



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102575323 B

(45) 授权公告日 2015. 01. 14

(21) 申请号 201080039995. 2

(22) 申请日 2010. 07. 27

(30) 优先权数据

2009-209590 2009. 09. 10 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 03. 08

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2010/004756 2010. 07. 27

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/030500 EN 2011. 03. 17

(73) 专利权人 日产自动车株式会社

地址 日本神奈川县

专利权人 日本轻金属株式会社

(72) 发明人 永石裕介 中川成幸 板仓浩二

甲藤晴康 铃木聪

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

务所(普通合伙) 11277

代理人 刘新宇 李茂家

(51) Int. Cl.

G22C 21/02(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1809647 A, 2006. 07. 26,

CN 101522935 A, 2009. 09. 02,

CN 101338395 A, 2009. 01. 07, 说明书第3页
倒数第2-10行.

审查员 李清燕

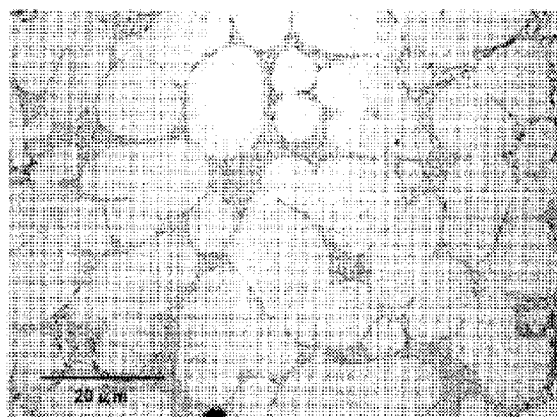
权利要求书1页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

铝合金铸件及其生产方法

(57) 摘要

提供一种铝合金铸件,其基本上由7.0至11.5质量% Si、0.9至4.0质量% Mg、0.1至0.65质量% Fe、0.1至0.8质量% Mn以及余量的Al和不可避免的杂质组成,或者基本上由7.0至11.5质量% Si、0.9至4.0质量% Mg、0.1至0.65质量% Fe、0.1至0.8质量% Mn、0.3至1.0质量% Cu以及余量的Al和不可避免的杂质组成,并且包含纵横比为2.0以下和平均粒径为1.0微米以下的共晶Si晶粒。还提供由所述铝合金铸件形成的汽车零部件以及所述铝合金铸件的生产方法。



1. 一种铝合金铸件,其由 7.0 至 11.5 质量% Si、0.9 至 4.0 质量% Mg、0.1 至 0.65 质量% Fe、0.1 至 0.8 质量% Mn 以及余量的 Al 和不可避免的杂质组成,并包含具有纵横比 2.0 以下和平均粒径 1.0 微米以下的共晶 Si 晶粒,所述不可避免的杂质包括 0.01 质量%以下的铈和 0.3 质量%以下的铜,所述铝合金铸件通过制备熔融铝合金,将所述熔融铝合金注入铸模,以及在所述铸模中在所述熔融铝合金的平均流速为 12m/s 以上的条件下铸造所述熔融铝合金来生产。

2. 一种铝合金铸件,其由 7.0 至 11.5 质量% Si、0.9 至 4.0 质量% Mg、0.1 至 0.65 质量% Fe、0.1 至 0.8 质量% Mn、0.3 至 1.0 质量% Cu 以及余量的 Al 和不可避免的杂质组成,并包含具有纵横比 2.0 以下和平均粒径 1.0 微米以下的共晶 Si 晶粒,所述不可避免的杂质包括 0.01 质量%以下的铈,所述铝合金铸件通过制备熔融铝合金,将所述熔融铝合金注入铸模,以及在所述铸模中在所述熔融铝合金的平均流速为 12m/s 以上的条件下铸造所述熔融铝合金来生产。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的铝合金铸件,其中所述 Si 的含量为 8.0 至 10.0 质量%;和所述 Mg 的含量为 1.0 至 4.0 质量%。

4. 一种汽车零件,其包括根据权利要求 1 至 3 任一项所述的铝合金铸件。

5. 一种生产根据权利要求 1 至 3 任一项所述的铝合金铸件的方法,其包括:

制备由 7.0 至 11.5 质量% Si、0.9 至 4.0 质量% Mg、0.1 至 0.65 质量% Fe、0.1 至 0.8 质量% Mn 以及余量的 Al 和包括 0.01 质量%以下的铈和 0.3 质量%以下的铜的不可避免的杂质组成或由 7.0 至 11.5 质量% Si、0.9 至 4.0 质量% Mg、0.1 至 0.65 质量% Fe、0.1 至 0.8 质量% Mn、0.3 至 1.0 质量% Cu 以及余量的 Al 和包括 0.01 质量%以下的铈的不可避免的杂质组成的熔融铝合金;以及

将所述熔融铝合金注入铸模中,从而在所述铸模中的所述熔融铝合金的平均流速为 12m/s 以上的条件下铸造所述熔融铝合金。

铝合金铸件及其生产方法

技术领域

[0001] 本发明涉及铝合金铸件及其生产方法。更具体地,本发明涉及一种具有预定的合金元素组合物并包含预定纵横比和大小的共晶 Si 晶粒的铝合金铸件、使用所述铝合金铸件的汽车零件和生产铝合金铸件的方法。

