

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4264411号
(P4264411)

(45) 発行日 平成21年5月20日(2009.5.20)

(24) 登録日 平成21年2月20日(2009.2.20)

(51) Int.Cl. F 1
C 2 2 C 14/00 (2006.01) C 2 2 C 14/00 Z

請求項の数 3 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2004-357724 (P2004-357724)	(73) 特許権者	000006655 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号
(22) 出願日	平成16年12月10日(2004.12.10)	(74) 代理人	100107892 弁理士 内藤 俊太
(65) 公開番号	特開2005-320618 (P2005-320618A)	(74) 代理人	100105441 弁理士 田中 久喬
(43) 公開日	平成17年11月17日(2005.11.17)	(72) 発明者	大塚 広明 富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
審査請求日	平成18年9月7日(2006.9.7)	(72) 発明者	藤井 秀樹 富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
(31) 優先権主張番号	特願2004-115560 (P2004-115560)		
(32) 優先日	平成16年4月9日(2004.4.9)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高強度 $\alpha + \beta$ 型チタン合金

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

質量%で、4.4%以上5.5%未満のAl、1.4%以上2.1%未満のFe、1.5以上5.5%未満のMoを含有し、不純物として、Siが0.1%未満、Cが0.01%未満に抑制され、残部Tiおよび不可避免的不純物からなることを特徴とする、高強度 + 型チタン合金。

【請求項2】

前記Feの一部を、0.15%未満のNi、0.25%未満のCr、0.25%未満のMnの1種または2種以上で代替したことを特徴とする、請求項1に記載の高強度 + 型チタン合金。

【請求項3】

さらに、質量%で、0.03%以上0.3%以下のPdないし0.05%以上0.5%以下のRuの1種または2種を含有することを特徴とする、請求項1または請求項2に記載の高強度 + 型チタン合金。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高強度 + 型チタン合金に関する。

【背景技術】

【0002】

チタン合金は、軽量でありながら高強度で耐食性も良好であることから様々な分野に適用されている。中でもTi - 6 Al - 4 Vに代表される + 型チタン合金は、強度、延性、靱性などの機械的性質のバランスに優れ、以前から宇宙・航空分野で広く使われ、近年では自動車部品への適用も進んでいる。しかし、Ti - 6 Al - 4 V系合金では、Vが高価であるため、Vの代替元素として、Feを添加した合金が古くから検討されている。例えば、非特許文献1に記載のTi - 5 Al - 2 . 5 Fe系合金や非特許文献2に記載のTi - 6 Al - 1 . 7 Fe - 0 . 1 Si系合金などが検討されている。

【0003】

また、特許文献1では、熱間加工性および冷間加工性に優れた合金として、質量%でFe : 1 . 4 %以上2 . 1未満、Al : 4 %以上5 . 5 %未満で残部チタンおよび不可避免の不純物からなる + 型チタン合金が開示されている。

10

【0004】

また、特許文献2では、耐熱性に優れたチタン合金として、質量%でAl : 2 ~ 7 %と、V : 2 ~ 12 %またはMo : 1 ~ 7 %とを含有し、さらにSn : 1 ~ 6 %、Zr : 3 ~ 8 %、Fe : 0 . 1 ~ 3 %、Cu : 0 . 1 ~ 3 %の1種または2種を含有し、残部がTiおよび不可避免の不純物からなる + 型チタン合金において、P、As、Sb、Bi、S、Se、Teの1種または2種以上を合計で10 ~ 104 ppm添加したことを特徴とするチタン合金が提案されている。

【0005】

さらに、特許文献3には、熱間加工性に優れた高強度チタン合金として、質量%でAl : 3 ~ 7 %、C : 0 . 08 ~ 0 . 25 %、Mo、V、Cr、Feの1種以上をMo当量で3 ~ 10 %含有する合金が提案されている。

