

(19)



(11)

EP 1 983 063 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
22.10.2008 Patentblatt 2008/43

(51) Int Cl.:
C21D 1/02 (2006.01) **C21D 1/673** (2006.01)
C21D 1/18 (2006.01) **C21D 1/34** (2006.01)
C21D 1/46 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08005252.5**

(22) Anmeldetag: **20.03.2008**

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

(30) Priorität: **20.04.2007 DE 102007019173**

(71) Anmelder: **Benteler Automobiltechnik GmbH
 33104 Paderborn (DE)**

(72) Erfinder:
 • **Müller, Markus**
33102 Paderborn (DE)
 • **Knaup, Hans-Jürgen**
33175 Bad Lippspringe (DE)
 • **Klasauseweh, Udo**
33334 Gütersloh (DE)
 (74) Vertreter: **Griepenstroh, Jörg**
Patentanwälte Bockermann, Ksoll Griepenstroh,
Bergstrasse 159
44791 Bochum (DE)

(54) **Verfahren zum Pressformen und Härten eines Werkstücks aus Stahl in einer Gesenkpresse**

(57) Verfahren zum Pressformen und Härten eines Werkstücks aus Stahl in einer Gesenkpresse, wobei das Werkstück (4) auf seinen Austenitisierungstemperaturbereich erwärmt wird, anschließend zwischen ein Obergesenk (2) und ein Untergesenk (3) eines Umformwerkzeugs (1) der Gesenkpresse gelegt wird, nachfolgend das Werkstück (4) zwischen dem Obergesenk (2) und

dem Untergesenk (3) warm umgeformt wird und anschließend durch unmittelbaren Kontakt mit einem Kühlmittel (6) innerhalb des Umformwerkzeugs (1) gehärtet wird. Die Gesenke (2, 3) werden nach dem Umformen teilweise wieder auseinander gefahren, so dass das Kühlmittel (6) durch den entstehenden Spalt (10, 11) zwischen den Gesenken (2, 3) und dem Werkstück (4) in den Formhohlraum (9) einströmt.

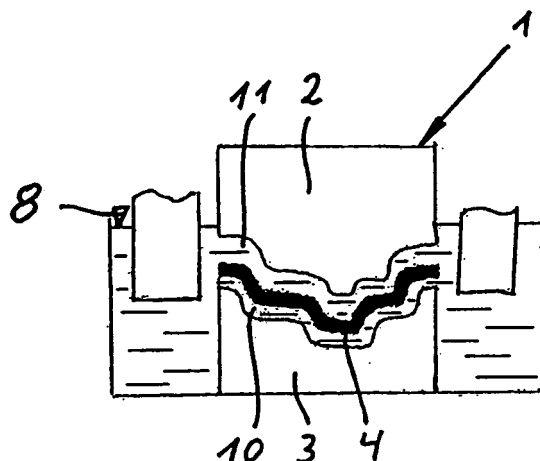


Fig. 3

EP 1 983 063 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Pressformen und Härten eines Werkstücks aus Stahl in einer Gesenkpresse mit den Maßnahmen im Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Es ist beispielsweise durch die DE 24 52 486 C2 bekannt, Werkstücke aus Stahl, insbesondere Bleche, warm in einer Presse umzuformen und noch in der Presse zu härten. Hierzu wird ein Rohling bis auf eine Temperatur im spezifischen Austenitisierungstemperaturbereich des Werkstoffs, d.h. auf eine Temperatur über der Umwandlungstemperatur AC1, vorzugsweise größer als AC3, erwärmt, in der Gesenkpresse umgeformt und in dem geschlossenen Presswerkzeug gehärtet. Das Presswerkzeug wird flüssigkeitsgekühlt. Die Kühlung kann auch bereits während des Schließens der Gesenkpresse erfolgen.

