

砂芯表面涂层对低压铸造铝合金控制臂缺陷的影响

刘书梅 郭 俊 马小军 刘海滨 刘豪杰
(湖北航特装备制造股份有限公司, 荆门 448000)

摘 要 砂芯表面刷涂涂层后,不进行烘烤或烘烤时间过短,在低压铸造过程中,极易引起铸件内腔产生气孔或在铸件表面产生气泡等缺陷。阐述了无机砂芯在表面刷涂涂层后,其含水率在不同环境的变化趋势和变化值,以及不同含水率对铝合金低压铸造缺陷的影响。

关键词 无机砂;表面涂层;低压铸造;铝合金铸件;气孔缺陷

中图分类号 TG249.2;TG146.21

文献标志码 A

DOI:10.15980/j.tzzz.Y20240005

Effects of Surface Coating on Sand Core on Control Arm Defects in Low Pressure Casting Aluminum Alloy

LIU Shumei, GUO Jun, MA Xiaojun, LIU Haibin, LIU Haojie
(Hubei Hangte Equipment Manufacturing Co., Ltd., Jingmen 448000)

Abstract: Sand core without braking or with shortage of braking time after brushing coating on the surface is prone to defects such as pores in the cavities or bubbles on the surface of casting. The variation trend and value of moisture meter of inorganic sand core after brushing coating in different environment were expounded, and influence of moisture meter on defects in aluminum alloy by low pressure casting was analyzed.

Key Words: Inorganic Sand, Surface Coating, Low Pressure Casting, Aluminum Casting, Pore Defects

随着环保要求提高,铸造行业逐步向着清洁化、绿色环保、少污染、高效、优质的绿色工业发展^[1]。由无机黏结剂制备的无机砂,从制芯到浇注全过程无毒、无味、无粉尘^[2],能有效解决铸造环境污染问题,已经逐步取代覆膜砂和冷芯砂应用于铝合金铸件生产。

当前,国内对于无机砂芯在铝合金底盘铸件中的运用还存在很多问题,尤其是无机砂芯制成后的控制要求,包括无机砂芯的存放环境、砂芯表面涂层的刷涂以及涂层的含水率控制要求等。针对某款铝合金控制臂在低压铸造生产过程中遇到的由无机砂芯表面涂层引起的铝合金低压铸造缺陷问题进行分析,并提出对应的解决措施,旨在为同类产品问题解决提供参考。

1 铸件的基本情况

图1为某铝合金空心控制臂,其质量为5.22 kg,材质为A356合金。铸件轮廓尺寸为466 mm×399 mm×95 mm。铸件内腔采用无机砂成形,通过低压铸造生产。因铸件局部位置需机加工,需在铸件内腔砂芯表面灰色位置刷涂涂料以防止铸件粘砂和降低铸件表面

粗糙度^[3],见图2。

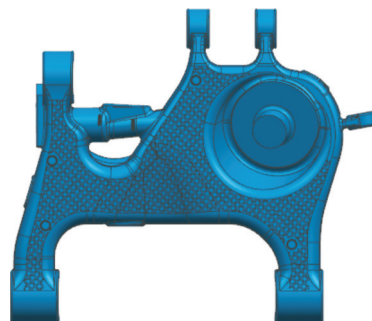


图1 控制臂结构图

Fig.1 Schematic diagram of control arm

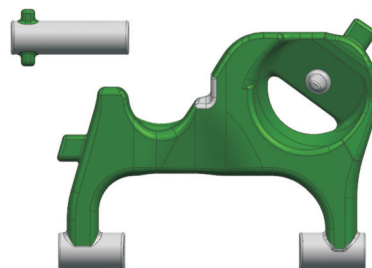


图2 控制臂砂芯

Fig.2 Sand core for control arm

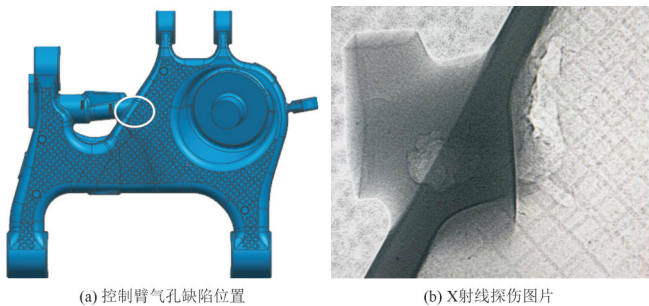
收稿日期:2024-03-23;修订日期:2024-04-28

第一作者简介:刘书梅,女,1981年出生,工程师,E-mail:19541066@qq.com

引用格式:刘书梅,郭俊,马小军,等.砂芯表面涂层对低压铸造铝合金控制臂缺陷的影响[J].特种铸造及有色合金,2025,45(7):1113-1116.

