



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
05.02.2014 Patentblatt 2014/06

(51) Int Cl.:
B21J 5/10 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13178521.4**

(22) Anmeldetag: **30.07.2013**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(30) Priorität: **01.08.2012 DE 102012107041**

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

(72) Erfinder:
• **Dr. Stoll, Paul**
59399 Olfen (DE)
• **Dr. Krux, Rainer**
44379 Dortmund (DE)
• **Dr. Zemko, Michal**
97701 Brezno (SK)

(74) Vertreter: **Müller & Schubert**
Patentanwälte
Innere Wiener Straße 13
81667 München (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines metallischen Hohlblockes aus einem metallischen Block**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines metallischen Hohlblockes (10) aus einem erwärmten metallischen Block (1), mittels eines Lochungsvorgangs (beispielsweise unter Verwendung eines Lochdorns (4)). Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass zumindest an der Anlochseite (11) des Blockes (1) in zumindest einer Zone (110, 112) eine lokale Temperaturänderung bewirkt wird und die Zone zu der Mittelachse (M) des Blockes (1) rotationssymmetrisch ist.

trisch ist. Weiterhin wird eine Vorrichtung zur Herstellung eines metallischen Hohlblockes (10) aus einem metallischen Block (1) beschrieben, die eine Halterung (3) für den Block (1) aufweist und die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Vorrichtung zumindest eine Temperatureinstellungsvorrichtung bzw. ein Projektionselement (2) zur zumindest zonenweisen Temperaturänderung des Blockes (1) in der Halterung (3) umfasst, die auf eine Teilzone zumindest einer der Stirnseiten des Blockes (1) gerichtet ist.

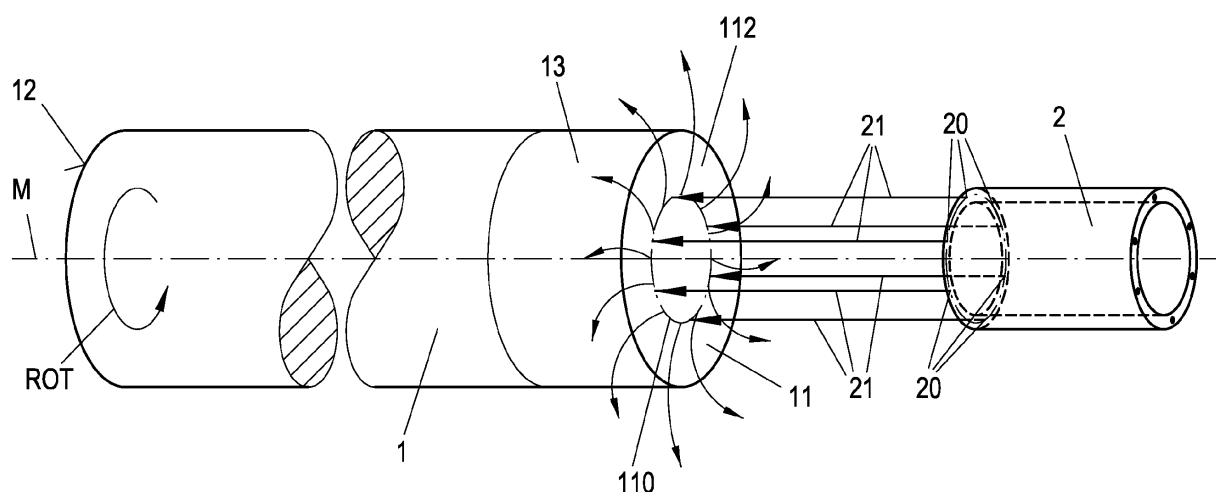


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung eines metallischen Hohlblockes aus einem metallischen Block mittels eines Lochungsvorgangs, beispielsweise mittels eines Lochdorns.

[0002] Zur Herstellung von Rohren, insbesondere von nahtlosen Rohren, ist es bekannt, einen Vollblock, der als Ausgangsmaterial dient, zu lochen und so einen Hohlblock zu erzeugen, der unmittelbar als Rohr verwendet werden kann oder weiteren Verarbeitungsschritten unterzogen werden kann. Insbesondere bei der Herstellung von Stahlrohren wird aus erwärmten massiven Stahlblöcken in einem einstufigen oder mehrstufigen, kontinuierlichen Walzprozess und insbesondere einem Umformaggregat zum Lochen von Blöcken, beispielsweise einem Schrägwalzwerk oder einer Lochpresse, zumeist unter Verwendung eines Lochdorns aus dem Vollmaterial ein Hohlblock erzeugt.

[0003] Als Ausgangsmaterial dient hierbei zumeist ein so genannter Rundblock. Die Blöcke werden vor dem Lochen in einem Ofen erwärmt, um die Fließspannung und folglich die Festigkeit im gesamten Block so weit abzusenken, dass der Blockwerkstoff beim anschließenden Lochungsvorgang möglichst gut umgeformt werden kann.

[0004] Insbesondere für die anschließende Herstellung eines metallischen Rohres aus dem Hohlblock ist eine möglichst homogene Wandstärkenverteilung von maßgeblicher, sehr großer Bedeutung. Im theoretischen Idealfall ist die Wandstärke an jeder Stelle des Hohlblockes identisch. Dieser Fall entspricht einer absoluten Exzentrizität $E_{\text{absolut}} = 0$ mm und folglich auch einer relativen Exzentrizität $E_{\text{relativ}} = 0$ %.

[0005] Die Exzentrizität von rohrförmigen Objekten ist definiert als der Abstand der Mittelpunkte von Außen- und Innenkreis des rohrförmigen Objektes. Die absolute Exzentrizität (in mm) beziehungsweise die relative Exzentrizität (in %) kann mit den folgenden Formeln (1) und (2) berechnet werden, wobei die Wandstärke des rohrförmigen Objektes mit "s" bezeichnet ist und die Indizes "max" beziehungsweise "min" die maximale beziehungsweise minimale Wandstärke des betreffenden Querschnitts bezeichnen:

$$E_{\text{absolut}} = \frac{(s_{\text{max}} - s_{\text{min}})}{2} \quad (1)$$

$$E_{\text{relativ}} = \frac{(s_{\text{max}} - s_{\text{min}})}{(s_{\text{max}} + s_{\text{min}})} * 100\% \quad (2)$$

[0006] Es besteht der Bedarf, bereits die Exzentrizität eines aus einem Block gefertigten Hohlblockes sehr gering zu halten.

[0007] Die bislang bekannten technischen Maßnahmen zur Herstellung von Hohlblöcken oder Rohren mit kleiner Exzentrizität basieren auf Änderungen der Anordnung beziehungsweise der Abstände zwischen den Werkzeugen. Beispiele für solche Maßnahmen sind in DE 3128055 C2, DE 3326946 C1, DE 4433397 C1 und EP 2067542 A1 beschrieben. Alternativ wird im Stand der Technik vorgeschlagen, zusätzliche oder andersartige Werkzeuge zu verwenden. Solche Verfahren sind beispielsweise in DE 473723, US 4803861, DE 19903974 A1, DE 3326946 C1, DE 4333284 C2 und DE 4433397 C1 beschrieben. Weiterhin wird die maschinelle Erzeugung von Vertiefungen oder Vorbohrungen auf der Mittelachse des Blockes vorgeschlagen. Dies ist beispielsweise in DE 3328269 A1, GB 1008709, DE 2635342 C2, US 4052874, GB 897015, DE 1247118 und GB 961796 beschrieben.

[0008] Diese Maßnahmen sind zumeist aufwändig, kostenintensiv und in vielen Fällen nicht hinreichend effektiv. Denn trotz dieser technischen Maßnahmen resultieren nicht selten Exzentrizitätswerte, die größer sind als 10 %. Eine zusätzlich oft verwendete Maßnahme nach dem Ende der Warmumformung ist das nachträgliche Abtrennen der Zonen mit erhöhter Exzentrizität innerhalb des Rohres, beispielsweise insbesondere der Enden des Rohres. Zur Bestimmung jener Länge des Rohrendes mit erhöhter Exzentrizität ist zunächst die Messung des Exzentrizitätsverlaufs entlang des Rohres und demzufolge erhöhter messtechnischer Aufwand erforderlich. Bei zu großen Exzentrizitätswerten im Rohr kann dies im Extremfall dazu führen, dass ein großer Teil des betreffenden Rohres oder sogar das gesamte Rohr Ausschuss ist.

[0009] Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine Lösung zu schaffen, bei der bereits während der Herstellung von Hohlblöcken die Exzentrizität auf einfache Weise und zuverlässig sehr gering gehalten werden kann.

[0010] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass diese Aufgabe gelöst werden kann, indem die Festigkeit des Blockes so eingestellt wird, dass diese den Verlauf der Lochung und insbesondere die Ausrichtung eines Lochungswerkzeuges im Block während des Lochungsvorgangs definiert und gegebenenfalls führt.

[0011] Gemäß einem ersten Aspekt wird die Aufgabe daher gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung eines metallischen Hohlblockes aus einem erwärmten metallischen Block, mittels eines Lochungsvorgangs. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass zumindest an der Anlochseite des Blockes in zumindest einer Temperaturänderungszone eine lokale Temperaturänderung bewirkt wird und die Temperaturänderungszone zu der Mittelachse des Blockes rotationssymmetrisch ist.

[0012] Als metallischer Block wird erfindungsgemäß vorzugsweise ein Metallblock aus niedriglegiertem oder unlegiertem Stahl verstanden. Allerdings können auch andere Metalle, wie beispielsweise Aluminium, verwendet werden. Der Metallblock oder metallische Block wird im Folgenden auch als Block bezeichnet. Als metallischer Hohlblock, der im Folgenden auch als Hohlblock bezeichnet wird, wird erfindungsgemäß ein aus einem Metallblock hergestelltes Objekt verstanden, das beispielsweise in einem nachfolgenden Verfahrensschritt als Ausgangsmaterial zur Herstellung von metallischen Rohren, insbesondere Stahlrohren in einem einstufigen oder mehrstufigen, kontinuierlichen Walzprozess mit einem oder mehreren Umformaggregaten dient. Zum Lochen des Blockes und folglich zum Erzeugen eines Hohlblockes wird erfindungsgemäß ein Umformaggregat verwendet, beispielsweise ein Schrägwalzwerk oder eine Lochpresse. Das Umformaggregat umfasst beispielsweise zumindest einen Lochdorn. Sofern im Folgenden auf einen Lochdorn Bezug genommen wird, gelten die formulierten Beschreibungen entsprechend auch für ein anderes Werkzeug eines Umformaggregates zum Lochen. Das Lochen des Blockes zum Erzeugen des Hohlblockes wird im Folgenden auch als Lochungsverfahren oder Lochungsvorgang bezeichnet.

[0013] Als Ausgangsmaterial, das heißt als Metallblock, kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ein so genannter Rundblock, das heißt ein Vollzylinder mit kreiszylindrischem oder näherungsweise kreiszylindrischem Querschnitt, dienen. Allerdings kann der Block auch eine andere, beispielsweise runde oder eckige, polygonartige Blockquerschnittskontur aufweisen. Der Block kann als vorumgeformter oder nicht-vorumgeformter Rundstrangguss mit einem näherungsweise konstanten Durchmesser vorliegen. Der Durchmesser des Rundblockes kann beispielsweise $D = 200$ mm betragen, und die Masse des Blockes kann beispielsweise $m = 100$ bis 1000 kg betragen. Der Block wird vorzugsweise in einem Ofen, beispielsweise einem Drehherdofen oder Hubbalkenofen, auf eine für die spätere Umformung geeignete Temperatur erwärmt. Bei niedriglegierten oder unlegierten Stählen wird der Block auf eine Temperatur von beispielsweise $T = 1300$ °C oder $T = 1200$ °C erwärmt.

[0014] Zumindest an der Anlochseite des Metallblockes wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren in zumindest einer Temperaturänderungszone eine lokale Temperaturänderung bewirkt. Als Anlochseite wird hierbei jene Seite des Blockes und später auch des Hohlblockes bezeichnet, an der die Lochung beginnt.

[0015] Als Zone, in der eine Temperaturänderung bewirkt wird, wird der Bereich des Blockes verstanden, in dem die Temperaturänderung bewirkt wird. Dieser Bereich beziehungsweise diese Zone wird daher auch als Temperaturänderungszone bezeichnet. Die lokale Temperaturänderung erfolgt vorzugsweise in einer Temperaturänderungszone der Anlochseite, die die Stirnseite des Blockes umfasst. Die Temperaturänderungszone erstreckt sich hierbei vorzugsweise über die Stirnfläche des Blockes hinaus über eine gewisse Länge in Axialwärtsrichtung des Blockes.

[0016] Der Block wird, wie zuvor beschrieben, vor dem Lochen beispielsweise in einem Ofen erwärmt und wird somit als erwärmter Block für das Verfahren verwendet. Durch die Erwärmung des Blockes wird die Fließspannung und folglich die Festigkeit im gesamten Block so weit herabgesetzt, dass der Blockwerkstoff beim anschließenden Lochungsvorgang möglichst gut umgeformt werden kann. Hierbei wird angestrebt, eine im gesamten Block möglichst homogene Temperaturverteilung zu erzeugen. Erfindungsgemäß wird eine lokale Temperaturänderung vorgenommen.

[0017] Als lokale Temperaturänderung wird hierbei eine Temperaturänderung bezeichnet, die nur an einem Teil des Blockes auftritt. Die Temperaturänderungszone, in der die Temperaturänderung auftritt, besitzt daher eine andere Temperatur als die weiteren Teile des Blockes, insbesondere als die an die Temperaturänderungszone angrenzenden Teile des Blockes. Besonders bevorzugt tritt die lokale Temperaturänderung zumindest an einer Oberfläche des Blockes auf. Besonders bevorzugt tritt die lokale Temperaturänderung an einer oder beiden Stirnflächen des Blockes auf. Zusätzlich kann sich die lokale Temperaturänderung aber auch über die Stirnfläche hinweg in axialer Richtung über einen Teil der Länge des Blockes erstrecken.

[0018] Die Temperaturänderungszone, in der die lokale Temperaturänderung bewirkt wird, beinhaltet vorzugsweise nur einen Teil der Oberfläche des Blockes und erstreckt sich weiter bevorzugt nur über einen Teil der Länge des Blockes. Insbesondere beinhaltet die Temperaturänderungszone, in der die Temperaturänderung bewirkt wird, nur einen Teil einer der Stirnflächen oder beider Stirnflächen des Blockes und einen an die jeweilige Stirnfläche angrenzenden Teil der Länge des Blockes. Die Temperaturänderungszone erstreckt sich hierbei in dem an die Stirnfläche angrenzenden Teil der Länge des Blockes nur über einen Teil des Querschnitts des Blockes. Bei einer Temperaturänderungszone, die in der Stirnfläche des Blockes am Umfang der Stirnfläche liegt, erstreckt sich die Temperaturänderungszone beispielsweise über einen Teil der Länge der Mantelfläche des Blockes.

[0019] Durch die Temperaturänderungszone, die erfindungsgemäß erzeugt wird, werden auf der Oberfläche und auch im Inneren des Blockes unterschiedliche Temperaturzonen gebildet, das heißt Bereiche deren Temperaturen sich voneinander unterscheiden. Eine der gebildeten Temperaturzonen entspricht der Temperaturänderungszone, während die weitere oder die weiteren Temperaturzonen durch eine Ausgangstemperatur des Blockes vor der Temperaturänderung

bestimmt werden. In diese weiteren Temperaturzonen kann dann beispielsweise die Temperatur vorliegen, die der Block nach dem anfänglichen Erwärmen aufgewiesen hat.

