

明 細 書

発明の名称：

表面処理アルミニウム材、その製造方法及びコンプレッサーホイール

技術分野

[0001] 本発明は、表面処理アルミニウム材、その製造方法及びコンプレッサーホイールに関する。

背景技術

[0002] 2000系アルミニウム合金は、アルミニウム合金の中でも高温における強度が比較的高いという特性を活かし、ターボチャージャーのコンプレッサーホイール等の用途に多用されている。また、2000系アルミニウム合金は、半導体製造装置の真空チャンバー内に配置される部品に用いられることもある。

[0003] ところで、アルミニウム材の表面には、表面の保護などの目的で陽極酸化皮膜が設けられることがある。例えば特許文献1には、基板にプラズマ処理を施す基板処理装置用の部品において、前記部品を直流電源の陽極に接続し且つ有機酸を主成分とする溶液中に浸漬する陽極酸化処理によって前記部品の表面に形成された皮膜を備え、前記皮膜には沸騰水を用いた半封孔処理が施されることを特徴とする基板処理装置用の部品が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2008-81815号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、特許文献1の部品は、陽極酸化皮膜の細孔が完全に閉塞されていないため、腐食性ガスやプラズマに対する耐久性が低いという問題がある。

[0006] 一方、特許文献1の部品において、腐食性ガスやプラズマに対する耐久性を高めるためには陽極酸化皮膜の細孔を完全に閉塞する方法が考えられる。

しかし、この場合には、温度が上昇した際に陽極酸化皮膜にクラックが発生しやすくなり、陽極酸化皮膜の小片からなる異物が発生するおそれがある。

[0007] また、例えばコンプレッサーホイールのような、高温環境で使用され、かつ摺動性が求められる用途において、陽極酸化皮膜にクラックが発生すると、耐食性や耐摩耗性の低下を招くおそれがある。このような異物やクラックの発生を抑制するため、表面に陽極酸化皮膜を有するアルミニウム材の耐熱性をより高めることが望まれている。

[0008] 本発明は、かかる背景に鑑みてなされたものであり、腐食性ガスやプラズマに対する耐食性に優れるとともに、温度が上昇した場合においてもクラックの発生を抑制することができる表面処理アルミニウム材、その製造方法及びコンプレッサーホイールを提供しようとするものである。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の一態様は、Cu（銅）の含有量が1.8質量%を超え6.8質量%以下であるアルミニウム合金からなる母材と、前記母材上に形成された保護皮膜と、を有する表面処理アルミニウム材であって、

前記保護皮膜は、アルミニウムの酸化物からなり、前記母材を覆う酸化物層と、

アルミニウムの水和酸化物を含み、前記酸化物層を覆う水和酸化物層と、を有し、

濃度5質量%のNaCl溶液と濃度99.7質量%の酢酸とを前記NaCl溶液：前記酢酸＝1000：1の体積比で混合してなる測定溶液を用いて前記母材及び200℃の温度で4時間加熱した後の前記表面処理アルミニウム材のカソード分極測定を行い、前記母材の水素イオンの拡散限界電流を示す電位領域の中央の電位における電流密度を測定した場合に、前記母材の電流密度J₂に対する前記表面処理アルミニウム材の電流密度J₁の比J₁/J₂が7000×10⁻⁵以下である、表面処理アルミニウム材にある。

[0010] 本発明の他の態様は、前記の態様の表面処理アルミニウム材からなるコンプレッサーホイールにある。

[0011] 本発明のさらに他の態様は、前記の態様の表面処理アルミニウム材の製造方法であって、

前記母材に陽極酸化処理を施すことにより前記母材上に細孔を備えた前記酸化物層を形成し、

その後、前記母材及び前記酸化物層を50℃以上350℃以下の温度で加熱し、

その後、前記酸化物層を封孔剤に接触させて前記酸化物層上に前記水和酸化物層を形成するとともに前記細孔を封孔する、表面処理アルミニウム材の製造方法にある。

発明の効果

[0012] 前記表面処理アルミニウム材（以下、「アルミニウム材」という。）は、母材の表面に、前記酸化物層と前記水和酸化物層とを備えた保護皮膜を有している。また、前記特定の方法で200℃の温度で4時間加熱した後の前記表面処理アルミニウム材及び前記母材のカソード分極測定を行った場合における、前記母材の電流密度 J_2 に対する前記表面処理アルミニウム材の電流密度 J_1 の比 J_1/J_2 が 7000×10^{-5} 以下である。かかる特性を有するアルミニウム材は、腐食性ガスやプラズマに対する耐食性に優れているとともに、優れた耐熱性を有しており、温度が上昇した場合においてもクラックの発生を抑制することができる。

[0013] また、前記コンプレッサーホイールは、前記アルミニウム材から構成されているため、使用中に高温となった場合においても保護皮膜におけるクラックの発生を抑制し、保護皮膜の健全な状態を長期間にわたって維持することができる。そして、このように保護皮膜にクラックが発生しにくくなることにより、長期間にわたって保護皮膜の摩耗を抑制することができる。

