



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 100999797 B

(45) 授权公告日 2011.01.26

(21) 申请号 200610143179.1

(22) 申请日 2006.08.22

(30) 优先权数据

01371/05 2005.08.22 CH

(73) 专利权人 莱茵费尔登炼铝厂有限责任公司

地址 德国莱茵费尔登

(72) 发明人 R·弗兰克

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 周铁 李连涛

(51) Int. Cl.

C22C 21/08 (2006.01)

B22D 21/04 (2006.01)

F02F 7/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1651586 A, 2005.08.10, 全文.

US 6623570 B2, 2003.09.23, 第1栏第5-12行、第2栏第1-19行、第3栏第31-41行.

CN 1654694 A, 2005.08.17, 全文.

CN 1497052 A, 2004.05.19, 全文.

审查员 谭南

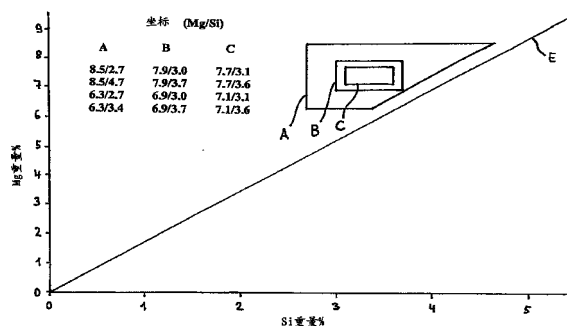
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 1 页

(54) 发明名称

耐热铝合金

(57) 摘要

本发明记载了一种用于制备具有高热和机械负荷的铸造部件且具有良好持久耐热性的AlMgSi型铝合金,其中,以重量%表示的合金元素镁和硅的含量在直角坐标系中通过坐标[Mg; Si]为[8.5;2.7][8.5;4.7][6.3;2.7][6.3;3.4]的多边形A限定,并且所述合金还含有:0.1至1重量%的锰,最大1重量%的铁,最大3重量%的铜,最大2重量%的镍,最大0.5重量%的铬,最大0.6重量%的钴,最大0.2重量%的锌,最大0.2重量%的钛,最大0.5重量%的锆,最大0.008重量%的铍,最大0.5重量%的钒,以及作为剩余成分的铝,并且其他元素和由于生产条件所限而含的杂质均最大为0.05重量%,总共最大为0.2重量%。该合金特别适用于以压铸法制备汽缸曲轴箱。



1. 用于制备具有高热和机械负荷的铸造部件且具有良好持久耐热性的 AlMgSi 型铝合金, 其特征在于, 以重量%表示的合金元素镁和硅的含量在直角坐标系中通过坐标点 [Mg; Si] 为 [7.7; 3.1][7.7; 3.6][7.1; 3.1][7.1; 3.6] 的多边形 C 限定, 并且所述合金还含有:

0.1 至 1 重量%的锰

最大 1 重量%的铁

最大 3 重量%的铜

最大 2 重量%的镍

最大 0.5 重量%的铬

最大 0.6 重量%的钴

最大 0.2 重量%的锌

最大 0.2 重量%的钛

最大 0.5 重量%的锆

最大 0.008 重量%的铍

最大 0.5 重量%的钒

以及作为剩余成分的铝, 且其中其他元素和由于生产条件所限而含的杂质均最大为 0.05 重量%, 总共最大为 0.2 重量%。

2. 权利要求 1 的铝合金, 特征在于含有 0.4 至 1 重量%的 Fe, 和 0.1 至 0.5 重量%的 Mn。

3. 权利要求 1 的铝合金, 特征在于含有最大 0.20 重量%的 Fe 和 0.5 至 1 重量%的 Mn。

4. 权利要求 1 或 2 的铝合金, 特征在于含有 0.2 至 1.2 重量%的 Cu。

5. 权利要求 1 或 2 的铝合金, 特征在于含有 0.8 至 1.2 重量%的 Ni。

6. 权利要求 1 或 2 的铝合金, 特征在于含有最大 0.2 重量%的 Cr。

7. 权利要求 1 或 2 的铝合金, 特征在于含有 0.3 至 0.6 重量%的 Co。

8. 权利要求 1 或 2 的铝合金, 特征在于含有 0.05 至 0.15 重量%的 Ti。

9. 权利要求 1 或 2 的铝合金, 其特征在于含有 0.1 至 0.4 重量%的 Zr。

10. 权利要求 1 或 2 的铝合金, 特征在于含有 0.02 至 0.15 重量%的 V 和少于 60ppm 的 Be。

11. 权利要求 1 至 10 之一的铝合金的用途, 用于以压铸法、硬模铸造法或砂型铸造法制得的、具有高热和机械负荷的部件中。

12. 权利要求 11 的用途, 用于以压铸法制得的汽车结构体中的汽缸曲轴箱。

13. 权利要求 1 至 10 之一的铝合金的用途, 用于以压铸法制得的汽车结构体中的安全部件。

耐热铝合金

技术领域

[0001] 本发明涉及一种具有良好持久耐热性且用于制备具有高热和机械负荷的铸造部件的 AlMgSi 型铝合金。

背景技术

[0002] 旨在更好地燃烧柴油燃料并获得更高功率系数而对柴油发动机所作的进一步改进工作尤其会额外导致更高的爆炸压力并且结果使得在汽缸曲轴箱上会施加一个脉冲式作用的机械载荷,这就对材料提出了最严苛的要求。除了要有较高的疲劳强度外,为了能用于制备汽缸曲轴箱,材料的高温疲劳强度也是另一项前提。

[0003] 目前通常将 AlSi 合金用于有受热要求的部件,其中,耐热性是通过合入 Cu 而实现的。但是铜也会增加受热开裂倾向并对可铸造性起到消极作用。其中特别需要耐热性的应用场合主要是在汽车结构体中的汽缸头区域内,参见例如 F. J. Feikus, "Optimierung von Aluminium-Silicium-Gusslegierungen für Zylinderköpfe", Giesserei-Praxis, 1999, 第 2 册, 50-57 页。

[0004] US-A-3868250 中公开了一种用于制备汽缸头的耐热 AlMgSi 合金。该合金连同常规添加剂在内包含 0.6 至 4.5 重量% Si, 2.5 至 11 重量% Mg, 其中 1 至 4.5 重量% 游离 Mg, 和 0.6 至 1.8 重量% Mn。

[0005] WO-A-9615281 中公开了一种含有 3.0 至 6.0 重量% Mg、1.4 至 3.5 重量% Si、0.5 至 2.0 重量% Mn、最大 0.15 重量% Fe、最大 0.2 重量% Ti 和铝作为剩余部分的铝合金,且其中还含有各自最大为 0.02 重量%、总共最大 0.2 重量% 的其他杂质。该合金适于制备具有高机械性能要求的部件。该合金优选通过压铸、触融压铸或触融锻造来进行加工。

[0006] WO-A-0043560 中公开了一种用以以压铸、模压铸造、触融成型或触融锻压法来制备安全部件的类似的铝合金。该合金含有 2.5-7.0 重量% Mg, 1.0-3.0 重量% Si, 0.3-0.49 重量% Mn, 0.1-0.3 重量% Cr, 最大 0.15 重量% Ti, 最大 0.15 重量% Ti, 最大 0.15 重量% Fe, 最大 0.00005 重量% Ca, 最大 0.00005 重量% Na, 最大 0.0002 重量% P, 分别最大为 0.02 重量% 的其他杂质和作为剩余成分的铝。

