

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
C22C 21/00 (2006.01)
C22F 1/06 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610098345.0

[45] 授权公告日 2009年1月21日

[11] 授权公告号 CN 100453671C

[22] 申请日 2006.12.12

[21] 申请号 200610098345.0

[73] 专利权人 苏州有色金属加工研究院

地址 215021 江苏省苏州市工业园区沈浒路200号

[72] 发明人 纪艳丽 潘琰峰 郭富安

[56] 参考文献

CN1382820A 2002.12.4

JP2002-538305A 2002.11.12

US5919323A 1999.7.6

JP2001-342577A 2001.12.14

CN1570174A 2005.1.26

JP6-272000A 1994.9.27

审查员 孙玉静

[74] 专利代理机构 南京苏科专利代理有限责任公司

代理人 陈忠辉 姚姣阳

权利要求书1页 说明书6页

[54] 发明名称

一种汽车用 Al-Mg-Si-Cu 合金及其加工工艺

[57] 摘要

本发明涉及汽车用 Al-Mg-Si-Cu 合金及其加工工艺，该合金中的 Mg: 0.4~2wt%，Si: 0.5~1.5wt%，Cu: 0.01~0.5wt%，Fe: 0.05~0.15wt%，Mn: 0.01~0.1wt%，Cr: 0~0.15wt%，Zn: 0~0.30wt%；其加工工艺：将熔铸得到的铸锭在 450~600℃ 下均匀化退火 10~20 小时，然后在 400~550℃ 下保温 1~2 小时后进行热轧；热轧结束后，板材在 280~560℃ 保温退火 1~2 小时，接着进行冷轧；冷轧结束后，在 530~580℃ 之间保温 1~2 小时进行固溶处理。该铝合金具有优良的屈服、抗拉强度、延伸率等特性，是良好的汽车用材料。

1. 一种汽车用 Al-Mg-Si-Cu 合金，其特征在于：其成分的质量百分含量如下——

Mg	0.4~2wt%，
Si	0.5~1.5 wt%，
Cu	0.01~0.5 wt%，
Fe	0.05~0.15 wt%，
Mn	0.01~0.1 wt%，
Cr	0~0.15 wt%，
Zn	0~0.30 wt%，
Al	余量；

合金的 Si 含量与 Mg 含量之比为 1.6~2.2: 1 。

2. 根据权利要求 1 所述的一种汽车用 Al-Mg-Si-Cu 合金，其特征在于：所述合金 T4 状态的屈服强度在 140 MPa 以下，延伸率在 27% 以上；烤漆后，屈服强度在 160 MPa 以上，抗拉强度在 280 MPa 以上。

3. 权利要求 1 所述的一种汽车用 Al-Mg-Si-Cu 合金的加工工艺，其特征在于：将熔炼铸造得到的铸锭在 450~600℃ 下均匀化退火 10~20 小时，然后在 400~550℃ 下保温 1~2 小时后进行热轧；热轧结束后，板材在 280~560℃ 之间保温退火 1~2 小时，接着进行冷轧；冷轧结束后，在 530~580℃ 之间保温 1~2 小时进行固溶处理。

一种汽车用 Al-Mg-Si-Cu 合金及其加工工艺

技术领域

本发明涉及一种铝合金，尤其涉及一种汽车用 Al-Mg-Si-Cu 合金及其加工工艺，属于有色金属技术领域。

背景技术

当今社会发展中，能源、环保、安全成为世界汽车工业面临的三大课题。减轻汽车自重可以降低能耗、减少环境污染、提高汽车燃油的经济性、节约有限资源等，是各大汽车制造商关注的焦点。

目前国外开发出了多种牌号的汽车用铝合金，比如 6111、6016 等，并且这些合金在 Ford、Audi 等多种车型中得到了应用。对于汽车用 6xxx 系铝合金来说，一般需要在 T4 状态（固溶后，自然时效一个月）下冲压成形，因此需要材料有较低的屈服强度（小于 140 MPa）和较好的塑性（延伸率大于 24%），以利于成形。而在烤漆后，应具有较高的强度。国内虽对汽车用 6xxx（Al-Mg-Si-Cu）系铝合金有研究，但还尚未有兼顾强度和塑性的汽车用 6xxx 铝合金及其加工工艺。

因此，兼有成型性佳、耐腐蚀及可焊接、可热处理强化的 Al-Mg-Si-(Cu) 系合金将是最有前景的汽车材料。

发明内容

本发明的目的是提供一种汽车用 Al-Mg-Si-Cu 合金及其加工工艺，旨在有效解决目前国内铝合金的强度和塑性不满足汽车生产之要求。本发明铝合金的抗拉强度、屈服强度、塑性等特性均能较好地满足汽车工业领域对铝合金材料性能的诸多要求。