[0014] また、前記アルミニウム材の製造方法においては、母材に陽極酸化処理を施した後に、陽極酸化処理によって形成された酸化物層を前記特定の範囲内の温度で加熱する。このように、酸化物層の細孔を封孔する前に酸化物層を加熱することにより、酸化物層の形成時に生じた内部応力を緩和することが

できる。そして、酸化物層の内部応力を緩和した後に酸化物層と封孔剤とを接触させ、酸化物層上に水和酸化物層を形成すると共に細孔を封孔することにより、腐食性ガスやプラズマに対する耐食性を高めるとともに、耐熱性を向上させ、温度が上昇した場合においてもクラックの発生を抑制することができる。

- [0015] 以上のように、前記の態様によれば、腐食性ガスやプラズマに対する耐食性に優れているとともに、優れた耐熱性を有しており、温度が上昇した場合においてもクラックの発生を抑制することができる表面処理アルミニウム材、その製造方法及びコンプレッサーホイールを提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]図1は、実施例における表面処理アルミニウム材の断面図である。
- [図2]図2は、実施例の表面処理アルミニウム材の製造過程において、酸化物層が形成された母材の断面図である。
- [図3]図3は、母材のカソード分極曲線の一例を示す説明図である。
- [図4]図4は、母材のカソード分極曲線における段差部の拡大図である。
- [図5]図5は、参考例における、表面処理アルミニウム材のひずみ量の測定方法を示す説明図である。
- [図6]図6は、参考例における、表面処理アルミニウム材のひずみ量の測定結果を示す説明図である。

発明を実施するための形態

- [0017] (アルミニウム材)

前記アルミニウム材の母材は、Cuの含有量が1.8質量%を超え6.8質量%以下であるアルミニウム合金から構成されている。母材の形状は特に限定されることはなく、アルミニウム材の用途に応じて種々の形状をとり得る。

- [0018] 前記アルミニウム材の母材を構成するアルミニウム合金は、例えば、2000系アルミニウム合金であってもよい。前記アルミニウム材の母材を構成する2000系アルミニウム合金としては、例えば、Cu(銅):1.8質

量%を超え6.8質量%以下を含むとともに、S i (シリコン)、F e (鉄)、M n (マンガン)、M g (マグネシウム)、C r (クロム)、Z n (亜鉛)及びT i (チタン)からなる群より選択される1種または2種以上の元素を任意成分として含み、残部がA l及び不可避免的不純物からなる化学成分を有するアルミニウム合金を使用することができる。

[0019] より具体的には、2000系アルミニウム合金としては、例えば、合金番号AA2011、AA2014、AA2014A、AA2017、AA2017A、AA2218、AA2219、AA2018、AA2025、AA2319、AA2124、AA2036、AA2117、AA2618またはAA2024で表される化学成分を有するアルミニウム合金等を用いることができる。

[0020] 前記母材上には、アルミニウムの酸化物からなり、母材上に積層された酸化物層と、アルミニウムの水和酸化物を含み、酸化物層に積層された水和酸化物層とを含む保護皮膜が設けられている。より具体的には、水和酸化物層は、アルミニウムの水和酸化物から構成されていてもよい。また、水和酸化物層は、水和酸化物と、金属塩とを含んでいてもよい。保護皮膜は、例えば、母材に陽極酸化処理を施し、母材の表面に多数の細孔を備えた酸化物層を形成した後、封孔処理を行い、酸化物層の細孔を水和酸化物層で閉塞することにより得られる。このような保護皮膜は、腐食性ガスやプラズマ等に対する耐食性に優れている。それ故、母材上に前記保護皮膜を形成することにより、前記アルミニウム材の耐食性を高めることができる。

[0021] 保護皮膜の厚みは2 μ m以上であることが好ましい。これにより、アルミニウム材の耐食性をより向上させることができる。耐食性の観点からは保護皮膜の厚みの上限は特に限定されることはなく、保護皮膜の厚みを厚くするほどアルミニウム材の耐食性を向上させることができる。かかる観点からは、保護皮膜の厚みは、5 μ m以上であることがより好ましく、10 μ m以上であることがさらに好ましい。なお、保護皮膜の厚みの製造上の上限は、例えば200 μ mである。保護皮膜におけるクラックの発生を抑制する観点か

らは、保護皮膜の厚みは100 μm 以下であることが好ましい。

[0022] JIS H 8683-2:2013に規定された方法により封孔度試験を行った場合における、前記アルミニウム材の単位面積当たりの質量減少量は0.3 g/dm^2 以下であることが好ましい。かかるアルミニウム材は、酸化物層の細孔が水和酸化物層によって十分に封孔されているため、アルミニウム材の耐食性をより確実に高めることができる。

