



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 052 310 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
15.11.2000 Patentblatt 2000/46

(51) Int. Cl.⁷: **C23D 5/00**, C23D 3/00,
C21D 3/04

(21) Anmeldenummer: **00250102.1**

(22) Anmeldetag: **28.03.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **14.05.1999 DE 19922945**

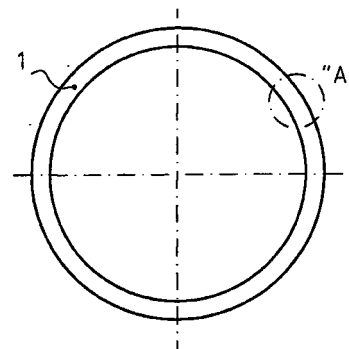
(71) Anmelder:
• **MANNESMANN Aktiengesellschaft**
40213 Düsseldorf (DE)
• **EHW Thale Email GmbH**
06502 Thale (DE)

(72) Erfinder:
• **Knäpper, Klaus**
59077 Hamm (DE)
• **Wenzel, Edda**
06502 Thale (DE)
• **Twardy, Frank**
06502 Timmernrode (DE)

(74) Vertreter:
Meissner, Peter E., Dipl.-Ing.
Meissner & Meissner,
Patentanwaltsbüro,
Hohenzollerndamm 89
14199 Berlin (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Emaillierung der Oberfläche eines Stahlkörpers**

(57) Um zur Emaillierung der Oberfläche eines Stahlkörpers, insbesondere einer Rohraußenoberfläche, durch Direktmaillierung, eine hohe Lebensdauer des Stahlkörpers in hochkorrosiven Umgebungen sowie eine einfache Herstellung der Emaillierung zu ermöglichen, wird vorgeschlagen, daß zu emaillierende Oberflächenbereiche des Stahlkörpers einer Randentkohlung unterzogen werden, worauf mindestens eine Schicht aus Direktemail aufgebracht wird.



Einzelheit "A"

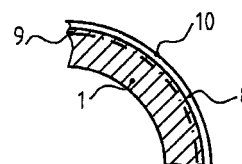


Fig. 2

EP 1 052 310 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Emaillierung der Oberfläche eines Stahlkörpers, insbesondere einer Rohraußenoberfläche, gemäß den Oberbegriffen der Patentansprüche 1 und 6.

[0002] Die Emaillierung der Oberfläche eines Stahlkörpers stellt einen wirksamen Korrosionsschutz dar. Wie der Artikel "Korrosionsgeschützte Wärmetauscher" (Zeitschrift CIT, 11/1998) wiedergibt, eignet sich bei Wärmetauschern eine Emaillierung als Schutz vor korrosiven Medien. Korrosive Medien treten bei Wärmetauschern in Rauchgasentschwefelungsanlagen in Form von hochkorrosiven Rauchgasen und deren Kondensate auf. Besonders die Außenoberfläche der als Haarnadeln bezeichneten U-Rohre im Inneren des Wärmetauschers ist hierbei einer erhöhten Korrosionsgefahr ausgesetzt.

[0003] Es ist zwar allgemein bekannt, in derartig korrosiven Umgebungen die Gradrohre und U-Rohre aus Kunststoff zu fertigen oder Stahlrohre mit Kunststoff zu ummanteln; eine solche Lösung verschlechtert aber die Wärmedurchgangszahl erheblich. Eine bessere Wärmedurchgangszahl ergibt sich, wenn die Rohre emailliert sind. Daraus resultiert eine um ca. 30 % geringere Wärmetauscherfläche.