[0003] Um den gewünschten Härtegrad zu erzielen, muss die Abkühlgeschwindigkeit des Werkstücks größer sein als die kritische werkstoffspezifische Abkühlgeschwindigkeit. Das Werkstück muss ferner auf eine Temperatur unterhalb der Martensit-Starttemperatur abgekühlt werden. Auf diese Weise wird ein diffusionsloses Umklappen des austenitischen Gefüges des Werkstücks in ein martensitisches Gefüge erreicht, wobei sich das martensitische Gefüge durch große Härte und hohe Zugfestigkeit auszeichnet. Ein gewisser Anteil an Restaustenit bleibt bestehen, der in geringen Mengen jedoch unschädlich ist.

[0004] Es wird als nachteilig angesehen, dass bei bekannten Presshärtverfahren oftmals nur Rohlinge von geringer Dicke prozesssicher verarbeitet werden können. Beim Bau von gepanzerten Fahrzeugen kommt es beispielsweise darauf an, dickere Stahlplatten zu verarbeiten. Diese können eine Dicke von mehreren Millimetern und sogar von über 10 mm aufweisen. Die bekannten Presshärtverfahren stoßen hierbei oftmals an ihre Grenzen. Es besteht daher der Wunsch, auch dickwandige Stahlplatten mit komplexen dreidimensionalen Geometrien umzuformen, um sie der Fahrzeuginnenkontur anpassen zu können. Bislang wurden ebene Panzerplatten miteinander verschweißt. Die Schweißnähte verändern allerdings die mechanischen Eigenschaften des Stahls erheblich und führen zu einer Schwächung des gesamten Bauteils. Es mussten daher aufwändige konstruktive Maßnahmen ergriffen werden, um die geforderte Sicherheitsstufe der Panzerungsbauteile auch im Bereich der Schweißnähte sicherzustellen.

[0005] In der DE 10 2004 006 093 B3 wird ein Verfahren zur Herstellung eines dreidimensional geformten Panzerungsbauteils für Fahrzeugkarosserien beschrieben, bei welchem die Abkühlung des warmumgeformten Bauteils Bestandteil der Härtebehandlung ist und im geschlossenen Presswerkzeug erfolgt, das im vollflächigen Kontakt mit dem Werkstück gehalten ist. Zwar soll die Abkühlung des umgeformten Bauteils im geschlossenen Presswerkzeug mit einer Abkühlgeschwindigkeit erfol-

gen, die wenigstens der materialspezifischen kritischen Abkühlgeschwindigkeit entspricht, allerdings werden dadurch sehr hohe Anforderungen an die Kühleinrichtungen des Presswerkzeugs gestellt, um die kritische Abkühlgeschwindigkeit, insbesondere bei dickwandigen Panzerungsbauteilen, sicherzustellen. Gerade bei dickwandigen Bauteilen ist das Erreichen der erforderlichen kritischen Abkühlgeschwindigkeit besonders wichtig, damit das zur Panzerung eingesetzte Werkstück vollflächig die gewünschte Härte und Zugfestigkeit aufweist. Die eingesetzten Umformwerkzeuge sind folglich relativ komplex und auf Grund der notwendigen Kühleinrichtungen ausgesprochen aufwändig in der Herstellung.

[0006] Eine Verbesserung der Kühlung könnte theoretisch dadurch erreicht werden, dass die Kühlflüssigkeit in unmittelbaren Kontakt mit dem Werkstück gelangt. Ein solches Verfahren wird beispielsweise in der DE 26 03 618 A beschrieben. Dort wird eine Abschreckpresse beschrieben, die einen Formhohlraum aufweist, welcher der gewünschten Endform des Werkstücks entspricht. In dem Formhohlraum sind Einlässe vorgesehen, durch welche Kühlflüssigkeit in den Formhohlraum einströmt, um in dort vorgesehenen Nuten das zwischen den Werkzeughälften fixierte Werkstück rasch zu kühlen und abzuschrecken. Nach dem Abschrecken wird das Werkstück wieder aus dem Umformwerkzeug entnommen. Das Werkstück bleibt während des Abschreckvorgangs zumindest bereichsweise in Kontakt mit dem Werkstück, da es als eine weitere Aufgabe der Abschreckpresse angesehen wird, den Gegenstand gegen Formänderung zu sichern und starr festzuhalten.