[0023] なお、封孔度試験の具体的な方法は以下の通りである。まず、リン酸35 mL 及び無水クロム酸20 g を水に溶解させ、1 L の試験液を準備する。次に、アルミニウム材から保護皮膜を含む試験片を採取し、試験片における保護皮膜の面積を測定する。この試験片の表面の汚れを除去した後、試験片の質量を測定する。その後、試験片を38 $^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ の温度に保持された試験液中に15分 ± 5 秒間浸漬する。

[0024] 試験液への試験片の浸漬が完了した後、試験片を流水で洗浄し、さらに脱イオン水または蒸留水で洗浄する。洗浄後の試験片を十分に乾燥させた後、試験片の質量を測定する。

[0025] 以上により得られる、試験片の保護皮膜の面積 A （単位： dm^2 ）、試験液への浸漬前の試験片の質量 m_1 （単位： g ）及び試験液への浸漬後の試験片の質量 m_2 （単位： g ）を用い、下記式（1）に基づいて単位面積当たりの質量減少量 δ_A （単位： g/dm^2 ）を算出することができる。

$$\delta_A = (m_1 - m_2) / A \quad \cdots (1)$$

[0026] 前記表面処理アルミニウム材は、濃度5質量%の NaCl 溶液と濃度99.7質量%の酢酸とを前記 NaCl 溶液：前記酢酸＝1000：1の体積比で混合してなる測定溶液を用いて前記母材及び200 $^{\circ}\text{C}$ の温度で4時間加熱した後の前記表面処理アルミニウム材のカソード分極測定を行い、前記母材の水素イオンの拡散限界電流を示す電位領域の中央の電位における電流密度を測定した場合に、前記母材の電流密度 J_2 に対する前記表面処理アルミニウム材の電流密度 J_1 の比 J_1/J_2 が 7000×10^{-5} 以下となる特性を有している。電流密度の比 J_1/J_2 が前記特定の範囲内であるアルミニウム

材は、温度が上昇した際にクラックが発生しにくい性質を有している。それ故、前記保護皮膜を備え、電流密度の比 J_1 / J_2 が前記特定の範囲内であるアルミニウム材は、耐食性及び耐熱性の両方に優れている。前記アルミニウム材の耐熱性を向上させる観点からは、電流密度の比 J_1 / J_2 に下限はないが、電流密度の比 J_1 / J_2 は、その定義上、必ず0より大きい値となる。

[0027] 前記アルミニウム材は、前述したように、腐食性ガスやプラズマ等に対する耐食性に優れており、温度が上昇した場合においても保護皮膜へのクラックの発生を抑制することができる。それ故、前記アルミニウム材は、加熱調理器具のファンの周囲に設けられるカバー用部材や半導体製造装置用部材等の用途に好適である。また、前記アルミニウム材は、保護皮膜にクラックが発生しにくく、高温においても摩耗しにくいという特性を有する。そのため、前記アルミニウム材は、ターボチャージャーに組み込まれるコンプレッサーホイール等の用途にも好適である。

[0028] (アルミニウム材の製造方法)

前記表面処理アルミニウム材を製造するに当たっては、まず、Cuの含有量が1.8質量%を超え6.8質量%以下であるアルミニウム合金からなる母材を準備する。母材の製造方法は特に限定されることはなく、公知の方法を採用することができる。例えば、母材は、鋳造、圧延及び熱処理を適宜組み合わせた方法により製造されていてもよい。また、母材を製造した後、陽極酸化処理を施すまでの間に、必要に応じて脱脂、酸洗浄及び研磨などの陽極酸化処理の前処理を施してもよい。次に、前記母材に陽極酸化処理を施すことにより前記母材上に細孔を備えた前記酸化物層を形成する。陽極酸化処理においては、母材と対極とを電解液に浸漬した状態で、母材と対極との間に直流電流を流すことにより母材の表面に酸化物層を形成することができる。このようにして形成される酸化物層は、アルミナなどのアルミニウムの酸化物から構成されており、多数の細孔を有している。

[0029] 陽極酸化処理において用いる電解液は、例えば、硫酸やリン酸などの電解

質を含む酸性電解液であってもよく、メタホウ酸ナトリウムなどの電解質を含むアルカリ性電解液であってもよい。陽極酸化処理において用いる電解液は、無機陽イオンと、硫酸イオン、リン酸イオン、アンモニウムイオン及びホウ酸イオンからなる群より選択される1種または2種以上の陰イオンとからなる無機電解質を含むことが好ましい。無機電解質を含む電解液を用いて陽極酸化処理を行うことにより、所望の構造を有する酸化物層をより容易に形成することができる。

