

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102286712 B

(45) 授权公告日 2012. 12. 26

(21) 申请号 201110289498. 4

1008-1010 页 .

(22) 申请日 2011. 09. 21

审查员 杨冰

(73) 专利权人 镇江忆诺唯记忆合金有限公司

地址 212009 江苏省镇江市丁卯开发区南纬
四路赛尔支路 9 号

(72) 发明人 司松海 司乃潮 刘光磊 杨道清
张志坚 陆松华

(51) Int. Cl.

G22F 1/043(2006. 01)

G22C 21/02(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101144134 A, 2008. 03. 19, 全文 .

US 6419769 B1, 2002. 07. 16, 全文 .

CN 101844218 A, 2010. 09. 29, 全文 .

王宁等 . 过共晶铝硅合金对铝合金的变质作用研究 . 《铸造》. 2004, 第 53 卷 (第 12 期), 第

权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种提高铝硅合金热疲劳性能的工艺方法

(57) 摘要

一种提高铝硅合金热疲劳性能的工艺方法,属于铝硅合金技术领域,其特征为:材料为铝硅合金,处理工艺分为(a)T6处理,固溶温度 $490\pm 5^{\circ}\text{C}$,保温6小时,时效温度 $165\pm 5^{\circ}\text{C}$;(b)铸态淬火加时效处理,铸态淬火即浇注保压5分钟后连同砂型淬入水中,时效温度 $180\pm 5^{\circ}\text{C}$,保温6小时;(c)铸态。将铝硅合金材料用电火花线切割成热疲劳试样如图1所示。对三种状态的试样进行冷热循环,冷热循环是在自制的全约束自动冷热疲劳试验机上进行。循环温度为 $20\leftrightarrow 350^{\circ}\text{C}$ 。采用设时控制,加热时间为2min,循环水冷却时间为10s,试样入水深度为 $(10\pm 2)\text{mm}$ 。

1. 一种提高铝硅合金热疲劳性能的工艺方法,其特征为,材料为铝硅合金,化学成分为重量百分比, Si 为 6.5 ~ 7.5%, Cu 为 3.5 ~ 4.5%, Mn 为 0.30 ~ 0.45%, Mg 为 0.35 ~ 0.45%, Zn 为 0.4 ~ 0.6%, Fe \leq 0.35%, 加入复合变质剂为 0.5%, 余为 Al; 复合变质剂成分为重量百分比, Ti 为 10 ~ 30%, Sr 为 10 ~ 30%, Cr 为 5 ~ 16%, Ni 为 5 ~ 16%, Zr 为 4 ~ 12%, B 为 4 ~ 12%, Ce 为 3 ~ 10%, La 为 3 ~ 10%, Y 为 3 ~ 10%, Nb 为 2 ~ 8%, V 为 2 ~ 8%, 余为铝; 采用中频感应熔化炉石墨坩埚进行熔化, 除 Mg、Zn、复合变质剂外, 其它材料加入石墨坩埚内, 熔化成合金液后升温至 750℃ 左右, 加入 Mg 和 Zn, 然后加入市售的除气剂进行除气, 加入量为合金液的 0.5%, 除气结束后加入复合变质剂, 复合变质剂加入量为合金液的 0.5%, 净置 5min 后出炉浇注, 浇注温度为 730 ~ 750℃; 对浇注冷却后的铝硅合金材料采用线切割方法取样, 热疲劳试样如图 1 所示; 处理工艺为 T6 处理, 固溶温度 $490 \pm 5^\circ\text{C}$, 保温 6 小时, 时效温度 $165 \pm 5^\circ\text{C}$, 保温 6 小时; 冷热循环是在自制的全约束自动冷热疲劳试验机上进行, 循环温度为 $20 \leftrightarrow 350^\circ\text{C}$, 采用设时控制, 加热时间为 2min, 循环水冷却时间为 10s, 试样入水深度为 $(10 \pm 2)\text{mm}$ 。

2. 根据权利要求 1 所述一种提高铝硅合金热疲劳性能的工艺方法, 处理工艺为 T6 处理时, 固溶温度 $490 \pm 5^\circ\text{C}$, 保温 6 小时, 时效温度 $165 \pm 5^\circ\text{C}$, 冷热循环 11600 次时, 试样的裂纹长度约为 0.45mm。