[0007] Auch bei dieser Vorgehensweise kommen sehr aufwändige Umformwerkzeuge zum Einsatz, wobei durch die Vielzahl von Nuten in den Umformwerkzeugen ein kleinerer Bereich der Werkzeugfläche mit dem Werkstück in Kontakt steht. Dies führt aber auch zu vorzeitigem Werkzeugverschleiß, bedingt durch die Umformkräfte, insbesondere, wenn es sich um sehr dickwandige Bauteile handelt.

[0008] Hiervon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren aufzuzeigen, das zum Pressformen und Härten von Werkstücken aus Stahl und insbesondere für die Herstellung von Panzerungsbauteilen für Fahrzeugkarosserien geeignet ist, wobei mit dem Verfahren unter Verwendung einfach und kostengünstig aufgebauter Formwerkzeuge pressgeformte und gehärtete Bauteile komplexer Geometrie und gleichmäßiger Härteverteilung hergestellt werden können. Mit dem Verfahren sollen gleichzeitig Werkstücke wiederholgenau mit deutlich geringeren Maßtoleranzen als vergleichsbare Schweißkonstruktion kostengünstig hergestellt werden.

[0009] Diese Aufgabe ist bei einem Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0010] Vorteilhafte Weiterbildungen des Erfindungsgedankens sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0011] Der Erfindung liegt die wesentliche Erkenntnis zu Grunde, dass allein durch den Werkzeugkontakt bei

dickwandigen Bauteilen mit Wanddicken zwischen 5 und 20 mm nur mit sehr hohem Aufwand kritische Abkühlgeschwindigkeiten erreicht werden, insbesondere, wenn es sich um komplexe dreidimensionale Geometrien handelt. Die aus dem Werkzeugkontakt resultierenden Schwankungen der Härte und der Zugfestigkeit, bedingt durch Unterschreiten der kritischen Abkühlgeschwindigkeit, können im Rahmen der Erfindung dadurch verhindert werden, dass die Kühlung nicht ausschließlich durch Wärmeabfuhr über das Werkzeug bzw. über das geschlossene Werkzeug eingeleitetes Kühlmittel erfolgt, sondern dass das Werkzeug bzw. das Obergesenk und das Untergesenk nach dem Warmumformen des Werkstücks teilweise wieder auseinander gefahren werden, um den Zutritt von Kühlmittel in den durch das Auseinanderfahren entstehenden Spalt zwischen den Gesenken und dem Werkstück zu ermöglichen.

[0012] Wesentlich dabei ist, dass relativ große Mengen des Kühlmittels in den Spalt zwischen dem Gesenk und dem Werkstück eingeleitet werden bzw. von selbst fließen, wodurch sichergestellt werden kann, dass das gesamte Werkstück von Kühlmittel umströmt wird, was zu einer gleichmäßigen Abkühlung mit einer Abkühlgeschwindigkeit oberhalb der kritischen Abkühlgeschwindigkeit führt und somit zu einer gleichmäßigen Härte und Zugfestigkeitsverteilung. Das Härten erfolgt somit noch innerhalb des Umformwerkzeugs, aber ohne dass das Umformwerkzeug während des Härtens geschlossen ist. Dadurch können hinsichtlich der Werkzeugkühlung erheblich einfacher aufgebaute Ober- und Untergesenke zum Einsatz kommen, da die Gesenke primär die Aufgabe haben, das Werkstück umzuformen, während das separat zugeführte Kühlmittel das Härten des Werkstücks bewirkt.