20

【0006】

また、特許文献4には、Al : 3 ~ 7 %、V : 2 . 1 ~ 5 . 0 %、Mo : 0 . 85 ~ 3 . 15 %、Fe : 0 . 85 ~ 3 . 15 %、O : 0 . 06 ~ 0 . 20 %を含有する高強度高靱性 + チタン合金の製造方法が提案されている。

【0007】

さらに、特許文献5には、Al当量が3 ~ 6 . 5 %、全率固溶 安定化元素の少なくとも1種をMo当量で2 . 0 ~ 4 . 5 %と、共析型 安定化元素をFe当量で0 . 3 ~ 2 %含有する高強度コイル冷延チタン合金の製法が提案されている。

30

【0008】

また、特許文献6には、全率固溶型 安定化元素の少なくとも1種をMo当量で2 . 0 ~ 4 . 5 %、共析型 安定化元素の少なくとも1種をFe当量で0 . 3 ~ 2 . 0 %、Al当量が3 ~ 6 . 5 %を含み、さらにSiを0 . 1 ~ 1 . 5 %含有することを特徴とする高強度・高延性 + 型チタン合金が提案されている。

【0009】

【特許文献1】特開平07 - 062474号公報

【特許文献2】特開平03 - 197635号公報

【特許文献3】特開2003 - 201530号公報

【特許文献4】特許第2606023号公報

40

【特許文献5】特開2000 - 273598号公報

【特許文献6】特開2000 - 204425号公報

【非特許文献1】1984年Deutsche Gesellschaft für Metallkunde E.V.発行の「Titanium Science and Technology」1335頁

【非特許文献2】1993年発行の「Advanced Materials & Process」43頁

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、上記非特許文献1に記載のTi - 5 Al - 2 . 5 Fe系合金や非特許文献2に記載のTi - 6 Al - 1 . 7 Fe - 0 . 1 Si系合金は、Ti - 6 Al - 4 V系合

50

金よりも熱間での変形抵抗が若干小さい程度でやや熱間加工性が優れているに過ぎず、また強度も不十分であるという問題がある。

【0011】

また、上記特許文献1に記載の発明の合金は、引張強さが1000MPa未満であり十分な強度を有するとは言えず、熱間加工性および室温延性、冷間加工性においても不十分であるという問題がある。

【0012】

一方、特許文献2に記載の発明は、P、As、Sb、Bi、S、Se、Te等のTiよりも価電子数の大きい元素を微量添加することにより、高温酸化層の成長を抑制するものであるが、これらの添加元素は、強度に関しては、また、熱間加工性および室温延性、冷間加工性についても特に効果が無いという問題がある。

10

【0013】

また、特許文献3に記載の発明は、室温から500レベルの温度域までの強度を高め、熱間加工性に影響を及ぼさない元素として安定化元素のCを添加している。このCの添加は熱間変形抵抗を低下させるものの、室温延性、冷間加工性を阻害してしまうという問題がある。

【0014】

特許文献4に記載の発明は、高価なVを2.1~5.0%含むため、Ti-6Al-4V代替の低コスト合金としては不十分である。また、熱間加工性についてもTi-6Al-4Vと同等であり、さらに優れた加工性の付与が望まれていた。

20

【0015】

特許文献5の請求項2に記載の発明は、Al当量が3~6.5%、全率固溶安定化元素の少なくとも1種をMo当量で2.0~4.5%と、共析型安定化元素をFe当量で0.3~2%含有するチタン合金のコイル冷延チタン合金の製造方法に関するものであるが、同文献第29段落に、具体的な合金組成はTi-(4~5%)Al-(1.5~3%)Mo-(1~2%)V-(0.3~2.0%)Feであることが示されており、同文献記載の発明においてもVの含有が必須であるためコスト高である点、および熱間加工性の点でTi-6Al-4Vと比較して不十分であるという問題が依然残っていた。

