



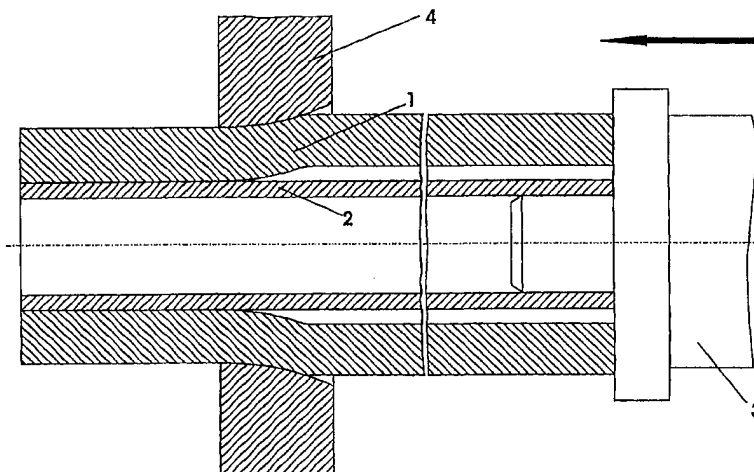
<p>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>B21C 37/06, 37/15</b></p>	<b>A1</b>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 98/25712</b></p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 18. Juni 1998 (18.06.98)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE97/02944</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 12. Dezember 1997 (12.12.97)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 196 53 670.7 13. Dezember 1996 (13.12.96) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): MAN- NESMANN AG [DE/DE]; Mannesmannufer 2, D-40213 Düsseldorf (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und</p> <p>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KELLER, Manfred [DE/DE]; Peter-Esser-Dyk 6, D-47803 Krefeld (DE). VON HAGEN, Ingo [DE/DE]; Schumannstrasse 1, D-47800 Krefeld (DE). KÜMMERLING, Rolf [DE/DE]; Altenbrucher Damm 52A, D-47249 Duisburg (DE). SCHMIDT, Wilfried [DE/DE]; Millrather Weg 100E, D-40699 Erkrath (DE). SCHMITZ, Theodor [DE/DE]; Fröbelstrasse 10, D-41515 Grevenbroich (DE).</p> <p>(74) Anwälte: MEISSNER, Peter, E. usw.; Hohenzollerndamm 89, D-14199 Berlin (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, GW, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</p> <p><b>Veröffentlicht</b> Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</p>	

(54) Title: PROCESS FOR PRODUCING INTERNALLY PLATED PIPES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON INNENPLATTIERTEN ROHREN

(57) Abstract

This invention concerns a process for producing internally plated pipes which, as compound pipes with an outer diameter of at least 60 mm, are used for transport of corrosive and/or abrasive fluids. To that effect, a second (inner) pipe (2) with a slightly smaller outside diameter than the inner diameter of an outer pipe (1) and a wall thickness of at least 1 mm is inserted into an outer pipe (1) of carbon steel or another more resistant metallic material. The inner pipe (2) is made out of another material, particularly of a corrosion resistant and/or wear resistant metal. Moreover, the outside pipe is reduced in diameter by forced fit using a reducing ring (4) so that the outer pipe (1) is mechanically reduced to press against the inner pipe (2). This invention is characterized in that the reduction of the diameter of the outer pipe (1) using a reducing ring (4) is only carried out to the extent that the mechanical deformation of the inner pipe, which is brought about by the pressing on of the outer pipe onto the inner pipe (2), still remains within the elastic range.



This invention is characterized in that the reduction of the diameter of the outer pipe (1) using a reducing ring (4) is only carried out to the extent that the mechanical deformation of the inner pipe, which is brought about by the pressing on of the outer pipe onto the inner pipe (2), still remains within the elastic range.

