



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
08.06.2005 Patentblatt 2005/23

(51) Int Cl.7: **B21C 37/15, B21D 26/02**

(21) Anmeldenummer: **04028534.8**

(22) Anmeldetag: **02.12.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR LV MK YU

(72) Erfinder:
• **Buck, Reiner, Dr.**
70563 Stuttgart (DE)
• **Uhlig, Ralf**
70567 Stuttgart (DE)

(30) Priorität: **05.12.2003 DE 10357671**

(74) Vertreter: **Regelmann, Thomas, Dr.**
HOEGER, STELLRECHT & PARTNER
Patentanwälte
Uhlandstrasse 14 c
70182 Stuttgart (DE)

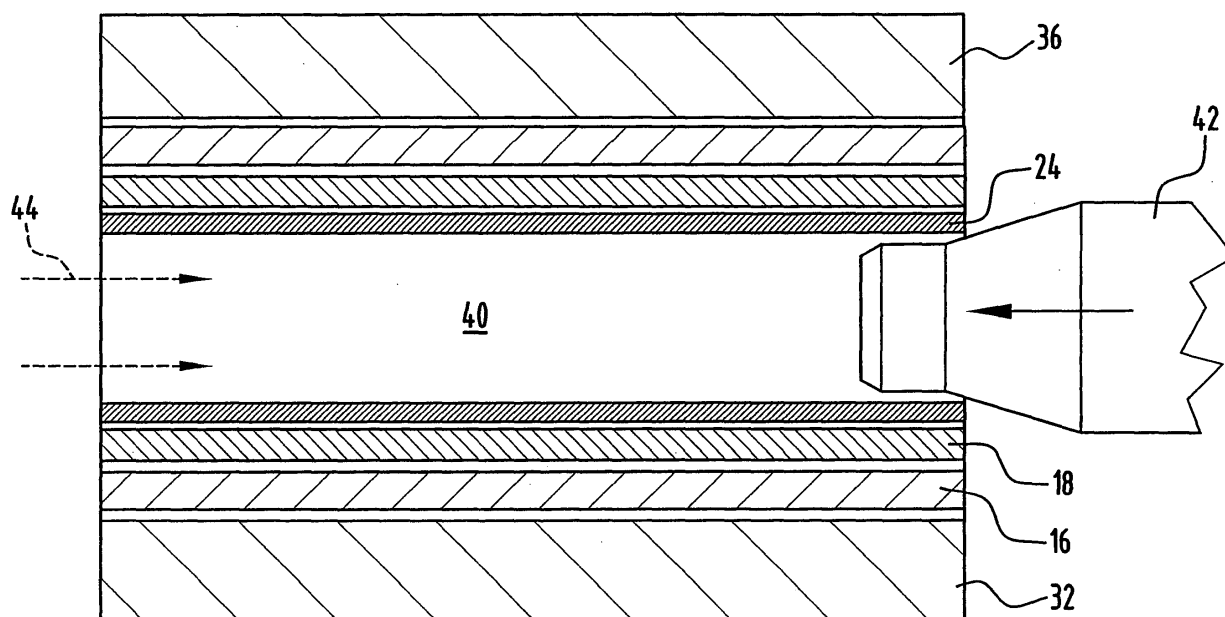
(71) Anmelder: **Deutsches Zentrum für Luft- und**
Raumfahrt e.V.
53175 Bonn (DE)

(54) **Herstellungsverfahren für ein Mehrschichtrohr zur Führung eines Wärmeübertragungsfluids und Mehrschichtrohr**

(57) Es wird ein Herstellungsverfahren für ein Mehrschichtrohr zur Führung eines Wärmeübertragungsfluids vorgeschlagen, bei dem ein erstes Rohr (18) in

einem zweiten Rohr (16) mit radialem Spiel positioniert wird und ein Rohrverbund zwischen dem ersten Rohr und dem zweiten Rohr durch plastische Verformung des ersten Rohrs und/oder des zweiten Rohrs erzeugt wird.

FIG.3



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Herstellungsverfahren für ein Mehrschichtrohr zur Führung eines Wärmeübertragungsfluids.

[0002] Ferner betrifft die Erfindung ein Mehrschichtrohr zur Führung eines Wärmeübertragungsfluids.

[0003] Solche Mehrschichtrohre lassen sich beispielsweise bei Solarreceivern oder bei Wärmeübertragern einsetzen. Insbesondere im Zusammenhang mit Solarreceivern besteht das Problem, daß Rohre zur Führung von Wärmeübertragungsfluid örtlich unterschiedlich stark beaufschlagt sind. Bei einem Solarreceiver werden entsprechende Rohre beispielsweise einseitig mit Solarstrahlung beaufschlagt. Es treten dadurch lokale Übertemperaturen auf, die thermische Spannungen bedingen. Diese thermische Spannungen können sich mit den aufgrund der Herstellung vorhandenen mechanischen Spannungen und den Spannungen, die aufgrund des Betriebs hervorgerufen sind (wie beispielsweise aufgrund eines Innendrucks im Rohr) überlagern. Dies führt zu Nebenbedingungen bei der Auslegung solcher Rohre bzw. kann die Lebensdauer einer Rohrs wesentlich einschränken.

[0004] Aus dem Artikel "Compound-Wall Receiver For DSG In Parabolic Troughs" von R. Almanza et al. in 10th SolarPACES International Symposium on Solar Thermal Concentrating Technologies "Solar Thermal 2000", 8. bis 10. März 2000, Sydney, Australien, Seite 131 bis 135 ist ein Receiver bekannt, welcher mittels einem äußeren Stahlrohr mit Durchmesser 3,81 cm und einem inneren Kupferrohr mit einem Durchmesser von 3,5 cm gebaut wurde. Das Stahlrohr wurde auf das Kupferrohr aufgeschumpft.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein einfaches Herstellungsverfahren für ein Mehrschichtrohr bereitzustellen.

[0006] Diese Aufgabe wird bei einem Herstellungsverfahren für ein Mehrschichtrohr zur Führung eines Wärmeübertragungsfluids erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß ein erstes Rohr in einem zweiten Rohr mit radialem Spiel positioniert wird und ein Rohrverbund zwischen dem ersten Rohr und dem zweiten Rohr durch plastische Verformung des ersten Rohrs und/oder des zweiten Rohrs erzeugt wird.

[0007] Bei der erfindungsgemäßen Lösung wird der Rohrverbund über plastische Verformung erzeugt und nicht über Aufschumpfung. Dadurch werden zeitkritische Abkühlungs- und Aufheizungsvorgänge vermieden. Die Ausgangsrohre können mit höheren Toleranzen zu dem Rohrverbund gefügt werden. Lange Mehrschichtrohre lassen sich durch das erfindungsgemäße Verfahren auf einfachere Weise herstellen.

[0008] Die plastische Verformung zur Herstellung des Rohrverbunds läßt sich unter Erhaltung der Form der Rohre durchführen, so daß sichergestellt ist, daß die Symmetrie vor der Umformung und nach der Umformung im wesentlichen die gleiche ist. Dies wiederum

trägt dazu bei, daß bei geeigneter Wahl der Form Spannungen im Betrieb minimiert sind.

[0009] Die plastische Verformung läßt sich auf einfache Weise durchführen; beispielsweise kann eine Aufweitung des am weitesten innen liegenden Rohrs über eine Wirkmedium-basierte Umformung wie Hydro-Forming oder über einen mechanischen Formkörper erfolgen.

[0010] Es ist möglich, daß das zweite Rohr in einem dritten Rohr mit radialem Spiel positioniert wird und ein Rohrverbund zwischen dem zweiten Rohr und dem dritten Rohr durch plastische Verformung des zweiten Rohrs und/oder des dritten Rohrs erzeugt wird. Es ist auch möglich, daß zusätzliche weitere Rohrverbunde mit weiteren Rohren erzeugt werden.

[0011] Insbesondere wird eine Verformungskraft auf das am weitesten innen liegende Rohr und/oder das am weitesten außen liegende Rohr ausgeübt. Die Verformungskraft, die die plastische Verformung bewirkt, ist definiert einstellbar.

[0012] Günstigerweise umgibt mindestens in dem Bereich, in dem ein Rohrverbund hergestellt werden soll, das bezüglich eines benachbarten Rohrs außen liegende Rohr das benachbarte Rohr. Dadurch läßt sich über plastische Verformung in dem genannten Bereich ein Rohrverbund und insbesondere Schichtverbund erzeugen.

