(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7669663号
(P7669663)

(45)発行日　令和7年4月30日(2025.4.30)

(24)登録日　令和7年4月21日(2025.4.21)

(51)国際特許分類		FI		
C22C 21/02 (2006.01)		C22C	21/02	
C22F 1/043(2006.01)		C22F	1/043	
C22F 1/00 (2006.01)		C22F	1/00	602
		C22F	1/00	624
		C22F	1/00	630A

請求項の数　4　（全14頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2020-182091(P2020-182091)
(22)出願日　令和2年10月30日(2020.10.30)
(65)公開番号　特開2022-72574(P2022-72574A)
(43)公開日　令和4年5月17日(2022.5.17)
審査請求日　令和5年4月14日(2023.4.14)

(73)特許権者　000004455
株式会社レゾナック
東京都港区東新橋一丁目９番１号
(74)代理人　100141139
弁理士　及川 周
(74)代理人　100163496
弁理士　荒 則彦
(74)代理人　100134359
弁理士　勝俣 智夫
(74)代理人　100137017
弁理士　眞島 竜一郎
(72)発明者　丸山 匠
福島県喜多方市長内７８４０ 昭和電工株式会社 喜多方事業所内
審査官　川口 由紀子

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　自動車のホイール用アルミニウム合金及び自動車のホイール

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

Ｓｉを８．５質量％以上１０．５質量％以下の範囲内、Ｃｕを０．８質量％以上１．１質量％以下の範囲内、Ｍｇを０．４質量％以上０．６質量％以下の範囲内、Ｍｎを０．３０質量％以上０．６０質量％以下の範囲内、Ｆｅを０．１０質量％以上０．３０質量％以下の範囲内、Ｃｒを０．０１質量％以上０．０３質量％以下の範囲内で含有し、残部がＡｌ及び不可避不純物であって、

Ｃｕを１質量％以上含有し、円相当直径が５μｍを超える晶出物を１１８２μｍ^{2}あたり２個以上含まず、

長さが８μｍ以上のＣｒ含有金属間化合物を１１８２μｍ^{2}あたり２個以上含まず、

円相当直径が１０μｍを超える初晶Ｓｉ粒を４７２６μｍ^{2}あたり２個以上含まないことを特徴とする自動車のホイール用アルミニウム合金。

【請求項２】

共晶Ｓｉ粒の平均粒径が０．５μｍ以上４μｍ以下の範囲内にあって、前記共晶Ｓｉ粒の面積率が８％以上である請求項１に記載の自動車のホイール用アルミニウム合金。

【請求項３】

請求項１または２に記載の自動車のホイール用アルミニウム合金で構成された自動車のホイール。

【請求項４】

鍛造品である請求項３に記載の自動車のホイール。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、自動車のホイール用アルミニウム合金及び自動車のホイールに関する。
【背景技術】
【０００２】
近年の自動車業界における燃費向上の要求から、自動車に使用される各種部材、例えばホイールに対しても軽量化、高機能化が求められている。自動車のホイールの軽量化のため、ホイールの材料は重量に対する強度の比である比強度が大きいことが好ましい。非強度比が大きい自動車ホイールの材料として、アルミニウム合金が利用されている。アルミニウム合金としては、Ａｌ－Ｍｇ系アルミニウム合金やＡｌ－Ｓｉ系アルミニウム合金が用いられている。また、アルミニウム合金を用いた自動車のホイールの製造方法としては、ダイカスト法や鍛造法が利用されている。自動車のホイールの特性を向上させるために、アルミニウム合金に種々の金属元素を添加することやダイカスト法や鍛造法などの製造方法を選択することが行なわれている（特許文献１、２）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【文献】特開２０１７－３９９８６号公報
【文献】特開２０１９－１７３１１１号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
自動車のホイールは、衝撃が加えられたときに破壊しにくいこと、すなわち引張強さや伸びが大きいことが好ましい。また、自動車のホイールは、タイヤのクリップ力を発揮させるために変形しにくいこと、すなわち縦弾性係数（ヤング率）が大きいことが好ましい。さらに、雨水などの水によって腐食しにくいこと、すなわち耐腐食性に優れることが好ましい。しかしながら、引張強さや伸びなどの引張特性と、縦弾性係数と、耐腐食性とをバランスよく向上させることは難しい。例えば、ホイールの引張強さや伸びなどの引張特性を向上させるために特定の金属元素を添加すると、縦弾性係数や耐腐食性などの特性が低下することがある。
【０００５】
この発明は、上述の技術的背景に鑑みてなされたものであって、引張特性、縦弾性係数、耐腐食性が向上した自動車のホイール用アルミニウム合金及び自動車のホイールを提供することを、その目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
前記の目的を達成するために、本発明者は鋭意研究の結果、Ａｌ－Ｓｉ系アルミニウム合金に、Ｃｕ、Ｍｇ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｃｒを特定の量で添加し、かつ粗大なＣｕ含有晶出物、粗大なＣｒ含有金属間化合物、粗大な初晶Ｓｉ粒の混入を抑えることによって、引張特性、縦弾性係数、耐腐食性が向上することを見出して、本発明を完成した。即ち、本発明は以下の手段を提供する。
【０００７】
［１］Ｓｉを８．５質量％以上１０．５質量％以下の範囲内、Ｃｕを０．８質量％以上１．１質量％以下の範囲内、Ｍｇを０．４質量％以上０．６質量％以下の範囲内、Ｍｎを０．３０質量％以上０．６０質量％以下の範囲内、Ｆｅを０．１０質量％以上０．３０質量％以下の範囲内、Ｃｒを０．０１質量％以上０．０３質量％以下の範囲内で含有し、残部がＡｌ及び不可避不純物であって、Ｃｕを１質量％以上含有し、円相当直径が５μｍを超える晶出物を１１８２μｍ^{2}あたり２個以上含まず、長さが８μｍ以上のＣｒ含有金属間化合物を１１８２μｍ^{2}あたり２個以上含まず、円相当直径が１０μｍを超える初晶Ｓｉ

