



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116324009 A

(43) 申请公布日 2023.06.23

(21) 申请号 202180071468.8

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所  
11247

(22) 申请日 2021.10.21

专利代理师 刘航 段承恩

(30) 优先权数据

2020-182091 2020.10.30 JP

(51) Int.Cl.

G22F 1/00 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.04.19

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2021/038965 2021.10.21

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/091944 JA 2022.05.05

(71) 申请人 株式会社力森诺科

地址 日本东京都

(72) 发明人 丸山匠

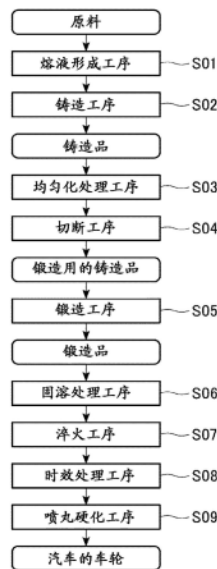
权利要求书1页 说明书12页 附图2页

(54) 发明名称

汽车的车轮用铝合金以及汽车的车轮

(57) 摘要

一种汽车的车轮用铝合金,含有8.0质量%以上且11.5质量%以下的范围内的Si、0.7质量%以上且1.2质量%以下的范围内的Cu、0.2质量%以上且0.6质量%以下的范围内的Mg、0.30质量%以上且0.60质量%以下的范围内的Mn、0.10质量%以上且0.30质量%以下的范围内的Fe、0.01质量%以上且0.03质量%以下的范围内的Cr,余量为Al以及不可避免的杂质,每1182 μm<sup>2</sup>不含两个以上的含有1质量%以上的Cu且等效圆直径超过5 μm的结晶物,每1182 μm<sup>2</sup>不含两个以上的长度为8 μm以上的含Cr金属间化合物,每4726 μm<sup>2</sup>不含两个以上的等效圆直径超过10 μm的初晶Si粒。



1. 一种汽车的车轮用铝合金,其特征在于,  
含有8.0质量%以上且11.5质量%以下的范围内的Si、0.7质量%以上且1.2质量%以下的范围内的Cu、0.2质量%以上且0.6质量%以下的范围内的Mg、0.30质量%以上且0.60质量%以下的范围内的Mn、0.10质量%以上且0.30质量%以下的范围内的Fe、0.01质量%以上且0.03质量%以下的范围内的Cr,余量为Al以及不可避免的杂质,  
每1182 $\mu\text{m}^2$ 不含两个以上的含有1质量%以上的Cu且等效圆直径超过5 $\mu\text{m}$ 的结晶物,  
每1182 $\mu\text{m}^2$ 不含两个以上的长度为8 $\mu\text{m}$ 以上的含Cr金属间化合物,每4726 $\mu\text{m}^2$ 不含两个以上的等效圆直径超过10 $\mu\text{m}$ 的初晶Si粒。
2. 根据权利要求1所述的汽车的车轮用铝合金,  
共晶Si粒的平均粒径在0.5 $\mu\text{m}$ 以上且4 $\mu\text{m}$ 以下的范围内,所述共晶Si粒的面积率为8%以上。
3. 一种汽车的车轮,其采用权利要求1或2所述的汽车的车轮用铝合金构成。
4. 根据权利要求3所述的汽车的车轮,其是锻造品。
5. 根据权利要求1所述的汽车的车轮用铝合金,  
包含8.5质量%以上且10.5质量%以下的范围内的Si、0.8质量%以上且1.1质量%以下的范围内的Cu、0.4质量%以上且0.6质量%以下的范围内的Mg。

## 汽车的车轮用铝合金以及汽车的车轮

### 技术领域

[0001] 本发明涉及汽车的车轮(wheel)用铝合金以及汽车的车轮。

[0002] 本申请基于在2020年10月30日向日本申请的专利申请2020-182091号要求优先权,在此援引其内容。

### 背景技术

[0003] 从近年来的汽车业界的燃油经济性提高的要求出发,对于汽车所使用的各种构件、例如车轮也要求轻量化、高功能化。为了使汽车的车轮轻量化,优选车轮的材料强度相对于重量之比即比强度大。作为比强度大的汽车车轮的材料,利用了铝合金。作为铝合金,使用了Al-Mg系铝合金、Al-Si系铝合金。另外,作为使用铝合金的汽车车轮的制造方法,利用了压铸法、锻造法。为了提高汽车的车轮的特性,曾进行了向铝合金中添加各种金属元素、选择压铸法、锻造法等制造方法的工作(专利文献1、2)。

[0004] 在先技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2017-39986号公报

[0007] 专利文献2:日本特开2019-173111号公报

### 发明内容

[0008] 汽车的车轮优选在被施加冲击时难破坏、即抗拉强度和伸长率大。另外,为了发挥轮胎的夹紧(clip)力,汽车的车轮优选难以变形、即纵弹性模量(杨氏模量)大。而且,优选难以因雨水等的水而腐蚀、即耐腐蚀性优异。然而,难以均衡性好地提高抗拉强度、伸长率等拉伸特性、纵弹性模量和耐腐蚀性。例如,若为了提高车轮的抗拉强度和伸长率等拉伸特性而添加特定的金属元素,则有时纵弹性模量、耐腐蚀性等特性降低。

[0009] 本发明是鉴于上述的技术背景而完成的,其目的是提供拉伸特性、纵弹性模量、耐腐蚀性提高了的汽车车轮用铝合金以及汽车的车轮。

[0010] 为了实现上述的目的,本发明人进行了深入研究,结果发现:通过向Al-Si系铝合金中以特定的量添加Cu、Mg、Mn、Fe、Cr,并且,抑制粗大的含Cu结晶物、粗大的由2种以上的金属构成的含Cr金属间化合物、粗大的初晶Si粒的混入,拉伸特性、纵弹性模量、耐腐蚀性提高,从而完成了本发明。