- [0030] 陽極酸化処理における直流電流の電流密度は、例えば、 1 mA/cm^2 以上 100 mA/cm^2 以下の範囲から適宜設定することができる。また、陽極酸化処理における電解液の温度は、例えば、 0°C 以上 40°C 以下の範囲から適宜設定することができる。
- [0031] 陽極酸化処理において形成される酸化物層の厚みは、 $2\text{ }\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。酸化物層の厚みを $2\text{ }\mu\text{m}$ 以上とすることにより、封孔後に得られる保護皮膜の厚みを十分に厚くし、耐食性及び耐熱性に優れたアルミニウム材をより容易に得ることができる。
- [0032] 前記製造方法においては、陽極酸化処理を行った後、前記母材及び前記酸化物層を 50°C 以上 350°C 以下の温度で加熱する。陽極酸化処理を行った後、酸化物層の細孔を封孔する前に前記特定の範囲内の温度で酸化物層を加熱することにより、酸化物層の内部応力を緩和することができる。そして、酸化物層の内部応力を緩和した後に細孔を封孔することにより、封孔後の保護皮膜における内部応力を低減することができる。その結果、加熱された際の保護皮膜のクラックの発生を抑制でき、耐熱性に優れたアルミニウム材を得ることができる。
- [0033] 酸化物層の加熱温度が 50°C 未満の場合には、酸化物層の内部応力の緩和が不十分となり、前記アルミニウム材の温度が上昇した際に保護皮膜にクラックが発生しやすくなるおそれがある。一方、酸化物層の加熱温度が 350°C を超える場合には、母材の熱膨張に酸化物層が追従できず、酸化皮膜にクラックが発生するおそれがある。酸化物層の加熱においては、酸化物層の温

度が所望の温度に到達した直後に加熱を終了してもよく、所望の温度に到達した後に、当該温度をある程度の時間保持してもよい。酸化物層の内部応力を十分に緩和し、アルミニウム材の耐熱性をより確実に高める観点からは、酸化物層の加熱を開始してから加熱を終了するまでの加熱時間は1分以上12時間未満であることが好ましい。

[0034] 酸化物層を加熱した後に、酸化物層を封孔剤に接触させる。これにより、前記酸化物層上に前記水和酸化物層を形成するとともに、水和酸化物層によって前記細孔を封孔する。封孔剤としては、例えば、温水等の、アルミニウムの酸化物と反応して水和酸化物を形成可能な物質を使用することができる。温水を用いて封孔処理を行う場合には、酸化物層上に、アルミニウムの水和酸化物からなる水和酸化物層を形成することができる。

[0035] また、封孔剤として、例えば、酢酸ニッケル水溶液、酢酸コバルト水溶液、クロム酸塩水溶液及びケイ酸塩水溶液などの、アルミニウムの酸化物と反応して水和酸化物と金属塩とを形成可能な物質を使用することもできる。このような封孔剤を用いて封孔を行う場合には、酸化物層上に、アルミニウムの水和酸化物と金属塩とを含む水和酸化物層を形成することができる。

[0036] 耐食性及び耐熱性に優れたアルミニウム材をより容易に得る観点からは、封孔剤が温水であることが好ましい。また、温水を用いて酸化物層の細孔を封孔することにより、酸化物層上に金属塩を含まない水和酸化物層を形成することができる。封孔剤として温水を用いる場合には、酸化物層を、封孔剤としての95℃以上の温水に10分以上120分未満接触させることにより酸化物層の細孔を封孔することがより好ましい。

実施例

[0037] (実施例)

前記表面処理アルミニウム材及びその製造方法の実施例を、図1～図2を参照しつつ説明する。本例の表面処理アルミニウム材1は、図1に示すように、アルミニウムまたはCuの含有量が1.8質量%超え6.8質量%以下であるアルミニウム合金からなる母材2と、母材上に形成された保護皮膜3

と、を有している。保護皮膜3は、アルミニウムの酸化物からなり、母材2を覆う酸化物層31と、アルミニウムの水和酸化物を含み、酸化物層31を覆う水和酸化物層32と、を有している。濃度5質量%のNaCl溶液と濃度99.7質量%の酢酸とを前記NaCl溶液：前記酢酸＝1000：1の体積比で混合してなる測定溶液を用いて母材2及び200℃の温度で4時間加熱した後の表面処理アルミニウム材1のカソード分極測定を行い、母材2の水素イオンの拡散限界電流を示す電位領域の中央の電位における電流密度を測定した場合に、母材2の電流密度J2に対する表面処理アルミニウム材1の電流密度J1の比 $J1/J2$ が 7000×10^{-5} 以下である。

[0038] 本例のアルミニウム材1を作製するに当たっては、まず、母材2に陽極酸化処理を施すことにより、図2に示すように母材2上に細孔311を備えた酸化物層31を形成する。その後、母材2及び酸化物層31を50℃以上350℃以下の温度で加熱して酸化物層31の内部応力を緩和する。その後、酸化物層31を封孔剤に接触させ、酸化物層31上に水和酸化物層32を形成するとともに細孔311を封孔することにより、アルミニウム材1を得ることができる。