粒を４７２６μｍ^{2}あたり２個以上含まないことを特徴とする自動車のホイール用アルミニウム合金。
【０００８】
［２］共晶Ｓｉ粒の平均粒径が０．５μｍ以上４μｍ以下の範囲内にあって、前記共晶Ｓｉ粒の面積率が８％以上である上記［１］に記載の自動車のホイール用アルミニウム合金。
［３］上記［１］または［２］に記載の自動車のホイール用アルミニウム合金で構成された自動車のホイール。
［４］鍛造品である上記［３］に記載の自動車のホイール。
【発明の効果】
【０００９】
本発明によれば、引張特性、縦弾性係数、耐腐食性が向上した自動車のホイール用アルミニウム合金及び自動車のホイールを提供することが可能となる。
【図面の簡単な説明】
【００１０】
【図１】本発明の一実施形態に係る自動車のホイールの製造方法を示すフロー図である。
【図２】本発明の一実施形態に係る自動車のホイールの製造方法の鋳造工程で得られるアルミニウム合金（鋳造品）の一例を示す斜視図である。
【発明を実施するための形態】
【００１１】
以下、本発明の一実施形態に係る自動車のホイール用アルミニウム合金及び自動車のホイールについて、詳細に説明する。
【００１２】
＜自動車のホイール用アルミニウム合金＞
本実施形態の自動車のホイール用アルミニウム合金は、Ｓｉを８．５質量％以上１０．５質量％以下の範囲内、Ｃｕを０．８質量％以上１．１質量％以下の範囲内、Ｍｇを０．４質量％以上０．６質量％以下の範囲内、Ｍｎを０．３０質量％以上０．６０質量％以下の範囲内、Ｆｅを０．１０質量％以上０．３０質量％以下の範囲内、Ｃｒを０．０１質量％以上０．０３質量％以下の範囲内で含有し、残部がＡｌ及び不可避不純物とされている。また、本実施形態のホイール用アルミニウム合金は、Ｃｕを１質量％以上含有し、円相当直径が５μｍを超える晶出物を、１１８２μｍ^{2}あたり２個以上含まず、長さが８μｍ以上のＣｒ含有金属間化合物を１１８２μｍ^{2}あたり２個以上含まず、円相当直径が１０μｍを超える初晶Ｓｉ粒を４７２６μｍ^{2}あたり２個以上含まないようにされている。また、本実施形態のホイール用アルミニウム合金は、共晶Ｓｉ粒の平均粒径が０．５μｍ以上４μｍ以下の範囲内にあって、共晶Ｓｉ粒の面積率が８％以上であってもよい。また、本実施形態のホイール用アルミニウム合金は、引張強さが３３０ＭＰａ以上３８０ＭＰａ以下の範囲内にあってもよく、伸びは８％以上１２％以下の範囲内にあってもよい。また、本実施形態のホイール用アルミニウム合金は、縦弾性係数が７７ＧＰａ以上であってもよい。また、本実施形態のホイール用アルミニウム合金は、耐腐食性が、液温９０℃の試験溶液に０．２％耐力の７０％の応力を負荷した状態で１０時間浸漬したときの腐食の進展深さとして１mm未満であってもよい。
【００１３】
（Ｓｉ：８．５質量％以上１０．５質量％以下）
Ｓｉ（成分）は、アルミニウム合金の引張強さや縦弾性係数を向上させる作用を有する。ただし、アルミニウム合金にＳｉを過剰に添加すると、粗大な初晶Ｓｉ粒が晶出することにより、アルミニウム合金の伸びが低下するおそれがある。
Ｓｉ含有率が８．５質量％未満になると、Ｓｉによる引張強さや縦弾性係数の向上効果が得られにくくなるおそれがある。一方、Ｓｉ含有率が１０．５質量％を超えると、粗大な初晶Ｓｉ粒が晶出しやすくなるおそれがある。以上の理由から、本実施形態では、Ｓｉ含有率は８．５質量％以上１０．５質量％以下の範囲内とされている。Ｓｉ含有率は、９．０質量％以上１０．０質量％以下の範囲内にあることがより好ましい。