【0016】

特許文献6の請求項2に記載の発明は、Al当量が3~6.5%、全率固溶安定化元素の少なくとも1種をMo当量で2.0~4.5%と、共析型安定化元素をFe当量で0.3~2.0%を含み、さらにSiを0.1~1.5%含有するチタン合金に関するものであるが、Siを0.1%以上添加すると、TiとSiの化合物が相と相の界面に析出し、疲労特性や室温延性、冷間加工特性を劣化させる問題があった。

30

【0017】

また、海底油田等の高温、高圧、高耐食の極限環境で使用される用途では、非特許文献1、2、特許文献1~6に記載のいずれの合金でも、その耐食性が不十分な場合があり問題であった。

【0018】

そこで、本発明は、Ti-6Al-4V系合金を凌ぐ室温強度、室温延性および疲労強度を有し、かつ熱間・冷間加工性に優れ、さらには、低コストで、耐食性にも優れた+型チタン合金を提供することを目的とするものである。

40

【課題を解決するための手段】

【0019】

本発明者は、Al、Feを含む+型チタン合金に第3元素を添加し、室温強度、室温延性、熱間加工性および冷間加工性への影響について鋭意調査した。その結果、適量のMoを添加することにより、高強度、高延性でかつ熱間加工性および冷間加工性に優れた+型チタン合金を製造可能なことを見出すにいたった。さらに、本発明のMoを添加した+型チタン合金に第4元素を添加することにより耐食性に優れた+型チタン合金を見出すにいたった。

50

【0020】

本発明はこのような知見に基づくものであり、その要旨とするところは、以下のとおりである。

(1) 質量%で、4.4%以上5.5%未満のAl、1.4%以上2.1%未満のFe、1.5%以上5.5%未満のMoを含有し、不純物として、Siが0.1%未満、Cが0.01%未満に抑制され、残部Tiおよび不可避的不純物からなることを特徴とする、高強度 + 型チタン合金。

(2) 前記Feの一部を、0.15%未満のNi、0.25%未満のCr、0.25%未満のMnの1種または2種以上で代替したことを特徴とする、上記(1)に記載の高強度 + 型チタン合金。

(3) さらに、質量%で、0.03%以上0.3%以下のPdないし0.05%以上0.5%以下のRuの1種または2種を含有することを特徴とする、上記(1)または(2)に記載の高強度 + 型チタン合金。

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、Ti-6Al-4V系合金を凌ぐ強度、延性と疲労強度を有し、熱間加工性および冷間加工性に優れ、製造しやすい、低コストの + 型チタン合金を提供することが可能になり、産業上の貢献が極めて顕著である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

チタンまたはチタン合金の強度を高める方法として、まずは侵入型固溶元素のN、C、O等を添加する方法がある。また、安定化元素のAl、Sn、共析型安定化元素のFe、Ni、Cr、Mn、全率固溶型安定化元素のV、Mo等の置換型固溶元素を添加する方法がある。Alは相中の強度を上昇させ、およそ7%まで固溶可能で十分な固溶強化が期待できる元素であり、一方、Feは相中の強度を上昇させ安価で固溶強化能が高い元素である。したがって、AlとFeを含む + 型合金は、Ti-6Al-4V系合金と同等の強度および疲労強度を有する合金となり得る。しかし、Ti-Al-Fe3系の + 型チタン合金においてさらに高強度の材料を得ようとしてAl、Feの添加量を増加すると、室温延性、熱間加工性および冷間加工性が低下してしまう。そこで、本発明者は、Al、Feを含む + 型チタン合金に第3元素を添加し、室温強度、室温延性、熱間加工性および冷間加工性への影響について調査した。その結果、第3添加元素として、Moが強度上昇と加工性向上の両方に効果があることを見出した。

