

文章编号:1673-9981(2011)03-0209-04

7075 铝合金实心型材生产工艺的研究

黄志其^{1,2}, 尹志民¹, 陈慧², 葛杰², 胡权², 刘志铭²

1. 中南大学材料学院, 湖南长沙 410083; 2. 佛山市三水凤铝铝业有限公司, 广东佛山 528133

摘要:对一种 7075 铝合金实心型材进行了热模拟试验研究, 并对其组织及性能进行了分析测试. 结果表明, 在挤压温度 380~400 °C, 固溶淬火温度 480 °C、保温时间 2.5 h, 以及在 120 °C 及保温时间 24 h 的时效处理工艺条件下, 7075 铝合金实心型材的抗拉强度、屈服强度及延伸率分别达到 635 MPa, 576 MPa 和 8.5%.

关键词:7075 合金; 热模拟; 组织与性能; 生产工艺
中图分类号:TG146.2 **文献标识码:**A

7075 合金是美国铝业公司于 1943 年开发的, 其属于 Al-Zn-Mg-Cu 系超硬铝合金, 它的出现给飞机的结构及性能带来了革命性的变化, 同时也为超高强度铝合金的飞速发展奠定了基础^[1-3]. 7075 合金具有较高的强度和良好的加工性能, 长期以来在航空工业中被广泛地用作高强度结构零件的材料, 是世界各国航空航天工业中不可或缺的重要材料^[4-5].

7075 合金所具有的独特性能, 在民用领域中的应用也越来越广. 本文在热模拟试验机上对民用的 7075 铝合金实心型材进行力学性能试验, 通过金相及力学性能分析, 得出其最佳的生产工艺, 生产出了满足客户需求的产品.

1 试验部分

1.1 试验材料

试验材料为 7075 合金, 其组成成分包括主合金

元素 Zn, Mg 和 Cu, 以及少量杂质元素 Fe 和 Si. 由于 7075 合金具有合金化程度较高、固液区间较大及有较大的裂纹倾向性等特性. 为了保证合金的力学性能, 同时考虑到 Zn 含量对裂纹倾向性的影响较小, Zn 含量应控制在 5.5%~5.8%; Mg 含量较高时, 可以提高合金在固液区的塑性, 有效防止裂纹的产生, Mg 含量应控制在 2.6%~2.8%; Cu 含量较低时, 有利于降低裂纹的不良影响, Cu 含量应控制在 1.3%~1.5%.

Si 对于合金的热裂倾向性影响比较明显, 铸锭截面越大, 则允许的 Si 含量越低, Si 的含量应控制在 0.15% 以下; 由于 Fe 可与其它元素生成 AlFeMnSi 化合物, 从而减少了共晶量, 缩小了脆性区间, 并可减少和消除 Si 及 Mn 的不利影响, 对于采用热顶铸造法生产的直径 230 mm 的铸锭, 可适当提高 Fe 含量, 以降低裂纹倾向性, Fe 的含量应控制在 0.40%~0.45%. 7075 合金的组成成分列于表 1.

表 1 7075 合金成分的设计范围
Table 1 Chemical composition of 7075 alloy

合金元素	Si	Fe	Cu	Mn	Cr	Ti	Mg	Zn
含量 w/%	0.15	0.4~0.45	1.3~1.5	0.1	0.2~0.24	0.03~0.05	2.6~2.8	5.5~5.8

收稿日期:2010-10-04

作者简介:黄志其(1983—),男,湖南湘乡人,博士.

1.2 试验方法

在 Gleeble 1500 型热模拟试验机上对 7075 合金进行高温热塑性试验,为了使拉伸试样加热均匀,先以 10 °C/s 速率将试样加热至 50 °C,再以 5 °C/s 速率加热至目标温度,保温 1 min 后拉断,然后测量拉伸后试样的断面收缩率及变形抗力随挤压温度而变化的趋势,以确定合金的最佳挤压温度范围.根据实心型材,选取合金的淬火温度分别为 460, 470, 480, 490 和 500 °C,保温时间均为 2.5 h,根据时效后的力学性能结果及金相显微组织,以确定最佳的淬火温度.时效工艺选取通用的处理条件,即温度为 120 °C、保温时间为 24 h.