[0007] EP-A-1234893 中公开的一种已知的 AlMgSi 型铸造合金含有 3.0 至 7.0 重量% Mg, 1.7 至 3.0 重量% Si, 0.2 至 0.48 重量% Mn, 0.15 至 0.35 重量% Fe, 最大 0.2 重量% Ti, 任选还有 0.1 至 0.4 重量% Ni 以及作为剩余成分的铝和由于制备条件所限而有的分别最大为 0.02 重量%、总共最大为 0.2 重量% 的杂质,并且附有其他条件,即合金中镁和硅实质上以 Mg:Si 重量比为 1.7:1 的比例存在,相应于含有固相 Al 和 Mg₂Si 的准二元共晶的组成。该合金适于通过压铸、流变铸造和触融压铸制备汽车结构中的安全部件。

发明内容

[0008] 本发明的任务是,提供一种具有良好持久耐热性的用于制备符合热和机械要求的部件的铝合金。该合金应首先适用于压铸,但也可用于重力-硬模铸造、低压-硬模铸造和

砂型铸造。

[0009] 本发明的一个具体目的在于制备用于以压铸法制得的内燃机、特别是柴油发动机的汽缸曲轴箱的铝合金。

[0010] 由该合金铸得的部件应具有高强度,同时还具有高延展性。部件中所要力求达到的机械性能定义如下:

[0011] 延展极限 $R_{p0.2} > 170\text{MPa}$

[0012] 抗拉强度 $R_m > 230\text{MPa}$

[0013] 断裂伸长 $A_5 > 6\%$

[0014] 合金的可铸造性应与目前所用的 AlSiCu 铸造合金的可铸造性相当,并且该合金应不显示出热开裂的趋势。

[0015] 为解决本发明的任务,要使得以重量%表示的合金元素镁和硅的含量在直角坐标系中通过坐标点 [Mg ;Si] 为 [8.5 ;2.7] [8.5 ;4.7] [6.3 ;2.7] [6.3 ;3.4] 的多边形 A 限定,并且所述合金还含有:

[0016] 0.1 至 1 重量%的锰

[0017] 最大 1 重量%的铁

[0018] 最大 3 重量%的铜

[0019] 最大 2 重量%的镍

[0020] 最大 0.5 重量%的铬

[0021] 最大 0.6 重量%的钴

[0022] 最大 0.2 重量%的锌

[0023] 最大 0.2 重量%的钛

[0024] 最大 0.5 重量%的锆

[0025] 最大 0.008 重量%的铍

[0026] 最大 0.5 重量%的钒

[0027] 以及作为剩余成分的铝,并且其中其他元素和由于生产条件所限而含的杂质分别最大为 0.05 重量%,总共最大为 0.2 重量%。

[0028] 对于主合金元素 Mg 和 Si,优选以下含量范围:

[0029] Mg 6.9 至 7.9 重量%,特别优选 7.1 至 7.7 重量%

[0030] Si 3.0 至 3.7 重量%,特别优选 3.1 至 3.6 重量%。

[0031] 特别优选的合金中,以重量%表示的合金元素镁和硅的含量在直角坐标系中通过坐标点 [Mg ;Si] 为 [7.9 ;3.0] [7.9 ;3.7] [6.9 ;3.0] [6.9 ;3.7] 的多边形 B,特别是通过坐标点 [Mg ;Si] 为 [7.7 ;3.1] [7.7 ;3.6] [7.1 ;3.1] [7.1 ;3.6] 的多边形 C 限定。

[0032] 利用合金元素 Mn 和 Fe 可以避免铸件粘附在模具内。较高的铁含量会以减小的延展性为代价带来耐热性的提高。Mn 实质上也能有助于热硬化。因此,根据使用领域的不同,合金元素 Fe 和 Mn 优选要如下所示地相互协调:

[0033] 如果 Fe 含量为 0.4 至 1 重量%,特别是 0.5 至 0.7 重量%,则 Mn 的含量要调节为 0.1 至 0.5 重量%,特别是 0.3 至 0.5 重量%。

