuft gegenüber der Schmiedeachse a versetzt, sodass das Werkstück 5 gegenüber den ein- und auslaufseitigen, durch die Formflächen 6 und 8 gebildeten, das Werkstück 5 coaxial zur Schmiedeachse a führenden Abstützungen 11 ausgebogen wird. Die Rückführung des Werkstücks 5 in eine zur Schmiedeachse a coaxiale Lage er-

folgt über Übergangsflächen 12, wie dies insbesondere der Fig. 1 entnommen werden kann.

[0016] Aufgrund des Vorsehens der eine Querverlagerung des Werkstückquerschnitts bedingenden Formflächen 9 wird somit durch die Schmiedewerkzeuge 1, 2, 3, 4 eine Biegezone 13 geschaffen, in der das Werkstück 5 über den Querschnitt zusätzlichen Scherbeanspruchungen ausgesetzt wird, die für eine entsprechende Kornverfeinerung über den gesamten Querschnitt des Werkstücks 5 sorgen, das ja zwischen den Eingriffen der Schmiedewerkzeuge 1 bis 4 einem Vorschub unter gleichzeitiger Drehung unterliegt. Die schmiedebedingte Werkstückauslenkung quer zur Schmiedeachse a wird insbesondere in den Fig. 1, 5 und 6 deutlich. In den Fig. 5 und 6 ist aus Übersichtlichkeitsgründen das jeweils zwischen den geschnittenen Schmiedewerkzeugen 3 und 2 bzw. 1 und 4 liegende Schmiedewerkzeug 1 bzw. 2 weggelassen.

[0017] Die Erfindung ist selbstverständlich nicht auf das dargestellte Ausführungsbeispiel beschränkt. So kann die erfindungsgemäße Kornverfeinerung auch bei Werkstücken mit rechtwinkeligem Querschnitt eingesetzt werden. In diesem Fall entfällt die Werkstückdrehung während der Vorschubschritte. Obwohl es von Vorteil ist, den gesamten Verformungsvorgang durch die einander paarweise gegenüberliegenden Schmiedewerkzeuge 1 bis 4 sicherzustellen, ist die Erfindung nicht auf diese Ausführungsform beschränkt. So könnten die durch die Formflächen 6 und 8 gebildeten Abstützungen 11 den Schmiedewerkzeugen vor- und nachgelagert werden, sodass den Schmiedewerkzeugen lediglich die Aufgabe zukommt, eine Biegezone 13 für das Werkstück 5 zu bilden, wofür an sich nur zwei einander gegenüberliegende Schmiedewerkzeuge erforderlich sind. Die Abstützungen 11 könnten durch vor- und nachgelagerte Schmiedewerkzeuge gebildet werden, was jedoch nicht zwingend ist, weil die Abstützungen 11 für die zentrische Führung des Werkstücks 5 coaxial zur Schmiedeachse a nicht in Form von Schmiedewerkzeugen ausgeführt sein müssen.

[0018] Außerdem wäre es möglich, drei zentrische Abstützungen 11 für das Werkstück 5 vorzusehen, um zwischen diesen Abstützungen je eine Biegezone 13 anordnen zu können, sodass das Werkstück 5 zwei Mal nacheinander ausgebogen wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schmieden eines stabförmigen Werkstücks (5), das in einer Biegezone (13) zwischen zwei zentrischen Abstützungen (11) mit Hilfe von einander paarweise gegenüberliegenden, radial zur Schmiedeachse (a) auf das Werkstück (5) einwirkenden Schmiedewerkzeugen (1, 2, 3, 4) im Sinne einer zur Schmiedeachse (a) senkrechten Querschnittsverlagerung aus einer zur Schmiedeachse (a) coaxialen Lage ausgebogen und in die Schmiede-