[0013] Als besonders vorteilhaft wird es angesehen, wenn das Umformwerkzeug nach dem Auseinanderfahren der Gesenke und nach dem Abschrecken durch Einleiten von Kühlmittel in den Spalt wieder geschlossen wird, so dass das Werkstück in demselben Umformwerkzeug ein weiteres Mal gepresst wird. Hierbei befindet sich das Werkstück ein weiteres Mal in Kontakt mit dem Obergesenk und dem Untergesenk. Das Werkstück wird hierdurch gerichtet, wodurch eine hohe Maßhaltigkeit der in diesem Verfahren hergestellten Werkstücke sichergestellt werden kann. Das Auseinanderfahren der Gesenke zum Abschrecken und das anschließende Pressen mit zwischenzeitlicher Abkühlung des Werkstücks kann mehrmals wiederholt werden, bevor das umgeformte und gehärtete Werkstück schließlich aus dem Umformwerkzeug entnommen wird und der weiteren Verwendung zugeführt wird. Das Werkstück kann beispielsweise weiteren Wärmebehandlungen unterzogen werden.

[0014] Das Einleiten von Kühlmittel in den Kühlmittelspalt kann auf unterschiedliche Art und Weise realisiert werden. Beispielsweise kann das erwärmte Werkstück oberhalb eines Kühlmittelspiegels in den Formhohlraum eingelegt werden. Das Untergesenk befindet sich hierbei gewissermaßen in einer mit dem flüssigen Kühlmittel ge-

füllten Wanne. Bevorzugt strömt das Kühlmittel von allen Seiten gleichzeitig in den beim Auseinanderfahren entstehenden Spalt zwischen Obergesenk und Untergesenk. Anstelle des Anhebens des Kühlmittelspiegels kann theoretisch auch das Untergesenk gegenüber dem Kühlmittelspiegel abgesenkt werden. In der Praxis ist es jedoch einfacher, den Kühlmittelspiegel anzuheben. Dies kann beispielsweise durch Verdrängerelemente erfolgen, die beim Absenken des Obergesenks in das Kühlmittel eintauchen.

[0015] Selbstverständlich ist es auch möglich, den Kühlmittelspiegel durch Kühlmittelzufuhr anzuheben.

[0016] Als besonders vorteilhaft wird es angesehen, wenn das Werkstück beim Auseinanderfahren der Gesenke durch Auswerferdorne gegenüber dem Untergesenk angehoben wird, damit beiderseits des Werkstücks ein für das Kühlmittel zugänglicher Spalt entsteht und damit der Kontaktbereich mit dem Untergesenk so gering wie möglich ist, um einen allseitigen Kühlmittelzutritt und damit eine gleichmäßige Kühlung sicherzustellen. Das Kühlmittel ist insbesondere Wasser, das mit einem Schmierstoffzusatz versehen ist. Ein Schmierstoffzusatz, wie zum Beispiel Grafit oder ein grafitfreier, wassermischbarer Gesenkschmierstoff, unterstützt die Umformung des Werkstücks in der Gesenkpresse und trägt zur Reduzierung des Werkzeugverschleißes bei.

[0017] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich insbesondere dreidimensional geformte Panzerungsbauteile herstellen. Der Gradient der Abkühlung, also die Abkühlgeschwindigkeit des Werkstücks, lässt sich über die Eigenschaften des Kühlmittels und insbesondere über den Prozess der Werkzeugöffnung und die Haltezeiten im Werkstück sehr präzise einstellen.

[0018] Komplexe Werkzeuggeometrien können es notwendig machen, dass im Untergesenk Ablaufbohrungen vorzusehen sind, um Flüssigkeitsnester zu vermeiden, die bei wiederholten Schließbewegungen des Umformwerkzeugs stören würden.