[0011] 本发明的第一方式提供以下的[1]中所记载的铝合金。

[0012] [1]一种汽车的车轮用铝合金,其特征在于,含有8.0质量%以上且11.5质量%以下的范围内的Si、0.7质量%以上且1.2质量%以下的范围内的Cu、0.2质量%以上且0.6质量%以下的范围内的Mg、0.30质量%以上且0.60质量%以下的范围内的Mn、0.10质量%以上且0.30质量%以下的范围内的Fe、0.01质量%以上且0.03质量%以下的范围内的Cr,余量为Al以及不可避免的杂质,每1182 $\mu\text{m}^2$ 不含两个以上的含有1质量%以上的Cu且等效圆直径(当量圆直径)超过5 $\mu\text{m}$ 的结晶物,每1182 $\mu\text{m}^2$ 不含两个以上的长度为8 $\mu\text{m}$ 以上的含Cr金属

间化合物,每 $4726\mu\text{m}^2$ 不含两个以上的等效圆直径超过 $10\mu\text{m}$ 的初晶Si粒。

[0013] 所述车轮用铝合金,也优选:包含8.5质量%以上且10.5质量%以下的范围内的Si、0.8质量%以上且1.1质量%以下的范围内的Cu、0.4质量%以上且0.6质量%以下的范围内的Mg。

[0014] 本发明的第一方式优选具有以下的[2]的特征。

[0015] [2]根据上述[1]所述的汽车的车轮用铝合金,共晶Si粒的平均粒径在 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $4\mu\text{m}$ 以下的范围内,所述共晶Si粒的面积率为8%以上。

[0016] 本发明的第二方式提供以下的[3]中所记载的汽车的汽车的车轮。

[0017] [3]一种汽车的车轮,其采用上述[1]或[2]所述的汽车的车轮用铝合金构成。

[0018] 本发明的第二方式优选具有以下的[4]的特征。

[0019] [4]根据上述[3]所述的汽车的车轮,其是锻造品。

[0020] 根据本发明,能够提供拉伸特性、纵弹性模量、耐腐蚀性提高了的汽车车轮用铝合金以及汽车的车轮。

## 附图说明

[0021] 图1是表示本发明的一实施方式涉及的汽车的车轮的制造方法的例子的流程图。

[0022] 图2是表示在本发明的一实施方式涉及的汽车的车轮的制造方法的铸造工序中得到的铝合金(铸造品)的一例的概略立体图。

## 具体实施方式

[0023] 以下对本发明的一实施方式涉及的汽车的车轮用铝合金以及汽车的车轮的优选的例子进行详细说明。

[0024] 本实施方式是为了更好地理解发明的主旨而具体说明的,只要没有特别指定,就并不限定本发明。能够在不脱离本发明的主旨的范围内对于数量、材料、量、形状、数值、比率、位置、构成等进行变更、附加、省略、置换等。

[0025] <汽车的车轮用铝合金>

[0026] 本实施方式的汽车的车轮用铝合金,含有8.5质量%以上且10.5质量%以下的范围内的Si、0.8质量%以上且1.1质量%以下的范围内的Cu、0.4质量%以上且0.6质量%以下的范围内的Mg、0.30质量%以上且0.60质量%以下的范围内的Mn、0.10质量%以上且0.30质量%以下的范围内的Fe、0.01质量%以上且0.03质量%以下的范围内的Cr,余量为Al以及不可避免的杂质。另外,本实施方式的汽车的车轮用铝合金,每 $1182\mu\text{m}^2$ 不含两个以上的含有1质量%以上的Cu且等效圆直径超过 $5\mu\text{m}$ 的结晶物,每 $1182\mu\text{m}^2$ 不含两个以上的长度为 $8\mu\text{m}$ 以上的含Cr金属间化合物,每 $4726\mu\text{m}^2$ 不含两个以上的等效圆直径超过 $10\mu\text{m}$ 的初晶Si粒。另外,本实施方式的汽车的车轮用铝合金,共晶Si粒的平均粒径可以在 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $4\mu\text{m}$ 以下的范围内,共晶Si粒的面积率可以为8%以上。另外,本实施方式的汽车的车轮用铝合金,抗拉强度可以在330MPa以上且380MPa以下的范围内,伸长率可以在8%以上且12%以下的范围内。另外,本实施方式的汽车的车轮用铝合金,纵弹性模量可以为77GPa以上。另外,本实施方式的汽车的车轮用铝合金,关于其耐腐蚀性,作为以负荷了条件屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 的70%的应力的状态在液温 $90^\circ\text{C}$ 的试验溶液中浸渍了10小时时的腐蚀的进展深度小于1mm。

[0027] (Si:8.0质量%以上且11.5质量%以下)

[0028] Si(成分)具有提高铝合金的抗拉强度和纵弹性模量的作用。但是,若向铝合金中过量地添加Si,则粗大的初晶Si粒结晶出来,由此有可能铝合金的伸长率降低。

[0029] 若Si含有率小于8.0质量%,则有可能难以得到由Si带来的提高抗拉强度和纵弹性模量的效果。另一方面,若Si含有率超过11.5质量%,则有可能粗大的初晶Si粒容易结晶出来。根据以上的理由,在本实施方式中,Si含有率设为8.0质量%以上且11.5质量%以下的范围内。Si含有率优选为8.3质量%以上且11.3质量%以下的范围内,更优选为8.5质量%以上且11.0质量%以下的范围内,进一步优选为9.0质量%以上且10.0质量%以下的范围内。Si含有率若在上述范围内则能够任意地选择,可以为例如8.00质量%~11.50质量%、8.10质量%~11.30质量%、8.30质量%~11.00质量%、8.50质量%~10.50质量%、8.70质量%~10.30质量%、8.90质量%~10.00质量%、9.20质量%~9.80质量%、9.40质量%~9.60质量%。

[0030] (Cu:0.7质量%以上且1.2质量%以下)

[0031] Cu(成分)具有提高铝合金的抗拉强度的作用。Cu在铝合金中形成G.P.区。通过该G.P.区(纪尼埃普雷斯顿区(Guinier-Preston zone))成为中间相,有助于铝合金的抗拉强度的提高。G.P.区是在时效硬化型合金的时效时在母相中出现的、溶质原子的集合体。