LIU S M, GUO J, MA X J, et al. Effects of surface coating on sand core on control arm defects in low pressure casting aluminum alloy[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2025, 45(7): 1113-1116.

根据该产品低压铸造试制的结果,发现铸件一处凸台分布一些形状不规则的气孔。气孔大多是长条形,少数是圆形或椭圆形,孔内圆滑,气孔长度最长贯穿整个凸台,长度达到 40 mm。图 3 为气孔缺陷和 X 射线探伤图片。经 X 射线探伤发现,气孔缺陷主要分布在凸台周边。铸造气孔形成的原因是,铝液在充满模具型腔后,包裹砂芯,使砂芯受热产生的气体无法及时从模具排气塞(孔)顺畅排出,留在铝液中凝固后部分形成明显可见的大气孔。因此在保证模具气塞通畅的情况下,初步分析判断该气孔缺陷是由于生产过程中砂芯表面的变化引起的气体聚集造成的^[4]。



(a) 控制臂气孔缺陷位置 (b) X射线探伤图片

图 3 气孔缺陷和 X 射线探伤

Fig.3 Pore defects and X-ray detection

2 工艺试验验证

生产的变量主要是模具中的气塞是否通畅和铸件内砂芯的水分含量,而模具气塞的控制是操作规范问题,因此主要针对砂芯的含水率进行验证分析。

试验材料为某控制臂无机砂砂芯、砂芯涂料 A、砂芯涂料 B、工业酒精(纯度 99.9%)、A356 铝合金液,涂料 A 和涂料 B 的具体成分见表 1。

表 1 涂料 A 和 B 的主要成分表

Tab.1 The main ingredient list of Paint A and Paint B

涂料名称	w_B					
	叶腊石/%	工业甲醇/%	石墨/%	铝矾土/%	粘结剂/%	其他溶剂
涂料 A	30~35	25~30	10~15	5~10	2~5	余量

涂料名称	w_B					
	滑石粉/%	工业甲醇/%	石墨/%	膨润土/%	粘结剂/%	其他溶剂
涂料 B	50~60	20~25	10~15	5~10	2~5	余量

砂芯表面的涂层配制工艺:使用电子秤称量 5 kg 涂料 A、5 kg 涂料 B 和工业酒精 13.3 kg,采用机械法,按表 2 比例使用搅拌机进行搅拌。搅拌均匀后采取刷涂法,蘸取涂层刷在砂芯表面,刷涂位置见图 2。

选取两车砂芯,其中一车砂芯刷涂涂料 A,另一车砂芯刷涂涂料 B。刷涂后的砂芯立即转运到恒温恒湿房保存,环境温度为 30~45 ℃,湿度为 20%~35%,要

表 2 砂芯表面涂层配比

Tab.2 Coating proportion of the surface of sand core

工艺名称	混合比例	备注
涂料 A:酒精	1:2	砂芯刷涂位置一致
涂料 B:酒精	1.5:1	

求每间隔 1 h,使用 HT633 水分测湿仪对砂芯表面涂层的含水率进行检测。测试过程中将测湿仪检测材料调整为材料 C(水泥砂、混凝土类),测得的含水率范围为 0.9%~22.1%。测试砂芯取每车砂芯中上下两层,每层 4 个角的砂芯,共 8 个砂芯

在砂芯表面涂层含水率稳定在一定范围后,将其转运至铸造车间进行浇注。铸造车间环境温度为 24 ℃,空气湿度为 50%,浇注模具温度为 340~440 ℃,验证砂芯车放置在模具的正后方。其中一车砂芯靠近浇注模具,另一车远离浇注模具,两者距离为 1 400 mm。在铸造车间,每间隔 1 h,检测两车砂芯涂层含水率的变化,共检测 3 次。