[0039] 表1に、アルミニウム材1の具体例（試験材A1～A3）を示す。試験材A1～A3の製造方法は、例えば以下の通りである。まず、母材2として、表1に示すいずれかの合金番号で表される化学成分を有し、厚みが1.1mmであるアルミニウム板を準備する。この母材2に陽極酸化処理の前処理を施す。具体的には、前処理として、まず母材2を濃度5質量%、温度55℃の水酸化ナトリウム水溶液に浸漬するアルカリエッチング処理を行う。その後、母材2を濃度30質量%の硝酸に浸漬してデスマット処理を行う。その後、リン酸と硫酸とが体積比でリン酸：硫酸＝7：3の比率で混合された、温度85℃の混合溶液に母材2を浸漬して化学研磨処理を行う。化学研磨処理の後、前述した条件と同様の条件で再びデスマット処理を行う。

[0040] 以上のようにして母材2に前処理を行った後、母材2に陽極酸化処理を行い、母材2の表面に酸化物層31を形成する。陽極酸化処理において用いる

電解液は濃度 15 質量%の硫酸水溶液とし、電解液の温度は 5℃とする。また、陽極酸化処理における電流密度は 10 mA/cm^2 とし、処理時間は 60 分とする。このようにして形成される酸化物層 31 は、いわゆるポーラス型のアルマイト皮膜であり、図 2 に示すように、多数の細孔 311 を有している。なお、前述した条件で陽極酸化処理を行うことにより形成される酸化物層 31 の厚みはおよそ $15 \mu\text{m}$ である。

[0041] 陽極酸化処理を行った後、母材 2 を加熱炉内で加熱し、酸化物層 31 の内部応力を緩和する。加熱炉の設定温度は表 1 の「加熱温度」欄に示した値とし、炉内における母材の滞在時間、つまり、加熱開始から加熱終了までの時間は表 1 の「加熱時間」欄に示した値とする。

[0042] その後、酸化物層 31 を備えた母材 2 を、封孔剤としての温度 100°C の温水に 60 分間浸漬することにより、酸化物層 31 上にアルミニウムの水和酸化物からなる水和酸化物層 32 を形成するとともに、水和酸化物層 32 によって酸化物層 31 の細孔 311 を封孔する。以上により、表 1 に示す試験材 A1～A3 を得ることができる。なお、このような条件で酸化物層 31 の細孔 311 を封孔する場合、JIS H 8683-2:2013 に規定された方法により封孔度試験を行った場合における、アルミニウム材 1 の単位面積当たりの質量減少量は 0.3 g/dm^2 以下となる。

[0043] なお、表 1 に示す試験材 B1～B2 は、試験材 A1～A3 との比較のための試験材である。試験材 B1～B2 の製造方法は、母材 2 上に酸化物層 31 を形成した後に、酸化物層 31 を加熱せずに封孔剤と接触させる点以外は試験材 A1～A3 の製造方法と同様である。

[0044] 次に、試験材 A1～A3 及び試験材 B1～B2 のカソード分極測定の方法を説明する。

[0045] [カソード分極測定]

以下の方法により母材及び 200°C の温度で 4 時間加熱した試験材のカソード分極測定を行い、これらのカソード分極曲線に基づいて母材の電流密度 J_2 に対する表面処理アルミニウム材の電流密度 J_1 の比 J_1/J_2 を算出

する。まず、試験材を温度200℃に設定したオーブンで4時間加熱する。オーブンから取り出した試験材を室温まで冷却した後、保護皮膜上に評価領域を設定し、試験材の表面における評価領域以外の部分をシリコン樹脂で被覆する。

[0046] 次に、濃度5質量%のNaCl水溶液と濃度99.7%の酢酸とを準備し、NaCl水溶液と酢酸との体積比がNaCl水溶液：酢酸＝1000：1となるようにしてNaCl水溶液に酢酸を添加することにより測定溶液を作製する。この溶液中に、ポテンシostatと電氣的に接続した試験片、対極及び参照電極を浸漬し、30分間静置して測定部の電位を安定させる。なお、測定溶液の脱気は行わない。また、参照電極としては、例えば、Ag/AgCl電極を使用することができる。

[0047] 測定部の電位が安定した後、ポテンシostatを用いて試験片と対極との間に電圧を印加し、測定部の電位が参照電極に対して-2000mVに達するまで、20mV/分の掃引速度で測定部の電位を掃引する。この時に測定部に流れる電流密度を測定することにより、加熱後の試験材のカソード分極曲線を取得する。また、前述した方法で陽極酸化処理の前処理を行った後の母材を用いて同様の測定を行うことにより、母材のカソード分極曲線を取得する。なお、試験材及び母材のカソード分極測定は、いずれも大気雰囲気中において、測定溶液の温度を25℃に維持した状態で実施される。また、試験材及び母材のカソード分極測定は、測定溶液の攪拌を行わず、測定溶液が実質的に流動していない状態で実施される。