[0034] 如果 Fe 含量为最大 0.2 重量%,特别是最大 0.15 重量%,则 Mn 的含量要调节为 0.5 至 1 重量%,特别是 0.5 至 0.8 重量%。

- [0035] 对于其他合金元素则优选有以下含量范围：
- [0036] Cu 0.2 至 1.2 重量%，优选 0.3 至 0.8 重量%，特别 0.4 至 0.6 重量%
- [0037] Ni 0.8 至 1.2 重量%
- [0038] Cr 最大 0.2 重量%，优选最大 0.05 重量%
- [0039] Co 0.3 至 0.6 重量%
- [0040] Ti 0.05 至 0.15 重量%
- [0041] Fe 最大 0.15 重量%
- [0042] Zr 0.1 至 0.4 重量%
- [0043] 铜会导致额外的强度增高，但是随着含量的增加又会劣化合金的耐腐蚀性。
- [0044] 通过添加钴可以进一步改善合金的脱模性。
- [0045] 钛和锆能起到晶粒细化 (Kornfeinung) 的作用。良好的晶粒细化作用实质上有助于改善铸造性和机械性能。
- [0046] 铍与钒相结合能减少碎屑的形成。如果添加 0.02 至 0.15 重量%的 V，优选 0.02 至 0.08 重量%的 V，特别优选 0.02 至 0.05 重量%的 V，则小于 60ppm 的 Be 即已足够。
- [0047] 本发明铝合金的一个优选应用领域是制备作为压铸件、硬模铸件或砂型铸件的具有高热和机械负荷的部件，特别优选用于按照压铸法制得的汽车结构中的汽缸曲轴箱。
- [0048] 此外，在一步热处理之后毋需单独的固溶退火处理，本发明的合金即能满足针对汽车结构体中的结构部件所提出的机械性能方面的要求。
- [0049] 本发明的其他优点、特征和细节由以下描述的优选实施例以及根据附图而给出。

附图说明

- [0050] 图 1 为合金元素 Mg 和 Si 的含量范围图。

具体实施方式

[0051] 图 1 中所示的多边形 A 定义了合金元素 Mg 和 Si 的含量范围，多边形 B 和 C 指的是优选范围。直线 E 对应于准二元共晶体 $Al-Mg_2Si$ 的组成。因此，本发明的合金组合物是位于镁过量的那一侧。

[0052] 将本发明的合金铸造成具有不同壁厚的压铸片。由这些压铸片制成拉伸样品。在拉伸样品上确定以下状态下的机械性能即延展极限 ($R_{p0.2}$)、拉伸强度 (R_m) 和断裂伸长 (A)：

- | | | |
|--------|----------|-----------------------------|
| [0053] | F | 铸造状态 |
| [0054] | 水 /F | 铸造状态，脱模之后于水中淬火 |
| [0055] | F>24h | 铸造状态，室温下储存 >24h |
| [0056] | 水 /F>24h | 铸造状态，脱模之后于水中淬火，且在室温下储存 >24h |

[0057] 以及在 250℃ 至 380℃ 的温度范围内经过不同的一步热处理之后和在 150℃ 至 250℃ 的温度范围内长时间储存之后的这些机械性能值。

[0058] 受试的合金列于表 1 中。代号 A 表示的是含有铜添加成分的合金，代号 B 表示的是不含铜添加成分的合金。

[0059] 表 2 中罗列了在表 1 合金的拉伸样品上所测得的机械性能的结果。

[0060] 在表 1 和 2 中没有考虑的一种具有良好持久耐热性的合金具有如下组成（重量％）：

[0061] 3.4Si, 0.6Fe, 0.42Cu, 0.32Mn, 7.4Mg, 0.07Ti, 0.9Ni, 0.024V 和 0.004Be

[0062] 长时间试验的结果证明了本发明的合金具有良好的持久耐热性。另外，在经过 350℃ 和 380℃ 温度下 90min 内的一步热处理之后的机械性能也表明，本发明的合金也能满足对汽车结构中的结构部件所提出的要求。