对两车不同涂层的砂芯进行浇注试生产验证,并用 X 射线探伤,以判定砂芯涂层的含水率对铸件内气孔的影响。

3 试验结果及分析

3.1 砂芯涂层在恒温恒湿房的含水率变化

取刷涂涂层 A 的砂芯,从 0 开始检测,每间隔 1 h 检测 1 次含水率,共检测 6 次,结果见表 3。可以看出,在烘干过程中,砂芯的含水率(w)随时间延长而降低。在保存 4 h 后,砂芯涂层的含水率趋于稳定,保持在 1.3%~1.5% 范围内。

表 3 砂芯涂层含水率随烘干时间的变化值

Tab.3 Variation of moisture rate in the sand core coating with baking time

砂芯序号	含水率/%					
	0	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h
1	5.63	1.60	1.58	1.62	1.38	1.34
2	5.76	1.60	1.62	1.58	1.32	1.38
3	5.58	1.58	1.64	1.60	1.42	1.34
4	5.72	1.62	1.58	1.64	1.34	1.38
5	5.30	1.62	1.60	1.62	1.42	1.42
6	5.56	1.72	1.56	1.58	1.32	1.34
7	5.86	1.80	1.58	1.56	1.38	1.38
8	6.14	1.88	1.76	1.64	1.42	1.34

3.2 砂芯涂层在生产车间的含水率变化

无机砂砂芯在生产过程中需添加一定比例的改性水玻璃作为粘结剂^[5],其生产工艺见图 4。

因水玻璃砂型对环境湿度十分敏感,在较高湿度

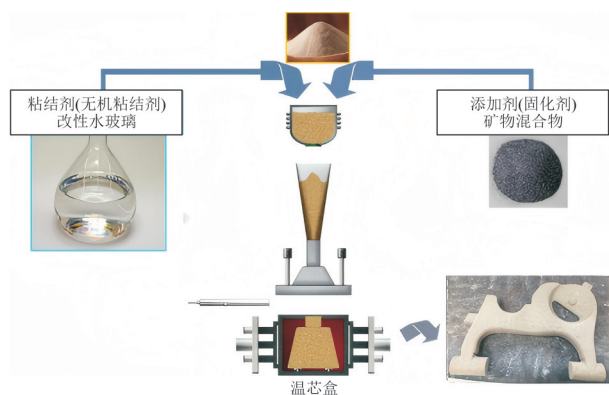


图4 无机砂制芯流程

Fig.4 Sand core making process of inorganic sand

环境下水玻璃砂具有强吸湿性^[6],同时酒精在空气中也有较强的潮解性,因此砂芯转入铸造车间后,砂芯含水率出现了一定比例的变化。

参照生产节拍,单车砂芯预计在3 h内使用完,将刷涂涂层A的砂芯在恒温恒湿房放置4 h,砂芯涂层含水率基本稳定在1.3%~1.5%后转入铸造车间,放置3 h,每间隔1 h检测1次砂芯含水率,结果见表4。

表4 砂芯涂料A涂层在铸造车间含水率变化

Tab.4 Moisture rate variation of coating A on the sand core in the workshop

砂芯序号	含水率/%			
	0 h	1 h	2 h	3 h
1	1.46	1.80	1.86	1.86
2	1.42	1.66	1.58	1.60
3	1.49	1.90	1.88	1.86
4	1.46	1.64	1.60	1.52
5	1.46	1.66	1.62	1.54
6	1.38	1.80	1.84	1.78
7	1.46	1.60	1.54	1.52
8	1.42	1.76	1.74	1.68

从表4可以看出,其中远离金属型一侧砂芯1、3、6、8,受涂层中酒精比例较高因素的影响,在转入铸造车间1 h内,砂芯涂层迅速吸潮,涂层含水率升高至最高点1.7%~1.9%,后受到车间环境因素的影响,砂芯涂层含水率呈下降趋势。由于距离金属型较远,模具温度对其影响较小,存放3 h后,砂芯涂层含水率下降不明显,仍在1.68%~1.86%之间波动。