本发明的目的通过以下技术方案来实现：

一种汽车用 Al-Mg-Si-Cu 合金，其特征在于：其成分的质量百分含量如下——

Mg	0.4~2wt%，
Si	0.5~1.5 wt%，
Cu	0.01~0.5 wt%，
Fe	0.05~0.15 wt%，
Mn	0.01~0.1 wt%，
Cr	0~0.15 wt%，
Zn	0~0.30 wt%，

该 Al-Mg-Si-Cu 合金其余组分为 Al。

进一步地，上述的一种汽车用 Al-Mg-Si-Cu 合金，其中合金的 Si 含量与 Mg 含量之比为 1.6~2.2: 1。

更进一步地，上述的一种汽车用 Al-Mg-Si-Cu 合金，所述铝合金 T4 状态的屈服强度在 140 MPa 以下，延伸率在 27% 以上；烤漆后，屈服强度在 160 MPa 以上，抗拉强度在 280 MPa 以上。

再进一步地，上述的一种汽车用 Al-Mg-Si-Cu 合金的加工工艺，将熔炼铸造得到的铸锭在 450~600℃ 下均匀化退火 10~20 小时，然后在 400~550℃ 下保温 1~2 小时后进行热轧；热轧结束后，板材在 280~560℃ 之间保温退火 1~2 小时，接着进行冷轧；冷轧结束后，在 530~580℃ 之间保温 1~2 小时进行固溶处理。

本发明技术方案的突出的实质性特点和显著的进步主要体现在：

① 本发明技术方案合理控制合金中 Mg、Si、Cu 含量及 Si/Mg 比，并通过控制加工过程的工艺参数，使合金兼顾塑性和强度；

② 本发明 Al-Mg-Si-Cu 合金，在 T4 状态具有较低的屈服强度，较高的塑性，以利于成形，而烤漆后具有较高的强度，较好的满足了汽车用铝合金的需求。

具体实施方式

一种汽车用 Al-Mg-Si-Cu 合金, 该合金中的 Mg: 0.4~2wt%, Si: 0.5~1.5 wt%, Cu: 0.01~0.5 wt%, Fe: 0.05~0.15 wt%, Mn: 0.01~0.1 wt%, Cr: 0~0.15 wt%, Zn: 0~0.30 wt%。其中合金的 Si 含量与 Mg 含量之比优选 1.6~2.2: 1, Si 与 Mg 理想比值为 2。铝合金 T4 状态的屈服强度在 140 MPa 以下, 延伸率在 27% 以上; 烤漆后, 屈服强度在 160 MPa 以上, 抗拉强度在 280 MPa 以上。

6xxx 系合金以 T4 (固溶淬火+自然时效) 状态存在, 具有较低的屈服强度, 从而具有良好的成型性能, 产品在最后的烤漆过程 (170~180°C × 30 分钟) 中通过时效强化获得强度和抗凹陷性的良好组合。6xxx 铝合金的成分决定了材料的成型性能和烤漆性能。Si 和 Mg 是 6xxx 系合金中的主要元素, 提高 Mg 含量可以提高合金强度, 但会使合金塑性显著下降。在 Mg 含量一定的情况下, 增大 Si 含量能提高合金的烤漆硬化性, 但 Si、Mg 含量较高会对材料的成型性能带来不利的影响; 在满足足够强度的条件下, 用 Mg 和 Si 来维持或提高成形性存在一定困难。通过添加 Cu 元素, Cu 能促进烤漆过程中强化相的形成, 提高烤漆硬化性能; 但添加 Cu 过多, 对合金的抗腐蚀性能不利。Fe 形成含 Fe 相颗粒有利于细化再结晶晶粒, 降低或减轻橘皮状表皮皱褶现象的敏感性, 因此对于控制颗粒 (粒状) 结构是理想的, 但是过多的 Fe 会降低合金缩颈和断裂阻力; 当 Fe 含量 < 0.05 wt% 时会出现再结晶晶粒粗大, 而 Fe 含量 > 3.0 wt% 又会降低成形性。Mn 也是细化再结晶晶粒的元素, 若不添加 Mn 元素会造成热处理后晶粒粗大且在随后材料成形过程中出现橘皮效应; 因此添加 Mn 元素以稳定组织, 而当 Mn 含量超过 0.1wt% 时, 合金平面应力状态下成型性能降低。6xxx 铝合金中的微量元素 Ti、Cr 等元素对 6xxx 系合金的成型性能也有一定的影响。

汽车用 Al-Mg-Si-Cu 合金的熔炼工艺为: 首先将纯铝在 730~750°C 熔

化，保温，在温度 730~740℃加入铝硅中间合金、铝铬中间合金、铝铜中间合金、铝锰中间合金、纯锌，使其全部熔化，并搅拌至熔体均匀，然后保温至 720℃加入纯镁，保温至 740℃进行精炼、打渣，并加入 Al-Ti-B 细化剂，然后浇注。