【００１４】
（Ｃｕ：０．８質量％以上１．１質量％以下）
Ｃｕ（成分）は、アルミニウム合金の引張強さを向上させる作用を有する。Ｃｕは、アルミニウム合金中でＧ．Ｐ．ゾーンを形成する。このＧ．Ｐ．ゾーンが中間相となることによって、アルミニウム合金の引張強さの向上に寄与する。
Ｃｕ含有率が０．８質量％未満になると、Ｃｕによる引張強さの向上効果が得られにくくなるおそれがある。一方、Ｃｕ含有率が１．１質量％を超えると、耐腐食性が低下するおそれがある。以上の理由から、本実施形態では、Ｃｕ含有率は０．８質量％以上１．１質量％以下の範囲内とされている。Ｃｕ含有率は、０．９質量％以上１．０質量％以下の範囲内にあることが好ましい。
【００１５】
（Ｍｇ：０．４質量％以上０．６質量％以下）
Ｍｇ（成分）は、Ｃｕと同様にアルミニウム合金の引張強さを向上させる作用を有する。Ｍｇは、アルミニウム合金中でＳｉ やＣｕを含む化合物を形成する。この化合物がＱ相として析出することで、アルミニウム合金の引張強さの向上に寄与する。
Ｍｇ含有率が０．４質量％未満になると、Ｍｇによる引張強さの向上効果が得られにくくなるおそれがある。一方、Ｍｇ含有率が０．６質量％を超えると、Ｍｇによる引張強さの向上効果が低下するおそれがある。このため、本実施形態では、Ｍｇ含有率は、０．４質量％以上０．６質量％以下の範囲内とされている。Ｍｇ含有率は０．４５質量％以上０．５５質量％以下の範囲内にあることが好ましい。
【００１６】
（Ｍｎ：０．３０質量％以上０．６０質量％以下）
Ｍｎ（成分）は、アルミニウム合金の引張強さを向上させる作用を有する。Ｍｎは、アルミニウム合金中でＡｌ－Ｍｎ－Ｓｉ金属間化合物等を含む微細な粒状の晶出物を形成することで、アルミニウム合金の引張強さの向上に寄与する。
Ｍｎ含有率が０．３０質量％未満になると、Ｍｎによる引張強さの向上効果が得られにくくなるおそれがある。一方、Ｍｎ含有率が０．６０質量％を超えると、上記の金属間化合物が粗大な晶出物を形成してアルミニウム合金の引張強さや伸びを低下させるおそれがある。以上の理由から、本実施形態では、Ｍｎ含有率は、０．３０質量％以上０．６０質量％以下の範囲内とされている。Ｍｎ含有率は、０．３５質量％以上０．５５質量％以下の範囲内にあることが好ましい。
【００１７】
（Ｆｅ：０．１０質量％以上０．３０質量％以下）
Ｆｅ（成分）は、アルミニウム合金の引張強さを向上させる作用を有する。Ｆｅは、アルミニウム合金中でＡｌ－Ｆｅ－Ｓｉ金属間化合物、Ａｌ－Ｃｕ－Ｆｅ金属間化合物、Ａｌ－Ｍｎ－Ｆｅ金属間化合物等を含む微細な晶出物として晶出することで、アルミニウム合金の機械的特性の向上に寄与する。
Ｆｅ含有率が０．１０質量％未満になると、Ｆｅによる引張強さの向上効果が得られにくくなるおそれがある。一方、Ｆｅ含有率が０．３０質量％を超えると、上記金属間化合物が粗大な晶出物を形成してアルミニウム合金の引張強さや伸びを低下させるおそれがある。以上の理由から、本実施形態では、Ｆｅ含有率は０．１０質量％以上０．３０質量％以下の範囲内とされている。Ｆｅ含有量は、０．１５質量％以上０．２５質量％以下の範囲内にあることが好ましい。
【００１８】
（Ｃｒ：０．０１質量％以上０．０３質量％以下）
Ｃｒ（成分）は、アルミニウム合金の機械的特性を向上させる作用を有する。Ｃｒは、アルミニウム合金中でＡｌ－Ｆｅ－Ｃｒ金属間化合物等を含む微細なＣｒ含有金属間化合物として晶出することで、アルミニウム合金の機械的特性の向上に寄与する。
Ｃｒ含有量が０．０１質量％未満になると、Ｃｒによる引張強さの向上効果が得られにくくなるおそれがある。一方、Ｃｒ含有量が０．０３質量％を超えると、Ｃｒ含有金属間

化合物が粗大な晶出物を形成してアルミニウム合金の引張強さや伸びを低下させるおそれがある。以上の理由から、本実施形態では、Ｃｒ含有率は０．０１質量％以上０．０３質量％以下の範囲内とされている。Ｃｒ含有量は、０．０１５質量％以上０．０２質量％以下の範囲内にあることが好ましい。

【００１９】

（不可避不純物）

不可避不純物は、アルミニウム合金の原料又は製造工程から不可避的にアルミニウム合金に混入する不純物である。本実施形態のホイール用アルミニウム合金において、Ｚｎ、Ｎｉ、Ｚｒ、Ｔｉの各元素の混入量は、これらの各元素の合計の含有率で０．５質量％を超えないことが好ましい。上記の各元素の合計含有率が０．５質量％を超えると、その各元素がＡｌ母相より先に晶出して、粗大な晶出物を形成することで、アルミニウム合金の延性が小さくなり、引張強さや伸びが低下するおそれがある。

【００２０】

（Ｃｕを１質量％以上含有し、円相当直径が５μｍを超える晶出物：１１８２μｍ^{2}あたり２個以上含まない）

Ｃｕを１質量％以上含有するＣｕ系晶出物の円相当直径が５μｍを超えると、アルミニウム合金の引張強さ及び伸びを低下させるおそれがある。このため、本実施形態では、円相当直径が５μｍを超える粗大なＣｕ系晶出物を、１１８２μｍ^{2}あたり２個以上含まないとされている。１１８２μｍ^{2}あたりの粗大なＣｕ系晶出物の数は１個以下であることが好ましく、粗大なＣｕ系晶出物を含まないことがより好ましい。粗大なＣｕ系晶出物を含まない場合、アルミニウム合金に含まれるＣｕ系晶出物の最大円相当直径は、３μｍ以下であることが好ましく、１μｍ以下であることがより好ましい。

【００２１】

Ｃｕ系晶出物の円相当直径及び個数は、例えば、アルミニウム合金を切断し、その断面の３０．４７μｍ×３８．７９μｍ（＝１１８２μｍ^2）の範囲について、ＦＥ－ＳＥＭ（電界放出形走査電子顕微鏡）／ＥＤＳ（エネルギー分散型Ｘ線分析装置）を用いて観察することによって測定することができる。すなわち、ＥＤＳを用いて元素分析を実施することにより、Ｃｕ系晶出物を検出し、検出されたＣｕ系晶出物の円相当直径及び個数をＳＥＭ画像により計測することによって測定することができる。

