

铸造方法对 ZL210A 铸造铝合金力学性能和断口形貌的影响

Effect of Casting Methods on Mechanical Properties and Fracture Surfaces of ZL210A Casting Aluminum Alloy

贾泮江, 唐 辉, 陈邦峰(北京航空材料研究院, 北京 100095)
JIA Pan-jiang, TANG Hui, CHEN Bang-feng
(Beijing Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095, China)

摘要: 采用砂型和金属型两种不同铸造方法对铸态、固溶态和时效态 ZL210A 合金性能及断口形貌的影响进行研究。结果表明: 对 ZL210A 铸造合金而言, 金属型铸造方法优于砂型铸造方法, 其常规力学性能 σ_b 、 $\sigma_{0.2}$ 和 δ_5 均高于砂型铸造, 从断口形貌上看, 试样断口形貌均呈现典型的穿晶断裂, 且韧窝较深。其中, 金属型固溶态试样的断口韧窝最为明显, 呈现出较好的韧性。

关键词: 铸造方法; ZL210A; 砂型; 金属型; 力学性能; 断口形貌

中图分类号: TG292 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4381(2008)01-0030-04

Abstract: The effect of different casting methods of sand mold and metal mold on the mechanical properties and fracture surfaces of ZL210A casting aluminum alloy of casting, solid solution and aging was investigated. The results showed that the casting method of metal mold had properties advantage over that of the sand mold, the σ_b , $\sigma_{0.2}$ and δ_5 of metal mold were better than that of sand mold casting for mechanical properties of ZL210A Al alloy. The fracture modes of the ZL210A test sample were ductile transgranular, and there were many large and deep dimples at the coarse intermetallic phases. The fracture dimples of metal mold solid solution samples were the most obvious.

Key words: casting method; ZL210A; sand mold; metal mold; mechanical property; fracture surface

随着能源的紧张和材料轻量化发展, 铝合金铸造获得广泛的应用和发展。研究人员不断挖掘新的高强度铸造铝合金, 以期在某些方面部分代替铸铁件、低碳钢铸件以及铝锻件^[1]。Al-Cu 系铸造铝合金, 因其具有强度高、延展性好、高温性能佳、易切削加工等优点, 成为近年来高强铝合金研究方向之一, 并被广泛应用于航天、航空、民用工业等领域, 尤其在航空工业中占有十分重要的地位, 是航空工业主要结构材料之一^[2,3]。但由于 Al-Cu 系铸造铝合金结晶温度区间大, 热裂和疏松倾向大, 铸造性能较差, 容易出现裂纹、疏松等铸造缺陷, 从而对铸造工艺提出较高的要求^[4,5]。

ZL210A 合金是国内新近研制的新型 Al-Cu-Mn 系高纯高强铸造铝合金, 该合金具有优异的综合性能, 如高的强度, 很好的延性率和塑性, 易于切削加工和表面处理等优点, 目前已在飞机受力结构件上得到很好应用, 取得较好效果^[6]。但同时该合金也不可避免存在 Al-Cu 系合金所存在的缺陷。而铸造工艺对铸件或铸锭的内部组织、整体性能、断口形貌、热处理效果

以及内部缺陷、尺寸和表面质量等都有显著的影响^[7]。因此, 本工作采用砂型和金属型两种铸造方法对 ZL210A 合金的铸造力学性能和微观组织的影响进行研究, 以期在该合金的应用上提供技术依据。

1 实验方法

1.1 合金配制及熔炼

实验合金采用纯度为 99.99% 高纯铝, Al-Cu, Al-Mn, Al-Ti 中间合金和金属 Cd 配制而成, 合金配料成分及标准成分范围见表 1。采用电阻坩埚炉进行熔炼, 试样在 710℃ 下浇注而成。

表 1 ZL210A 合金的化学成分(质量分数/%)
Table 1 Chemical composition of ZL210A alloy (mass fraction/%)

Element	Cu	Mn	Ti	Cd	Al
Actual content	4.8	0.60	0.25	0.17	Bal
Standard content	4.5-5.1	0.35-0.8	0.15-0.35	0.07-0.25	Bal

