

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4185477号
(P4185477)

(45) 発行日 平成20年11月26日(2008.11.26)

(24) 登録日 平成20年9月12日(2008.9.12)

| | | | | | |
|----------------|--------------|------------------|----------------|-------|---------|
| (51) Int. Cl. | | F I | | | |
| G O 1 L | 19/06 | (2006.01) | G O 1 L | 19/06 | A |
| G O 1 L | 19/14 | (2006.01) | G O 1 L | 19/14 | |
| B 2 3 K | 15/00 | (2006.01) | B 2 3 K | 15/00 | 5 O 1 B |
| | | | B 2 3 K | 15/00 | 5 O 6 |

請求項の数 5 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2004-216549 (P2004-216549)
 (22) 出願日 平成16年7月23日(2004.7.23)
 (65) 公開番号 特開2006-38538 (P2006-38538A)
 (43) 公開日 平成18年2月9日(2006.2.9)
 審査請求日 平成18年5月31日(2006.5.31)

(出願人による申告)平成16年度独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「水素安全利用等基盤技術開発-水素インフラに関する研究開発-高圧水素用圧力計測技術の開発」に係る委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受ける特許出願

(73) 特許権者 000150707
 長野計器株式会社
 東京都大田区東馬込1丁目30番4号
 (74) 代理人 110000637
 特許業務法人樹之下知的財産事務所
 (74) 代理人 100079083
 弁理士 木下 實三
 (74) 代理人 100094075
 弁理士 中山 寛二
 (74) 代理人 100106390
 弁理士 石崎 剛
 (72) 発明者 金子 嘉一
 東京都大田区東馬込1-30-4 長野計器株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧力センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

底部が薄肉部とされた有底円筒部材および前記底部の一面に形成され前記底部の歪み量を検出する歪ゲージを有する圧力検出素子と、

前記有底円筒部材の内部に被計測流体を導入する圧力導入継手とを備え、

前記被計測流体の圧力を測定する圧力センサであって、

前記有底円筒部材は、Niを24~27重量%、Crを13.5~16重量%含有するオーステナイト系の析出硬化型Fe-Ni耐熱鋼で形成され、

前記圧力導入継手は、オーステナイト系ステンレス鋼で形成され、

前記有底円筒部材の円筒部の一端と前記圧力導入継手の一端を突き合わせ溶接することにより前記有底円筒部材と前記圧力導入継手とを溶接部を介して一体的に形成し、

前記溶接部のNi含有量は、前記有底円筒部材のNi含有量と前記圧力導入継手のNi含有量との平均値よりも高く調整される

ことを特徴とする圧力センサ。

【請求項2】

請求項1に記載の圧力センサにおいて、

前記有底円筒部材の円筒部の一端と前記圧力導入継手の一端を突き合わせ、溶接する部位にフィラーメタルを導入して溶接し、溶接部のNi含有量が20~30重量%となるように調整した

ことを特徴とする圧力センサ。

【請求項 3】

請求項 2 記載の圧力センサにおいて、
前記有底円筒部材の円筒部の一端と前記圧力導入継手の一端との溶接は、電子ビーム溶接により施される
ことを特徴とする圧力センサ。

【請求項 4】

請求項 2 または請求項 3 記載の圧力センサにおいて、
前記フィラメタルは、中央部に穴が形成された円盤形状であり、その外径寸法と内径寸法は、前記有底円筒部材の円筒部の外径寸法と内径寸法とほぼ等しく、
前記円盤形状のフィラメタルを前記有底円筒部材の円筒部の一端と前記圧力導入継手の一端との間に挟み溶接することにより前記有底円筒部材と前記圧力導入継手とを溶接部を介して一体的に形成し、
前記溶接部の Ni 含有量が 20 ~ 30 重量%となるように前記フィラメタルの円盤の厚さで調整した
ことを特徴とする圧力センサ。

【請求項 5】

請求項 2 または請求項 3 記載の圧力センサにおいて、
前記有底円筒部材の円筒部の内径寸法と前記圧力導入継手の一端部の内径寸法はほぼ等しく、
前記フィラメタルは、中央部に連通孔が形成された円筒形状であり、その外径寸法は、溶接する前記有底円筒部材の円筒部の内径寸法および前記圧力導入継手の一端部の内径寸法とほぼ等しく、
前記有底円筒部材の円筒部の一端と前記圧力導入継手の一端とを突き合わせ、これらの内周面に前記円筒形状のフィラメタルの外周面を当接して溶接することにより前記有底円筒部材と前記圧力導入継手とを溶接部を介して一体的に形成し、
前記溶接部の Ni 含有量が 20 ~ 30 重量%となるように溶接深さを調整した
ことを特徴とする圧力センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、流体圧力を電気信号に変換し計測を行う圧力センサに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、気体や液体などの流体の圧力を計測するために、流体圧力を電気信号に変換し計測する圧力センサが利用されている。この圧力センサとしては、例えば、特許文献 1 記載の圧力センサが挙げられる。すなわち、前記圧力センサは、ダイアフラム部を備えたポート取り付け部と歪ゲージセンサーとを含んで構成され、配管内を流通する流体の圧力を計測する。前記ポート取り付け部は、底面に薄肉部が形成された有底円筒状のダイアフラム部と略円筒状の圧力導入継手とが一体的に形成されている。前記圧力導入継手の開口端側は、流体が流通する前記円管の一端と接続され、ここから前記ダイアフラム部内面に流体が導入される。前記歪ゲージは、前記ダイアフラム部の薄肉部の外面側に絶縁層を介して設けられる。前記ダイアフラム部内面に流通した流体が前記薄肉部に作用すると、この流体の圧力によって前記薄肉部が歪み、前記歪ゲージはこの歪み量を電気信号として検出し、この電気信号を増幅、変換することにより前記流体の圧力値が得られる。

【0003】

ここにおいて、より高い精度で流体の圧力値を検出しようとする場合、より高い歪みを発生させることが好ましく、そのためには、前記ダイアフラム部の薄肉部は、より薄く形成されることが好ましい。しかし、前記ダイアフラム部は、流体から強い圧力を受けるため、用いる材料には高い引っ張り強度を有することが要求される。この点、前記ダイアフラムの材料にはマルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼が採用されており、この材料は 1