背景技术

[0002] 通常,铝合金以高形状挠性、高尺寸精度、高生产性以及能够形成薄厚度和能够一体化零件设计为特性,因而目前已用于汽车零件等广泛的用途,如活塞火焰零件 (body flame part)、车门内部零件、悬架零件等。对于汽车零件中铝合金的使用,提出向铝合金添加共晶改性的元素例如 Sr 或 Sb 以便修饰铝合金的共晶 Si 结构,从而改进铝合金的机械性能。

[0003] [引用列表]

[0004] [专利文献]

[0005] [专利文献 1] 日本专利 3255560 号

发明内容

[0006] 发明要解决的问题

[0007] 然而,存在此类共晶改性元素的添加引起气体进入铝合金中的量增加的趋势。这导致因铝合金中产生孔隙率而引起的铝合金机械性能劣化。

[0008] 因此,本发明的目的为提供能够实现优异的机械性能而不向其添加昂贵的共晶改性元素如 Sr、Sb、Ca、Na 等的铝合金铸件。本发明的另一目的为提供使用所述铝合金铸件的汽车零件 以及生产所述铝合金铸件的方法。

[0009] 用于解决问题的方案

[0010] 作为广泛研究的结果,本发明人已发现可生产其中共晶 Si 晶粒具有预定的纵横比和大小的铝合金铸件,以便通过在预定条件下铸造预定合金元素组合物的熔融铝合金而使铝合金铸件实现优异的机械性能。本发明以该发现为基础。

[0011] 根据本发明的第一方面,提供基本上由 7.0 至 11.5 质量% Si、0.9 至 4.0 质量% Mg、0.1 至 0.65 重量% Fe、0.1 至 0.8 质量% Mn 以及余量的 Al 和不可避免的杂质组成,并包含具有纵横比 2.0 以下和平均粒径 1.0 微米以下的共晶 Si 晶粒的铝合金铸件。

[0012] 根据本发明的第二方面,提供基本上由 7.0 至 11.5 质量% Si、0.9 至 4.0 质量% Mg、0.1 至 0.65 质量% Fe、0.1 至 0.8 质量% Mn、0.3 至 1.0 质量% Cu 以及余量的 Al 和不可避免的杂质组成,并包含具有纵横比 2.0 以下和平均粒径 1.0 微米以下的共晶 Si 晶粒的铝合金铸件。

[0013] 根据本发明的第三方面,提供使用该铝合金铸件的汽车零件。

[0014] 根据本发明的第四方面,提供生产该铝合金铸件的方法,其包括:制备基本上由 7.0 至 11.5 质量% Si、0.9 至 4.0 质量% Mg、0.1 至 0.65 质量% Fe、0.1 至 0.8 质量% Mn 以及余量的 Al 和不可避免的杂质组成或基本上由 7.0 至 11.5 质量% Si、0.9 至 4.0 质量% Mg、0.1

至 0.65 质量% Fe、0.1 至 0.8 质量% Mn、0.3 至 1.0 质量% Cu 以及余量的 Al 和不可避免的杂质组成的熔融铝合金；以及将所述熔融铝合金注入铸模 (casting mold) 中,从而在所述铸模中的所述熔融铝合金的平均流速为 12m/s 以上的条件下铸造所述熔融铝合金。

附图说明

[0015] 图 1 为示出根据实施例 1-4 的铝合金铸件的微结构的显微照片。

[0016] 图 2 为示出根据比较例 1-3 的铝合金铸件的微结构的显微照片。

[0017] 图 3 为示出铝合金铸件的 Mg 含量与伸长率 (elongation) 之间的相关性的图。

[0018] 图 4 为示出铝合金铸件的伸长率与 0.2% 屈服强度的相关性的图。

[0019] 具体实施方式

[0020] 以下将详细描述本发明的示例性实施方案。

[0021] 根据本发明的第一实施方案的铝合金铸件 (下文称作第一铝合金铸件) 基本上由 7.0 至 11.5 质量% Si、0.9 至 4.0 质量% Mg、0.1 至 0.65 质量% Fe、0.1 至 0.8 质量% Mn 以及余量的 Al 和不可避免的杂质组成,并包含具有纵横比 2.0 以下和平均粒径 1.0 微米以下的共晶 Si 晶粒。

[0022] 另一方面,根据本发明的第二实施方案的铝合金铸件 (下文称作第二铝合金铸件) 基本上由 7.0 至 11.5 质量% Si、0.9 至 4.0 质量% Mg、0.1 至 0.65 重量% Fe、0.1 至 0.8 质量% Mn、0.3 至 1.0 质量% Cu 以及余量的 Al 和不可避免的杂质组成,并包含具有纵横比 2.0 以下和平均粒径 1.0 微米以下的共晶 Si 晶粒。

[0023] 各第一和第二铝合金铸件可通过以下生产:熔融金属原材料如铝合金铸锭来制备上述特定的合金元素组合物的熔融铝合金,将该熔融铝合金注入铸模 (也称为模 (die)) 中,从而在铸模中的熔融铝合金的平均流速 (下文有时称作平均模内流速) 为 12m/s 以上的条件下铸造熔融铝合金。

[0024] 以下将解释第一和第二铝合金铸件的组成合金元素。

[0025] Si (硅) 具有改进铝合金的模铸造性 (die-castability) 的大的效果。当铝合金的 Si 含量小于 7.0 质量% 时,由于熔融铝合金的低流动性, Si 元素的铸造性改进效果变小。当铝合金的 Si 含量超过 11.5 质量% 时,所得铝合金铸件的韧度变低。因此,控制各第一和第二铝合金铸件的 Si 含量 (熔融铝合金的 Si 含量) 为 7.0 至 11.5 质量%。在把重点放在合金铸造性、强度和韧度上的情况下,优选控制各第一和第二铝合金铸件的 Si 含量 (熔融铝合金的 Si 含量) 为 8.0 至 10.0 质量%。

