● 生产技术 Production Technology ●
DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.04.009

镍铝青铜螺旋桨典型缺陷成因分析及解决对策

朱 晶,权林林,韩庆琚
(大连船用推进器有限公司 工艺技术部,辽宁 大连 116021)

摘 要:介绍了实际生产中砂型铸造镍铝青铜螺旋桨典型的6种缺陷,即缩孔缩松、皮下气孔、冷隔、机械粘砂、夹渣和夹砂。结合生产情况分析了缺陷产生的主要原因,给出了相应的解决对策,有效地改善了砂型铸造镍铝青铜螺旋桨产品的质量。

关键词:船用螺旋桨;镍铝青铜合金;砂型铸造;典型缺陷;解决对策

中图分类号:TG146.1+1; TG245 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-8365(2020)04-0343-04

Cause Analysis and Solutions of Typical Defects for Nickel-Aluminum Alloy Propeller

ZHU Jing, QUAN Linlin, HAN Qingju
(Technology Department, Dalian Marine Propeller Co., Ltd., Dalian 116021, China)

Abstract: The typical sand casting defects in production of Nickel-Aluminum alloy propeller, such as shringage cacity and porosity, sub-surface porosity, cold shut, metal penetration, slag inclusion and scab of copper alloy were introduced. The main reasons for the defects were analyzed and the corresponding solutions were proposed to improve the product quality in production.

Key words: marine propeller; Ni-Al bronze alloy; sand casting; typical defect; resolution strategy

近一个世纪以来,综合性能优异的铜合金被广泛应用于造船、电气、冶金、化工、机车制造等领域。特别是镍铝青铜合金,与铸钢、铸铁、铝合金等材料相比因具有优良的力学性能、有较高的耐海水腐蚀疲劳强度及较强的耐海水腐蚀性、铸造性能好、易于机械加工及焊接修补、资源丰富充足、价格合理等优点,已成为制造各种类型螺旋桨的首选材料,至今仍作为主流材料活跃在螺旋桨制造的舞台[1-3]。

然而,在实际生产中,造型并浇注大型或者结构复杂的镍铝青铜螺旋桨不可避免的会出现各种各样的缺陷,对产品的性能及使用会造成一定的影响,甚至直接导致铸件报废,引发不可挽回的经济损失等严重后果[4,5]。

本文对砂型铸造镍铝青铜螺旋桨中典型的缺陷进行了梳理并分析了导致该问题出现最可能的原因,同时给出了对应的解决对策。

收稿日期:2020-02-06

作者简介:朱 晶(1982-),女,辽宁大连人,博士,工程师.主要从事船用螺旋桨铸造工艺方面的工作.
电话:0411-84442866-8211,
E-mail:jingzhu2009@yeah.net

1 缩孔缩松

1.1 定义与特征

铸件在凝固过程中发生体积收缩时,因熔体得不到及时而有效地补充,最终产生收缩孔洞。缩孔为集中且容积大的孔洞;缩松为分散且细小的孔洞。缩孔缩松一般出现的位置是铸件最后凝固的部位或者铸件的上部,表面参差不齐,缩孔缩松的孔壁不光滑,存在枝状晶;缩孔缩松位于枝晶间与晶界处多带棱角[6-12]。实际生产中砂型铸造镍铝青铜螺旋桨典型的缩孔缩松缺陷如图1所示[1]。