### (57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von innenplattierten Rohren, die als Verbundrohre mit einem Außendurchmesser von mindestens 60 mm zum Transport von korrosiven und/oder abrasiven Fluiden vorgesehen sind, bei dem in ein äußeres Rohr (1) aus einem Kohlenstoffstahl oder einem anderen höherfesten metallischen Werkstoff ein zweites (inneres) Rohr (2) mit einem gegenüber dem Innendurchmesser des äußeren Rohres (1) geringfügig kleineren Außendurchmesser und einer Wanddicke von mindestens 1 mm eingeschoben wird und das innere Rohr (2) aus einem anderen, insbesondere einem korrosionsbeständigen und/oder verschleißfesten metallischen Werkstoff besteht und bei dem das äußere Rohr durch erzwungenes Passieren eines Reduzierings (4) in seinem Durchmesser so weit reduziert wird, daß das äußere Rohr (1) im Sinne einer Presspassung mechanisch auf das innere Rohr (2) aufschumpft. Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Reduzierung des Durchmessers des äußeren Rohres (1) im Reduziering (4) nur so weit getrieben wird, daß die durch das Aufschumpfen des äußeren Rohres auf das innere Rohr (2) bewirkte mechanische Verformung des inneren Rohres noch im elastischen Bereich bleibt.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Verfahren zur Herstellung von innenplattierten Rohren

5

### **Beschreibung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von innenplattierten Rohren, die als Verbundrohre mit einem Außendurchmesser von mindestens 60 mm zum  
10 Transport von korrosiven und/oder abrasiven Fluiden (Gase, Flüssigkeiten, Suspensionen) vorgesehen sind. Dabei wird in ein äußeres, im Regelfall dickwandiges Rohr aus einem Kohlenstoffstahl oder einem anderen höherfesten metallischen Werkstoff ein zweites (inneres) Rohr mit einem gegenüber dem Innendurchmesser des äußeren Rohres geringfügig kleineren Außendurchmesser und  
15 einer Wanddicke von mindestens 1 mm eingeschoben. Das innere Rohr besteht aus einem anderen, insbesondere einem korrosionsbeständigen und/oder verschleißfesten metallischen Werkstoff und weist im allgemeinen eine dünnere Wanddicke auf als das äußere Rohr. Zwischen dem inneren und dem äußeren Rohr wird im Sinne einer Presspassung durch mechanisches Aufschrumpfen ein  
20 kraftschlüssiger Verbund geschaffen, indem der Durchmesser des äußeren Rohres dadurch reduziert wird, daß dieses Rohr durch einen Reduzierring hindurchgezwungen wird.

Bei plattierten Rohren handelt es sich um Verbundbauteile, bei denen entsprechend  
25 ihrem Einsatzzweck durch die Kombination zweier verschiedener Werkstoffe technische und/oder ökonomische Vorteile erreicht werden. Zumeist will man die guten korrosionschemischen Eigenschaften von hochlegierten Stählen mit den überlegenen mechanischen Eigenschaften von z. B. Kohlenstoffstählen verbinden. Aber auch die Kombination von besonders verschleißfesten Werkstoffen mit üblichen  
30 Bau- und Edlstählen kann technische und wirtschaftliche Vorteile bringen. Die Wirtschaftlichkeit folgt aus dem Umstand, daß die Schichtdicken der zumeist sehr teuren Plattierungswerkstoffe auf das für den jeweiligen Einsatzzweck technisch notwendige Maß reduziert werden können.

Mit zunehmender Erschöpfung der leicht erschließbaren Lagerstätten von Kohlenwasserstoffen hat in der jüngeren Zeit insbesondere in der Offshore-Industrie der Umgang mit sogenannten sauren Produkten stark zugenommen. Bei diesen Produkten handelt es sich um Öl, Gas oder Kondensat mit Anteilen an CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S und Chloriden. Die Förderung solcher Produkte ist mit erheblichen Korrosionsproblemen verbunden. Diese kann man teilweise durch Injizierung von chemischen Inhibitoren verhindern. Es ist jedoch vielfach nötig, Förderleitungen und Transportleitungen aus entsprechend korrosionsbeständigen Legierungen einzusetzen. Hierbei werden vielfach austenitisch-ferritische Duplexstähle verwendet. Mit zunehmender Fördertiefe steigen auch die Temperaturen der zu fördernden Produkte, wodurch die Korrosionsproblematik noch wesentlich verschärft wird.

