

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第6990527号

(P6990527)

(45)発行日 令和4年2月3日(2022.2.3)

(24)登録日 令和3年12月8日(2021.12.8)

(51)国際特許分類

F I

C 2 2 C 21/02 (2006.01)

C 2 2 C 21/02

C 2 2 F 1/043(2006.01)

C 2 2 F 1/043

F 1 6 C 7/02 (2006.01)

F 1 6 C 7/02

B 2 1 J 1/04 (2006.01)

B 2 1 J 1/04

B 2 1 J 5/00 (2006.01)

B 2 1 J 5/00

D

請求項の数 10 (全13頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2017-101481(P2017-101481)

(22)出願日 平成29年5月23日(2017.5.23)

(65)公開番号 特開2018-197366(P2018-197366

A)

(43)公開日 平成30年12月13日(2018.12.13)

審査請求日 令和2年1月14日(2020.1.14)

(73)特許権者 000002004

昭和電工株式会社

東京都港区芝大門1丁目13番9号

(74)代理人 100109911

弁理士 清水 義仁

(74)代理人 100071168

弁理士 清水 久義

(74)代理人 100099885

弁理士 高田 健市

(74)代理人 100194467

弁理士 杉浦 健文

(73)特許権者 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(74)代理人 100109911

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 アルミニウム合金材

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

Si : 13質量% ~ 15質量%、Cu : 4.2質量% ~ 4.8質量%、Mg : 0.4質量% ~ 0.6質量%、Fe : 0.4質量% ~ 0.6質量%、Ni : 0.2質量% ~ 0.8質量%、P : 0.005質量% ~ 0.015質量%含み、残部がAlと不可避不純物からなる組成を有することを特徴とするアルミニウム合金材。

## 【請求項2】

Mn : 0.01質量% ~ 0.50質量%、Ti : 0.01質量% ~ 0.30質量%、およびZr : 0.01質量% ~ 0.30質量%のうちいずれか1種以上の成分を含む請求項1に記載のアルミニウム合金材。

## 【請求項3】

請求項1または2に記載のアルミニウム合金材によって構成されていることを特徴とする車両用コネクティングロッド。

## 【請求項4】

Si : 13質量% ~ 15質量%、Cu : 4.2質量% ~ 4.8質量%、Mg : 0.4質量% ~ 0.6質量%、Fe : 0.4質量% ~ 0.6質量%、Ni : 0.2質量% ~ 0.8質量%、P : 0.005質量% ~ 0.015質量%含み、残部がAlと不可避不純物からなる組成を有するアルミニウム合金溶湯を鑄造して鑄造材を作製し、その鑄造材を基にアルミニウム合金材を製造するようにしたことを特徴とするアルミニウム合金材の製造方法。

## 【請求項 5】

前記アルミニウム合金溶湯は、Mn：0.01質量%～0.50質量%、Ti：0.01質量%～0.30質量%、およびZr：0.01質量%～0.30質量%のうちいずれか1種以上の成分を含む請求項4に記載のアルミニウム合金材の製造方法。

## 【請求項 6】

前記鋳造材に対し、均質化処理を施した後、鍛造を行ってアルミニウム合金材を製造するようにした請求項4または5に記載のアルミニウム合金材の製造方法。

## 【請求項 7】

前記鋳造材に対し、押出加工を行って押出材を作製し、その押出材に対し、均質化処理を施した後、鍛造を行ってアルミニウム合金材を製造するようにした請求項4または5に記載のアルミニウム合金材の製造方法。

10

## 【請求項 8】

前記鋳造材に対し、均質化処理を施した後、鍛造を行って鍛造材を作製し、その鍛造材に対し、溶体化処理、水焼き入れ処理および人工時効処理を施して、アルミニウム合金材を製造するようにした請求項4または5に記載のアルミニウム合金材の製造方法。

## 【請求項 9】

前記鋳造材に対し、均質化処理を施した後、鍛造を行って鍛造材を作製し、その鍛造材に対し、溶体化処理、水焼き入れ処理および人工時効処理を施した後、ショットピーニング処理を施して、アルミニウム合金材を製造するようにした請求項4または5に記載のアルミニウム合金材の製造方法。

20

## 【請求項 10】

請求項4～9のいずれか1項に記載の製造方法によって製造されたアルミニウム合金材を用いて車両用コネクティングロッドを製造するようにしたことを特徴とする車両用コネクティングロッドの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

この発明は、例えば自動車用エンジン部品に代表されるピストンおよびクランク間の連結棒であるコネクティングロッド（以下「コンロッド」とも称す）として好適に用いられるアルミニウム合金材およびその関連技術に関するものである。

30

## 【背景技術】

## 【0002】

近年の自動車業界においては燃費の向上が強く求められており、それに伴って自動車に使用される各種部材例えば、内燃機関のピストンや、コンロッド等の軽量化および高機能化の要求が益々高まってきている。