10

20

30

40

50

300 MPa以上の引っ張り強度を有するため、高い精度と信頼性のある圧力値が得られ、圧力センサ用のダイアフラム材料としては非常に良く適している。

【0004】

【特許文献1】特開2001-242031号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、このマルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼は、機械強度には優れているが耐食性に関して劣っており、このため、特許文献1記載の前記圧力センサは、腐食性の高い酸性ガスや薬液、脆化の原因となる水素ガスなどの流体においては、限定的にしか使用できない。

10

【0006】

また、このマルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼は、高価かつ機械加工が困難な材料であり、したがってそのような材料で形成されることが必要な部材は、部材の大きさ、加工工数および廃材量が最小限となるようにすることが好ましい。このため、前記材料は、薄肉部を有するダイアフラム部のみに適用されれば、材料の使用量を必要最小限に留めることができ、比較的安価に部材を製造できるが、特許文献1記載の前記圧力センサにおける前記ポート取り付け部は、ダイアフラム部と略円筒状の圧力導入継手とが一体的に形成された構成となっている。したがって、前記圧力センサでは、適用せずに済む圧力導入継手にも前記材料を適用しているため、前記圧力センサの製造には余分なコストが掛かってしまうなどの問題が一例として挙げられる。

20

【0007】

ここで、本発明の目的は、高い精度と信頼性を確保し、耐食性に優れ、かつ安価な圧力センサを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

そのため、本発明は、マルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼と同程度の機械強度を有し、かつ耐食性に優れたオーステナイト系の析出硬化型Fe-Ni耐熱鋼を使用して有底円筒部材を形成し、圧力導入継手には、比較的安価で耐食性に優れているオーステナイト系ステンレス鋼を用い、それぞれを溶接して一体的に形成することにより、前記目的を達成しようとするものである。具体的には、本発明は、底部が薄肉部とされた有底円筒部材および前記底部の一面に形成され前記底部の歪み量を検出する歪ゲージを有する圧力検出素子と、前記有底円筒部材の内部に被計測流体を導入する圧力導入継手とを備え、前記被計測流体の圧力を測定する圧力センサであって、前記有底円筒部材は、Ni(ニッケル)を24~27重量%、Cr(クロム)を13.5~16重量%含有するオーステナイト系の析出硬化型Fe-Ni(鉄-ニッケル)耐熱鋼で形成され、前記圧力導入継手は、オーステナイト系ステンレス鋼で形成され、前記有底円筒部材の円筒部の一端と前記圧力導入継手の一端を突き合わせ溶接することにより前記有底円筒部材と前記圧力導入継手とを溶接部を介して一体的に形成し、前記溶接部のNi含有量は、前記有底円筒部材のNi含有量と前記圧力導入継手のNi含有量との平均値よりも高く調整されることを特徴とする。

30

40

【0009】

この発明によれば、歪みを発生させる薄肉部にオーステナイト系の析出硬化型Fe-Ni耐熱鋼を用いるために、高い精度と信頼性を確保することができる。さらに有底円筒部材と圧力導入継手を別個独立して設け、圧力導入継手には比較的安価なオーステナイト系ステンレス鋼を用いることにより、高価なオーステナイト系析出硬化型Fe-Ni耐熱鋼の使用量を最小限に節約することが可能となり、その結果比較的安価な圧力センサを提供することができる。

また、有底円筒部材には耐食性に優れたオーステナイト系の析出硬化型Fe-Ni耐熱鋼を使用し、圧力導入継手には同じく耐食性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼を使

50

用しているため、被計測体である流体に曝される部位に高い耐食性を持たせることが可能となる。このため、これまで圧力計測が困難であった酸性ガス、腐食性の高い薬液、脆化の原因となる水素ガスなどの測定ができる圧力センサを提供することができる。

通常、オーステナイト系ステンレス鋼およびオーステナイト系析出硬化型 Fe - Ni 耐熱鋼は溶接性が悪く高温割れが生じ易い。そのため、これらの材料に溶接加工を施すことは困難とされるが、本発明では、有底円筒部材と圧力導入継手とを溶接する際、溶接部の Ni 含有量を有底円筒部材の Ni 含有量と圧力導入継手の Ni 含有量との平均値よりも高く調整することで、溶接性が改善される。

【0010】

また、以上の構成の本発明では、前記有底円筒部材の円筒部の一端と前記圧力導入継手の一端を突き合わせ、溶接する部位にフィラメタルを導入して溶接し、溶接部の Ni 含有量が 20 ~ 30 重量%となるように調整した構成であることが好ましい。

前記溶接する部位にフィラメタルを導入することにより、前記溶接部の Ni 含有量をコントロールすることができ、特に Ni 含有量を 20 ~ 30 重量%とすることによって、溶接部の材料組織をオーステナイト組織のまま保持することができ、かつ、溶接部に生じる高温割れを防げる。なお、前記溶接部の Ni 含有量が 30%を超える場合、溶接部には僅かな高温割れが生じるが実用上の問題はなく、溶接部の Ni 含有量が 20 ~ 30 重量%のときに最適な溶接が実現できる。

【0011】

また、以上の構成の本発明では、前記有底円筒部材の円筒部の一端と前記圧力導入継手の一端との溶接は、電子ビーム溶接により施される構成であることが好ましい。

電子ビーム溶接は、真空中に高密度の電子ビームを照射して加熱を行うため、短時間で溶接が完了し、溶着金属の組成をコントロールし易い。さらに、電子ビームは高エネルギー密度のため、溶接幅と溶接深さのアスペクト比を 2 以上の深溶け込みにすることも可能となり、その結果、前記有底円筒、前記圧力導入継手および歪みゲージの各部に熱影響を与えずに溶接接合ができる。

【0012】

ここで、以上の構成の本発明では、前記フィラメタルは、中央部に穴が形成された円盤形状であり、その外径寸法と内径寸法は、前記有底円筒部材の円筒部の外径寸法と内径寸法とほぼ等しく、前記円盤形状のフィラメタルを前記有底円筒部材の円筒部の一端と前記圧力導入継手の一端との間に挟み溶接することにより前記有底円筒部材と前記圧力導入継手とを溶接部を介して一体的に形成し、前記溶接部の Ni 含有量が 20 ~ 30 重量%となるように前記フィラメタルの円盤の厚さで調整した構成であることが好ましい。

この発明では、中央部に穴が形成された円盤形状のフィラメタルの厚さを調整すれば、前記溶接部の Ni 含有量を調整することができるので、単純な構成で溶接処理が行える。また、前記溶接部の Ni 含有量を 20 ~ 30 重量%にすることで、溶接性が改善される。