需说明的是，本发明 Al-Mg-Si-Cu 合金的加工工艺为：将熔炼铸造得到的铸锭在 450~600℃下均匀化退火 10~20 小时，然后在 400~550℃下保温 1~2 小时后进行热轧；热轧结束后，板材在 280~560℃之间保温退火 1~2 小时，接着进行冷轧；冷轧结束后，在 530~580℃之间保温 1~2 小时进行固溶处理。

热处理和加工工艺对材料的强度和塑性产生影响，经过半连续铸造出的铸锭经过均匀化退火提高成分的均匀性及去除粗大共晶相，以利于后续变形加工。均匀化退火温度低于 450℃时，不能完全均质化，而温度超过 600℃时，可能会产生过热现象。同时，必须保证足够的均匀化时间，以保证铸锭完全均质化。控制变形加工过程中热轧、冷轧加热温度、及中间退火温度以保证材料获得期望的组织与性能。进行热轧时，优先选择热轧温度在材料中使结晶物和 Mg、Si 固溶、形成均质的组织时进行。在均匀的组织开始轧制，可确保最终制品的品质稳定性，热轧温度优选在高于或等于 400℃进行。另一方面，热轧温度不能过高，如果超过 580℃，则发生过热现象，因此不要超过 580℃。热轧的条件没有限制，遵照热粗轧和其后的热精轧等常规方法进行。冷轧前需要对热轧板材进行退火处理，一方面可消除应力，另一方面使 Mg、Si 元素固溶到组织中，以减少热轧后分布在组织中的粗大 Mg₂Si 相，提高性能和组织的均匀性。冷轧前的退火温度优选在 280~560℃之间，保持 1~2 小时，若退火温度过高，则引起组织的长大且浪费能源，而温度过低则达不到均质化的效果。冷轧后的板材在 530~580℃下进行固溶处理，在此温度区间固溶处理，能保证合金元素充分溶入基体且不发生过热现象。经过以上的变形加工，材料在 T4 状

态下具有较好的塑性，保证其随后的烤漆过程中具有较高的强度。

本发明将 Si、Mg、Cu、Fe 及 Ti、Mn、Cr 等微量元素按一定的配比组合在一起后，在一定加工工艺下获得兼顾强度及塑性的汽车用 Al-Mg-Si-Cu 合金。本发明的实际应用及其优点将由下面的例子来体现。

实施例：

如表 1 所示组成 (wt%) 的铝合金 № I ~ III。合金通过熔炼铸造获得铸锭，将铸锭在 540~560℃ 进行均匀化退火，退火 12 小时，然后在 420℃ 保温 1 小时后进行热轧至 6~8mm，冷却到室温，再进行 420℃ 的中间退火，时间 1~2 小时，然后冷轧至 1mm。冷轧板材在 545~560℃ 固溶处理 1 小时，并迅速淬火至室温。然后板材在室温下自然时效一个月 (T4 处理)，接着进行烤漆 (175℃ × 30 分钟) 处理。表 2 和表 3 是板材 T4 和烤漆处理后的性能。

表 1 合金成分

合金 例号	主要合金成分						
	Mg (wt%)	Si (wt%)	Cu (wt%)	Fe (wt%)	Mn (wt%)	Cr (wt%)	Zn (wt%)
I	0.65	1.31	0.07	0.14	0.07	0.08	0.23
II	0.62	1.34	0.02	0.12	0.04	0.11	0.21
III	0.44	1.15	0.32	0.12	0.04	0.05	0.20

表 2 板材 T4 状态力学性能

实施例	Rp0.2 (Mpa)	Rm (Mpa)	A (%)
1	135	259	35.9
2	131	271	33.2
3	135	280	32.8

表3 板材烤漆性能

实施例	Rp0.2 (Mpa)	Rm (Mpa)	A (%)
1	192	291	25.4
2	162	276	26.5
3	182	288	24.9

将上述 I ~ III合金例号的铸锭，在热轧退火时采取了不同的退火工艺：分别在 280℃、420℃、550℃各退火 1 小时，其它加工工艺相同。其材料力学性能见表 4、表 5。

表4 合金固溶态力学性能

实施例	Rp0.2 (Mpa)	Rm (Mpa)	A (%)
4	77.5	203	24
5	91.4	229	26.2
6	90.7	230	29.6

表5 合金时效态 (175℃×30 分钟) 力学性能

实施例	Rp0.2 (Mpa)	Rm (Mpa)	A (%)
4	217	295	20.7
5	222	315	20.0
6	318	233	20.1

显然，此铝合金具有良好的抗拉强度、屈服强度、塑性，有利于生产制造，是制造汽车部件生产中的优良材料。

以上通过具体实施例对本发明技术方案作了进一步说明，给出的例子仅是应用范例，不能理解为对本发明权利要求保护范围的一种限制。