【0023】

以下、本発明について詳しく説明する。

【0024】

本発明の機械的性質の指標は、Ti-6Al-4V系合金の焼鈍材の室温強度および特許文献1記載のチタン合金の室温強度を超える1000MPa以上であること、Ti-6Al-4V系合金の焼鈍材の伸び14%を超える伸びがあること、熱間加工性の指標は、高温高速引張試験において絞り値が80%以上であること、および冷間加工性の指標は限界冷延圧下率が20%以上であることである。

【0025】

Alは、固溶強化能が高い元素であり、添加量を増やすと室温および高温での引張強度が増し疲労強度も上昇する。室温で1000MPa以上の十分な強度を得るためには4.4%以上の添加が必要である。しかし、5.5%以上添加すると、熱間および室温延性、冷間加工性が劣化するため、Alの成分範囲は4.4%以上、5.5%未満とした。室温延性、冷間加工性が悪くなる理由は、Alが積層欠陥エネルギーを上げ、双晶変形を抑制するためである。Alの添加量は5.5%以上になると、双晶変形の抑制が顕著となり、熱間加工性および冷間加工性が低下する。また、Alは相を強化する一方で平滑な局所すべりを誘発するため、その部分で疲労亀裂が発生しやすくなり、疲労特性が劣化する。

【0026】

一方、Feは、安定化置換型固溶元素であり、添加量にしたがって強度が上昇し疲労強度が向上する。安定化元素のAlと同時に固溶することにより、+型の高強度合金が得られる。室温で1000MPa以上の十分な強度を得るためには1.4%以上の添加が必要である。添加量の増加に従い相が増え、これにともなって加工性は向上するが、ある一定量を境に偏析が顕著となることが判明した。Feの偏析は凝固時に生じやすく、その影響は後の加工熱処理等の製造工程では解消できない。数百kg以上の大型鋳塊では2.1%以上添加すると偏析が顕著となるためFeの添加量は2.1%未満とした。

【0027】

Moは、強度の上昇と加工性向上の両方の効果を有する。Moは、安定化置換型固溶元素であり、Feと同様に室温および高温強度、室温延性、疲労強度を向上させ、かつ熱間および冷間加工性を向上させる働きを有する。冷間加工性を向上させるためには、1.5%以上の添加が必要である。一方で、添加量が一定量を超えるとやはり凝固偏析の問題が生じるため、大型鋳塊で凝固偏析が顕著とならない添加量として5.5%未満とした。

【0028】

不純物元素としてのSi、およびCの含有量を特に規定したのは、これらの元素をある量以上含有した場合、室温延性、冷間加工性、熱間加工性に悪影響を与えるためである。室温延性、冷間加工性、熱間加工性に悪影響を与えない含有量を調査した結果、Siは0.1%未満、Cは0.01%未満であれば良いことを見出し、それぞれの上限とした。なお、Si、Cは不可避不純物として含有は避けられないため、実質的含有量の下限としては、通常、Siは0.005%以上、Cは0.0005%以上となる。

【0029】

請求項2に記載の本発明では、請求項1に記載の本発明合金の一部を、0.15%未満のNi、0.25%未満のCr、0.25%未満のMnの1種以上で代替する。これは、Feの一部をFeと同様の働きをする安価な元素で置換するものである。ここで、Ni、Cr、Mnの添加量の上限をそれぞれ0.15%未満、0.25%未満、0.25%未満としたのは、これらの元素は、標記上限値以上添加すると、平衡相である金属間化合物相(Ti_2N 、 $TiCr_2$ 、 $TiMn$)を生成し、疲労強度および室温延性、冷間加工性を劣化させるためである。また、Ni、Cr、Mn、Feの総量は1.4%以上、2.1%未満とする必要がある。これは、1.4%未満であると、室温引張強度が小さくなるためであり、2.1%以上では室温延性が低下し冷間加工性が低下するためである。