[0013] Insbesondere weisen die Rohre, zwischen welchen ein Rohrverbund hergestellt werden soll, die gleiche Symmetrie bezüglich einer Längsachse auf. Wenn die Rohre dann kollinear zu der Längsachse positioniert werden und eine symmetrische plastische Verformung wie beispielsweise symmetrische Aufweitung erfolgt, dann hat das Herstellungsergebnis die gleiche Symmetrie wie die Ausgangsrohre. Dadurch läßt sich ein guter Verbund zwischen den Schichten erzeugen, wobei insbesondere materialfreie Bereiche (Spalte) zwischen benachbarten Schichten minimiert sind oder die Schichten vollständig verbunden sind. Dadurch wiederum ist eine gute Wärmeübertragung zwischen den Schichten ermöglicht.

[0014] Günstigerweise weisen die Rohre, zwischen welchen ein Rohrverbund hergestellt werden soll, einen kreisrunden Querschnitt auf. Dadurch läßt sich eine gute Anlage zwischen plastisch verformten Rohren erreichen, um so einen guten Schichtverbund zu erzeugen.

[0015] Es ist möglich, daß vor der plastischen Verformung die Rohre, die miteinander verbunden werden sollen, aneinander angelegt werden. Anschließend wird eine Verformungskraft zur plastischen Verformung ausgeübt. Bei geeigneter Einbringung der Verformungskraft, beispielsweise über ein Wirkmedium, läßt sich ein symmetrischer Verbund mit gleichmäßiger Anlage der beiden Rohre erreichen, wobei mindestens eines der Rohre, welche miteinander verbunden sind, plastisch verformt ist.

[0016] Es ist auch möglich, die Rohre so zueinander zu positionieren, daß ein Ringspalt zwischen benach-

barten Rohren gebildet wird. Der Ringspalt ist vorzugsweise rotationssymmetrisch, so daß durch eine radiale Aufweitung über plastische Verformung dieser Ringspalt schließbar ist und dadurch ein guter Schichtverbund erzeugt wird.

[0017] Es kann vorgesehen sein, das am weitesten außen liegende Rohr in einer Form positioniert wird. Die Form bestimmt dann die äußeren Abmessungen des Rohrverbunds.

[0018] Es dann günstig, wenn das am weitesten innen liegende Rohr mit einer über seinen Innenumfang gleichmäßigen Kraft zur plastischen Verformung beaufschlagt wird. Dadurch läßt sich dieses Rohr aufweiten, um den Spalt bzw. die Spalte zu dem benachbarten Rohr zu schließen und damit einen Rohrverbund zu erzeugen. Es läßt sich auch erreichen, daß das benachbarte Rohr aufgeweitet wird und gegen das am weitesten außen liegende Rohr gedrückt wird, um den dortigen Ringspalt zu schließen, sofern ein mehr als zweischichtiger Aufbau vorgesehen ist.

[0019] Insbesondere wird das am weitesten innen liegende Rohr aufgeweitet. Durch eine solche Aufweitung läßt sich ein Ringspalt schließen.

[0020] Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn das am weitesten innen liegende Rohr soweit aufgeweitet wird, daß ein Verbund zwischen benachbarten Rohren gebildet wird. Der Verbund wird dabei zwischen dem innenliegenden Rohr und dem benachbarten Rohr gebildet. Bei entsprechender Kraftbeaufschlagung wird das benachbarte Rohr ebenfalls verformt. Wenn es in einer Form liegt, dann bestimmt die Form die Außenkontur. Wenn es ein weiter außen liegendes Rohr gibt, dann wird das benachbarte, dazwischenliegende Rohr ebenfalls plastisch verformt, um einen Ringspalt zu dem außenliegenden Rohr zu schließen. Gegebenenfalls kann auch das außenliegende Rohr plastisch verformt werden, wobei aber dessen Außenkontur durch eine Form vorgegeben wird.

[0021] Es kann alternativ oder zusätzlich vorgesehen sein, daß eine Form in dem am weitesten innen liegenden Rohr positioniert wird. Dadurch läßt sich eine definierte Innenkontur für das am weitesten innen liegende Rohr ausbilden; bei der plastischen Verformung wird das am weitesten innen liegende Rohr gegen diese Innenform gedrückt.

[0022] Günstig ist es insbesondere in diesem Zusammenhang, wenn auf das am weitesten außen liegende Rohr eine über seinen Außenumfang gleichmäßige Verformungskraft ausgeübt wird, um so eine plastische Verformung durch Zusammendrücken zu bewirken. Der Spalt zwischen den Rohren wird dann dadurch geschlossen, daß das umgebende Rohr zusammengedrückt wird.

[0023] Es kann vorgesehen sein, daß die Verformung über ein Wirkmedium erfolgt und beispielsweise eine hydraulische Verformung durchgeführt wird. Über das Wirkmedium, welches unter Druck steht, läßt sich eine Kraft ausüben und insbesondere auf ein Innenrohr aus-

üben, um dieses plastisch zu verformen. Ein Beispiel für ein solches Verfahren ist Hydro-Forming.

[0024] Es ist auch möglich, daß die Verformung über einen Formkörper erfolgt, wie beispielsweise über einen Dorn oder über eine Kugel. Ein solcher Dorn läßt sich in ein Innenrohr einschieben und durch dieses Innenrohr durchführen beispielsweise mittels Durchschieben, Durchtreiben oder Durchziehen und es läßt sich dadurch eine Aufweitung des Innenrohrs erreichen.

[0025] Günstig ist es, wenn der Schichtverbund zur Verbesserung der Bindung nachbearbeitet wird. Über die Nachbearbeitung können insbesondere Änderungen im Gefüge erzielt werden, die die Verbindung verbessern.

[0026] Beispielsweise kann der Schichtverbund einem Diffusionsglühvorgang unterworfen werden, um die Bindung zu verbessern.

[0027] Es ist auch möglich, daß mindestens ein Rohr mindestens einseitig mit einer Beschichtung versehen wird; vorteilhafterweise wirkt sich die Beschichtung günstig auf die Verbindung aus.

[0028] Beispielsweise wird der Schichtverbund einem Lötprozeß unterworfen, um die Verbindung zu verbessern. Es ist dann insbesondere günstig, wenn zu verbindende Rohre mindestens einseitig mit Lot oder einer Lotkomponente versehen werden. Insbesondere bei Temperaturbearbeitung erfolgt dann eine Lötung zwischen den zu verbindenden Schichten, so daß über eine entsprechende Gefügeveränderung die Bindung verbessert wird.

[0029] Günstigerweise wird eine Schicht aus einem Material hoher Wärmeleitfähigkeit hergestellt. Bei Mehrschichtrohren mit einseitiger thermischer Belastung läßt es sich durch eine solche Schicht erreichen, daß lokale Übertemperaturen sich besser ausgleichen können; die damit verbundenen thermischen Spannungen lassen sich dadurch reduzieren. Durch die Verteilung der Wärme auf eine größere Fläche wird auch der Wärmeübergang verbessert.

[0030] Es ist auch günstig, wenn mindestens eine Schicht aus einem Material mit hoher Strukturstabilität bei den relevanten Temperaturen hergestellt wird. Materialien mit hoher Wärmeleitfähigkeit wie Kupfer, Silber oder Aluminium sind bei hohen Temperaturen relativ weich, so daß die Strukturstabilität eines entsprechenden Rohrs nicht mehr gewährleistet wird. Durch Vorsehen einer getrennten Schicht zur Bereitstellung einer hohen Strukturstabilität läßt sich das entsprechende Mehrschichtrohr optimieren; es kann eine getrennte Optimierung bezüglich Strukturstabilität und bezüglich Wärmeausgleich erfolgen.

[0031] Es ist auch günstig, wenn mindestens eine Schicht als Korrosionsschutzschicht ausgebildet wird. Es ist möglich, daß die Korrosionsschutzschicht auch Strukturstabilität bereitstellt. Durch die Korrosionsschutzschicht wird ein Korrosionsschutz einschließlich Oxidationsschutz insbesondere für eine Wärmeausgleichsschicht mit dem Material hoher Wärmeleitfähig-

keit bereitgestellt. Es ist dabei grundsätzlich möglich, daß ein Rohr selber eine Korrosionsschutzschicht bildet oder alternativ oder in Kombination, daß beispielsweise über ein Beschichtungsverfahren eine Korrosionsschutzschicht auf ein Rohr aufgebracht wird.