[0020] Das Bewirken der lokalen Temperaturänderung erfolgt vorzugsweise durch Einwirken auf einen Teil der Oberfläche des Blockes. Das Einwirken, das später genauer beschrieben wird, ist dabei vorzugsweise auf einen Teil der Stirnfläche und gegebenenfalls zusätzlich auf einen Teil der Länge der angrenzenden Mantelfläche des Blockes beschränkt. Das Einwirken ist vorzugsweise ein aktives Einwirken auf die Oberfläche des Blockes. Somit unterscheidet sich das Bewirken der lokalen Temperaturänderung von passiven Temperaturänderungen, die beispielsweise durch Kühlung in der Umgebung auftreten.

[0021] Dies bedeutet, dass nur auf einen Teil einer Oberfläche des Blockes, vorzugsweise einen Teil der Stirnfläche des Blockes eingewirkt wird. Die erfindungsgemäße Temperaturänderung unterscheidet sich somit von Wärmebehandlungen des Blockes, wie dem Erwärmen oder Abschrecken, bei denen die gesamte Oberfläche einer Temperaturänderung unterzogen wird.

[0022] Aufgrund verschiedener Einflussgrößen resultiert insbesondere bei herkömmlichen Verfahren eine nicht vollständig homogene Temperaturverteilung im Block, das heißt die Temperaturen innerhalb eines Blockes unterscheiden sich um beispielsweise 10 bis 60 Kelvin. Diese Temperaturunterschiede sind die nachteilige Folge einer naturgemäß niemals ideal homogenen Erwärmung. Demzufolge liegt eine prinzipiell mehr oder weniger inhomogene Temperaturverteilung und folglich eine prinzipiell inhomogene Festigkeitsverteilung im Block vor. Diese Inhomogenität der Temperaturverteilung ist bei Anwendung der bislang bekannten technischen Lösungen unterschiedlich stark ausgeprägt hinsichtlich der Größe und der Art der Temperaturverteilung. Zudem ist diese Inhomogenität der Temperaturverteilung nicht hinreichend präzise einstellbar.

[0023] Auch eine nur sehr geringe Inhomogenität der Festigkeitsverteilung im Block kann aber deutlich ausgeprägte Qualitätsmängel des rohrförmigen Produktes verursachen. Insbesondere Festigkeitsdifferenzen beziehungsweise Festigkeitsfluktuationen in der Stirnfläche des Blockes infolge der stochastisch-inhomogenen Temperaturverteilung können den Lochungsvorgang, insbesondere während der ersten Phase des Lochungsprozesses - der sogenannten Anlochphase - stark beeinflussen.

[0024] Als Folge der Festigkeitsinhomogenitäten im Block zusammen mit Inhomogenitäten der Blockgeometrie, beispielsweise Abweichungen von der idealen Kreisgeometrie des Blockquerschnitts, kann es anschließend im Walzgut, im Hohlblock beziehungsweise in der gefertigten Rohrluppe zur Entstehung von Qualitätsmängeln und insbesondere von Maßabweichungen kommen, beispielsweise zu einer erhöhten Exzentrizität.

[0025] Die Exzentrizität wird durch mehrere physikalische Einflussgrößen, wie beispielsweise die Festigkeit und damit das Formhaltevermögen eines für das Lochen verwendeten Werkzeuges, insbesondere des Lochdorns und dessen Länge, beeinflusst. Zudem wird die Exzentrizität auch durch die Eigenschaften des Blockes, insbesondere die Verteilung der Eigenschaften im Block beeinflusst. Von besonderer Bedeutung sind hierbei die Temperaturverteilung und Festigkeitsverteilung im Block.

[0026] Mit der vorliegenden Erfindung wird durch die lokale Temperaturänderung einer Zone des Blockes, die zu der Mittelachse des Blockes rotationssymmetrisch ist, eine gradierte und rotationssymmetrische Temperaturverteilung in zumindest der Stirnfläche der Anlochseite des Blockes erzeugt. Damit geht eine gradierte und rotationssymmetrische Festigkeitsverteilung in zumindest der Stirnfläche der Anlochseite des Blockes einher. Der auf diese Weise hergestellte Hohlblock weist dadurch im Vergleich zu einem herkömmlich hergestellten Hohlblock eine sehr homogene Wanddickenverteilung und folglich eine sehr geringe Exzentrizität auf.

[0027] Da bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Temperaturänderung zumindest an der Anlochseite und vorzugsweise in der so genannten Anlochzone des Hohlblockes bewirkt wird, ist die Verringerung der Exzentrizität des beim Lochungsvorgang hergestellten Hohlblockes, und zwar vorrangig während der ersten Phase des Lochungsprozesses, die auch als Anlochphase bezeichnet wird, möglich. Als Anlochzone wird erfindungsgemäß die Stirnfläche an der Anlochseite des Blockes, sowie ein sich an diese Stirnseite, die auch als Anlochfläche bezeichnet werden kann, anschließender Teil der Länge des Blockes bezeichnet. Der Teil der Länge des Blockes, der der Anlochzone zugerechnet wird, weist eine Länge auf, die geringer ist, als die Länge des Blockes. Beispielsweise beträgt die Länge des Teils des Blockes, der zu der Anlochzone gehört, vorzugsweise maximal 1/3 oder maximal 1/4 der Gesamtlänge des Blockes.

[0028] Durch die Verringerung der Exzentrizität eines auf diese Weise gefertigten Hohlblockes ergibt sich ebenfalls eine vorteilhafte Exzentrizitätsverteilung in den daraus gefertigten weiteren Umformstufen bis zum fertigen Rohr. Der wesentliche technische Nachteil einer großen Exzentrizität des Walzgutes beziehungsweise des fertigen Rohres ist, dass die damit einhergehenden einseitig geringen Wandstärken in betreffenden exzentrischen Querschnitten zu einer einseitigen, inhomogenen, asymmetrischen Beanspruchungsverteilung führen und im Extremfall, das heißt bei einer zu geringen Wandstärke, zu einer Überbeanspruchung des betreffenden Querschnitts führen. Eine zu große Exzentrizität bedeutet entweder deutlich erhöhten Nachbearbeitungsaufwand oder sogar den Ausschuss des rohrförmigen Produktes.

[0029] Mit der vorliegenden Erfindung wird es möglich, bei der Herstellung von Hohlblöcken und im Weiteren von Präzisionsrohren, die Exzentrizität möglichst gering zu halten, im theoretischen Idealfall auf identisch Null ($E_{\text{relativ}} = 0\%$). In der herkömmlichen Fertigungspraxis sind die Anforderungen an die Exzentrizität auf ein realisierbares Maß

begrenzt und entsprechenden Qualitätsklassen zugeordnet, so dass Exzentrizitäten von beispielsweise $E_{\text{relativ}} < 10 \%$ erlaubt sind. Eine typische Größenordnung der relativen Exzentrizität in der Anlochzone des Blockes liegt bei etwa $E_{\text{relativ}} = 10 \%$ oder größer. Beim Durchlauf aller Fertigungsstufen nach dem Schrägwalzlochen beziehungsweise Lochpressen ändert sich die Exzentrizität in gewissen Grenzen. Der Lochungsvorgang, beispielsweise Schrägwalzlochen beziehungsweise Lochpressen, ist hierbei ein Umformvorgang bei der Rohrfertigung, der die Exzentrizität maßgeblich beeinflusst.

[0030] Alle derzeit bekannten technischen Verfahren sind grundsätzlich nur bedingt geeignet, die Exzentrizität in der Anlochzone des Blockes reproduzierbar auf ein sehr kleines Maß ($E_{\text{relativ}} < 2$ bis 3%) zu bringen. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann die Exzentrizität im Vergleich zu den bislang bekannten technischen Verfahren deutlich verringert werden. Die erzielbare Größenordnung der Verbesserung der Exzentrizität beträgt, je nach Größe und Verlauf der Exzentrizität im Referenzhohlblock, beispielsweise Faktor 2 oder größer.

[0031] Die Materialfestigkeit (Fließspannung) von Stahlwerkstoffen ist stark abhängig von der Temperatur. Erfindungsgemäß wird daher die Festigkeitsverteilung im Blockmaterial durch gezieltes Einstellen einer Temperaturverteilung beeinflusst. Die Abhängigkeit der Fließspannung von der Formänderungsgeschwindigkeit schränkt die Wirksamkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens nicht ein, da die Formänderungsgeschwindigkeit im allgemeinen Fall näherungsweise unverändert bleibt. Da sich bei der Änderung der Temperatur des Materials des Blockes auch dessen Festigkeit ändert, kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren durch die gezielte Temperaturänderung in zumindest der Stirnfläche der Anlochseite und die damit erzielte Temperaturverteilung in der Stirnfläche des Blockes eine gradierte, rotationssymmetrische Festigkeitsverteilung von außen durch lokale Abkühlung und/oder lokale Erwärmung erzeugt werden. Vorzugsweise wird in der außen liegenden ringförmigen Temperaturänderungszone der Stirnfläche (das heißt dem äußeren Bereich der Stirnfläche, der auch als äußere Temperaturzone bezeichnet wird) des Blockes eine deutlich niedrigere Temperatur erzeugt als in der Zentrumszone, die auch als innere Temperaturzone bezeichnet wird, in der unmittelbaren Umgebung der Mittelachse des Blockes, die auch als Hauptachse oder Zentrumsachse des Blockes bezeichnet werden kann.

[0032] Als Werkzeug und insbesondere Innenwerkzeug des Umformaggregates für den Lochvorgang kann erfindungsgemäß ein Lochdorn verwendet werden. Der Lochdorn kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren beispielsweise aufgrund einer erhöhten Temperatur in der Mitte der Stirnfläche der Anlochseite leichter in die dort gebildete Temperaturzone eindringen. Da die Temperatur in diesem Fall in der umgebenden Temperaturzone geringer ist und daher die Festigkeit in der umgebenden Zone höher ist, wird der Lochdorn automatisch zentriert. Zusätzlich oder alternativ zu einer Erwärmung in der Mitte der Stirnseite der Anlochseite kann daher auch die eine innere Temperaturzone hoher Temperatur umgebende äußere Temperaturzone gekühlt werden, das heißt die Temperatur in dieser Zone abgesenkt werden. Auf diese Art wird die Zentrierwirkung zusätzlich verstärkt.

[0033] Die durch die Temperaturverteilung maßgeblich beeinflusste Festigkeitsverteilung verbessert die Zentrierwirkung daher speziell während der ersten Phase des Lochungsvorgangs (das heißt beim so genannten "Anlochen"), indem sich der Block über eine "Selbstzentrierung" relativ zum Lochdorn ausrichtet.

[0034] Unter "Anlochen" ist die erste Phase des Lochungsvorgangs zu verstehen, das heißt jenes Zeitintervall vom ersten Kontakt des Lochdorns mit dem Block (beziehungsweise kurz vorher) bis zur stationären Phase des Lochungsvorgangs.

[0035] Unter "Anlochzone" ist jene Zone im Block zu verstehen, die beim Lochungsvorgang zuerst gelocht wird, das heißt die vordere Zone des Blockes. Diese Zone ist streng genommen nicht exakt geometrisch definiert, sondern stellt nur eine relativ unscharf umschriebene Zone dar. Bei üblichen Blockdurchmessern von etwa $D = 200 \text{ mm}$ umfasst die Anlochzone beispielsweise etwa die erste Intervalllänge von 500 mm entlang der Mittelachse des Blockes, beginnend an der vorderen Stirnfläche des Blockes. Als Anlochseite des Blockes wird jene Seite des Blockes bezeichnet, in der die Stirnfläche liegt, über die der Lochdorn zuerst mit dem Block in Kontakt kommt.

[0036] Unter "Selbstzentrierungswirkung" ist hier der Effekt zu verstehen, dass sich der Block während des Lochungsvorgangs - ohne zusätzliche äußere Einflussnahme - beim plastischen Umformen über das Innenwerkzeug (hier: Lochdorn) selbst über das grundlegende mechanische Prinzip "Actio = Reactio" relativ zum Innenwerkzeug nahezu zentrisch (das heißt mit nur sehr geringem seitlichen Versatz) ausrichtet, dies während des Anlochens des Blockes.

[0037] Ein wesentlicher Unterschied des erfindungsgemäßen Verfahrens im Vergleich zu bislang bekannten, herkömmlichen Maßnahmen oder Lösungsansätzen zur Verringerung der Exzentrizität ist, dass die Zentrierung mit Hilfe der Temperaturverteilung und folglich mit Hilfe der Festigkeitseigenschaften im zu lochenden Block erzielt wird.

[0038] Der wesentliche Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist, dass eine präzise und reproduzierbare Zentrierung des Lochdorns während des Lochungsvorgangs erzielt werden kann. Auf diese Weise kann die Exzentrizität des Hohlblockes beziehungsweise des rohrförmigen Produktes gegenüber herkömmlichen Verfahren beziehungsweise Maßnahmen deutlich verringert werden. Indem die Temperaturänderungszone, in der eine Temperaturänderung bewirkt wird, erfindungsgemäß zu der Mittelachse des Blockes rotationssymmetrisch ist, wird die Zentrierwirkung maßgeblich unterstützt.

[0039] Indem mit der vorliegenden Erfindung die Exzentrizität in dem Hohlblock im Vergleich zu herkömmlichen Ver-

fahren maßgeblich verringert und damit verbessert werden kann, weist die Erfindung deutliche Vorteile auf.

[0040] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann ein Hohlblock mit sehr homogener Wanddickenverteilung und folglich mit einer sehr geringen Exzentrizität hergestellt werden. Auf diese Weise kann die Herstellung eines Hohlblockes insbesondere auch besser reproduzierbar und sehr präzise erfolgen.

[0041] Da ein solcher Hohlblock beispielsweise als Vorstufe für ein nahtloses Rohr verwendet werden kann, eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung rohrförmiger Vorstufen bei der Herstellung eines nahtlosen Rohres mit sehr homogener Wanddickenverteilung und folglich mit einer sehr geringen Exzentrizität. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann ein Hohlblock mit geringen Schwankungen der Exzentrizität entlang des Hohlblockes hergestellt werden, und es können die qualitativen und quantitativen Schwankungen der Exzentrizitätsverläufe zwischen verschiedenen, nacheinander produzierten Hohlblöcken deutlich verringert werden.

[0042] Durch das Verhindern kritischer, zu großer Exzentrizitäten können große Ausschussmengen beziehungsweise große Aufwände für das Nachbearbeiten der Hohlblöcke beziehungsweise der rohrförmigen Produkte und die damit verbundenen höheren Kosten deutlich reduziert beziehungsweise sogar vollständig verhindert werden.

[0043] Hohlblöcke, die gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wurden, können insbesondere auch für die Herstellung von Präzisionsrohren verwendet werden, da insbesondere die technischen Anforderungen an die geometrischen Eigenschaften (beispielsweise an die Gleichmäßigkeit der Wanddickenverteilung und der Exzentrizitätsverteilung) von Präzisionsrohren vergleichsweise hoch sind.

[0044] Gemäß einer Ausführungsform wird die Temperaturänderung in einer Temperaturänderungszone bewirkt, die radial zu der Mittelachse des Blockes beabstandet ist. Diese radial zur Mittelachse des Blockes beabstandete Temperaturänderungszone kann beispielsweise bis zur Außenkontur des Blockes reichen. Diese Ausführungsform ist von besonderem Vorteil, da neben der gezielten Temperaturänderung an der Stirnfläche selber auch über die Länge des Blockes eine Temperaturänderung gezielt eingestellt werden kann. Beispielsweise kann hierbei die Temperaturänderung durch Einwirken auf einen Teil der Länge der Mantelfläche des Blockes erfolgen, der an die Stirnseite des Blockes angrenzt.