achse (a) zurückgebogen und in den Eingriffspausen der Schmiedewerkzeuge (1, 2, 3, 4) einem axialen Vorschub und gegebenenfalls einer Drehung um die Schmiedeachse (a) unterworfen wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstück (5) in Vorschubrichtung (7) vor der Biegezone (13) einer Schmiedereduktion unterworfen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstück (5) in Vorschubrichtung (7) nach der Biegezone (13) einer Querschnittsreduktion und/oder einem Schlichtvorgang unterworfen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstück (5) beim Reduktionsschmieden und/oder beim Schlichten für die Biegeverformung zentrisch abgestützt wird.
4. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens zum Schmieden eines Werkstücks (5) mit einander bezüglich der Schmiedeachse (a) paarweise gegenüberliegenden Schmiedewerkzeugen (1, 2, 3, 4), die Formflächen (9) aufweisen, die zwischen ein- und auslaufseitigen Formflächen (6, 8) für einen zur Schmiedeachse (a) coaxialen Formquerschnitt vorgesehen sind und einen gegenüber der Schmiedeachse (a) derart exzentrischen Formquerschnitt bilden, dass das Werkstück (5) zwischen zentrischen Abstützungen (11) aus einer zur Schmiedeachse (a) coaxialen Lage ausgebogen und in die Schmiedeachse (a) zurückgebogen wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die einlaufseitigen Formflächen (6) einen sich in Vorschubrichtung (7) verjüngenden Formraum bilden.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die auslaufseitigen Formflächen (8) einen sich in Vorschubrichtung (7) verjüngenden Formraum und/oder ein Schlichtwerkzeug bilden.

Claims

1. Method for forging a rod-shaped workpiece (5) which, in the sense of a cross-sectional displacement perpendicular to the forging axis (a), is bent out from a position coaxial to the forging axis (a) and is bent back into the forging axis (a) in a bending zone (13) between two central supports (11) with the aid of forging tools (1, 2, 3, 4) arranged in pairs opposite one another and acting on the workpiece (5) radially to the forging axis (a), and is subjected to an axial advancement and possibly a rotation about the forging axis (a) during the pauses in the engagement of the forging tools (1, 2, 3, 4), **characterised in that** the workpiece (5) is subjected to a forging reduction upstream of the bending zone (13) in the advance-

ment direction (7).

2. Method as claimed in claim 1, **characterised in that** the workpiece (5) is subjected to a cross-sectional reduction and/or a finishing operation downstream of the bending zone (13) in the advancement direction (7). 5
3. Method as claimed in claim 1 or 2, **characterised in that** the workpiece (5) is supported centrally for the bending deformation during the reduction forging and/or during the finishing. 10
4. Device for carrying out a method for forging a workpiece (5), having forging tools (1, 2, 3, 4) which are arranged in pairs opposite one another in relation to the forging axis (a) and have shaping surfaces (9) which are provided between inlet-side and outlet-side shaping surfaces (6, 8) for a shaping cross-section coaxial to the forging axis (a) and form a shaping cross-section which is eccentric in relation to the forging axis (a) in such a way that, between central supports (11), the workpiece (5) is bent out of a position coaxial to the forging axis (a) and is bent back into the forging axis (a), **characterised in that** the inlet-side shaping surfaces (6) form a shaping cavity tapering in the advancement direction (7). 15 20 25
5. Device as claimed in claim 4, **characterised in that** the outlet-side shaping surfaces (8) form a shaping cavity tapering in the advancement direction (7) and/or a finishing tool. 30

Revendications 35

1. Procédé pour marteler une pièce (5) en forme de barre qui est courbée dans une zone de flexion (13) entre deux appuis (11) centriques, à l'aide d'outils de martelage (1, 2, 3, 4) agissant sur la pièce (5) radialement à l'axe de martelage (a), placés en opposition par paire, dans le sens d'un déplacement de la section transversale, perpendiculaire à l'axe de martelage (a), en partant d'une position coaxiale par rapport à l'axe de martelage (a), est recourbée dans l'axe de martelage (a), et est soumise dans les pauses de saisie des outils de martelage (1, 2, 3, 4) à un avancement axial et, le cas échéant, à une rotation autour de l'axe de martelage (a), **caractérisé en ce que** la pièce (5) est soumise, dans la direction d'avancement (7), avant la zone de flexion (13) à une réduction de martelage. 40 45 50
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la pièce (5) est soumise, dans la direction d'avancement (7), après la zone de flexion (13), à une réduction de la section transversale et/ou à une opération de finition. 55

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la pièce (5) est appuyée centriquement lors du martelage de réduction et/ou de la finition pour la déformation par flexion.