【0013】

また、以上の構成の本発明では、前記有底円筒部材の円筒部の内径寸法と前記圧力導入継手の一端部の内径寸法はほぼ等しく、前記フィラメタルは、中央部に連通孔が形成された円筒形状であり、その外径寸法は、溶接する前記有底円筒部材の円筒部の内径寸法および前記圧力導入継手の一端部の内径寸法とほぼ等しく、前記有底円筒部材の円筒部の一端と前記圧力導入継手の一端とを突き合わせ、これらの内周面に前記円筒形状のフィラメタルの外周面を当接して溶接することにより前記有底円筒部材と前記圧力導入継手とを溶接部を介して一体的に形成し、前記溶接部の Ni 含有量が 20 ~ 30 重量%となるように溶接深さを調整した構成であることが好ましい。

この発明では、中央部に連通孔が形成された円筒形状のフィラメタルを溶接する部位に当接し、溶接する際に溶接深さを調整することで、溶接部の Ni 含有量を調整することができるので、単純な構成で溶接処理が行える。また、前記溶接部の Ni 含有量を 20 ~ 30 重量%にすることで、溶接性が改善される。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

〔第1の実施形態〕

以下、本発明に係る第1の実施形態を図面に基づいて説明する。

図1は、第1の実施形態である圧力センサ1が示されている。この圧力センサ1は、配管内を流通する気体、液体、その他様々な流体の圧力を計測でき、特に、腐食性の高い酸性ガスや薬液、脆化の原因となる水素ガスなどの流体圧力をも計測することができる。図1において、圧力センサ1は、圧力導入継手10、圧力検出素子20、回路部30およびハウジング40を備えて構成されており、圧力導入継手10と圧力検出素子20とは、電子ビーム溶接により一体的に形成され、連結した部位には溶接部50が形成される。

10

【0015】

〔圧力導入継手10の構成〕

圧力導入継手10は、被測定流体が流通される配管（図示せず）に接続され、配管内に流通する流体を圧力検出素子20に供給する部位であり、円筒部11およびディスクフランジ部12が一体的に形成された構造となっている。この圧力導入継手10には、オーステナイト系ステンレス鋼が用いられ、この材料は、オーステナイト系の析出硬化型Fe-Ni耐熱鋼と比較すると安価であり、機械強度が低く、かつ同等の耐食性を有する材料である。

【0016】

このオーステナイト系ステンレス鋼としては、例えばSUS304やSUS316などが挙げられる。SUS304は、Cr18~20重量%およびNi8~10.5重量%を含む一般的なオーステナイト系ステンレス鋼であり、SUS316は、Cr16~18重量%、Ni10~14重量%、Mo（モリブデン）2~3重量%およびC（炭素）0.08重量%以下を含むオーステナイト系ステンレス鋼である。これらの材料の引っ張り強度は520MPa程度と低いですが、設計上、圧力導入継手は厚肉に設計することが可能であるため、耐食性に優れているこれらの材料は、引っ張り強度に劣っていても問題ない。なお、圧力導入継手10には、上記の材料に限らず、その他のオーステナイト系ステンレス鋼も用いることができるのは言うまでもない。

20

【0017】

円筒部11は、略円筒形状であり、その内部の円柱状の空間は流体が流通する流路110となっており、円筒部11の一端側の外周面には図示しない円管と螺合するねじ部111が形成され、また、円筒部11の他端側の外周面には圧力検出素子20と接合される接合部112が形成されている。ねじ部111が形成される側の流路110の一端は、圧力導入口110Aとなっており、ここから図示しない円管から供給される流体が流入する。ねじ部111は、螺旋状の雄ねじ溝であり、図示しない円管の内面側に形成された雌ねじ溝に螺合するように形成される。接合部112は、環状の接合面112Aおよび環状の段差112Bを含み、これらは円筒部11の端部の外周面側を切削することにより形成される。

30

【0018】

ディスクフランジ部12は、円筒部11のねじ部111と接合部112との略中間位置において、この円筒部11の半径方向外方へ向けて円盤状に延びて形成されている。このディスクフランジ部12において、圧力検出素子20が設けられる側の面には、その周縁部に環状の溝である嵌合部120が形成され、ここにハウジング40が嵌合する。また、ディスクフランジ部12は、外形が二方取りまたは六角形状となっており、ねじ部111を図示しない配管に螺合する際のスパナ掛けとしても使用される。

40

【0019】

〔圧力検出素子20の構成〕

圧力検出素子20は、図示しない円管内を流通する流体の圧力を電気信号として検出する素子であり、流体圧力により歪むダイヤフラム21と、この歪み量を電気信号に変換する歪みゲージ22とを具備している。ダイヤフラム21は、有底円筒部材であり、底面の

50

薄肉部 210 と、円筒状の円筒部 211 とが一体的に形成された構造をしている。このダイアフラム 21 には、オーステナイト系の析出硬化型 Fe - Ni 耐熱鋼が用いられる。

【0020】

このオーステナイト系の析出硬化型 Fe - Ni 耐熱鋼としては、例えば、SUH660 鋼などが挙げられる。SUH660 鋼は、高い機械的強度を有し、かつ優れた耐食性も併せ持つ材料で、Ni 24 ~ 27 重量%、Cr 13.5 ~ 16 重量%、Al (アルミニウム) 0.35 重量%以下、Ti (チタン) 1.9 ~ 2.35 重量%を含む。SUH660 鋼は、溶体化処理後、時効処理 (700 以上で 16 時間保持後、室温まで徐々に降温する処理) を施して、オーステナイト相 (相) 中に金属間化合物である Ni₃[Al、Ti] 相 (相) を析出させて機械強度を向上させたもので、1060 MPa 以上の引張り強さを有す。

10

【0021】

薄肉部 210 は薄肉の円盤状体であり、この部材に流体が作用すると、流体の圧力により薄肉部 210 に弾性変形が生じる。この弾性変形による歪み量が大きい程、歪みゲージ 22 はより大きな電気信号を発生させ、より正確な圧力値を検出することができる。設計上、この薄肉部 210 に用いる材料には、大きな歪みを発生させても十分耐え得る強度を有することが求められ、具体的には 800 MPa 以上、より好ましくは 1000 MPa 以上の引っ張り強度を要する。この点、薄肉部 210 は、1060 MPa 以上の引張り強さを有するオーステナイト系の析出硬化型 Fe - Ni 耐熱鋼により形成されており、円盤の厚みをより薄く形成したとしても流体の圧力に十分に耐え、大きな歪み量を確保できる。