[0032] 若Cu含有率小于0.7质量%,则有可能难以得到由Cu带来的提高抗拉强度的效果。另一方面,若Cu含有率超过1.2质量%,则有可能耐腐蚀性降低。根据以上的理由,在本实施方式中,Cu含有率设为0.7质量%以上且1.2质量%以下的范围内。Cu含有率优选在0.8质量%以上且1.1质量%以下的范围内,更优选在0.9质量%以上且1.0质量%以下的范围内。Cu含有率若在上述范围内则能够任意地选择,可以为例如0.80质量%~1.10质量%、0.85质量%~1.05质量%、0.90质量%~1.00质量%、0.93质量%~0.98质量%。

[0033] (Mg:0.2质量%以上且0.6质量%以下)

[0034] Mg(成分)与Cu同样地具有提高铝合金的抗拉强度的作用。Mg在铝合金中形成包含Si和/或Cu的化合物。通过该化合物作为Q相析出,有助于铝合金的抗拉强度的提高。

[0035] 若Mg含有率小于0.2质量%,则有可能难以得到由Mg带来的提高抗拉强度的效果。另一方面,若Mg含有率超过0.6质量%,则有可能由Mg带来的提高抗拉强度的效果降低。因此,在本实施方式中,Mg含有率设为0.2质量%以上且0.6质量%以下的范围内。Mg含有率优选为0.4质量%以上且0.6质量%以下的范围,更优选为0.45质量%以上且0.55质量%以下的范围内。Mg含有率若在上述范围内则能够任意地选择,可以为例如0.40质量%~0.60质量%、0.43质量%~0.58质量%、0.47质量%~0.53质量%。

[0036] (Mn:0.30质量%以上且0.60质量%以下)

[0037] Mn(成分)具有提高铝合金的抗拉强度的作用。Mn通过在铝合金中形成包括Al-Mn-Si金属间化合物等在内的微细的粒状的结晶物,有助于铝合金的抗拉强度的提高。

[0038] 若Mn含有率小于0.30质量%,则有可能难以得到由Mn带来的提高抗拉强度的效果。另一方面,若Mn含有率超过0.60质量%,则上述的金属间化合物形成粗大的结晶物而有可能使铝合金的抗拉强度、伸长率降低。根据以上的理由,在本实施方式中,Mn含有率设在0.30质量%以上且0.60质量%以下的范围内。Mn含有率优选在0.35质量%以上且0.55质量%以下的范围内。Mn含有率若在上述范围内则能够任意地选择,可以为例如0.38质量%

~0.53质量%、0.40质量%~0.50质量%、0.43质量%~0.47质量%。

[0039] (Fe:0.10质量%以上且0.30质量%以下)

[0040] Fe(成分)具有使铝合金的抗拉强度提高的作用。Fe通过在铝合金中作为包括Al-Fe-Si金属间化合物、Al-Cu-Fe金属间化合物、Al-Mn-Fe金属间化合物等在内的微细的结晶物结晶,有助于铝合金的机械特性的提高。

[0041] 若Fe含有率小于0.10质量%,则有可能难以得到由Fe带来的提高抗拉强度的效果。另一方面,若Fe含有率超过0.30质量%,则上述金属间化合物形成粗大的结晶物而有可能使铝合金的抗拉强度、伸长率降低。根据以上的理由,在本实施方式中,Fe含有率设在0.10质量%以上且0.30质量%以下的范围内。Fe含量优选在0.15质量%以上且0.25质量%以下的范围内。Fe含有率若在上述范围内则能够任意地选择,可以为例如0.13质量%~0.27质量%、0.17质量%~0.20质量%。

[0042] (Cr:0.01质量%以上且0.03质量%以下)

[0043] Cr(成分)具有使铝合金的机械特性提高的作用。Cr通过在铝合金中作为包括Al-Fe-Cr金属间化合物等在内的微细的含Cr金属间化合物结晶,有助于铝合金的机械特性的提高。

[0044] 若Cr含量小于0.01质量%,则有可能难以得到由Cr带来的提高抗拉强度的效果。另一方面,若Cr含量超过0.03质量%,则含Cr金属间化合物形成粗大的结晶物而有可能使铝合金的抗拉强度、伸长率降低。根据以上的理由,在本实施方式中,Cr含有率设在0.01质量%以上且0.03质量%以下的范围内。Cr含量优选在0.015质量%以上且0.02质量%以下的范围内。Cr含有率若在上述范围内则能够任意地选择,可以为例如0.013质量%~0.028质量%、0.018质量%~0.026质量%、0.020质量%~0.024质量%。

[0045] (不可避免的杂质)

[0046] 不可避免的杂质是从铝合金的原料或制造工序不可避免地混入到铝合金中的杂质。在本实施方式的车轮用铝合金中,Zn、Ni、Zr、Ti的各元素的混入量以这些各元素的合计的含有率计优选不超过0.5质量%。若上述的各元素的合计含有率超过0.5质量%,则该各元素比Al母相先结晶,形成粗大的结晶物,由此铝合金的延展性变小,有可能抗拉强度、伸长率降低。不可避免的杂质的量若在上述范围内则能够任意地选择,可以为例如小于0.50质量%、0.40质量%以下、0.30质量%以下、0.20质量%以下、0.10质量%以下、0.05质量%以下、0.01质量%以下、0.001质量%以下。

[0047] (含有1质量%以上的Cu且等效圆直径超过 $5\mu\text{m}$ 的结晶物:每 $1182\mu\text{m}^2$ 不含两个以上)

[0048] 若含有1质量%以上的Cu的Cu系结晶物的等效圆直径超过 $5\mu\text{m}$ ,则有可能使铝合金的抗拉强度和伸长率降低。因此,在本实施方式中,每 $1182\mu\text{m}^2$ 不含两个以上的等效圆直径超过 $5\mu\text{m}$ 的粗大的Cu系结晶物。每 $1182\mu\text{m}^2$ 中的粗大的Cu系结晶物的数量优选为1个以下,更优选不含粗大的Cu系结晶物。在不含粗大的Cu系结晶物的情况下,铝合金中所含的Cu系结晶物的最大等效圆直径优选为 $3\mu\text{m}$ 以下,更优选为 $1\mu\text{m}$ 以下。