4. Dispositif pour réaliser un procédé pour marteler une pièce (5) avec des outils (1, 2, 3, 4) placés en opposition par paire par rapport à l'axe de martelage (a) qui comportent des surfaces de formage (9), qui sont prévus entre des surfaces de formage (6, 8) côté entrée et côté sortie pour une section transversale de formage coaxiale par rapport à l'axe de martelage (a) et forment une section transversale de formage excentrique par rapport à l'axe de martelage (a) de sorte que la pièce (5) est courbée entre des appuis (11) centriques, en partant d'une position coaxiale par rapport à l'axe de martelage (a), est recourbée dans l'axe de martelage (a), **caractérisé en ce que** les surfaces de formage (6) côté entrée forment un espace de formage se réduisant dans la direction d'avancement (7).

5. Dispositif selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** les surfaces de formage (8) côté sortie forment un espace de formage se réduisant dans la direction d'avancement (7) et/ou un outil de finition.

FIG. 1

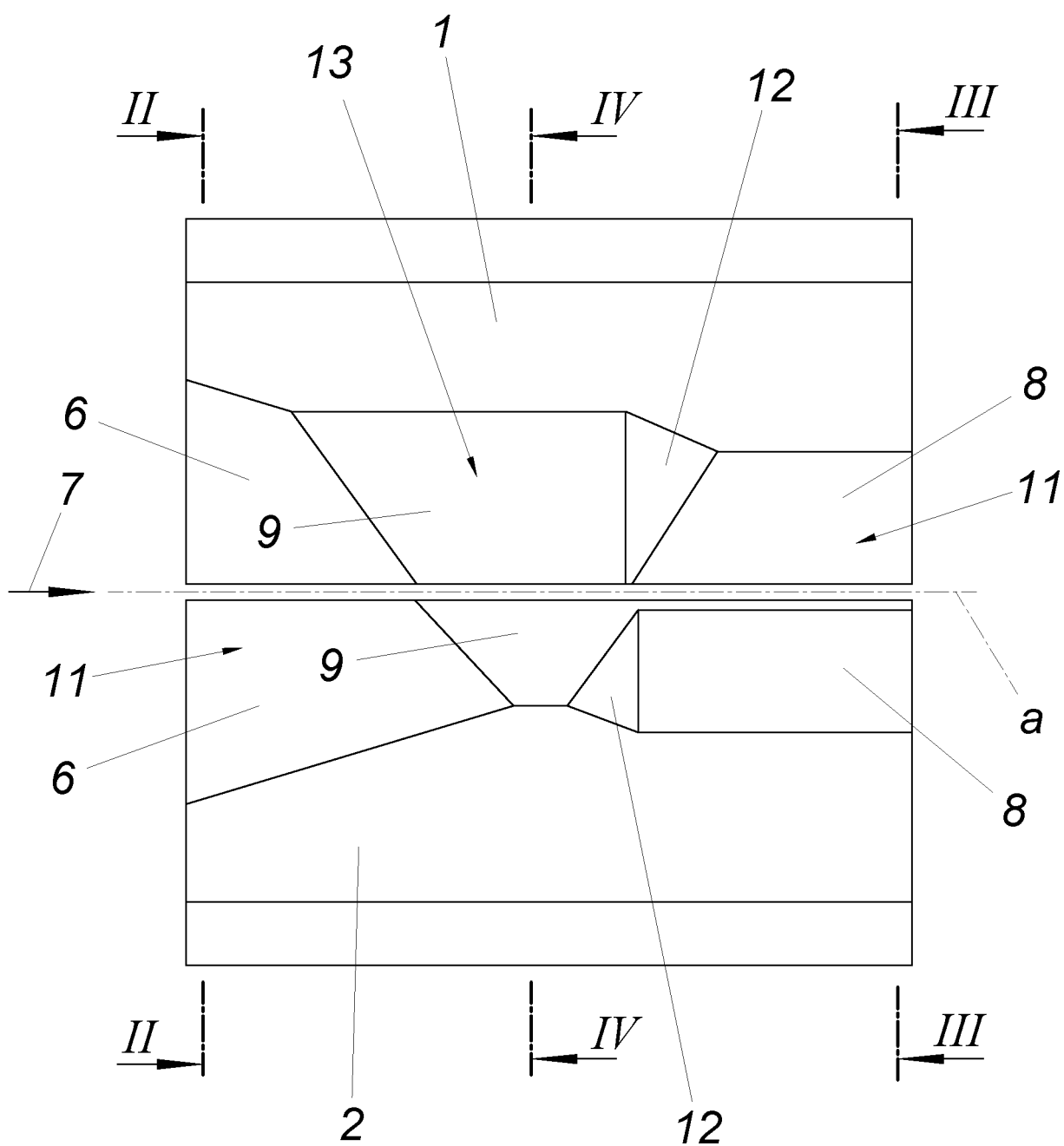


FIG.2

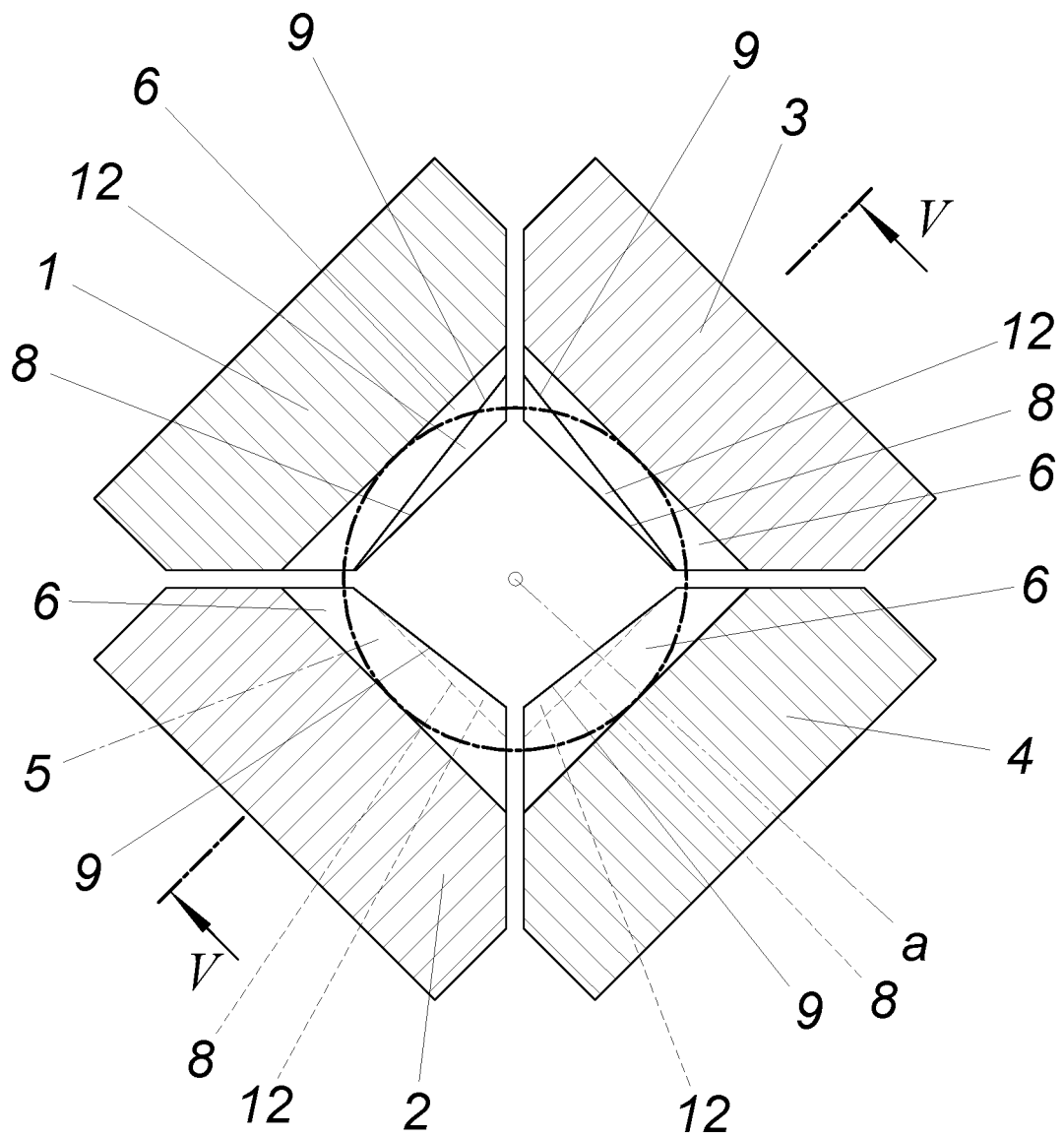


FIG.3

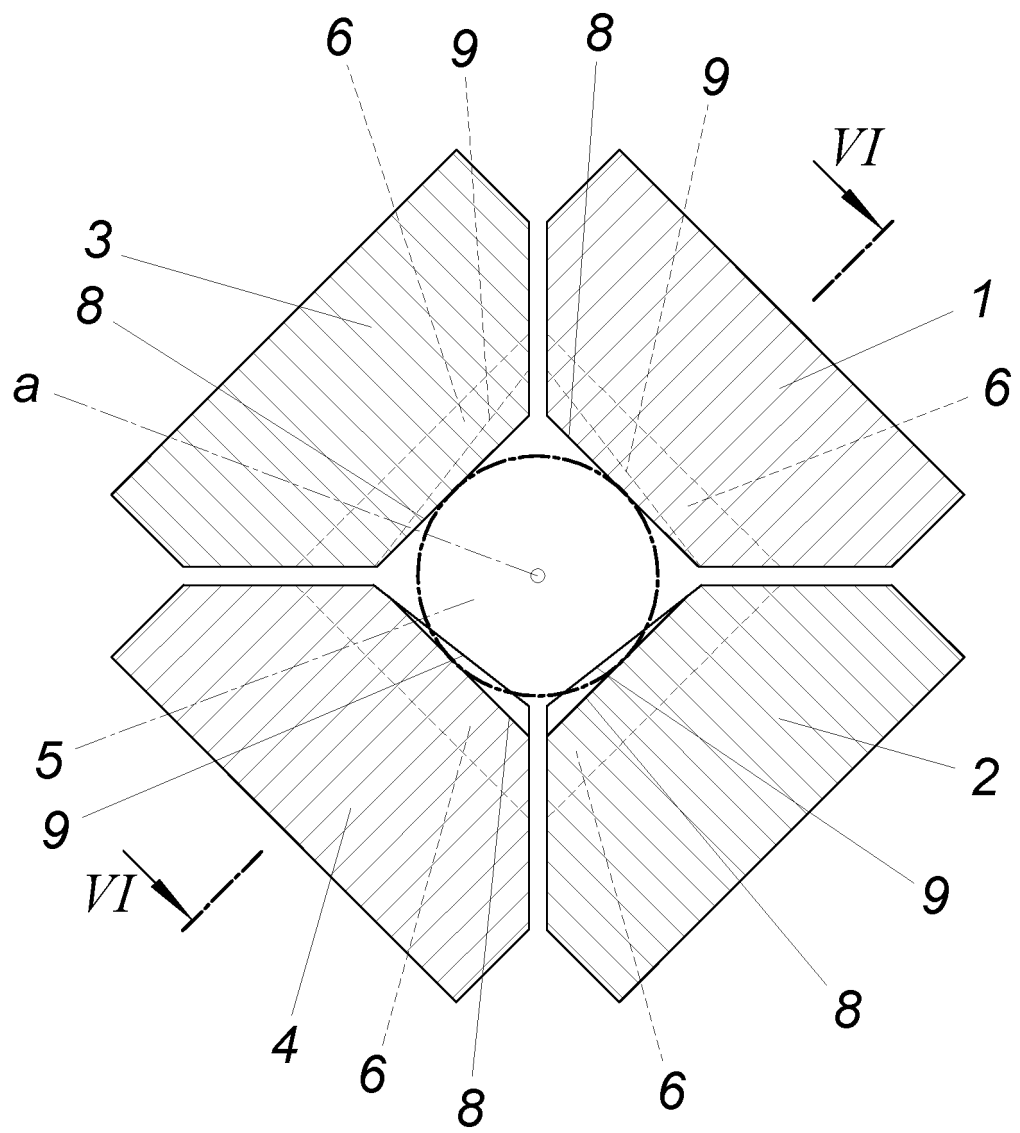


FIG.4