[0032] Günstig ist es, wenn ein Korrosionsschutz für das am weitesten innen liegende Rohr und/oder das am weitesten außen liegende Rohr vorgesehen wird, wobei die über das Rohr gebildete Schicht selber einen Korrosionsschutz darstellen kann oder eine Korrosionsschutzschicht auf dem Rohr angeordnet sein kann.

[0033] Insbesondere ist die am weitesten innen liegende Schicht und/oder die am weitesten außen liegende Schicht als Korrosionsschutzschicht ausgebildet, wobei es sich bei diesen Schichten wiederum um Schichten handeln kann, die mittels Rohren gebildet sind, oder es kann sich um Schichten handeln, die über getrennte Verfahren wie insbesondere Beschichtungsverfahren hergestellt sind. Insbesondere ist die am weitesten innen liegende Schicht als Korrosionsschutzschicht ausgebildet. Dadurch wird sichergestellt, daß Wärmeübertragungsfluid nicht in Kontakt mit einer Wärmeausgleichsschicht kommt.

[0034] Günstig ist es, wenn ein Rohr mindestens auf einer Seite vor dem Ineinanderschieben mit einer Struktur versehen wird. Insbesondere ist solch eine Struktur für die Wärmeausgleichsschicht oder für eine der Wärmeausgleichsschicht benachbarten Schicht vorgesehen. Dadurch läßt sich die Grenzfläche so beeinflussen, daß eine optimale Wärmeübertragung und damit ein optimaler Wärmeausgleich möglich ist. Es läßt sich auch der konvektive Wärmeübergang zwischen dem Rohr und dem Wärmeübertragungsfluid so beeinflussen, daß eine verbesserte Wärmeübertragung möglich ist und zwar insbesondere dann, wenn die Struktur an dem das Wärmeübertragungsfluid führenden Rohr gebildet ist oder die Struktur mit diesem verbunden ist.

[0035] Beispielsweise wird zwischen benachbarten Rohren vor der Verformung eine Einlage angeordnet. Bei der Einlage kann es sich um einen Draht handeln, der um ein entsprechendes Rohr gewickelt wird. Bei der plastischen Verformung bildet sich dann die Struktur dieser Einlage in einer oder in beiden benachbarten Schichten ab.

[0036] Es ist auch möglich, daß an einem äußeren Rohr und/oder einem inneren Rohr bei der Verformung eine Struktur erzeugt wird. Dadurch läßt sich bei der Herstellung des Rohrverbundes über plastische Verformung gleichzeitig eine Struktur herstellen. Bei der Struktur kann es sich beispielsweise um eine Wellenstruktur an einem Rohrende zur Längenkompensation oder einer Diffusor- oder Konfusor-Struktur handeln. Es ist auch möglich, eine Struktur zu erzeugen, welche den konvektiven Wärmeübergang zwischen dem das Wärmeübertragungsfluid führenden Rohr und dem Wärmeübertragungsfluid verbessert.

[0037] Es ist möglich, daß die Struktur mittels einer Form erzeugt wird, wobei die zu erzeugende Struktur

insbesondere als Negativbild der Form gebildet wird.

[0038] Alternativ oder in Kombination ist es auch möglich, die Struktur mittels einer Einlage zu erzeugen. Diese Einlage wird in die Form eingelegt und bildet sich dann auf dem entsprechenden Rohr ab.

[0039] Es ist auch günstig, wenn in der das Wärmeübertragungsfluid führenden Schicht der Rohre eine strömungsbeeinflussende Struktur hergestellt wird. Es kann sich dabei insbesondere um eine Verwirbelungsstruktur handeln, die eben für eine Verwirbelung des Wärmeübertragungsfluids und damit für eine verbesserte Wärmeaufnahme sorgt. Beispielsweise können Rippen, drallerzeugende Strukturen oder dergleichen in einem Innenraum eines Innenrohrs angeordnet sein.

[0040] Es ist dann ganz besonders vorteilhaft, wenn die strömungsbeeinflussende Struktur bei der Verformung des entsprechenden Rohrs zur Herstellung des Rohrverbundes erzeugt wird, das heißt gewissermaßen integral erzeugt wird. Eine entsprechende Innenform kann dann so entsprechend ausgebildet sein, daß sich die Struktur in dem Innenrohr abbildet. Die Struktur läßt sich dann ohne spanabhebende Materialbearbeitung herstellen.

[0041] Ferner liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Mehrschichtrohr der eingangs genannten Art bereitzustellen, welches bezüglich der Wärmeeinbringung bei hohen Temperaturen optimiert ist.

[0042] Diese Aufgabe wird bei dem eingangs genannten Mehrschichtrohr erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Wärmeausgleichsschicht und die Struktur-schicht durch plastische Verformung mindestens einer der beiden Schichten verbunden sind.

[0043] Durch die Verbindung über plastische Verformung läßt sich das Mehrschichtrohr auf einfache Weise herstellen.

[0044] Weitere Vorteile des erfindungsgemäßen Mehrschichtrohrs sowie vorteilhafte Ausgestaltungen wurden im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren beschrieben.

[0045] Es ist vorteilhaft, wenn mindestens eine Korrosionsschutzschicht vorgesehen ist, um die Wärmeausgleichsschicht vor Korrosion einschließlich Oxidation zu schützen. Die Korrosionsschutzschicht ist auch vorteilhaft, wenn die Wärmeausgleichsschicht und die Strukturschicht nicht durch plastische Verformung miteinander verbunden sind. Übliche Materialien für die Wärmeausgleichsschicht wie Aluminium, Silber oder Kupfer sind bei hohen Temperaturen sehr anfällig bezüglich Korrosion. Durch die Korrosionsschutzschicht wird eben die Wärmeausgleichsschicht geschützt. Die Korrosionsschutzschicht kann auch so ausgebildet sein, daß sie zur Strukturstabilität des Mehrschichtrohrs beiträgt.

[0046] Insbesondere ist das Wärmeübertragungsfluid an der Korrosionsschutzschicht vorbeigeführt. Die Korrosionsschutzschicht bedeckt die Wärmeausgleichsschicht, so daß die Wärmeausgleichsschicht nicht in Kontakt mit dem Wärmeübertragungsfluid kommt.

[0047] Insbesondere ist die am weitesten innen liegende Schicht und/oder die am weitesten außen liegende Schicht eine Korrosionsschutzschicht. Es kann vorgesehen sein, daß die Korrosionsschutzschicht mittels eines Rohrs gebildet ist und/oder daß auf einem entsprechenden Rohr eine Korrosionsschutzschicht angeordnet ist, welche durch ein getrenntes Verfahren aufgebracht wurde, wie beispielsweise durch galvanische Abscheidung. Beispielsweise wird eine solche getrennt aufgebraute Korrosionsschutzschicht nach der Herstellung des Rohrverbunds aufgebracht.

[0048] Aus dem gleichen Grunde ist es günstig, wenn die Wärmeausgleichsschicht von einer Korrosionsschutzschicht umgeben ist; dadurch wird die Wärmeausgleichsschicht auch nach außen geschützt.

[0049] Günstigerweise ist eine außenliegende Schicht die Strukturschicht. Dadurch wird die strukturelle Stabilität auch bei hohen Temperaturen gewährleistet.

[0050] Es kann vorgesehen sein, daß eine mittlere Schicht die Wärmeausgleichsschicht ist. Die Wärmeausgleichsschicht läßt sich dadurch gewissermaßen zwischen zwei Schichten hydrostatisch lagern. Die Wärmeausgleichsschicht muß dann nicht zur Strukturstabilität des Mehrschichtrohrs beitragen und kann ihre Funktion bezüglich des Wärmeausgleichs optimal erfüllen.

[0051] Günstig ist es, wenn das Mehrschichtrohr rotationssymmetrisch bezüglich einer Längsachse ausgebildet ist. Dadurch läßt sich über eine radialsymmetrische Verformungskraft und insbesondere radialsymmetrische Aufweitung ein Rohrverbund erzeugen, der auch im Endergebnis rotationssymmetrisch ist. Die mechanischen Spannungen aufgrund des Formungsprozesses lassen sich minimieren, da lokale Unterschiede minimiert sind.

[0052] Es kann eine den Wärmeausgleich fördernde Struktur vorgesehen sein. Dadurch läßt sich die Grenzfläche, die für die Wärmeübertragung relevant ist, optimieren.