[0045] Gemäß einer Ausführungsform ist die Temperaturänderung, die in zumindest einer Temperaturänderungszone zumindest an der Anlochseite des Blockes bewirkt wird, eine Temperatursenkung. Wie bereits erwähnt, wird durch die Temperatursenkung eine Festigkeitssteigerung gegenüber weiteren Temperaturzonen im Block erzielt und damit eine Zentrierung und/oder Führung des Lochdorns bewirkt. Eine solche Temperatursenkung oder gezielte Abkühlung einer Temperaturänderungszone des Blockes kann beispielsweise erreicht werden mittels eines oder mehrerer der folgenden Verfahren:

- a) Applizieren von flüssigen Medien, beispielsweise Wasser, vorzugsweise als zusammenhängender Wasserstrahl,
- b) Applizieren von gasförmigen Medien, beispielsweise Wasserdampf, oder
- c) durch Festkörperkontakt in Form beispielsweise einer Projektionsmaske.

[0046] Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst die Temperaturänderungszone, in der die lokale Temperaturänderung bewirkt wird, die Mittelachse des Blockes und die Temperaturänderung ist eine Temperaturerhöhung. Diese Temperaturänderungszone wird auch als innere Temperaturzone bezeichnet. Bei einem Blockdurchmesser von 210 mm kann diese Temperaturzone beispielsweise einen Durchmesser von 40 mm aufweisen. Der Durchmesser der inneren Temperaturzone, die die Temperaturänderungszone darstellt, das heißt in der die Temperatur geändert wird, kann erfindungsgemäß beispielsweise 25%, vorzugsweise 20% des Blockdurchmessers betragen. Der Durchmesser des beispielsweise axialsymmetrischen Werkzeuges (beispielsweise eines Lochdorns), das in diese innere Temperaturzone eingeführt wird und in der ersten Prozessphase des Lochungsvorgangs mit dem Blockwerkstoff in Kontakt kommt, kann beispielsweise 30 mm betragen. Der Durchmesser des axialsymmetrischen Werkzeuges (beispielsweise eines Lochdorns) in jener Zone des Werkzeuges, der in einer späteren Prozessphase des Lochungsvorgangs mit dem Blockwerkstoff in Kontakt kommt, kann beispielsweise 130 mm betragen. Die Temperatur nahe der Mittelachse des Blockes und somit im Zentrum der inneren Temperaturzone kann beispielsweise bis 1200 °C betragen und die Temperatur in der äußeren Temperaturzone in der Nähe der Mantelfläche des Blockes beispielsweise 950 °C. Diese Abmessungen und Temperaturen stellen lediglich Beispiele dar und sind daher nicht beschränkend bezüglich der erfindungsgemäßen Idee. Die Temperaturdifferenz, die zwischen der Außenseite des Blockes und der Mittelachse eingestellt wird, das heißt die Differenz zwischen einer inneren Temperaturzone und einer äußeren Temperaturzone kann beispielsweise 40%, vorzugsweise 20% der Temperatur der Temperaturzone mit der höchsten Temperatur betragen.

[0047] Bei der Ausführungsform, bei der eine innere Temperaturzone mit erhöhter Temperatur erzeugt wird, wird somit an der Eintrittsstelle eines Werkzeuges und insbesondere eines Lochdorns, die im Regelfall im Zentrum auf der Stirnfläche liegt und damit die Mittelachse des Blockes umfasst, die Festigkeit des Blockmaterials verringert und das Einführen des Werkzeuges, insbesondere des Lochdorns, in den Block erleichtert. Zudem kann die Temperaturerhöhung auch derart groß gewählt werden, dass aufgrund dieser erhöhten Temperatur das Blockmaterial in der Temperaturänderungszone aufgeschmolzen wird und somit vor dem Kontakt mit dem Werkzeug, insbesondere des Lochdorns, von der Stirn-

seite des Blockes entfernt werden kann.

[0048] Die erfindungsgemäß bewirkte Temperaturänderung erfolgt vorzugsweise durch eine äußere Einflussnahme auf den Block. Die äußere Einflussnahme wird auch als Einwirken bezeichnet. Das Einwirken erfolgt erfindungsgemäß nur auf einen Teil der Oberfläche des Blockes. Zum Einwirken kann beispielsweise ein Strahl auf einen Teil der Oberfläche des Blockes gerichtet werden. Der Strahl kann einen Medienstrahl darstellen oder ein Strahl von elektromagnetischen Wellen sein.

[0049] Gemäß einer Ausführungsform erfolgt die lokale Temperaturänderung durch Einwirken auf einen Teil einer der Stirnseiten des Blockes. Bei dieser Ausführungsform wird die Temperaturänderungszone ausschließlich von der Stirnfläche des Blockes ausgebildet. Beim Einwirken auf einen Teil der Stirnfläche des Blockes wird zumindest ein weiterer Teil der Stirnfläche durch das Einwirken nicht unmittelbar beeinflusst. Wird beispielsweise ein Strahl auf den Randbereich der Stirnfläche gerichtet, so wird die Temperaturänderungszone im Randbereich der Stirnfläche gebildet. In der Mitte der Stirnfläche, das heißt im Bereich der Mittelachse des Blockes hingegen wird die vorher eingestellte Temperatur weitestgehend erhalten bleiben. Durch Einwirken auf einen Teil der Stirnfläche des Blockes kann somit eine Temperaturverteilung über die Stirnfläche des Blockes, insbesondere der Anlochfläche und der Anlochzone, exakt eingestellt werden. Ein solch exaktes Einstellen der Temperaturverteilung in der Stirnfläche und der Anlochzone ist bei einem ausschließlichen Einwirken auf die Mantelfläche des Blockes nicht reproduzierbar einstellbar. Die Stirnfläche des Blockes, auf die durch Einwirken eine lokale Temperaturänderung bewirkt wird, kann zusätzlich zu der Anlochfläche auch die Durchlochfläche sein.

[0050] Gemäß einer weiteren Ausführungsform erfolgt die lokale Temperaturänderung durch Einwirken auf einen Teil einer der Stirnflächen des Blockes und auf ein an diese Stirnfläche angrenzendes Teilstück der Länge der Mantelfläche des Blockes, wobei die Länge des Teilstücks der Mantelfläche geringer ist als die Länge des Blockes. Bei dieser Ausführungsform stellt vorzugsweise der Randbereich der Stirnfläche des Blockes die Temperaturänderungszone dar. Bei dieser Ausführungsform kann die Länge der Temperaturänderungszone durch das zusätzliche Einwirken auf die Mantelfläche des Blockes gegenüber einem reinen Einwirken auf einen Teil der Stirnfläche vergrößert werden.

[0051] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform erstreckt sich die Temperaturänderungszone, in der eine Temperaturänderung bewirkt wird, über maximal $1/3$, insbesondere maximal $1/4$ der Länge des Blockes. Hierdurch kann zum einen beispielsweise in der Anlochzone die gewünschte Temperaturverteilung, die zu einem Zentrieren eines Lochdorns führt, eingestellt werden, der weitere Bereich des Blockes weist aber weiterhin eine homogene Temperaturverteilung auf, wodurch eine gleichmäßige Umformung nach der Einführung des Lochdorns gewährleistet werden kann.

[0052] Gemäß einer Ausführungsform wird vorzugsweise ein Medienstrahl auf einen Teil der Anlochseite, insbesondere der Anlochfläche, und gegebenenfalls zusätzlich auf einen Teil der Durchlochseite, insbesondere der Durchlochfläche, des Blockes gerichtet. Hierdurch kann ein gezieltes Einstellen einer Temperaturverteilung an der betreffenden Stirnseite des Blockes gewährleistet werden. Alternativ oder zusätzlich kann zu der Beaufschlagung eines Teils der Stirnseite (oder der beiden Stirnseiten) des Blockes mit einem Medienstrahl auch ein Teil der Länge der Mantelfläche des Blockes mit einem Medienstrahl beaufschlagt werden. Insbesondere kann diese Beaufschlagung in der Anlochzone des Blockes und/oder in der Durchlochzone zu einer Temperatursenkung an der Mantelfläche genutzt werden, um eine Führung des Werkzeuges, insbesondere des Lochdorns, zu erzielen. Alternativ zur Beaufschlagung mit einem Medienstrahl kann erfindungsgemäß auch eine Temperaturänderung durch Änderung der Umgebungsbedingungen erfolgen. So kann beispielsweise eine Projektionsmaske oder ein Kühlring vor einen Teil der Stirnfläche gebracht oder um einen Teil der Länge der Mantelfläche herum angeordnet werden, so dass eine Senkung der Temperatur des Blockmaterials mittels Konvektion erzielt wird.

[0053] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform stellt der metallische Block einen Rundblock dar. Bei dieser Blockform können die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens besonders vorteilhaft genutzt werden, da bei solchen Blöcken in der Regel ein Hohlblock hergestellt wird, der eine über den Umfang homogene Wandstärke aufweisen soll, um später zu Rohren weiterverarbeitet zu werden. Somit sind die Temperaturänderungszonen, in denen erfindungsgemäß eine Temperaturänderung vorgenommen werden soll, in Umfangsrichtung des Blockes gleichbleibend. Das Einstellen einer gewünschten Temperatur und demzufolge einer gewünschten Temperaturverteilung ist bei einer solchen Form von Temperaturänderungszonen leichter zu gewährleisten.

[0054] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird der Block zumindest vor dem Bewirken und/oder während des Bewirkens der lokalen Temperaturänderung um seine eigene Mittelachse rotiert.

[0055] Das Rotieren des Blockes um seine Mittelachse, die auch als die Hauptachse oder Zentrumsachse des Blockes bezeichnet werden kann, vor dem Lochungsvorgang bewirkt insbesondere, dass der Block für die anschließende Temperaturänderung und insbesondere Einstellung einer Temperaturverteilung auf der Stirnfläche bezüglich der Mittelachse des Blockes zentriert wird. Auf diese Weise können dann auch Projektionselemente, die auch als Temperatureinstellungsvorrichtungen bezeichnet werden können, zu der Mittelachse des Blockes zuverlässig ausgerichtet werden und das Erzeugen rotationssymmetrischer Temperaturzonen kann gewährleistet werden.

[0056] Ein Rotieren des Blockes um seine Mittelachse während des Bewirkens der lokalen Temperaturänderung kann insbesondere dazu genutzt werden, Blockmaterial, das durch eine Temperaturerhöhung geschmolzen wurde oder Kühl-

mittel, das auf die Stirnfläche aufgebracht wurde, von der Stirnfläche des Blockes aufgrund der bei der Rotation entstehenden Fliehkraftwirkung zu entfernen.

[0057] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt das Bewirken der Temperaturänderung durch Projizieren zumindest eines Strahls auf eine der Stirnseiten des Blockes, und es wird vorzugsweise ein Projektionselement zum Projizieren verwendet, das zu dem Block beabstandet angeordnet ist.

[0058] Unter "Projizieren" ist hier insbesondere das Übertragen einer Temperaturverteilung auf die Stirnfläche des Blockes durch gezielte Abkühlung oder Erwärmung von außen (von einem Referenzobjekt) in beispielsweise orthogonaler Richtung auf die Stirnfläche zu verstehen.

[0059] Das Projizieren soll vorzugsweise im Bereich der vorderen Stirnfläche, das heißt der Anlochfläche, und gegebenenfalls auch im Bereich der hinteren Stirnfläche, das heißt der Durchlochfläche, erfolgen. Als Projektionselement wird eine Vorrichtungskomponente bezeichnet, durch die zumindest ein Strahl auf eine der Stirnflächen des Blockes gerichtet und übertragen werden kann. Der Strahl kann ein Medienstrahl sein, das heißt ein Medium, wie beispielsweise Luft oder Wasser, umfassen. Alternativ ist es aber auch möglich, dass der Strahl einen Strahl elektromagnetischer Wellen darstellt.

[0060] Indem das Projektionselement zu dem Block beabstandet vorgesehen ist, kann der Block auch während des Bewirkens der Temperaturänderung bewegt, beispielsweise um dessen Mittelachse gedreht oder permanent rotiert werden. Darüber hinaus ist die Verwendung eines beabstandeten Projektionselementes von Vorteil, da dieses nach dem Projizieren relativ einfach von der Position auf der Mittelachse des Blockes zu einer anderen Position bewegt werden kann und somit folglich der Raum geschaffen wird, um beispielsweise den Lochdorn oder ein anderes Werkzeug an dieser Stelle vor der Stirnfläche des Blockes zu positionieren.

[0061] Durch die Verwendung des so genannten Projektionselementes kann über den hiermit auf den Block gerichteten Strahl die Temperaturverteilung und damit die Festigkeitsverteilung insbesondere auf der Stirnfläche des Blockes gezielt beeinflusst werden.

[0062] Vorzugsweise umfasst das Projektionselement mindestens ein Düsenelement. Die Düsenelemente sind an dem Projektionselement entsprechend der Temperaturänderungszone angeordnet, deren Temperatur durch den Strahl geändert werden soll. Vorzugsweise sind die Düsenelemente somit ringförmig angeordnet, oder das Projektionselement umfasst eine einzige ringförmige Düse. Das daraus resultierende ringförmige Projektionselement wird vorzugsweise bezüglich der Mittelachse des Blockes zentrisch ausgerichtet. Die Düsen des Düsenelementes sind dabei so ausgerichtet, dass diese einen Strahl parallel zu der Mittelachse des Blockes und damit auch parallel zu der Mittelachse des Projektionselementes abgeben. Somit kann insbesondere eine ringförmige Temperaturänderungszone im Abstand zu der Mittelachse mit dem Strahl oder den Strahlen beaufschlagt werden und so insbesondere eine definierte Verringerung der Temperatur in dieser Temperaturänderungszone erzielt werden. Die Temperaturänderungszone ist dabei zu der Mittelachse des Blockes rotationssymmetrisch.

[0063] Gemäß einer Ausführungsform wird zumindest ein Kühlmittelstrahl und insbesondere bevorzugt ein Wasserstrahl auf die Stirnseite, insbesondere auf einen Teil der Stirnfläche, des Blockes gerichtet. Der Wasserstrahl kann durch ein Projektionselement, das ein ringförmiges Element mit Wasserdüsen darstellt, auf die Stirnfläche des Blockes gerichtet werden. Zusätzlich ist es auch möglich, einen Wasserstrahl auf die Mantelfläche des Blockes im Bereich der Stirnseite zu richten. Dies kann beispielsweise durch ein Düsenelement erfolgen, das ringförmig um den Block angeordnet ist und an dem Düsen radial nach innen gerichtet sind.

[0064] Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird zumindest ein Strahl, insbesondere ein Sauerstoffstrahl, auf die Stirnseite des Blockes gerichtet zur Erzeugung einer exothermen Reaktion an der Stirnfläche und im angrenzenden Inneren des Blockes. Bei dieser Ausführungsform wird der Strahl vorzugsweise auf den Bereich um die Mittelachse des Blockes gerichtet. Der Strahl kann hierbei auf einen Bereich gerichtet werden, der ausschließlich in der Mittelachse des Blockes liegt oder die zusätzlich noch einen Bereich um die Mittelachse umfasst. Durch die exotherme Reaktion wird die Temperatur in dieser Temperaturänderungszone so weit gesteigert, dass das Blockmaterial in dieser Temperaturänderungszone aufgeschmolzen wird. Um das aufgeschmolzene Blockmaterial von dem Block zu entfernen, wird dieser vorzugsweise bei hohen Drehzahlen um seine Mittelachse gedreht, so dass ein zur Stirnseite offener Hohlraum (Kaverne) entsteht, der näherungsweise rotationssymmetrisch bezüglich der Mittelachse ist. Dieser Hohlraum dient einem anschließend einzuführenden Lochdorn oder einem anderen Werkzeug als Vorlochung und zentriert so den Lochdorn beziehungsweise das Werkzeug. Ein Vorteil einer solchen Art der Einbringung einer Vorlochung besteht darin, dass keine weiteren Materialien dem Block zugeführt werden, die gegebenenfalls mit dem Blockmaterial reagieren könnten. Dies ist bei einem Aufschmelzen mittels Kohlelichtbogen in der Stirnfläche zu befürchten, bei dem von einer Aufkohlung des Blockmaterials und damit von einer erhöhten Brüchigkeit auszugehen ist.

