

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-29914

(P2010-29914A)

(43) 公開日 平成22年2月12日(2010.2.12)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)
B 2 3 K 35/30 (2006.01)		B 2 3 K 35/30	3 2 O Q
C 2 2 C 19/05 (2006.01)		C 2 2 C 19/05	B
F 0 1 D 25/00 (2006.01)		F 0 1 D 25/00	F
F 0 2 C 7/00 (2006.01)		F 0 1 D 25/00	L
		F 0 2 C 7/00	C
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)			

(21) 出願番号	特願2008-195580 (P2008-195580)	(71) 出願人	000006208
(22) 出願日	平成20年7月30日 (2008.7.30)		三菱重工業株式会社
			東京都港区港南二丁目16番5号
		(74) 代理人	100078499
			弁理士 光石 俊郎
		(74) 代理人	100074480
			弁理士 光石 忠敬
		(74) 代理人	100102945
			弁理士 田中 康幸
		(74) 代理人	100120673
			弁理士 松元 洋
		(72) 発明者	川崎 憲治
			兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号
			三菱重工業株式会社高砂研究所内
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 N i 基合金用溶接材料

(57) 【要約】

【課題】 N i 基合金等に対する溶接性に優れながらも溶接時の高温割れを抑制することができる N i 基合金用溶接材料を提供する。

【解決手段】 C 0 . 0 5 質量%、8 質量% C r 2 . 5 質量%、F e 4 . 0 質量%、W 1 . 5 質量%、5 質量% M o + 1 / 2 (W + R e) 2 . 0 質量%、C o 2 . 0 質量%、0 . 0 1 質量% A l < 2 . 0 質量%、0 . 0 1 質量% T i < 2 . 0 質量%、A l + 1 / 2 T i 3 . 0 質量%、N b + 1 / 2 T a 1 . 5 質量%、B 0 . 0 0 7 質量%、Z r 0 . 0 4 質量%、0 . 0 1 質量% S i 0 . 5 質量%、M n 1 . 0 質量%、P 0 . 0 1 0 質量%、S 0 . 0 0 2 質量%、O 0 . 0 0 5 質量%、残部が N i 及び不可避不純物からなる N i 基合金用溶接材料とした。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

C 0.05 質量%、
 8 質量% Cr 2.5 質量%、
 Fe 4.0 質量%、
 W 1.5 質量%、
 5 質量% Mo + 1/2 (W + Re) 2.0 質量%、
 Co 2.0 質量%
 0.01 質量% Al < 2.0 質量%、
 0.01 質量% Ti < 2.0 質量%、
 Al + 1/2 Ti 3.0 質量%、
 Nb + 1/2 Ta 1.5 質量%、
 B 0.007 質量%、
 Zr 0.04 質量%、
 0.01 質量% Si 0.5 質量%、
 Mn 1.0 質量%、
 P 0.010 質量%、
 S 0.002 質量%、
 O 0.005 質量%、
 残部が Ni 及び不可避不純物からなる
 ことを特徴とする Ni 基合金用溶接材料。

10

20

【請求項 2】

C 0.05 質量%、
 8 質量% Cr 2.5 質量%、
 Fe 4.0 質量%、
 W 1.5 質量%、
 5 質量% Mo + 1/2 (W + Re) 2.0 質量%、
 Co 2.0 質量%
 0.01 質量% Al < 2.0 質量%、
 0.01 質量% Ti < 2.0 質量%、
 Al + 1/2 Ti 3.0 質量%、
 1.5 質量% < Nb 6.5 質量%、
 Nb + 1/2 Ta 6.5 質量%、
 B 0.007 質量%、
 Zr 0.04 質量%、
 0.01 質量% Si 0.5 質量%、
 Mn 1.0 質量%、
 P 0.010 質量%、
 S 0.002 質量%、
 O 0.005 質量%、
 残部が Ni 及び不可避不純物からなる
 ことを特徴とする Ni 基合金用溶接材料。

30

40

【請求項 3】

請求項 2 に記載の Ni 基合金用溶接材料において、
 さらに、
 N 0.03 質量%、
 C + N 0.05 質量%
 であることを特徴とする Ni 基合金用溶接材料。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の Ni 基合金用溶接材料において、