[0019] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in schematischen Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Schnittdarstellung durch ein Umformwerkzeug mit eingelegtem Werkstück in Form einer härtbaren Platine aus Stahl;

Figur 2 das Umformwerkzeug der Figur 2 in geschlossenem Zustand und

Figur 3 das Umformwerkzeug der Figur 1 im teilweise geöffneten Zustand bei geflutetem Formhohlraum.

[0020] In Figur 1 ist stark vereinfacht ein Umformwerkzeug 1 einer nicht weiter dargestellten Gesenkpresse zu erkennen. Das Umformwerkzeug 1 besteht aus einem Obergesenk 2 und einem Untergesenk 3. Das Obergesenk 2 kann als Oberwerkzeug und das Untergesenk als

Unterwerkzeug bezeichnet werden. Zwischen den Gesenken 2, 3 befindet sich ein Werkstück 4 in Form einer Platine aus einem härtbaren Stahl. Aus dieser ebenen Platine sollen dreidimensional geformte Panzerungsbauerteile für Kraftfahrzeuge hergestellt werden. Die Platine bzw. das Werkstück 4 besitzt eine große Wanddicke von mehreren Millimetern.

[0021] In Figur 1 befindet sich das Umformwerkzeug 1 im geöffneten Zustand. Das Untergesenk 3 ist von einer Kühlmittelwanne 5 umgeben, in der sich ein Kühlmittel 6 befindet. Es handelt sich um Wasser mit einem Schmierstoffzusatz. Das Kühlmittel 6 wird in einem nicht näher dargestellten Prozess kontinuierlich gekühlt. Das Obergesenk 2 ist gegenüber dem Untergesenk 3 linear verlagerbar. Des Weiteren sind benachbart des Obergesenks 2 Verdrängerkörper 7 zu erkennen, die in das Kühlmittel 6 eintauchen können.

[0022] Vor dem Einlegen des Werkstücks 4 in das Umformwerkzeug 1 wurde das Werkstück 4 auf seinen Austenitisierungstemperaturbereich erwärmt, d.h. auf eine Temperatur oberhalb des Umwandlungspunktes AC3. Das warme Werkstück wird anschließend durch Absenken des Obergesenks 2 zu einer dreidimensionalen Geometrie umgeformt (Figur 2). Dadurch befindet sich das Werkstück 4 kurzzeitig vollflächig in Kontakt mit dem Obergesenk 2 und dem Untergesenk 3, wobei eine gewisse Wärmemenge vom Werkstück 4 auf die Gesenke 2, 3 übertragen wird. Hierdurch wird jedoch nicht die werkstoffspezifische kritische Abkühlgeschwindigkeit des Werkstücks 4 erreicht. Vielmehr wird das Umformwerkzeug 1 im nächsten Schritt einen Spalt weit geöffnet, so dass das Kühlmittel 6 in den Spalt 10, 11 zwischen den Gesenken 3, 4 einströmt (Figur 3). Durch die erheblich niedrigere Temperatur des Kühlmittels 6 gegenüber der Temperatur des Werkstücks 4 erfolgt eine gleichmäßige Härtung des gesamten Werkstücks 4, das beidseitig von dem einströmenden Kühlmittel 6 umschlossen ist.

[0023] In Figur 2 ist zu erkennen, dass der Kühlmittelspiegel 8 noch genauso niedrig ist wie in Figur 1, da die Verdrängerkörper 7 noch nicht in das Kühlmittel 6 eingetaucht sind. Dadurch kann das Kühlmittel noch nicht in den Formhohlraum 9 des Umformwerkzeugs 1 einströmen. In Figur 3 befinden sich die Verdrängerkörper 7 jedoch zumindest teilweise im Kühlmittel 6, so dass der Kühlmittelspiegel 8 so weit angestiegen ist, dass das Kühlmittel 6 in den Spalt 10 zwischen dem Untergesenk 3 und dem Werkstück 4 bzw. in den Spalt 11 zwischen dem Obergesenk 2 und dem Werkstück 4 einströmen kann.