一种提高铝硅合金热疲劳性能的工艺方法

技术领域

[0001] 本发明属于铝硅合金技术领域,特指一种提高铝硅合金热疲劳性能的工艺方法。

背景技术

[0002] 在许多工程问题中常常遇到随时间作周期性变化的温度场的问题。铝硅合金是制造发动机缸体、活塞等的主要材料。发动机在起动和停机时,伴有剧烈变化的非稳定温度场,此时将产生较大的热应力,使零件局部进入塑性区,并伴随短期蠕变。随着发动机功率系数的增大及大型化,对热应力及其伴生的损坏采取措施,作为设计上的要点比以往任何时候都重要。在发动机零件中,热应力最严重的是构成燃烧室的活塞、汽缸盖、缸套、排气阀等。对于发动机,由热应力引起的直接破坏也是高温低循环疲劳。在机械的汽缸、活塞与阀门等的设计中,必须考虑这样的温度场所引起的热应力。由于外界温度涨落在材料内部产生的热应力会造成裂纹萌生及其扩展,冷热循环过程中材料硬度会发生变化,氧化腐蚀对热疲劳性能有影响。本发明不考虑外加机械应力的作用,应用全约束自动冷热疲劳试验机对铝硅合金材料进行冷热循环,为更好的预测发动机材料的寿命提供相应的依据。

发明内容

[0003] 本发明的目的是一种提高铝硅合金热疲劳性能的工艺方法,其特征为,材料为铝硅合金,化学成分为重量百分比, Si 为 6.5 ~ 7.5%, Cu 为 3.5 ~ 4.5%, Mn 为 0.30 ~ 0.45%, Mg 为 0.35 ~ 0.45%, Zn 为 0.4 ~ 0.6%, Fe \leq 0.35%, 加入复合变质剂为 0.5%, 余为 Al%。复合变质剂成分为重量百分比, Ti 为 10 ~ 30%, Sr 为 10 ~ 30%, Cr 为 5 ~ 16%, Ni 为 5 ~ 16%, Zr 为 4 ~ 12%, B 为 4 ~ 12%, Ce 为 3 ~ 10%, La 为 3 ~ 10%, Y 为 3 ~ 10%, Nb 为 2 ~ 8%, V 为 2 ~ 8%, 余为铝。采用中频感应熔化炉石墨坩埚进行熔化,除 Mg、Zn、复合变质剂外,其它材料加入石墨坩埚内,熔化成合金液后升温至 750°C 左右,加入 Mg 和 Zn,然后加入市售的除气剂进行除气,加入量为合金液的 0.5%,除气结束后加入复合变质剂,复合变质剂加入量为合金液的 0.5%,净置 5min 后出炉浇注,浇注温度为 730 ~ 750°C。对浇注冷却后的铝硅合金材料采用线切割方法取样,热疲劳试样如图 1 所示。处理工艺分为 (a) T6 处理,固溶温度 490 \pm 5°C,保温 6 小时,时效温度 165 \pm 5°C,保温 6 小时; (b) 铸态淬火加时效处理,铸态淬火即浇注保压 5 分钟后连同砂型淬入水中,时效温度 180 \pm 5°C,保温 6 小时; (c) 铸态。对三种状态的试样进行冷热循环,冷热循环是在自制的全约束自动冷热疲劳试验机上进行,循环温度为 20 \leftrightarrow 350°C,采用设时控制,加热时间为 2min,循环水冷却时间为 10s,试样入水深度为 (10 \pm 2)mm。

[0004] 冷热循环前,将所有试样机械抛光,在光学显微镜下观察缺口及附近区域以无裂纹为合格。冷热循环过程中,采用 Leica 光学显微镜和扫描电子显微镜观察裂纹的萌生与扩展,同时测定其 V 型缺口处裂纹长度。

[0005] 图 2 所示为三种状态的试样在 350°C 下循环 11600N 过程中的热疲劳裂纹生长行为,包括了热裂纹的萌生与扩展。合金热疲劳裂纹的长大速率随着循环次数的增加先增大

