DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.11.011

环境湿度对低压铸造铝合金铸件质量影响的研究

赵　伟[1,2],宗星星[1,2],韩桂强[1,2],王　磊[1,2],张胜超[1,2]
(1. 山东豪迈机械科技股份有限公司,山东 高密 261500;2. 山东省轮胎模具关键技术重点实验室,山东 高密 261500)

摘　要:研究了湿度在低压铸造过程中对铝镁合金铸件质量的影响。结果表明,铸造室环境湿度的控制对石膏铸型干燥后吸收水分、铝液吸收水分等具有重要影响。降低铸造室环境湿度,可以减少铸件针孔产生的概率,提高铝镁合金铸件铸造质量。

关键词:湿度;铝镁合金;水分;针孔

中图分类号: TG249　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2021)11-0973-03

Effect of Ambient Humidity on the Quality of Low Pressure Cast Al-Mg Alloy Castings

ZHAO Wei[1,2], ZONG Xingxing[1,2], HAN Guiqiang[1,2], WANG Lei[1,2], ZHANG Shengchao[1,2]
(1. Himile Mechanical Science and Technology (Shandong) Co., Ltd., Gaomi 261500, China; 2. Shandong Key Laboratory of Tire Mould Technology, Gaomi 261500, China)

Abstract: The effects of humidity on quality of Al-Mg alloy in low-pressure casting were studied. The results show that the humidity control in casting chamber has an important effect on moisture absorption of gypsum mold and aluminum liquid after drying. Reducing the humidity in casting chamber can reduce the probability of pinhole and improve the casting quality of Al-Mg alloy castings.

Key words: humidity; Al-Mg alloy; moisture; pinhole

根据近年来铸造铝镁合金的实际统计情况,铝镁合金铸件针孔的产生,带有季节性和地域性,即湿度大的地区(如东南沿海省份)、湿度大的季节(如夏季)和湿度大的阴雨天,铸造的铝镁合金铸件多产生针孔,而湿度小的地区(如西北地区)、湿度小的季节(如冬季)和晴天,铸造的铝镁合金铸件则很少产生针孔,根据资料报道[1],日本也会出现此种情况。针孔是铝镁合金铸件中容易出现的且对铸件质量造成一定影响的一种铸造缺陷,氢是造成针孔的主要原因(有资料介绍[2],铝液中所溶解的气体中80%~90%是氢),而氢主要是由水蒸气分解所产生的。

因此铸造车间现场环境湿度会对铝镁合金铸件质量产生影响[3],湿度较高,铸件气孔、针孔、缩孔等缺陷会上升,本文作者的主要目的是分析铸造车间湿度对石膏铸型和铝液质量产生的影响。

1　铝镁合金铸件针孔产生的机理

铝镁合金液体中吸收的氢,并不是直接来自溶解炉或保持炉中的氢气,而是通过炉气中的水分与铝镁合金发生反应[4],即

$$\left(\frac{2}{3}\right)Al+H_2O\rightarrow\left(\frac{1}{3}\right)Al_2O_3+2H \qquad (1)$$

反应所产生的原子状态的氢,很快会被合金液吸收,所生成的 Al_2O_3 便成为夹杂。Al_2O_3 等氧化夹杂物有强烈的吸附氢气和水分的能力,这是一种离子状的化学吸附,它降低了扩散脱氢速度,甚至阻止合金液的脱氢,同时它还提供气泡成核的现成界面,促进铸件形成气孔、针孔等缺陷[5]。可由原子量求得上式中各成分的重量比为:

$$\left(\frac{2}{3}\right)X27\ kg:18\ kg\rightarrow\left(\frac{1}{3}\right)X102\ kg:2\ kg \qquad (2)$$

假设所产生的氢为标准状态下的分子氢,则将氢换算成体积是:

$$1\ g:1\ g\rightarrow 1.9\ g:1\ 244\ cm^3 \qquad (3)$$

这个式子表示,1 g Al 与 1 g H_2O 发生反应,就会产生 1.9 g Al_2O_3 和 1 244 cm^3 标准状态下的氢气。通过分析,可以看出即使是极微量的水分,对铝镁合金铸造来说,也能够产生严重气孔、针孔等缺陷。

一般情况下,周围空气中的氢气含量并不多,但是空气中如果相对湿度大,则会增加合金液中气体的溶解度,形成季节性气孔,如果在雨季,由于空气

收稿日期:2019-03-27

作者简介:赵　伟(1980—),山东高密人,中级工程师.主要从事轮胎模具先进铸造及加工工艺研究方面的工作.
Email:hm@himile.com

湿度大，铝镁合金熔炼时针孔产生的现象就严重些。空气湿度大时，铝镁合金锭、熔炼设备、工具等也会因空气潮湿而增加表面水分的吸附量[6]。

液态铝镁合金的组分与炉料、有机物燃烧产物及铸型等所含水分发生反应而产生的氢气被铝液吸收[7]。铝镁合金液除了熔炼时吸气外，在浇注铸型时也会产生吸气。进入铸型内的液态金属随温度下降，气体的溶解度下降，析出多余的气体。有一部分逸不出的气体留在铸件内形成“针孔”。气孔有时会与缩孔结合在一起，铝液中析出的气孔留在缩孔内[8-9]，形成气缩孔。

