(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3891679号

(P3891679)

(45)発行日　平成19年3月14日(2007.3.14)　(24)登録日　平成18年12月15日(2006.12.15)

(51)Int.Cl.		F I		
C23C 24/08	(2006.01)	C23C	24/08	B
B21B 25/00	(2006.01)	B21B	25/00	A
B23K 9/04	(2006.01)	B23K	9/04	T
B23K 10/02	(2006.01)	B23K	9/04	B
B23K 35/32	(2006.01)	B23K	9/04	N

請求項の数 8　(全 19 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願平10-73424
(22)出願日　平成10年3月6日(1998.3.6)
(65)公開番号　特開平10-306383
(43)公開日　平成10年11月17日(1998.11.17)
審査請求日　平成16年12月24日(2004.12.24)
(31)優先権主張番号　特願平9-52611
(32)優先日　平成9年3月7日(1997.3.7)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000002118
住友金属工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜４丁目５番３３号
(73)特許権者　591056569
ナイス株式会社
兵庫県尼崎市北大物町２０番１号
(74)代理人　100104444
弁理士　上羽　秀敏
(74)代理人　100123906
弁理士　竹添　忠
(74)代理人　100088498
弁理士　吉田　正二
(72)発明者　坪内　憲治
大阪府大阪市中央区北浜４丁目５番３３号
住友金属工業株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】継目無鋼管穿孔圧延用プラグ及びその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

金属母材と、

Ｍｏ、Ｗ、Ｔａ、Ｚｒ、Ｆｅ、Ｖ、Ｒｅ及びＨｆの少なくとも一種以上の合金元素粉末を１０重量％以下含有し、残部はＮｂ粉末及び不純物からなる第１の溶接材料を前記金属母材の表面上に直接肉盛溶接することにより形成される第１の溶着層と、

Ｍｏ、Ｗ、Ｔａ、Ｚｒ、Ｆｅ、Ｖ、Ｒｅ及びＨｆの少なくとも一種以上の合金元素粉末を前記第１の溶接材料に含有される合金元素粉末の含有率よりも多く含有し、残部はＮｂ粉末及び不純物からなる第２の溶接材料を前記第１の溶着層上に肉盛溶接することにより形成され、５０重量％以上のＮｂを含有する第２の溶着層とを備えることを特徴とする継目無鋼管穿孔圧延用プラグ。

【請求項２】

金属母材と、

Ｎｂ粉末を含有し、残部は不純物からなる第１の溶接材料を前記金属母材の表面上に直接肉盛溶接することにより形成される第１の溶着層と、

Ｍｏ、Ｗ、Ｔａ、Ｚｒ、Ｆｅ、Ｖ、Ｒｅ及びＨｆの少なくとも一種以上の合金元素粉末を含有し、残部はＮｂ粉末及び不純物からなる第２の溶接材料を前記第１の溶着層上に肉盛溶接することにより形成され、５０重量％以上のＮｂを含有する第２の溶着層とを備えることを特徴とする継目無鋼管穿孔圧延用プラグ。

【請求項３】

請求項１又は請求項２に記載の継目無鋼管穿孔圧延用プラグであって、
前記第１及び第２の溶接層中に不純物として含まれる酸素、水素及び窒素の各量がそれぞれ５０００ｐｐｍ以下、５００ｐｐｍ以下及び５００ｐｐｍ以下であることを特徴とする継目無鋼管穿孔圧延用プラグ。
【請求項４】
Ｍｏ、Ｗ、Ｔａ、Ｚｒ、Ｆｅ、Ｖ、Ｒｅ及びＨｆの少なくとも一種以上の合金元素粉末を１０重量％以下含有し、残部はＮｂ粉末及び不純物からなる第１の溶接材料を金属母材の表面上に直接肉盛溶接して第１の溶着層を形成する工程と、
Ｍｏ、Ｗ、Ｔａ、Ｚｒ、Ｆｅ、Ｖ、Ｒｅ及びＨｆの少なくとも一種以上の合金元素粉末を前記第１の溶接材料に含有される合金元素粉末の含有率よりも多く含有し、残部はＮｂ粉末及び不純物からなる第２の溶接材料を前記第１の溶着層上に肉盛溶接して５０重量％以上のＮｂを含有する第２の溶着層を形成する工程とを備えることを特徴とする継目無鋼管穿孔圧延用プラグの製造方法。
【請求項５】
Ｎｂ粉末を含有し、残部は不純物からなる第１の溶接材料を金属母材の表面上に直接肉盛溶接して第１の溶着層を形成する工程と、
Ｍｏ、Ｗ、Ｔａ、Ｚｒ、Ｆｅ、Ｖ、Ｒｅ及びＨｆの少なくとも一種以上の合金元素粉末を含有し、残部はＮｂ粉末及び不純物からなる第２の溶接材料を前記第１の溶着層上に肉盛溶接して５０重量％以上のＮｂを含有する第２の溶着層を形成する工程とを備えることを特徴とする継目無鋼管穿孔圧延用プラグの製造方法。
【請求項６】
請求項４又は請求項５に記載の継目無鋼管穿孔圧延用プラグの製造方法であって、
前記肉盛溶接をプラズマ粉体肉盛溶接により行うことを特徴とする継目無鋼管穿孔圧延用プラグの製造方法。
【請求項７】
請求項４～請求項６のいずれか１項に記載の継目無鋼管穿孔圧延用プラグの製造方法であって、
前記第１及び第２の溶着層を形成する工程では、肉盛溶接部の少なくとも３５０℃以上の部分を無酸化雰囲気にシールドすることを特徴とする継目無鋼管穿孔圧延用プラグの製造方法。
【請求項８】
請求項４～請求項７のいずれか１項に記載の継目無鋼管穿孔圧延用プラグの製造方法であって、
溶接トーチ内の電極と母材の間に流れる溶接電流を２００～３５０Ａとすることを特徴とする継目無鋼管穿孔圧延用プラグの製造方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、継目無鋼管穿孔圧延用プラグ及びその製造方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
継目無鋼管の代表的な製造方法の一つに、マンネスマン・ピアサと称される穿孔圧延機により中空素管を製造し、この中空素管をプラグミルやマンドレルミルと称される延伸圧延機などに通して縮径減肉加工し、所定寸法の製品管に仕上げる方法がある。ここで使用される穿孔圧延機は、図１に示すように、互いに逆向きに傾斜して対向配置され、同一方向に回転する主ロール１ａ，１ｂと、主ロール１ａ，１ｂ間に配置され、パスライン上に配置されたマンドレル３により支持されたプラグ２とを備えている。そして、主ロール１ａ，１ｂ間に送り込まれる加熱された中実丸ビレットＢの中心部に、主ロール１ａ，１ｂによる回転鍛造効果によって割れが発生し、この割れがプラグ２によって押し広げられることで、中空素管Ｈが成形される。