【００２２】

（長さが８μｍ以上のＣｒ含有金属間化合物：１１８２μｍ^{2}あたり２個以上含まない）

長さが８μｍ以上のＣｒ含有金属間化合物は、アルミニウム合金の引張強さや伸びを低下させるおそれがある。このため、本実施形態では、長さが８μｍ以上の粗大なＣｒ含有金属間化合物を、１１８２μｍ^{2}あたり２個以上含まないとされている。１１８２μｍ^{2}あたりの粗大なＣｒ含有金属間化合物の数は１個以下であることが好ましく、粗大なＣｒ含有金属間化合物を含まないことがより好ましい。粗大なＣｒ含有金属間化合物を含まない場合、アルミニウム合金に含まれるＣｒ含有金属間化合物の最大長さは、６μｍ以下であることが好ましく、４μｍ以下であることがより好ましい。

Ｃｒ含有金属間化合物の長さ及び個数は、上記のＣｕ系晶出物の場合と同様に、アルミニウム合金の断面の１１８２μｍ^{2}の範囲について、ＦＥ－ＳＥＭ／ＥＤＳを用いて、Ｃｒ含有金属間化合物を検出し、検出されたＣｒ含有金属間化合物の長さ及び個数をＳＥＭ画像により計測することによって測定することができる。

【００２３】

（円相当直径が１０μｍを超える初晶Ｓｉ粒：４７２６μｍ^{2}あたり２個以上含まない）

円相当直径が１０μｍを超える粗大な初晶Ｓｉ粒は、アルミニウム合金の伸びを低下させるおそれがある。このため、本実施形態では、円相当直径が１０μｍを超える粗大な初晶Ｓｉ粒を、４７２６μｍ^{2}あたり２個以上含まないとされている。粗大な初晶Ｓｉ粒の数は１以下であることが好ましく、粗大な初晶Ｓｉ粒を含まないことがより好ましい。粗大な初晶Ｓｉ粒を含まない場合、アルミニウム合金に含まれる初晶Ｓｉ粒の最大円相当直径は、８μｍ以下であることが好ましく、４μｍ以下であることがより好ましい。

初晶Ｓｉ粒の円相当直径及び個数は、アルミニウム合金の断面の６０．９μｍ×７７．６μｍ（＝４７２６μｍ^2）の範囲について、ＦＥ－ＳＥＭ／ＥＤＳを用いて観察することによって測定することができる。

【００２４】

（共晶Ｓｉ粒の平均粒径：０．５μｍ以上４μｍ以下）

共晶Ｓｉ粒の平均粒径が０．５μｍ未満であると耐摩耗性が不十分となるおそれがある。一方、共晶Ｓｉ粒の平均粒径が４μｍを超えると過剰な耐摩耗性を有し、相手材（例えば、タイヤ、シャフト）への攻撃性を強めるおそれがある。このため、本実施形態では、共晶Ｓｉ粒の平均粒径が０．５μｍ以上４μｍ以下の範囲内とされている。

【００２５】

（共晶Ｓｉ粒の面積率が８％以上）

共晶Ｓｉ粒の面積率が８％未満であると耐摩耗性が不十分となるおそれがある。このため、本実施形態では、共晶Ｓｉ粒の面積率が８％以上とされている。共晶Ｓｉ粒の面積率は、１５％以下であってもよい。

共晶Ｓｉ粒の平均粒径及び面積率は、上記の初晶Ｓｉ粒の場合と同様に、アルミニウム合金の断面の４７２６μｍ^{2}の範囲について、ＦＥ－ＳＥＭ／ＥＤＳを用いて観察することによって測定することができる。

【００２６】

（引張強さ：３３０ＭＰａ以上３８０ＭＰａ以下、伸び：８％以上１２％以下）

本実施形態のホイール用アルミニウム合金は、２５℃における引張強さが３３０ＭＰａ以上３８０ＭＰａ以下の範囲内にあってもよい。また、２５℃における伸びは８％以上１２％以下の範囲内にあってもよい。引張強さ及び伸びは、ＪＩＳ４号引張試験片を用いて、ＪＩＳ　Ｚ２２４１：２０１１（金属材料引張試験方法）の規定に準拠して測定した値である。

【００２７】

（縦弾性係数：７７ＧＰａ以上）

本実施形態のホイール用アルミニウム合金は、２５℃における縦弾性係数（ヤング率）が７７ＧＰａ以上であってもよい。縦弾性係数は８５ＧＰａ以下であってもよい。縦弾性係数は、縦弾性係数測定用の試験片に機械的又は電気的に強制振動を与えて共振周波数（固有振動数）を計測し、この共振周波数から縦弾性係数を計算する方法（共振法）によって測定した値である。

【００２８】

（耐腐食性：試験溶液に所定の条件で浸漬したときの腐食の進展深さが１mm未満）

本実施形態のホイール用アルミニウム合金は、液温９０℃の試験溶液に、０．２％耐力の７０％に相当する応力を負荷した状態で１０時間浸漬したときの腐食の進展深さが１mm未満であってもよい。試験溶液は、ニクロム酸カリウム濃度が３質量％、無水クロム酸濃度が３．６質量％、塩化ナトリウム濃度が０．３質量％の水溶液である。