Bei höheren H<sub>2</sub>S Gehalten und zusätzlichen CO<sub>2</sub>- und Chloridanteilen steigt die Gefahr der Spannungsrißkorrosion. Wenn der Einsatz von Duplexstählen nicht mehr ausreicht, müssen daher hochkorrosionsbeständige Werkstoffe wie z. B. hochlegierte austenitische Stähle und im Extremfall sogar Nickel-Basislegierungen eingesetzt werden. Bedingt durch die geringen Streckgrenzen im geglühten Zustand dieser Werkstoffe sowie durch deren hohe Preise sind dem Einsatz von Vollwandrohren aus diesen Werkstoffen häufig nicht nur technische sondern auch ökonomische Grenzen gesetzt. In solchen Fällen können z. B. Kohlenstoffstahlrohre mit entsprechenden Innenplattierungen aus hochlegierten Werkstoffen eine interessante Alternative sein. Dies gilt sowohl für kleinformatische nahtlose Rohre (für Tubings und Flowlines) als auch für großformatige längsnahtgeschweißte Rohre (für Pipelines).

Ein anderes Einsatzgebiet ist der hydraulische Feststofftransport durch Rohrleitungen. Hierbei treten insbesondere Abrasionsverschleiß und gegebenenfalls auch zusätzlich Korrosionsverschleiß auf. Für derartige Aufgaben werden daher vielfach mit entsprechenden verschleißfesten Innenplattierungen ausgestattete Verbundrohre eingesetzt. Die Plattierung wird vielfach durch Schweißplattieren aufgebracht. Dieses Verfahren ist sehr aufwendig.

Bei den hier betrachteten Verbundrohren handelt es sich grundsätzlich um Rohre, deren Wand aus zwei Schichten unterschiedlicher Werkstoffzusammensetzung besteht. Man unterscheidet dabei Rohre mit einer metallurgischen Bindung der Schichten von solchen mit rein mechanischem Verbund (sogenannte klangfeste

Verbindungen). Verbundrohre der ersten Art können über die bekannten Verfahren des Coextrudierens, des Walzplattierens, des heißisostatischen Pressens, des Sprengplattierens oder auch des Schweißplattierens hergestellt werden. Ein Nachteil von Verbundrohren, die im Wege der Warmumformung hergestellt werden, ist vielfach  
5 darin zu sehen, daß nach der Umformung die Gebrauchseigenschaften von Grund- und Auflegewerkstoff nicht in einem optimalen Zustand vorliegen. Zur Einstellung z. B. der erforderlichen mechanischen Eigenschaften des aus einem Kohlenstoffstahl bestehenden Trägerwerkstoffs und der korrosionschemischen Eigenschaften des aus einem hochlegierten Material bestehenden Plattierungswerkstoffs ist daher oft eine  
10 zusätzliche Wärmebehandlung erforderlich. Diese stellt für den Trägerwerkstoff eine Vergütebehandlung und für den Plattierungswerkstoff eine Lösungsglühbehandlung dar. Zwangsläufig müssen beide Behandlungen gleichzeitig erfolgen und können daher nicht in optimaler Weise für jede Schicht durchgeführt werden, vielmehr muß ein Kompromiß in der Temperaturführung gefunden werden.

15

Zur Herstellung von Verbundrohren mit mechanischer Bindung sind verschiedene Verfahren bekannt. Hierbei werden zwei unterschiedliche Wege beschritten. In beiden Fällen wird jeweils von einem inneren Rohr mit einem im Regelfall höherwertigen  
20 Werkstoff ausgegangen, das in ein äußeres Rohr mit im allgemeinen größerer Wanddicke aus geringwertigem Material eingeschoben wird. Der Außendurchmesser des Innenrohres liegt nahe an dem Innendurchmesser des Außenrohres. Bei dem ersten Herstellweg wird das Innenrohr gegen das Außenrohr aufgeweitet, um den mechanischen Verbund herzustellen. Dies kann beispielsweise  
25 mittels einer hydraulischen Aufweite- und Kalibrierpresse geschehen, wie dies aus der Firmenbroschüre „PRODUCT - BUTTING BIMETAL PIPES“ bekannt ist. Mit diesem Verfahren lassen sich auch Verbundrohre mit größeren Durchmessern erzeugen.

Bei einem zweiten Verfahrensweg wird der mechanische Verbund zwischen dem inneren und dem äußeren Rohr dadurch hergestellt, daß eine  
30 Durchmessererengung beider Rohre dadurch erzwungen wird, daß diese gemeinsam durch einen Ziehring gezogen werden. Dies kann ohne gleichzeitigen Einsatz eines Innenwerkzeugs erfolgen, wie dies aus der US 4125924 bekannt ist. Es kann aber auch gleichzeitig ein im Verformungsbereich des Ziehrings angeordneter Stopfen als Innenwerkzeug angewandt werden, wie dies aus der US 386338 bekannt  
35 ist. In dieser Schrift ist als weiterer Herstellweg auch eine Methode beschrieben, bei

der ähnlich wie beim Einsatz einer hydraulischen Aufweitepresse die Aufweitung des Innenrohres gegen das Außenrohr mit Hilfe eines Ziehstopfens erfolgt.