后减小。由图 2 可以看出,冷热循环次数在 7000N 时,三种试样均已产生较明显的裂纹,(b)、(c) 试样裂纹长度达到 0.1mm,而此时 (a) 试样裂纹长度相对较短约为 0.03mm。但随着冷热循环次数的增加,三种试样的裂纹长度均呈现上升趋势。在循环周次 7000 ~ 9400N 过程中,(a) (b) 裂纹的长大比较迅速,而后呈现较平缓的趋势,冷热循环 11600N 时,(a) (b) 两者的长度分别约为 0.45mm、0.64mm ;(c) 试样在循环周次 7000 ~ 9400N 和 10400 ~ 11600N 时,其裂纹的长大速度均较大,11600N 时长度达到将近 1.0mm。这表明在 350℃ 下,T6 处理的试样的热疲劳抗性要好于铸态淬火加时效、铸态两种状态的试样。铸态淬火加时效试样的热疲劳抗性要好于铸态状态的试样。这主要是由于 T6 处理后,合金中的微量元素更好的溶解于基体中,在强化基体的同时,使基体获得了强度与塑性韧性的很好结合。同时,T6 处理试样的晶粒度明显要小于另两种状态的试样,晶粒越细小,晶界越曲折,长度和面积越大,对裂纹扩展产生的阻力也越大。

附图说明

[0006] 图 1 热疲劳试样示意图

[0007] (a) T6 处理 ;(b) 铸态淬火加时效 ;(c) 铸态。

[0008] 图 2 裂纹长度与冷热循环次数的关系曲线

具体实施方式

[0009] 实施例 1

[0010] 材料为铝硅合金,化学成分为重量百分比,Si 为 6.5 ~ 7.5%,Cu 为 3.5 ~ 4.5%,Mn 为 0.30 ~ 0.45%,Mg 为 0.35 ~ 0.45%,Zn 为 0.4 ~ 0.6%, $Fe \leq 0.35\%$,加入复合变质剂为 0.5%,余为 Al%。复合变质剂成分为重量百分比,Ti 为 10 ~ 30%,Sr 为 10 ~ 30%,Cr 为 5 ~ 16%,Ni 为 5 ~ 16%,Zr 为 4 ~ 12%,B 为 4 ~ 12%,Ce 为 3 ~ 10%,La 为 3 ~ 10%,Y 为 3 ~ 10%,Nb 为 2 ~ 8%,V 为 2 ~ 8%,余为铝。采用中频感应熔化炉石墨坩埚进行熔化,除 Mg、Zn、复合变质剂外,其它材料加入石墨坩埚内,熔化成合金液后升温至 750℃ 左右,加入 Mg 和 Zn,然后加入市售的除气剂进行除气,加入量为合金液的 0.5%,除气结束后加入复合变质剂,复合变质剂加入量为合金液的 0.5%,净置 5min 后出炉浇注,浇注温度为 730 ~ 750℃。对浇注冷却后的铝硅合金材料采用线切割方法取样,热疲劳试样如图 1 所示。对材料用 T6 处理,固溶温度 $490 \pm 5^\circ\text{C}$,保温 6 小时,时效温度 $165 \pm 5^\circ\text{C}$,保温 6 小时;对试样进行冷热循环,冷热循环是在自制的全约束自动冷热疲劳试验机上进行,循环温度为 $20 \leftrightarrow 350^\circ\text{C}$,采用设时控制,加热时间为 2min,循环水冷却时间为 10s,试样入水深度为 $(10 \pm 2)\text{mm}$ 。冷热循环 11600N 时,试样的的裂纹长度约为 0.45mm。

[0011] 实施例 2

[0012] 材料为铝硅合金,化学成分为重量百分比,Si 为 6.5 ~ 7.5%,Cu 为 3.5 ~ 4.5%,Mn 为 0.30 ~ 0.45%,Mg 为 0.35 ~ 0.45%,Zn 为 0.4 ~ 0.6%, $Fe \leq 0.35\%$,加入复合变质剂为 0.5%,余为 Al%。复合变质剂成分为重量百分比,Ti 为 10 ~ 30%,Sr 为 10 ~ 30%,Cr 为 5 ~ 16%,Ni 为 5 ~ 16%,Zr 为 4 ~ 12%,B 为 4 ~ 12%,Ce 为 3 ~ 10%,La 为 3 ~ 10%,Y 为 3 ~ 10%,Nb 为 2 ~ 8%,V 为 2 ~ 8%,余为铝。采用中频感应熔化炉石墨坩埚进行熔化,除 Mg、Zn、复合变质剂外,其它材料加入石墨坩埚内,熔化成合金液后升温至