20

【0022】

円筒部 211 は、側壁が厚く形成された円筒体であり、この一端を閉じるように薄肉部 210 が一体的に形成されている。円筒部 211 の開口された他端は、圧力導入継手 10 の接合面 112 A と全周を突き合わせて、溶接により連結される。この円筒部 211 端部の内径寸法および外径寸法は、圧力導入継手 10 の接合部 112 における環状の接合面 112 A の内径寸法および外径寸法と一致している。

【0023】

歪みゲージ 22 は、薄肉部 210 の外面上全体に亘って絶縁層 220 を形成した後、さらにその上に一箇所以上、好ましくは 4 箇所に配置され、ブリッジ回路を形成して、薄肉部 210 の歪み量を電気信号に変換出力する。それぞれの歪みゲージ 22 には、電極 221 が設けられ、ここから回路部 30 に電気信号が伝達される。歪みゲージ 22 としては、従来の抵抗線歪みゲージ技術を使用することができる。絶縁層 220 は、歪みゲージ 22 とダイアフラム 21 間の導電性を遮断する目的で設けられ、ガラスを含んだ接着剤やポリイミド系の接着剤などが用いられる。なお、薄肉部 210 の歪み量を正確に検出するためにも、薄肉部 210、絶縁層 220 および歪みゲージ 22 は、互いに確実に結合されていることが要求される。

30

【0024】

〔回路部 30 の構成〕

次に回路部 30 について図面に基づいて説明する。図 2 は、本実施形態に係る回路部 30 を示す平面図である。図 2 に示されるように回路部 30 は、環状板の増幅回路基板 31、ワイヤーボンド 32 および入出力端子 33 を含んで構成され、歪みゲージ 22 で発生した電気信号を増幅し、増幅した電気信号を外部に伝達する機能を有する。増幅回路基板 31 上には、回路部品 310 および電極 311 が設けられており、この電極 311 は、増幅回路基板 31 の内側において歪みゲージ 22 の電極 221 とワイヤーボンド 32 で接続されている。入出力端子 33 は、図示しない外部端末と回路部 30 とを連絡する 3 本の端子であり、外部端末には回路部品 310 により増幅された歪みゲージ 22 の電気信号を出力し、外部端末からは電源を回路部 30 に供給する。スペーサ 34 は、圧力導入継手 10 に増幅回路基板 31 を固定する円筒状の部材であり、増幅回路基板 31 の外周縁を支持するように設けられる (図 1 参照)。

40

【0025】

50

〔ハウジング４０の構成〕

図１において、ハウジング４０は、圧力検出素子２０および回路部３０を外部より侵入する水分や塵埃から保護する略筒状の保護ケースであり、その一端には圧力導入継手１０の嵌合部１２０と係合するガスケット４１が設けられている。

【００２６】

〔溶接部５０の構成〕

溶接部５０について、図面に基づいて説明する。図３は、本実施形態における溶接部５０の断面を示した正面図である。溶接部５０は、圧力導入継手１０の接合面１１２Ａと、ダイアフラム２１の円筒部２１１の開口端とを、全周を突き合わせて電子ビーム溶接法で溶接することにより形成された部位であり、これら接合面１１２Ａと円筒部２１１の開口端との間には、中央部に穴を持つ円盤状のフィラーメタル５１が介在している。この円盤状のフィラーメタル５１は、溶接部５０の成分を調整する目的で導入される金属であり、この部材には１００％ニッケル金属（純Ni）の他、高いNi含有量の合金などが使用できる。この円盤状のフィラーメタル５１の内径寸法および外径寸法は、接合部１１２の環状の接合面１１２Ａおよび円筒部２１１のそれぞれの内径寸法および外径寸法とほぼ等しく形成されている。

10

【００２７】

ここで、圧力導入継手１０とダイアフラム２１の溶接について説明する。図３において、まず、円盤状フィラーメタル５１を、圧力導入継手１０の接合面１１２Ａとダイアフラム２１の円筒部２１１の開口端との間に挟んでおく。この状態において、円盤状フィラーメタル５１の一面は圧力導入継手１０の環状の接合面Ａと対向し、もう一面はダイアフラム２１の円筒部２１１の一端面と対向し、また、圧力導入継手１０の環状の段差１１２Ｂとダイアフラム２１の円筒部２１１の内周面側とは、全面に亘り張り合わされた状態となっている。

20

【００２８】

次に、これらの部材を図示しない電子ビーム溶接機の真空チャンバー内に設置し、このチャンバー内を真空雰囲気にしてから、電子ビームを溶接すべき部位の外周面から内周面方向に向けて照射する。

電子ビームが照射された円盤状フィラーメタル５１、圧力導入継手１０の接合部１１２およびダイアフラム２１の円筒部２１１の開口端のそれぞれ一部は溶融し、溶融した部位においてはそれぞれの部材の材料成分が互いに拡散し交じり合う。すなわち、ダイアフラム２１の材料成分は円盤状フィラーメタル５１を経由して圧力導入継手１０側に向かって拡散し、逆に圧力導入継手１０の材料成分は円盤状フィラーメタル５１を経由してダイアフラム２１側に向かって拡散する。同時に、円盤状フィラーメタル５１の材料成分も、圧力導入継手１０側およびダイアフラム２１側に向かって拡散する。この電子ビーム溶接は、高エネルギー密度の電子ビームを照射するため、図３に示す溶接幅 W と溶接深さ D のアスペクト比を２以上の深溶け込みにすることができるため、電子ビームを照射した円盤状のフィラーメタル５１の外周面から内周面までが溶融する。

30

圧力導入継手１０、ダイアフラム２１および円盤状のフィラーメタル５１を組み合わせた状態で前記真空チャンバー内で回転移動しながら、それぞれの溶接すべき部位に対し全周に亘り電子ビームを照射する。溶接が完了すると、溶接部５０が形成され、圧力導入継手１０とダイアフラム２１とは円盤状のフィラーメタル５１を介して一体的に結合される。ここで、溶接部５０から被計測体である流体がリークしないよう、溶接は、完全に漏れなく行い、溶接組織にクラックが生じないようにしなければならない。