[0026] Mg (镁) 溶于铝合金的母相 (base phase) 并通过与 Si 化学结合形成 Mg_2Si 以便增加铝合金的强度。当铝合金的 Mg 含量小于 0.9 质量% 时, Mg 元素的强度改进效果变小。此外,铝合金铸件的共晶 Si 晶粒不能通过添加如此少量的 Mg 而有效地降低粒度。当以 0.9 质量% 以上的量包含 Mg 元素时, Mg 元素显示共晶 Si 晶粒的粒度减小效果。另一方面,当铝合金的 Mg 含量超过 4.0 质量% 时, Mg 元素的铸造性和强度改进效果变小。也不能有效地改进所得铝合金铸件的 0.2% 屈服强度。因此,将各第一和第二铝合金铸件的 Mg 含量 (熔融铝合金的 Mg 含量) 控制为 0.9 至 4.0 质量%。优选将各第一和第二铝合金铸件的 Mg 含量 (熔融铝合金的 Mg 含量) 控制为 1.0 至 4.0 质量% 以便更确信地保证上述效果。

[0027] Fe (铁) 在防止模铸造加工期间铝合金对模具的磨损 (siezing) 上是有效的。当

铝合金的 Fe 含量小于 0.1 质量%时,Fe 元素的防磨损效果变小。当铝合金的 Fe 含量超过 0.65 质量%时,随着铝合金铸件中针状 Al-Fe 金属间化合物的量的增加,铝合金铸件的韧度和伸长率变低。因此,将各第一和第二铝合金铸件的 Fe 含量(熔融铝合金的 Fe 含量)控制为 0.1 至 0.65 质量%。

[0028] Mn(锰)在防止模铸造期间铝合金对模具的磨损上也是有效的。当铝合金的 Mn 含量小于 0.1 质量%时,Mn 元素的防磨损效果变小。当铝合金的 Mn 含量超过 0.8 质量%时,由于在铝合金铸件中形成粗 Al-Mn 金属间化合物或 Al-Fe-Mn 金属间化合物,铝合金铸件的韧度和伸长率变低。因此,将各第一和第二铝合金铸件的 Mn 含量(熔融铝合金的 Mn 含量)控制为 0.1 至 0.8 质量%。

[0029] Cu(铜)具有进一步增加铝合金强度的效果。当铝合金的 Cu 含量小于 0.3 质量%时,Cu 元素的强度改进效果变小。当铝合金的 Cu 含量超过 1.0 质量%时,铝合金铸件的韧度和耐腐蚀性变低。因此,控制第二铝合金铸件的 Cu 含量为 0.3 至 1.0 质量%。

[0030] 为了材料再循环的目的,通常是这样的情况:退料(return material)在使用中与铸造合金锭混合。因此,在各第一和第二铝合金铸件中,包含除 Al 和上述合金元素以外的某些元素作为不可避免的杂质。

[0031] 作为第一铝合金铸件的不可避免的杂质,可例举 Cu、P(磷)、Zn(锌)、Sn(锡)、Pb(铅)、Ni(镍)、Cr(铬)、Ti(钛)、B(硼)、Zr(锆)、Sr(锶)、Sb(锑)、Ca(钙)和 Na(钠)。这里,当第一铝合金铸件(熔融铝合金)具有 Sr 含量 0.003 质量%以下、Sb 含量 0.01 质量%以下、Ca 含量 0.003 质量%以下和 Na 含量 0.001 质量%以下时,Sr、Sb、Ca 和 Na 元素被认为是不可避免的杂质;当第一铝合金铸件(熔融铝合金)具有 Cu 含量 0.3 质量%以下时,Cu 元素被认为是不可避免的杂质。

[0032] 作为第二铝合金铸件的不可避免的杂质,可例举 P、Zn、Sn、Pb、Ni、Cr、Ti、B、Zr、Sr、Sb、Ca 和 Na。如第一铝合金铸件的情况一样,当第二铝合金铸件(熔融铝合金)具有 Sr 含量 0.003 质量%以下、Sb 含量 0.01 质量%以下、Ca 含量 0.003 质量%以下和 Na 含量 0.001 质量%以下时,Sr、Sb、Ca 和 Na 元素被认为是不可避免的杂质。

[0033] 由于共晶 Si 晶粒的粒度减小可被铝合金中 P 的存在所干扰,因此优选各第一和第二铝合金铸件(熔融铝合金)具有 P 含量 0.004 质量%以下。

[0034] 由于大量 Ti、Zr、B 的添加可导致粗金属间化合物的形成并引起铝合金铸件韧度的劣化,因此还优选各第一和第二铝合金铸件(熔融铝合金)具有 Ti 含量 0.25 质量%以下、Zr 含量 0.25 质量%以下和 B 含量 0.02 质量%以下。

[0035] 考虑到实际应用,进一步优选各第一和第二铝合金铸件(熔融铝合金)具有 Zn 含量 0.8 质量%以下、Sn 含量 0.1 质量%以下、Pb 含量 0.1 质量%以下、Ni 含量 0.1 质量%以下和 Cr 含量 0.5 质量%以下。