[0049] Cu系结晶物的等效圆直径以及个数,例如,能够通过切断铝合金,对于其截面的 $30.47\mu\text{m}\times 38.79\mu\text{m}$ (= $1182\mu\text{m}^2$ )的范围,使用FE-SEM(场发射型扫描电子显微镜)/EDS(能量分散型X射线分析装置)进行观察来测定。即,能够通过使用EDS实施元素分析来检测出含有

1质量%以上的Cu的Cu系结晶物,采用SEM图像计测所检测出的Cu系结晶物的等效圆直径以及个数而测定出。作为上述结晶物的例子,有Al-Cu-Mg-Si等,但并不仅限于此。

[0050] (长度为 $8\mu\text{m}$ 以上的含Cr金属间化合物:每 $1182\mu\text{m}^2$ 不含两个以上)

[0051] 长度为 $8\mu\text{m}$ 以上的含Cr金属间化合物有可能使铝合金的抗拉强度、伸长率降低。因此,在本实施方式中,设为每 $1182\mu\text{m}^2$ 不含两个以上的长度为 $8\mu\text{m}$ 以上的粗大的含Cr金属间化合物。每 $1182\mu\text{m}^2$ 中的粗大的含Cr金属间化合物的数量优选为1个以下,更优选不含粗大的含Cr金属间化合物。在不含粗大的含Cr金属间化合物的情况下,铝合金中所含的含Cr金属间化合物的最大长度优选为 $6\mu\text{m}$ 以下,更优选为 $4\mu\text{m}$ 以下。

[0052] 含Cr金属间化合物的长度以及个数,与上述的Cu系结晶物的情况同样地,能够通过对于铝合金的截面的 $1182\mu\text{m}^2$ 的范围,使用FE-SEM/EDS检测出含Cr金属间化合物,采用SEM图像计测所检测出的含Cr金属间化合物的长度以及个数而测定出。作为上述金属间化合物的例子,有Al-Cr-Si等,但并不仅限于此。再者,作为含Cr金属间化合物与Cu系结晶物的差异,可列举作为金属间化合物的形状等。

[0053] (等效圆直径超过 $10\mu\text{m}$ 的初晶Si粒:每 $4726\mu\text{m}^2$ 不含两个以上)

[0054] 等效圆直径超过 $10\mu\text{m}$ 的粗大的初晶Si粒有可能使铝合金的伸长率降低。因此,在本实施方式中,设为每 $4726\mu\text{m}^2$ 不含两个以上的等效圆直径超过 $10\mu\text{m}$ 的粗大的初晶Si粒。粗大的初晶Si粒的数量优选为1以下,更优选不含粗大的初晶Si粒。在不含粗大的初晶Si粒的情况下,铝合金中所含的初晶Si粒的最大等效圆直径优选为 $8\mu\text{m}$ 以下,更优选为 $4\mu\text{m}$ 以下。

[0055] 初晶Si粒的等效圆直径以及个数,能够通过对于铝合金的截面的 $60.9\mu\text{m}\times 77.6\mu\text{m}$ (= $4726\mu\text{m}^2$ )的范围,使用FE-SEM/EDS进行观察来测定初晶Si粒的等效圆直径。再者,初晶Si粒仅由Si构成。

[0056] (共晶Si粒的平均粒径: $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $4\mu\text{m}$ 以下)

[0057] 如果共晶Si粒的平均粒径小于 $0.5\mu\text{m}$ ,则有可能耐磨性变得不充分。另一方面,若共晶Si粒的平均粒径超过 $4\mu\text{m}$ ,则具有过度的耐磨性,有可能增强对对象材料(例如轮胎、轴)的攻击性。因此,在本实施方式中,共晶Si粒的平均粒径被设定在 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $4\mu\text{m}$ 以下的范围内。另外,平均粒径是所观察到的共晶Si粒的等效圆直径的平均值。

[0058] (共晶Si粒的面积率为8%以上)

[0059] 如果共晶Si粒的面积率小于8%,则有可能耐磨性变得不充分。因此,在本实施方式中,共晶Si粒的面积率设为8%以上。共晶Si粒的面积率可以为15%以下。例如共晶Si粒的面积率可以为8.0~15.0%、9.0~14.0%、10.0~13.0%、11.0~12.0%。

[0060] 共晶Si粒的平均粒径以及面积率,与得到上述的初晶Si粒的等效圆直径的情况同样地,能够通过对于铝合金的截面的 $4726\mu\text{m}^2$ 的范围,使用FE-SEM/EDS进行观察来测定。共晶Si粒的面积率是所观察到的共晶Si粒的总面积相对于所观察到的截面的面积的比例。

[0061] (抗拉强度: $330\text{MPa}$ 以上且 $380\text{MPa}$ 以下、伸长率:8%以上且12%以下)

[0062] 本实施方式的车轮用铝合金,在 $25^\circ\text{C}$ 下的抗拉强度可以在 $330\text{MPa}$ 以上且 $380\text{MPa}$ 以下的范围内。另外,在 $25^\circ\text{C}$ 下的伸长率可以在8%以上且12%以下的范围内。抗拉强度以及伸长率是使用JIS 4号拉伸试样,依据JIS Z2241:2011(金属材料拉伸试验方法)的规定而测定出的值。上述抗拉强度也可以为 $340\text{MPa}$ 以上且 $370\text{MPa}$ 以下、 $350\text{MPa}$ 以上且 $360\text{MPa}$ 以下。上述伸长率也可以为8.5%以上且11.5%以下,也可以为9.0%以上且11.0%以下。

[0063] (纵弹性模量:77GPa以上)