1.2 产生原因

(1)浇注温度过高。

(2)设计的冒口工艺不合理,导致补缩效果差。

(3)因铸件自身壁厚尺寸存在差异,铸型中孤立的热节得不到补缩。

1.3 解决对策

(1)依据铸件的高度、壁厚尺寸,适当将浇注温度降低。

(2)将冒口高度适当增加,从而增加冒口压头和体积,更好地发挥冒口补缩作用。视铸件的尺寸和形状的复杂程度,设置合理的补贴建立冒口与铸件之

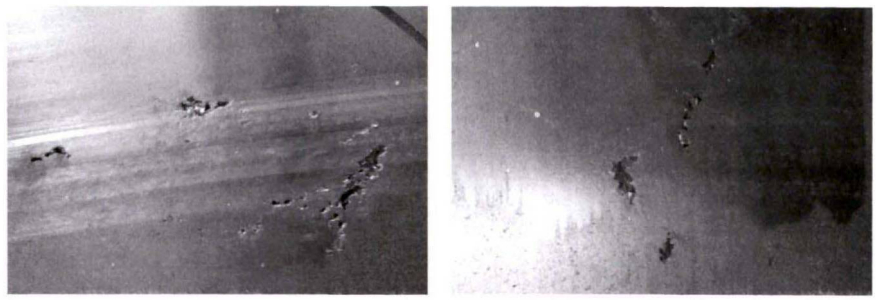

图 1 铜合金螺旋桨的缩孔缩松缺陷
Fig.1 Shringage cacity and porosity of copper alloy propeller

间的顺序凝固，形成上热下冷的温度梯度，同时加长冒口补缩的距离。

(3)根据铸件壁厚特点，调整砂芯的锥度，使铸件到冒口之间可以形成薄壁-几何热节-接触热节-冒口顺序的热节圆，充分发挥冒口的补缩能力。

2 皮下气孔

2.1 定义与特征

气孔分散的分布在铸件表皮下为皮下气孔缺陷。此类气孔成因是浇注过程中合金液与砂型之间发生化学反应而形成的。气孔形状多为圆球形、团球形、泪滴形、长针形、梨状等，大小不一，深度不等。通常在机械加工铸件表皮 1~3 mm 后，会发现横列的成串直径约为 1~3 mm 的小气孔为皮下气孔的典型特征[13-19]。实际生产中砂型铸造镍铝青铜铸件螺旋桨经机械加工后出现的皮下气孔缺陷如图 2 所示。

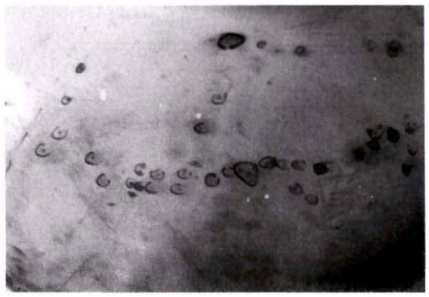

图 2 铜合金螺旋桨的皮下气孔缺陷
Fig.2 Sub-surface porosity of copper alloy propeller

2.2 产生原因

(1)型、芯未充分烘干，铸型、芯透气性差，通气不良。

(2)烘型干燥窑内电阻丝断裂，实际温度不达标。

(3)烘型热风炉故障，出风口温度不达标。

(4)熔炼过程中金属液中熔入氮气过多。

(5)烘型温度不够、烘型时间不足。

2.3 解决对策

(1)控制好砂型的砂芯的烘型时间和烘型温度，砂芯造型时可采用辅助材料，如草绳，增加铸型透气性。

(2)定期检查干燥窑，以防止加热电阻丝损坏而影响使用。

(3) 定期检查热风炉设备，定时记录出风口温度，以保证热风炉正常工作，不影响铸件烘型质量。

(4)熔炼过程中，针对金属液的重量，控制好通氮气的时间，避免过量。

(5)依铸件产品尺寸及复杂程度，适当延长烘型时间，同时也要适当提高烘型温度。

3 冷隔

3.1 定义与特征

浇注时因金属流充型汇合时熔合不良导致的铸件上箱出现边缘为圆角形状且有的穿透，有的不穿透的缝隙，此类缺陷为冷隔[20]。实际生产中砂型铸造镍铝青铜螺旋桨出现的冷隔缺陷如图 3 所示。

图 3 铜合金螺旋桨的冷隔缺陷
Fig.3 Cold shut of copper alloy propeller

3.2 产生原因

(1)浇注温度低，浇注速度慢。

(2)直浇道高度不够，造成金属液静压头小。

(3)浇道横截面积过小，造成金属液流动不顺畅。

(4)内浇道数量不够，造型金属液上升缓慢。

3.3 解决对策

(1)视铸件结构的复杂程度及铸件尺寸，适当提高浇注温度；估算铸件总重量，依据铸件重量选择开

放比合适的直浇道、横浇道和内浇道，使浇注速度适当加快。

(2)提高直浇道高度，保证金属液有合适的静压头。

(3)在满足临近内浇道之间吃砂量要求的前提下，可增加内浇道数量，或增加内浇道横截面积来增加开放比，使浇注时的金属液流动顺畅。

4　机械粘砂

4.1　定义与特征

机械粘砂又称金属液粘砂，是因金属氧化物或液态金属经由气相渗透或毛细管渗透的方式进入至位于型腔表面的砂粒间隙中在铸件表面形成的粘砂层，该粘砂层为砂粒与金属的机械混合物。清铲粘砂层后，铸件表面呈现金属光泽[18,21-24]。实际生产中砂型铸造镍铝青铜螺旋桨出现的机械粘砂缺陷如图 4 所示。