[0036] 铝合金铸件不可避免的杂质不限于上述元素。在第一和第二铝合金铸件二者之一中包含除上述杂质元素以外的任何一种或多种元素作为不可避免的杂质的情况下,优选控制这些其他杂质元素中的每一种的含量为 0.05 质量%以下并控制这些其他杂质元素的总量为 0.5 质量%以下。

[0037] 在各第一和第二铝合金铸件中,如上所述,共晶 Si 晶粒具有纵横比 2.0 以下和平均粒径 1.0 微米以下。当共晶 Si 晶粒的纵横比超过 2.0 时,并当共晶 Si 晶粒的平均粒径

超过 1.0 微米时,铝合金铸件不能获得期望的性能。在本发明中,将共晶 Si 晶粒的纵横比定义为晶粒的长径(长)与短径(宽)的比,并通过以下测定,例如采集铝合金铸件特定区域的金属结构的显微照片,在显微照片上观察 10 个不同视野(视野大小:0.087mm 乘以 0.063mm),计算各视野中共晶 Si 晶粒的纵横比,然后获得所计算的纵横比的平均值。此外,共晶 Si 晶粒的平均粒径由以下来测定:例如采集铝合金铸件特定区域的金属结构的显微照片,在显微照片上观察 10 个不同视野(视野大小:0.087mm 乘以 0.063mm),借助图像分析设备计算各视野中共晶 Si 晶粒的当量圆直径,然后获得所计算的晶粒直径的平均值。

[0038] 优选地,各第一和第二铝合金铸件可通过以下来生产:在例如 650 至 750 摄氏度下熔融包含 Al 和上述合金元素的金属原材料,在铸造压力 30 至 70MPa、熔融金属注入速度 1.0 至 4.0m/s 和真空度 100mbar 以下的条件下将熔融铝合金铸入铸模。采用如此高的真空模铸造加工使其可以减少气体进入铝合金铸件以及铝合金铸件中孔隙率的产生。此外,铝合金铸件的共晶 Si 晶粒可通过在真空模铸造加工期间控制熔融铝合金的平均模内流速为 12m/s 以上来有效地减小粒度并使其粒度更加细化。

[0039] 第一和第二铝合金铸件二者均适用于需要高强度和高韧度的汽车零件例如活塞火焰零件、车门内部零件、悬架零件等。汽车零件可仅由第一和第二铝合金铸件二者之一生产。任选地,汽车零件可由第一或第二铝合金铸件与任意其他材料的结构组件的组合来生产。在其他结构组件的材料在铸造条件下是稳定的情况下,可以在其他结构组件置于铸模的状态下,通过在铸模中铸造铝合金来生产汽车零件。

[0040] 以下将参考以下实施例更详细描述本发明。然而,应注意的是,以下实施例仅为说明性的并不意于限制本发明。

[0041] 实施例 1-1 至 1-4、实施例 2-1 至 2-6、实施例 3-1 至 3-3、比较例 1-1 至 1-8、比较例 2-1 至 2-6 和比较例 3-1 至 3-2 的试样的生产和评价通过以下步骤进行。

[0042] 在各实施例中,熔融金属原材料以制备具有铝和示于表 1 的合金元素的组合物的熔融铝合金。熔融铝合金的温度控制在 690 至 750 摄氏度。然后在铸造压力 60MPa、熔融金属注入速度 1.6m/s 和真空度 50mbar 以下的条件下使用 350-t 高真空模铸造机将熔融铝合金注入铸模中。用该方法获得 110mm 长、110mm 宽和 3.5mm 或 5mm 厚的板状铝合金铸件。此处,在各实施例中,铝合金铸件的 Sr、Na、Ca 和 Sb 含量分别为小于 0.001 质量%、小于 0.0005 质量%、0.001 质量%和小于 0.001 质量%。此外,根据以下等式确定熔融铝合金的平均模内流速。

[0043] [等式 1]

[0044]

平均模内流速(m/s)

$$= \frac{[\text{注入速度 (m/s)}] \times [\text{套管截面积 (mm}^2\text{)}]}{[\text{产品截面积 (mm}^2\text{)}]}$$

[0045] 以其原样将生产的铝合金铸件用作试样。因此,根据 JISH0001,试样的加热符号为 F。

[0046] 用显微镜观察各铝合金铸件的微结构以检测铝合金铸件的共晶 Si 晶粒的粒度减小。此处,在铝合金铸件的中心、大厚度部分进行共晶 Si 晶粒的观察。基于显微镜观察结果测定共晶 Si 晶粒的纵横比和平均粒径。认为当共晶 Si 晶粒的粒度小于或等于 1 微米时共晶 Si 晶粒发生粒度减小,而当共晶 Si 晶粒的粒度大于 1 微米时共晶 Si 晶粒不发生粒度减小。

[0047] 实施例 1-1 至 1-4、2-1 至 2-6 和 3-1 至 3-3 以及比较例 1-1 至 1-8、2-1 至 2-6 和 3-1 至 3-2 的铝合金铸件的组成、熔融铝合金的平均模内流速以及共晶 Si 晶粒的纵横比和平均粒径示于表 1 中 2。在表 2 中，○表示发生共晶 Si 晶粒的粒度减小；×表示未发生共晶 Si 晶粒的粒度减小。

[0048] [表 1]

[0049]