2 湿度对石膏型的影响

为研究湿度对石膏吸潮的影响，对干燥后的石膏进行吸潮试验。采用两种材质的石膏 A 和 B 进行试验，试验结果如表 1。

通过实验数据可以看出，石膏吸潮与环境湿度有关，相对湿度越大，吸潮速度越快。

为进一步分析干燥后石膏型吸潮情况，选取同重量同材质的石膏样块进行石膏发气量试验，实验结果如表 2。

从试验数据来看，放置 8 min 后比直接放入铝液吸潮明显，湿度越大，吸潮越大，发气量越大，由此说明环境湿度对于石膏吸潮影响很大。铸型石膏干燥完成后，放置在铸造车间，吸潮会持续进行（铸型重 7 kg，放置 3 天约吸潮 200 g），因此为了保证铸造质量，石膏型干燥完成后需要控制在空气中的暴露时间。

表1 石膏吸潮试验
Tab.1 Gypsum moisture absorption test

材质	室温 /℃	相对湿度(%)	样块重量 /kg	10 min 实际吸潮 /g
A	37.4	25	2	1
B	37.4	25	2	1
A	41.5	15	2	0.2
B	41.5	15	2	0.2
A	42.5	10	2.5	0
B	42.5	10	2.5	0
A	41.2	10	2.5	0
B	41.2	10	2.5	0

3 湿度对铝液的影响

使用同一台铸造机，同样的铸造工艺参数，相同的铝量，经过相同的变质及精炼处理后，样块在空气中冷却凝固，使用密度仪测量样块密度。结果如表 3 所示。

为了进一步分析样块的质量，将样块从中间切割，观看不同样块横截面质量（如图 1 所示）。1# 样块表面分布点状针孔，用放大镜看，外形呈圆点状，轮廓清晰、内壁光滑，能够测出其直径和数出单位面积上的个数。2# 样块成网状针孔，每个针孔几乎都连接起来，从大面看，成密集的网状，无法数出单位面积上孔数和测得其直径。在这两个样块上还存在混合性针孔，其大小和形状介于前两种气孔之间，用放大镜看，其形状不呈圆点状，而像蜂窝状，有密集区也有稀疏区。

表2 发气量试验
Tab.2 Gas emission test

试验编号	石膏材质	出炉温度 /℃	4 min 后铸型温度 /℃	铝液温度 /℃	试验变量	试验结果	备注
1	A	133.7		710		发气量小	出炉后直接放入铝液中
2	A	134.9		710		发气量小	出炉后直接放入铝液中
3	A	132.0	100.5	710	室内 8 min	发气量较大	
4	A	131.0	99.5	710	室内 8 min	发气量较大	
5	A	131.0	90.5	710	室外 8 min	发气量大	
6	A	132.5	89.9	710	室外 8 min	发气量大	

表3 样块密度
Tab.3 Density of samples

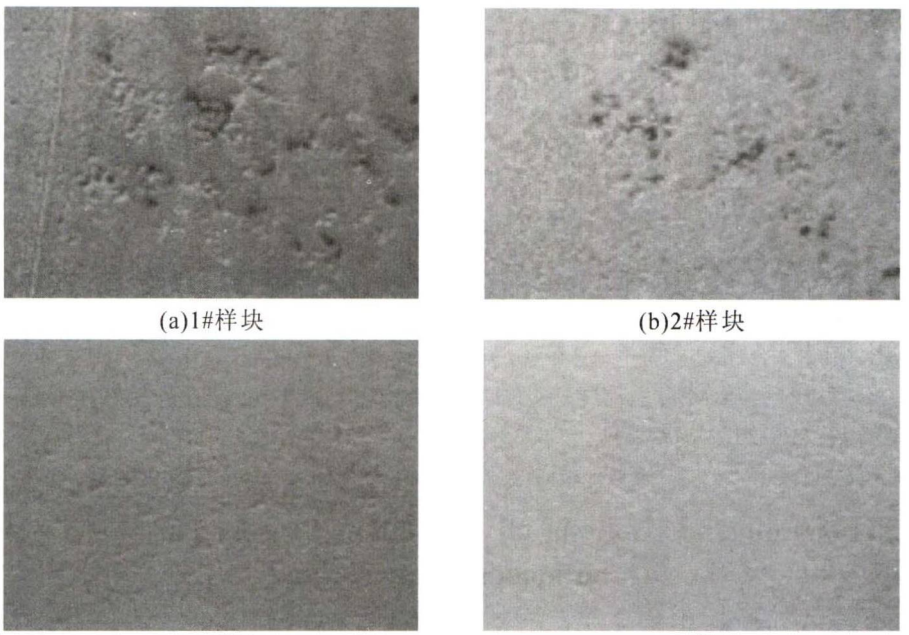
编号	材质	室温 /℃	相对湿度 (%)	样块重量 /kg	密度 /($\times10^3$ kg/m^3)
1	铝镁	35	30	1	2.245
2	铝镁	35	25	1	2.251
3	铝镁	35	12	1	2.259
4	铝镁	35	10	1	2.261