50

さらに、
希土類元素 0.01 質量 %
であることを特徴とする Ni 基合金用溶接材料。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、Ni 基合金に溶接を行う Ni 基合金用溶接材料に関する。

【背景技術】

【0002】

10

例えば、蒸気タービンやガスタービンの高温となるロータにおいては、製造性及び耐熱強度に優れて熱膨張率が小さいフェライト系の 12Cr 鋼が主に用いられている。例えば、図 2 に示すように、12Cr 鋼を用いて溶解・鍛造によって一体的に成形してロータ 210 を製造したり（図 2A 参照）、高温となる本体部 221 を 12Cr 鋼で溶解・鍛造によって成形する一方、軸端部 222 側を低合金鋼で溶解・鍛造によって成形して、上記本体部 221 と上記軸端部 222 とを溶接接合することにより、ロータ 220 を製造したりしている（図 2B 参照）。

【0003】

ところで、近年、例えば、蒸気タービンにおいては、熱効率の向上を図るため、蒸気の温度をさらに高める（650 以上）ことが検討されている。このような 650 以上の高温蒸気を適用すると、12Cr 鋼からなるロータでは十分な耐熱強度を得ることが難しくなってしまう。そこで、例えば、下記特許文献 1 等においては、熱膨張率の小さいオーステナイト系の Ni 基合金をロータに用いることを提案している。

20

【0004】

【特許文献 1】特開 2007-332412 号公報

【特許文献 2】特開平 3-077791 号公報

【特許文献 3】特表 2005-070612 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

30

前述したような特許文献 1 等で提案されている Ni 基合金は、多様な元素成分を含んでいることから、12Cr 鋼等のように、溶解・鍛造によって大型のロータを一体的に成形してしまうと、各種元素成分が均一にならずに偏析してしまう可能性がある。

【0006】

そのため、図 1 に示すように、複数に分割した本体部 111A, 111B を熱膨張率の小さいオーステナイト系の Ni 基合金で溶解・鍛造によってそれぞれ成形する一方、600 程度の軸端部 112 側を比較的低価格な 12Cr 鋼又は低合金鋼で溶解・鍛造によって成形して、上記本体部 111A, 111B と上記軸端部 112 とを溶接接合することにより、ロータ 110 を製造することや（図 1A 参照）、複数に分割した本体部 121A, 121B を Ni 基合金で溶解・鍛造によってそれぞれ成形する一方、軸端部 122 側を低合金鋼で溶解・鍛造によって成形すると共に、中間部 123 を 12Cr 鋼で溶解・鍛造によって成形して、上記本体部 121A, 121B と上記軸端部 122 とを上記中間部 123 を介して溶接接合することにより、ロータ 120 を製造すること（図 1B 参照）が考えられている。

40

【0007】

しかしながら、このような熱膨張率の小さいオーステナイト系の Ni 基合金等を代表的な Ni 基合金の溶接材料（例えば、AWS 規格 A5.14 「ERNiCrMo-3」等）を用いて溶接すると、脆性温度領域（BTR）が大きく（「ERNiCrMo-3」の場合には、200 程度）、溶接時の高温割れを起こしやすくなってしまうおそれがあった。

【0008】

50

このようなことから、本発明は、熱膨張率の小さいオーステナイト系のNi基合金等に対する溶接性に優れながらも溶接時の高温割れを抑制することができるNi基合金用溶接材料を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

前述した課題を解決するための、第一番目の発明に係るNi基合金用溶接材料は、C 0.05質量%、8質量% Cr 2.5質量%、Fe 4.0質量%、W 1.5質量%、5質量% Mo + 1/2 (W + Re) 2.0質量%、Co 2.0質量%、0.01質量% Al < 2.0質量%、0.01質量% Ti < 2.0質量%、Al + 1/2 Ti 3.0質量%、Nb + 1/2 Ta 1.5質量%、B 0.007質量%、Zr 0.04質量%、0.01質量% Si 0.5質量%、Mn 1.0質量%、P 0.010質量%、S 0.002質量%、O 0.005質量%、残部がNi及び不可避不純物からなることを特徴とする。