【００２９】

＜自動車のホイール＞

本実施形態の自動車のホイールは、前述の本実施形態のホイール用アルミニウム合金で構成されている。すなわち、本実施形態のホイールは、Ｓｉ、Ｃｕ、Ｍｇ、Ｍｎ、Ｆｅ及びＣｒなどの各添加元素の含有量が、前述の本実施形態のホイール用アルミニウム合金と同等である。また、本実施形態のホイールは、Ｃｕを１質量％以上含む晶出物、Ｃｒ含有金属間化合物、初晶Ｓｉ粒、共晶Ｓｉ粒などの析出物の含有量が、前述の本実施形態のホイール用アルミニウム合金と同等である。本実施形態の自動車のホイールは、鍛造品であってもよい。

【００３０】

次に、本実施形態の自動車のホイールの製造方法について説明する。

図１は、本発明の一実施形態に係る自動車のホイールの製造方法を示すフロー図である。本実施形態のホイールの製造方法は、図１に示すように、アルミニウム合金の溶湯を得

る溶湯形成工程Ｓ０１と、溶湯を鋳造加工することによって鋳造品を得る鋳造工程Ｓ０２と、鋳造品に鍛造を行なって鍛造品を得る鍛造工程Ｓ０５とを有する。鋳造工程Ｓ０２と鍛造工程Ｓ０５との間に、均質化熱処理工程Ｓ０３、切断工程Ｓ０４を行なってもよい。また、鍛造工程Ｓ０５の後に、溶体化処理工程Ｓ０６、焼き入れ工程Ｓ０７、時効処理工程Ｓ０８、ショットピーニング工程Ｓ０９を行なってもよい。

【００３１】

（溶湯形成工程Ｓ０１）

溶湯形成工程Ｓ０１では、Ａｌ源、Ｓｉ源、Ｃｕ源、Ｍｇ源、Ｍｎ源、Ｆｅ源、Ｃｒ源である原料を、上記の組成となるように混合し、得られた混合物を加熱して溶解させることによってアルミニウム合金溶湯を得る。Ａｌ源、Ｓｉ源、Ｃｕ源、Ｍｇ源、Ｍｎ源、Ｆｅ源及びＣｒ源はそれぞれ単一の金属材料であってもよいし、２種以上の金属を含む合金材料であってもよい。

【００３２】

（鋳造工程Ｓ０２）

鋳造工程Ｓ０２では、溶湯形成工程Ｓ０１で得られたアルミニウム合金溶湯を鋳造加工することによって鋳造品を得る。図２は、鋳造工程Ｓ０２で得られるアルミニウム合金（鋳造品）の一例を示す斜視図である。図２に示すように、鋳造工程Ｓ０２では、円柱状の鋳造品１０を得る。鋳造加工の方法には、特に制限はない。鋳造加工の方法としては、例えば、連続鋳造圧延法、ホットトップ鋳造法、フロート鋳造法、半連続鋳造法（ＤＣ鋳造法）等のアルミニウム合金の鋳造方法として従来より利用されている公知の方法を用いることができる。この鋳造工程により、Ｍｎは、Ａｌ－Ｍｎ－Ｓｉ金属間化合物を含む微細な粒状の晶出物を形成する。また、Ｆｅは、Ａｌ－Ｆｅ－Ｓｉ金属間化合物、Ａｌ－Ｃｕ－Ｆｅ金属間化合物、Ａｌ－Ｍｎ－Ｆｅ金属間化合物等の微細な晶出物を形成する。また、Ｃｒは、Ａｌ－Ｆｅ－Ｃｒ金属間化合物等の微細なＣｒ含有金属間化合物として晶出物を形成する。

【００３３】

（均質化熱処理工程Ｓ０３）

均質化熱処理工程Ｓ０３では、鋳造工程Ｓ０２で得られた鋳造品１０に対して均質化熱処理を行なう。この均質化熱処理により、鋳造時に発生する添加元素の偏析を解消して組成を均質化させ、また、鋳造時の凝固により発生した過飽和固溶体を析出させ、さらに鋳造時の凝固により形成された準安定相を平衡相へ相変化させる。均質化熱処理における加熱温度は、例えば、４２０℃以上５００℃以下の範囲内である。

【００３４】

（切断工程Ｓ０４）

切断工程Ｓ０４では、均質化熱処理工程Ｓ０３で均質化熱処理を施した鋳造品１０を所定のサイズに切断し、鍛造用の鋳造品を得る。すなわち、切断工程Ｓ０４では、鋳造品１０を平面に沿って切断することによって、鍛造用の鋳造品を得る。

【００３５】

（鍛造工程Ｓ０５）

鍛造工程Ｓ０５では、切断工程Ｓ０４で得られた鍛造用の鋳造品に鍛造加工を行なって鍛造品（自動車のホイール）を得る。鍛造加工の方法は、熱間鍛造を用いてもよいし、冷間鍛造を用いてもよい。熱間鍛造における加熱温度は、例えば、３５０℃以上４５０℃以下の範囲内である。

【００３６】

（溶体化処理工程Ｓ０６）

溶体化処理工程Ｓ０６では、鍛造工程Ｓ０５で得られた鍛造品に溶体化処理を行なう。この溶体化処理によって、鍛造品中のＳｉ、Ｃｕ、Ｍｇなどの元素がアルミニウム合金に再固溶した固溶状態を生成させる。溶体化処理における加熱温度は、例えば、１５０℃以上２２０℃以下の範囲内である。