[0065] Gemäß einer alternativen Ausführungsform wird zumindest ein elektromagnetischer Strahl, der über zumindest einen Reflektor von der Stirnseite des Blockes aus reflektiert wird, auf die Stirnseite des Blockes gerichtet. Hierdurch kann ein Erwärmen, das heißt ein Aufheizen der Zentrumszone der Stirnfläche (und folglich eine Temperaturerhöhung) in der unmittelbaren Umgebung der Mittelachse des Blockes mit Hilfe eines Strahlungsreflektors erfolgen, der in definiertem axialen Abstand von der betreffenden Stirnfläche des Blockes angeordnet ist. Vorzugsweise wird nur ein einziger

Strahlungsreflektor verwendet, um einen Strahl auf die Stirnseite des Blockes und insbesondere auf die Zentrumszone der Stirnfläche zu konzentrieren. Der Abstand des Reflektors von der Stirnfläche ist entsprechend der Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung auszulegen. Der elektromagnetische Strahl, der auf die Stirnfläche gerichtet wird, ist vorzugsweise eine Reflexion der Wärmestrahlung der Stirnfläche selbst. Diese Ausführungsform weist den Vorteil auf, dass das zusätzliche Bereitstellen eines Mediums, wie Sauerstoff, zur Erzielung einer Temperaturerhöhung an der Stirnfläche nicht erforderlich ist. Bei der Verwendung der Wärmestrahlung des Blockes zur Temperaturerhöhung in zumindest einer Temperaturänderungszone des Blockes wird die Temperatur in der erwärmten Temperaturänderungszone in der Regel unterhalb der Schmelztemperatur des Blockmaterials liegen und dieses somit nicht aufschmelzen. Dennoch werden durch eine solche Temperaturerhöhung, insbesondere in der Zentrumszone der Stirnfläche ein Zentrieren des Werkzeugs, insbesondere des Lochdorns, und eine Führung des Werkzeuges, insbesondere des Lochdorns, gewährleistet, da die Temperatur der umliegenden Temperaturzone geringer ist als in der Zentrumszone, die die Temperaturänderungszone darstellt.

[0066] Gemäß einer Ausführungsform wird auch an jener der Anlochseite gegenüberliegenden Durchlochseite des Blockes zumindest in der Stirnfläche eine Temperaturänderung bewirkt. Die Stirnfläche der Anlochseite wird auch als vordere Stirnfläche bezeichnet. Die Stirnfläche der Durchlochseite wird auch als hintere Stirnfläche bezeichnet. Die Temperaturverteilung, die an der Durchlochseite eingestellt wird, kann der Temperaturverteilung an der Anlochseite entsprechen oder von dieser abweichen. Zudem kann die Temperaturverteilung auf der Durchlochseite des Blockes gleichartig oder auch andersartig als auf der Anlochseite des Blockes erzeugt werden. Beispielsweise kann eine Temperaturerhöhung an der Anlochseite mittels eines Sauerstoffstrahls und an der Durchlochseite durch einen Reflexionsstrahl der Wärmestrahlung erzeugt werden.

[0067] Durch die Temperaturänderung an der Durchlochseite kann auch für die Endphase des Lochungsvorgangs eine Führung des Lochdorns oder eines anderen Werkzeuges geschaffen werden. Somit wird auch in der Durchlochzone, das heißt in der Nähe der Stirnseite der Durchlochseite, eine geringe Exzentrizität gewährleistet.

[0068] Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Herstellung eines metallischen Hohlblockes aus einem metallischen Block, die eine Halterung für den Block aufweist. Die Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zumindest ein Projektionselement zur zumindest zonenweisen Temperaturänderung des Blockes in der Halterung umfasst, das auf einen Teil zumindest einer der Stirnseiten des Blockes gerichtet ist.

[0069] Die Halterung für den Block kann einteilig oder mehrteilig sein. Insbesondere kann die Halterung Rollen umfassen, die an der Mantelfläche des Blockes angreifen und diesen um dessen Mittelachse drehen können. Zusätzlich kann die Halterung zumindest ein Umformaggregat, das zur Lochung des Blockes dient, umfassen. Hierzu kann die Vorrichtung beispielsweise ein Schrägwalzwerk oder eine Lochpresse umfassen. Zusätzlich weist die Vorrichtung zur Herstellung eines Hohlblockes zumindest ein Werkzeug, vorzugsweise in Form eines Lochdorns, auf. Das Werkzeug, insbesondere der Lochdorn, kann als separates Bauteil ausgestaltet sein und beispielsweise mit dem Umformaggregat zusammen als eine Vorrichtung vorliegen. Erfindungsgemäß kann die Halterung für den Block als Zusatzvorrichtung zu beispielsweise einem Schrägwalzwerk oder einer Lochpresse vorgesehen sein und entweder in diesen integriert oder separat dazu vorgesehen sein. Im ersten Fall ist es auch möglich, dass die Halterung durch einen Teil beispielsweise des Schrägwalzwerkes oder der Lochpresse gebildet wird.

[0070] Erfindungsgemäß umfasst die Vorrichtung zumindest ein Projektionselement, das auch als Temperatureinstellungs- oder Temperaturveränderungsvorrichtung bezeichnet werden kann, zur zumindest zonenweisen Temperaturänderung des Blockes in der Halterung, die auf einen Teil, das heißt einen Teilbereich, zumindest einer der Stirnseiten des Blockes gerichtet ist.

[0071] Insofern unterscheidet sich die erfindungsgemäße Vorrichtung von einem Ofen, bei dem nicht ein Teil oder Teilbereich einer Stirnseite gezielt erwärmt werden kann.

[0072] Das Projektionselement ist vorzugsweise zur Halterung für den Block und zum Block beabstandet angeordnet. Das Projektionselement ist vorzugsweise so ausgestaltet, dass diese gegenüber der Halterung des Blockes bewegt werden kann. Hierdurch kann zum einen während der Einstellung der Temperatur am Block ein gewünschter oder definierter Abstand eingestellt werden. Zum anderen kann bei dieser Ausführungsform das Projektionselement auch von der Halterung entfernt werden, um beispielsweise den Lochdorn zum Block führen zu können. Alternativ ist es aber auch möglich, dass der Block zum Lochen aus der Halterung entnommen und in ein Umformaggregat, beispielsweise ein Schrägwalzwerk oder eine Lochpresse eingelegt wird, ohne dass das Projektionselement bewegt werden muss.

[0073] Besonders bevorzugt ist das Projektionselement zu der Mittelachse des Blockes in der Halterung ausgerichtet. Hierdurch können gezielt Zonen, die zu der Mittelachse rotationssymmetrisch sind, behandelt werden und insbesondere die Temperatur in dieser Zone oder diesen Zonen verändert werden.

[0074] Das Projektionselement kann erfindungsgemäß beispielsweise eine Düse oder einen Düsenring darstellen. Alternativ kann beispielsweise auch ein Reflektor als Projektionselement verwendet werden. Es liegt aber auch im Rahmen der Erfindung eine andere Art einer Temperatureinstellvorrichtung als Projektionselement zu verwenden, solange durch diese Temperatureinstellvorrichtung eine bereichsweise oder zonenweise Änderung der Temperatur zumindest an der Oberfläche des Blockes bewirkt werden kann.

[0075] Das Projektionselement kann zumindest eine Düse oder zumindest einen Reflektor umfassen. Gemäß der

Ausführungsform, in der das Projektionselement Düsen umfasst, kann entweder eine einzige Düse verwendet werden, die vorzugsweise auf den Mittelpunkt der Stirnfläche gerichtet ist, oder es werden mehrere Düsen verwendet, die zu der Mittelachse des Blockes nach außen versetzt parallel zu der Mittelachse angeordnet sind. Im ersten Fall kann durch die Düse ein Medium, beispielsweise Sauerstoff zur Erzeugung einer exothermen Reaktion in der Stirnseite des Blockes, auf den Block abgegeben werden. Im zweiten Fall kann beispielsweise Wasser oder eine andere Kühlflüssigkeit zum Senken der Temperatur an der Zone der Stirnseite verwendet werden.

[0076] Wird ein Reflektor verwendet, so wird durch diesen vorzugsweise die Wärmestrahlung des Blockes von der Stirnseite an die Stirnseite zurückgeführt. Der Reflektor weist vorzugsweise eine gekrümmte Form auf, wodurch die auf den Reflektor auftreffenden Strahlen durch die Krümmung konzentriert auf bestimmte Zonen der Stirnseite des Blockes zurückgelenkt werden können.

[0077] Das Projektionselement kann an der Anlochseite und/oder an der Durchlochseite des Blockes angeordnet sein. Als an einer der Seiten angeordnet wird in diesem Zusammenhang ein Projektionselement bezeichnet, das zu der jeweiligen Seite, insbesondere zu der jeweiligen Stirnfläche, beanstandet aber auf diese Seite gerichtet vorgesehen ist, das heißt auf die jeweilige Seite einwirken kann.

[0078] Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist vorzugsweise zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgelegt.

[0079] Vorteile und Merkmale, die bezüglich des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben werden, gelten - soweit anwendbar - entsprechend für die erfindungsgemäße Vorrichtung und umgekehrt. Vorteile und Merkmale werden daher gegebenenfalls nur einmalig erwähnt.

[0080] Die Erfindung wird im Folgenden erneut unter Bezugnahme auf bevorzugte Ausführungsformen und die beiliegenden Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

Figur 1: eine schematische Ansicht einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Ausführen einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Figur 2: eine schematische Ansicht einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Ausführen einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Figur 3: eine schematische Ansicht einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Ausführen einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Figur 4: eine schematische Darstellung eines Blockes in einer Halterung gemäß einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Figur 5: eine schematische Darstellung des Exzentrizitätsverlaufs entlang eines gelochten Blockes nach dem Stand der Technik;

Figur 6: schematische Darstellungen eines Blockes mit und ohne eingeführtem Lochdorn;

Figur 7: schematische Darstellungen eines Blockes mit Lochdorn;

Figur 8: eine schematische Darstellung der Temperaturverteilung in einer Stirnfläche des Blockes; und

Figur 9: eine schematische Darstellung der Temperaturverteilung über die Länge des Blockes.

[0081] In Figur 1 ist eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Durchführen einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens gezeigt. Der Block 1, der in der dargestellten Ausführungsform einen Rundblock darstellt, ist hierbei auf eine Halterung (nicht gezeigt) gehalten und kann durch diese Halterung in eine Rotation um die Mittelachse M gebracht werden. Die Rotationsrichtung ist in Figur 1 durch den Pfeil ROT angezeigt.

[0082] Eine Ausführungsform der Halterung, die zum Halten des Blockes 1 verwendet werden kann, ist in Figur 4 schematisch in zwei Ansichten gezeigt. Wie sich aus dieser Figur 4 ergibt, besteht in der dargestellten Ausführungsform die Halterung 3 aus einem Satz von drei Rollen 30. In der dargestellten Ausführungsform ist eine Rolle 30 eine Antriebsrolle 300 und zwei weitere Rollen 30 sind Führungsrollen 301. Der Block 1 wird daher durch die Antriebsrolle 300, deren Drehachse oder Mittelachse MR parallel zu der Mittelachse M des Blockes 1 liegt, angetrieben und durch die ebenfalls mit deren Mittelachsen MR parallel zu der Mittelachse M des Blockes 1 liegenden Führungsrollen 301 in der Rotationsbewegung geführt.

[0083] Bei der Ausführungsform nach Figur 1 ist weiterhin ein Projektionselement 2, das auch als Temperatureinstellungsvorrichtung bezeichnet werden kann, vorgesehen. Dieses Projektionselement 2 stellt in der Ausführungsform ein

Element dar, das ringförmig angeordnete Düsen 20 aufweist. Es ist allerdings auch möglich, dass das Projektionselement 2 eine einzige ringförmige Düse 20 umfasst. Die Düsen 20 des Projektionselementes 2 sind auf eine der Stirnflächen des Rundblockes 1 gerichtet. Diese Stirnfläche ist vorzugsweise die Stirnfläche der Anlochseite 11 des Blockes 1, das heißt jener Seite, von der aus die Lochung erfolgt. Der Bereich der Länge des Blockes 1, der sich an diese Stirnfläche anschließt, wird auch als Anlochzone 13 bezeichnet. Die gegenüberliegende Stirnfläche liegt somit auf der Durchlochseite 12 des Blockes 1. Die Durchlochseite 12 bezeichnet die Seite des Blockes, auf welcher der Lochdorn austritt.

[0084] Durch das Projektionselement 2 wird in der dargestellten Ausführungsform ein Kühlmittel, beispielsweise Wasser, auf den erwärmten Block 1 appliziert. Der Wasserstrahl 21 ist hierbei auf eine Temperaturänderungszone gerichtet, die von der Mittelachse M des Blockes 1 auf der Stirnfläche der Anlochseite 11 radial nach außen versetzt ist. Somit werden die in der Figur 1 angedeuteten Temperaturzonen 110 und 112 gebildet. Die innere Temperaturzone 110 weist hierbei eine höhere Temperatur auf als jene diese umgebende äußere Temperaturzone 112, die die Temperaturänderungszone darstellt.

[0085] Das durch das Projektionselement 2 auf die Stirnfläche der Anlochseite 11 aufgebrachte Kühlmittel, insbesondere Wasser, wird aufgrund der Rotation (ROT) des Blockes 1 und die dadurch entstehende Fliehkraft in den in der Figur als Pfeilbögen dargestellten Bahnen von der Stirnseite der Anlochseite 11 abtransportiert.

[0086] In den so vorbereiteten Block 1 kann an der Anlochseite 11 nun ein Werkzeug, das in der Figur 6 als Lochdorn 4 dargestellt ist, eingeführt werden. Dieser Lochdorn 4 wird aufgrund der eingestellten Temperaturverteilung automatisch zentriert und entlang der Mittelachse M geführt. Bei dieser Ausführungsform ergibt sich eine Temperaturverteilung, bei der die Temperatur in der inneren Temperaturzone 110 höher ist als in der äußeren Temperaturzone 112. Die Temperatur in der inneren Temperaturzone 110 entspricht hierbei im Wesentlichen der Blocktemperatur, auf die der gesamte Block vor Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens erwärmt wurde. Die Temperatur in der äußeren Temperaturzone 112, das heißt der Temperaturänderungszone, ist hingegen im Vergleich zu dieser Blocktemperatur verringert.

[0087] Die in Figur 2 gezeigte Ausführungsform unterscheidet sich lediglich durch die Art des Projektionselementes 2 von der in Figur 1 gezeigten ersten Ausführungsform. In der in Figur 2 gezeigten Ausführungsform wird durch das Projektionselement 2 Sauerstoff auf die Stirnfläche der Anlochseite 11 des Blockes aufgebracht. In der dargestellten Ausführungsform ist das Projektionselement 2 mit einer ringförmigen Düse 20 ausgestaltet. Bei dieser Ausführungsform ist es aber beispielsweise auch möglich eine Düse zu verwenden, die auf den Mittelpunkt, das heißt die Mittelachse M des Blockes 1, gerichtet ist. Durch den Sauerstoff wird an der Stirnseite der Anlochseite 11 im mittleren Bereich der Stirnfläche um die Mittelachse M eine Temperaturerhöhung bewirkt. Diese Temperaturerhöhung ist so groß, dass das Blockmaterial in dem Bereich der Mittelachse M an der Anlochseite 11 aufgeschmolzen wird. Durch die Rotation (ROT) des Blockes 1 und die dadurch entstehende Fliehkraft wird das geschmolzene Blockmaterial in den in der Figur 2 als Pfeilbögen dargestellten Bahnen von der Stirnseite der Anlochseite 11 abtransportiert. Hierdurch entsteht eine Vertiefung 111, die auch als Kaverne bezeichnet wird, in der Anlochseite 11 des Blockes 1. Eine Halterung 3 des Blockes 1 kann auch bei der Ausführungsform nach Figur 2 entsprechend der in Figur 4 gezeigten Ausführungsform vorgesehen sein. Zusätzlich zu der Bildung einer Vertiefung 111 wird sich bei dieser Ausführungsform eine Temperaturverteilung ergeben, bei der die Temperatur in der inneren Temperaturzone 110, die in diesem Fall die Temperaturänderungszone darstellt, höher ist als in der äußeren Temperaturzone 112. Die Temperatur in der äußeren Temperaturzone 112 entspricht hierbei im Wesentlichen der Blocktemperatur, auf die der gesamte Block vor der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens erwärmt wurde. Die Temperatur in der inneren Temperaturzone 110, das heißt der Temperaturänderungszone, ist hingegen im Vergleich zu dieser Blocktemperatur erhöht.