750℃左右,加入 Mg 和 Zn,然后加入市售的除气剂进行除气,加入量为合金液的 0.5%,除气结束后加入复合变质剂,复合变质剂加入量为合金液的 0.5%,净置 5min 后出炉浇注,浇注温度为 730 ~ 750℃。对浇注冷却后的铝硅合金材料采用线切割方法取样,热疲劳试样如图 1 所示。对材料采用铸态淬火加时效处理,铸态淬火即浇注保压 5 分钟后连同砂型淬入水中,时效温度 $180 \pm 5^\circ\text{C}$,保温 6 小时;对试样进行冷热循环,冷热循环是在自制的全约束自动冷热疲劳试验机上进行。冷热循环温度为 $20 \leftrightarrow 350^\circ\text{C}$ 。采用设时控制,加热时间为 2min,循环水冷却时间为 10s,试样入水深度为 $(10 \pm 2)\text{mm}$ 。冷热循环 11600N 时,试样的裂纹长度约为 0.64mm。

[0013] 实施例 3

[0014] 材料为铝硅合金,化学成分为重量百分比,Si 为 6.5 ~ 7.5%,Cu 为 3.5 ~ 4.5%,Mn 为 0.30 ~ 0.45%,Mg 为 0.35 ~ 0.45%,Zn 为 0.4 ~ 0.6%, $\text{Fe} \leq 0.35\%$,加入复合变质剂为 0.5%,余为 Al%。复合变质剂成分为重量百分比,Ti 为 10 ~ 30%,Sr 为 10 ~ 30%,Cr 为 5 ~ 16%,Ni 为 5 ~ 16%,Zr 为 4 ~ 12%,B 为 4 ~ 12%,Ce 为 3 ~ 10%,La 为 3 ~ 10%,Y 为 3 ~ 10%,Nb 为 2 ~ 8%,V 为 2 ~ 8%,余为铝。采用中频感应熔化炉石墨坩埚进行熔化,除 Mg、Zn、复合变质剂外,其它材料加入石墨坩埚内,熔化成合金液后升温至 750℃左右,加入 Mg 和 Zn,然后加入市售的除气剂进行除气,加入量为合金液的 0.5%,除气结束后加入复合变质剂,复合变质剂加入量为合金液的 0.5%,净置 5min 后出炉浇注,浇注温度为 730 ~ 750℃。对浇注冷却后的铝硅合金材料采用线切割方法取样,热疲劳试样如图 1 所示。材料采用铸态;对试样进行冷热循环,冷热循环是在自制的全约束自动冷热疲劳试验机上进行。冷热循环温度为 $20 \leftrightarrow 350^\circ\text{C}$ 。采用设时控制,加热时间为 2min,循环水冷却时间为 10s,试样入水深度为 $(10 \pm 2)\text{mm}$ 。冷热循环 11600N 时,试样的裂纹长度约为 1.0mm。

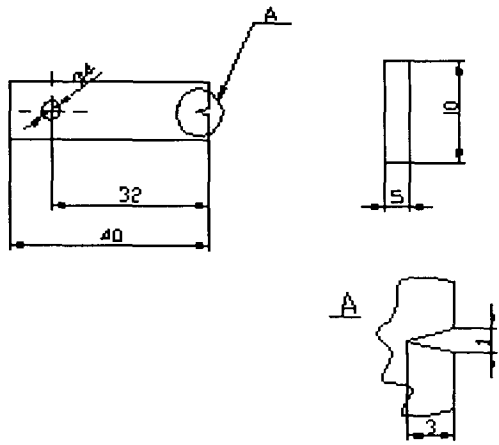


图 1

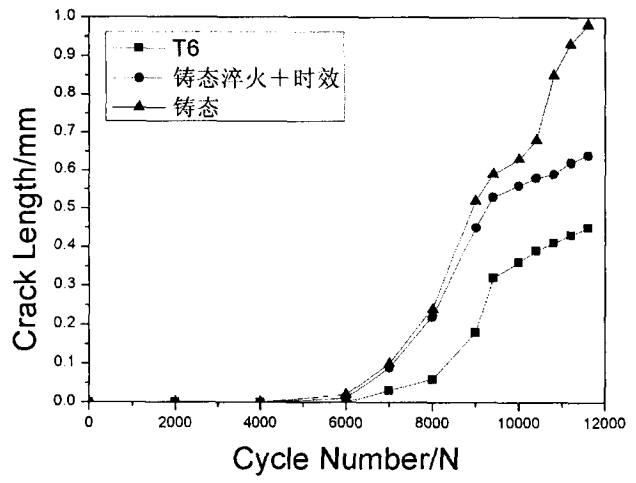


图 2