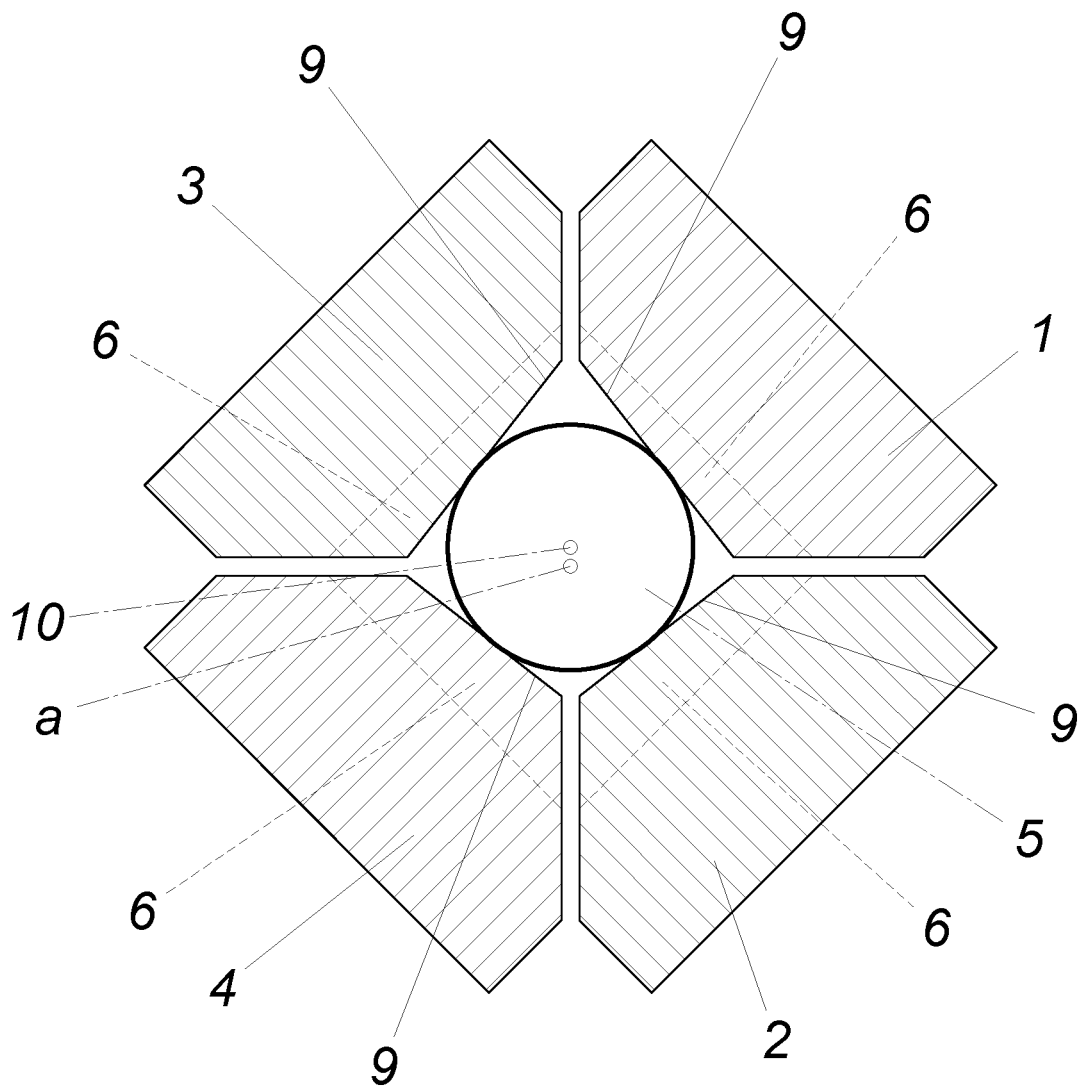


FIG.5

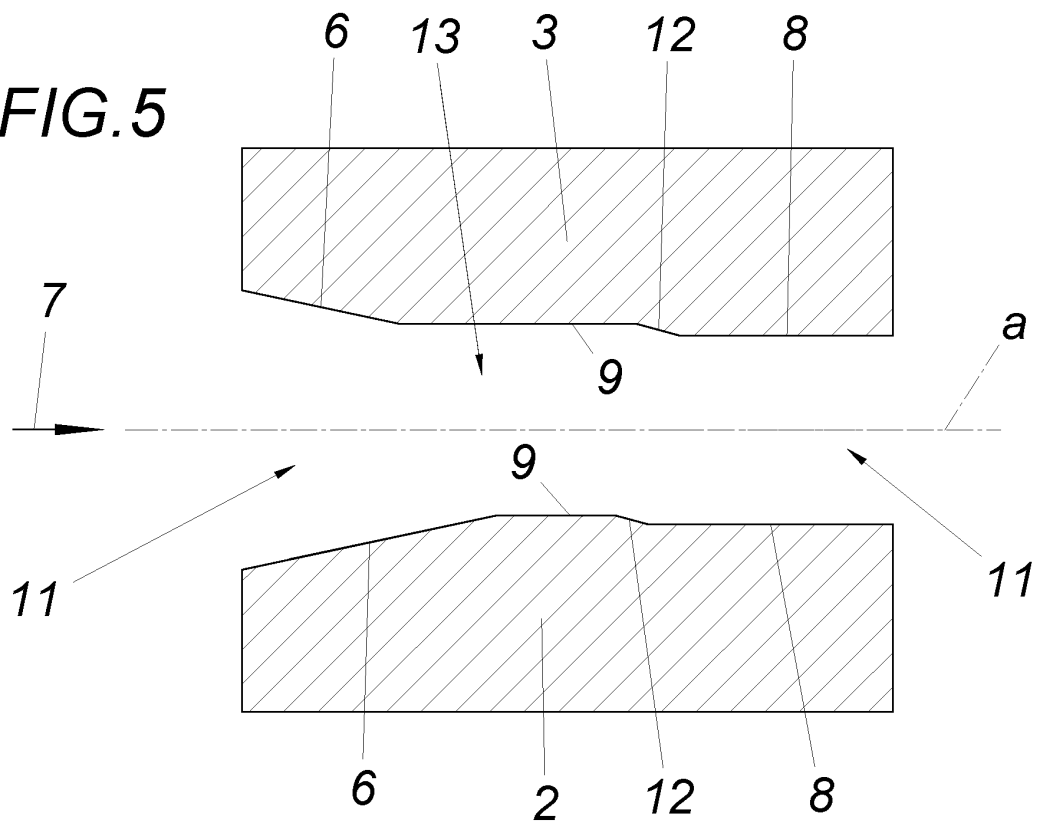
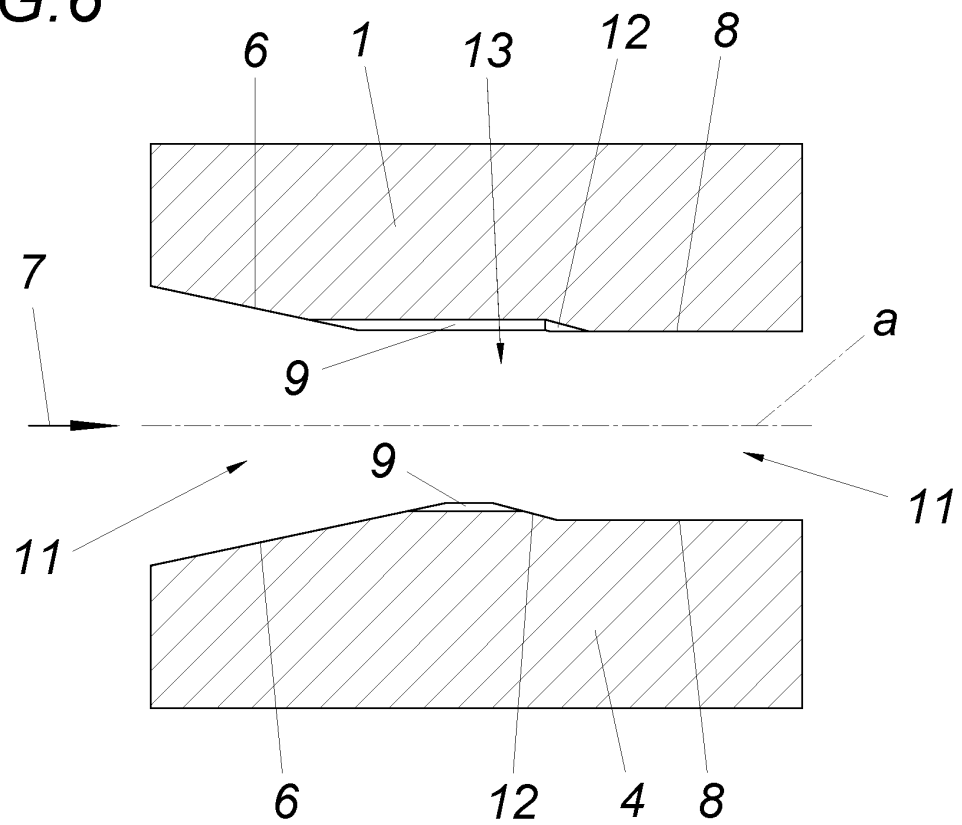


FIG.6



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

- US 6571593 B1 [0003]
- RU 2406588 C2 [0004]
- RU 2047415 C1 [0005]
- WO 2011073745 A2 [0006]