## 【0003】

このような自動車用の各種部材については、従来の鉄鋼材料や鋳鉄材料に代えて、重量に対する強度の比である比強度が高いアルミニウム合金材を使用する傾向が高くなり、中でも特に上記自動車用の各種部材に代表されるような、高温雰囲気下の過酷な環境でも耐え得る部材として、高温高強度を有するAl-Si系合金等のアルミニウム合金によって構成される鍛造材が注目されるようになっている。

40

## 【0004】

この種のアルミニウム合金製鍛造材を製造するにあたっては、例えば特許文献1に記載されるように、所定の成分組成のアルミニウム合金溶湯をアトマイズ法等により急冷凝固した粉末に対し、熱間押出加工を行い、得られた押出材を型鍛造して所定の製品形状とすることが一般に行われている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

50

【文献】特開平 2 - 2 7 7 7 5 1 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、上記特許文献 1 に示す従来のアルミニウム合金製鍛造材の製造方法のように、アルミニウム合金製のアトマイズ粉末の押出材を鍛造素材として熱間鍛造した場合、変形抵抗が高いため、金型寿命が低下するおそれがある。

【0007】

そこで金型寿命の低下を避けるために、アルミニウム合金製のアトマイズ粉末の押出材を用いずに、従来の一般的な鑄造材を鍛造素材として型鍛造によりコンロッドを成形する方法を選択する場合がある。しかしながらこの方法を選択した場合、コンロッドの使用環境下である 150 の高温下における特性、特に疲労強度等の強度や低熱膨張率化がアトマイズ粉末の押出材を用いる場合よりも低いという課題があった。

10

【0008】

この発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、アトマイズ粉末の押出材を用いることなく、高温環境等の過酷な使用環境下であっても、高い強度および低い熱膨張率等の所望の特性を備えたアルミニウム合金材およびその関連技術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】

上記課題を解決するため、本発明は、以下の手段を備えるものである。

20

【0010】

[1] Si : 1.3 質量% ~ 1.5 質量%、Cu : 2.0 質量% ~ 6.0 質量%、Mg : 0.2 質量% ~ 1.5 質量%、Fe : 0.4 質量% ~ 0.8 質量%、Ni : 0.2 質量% ~ 0.8 質量%、P : 0.005 質量% ~ 0.015 質量% 含み、残部が Al と不可避不純物からなる組成を有することを特徴とするアルミニウム合金材。

【0011】

[2] Cu : 4.2 質量% ~ 4.8 質量%、Mg : 0.4 質量% ~ 0.6 質量%、Fe : 0.4 質量% ~ 0.6 質量% 含む前項 1 に記載のアルミニウム合金材。

【0012】

[3] Mn : 0.01 質量% ~ 0.50 質量%、Ti : 0.01 質量% ~ 0.30 質量%、および Zr : 0.01 質量% ~ 0.30 質量% のうちいずれか 1 種以上の成分を含む前項 1 または 2 に記載のアルミニウム合金材。

30

【0013】

[4] 前項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のアルミニウム合金材によって構成されていることを特徴とする車両用コネクティングロッド。

【0014】

[5] Si : 1.3 質量% ~ 1.5 質量%、Cu : 2.0 質量% ~ 6.0 質量%、Mg : 0.2 質量% ~ 1.5 質量%、Fe : 0.4 質量% ~ 0.8 質量%、Ni : 0.2 質量% ~ 0.8 質量%、P : 0.005 質量% ~ 0.015 質量% 含み、残部が Al と不可避不純物からなる組成を有するアルミニウム合金溶湯を鑄造して鑄造材を作製し、その鑄造材を基にアルミニウム合金材を製造するようにしたことを特徴とするアルミニウム合金材の製造方法。

40

【0015】

[6] 前記アルミニウム合金溶湯は、Cu : 4.2 質量% ~ 4.8 質量%、Mg : 0.4 質量% ~ 0.6 質量%、Fe : 0.4 質量% ~ 0.6 質量% 含む前項 5 に記載のアルミニウム合金材の製造方法。

【0016】

[7] 前記アルミニウム合金溶湯は、Mn : 0.01 質量% ~ 0.50 質量%、Ti : 0.01 質量% ~ 0.30 質量%、および Zr : 0.01 質量% ~ 0.30 質量% のうちいずれか 1 種以上の成分を含む前項 5 または 6 に記載のアルミニウム合金材の製造方法。

50

## 【 0 0 1 7 】

[ 8 ] 前記鑄造材に対し、均質化処理を施した後、鍛造を行ってアルミニウム合金材を製造するようにした前項 5 ~ 7 のいずれか 1 項に記載のアルミニウム合金材の製造方法。