【0030】

請求項3に記載の本発明では、0.03%以上0.3%以下のPdないし0.05%以上0.5%以下のRuの1種または2種をさらに添加することとした。貴金属元素をチタン合金に添加するとチタン表面の水素過電圧が低下し、水素の発生が容易になるため耐食性が向上する。本発明の高強度+型チタン合金に添加する貴金属元素の内、比較的安価で少量でも耐食性向上の効果が大きい元素としてはPdとRuが適している。十分な耐食性を得るには、Pdの場合0.03%以上の添加が必要であり、Ruの場合0.05%以上の添加が必要である。一方、Pdは0.3%を超えて、またRuは0.5%を超えて添加しても耐食性向上は飽和し、添加量の増加に応じた耐食性向上は見られなくなる。

【実施例】

【0031】

表1に示す成分のチタン合金をプラズマ溶解し、鋳造して約5kgの鋳塊とした。これらを900に加熱して、直径12mmの線材に圧延し、750で1時間の大気焼鈍を行い、空冷した。この線材から切り出した試験片を用いて室温引張試験、冷延試験、高温高速引張試験、回転曲げ疲労試験を行った。

【0032】

冷間加工性は、試料中にポロシティが発生する限界冷間圧延率により、熱間加工性は、900における高温高速引張試験での絞り値により評価した。また、疲労特性は、繰返し数 1×10^7 回でも破断しなかった強度を疲労強度とした。試験はいずれも大気中で、室温引張試験は、歪速度 $1 \times 10^{-4} s^{-1}$ 、高温高速引張試験は歪速度 $5 s^{-1}$ で行った。ま

10

20

30

40

50

た、冷間圧延は直径180mmのハイスロールを用いて1パス当り5%の圧下率で行った。表2は、表1に示した試料の各種試験結果である。

【0033】

【表1】

No.	合金(数字は質量%)								備考
	Al	Fe	Mo	Ni	Cr	Mn	Si	C	
1	4.6	1.8	5.0	—	—	—	0.05	0.002	本発明1
2	4.6	2.0	4.5	—	—	—	0.04	0.003	本発明1
3	5.0	1.6	4.3	—	—	—	0.04	0.003	本発明1
4	5.0	1.8	3.5	—	—	—	0.05	0.003	本発明1
5	5.0	2.0	3.0	—	—	—	0.03	0.004	本発明1
6	5.2	1.6	3.8	—	—	—	0.04	0.002	本発明1
7	5.2	2.0	2.5	—	—	—	0.05	0.003	本発明1
8	5.0	1.6	—	—	—	—	0.04	0.002	比較例
9	5.0	2.0	—	—	—	—	0.04	0.003	比較例
10	5.3	1.6	—	—	—	—	0.05	0.003	比較例
11	5.0	1.7	3.0	0.13	—	—	0.04	0.005	本発明2
12	5.0	1.7	3.0	—	0.22	—	0.03	0.006	本発明2
13	5.0	1.7	3.0	—	—	0.23	0.04	0.007	本発明2
14	5.0	1.7	3.0	0.18	—	—	0.03	0.013	比較例
15	5.0	1.7	3.0	—	0.27	—	0.05	0.003	比較例
16	5.0	1.7	3.0	—	—	0.28	0.04	0.003	比較例
17	5.2	1.6	4.0	0.11	0.15	0.15	0.05	0.003	本発明2
18	5.2	1.6	4.0	0.10	0.16	0.14	0.08	0.002	本発明2
19	5.2	1.6	4.0	0.13	0.23	0.24	0.07	0.004	比較例
20	5.2	1.0	4.0	0.10	0.10	0.10	0.07	0.005	比較例
21	5.0	1.8	3.5	—	—	—	0.13	0.012	比較例
22	5.0	2.0	3.0	—	—	—	0.22	0.013	比較例
23	5.2	1.6	4.0	0.11	0.15	0.15	0.50	0.011	比較例
24	5.0	2.0	3.0	—	—	—	1.0	0.014	比較例