[0004] Es ist bereits versucht worden, hierfür eine aus Grund- und Deckemail bestehende konventionelle Emaillierung in Verbindung mit herkömmlichen preisgünstigen Rohren aus emaillierfähigen C-Stählen - wie St 34-2 E - zu verwenden. Die Praxis zeigte jedoch, daß eine konventionelle Emaillierung von Rohren bei Wärmetauschern einen hinreichenden Korrosionsschutz in einer hochkorrosiven Umgebung nicht zufriedenstellend bieten kann. Bei der konventionellen Emaillierung wird ein Rohr aus preisgünstigem emaillierfähigen C-Stahl zunächst mit einer ersten Schicht aus Grundemail versehen. Das Grundemail fungiert als Haftvermittler zum Rohr sowie zu einer zweiten Schicht aus Deckemail. Allein die Deckemailschicht ist gegen den Angriff von hochkorrosiven Medien resistent. Während des Betriebes des Wärmetauschers kommt es zu einem kontinuierlichen Abtrag der Emaillierung. Ist ein Abtrag der resistenten Deckemailschicht erfolgt, insbesondere an Kontaktstellen zu Halte- und Verbindungselementen, so durchdringt das korrosive Medium alsbald die Grundemailschicht und die Rohrwandung. Die konventionelle Emaillierung von Stahlrohren in Wärmetauschern führt in einer hochkorrosiven Umgebung damit zu einer verminderten Lebensdauer des Wärmetauschers.

[0005] Eine höhere Lebensdauer wird erzielt, wenn hier eine Direktemailierung der Stahlrohre mit einem Emailwerkstoff vorgenommen wird, der bereits in der ersten Schicht resistent ist. Für eine Direktemailierung - beispielsweise mit dem Pulver-Elektrostatik-Verfahren (PUESTA-Verfahren) - wird ein vollentkohlter Stahlrohrwerkstoff mit einer Schicht aus korrosionsresistentem

Direktemail versehen. Dieser ersten Schicht folgt meist eine zweite Schicht aus noch höherresistentem Spezialemail. Es entsteht somit ein im Vergleich zur herkömmlichen Emaillierung hochwertigerer Verbundwerkstoff zwischen Stahl und Email mit dem Vorteil einer verbesserten Lebensdauer beim Einsatz in einer korrosiven Umgebung. Ein Nachteil der Direktemailierung besteht jedoch darin, daß hierfür ein entkohlter Stahlwerkstoff erforderlich ist, der im Gegensatz zu emaillierfähigen C-Stählen teurer ist und zudem nur eine geringe Festigkeit aufweist. Dieser Stahlwerkstoff wird durch eine aufwendige Vakuumbehandlung vollständig in der flüssigen Phase entkohlt, wobei vorhandener Restkohlenstoff an Titan gebunden wird oder durch ein sogenanntes Open-Coil-Glügen unter einer Schutzgasatmosphäre in der festen Phase. Diese Verfahren sind recht aufwendig in der Durchführung.

[0006] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Emaillierung der Oberfläche eines Stahlkörpers zu schaffen, das bzw. die eine hohe Lebensdauer des Stahlkörpers in einer hochkorrosiven Umgebung sowie eine einfache Herstellung der Emaillierung gewährleistet.

[0007] Die Aufgabe wird verfahrensgemäß durch den Patentanspruch 1 und vorrichtungsgemäß durch den Patentanspruch 6 gelöst. Die jeweils rückbezogenen Unteransprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungsformen der Erfindung wieder.

[0008] Die Erfindung schließt verfahrensgemäß die technische Lehre ein, daß die zu emaillierenden Oberflächenbereiche eines Stahlkörpers lediglich einer Randentkohlung unterzogen werden, worauf unmittelbar mindestens eine Schicht aus Direktemail aufgebracht wird.

[0009] Die Randentkohlung eines Stahlkörpers entsteht vorzugsweise bereits am Ende des Herstellungsprozesses des Stahlkörpers selbst, beispielsweise während des Schlußglühens unter einer Schutzgasatmosphäre. Das so durchgeführte Schlußglügen verhindert die Verzunderung der Außenoberfläche des Stahlkörpers. Der äußeren Schicht des Stahlkörpers wird der Kohlenstoff entzogen. Bisher bestand in der Fachwelt das Vorurteil, daß ein nur randentkohelter Bereich eines Stahlkörpers nicht ausreichend wäre, um hierauf unmittelbar eine Direktemailierung vorzunehmen, da durch die dünne Schicht der Randentkohlung Kohlenstoff aus tieferen Schichten des Stahlkörpers in den Randbereich diffundieren würde. Versuche haben dieses Vorurteil jedoch nicht bestätigt, so daß auf einen randentkohlten Stahlkörper mindestens eine Schicht aus Direktemailaufbringbar ist. Damit ist es nicht mehr erforderlich, zur Direktemailierung einen vollentkohlten Stahlkörper zu verwenden. Die Herstellung von direktemailierten Stahlkörpern läßt sich dadurch günstiger gestalten.