40

【００２９】

そこで、本実施形態では、円盤状フィラーメタル５１の厚さ t を適宜調整することにより、溶接部５０のNi含有量を、圧力導入継手１０のNi含有量とダイアフラム２１のNi含有量との平均値よりも高く設定し、特に２０～３０重量％となるよう設定する。これによって、溶接部５０の溶接性が改善されることが、後述する実験より明らかになっている。なお、溶接部５０のNi含有量が３０重量％を超える場合、溶接部５０には僅かに高

50

温割れが生じるが、実用上の問題はない。

【0030】

〔第1実施形態の作用効果〕

このように、本発明の第1実施形態に係る圧力センサ1によれば、以下の作用効果が期待できる。

(1) 底部が薄肉部210とされたダイアフラム21に、機械強度の高いオーステナイト系の析出硬化型Fe-Ni耐熱鋼を用いるために、薄肉部210を薄く製造でき、それにより薄肉部210から高い歪み量を発生できる。したがって、圧力センサ1は高い精度と信頼性を確保することができる。

【0031】

(2) ダイアフラム21と圧力導入継手10を別個独立して設け、ダイアフラム21にはオーステナイト系の析出硬化型Fe-Ni耐熱鋼を用い、圧力導入継手10には比較的安価なオーステナイト系ステンレス鋼を用いて、ダイアフラム21と圧力導入継手10を溶接により一体的に形成することにより、圧力センサ1の製造に当たって高価なオーステナイト系析出硬化型Fe-Ni耐熱鋼の使用量を必要最小限に節約できる。その結果、比較的安価な圧力センサ1を提供することができる。

【0032】

(3) ダイアフラム21には耐食性に優れたオーステナイト系の析出硬化型Fe-Ni耐熱鋼を使用し、圧力導入継手10には同じく耐食性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼を使用しているため、被計測体である流体に曝される部位に高い耐食性を持たせることが可能となる。このため、これまで圧力計測が困難であった酸性ガス、腐食性の高い薬液、脆化の原因となる水素ガスなどの測定ができる圧力センサを提供することができる。

【0033】

(4) ダイアフラム21の円筒部211の一端と圧力導入継手10の接合部112との溶接は、電子ビーム溶接により行われるため、短時間で溶接が完了し、溶接部50の組成を調整し易く、かつ、溶接幅Wと溶接深さDのアスペクト比を2以上の深溶け込みにすることができる。この結果、ダイアフラム21、圧力導入継手10および歪みゲージ22の各部に熱影響を与えることなく、上記部材の外周面から内周面までを漏れなく溶接できる。

【0034】

(5) ダイアフラム21の円筒部211の一端と、圧力導入継手10の接合面112Aとの間に円盤状のフィラメタル51を介在させ、この溶接すべき部位を溶接して形成された溶接部50のNi含有量を、圧力導入継手10のNi含有量とダイアフラム21のNi含有量との平均値よりも高く設定し、特に20~30重量%に設定するため、溶接性が改善される。したがって、通常、溶接性が悪く高温割れが生じ易いオーステナイト系ステンレス鋼およびオーステナイト系析出硬化型Fe-Ni耐熱鋼においても、溶接部50の組織をオーステナイトに保持した状態でダイアフラム21と圧力導入継手10とを溶接することができる。

【0035】

(6) 中央部に穴を持つ円盤状のフィラメタル51の外径寸法と内径寸法は、ダイアフラム21の円筒部211の外径寸法と内径寸法、圧力導入継手10の環状の接合面112Aの外径寸法と内径寸法とそれぞれほぼ等しく形成されている。この円盤状のフィラメタル51をダイアフラム21の円筒部211の一端と圧力導入継手10の接合面112Aとの間に挟み溶接することにより、ダイアフラム21と圧力導入継手10とを溶接部50を介して一体的に形成し、フィラメタル51の円盤の厚さtを適宜調整することで溶接部50のNi含有量を適宜設定できる。したがって、単純な構成で確実な溶接処理が実現できる。

【0036】

〔実験例〕

次に、本実施形態の効果を確認する実験例について説明する。

まず、本実施形態の溶接部50の成分について、図面に基づいて説明する。図4は、ス

10

20

30

40

50

テンレス鋼の溶接に関する問題点を盛り込んだシェフラーの組織図である（（社）日本溶接協会誌「溶接技術」第45巻4号 平成9年4月1日発行 136頁 図50）。シェフラーの組織図は、ステンレス鋼を溶接する場合に溶接が安全に行われるよう、広く参照されている。図4において、溶接部の組成が図中の一点鎖線で区画された各領域に属するとき、以下の溶接部には以下の問題点が観察される。

領域I：溶接部温度が1250 以上のとき、高温割れが発生する。

領域II：熱処理により溶接部組織にシグマ析出脆化が生じる。

領域III：溶接部温度が1150 以上のとき溶接部組織に粗粒脆化が生じ、溶接部温度が室温のとき切欠き脆化が生じる。

領域IV：溶接部温度が400 以下のときマルテンサイト割れが生じる。

なお、図4において領域I～IVのいずれにも属さない領域Sが、溶接部組織に問題が生じない安全域となる。

以下、圧力導入継手10にはオーステナイト系ステンレス鋼であるSUS316を用い、ダイアフラム21にはオーステナイト系の析出硬化型Fe-Ni耐熱鋼であるSUH660を用いた場合について説明する。

【0037】

SUH660のNi含有量は24～27重量%であり、SUS316のNi含有量は10～14重量%であるため、SUH660とSUS316をフィラーメタルを介さずに直接突き合わせて溶接した場合の溶接部（SUH660+SUS316）のNi含有量は、通常20重量%以下となる。

図4には、SUH660の組成を示す点と、SUS316の組成を示す点およびこれら両者の中間組成を示す点（SUH660+SUS316）がプロットしてある。SUH660の点は完全なオーステナイト組織を保つ点にあり、SUS316の点はオーステナイト組織に数%のフェライトが混在した点に位置する。その溶接部の組成はSUH660+SUS316で示した点に位置し、これは完全なオーステナイト組織の領域にある。

通常、ステンレス鋼を溶接する場合、溶接部の組成が図4中の安全域とされている領域Sにある時、溶接による問題が発生しない。しかし、本実施形態における溶接部の組成は、安全域から外れたオーステナイト組織領域（領域I）の中にあり、すなわち、溶接部にクラックが生じる高温割れが起きやすい。