1.2 试样几何形状与制备

选用国标砂型单铸试样(以下称砂型试样)和国标金属型单铸试样(以下称金属型试样)作为拉伸试样,如图 1 所示。

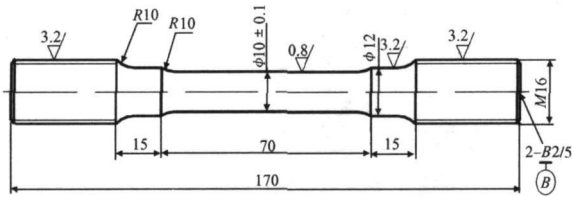


图 1 砂型和金属型加工后单铸试样

Fig. 1 Sand mold and metal mold sample machined

1.3 热处理

固溶处理: (535 ± 5) °C 保温 7h, (545 ± 5) °C 保温 8h, 两级固溶后 50~ 60 °C 水冷; 时效处理: 试样固溶后在 170 °C 保温 7h 后随炉空冷。

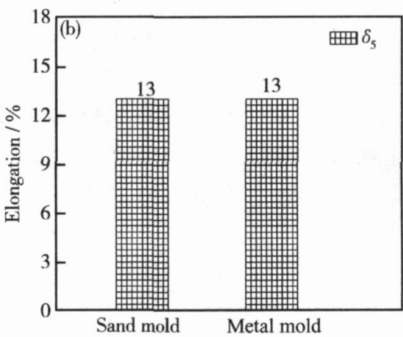
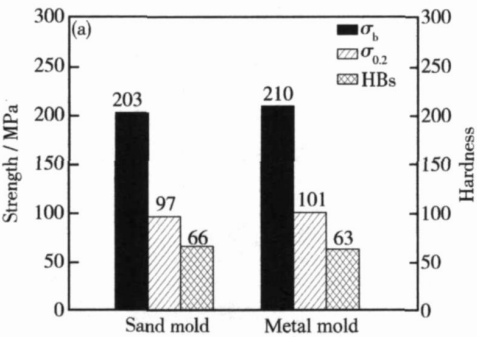


图 2 铸造方法对铸态试样力学性能的影响 (a) 强度、硬度; (b) 延伸率

Fig. 2 Effect of casting methods on mechanical properties of as-cast samples (a) strength and hardness; (b) elongation

101 MPa 间浮动, 硬度 HBs 值在 63~ 66 间浮动, 延伸率 δ_s 均为 13%。由此可见, 砂型和金属型两种铸造方法对铸态下试样的合金力学强度、硬度值和延伸率的影响程度相近。

2.1.2 试样固溶态力学性能

在 710 °C 浇注温度下, 采用砂型和金属型两种铸造方法所得的试样在固溶态下的常温力学性能如图 3 所示。

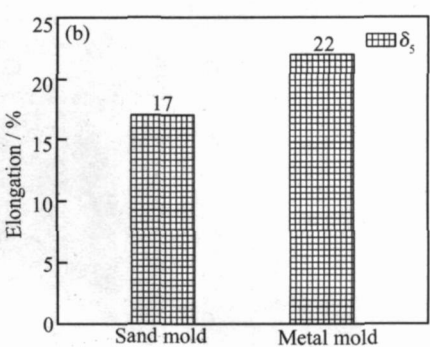
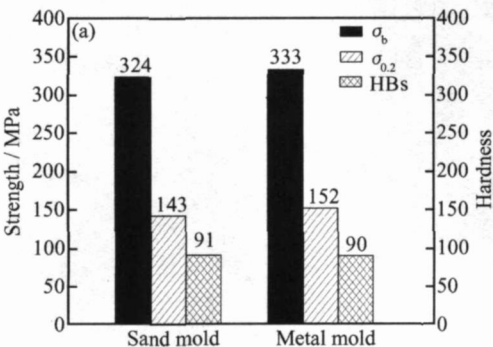