	合金元素 (质量 %)					备注	
	Si	Mg	Fe	Mn	Cu		
实施例 1-1	9.6	1.05	0.41	0.42	<0.01		
实施例 1-2	9.8	1.41	0.41	0.44	<0.01		
实施例 1-3	9.6	0.90	0.41	0.38	<0.01		
实施例 1-4	9.8	1.74	0.41	0.44	<0.01		
比较例 1-1	9.6	0.39	0.41	0.4	<0.01		
比较例 1-2	9.6	0.45	0.41	0.4	<0.01		
比较例 1-3	9.5	0.73	0.42	0.4	<0.01		
比较例 1-4	9.5	0.7	0.39	0.4	<0.01		
比较例 1-5	9.5	0.92	0.39	0.42	<0.01		
比较例 1-6	9.6	1.21	0.4	0.42	<0.01		
比较例 1-7	9.6	1.62	0.39	0.42	<0.01		
比较例 1-8	9.6	1.95	0.4	0.43	<0.01		
实施例 2-1	7.3	1.43	0.56	0.55	<0.01		
实施例 2-2	8.3	1.5	0.35	0.35	<0.01		
实施例 2-3	11.1	1.05	0.29	0.35	<0.01		
实施例 2-4	8.1	3.6	0.34	0.33	<0.01		
实施例 2-5	9.7	1.10	0.18	0.78	<0.01		
实施例 2-6	9.8	1.09	0.64	0.18	<0.01		
比较例 2-1	7.2	0.4	0.52	0.53	<0.01		
比较例 2-2	7.2	1.44	0.56	0.55	<0.01		
比较例 2-3	11.7	0.85	0.61	0.65	<0.01		
比较例 2-4	6.5	1.41	0.58	0.56	<0.01		
比较例 2-5	9.8	4.5	0.35	0.36	<0.01		
比较例 2-6	9.9	1.14	0.87	0.86	<0.01		
实施例 3-1	9.5	1.11	0.36	0.36	0.4	含 Cu 样品	
实施例 3-2	9.6	1.13	0.45	0.45	0.9		
实施例 3-3	8.5	3.2	0.32	0.32	0.5		
比较例 3-1	9.8	1.19	0.46	0.49	0.9		
比较例 3-2	8.5	3.3	0.32	0.32	0.5		

[0050] [表 2]

[0051]

	平均模内流速 (m/s)	共晶 Si 晶粒		
		纵横比	平均粒径 (μm)	粒径减小
实施例 1-1	12.2	1.3	0.7	○
实施例 1-2	12.1	1.2	0.65	○
实施例 1-3	12.0	1.4	0.63	○
实施例 1-4	12.1	1.5	0.55	○
比较例 1-1	11.9	5.3	4.2	×
比较例 1-2	11.8	4.8	3.5	×
比较例 1-3	12.0	3.9	2.8	×
比较例 1-4	8.2	6.3	7.3	×
比较例 1-5	8.2	5.3	6.2	×
比较例 1-6	8.0	5.9	6.8	×
比较例 1-7	8.1	4.8	5.5	×
比较例 1-8	7.9	4.9	6.2	×
实施例 2-1	12.1	1.2	0.60	○
实施例 2-2	12.2	1.4	0.65	○
实施例 2-3	12.5	1.7	0.85	○
实施例 2-4	12.2	1.4	0.66	○
实施例 2-5	12.2	1.4	0.71	○
实施例 2-6	12.2	1.5	0.72	○
比较例 2-1	12.0	3.6	2.5	×
比较例 2-2	7.8	4.0	2.8	×
比较例 2-3	12.4	5.8	4.0	×
比较例 2-4	12.0	1.2	0.61	○
比较例 2-5	12.3	1.8	0.91	○
比较例 2-6	12.1	1.6	0.75	○
实施例 3-1	12.0	1.3	0.67	○
实施例 3-2	12.1	1.4	0.69	○
实施例 3-3	12.2	1.4	0.68	○
比较例 3-1	8.3	5.4	6.0	×
比较例 3-2	7.7	3.8	3.5	×

[0052] 此外,根据 JIS Z 2201 将铝合金铸件加工成 14B 号试验片。根据 JIS Z 2241 对各试验片进行拉伸试验以测定铝合金铸件断裂时的拉伸强度、0.2%屈服强度和伸长率。更具体地,由断裂时的载荷和试验片的平行部分的原始截面积来测定拉伸强度。通过参考应力-应变曲线使用伸长计 (extensometer) 测定 0.2%应变下的应力,由 0.2%应变下的应力和试验片的截面积确定 0.2%屈服强度。此外,通过用 40mm 标距 (gauge length) 的所谓的对接法 (butt method) 测定断裂时的伸长率。(对接法是用于测定样品断裂时的伸长率的方法,其基于试验前预先设置在样品上的两个量规 (gauge) 标记间的距离和通过试验后

将样品断端放回一起测定的两个量规标记间的距离来测定。)

[0053] 实施例 1-1 至 1-4、2-1 至 2-6 和 3-1 至 3-3 以及比较例 1-1 至 1-8、2-1 至 2-6 和 3-1 至 3-2 的拉伸试验结果示于表 3。

[0054] [表 3]

[0055]