## 【 0 0 1 8 】

[ 9 ] 前記鑄造材に対し、押出加工を行って押出材を作製し、その押出材に対し、均質化処理を施した後、鍛造を行ってアルミニウム合金材を製造するようにした前項 5 ~ 7 のいずれか 1 項に記載のアルミニウム合金材の製造方法。

## 【 0 0 1 9 】

[ 1 0 ] 前記鑄造材に対し、均質化処理を施した後、鍛造を行って鍛造材を作製し、その鍛造材に対し、溶体化処理、水焼き入れ処理および人工時効処理を施して、アルミニウム合金材を製造するようにした前項 5 ~ 7 のいずれか 1 項に記載のアルミニウム合金材の製造方法。

10

## 【 0 0 2 0 】

[ 1 1 ] 前記鑄造材に対し、均質化処理を施した後、鍛造を行って鍛造材を作製し、その鍛造材に対し、溶体化処理、水焼き入れ処理および人工時効処理を施した後、ショットピーニング処理を施して、アルミニウム合金材を製造するようにした前項 5 ~ 7 のいずれか 1 項に記載のアルミニウム合金材の製造方法。

## 【 0 0 2 1 】

[ 1 2 ] 前項 5 ~ 1 1 のいずれか 1 項に記載の製造方法によって製造されたアルミニウム合金材を用いて車両用コネクティングロッドを製造するようにしたことを特徴とする車両用コネクティングロッドの製造方法。

20

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 2 2 】

発明 [ 1 ] ~ [ 3 ] のアルミニウム合金材によれば、特定の合金組成を有しているため、高温環境下であっても、十分な強度および低い熱膨張率を備えている。

## 【 0 0 2 3 】

発明 [ 4 ] の車両用コネクティングロッドによれば、特定の合金組成を有しているため、高温環境下であっても、十分な強度および低い熱膨張率を備えている。

## 【 0 0 2 4 】

発明 [ 5 ] ~ [ 1 1 ] のアルミニウム合金材の製造方法によれば、高温環境下であっても、十分な強度および低い熱膨張率を備えたアルミニウム合金材を製造することができる。

30

## 【 0 0 2 5 】

発明 [ 1 2 ] の車両用コネクティングロッドの製造方法によれば、高温環境下であっても、十分な強度および低い熱膨張率を備えた車両用コネクティングロッドを製造することができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 2 6 】

【 図 1 】 図 1 はこの発明の実施形態である自動車用コネクティングロッドの製造プロセスの一例を示すフローチャートである。

【 図 2 】 図 2 は実施例のアルミニウム合金材の製造方法に基づく鑄造材を示す斜視図である。

40

【 図 3 】 図 3 は実施例のアルミニウム合金材の製造方法に基づく鍛造材を示す斜視図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 2 7 】

この発明の実施形態である自動車用コンロッドは、所定のアルミニウム合金材によって構成されている。なお本実施形態において、添加量（含有量）としての「 % 」は、「質量 % 」の意味で用いられている。

## 【 0 0 2 8 】

本実施形態におけるコンロッドとしてのアルミニウム合金材は、Si : 1 3 % ~ 1 5 %、

50

Cu : 4 . 2 % ~ 4 . 8 %、Mg : 0 . 4 % ~ 0 . 6 %、Fe : 0 . 4 % ~ 0 . 6 %、Ni : 0 . 2 % ~ 0 . 8 %、P : 0 . 0 0 5 % ~ 0 . 0 1 5 % 含み、残部がAlと不可避不純物からなる組成を備えている。

【 0 0 2 9 】

本実施形態においてアルミニウム合金材の各組成成分（添加元素）の添加量（含有量）とその効果は以下の通りである。

【 0 0 3 0 】

Siの添加量は13%~15%である。Siは高温強度を向上させる効果および熱膨張を低下させる効果を有している。この効果はSiが13%未満では表れ難く、13%以上で特に顕著に表れる。Siが15%を超えると鍛造加工性が低下し、さらに初晶Siの晶出が多く室温での伸びが低下して、またAlより固い初晶Siの存在によって切削加工の切削刃が欠けるおそれがある。よってSiは13%~15%とする必要があり、好ましくは13.5%~14.5%とするのが望ましい。

10

【 0 0 3 1 】

Cuの添加量は4.2%~4.8%である。Cuは高温強度、とりわけコンロッドの実用温度域である150℃における強度を向上させる効果を有している。この効果はCuの析出によるもので、人工時効を施すことで上記効果を得ることができる。またNiと同時添加することで、Al-Ni-Cu系化合物として晶出し分散強化を得て高温強度が一層向上する効果がある。この双方の効果は、Cuが4.2%未満では表れ難く、4.2%以上で顕著に表れる。また4.8%を超えると、上記効果が顕著に表れ難くなり、また比重が増すことによって比強度が向上しなくなるおそれがある。よってCuは4.2%~4.8%とする必要があり、より好ましくは4.4%~4.6%とするのが望ましい。