[0088] In Figur 3 ist eine weitere Ausführungsform der Vorrichtung zur Durchführung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens gezeigt. Bei dieser Ausführungsform ist vor der Anlochseite 11 und der Durchlochseite 12 jeweils ein Reflektor 22 angeordnet. Die Reflektoren 22 befinden sich in einem Abstand zu den Stirnseiten des Blockes 1 an der Anlochseite 11 und der Durchlochseite 12. Die Halterung 3 des Blockes 1 ist entsprechend der Halterung 3 in Figur 4 ausgeführt. Die Reflektoren 22 weisen jeweils eine konkav gekrümmte Form auf. Durch diese Form der Reflektoren 22 wird die Wärmestrahlung, die von der Anlochseite 11 und von der Durchlochseite 12 abgegeben wird, an die jeweilige Seite 11, 12 wieder zurückreflektiert. Die reflektierte Strahlung wird hierbei insbesondere und vorzugsweise in der Mitte der Stirnfläche der Anlochseite 11 und der Durchlochseite 12 konzentriert. Somit ergibt sich auch bei dieser Ausführungsform eine Temperaturverteilung, bei der die Temperatur in der inneren Temperaturzone 110 höher ist als in der äußeren Temperaturzone 112. Die Temperatur in der äußeren Temperaturzone 112 entspricht hierbei im Wesentlichen jener Blocktemperatur, auf die der gesamte Block vor der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens erwärmt wurde. Die Temperatur in der inneren Temperaturzone 110, die die Temperaturänderungszone darstellt, ist hingegen im Vergleich zu dieser Blocktemperatur erhöht.

[0089] Es sind auch Kombinationen der gezeigten Ausführungsformen des Verfahrens möglich. So kann beispielsweise eine Temperaturerhöhung in der inneren Temperaturzone 110 und gleichzeitig eine Temperatursenkung in der äußeren Temperaturzone 112 bewirkt werden. In diesem Fall bilden beide Temperaturzonen 110, 112 Temperaturänderungszonen, wobei aber die Temperaturänderung in den beiden Zonen unterschiedlich ist. Insbesondere ist in diesem Fall die Temperaturänderung in der einen Temperaturänderungszonen 110 eine Temperaturerhöhung und der anderen

Temperaturänderungszonen 112 eine Temperatursenkung.

[0090] Das der Erfindung zugrunde liegende Prinzip des erfindungsgemäßen Verfahrens ist, eine gradierte und bezüglich der Mittelachse des Blockes rotationssymmetrische Temperaturverteilung zumindest auf die Stirnfläche des Blockes zu projizieren und folglich eine entsprechende Fließspannungsverteilung im Block - insbesondere in der Anlochzone des Blockes - zu erzeugen. Diese Temperatur- und Festigkeitsverteilung im Block dient als quasi körpereigener, zentrischer und rotationssymmetrischer Führungsring, der den Lochdorn während des Lochungsvorgangs zentrisch bezüglich der Mittelachse des Blockes führt. Die Führung erfolgt hierbei über eine quasi unsichtbare Kraftwirkung über die im Block erzeugte definierte Festigkeitsverteilung. Die Temperaturverteilung und Kraftwirkungen in dem Block sind in den Figuren 6 bis 9 schematisch gezeigt. In der Figur 7 sind hierbei die auf den Lochdorn wirkenden Kraftvektoren schematisch angedeutet, durch die dieser in dem Block zentriert wird. Die Pfeile in Figur 7 deuten die auf den Dorn wirkende Reaktionskraft an. In der Figur 8 sind zwei exemplarische Zonenradien R' , R'' der inneren Temperaturzone 110 schematisch gezeigt, welche zwei Grenzen von charakteristischen exemplarischen Temperaturzonen auf der Stirnfläche definieren.

[0091] Der radiale Verlauf des einzustellenden Temperaturgradienten kann hierbei unterschiedlich gestaltet sein. Grundsätzlich gilt naturgemäß, dass die Führungswirkung beim Lochungsvorgang hierbei tendenziell umso stärker sein wird, je stärker die rotationssymmetrische Gradierung der Temperaturverteilung ausgebildet ist, das heißt je größer der maßgebliche Temperaturgradient in radialer Richtung bezüglich der Mittelachse des Blockes ist.

[0092] Die Mittelachse des Blockes, auch Hauptachse des Blockes oder Zentrumsachse des Blockes genannt, ist quasi die Symmetrieachse in der mittleren Zone des Blockes und ist als Mittelachse ohne beispielsweise die verquetschten Enden des Blockes, die während der Herstellung des Blockes entstehen können, zu verstehen. Naturgemäß ist die Geometrie eines zylindrischen Blockes in der Realität keinesfalls ideal rotationssymmetrisch. Für die Wirksamkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens ist diese in der Realität nur näherungsweise gültige Annahme einer idealen Rotationssymmetrie der Geometrie des Blockes hinreichend. Die streng genommen in der Realität nicht vollkommene Rotationssymmetrie des Blockes schränkt die Wirksamkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens nicht ein.

[0093] Durch die erfindungsgemäß einstellbare Temperaturverteilung können folgende Wirkungen beim anschließenden oder gleichzeitigen Lochen des Blockes erzielt werden:

1) Führen zu Beginn des Lochungsvorgangs mittels einer gradierten, definierten, rotationssymmetrischen Temperaturverteilung auf der Anlochseite, das heißt auf der vorderen Stirnfläche, des Blockes.

2) Zentrisches Führen des Lochdorns am Ende des Lochungsvorgangs durch Erzeugen einer gradierten, definierten, rotationssymmetrischen Temperaturverteilung auf der Durchlochseite, das heißt auf der hinteren Stirnfläche, des Blockes.

3) Zentrisches Führen des Lochdorns während des gesamten Lochungsvorgangs durch Erzeugen einer gradierten, definierten, rotationssymmetrischen Temperaturverteilung auf der gesamten Mantelfläche des Blockes.

[0094] Zur Erzeugung der gewünschten, zentrierenden Kraftwirkung auf den Lochdorn, das heißt in Richtung auf die Mittelachse des Blockes, wird gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren die Temperaturverteilung auf der Stirnfläche des Blockes und dementsprechend die Verteilung der Fließspannung des Blockwerkstoffs derart eingestellt, dass die höchste Temperatur und dementsprechend niedrigste Fließspannung innerhalb des Blockes auf der Mittelachse vorliegt. Mit größerem radialen Abstand von der Mittelachse soll das Temperaturniveau der einzustellenden Temperaturverteilung gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren abnehmen und folglich die Fließspannung grundsätzlich ansteigen. Die um die Mittelachse herum entstehende Temperaturzone mit einer im Vergleich zur äußeren Randzone höheren Temperatur und folglich mit einer geringeren Fließspannung des Blockwerkstoffs bewirkt, dass der Blockwerkstoff sich derart um den Lochdorn herum plastisch umformt, so dass eine möglichst rotationssymmetrische Materialverteilung und demzufolge möglichst geringe Exzentrizität des gelochten Blockes und eine möglichst homogene Wanddickenverteilung resultiert.

[0095] Der grundlegende Mechanismus hierbei beruht darauf, dass durch die Rotationssymmetrie der gradierten, definierten Temperaturverteilung und folglich einer entsprechenden Festigkeitsverteilung im zu lochenden Block eine Zentrierwirkung erzielt wird. Der Mechanismus beziehungsweise die Funktionsweise beruht auf zwei maßgeblichen Eigenschaften, nämlich der Rotationssymmetrie der Festigkeitsverteilung im Block und dem radialen Gradienten auf die Festigkeitsverteilung im Block.

[0096] Hierbei bewirkt die Rotationssymmetrie der Festigkeitsverteilung im Block, dass die Rückstellkraft in die richtige Richtung wirkt, das heißt in radialer Richtung, zur Mittelachse des Blockes. Der radiale Gradient der Festigkeitsverteilung im Block bewirkt, dass die primär radial wirkende Rückstellkraft hinreichend groß ist und demzufolge die Lagekorrektur hinreichend schnell erfolgt.

[0097] Im Fall eines großen radialen Gradienten wird erreicht, dass schon bei einer kleinen Auslenkung des Lochdorns

die resultierende Rückstellkraft in der zur Auslenkung entgegengesetzten Richtung radial auf die Mittelachse des Blockes vergleichsweise groß und damit wirkungsstark ist. Hierdurch wird eine wirksame und schnelle Korrektur der Lage des Lochdorns erzielt.

[0098] Das erfindungsgemäße Verfahren kann sowohl beim Schrägwalzlochen (in der Regel mit einem nicht angetriebenen, rotierenden Lochdorn, einer Lochdornstange sowie mit angetriebenen, rotierenden Walzen) als auch beim Lochpressen (in der Regel mit rein translatorischer Bewegung des angetriebenen Lochdorns) angewendet werden.

[0099] Der Durchmesser der Temperaturzone mit hoher Temperatur wird vorzugsweise in Abhängigkeit vom Durchmesser des Blockes und in Abhängigkeit vom Durchmesser des Blockes, des Lochdorns beziehungsweise der Lochdornspitze gewählt, beispielsweise wie folgt:

$$D_{\text{Zentrierzone}} = \text{ca. } 0,3 \text{ bis } 1,2 \times D_{\text{Lochdorn}}$$

$$D_{\text{Zentrierzone}} = \text{ca. } 1,0 \text{ bis } 3,0 \times D_{\text{Lochdornspitze}}$$

$$D_{\text{Zentrierzone}} = \text{ca. } 0,1 \text{ bis } 0,7 \times D_{\text{Block}}$$

[0100] Hinsichtlich der geometrischen Eigenschaften des Blockes ist Folgendes zu berücksichtigen. Die Blöcke werden im Regelfall vom Knüppel abgetrennt, beispielsweise mittels der Trennverfahren Warmscheren oder Sägen. In Abhängigkeit vom verwendeten Trennverfahren ist demzufolge die Stirnfläche des Blockes im Regelfall nicht ideal kreisförmig, sondern weicht von der idealen Kreisform mehr oder weniger geringfügig ab.

[0101] Neben der Form der Stirnfläche ist - insbesondere bei einer Verquetschung der Stirnfläche - auch die Lage der Stirnfläche von Bedeutung. Beispielsweise kann der Mittelpunkt der Blockstirnfläche - sowohl einer ideal kreisförmigen als auch einer nicht ideal kreisförmigen Stirnfläche - außerhalb der Mittelachse des Blockes liegen, das heißt zu dieser seitlich in radialer Richtung versetzt sein. Für die Zentrierung der zu erzeugenden Temperaturverteilung dient - aufgrund der im Regelfall nicht exakt kreisförmigen Stirnflächengeometrie - bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vorzugsweise die Mittelachse des Blockes maßgeblich als Bezug und nicht die Stirnfläche des Blockes.

[0102] Die Ermittlung der Mittelachse für die Zentrierung des Blockes kann grundsätzlich auf verschiedene Arten erfolgen, beispielsweise optisch, mechanisch, mit Hilfe von anderen physikalischen Effekten oder Kombinationen von Effekten. Beim erfindungsgemäßen Verfahren soll die Zentrierung vorzugsweise auf folgende Weise erfolgen:

Mittels einer Rotation des Blockes, erzeugt beispielsweise über eine Antriebsrolle und eine Lagerung zur freien Rotation (siehe Figur 4).

[0103] Zur Erzielung einer Zentrierung ist hierbei eine hinreichend präzise Positionierung des erfindungsgemäßen vorzugsweise verwendeten Projektionselements, beispielsweise einer Düse oder eines Reflektors, relativ zum Block maßgeblich. Hierfür ist der Ansatz, die zuvor ermittelte Lage der Mittelachse des Blockes als Zielposition für die Ausrichtung des erfindungsgemäßen Projektionselements zu wählen, sinnvoll. Die exakte Lage der Mittelachse des Blockes kann hierbei ermittelt werden als Zentrum der Rotationsachsen der Antriebs- und Führungsrollen (siehe Figur 4). Diese hiermit bekannte Lage der Mittelachse des Blockes dient dann als Input für die Steuerung beziehungsweise Regelung zur Positionierung des erfindungsgemäßen Projektionselements. Eine solche Steuerung beziehungsweise Regelung kann beispielsweise über eine elektronisch unterstützte, mechanische Kopplung der Zentrierungselemente (das heißt jene Antriebs- und Führungsrollen) mit dem erfindungsgemäßen Projektionselement oder Reflektor erfolgen.

[0104] Als Drehzahl des Blockes beim Zentriervorgang gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren kann beispielsweise eine Drehzahl im dem Intervall $n = 200 \text{ bis } 800 \text{ min}^{-1} = \text{ca. } 3,3 \text{ bis } 13,3 \text{ s}^{-1}$ verwendet werden. Bei solchen Drehzahlen kann der Abtransport des Kühlmittels, beispielsweise kühlendes Wasser, beziehungsweise der geschmolzenen Materialteilchen des Blockes zuverlässig und prozesssicher erfolgen.

[0105] Die Dauer für den Projiziervorgang (Abkühlen und/oder Erwärmen; beispielsweise Besprühen mit Wasser) kann beispielsweise im Intervall von $t = 5 \text{ bis } 15 \text{ s}$ liegen.

[0106] Als Druck (Wasserdruck) für den Projiziervorgang (Abkühlen, beispielsweise Besprühen mit Wasser), das heißt Wasserdruck, wird beispielsweise ein Druck im Intervall von $p = \text{ca. } 6 \text{ bis } 200 \text{ bar}$ verwendet.

[0107] Als Größe der Düsenöffnung (Querschnittsfläche, gegebenenfalls Kreisquerschnitt mit Durchmesser) wird beispielsweise ein Durchmesser von $D = 1 \text{ bis } 5 \text{ mm}$ verwendet.

[0108] Die Geschwindigkeit des Wassers beim Projizivvorgang (Abkühlen) ergibt sich aus den zuvor genannten Größen.

[0109] Das Temperaturfeld ändert sich naturgemäß - auch bei fehlender äußerer Beeinflussung - infolge Wärmeleitung und Wärmestrahlung, und folglich sinkt das Temperaturniveau im gesamten Block mit fortschreitender Prozesszeit. Um zu erreichen, dass das erzeugte Temperaturfeld hinreichend bis zum Zeitpunkt des Anlochens des Blockes erhalten bleibt, ist darauf zu achten, dass die Zeitdauer zwischen dem Ende des Projizivvorgangs und dem Start des Lochungsvorgangs eine kritische Grenze nicht überschreitet.

[0110] Als Zeit zwischen dem Ende des Projizivvorgangs und dem Beginn des Anlochvorgangs wird beispielsweise $t < \text{ca. } 20 \text{ s}$ verwendet.

[0111] Als Länge der Temperaturänderungszone in der Richtung der Mittelachse des Blockes im Bereich von dessen Stirnfläche, auf die das Temperaturfeld projiziert werden soll, kann beispielsweise

$z_{\text{Temperaturfeld}} = 0 \text{ bis } 100 \text{ mm}$ verwendet werden.

[0112] Um eine Abschwächung der Temperaturverteilung zu vermeiden, muss, falls eine Entzunderung des Blockes nach der Entnahme des Blockes aus dem Ofen erfolgt, das Erzeugen der Temperaturverteilung ("Projektion") nach der Entzunderung stattfinden.