【０００３】
このような熱間穿孔圧延加工に使用されるプラグ２は、ビレットＢからの熱伝導、加工熱、摩擦熱などによって温度上昇するため、その表面に溶損、摩耗、えぐれ、焼付、割れなどの損傷を生じる。特に、プラグ２を連続して使用し続けると温度が一段と高くなるために上記の表面損傷がより発生しやすくなる。従って、プラグ２を連続使用する場合には、１本の中実丸ビレットＢを穿孔圧延する毎に、当該穿孔圧延に供したプラグ２をマンドレル３から取り外して水冷し、予め水冷された他のプラグ２に取り替えて次の穿孔圧延を行うという方法がとられている。しかし、このような方法では、製管能率が低下したり、水冷によってプラグ表面に亀裂が生じるといった問題があった。このため、従来から、プラグ表面に発生する上記の摩耗、溶損、焼付、えぐれさらには割れなどの損傷を防止するための技術が種々提案されてきた。

【０００４】
例えば、特開昭６０－１３７５１１号公報には、先端部をセラミックス製とした低合金鋼製のプラグが提案されている。また、特開昭６２－２０７５０３号公報には、先端部をＭｏ製またはＭｏ合金製とした低合金鋼製のプラグが提案されている。また更に、特開昭６０－８６２６２号公報には、３Ｃｒ－１Ｎｉ系の低合金鋼製のプラグを、水蒸気と酸素ガスを所定の割合で含む不活性ガス中で加熱処理して、その表面に密着性に優れた緻密な酸化スケールを形成させる方法が提案されている。

【０００５】
【発明が解決しようとする課題】
しかしながら、先端部をセラミック製にしたプラグは、セラミックが耐衝撃性に劣るために、破損しやすいという欠点を有している。

【０００６】
先端部をＭｏ製またはＭｏ合金製にしたプラグについては、ＭｏおよびＭｏ合金が５００℃程度より低い温度域での靱性に劣るために、穿孔圧延中および使用後の水冷による急激な温度変化によって亀裂が生じるという欠点がある。

【０００７】
表面に酸化スケールを形成させたプラグは、ステンレス鋼や高Ｃｒ－Ｎｉ合金、およびＮｉ基合金などの高合金製の中実丸ビレットの穿孔圧延に供した場合、使用寿命が極端に低下するという欠点を有している。これは、高合金製の中実丸ビレットは、変形抵抗が高く、しかもその表面に断熱や潤滑作用を奏する酸化被膜を生成し難いために、穿孔圧延中のプラグに加わる熱的および力学的負荷が増大し、プラグ表面の酸化スケールが使用早期に剥離脱落するからである。特に、ＳＵＳ３０４やそれ以上の合金元素（例えば、Ｃｒ、Ｎｉ、Ｍｏなど）を含有する材料では、耐酸化性および変形抵抗が極めて高く、酸化スケール処理したプラグを使用しても、時には１本の中実丸ビレットを穿孔圧延しただけで上記の損傷が発生して再使用することができなくなり、製管コストの高騰を招くとともに製管能率の低下をきたすことがあった。

【０００８】
ＭｏやＭｏ合金を使用した際に問題となる耐亀裂性を改善すべく、特開平１－１８０７１１号公報には、プラグ本体部表面にＭｏまたはＭｏ合金の被覆層を設けたプラグが、また特開平２－３０７７４号公報には、表面にWを主成分とする被覆（肉盛）層を形成した熱間加工用工具が提案されている。

【０００９】
しかし、ＭｏやＭｏ合金、およびWを主成分とする合金では、板材成形や粉末焼結、溶接肉盛などのいかなる製造方法を用いても、その靱性を大幅に改善することはできない。このため、これらの被覆層には、比較的早期に大きな亀裂を生じ、剥離や割損が発生し、そのプラグ寿命が不十分であるという欠点がある。

【００１０】
このような事情を背景として、本発明者は、上記のような過酷な条件下でも長寿命なプラグとして「少なくともその先端部を重量％で５０％のＮｂを含有するＮｂ合金製としたプ

ラグ」を開発し、先に提案した（特開平１－２８９５０４号公報）。
【００１１】
本発明者が先に提案した上記プラグは、▲１▼先端部が優れた高温強度、耐摩耗性を有し、溶損や摩耗、えぐれなどの損傷が生じ難い、▲２▼靱性が高く、熱的および力学的負荷が加わっても亀裂が発生、進展し難い、▲３▼使用中にプラグが高温に曝された際に酸化しやすく、この酸化物が被加工材料と接触するプラグ表面を保護するために焼付きが生じ難い、などの優れた特性を持ち、ステンレス鋼を穿孔する際のプラグ寿命は、酸化スケール処理した３Ｃｒ－１Ｎｉ鋼製のプラグに比べて２０倍以上で極めて長寿命である。
【００１２】
しかし、Ｎｂ合金は、通常のプラグ材質である低合金鋼（Ｆｅ基合金）系の材料に比べると比重（低合金鋼：７．８、Ｎｂ合金：８．５前後）が大きい。このため、先端部のみとはいえこのＮｂ合金を用いたプラグは、低合金鋼のみからなるプラグよりも全体の重量が重くなり、これによって下記の（ａ）～（ｄ）の問題があることが明らかになった。
【００１３】
（ａ）大径の鋼管、換言すれば大径のプラグを使用して穿孔圧延する際には、水平に配置されるプラグを支えるマンドレルの鉛直方向へのたわみ量が増し、プラグの設定位置がミルセンターよりも下方にずれる量が大きくなる。その結果、ビレットにプラグが噛み込む際にプラグ先端がビレットの中心からはずれ、穿孔圧延後の管の周方向偏肉、特に管の圧延先端部の周方向偏肉が悪化する。
（ｂ）プラグ重量の増大は、その交換作業や搬送作業などに支障をきたす。
（ｃ）Ｎｂ合金は極めて高価であるため、最大径が５０ｍｍ程度までの小径のプラグについてはさほどでもないが、外径の大きなプラグについてはプラグ製作費用が極めて高くなる。
（ｄ）Ｎｂ及びＮｂ合金は、融点が高く溶解し難い上に鍛造等の加工が本質的に困難である。加えて、高温で酸素を吸収しやすく、その酸素吸収（酸素固溶）により硬化及び脆化が進むため、加工性が一層悪化する。このため、製造が容易でなく、この点からも製作費が高くなる。
【００１４】
本発明は、上記の実情に鑑みてなされたもので、その目的は、例えば継目無鋼管穿孔圧延用プラグに適用して、優れた高温強度、耐摩耗性及び潤滑性を確保でき、しかも、軽量化及びコストダウンを図ることができる複合材及びその製造方法を提供することにある。
【００１５】
【課題を解決するための手段】
上記目的を達成するために、本発明者は比重が小さく、且つ高温強度に優れたＴｉ又はＴｉ合金からなるプラグ本体の表面にＮｂ又はＮｂ合金を被覆することを企画した。被覆法としては、プラグ本体からの皮膜の剥離を防止するために、その皮膜が母材に溶け込む溶接肉盛による溶着が不可欠と考えられる。しかしながら、Ｎｂ又はＮｂ合金は融点が非常に高く、高融点金属とされている母材側のＴｉ又はＴｉ合金よりも更に融点が高い。例えば、純Ｔｉの融点は１６７０℃であるのに対し、純Ｎｂの融点は２４９０℃である。
【００１６】
このような融点の高い金属を肉盛溶接により溶着する場合、その肉盛溶接法としては例えば大入熱を確保しやすく且つ合金化が容易なプラズマ粉体肉盛溶接法が適する。この肉盛溶接方法は、図２に示すように、中心部に電極４を配置し、先端部に３筒構造のシールドノズル５を取り付けた溶接トーチ６を使用する。シールドノズル５の内筒５ａと電極４の間にはプラズマ発生電圧が印加され、電極４と母材７の間には溶接電圧が印加される。また、電極４と内筒５ａ間の隙間にはプラズマガスが供給され、内筒５ａと中間筒５ｂ間の隙間には粉体がキャリヤガスと共に供給され、中間筒５ｂと外筒５ｃ間の隙間にはＡｒ等のシールドガスが供給される。これらにより、シールドノズル５から噴射される粉体を溶接材料として、母材７の表面上にプラズマアークによるアーク溶接が行われ、母材７の表面上にはその表面に溶け込んだ溶着層８が形成される。