20

【 0 0 3 2 】

Mgの添加量は0.4%~0.6%である。Mgは高温強度を向上させる効果がある。Mgは連続 casting 時に固溶し、人工時効時にSiやCuと化合物を形成し析出することで、コンロッドの実用温度域である150℃での強度を向上させる効果がある。この効果はMgが0.4%未満では表れ難く、0.4%以上で顕著に表れる。また0.6%を超えると上記効果が顕著に表れなくなる。よってMgは0.4%~0.6%とする必要があり、より好ましくは0.45%~0.55%にするのが望ましい。

【 0 0 3 3 】

Feの添加量は0.4%~0.6%である。FeはSiと同時添加することでAl-Fe-Si系化合物を晶出して分散強化に寄与し、コンロッドの実用温度域での強度を向上させる効果がある。この効果はFeが0.4%未満では表れ難く、0.4%以上で顕著に表れる。また0.6%を超えると粗大化した化合物が晶出し、延性の低下をもたらすおそれがある。よってFeは0.4%~0.6%とする必要があり、より好ましくは0.45%~0.55%とするのが望ましい。

30

【 0 0 3 4 】

Niの添加量は0.2%~0.8%である。Niは高温強度を向上させる効果および熱伝導率を低下させる効果を有している。NiはCuと同時添加することで、Al-Cu-Ni系化合物を晶出させ、分散強化にて目的温度域での強度を向上させる効果がある。この効果はNiが0.2%未満では表れ難く、0.2%以上で顕著に表れる。また0.8%を超えると粗大晶出物が晶出し、延性が低下するおそれがある。よってNiは0.2~0.8%とする必要があり、より好ましくは0.3~0.7%とするのが望ましい。

40

【 0 0 3 5 】

Pの添加量は0.005%~0.015%である。PはAlP化合物を形成して初晶Siの核となり、初晶Siの微細化および均一分散に寄与する効果がある。この効果はPが0.005%未満では表れ難く、0.005%以上で顕著に表れる。また0.015%を超えると湯流れ性が低下し casting が難しくなるおそれがある。よってPは0.005%~0.015%とする必要があり、より好ましくは、0.007%~0.013%とするのが望ましい。

50

## 【0036】

Mnは0.01～0.5%の範囲で添加するのが好ましい。すなわちMnはSiと同時に添加することでAl-Mn-Si系化合物を晶出して分散強化に寄与し、また溶体化処理時に一部がAl母相に固溶し人工時効処理時に微細析出物として析出し、コンロッドの実用温度域での疲労強度向上に寄与する。この効果はMnが0.01%未満では表れ難く、0.01%以上で顕著に表れる。また0.5%を超えるとAl母相より先に晶出され粗大晶出物がとなり、延性低下をもたらすおそれがある。よってMnを添加する場合、0.01%～0.5%とするのが良く、より好ましくは0.1～0.3%とするのが望ましい。

## 【0037】

Tiは0.01%～0.3%の範囲で添加するのが好ましい。すなわちTiは微細添加することで casting 時にAl母相中に固溶し、人工時効処理時に濃化してマトリクス強化につながり、コンロッドの実用温度域での疲労強度向上に寄与する。この効果はTiが0.01%未満では表れ難く、0.01%以上で顕著に表れる。また0.3%を超えると、Tiを含む化合物が粗大に晶出し、延性低下をもたらすおそれがある。よってTiを添加する場合、0.01%～0.3%とするのが良く、より好ましくは0.05%～0.10%とするのが望ましい。

10

## 【0038】

Zrは0.01%～0.3%の範囲で添加するのが好ましい。すなわちZrは微細添加することで casting 時にAl母相中に固溶し、人工時効処理時に濃化してマトリクス強化につながる。また、Tiと同時に添加することで、Al-(Ti、Zr)系として人工時効処理時にL12構造を持つナノスケール析出物を生成し、コンロッドの実用温度域での疲労強度向上に寄与する。この効果はZrが0.01%未満では表れ難く、0.01%以上で顕著に表れる。また0.3%を超えると、Zrを含む化合物が粗大に晶出し、延性低下をもたらすおそれがある。よってZrは0.01%～0.3%とするのが良く、より好ましくは0.05～0.10%とするのが望ましい。

20

## 【0039】

本実施形態においては例えば、周知の方法で溶製することによって、上記の合金組成を有するアルミニウム合金溶湯を作製し、その溶湯を用いて連続 casting して連続 casting 材(ピレット)を作製する。さらにその連続 casting 材に対し、熱処理を行った後、鍛造加工等の塑性加工を行うことによって、本実施形態のコンロッド用の低熱膨張アルミニウム合金材が得られるものである。

