



工艺因素对干砂消失模铸铝件针孔影响的研究

吴国华¹, 罗吉荣¹, 谢敏²

(1. 华中理工大学铸造研究所, 湖北武汉市 430074; 2. 合肥工业大学, 安徽合肥 230069)

摘要: 系统研究了各工艺因素对干砂消失模铸铝件密度的影响。结果表明, 涂层厚度与聚苯乙烯模样厚度增加, 铸铝件密度下降、针孔增加。为减少铸铝件的针孔, 铝合金消失模铸造应有适当高的浇注温度和合适的直浇道高度及面积, 并尽量采用空心直浇道。充型过程中施加一定的真空度有利于减少针孔, 但真空度太高则会促使铝液产生紊流, 反而增加铸铝件的针孔, 降低其密度。

关键词: 铸铝件; 消失模铸造; 针孔; 铸造工艺; 工艺因素

中图分类号: TG249.6; TG290.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4977 (2000) 03-0134-04

Investigation on the Effects of Process Variables on Pinhole of Aluminum Alloy Castings in EPC Process

WU Guo-hua¹, LUO Ji-rong¹, XIE Min²

(1. Research Institute of Foundry, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, Hubei, China; 2. Hefei University of Technology, Hefei 230069, Anhui, China)

Abstract: The effects of various process variables on the density of aluminum alloy castings have been investigated systematically. The results show that the casting density decreases with the thickness of coating and polystyrene pattern increasing. To decrease the casting pinholes, there should be higher pouring temperature and a suitable sprue height and area. The hollow sprue and suitable vacuum pressure is helpful to decreasing the pinhole, but, when the vacuity is too high, the liquid aluminum would become turbulence causing pinholes increased.

Key words: aluminum alloy casting; EPC process; pinhole; foundry technology; process parameters

干砂消失模铸造被誉为 21 世纪的铸造技术, 其成形理论不同于传统的空腔铸造^[1,2]。但铝合金干砂消失模铸造有两个关键问题有待解决, 一是充型能力差; 二是铝铸件针孔严重、晶粒粗大、气密性差。如国内某厂引进国外干砂消失模铸造关键设备, 生产的铝铸件渗漏率高达 30% 以上, 不得不采用浸渗工艺进行补救, 从而增加了工艺复杂性, 提高了生产成本。另有一个厂花费 4000 万元巨资从国外引进了成套设备与工艺技术, 却由于生产的铝铸件气密性太差而不得不停产。可见, 降低干砂消失模铝铸件的针孔度, 提高其气密性是迫切需要解决的问题。目前, 有关这方面的研究较少, 本文从减少铝件针孔、提高其致密性出发, 研究各工艺因素对干砂消失模铝铸件针孔的影响, 以便为实际生产提供理论指导。

1 试验方法

试验用铝合金的化学成分为 9.5% Si、0.5% Mn、0.22% Mg、0.45% Fe、其余为 Al。合金在 5kW 电阻坩埚炉中熔化、保温。坩埚为 16 号石墨坩埚, 熔化

3kg 铝液。热电偶插入铝液中, 通过自动控温仪控制铝液温度。采用自制的多孔头吹氩装置对铝液进行吹氩精炼, 多孔头的孔径为 0.1~1mm, 氩气为高纯氩气, 经 CaCl₂ 脱湿后吹入铝液。变质剂采用 Al-10% Sr 中间合金。

熔炼好的铝液直接浇注条形试样, 试样的长度和宽度分别为 210mm 和 45mm, 厚度有 5mm、10mm、20mm 三种规格。模样和浇注系统用热电阻丝从固体泡沫塑料板上切割下来, 聚苯乙烯模样的密度为 20kg/m³, 模样水平放置、侧注。在模样表面涂挂上自制的铝合金消失模涂料, 待其停止滴落后, 放入 55~60℃ 的烘箱中烘干。涂层厚度为 0.2~0.3mm。造型采用 50~100 目的江西都昌砂, 型砂由三维振动台紧实。