[0010] Eine die Erfindung verbessernde Maßnahme besteht darin, daß auf die erste Schicht aus kor-

rosionsresistentem Spezialemail eine zweite Schicht aus hochkorrosionsresistentem Direktemail aufgebracht wird. Der Grad der Korrosionsresistenz der Emaillierung erhöht sich damit insgesamt. In Ergebnis dessen wird die Emaillierung dadurch widerstandsfähiger.

[0011] Für die Direktemailierung des randentkohlten Stahlkörpers eignen sich vorzugsweise die an sich bekannten Emaillierverfahren. Zum einen kommt hierfür das Pulver-Elektrostatik-Verfahren (PUESTA-Verfahren) zum zweiten das Naß-Elektrostatik-Verfahren (ESTA-Verfahren), zum dritten das Elektro-Tauchemailier-Verfahren (ETE-Verfahren) oder das konventionelle Naßspritzverfahren zur Anwendung.

[0012] Das vorstehend beschriebene erfindungsgemäße Verfahren wird vorzugsweise mit einer Vorrichtung durchgeführt, bei der der Stahlkörper zur Randentkohlung eine Glühstation durchläuft, die mit Mitteln zur Einstellung einer die Randentkohlung herbeiführenden Schutzgasatmosphäre ausgestattet ist, und daß der Stahlkörper zur Aufbringung mindestens einer Schicht von Direktemail eine nachfolgende Emaillierstation durchläuft.

[0013] Vorzugsweise sind in der Emaillierstation zwei Emailleschichten unterschiedlicher Zusammensetzung übereinander aufbringbar. Es ist jedoch auch denkbar, in der Emaillierstation nur eine Schicht aus Direktemail oder auch mehr als zwei Schichten aufzubringen. Zur Direktemailierung eines langgestreckten Körpers kann ein kontinuierlicher Durchlauf durch die Glühstation und/oder die nachfolgende Emaillierstation erfolgen. Zur Direktemailierung eines kompakt ausgebildeten Stahlkörpers eignet sich insbesondere ein getakteter Durchlauf durch die Glühstation und/oder die Emaillierstation.

[0014] Die auf den Stahlkörper, insbesondere einem U-Stahlrohr bei einem Wärmetauscher, aufgebrachte Emailleschicht weist vorzugsweise eine Dicke zwischen 200 und 600 Mikrometern auf.

[0015] Weitere die Erfindung verbessernde Maßnahmen sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet bzw. werden nachstehend mit der Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Figuren näher dargestellt. Es zeigt:

Fig. 1 eine prinzipielle Darstellung eines Verfahrens zur Direktemailierung eines Stahlkörpers anhand eines Flußplanes und

Fig. 2 eine Querschnittsdarstellung eines direktemailierten randentkohlten Rohres als Stahlkörper.

[0016] Zur Direktemailierung wird zunächst gemäß Figur 1 an einem Stahlkörper 1 eine Randentkohlung 2 vorgenommen. Zu diesem Zweck wird der Stahlkörper 1 einer Glühstation 3 zugeführt. Innerhalb der Glühstation 3 wird der Stahlkörper 1 unter einer oxidationsver-

