

多次循环热处理对 Al-Si 合金组织及性能的影响研究

李振庄, 白彦华

(沈阳工业大学材料科学与工程学院, 辽宁沈阳 110870)

摘要: 随着对高压开关技术要求的逐步提升, 高压开关本身的材料、力学性能变得更加重要, 由于往往加工完成品才检测出有部分零件有缺陷, 需要重熔。本文主要探讨了 ZL101A 经过循环热处理后对合金的力学性能有无影响。

关键词: Al-Si 合金; 热处理; 性能

1 试验材料及方案

1.1 试验材料

试验所用材料为 ZL101A, 其主要成分为: Si 6.5%~7.5%, Mg 0.25%~0.45%, Ti 0.2% 其余为 Al。采用金属型铸造。

1.2 试验方案

对 ZL101A 合金做循环热处理, 固溶处理温度设为 $535\pm 5^{\circ}\text{C}$, 保温 8h; 时效处理温度设为 $175\pm 5^{\circ}\text{C}$, 保温 6h。如表 1 所示。

表 1 循环热处理次数

序号	固溶处理 (水淬)	时效处理 (空冷)
A1	1 次	0 次
A2	1 次	1 次
B1	2 次	1 次
B2	2 次	2 次
C1	3 次	2 次
C2	3 次	3 次
D1	4 次	3 次
D2	4 次	4 次
E1	5 次	4 次
E2	5 次	5 次
F1	6 次	5 次
F2	6 次	6 次

2 试验结果及分析

2.1 固溶加时效多次循环热处理对材料力学性能的影响

试样经过重复热处理后, 经过拉伸试验和布氏硬度测量, 得到了各个试件的伸长率, 屈服强度, 抗拉强度和布氏硬度值。为了保证试验的准确性, 其中 A₂, B₂, C₂, D₂, E₂, F₂ 是取三个试样的平均值, 如表 2 所示。

表 2 重复热处理后铸件的力学性能参数

序号	断后伸长率 (%)	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	硬度 (HBW)
A ₁	14.67	158.57	283.12	67.9
A ₂	10.78	248.35	329.63	83.6
B ₁	13.67	146.07	235.20	84.7
B ₂	14.00	253.03	321.19	78.2
C ₁	7.00	141.64	238.87	63.3
C ₂	4.83	282.26	335.19	91.1
D ₁	13.67	142.66	260.47	61.9
D ₂	9.00	237.17	320.82	82.6
E ₁	8.73	129.81	250.61	57.2
E ₂	7.5	275.20	342.85	86.5
F ₁	14.83	167.73	257.84	71.0
F ₂	4.67	275.58	320.58	89.6

2.2 不同重复热处理次数对材料屈服强度的影响及分析

固溶时效多次重复热处理后，其屈服强度和重复热处理次数之间的关系如图 1 所示。

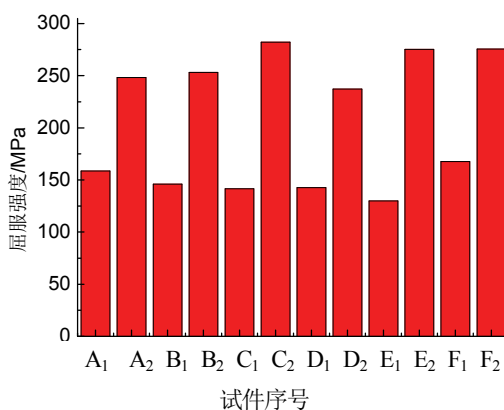


图 1 重复热处理次数和试样屈服强度关系

由图 1 得出，当试样最后以固溶结束的时候，试样的屈服强度都在 130MPa 到 170MPa 之间；而当试样以时效结束的时候，试样的屈服强度都在 230MPa 到 290MPa 之间。以固溶结束的试样，其屈服强度比以时效结束的试样小 100MPa 左右。

分别把固溶次数和时效次数与屈服强度的关系绘制成曲线图，分别如下图所示。

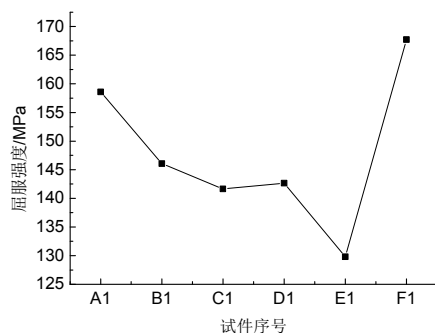


图 2 固溶次数与屈服强度的关系

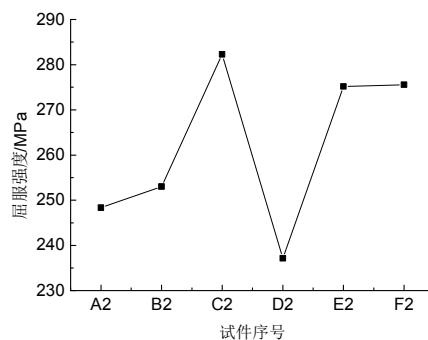


图 3 时效次数与屈服强度的关系

由图 2 和图 3 可以看出,随着固溶次数的增加,Al-Si 合金的屈服强度逐渐降低,到第六次固溶处理结束时,屈服强度有所增加。而屈服强度随着时效次数的增加而变大,在第三次时效结束后,达到最大值,继而随着时效次数的增加,屈服强度反而减小。