[0053] Es ist auch günstig, wenn eine strömungsbeeinflussende Struktur vorgesehen ist. Über diese läßt sich beispielsweise eine Verwirbelung des Wärmeübertragungsfluids erreichen, um so wiederum eine optimale Wärmeübertragung auf das Wärmeübertragungsfluid zu ermöglichen.

[0054] Die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen dient im Zusammenhang mit der Zeichnung der näheren Erläuterung der Erfindung. Es zeigen:

Figur 1 eine Schnittansicht eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Mehrschichtrohrs;

Figur 2 ein Zwischenschritt bei der Herstellung des Mehrschichtrohrs gemäß Figur 1 und

Figur 3 einen weiteren Zwischenschritt bei der Her-

stellung.

[0055] Ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Mehrschichtrohrs, welches in Figur 1 im Querschnitt gezeigt ist und dort als Ganzes mit 10 bezeichnet ist, umfaßt eine Strukturschicht 12 und eine Wärmeausgleichsschicht 14. Die Strukturschicht 12 und die Wärmeausgleichsschicht 14 sind in einem Rohrverbund angeordnet und kontaktieren sich und sind insbesondere miteinander verbunden.

[0056] Die Strukturschicht 12 ist aus einem Material hergestellt, welches bezüglich der auftretenden Temperaturen hitzebeständig ist und eine entsprechende Festigkeit aufweist. Beispielsweise kann die Strukturschicht 12 aus Stahl oder einer Nickelbasislegierung wie Inconel hergestellt sein. Die Wärmeausgleichsschicht 14 ist aus einem Material hoher Wärmeleitfähigkeit wie beispielsweise Kupfer, Aluminium oder Silber hergestellt.

[0057] Bei dem in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel liegt die Strukturschicht 12 außen und ist mittels eines Außenrohrs 16 gebildet. Die Wärmeausgleichsschicht 14 ist mittels eines Mittelrohrs 18 gebildet, wobei die Verbindung zwischen dem Außenrohr 16 und dem Mittelrohr 18 über plastische Verformung erzielt wurde.

[0058] Die Wärmeausgleichsschicht 14 ist zu einem Innenraum 20 des Mehrschichtrohrs 10, in dem ein Wärmeübertragungsfluid geführt ist, durch eine Korrosionsschutzschicht 22 abgedeckt. Die Korrosionsschutzschicht ist aus einem Material hergestellt, welches eben einen Korrosionsschutz für die Wärmeausgleichsschicht 14 bereitstellt. Beispielsweise kann Stahl oder eine Nickelbasislegierung wie Inconel verwendet werden.

[0059] Die Korrosionsschutzschicht 22 ist mittels eines Innenrohrs 24 gebildet, wobei der Rohrverbund mit der Wärmeausgleichsschicht 14 über plastische Verformung erzielt wird.

[0060] Der Rohrverbund zwischen dem Außenrohr 16, dem Mittelrohr 18 und dem Innenrohr 24 wird, wie unten noch näher beschrieben, über plastische Verformung erzielt, so daß insbesondere kein Aufschumpfen eines äußeren Rohrs auf ein innenliegendes Rohr notwendig ist.

[0061] Das Mehrschichtrohr 10 ist vorzugsweise rotationssymmetrisch bezüglich einer Längsachse 26 ausgebildet. Entsprechend sind dann die Strukturschicht 12, die Wärmeausgleichsschicht 14 und die Korrosionsschutzschicht 22 rotationssymmetrisch zu dieser Längsachse 26 ausgebildet.

[0062] Es kann vorgesehen sein, daß das Mehrschichtrohr 10 an mindestens einem Längsende eine trichterförmige Aufweitung aufweist, so daß in diesem Bereich der Innendurchmesser größer ist als außerhalb dieses Bereiches. Auf diese Weise läßt sich ein Diffusor bzw. Konfusor ausbilden, welcher zur Verringerung von Strömungs-Druckverlusten dient.

[0063] Es ist auch möglich, daß die Korrosionsschutz-

schicht 22 an ihrer dem Innenraum 20 zugewandten Oberfläche mit einer strömungsbeeinflussenden Struktur versehen ist und insbesondere mit einer Verwirbelungsstruktur für das Wärmeübertragungsfluid. Es können dazu entsprechende Rippen angeordnet sein, die für eine Verwirbelung des Wärmeübertragungsfluids sorgen. Durch die Verwirbelung des Wärmeübertragungsfluids wird der Wärmeübergang an das Wärmeübertragungsfluid, welches in dem Innenraum 20 des Mehrschichtrohrs 10 strömt, verbessert.

[0064] Es ist auch möglich, daß die Wärmeausgleichsschicht 14 strukturiert ist, um so die Wärmeübertragung zu verbessern. Beispielsweise kann eine Spiralstruktur vorgesehen sein (in der Zeichnung nicht gezeigt).

[0065] Es ist auch möglich, daß dem Mehrschichtrohr 10 eine Biegung aufgeprägt ist, welche zur Kompensation von Wärmedehnungen dient. Es können auch Strukturen vorgesehen werden und insbesondere an einem Rohrende vorgesehen werden, wie Wellenstrukturen, die zur Kompensation von Wärmedehnungen dienen.

[0066] Die Verbindung zwischen den Schichten kann noch durch einen Lötvorgang oder durch Diffusionsglühen (Diffusionsschweißen), wie unten noch näher beschrieben wird, verbessert werden.

[0067] Das Mehrschichtrohr 10 wird zur Strömungsführung eines Wärmeübertragungsfluids verwendet. Solche Strömungsführungselemente werden insbesondere in Wärmeübertragern eingesetzt oder in Solarempfängern als Absorberrohre. Es tritt das Problem auf, daß die Wärmebelastung einseitig sein kann; bei einem Einsatz als Absorberrohr erfolgt die Strahlungsbelastung insbesondere von einer Richtung her, so daß die Strahlung auf eine Vorderseite und insbesondere vordere Hälfte des Rohrs 10 auftritt, während die hintere Hälfte unbestrahlt ist. Durch diese ungleiche externe Wärmebelastung sind insbesondere im Hochtemperaturbereich größer als 200 °C aufgrund von lokalen Übertemperaturen thermische Spannungen bedingt. Darüber hinaus entstehen auch Spannungen aufgrund der Betriebsbedingungen wie beispielsweise dem Innendruck in dem Innenraum 20, wenn ein Wärmeübertragungsfluid durch das Mehrschichtrohr 10 strömt.

[0068] Durch den erfindungsgemäßen Aufbau erfolgt eine Optimierung bezüglich der einzelnen Erfordernisse. Die Strukturschicht 12 sorgt für die strukturelle Stabilität des Mehrschichtrohrs 10. Die Wärmeausgleichsschicht 14 aus dem Material hoher Wärmeleitfähigkeit sorgt für einen Wärmeausgleich, so daß lokale Übertemperaturen abgebaut werden. Wenn beispielsweise Kupfer als Material für die Wärmeausgleichsschicht 14 verwendet wird, dann tritt das Problem auf, daß bei hohen Temperaturen das Kupfer sehr weich wird und außerdem ist das Kupfer auch anfällig gegenüber Korrosion einschließlich Oxidation. Die Korrosionsschutzschicht 22 aus einem entsprechenden beständigen Material mit hoher Festigkeit schützt dann wiederum die

Wärmeausgleichsschicht 14.

[0069] Die Wärmeausgleichsschicht 14 ist zwischen der Strukturschicht 12 und der Korrosionsschutzschicht 22 gewissermaßen hydrostatisch gelagert, so daß diese auf optimale Weise ihre Aufgabe, nämlich den Wärmeausgleich über das Mehrschichtrohr 10, erfüllen kann, wobei über die Strukturschicht 12 gegebenenfalls in Zusammenarbeit mit der Korrosionsschutzschicht 22 die Wärmeausgleichsschicht 14 gegenüber Korrosion geschützt ist. Weiterhin ist über die Strukturschicht 12 (gegebenenfalls in Kombination mit der Korrosionsschutzschicht 22) die mechanische Festigkeit des Mehrschichtrohrs 10 auch bei hohen Temperaturen gewährleistet.