30

## 【0040】

次に本実施形態におけるコンロッド用アルミニウム合金材を製造するプロセスの一例について、図1を参照しながら詳細に説明する。

## 【0041】

まず溶製することによって前述のように成分調整されたアルミニウム合金溶湯を作製する。この溶湯を用いて図1に示すように連続 casting を行って連続 casting 材を製作する(ステップS1)。本実施形態において、この連続 casting 材は、鍛造素材用のピレットとして構成されるものであり、例えば直径 30 mm～40 mmの寸法で丸棒状に形成される。

## 【0042】

なお本発明においては、連続 casting によって押出用のピレットを作製し、その押出用ピレットを押出加工して押出材を成形し、その押出材を鍛造素材として用いることも可能である。しかしながら、その場合には押出加工を行う分、製造コストが高くなるため、連続 casting ( casting 工程)で鍛造素材用のピレットを製作の方が有利である。

40

## 【0043】

得られた連続 casting 材は、 casting 時に晶出物の偏析等が起きる場合があるため、その不均一な組織を除去するために、ステップS2に示すように均質化処理を施す。均質化処理においては加熱温度を480～505 とし、処理時間を0.5時間(hr)～6hrとするのが良い。

## 【0044】

50

均質化処理した後、ステップ S 3 に示すように連続鋳造材を所定の長さに切断し、鍛造素材とする。

【 0 0 4 5 】

こうして得られた鍛造素材に対しステップ S 4 に示すように鍛造加工を行って、鍛造材を成形する。この鍛造工程においては、金型温度を 1 0 0 ~ 2 5 0 とし、素材温度を 3 7 0 ~ 4 5 0 とするのが良い。

【 0 0 4 6 】

次にこの鍛造材に対しステップ S 5 に示すように溶体化処理を行う。この溶体化処理においては加熱温度を 4 8 5 ~ 5 1 0 とし、処理時間を 1 . 0 h r ~ 5 . 0 h r とするのが良い。

10

【 0 0 4 7 】

溶体化処理を行った鍛造材に対しステップ S 6 に示すように水焼き入れ処理を行って急冷する。この水焼き入れ処理において水温は 1 0 ~ 8 0 に設定するのが良い。

【 0 0 4 8 】

水焼き入れ処理を行った鍛造材に対しステップ S 7 に示すように人工時効処理を行う。この人工時効処理においては加熱処理温度を 1 6 0 ~ 2 2 0 とし、処理時間を 1 h r ~ 1 8 h r とするのが良い。

【 0 0 4 9 】

人工時効処理を行った後、人工時効処理済みの鍛造材（鍛造 T 6 処理品）に対し機械加工により表面を切削する。その切削後にステップ S 8 に示すように鍛造材に対しショットブラスト処理（ショットピーニング処理）を行う。このショットブラスト処理は、ショットをピーニングすることによって鍛造材の表面近傍に塑性変形を加えて表面に圧縮応力を与えることで疲労強度を向上させるものである。このショットブラスト処理において、ショットメディアのサイズ（砥粒サイズ）は直径 1 m m 以下程度とし、砥粒種は S U S 3 0 4 、アルミナ等、ピーニングガスの圧力は 1 M P a 以下とするのが良い。

20

【 0 0 5 0 】

こうして本実施形態のコンロッド用アルミニウム合金材（鍛造材）が製造される。こうして得られたアルミニウム合金材を用いて製作されたコンロッドにおいては、常温強度、高温強度に優れ、とりわけ鉄部品との接合による低熱膨張性および繰返し荷重が負荷されることに対しての高温下での高い疲労強度を備えており、コンロッドとして高い性能を得ることができる。

30

【 実施例 】

【 0 0 5 1 】

以下、本発明に関連した実施例および実施例と対比する比較例について詳細に説明する。

【 0 0 5 2 】

40

50

【表 1】

供試材	製法	成分組成 質量%									
		Si	Cu	Mg	Fe	Ni	P	Mn	Ti	Zr	Al
実施例1	連鑄	14	4.5	0.5	0.5	0.5	0.01	－	－	－	bal.
実施例2	連鑄	15	4.8	0.6	0.6	0.8	0.01	－	－	－	bal.
実施例3	連鑄	13	4.2	0.4	0.4	0.2	0.01	－	－	－	bal.
実施例4	連鑄	14	4.5	0.5	0.5	0.5	0.01	0.2	－	－	bal.
実施例5	連鑄	14	4.5	0.5	0.5	0.5	0.01	－	0.1	－	bal.
実施例6	連鑄	14	4.5	0.5	0.5	0.5	0.01	－	－	0.1	bal.
実施例7	押出	14	4.5	0.5	0.5	0.5	0.01	－	－	－	bal.
比較例8	連鑄	12.5	4.5	0.5	0.5	0.5	0.01	－	－	－	bal.
比較例9	連鑄	17	4.5	0.5	0.5	0.5	0.01	－	－	－	bal.
比較例10	連鑄	14	3.5	0.5	0.5	0.5	0.01	－	－	－	bal.
比較例11	連鑄	14	5.6	0.5	0.5	0.5	0.01	－	－	－	bal.
比較例12	連鑄	14	4.5	0.3	0.5	0.5	0.01	－	－	－	bal.
比較例13	連鑄	14	4.5	0.8	0.5	0.5	0.01	－	－	－	bal.
比較例14	連鑄	14	4.5	0.5	0.2	0.5	0.01	－	－	－	bal.
比較例15	連鑄	14	4.5	0.5	0.8	0.5	0.01	－	－	－	bal.
比較例16	連鑄	14	4.5	0.5	0.5	0.1	0.01	－	－	－	bal.
比較例17	連鑄	14	4.5	0.5	0.5	1.0	0.01	－	－	－	bal.
比較例18	連鑄	14	4.5	0.5	0.5	1.0	0.01	0.7	－	－	bal.
比較例19	連鑄	14	4.5	0.5	0.5	1.0	0.01	－	0.4	－	bal.
比較例20	連鑄	14	4.5	0.5	0.5	1.0	0.01	－	－	0.4	bal.