而靠近生产中的金属型一侧的2、4、5、7砂芯,同样受涂层中酒精比例较高因素的影响,在转入铸造车间后1 h内,砂芯涂层含水率迅速升高至1.6%~1.7%,因距离金属型很近,受金属型温度影响较大,其含水率迅速降低,在铸造车间存放3 h时,含水率基本稳定在1.5%~1.6%。

刷涂涂料B的砂芯在恒温恒湿房烘干保存4 h,砂

芯涂层含水率基本稳定在1.3%~1.5%后转入铸造车间,同样在铸造车间放置3 h,每1 h检测1次,结果见表5。

表5 砂芯涂料B涂层在铸造车间含水率变化

Tab.5 Moisture rate variation of coating B on the sand core in the workshop

砂芯序号	含水率/%			
	0 h	1 h	2 h	3 h
1	1.34	1.38	1.52	1.46
2	1.30	1.30	1.48	1.36
3	1.38	1.46	1.60	1.54
4	1.34	1.49	1.38	1.48
5	1.30	1.34	1.42	1.38
6	1.30	1.46	1.50	1.56
7	1.34	1.34	1.34	1.36
8	1.34	1.62	1.64	1.58

从表5可以看出,远离金属型一侧砂芯1、3、6、8,因其涂层含酒精比例小,吸潮缓慢,在1 h内涂层含水率缓慢升高,1~2 h内含水率逐步升至1.5%~1.7%。因距离金属型较远,金属型温度对其影响较小,3 h后砂芯涂层的含水率仍保持在1.4%~1.6%之间。

而靠近金属型一侧砂芯2、4、5、7,因砂芯涂层的酒精比例小,其吸潮缓慢,同时受到金属型高温的影响,砂芯涂层的含水率变化基本不明显,在3 h内始终保持在1.3%~1.5%范围内。

两种不同涂料涂层的砂芯在恒温恒湿房烘干保存4 h后转入铸造车间,其砂芯涂层的含水率受到涂层中酒精吸湿性和无机砂水玻璃强吸湿性的影响,在2 h内会逐步升高,而后受模具温度等环境因素的影响,砂芯的含水率会逐步降低。其中涂层中酒精比例的含量对含水率影响明显,酒精比例越高,在砂芯转入生产车间后,砂芯涂层吸湿性越强,含水率升到最高所用时间越短;酒精比例越低,砂芯涂层的吸湿性越弱,升到含水率最高所用时间越长。

因其酒精比例高,涂料A涂层的吸湿性明显高于涂料B涂层,在生产的3 h内,涂料A涂层的含水率在1.3%~1.9%波动,涂料B涂层的含水率在1.3%~1.7%范围内波动。

3.3 砂芯涂层含水率对铸件气孔缺陷的影响

刷涂涂料A涂层和涂料B涂层的砂芯均在恒温恒湿房保存4 h后转入铸造车间开始浇注,在3 h内浇注完成,后处理后的铸件经X射线探伤,探伤合格率为100%,见图5。

因此,砂芯涂料A涂层含水率在1.3%~1.9%间波动,不会导致铸件在图5位置气孔的产生;砂芯涂料B

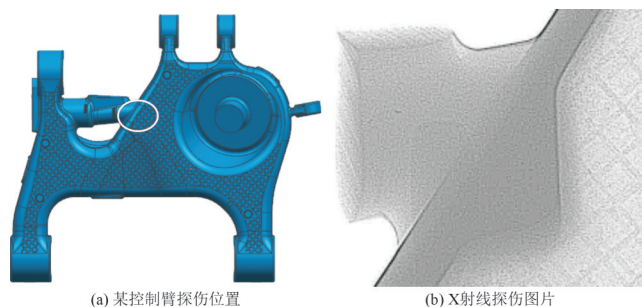


图5 气孔缺陷检测

Fig.5 Pore defect inspection

涂层的含水率在1.3%~1.7%波动也不会导致铸件在图5位置气孔的产生。

取一批砂芯在恒温恒湿房保存时间小于4 h,砂芯涂层的含水率在2.0%、2.1%、3.2%、4.7%和11.2%,直接进行生产验证并探伤检测,检测结果见图6。

从探伤结果看,在砂芯涂层的含水率超过2.1%以后,控制臂在浇注过程中易产生气孔。砂芯涂层的含水率越高,控制臂图示位置出现气孔缺陷的几率越高,且气孔缺陷的面积越大。