10

【0010】

また、第二番目の発明に係るNi基合金用溶接材料は、C 0.05質量%、8質量% Cr 2.5質量%、Fe 4.0質量%、W 1.5質量%、5質量% Mo + 1/2 (W + Re) 2.0質量%、Co 2.0質量%、0.01質量% Al < 2.0質量%、0.01質量% Ti < 2.0質量%、Al + 1/2 Ti 3.0質量%、1.5質量% < Nb 6.5質量%、Nb + 1/2 Ta 6.5質量%、B 0.007質量%、Zr 0.04質量%、0.01質量% Si 0.5質量%、Mn 1.0質量%、P 0.010質量%、S 0.002質量%、O 0.005質量%、残部がNi及び不可避不純物からなることを特徴とする。

20

【0011】

第三番目の発明に係るNi基合金用溶接材料は、第二番目の発明において、さらに、N 0.03質量%、C + N 0.05質量%であることを特徴とする。

【0012】

第四番目の発明に係るNi基合金用溶接材料は、第二番目の発明において、さらに、希土類元素 0.01質量%であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

本発明に係るNi基合金用溶接材料によれば、上記組成を有することから、熱膨張率の小さいオーステナイト系のNi基合金等に対する溶接性に優れながらも溶接時の高温割れを抑制することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

本発明に係るNi基合金用溶接材料の実施形態を以下に説明する。なお、各実施形態において、先に説明した実施形態と同一の内容については、その説明を省略する。

【0015】

[第一番目の実施形態]

第一番目の実施形態に係るNi基合金用溶接材料は、C 0.05質量%、8質量% Cr 2.5質量%、Fe 4.0質量%、W 1.5質量%、5質量% Mo + 1/2 (W + Re) 2.0質量%、Co 2.0質量%、0.01質量% Al < 2.0質量%、0.01質量% Ti < 2.0質量%、Al + 1/2 Ti 3.0質量%、Nb + 1/2 Ta 1.5質量%、B 0.007質量%、Zr 0.04質量%、0.01質量% Si 0.5質量%、Mn 1.0質量%、P 0.010質量%、S 0.002質量%、O 0.005質量%、残部がNi及び不可避不純物からなる組成を有するものである。

40

【0016】

C(炭素)は、固溶体を強化して引張強度を増大させる作用がある一方、過剰量になると、炭化物の生成に伴って熱間加工性を低下させてしまうことから、その含有量を0.05質量%以下としている。

50

【 0 0 1 7 】

C r (クロム)は、耐食性を向上させる作用がある一方、過剰量になると、溶接時の高温割れ感受性の増加及び熱膨張率の増加を引き起こしてしまうことから、その含有量を 8 ~ 2 5 質量%としている。

【 0 0 1 8 】

F e (鉄)は、高C r 量の場合に生じるスケールの発生を抑制する作用がある一方、過剰量になると、高温強度の低下及び熱膨張率の増加を引き起こしてしまうことから、その含有量を 4 質量%以下としている。

【 0 0 1 9 】

M o (モリブデン), W (タングステン), R e (レニウム)は、オーステナイト相に固溶し、固溶体を強化して高温強度を増大させると共に、熱膨張率を低下させる作用がある一方、これらの合計が過剰量になると、熱間加工性の低下及び延性の低下を引き起こしてしまうと共に、W が 1 5 質量%を超えると、 α -W が析出して熱間加工性の低下を引き起こしてしまうことから、 $M o + 1 / 2 (W + R e)$ を 5 ~ 2 0 質量%とすると共に、W を 1 5 質量%以下としている。

10

【 0 0 2 0 】

C o (コバルト)は、オーステナイト相に固溶し、固溶体を強化して強度を増大させる作用がある一方、過剰量になると、熱間加工性及び溶接性の低下を引き起こしてしまうことから、その含有量を 2 0 質量%以下としている。

【 0 0 2 1 】

20

A l (アルミニウム), T i (チタン)は、溶接の際の脱酸素剤として作用すると共に、N i と結合して γ' 相を形成して析出強化する作用がある。さらに、T i は、熱膨張率を低下させると共に、 γ' 相の時効析出硬化を促進させる作用がある。しかしながら、A l, T i は、これらの合計が過剰量になると、高温延性が低下して溶接時の高温割れを起こし易くなると共に、それぞれ 2 質量%以上になると、溶接の際に溶融池の表面にスラグが浮上して、溶接金属の表面にスケール被膜となって強固に密着し、融合不良等の原因となって溶接作業性の低下を引き起こしてしまうことから、A l 及び T i をそれぞれ 0 . 0 1 質量%以上 2 . 0 質量%未満とすると共に、 $A l + 1 / 2 T i$ を 3 . 0 質量%以下としている。