[0024] In nicht näher dargestellter Weise werden die in den Figuren 2 und 3 dargestellten Schritte nach Bedarf wiederholt, bis die gewünschte Abkühlung des Werkstücks 4 erreicht worden ist. Anschließend wird das Werkstück 4 aus dem Umformwerkzeug 1 entnommen und der weiteren Verarbeitung zugeführt.

Bezugszeichen:

[0025]

- | | | |
|----|------|-------------------|
| 5 | 1 - | Umformwerkzeug |
| | 2 - | Obergesenk |
| | 3 - | Untergesenk |
| | 4 - | Werkstück |
| | 5 - | Kühlmittelwanne |
| 10 | 6 - | Kühlmittel |
| | 7 - | Verdrängerkörper |
| | 8 - | Kühlmittelspiegel |
| | 9 - | Formhohlraum |
| | 10 - | Spalt |
| 15 | 11 - | Spalt |

Patentansprüche

- | | | |
|----|----|--|
| 20 | 1. | Verfahren zum Pressformen und Härten eines Werkstücks aus Stahl in einer Gesenkpresse, wobei das Werkstück (4) auf seinen Austenitisierungstemperaturbereich erwärmt wird, anschließend zwischen ein Obergesenk (2) und ein Untergesenk (3) eines Umformwerkzeugs (1) der Gesenkpresse gelegt wird, nachfolgend das Werkstück (4) zwischen dem Obergesenk (2) und dem Untergesenk (3) warm umgeformt wird und anschließend durch unmittelbaren Kontakt mit einem Kühlmittel (6) innerhalb des Umformwerkzeugs (1) gehärtet wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Gesenke (2, 3) nach dem Umformen teilweise wieder auseinander gefahren werden und dass das Kühlmittel (6) durch den entstehenden Spalt (10, 11) zwischen den Gesenken (2, 3) und dem Werkstück (4) in den Formhohlraum (9) einströmt. |
| 25 | | |
| 30 | | |
| 35 | 2. | Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Umformwerkzeug (1) nach dem Auseinanderfahren der Gesenke (2, 3) und Abschrecken wieder geschlossen und das Werkstück (4) in dem Umformwerkzeug (1) ein weiteres Mal gepresst wird. |
| 40 | | |
| 45 | 3. | Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Auseinanderfahren der Gesenke (2, 3) zum Abschrecken und anschließendes Pressen mehrmals wiederholt wird, bevor das umgeformte und gehärtete Werkstück (4) aus dem Umformwerkzeug (1) entnommen wird. |
| 50 | | |
| 55 | 4. | Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das erwärmte Werkstück (4) oberhalb eines Kühlmittelspiegels (8) in den Formhohlraum (9) eingelegt wird und dass der Kühlmittelspiegel (8) zum Härten so weit angehoben wird, dass das Kühlmittel (6) beim Auseinanderfahren der Gesenke (2, 3) in den Formhohlraum (9) |

fließt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kühlmittelspiegel (8) durch Verdrängerelemente (7) angehoben wird, die in das Kühlmittel (6) eintauchen. 5
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kühlmittelspiegel (8) durch Kühlmittelzufuhr angehoben wird. 10
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstück (4) beim Auseinanderfahren der Gesenke (2, 3) durch Auswerferdorne gegenüber dem Untergesenk (3) angehoben wird. 15
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kühlmittel (6) Wasser mit einem Schmierstoffzusatz ist. 20
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 zur Herstellung eines dreidimensional geformten Panzerungsbauteils aus dem Werkstück (4). 25