hindernden Atmosphäre aus Schutzgas 4 erwärmt. Das Schutzgas 4 besteht aus einer Mischung von Wasserstoff und Stickstoff und verhindert eine Verzunderung der Außenoberfläche des Stahlkörpers 1 beim Glühen. Das Glühen unter dem Schutzgas 4 bewirkt weiterhin den Effekt der Randentkohlung, d.h., daß von der Oberfläche aus bis zu einer gewissen Tiefe dem Stahlkörper 1 der Kohlenstoffanteil entzogen wird. Der somit randentkohlte Stahlkörper 1 wird anschließend einer der Randentkohlung 2 nachgeschalteten Emaillierstation 5 zugeführt. Innerhalb der Emaillierstation 5 wird unter Nutzung des Pulver-Elektrostatik-Verfahrens (PUESTA-Verfahren) auf den Stahlkörper 1 eine erste Schicht 6 aus Direktemail aufgebracht und anschließend eingebrannt. Diese erste Schicht 6 besteht aus korrosionsresistentem Direktemail und kann direkt, also ohne eine herkömmliche Grundemailschicht, auf einen Stahlkörper 1 aus preisgünstigem C-Stahl, der jedoch randentkohl ist, aufgebracht werden. Eine zweite Schicht 7 an Spezialemail wird nachfolgend aufgebracht. Die zweite Schicht 7 besteht aus höher gegen Korrosion resistentem Email. Diese Emaillierung in zwei Schichten 6, 7 schafft einen Stahlkörper 1, der aus preisgünstigem C-Stahl besteht und einen hochresistenten Schutz aus Email besitzt, so daß dieser Verbund sich durch eine hohe Wärmeleitfähigkeit auszeichnet.

[0017] Diese Eigenschaft ist insbesondere bei einem Rohr gemäß Figur 2 als Stahlkörper 1, der als Geradorhr oder U-Rohr bei einem Wärmetauscher eingesetzt wird, vorteilhaft. Hierbei ist die Außenoberfläche 8 - wie die Einzelheit "A" zeigt - bis zu einer Tiefe 9 durch Glühen unter Schutzgas randentkohl. Die Außenoberfläche 8 ist mit einer Direktemailierung und Spezialemailierung 10 versehen, die eine Gesamtstärke von 200 bis 600 Mikrometern aufweist.

[0018] Ein derartig einfach herstellbares direktemailiertes U-Rohr gewährleistet bei Wärmetauschern - beispielsweise in Rauchgasentschwefelungsanlagen - einen wirksamen Schutz vor dem Angriff von hochkorrosiven Gasen und deren Kondensate, so daß daraus eine erhöhte Lebensdauer resultiert.

[0019] Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf das vorstehend angegebene bevorzugte Ausführungsbeispiel. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, die von der dargestellten Lösung auch bei grundsätzlich anders gearteten Ausführungen Gebrauch macht.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Emaillierung der Oberfläche eines Stahlkörpers, insbesondere einer Rohraußenoberfläche, durch Direktemailierung, dadurch gekennzeichnet, daß zu emaillierende Oberflächenbereiche des Stahlkörpers einer Randentkohlung unterzogen werden, worauf unmittelbar mindestens eine Schicht aus Direktemail aufgebracht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß auf eine erste Schicht aus korrosionsresistentem Direktemail eine zweite Schicht aus hochkorrosionsresistentem Spezialemail aufgebracht wird. 5
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Randentkohlung der Stahlkörper beim Glühen durch eine diese bewirkende Einstellung einer Atmosphäre aus Schutzgas durchgeführt wird. 10
4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Glühen im Zusammenhang mit dem den Herstellungsprozeß abschließenden Schlußglühen des Stahlkörpers durchgeführt wird. 15
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Direktemailierung des Stahlkörpers im Pulver-Elektrostatik-Verfahren (PUESTA-Verfahren) oder im Naß-Elektrostatik-Verfahren (ESTA-Verfahren) oder im Elektro-Tauchemail-Verfahren (ETE-Verfahren) oder im Naßspritzverfahren durchgeführt wird. 20 25
6. Vorrichtung zur Emaillierung der Oberfläche eines Stahlkörpers, insbesondere einer Rohraußenoberfläche, durch Direktemailierung,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Stahlkörper (1) zur Randentkohlung eine Glühstation (3) durchläuft, die mit Mitteln zur Einstellung einer die Randentkohlung herbeiführenden Atmosphäre aus Schutzgas (4) ausgestattet ist, und daß der Stahlkörper (1) zur Aufbringung mindestens einer Schicht (6, 7) von Direktemail eine nachfolgende Emaillierstation (5) durchläuft. 30 35 40
7. Vorrichtung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß mit der Emaillierstation (5) zwei Schichten (6 und 7) aus Direktemail und Spezialemail unterschiedlicher Zusammensetzung übereinander aufbringbar sind. 45
8. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet,
daß zur Direktemailierung eines langgestreckten Stahlkörpers (1) ein kontinuierlicher Durchlauf durch die Glühstation (3) und/oder die Emaillierstation (5) erfolgt. 50
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
daß zur Direktemailierung eines kompakt ausgebildeten Stahlkörpers (1) ein getakteter Durchlauf durch die Glühstation (3) und/oder die Emaillierstation (5) erfolgt. 55
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
daß die auf den Stahlkörper (1) aufgebrachte Emaillierung (10) eine Dicke zwischen 200 und 600 Mikrometern aufweist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
daß als Glühstation (3) eine Schlußglühstation am Ende des Herstellungsprozesses des Stahlkörpers (1) vorgesehen ist.