通过 1#、2# 样块和 3#、4# 样块的对比可以看出，车间相对湿度较大时，铝块横截面上气孔、针孔较多，样块密度值较小，不满足使用要求。而车间相对湿度较小时，横截面上无明显气孔、针孔等缺陷，样块密度值满足要求。

对 1#、2# 样块进行扫描电镜分析，由图 2 可以看出，气孔表面光滑，孔的周边有一圈光亮层，仔细观察也具有缩孔的特征。

4 结论

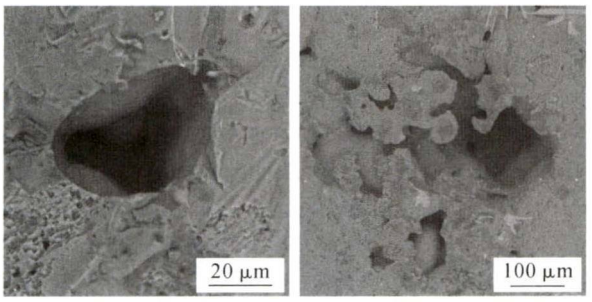
（1）铸造车间湿度大时，石膏铸型、铝镁合金锭、熔炼设备、工具等也会因空气潮湿而增加表面水分的吸附量，从而铸造后铝镁合产生针孔等缺陷。



(a)1#样块　(b)2#样块　(c)3#样块　(d)4#样块

图 1 不同样块横截面的形貌

Fig.1 Morphology of cross section of different samples



(a)1#样块　(b)2#样块

图 2 样块 1 和 2 横截面的扫描电镜图像

Fig.2 SEM image of cross section of sample 1 and 2

(2)车间环境湿度对石膏铸型吸潮有直接影响,湿度越大,石膏吸收水分越快,且越多。

(3)车间环境湿度越大,铝液吸收的水分越多,铝镁合金铸件产生针孔的缺陷越严重。

(4)控制温度,增加空调设备,降低温度,从而减小车间的相对湿度,在铸造车间增加除湿机设备,降低车间的湿度。

参考文献:

[1] 张士林,任颂赞. 简明铝合金手册[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 2000.

[2] 王振东. 低压铸造新工艺新技术与铸件缺陷防治及机械设备运行维护实用手册[M]. 北京: 北方工业出版社, 2012.

[3] 刘敏歆, 邹化仲. 原砂温度及空气湿度对冷芯盒法砂芯强度的影响[J]. 铸造, 1994(11): 5-9.

[4] 唐剑. 铝合金熔炼与铸造技术[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2009.

[5] 王安家,李金山,周中波,等. A357 合金低压铸造过程及性能研究[J]. 热加工工艺, 2007, 36(13): 58-60.

[6] 白清华. 低压铸造大型壁厚不均铸件缩松的解决 [J]. 特种铸造及有色合金, 2009, 29(5): 434-436.

[7] 邬京利,毕维生. 影响低压铸造铸件质量的几种因素[J]. 中国铸造装备与技术, 2004(6): 52-53.

[8] 陈宗民,于文强. 铸造金属凝固原理[M]. 北京: 北京大学出版社, 2014.

[9] KOGYO H G, KANISHA K. Low-pressure castings of light metal alloy: UK Patent.GB2208817A[P]. 1989.

《铸件均衡凝固技术及应用实例》

《铸件均衡凝固技术及应用实例》由西安理工大学魏兵教授编著。共 8 章:1 铸铁件均衡凝固与有限补缩;2 铸铁件冒口补缩设计及应用;3 压边浇冒口系统;4 浇注系统大孔出流理论与设计;5 铸件均衡凝固工艺;6 铸钢、白口铸铁、铝、铜合金铸件的均衡凝固工艺;7 浇注系统当冒口补缩设计方法;8 铸件填充与补缩工艺定量设计实例。全书 320 页,特快专递邮购价 280 元。

邮购咨询:李巧凤 13991824906,技术咨询:13609155628