[0070] Aufgrund der Verbindung der Schichten 12, 14 und 22 über plastische Verformung ist eine gute Verbindung und insbesondere ein Anliegen der einzelnen Schichten 12, 14 und 22 aneinander gewährleistet, so daß Spaltbereiche zwischen benachbarten Schichten minimiert sind und im Idealfall nicht vorhanden sind.

[0071] In Modellrechnungen wurden Temperaturprofile und Spannungsverläufe für ein Mehrschichtrohr 10 gemäß Figur 1 ermittelt mit der Strukturschicht 12 aus Inconel, der Wärmeausgleichsschicht 14 aus Kupfer und der Korrosionsschutzschicht 22 aus Inconel. Als Belastung wurde ausgegangen von einer halbseitigen solaren Bestrahlung. Im Innenraum 20 wurde von einem konvektiven Wärmeübergang auf Luft unter einem Druck von 14 bar bei einer Fluidtemperatur von 500 °C ausgegangen. Es hat sich gezeigt, daß der Temperaturgradient in Umfangsrichtung 65 K ergibt, während sich bei einem einschichtigen Rohr gleicher Abmessungen aus Inconel 220 K ergibt. Dies zeigt, daß durch die erfindungsgemäße Ausbildung lokale Übertemperaturen abgebaut werden und der Temperaturgradient verringert wird.

[0072] Es hat sich ferner gezeigt, daß die maximalen thermischen Spannungen, die durch örtlich unterschiedliche Wärmedehnungen (aufgrund örtlich unterschiedlicher Temperaturen) bedingt sind, sich auf ca. 8,5 MPa reduzieren lassen (von ca. 32 MPa bei einem einschichtigen Aufbau).

[0073] Der Verbund zwischen den die Strukturschicht 12, die Wärmeausgleichsschicht 14 und die Korrosionsschutzschicht 22 bildenden Rohren 16, 18 und 24 ist über plastische Verformung erzeugt. Dadurch lassen sich mechanische Spannungen, die herstellungsbedingt in den Schichten 12, 14, 22 hervorgerufen sind, gering halten, so daß wiederum insbesondere unter Berücksichtigung der Wärmebelastung die mechanische Stabilität und die Dichtigkeit des Mehrschichtrohrs 10 optimiert ist.

[0074] Das Mehrschichtrohr 10 läßt sich wie folgt herstellen:

[0075] Das Innenrohr 24, welches einen Außendurchmesser aufweist, welcher kleiner ist als der Innendurchmesser des Mittelrohrs 18, wird in dem Mittelrohr mit radialem Spiel positioniert (Figuren 2 und 3). Dadurch ist

ein Spalt 28 zwischen dem Innenrohr 24 und dem Mittelrohr 18 gebildet. Die Positionierung erfolgt beispielsweise kollinear zu den jeweiligen Längsachsen der Rohre 24 und 18, so daß bei rotationssymmetrischer Ausbildung der Spalt 28 ein Ringspalt ist. Das Innenrohr 24 kann auch an das Mittelrohr 18 angelegt werden.

[0076] Ferner wird das Mittelrohr 18 in dem Außenrohr 16 positioniert, wobei (vor der plastischen Verformung) der Außendurchmesser des Mittelrohrs 18 kleiner ist als der Innendurchmesser des Außenrohrs 16. Dadurch ist ein Spalt 30 zwischen dem Mittelrohr 18 und dem Außenrohr 16 gebildet. Die Positionierung des Mittelrohrs 18 erfolgt beispielsweise kollinear zu dem Außenrohr 16, so daß der Spalt 30 ein Ringspalt ist. Das Mittelrohr 18 kann auch an das Außenrohr 16 angelegt werden.

[0077] In dieser Anordnung umgibt das Außenrohr 16 das Mittelrohr 18 und das Mittelrohr umgibt das Innenrohr 24. Auf die Reihenfolge der Positionierung der einzelnen Rohre durch Ineinanderschieben kommt es dabei nicht an.

[0078] Bei einem Ausführungsbeispiel wird das Außenrohr 16 in einer Form 32 positioniert, welche beispielsweise zwei Formhälften 34 und 36 aufweist. Die Form 32 weist eine Aufnahme 38 für das Außenrohr 16 auf. Diese Aufnahme 38, die insbesondere einen kreisrunden Querschnitt aufweist, bestimmt die Außenform des Mehrschichtrohrs 10 und damit auch die Außenabmessungen des Mehrschichtrohrs 10.

[0079] Durch plastische Verformung wird das Mehrschichtrohr 10 erzeugt. Es erfolgt dabei eine Umformung des Innenrohrs 24, des Mittelrohrs 18 und gegebenenfalls des Außenrohrs 16. Dazu wird über einen Innenraum 40 des Innenrohrs 24 gleichmäßig über dessen Innenraum eine Verformungskraft ausgeübt, welche das Innenrohr 24 in Richtung des Mittelrohrs 18 aufweitet, und das Mittelrohr 18 in Richtung des Außenrohrs 16 aufweitet und gegebenenfalls das Außenrohr 16 aufweitet bzw., wenn dieses paßgenau in der Aufnahme 38 sitzt, eine plastische Verformung des Außenrohrs 16 bewirkt. Dadurch wiederum wird ein Rohrverbund mit einer Schichtverbindung erzeugt, so daß die Strukturschicht 12, gebildet über plastische Verformung des Außenrohrs 16, die Wärmeausgleichsschicht, gebildet über plastische Verformung des Mittelrohrs 18, und die Korrosionsschutzschicht 22, gebildet über plastische Verformung des Innenrohrs 24, an der jeweils benachbarten Schicht anliegen und so eine Verbindung hergestellt ist.

[0080] Die Verformungskraft zur Aufweitung des Innenrohrs 24 kann beispielsweise über einen Formkörper 42 wie beispielsweise einen Dorn oder eine Kugel ausgeübt werden, wobei dieser Formkörper 42 in den Innenraum 40 eingeführt wird und durch diesen durchgeführt wird.

[0081] Es ist auch möglich, die Umformung über ein Wirkmedium durchzuführen und insbesondere hydraulisch durchzuführen. Ein Beispiel für ein solches Verfah-

ren ist Hydro-Forming. Dabei wird ein Wirkfluid durch den Innenraum 40 unter Druck gepreßt bzw. es wird durch eine Führung mit elastischen Wänden durch den Innenraum 40 gepreßt. Dies ist in Figur 3 schematisch angedeutet durch Pfeile 44 für die Strömungsdurchführung des Wirkmediums durch den Innenraum 40.

[0082] Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel umgibt die Form 32 das Außenrohr 16, welches bei der Aufweitung des Innenrohrs 24 (ermittelt über die Aufweitung des Mittelrohrs 18) gegen die Form 32 gedrückt wird. Die Verformungskraft wirkt dadurch von innen nach außen, das heißt von der Längsachse 26 der jeweiligen Rohre 16, 18, 24 weg.

[0083] Es ist grundsätzlich auch möglich, daß alternativ oder in Kombination die Kraftbeaufschlagung von außen nach innen erfolgt, das heißt auf die Längsachse 26 zu. Beispielsweise ist es vorgesehen, daß in dem Innenraum 40 eine Form positioniert ist, welche eben den Innendurchmesser (und damit den Innenraum 20) des Mehrschichtrohrs 10 definiert. Das Innenrohr 24 legt sich an diese Form an. Die Form ist vorzugsweise expandierbar, so daß ihr Durchmesser nach der plastischen Verformung der Rohre verkleinert werden kann, und sie dann aus dem Innenraum 40 herausgezogen werden kann. Beispielsweise handelt es sich bei der Form um eine mit einem Fluid beaufschlagte Form, wobei über einen bestimmten Fluidruck eine bestimmte Gestalt eingestellt ist.

[0084] Bei diesem Ausführungsbeispiel erfolgt dann die Kraftausübung zur plastischen Verformung der Rohre 16, 18 und 24 von außen. Die Kraft wirkt direkt auf das Außenrohr 16, welches dann über eine symmetrische Kontraktion die plastische Verformung des Mittelrohrs 18 bewirkt; das Mittelrohr 18 wirkt dabei wiederum auf das Innenrohr 24.