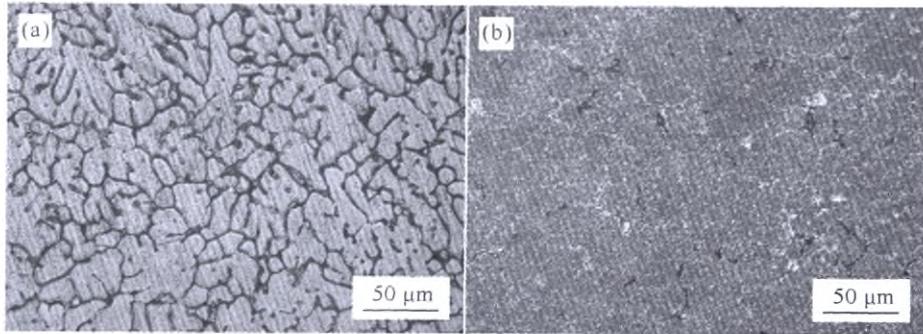


图 1 7075 合金铸态及均匀化退火后组织的金相图

(a) 铸态组织; (b) 均匀化退火组织

Fig. 1 Metallographic analysis of as-cast and uniformly annealed microstructure of 7075 alloy

(a) as-cast microstructure; (b) uniformly annealed microstructure

图 1 为合金铸态及均匀化退火后组织的金相图.从图 1(a)可见,7075 合金铸态组织为典型的枝晶状组织,在晶界和枝晶网络间还分布着未溶解的第二相化合物等;从图 1(b)可见,经均匀化处理后,非平衡结晶所造成的枝晶偏析显著减少或消除,第二相化合物也明显减少.由于均匀化处理主要是消除成分偏析,其并不能使粗大的第二相及共晶相彻底溶解,因此必须通过后续的变形细化第二相及经固溶处理,以达到减少或消除第二相的目的.

2.2 合金挤压生产工艺

通常 7075 合金的挤压温度为 320~450 °C,为找到合金的最佳挤压温度,对合金进行了高温热塑性分析.图 2 为 7075 合金的高温热塑性曲线.

2 结果与讨论

2.1 熔铸生产工艺

由于 7075 合金的合金化程度高、液-固相线间距大、凝固成型时过渡带宽及铸造裂纹倾向较大,为防止出现中心裂纹等缺陷,对于直径 230 mm 的铸锭,需采用硅酸棉纸作“假铺底”,其铸造速率控制在 50~60 mm/min,冷却水压为 0.04~0.06 MPa,在铸造工序后进行回火处理,最后将铸锭进行 460 °C/24 h 均匀化退火.

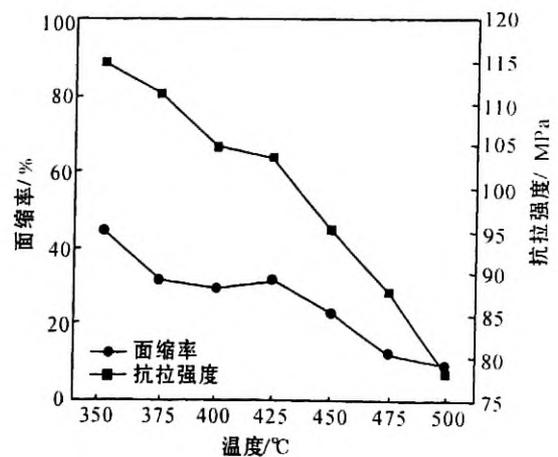


图 2 7075 合金的高温热塑性曲线

Fig. 2 High temperature thermoplastic property curve of 7075 alloy

从图 2 可见:当温度在 350~500 ℃ 范围时,合金的面缩率随温度的升高逐步下降,其由 47% 下降到 10%;当温度在 350~400 ℃ 范围时,合金的面缩率及抗拉强度均较好,表明其塑性较好.在实际挤压过程中发现,当温度超过 400 ℃ 时,合金边角等部位易出现裂纹.因此,合理的挤压温度应控制在 380~400 ℃,挤压速率为 1.2 m/min.在该工艺条件下,合金的表面质量能达到要求.

2.3 合金固溶处理工艺

图 3 为不同固溶淬火温度下合金的金相组织.从图 3 可以看出,随着固溶温度的升高,未溶相逐渐减少,但是晶粒有粗化趋势,说明再结晶晶粒已经开始长大粗化.同时从图 3(d)和图 3(e)可以看出,尽管固溶温度已超过该合金的非平衡共晶点温度 477 ℃^[6],但组织仍未见过烧.这是由于多相共晶组织中,各相的热稳定性和固溶速率不同所致,当某一相优先固溶后,剩余相的共晶温度将提高.