图 3 铸造方法对固溶态试样力学性能的影响 (a) 强度、硬度; (b) 延伸率

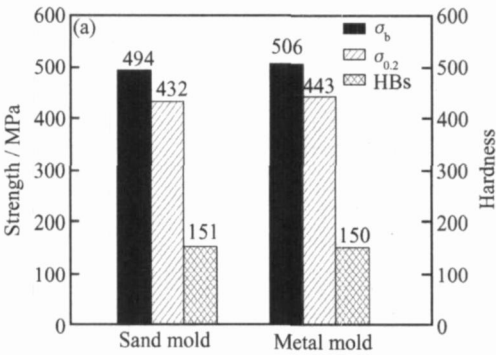
Fig. 3 Effect of casting methods on mechanical properties of solid-solution samples

(a) strength and hardness; (b) elongation

由图 3 可知, 固溶态下砂型试样的抗拉强度 σ_b 和屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 分别为 324MPa 和 143MPa, 金属型试样抗拉强度 σ_b 和屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 分别为 333MPa 和 152MPa,

均高于砂型试样 9MPa; 固溶态下砂型试样的延伸率为 17%, 金属型试样延伸率为 22%, 高于砂型试样 5%; 固溶态下金属型试样和砂型试样的硬度 HBs 值相近, 为

90 左右。由此可见,金属型铸造方法对固溶态下试样的合金力学强度和延伸率的影响要略优于砂型铸造方法,而对硬度 HBs 值而言,二者的影响相近。



2. 1. 3 试样时效态力学性能

在 710℃浇注温度下,砂型和金属型两种铸造方法所得试样在时效态下的常温力学性能如图 4 所示。

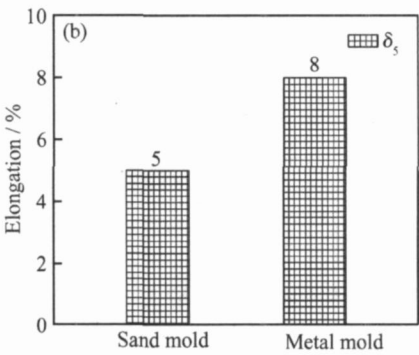


图 4 铸造方法对时效态试样力学性能的影响 (a) 强度、硬度; (b) 延伸率

Fig. 4 Effect of casting methods on mechanical properties of aging samples (a) strength and hardness; (b) elongation

由图 4 可知,时效态下砂型试样的抗拉强度 σ_b 和屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 分别为 494MPa 和 432MPa,金属型试样抗拉强度 σ_b 和屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 分别为 506MPa 和 443MPa,分别高于砂型试样 12MPa 和 11MPa;时效态下砂型试样的延伸率为 5%,金属型试样延伸率为 8%,高于砂型试样 3%;时效态下金属型试样和砂型试样的硬度 HBs 值相近,为 150 左右。由此可见,砂型和金属型两种铸造方法对时效态下试样的合金力学强度和延伸率均有一定程度的影响,其中金属型铸造方法要优于砂型铸造方法,而对硬度 HBs 值而言,二

者的影响较小。

2. 1. 4 分析

对比图 2- 4 可知,砂型和金属型两种铸造方法对铸态、固溶态和时效态试样性能均有一定程度的影响,其中对抗拉强度和屈服强度的影响要优于延伸率,而对硬度的影响较小。相比较而言,金属型试样力学性能明显好于砂型试样。