	机械性能		
	拉伸强度 (MPa)	0.2% 屈服应力 (MPa)	伸长率 (%)
实施例 1-1	330	196	8
实施例 1-2	335	201	7.2
实施例 1-3	329	190	8.3
实施例 1-4	339	208	6.8
比较例 1-1	291	150	11
比较例 1-2	295	157	10.5
比较例 1-3	311	174	8.7
比较例 1-4	303	162	5.6
比较例 1-5	313	170	5.7
比较例 1-6	312	184	3.8
比较例 1-7	331	197	3.2
比较例 1-8	319	203	2.8
实施例 2-1	322	190	8.9
实施例 2-2	330	195	8.1
实施例 2-3	332	203	6.2
实施例 2-4	342	240	5.3
实施例 2-5	328	198	7.2
实施例 2-6	325	197	6.8
比较例 2-1	285	126	13.3
比较例 2-2	301	170	6.1
比较例 2-3	315	185	3.2
比较例 2-4	310	176	7.8
比较例 2-5	335	237	2.8
比较例 2-6	313	199	3.0
实施例 3-1	335	201	7.5
实施例 3-2	340	215	6.7
实施例 3-3	343	238	5.4
比较例 3-1	333	199	3.8
比较例 3-2	334	226	2.6

[0056] 图 1 示出实施例 1-4 的铝合金铸件的显微照片。如图 1 所示,实施例 1-4 的铝合金铸件的共晶 Si 晶粒具有与其中添加共晶改性元素如 Sr 的那些相似的非常精细的微结构。尽管未具体显示,实施例 1-1 至 1-3、2-1 至 2-6 和 3-1 至 3-3 的铝合金铸件的共晶 Si

晶粒与实施例 1-4 的情况一样,也具有非常精细的微结构。在各实施例 1-1 至 1-4、2-1 至 2-6 和 3-1 至 3-3 中,共晶 Si 晶粒的粒度减小并精细到 0.55 至 0.85 微米的非常小的平均粒径,由此铝合金铸件具有高强度和高韧度的金属结构。

[0057] 图 2 示出比较例 1-3 的铝合金铸件的显微照片。如图 2 所示,比较例 1-3 的铝合金铸件的共晶 Si 晶粒具有通常的针状结构。类似地,比较例 1-1 至 1-2、1-4 至 1-8、2-1 至 2-6 和 3-1 至 3-2 的铝合金铸件的共晶 Si 晶粒具有通常的针状结构。在比较例 1-1 至 1-8、2-1 至 2-6 和 3-1 至 3-2 中,共晶 Si 晶粒具有 2.5 至 7.3 微米的大平均粒径,并且粒度不减小也未更精细,以致铝合金铸件的韧度和延性 (ductility) 低于实施例 1-1 至 1-4、2-1 至 2-6 和 3-1 至 3-3 的韧度和延性。在比较例 2-4 中,即使共晶 Si 晶粒具有 0.61 微米的非常小的平均粒径,但由于小于 7.0 质量%的低 Si 含量,铝合金铸件的 0.2% 屈服强度也是低的。在比较例 2-5 中,即使共晶 Si 晶粒具有 0.91 微米的非常小的平均粒径,但由于超过 4.0 质量%的高 Mg 含量,铝合金铸件的延性也是低的。在比较例 2-6 中,即使共晶 Si 晶粒具有 0.75 微米的非常小的平均粒径,但由于超过 0.65 质量%的高 Fe 含量和超过 0.8 质量%的高 Mn 含量,铝合金铸件的延性也是低的。

[0058] 因此,如表 3 所示,与比较例 1-1 至 1-8、2-1 至 2-6 和 3-1 至 3-2 的韧度和延性相比,实施例 1-1 至 1-4、2-1 至 2-6 和 3-1 至 3-3 的铝合金铸件显示更加改进的韧度和延性。

[0059] 基于实施例 1-1 至 1-4 和比较例 1-1 至 1-8 的试验结果,图 3 示出了铝合金铸件的 Mg 含量和静态拉伸伸长率之间的关系。在比较例 1-4 至 1-8 中,熔融铝合金的平均模内流速低,铝合金铸件具有小于 6%的低伸长率,并显示随着 Mg 含量的增加伸长率降低的趋势。这被认为:因为通过未溶解的 Mg 和 Si 的化学结合而形成 Mg_2Si 并且通过在 Al 中溶解 Mg 而强化 Al 母相,导致铝合金铸件的伸长率随着铝合金强度的增加而降低。在实施例 1-1 至 1-4 和比较例 1-1 至 1-3 中,熔融铝合金的平均模内流速高,铝合金铸件具有较高的伸长率并也显示随着 Mg 含量的增加伸长率降低的趋势。然而,在 0.9 质量%的 Mg 含量时存在拐点。在精细的共晶 Si 范围中,Mg 含量高于或等于 0.9 质量%,伸长率的降低量减小。这被认为:因为共晶 Si 晶粒的粒度减小导致延迟了断裂时铝合金铸件的伸长率随着铝合金铸件中破裂的发展而增加。

[0060] 基于实施例 1-1 至 1-4 和比较例 1-1 至 1-8 的试验结果,图 4 示出铝合金铸件的伸长率与 0.2% 屈服强度的关系。与共晶 Si 晶粒的粒度未减小和未变得更精细的比较例 1-1 至 1-8 的那些相比,共晶 Si 晶粒粒度减小并变得更加精细的实施例 1-1 至 1-4 的铝合金铸件具有 0.2% 屈服强度和延性间良好的平衡。各实施例 1-1 至 1-4 的铝合金铸件实现了供汽车零件所需的 190MPa 以上的 0.2% 屈服强度和 5.0% 以上的伸长率。