[0113] Die zugrunde liegenden physikalischen Vorgänge sind sehr komplex. Näherungsweise können die geeigneten Parameter des Prozesses (beispielsweise Zeitdauer, Zeitpunkte, Temperaturverlauf) aber mittels theoretischer Überlegungen berechnet sowie mittels numerischer Simulation (Finite-Elemente-Methode) berechnet werden.

[0114] Zur überschlägigen Berechnung können hierbei die notwendigen physikalischen Größen angenommen werden beispielsweise einige Materialkonstanten des Stahlblockes.

[0115] Grundsätzlich bei der Berechnung zu berücksichtigende physikalische Effekte sind:

- Wärmeleitung
- Wärmestrahlung

[0116] Die Temperaturleitfähigkeit (Symbol " a ") ist folgendermaßen definiert:

$$a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c_p}$$

mit den physikalischen Größen Wärmeleitfähigkeit λ , Dichte ρ , spezifische Wärmekapazität c_p . Die Temperaturleitfähigkeit a hat die Einheit m^2/s . Anhand der Temperaturleitfähigkeit kann überschlägig die Geschwindigkeit ermittelt werden, mit der sich eine Temperaturfront innerhalb des Objektes bewegt. Die Temperaturleitfähigkeit von Stahl beträgt ungefähr $a(\text{Stahl}) = 12 \text{ bis } 15 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

[0117] Basierend auf den mathematischen Differentialgleichungen für die Ausbreitung der Temperatur infolge reiner Wärmeleitung in einem Festkörper (Unterscheidung zwischen einem zylindrischen Stab mit infinitesimal kleinem Durchmesser und unendlicher Länge bzw. einem Zylinder mit endlichem Durchmesser D und einer endlichen Länge L) und für die Änderung der Temperatur infolge von Wärmestrahlung kann eine Abschätzung der Temperaturänderung im Zeitablauf vorgenommen werden.

[0118] Die Parameter des Projizivvorgangs gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren sind für den jeweiligen Anwendungsfall mit den jeweils vorliegenden Randbedingungen der Prozesskette in der Produktion in geeigneter Weise anzupassen und zu optimieren.

[0119] Alternativ oder zusätzlich zu dem beschriebenen Kühlen einer Temperaturänderungszone des Blockes, das schematisch in Figur 1 gezeigt ist, kann erfindungsgemäß auch ein so genanntes thermisches Zentrieren durch Erwärmen des Blockes und Erzeugung einer zentrierenden Führungswirkung im Block verwendet werden. Hierbei können unterschiedliche Varianten (beispielsweise wie in Figur 2 und Figur 3 gezeigt) des Verfahrens zum Einsatz kommen. Beispielsweise kann ein Aufheizen mittels Initiierung einer exothermen Reaktion von Sauerstoff und dem metallischen Blockwerkstoff vorgenommen werden. Dies kann beispielsweise mit der in Figur 2 gezeigten Vorrichtung durchgeführt werden. Alternativ kann die Wärmestrahlung des Blockes durch Verwendung eines Reflektors zur Erwärmung eines Teils des Blockes und insbesondere einer Temperaturänderungszone der Stirnseite des Blockes verwendet werden. Dies kann beispielsweise mit der in Figur 3 gezeigten Vorrichtung durchgeführt werden.

[0120] Bei der ersten Verfahrensvariante, bei der ein Aufheizen mittels Initiierung einer exothermen Reaktion von Sauerstoff und dem metallischen Blockwerkstoff bewirkt wird, um eine Temperaturänderung herbeizuführen, wird die Tatsache genutzt, dass Eisen in Sauerstoff-Atmosphäre verbrennt. Die Zündtemperatur von Stahl liegt bei ungefähr 1200°C . Der exakte Wert der Zündtemperatur von Stahl hängt hierbei ab vom Gehalt an Kohlenstoff und vom Gehalt

an anderen Legierungs- oder Begleitelementen.

[0121] Die exotherme Reaktion beginnt bei der werkstoffspezifischen Zündtemperatur, welche bei Eisen deutlich unter 1200 °C liegt. Aus diesem Grund ist es möglich, die im Block aufgrund des dort vorliegenden Temperaturniveaus oberhalb von 1200 °C vorhandene Wärmemenge im Block zu nutzen, um diese Reaktion fortlaufend während einer gewissen Zeitdauer zu realisieren. Diese entstehende Wärme wird übertragen auf die Zone in der unmittelbaren Umgebung der Mittelachse des Blockes. Dadurch wird die Temperatur in dieser Zone erhöht. Die Temperaturerhöhung ist in diesem Fall so groß, dass aus dem Blockmaterial Mengen von Metall und von Oxiden aufgeschmolzen und durch die Zentrifugalkräfte, die durch die Rotation des Blockes wirken, gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren insbesondere radial nach außen weggeschleudert werden. Dabei wird flüssiges Metall aus dem Block zusammen mit Oxiden herausgespült beziehungsweise herausgeschleudert. Die Wärmemenge im verbleibenden Restblock sinkt hierbei nur geringfügig und bleibt für die Fortsetzung des Ablaufs des weiter fortschreitenden Zündvorgangs im verbleibenden Blockmaterial hinreichend hoch.

[0122] Somit entsteht bei entsprechend großer Erwärmung der betreffenden Stirnflächenzone des Blockes ein kaverneförmiger, zur Stirnseite offener Hohlraum, der auch als Vertiefung bezeichnet werden kann, mit einer näherungsweise rotationsparaboloidischen Geometrie. Diese Kaverne bewirkt eine zentrische Führung auf der Mittelachse des Blockes während der Phase des Anlochvorgangs. Dies vermindert das seitliche Auslenken des Lochdorns während des Lochungsprozesses und beschränkt das seitliche Auslenken auf ein sehr geringes Maß.

[0123] Hierzu wird beispielsweise mittels einer Düse, die vor der Stirnfläche des Blockes angeordnet wird, Sauerstoff auf die Stirnfläche gestrahlt. Bei einer höheren Temperatur des Blockes als 1200 °C kommt es zu einer chemischen Reaktion (hier: chemisches Zünden) des Eisens mit dem Sauerstoff. Folglich schmilzt das Eisen von der Anlochseite des Blockes nahe der Mittelachse des Blockes auf. Aufgrund der relativ schnellen, erzwungenen Rotation des Blockes wird das flüssige Eisen insbesondere infolge der Zentrifugalkräfte herausgespült beziehungsweise herausgeschleudert und hinterlässt dabei einen kaverneförmigen, zur Stirnseite des Blockes offenen Hohlraum mit einer näherungsweise rotationsparaboloidischen Geometrie und einer Temperatur, die infolge der exothermen Reaktion höher ist als die Temperatur zuvor auf der Stirnfläche des Blockes.

[0124] Als Zeit für diesen Aufheizvorgang kann eine Zeitdauer von beispielsweise $t = 2$ bis 20 s verwendet werden.

[0125] Alternativ zu der zuvor beschriebenen exothermen Reaktion mittels Sauerstoffzufuhr kann als Projektionselement ein Reflektor (zum Beispiel aus Kupfer oder Aluminium, beschichtet und wassergekühlt) zur Reflexion elektromagnetischer Strahlung verwendet werden (Figur 3). Ein solcher Reflektor kann vor jeder der beiden Stirnflächen des Blockes angeordnet werden. Der Abstand des Reflektors von der Stirnfläche ist entsprechend der Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung auszulegen. In der Figur 3 geben z_1 und z_2 hierbei den axialen Abstand der Reflektoren zu den Stirnseiten des Blockes an. Zur eindeutigen Beschreibung der Lage der Reflektoren im dreidimensionalen Raum können beispielsweise zwei Winkel (Θ_1, Φ_1) für den Reflektor 1 sowie zwei Winkel (Θ_2, Φ_2) für den Reflektor 2 verwendet werden. Die Winkelpaare (Θ_1, Φ_1) bzw. (Θ_2, Φ_2) geben hierbei die beiden Neigungswinkel der Achse des Reflektors 1 bzw. des Reflektors 2 relativ zu den beiden jeweiligen Raumachsen eines kartesischen Koordinatensystems an.

[0126] Die grundlegende Voraussetzung für diese Wirkung bei Verwendung eines solchen Reflektors ist die elektromagnetische Strahlung, die aufgrund der hohen Temperatur ($T > 1000$ °C) von der Stirnfläche des Blockes abgestrahlt wird. Das Wirkprinzip des Reflektors ist, dass der Reflektor die von der Stirnfläche des Blockes abgestrahlte elektromagnetische Strahlung zurück auf diese Stirnfläche reflektiert und folglich die Temperaturverteilung auf dieser Stirnfläche beeinflusst.

[0127] Als resultierende Wirkung erwärmt sich die Stirnfläche des Blockes, und zwar an jenen Stellen der Stirnfläche, auf die der Reflektor ausgerichtet ist. Naturgemäß wird sich fortwährend die Wärme - entsprechend den physikalischen Mechanismen der Wärmeleitung und der Wärmestrahlung - im Block und in der Umgebungsluft ausbreiten und die Temperaturverteilung sich entsprechend fortwährend mehr oder weniger geringfügig ändern. Angemerkt sei hier, dass eine präzise Vorhersage der Temperaturverteilung im Block über der Zeit für den Wirkmechanismus der erfindungsgemäßen Idee nicht unmittelbar erforderlich ist.

[0128] Hinsichtlich des Betrages der reflektierten elektromagnetischen Strahlung kann der Reflektor hierbei so gestaltet sein, dass - bei entsprechend großer Menge reflektierter Strahlung - eine signifikante Erwärmung der Blockstirnfläche resultiert, oder - bei entsprechend kleiner Menge reflektierter Strahlung - eine langsamere Abkühlung der Blockstirnfläche resultiert.

[0129] Über die Kontur des Reflektors sowie den Abstand des Reflektors von der Stirnfläche des Blockes kann eine gradierte, definierte Verteilung der Strahlungsmenge eingestellt beziehungsweise erzielt werden. Durch Wahl einer anderen oder geänderten geometrischen Kontur des Reflektors wird eine andere optische Reflexionswirkung erzielt. In Abhängigkeit von der gewünschten Reflexionswirkung (das heißt Stärke der Erwärmung der resultierenden Temperaturverteilung primär in der Stirnflächenzone des Blockes) ist eine geeignete Kontur (Geometrie) des Reflektors auszuwählen und zu verwenden.

[0130] Diese Wirkung resultiert insbesondere auch ohne Zufuhr von Sauerstoff und folglich ohne exotherme Reaktion. Folglich kommt es grundsätzlich nicht zur Entstehung eines einseitig offenen Hohlraumes (Kaverne).

[0131] Aufgrund der starken Temperaturabhängigkeit des Wärmestroms $\partial Q / \partial t$ (Wärmestrahlung), welche mit dem Stefan-Boltzmann-Gesetz beschrieben wird, ist bei einer Blocktemperatur oberhalb von 1000 °C der Wärmestrom beziehungsweise die elektromagnetische Strahlung (insbesondere die Infrarotstrahlung) sehr groß und steigt mit zunehmender Temperatur stark an. Demzufolge ist bei derart hohen Temperaturen ($T > 1000$ °C) die Temperaturerhöhung im Block relativ zur Raumtemperatur deutlich und beeinflusst demzufolge die Temperaturverteilung im Block deutlich. Auf diese Weise kann eine Temperaturerhöhung (in definierter, gewünschter Weise im Sinne der erfindungsgemäßen Idee) in der Zentrumszone der Stirnfläche des Blockes erzielt werden.

[0132] Wärmestrom:

$$\dot{Q} = \frac{\partial Q}{\partial t} = \varepsilon \sigma A T^4$$

(Stefan-Boltzmann-Gesetz)

mit den physikalischen Größen:

Wärmestrom (Strahlungsleistung) $\frac{\partial Q}{\partial t}$ (Einheit: Joule pro Sekunde)

Emissionsgrad ε (Werte zwischen $\varepsilon = 0$ für einen "perfekten Spiegel" und $\varepsilon = 1$ für ein "ideal schwarzes Objekt"),

Stefan-Boltzmann-Konstante $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$,

Oberfläche des abstrahlenden Körpers A und

Temperatur des abstrahlenden Körpers T (in der Einheit Kelvin).

[0133] Wie in Figur 3 skizziert, sollen die Reflektoren einzeln beziehungsweise gemeinsam einstellbar (das heißt steuerbar) und gegebenenfalls während des Prozesses regelbar sein. Diese Einstellbarkeit mit den notwendigen kinematischen, geometrischen Freiheitsgraden (beispielsweise der Abstand des Reflektors von der Stirnfläche des Blockes; jeweiliger Neigungswinkel der Reflektorachse relativ zu den jeweiligen Raumachsen, beispielsweise zu zwei orthogonalen Koordinatenachsen, siehe Figur 3) kann realisiert werden durch eine definierte Positionierung und Lagerung. Diese Möglichkeit zur definiert einstellbaren Positionierung über den Ort und die Orientierung des jeweiligen Reflektors ermöglicht - in Kombination mit der zu wählenden Konturgeometrie des Reflektors - ein definiertes Einstellen der Reflektoren und folglich das Erzielen einer definierten Wirkung der Strahlungsreflexion und demzufolge das Erzielen einer definierten Wärme- und Temperaturverteilung in der Blockstirnfläche und im angrenzenden Inneren des Blockes.

[0134] Je geringer die Erwärmung der betreffenden Stirnflächenzone des Blockes ist, desto geringer ausgeprägt wird ein gegebenenfalls entstehender kavernenförmiger, zur Stirnseite offener Hohlraum sein. Bei hinreichend kleiner Erwärmung wird der entstehende Hohlraum nur vernachlässigbar klein sein.

[0135] In Figur 5 ist ein typischer, prinzipieller Verlauf der relativen Exzentrizität entlang eines gelochten Blockes nach dem Stand der Technik vereinfacht dargestellt. Dieser Verlauf ist das Ergebnis der statistischen Auswertung einer großen Anzahl von durchgeführten Walzungen. Auf der Y-Achse ist hierbei die Exzentrizität des gelochten Blockes und auf der X-Achse die axiale Koordinate im Hohlblock angegeben. L bezeichnet hierbei die Länge des Hohlblockes.

[0136] Bei Blöcken, die nicht aus niedriglegierten oder unlegierten Stählen bestehen, ist ein Aufschmelzen (Zünden, exotherme Reaktion) mittels Sauerstoffstrahl nicht möglich beziehungsweise nicht ohne Weiteres möglich. Aus diesem Grund ist ein Teil des erfindungsgemäßen Verfahrens - nämlich jener Teil, der das Aufheizen der Temperaturänderungszone um die Mittelachse des Blockes mittels Sauerstoffstrahl beinhaltet - auf das Anwendungsspektrum bei Blöcken aus niedriglegierten oder unlegierten Stählen begrenzt.

[0137] Der andere Teil des erfindungsgemäßen Verfahrens, der das Abkühlen der äußeren Temperaturänderungszone

der Stirnfläche des Blockes beinhaltet, hat hingegen als mögliches Anwendungsspektrum Blöcke aus beliebigen Metallen.

[0138] Bei niedriglegierten und/oder unlegierten Stählen kann die zentrierende Wirkung durch Kombination beider Projektionsmethoden erreicht werden, das heißt mittels Abkühlung der Blockzone (primär auf der Stirnfläche des Blockes) (Figur 1) außerhalb der Mittelachse des Blockes sowie Erwärmung ("Thermisches Zentrieren" durch Erwärmen) der Blockzone in der Zone nahe der Mittelachse, insbesondere auf der Stirnfläche des Blockes (Figuren 2, 3).

[0139] Um zu vermeiden, dass die Temperatur zu stark abgesenkt wird und sich dies beim anschließenden Walzvor- gang nach dem Lochen nachteilig auswirken würde, ist die lokale Temperaturprojizierung (das heißt lokale Abkühlung und/oder lokale Erwärmung auf der Stirnfläche des zu lochenden Blockes) in einem geeigneten Prozessfenster zu realisieren.