5 All diesen Verfahren ist es gemeinsam, daß bei der Herstellung des mechanischen Verbundes sowohl das innere als auch das äußere Rohr einer plastischen Verformung unterworfen wird.

10 Aus Japan ist ein Verfahren bekannt, bei dem der mechanische Verbund zwischen innerem und äußeren Rohr dadurch hergestellt wird, daß ein äußeres Kohlenstoffstahlrohr durch Wärmedehnung aufgeweitet und das in ihm liegende dünnwandige Rohr aus dem Plattierungswerkstoff hydraulisch aufgeweitet wird. Nach Abkühlen des Außenrohres ergibt sich durch Aufschrumpfen des Außenrohres eine Presspassung zwischen dem inneren und dem äußeren Rohr.

15 Die Vorteile der Verbundrohre mit rein mechanischer Verbindung zwischen innerem und äußeren Rohr liegen insbesondere in den gegenüber Verbundrohren mit metallurgischer Bindung deutlich geringeren Herstellkosten. Ein Nachteil ist in der eingeschränkten Weiterverarbeitbarkeit etwa bei der Warmumformung zu Rohrbögen zu sehen. Außerdem muß dafür Sorge getragen werden, daß in die Berührungszone  
20 zwischen innerem und äußerem Rohr keine Feuchtigkeit eindringt, die zu Korrosionserscheinungen führen könnte. Letzteres spielt jedoch nur vor der Verlegung eines solchen Verbundrohres eine Rolle.

Bei den bekannten Verfahren zur Herstellung mechanisch verbundener Verbundrohre  
25 bringt die plastische Verformung eines inneren hochlegierten Rohres einen wesentlichen Nachteil mit sich. Dieser besteht darin, daß durch die plastische Verformung die Korrosionsbeständigkeit nachteilig beeinflusst wird. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die Beständigkeit gegen Spannungsrißkorrosion von Bedeutung.

30 Aufgabe der Erfindung ist es, ein gattungsgemäßes Herstellverfahren für mechanisch gebundene Verbundrohre vorzuschlagen, bei dem die Korrosionsbeständigkeit des inneren Rohres insbesondere im Hinblick auf Spannungsrißkorrosion ein möglichst hohes Niveau erreicht.

35

Gelöst wird diese Aufgabe erfindungsgemäß bei einem gattungsgemäßen Verfahren dadurch, daß bei dem erzwungenen Passieren eines Reduzierings, durch den das äußere Rohr mit dem darin befindlichen inneren Rohr hindurchbefördert wird, die Reduzierung des Durchmessers des äußeren Rohres nur so weit getrieben wird, daß die durch das Aufschrumphen des äußeren Rohres auf das innere Rohr bewirkte mechanische Verformung des inneren Rohres noch im elastischen Bereich bleibt. Die vom äußeren Rohr auf das innere Rohr einwirkenden Kräfte werden während der Verformung also so begrenzt, daß das innere Rohr keiner plastischen Verformung ausgesetzt wird. Damit bleiben dessen gute korrosionschemische Eigenschaften vollständig erhalten.

Das Passieren des Reduzierings erfolgt bei größeren Rohrdurchmessern zweckmäßigerweise dadurch, daß das äußere Rohr in Richtung der Rohrachse durch den Reduzierring hindurchgedrückt wird. Vorzugsweise erfolgt dies auf einer Erhardt-Ziehpresse. Insbesondere bei kleineren Rohrdurchmessern kann das Passieren des Reduzierings auch in an sich bekannter Weise durch Ziehen erfolgen.