[0085] Zur Verbesserung der Verbindung kann eine Nachbearbeitung des Schichtverbunds zwischen der Strukturschicht 12, der Wärmeausgleichsschicht 14 und der Korrosionsschutzschicht 22 vorgesehen sein. Beispielsweise kann bei hergestelltem Rohrverbund (das heißt bei umgeformtem Mehrschichtrohr 10) eine Diffusionsglühung (Diffusionsschweißung) durchgeführt werden. Die Diffusionsglühung kann unter Atmosphärenbedingungen, im Vakuum oder unter Schutzgas erfolgen. Es kann vorgesehen sein, daß für den Diffusionsglühvorgang in dem Innenraum 20 ein Innendruck aufgebracht ist oder daß der Diffusionsglühvorgang ohne eine zusätzliche Aufbringung erfolgt.

[0086] Es ist auch alternativ oder zusätzlich möglich, daß mindestens eine Schicht, wie beispielsweise die Korrosionsschutzschicht 22 an ihrer der Wärmeausgleichsschicht 14 zugewandten Seite und die Wärmeausgleichsschicht an der der Strukturschicht 12 zugewandten Seite mit einer Beschichtung versehen ist, und insbesondere mit einer Lotbeschichtung oder der Beschichtung einer Lotkomponente versehen ist. Nach der plastischen Verformung erfolgt dann eine Lötung beispielsweise unter Atmosphärenbedingungen, im Vaku-

um oder unter Schutzgas mit oder ohne zusätzlicher Aufbringung eines Innendrucks im Innenraum 20. Beispielsweise wird das Mittelrohr 18 innen und außen, wenn dieses aus Kupfer gefertigt ist, mit einer Silberschicht versehen. Silber stellt eine Lotkomponente dar, welche dann bei dem Lotvorgang mit dem Kupfer das eigentliche Lot bildet; bei hoher Temperatur wird dadurch für eine zusätzliche Verbindung der Wärmeausgleichsschicht 14 mit der Strukturschicht 12 und der Korrosionsschutzschicht 22 gesorgt.

[0087] Bei einem konkreten Ausführungsbeispiel wurde ein Außenrohr 16 mit einem Außendurchmesser von 33,4 mm und einem Innendurchmesser von 27,86 mm aus Inconel 600 verwendet. Als Mittelrohr 18 wurde ein Kupferrohr mit einem Außendurchmesser von 27 mm und einem Innendurchmesser von 22 mm verwendet. Als Innenrohr 24 wurde ein Inconel-Rohr mit einem Außendurchmesser von 21,3 mm und einem Innendurchmesser von 19 mm verwendet.

[0088] Durch Umformung des Innenrohrs wurde dann wie oben beschrieben der Rohrverbund für das entsprechende Mehrschichtrohr 10 hergestellt. Der Umformdruck bei einem entsprechenden Hydro-Forming-Vorgang betrug 3000 bar.

[0089] Anschließend wurde eine Diffusionsglühung durchgeführt bei einer Glühtemperatur von 900 °C und einer Glühzeit von 10 Stunden bis 15 Stunden.

[0090] Es ist auch möglich, gleichzeitig mit dem Verformungsvorgang für das Innenrohr 24 eine strömungsbeeinflussende Struktur in dem Innenrohr 24 dem Innenraum 20 zugewandt auszubilden. Beispielsweise wird eine Einlage in den Innenraum 20 vor der Kraftbeaufschlagung eingelegt bzw. es wird eine entsprechende strukturierte Form eingelegt. Dadurch lassen sich beispielsweise Rippen in der Korrosionsschutzschicht 22 an der dem Innenraum 20 zugewandten Seite ausbilden, die eine Verwirbelungsstruktur darstellen.

[0091] Es ist auch grundsätzlich möglich, eine Struktur an der Wärmeausgleichsschicht 14 direkt an dieser oder an der ihr zugewandten Seite der Korrosionsschutzschicht 22 zu erzeugen. Beispielsweise wird eine Einlage zwischen die Rohre 24 und 18 eingelegt. Bei der Einlage kann es sich um einen um das Innenrohr 24 gewickelten Draht handeln. Bei der Aufweitung des Innenrohrs 24 durch Kraftbeaufschlagung bildet sich diese Einlage auf dem Mittelrohr 18, welches die Wärmeausgleichsschicht 14 bildet, ab. Die Struktur wird so gewählt, daß die Wärmeübertragung und damit der Wärmeausgleich gefördert wird; es wird die Grenzschicht zwischen der Wärmeausgleichsschicht 14 und der Strukturschicht 12 bzw. der Korrosionsschutzschicht 22 beeinflusst, um einen optimalen Wärmeübergang zu erhalten.

[0092] Das Mehrschichtrohr 10 und ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens wurden anhand des Beispiels eines dreischichtigen Aufbaus beschrieben. Das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich auch bei einem zweischichtigen oder mehr als drei-

schichtigen Aufbau einsetzen. Ein Mehrschichtrohr aus zwei Schichten, bei welchem der Rohrverbund über plastische Verformung erzeugt wird, ist ebenfalls möglich.

[0093] Durch die Herstellung des Rohrverbunds über plastische Verformung anstatt Aufschumpfung lassen sich zeitkritische Aufheizvorgänge und Abkühlungsvorgänge vermeiden. Die Toleranzen bezüglich der Ausgangsrohre sind höher. Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens lassen sich Rohrverbunde großer Länge herstellen.

Patentansprüche

1. Herstellungsverfahren für ein Mehrschichtrohr zur Führung eines Wärmeübertragungsfluids, bei dem ein erstes Rohr in einem zweiten Rohr mit radialem Spiel positioniert wird und ein Rohrverbund zwischen dem ersten Rohr und dem zweiten Rohr durch plastische Verformung des ersten Rohrs und/oder des zweiten Rohrs erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das zweite Rohr in ein drittes Rohr mit radialem Spiel positioniert wird und ein Rohrverbund zwischen dem zweiten Rohr und dem dritten Rohr durch plastische Verformung des zweiten Rohrs und/oder des dritten Rohrs erzeugt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Verformungskraft auf das am weitesten innen liegende Rohr und/oder das am weitesten außen liegende Rohr ausgeübt wird.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens in dem Bereich, in dem ein Rohrverbund hergestellt werden soll, das bezüglich eines benachbarten Rohrs außen liegende Rohr das benachbarte Rohr umgibt.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Rohre, zwischen welchen ein Rohrverbund hergestellt werden soll, die gleiche Symmetrie bezüglich einer Längsachse aufweisen.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Rohre, zwischen welchen ein Rohrverbund hergestellt werden soll, einen kreisrunden Querschnitt aufweisen.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Rohre aneinander angelegt werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Rohre so zuein-

ander positioniert werden, daß ein Ringspalt zwischen benachbarten Rohren gebildet wird.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das am weitesten außen liegende Rohr in einer Form positioniert wird.
10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das am weitesten innen liegende Rohr mit einer über seinen Innenumfang gleichmäßigen Kraft zur plastischen Verformung beaufschlagt wird.
11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das am weitesten innen liegende Rohr aufgeweitet wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** das am weitesten innen liegende Rohr soweit aufgeweitet wird, daß ein Verbund zwischen benachbarten Rohren gebildet wird.
13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Form in dem am weitesten innen liegenden Rohr positioniert wird.
14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** auf das am weitesten außen liegende Rohr eine über seinen Umfang gleichmäßige Verformungskraft ausgeübt wird.
15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Verformung über ein Wirkmedium erfolgt.
16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** hydraulisch verformt wird.
17. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Verformung über einen Formkörper erfolgt.
18. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Schichtverbund zur Verbesserung der Bindung nachbearbeitet wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Schichtverbund einem Diffusionsglühvorgang unterworfen wird.
20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens ein Rohr mindestens einseitig mit einer Beschichtung versehen wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Schichtverbund einem Lötprozeß unterworfen wird.

- 5 22. Verfahren nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, daß** zu verbindende Rohre mindestens einseitig mit Lot oder einer Lotkomponente versehen werden.
- 10 23. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Schicht aus einem Material hoher Wärmeleitfähigkeit hergestellt wird.
- 15 24. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens eine Schicht aus einem Material mit hoher Strukturstabilität bei den relevanten Temperaturen hergestellt wird.
- 20 25. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens eine Schicht als Korrosionsschutzschicht ausgebildet wird.
- 25 26. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Korrosionsschutz für das am weitesten innen liegende Rohr und/oder das am weitesten außen liegende Rohr vorgesehen wird.
- 30 27. Verfahren nach Anspruch 25 oder 26, **dadurch gekennzeichnet, daß** die am weitesten innen liegende und/oder die am weitesten außen liegende Schicht als Korrosionsschutzschicht ausgebildet wird.
- 35 28. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Rohr auf mindestens einer Seite vor dem Ineinanderschieben mit einer Struktur versehen wird.
- 40 29. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen benachbarten Rohren vor der Verformung eine Einlage angeordnet wird.
- 45 30. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** an einem äußeren Rohr und/oder einem inneren Rohr bei der Verformung eine Struktur erzeugt wird.
- 50 31. Verfahren nach Anspruch 30, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Struktur mittels einer Form erzeugt wird.
- 55 32. Verfahren nach Anspruch 30 oder 31, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Struktur mittels einer Einla-

ge erzeugt wird.

mungsbeeinflussende Struktur vorgesehen ist.

33. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** in der das Wärmeübertragungsfluid führenden Schicht eine strömungsbeeinflussende Struktur hergestellt wird. 5
34. Mehrschichtrohr zur Führung eines Wärmeübertragungsfluids, umfassend eine Wärmeausgleichsschicht (14) aus einem Material hoher Wärmeleitfähigkeit und eine Strukturschicht (12) aus einem Material, welches bei den auftretenden Temperaturen strukturstabil ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Wärmeausgleichsschicht (14) und die Strukturschicht (12) durch plastische Verformung mindestens einer der beiden Schichten (12, 14) verbunden sind. 10 15
35. Mehrschichtrohr nach dem Oberbegriff von Anspruch 34 oder nach Anspruch 34, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens eine Korrosionsschutzschicht (22; 12) vorgesehen ist. 20
36. Mehrschichtrohr nach Anspruch 36, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Wärmeübertragungsfluid an einer Korrosionsschutzschicht (22) vorbei geführt ist. 25
37. Mehrschichtrohr nach Anspruch 35 oder 36, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine am weitesten innen liegende Schicht (22) und/oder eine am weitesten außen liegende Schicht (12) eine Korrosionsschutzschicht (22) ist. 30
38. Mehrschichtrohr nach einem der Ansprüche 35 bis 37, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Wärmeausgleichsschicht (14) von Korrosionsschutzschichten (12, 22) umgeben ist. 35
39. Mehrschichtrohr nach einem der Ansprüche 34 bis 38, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine außen liegende Schicht (12) die Strukturschicht ist. 40
40. Mehrschichtrohr nach einem der Ansprüche 34 bis 39, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine mittlere Schicht (14) die Wärmeausgleichsschicht ist. 45
41. Mehrschichtrohr nach einem der Ansprüche 34 bis 40, **gekennzeichnet durch** eine rotationssymmetrische Ausbildung bezüglich einer Längsachse (26). 50
42. Mehrschichtrohr nach einem der Ansprüche 34 bis 41, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine den Wärmeausgleich fördernde Struktur vorgesehen ist. 55
43. Mehrschichtrohr nach einem der Ansprüche 34 bis 42, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine strömungsbeeinflussende Struktur vorgesehen ist.

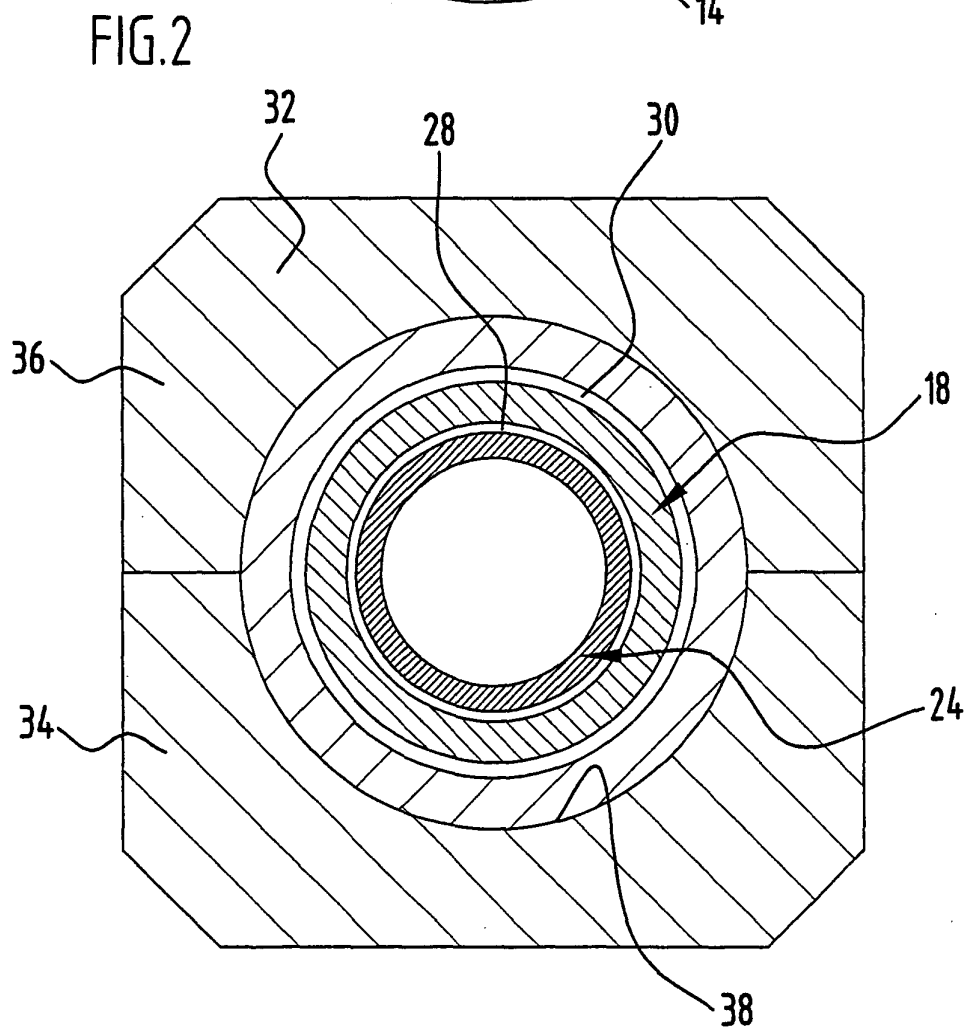
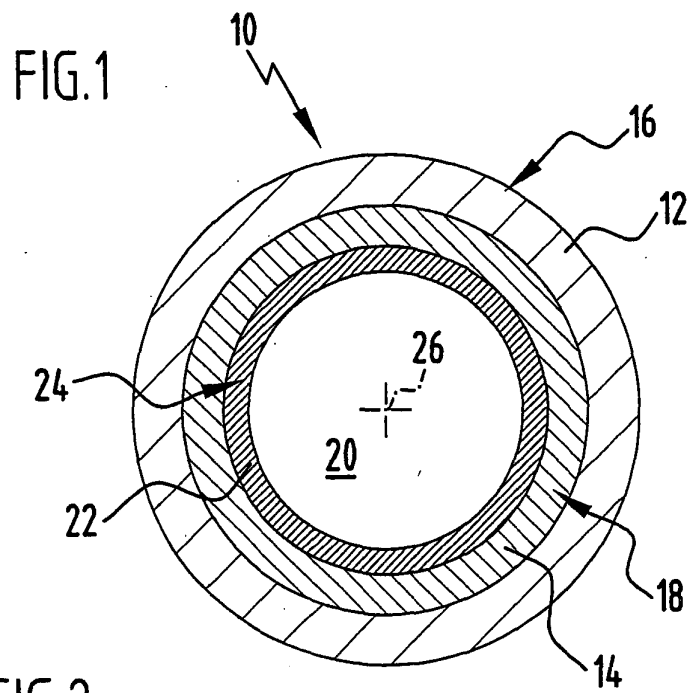
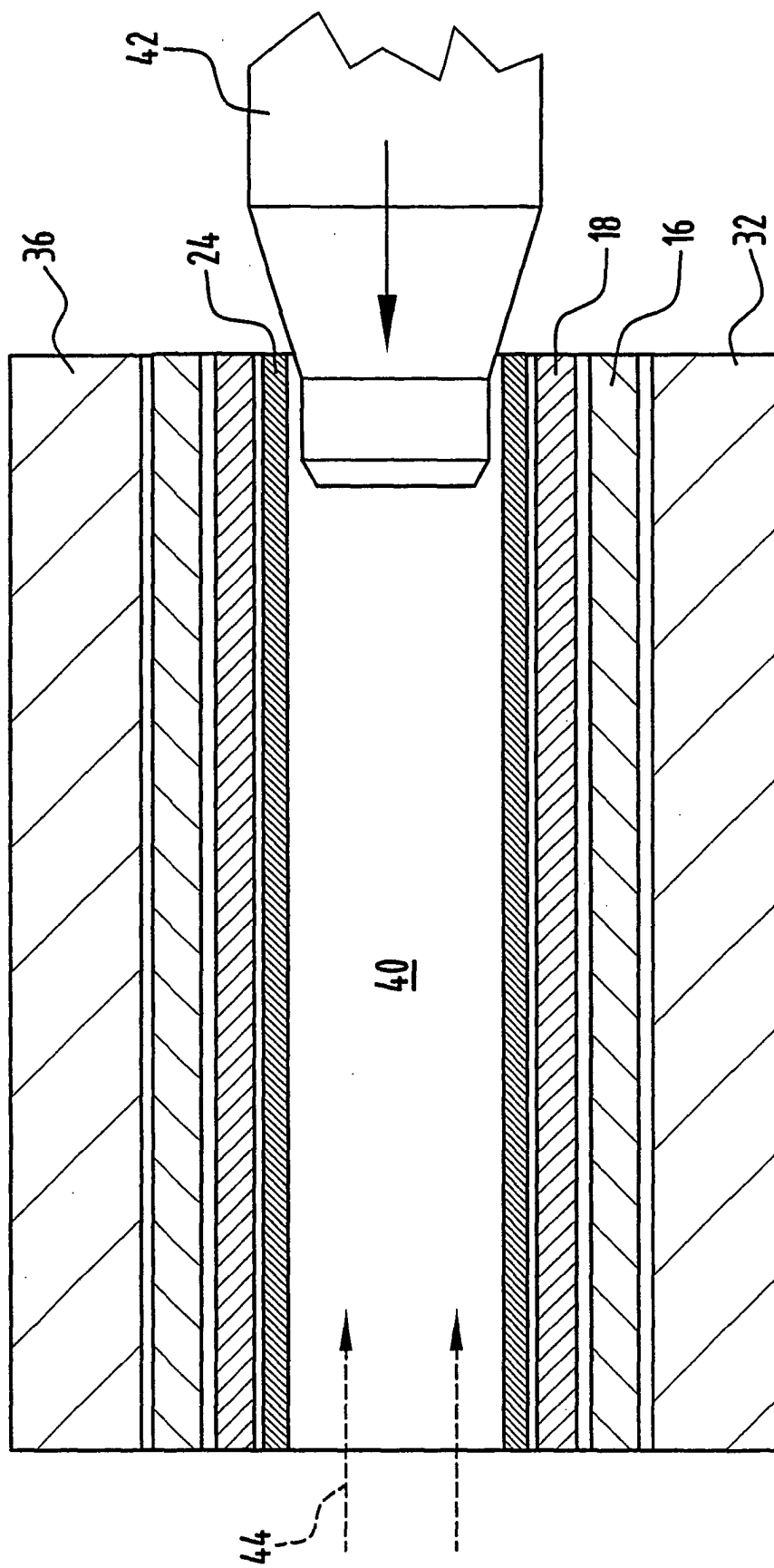