2.3 不同重复热处理次数对材料抗拉强度的影响及分析

固溶时效多次重复热处理后,试样抗拉强度和重复热处理次数之间的关系如图 4 所示。

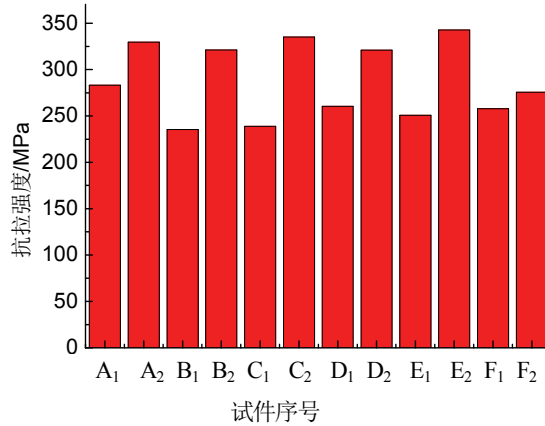


图 4 重复热处理次数和试件抗拉强度关系

分别把固溶次数和时效次数与拉伸强度的关系绘制成曲线图,分别如图 5 和图 6 所示。

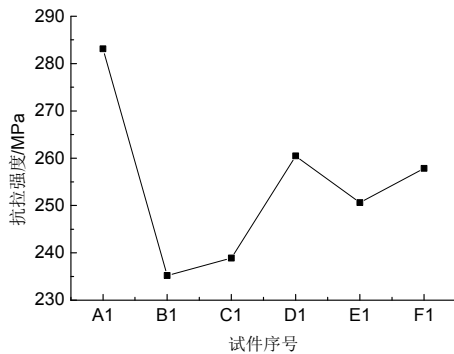


图 5 固溶次数与抗拉强度的关系

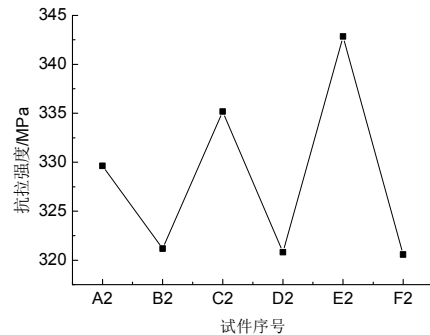


图 6 时效次数与抗拉强度的关系

由图 4、图 5、图 6 可以看出每次循环热处理以时效结束时的抗拉强度都比以固溶结束时的抗拉强度大。

2.4 循环热处理次数对合金的塑性的影响

屈强比:材料的屈服强度与抗拉强度的比值,与材料的塑性变形能力和加工硬化能力密切相关。屈强比低表示材料的塑性比较好;屈强比高表示材料的抗变形能力较强,不易发生塑性变形。

循环热处理后铸件的屈强比如图 7 所示。

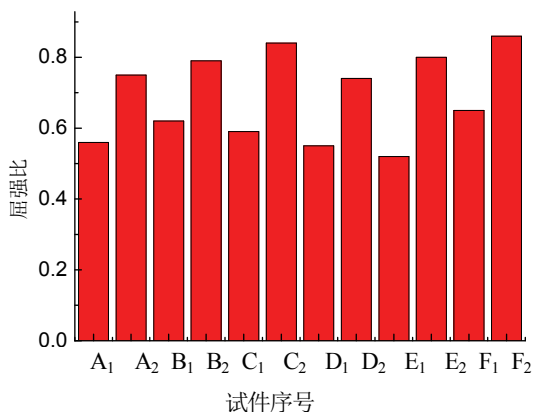


图7 循环热处理后铸件的屈服比

由图7可以明显看出,每次时效处理结束后铸件的屈服比都大于以固溶结束时铸件的屈服比,因此,时效处理能提高ZL101A的抗变形能力,使其塑性降低。

2.5 循环热处理次数对材料伸硬度的影响及分析

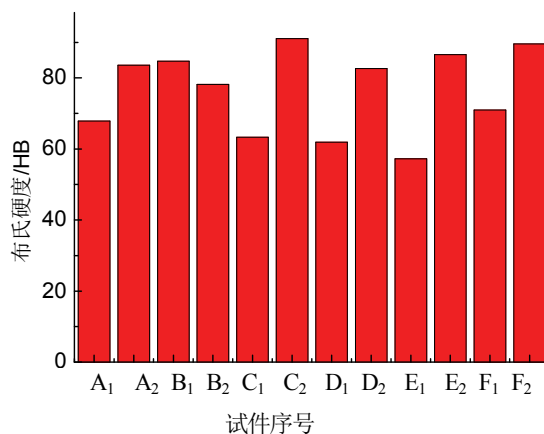


图8 循环热处理次数和硬度间的关系

由图8可以看出,每次时效处理后合金的硬度都比固溶处理后的要高,而固溶次数对合金的硬度没有太大影响,但硬度开始会随着时效次数的增加而增大,到第三次时效处理结束后达到峰值,随后硬度会下降。

3 试验结论

(1) 循环热处理可以提高铝硅合金的强度,并且前几次时效处理可以提高材料的硬度。说明时效处理会对铝硅合金提升屈服强度、抗拉强度和硬度有一定的促进作用。

(2) 循环热处理能影响铝硅合金的塑性,经时效处理后铝硅合金的塑性降低。

参考文献:

- [1] Z Guoa, W Shab. Quantification of precipitate fraction in Al-Si-Cu alloys [J]. Materials Science and Engineering A, 2005, 392 (3): 449-452.
- [2] 李荣德, 许国宇, 李润霞. 钕对铸造 Al-Si-Cu-Mg 合金力学性能的影响[J]. 铸造, 2006, (4): 390-392.