图 4　铜合金螺旋桨的机械粘砂缺陷
Fig.4　Mechanical adhering sand defects of copper alloy propeller

4.2　产生原因

(1)砂型的紧实度较低且不均匀。

(2)因混砂不均匀，造成型砂和芯砂局部粒度过粗。

(3)涂料在砂型、砂芯表面的涂层厚薄不一，导致涂料从砂型或砂芯表面脱落。

(4)直浇道设置过高，导致浇注时金属液从浇口杯经由直浇道进入型腔的静压力过大。

(5)浇注系统与冒口工艺设计不合理，导致铸型局部过热。

4.3　解决对策

(1)造型时使用砂舂将砂型舂实、舂匀。

(2)混砂前要进行粒度检测，根据天气及季节变化，混砂时粘结剂的加入量要适中，造型时避免使用头、尾砂。

(3)根据铸件的尺寸和重量，设置合理的直浇道高度，以减弱浇注时金属液给型腔造成的静压力，避免铸型受到热冲击。

5　夹渣

5.1　定义与特征

夹渣缺陷是铸件内部或表面有外来的，其形状不规则的非金属夹杂物。该类缺陷主要分布在铸件的死角处、铸件的上表面及位于砂芯下面的铸件表面，且无金属光泽[18,21-22,25-27]。实际生产中砂型铸造镍铝青铜螺旋桨出现的夹渣缺陷如图 5 所示。

图 5　铜合金螺旋桨的夹渣缺陷
Fig.5　Slag inclusion of copper alloy propeller

5.2　产生原因

(1)在熔炼合金时，加入的精炼剂或除渣剂因在出炉前没有扒除干净，导致残留的熔渣在浇注时随金属液一起浇入至型腔内。

(2)浇注过程中的金属液发生二次氧化。

5.3　解决对策

(1)金属液在熔炼过程中，要控制好新料与回炉料的使用比例，以保证浇注用金属液的纯净度。

(2)在铸件的浇注系统上设置集渣包或过滤网，可有效地阻挡残留的熔渣进入型腔内。

(3)金属液在转包前应进行扒渣处理，液面上均匀铺撒覆盖剂，以避免二次氧化。

6　夹砂

6.1　定义与特征

夹砂缺陷是形貌为翘舌状的金属疤痕存在于铸件表面局部，且与铸件之间存在片状型壳层。该类缺陷边缘尖锐但表面粗糙，其中一小部分金属与铸件本体连在一起[18,20-22,28]。实际生产中砂型铸造镍铝青铜螺旋桨出现的夹砂缺陷如图 6 所示。

6.2　产生原因

浇注过程中，较高的浇注温度导致砂型表层持续受到烘烤，使其形成由金属流的热量引起的低强度、高湿度的水分凝聚层，而型腔内的砂粒因受热膨胀导致砂型表层翘起，并逐渐脱离凝聚层。翘起的砂层会因体积增大而由两边同时向金属液流位

图 6 铜合金螺旋桨的夹砂缺陷
Fig.6 Scab defects of copper alloy propeller

置延伸，浇注完毕后，金属液不能将翘起的砂层压平。

6.3 解决对策

(1)适当增加直浇道横截面积，使铸件浇注速度提高，缩短浇注时间，可借助金属液柱压力阻止砂层的鼓、翘。

(2)造型舂砂时，应使用专用的工具将砂型舂实、舂匀，确保砂型的紧实度。

(3)造型时，使用钎针在砂型中均匀扎出通气孔。

7 结语

本文所述 6 种砂型铸造镍铝青铜螺旋桨缺陷是实际生产中真实出现的，每种缺陷产生的原因是通过问题追溯总结的，通过原因分析有针对性的给出了对应的解决对策，可有效地控制和防止类似铸造缺陷再次出现。实际生产中螺旋桨铸造缺陷虽然不能完全消除，可以通过调整铸造工艺、结合熔炼、造型和浇注时天气、温度、空气湿度、作业环境等影响因素采取有效地方法进行适当地控制来尽量减少减弱或避免一些铸造缺陷的产生，以达到提高砂型铸造的生产能力，改善产品质量的目的。