【００１７】
しかし、プラズマ粉体肉盛溶接法を使用しても、ＮｂやＮｂ合金を肉盛溶接する場合には、大入熱を確保するために溶接トーチと母材の間に大電流が必要となり、母材側の溶融が本質的に顕著である。加えて、ＮｂやＮｂ合金からなる粉末が溶融してできた極めて高温の溶滴により肉盛が行われる。これらのため、母材側の溶融が非常に激しく、顕著な溶け込みが生じる。その結果、溶着層においては顕著な成分希釈が生じ、これによる割れが避けられない。しかも、この成分希釈のため、単層盛りでは肉盛溶着層に所定の成分組成を付与することが困難なため、複層盛りが推奨されるが、ＮｂやＮｂ合金は極めて酸化しやすい金属であるために、複層盛りでは、溶接トーチから噴出されるシールドガスによっても、先に形成された溶着層の表面が酸化し、後から形成される溶着層との間に酸化膜が介在することにより、層間剥離が生じる。これらのため、ＮｂやＮｂ合金については、肉盛溶接が不可能とされ、従って溶着層の形成も不可能であった。

【００１８】
実際、Ｔｉ又はＴｉ合金からなる母材の表面に、耐摩耗性及び耐熱性等に優れた異種金属をプラズマ粉体肉盛溶接により溶着させる技術は、特開平１－２６２０７７号公報、特開平２－２６８９８２号公報及び特開平４－４９８１号公報等に記載されているが、これらにおける溶着金属はＴｉ合金やＮｉ合金、Ｃｏ合金であり、ＮｂやＮｂ合金の肉盛溶接は行われていない。そして、Ｔｉ合金やＮｉ合金、Ｃｏ合金の場合は、ＮｂやＮｂ合金ほどの高温強度、耐摩耗性及び潤滑性は得られない。

【００１９】
一方、肉盛溶接以外の方法によってもＮｂやＮｂ合金を被覆することは試みられている。例えば特開平９－１９９８５号公報や特開平９－１９９８６号公報には、ＮｂやＮｂ合金からなる薄板を母材の表面に金属網を介してシーム溶接するクラッド材の製造方法が記載されている。しかし、この方法では、母材と被覆層の間に金属網が介在するため、溶着層を母材表面上に直接形成したときほどの接合密着性は得られない。加えて、継目無鋼管穿孔圧延用プラグのように母材形状が複雑な場合は、シーム溶接は困難であり、仮にシーム溶接が実施可能であっても上記プラグのような過酷な使われ方をした場合は、蒸着の場合と同様に被覆層が容易に剥離する。

【００２０】
本発明者はこのような事情を踏まえて、プラズマ粉体肉盛溶接によりＮｂやＮｂ合金を被覆する場合に問題となる希釈による割れと、酸化による層間剥離を防止するべく種々の実験を行った。その結果、希釈による割れに対しては、粉末中に不純物として含まれる酸素、水素及び窒素の含有量を抑えること、固溶強化元素であるW等の例に見られるように、合金元素は硬化の原因となるので、１層目の溶接では合金成分量を極力控えること、及び溶接電流値の管理が有効であり、酸化による層間剥離に対しては、溶接トーチからのシールドガスによるシールドに加えて、肉盛溶接部のガスシールドを行うことが有効なことを知見した。そして、これらの技術を活用することにより、ＮｂやＮｂ合金の直接肉盛溶接に成功し、本発明を完成させるに至った。

【００２１】
本発明の継目無鋼管穿孔圧延用プラグは、金属母材と、Ｍｏ、W、Ｔａ、Ｚｒ、Ｆｅ、Ｖ、Ｒｅ及びＨｆの少なくとも一種以上の合金元素粉末を１０重量％以下含有し、残部はＮｂ粉末及び不純物からなる第１の溶接材料を金属母材の表面上に直接肉盛溶接することにより形成される第１の溶着層と、Ｍｏ、W、Ｔａ、Ｚｒ、Ｆｅ、Ｖ、Ｒｅ及びＨｆの少なくとも一種以上の合金元素粉末を第１の溶接材料に含有される合金元素粉末の含有率よりも多く含有し、残部はＮｂ粉末及び不純物からなる第２の溶接材料を第１の溶着層上に肉盛溶接することにより形成され、５０重量％以上のＮｂを含有する第２の溶着層とを備えるものである。

【００２２】
前記溶着層については、これが複数層からなり、且つ最下層中の合金元素量が最上層中の合金元素量より少ないものが、最下層の割れを防止する点から好ましい。最下層に割れが