[0064] 本实施方式的车轮用铝合金,在25℃下的纵弹性模量(杨氏模量)可以为77GPa以上。纵弹性模量可以为85GPa以下。纵弹性模量是采用对纵弹性模量测定用的试样机械地或电气地施予强制振动来测量共振频率(固有振动频率),并由该共振频率计算纵弹性模量的方法(共振法)来测定出的值。纵弹性模量可以为例如77.0GPa以上且85.0GPa以下、78.0GPa以上且84.0GPa以下、79.0GPa以上且83.0GPa以下、80.0GPa以上且82.0GPa以下。

[0065] (耐腐蚀性:在规定的条件下浸渍于试验溶液中时的腐蚀的进展深度小于1mm)

[0066] 本实施方式的车轮用铝合金,以负荷了相当于条件屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 的70%的应力的状态在液温90℃的试验溶液中浸渍10小时时的腐蚀的进展深度可以小于1mm。试验溶液是重铬酸钾浓度为3质量%、铬酸酐(无水铬酸)浓度为3.6质量%、氯化钠浓度为0.3质量%的水溶液。

[0067] <汽车的车轮>

[0068] 本实施方式的汽车的车轮,由前述的本实施方式的车轮用铝合金构成。即,本实施方式的车轮的Si、Cu、Mg、Mn、Fe和Cr等各添加元素的含量与前述的本实施方式的车轮用铝合金等同。另外,本实施方式的车轮的含有1质量%以上的Cu的结晶物、含Cr金属间化合物、初晶Si粒、共晶Si粒等析出物的含量,与前述的本实施方式的车轮用铝合金等同。本实施方式的汽车的车轮可以是锻造品。

[0069] 接着,对本实施方式的汽车的车轮的制造方法进行说明。

[0070] 图1是表示本发明的一实施方式涉及的汽车的车轮的制造方法的流程图。本实施方式的车轮的制造方法,如图1所示,具有:获得铝合金的熔液的熔液形成工序S01;通过将熔液进行铸造加工来获得铸造品的铸造工序S02;以及对铸造品进行锻造来获得锻造品的锻造工序S05。在铸造工序S02与锻造工序S05之间可以进行均匀化热处理(均质热处理)工序S03、切断工序S04。另外,在锻造工序S05之后可以进行固溶处理工序S06、淬火工序S07、时效处理工序S08、喷丸硬化(shot peening)工序S09。

[0071] (熔液形成工序S01)

[0072] 在熔液形成工序S01中,通过将作为Al源、Si源、Cu源、Mg源、Mn源、Fe源、Cr源的原料以成为形成上述的合金的组成的方式混合,并将所得到的混合物在任意地选择的温度下加热而使其熔化,来获得铝合金熔液。Al源、Si源、Cu源、Mg源、Mn源、Fe源和Cr源,分别可以为单一的金属材料,也可以为含有2种以上的金属的合金材料。在熔液形成中所使用的温度能够任意地选择。

[0073] (铸造工序S02)

[0074] 在铸造工序S02中,通过将在熔液形成工序S01中得到的铝合金熔液进行铸造加工,来获得铸造品(第1铸造品)。图2是表示在铸造工序S02中得到的铝合金(铸造品)的一例的立体图。如图2所示,在铸造工序S02中,优选得到圆柱状的铸造品10。铸造加工的方法没有特别限制。作为铸造加工的方法,例如能够使用连续铸造轧制法、热顶铸造法、浮法铸造(float casting)法、半连续铸造法(DC铸造法)等的作为铝合金的铸造方法从以往就被利用的公知的方法。通过该铸造工序,Mn形成包括Al-Mn-Si金属间化合物在内的微细的粒状的结晶物。另外,Fe形成Al-Fe-Si金属间化合物、Al-Cu-Fe金属间化合物、Al-Mn-Fe金属间化合物等的微细的结晶物。另外,Cr以Al-Fe-Cr金属间化合物等的微细的含Cr金属间化合

物的形式形成结晶物。

[0075] (均匀化热处理工序S03)

[0076] 在均匀化热处理工序S03中,对在铸造工序S02中得到的圆柱状的铸造品10进行均匀化热处理。通过该均匀化热处理,来消除在铸造时产生的添加元素的偏析而使组成均匀化,另外,使通过铸造时的凝固而产生的过饱和固溶体进行析出,而且使通过铸造时的凝固而形成的准稳定相向平衡相进行相变。均匀化热处理中的加热温度能够任意地选择,例如为420℃以上且500℃以下的范围内。根据需要可以为430℃以上且480℃以下、440℃以上且460℃以下等。

[0077] (切断工序S04)

[0078] 在切断工序S04中,将在均匀化热处理工序S03中实施了均匀化热处理的圆柱状的铸造品10切断成规定的尺寸,得到锻造用的铸造品。即,在切断工序S04中,通过沿着平面切断铸造品10,得到锻造用的铸造品。

[0079] (锻造工序S05)

[0080] 在锻造工序S05中,对在切断工序S04中得到的锻造用的铸造品进行锻造加工,得到所希望的形状的锻造品(第2铸造品;汽车的车轮)。锻造加工的方法可以使用热锻,也可以使用冷锻。热锻中的加热温度例如为350℃以上且450℃以下的范围内。根据需要可以为370℃以上且430℃以下、390℃以上且420℃以下等。

[0081] (固溶处理工序S06)

[0082] 在固溶处理工序S06中,对在锻造工序S05中得到的锻造品进行固溶处理。通过该固溶处理,来生成锻造品中的Si、Cu、Mg等元素再固溶于铝合金中的固溶状态。固溶处理中的加热温度能够任意地选择,例如为450℃以上且540℃以下的范围内。根据需要可以为470℃以上且530℃以下、490℃以上且510℃以下等。

[0083] (淬火工序S07)

[0084] 在淬火工序S07中,对在固溶处理工序S06中成为固溶状态的锻造品进行淬火处理。通过该淬火处理,将锻造品进行急冷,由此生成维持了固溶状态的过饱和固溶体。

[0085] 再者,在锻造工序S05中,通过热锻来进行锻造加工的情况下,也可以不进行固溶处理工序S06而进行利用热锻时的加热在锻造后原样地进行淬火的锻造淬火。作为淬火处理的例子,可列举水淬等。