2 试验结果与分析

在消失模铸造过程中, 铝液首先必须置换掉聚苯乙烯模样, 模样在铝液充型过程中热解成气态或液态产物, 这会消耗大量热量。另外, 热解产物会在型腔

收稿日期: 1999-08-11 收到初稿, 2000-01-21 收到修订稿。

作者简介: 吴国华 (1964-), 男, 江西高安市人, 博士生, 副教授, 主要从事铝合金、造型材料及消失模铸造工艺研究, 在国内外期刊上发表论文 30 余篇。

内产生气压,阻碍铝液的充型,这些均会影响温度场分布及铸件的充型特性,从而对铝铸件的针孔产生影响。本文研究了涂料种类、浇注温度、模样厚度、直浇道高度、直浇道面积、直浇道空心面积率、涂层厚度、负压度等对消失模铸铝件针孔的影响。

2.1 涂料种类及涂层厚度的影响

采用两种涂料,一种为硅藻土保温涂料,另一种为镁砂粒激冷涂料。涂料种类对铝铸件密度的影响见表1,可见采用激冷涂料有利于提高铸铝件的密度,减少其针孔。

表1 涂料种类对铸铝件密度的影响 $/(kg \cdot dm^{-3})$

Table 1 Effects of coating kinds on densities of castings

涂料种类	激冷涂料	保温涂料
密度	2.612	2.595

涂层厚度对铸件密度的影响如图1所示。随着涂层厚度的增大,铸铝件的密度下降。这是因为涂层厚度越小,聚苯乙烯热解产物越易排出型腔,从而减少了其对铸铝件针孔的影响。涂层太厚,则不利于热解产物的排出,热解产物可能滞留在铸件中形成气孔,从而降低铸铝件的密度。因此铝合金消失模铸造应采用较薄的涂层厚度,以0.2~0.3mm为佳。但涂层厚度也不能太薄,否则涂层的强度不够,不利于抵抗泡沫塑料模样的变形,影响铸件的精度;并且由于涂层太薄,强度太低,在搬运及造型过程中,涂层可能开裂脱落,从而影响铸件的质量。

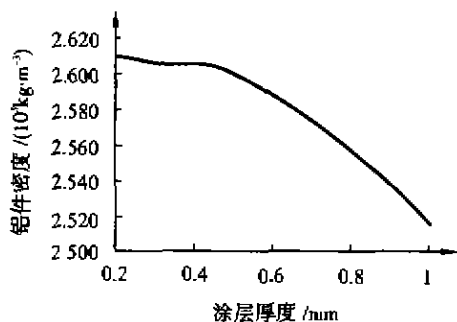


图1 涂层厚度对铸件密度的影响

Fig. 1 Effect of coating thickness on casting density

2.2 模样厚度的影响

图2表明,随着模样厚度的增大,铸件密度下降、针孔增加,这是因为模样厚度增加,则所含有的铝液多,铸件凝固速度慢;另一方面,模样厚度增加,则要热解的泡沫塑料增多,这均会增加铸件针孔倾向。因此,铝合金干砂消失模铸造尤其适合于生产薄壁零件。

2.3 直浇道高度的影响

直浇道高度对铸铝件密度的影响如图3所示。由

图可见,直浇道高度对铸铝件密度的影响有一个峰值,当直浇道高度较小时,由于直浇道内的热解产物少,充型过程中,铝液中可能卷入的热解产物少,所以热解产物对铸铝件密度的影响小,有利于提高铸铝件内在质量。