Um die während der Verformung des äußeren Rohres auf das innere Rohr einwirkenden Kräfte innerhalb der zulässigen Grenzen zu halten, müssen die für die Verformung maßgeblichen geometrischen Einflußgrößen in entsprechender Weise aufeinander abgestimmt sein. Dies betrifft insbesondere folgende Größen:

- Innendurchmesser des Reduzierings am Ausgang
- Außendurchmesser des eingesetzten äußeren Rohres
- Wanddicke bzw. Innendurchmesser des eingesetzten äußeren Rohres
- Außendurchmesser des eingesetzten inneren Rohres.

Bei der Reduzierung des äußeren Rohres muß die Verformung so eingestellt werden, daß der neue Innendurchmesser des äußeren Rohres unter Berücksichtigung einer ausreichenden Vorspannung (Preßverbindung zwischen innerem und äußerem Rohr) mit dem Außendurchmesser des inneren Rohrs übereinstimmt. Der ursprünglich bestehende Luftspalt zwischen dem inneren und dem äußeren Rohr muß also vollständig geschlossen sein.

Für das innere und das äußere Rohr können wahlweise insbesondere nahtlose oder längsnahtgeschweißte Rohre eingesetzt werden. Metallische Rohre mit schraubenlinienförmiger Schweißnaht sind weniger bevorzugt. Als Werkstoffe für das äußere Rohr kommen außer üblichen Kohlenstoffstählen auch martensitische Chromstähle, Duplexstähle oder in Sonderfällen auch austenitische oder ferritische Edelstähle in Frage. Im Vergleich hierzu sind die Werkstoffe für das innere Rohr im Regelfall höherwertig; es kommen insbesondere martensitische Chromstähle, Duplexstähle, austenitische Edelstähle, Titan oder Titanlegierungen und schließlich auch Nickelbasislegierungen in Frage. In besonderen Fällen kann das innere Rohr auch aus einer hochwarmfesten Legierung gebildet sein. Vorzugsweise weist das äußere Rohr eine Wanddicke auf, die deutlich über der Wanddicke des inneren Rohres liegt. In einer zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung beträgt die Wanddicke des äußeren Rohres mindestens 3 mm und sein Außendurchmesser mindestens 110 mm. Die Wanddicke des inneren Rohres sollte insbesondere aus Kostengründen auch bei großformatigen Rohren möglichst nicht mehr als 6 mm betragen. Um das äußere Rohr, insbesondere wenn dieses aus Kohlenstoffstahl besteht, gegen Korrosion zu schützen, wird es bevorzugt, das Verbundrohr außen mit einer Korrosionsschutzbeschichtung zu versehen. Eine besonders zweckmäßige Ausführung des Korrosionsschutzes sieht eine dreischichtige Isolierung mit einer Epoxyharz-Grundsicht, einer Äthylencopolymerisatkleberschicht und einer abschließenden Polyäthylendeckschicht vor. Es können aber beispielsweise auch Epoxyharzdickschichtisolierungen oder Bitumenbeschichtungen aufgebracht werden. Die erfindungsgemäß hergestellten Verbundrohre werden an ihren Stirnseiten abschließend zweckmäßigerweise mechanisch bearbeitet und im Anschluß daran im ringförmigen Bereich der Verbindungsstelle zwischen äußerem und innerem Rohr gasdicht verschweißt, damit bei der Lagerung oder während des Transports keinerlei Feuchtigkeit in den Bindungsbereich zwischen innerem und äußerem Rohr eindringen kann.

Anhand der einzigen Figur, die in Form eines Schnittbildes ein Verbundrohr im Verformungsbereich eines Ziehrings zeigt, wird die Erfindung nachfolgend näher erläutert. In ein äußeres Rohr 1 wird ein inneres Rohr 2, dessen Außendurchmesser etwas kleiner ist als der Innendurchmesser des äußeren Rohres teleskopartig eingeschoben. Die innere Oberfläche des äußeren Rohres und die äußere Oberfläche des inneren Rohres sind metallisch rein und wurden ggf. vor dem Ineinanderschieben