[0063] 表 1：合金的化学组成，重量％

[0064]

合金方案	壁厚 扁平试样	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ti	V	Be
1	3mm	3.469	0.1138		0.787	7.396	0.106	0.0221	0.0025
1A	3mm	3.4	0.117	0.527	0.781	7.151	0.119	0.0223	0.0019
2	2mm	3.366	0.0936		0.774	7.246	0.117	0.0263	0.0024
2A	2mm	3.251	0.0841	0.507	0.76	7.499	0.1	0.0246	0.0023
3	4mm	3.352	0.0917		0.774	7.221	0.118	0.026	0.0024
3A	4mm	3.198	0.0848	0.522	0.747	7.351	0.101	0.0255	0.0023
4	6mm	3.28	0.0921		0.766	7.024	0.119	0.0268	0.0024
4A	6mm	3.181	0.0862	0.535	0.745	7.273	0.1	0.0257	0.0023

[0065] 表 2：合金的机械性能

[0066]

合金方案	初始状态	热处理	Rp0.2 [MPa]	Rm [MPa]	A5 [%]
1	F		210	359	8.6
	水/F		181	347	9.6
	F>24h		204	353	8.9
	水/F>24h		176	347	13.4
	F>24h	250°C/10min	216	352	7.4
		250°C/20min	218	352	6.8
		250°C/90min	207	349	10.8
		350°C/10min	154	315	12.5
		350°C/20min	158	315	10.6
		350°C/90min	147	306	11.4
		380°C/10min	145	304	14.1
		380°C/20min	139	299	13.9
		380°C/90min	137	299	16.7
		150°C/100h	221	365	9.4
		180°C/100h	214	346	6
		200°C/100h	211	354	9.4
		250°C/100h	184	336	11.7
		150°C/500h	223	353	6
		180°C/500h	216	357	9.7
		200°C/500h	202	349	9.2
		250°C/500h	170	327	12.3
1A	F		234	345	4.2
	水/F		170	319	4.9
	F>24h		205	355	7.1
	水/F>24h		188	340	5.6
	F>24h	250°C/10min	227	355	6.6
		250°C/20min	217	354	7.5
		250°C/90min	213	350	7.9
		350°C/10min	157	328	10.4
		350°C/20min	151	317	9.3
		350°C/90min	142	312	12.1
		380°C/10min	141	315	12.6
		380°C/20min	137	312	12.4
		380°C/90min	133	309	12.2
		150°C/100h	248	370	5
		180°C/100h	249	373	6.3
		200°C/100h	215	346	6.2
		250°C/100h	185	329	7.6
		150°C/500h	239	368	6.5
		180°C/500h	227	352	6.9
		200°C/500h	215	350	7.8
		250°C/500h	162	317	8.9

[0067]

2	F>24h		212	364	10.7
		250°C/90min	223	358	9.9
		350°C/90min	152	312	13.9
		380°C/90min	139	297	17.9
2A	F>24h		241	394	7.8
		250°C/90min	234	375	8.5
		350°C/90min	163	332	9
		380°C/90min	144	328	13.7
3	F>24h		158	321	9.9
		250°C/90min	164	324	10.4
		350°C/90min	143	307	12
		380°C/90min	129	292	16.4
3A	F>24h		173	326	6
		250°C/90min	181	325	5.9
		350°C/90min	151	315	6.9
		380°C/90min	137	312	9.5
4	F>24h		138	304	8.2
		250°C/90min	145	309	9
		350°C/90min	133	297	8.4
		380°C/90min	123	286	12.7
4A	F>24h		152	284	4.3
		250°C/90min	163	278	3.7
		350°C/90min	139	286	5.2
		380°C/90min	131	285	5.7