## 【0053】

表1は実施例1～7および比較例8～20のアルミニウム合金材（供試材）の組成成分を示す表である。実施例7以外においては、表1に示す組成を有するアルミニウム合金溶湯をそれぞれ溶製し、各アルミニウム合金溶湯を用いて、鑄造径38mmで連続鑄造を行って38mmの実施例7以外の実施例および比較例の連続鑄造材を得た。得られた連続鑄造材を470×7hrにて均質化処理を施し、空冷した。

## 【0054】

また実施例7においては、表1の実施例7に示す組成を有するアルミニウム合金溶湯を溶製し、そのアルミニウム合金溶湯を用いて、鑄造径210mmで連続鑄造を行って210mmの実施例7の押出用ビレットを得た。そのビレットを350に加熱して押出加工して、38mmの実施例7の押出材を得た。得られた押出材を470×7hrにて均質化処理を施し、空冷した。

## 【0055】

空冷した上記連続鑄造材および押出材を長さ(L)=80mmに切断して、図2に示すように実施例および比較例の鍛造素材W1を得た。続いてその鍛造素材W1に対し素材温度420、金型温度180で熱間鍛造を行った。この鍛造においては、連続鑄造材の軸方向と垂直な方向(LT方向)に50%の据込を行い、図3に示すように実施例および比較例の材料特性調査用の鍛造材（据込材）W2とした。

## 【0056】



上記鍛造材を、 $500 \times 3 \text{ hr}$ で加熱して溶体化処理を行った後、 $25$  の水にて水焼き入れを行い、 $170 \times 8 \text{ hr}$ にて人工時効処理を施して、実施例および比較例の溶体化処理済みの鍛造材（鍛造 T 6 処理品）を得た。

【0057】

次に常温引張試験を行うために、実施例および比較例の上記鍛造 T 6 処理品の一部を切り出して、実施例および比較例の常温引張試験片（供試材）を得た。この試験片の形状は J I S 4 号試験片を採用し、各試験片に対し、J I S Z 2 2 4 1 の規定に準拠し引張試験を行い、引張強度を測定した。

【0058】

また高温引張試験を行うために、実施例および比較例の上記鍛造 T 6 処理品を  $150 \times 100 \text{ hr}$  で予備加熱した後、切削加工により一部を切り出して実施例および比較例の高温引張試験片（供試材）を得た。この試験片形状は J I S 4 号試験片を採用し、各試験片に対し J I S Z 2 2 4 1 の規定に準拠し引張試験を行い、引張強度を測定した。

10

【0059】

また高温疲労試験を行うために、実施例および比較例の上記鍛造 T 6 処理品を  $150 \times 100 \text{ hr}$  で予備加熱した後、切削加工により一部を切り出して実施例および比較例の所定の形状の試験片（供試材）を得た。そして各試験片に対し疲労試験を行った。疲労試験は小野式回転曲げ試験機を用いて、各試験片（合金）毎に 8 回ずつ測定し S - N 曲線を得た。得られた S - N 曲線より繰返し数  $10^7$  回における強度を求め、疲労強度とした。

また熱膨張試験を行うために、実施例および比較例の上記鍛造 T 6 処理品から切削加工により一部を切り出して実施例および比較例の所定の形状の試験片（供試材）を得た。そして各試験片に対し熱膨張測定を行った。熱膨張測定は、各試験片に対しリガク製線膨張測定装置（Thermo plus EVO）を用いて、 $30 \sim 150$  の範囲で測定した。