[0086] (时效处理工序S08)

[0087] 在时效处理工序S08中,对在淬火处理工序S07中成为过饱和固溶体的锻造品进行时效处理。通过该时效处理,来对锻造品在低温下进行回火。通过该时效处理,在构成锻造品的铝合金中生成团簇(cluster),并以该团簇为核,Cu析出而生成G.P.区。另外,Mg与Si、Cu形成化合物而作为Q相析出。时效处理中的加热温度能够任意地选择,例如为150℃以上且220℃以下的范围内。根据需要可以为170℃以上且200℃以下、180℃以上且190℃以下等。加热时间能够任意地选择,例如,作为例子可列举0.5小时~20小时、1小时~16小时等。

[0088] (喷丸硬化工序S09)

[0089] 在喷丸硬化工序S09中,通过机械加工将在时效处理工序S08中进行了时效处理的锻造品进行切削后,进行喷丸硬化来对表面附近施以塑性加工,由此使疲劳强度提高。在使磨粒以高速碰撞合金表面的喷丸硬化中使用的磨粒的尺寸优选设为1mm以下。作为磨粒的

材料,能够使用例如不锈钢(例子:SUS304)、氧化铝等。另外,喷丸硬化的压力优选设为1MPa以下。

[0090] 采用以上的制造方法,能够制造汽车的车轮(锻造品)。

[0091] 具有以上那样的构成的本实施方式的汽车的车轮用铝合金,在上述的范围内含有Si、Cu、Mg、Mn、Fe、Cr的各添加元素,余量为Al以及不可避免的杂质,每 $1182\mu\text{m}^2$ 不含两个以上的含有1质量%以上的Cu且等效圆直径超过 $5\mu\text{m}$ 的结晶物,每 $1182\mu\text{m}^2$ 不含两个以上的长度为 $8\mu\text{m}$ 以上的含Cr金属间化合物,每 $4726\mu\text{m}^2$ 不含两个以上的等效圆直径超过 $10\mu\text{m}$ 的初晶Si粒,因此拉伸特性、纵弹性模量以及耐腐蚀性等特性提高。

[0092] 另外,在本实施方式的车轮用铝合金中,共晶Si粒的平均粒径在 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $4\mu\text{m}$ 以下的范围内、共晶Si粒的面积率为8%以上的情况下,拉伸特性和纵弹性模量更切实地提高。

[0093] 另外,本实施方式的车轮,由于采用上述的车轮用铝合金构成,因此拉伸特性、纵弹性模量以及耐腐蚀性等特性提高。

[0094] 再者,本发明并不必须限定于上述实施方式,能够在不脱离本发明的主旨的范围内实施各种变更。

[0095] 实施例

[0096] 接着,对本发明的具体实施例进行说明,但本发明并不特别限定于这些实施例。

[0097] <实施例1>

[0098] 通过加热包含Si源、Cu源、Mg源、Mn源、Cr源、Fe源和Al源的混合物,形成了以10.0质量%的比例含有Si、以0.9质量%的比例含有Cu、以0.3质量%的比例含有Mg、以0.5质量%的比例含有Mn、以0.02质量%的比例含有Cr、以0.20质量%的比例含有Fe,余量由Al构成的铝合金的熔液。接着,通过将所得到的熔液进行连续铸造加工,得到了直径为76mm、高度为1000mm的圆柱状的铸造品(第1铸造品)。对所得到的铸造品实施均匀化热处理之后,将铸造品进行空冷。接着,将铸造品切断为75mm的高度,得到锻造用的铸造品。通过对所得到的铸造品进行热锻,得到了车轮状的锻造品(第2铸造品)。对所得到的锻造品实施固溶处理之后,进行了水淬处理。接着,对水淬处理后的铸造品实施时效处理,得到了车轮用的锻造品。

[0099] <实施例2、3以及比较例1-12>

[0100] 除了将铝合金的Si、Cu、Mg、Mn、Cr、Fe的含量改变为表1中所示的比例以外,与实施例1同样地进行,得到了车轮用的锻造品。

[0101] 表1

	铝合金的组成 (质量%)						
	Si	Cu	Mg	Mn	Cr	Fe	Al
实施例1	10.0	0.9	0.3	0.5	0.02	0.20	余量
实施例2	11.5	1.2	0.6	0.6	0.03	0.28	余量
实施例3	8.2	0.7	0.2	0.3	0.01	0.12	余量
比较例1	13.0	0.9	0.3	0.5	0.02	0.20	余量
比较例2	7.3	0.9	0.3	0.5	0.02	0.20	余量
比较例3	10.0	0.5	0.3	0.5	0.02	0.20	余量
[0102] 比较例4	10.0	1.4	0.3	0.5	0.02	0.20	余量
比较例5	9.9	1.0	0.1	0.5	0.02	0.20	余量
比较例6	9.9	1.0	1.0	0.5	0.02	0.20	余量
比较例7	10.0	0.9	0.3	0.01	0.02	0.20	余量
比较例8	10.0	0.9	0.3	0.9	0.02	0.20	余量
比较例9	10.0	0.9	0.3	0.5	0.05	0.20	余量
比较例10	10.0	0.9	0.3	0.5	0.003	0.20	余量
比较例11	10.0	0.9	0.3	0.5	0.02	0.38	余量
比较例12	10.0	0.9	0.3	0.5	0.02	0.07	余量

[0103] [评价]

[0104] 对在实施例1~3以及比较例1~12中得到的车轮用的锻造品进行了以下的评价。

[0105] <组成>

[0106] 如以下那样测定了车轮用的锻造品的Si、Cu、Mg、Mn、Cr、Fe的各元素的含有率。使用盐酸和过氧化氢使车轮用的锻造品溶解。使用ICP发射光谱装置测定所得到的溶液中的各元素的含量,将其测定值换算为锻造品中的各元素的含有率。