【 0 0 2 2 】

30

N b (ニオブ), T a (タンタル)は、炭化物を形成して延性低下割れを抑制する作用があると共に、N i と結合して析出強化相である γ' 相を形成して炭化物と共に高温強度を増加させる作用がある。しかしながら、N b 量が多いと、溶接時の凝固割れを起こし易くなり、T a 量が多いと、延性が低下してしまうことから、 $N b + 1 / 2 T a$ を 1 . 5 質量%以下としている。

【 0 0 2 3 】

B (硼素)は、結晶粒界に偏析して高温強度を高める作用があると共に、熱間加工性を向上させる作用があるだけでなく、T i の多い合金において η 相の析出を抑える作用がある一方、過剰量になると、溶接性が低下してしまうことから、その含有量を 0 . 0 0 7 質量%以下としている。

40

【 0 0 2 4 】

Z r (ジルコニウム)は、結晶粒界に偏析して高温強度を高める作用があると共に、熱間加工性を向上させる作用がある一方、過剰量になると、溶接性が低下してしまうことから、その含有量を 0 . 0 4 質量%以下としている。

【 0 0 2 5 】

S i (珪素)は、溶接の際の脱酸素剤として作用する一方、過剰量になると、溶接時の凝固割れを起こし易くなってしまったことから、その含有量を 0 . 0 1 ~ 0 . 5 質量%としている。

【 0 0 2 6 】

M n (マンガン)は、溶接の際の脱酸素剤として作用すると共に、溶接時の高温割れを

50

引き起こすSを固定して溶接時の高温割れを抑制する脱硫作用を発揮する一方、過剰量になると、溶接の際にスラグの湯流れを悪くして溶接作業性を低下させてしまうことから、その含有量を1.0質量%以下としている。

【0027】

P(リン)は、Niと低融点の共晶体を形成して、溶接時の凝固割れを起こし易くなってしまうため、その含有量が少ないほど好ましいが、過度に低減させようとすると、経済性を損なうことから、その含有量を0.010質量%以下としている。

【0028】

S(硫黄)は、Niと低融点の共晶体を形成して、溶接時の高温割れを起こし易くなってしまう不可避不純物であるため、その含有量が少ないほど好ましいことから、その含有量を0.002質量%以下としている。

10

【0029】

O(酸素)は、溶加材の溶製中に大気から侵入して、溶接金属の結晶粒界に酸化物となって集まり、結晶粒界の高温強度を低下させると共に、溶接時の高温割れ感受性を増加させてしまうため、その含有量を0.005質量%以下とすると望ましい。

【0030】

したがって、本実施形態に係るNi基合金用溶接材料においては、上述したような組成を有することから、熱膨張率の小さいオーステナイト系のNi基合金等に対する溶接性に優れながらも溶接時の高温割れを抑制することができる(具体例は後述する)。

20

【0031】

[第二番目の実施形態]

第二番目の実施形態に係るNi基合金用溶接材料は、C 0.05質量%、8質量% Cr 2.5質量%、Fe 4.0質量%、W 1.5質量%、5質量% Mo + 1/2(W + Re) 2.0質量%、Co 2.0質量%、0.01質量% Al < 2.0質量%、0.01質量% Ti < 2.0質量%、Al + 1/2Ti 3.0質量%、1.5質量% < Nb 6.5質量%、Nb + 1/2Ta 6.5質量%、B 0.007質量%、Zr 0.04質量%、0.01質量% Si 0.5質量%、Mn 1.0質量%、P 0.010質量%、S 0.002質量%、O 0.005質量%、残部がNi及び不可避不純物からなる組成を有するものである。

30

【0032】

つまり、前述した第一番目の実施形態に係るNi基合金用溶接材料においては、Nb及びTaが、「Nb + 1/2Ta 1.5質量%」となる組成を有するものであったが、本実施形態に係るNi基合金用溶接材料においては、Nb及びTaが、「1.5質量% < Nb 6.5質量%」であると共に「Nb + 1/2Ta 6.5質量%」となる組成を有するものとなっているのである。この相違点について以下に説明する。