entsprechend gereinigt. Diese lose Einheit aus äußerem Rohr 1 und innerem Rohr 2 wird dann mit Hilfe eines z.B. hydraulisch angetriebenen Stempels 3, der zweckmäßigerweise einen Aufnahmedorn zur koaxialen Zentrierung des inneren Rohres 2 aufweist, durch einen ortsfest gelagerten Reduzierring 4 hindurchgedrückt. Der Reduzierring 4 verringert sowohl den äußeren als auch den inneren Durchmesser des äußeren Rohres 1 in der Weise, daß der ursprünglich bestehende Luftspalt zwischen dem inneren Rohr 2 und dem äußeren Rohr 1 vollständig geschlossen wird. Darüber hinaus wird der Innendurchmesser des äußeren Rohres soweit reduziert, daß eine Vorspannung in bezug auf die äußere Oberfläche des inneren Rohres 2 besteht, wobei diese Vorspannung allerdings so begrenzt ist, daß die Verformung des inneren Rohres 2 im elastischen Bereich bleibt. Die im erfindungsgemäßen Verfahren stattfindende plastische Verformung bleibt also ausschließlich auf das äußere Rohr 1 beschränkt. Aufgrund der entstandenen Preßpassung zwischen dem äußeren Rohr 1 und dem inneren Rohr 2 wird ein sog. klangfester Verbund gebildet.

Der wesentliche Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens gegenüber den geschilderten bekannten Verfahren, die etwa ein hydraulisches Aufweiten des Innenrohres zur Erzielung des mechanischen Verbundes nutzen, liegt in der erheblich einfacheren Prozeßführung sowie in der Tatsache, daß das innere Rohr keine plastische Verformung erfährt. Auf diese Weise bleiben die zuvor z.B. durch eine Lösungsglühung eingestellten optimalen korrosionschemischen Eigenschaften des Innenrohres auch am fertigen Verbundrohr vollständig erhalten. Darüber hinaus eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung von Verbundrohren in einem sehr weiten Abmessungsbereich. Insbesondere großformatige Rohre mit Außendurchmessern bis 660 mm und Wanddicken des Außenrohres bis 35 mm können problemlos erzeugt werden. Dabei können vorhandene Produktionseinrichtungen, wie etwa eine Erhardt-Ziehpresse, ohne größeren Investitionsaufwand genutzt werden, zumal für die Durchmesserreduzierung Standardwerkzeuge verwendbar sind.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt in der Tatsache, daß hierbei das plastische Verformungsverhalten des Innenrohrwerkstoffs keine Rolle spielt. Dies läßt eine sehr große Anzahl von Rohrwerkstoffkombinationen zu. Im Gegensatz dazu müssen bei Verfahren, bei welchen der mechanische Verbund durch Innenaufweiten erreicht wird, die plastischen Verformungseigenschaften der