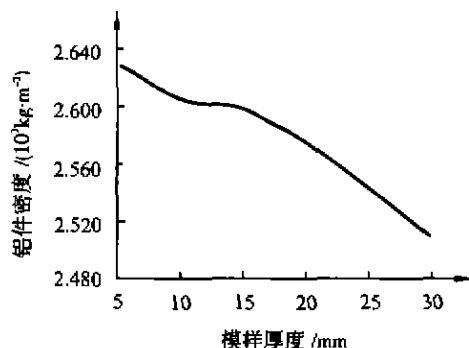


图2 模样厚度对铸件密度的影响

Fig. 2 Effect of pattern thickness on casting density

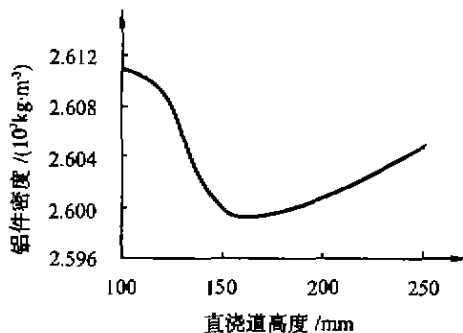


图3 直浇道高度对铸件密度的影响

Fig. 3 Effect of sprue height on casting density

当直浇道高度较高时,由于铝液静压头提高,这有利于提高铸铝件的致密度,从而提高铸铝件的质量。但当直浇道高度一定值时,由于铝液的静压头并不太高,而热解产物相对较多,因此针孔最严重。从减少铸件针孔和提高铸件内在质量的角度出发,应有一个合适的直浇道高度。

2.4 直浇道面积的影响

由图4可见,直浇道面积对铸铝件密度的影响有一个峰值,当直浇道的面积为一定值时,铸铝件的密度最低。这是因为当直浇道面积小时,形成直浇道所用的泡沫塑料少,热解产物少,因此热解产物对铸铝件针孔的影响小;直浇道大时,由于直浇道内所储存的铝液多,因此在铝铸件凝固过程中补缩充分,针孔较少,铸铝件的密度提高;而当直浇道的面积一定时,由于热解产物及铝液的补缩作用对铝铸件针孔的影响在一定程度上互相抵消,因此铝铸件的密度小。可见消失模铸铝件针孔的形成受两方面影响:一是消失模模样的热解产物;二是铝液的收缩状况。消失模为干砂造型,干砂蓄热系数低,浇注温度高,铝液则

冷却慢,易形成针孔。

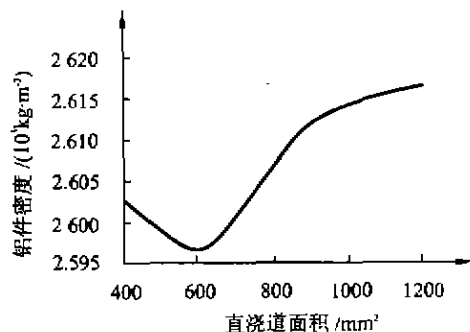


图4 直浇道面积对铸件密度的影响

Fig. 4 Effect of sprue area on casting density

2.5 直浇道空心面积率的影响

由图5可见,若直浇道空心面积增加,则铸铝件密度提高,针孔减少。这是因为直浇道空心面积比率越大,则所含的泡沫塑料越少,其热解产物也越少,对铸铝件针孔的影响就越小,越有利于提高铸铝件的密度。因此,消失模铸造应尽可能采用空心直浇道。

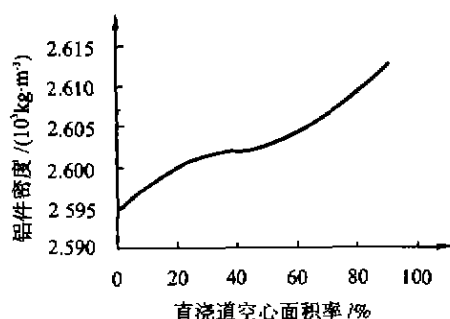


图5 直浇道空心面积率对铸件密度的影响

Fig. 5 Effect of sprue hollow area rate on casting density

2.6 负压度的影响

负压度对铸铝件密度的影响如图6所示。由图可见,负压度对铸铝件密度的影响有一个峰值,当负压度较小时,由于泡沫塑料热解产物不易排出,其对针孔的影响大,会增多铸铝件的针孔。而当负压度太大时,铝液在充型过程中易产生紊流,有可能把热解产物卷入其中而形成针孔。当负压度适度时,一方面由于有利于热解产物的排出而减少其对铸铝件针孔的影响;另一方面由于不致于使充型铝液形成紊流,故不易将热解产物卷入铝液中形成针孔。因此适度的负压度有利于减少铸铝件的针孔,提高其致密性。