[0048] 図3に、母材のカソード分極曲線の一例として、合金番号A6016で表される化学成分を有するアルミニウム合金からなり、保護皮膜を有しないアルミニウム材のカソード分極曲線を示す。図3の縦軸は測定部の電位（単位：V）であり、横軸は電流密度（単位： $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ ）である。また、図3の横軸の目盛りは対数目盛である。図3に示すように、保護皮膜を有しないアルミニウム材のカソード分極曲線は階段状の形状を示す。

[0049] カソード分極測定において、電流が水素イオンの拡散によって律速される

状態に近づくと、測定部の電位の変化に対して電流の変化が小さくなる。従って、図3に示すように電位を縦軸に表し、電流密度を横軸に表したカソード分極曲線においては、水素イオンの拡散限界電流を示す電位領域が、カソード分極曲線の段差部における曲線の傾きが急峻な部分に含まれる。

[0050] 図4に、図3におけるカソード分極曲線の段差部の拡大図を示す。図には示さないが、母材のカソード分極曲線も、図3と同様に階段状の形状を示す。それ故、図4に示すカソード分極曲線の段差部の形状に基づいて、水素イオンの拡散限界電流を示す電位領域の中央を決定することができる。母材のカソード分極曲線における水素イオンの拡散限界電流を示す電位領域の決定方法は以下の通りである。まず、図4に示すようにカソード分極曲線の段差部に傾きの絶対値が最も大きくなる接線Lを引く。そして、この接線Lとカソード分極曲線とが重なる領域Rを水素イオンの拡散限界電流を示す電位領域とする。このようにして決定された領域Rの中央における電流密度J2を算出する。また、加熱後の試験材のカソード分極曲線において、母材のカソード分極曲線における前述した電位領域の中央の電位と同一の電位における電流密度J1を算出する。

[0051] 加熱後の試験材のカソード分極曲線に基づいて算出される電流密度J1は、加熱後の試験材における母材と測定溶液との接触面積の指標として用いることができ、電流密度の値が大きいほど母材と測定溶液との接触面積が広いことを示す。従って、母材を用いて算出した電流密度J2に対する、加熱後の試験片を用いて算出した電流密度J1の比率 $J1/J2$ を、加熱による母材の露出面積の増加率の指標として用いることができる。より具体的には、例えば、加熱後の試験材における保護皮膜にクラックなどの欠陥が形成される場合には、クラックによって母材が露出することがある。従って、この場合には、前記電流密度比 $J1/J2$ が大きくなる。表1に、各試験材の電流密度比 $J1/J2$ を示す。

[0052]

[表1]

(表1)

	母材	酸化物層の加熱		電流密度比 J1/J2
		加熱温度(°C)	加熱時間(分)	
試験材A1	AA2024	250	30	6944×10^{-5}
試験材A2	AA2017	250	30	5542×10^{-5}
試験材A3	AA2618	250	30	779×10^{-5}
試験材B1	AA2024	なし		22970×10^{-5}
試験材B2	AA2017	なし		19920×10^{-5}

[0053] 表1に示すように、試験材A1～A3を作製する際には、母材上に酸化物層を形成した後、酸化物層の細孔を封孔する前に酸化物層を前記特定の範囲内の温度で加熱している。そのため、これらの試験材は、前記特定の範囲内の電流密度比J1/J2を有しており、温度が上昇した場合においても保護皮膜へのクラックの発生を抑制することができる。また、これらの試験材の保護皮膜の酸化物層は水和酸化物層によって封孔されているため、腐食性ガスやプラズマ等に対する耐食性に優れている。

[0054] 一方、試験材B1～B2を作製する際には、母材上に酸化物層を形成した後、酸化物層を加熱することなく細孔を封孔している。そのため、これらの試験材の電流密度比J1/J2は前記特定の範囲よりも高くなり、温度が上昇した場合にクラックが発生しやすい。

[0055] (参考例)

本例においては、母材上に保護皮膜を有するアルミニウム材のひずみ量計測の例を説明する。なお、本例において用いる符号のうち、既出の例において用いた符号と同一の符号は、特に説明のない限り既出の例における構成要素等と同様の構成要素等を表す。

[0056] 本例において用いる試験材の作製方法は以下の通りである。まず、母材2として、合金番号AA6016で表される化学成分を有し、厚みが1.1mmであるアルミニウム板を準備する。この母材2に、実施例と同様の方法により陽極酸化処理の前処理を施し、次いで陽極酸化処理を施す。陽極酸化処理を行った後、母材2を加熱炉内で加熱し、酸化物層31の内部応力を緩和

する。加熱炉の設定温度は表2の「加熱温度」欄に示した値とし、炉内における母材の滞在時間、つまり、加熱開始から加熱終了までの時間は表2の「加熱時間」欄に示した値とする。

[0057] その後、酸化物層31を備えた母材2を、封孔剤としての温度100℃の温水に60分間浸漬することにより、酸化物層31上に水和酸化物層32を形成とともに、水和酸化物層32によって酸化物層31の細孔311を封孔する。以上により、表1に示す試験材C1～C2を得ることができる。