【００３７】

（焼き入れ工程Ｓ０７）
焼き入れ工程Ｓ０７では、溶体化処理工程Ｓ０６で固溶状態とされた鍛造品に焼き入れ処理を行なう。この焼き入れ処理によって、鍛造品を急冷することにより、固溶状態が維持された過飽和固溶体を生成させる。
なお、鍛造工程Ｓ０５において、鍛造加工を熱間鍛造で行なった場合、溶体化処理工程Ｓ０６を行なわずに、熱間鍛造時の加熱を利用し、鍛造後そのまま焼き入れを行なう鍛造焼き入れを行なってもよい。
【００３８】
（時効処理工程Ｓ０８）
時効処理工程Ｓ０８では、焼き入れ処理工程Ｓ０７で過飽和固溶体とされた鍛造品に時効処理を行なう。この時効処理によって、鍛造品に対して低温で焼き戻しを行なう。この時効処理により、鍛造品を構成するアルミニウム合金中にクラスタが生成し、このクラスタを核としてＣｕが析出してＧ．Ｐ．ゾーンが生成する。また、Ｍｇは、ＳｉやＣｕと化合物を形成して、Ｑ相として析出する。時効処理における加熱温度は、例えば、１５０℃以上２２０℃以下の範囲内である。
【００３９】
（ショットピーニング工程Ｓ０９）
ショットピーニング工程Ｓ０９では、時効処理工程Ｓ０８で時効処理を行なった鍛造品を機械加工にて切削した後、ショットピーニングして表面近傍に塑性加工を加えることで疲労強度を向上させる。ショットピーニングで用いる砥粒のサイズは１mm以下とするのが好ましい。砥粒の材料としては、例えば、ステンレス鋼（例：ＳＵＳ３０４）、アルミナ等を用いることができる。また、ピーニング圧力は１ＭＰａ以下とするのが好ましい。
【００４０】
以上の製造方法によって、自動車のホイール（鍛造品）を製造することができる。
【００４１】
以上のような構成を有する本実施形態の自動車のホイール用アルミニウム合金は、Ｓｉ、Ｃｕ、Ｍｇ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｃｒの各添加元素を上記の範囲内で含有し、残部がＡｌ及び不可避不純物とされていて、Ｃｕを１質量％以上含有し、円相当直径が５μｍを超える晶出物を、１１８２μｍ^{2}あたり２個以上含まず、長さが８μｍ以上のＣｒ含有金属間化合物を１１８２μｍ^{2}あたり２個以上含まず、円相当直径が１０μｍを超える初晶Ｓｉ粒を４７２６μｍ^{2}あたり２個以上含まないとされているので、引張特性、縦弾性係数及び耐腐食性などの特性が向上する。
【００４２】
また、本実施形態のホイール用アルミニウム合金において、共晶Ｓｉ粒の平均粒径が０．５μｍ以上４μｍ以下の範囲内にあって、共晶Ｓｉ粒の面積率が８％以上である場合は、引張特性と縦弾性係数がより確実に向上する。
【００４３】
また、本実施形態の自動車のホイールは、上述のホイール用アルミニウム合金で構成されているので、引張特性、縦弾性係数及び耐腐食性などの特性が向上する。
【００４４】
なお、本発明は、上記実施形態のものに必ずしも限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。
【実施例】
【００４５】
次に、本発明の具体的実施例について説明するが、本発明はこれら実施例のものに特に限定されるものではない。
【００４６】
＜実施例１＞
Ｓｉ源、Ｃｕ源、Ｍｇ源、Ｍｎ源、Ｃｒ源、Ｆｅ源及びＡｌ源を含む混合物を加熱することによって、Ｓｉを９．５質量％、Ｃｕを０．９質量％、Ｍｇを０．５質量％、Ｍｎを

０．４５質量％、Ｃｒを０．０２質量％、Ｆｅを０．２０質量％の割合で含有し、残部がＡｌからなるアルミニウム合金の溶湯を形成した。次いで、得られた溶湯を、連続鋳造加工することによって、直径が７６ｍｍで高さが１０００ｍｍの円柱状の鋳造品を得た。得られた鋳造品に均質化熱処理を施した後、鋳造品を空冷した。次いで、鋳造品を７５ｍｍの高さに切断して、鍛造用の鋳造品を得た。得られた鋳造品に熱間鍛造を行なうことによって、ホイール状の鍛造品を得た。得られた鍛造品に溶体化処理を施した後、水焼き入れ処理を行なった。次に、水焼き入れ処理後の鋳造品に時効処理を施して、ホイール用の鍛造品を得た。

【００４７】

＜実施例２、３および比較例１～１２＞

アルミニウム合金のＳｉ、Ｃｕ、Ｍｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、Ｆｅの含有量を、表１に示す割合に変えたこと以外は、実施例１と同様にして、ホイール用の鍛造品を得た。

【００４８】

【表１】

	アルミニウム合金の組成(質量%)						
	Si	Cu	Mg	Mn	Cr	Fe	Al
実施例1	10.0	0.9	0.3	0.5	0.02	0.20	残部
実施例2	11.5	1.2	0.6	0.6	0.03	0.28	残部
実施例3	8.2	0.7	0.2	0.3	0.01	0.12	残部
比較例1	13.0	0.9	0.3	0.5	0.02	0.20	残部
比較例2	7.3	0.9	0.3	0.5	0.02	0.20	残部
比較例3	10.0	0.5	0.3	0.5	0.02	0.20	残部
比較例4	10.0	1.4	0.3	0.5	0.02	0.20	残部
比較例5	9.9	1.0	0.1	0.5	0.02	0.20	残部
比較例6	9.9	1.0	1.0	0.5	0.02	0.20	残部
比較例7	10.0	0.9	0.3	0.01	0.02	0.20	残部
比較例8	10.0	0.9	0.3	0.9	0.02	0.20	残部
比較例9	10.0	0.9	0.3	0.5	0.05	0.20	残部
比較例10	10.0	0.9	0.3	0.5	0.003	0.20	残部
比較例11	10.0	0.9	0.3	0.5	0.02	0.38	残部
比較例12	10.0	0.9	0.3	0.5	0.02	0.07	残部