20

【0060】

以上のように測定された常温引張強度、 $150$  引張強度、 $150$  疲労強度および熱膨張率の結果を表 2 に示す。また表 2 においては、各試験による測定結果を基に、常温引張強度、 $150$  引張強度、 $150$  疲労強度および熱膨張率を「（優）」「（良）」「×（不可）」の 3 段階で評価した。この評価にあたって、常温引張強度においては  $431 \text{ MPa}$  以上を「」、 $400 \text{ MPa} \sim 430 \text{ MPa}$  を「」、 $399 \text{ MPa}$  以下を「×」とし、 $150$  引張強度においては  $381 \text{ MPa}$  以上を「」、 $350 \text{ MPa} \sim 380 \text{ MPa}$  を「」、 $349 \text{ MPa}$  以下を「×」とし、 $150$  疲労強度においては  $156 \text{ MPa}$  以上を「」、 $150 \text{ MPa} \sim 155 \text{ MPa}$  を「」、 $149 \text{ MPa}$  以下を「×」とし、熱膨張率においては  $19.4 \times 10^{-6} / \text{K}$  以下を「」、 $19.4 \times 10^{-6} / \text{K}$  超から  $19.9 \times 10^{-6} / \text{K}$  以下を「」、 $20 \times 10^{-6} / \text{K}$  以上を「×」とした。

30

【0061】

40

【表 2】

	常温引張強度 MPa		150℃引張強度 MPa		150℃疲労強度 MPa		熱膨張率 10 <sup>-6</sup> /K	
実施例1	426	○	361	○	158	◎	19.6	○
実施例2	419	○	362	○	159	◎	19.2	◎
実施例3	431	◎	357	○	155	○	19.8	○
実施例4	417	○	364	○	162	◎	19.5	○
実施例5	421	○	359	○	160	◎	19.5	○
実施例6	422	○	355	○	160	◎	19.5	○
実施例7	445	◎	357	○	164	◎	19.5	○
比較例8	442	◎	392	◎	158	◎	20.7	×
比較例9	401	○	368	○	146	×	19.4	◎
比較例10	430	◎	349	×	145	×	19.5	○
比較例11	436	◎	362	○	148	×	19.4	◎
比較例12	415	○	348	×	142	×	19.8	○
比較例13	438	◎	372	○	150	○	20.5	×
比較例14	441	◎	356	○	148	×	20.4	×
比較例15	415	○	348	×	143	×	19.9	○
比較例16	454	◎	374	○	130	×	20.0	×
比較例17	381	×	361	○	128	×	19.6	○
比較例18	387	×	330	×	139	×	19.5	○
比較例19	409	○	342	×	148	×	19.4	◎
比較例20	405	○	338	×	149	×	19.4	◎
評価方法	431～:◎ 400～430:○ ～399:×		381～:◎ 350～380:○ ～349:×		156～:◎ 150～155:○ ～149:×		～19.4:◎ 19.4～19.9:○ 20～:×	

## 【0062】

表2に示す結果から明らかなように、Si、Cu、Mg、Fe、Ni、Mn、Ti、Znの添加量が本発明の特定範囲や好適範囲内に適切に調整した実施例1～7の供試材（試験片）では、常温引張強度、150℃引張強度、150℃疲労強度、低熱膨張率の全てにおいて優れた評価を得ることができた。

## 【0063】

これに対し比較例8、14、16に示すように、低熱膨張化に寄与するSi、Fe、Niの添加量が本発明の特定範囲内よりも少ない供試材では、熱膨張率が高くなっているのが分かる。

また比較例13のように、高熱膨張化に寄与するMgの添加量が本発明の特定範囲内よりも多い供試材では、熱膨張率が高くなっているのが分かる。

## 【0064】

また比較例9の供試材では、Siの添加量が本発明の特定範囲内よりも多いため、初晶Siが多量に晶出し、延性が低く疲労強度が低いことが分かる。

さらに比較例10、12のように、150℃域での強度向上に寄与するCu、Mgの添加量が本発明の特定範囲内よりも少ない供試材では、時効析出による強度向上が少なく、疲労強度が低いことが分かる。

さらに比較例 11 の供試材では、Cu の添加量が本発明の特定範囲内よりも多いため、Al-Cu 系化合物の晶出により延性が低く疲労強度が低いことが分かる。

また比較例 15 の供試材では、Fe の添加量が本発明の特定範囲内よりも多いため、粗大な Al-Fe-Si 系化合物が晶出し、機械的特性が低いことが分かる。

また比較例 16 の供試材では、Ni の添加量が本発明の特定範囲内よりも少ないため、Al-Ni-Cu 系化合物の晶出による分散強化が弱く、疲労強度が低いことが分かる。

さらに比較例 17 の供試材では、Ni の添加量が本発明の特定範囲内よりも多いため、粗大な Al-Ni-Cu 系化合物が晶出し、機械的特性が低いことが分かる。

【0065】

また比較例 18 の供試材では、Mn の添加量が本発明の所定範囲内よりも多いため、粗大な Al-Mn-Si 系化合物が晶出し、機械的特性を低下させていることが分かる。