【0038】

しかし、本実施形態では、Ni含有量の高いフィラーメタルを介して溶接部のNi含有量を、溶接部50のNi含有量を、圧力導入継手10のNi含有量とダイアフラム21のNi含有量との平均値よりも高く設定し、特に20～30重量%に調整することで、溶接部の組織をオーステナイト組織に保持したままでも、高温割れを発生せずに済むことが実験で明らかとなった。図5～図9は、円盤状のフィラーメタル51の厚さtを適宜調整し、Ni含有量を18%～65%までに設定した場合のそれぞれの溶接部50を示した外観写真である。

図5は、溶接部50のNi含有量を18%としたときの溶接部50のビードの外観を示す写真である。図中、矢印で示した部分に高温割れによる大きなクラックが観察されている。

図6は、溶接部50のNi含有量が25重量%付近となったときの溶接部50のビードの外観を示す写真である。図6において、溶接部50には高温割れによるクラックが観察されず、溶接が成功していることが示されている。また、溶接部50のNi含有量が20重量%であるときの溶接部50のビードの外観を示す写真（図示せず）、および溶接部50のNi含有量が30重量%であるときの溶接部50のビードの外観を示す写真（図示せず）においても、図6と同様に高温割れによるクラックが観察されなかった。

図7は溶接部50のNi含有量を40%としたときの溶接部50のビードの外観を示す写真であり、図8はNi含有量を56%としたときの溶接部50のビードの外観を示す写真であり、図9はNi含有量を65%としたときの溶接部50のビードの外観を示す写真である。図7から図9に示したいずれの溶接部50においても、図中、矢印で示した部分

10

20

30

40

50

に高温割れによる微小なクラックが観察されたが、実用上大きな影響はない。

以上の外観写真から、溶接部50のNi含有量が、20重量%以上である場合は溶接部50に微小なクラックが観察されるが強度は十分に確保できており、特に20重量%~30重量%の場合はクラックが観察されず、確実な溶接が実現できることが分かる。

【0039】

〔第2実施形態〕

次に、本発明に係る第2の実施形態を図面に基づいて説明する。図10は、第2の実施形態である圧力センサ1の溶接部50の断面を示した正面図である。なお、第2の実施形態の圧力センサ1は、上述した第1の実施形態の圧力センサ1とほぼ同様の構成であるため、以下、第1の実施形態の圧力センサ1と異なる点についてのみ説明する。

10

【0040】

図10において、圧力導入継手10の接合部112は、円筒形状であり、その端面には環状の接合面112Aが形成され、また、接合部112の内周面は流路110よりもやや広く形成され、接合部112の内周面の所定位置にテーパ部112Cが設けられる。また、ダイアフラム21は、その円筒部211の内径寸法が圧力導入継手10の接合部112の内径寸法とほぼ等しくなるよう形成される。

【0041】

圧力導入継手10とダイアフラム21とを溶接するに当たり、溶接する部位には円筒状のフィラーメタル52を導入する。この円筒状のフィラーメタル52は、溶接部50の成分を調整する目的で導入される金属であり、この部材には100%ニッケル金属(純Ni)のほか、高いNi含有量の合金などが使用できる。また、この円筒状のフィラーメタル52は、中央部に連通孔が形成され、円筒状のフィラーメタル52の外径寸法がダイアフラム21の円筒部211の内径寸法および圧力導入継手10の接合部112の内径寸法とほぼ等しく形成され、この円筒状のフィラーメタル52を圧力導入継手10の接合部112の内面に挿入したとき、円筒状フィラーメタル52の一端は接合部112のテーパ部112Cに係止し、もう一端が環状の接合面112Aよりも突出するよう形成される。

20

【0042】

〔溶接部50の構成〕

溶接部50は、圧力導入継手10の接合面112Aと、ダイアフラム21の円筒部211の開口端とを、全周を突き合わせて電子ビーム溶接法で溶接することにより形成された部位であり、圧力導入継手10の接合部112と、ダイアフラム21の円筒部211のそれぞれの内周面側には、円筒状のフィラーメタル52が介在している。この溶接部50は、以下のようにして形成される。

30

まず、円筒状のフィラーメタル52を圧力導入継手10の接合部112の内周面側に挿入すると、円筒状フィラーメタル52の外周面と接合部112の内周面とが張り合わされ、かつ、円筒状フィラーメタル52の一端は接合部112のテーパ部112Cに係止する。円筒状フィラーメタル52のもう一端側には、ダイアフラム21の円筒部211の開口端が挿入される。これにより、円筒状のフィラーメタル52は、ダイアフラム21の円筒部211内側および圧力導入継手10の接合部112内側に収納され、かつ円筒状フィラーメタル52の外周面は、ダイアフラム21の円筒部211の内周面および圧力導入継手10の接合部112内周面にそれぞれ張り合わされた状態となる。

40

【0043】

次に、これらの部材を電子ビーム溶接機(図示せず)の真空チャンバー内に設置し、このチャンバー内を真空雰囲気にしてから、溶接すべき部位の外周面から内周面方向に向けて電子ビームを照射する。電子ビームは、ダイアフラム21および圧力導入継手10の外周面から円筒状フィラーメタル52内部にまで行き届き、これによって圧力導入継手10の環状の接合面112Aと、ダイアフラム21の円筒部211の一端と円筒状のフィラーメタル52の一部が溶融し、溶融した部位においてはそれぞれの部材の材料成分が互いに拡散し交じり合う。すなわち、ダイアフラム21の材料成分は圧力導入継手10側および円筒状フィラーメタル52側に向かって拡散し、圧力導入継手10の材料成分はダイア

50

フラム 2 1 側および円筒状フィラメタル 5 2 側に向かって拡散し、円筒状のフィラメタル 5 2 の材料成分は圧力導入継手 1 0 側およびダイアフラム 2 1 側に向かって拡散する。

圧力導入継手 1 0、ダイアフラム 2 1 および円筒状のフィラメタル 5 2 を組み合わせた状態で、前記真空チャンパー内で回転移動しながら、それぞれの溶接すべき部位に対し全周に亘り電子ビームを照射する。溶接が完了すると溶接部 5 0 が形成され、圧力導入継手 1 0 とダイアフラム 2 1 とは円筒状のフィラメタル 5 2 を介して一体的に結合される。ここで、溶接部 5 0 から被計測体である流体がリークしないよう、溶接は、完全に漏れなく行い、溶接組織にクラックが生じないようにしなければならない。