[0107] 该测定的结果,在各实施例以及比较例中得到的锻造品的各元素的含有率分别与表1中所示的含有率相同。

[0108] <组织观察>

[0109] 如以下那样观察了车轮用的锻造品的组织。

[0110] 将车轮用的锻造品切出为 $2 \times 5 \times 10$ mm的尺寸,来制作了观察用试样。将观察用试样的与锻造方向平行的面进行观察面加工而作为观察面。使用FE-SEM/EDS,以放大倍率3000倍对观察用试样的观察面进行观察。使用EDS对观察视场( $30.47 \mu\text{m} \times 38.79 \mu\text{m} = 1182 \mu\text{m}^2$ )进行元素分析,来确定含有1质量%以上Cu的Cu系结晶物、以及含Cr金属间化合物。另外,设定为FE-SEM的放大倍率1500倍,对于FE-SEM的观察视场( $60.9 \mu\text{m} \times 77.6 \mu\text{m} = 4726 \mu\text{m}^2$ ),观察包含Si的晶粒的形状和尺寸,来确定初晶Si粒、共晶Si粒。关于Cu系结晶物,算出等效圆直径,求出“等效圆直径超过 $5 \mu\text{m}$ 的Cu系结晶物的个数”和“最大等效圆直径”。关于含Cr金属间化合物,算出长度,求出“长度为 $8 \mu\text{m}$ 以上的含Cr金属间化合物的个数”和“最大长度”。关于初晶Si粒,算出等效圆直径,求出“等效圆直径超过 $10 \mu\text{m}$ 的初晶Si粒的个数”和“最大等效圆直径”。关于共晶Si粒,计测150个共晶Si粒的粒径,算出“平均粒径”,求出观察视场中的共晶Si粒的占有率即“面积率”。

[0111] 将测定结果示于表2。

[0112] <耐腐蚀性>

[0113] 通过应力腐蚀开裂(SCC)试验来评价车轮用的锻造品的耐腐蚀性。

[0114] 将车轮用的锻造品切出为 $4 \times 2 \times 45\text{mm}$ 的尺寸,来制作了耐腐蚀性评价用试样。使用应变仪将耐腐蚀性评价用试样进行3点弯曲,以使得其被负荷与预先测定出的条件屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 的70%相当的应力。使进行了3点弯曲的耐腐蚀性评价用试样在液温 $90^\circ\text{C}$ 的试验溶液(重铬酸钾浓度为3质量%、铬酸酐浓度为3.6质量%、氯化钠浓度为0.3质量%的水溶液)中浸渍10小时。浸渍后,将耐腐蚀性评价用试样从试验溶液中取出,进行水洗后,进行干燥。使用光学显微镜观察干燥后的耐腐蚀性评价用试样,来检测有无裂纹的发生,在无裂纹的情况下测定腐蚀的进展深度。

[0115] 将测定结果示于表2。在表2中,关于耐腐蚀性的评价,将腐蚀的进展最大深度小于1mm的情况评价为“○(可)”,将腐蚀的进展最大深度为1mm以上的情况评价为“×(不可)”。

[0116] <拉伸特性(抗拉强度、断裂伸长率)>

[0117] 如以下那样测定了车轮用的锻造品的抗拉强度和伸长率。

[0118] 将车轮用的锻造品切出为 $10 \times 10 \times 70\text{mm}$ 的尺寸,来制作了JIS 14A号拉伸试样。对于所得到的JIS 14A号拉伸试样,按照JIS Z2241:2011(金属材料拉伸试验方法)的规定来进行拉伸试验,测定在 $25^\circ\text{C}$ 下的抗拉强度(MPa)和断裂伸长率(%)。

[0119] 将测定结果示于表2。在表2中,关于拉伸特性的评价,将抗拉强度为330MPa以上、且断裂伸长率为8%以上的情况评价为“○(可)”,将抗拉强度小于330MPa或伸长率小于8%的情况评价为“×(不可)”。

[0120] <纵向弹性(纵弹性模量)>

[0121] 如以下那样测定了车轮用的锻造品的纵弹性模量。

[0122] 将车轮用的锻造品切出为规定的尺寸,来制作了纵向弹性评价用试样。对于纵向弹性评价用试样,使用共振法来测定在 $25^\circ\text{C}$ 下的纵弹性模量(GPa)。将测定结果示于表2。在表2中,关于纵向弹性的评价,将纵弹性模量为77GPa以上的情况评价为“○(可)”,将纵弹性模量低于77GPa的情况评价为“×(不可)”。

[0123] <综合评价>

[0124] 耐腐蚀性、拉伸特性和纵向弹性全部为“○(可)”的试样,综合评价为合格(“○”),不论耐腐蚀性、拉伸特性和纵向弹性之中的哪项,凡是有“×(不可)”的试样,综合评价为不合格(“×”)。将其结果示于表2。

[0125]