10

【0066】

さらに比較例 19 の供試材では、Ti を添加量が本発明の所定範囲内よりも多いため、粗大な Ti 系化合物が晶出し、機械的特性を低下させていることが分かる。

【0067】

さらに比較例 20 の供試材では、Zr の添加量が本発明の所定範囲内よりも多いため、粗大な Zr 系化合物が晶出し、機械的特性を低下させていることが分かる。

【0068】

以上のように、本発明の要旨を含む実施例 1～7 の供試材（アルミニウム合金材）においては、常温引張強度、150 引張強度、150 疲労強度および熱膨張率に優れており、高温環境等の過酷な使用環境下であっても、十分な疲労強度および低熱膨張率を備えているため、特に車両用コンロッドとして好適に用いることができる。

20

【0069】

これに対し比較例 8～20 の供試材のように本発明の要旨を逸脱するアルミニウム合金材は、150 引張強度、150 疲労強度および熱膨張率のいずれかの結果が本発明よりも劣り、本発明のアルミニウム合金材は高温環境下での使用に好適であると考えられる。

【産業上の利用可能性】

【0070】

この発明のアルミニウム合金材は、例えば自動車の内燃機関におけるピストンおよびクランク間の連結棒であるコネクティングロッドとして好適に用いることができる。

30

【符号の説明】

【0071】

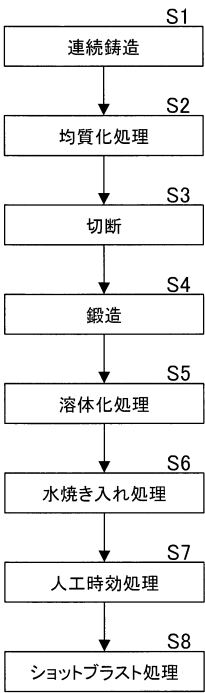
W1：鋳造材（鍛造素材）

W2：鍛造材（据込材）

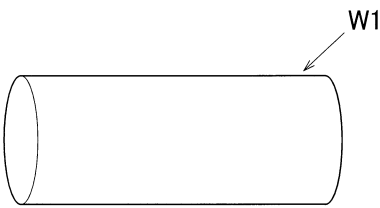
40

50

【図面】  
【図 1】



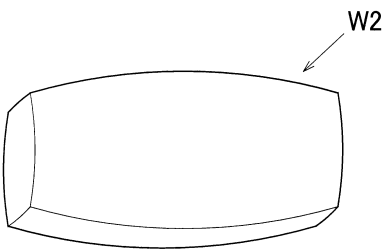
【図 2】



10

20

【図 3】



30

40

50

## フロントページの続き

## (51)国際特許分類

C 2 2 F 1/00 (2006.01)

## F I

C 2 2 F	1/00	6 0 2
C 2 2 F	1/00	6 3 0 A
C 2 2 F	1/00	6 5 0 A
C 2 2 F	1/00	6 5 0 D
C 2 2 F	1/00	6 5 0 E
C 2 2 F	1/00	6 5 1 B
C 2 2 F	1/00	6 8 1
C 2 2 F	1/00	6 8 2
C 2 2 F	1/00	6 9 1 B
C 2 2 F	1/00	6 9 1 C
C 2 2 F	1/00	6 9 4 B
C 2 2 F	1/00	6 9 2 A
C 2 2 F	1/00	6 9 2 B
C 2 2 F	1/00	6 8 5 Z
C 2 2 F	1/00	6 8 3
C 2 2 F	1/00	6 8 4 C

弁理士 清水 義仁

(74)代理人 100071168

弁理士 清水 久義

(74)代理人 100099885

弁理士 高田 健市

(72)発明者 丸山 匠

福島県喜多方市字長内 7 8 4 0 昭和電工株式会社喜多方事業所内

(72)発明者 川上 雅史

埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式会社本田技術研究所内

(72)発明者 小島 孝裕

埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式会社本田技術研究所内

(72)発明者 茂谷 龍太

埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式会社本田技術研究所内

審査官 立木 林

(56)参考文献 特開平 1 1 - 0 6 1 3 1 0 ( J P , A )

特開平 0 6 - 2 9 3 9 3 3 ( J P , A )

特開 2 0 0 8 - 1 2 1 0 5 7 ( J P , A )

特開平 0 8 - 1 7 6 7 1 6 ( J P , A )

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

C 2 2 C 2 1 / 0 0 - 2 1 / 1 8

C 2 2 F 1 / 0 4 - 1 / 0 5 7

F 1 6 C 3 / 0 0 - 9 / 0 6

B 2 1 J 1 / 0 0 - 1 3 / 1 4

B 2 1 J 1 7 / 0 0 - 1 9 / 0 4

B 2 1 K 1 / 0 0 - 3 1 / 0 0