30

35

40

45

50

55

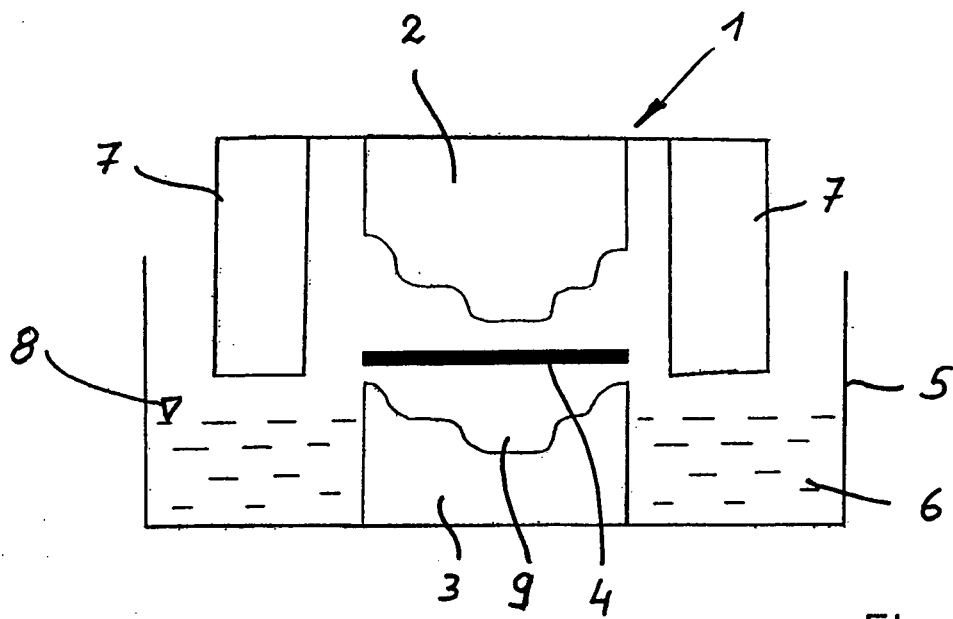


Fig. 1

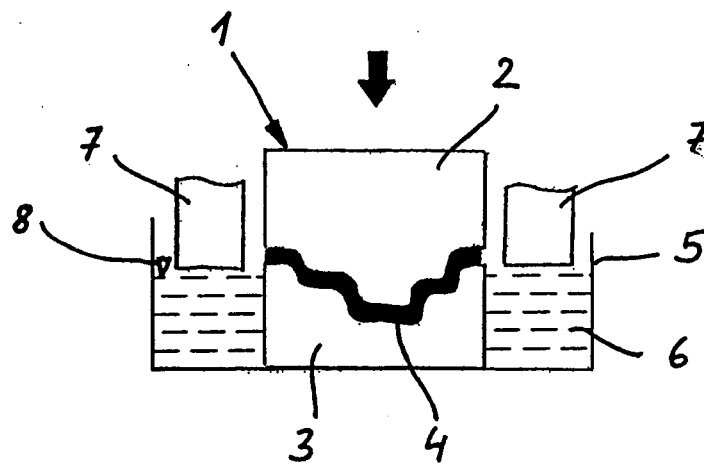


Fig. 2

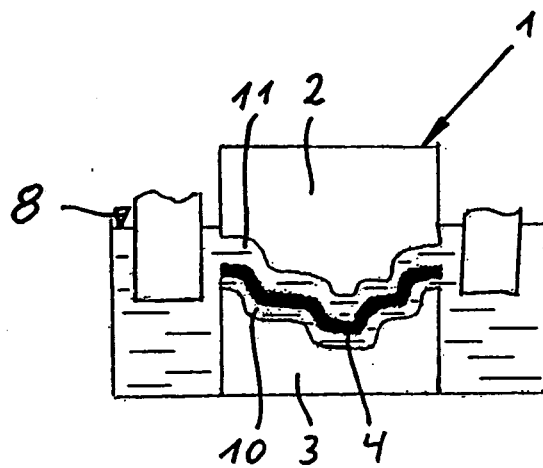


Fig. 3

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

- DE 2452486 C2 [0002]
- DE 102004006093 B3 [0005]
- DE 2603618 A [0006]