【0033】

Nb及びTaは、先に説明したように、溶接時の延性低下割れを抑制する作用がある一方、Nb量が多いと、溶接時の凝固割れを起こし易くなってしまう。このため、前述した第一番目の実施形態に係るNi基合金用溶接材料においては、「Nb + 1/2Ta 1.5質量%」とすることにより、溶接時の延性低下割れの大幅な抑制を図るよりも、溶接時の凝固割れの発生を防止するようにしている。

40

【0034】

これに対し、本実施形態に係るNi基合金用溶接材料においては、Nbを1.5質量%よりも多く含有させることにより、溶接時の凝固割れを多少許容しながらも、溶接時の延性低下割れを大幅に抑制するようにしている。このとき、Nb及びTaの合計量が多過ぎてしまうと、形成されるγ'相の体積割合が多くなり過ぎて熱間加工性が著しく低下してしまうと共に、溶接時の凝固割れが許容できない範囲となってしまうことから、「Nb 6.5質量%」とすると共に「Nb + 1/2Ta 6.5質量%」としているのである。

【0035】

したがって、本実施形態に係るNi基合金用溶接材料においては、前述した第一番目の

50

実施形態の場合のように、熱膨張率の小さいオーステナイト系のNi基合金等に対する溶接性に優れながらも溶接時の高温割れを抑制することができる（具体例は後述する）。

【0036】

[第三番目の実施形態]

第三番目の実施形態に係るNi基合金用溶接材料は、前述した第二番目の実施形態に係るNi基合金用溶接材料において、さらに、N 0.03質量%、C + N 0.05質量%からなる組成を有するものである。

【0037】

N（窒素）は、Cと同様に、固溶体を強化して引張強度を増大させる作用があると共に、窒化物を形成して溶接金属部の組織を微細化することにより溶接時の高温割れ感受性を低下させる作用がある一方、過剰量になると、ブローホールの発生や、引張強度の増加に伴う脆化を引き起こしてしまうことから、その含有量を0.03質量%以下とすると共に、Cと合わせた含有量を0.05質量%以下としている。

10

【0038】

したがって、本実施形態に係るNi基合金用溶接材料においては、前述した第二番目の実施形態の場合のように、熱膨張率の小さいオーステナイト系のNi基合金等に対する溶接性に優れながらも溶接時の高温割れを抑制することができる（具体例は後述する）。

【0039】

[第四番目の実施形態]

第四番目の実施形態に係るNi基合金用溶接材料は、前述した第二番目の実施形態に係るNi基合金用溶接材料において、さらに、希土類元素 0.01質量%からなる組成を有するものである。

20

【0040】

La（ランタン）やCe（セリウム）等のような希土類元素（REM）は、脱酸素作用及び脱硫作用が大きいため、粒界強化による熱加工時に発生する割れを抑制できると共に、溶接時の高温割れ感受性を低下させることができる一方、過剰量になると、Niと低融点の共晶体を形成して溶接時の凝固割れを起こし易くなってしまうことから、その含有量を0.01質量%以下としている。

【0041】

したがって、本実施形態に係るNi基合金用溶接材料においては、前述した第二番目の実施形態の場合よりも、溶接時の高温割れをさらに抑制することができる（具体例は後述する）。

30

【実施例】

【0042】

本発明に係るNi基合金用溶接材料の効果を確認するために行った確認試験を以下に説明するが、本発明は以下に説明する確認試験のみに限定されるものではない。

【0043】

[確認試験]

下記の表1，2に示す組成（各値共に質量%）を有するNi基合金用溶接材料の試験体1～4を作製し、トランス・バレストレイン試験法により、脆性温度領域（BTR）を求めた。また、比較のため、代表的なNi基合金の溶接材料（AWS規格 A5.14「ERNiCrMo-3」/比較体）に対しても、トランス・バレストレイン試験法により、脆性温度領域（BTR）を併せて求めた。その結果を下記の表3に示す。

40

【0044】

【表 1】

	C	Cr	Fe	W	Mo	Re	Co	Al	Ti	Nb	Ta	B	Zr
1	0.031	11.9	0.49	2.9	8.1	0.03	0.12	1.62	0.65	0	0	0.003	0.015
2	0.030	12.0	0.50	0	9.7	0	0	1.65	0.66	2.5	0	0.003	0.017
3	0.028	11.9	0.47	6.9	6.0	0.01	0.09	1.64	0.70	2.5	0	0.003	0.031
4	0.030	12.0	0.50	0	9.7	0	0	0.60	1.00	2.5	0	0.003	0.017
比	0.010	20.5	0	0	8.1	---	---	0.16	0.27	3.6	0	---	---