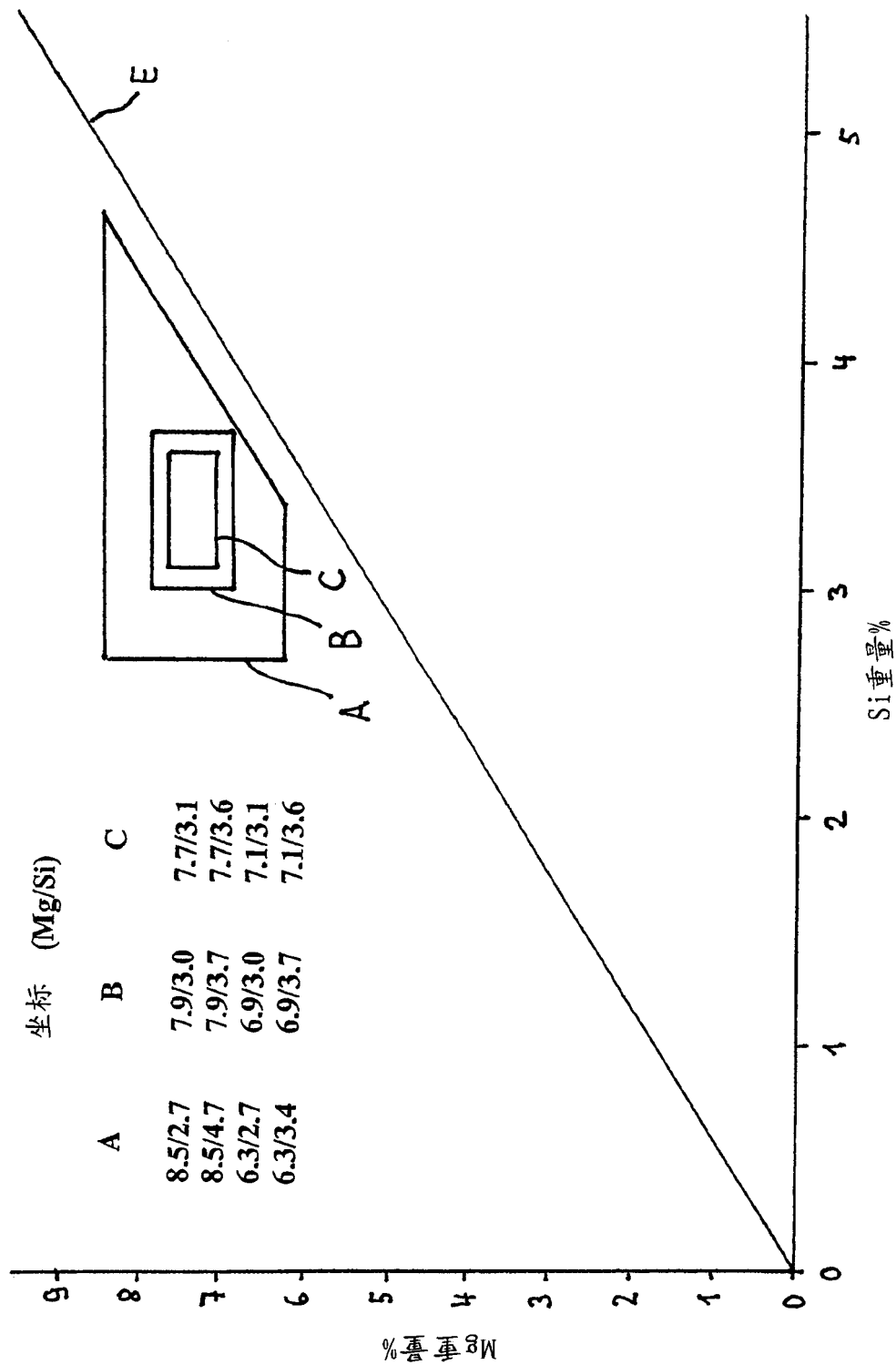


图 1