表2

	Cu系结晶物		含Cr金属间化合物		初晶Si粒		共晶Si粒		拉伸特性			纵向弹性		综合评价
	等效圆直径超过5 $\mu\text{m}$ 的含Cu结晶物的个数(个数/1182 $\mu\text{m}^2$ )	最大等效圆直径( $\mu\text{m}$ )	长度为8 $\mu\text{m}$ 以上的含Cr金属间化合物的个数(个数/1182 $\mu\text{m}^2$ )	最大长度( $\mu\text{m}$ )	等效圆直径超过10 $\mu\text{m}$ 的初晶Si粒的个数(个数/4726 $\mu\text{m}^2$ )	最大等效圆直径( $\mu\text{m}$ )	平均粒径( $\mu\text{m}$ )	面积率(%)	抗拉强度(MPa)	伸长率(%)	评价	纵弹性模量(GPa)	评价	
实施例1	0	0.2	0	5.3	未检出		2.9	9.2	351	9.1	○	79.4	○	○
实施例2	0	0.4	0	4.7	未检出		2.7	9.4	362	8.6	○	80.5	○	○
实施例3	0	0.2	0	1.8	未检出		2.8	8.9	331	10.9	○	77.3	○	○
比较例1	0	0.2	0	3.3	2	18	2.8	9.3	350	6.6	×	83.0	○	×
比较例2	0	0.2	0	4.5	未检出		2.6	7.5	325	10.2	×	75.9	×	×
比较例3	0	0.1	0	3.9	未检出		2.7	9.1	319	10.3	×	78.1	○	×
比较例4	2	5.4	0	6.6	未检出		2.6	9.2	365	9.3	○	79.0	○	×
比较例5	0	0.3	0	5.0	未检出		2.8	9.0	314	9.7	×	77.0	○	×
比较例6	0	0.2	0	5.2	未检出		3.0	9.3	323	9.8	×	77.9	○	×
比较例7	0	0.3	0	3.6	未检出		2.5	9.2	302	10.1	×	76.3	○	×
比较例8	0	0.2	0	3.9	未检出		3.1	8.8	322	7.2	×	79.2	○	×
比较例9	0	0.2	2	8.8	未检出		2.9	9.1	305	8.1	×	78.7	○	×
比较例10	0	0.2	0	0.9	未检出		2.8	9.3	324	9.8	×	77.9	○	×
比较例11	0	0.4	0	9.3	未检出		3.0	8.9	323	6.4	×	80.1	○	×
比较例12	0	0.2	0	4.2	未检出		2.7	9.3	329	9.5	×	79.0	○	×

[0126] 由表2的结果确认到:Si、Cu、Mg、Mn、Fe、Cr的各添加元素的含量、含有1质量%以上的Cu的结晶物、含Cr金属间化合物、初晶Si粒、共晶Si粒等的析出物的含量都在本发明的范围内的实施例1~3的锻造品,在耐腐蚀性、拉伸特性和纵向弹性的全部项目中优异。与此相对,各添加元素的含量和/或析出物的混入量脱离本发明的范围的比较例1~12,耐腐蚀性、拉伸特性和纵向弹性之中的至少一项的特性不充分。

[0127] 产业上的可利用性

[0128] 本发明提供拉伸特性、纵弹性模量、耐腐蚀性提高了的汽车的汽车轮用铝合金以及

汽车的车轮。

[0129] 本发明涉及的汽车的车轮,抗拉强度和伸长率大,因此在被施加冲击时难以破坏。另外,本发明涉及的汽车的车轮,纵弹性模量大,难以变形,因此能够发挥轮胎的夹紧力。而且,本发明涉及的汽车的车轮,由于耐雨水腐蚀性优异,因此能够长期地使用。

[0130] 附图标记说明

[0131] 10铸造品

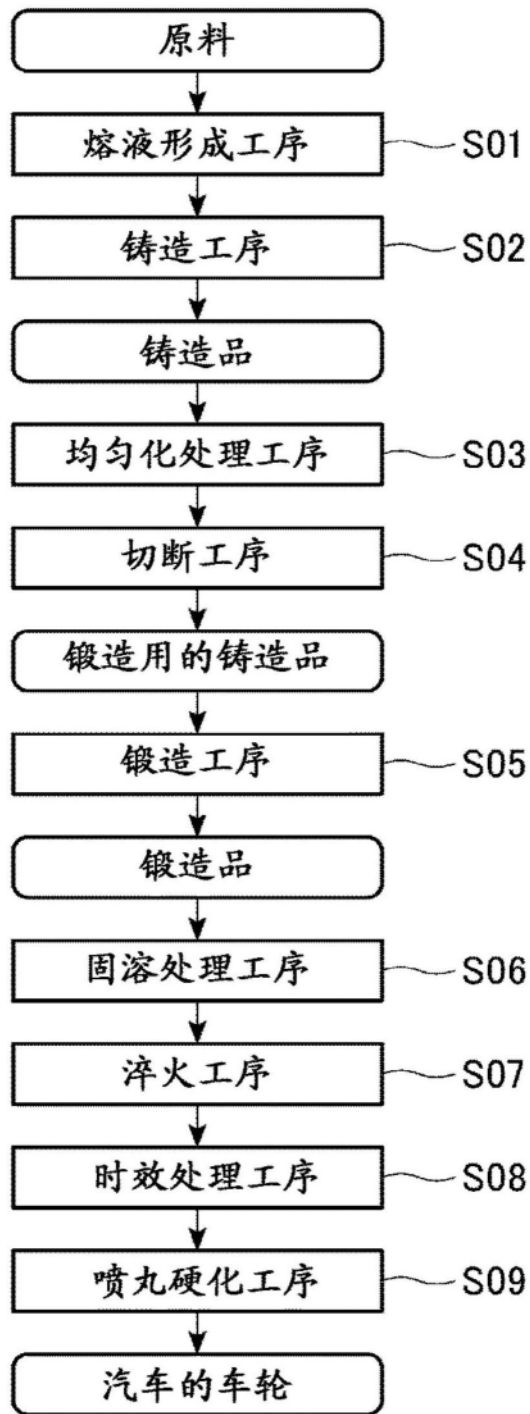


图1

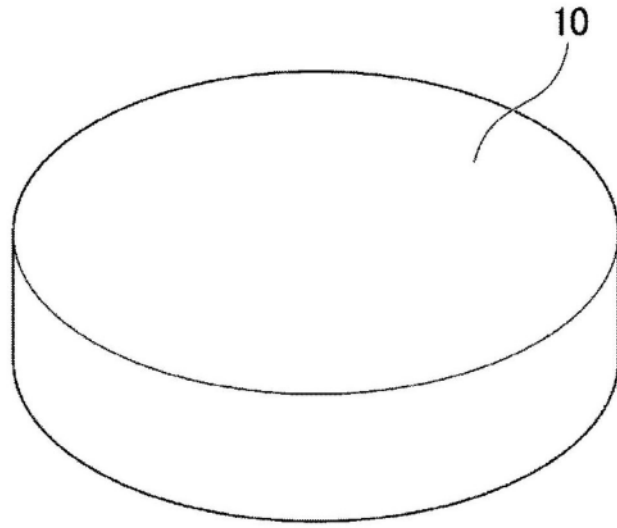


图2