【0045】

10

【表 2】

	Si	Mn	P	S	O	N	REM	Ni
1	0.04	0.05	0.003	0.0004	0.0003	0.0007	---	Bal.
2	0.04	0.05	0.003	0.0005	0.0010	0.0010	---	Bal.
3	0.05	0.05	0.002	0.0006	0.0006	0.0017	---	Bal.
4	0.04	0.05	0.003	0.0005	0.0010	0.0010	0.005	Bal.
比	0.06	0.06	0.005	0.0010	---	---	---	Bal.

【0046】

20

【表 3】

	BTR (°C)
試験体 1	116
試験体 2	137
試験体 3	145
試験体 4	138
比較体	211

【0047】

30

上記表 3 からわかるように、本発明に係る Ni 基合金用溶接材料の試験体 1 ~ 4 は、従来の Ni 基合金用溶接材料の比較体よりも、BTR がすべて低かった。このことから、本発明に係る Ni 基合金用溶接材料は、熱膨張率の小さいオーステナイト系の Ni 基合金等に対する溶接性に優れながらも溶接時の高温割れを抑制できることが確認された。

【産業上の利用可能性】

【0048】

本発明に係る Ni 基合金用溶接材料は、熱膨張率の小さいオーステナイト系の Ni 基合金等に対する溶接性に優れながらも溶接時の高温割れを抑制することができることから、例えば、熱効率の向上を図るために蒸気の温度を高めた（650 以上）蒸気タービンのロータを熱膨張率の小さいオーステナイト系の Ni 基合金等で製造することができるので、産業上、極めて有益に利用することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0049】

【図 1】タービンのロータの本体部に Ni 基合金を用いる場合のロータの材料説明図である。

【図 2】タービンのロータの本体部に 12Cr 鋼を用いる場合のロータの材料説明図である。

【符号の説明】

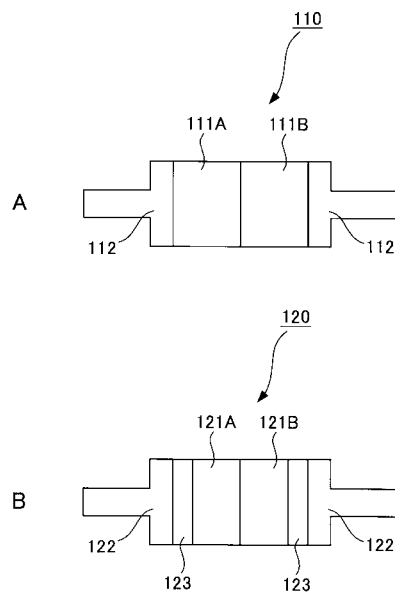
【0050】

110 ロータ

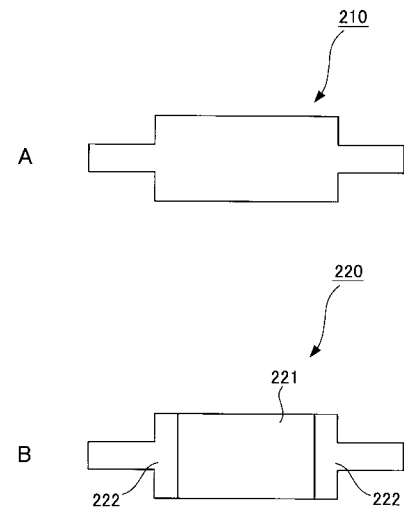
50

1 1 1 A , 1 1 1 B 本体部
 1 1 2 軸端部
 1 2 0 □ー夕
 1 2 1 A , 1 2 1 B 本体部
 1 2 2 軸端部
 1 2 3 中間部

【 図 1 】



【 図 2 】



フロントページの続き

- (72)発明者 山本 隆一
兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社高砂研究所内
- (72)発明者 角屋 好邦
兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社高砂研究所内
- (72)発明者 西本 慎
東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 川口 聖一
兵庫県加古川市北在家 2 7 2 3 番地 株式会社関西技研内