2. 2 断口形貌

砂型和金属型两种铸造方法所得的试样断口形貌如图 5 所示。

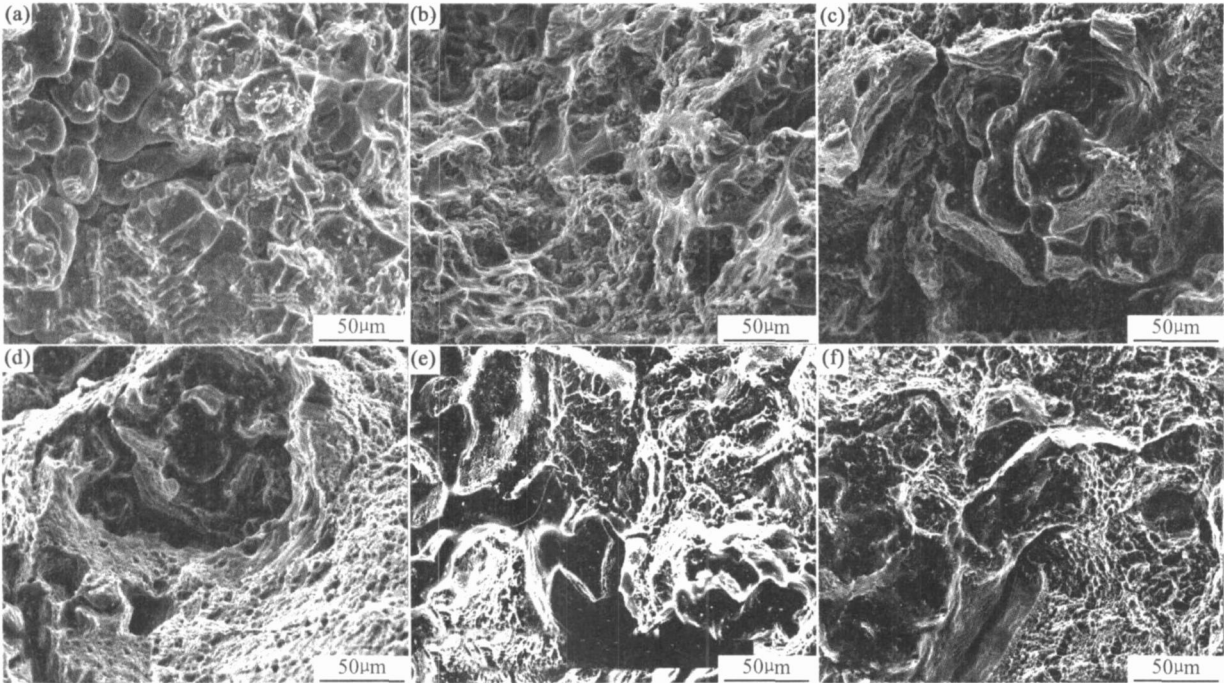


图 5 试样断口 SEM 照片 (a) 铸态,砂型; (b) 铸态,金属型; (c) 固溶态,砂型; (d) 固溶态,金属型; (e) 时效态,砂型; (f) 时效态,金属型

Fig. 5 SEM images of fracture surface of samples (a) as-cast, sand mold; (b) as-cast, metal mold; (c) solid-solution, sand mold; (d) solid-solution, metal mold; (e) aging, sand mold; (f) aging, metal mold

通过观察各断口形貌图可知,各断口均为晶内断裂,韧窝密集且较深,呈现典型的韧性断裂。比较各断口形貌可进一步得到,金属型固溶态试样断口的韧窝最为明显,其次为砂型固溶态试样断口,接着为铸态试样断口,时效态试样断口的韧窝相对较浅。断口的韧窝越明显,合金的韧性则越好,由此可见,金属型固溶态试样韧性最好,其次为砂型固溶态试样,接着为铸态试样,最后为时效态试样,这由不同铸造方法所得的试样延伸率测试结果可进一步得到。

3 结论

(1)对于 ZL210A 合金力学性能而言,金属型铸造方法优于砂型铸造方法,其常规力学性能 α_b , $\sigma_{0.2}$ 和 δ_5 值均高于砂型铸造。

(2)从断口形貌上看,不同铸造方法所得的 ZL210A 合金试样断口形貌均呈现典型的韧性断裂。其中,金属型固溶态试样的断口韧窝最为明显,呈现出较好的韧性。

参考文献

[1] 熊艳才,刘伯操.铸造铝合金现状及未来发展[J].特种铸造及有

色合金,1998,(4):1-5.