【 0 0 4 4 】

そこで、本実施形態では、電子ビームの強さを適宜調整することにより溶接深さ D をコントロールし、この溶接深さ D により円筒状フィラメタル 5 2 の溶融量を適宜調整して、溶接部 5 0 の Ni 含有量を、圧力導入継手 1 0 の Ni 含有量とダイアフラム 2 1 の Ni 含有量との平均値よりも高く設定し、特に 2 0 ~ 3 0 重量%となるよう調整する。これによって、溶接部 5 0 の溶接性が改善される。なお、溶接部 5 0 の Ni 含有量が 3 0 重量%を超える場合、溶接部 5 0 には僅かに高温割れが生じるが、実用上の問題はない。

【 0 0 4 5 】

〔第 2 実施形態の作用効果〕

このように、本発明の第 2 の実施形態に係る圧力センサ 1 によれば、上記 (1) ~ (4) の作用効果に加え、以下の作用効果が期待できる。

(7) ダイアフラム 2 1 の円筒部 2 1 1 の開口端と圧力導入継手 1 0 の接合部 1 1 2 を突き合わせ、溶接する部位に円筒状のフィラメタル 5 2 を関与させて溶接し、溶接部 5 0 の Ni 含有量を、圧力導入継手 1 0 の Ni 含有量とダイアフラム 2 1 の Ni 含有量との平均値よりも高く設定し、特に 2 0 ~ 3 0 重量%とするため、溶接性が改善される。したがって、通常、溶接性が悪く高温割れが生じ易いオーステナイト系ステンレス鋼およびオーステナイト系析出硬化型 Fe - Ni 耐熱鋼においても、溶接部 5 0 の組織をオーステナイトに保持した状態でダイアフラム 2 1 と圧力導入継手 1 0 とを溶接することができる。

【 0 0 4 6 】

(8) 本実施形態では、電子ビームの強さを適宜調整することにより溶接深さ D をコントロールできるため、この溶接深さ D を変化することにより円筒状フィラメタル 5 2 の溶融量を適宜調整し、これにより、溶接部 5 0 の Ni 含有量を適宜調整することができる。したがって、単純な構成で確実な溶接処理が実現できる。

【 0 0 4 7 】

〔変形例〕

なお、本発明は前述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変形、改良等は本発明に含まれるものである。

例えば、前記実施形態では、Ni の添加のために円盤状フィラメタル 5 1、円筒状フィラメタル 5 2 を用いていたが、本発明ではフィラメタルの形状はこれに限らず、他の形状、例えばワイヤー状であってもよい。

【 0 0 4 8 】

また、前記実施形態では、オーステナイト系の析出硬化型 Fe - Ni 耐熱鋼として S U H 6 6 0 鋼を用い、この S U H 6 6 0 鋼は、溶体化処理、さらに時効処理 (7 0 0 以上で 1 6 時間保持後、室温まで徐々に降温する処理) を施してより機械強度を向上させたものであったが、これら熱処理の方法および条件としてはこれに限らず、時効処理の温度および保持時間は、材料に 8 0 0 M P a 以上の引っ張り強度を持たせる処理条件であれば任意であり、また、上記時効処理を第 1 時効処理として、この第 1 時効処理後に更に第 2 時効処理、第 3 時効処理、と時効処理を重ねて、材料の機械強度を更に向上させても良く、第 1 時効処理後の時効処理の回数および条件は任意である。

【 0 0 4 9 】

また、前記実施形態では、ダイアフラム 2 1 のみにオーステナイト系の析出硬化型 Fe

10

20

30

40

50

- Ni 耐熱鋼を使用し、圧力導入継手 10 には安価なオーステナイト系ステンレス鋼を用いる構成を取っていたが、この構成はあくまで圧力センサ 1 を比較的安価に製造するためのものであって、別段、圧力導入継手 10 にオーステナイト系の析出硬化型 Fe - Ni 耐熱鋼を使用できないわけではない。したがって、ダイヤフラム 21 および圧力導入継手 10 の双方にオーステナイト系の析出硬化型 Fe - Ni 耐熱鋼を使用した圧力センサ 1 の場合も、上記実施形態の作用効果を実現できるのはもちろんのこと、高価ではあるがさらに高い強度を確保できる。

【0050】

また、前記実施形態では、ダイヤフラム 21 および圧力導入継手 10 は、それぞれ単一の材料により形成される構成を取っていたが、これに限らない。例えば、それぞれの部材の表面に他の材料を被覆するなどした積層構造であっても良い。

10

【産業上の利用可能性】

【0051】

本発明は、配管内を流通する流体の圧力を計測する圧力センサとして利用でき、特に腐食性の高い酸性ガスや薬液、脆化の原因となる水素ガスなどの流体の圧力も計測することができる。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態にかかる圧力センサの断面を示す正面図。