発生すると、その上の層では割れが一層顕著となるので、最下層の割れを防止することが特に重要である。具体的には、最下層中の合金元素量は３０重量％以下、特に２０重量％以下が好ましく、１０重量％以下が更に好ましい。

【００２３】

また、溶着層中に不純物として含まれる酸素、水素及び窒素の各量がそれぞれ５０００ｐｐｍ以下、５００ｐｐｍ以下及び５００ｐｐｍ以下であるものが、割れ防止の点から好ましい。特に好ましい不純物量は、酸素については２０００ｐｐｍ以下、水素については２００ｐｐｍ以下、窒素については２００ｐｐｍ以下である。

【００２４】

溶着層の厚み（複層盛りの場合は全厚）は１～２０ｍｍが好ましい。溶着層が薄すぎる場合は、溶着層の成分希釈が顕著になると共に、Ｎｂ又はＮｂ合金による効果を享受できる期間が短くなる。厚すぎる場合は溶接応力による割れが発生し易くなる。特に好ましい厚みは、下限については２ｍｍ、上限については１０ｍｍである。

【００２５】

本発明の継目無鋼管穿孔圧延用プラグの製造方法は、Ｍｏ、Ｗ、Ｔａ、Ｚｒ、Ｆｅ、Ｖ、Ｒｅ及びＨｆの少なくとも一種以上の合金元素粉末を１０重量％以下含有し、残部はＮｂ粉末及び不純物からなる第１の溶接材料を金属母材の表面上に直接肉盛溶接して第１の溶着層を形成する工程と、Ｍｏ、Ｗ、Ｔａ、Ｚｒ、Ｆｅ、Ｖ、Ｒｅ及びＨｆの少なくとも一種以上の合金元素粉末を第１の溶接材料に含有される合金元素粉末の含有率よりも多く含有し、残部はＮｂ粉末及び不純物からなる第２の溶接材料を第１の溶着層上に肉盛溶接して５０重量％以上のＮｂを含有する第２の溶着層を形成する工程とを備えるものである。

【００２６】

肉盛溶接法としては、ＴＩＧ溶接、ＭＩＧ溶接、電子ビーム溶接、レーザ溶接、プラズマ溶接等の公知の各種肉盛溶接法を用いることができるが、なかでもプラズマ粉体肉盛溶接法がプラズマアークの温度が高くＮｂ又はＮｂ合金の溶融に適していること、及び粉末の使用により合金化が容易なことなどから特に好ましい。

【００２７】

肉盛溶接法においては、層間剥離を防止するために、肉盛溶接部の少なくとも３５０℃以上の部分を不活性ガス等により無酸化雰囲気にシールドすることが好ましい。換言すれば、肉盛溶接部のシールド終了温度を３５０℃以下とすることが好ましい。特に好ましいシールド終了温度は２５０℃以下である。

【００２８】

溶接材料については、溶着層中の不純物量を制限するためには、溶接材料中の不純物量も制限する必要がある。シールド下での溶接では、溶接材料中の不純物量が溶着層中の不純物量を実質的に支配するので、溶着層中の目標とする不純物量と同程度まで、溶接材料中の不純物量を制限する必要がある。従って、溶接材料中（プラズマ粉体肉盛溶接法では粉末中）に不純物として含まれる酸素、水素及び窒素の各量はそれぞれ５０００ｐｐｍ以下、５００ｐｐｍ以下及び５００ｐｐｍ以下が好ましく、２０００ｐｐｍ以下、２００ｐｐｍ以下及び２００ｐｐｍ以下が特に好ましい。

【００２９】

他の肉盛溶接条件としては、溶接トーチ内の電極と母材の間に流れる溶接電流を２００～３５０Ａとすることが好ましい。溶接電流が少なすぎると溶け込みが不足し、融合不良が生じる。溶接電流が過大であると溶接応力による割れが問題になる。特に好ましい溶接電流は、下限については２４０Ａ、上限については３００Ａである。

【００３０】

肉盛溶接により形成される溶着層は、複層を採用して表面近傍部分での希釈の影響を軽減する。いずれの場合も、溶着層の母材近傍部分では、溶け込みに起因する成分希釈のため、仮に純Ｎｂを溶接してもＮｂ量は溶接材料中のＮｂ量より減少する。このような事情から、Ｎｂ又はＮｂ合金からなる溶着層は、表面部分がＮｂ又はＮｂ合金からなる溶着層

を意味する。また、Ｎｂ合金とは、Ｎｂ量が重量比で５０％以上のものを指す。
【００３１】
合金元素としてはＭｏ、Ｗ、Ｔａ、Ｚｒ、Ｆｅ、Ｖ，Ｒｅ，Ｈｆ等の１種又は２種以上を挙げることができ、特にその種類を限定するものではない。
【００３２】
プラズマ粉体肉盛溶接法においては、Ｎｂ粉末にこれらの合金粉末を選択的に加えて使用することにより、所定組成の合金層が簡単に形成される。但し、合金層を形成する場合も、１層目の溶接においては、割れ防止のために、純Ｎｂ又はＮｂ合金の成分量を控えた溶着層を形成するのが好ましい。
【００３３】
母材金属としては、Ｎｂ，Ｎｂ合金以外の例えばＴｉ、Ｔｉ合金、Ｆｅ，Ｆｅ合金、Ｎｉ，Ｎｉ合金、Ｃｏ，Ｃｏ合金，Ｃｕ，Ｃｕ合金等を挙げることができ、特にその種類を限定するものではない。また、この母材金属は単一金属のみを意味しない。表層部が異種金属で構成された複合材であってもよい。但し、その表層部がＮｂやＮｂ合金でないことは言うまでもない。
【００３４】
本発明のプラグは、継目無鋼管穿孔圧延用プラグであり、ＮｂやＮｂ合金の特性（高温高強度、高耐食性）が生かされる。
【００３５】
【発明の実施の形態】
以下に本発明の実施形態を説明する。図３は本発明複合材の一実施形態を示す継目無鋼管穿孔圧延用プラグの断面図である。
【００３６】
ここに示された継目無鋼管穿孔圧延用プラグ２は、砲弾型のプラグ本体２ａの表面にＮｂ又はＮｂ合金からなる溶着層２ｂを設けた構造になっている。
【００３７】
プラグ本体２ａは、ＮｂやＮｂ合金よりも比重が軽く、しかも高温強度に優れた材料、具体的には例えば３Ｃｒ－１Ｎｉ系の低合金鋼に代表されるＦｅ基合金である熱間加工用工具鋼や、Ｆｅ基合金よりも比重の軽いＴｉ合金などで構成されている。
【００３８】
溶着層２ｂは、プラグ本体２ａのマンドレル３（図１参照）が連結される後端面を除く全表面、すなわち被加工材と接触する表面に、その表面に溶け込んだ状態で被覆されている。
【００３９】
そして、この溶着層２ｂを形成するＮｂ又はＮｂ合金は、前述の▲１▼から▲３▼の特性を有している。このため、ステンレス鋼などの難加工材料を穿孔圧延してもプラグ表層部に溶損やえぐれなどの損傷が発生することがない。また、急激な温度変化や機械的衝撃が加わっても亀裂が発生、進展し難いぅえに、その表面に生じる酸化物層が極めて良好な潤滑性を発揮するので、摩耗や焼付などの損傷もほとんど発生することがない。
【００４０】
さらに、Ｎｂ又はＮｂ合金は溶着層２ｂにのみ使用されていることから、プラグ先端部またはプラグ全体に塊状のＮｂ合金を使用した際に生じる上記の（ａ）～（ｃ）の問題をも解消することが可能となる。
【００４１】
ここで、Ｎｂ合金は、Ｎｂの含有量が５０重量％以上のものである。これは次の理由による。すなわち、Ｎｂの含有量が５０重量％未満では、靱性が不足して亀裂を生じやすく、かつ穿孔圧延に使用した際にその表面に生じる酸化物被膜の潤滑性が低下するからである。
【００４２】
溶着層２ｂの厚さは、特に制限されない。しかし、その厚さが１ｍｍ未満であると、摩耗