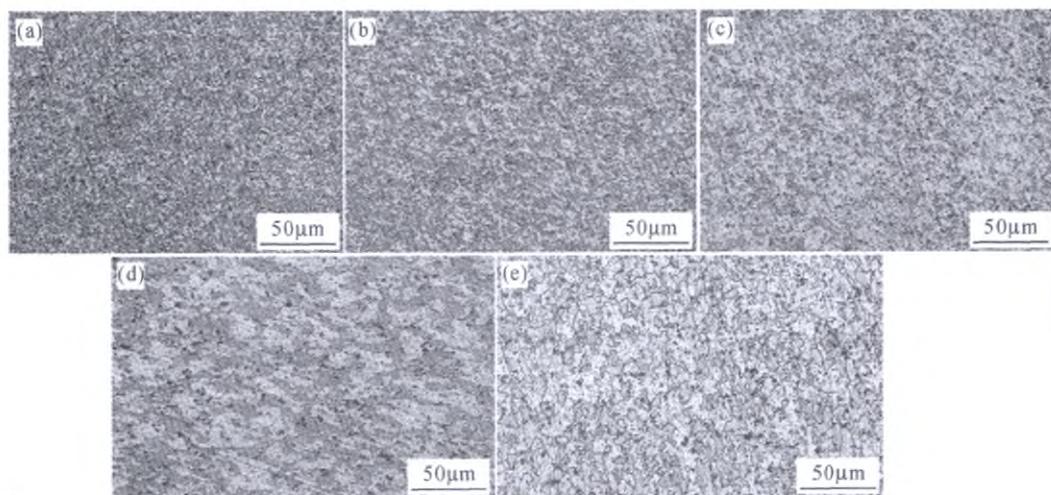


图 3 不同固溶淬火温度下合金的金相组织

Fig. 3 Metallographic analysis under different solid solution quenching temperatures
(a) 460 ℃; (b) 470 ℃; (c) 480 ℃; (d) 490 ℃; (e) 500 ℃

经不同固溶工艺及时效处理后的合金力学性能列于表 2.由表 2 可知,随着固溶温度的升高,合金的抗拉强度及屈服强度均是先升高后降低,其力学性能的变化与图 3 中合金组织变化的特征相一致.在固溶温度为 480 ℃、保温时间为 2.5 h,时效温度

为 120 ℃、保温时间为 24 h 的工艺条件下,合金的抗拉强度、屈服强度及延伸率分别达到 635 MPa, 576 MPa 和 8.5%,该指标满足了客户对合金力学性能的要求.

表 2 不同固溶工艺处理下合金的力学性能

Table 2 Mechanical property of the alloy under different solid solution treatment

固溶及时效工艺参数	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	延伸率/%
460 ℃/2.5 h, 120 ℃/24 h	604	559	10.0
470 ℃/2.5 h, 120 ℃/24 h	625	569	9.0
480 ℃/2.5 h, 120 ℃/24 h	635	576	8.5
490 ℃/2.5 h, 120 ℃/24 h	612	545	7.5
500 ℃/2.5 h, 120 ℃/24 h	595	530	7.0

3 结论

(1)7075 合金的组成成分是: $w(\text{Zn})$ 为 5.5%~5.8%, $w(\text{Mg})$ 为 2.6%~2.8%, $w(\text{Cu})$ 为 1.3%~1.5%, $w(\text{Si})$ 为 0.15%, $w(\text{Fe})$ 为 0.40%~0.45%。该合金的各成分含量在保证合金力学性能的同时,也使合金的裂纹倾向性降低。

(2)在最佳工艺条件下,即挤压温度 380~400 °C,固溶淬火温度 480 °C、保温时间 2.5 h,以及经 120 °C 及保温时间 24 h 的时效处理,7075 合金的抗拉强度、屈服强度及延伸率分别达到 635 MPa,576 MPa 和 8.5%。

(3)经热挤压变形后再进行固溶淬火处理,合金的过烧温度较非平衡共晶温度有一定的提高。

参考文献:

- [1] 李杰,尹志民,王涛,等. 固溶—单级时效处理对 7055 铝合金力学和电学性能的影响[J]. 轻合金加工技术, 2004,32(1):39-43.
- [2] 林高用,彭大暑,魏圣明,等. 强化固溶处理对 7075 铝合金组织的影响[J]. 金属热处理, 2002,27(11):30-33.
- [3] 刘万辉,鲍爱莲. 热压缩 7075 铝合金流变应力特征[J]. 热加工工艺, 2006,35(8):28-30.
- [4] 刘红卫,陈康华,刘允中. 强化固溶对 7075 铝合金组织与性能的影响[J]. 金属热处理, 2000(9):16-17.
- [5] 刘继华,李获,刘培英. 时效和回归处理对 7075 铝合金力学及腐蚀性能的影响[J]. 材料热处理学报, 2002,23(1):50-53.
- [6] 陈康华,刘允中,刘红卫. 7075 和 2024 铝合金的固溶组织与力学性能[J]. 中国有色金属学报, 2000,10(6):819-822.

Research on the process technology of 7075 aluminum alloy solid profile

HUANG Zhiqi^{1,2}, YIN Zhimin¹, CHEN Hui², GE Jie², HU Quan², LIU Zhiming²

1. School of Material Science & Engineering, Central South University, Changsha 410083, China; 2. Sanshui Fenglu Aluminum Co. LTD, Foshan 528133, China

Abstract: A solid profile of 7075 aluminum alloy was investigated through heat-simulation test, and also the microstructure and property of the profile were analyzed. The results show that the tensile strength, yield strength and elongation of the solid profile 7075 aluminum alloy can get to 635 MPa, 576 MPa and 8.5% respectively, under the condition of extrusion temperature of 380-400 °C, solid solution at 480 °C for 2.5 hours, and aging at 120 °C for 24 hours.

Key words: 7075 alloy; heat-simulation; microstructure and property; process technology