【００４９】

［評価］

実施例１～３及び比較例１～１２で得られたホイール用の鍛造品について、以下の評価を行なった。

【００５０】

＜組成＞

ホイール用の鍛造品のＳｉ、Ｃｕ、Ｍｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、Ｆｅの各元素の含有率を、次のようにして測定した。ホイール用の鍛造品を、酸塩酸と過酸化水素とを用いて溶解させる。得られた溶液中の各元素の含有量を、ＩＣＰ発光分光装置を用いて測定し、その測定値を、鍛造品中の各元素の含有率に換算する。

この測定の結果、各実施例及び比較例で得られた鍛造品の各元素の含有率は、それぞれ表１に示す含有率と同じであった。

【００５１】

＜組織観察＞

ホイール用の鍛造品の組織を、次のようにして観察した。

ホイール用の鍛造品を２×５×１０mmのサイズに切り出して観察用試料を作製する。観察用試料の鍛造方向に対して平行な面を、観察面加工して観察面とする。観察用試料の観察面を、ＦＥ－ＳＥＭ／ＥＤＳを用いて拡大倍率３０００倍で観察する。観察視野（３０．４７μm×３８．７９μm＝１１８２μm^2）に対して、ＥＤＳを用いて元素分析を行なって、Ｃｕを１質量％以上含むＣｕ系晶出物及びＣｒ含有金属間化合物を特性する。またＦＥ－ＳＥＭの拡大倍率１５００倍に設定し、ＦＥ－ＳＥＭの観察視野（６０．９μm×７７．６μm＝４７２６μm^2）に対して、Ｓｉを含む結晶粒の形状とサイズを観察して、初晶Ｓｉ粒、共晶Ｓｉ粒を特定する。Ｃｕ系晶出物は円相当直径を算出し、「円相当直径が５μmを超えるＣｕ系晶出物の個数」と「最大円相当直径」を求める。Ｃｒ含有金属間化合物は長さを算出し、「長さが８μm以上のＣｒ含有金属間化合物の個数」と「最大長さ」を求める。初晶Ｓｉ粒は円相当直径を算出し、「円相当直径が１０μmを超える初晶Ｓｉ粒の個数」と「最大円相当直径」を求める。共晶Ｓｉ粒は、１５０個の粒径を計測し、「平均粒径」を算出し、観察視野における共晶Ｓｉ粒の占有率である「面積率」を求める。

測定結果を、表２に示す。

【００５２】

＜耐腐食性＞

ホイール用の鍛造品の耐腐食性を、応力腐食割れ（ＳＣＣ）試験により評価した。

ホイール用の鍛造品を４×２×４５mmのサイズに切り出して耐腐食性評価用試料を作製する。耐腐食性評価用試料を、予め測定した０．２％耐力の７０％に相当する応力が負荷されるようにひずみゲージを用いて３点曲げする。３点曲げした耐腐食性評価用試料を、液温９０℃の試験溶液（ニクロム酸カリウム濃度が３質量％、無水クロム酸濃度が３．６質量％、塩化ナトリウム濃度が０．３質量％の水溶液）に１０時間浸透させる。浸漬後、耐腐食性評価用試料を試験溶液から取り出して、水洗した後、乾燥する。乾燥後の耐腐食性評価用試料を、光学顕微鏡を用いて観察して、き裂発生の有無、き裂無しの場合は腐食の進展深さを測定する。

測定結果を、表２に示す。表２において、耐腐食性の評価は、腐食の進展最大深さが１mm未満のものを「〇」とし、１mm以上のものを「×」とした。

【００５３】

＜引張特性（引張強さ・破断伸び）＞

ホイール用の鍛造品の引張強さと伸びを、次のようにして測定した。

ホイール用の鍛造品を１０×１０×７０mmのサイズに切り出してＪＩＳ１４Ａ号引張試験片を作製する。得られたＪＩＳ１４Ａ号引張試験片に対して、ＪＩＳ　Ｚ２２４１：２０１１（金属材料引張試験方法）の規定に準拠して引張試験を行い、２５℃における引張強さ（ＭＰａ）と破断伸び（％）を測定する。

測定結果を、表２に示す。表２において、引張特性の評価は、引張強さが３３０ＭＰａ以上であって、かつ破断伸びが８％以上であるものを「○」とし、引張強さが３３０ＭＰａ未満である、あるいは伸びが８％未満であるものを「×」とした。

【００５４】

＜縦弾性（縦弾性係数）＞

ホイール用の鍛造品の縦弾性係数を、次のようにして測定した。

ホイール用の鍛造品を所定のサイズに切り出して縦弾性評価用試料を作製する。縦弾性評価用試料に対して共振法を用いて、２５℃における縦弾性係数（ＧＰａ）を測定する。

測定結果を、表２に示す。表２において、縦弾性の評価は、縦弾性係数が７７ＧＰａ以上であるものを「〇」とし、縦弾性係数が７７ＧＰａより低いものを「×」とした。

【００５５】
＜総合評価＞
耐腐食性、引張特性及び縦弾性の全てが「〇」のものは、総合評価を合格（「〇」）とし、耐腐食性、引張特性及び縦弾性のいずれか一つでも「×」があったものは、総合評価を不合格（「×」）とした。その結果を、表２に示す。
【００５６】
【表２】