[0061] 因此已显示出,实施例 1-1 至 1-4、2-1 至 2-6 和 3-1 至 3-3 的铝合金铸件具有优异的机械性能如高强度和高韧度。

[0062] 如上所述,根据本发明可通过在预定条件下铸造预定合金组合物的熔融铝合金来生产实现优异机械性能,而不向其添加昂贵的共晶改性元素的铝合金铸件。

[0063] 尽管已参考具体实施方案描述了本发明,但本发明不受限于上述实施方案。本领域技术人员将根据上述教导对上述实施方案进行各种修饰和变化。本发明的范围参考以下权利要求来限定。

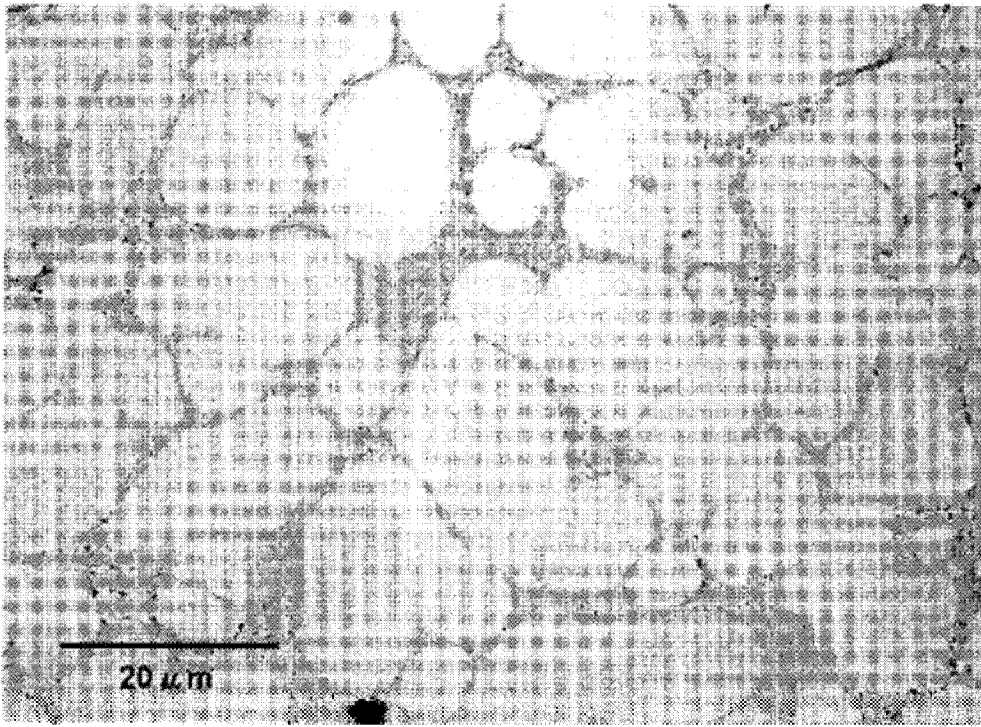


图 1

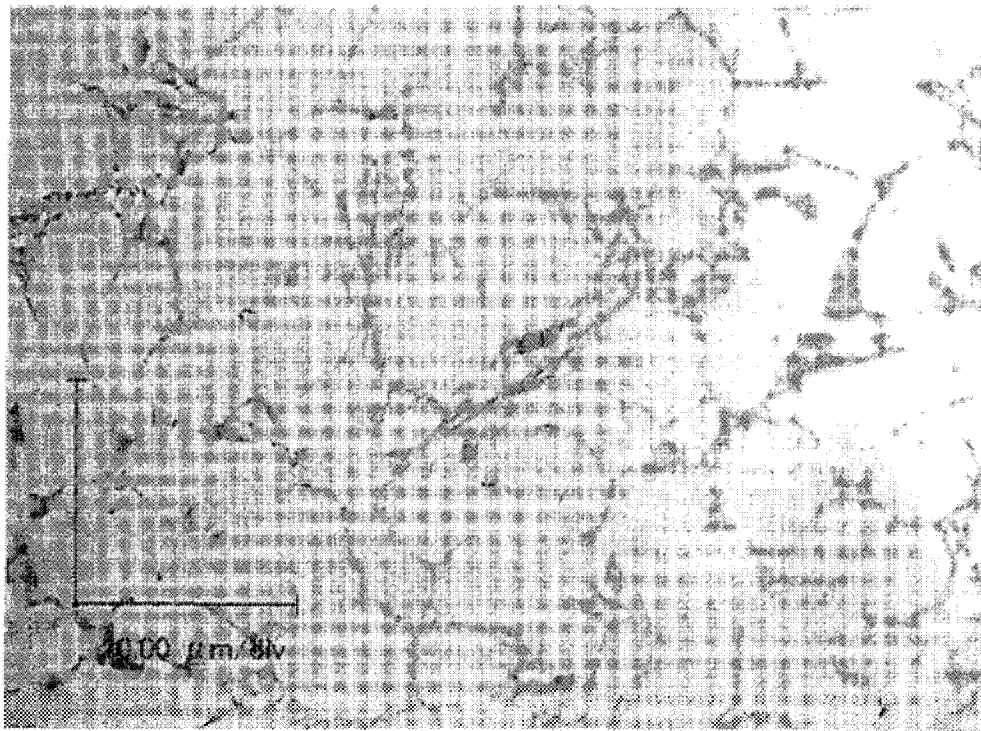


图 2

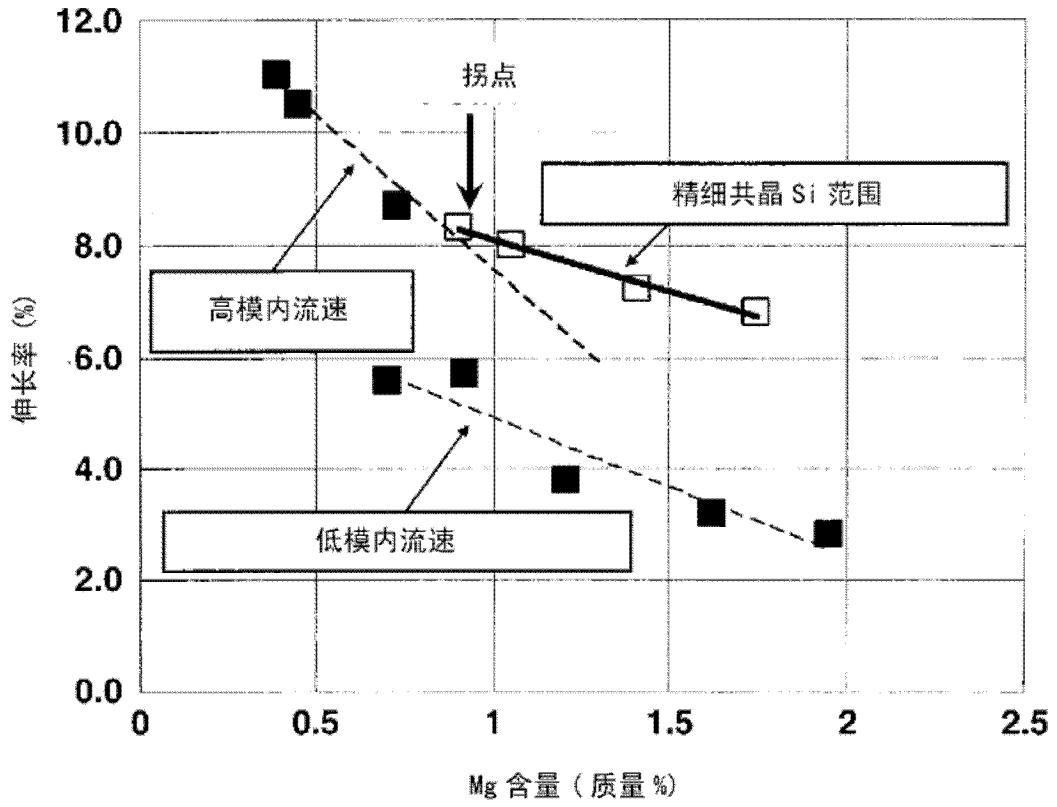


图 3

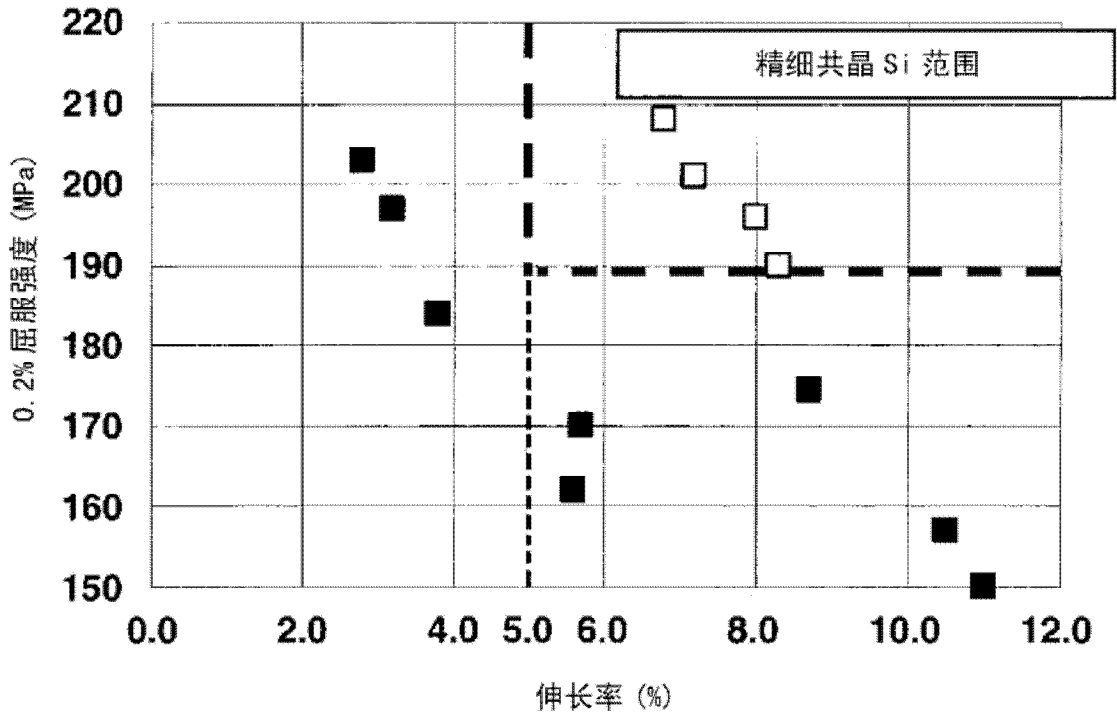


图 4