Bezugszeichenliste

[0140]

1	Block
10	Hohlblock
100	Lochung
11	Anlochseite
110	innere Temperaturzone
111	Vertiefung
112	äußere Temperaturzone
12	Durchlochseite
13	Anlochzone
2	Projektionselement
20	Düsen
21	Strahl des Mediums
22	Reflektor
3	Halterung
30	Rollen
300	Antriebsrolle
301	Führungsrolle
4	Lochdorn
M	Mittelachse (Block/Hohlblock)
MR	Mittelachse (Rolle)
ROT	Rotationsrichtung (Block)
r	Radius (variabel)
R	Radius (Block)
R'	Zonenradius (Temperaturfeld)
R''	Zonenradius (Temperaturfeld)

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines metallischen Hohlblockes (10) aus einem erwärmten metallischen Block (1), mittels eines Lochungsvorgangs, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest an der Anlochseite (11) des Blockes (1) in zumindest einer Temperaturänderungszone (110, 112) eine lokale Temperaturänderung bewirkt wird und die Temperaturänderungszone zu der Mittelachse (M) des Blockes (1) rotationssymmetrisch ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperaturänderung in einer Temperaturänderungszone bewirkt (112) wird, die radial zu der Mittelachse (M) des Blockes (1) beabstandet ist.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperaturänderung eine

Temperatursenkung ist.

- 5 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperaturänderungszone (110), in der die lokale Temperaturänderung bewirkt wird, die Mittelachse (M) des Blockes (1) umfasst und die Temperaturänderung eine Temperaturerhöhung ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die lokale Temperaturänderung durch Einwirken auf einen Teil einer der Stirnflächen des Blockes (1) erfolgt.
- 10 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die lokale Temperaturänderung durch Einwirken auf einen Teil einer der Stirnflächen des Blockes (1) und ein an diese Stirnfläche angrenzendes Teilstück der Länge der Mantelfläche des Blockes (1) erfolgt, wobei die Länge des Teilstücks der Mantelfläche geringer ist als die Länge des Blockes (1).
- 15 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperaturänderungszone (110, 112), in der eine Temperaturänderung bewirkt wird, sich über maximal 1/3, insbesondere maximal 1/4 der Länge des Blockes (1) erstreckt.
- 20 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Block (1) einen Rundblock darstellt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Block (1) zumindest vor dem Bewirken und/oder während des Bewirkens der lokalen Temperaturänderung um die Mittelachse (M) rotiert wird.
- 25 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bewirken der Temperaturänderung durch Projizieren zumindest eines Strahls (21) auf eine der Stirnseiten des Blockes (1) erfolgt und vorzugsweise ein Projektionselement (2) zum Projizieren verwendet wird, das zu dem Block (1) beabstandet angeordnet ist.
- 30 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Wasserstrahl auf die Stirnseite des Blockes (1) gerichtet wird.
- 35 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Strahl (21), insbesondere ein Sauerstoffstrahl, zur Erzeugung einer exothermen Reaktion an der Stirnfläche oder in dem Block (1) auf die Stirnseite des Blockes (1) gerichtet wird.
- 40 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein elektromagnetischer Strahl (21) auf die Stirnseite des Blockes (1) gerichtet wird, der über zumindest einen Reflektor (22) von der Stirnseite aus reflektiert wird.
- 45 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** auch an der relativ zur Anlochseite (11) gegenüberliegenden Durchlochseite (12) des Blockes (1) eine Temperaturänderung bewirkt wird.
- 50 15. Vorrichtung zur Herstellung eines metallischen Hohlblockes (10) aus einem metallischen Block (1), die eine Halterung (3) für den Block (1) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung zumindest ein Projektionselement (2) zur zumindest zonenweisen Temperaturänderung des Blockes (1) in der Halterung (3) umfasst, die auf eine Teilzone zumindest einer der Stirnseiten des Blockes (1) gerichtet ist.
- 55 16. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Projektionselement (2) zur Mittelachse (M) des Blockes (1) in der Halterung (3) ausgerichtet ist.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Projektionselement (2) zumindest eine Düse (20) oder zumindest einen Reflektor (22) umfasst.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Projektionselement (2) an der Anlochseite (11) und/oder der Durchlochseite (12) des Blockes (1) angeordnet ist.
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** diese zum Ausführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14 ausgelegt ist.