10

20

30

【0034】

【表 2】

No.	室温引張試験引張強さ (MPa)	伸び (%)	室温疲労強度 (MPa)	限界冷延圧下率 (%)	高温高速引張試験絞り値 (%)
1	1032	20	538	25	85
2	1035	21	535	25	85
3	1028	19	531	20	80
4	1024	18	526	20	80
5	1026	18	529	<u>10</u>	80
6	1023	17	527	20	80
7	1022	17	524	20	80
8	<u>971</u>	<u>14</u>	<u>515</u>	20	80
9	<u>979</u>	<u>13</u>	520	<u>15</u>	<u>75</u>
10	<u>975</u>	<u>13</u>	<u>515</u>	<u>15</u>	<u>75</u>
11	1017	16	522	20	80
12	1016	16	521	20	80
13	1018	16	523	20	80
14	1017	<u>13</u>	523	<u>15</u>	<u>75</u>
15	1017	<u>14</u>	522	<u>15</u>	<u>75</u>
16	1018	<u>13</u>	524	<u>15</u>	<u>75</u>
17	1025	17	526	25	85
18	1026	17	527	25	85
19	1024	<u>12</u>	525	<u>15</u>	<u>75</u>
20	<u>998</u>	16	<u>514</u>	20	80
21	1026	<u>14</u>	524	<u>19</u>	<u>75</u>
22	1028	<u>11</u>	529	<u>16</u>	<u>75</u>
23	1031	<u>12</u>	535	<u>17</u>	<u>75</u>
24	1025	<u>13</u>	<u>510</u>	<u>10</u>	<u>70</u>

10

20

【0035】

試料No. 8～10は、特許文献1に記載のAlとFeのみを含む + チタン合金と同等のものである。これらの合金の引張強さは1000MPa未満であり、強度として不十分であった。一方、Moを適量添加したNo. 1～7の合金は引張強さ1000MPa以上であり、伸び17%以上、室温疲労強度525MPa以上、限界冷延圧下率20%以上、高温高速引張試験における絞り値80%以上であり、十分な強度と優れた加工性を有している。

30

【0036】

試料No. 11～13は、Feの一部を適量のNi、Cr、Mnのいずれかで置き換えたものである。これらの合金も十分な強度、室温延性と優れた加工性を有している。一方、Ni、Cr、Mnの量が適量を超えたNo. 14～16は限界冷延圧下率が15%、高温高速引張試験における絞り値が75%となって、伸び、冷間加工性、熱間加工性ともに低下した。

40

【0037】

試料No. 17、18は、Feの一部を適量のNi、Cr、Mnの複合添加で置き換えたものである。これらの合金も十分な強度、伸びと優れた加工性を有している。一方、Fe、Ni、Cr、Mnの合計質量が適量を超えたNo. 19は伸びが13%と低く、限界冷延圧下率が15%、高温高速引張試験における絞り値が75%となって、冷間加工性、熱間加工性ともに低下した。また、Fe、Ni、Cr、Mnの合計質量が適量に満たないNo. 20は、引張強さが1000MPaに達しなかった。

【0038】

50

試料No. 21、22、23、24は、本発明の試料No. 4、5、17にSiを0.1%以上添加した合金である。これらはいずれも伸びが14%以下、限界冷延圧下率も15%、高温高速引張試験における絞り値も80%未満と低かった。

【0039】

表1の試料No. 5、12に示す組成のチタン合金にそれぞれ、PdとRuを添加した合金をプラズマ溶解し、鑄造して約5kgの鑄塊とした。これらを900に加熱して、熱間圧延により約4mm厚の板を作製し、750で1時間の大気焼鈍を行い、空冷した。この焼鈍板から20mm×20mmの小試験片を切り出し、両表面を研磨した後、5%の硫酸沸騰水溶液および5%塩酸沸騰水溶液に48時間浸漬し、腐食速度(mm/年)を測定した。