によって溶着層が徐々に薄くなった際に比較的早期に所望の効果が消失する。また、その厚さが厚すぎると、その作用が飽和するうえ、プラグ重量が重くなって上記の効果が得られなくなる。従って、その厚さは、ここでも１ｍｍ以上、２０ｍｍ以下とするのが好ましい。

【００４３】

プラグ本体２ａの構成材質としては、上記したようにどのようなものであってもよい。しかし、プラグ全体重量のより一層の軽量化を図るには、Ｆｅ基合金に比べて遙かに比重の軽いＴｉ合金にするのが好ましいが、この場合にはＦｅ基合金を用いた場合に比べてプラグの単価が高くなる。従って、プラグ本体をＦｅ基合金製にするかＴｉ合金製にするかは、得られる効果とプラグ単価を考慮して適宜選定すればよい。

【００４４】

プラグ本体２ａの表面に対する溶着層２ｂの形成方法は、ＮｂまたはＮｂ合金をプラグ本体２ａの表面に溶け込ませて直接被覆できる方法であればよく、具体的には肉盛溶接法を挙げることができるが、特にプラズマ粉体肉盛溶接法が好ましいことは前述した通りである。

【００４５】

また、図４に示すように、プラグ本体２ａと溶着層２ｂとの間に、溶着層２ｂの残留応力緩和や断熱性の向上を目的として、ＮｂやＮｂ合金に比べて熱伝導率の小さい適宜な成分組成のＦｅ基合金、Ｎｉ基合金またはＣｏ基合金などからなる中間層２ｃを介在させることができる。この場合には、溶着層２ｂの亀裂発生とその亀裂のプラグ本体２ａへの進展、およびプラグ本体２ａの温度上昇による変形が抑制され、その結果としてプラグ寿命がより一層向上する。なお、ここでは、プラグ本体２ａ及び中間層２ｃが母材金属となる。

【００４６】

図５は本発明複合材の製造方法についての一実施形態を示す肉盛溶接装置の側面図、図６は同肉盛溶接装置に使用されるシールド部材の斜視図、図７は図６のＡ－Ａ線断面矢示図である。

【００４７】

ここに示された肉盛溶接装置は、継目無鋼管穿孔圧延用プラグのような円柱状の母材３０の外周面にプラズマ粉体肉盛溶接を行うものである。この溶接装置は、プラズマ粉体肉盛溶接装置からなる装置本体１０と、これに組み合わされたシールド部材２０とを備えており、装置本体１０は、図２に示した溶接トーチと同じ構造の溶接トーチ１１を有している。

【００４８】

シールド部材２０は、垂直な溶接トーチ１１の下方に水平に取り付けられた円筒体であり、その内側に挿入される母材３０の肉盛溶接部を、溶接トーチ１１から吹き出されるシールドガスと共同してガスシールドする。

【００４９】

具体的に説明すると、このシールド部材２０は、外筒２１と内筒２２を同心状に組み合わせた２重筒であり、その両端部は気密に閉塞されている。外筒２１の背面部には、外筒２１と内筒２２の間に不活性ガスを導入するために２つのガス導入口２１ａが設けられ、これらにはガス管２４が接続されている。内筒２２には、外筒２１と内筒２２の間に導入された不活性ガスを内面側に吹き出すために、多数のガス吐出口２２ａ，２２ａ・・が全面にわたって設けられている。また、外筒２１と内筒２２の間には、ステンレスウール等からなるガス緩衝材２３が充填されている。

【００５０】

一方、シールド部材２０の上部には、溶接トーチ１１の下端部が挿入される挿入孔２４が、外筒２１及び内筒２２を貫通して設けられている。そして、挿入孔２４によってシールド部材２０を溶接トーチ１１の下端部に嵌め込み、ネジ２５にて固定することにより、溶接トーチ１１の下方にシールド部材２０が取り付けられている。

【００５１】

溶接では、母材３０をシールド部材２０の内側に挿入し、図示されない駆動装置により母材３０を軸方向及び周方向に駆動しながら、溶接トーチ１１により母材３０の表面にＮｂ又はＮｂ合金をプラズマ粉体肉盛溶接を行う。これにより、母材３０の外周面全体に、Ｎｂ又はＮｂ合金からなる溶着層３１を形成することができる。

【００５２】

このとき、シールド部材２０の外筒２１と内筒２２の間にＡｒガス等の不活性ガスが導入される。導入された不活性ガスは、内筒２２に設けられた多数のガス吐出口２２ａ，２２ａ・・からシールド部材２０の内側に吹き出され、その内側を不活性ガス雰囲気（無酸素雰囲気）に保持する。