参考文献：

[1] 《船用螺旋桨铸造》编写组. 船用螺旋桨铸造[M]. 北京：国防工业出版社，1980.
[2] 张静. 铜及其合金光亮防锈表面处理技术的研究 [D]. 无锡：江南大学，2008.
[3] 王敏. 铜 / 铝锌合金复合制带轧制工艺及其组织性能的研究[D]. 沈阳：东北大学，2014.
[4] 李新雷. 大型反重力铸造设备及其控制技术的研究 [D]. 西安：西北工业大学，2004.
[5] 黄湘云，李彩虹，朱广，等. 离心泵钛叶轮精密铸造气孔缺陷的防止措施[J]. 铸造技术，2014(3)：627-629.
[6] 袁孚胜，郭峰. 铜合金铸锭典型缺陷产生的原因及解决办法[J]. 有色冶金设计与研究，2014，35(3)：27-33.
[7] 伞晶超. 工艺因素对大高径比挤压铸件凝固温度场的影响[J]. 电大理工，2008(3)：21-22.
[8] 隋艳伟，李邦盛，刘爱辉，等. 离心铸造铝铜合金缩孔缺陷研究[J]. 铸造，2008，27(12)：1284-1287.
[9] 夏伟，杜航，徐慧，等. 基于铸造仿真技术的铝合金缸盖缩孔缺陷控制[J]. 特种铸造及有色合金，2019(11)：1202-1204.
[10] 孟伟娜，黄放，刘雅芸，等. 不锈钢泵盖铸件缺陷分析及铸造工艺优化[J]. 铸造技术，2016(10)：2280-2283.
[11] 沈建国，王迎春. 大方坯连铸内部缺陷与轻压下工艺研究[J]. 铸造技术，2012(3)：335-338.
[12] 季晨曦，王新华，方园. 双辊连铸不锈钢薄带内部质量缺陷的研究[J]. 铸造技术，2008(10)：1327-1330.
[13] 子澍. 铜铸件针孔形成机理及消除措施 [J]. 铸造技术，2009，30(11)：1468-1471.
[14] 罗秋生. 树脂砂铸件气孔的防止[J]. 一重技术，2008(5)：24-26.
[15] 李宏磊，娄花芬，马可定. 铜加工生产技术问答[M]. 北京：冶金工业出版社，2008.
[16] 赵大军，唐丽，张坤华. 纯铜浇注铜阳极模铸件的裂纹及气孔浅析[J]. 铸造技术，2009，30(7)：963.
[17] 白光现. 树脂砂铸件气孔缺陷的分类及防止 [J]. 铸造，1998(7)：46-49.
[18] 聂小武. 实用铸件缺陷分析及对策实例[M]. 沈阳：辽宁科学技术出版社，2010.
[19] 刘在德. 基于遗传算法的铸件缺陷诊断神经网络模型的研究[D]. 兰州：甘肃工业大学，2001.
[20] 机械科学研究总院. 铸件缺陷名称及分类[M]. 北京：企业标准，JB302-62，1962.
[21] 陈国帧，肖柯则，姜不居. 铸件缺陷和对策手册[M]. 北京：机械工业出版社，1996.
[22] 李新亚. 铸造手册-铸造工艺[M]. 北京：机械工业出版社，2011.
[23] 韩路涛，杜利峰，黄健明. 36D 缸体优化排气系统降低粘砂气孔废品率[J]. 2014 中国铸造技术活动周，2014.
[24] 张银川，刘宏亮. 大功率船用柴油机缸套扫气口粘砂原因分析[J]. 现代铸铁，2009 (1)：21-22.
[25] 隋岩斌. 箱体类铸钢件成形性能及缺陷的分析研究[D]. 大连：大连交通大学，2011.
[26] 徐彤彤. 电解铝用阳极钢爪的消失模铸造工艺研究[D]. 新疆：昌吉学院，2016.
[27] 王重厚. 单体铸造活塞环缺陷分析 [J]. 内燃机与配件，1982(2)：13-14.
[28] 李德林. 用 M384 型制壳机制壳的质量探讨 [J]. 铸造机械，1980(2)：27-28.

欢迎到当地邮政局(所)订阅 2020 年《铸造技术》杂志
国内邮发代号：52-64　国外发行号：M855　国内定价：25 元/本　海外定价：25 美元/本