10

【0040】

本試験結果を表3に合金組成とともに示す。

【0041】

【表3】

No.	合金(数字は質量%)										5% H_2SO_4 沸騰 腐食速度	5% HCl 沸騰 腐食速度
	Al	Fe	Mo	Ni	Cr	Mn	Si	C	Pd	Ru		
5	5.0	2.0	3.0	—	—	—	0.03	0.004	—	—	31mm/年	4.0mm/年
25	5.0	2.0	3.0	—	—	—	0.03	0.004	0.01	—	9mm/年	0.95mm/年
26	5.0	2.0	3.0	—	—	—	0.03	0.004	0.2	—	0.32mm/年	0.22mm/年
27	5.0	2.0	3.0	—	—	—	0.03	0.004	—	0.03	8mm/年	0.89mm/年
28	5.0	2.0	3.0	—	—	—	0.03	0.004	—	0.3	0.29mm/年	0.19mm/年
29	5.0	2.0	3.0	—	—	—	0.03	0.004	0.08	0.12	0.30mm/年	0.18mm/年
12	5.0	1.7	3.0	0.22	—	—	0.03	0.006	—	—	35mm/年	4.4mm/年
30	5.0	1.7	3.0	0.22	—	—	0.03	0.006	0.1	—	0.33mm/年	0.21mm/年

20

【0042】

試料No. 25、26は、試料No. 5にPdをそれぞれ0.01%、0.2%添加した合金である。5%硫酸沸騰水溶液中および5%塩酸沸騰水溶液中の腐食速度は、Pdの添加量にしたがって大きく減少している。0.2%のPdを含有したNo. 26では両溶液中の腐食速度はいずれも1mm/年未満であり、海底油田等の極限環境で使用される用途に対しても十分な耐食性を有している。0.01%のPdを含有したNo. 25でも、Pdをまったく添加しないNo. 5よりも腐食速度はいずれも減少したが、不十分であった。

30

【0043】

試料No. 27、28は、試料No. 5にRuをそれぞれ0.03%、0.3%添加した合金である。5%硫酸沸騰水溶液中および5%塩酸沸騰水溶液中の腐食速度は、Ruの添加量にしたがって大きく減少している。0.3%のRuを含有したNo. 28では両溶液中の腐食速度はいずれも1mm/年未満であり、極限環境で使用される用途に対しても十分な耐食性を有している。0.03%のRuを含有したNo. 27では、Ruをまったく添加しないNo. 5よりも腐食速度はいずれも減少したが、不十分であった。試料No. 29は、試料No. 5にPdとRuをそれぞれ0.08%、0.12%添加した合金である。5%硫酸沸騰水溶液中および5%塩酸沸騰水溶液中の腐食速度は、いずれも1mm/年未満であり、極限環境で使用される用途に対しても十分な耐食性を有している。

40

【0044】

試料No. 30は、試料No. 12にPdを0.1%添加した合金である。5%硫酸沸騰水溶液中および5%塩酸沸騰水溶液中の腐食速度は、No. 12に比べ大きく減少し、1mm/年未満となって、十分な耐食性を示している。

【産業上の利用可能性】

【0045】

本発明の + 型チタン合金は、従来のTi-6Al-4V系合金、およびTi-Al

50

- F e系合金よりも十分高い室温強度、室温延性、疲労強度を有し、かつ熱間・冷間加工性に優れたチタン合金を製造可能であることから、自動車エンジンのコンロッドや、バルブなどの自動車部品材料として利用することが可能である。また、P dやR uを適量添加することによって、十分な耐食性を有し、海底油田等の極限環境で使用される用途にも利用可能である。

フロントページの続き

(72)発明者 石井 満男
東京都千代田区大手町2 - 6 - 3 新日本製鐵株式会社内

審査官 河野 一夫

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)
C 2 2 C 1 / 0 0 - 4 9 / 1 4