[0058] なお、表1に示す試験材D1及び試験材E1は、試験材C1～C2との比較のための試験材である。試験材D1の製造方法は、母材2上に酸化物層31を形成した後に、酸化物層31を加熱せずに封孔剤と接触させる点以外は試験材C1～C2の製造方法と同様である。また、試験材E1は、合金番号AA6016で表される化学成分を有するアルミニウム合金からなる板材である。試験材E1は、合金番号AA6016で表される化学成分を有するアルミニウム合金からなる板材に、前述した方法により陽極酸化処理の前処理を施すことにより得られる。

[0059] 試験材C1～C2及び試験材D1のひずみ量を計測するに当たっては、図5に示すように、アルミニウム材1における保護皮膜3を有する面の背面に母材2を露出させる。そして、露出した母材2にひずみゲージ4を取り付ける。このようにしてひずみゲージ4を取り付けたアルミニウム材1を加熱することにより、母材2及び保護皮膜3の熱膨張によるひずみを計測することができる。なお、図5においては、便宜上、保護皮膜3の構造を簡略化して記載した。

[0060] 図には示さないが、試験材E1のひずみ量を計測するに当たっては、試験材E1の厚み方向における一方の面にひずみゲージを取り付けた後、試験材E1を加熱すればよい。

[0061] 図6に、試験材C1～C2、試験材D1及び試験材E1を200℃の温度に設定した加熱炉を用いて30分間加熱した場合のひずみ量の変化を示す。図6における縦軸はひずみ量であり、横軸は加熱開始からの経過時間である

。加熱を開始した直後の試験材は温度上昇に伴って熱膨張するため、図 6 に示すように、試験を開始した時点から数分が経過するまでの間は急激にひずみ量が増大する。その後、試験材の温度が概ね一定の温度に到達すると、試験材のひずみ量が概ね一定の値となる。

[0062] 表 2 に、試験材を加熱している間のひずみ量の最大値を示す。また、表 2 に、保護皮膜を有する試験材 C 1 ～ C 2 及び試験材 D 1 のひずみ量の最大値から、保護皮膜を有しない試験材 E 1 のひずみ量の最大値を差し引いた値を示す。試験材 C 1 ～ C 2 及び試験材 D 1 のひずみ量と試験材 D のひずみ量との差は、試験中の加熱によって解放された保護皮膜の内部応力の大きさを示しており、両者のひずみ量との差が小さいほど保護皮膜の内部応力が小さいことを意味する。

[0063] [表2]

(表2)

	母材	保護皮膜	酸化物層の加熱		ひずみ量の 最大値	ひずみ量の 差
			加熱温度(℃)	加熱時間(分)		
試験材C1	AA6016	あり	250	60	2298×10^{-6}	-11×10^{-6}
試験材C2	AA6016	あり	250	1	2380×10^{-6}	71×10^{-6}
試験材D1	AA6016	あり	なし		2461×10^{-6}	152×10^{-6}
試験材E1	AA6016	無し	なし		2309×10^{-6}	-

[0064] 表 2 に示すように、試験材の製造過程において、酸化物層の加熱を行った後に水和酸化物層を形成する試験材 C 1 及び試験材 C 2 のひずみ量は、酸化物層の加熱を行わずに水和酸化物層を形成する試験材 D 1 のひずみ量よりも小さくなる。従って、これらの結果から、アルミニウム材の製造過程において、酸化物層を加熱した後に水和酸化物層を形成することにより、保護皮膜の内部応力を緩和し、アルミニウム材の耐熱性を向上可能であることが理解できる。

[0065] 以上、実施例に基づいて本発明に係る表面処理アルミニウム材及びその製造方法の態様を説明したが、本発明に係る表面処理アルミニウム材及びその製造方法の具体的な態様は、実施例の態様に限定されるものではなく、本発明の趣旨を損なわない範囲で適宜構成を変更することができる。

[0066] 例えば、本発明に係る表面処理アルミニウム材は、以下の〔１〕～〔３〕に係る態様を取り得る。

[0067] 〔１〕アルミニウムまたはCuの含有量が１．８質量％を超え６．８質量％以下であるアルミニウム合金からなる母材と、前記母材上に形成された保護皮膜と、を有する表面処理アルミニウム材であって、

前記保護皮膜は、アルミニウムの酸化物からなり、前記母材を覆う酸化物層と、

アルミニウムの水和酸化物を含み、前記酸化物層を覆う水和酸化物層と、を有し、

濃度５質量％のNaCl溶液と濃度９９．７質量％の酢酸とを前記NaCl溶液：前記酢酸＝１０００：１の体積比で混合してなる測定溶液を用いて前記母材及び２００℃の温度で４時間加熱した後の前記表面処理アルミニウム材のカソード分極測定を行い、前記母材の水素イオンの拡散限界電流を示す電位領域の中央の電位における電流密度を測定した場合に、前記母材の電流密度 J_2 に対する前記表面処理アルミニウム材の電流密度 J_1 の比 J_1/J_2 が 7000×10^{-5} 以下である、表面処理アルミニウム材。