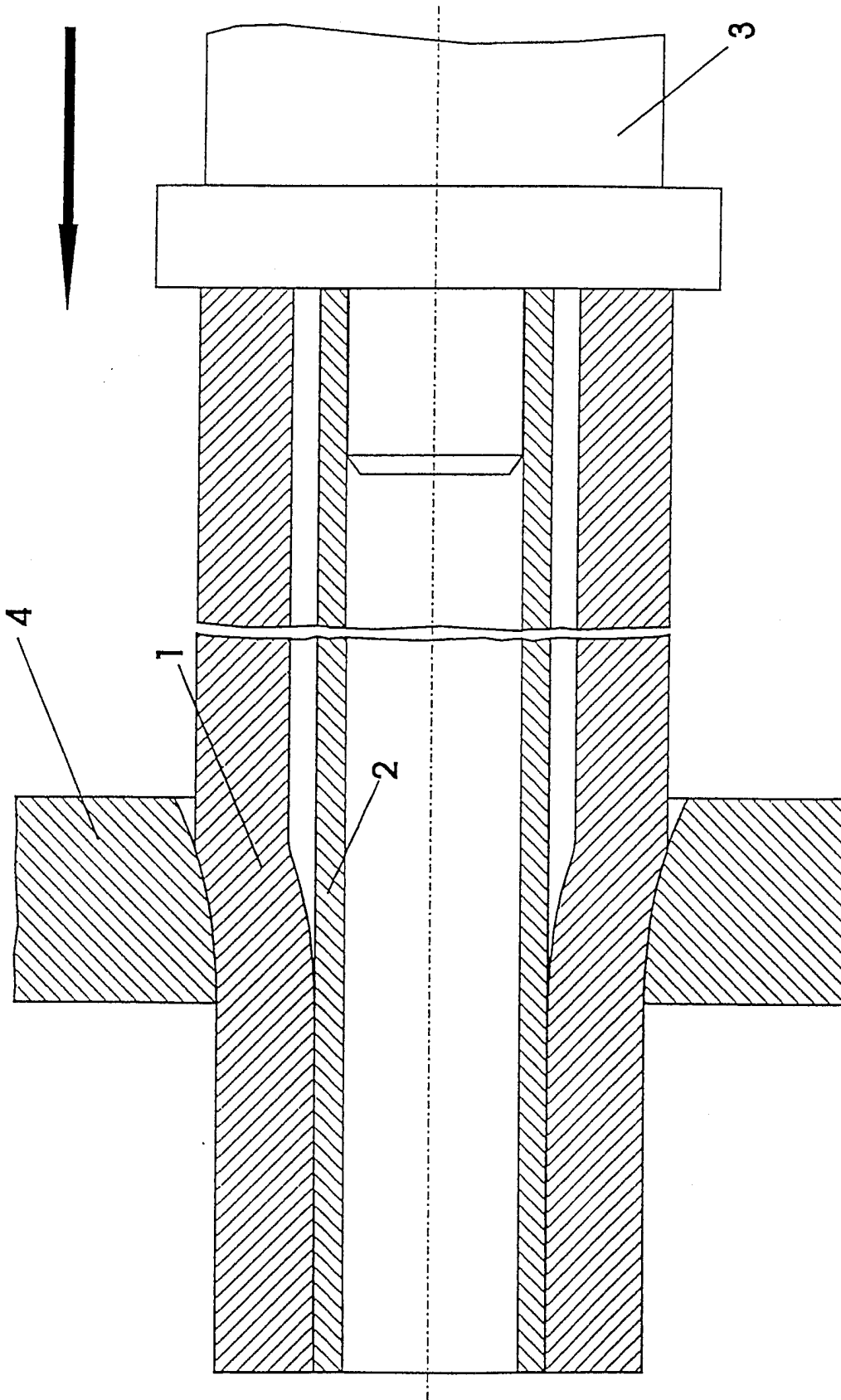
beteiligten Rohrwerkstoffe aufeinander abstimmt sein. So muß etwa die zurückbleibende plastische Verformung des Außenrohres kleiner sein als jene des Innenrohres, um einen spaltfreien Verbund zu erzeugen. Bei annähernd gleichem E-Modul der beiden Verbundwerkstoffe kommt es dabei auf die Höhe der Streckgrenzen und/oder den weiteren Verlauf der Verfestigungskurven (Spannungs-Dehnungs-  
5 Kurven) an. So muß z.B. bei annähernd gleichen Streckgrenzen der Außen- und Innenrohrwerkstoffe die Verfestigungskurve für den letzteren flacher verlaufen als jene für den Außenrohrwerkstoff, um einen festen Preßsitz zu erzeugen. Diese Forderung schränkt bei Verfahren, die den mechanischen Verbund durch plastische  
10 Verformung beider Rohre herbeiführen, die Auswahl geeigneter Rohrwerkstoffe ein. Bei der vorliegenden Erfindung ist dies nicht der Fall.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von innenplattierten Rohren, die als Verbundrohre mit einem Außendurchmesser von mindestens 60 mm zum Transport von  
5 korrosiven und/oder abrasiven Fluiden vorgesehen sind, bei dem in ein äußeres Rohr aus einem Kohlenstoffstahl oder einem anderem höherfesten metallischen Werkstoff ein zweites (inneres) Rohr mit einem gegenüber dem Innendurchmesser des äußeren Rohres geringfügig kleineren Außendurchmesser und einer Wanddicke von mindestens 1 mm eingeschoben  
10 wird und das innere Rohr aus einem anderen, insbesondere einem korrosionsbeständigen und/oder verschleißfesten metallischen Werkstoff besteht und bei dem das äußere Rohr durch erzwungenes Passieren eines Reduzierings in seinem Durchmesser so weit reduziert wird, daß das äußere Rohr im Sinne einer Presspassung mechanisch auf das innere Rohr  
15 aufschumpft,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Reduzierung des Durchmessers des äußeren Rohres im Reduziering nur so weit getrieben wird, daß die durch das Aufschumpfen des äußeren Rohres auf das innere Rohr bewirkte mechanische Verformung des inneren  
20 Rohres noch im elastischen Bereich bleibt.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
gekennzeichnet dadurch,  
25 daß das Passieren des Reduzierings durch Drücken des äußeren Rohres in Richtung der Rohrlängsachse erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
30 daß das Drücken auf einer Erhardt-Ziehpresse erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das Passieren des Reduzierings durch Ziehen erfolgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Stirnflächen des erzeugten Verbundrohres nach einer mechanischen  
5 Bearbeitung im ringförmigen Bereich der Verbindungsstelle zwischen dem  
äußeren und dem inneren Rohr gasdicht verschweißt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
10 daß als äußeres Rohr ein nahtloses oder ein längsnahtgeschweißtes Rohr  
verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
15 daß als inneres Rohr ein nahtloses oder ein längsnahtgeschweißtes Rohr  
verwendet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
20 daß für das äußere Rohr ein martensitischer Chromstahl, ein Duplexstahl oder  
ein austenitischer Edelstahl eingesetzt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
25 daß für das innere Rohr ein martensitischer Chromstahl, ein Duplexstahl, ein  
ferritischer oder austenitischer Edelstahl, Titan oder eine Titanlegierung oder  
eine Nickelbasislegierung eingesetzt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet  
30 daß für das innere Rohr eine hochwarmfeste Legierung eingesetzt wird.