【図 2】前記実施形態にかかる回路部を示す平面図。

20

【図 3】前記実施形態にかかる溶接部の断面を示す正面図。。

【図 4】ステンレス鋼の溶接に関する問題点を盛り込んだシェフラーの組織図。

【図 5】本発明の第 1 実施形態にかかる溶接部において、Ni 含有量を 18% としたときの溶接部のビードの外観を示す写真。

【図 6】前記実施形態にかかる溶接部において、Ni 含有量を 25% としたときの溶接部のビードの外観を示す写真。

【図 7】前記実施形態にかかる溶接部において、Ni 含有量を 40% としたときの溶接部のビードの外観を示す写真。

【図 8】前記実施形態にかかる溶接部において、Ni 含有量を 56% としたときの溶接部のビードの外観を示す写真。

30

【図 9】前記実施形態にかかる溶接部において、Ni 含有量を 65% としたときの溶接部のビードの外観を示す写真。

【図 10】本発明の第 2 の実施形態にかかる圧力センサの溶接部を示す正面図。

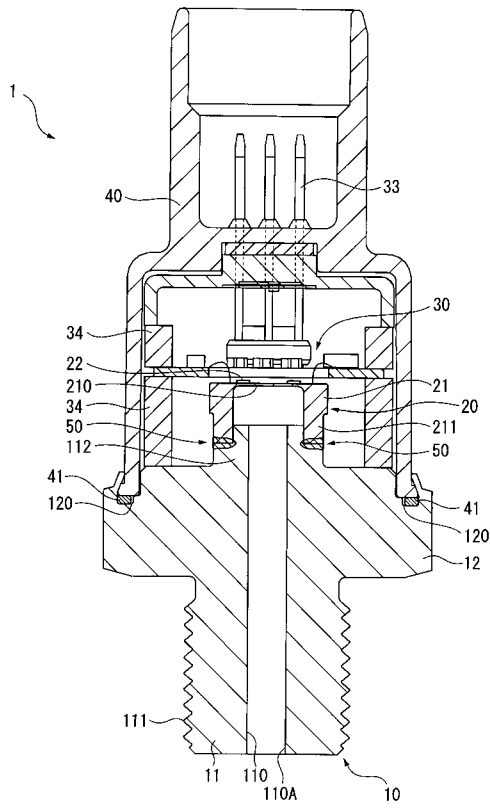
【符号の説明】

【0053】

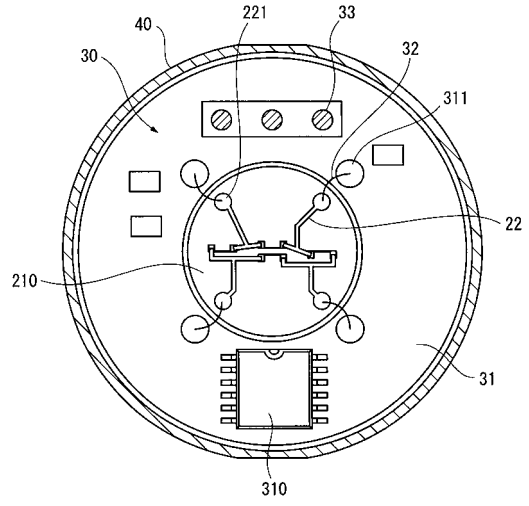
- 1 圧力センサ
- 10 圧力導入継手
- 20 圧力検出素子
- 21 ダイヤフラム
- 22 歪ゲージ
- 30 回路部
- 40 ハウジング
- 50 溶接部
- 51 円盤状フィルーマタル
- 52 円筒状フィルーマタル
- 210 薄肉部
- 211 円筒部
- 220 絶縁層

40

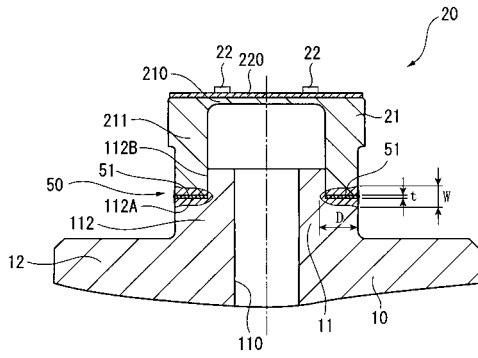
【 図 1 】



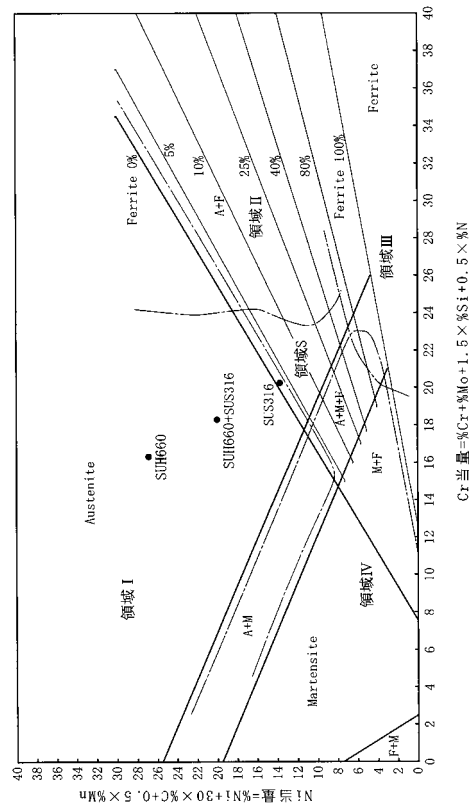
【 図 2 】



【 図 3 】



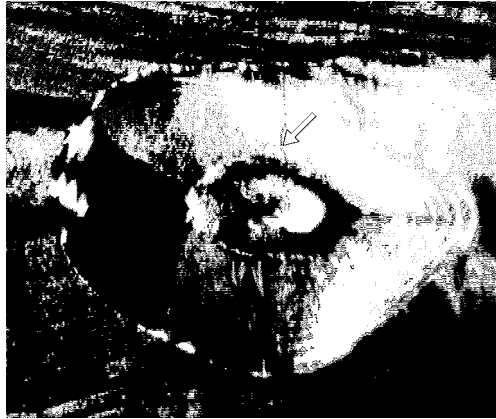
【 図 4 】



【図 5】



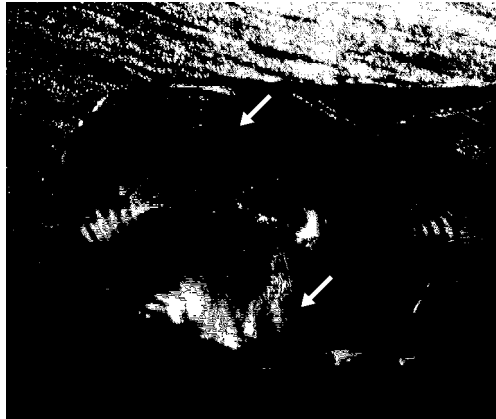
【図 7】



【図 6】



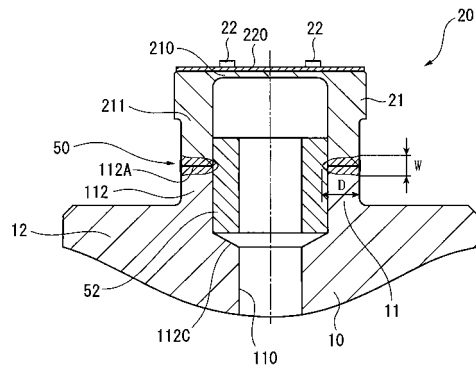
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

- (72)発明者 若林 宏誌
東京都大田区東馬込 1 - 3 0 - 4 長野計器株式会社内
- (72)発明者 横山 崇之
東京都大田区東馬込 1 - 3 0 - 4 長野計器株式会社内

審査官 松浦 久夫

- (56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 2 2 8 5 3 5 (J P , A)
特開平 0 8 - 2 0 1 2 0 0 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)
- | | |
|---------|-----------|
| G 0 1 L | 1 9 / 0 6 |
| G 0 1 L | 9 / 0 0 |
| G 0 1 L | 9 / 0 4 |