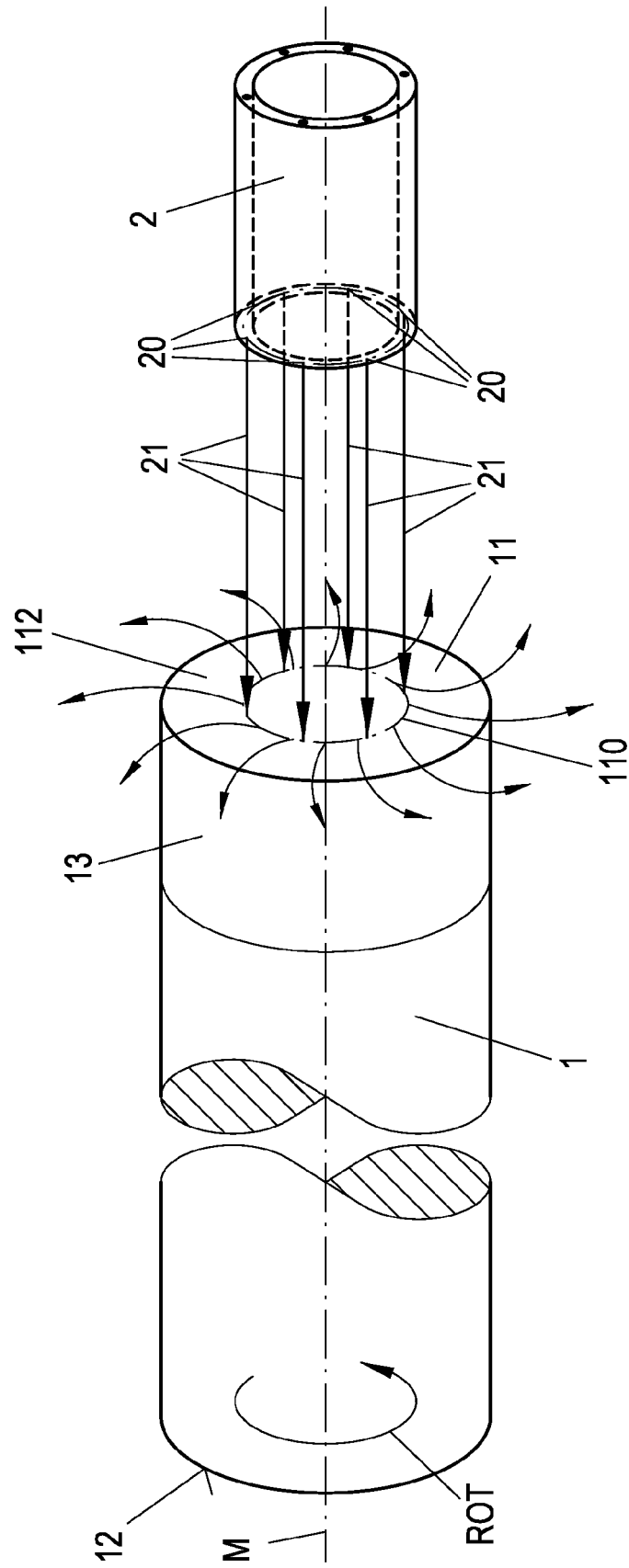


Fig. 1

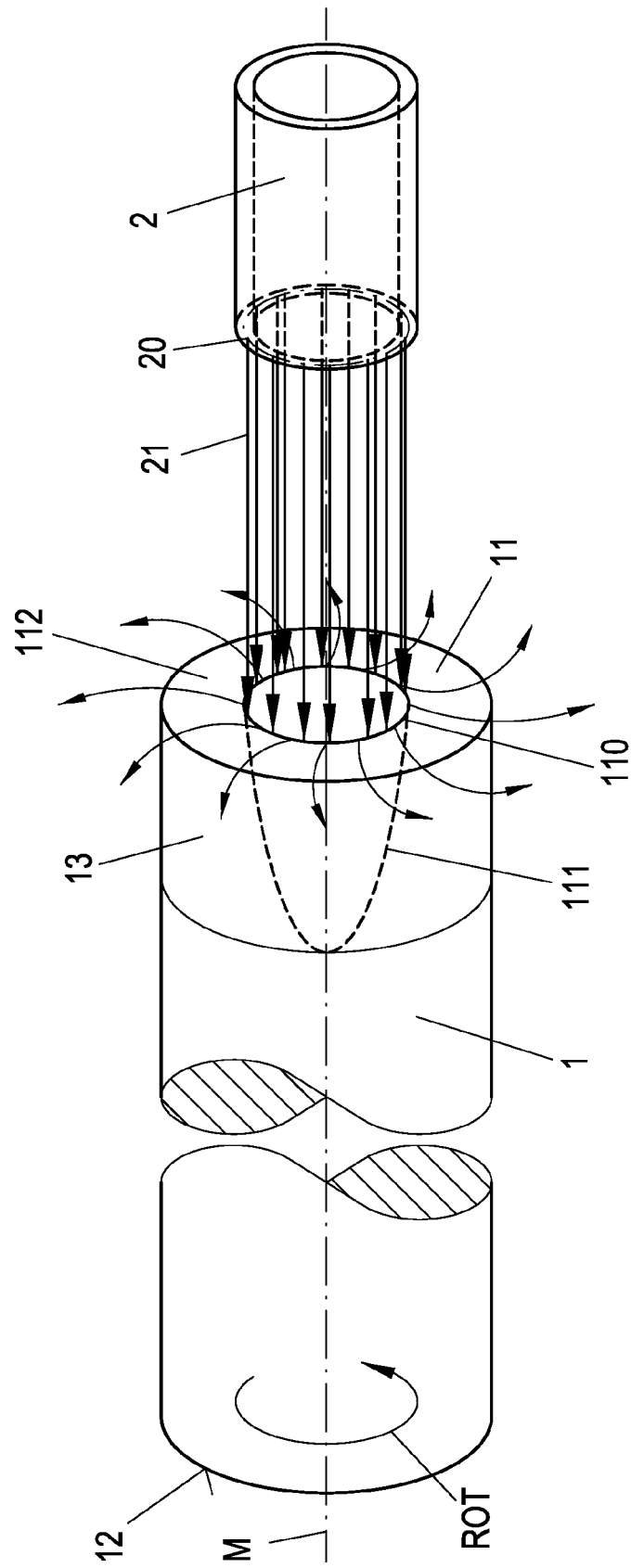


Fig. 2

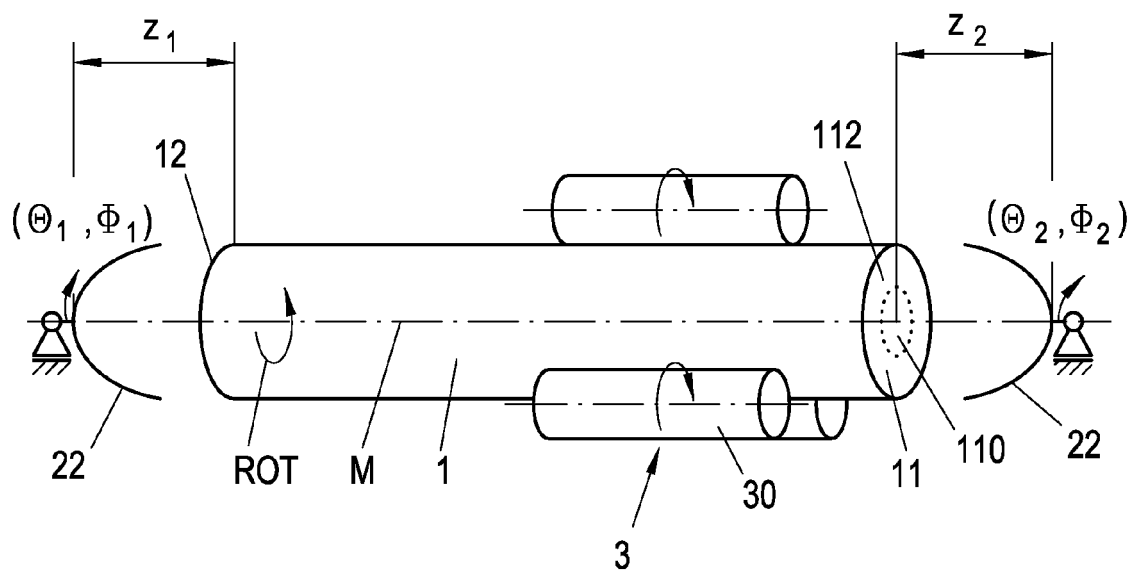


Fig. 3

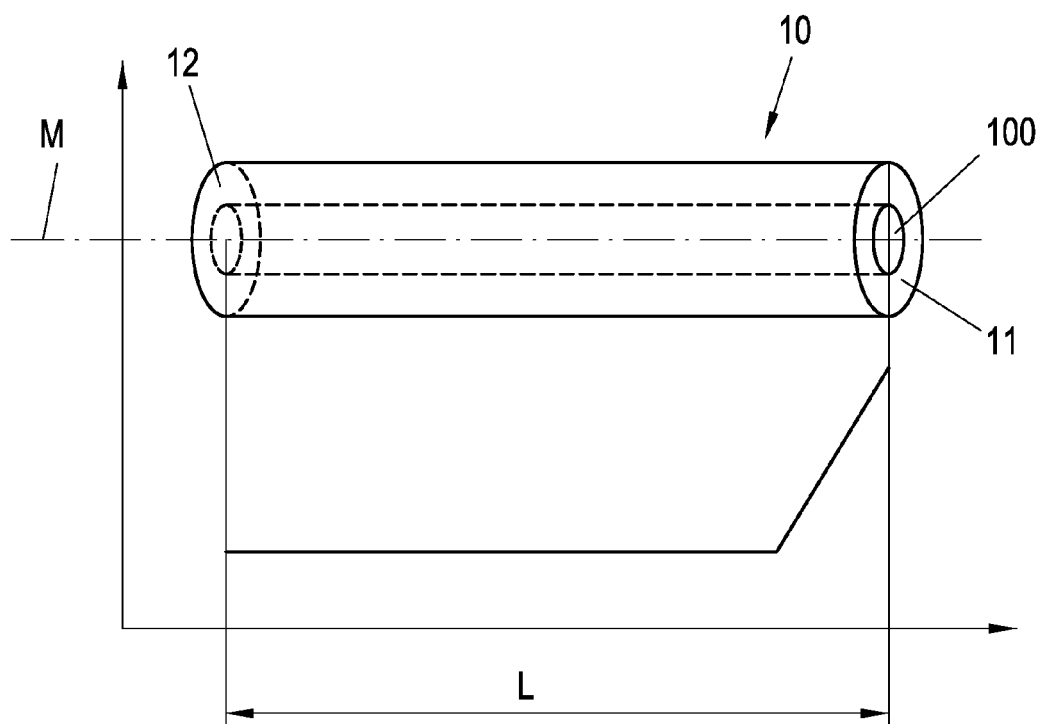


Fig. 5

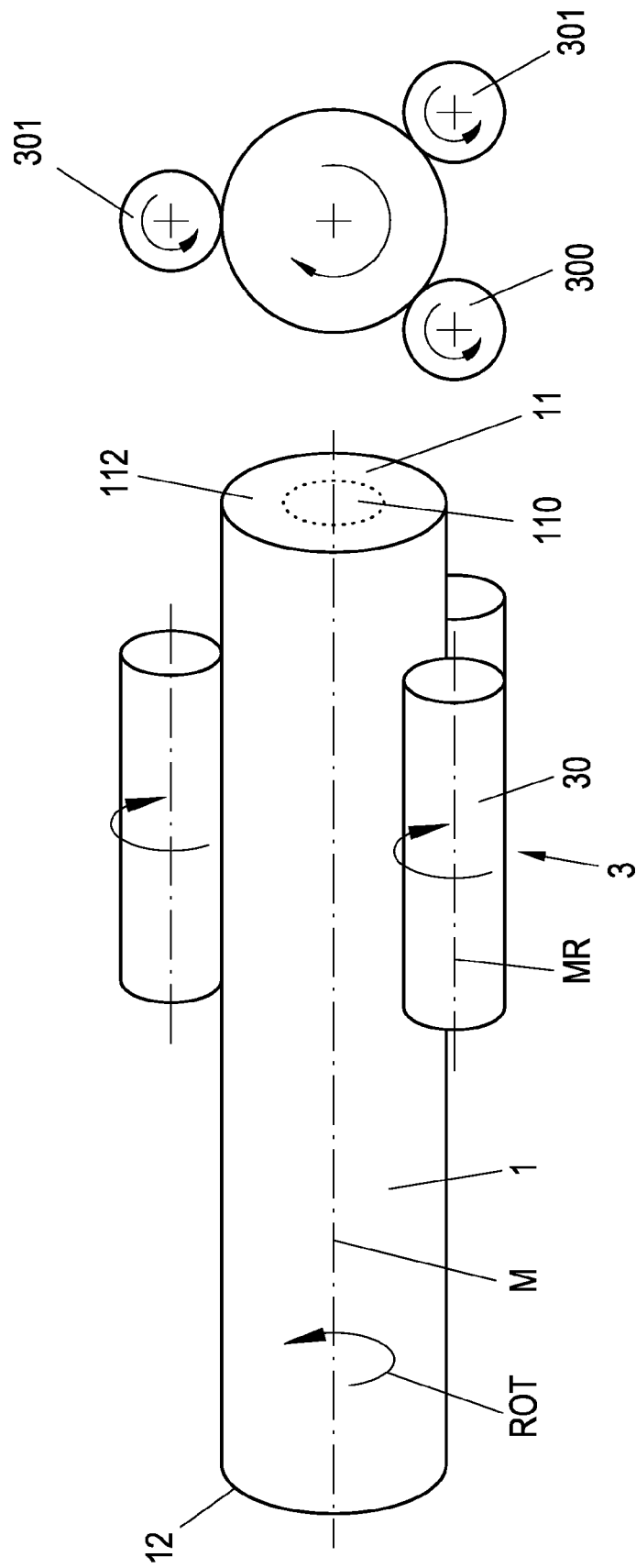


Fig. 4

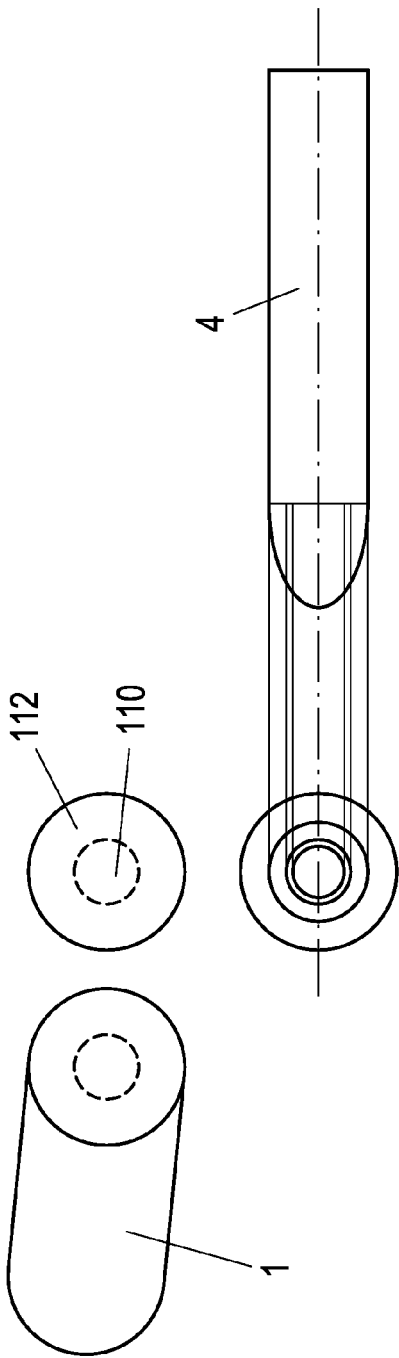


Fig. 6

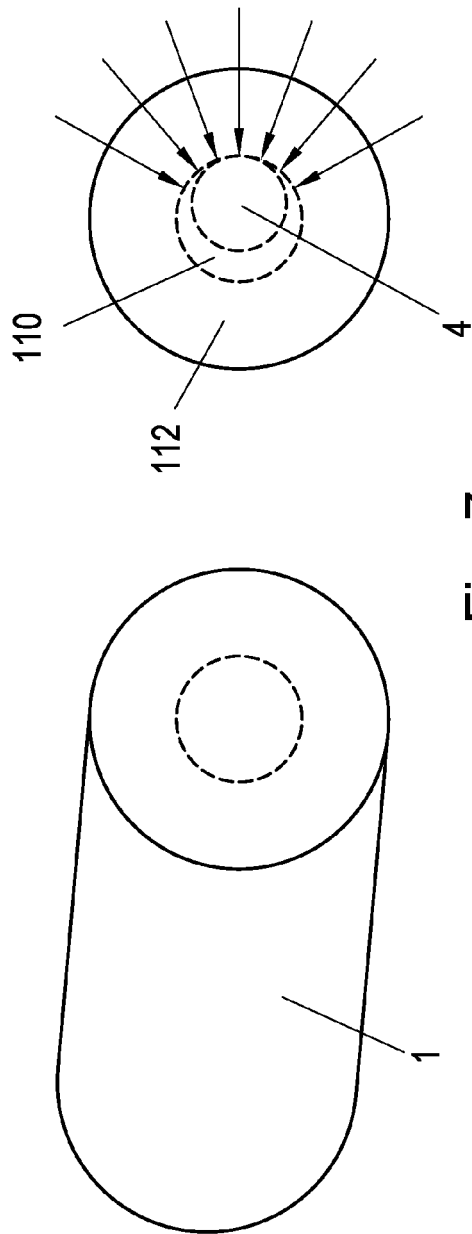


Fig. 7

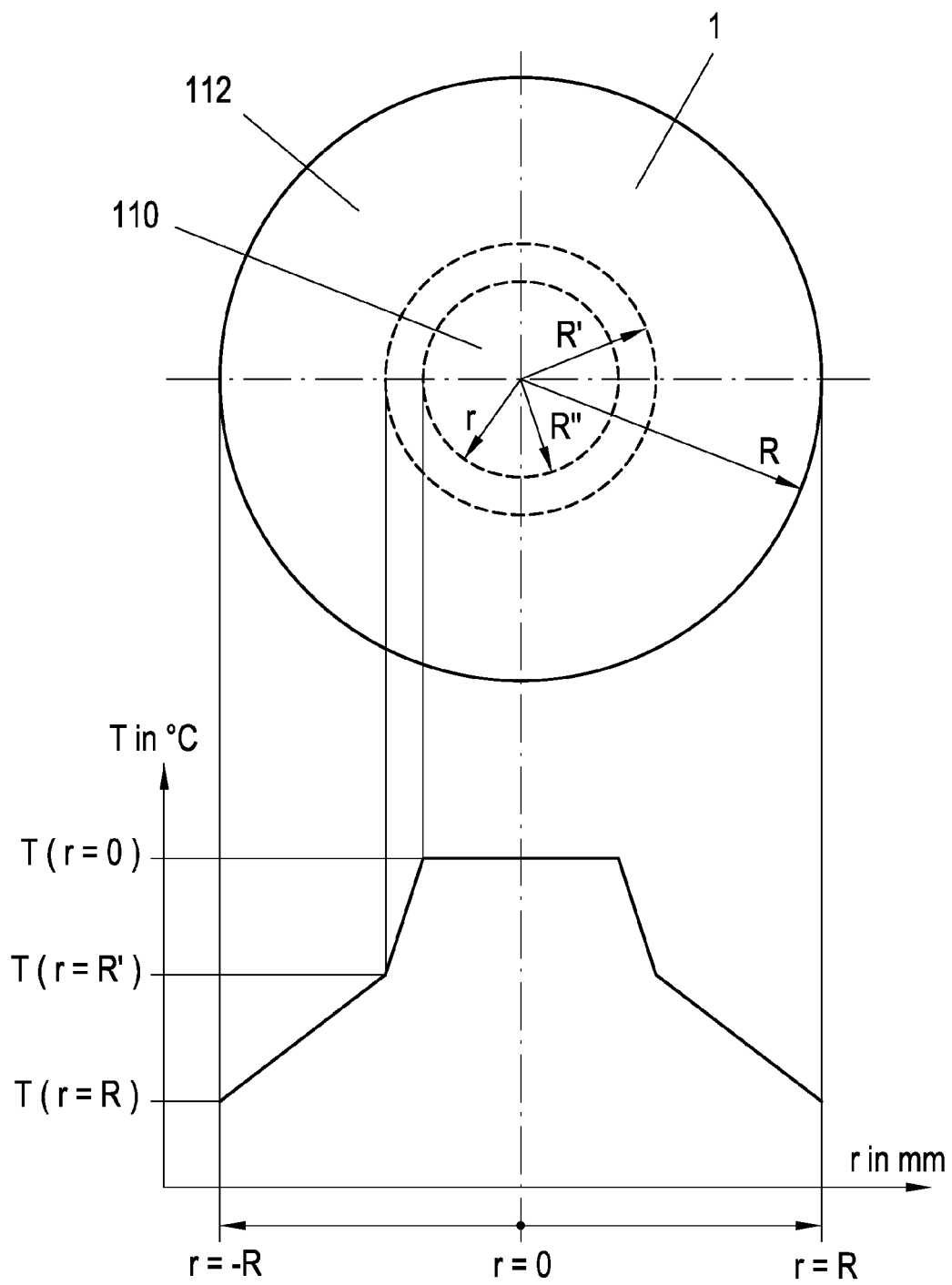


Fig. 8

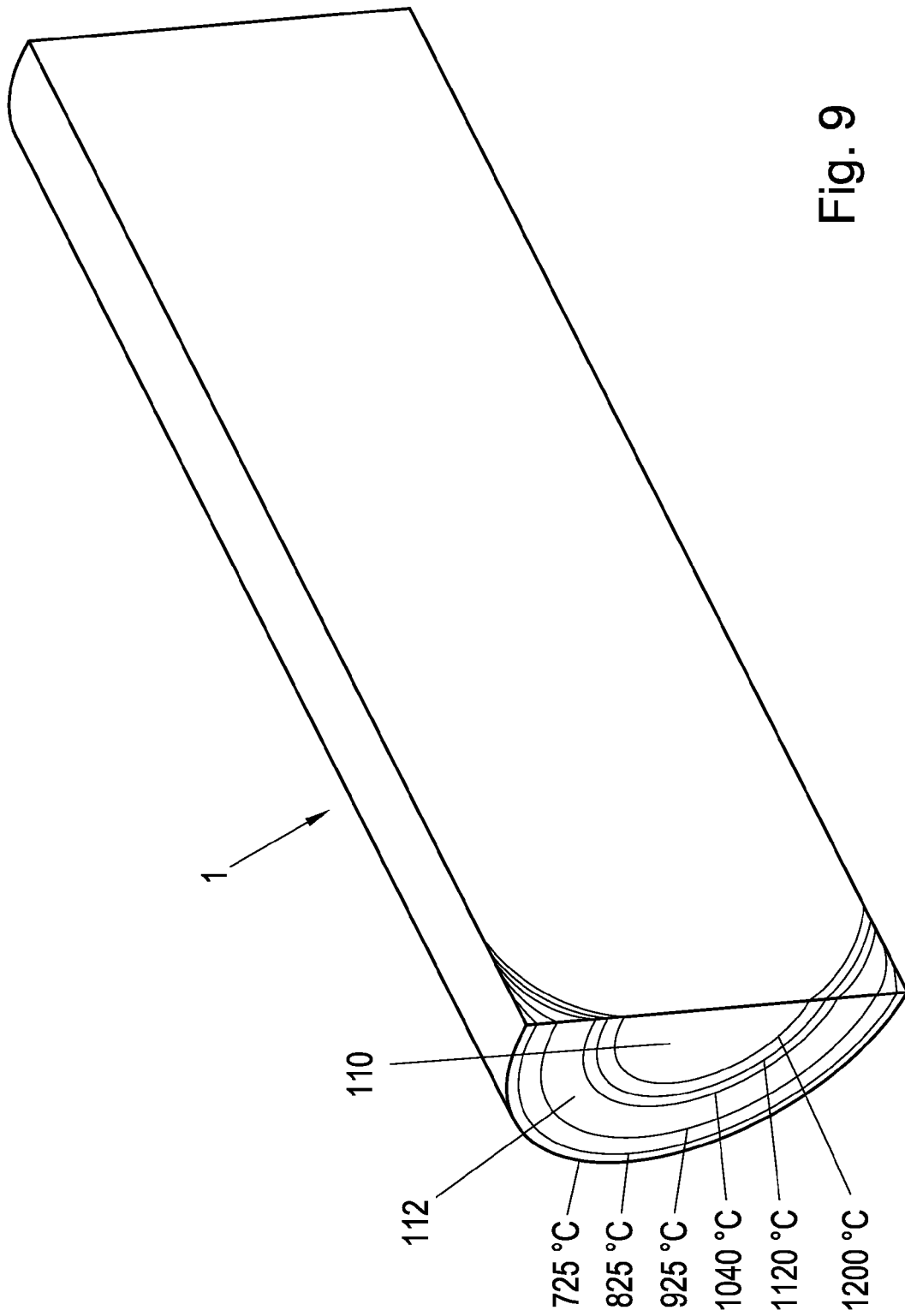


Fig. 9



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 13 17 8521

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 10 2005 052178 A1 (V&M DEUTSCHLAND GMBH [DE]) 27. April 2006 (2006-04-27) * Anspruch 1; Abbildungen 1-2 *	1-19	INV. B21J5/10
A	DE 196 28 715 C1 (MANNESMANN AG [DE]) 13. November 1997 (1997-11-13) * Anspruch 1 *	1-19	
A	DE 100 20 131 C1 (MANNESMANN AG [DE]) 21. Juni 2001 (2001-06-21) * Anspruch 1 *	1-19	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21B B21J B21C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 18. Oktober 2013	Prüfer Forciniti, Marco
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 1
EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 13 17 8521

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

18-10-2013

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102005052178 A1	27-04-2006	AT 422978 T	15-03-2009
		AU 2005299151 A1	04-05-2006
		BR PI0516769 A	23-09-2008
		CA 2584461 A1	04-05-2006
		DE 102005052178 A1	27-04-2006
		EA 200700945 A1	26-10-2007
		EP 1814679 A1	08-08-2007
		ES 2321121 T3	02-06-2009
		HR P20090227 T3	31-05-2009
		JP 4633122 B2	23-02-2011
		JP 2008517766 A	29-05-2008
		KR 20070084387 A	24-08-2007
		US 2009044883 A1	19-02-2009
		WO 2006045301 A1	04-05-2006

DE 19628715 C1	13-11-1997	DE 19628715 C1	13-11-1997
		WO 9801589 A1	15-01-1998

DE 10020131 C1	21-06-2001	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 3128055 C2 [0007]
- DE 3326946 C1 [0007]
- DE 4433397 C1 [0007]
- EP 2067542 A1 [0007]
- DE 473723 [0007]
- US 4803861 A [0007]
- DE 19903974 A1 [0007]
- DE 4333284 C2 [0007]
- DE 3328269 A1 [0007]
- GB 1008709 A [0007]
- DE 2635342 C2 [0007]
- US 4052874 A [0007]
- GB 897015 A [0007]
- DE 1247118 [0007]
- GB 961796 A [0007]