[0068] 〔２〕JIS H8683-2：2013に規定された方法により封孔度試験を行った場合における、単位面積当たりの質量減少量が 0.3 g/dm^2 以下である、〔１〕に記載の表面処理アルミニウム材。

[0069] また、本発明に係るコンプレッサーホイールは、以下の〔３〕に係る態様を取り得る。

〔３〕〔１〕または〔２〕に記載の表面処理アルミニウム材からなるコンプレッサーホイール。

[0070] また、本発明に係る表面処理アルミニウム材の製造方法は、以下の〔４〕～〔８〕に示す態様を採り得る。

[0071] 〔４〕〔１〕または〔２〕に記載の表面処理アルミニウム材の製造方法であって、

前記母材に陽極酸化処理を施すことにより前記母材上に細孔を備えた前記

酸化物層を形成し、

その後、前記母材及び前記酸化物層を50℃以上350℃以下の温度で加熱し、

その後、前記酸化物層を封孔剤に接触させて前記酸化物層上に前記水和酸化物層を形成するとともに前記細孔を封孔する、表面処理アルミニウム材の製造方法。

[0072]〔5〕前記加熱における、前記酸化物層の加熱を開始してから加熱を終了するまでの加熱時間が1分以上12時間未満である、〔4〕に記載の表面処理アルミニウム材の製造方法。

〔6〕前記封孔剤が温水である、〔4〕または〔5〕に記載の表面処理アルミニウム材の製造方法。

[0073]〔7〕前記封孔において、前記酸化物層を、前記封孔剤としての100℃以上の温水に10分以上120分未満接触させる、〔4〕～〔6〕のいずれか1つに記載の表面処理アルミニウム材の製造方法。

〔8〕前記陽極酸化処理において用いる電解液が、無機陽イオンと、硫酸イオン、リン酸イオン、アンモニウムイオン及びホウ酸イオンからなる群より選択される1種または2種以上の陰イオンとからなる無機電解質を含む、〔4〕～〔7〕のいずれか1つに記載の表面処理アルミニウム材の製造方法。

請求の範囲

- [請求項1] Cuの含有量が1.8質量%を超え6.8質量%以下であるアルミニウム合金からなる母材と、前記母材上に形成された保護皮膜と、を有する表面処理アルミニウム材であって、
- 前記保護皮膜は、アルミニウムの酸化物からなり、前記母材を覆う酸化物層と、
- アルミニウムの水和酸化物を含み、前記酸化物層を覆う水和酸化物層と、を有し、
- 濃度5質量%のNaCl溶液と濃度99.7質量%の酢酸とを前記NaCl溶液：前記酢酸＝1000：1の体積比で混合してなる測定溶液を用いて前記母材及び200℃の温度で4時間加熱した後の前記表面処理アルミニウム材のカソード分極測定を行い、前記母材の水素イオンの拡散限界電流を示す電位領域の中央の電位における電流密度を測定した場合に、前記母材の電流密度J2に対する前記表面処理アルミニウム材の電流密度J1の比 $J1/J2$ が 7000×10^{-6} 以下である、表面処理アルミニウム材。
- [請求項2] JIS H8683-2：2013に規定された方法により封孔度試験を行った場合における、単位面積当たりの質量減少量が 0.3 g/dm^2 以下である、請求項1に記載の表面処理アルミニウム材。
- [請求項3] 請求項1または2に記載の表面処理アルミニウム材からなるコンプレッサーホイール。
- [請求項4] 請求項1または2に記載の表面処理アルミニウム材の製造方法であって、
- 前記母材に陽極酸化処理を施すことにより前記母材上に細孔を備えた前記酸化物層を形成し、
- その後、前記母材及び前記酸化物層を50℃以上350℃以下の温度で加熱し、
- その後、前記酸化物層を封孔剤に接触させて前記酸化物層上に前記

水和酸化物層を形成するとともに前記細孔を封孔する、表面処理アルミニウム材の製造方法。

[請求項5] 前記加熱における、前記酸化物層の加熱を開始してから加熱を終了するまでの加熱時間が1分以上12時間未満である、請求項4に記載の表面処理アルミニウム材の製造方法。

[請求項6] 前記封孔剤が温水である、請求項4または5に記載の表面処理アルミニウム材の製造方法。

[請求項7] 前記封孔において、前記酸化物層を、前記封孔剤としての95℃以上の温水に10分以上120分未満接触させる、請求項4～6のいずれか1項に記載の表面処理アルミニウム材の製造方法。

[請求項8] 前記陽極酸化処理において用いる電解液が、無機陽イオンと、硫酸イオン、リン酸イオン、アンモニウムイオン及びホウ酸イオンからなる群より選択される1種または2種以上の陰イオンとからなる無機電解質を含む、請求項4～7のいずれか1項に記載の表面処理アルミニウム材の製造方法。