FIG.3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 02 8534

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 4 217 886 A (MCLAUGHLIN, JAY C) 19. August 1980 (1980-08-19) * Spalte 3, Zeile 7 - Spalte 4, Zeile 41; Abbildungen 2-13 * -----	1-6,8, 10-12, 17,23, 24,28, 30, 34-37, 39,42	B21C37/15 B21D26/02
X	EP 0 673 697 A (BDAG BALCKE-DUERR AKTIENGESELLSCHAFT) 27. September 1995 (1995-09-27) * Spalte 1, Zeile 1 - Spalte 2, Zeile 45 * * Spalte 3, Zeile 30 - Zeile 53; Abbildungen 1,2 * -----	1,3-6,8, 10-12, 15,16, 23,24, 29,34	
X	US 2 775 029 A (BENNETT ARTHUR S ET AL) 25. Dezember 1956 (1956-12-25) * Anspruch 1; Abbildung 8 * -----	1,3-7, 10-12, 15,16, 18,19, 23-27, 34-37, 39,41	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) B21C B21D
X	US 2 371 348 A (MURRAY MALCOLM G) 13. März 1945 (1945-03-13) * Seite 1, Spalte 1, Zeile 27 - Spalte 2, Zeile 5; Anspruch 6; Abbildungen 1-4 * ----- -/--	1,3-6,8, 14,18, 20-24, 34,41	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 10. März 2005	Prüfer Ritter, F
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 : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, 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)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 02 8534

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	DE 26 24 798 A1 (DNEPROPETROWSKIJ METALLURGITSCHESKIJ INSTITUT; DNEPROPETROVSKIJ METALL) 15. Dezember 1977 (1977-12-15) * Seite 14, Absatz 6 - Seite 18, letzter Absatz; Abbildungen 1-3 * -----	1-7, 9-12,15, 16,18, 19, 23-27, 34,39,41	
X	US 5 097 585 A (KLEMM ET AL) 24. März 1992 (1992-03-24) * Spalte 4, Zeile 59 - Spalte 5, Zeile 68; Abbildungen 2,3 *	1,3-6,8, 11,12,17	
X	EP 0 015 712 A (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) 17. September 1980 (1980-09-17) * Seite 2, Absatz 1 * * Anspruch 1; Abbildung 1 * -----	1,3-6,8, 10-12, 15,16, 25-27	
X	EP 1 000 677 A (VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT) 17. Mai 2000 (2000-05-17) * Spalte 3, Zeile 25 - Spalte 4, Zeile 32; Abbildungen 1,2 *	1-7, 9-12,15, 16	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
X	GB 728 131 A (FOSTER WHEELER LIMITED) 13. April 1955 (1955-04-13) * Seite 2, Zeile 48 - Zeile 119; Abbildungen 1-5 * ----- -/--	1,3-6, 8-14,17, 18,21, 22,24,28	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 10. März 2005	Prüfer Ritter, F
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 Patentedokument, 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)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 02 8534

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	DE 100 19 384 A1 (KARL HAMACHER GMBH) 31. Oktober 2001 (2001-10-31) * Spalte 3, Zeile 31 - Spalte 5, Zeile 6; Abbildungen 1-4 *	1,3-6,8, 10-12, 15,16, 20,26	
X	DE 548 576 C (DIPL.-ING. RICHARD KRAUSS) 3. Februar 1933 (1933-02-03) * Seite 2, Zeile 30 - Zeile 86; Abbildungen 1,2 *	1,2,4-6, 8,10-12, 15,16	
X	US 4 125 924 A (GOETZE ET AL) 21. November 1978 (1978-11-21) * Spalte 2, Zeile 5 - Spalte 3, Zeile 3; Abbildungen 1,2 *	1,3-6,8, 14	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 10. März 2005	Prüfer Ritter, F
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 04 02 8534

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

10-03-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4217886	A	19-08-1980	US	4300275 A	17-11-1981
EP 0673697	A	27-09-1995	DE	4406726 A1	07-09-1995
			EP	0673697 A1	27-09-1995
US 2775029	A	25-12-1956	KEINE		
US 2371348	A	13-03-1945	KEINE		
DE 2624798	A1	15-12-1977	KEINE		
US 5097585	A	24-03-1992	CA	2021677 A1	01-02-1991
EP 0015712	A	17-09-1980	JP	1098489 C	27-05-1982
			JP	55117514 A	09-09-1980
			JP	56046451 B	04-11-1981
			JP	1103104 C	16-07-1982
			JP	55117515 A	09-09-1980
			JP	56048254 B	14-11-1981
			JP	1103105 C	16-07-1982
			JP	55117516 A	09-09-1980
			JP	56048255 B	14-11-1981
			CA	1139923 A1	25-01-1983
			DE	3061957 D1	24-03-1983
			EP	0015712 A1	17-09-1980
			US	4332073 A	01-06-1982
EP 1000677	A	17-05-2000	DE	19851492 A1	11-05-2000
			AT	259685 T	15-03-2004
			DE	59908570 D1	25-03-2004
			EP	1000677 A2	17-05-2000
GB 728131	A	13-04-1955	KEINE		
DE 10019384	A1	31-10-2001	KEINE		
DE 548576	C	03-02-1933	KEINE		
US 4125924	A	21-11-1978	KEINE		

EPO FORM P0461

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