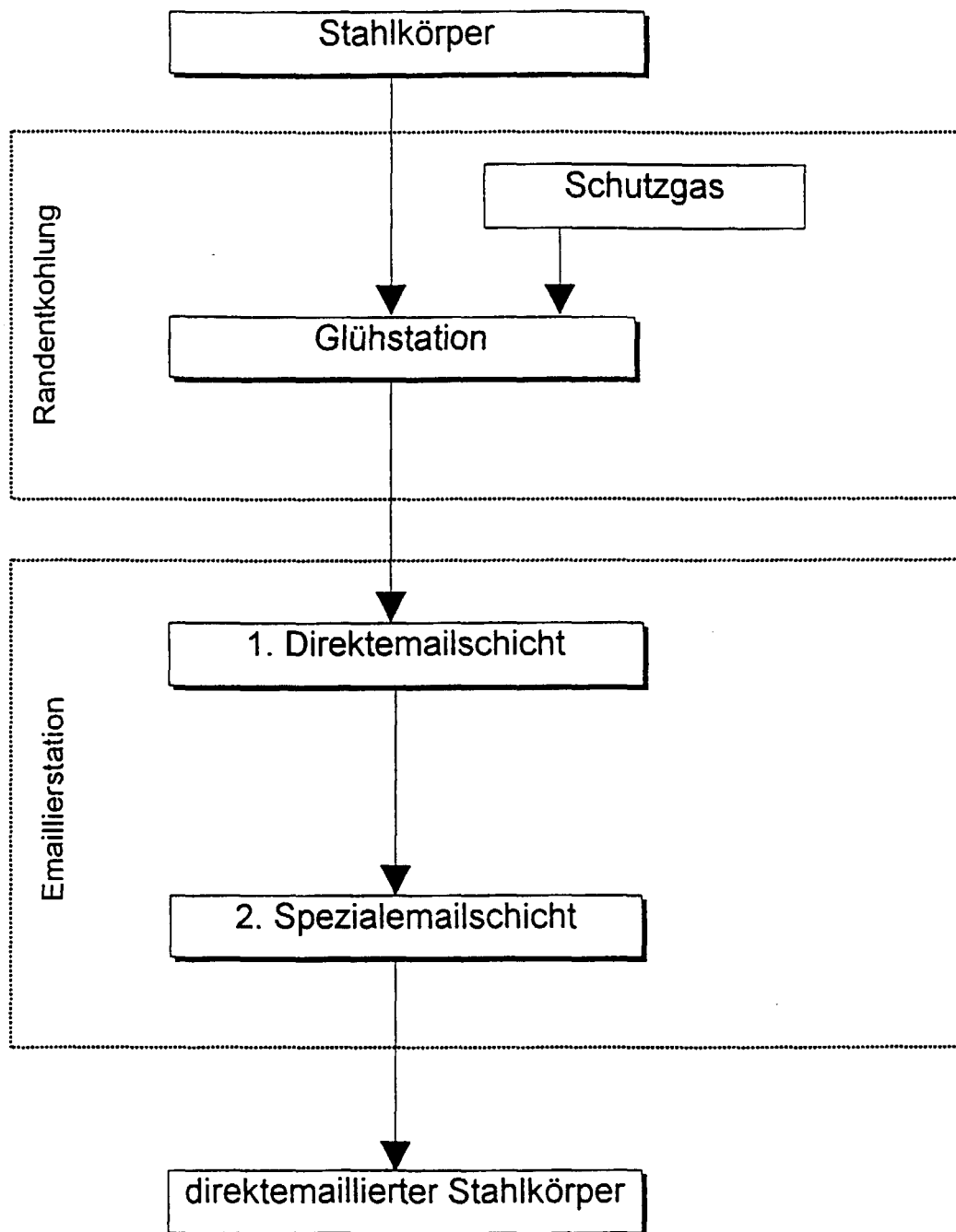


Fig. 1