【００５３】

溶接トーチ１１から吹き出される不活性ガスは、溶接位置の近傍のみ、即ち溶接直後の溶着層３１をガスシールドするだけであるが、シールド部材２０を併用することにより、肉盛溶接部はある程度低温に冷却されるまでガスシールドされ続ける。シールド部材２０の長さ、特に溶接位置から材料進行方向下流側の長さＬを溶接速度に応じて変えることにより、肉盛溶接部が所定温度に冷却されるまで、その肉盛溶接部のガスシールドが続けられる。換言すれば、この長さＬの調整により、肉盛溶接部のガスシールド終了温度を任意に制御することができる。従って、肉盛溶接部の少なくとも３５０℃以上の部分をガスシールドすることが可能となり、これにより溶着層３１の表面酸化が防止され、複層盛りを行う場合の層間剥離が防止される。

【００５４】

また、Ｎｂ合金を肉盛溶接する場合に、１層目の溶接で合金度を下げること、溶接電流を２００～３５０Ａに管理すること、及び使用する粉末中不純物量を減らして、溶着層３１中の酸素量を５０００ｐｐｍ以下、水素量及び窒素量を５００ｐｐｍ以下に管理することにより、希釈による割れを効果的に防止することが可能となる。

【００５５】

そして、これらの組み合わせにより、Ｎｂ又はＮｂ合金からなる健全な溶着層３１が形成されることになる。

【００５６】

母材３０が継目無鋼管穿孔圧延用プラグの場合、先端部の角度によっては先端部に対するプラズマ粉体肉盛溶接が困難な場合があるが、この場合は先端部にＴＩＧ溶接等で肉盛溶接を行えばよい。

【００５７】

また、肉盛溶接部のガスシールドを行う場合に、母材３０の中心部に貫通孔を設け、ここに冷却水を通して肉盛溶接部を強制冷却すれば、肉盛溶接部のガスシールド終了温度を上げることなく、シールド部材２０の長さを短くすることができ、シールドガスの使用量を減らすことが可能となる。

【００５８】

【実施例】

次に、本発明の実施例を示し、比較例と対比することにより、本発明の効果を明らかにする。

【００５９】

【表１】

	プラグ本体化学成分（ｗｔ％）								
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	Fe	その他
B1	0.3	0.6	0.6	3.0	1.0	<0.1	<0.1	残　部	不可避不純物
B2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	残　部	<0.1	不可避不純物

【００６０】
【表２】

		粉末組成（ｗｔ％）			
		Ｎｂ粉	Ｗ粉	Ｍｏ粉	Ｔａ粉
Ｐ１	1層目	１００	――	――	――
	2層目	８７．５	１２．５	――	――
Ｐ２	1層目	１００	――	――	――
	2層目	８７．５	――	１２．５	――
Ｐ３	1層目	９０．０	――	５．０	５．０
	2層目	８０．０	――	１０．０	１０．０

【００６１】
【表３】

本体材質	粉末種類	溶着層化学成分（wt%）									
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	W	Ta	Fe	その他
B1	P1	<0.1	<0.1	<0.1	0.21	<0.1	<0.1	<0.1	9.8	<0.1	6.2	不可避不純物
	P2	<0.1	<0.1	<0.1	0.18	<0.1	10.1	<0.1	<0.1	<0.1	5.9	不可避不純物
	P3	<0.1	<0.1	<0.1	0.23	<0.1	8.8	<0.1	<0.1	9.1	6.3	不可避不純物
B2	P1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	5.5	10.3	<0.1	<0.1	不可避不純物
	P2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	9.7	6.3	<0.1	<0.1	<0.1	不可避不純物
	P3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	8.6	6.4	<0.1	9.1	<0.1	不可避不純物

【００６２】
【表４】

区分	番号	本体材質	粉末種類	プラグ寿命（パス回数）	偏肉率比
本発明例	1	B1	P1	≧20	0．95
	2		P2	≧20	0．93
	3		P3	≧20	0．96
	4	B2	P1	≧20	0．83
	5		P2	≧20	0．85
	6		P3	≧20	0．84
従来例	7	3Cr－1Ni鋳鋼一体プラグ（熱処理にてスケール形成）		1	1．00
	8	胴部3Cr－1Ni鋳鋼 先端部10Hf－1Ti－Nb 2分割プラグ		≧20	1．07
	9	10Hf－1Ti－Nb一体プラグ		≧20	1．11

【００６３】

図５に示す肉盛溶接装置を使用して図３に示す継目無鋼管穿孔圧延用プラグを製作した。プラグ本体の化学成分を表１に示し、溶着層の形成に使用した粉末の組成を表２に示し、形成された溶着層の化学成分を表３に示す。溶着層は、約３．５ｍｍの厚さに２層盛りを行った後、表面仕上げを行うことにより形成した。表面仕上げ後の層厚は約２．５ｍｍであり、表３に示された化学成分はその表面におけるデータである。溶接条件は後で説明する。

【００６４】

また、比較のために、低合金鋼（３％Ｃｒ－１％Ｎｉ－残Ｆｅおよび不可避的不純物）からなるプラグの表面に酸化スケール付着熱処理を行ったもの、プラグの先端部をＮｂ合金（１０％Ｈｆ－１％Ｔｉ－残部Ｎｂおよび不可避的不純物）とし、先端部を除く胴部を低合金鋼（３％Ｃｒ－１％Ｎｉ－残Ｆｅおよび不可避的不純物）として、その胴部の表面に

酸化スケール付着熱処理を行ったもの、及びプラグ全体をＮｂ合金（１０％Ｈｆ－１％Ｔｉ－残部Ｎｂおよび不可避的不純物）としたものを製作した。

【００６５】

なお、プラグの寸法は、いずれも最大外径１９１ｍｍ、長さ４６０ｍｍである。

【００６６】

製作された各プラグを穿孔圧延機にセットし、１２００℃に加熱された外径２２０ｍｍ、長さ３４００ｍｍのＳＵＳ３０４製で、それぞれ２０本の中実丸ビレットを外径２４０ｍｍ、内径１７６ｍｍ、長さ６１８０ｍｍの中空素管に成形する穿孔圧延に供した。この時、各プラグは、水冷することなく使用することとし、中実丸ビレット１本の穿孔圧延が終了する度毎に水冷しつつ穿孔圧延に供した。

【００６７】

そして、中実丸ビレット１本の穿孔圧延が終了する度毎にプラグの表面状況を目視観察し、溶損などの損傷発生有無を確認することにより継続使用可否を判定し、継続使用可能なパス回数を調べることで、そのプラグ寿命の評価を行った。また、穿孔圧延後の各管について、その圧延先端部５００ｍｍにおける周方向偏肉率を調べた。ここで、周方向偏肉率は、管端から５００ｍｍの領域について管軸長方向へ５０ｍｍピッチの各位置における円周方向の肉厚分布を測定し、各位置毎の周方向偏肉率を下式により求めた。