[2] 黄良余.铝及其合金的晶粒细化处理简述[J].特种铸造及有色合金,1997,(3):41-43.
[3] 张立斌,陆辛,海锦涛.高强度 ZL205A 合金大型优质铸件铸造工艺[A].中国机械工程学会第三届全国青年学术会议论文集[C].北京:机械工业出版社,1998.711-713.
[4] 李元元.高强高韧铸造铝合金材料研究进展[J].特种铸造及有色合金,2000,(6):45-47.
[5] 刘昌斌,夏长清,戴晓元.高强高韧铝合金的研究现状及发展趋势[J].矿冶工程,2003,23(5):74-78.
[6] XIAO D H, WANG J N, DING D Y, et al. Effect of Cu content on the mechanical properties of an Al-Cu-Mg-Ag alloy[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2002, 343(1-2):77-81.
[7] CHEN M, KATTAMIS T Z. Dendrite coarsening during directional solidification of Al-Cu-Mn alloys[J]. Materials Science and Engineering A, 1998, 247(1-2):239-247.

收稿日期:2007-05-24;修订日期:2007-08-28

作者简介:贾泮江(1970-),男,硕士,主要致力于各种军用高强度优质铸造铝合金材料及其铸件产品研究和市场开发工作,联系地址:北京 81 信箱 2 分箱(100095)。E-mail:panjiang.jia@biam.ac.cn

(上接第 24 页)

~30%时,其综合力学性能达到最优。含量再增加,拉伸强度、弯曲强度会下降,但幅度不大。

(4)用氢氧化钠溶液对苧麻进行化学表面处理,也可以改善复合材料的性能,主要是因为处理后的苧麻纤维和聚丙烯的相容性明显提高,拉伸强度、弯曲强度、压缩强度提高,综合力学性能优良。氢氧化钠浓度在 10%~15%左右时效果达到最佳。

参考文献

[1] 鲁博,张林文,曾竟成,等.天然纤维复合材料[M].北京:化学工业出版社,2005.254-463.
[2] 陈家瑞.汽车构造(下册)[M].北京:机械工业出版社,2005.372-388.
[3] 王俊勃,郑水蓉.苧麻纤维增强酚醛复合材料的纤维[J].复合材料,2001,18(1):13-15.

[4] 鲁博,杨德旭,张林文,等.短切苧麻/剑麻纤维增强聚酯及酚醛复合材料的性能研究[J].玻璃钢/复合材料,2005,(6):18-20.
[5] 张长安,鲁博.苧麻落麻的表面处理及其复合材料的性能研究[J].工程塑料应用,2004,32(11):5-9.
[6] 张长安,张一甫,曾竟成.苧麻落麻纤维增强聚丙烯复合材料研究[J].玻璃钢/复合材料,2001,(6):16-17.
[7] HARRIETTE L BOS, JORG MUSSIG, MARTIEN J A VAN DEN OEVER. Mechanical properties of short-flax-fibre reinforced compounds[J]. Composites, 2006, 37A: 1591-1604.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50672023);国家“863”重点资助项目(2006AA110101)

收稿日期:2007-08-20;修订日期:2007-11-07

作者简介:田永(1981-),男,硕士研究生,研究方向为汽车制造先进材料及其加工制造技术,联系地址:湖南长沙湖南大学汽车车身先进设计制造国家重点实验室 203 室(410082)。E-mail:jqy_hlp@hnu.cn

欢迎订阅 2008 年度《材料工程》

《材料工程》创刊于 1956 年,由中国航空工业第一集团公司北京航空材料研究院主办,是国内外公开发行的技术刊物。《材料工程》主要刊登有关材料科学与工程方面的学术论文,同时刊登综合性评述,报道新材料、新工艺、新产品信息,及时、准确反映国内材料领域最新成就和最新进展。《材料工程》为月刊,大 16 开本,精美印刷,每期 15.00 元,全年 12 期 180 元。需订阅者可向本刊编辑部索取订单,或直接汇款至编辑部即可。

地 址:北京 81 信箱 62 分箱《材料工程》编辑部(100095)
电 话:(010)62496276