2.7 泡沫塑料的影响

铝合金干砂消失模铸造在充型过程中, EPS 模样在铝液的作用下发生一系列相变及热解等复杂的物理化学现象。模样热解速度、热解产物的形态和数量以及传输特性对铝液的充型能力及铸件质量,均会产生重大影响。若热解速度慢、产物发气量大、传输阻力高,则热解产物在型腔中滞留时间长,这样会更多地

降低铝液温度及铝液的充型能力,并会增大铸件的针孔倾向,降低铸件的气密性。

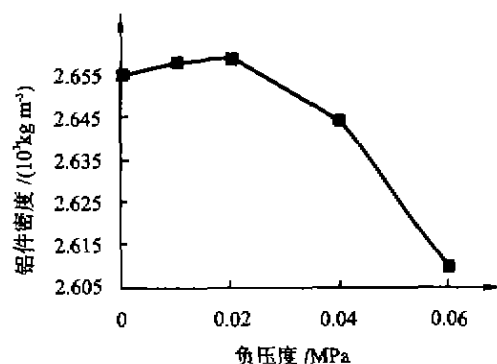


图6 负压度对铸件密度的影响

Fig. 6 Effect of vacuum degree on casting density

为研究泡沫塑料对铸铝件密度的影响,用细铁丝网制做了一些 210mm×45mm×20mm 铁丝框。在一些铁丝框内装满泡沫塑料,而另一些铁丝框内则不装泡沫塑料,即为空腔。在铁丝网上涂挂 1mm 厚的自制铝合金消失模涂料,干燥后,把它们埋入相同的干砂中造型,在相同的铸造工艺条件下浇注铝液(铝液没有进行变质处理),以比较泡沫塑料对铸铝件密度的影响,试验结果绘于图7。由图可见,泡沫塑料增加了铸铝件的针孔,降低了其密度。而且泡沫塑料密度越高,则铸铝件针孔越严重。因此,为减少消失模铸铝件的针孔,应尽可能采用低密度的泡沫塑料模样。

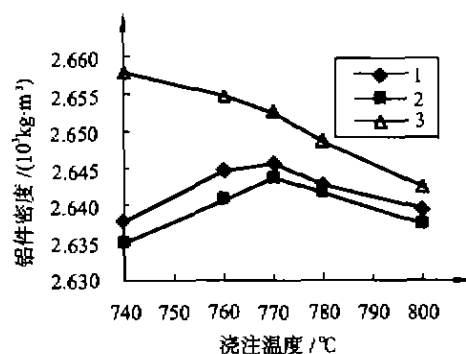


图7 聚苯乙烯模样对铸件密度的影响

Fig. 7 Effect of polystyrene patterns on densities

1. 聚苯乙烯 20kg/m³ 2. 聚苯乙烯 28kg/m³ 3. 无聚苯乙烯

研究表明,在铝合金浇注温度(700~800℃)范围内,模样基本上只分解成蒸气状的液体馏分和一定量的气体,燃烧只是有限地进行。聚苯乙烯是以缓慢的裂解方式形成二聚物、三聚物,单体很少。试验结果表明,液态分解产物的形成速率取决于两个因素:流动速度和浇注温度。当流动速度增大时,大量的液态分解产物在铸型中形成^[3],由于在充型过程中产生的紊流,少量的液态热解产物可能裹在铸件中,这种液态聚苯乙烯会逐渐气化并形成气泡,使消失模铸铝件的针孔明显增多。

2.8 浇注温度的影响

图7是浇注温度对铸铝件密度的影响。由该图可以看出,浇注温度对消失模铸铝件密度的影响有一个峰值,浇注温度太高或太低均不利于铸铝件针孔的减少,即不利于铸件密度的提高。为减少铸件的针孔,应适当提高浇注温度。这与树脂砂工艺不同,树脂砂工艺随浇注温度的提高,铸件针孔增多、密度下降。研究表明,干砂消失模铸造在充型过程中,聚苯乙烯模样会变成液态聚苯乙烯,它依靠对涂层的润湿和渗透^[4]而排出型腔。聚苯乙烯对涂层的润湿和渗透,要求有较高的温度。若浇注温度低,不利于液态聚苯乙烯进入和透过涂层的传输。在铝液凝固结束前,将有一部分液态聚苯乙烯滞留在流动前沿。任何流动前沿的不稳定将诱发一些聚苯乙烯被裹在流动的铝液中,这些聚苯乙烯最终将分解,并形成气孔。因此浇注温度不能太低。但浇注温度太高则使合金吸气加剧,导致气孔增多。因此,铝合金干砂消失模铸造时,铝液应有适当高的浇注温度,这对于排出聚苯乙烯分解物,防止其侵入铸件中是十分必要的。上述观点与一些文章的看法不同。有的学者认为^[5],采用高的浇注温度有利于减少针孔。但其实不然,若浇注温度高,一方面导致铝液吸气严重、精炼困难;另一方面,造成铸型冷却慢,且倾向于糊状凝固,容易导致收缩气孔和组织疏松。在本试验条件下,760~