周方向偏肉率＝〔（最大肉厚－最小肉厚）／平均肉厚〕×１００（％）

【００６８】

これらの結果を表４に示した。ただし、周方向偏肉率としては、Ｎｏ．７以外のプラグを用いて得られた各管の最大偏肉率の平均値を求める一方、中実丸ビレット１本を穿孔圧延した時点で継続使用不可となったＮｏ．７のプラグを用いて得られた管の最大偏肉率を１とした時の比（偏肉率比）で示した。

【００６９】

表４に示すように、各プラグのパス回数（プラグ寿命）は、プラグ本体が低合金製またはＴｉ合金製の一体型で、その全表面（除く、マンドレル接続後端面）にＮｂ合金製の被覆層を形成させた本発明複合材のプラグ（Ｎｏ．１～６）では、中実丸ビレットを２０本穿孔圧延した後においてもその表面には損傷の発生が認められず、さらなる継続使用が可能な状態で、長寿命であった。

【００７０】

胴部が低合金鋼で、先端部の全体をＮｂ合金製にした二分割型プラグ（Ｎｏ．８）、および全体をＮｂ合金製とした一体型プラグ（Ｎｏ．９）では、本発明複合材のプラグと同様に、中実丸ビレットを２０本穿孔圧延した後においてもその表面には損傷の発生が認められず、さらなる継続使用が可能な状態で、長寿命であった。

【００７１】

これに対し、全体が低合金鋼製で、その表面に熱処理を施して酸化スケールを形成させた従来の一体型プラグ（Ｎｏ．７）では、中実丸ビレットを１本穿孔圧延した時点で表面に損傷が発生し、継続使用することができず、そのプラグ寿命は極めて短かった。

【００７２】

なお、全体が低合金鋼製で、先端部の表面のみにＮｂ合金製の溶着被覆層を形成させた一体型プラグの場合は、中実丸ビレットを５本穿孔圧延した時点で表面に損傷が発生し、継続使用することができず、全面被覆に比べるとプラグ寿命は短かった。

【００７３】

一方、穿孔圧延して得られた管の周方向偏肉率は、本発明複合材のプラグ（Ｎｏ．１～６）を用いた場合、全体が低合金製で、その表面に熱処理を施して酸化スケールを形成させた従来の一体型プラグ（Ｎｏ．７）を用いた場合よりも小さく、良好であった。特に全体を比重の軽いＴｉ合金製にした本発明複合材のプラグ（Ｎｏ．４～６）を用いた場合、その周方向偏肉率は極めて良好であった。

【００７４】

これに対し、胴部が低合金鋼で、先端部の全体をＮｂ合金製にした二分割型プラグ（Ｎｏ

．８）、および全体をＮｂ合金製とした一体型プラグ（Ｎｏ．９）を用いた場合、その周方向偏肉率は、従来の一体型プラグ（Ｎｏ．７）を用いた場合よりも大きく、悪かった。特に、全体をＮｂ合金製とした従来の一体型プラグ（Ｎｏ．９）を用いた場合、その周方向偏肉率は極めて悪かった。

【００７５】

なお、全体が低合金鋼製で、先端部の表面のみにＮｂ合金製の溶着被覆層を形成させた一体型プラグを用いた場合、その周方向偏肉率は、従来の一体型プラグ（Ｎｏ．７）を用いた場合と同様であった。

【００７６】

以上の結果から、本発明複合材のプラグは、その使用寿命が長く、しかも周方向偏肉率の小さい管を得ることが可能であることがわかる。また、従来のプラグに比べ軽量であるので、プラグの交換作業性や搬送作業性が向上する。さらに、プラグ本体を低合金鋼製とする場合には、その単価を低くすることができる。

【００７７】

次に、本発明複合材のプラグを製作するときの溶接条件の影響について説明する。

【００７８】

【表５】

記号	溶接条件 シールド終了温度（℃）	溶接条件 溶接電流（A）	層中の不純物量（ｐｐｍ） O	H	N	溶着層の品質（＊） ビード形状	融合状態	割れ	
1	320	280	1630	210	220	◎	○	○	最適条件内
2	200	280	1780	210	230	◎	◎	◎	
3	80	280	1510	180	160	◎	◎	◎	
4	220	330	2050	280	290	○	○	○	
5	200	220	1490	190	190	○	○	◎	
6	200	180	1470	150	160	△	△	○	電流が最適条件外
7	210	380	3860	280	310	○	○	△	電流が最適条件外
8	380	280	2320	220	210	○	△	△	シールド終了温度が最適条件外
9	250	380	5410	480	510	○	△	△	電流、不純物量が最適条件外
10	430	180	2410	280	280	△	△	△	電流、シールド終了温度が最適条件外

＊）◎：非常に良好　○：良好　△：○より劣

【００７９】

本発明複合材のプラグであるＮｏ．５プラグを製作する際に、使用する粉末中の不純物量、溶接電流、及び肉盛溶接部のガスシールド終了温度を種々変更し、これらの条件が溶着層のビード形状、融合状態（溶け込み不良・層間剥離）及び割れに及ぼす影響を調査した。調査結果を表５に示す。なお、表４中のＮｏ．５プラグは、表５中のＮｏ．３条件で製作されたものである。

【００８０】

粉末中の不純物量の制限により溶着層中の不純物量を酸素量５０００ｐｐｍ以下、水素量及び窒素量それぞれ５００ｐｐｍ以下に制限し、溶接電流を２００～３５０Ａに管理し、肉盛溶接部のガスシールド終了温度を３５０℃以下、即ち少なくとも３５０℃以上の部分をガスシールドしたＮｏ．１～５では、ビード形状、融合状態、耐割れ性とも良好であった。なかでも、Ｎｏ．１ではビード形状が、Ｎｏ．２，３ではビード形状、融合状態及び耐割れ性が、Ｎｏ．５では耐割れ性がそれぞれ非常に良好であった。

【００８１】

これに対し、溶接電流が上記適正範囲を下回ったＮｏ．６では、ビード形状及び融合状態がＮｏ．１～５に比べて劣る。溶接電流が上記適正範囲を超えたＮｏ．７では、耐割れ性がＮｏ．１～５に比べて劣る。ガスシールド終了温度が３５０℃を超え、３５０℃以上の部分がガスシールドされなかったＮｏ．８では、融合状態及び耐割れ性がＮｏ．１～５に比べて劣る。溶接電流が上記適正範囲を超え、且つ不純物量が上記適正範囲を超えたＮｏ．９では、融合状態及び耐割れ性がＮｏ．１～５に比べて劣る。溶接電流が上記適正範囲を下回り、且つガスシールド終了温度が３５０℃を超え、３５０℃以上の部分がガスシールドされなかったＮｏ．１０では、ビード形状、融合状態及び耐割れ性がＮｏ．１～５に比べて劣る。