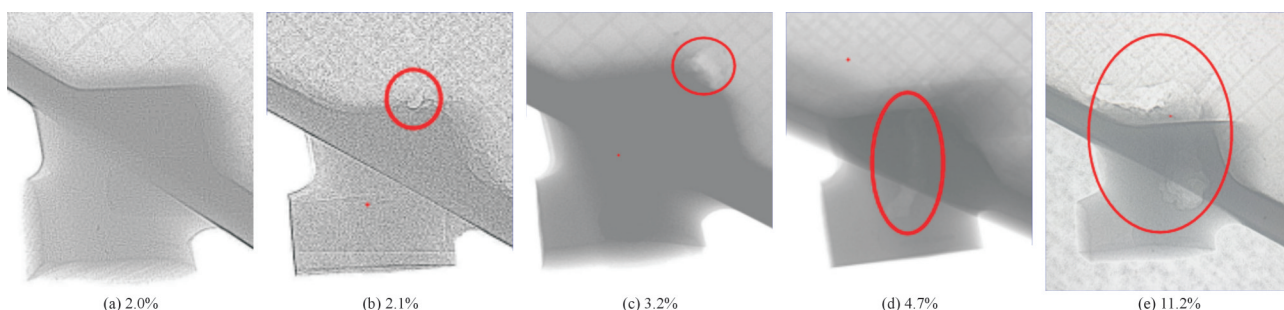


图6 不同含水率时铸件气孔缺陷

Fig.6 Pore in the casting with varied moisture rates

为降低或杜绝控制臂此处产生气孔,砂芯在恒温恒湿房(环境温度为30~45℃,湿度为20%~35%)需保存4 h以上,砂芯涂层的含水率控制在1.5%以内,到铸造生产车间时,其含水率需控制在2%以内。

4 结 论

(1)无机砂芯在刷涂涂层后,需在恒温恒湿房烘烤后使用。在恒温恒湿房的环境温度为30~45℃,湿度为20%~35%条件下,需烘烤保存4 h以上,砂芯涂层的含水率控制在1.5%以内。

(2)无机砂芯在转入铸造车间后,涂料A涂层和涂料B涂层均有吸水性,其中涂料A涂层的吸水性比涂料B涂层吸水性更强。涂料A涂层在1 h内,含水率达到高点后逐步降低,最后稳定在1.3%~1.9%内;涂料B涂层在2 h内,含水率达到高点后逐步降低,最后稳定在1.3%~1.7%范围内。

(3)在浇注过程中砂芯涂层的含水率需控制2%以内以避免产生气孔。

参 考 文 献

- [1] 蔚明权,皮振江,秦红林.无机粘结剂在铸造铝合金中的应用[A]//2012中国铸造活动周论文集[C].无锡,2012.
- [2] 熊杰,王丽峰,吴长松,等.无机砂技术研究工业化应用[J].铸造工程,2023,47(1):59-63.
- [3] 中国机械工程学会铸造分会.铸造手册:第4卷造型材料[M].北京:机械工业出版社,2011.
- [4] 唐波,志成铸造团队.AD300汽缸头气孔缺陷分析与改进[A]//

2023重庆市铸造年会论文集[C].重庆,2023.

- [5] 徐庆柏.新型无机材料制芯和造型工艺[J].铸造工程,2020(5):8-10.
- [6] 管小磊.水玻璃砂的吸湿特性及抗湿性研究[D].武汉:华中科技大学,2008.

(编辑:张正贺)

欢迎关注《特种铸造及有色合金》微信公众号矩阵,文章信息、行业研究动态与资讯信息早知道!



特种铸造
(关注铸造及有色合金
领域重要研究成果)



压铸界
(压铸领域最新动态
及研究)



青稞讲堂
(金属领域青年科学家
最新研究成果)



特种铸造及有色
合金杂志
(文章动态时刻关注)