780℃的较高浇注温度较为合适。

3 结论

(1) 涂层厚度与聚苯乙烯模样增大,铸铝件的针孔增多、密度下降。

(2) 为减少铸铝件的针孔,铝合金消失模铸造应有合适的直浇道高度和面积,并尽量采用空心直浇道。

(3) 充型过程中施加适宜的负压度有利于减少铝铸件针孔,但若负压度太高,使铝液产生紊流,增加铝铸件针孔、降低其密度。

(4) 聚苯乙烯模样会增加铝铸件的针孔、降低其密度。为减少针孔,要有一个适当高的浇注温度。

参考文献

- [1] Lessiter M J. Innovations in controlling the lost foam process [J]. Modern Casting, 1996, (1): 45~48
- [2] WEI Zun-ye, AN Ge-ying. 3-D simulation of fluid flow in lost foam process [J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 1998, 8 (3): 417~420
- [3] Shivkumar S, Gallot B. Physico-chemical aspects of the full mold casting of aluminum alloys, part II: metal flow in simple patterns [J]. AFS Trans, 1987: 801~812
- [4] SUN Y. Investigation of wetting and wicking properties of refractory coating in the EPC process [J]. AFS Trans, 1992: 279~308
- [5] WANG L, Shivkumar S. Effects of polymer degradation on the quality of lost foam castings [J]. AFS Trans, 1990: 923~933

(编辑:郭桂林)

铸造市场

河南省偃师市东口孜特种耐火材料厂

向全国提供创新成果、独家生产的 TX-3型、TX-4型中频炉炉衬材料

我厂是铸造用耐火材料专业生产厂家,生产的中频炉用炉衬材料有中性、酸性、碱性和创新研制、独家生产的TX-3型、TX-4型高级特种炉衬材料;精密铸造制壳材料有铝矾土砂、粉,莫来石砂、粉及消失模铸造砂、粉等。

我厂早在1992年就研制生产中性炉衬材料,首先在湖北江山机械厂经几年使用,在材料工艺方面获得新的突破,该经验经张明生工程师总结,发表在《铸造》杂志1995年第3期上,引起了铸造界同仁的关注,得到了推广应用。

众所周知,炉衬寿命一直是困扰广大炉衬用户的一大难题,为进一步提高炉衬的使用寿命,我们在消化吸收国外先进经验的基础上,并分析研究了国内现有炉衬材料在使用中的优缺点,而研制、生产出TX-3型和TX-4型两种新的高级中频炉炉衬材料,TX-3型炉料经武钢使用,熔炼高锰钢炉龄比镁质炉料高出20%以上;TX-4型炉料经浙江长广公司使用,熔炼不锈钢炉龄达120炉次以上。这两种炉料可替代昂贵的进口电熔镁砂,其价格仅为进口料的1/5和2/5,具有较高的经济和社会效益,详见《铸造》1998年第7期38页题为“中频炉用TX-3型、TX-4型炉衬材料的研制与应用”论文。

熔炼高锰钢、合金钢,请选用TX-3型特种炉衬材料

熔炼不锈钢、镍铬合金,请选用TX-4型特种炉衬材料

我厂机械设备先进,工艺配方精良,

产品深受用户青睐,欢迎洽购、试用。

厂址:河南省偃师市府店镇东口孜 邮编:471924 厂长:李广太工程师

电话/传真:0379-7408078 7405078 手机:013903799419

开户银行:市农行府店营业所 帐号:8740308