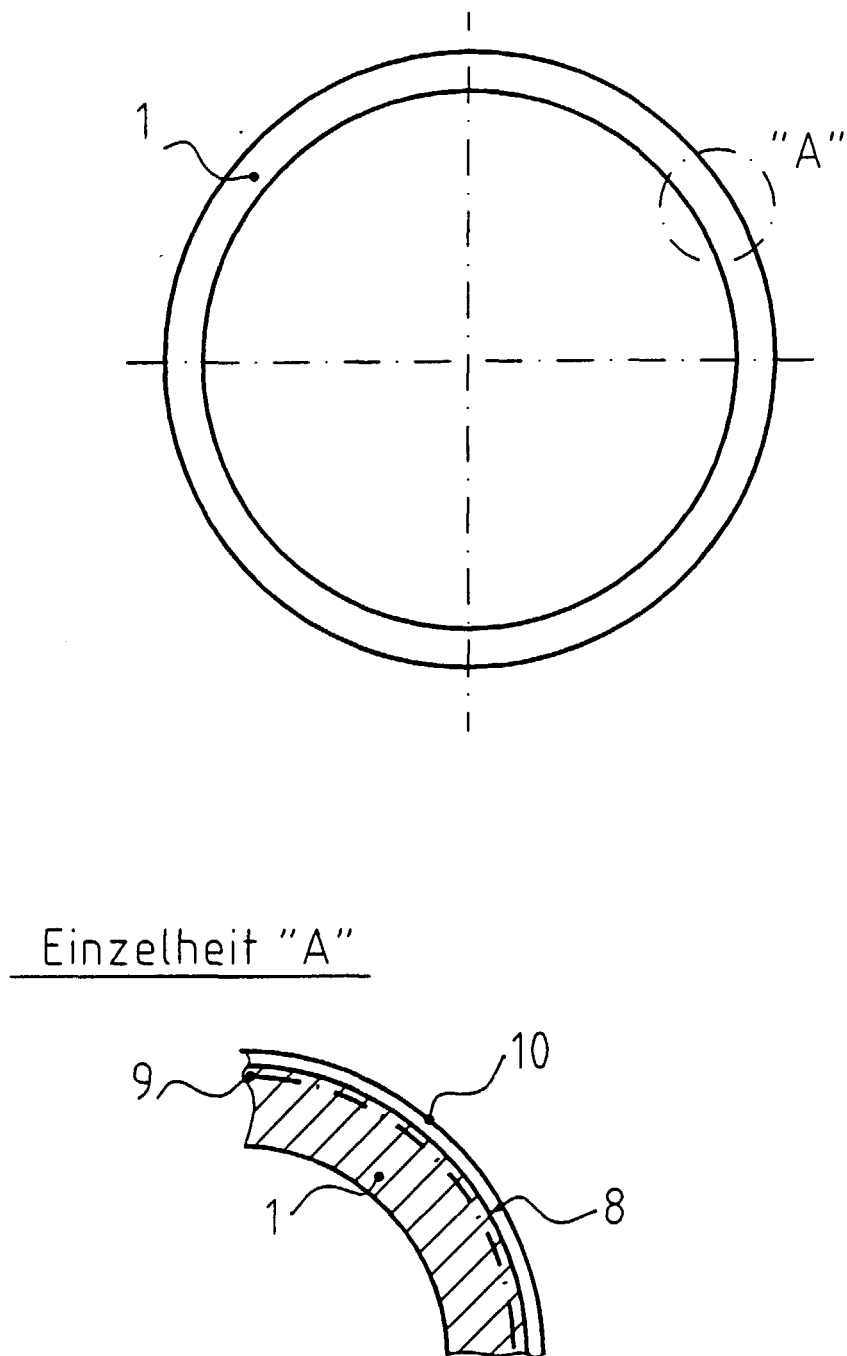


Fig. 2