- 5 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet  
daß für das äußere Rohr ein Rohr mit einer deutlich dickeren Wanddicke als  
beim inneren Rohr eingesetzt wird.
- 10 12. Verfahren nach Anspruch 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Wanddicke des äußeren Rohres mindestens 3 mm beträgt.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Wanddicke des inneren Rohres maximal 6 mm beträgt.
- 15 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13,  
dadurch gekennzeichnet  
daß das Verbundrohr außen mit einer Korrosionsschutzbeschichtung versehen  
wird, insbesondere mit einer 3-schichtigen Umhüllung aus einer  
Epoxyharzgrundsicht, einer Äthylencopolymerisatkleberschicht und einer  
20 abschließenden Polyäthylendeckschicht.
- 25 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14,  
dadurch gekennzeichnet  
daß die Verbindungsstelle des inneren und äußeren Rohres stirnseitig gasdicht  
verschweißt wird.



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 97/02944

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 6 B21C37/06 B21C37/15

According to International Patent Classification(IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 IPC 6 B21C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB 2 085 330 A (SUMITOMO METAL IND) 28 April 1982 see figure 2B ---	1
A	DE 29 19 615 A (HUNGER WALTER) 4 December 1980 see figure 1 ---	1
A	CH 288 215 A (FERRAND) 1 May 1953 see the whole document ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 104 (M-296), 16 May 1984 & JP 59 016621 A (SHIN NIPPON SEITETSU KK), 27 January 1984, see abstract ---  -/--	1

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

1

Date of the actual completion of the international search  <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">24 April 1998</p>	Date of mailing of the international search report  <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">08/05/1998</p>
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Gerard, O</p>

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 97/02944

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 016 (M-1200), 16 January 1992 & JP 03 234314 A (NIPPON STEEL CORP), 18 October 1991, see abstract  -----	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 97/02944

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 2085330 A	28-04-82	NONE	
DE 2919615 A	04-12-80	NONE	
CH 288215 A		NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 97/02944

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 IPK 6 B21C37/06 B21C37/15

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 B21C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie <sup>o</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	GB 2 085 330 A (SUMITOMO METAL IND) 28. April 1982 siehe Abbildung 2B ---	1
A	DE 29 19 615 A (HUNGER WALTER) 4. Dezember 1980 siehe Abbildung 1 ---	1
A	CH 288 215 A (FERRAND) 1. Mai 1953 siehe das ganze Dokument ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 104 (M-296), 16. Mai 1984 & JP 59 016621 A (SHIN NIPPON SEITETSU KK), 27. Januar 1984, siehe Zusammenfassung ---	1
	-/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- <sup>o</sup> Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
  - "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
  - "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
  - "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
  - "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
  - "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
  - "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
  - "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
  - "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
24. April 1998	08/05/1998
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Gerard, O

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie <sup>o</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 016 (M-1200), 16. Januar 1992 & JP 03 234314 A (NIPPON STEEL CORP), 18. Oktober 1991, siehe Zusammenfassung -----	1

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 97/02944

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 2085330 A	28-04-82	KEINE	
DE 2919615 A	04-12-80	KEINE	
CH 288215 A		KEINE	