【００８２】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明の複合材及びその製造方法は、金属母材の表面上にＮｂ又はＮｂ合金を直接被覆し、且つその表面に溶け込ませた被覆構造を実現することにより、例えば継目無鋼管穿孔圧延用プラグに適用して、優れた高温強度、耐摩耗性及び潤滑性を確保でき、しかも、軽量化及びコストダウンを図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】穿孔圧延機による圧延形態の一例を示す模式断面図である。

【図２】プラズマ粉体肉盛溶接装置の構成図である。

【図３】本発明複合材の一実施形態を示す継目無鋼管穿孔圧延用プラグの断面図である。

【図４】本発明複合材の他の実施形態を示す継目無鋼管穿孔圧延用プラグの断面図である。

【図５】本発明複合材の製造方法についての一実施形態を示す肉盛溶接装置の側面図である。

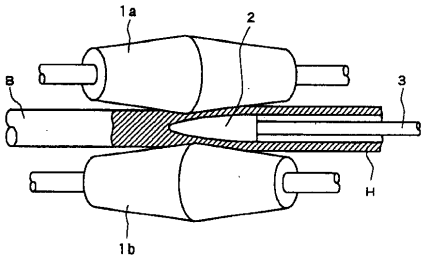
【図６】同肉盛溶接装置に使用されるシールド部材の斜視図である。

【図７】図６のＡ－Ａ線断面矢示図である。

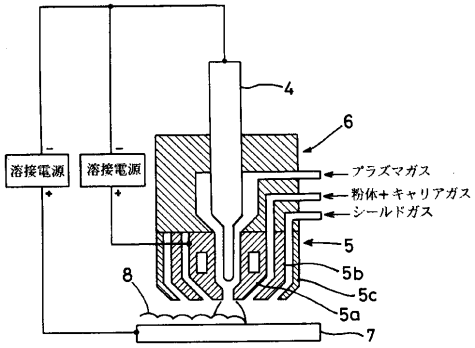
【符号の説明】

１ａ，１ｂ　主ロール
２　プラグ
２ａ　プラグ本体
２ｂ　溶着層
３　マンドレル
４　電極
５　シールドノズル
６　溶接トーチ
７　母材
８　溶着層
１０　溶接装置本体
１１　溶接トーチ
２０　シールド部材
２１　外筒
２１ａ　ガス導入口
２２　内筒
２２ａ　ガス吐出口
２５　トーチ挿入孔
３０　母材
３１　溶着層

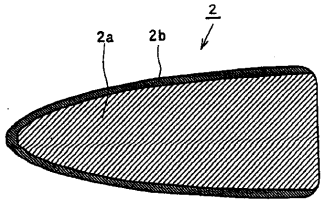
【図１】



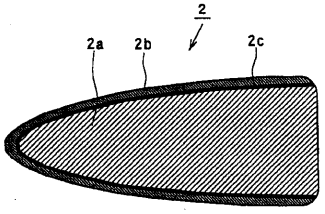
【図２】



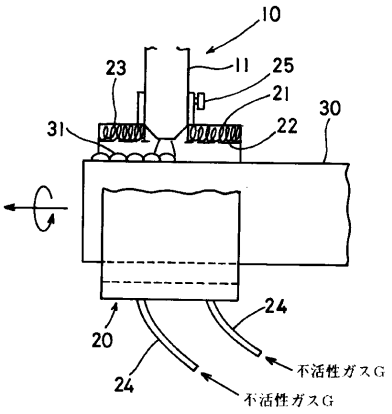
【図３】



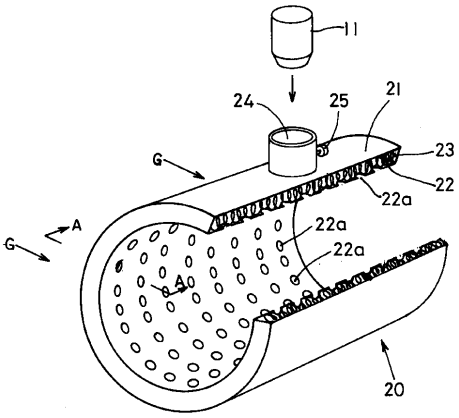
【図４】



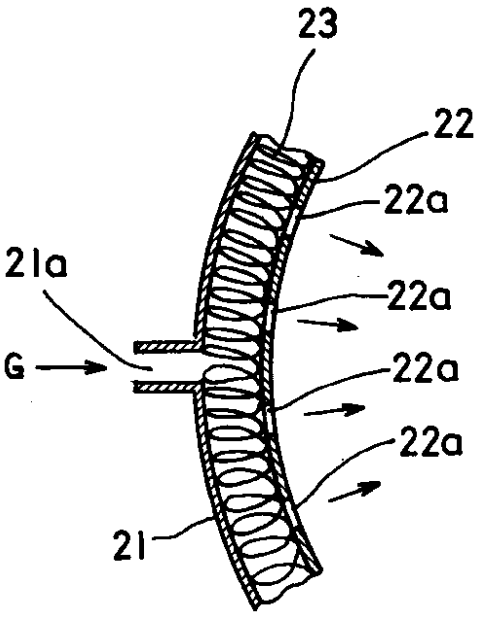
【図５】



【図６】



【図７】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		FI		
Ｃ２２Ｃ 27/02	*(2006.01)*	Ｂ２３Ｋ	10/02	５０１Ａ
		Ｂ２３Ｋ	35/32	Ｂ
		Ｃ２２Ｃ	27/02	１０２Ｚ

(72)発明者 津村 誠
大阪府大阪市中央区北浜４丁目５番３３号 住友金属工業株式会社内
(72)発明者 金川 芳香
兵庫県尼崎市北大物町２０番１号 ナイス株式会社内
(72)発明者 石床 和正
兵庫県尼崎市北大物町２０番１号 ナイス株式会社内

審査官 市枝 信之

(56)参考文献 特開平０８－０５２５９１（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－０７７０８５（ＪＰ，Ａ）
特開平０１－２８９５０４（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２１２５８１（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－１６５０９８（ＪＰ，Ａ）
特開昭６０－１８７６６０（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
C23C 24/00 ～ 30/00
C23C 4/00 ～ 6/00
B23K 9/00 ～ 10/02
B23K 35/00 ～ 35/40
B21B 17/00 ～ 25/06