	Cu系晶出物		Cr含有金属間化合物		初晶Si粒		共晶Si粒		耐食性	引張特性			縦弾性		総合評価
	円相当直径が5μmを超えるCu含有晶出物の個数（個数/1182μm^2）	最大円相当直径（μm）	長さが8μm以上のCr含有金属間化合物の個数（個数/1182μm^2）	最大長さ（μm）	円相当直径が10μmを超える初晶Si粒の個数（個数/4726μm^2）	最大円相当直径（μm）	平均粒径（μm）	面積率（%）		引張強さ（MPa）	伸び（%）	評価	縦弾性係数（GPa）	評価	
実施例1	0	0.2	0	5.3	検出されず		2.9	9.2	〇	351	9.1	〇	79.4	〇	〇
実施例2	0	0.4	0	4.7	検出されず		2.7	9.4	〇	362	8.6	〇	80.5	〇	〇
実施例3	0	0.2	0	1.8	検出されず		2.8	8.9	〇	331	10.9	〇	77.3	〇	〇
比較例1	0	0.2	0	3.3	2	18	2.8	9.3	〇	350	6.6	×	83.0	〇	×
比較例2	0	0.2	0	4.5	検出されず		2.6	7.5	〇	325	10.2	×	75.9	×	×
比較例3	0	0.1	0	3.9	検出されず		2.7	9.1	〇	319	10.3	×	78.1	〇	×
比較例4	2	5.4	0	6.6	検出されず		2.6	9.2	×	365	9.3	〇	79.0	〇	×
比較例5	0	0.3	0	5.0	検出されず		2.8	9.0	〇	314	9.7	×	77.0	〇	×
比較例6	0	0.2	0	5.2	検出されず		3.0	9.3	〇	323	9.8	×	77.9	〇	×
比較例7	0	0.3	0	3.6	検出されず		2.5	9.2	〇	302	10.1	×	76.3	〇	×
比較例8	0	0.2	0	3.9	検出されず		3.1	8.8	〇	322	7.2	×	79.2	〇	×
比較例9	0	0.2	2	8.8	検出されず		2.9	9.1	〇	305	8.1	×	78.7	〇	×
比較例10	0	0.2	0	0.9	検出されず		2.8	9.3	〇	324	9.8	×	77.9	〇	×
比較例11	0	0.4	0	9.3	検出されず		3.0	8.9	〇	323	6.4	×	80.1	〇	×
比較例12	0	0.2	0	4.2	検出されず		2.7	9.3	〇	329	9.5	×	79.0	〇	×

【００５７】
表２の結果から、Ｓｉ、Ｃｕ、Ｍｇ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｃｒの各添加元素の含有量と、Ｃｕを１質量％以上含む晶出物、Ｃｒ含有金属間化合物、初晶Ｓｉ粒、共晶Ｓｉ粒などの析出

物の含有量が本発明の範囲内にある実施例１～３の鍛造品は、耐腐食性、引張特性及び縦弾性の全ての項目において優れていることが確認された。これに対し、各添加元素の含有量や析出物の混入量が本発明の範囲から外れる比較例１～１２では、耐腐食性、引張特性及び縦弾性のうち少なくとも一つの特性が不十分であった。

【産業上の利用可能性】

【００５８】

本発明に係る自動車のホイールは、引張強さと伸びが大きいので、衝撃が加えられたときに破壊しにくい。また。本発明に係る自動車のホイールは、縦弾性係数が大きく、変形しにくいので、タイヤのクリップ力を発揮させることができる。さらに、本発明に係る自動車のホイールは、雨耐腐食性に優れるので、長期間にわたって使用することができる。

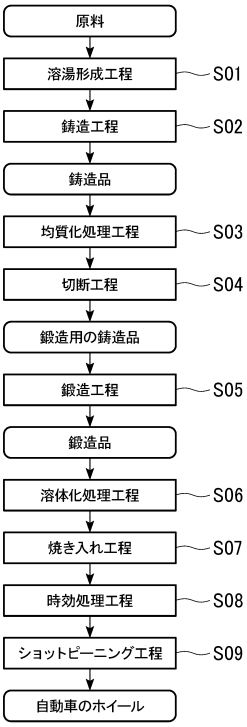
【符号の説明】

【００５９】

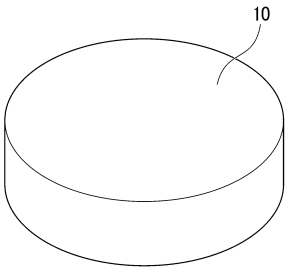
１０　鋳造品

【図面】

【図１】


原料
溶湯形成工程
S01
鋳造工程
S02
鋳造品
均質化処理工程
S03
切断工程
S04
鍛造用の鋳造品
鍛造工程
S05
鍛造品
溶体化処理工程
S06
焼き入れ工程
S07
時効処理工程
S08
ショットピーニング工程
S09
自動車のホイール

【図２】


10

フロントページの続き

(51)国際特許分類　　FI

C22F	1/00	630K
C22F	1/00	631A
C22F	1/00	640A
C22F	1/00	640Z
C22F	1/00	682
C22F	1/00	683
C22F	1/00	685Z
C22F	1/00	691B
C22F	1/00	692A

(56)参考文献　　特開２０２０－１２５５２５（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１６／１６６７７９（WO，Ａ１）
特開平１０－２９８６８９（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－３３６０４４（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－１２５１８１（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－１２７５７９（ＪＰ，Ａ）
中国特許出願公開第１０２２６８５７７（ＣＮ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)

Ｃ２２Ｃ　２１／００－２１／０２
Ｃ２２Ｆ　１／０４３
Ｃ２２Ｆ　１／００