

模具定量精确成形技术在挤铸生产中的应用研究

崔长齐, 孙健, 尉少荣, 于洪岩, 郭元庆

(北方华安工业集团有限公司, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要: **目的** 解决小型铝合金挤压铸件在浇铸过程中, 存在的浇铸质量误差大、铸件组织的一致性较差、热节区出现组织缩松的问题, 同时提高材料利用率。 **方法** 将模具定量精确成形技术引入到实际生产。 **结论** 模具定量精确成形技术的应用, 能够有效解决小型铝合金挤压铸件在浇铸过程中因浇铸质量误差大的问题, 铸件的总体质量误差能够控制在 ± 0.02 kg 范围以内, 有效解决了因铸件质量误差大造成的铸件壁厚误差大, 解决了铸件组织的一致性较差、热节区出现组织缩松的问题, 提高了材料的利用率。

关键词: 模具定量; 挤铸; 压缩量; 密度

DOI: 10.3969/j.issn.1674-6457.2014.05.024

中图分类号: TG244

文献标识码: A

文章编号: 1674-6457(2014)05-0132-05

Application of Quantitative Precision Molding Technique in Squeeze Casting

CUI Chang-qi, SUN Jian, WEI Shao-rong, YU Hong-yan, GUO Yuan-qing

(The North Hua'an Industrial Group Ltd., Qiqihar 161006, China)

ABSTRACT: Objective To solve the problems found in the casting process of small-sized aluminium alloy squeeze casting parts such as big error in casting weight, poor consistency in the structure, shrinkage in the hot spot region, and meanwhile to increase the material utilization rate. **Methods** The quantitative precision molding technique was introduced into the practical production. **Conclusion** The application of quantitative precision molding technique could effectively solve the problem of large error in casting weight during the casting of small-sized aluminium alloy squeeze casting parts, and the error of weight could be controlled within ± 0.02 kg, which thus solved the problem of big error in wall thickness caused by the large weight error. It also solved the problems of poor consistency of the cast structure and the shrinkage in the hot spot region, and improved the utilization rate of the material.

KEY WORDS: quantitative molding; squeeze casting; compression; density

挤压铸造又称液态模锻,简称挤铸,是对浇入模具型腔内的液态金属施以高压,并进行一定时间的保压,使液态金属在高压作用下产生轻微的塑性变形,进行凝固,获得铸件的一种工艺方法。这种工艺方法具有铸件组织致密,机械性能高,尺寸精确,铸

件表面光洁度高,可以少加工甚至不加工的优点,现在这种工艺方法已经在各行业中得到了广泛的应用^[1-2]。

在挤铸生产中,通常无浇冒口系统,浇注的金属液全部成形为铸件,因此,液态金属的定量化在挤铸

工艺中有非常重要的意义^[3-4]。传统的手工浇注方法,采用浇料勺定量浇注,很难满足挤压铸件的精确要求,而且铸件的质量也不稳定。为满足挤铸生产高效率、高质量的发展趋势,发展出了电磁泵定量浇注技术^[5],但这种定量技术较为复杂,生产成本较高,而且小件生产时不易控制,不适合在小型铸件的生产中应用。

1 问题的提出

目前某公司采用挤铸工艺生产的工件主要为质量较小的7A04铝合金件,根据不同产品的要求,单个坯料的质量为0.5~2.5 kg,定量方法是人工用浇料勺进行控制。

由于是人工用浇料勺控制坯料的质量,在浇料环节产生的质量误差很大。经抽查确认,浇铸时的质量误差一般在8%~10%左右,最高时达12%。浇铸质量误差大,造成铸造毛坯的壁厚及密度波动较大,导致工件的铸造组织一致性较差,在铸件的热节区易出现组织缩松情况^[6](见图1),严重影响了挤铸产品车削成形后的表面质量(见图2)。同时也导致材料利用率的降低,生产成本升高。

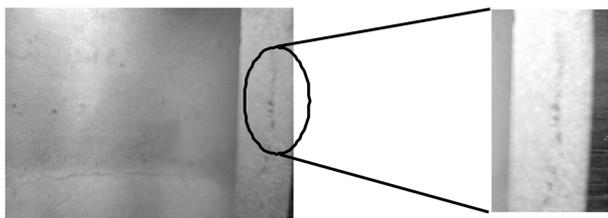


图1 出现疵点坯料解剖面的低倍试样
Fig. 1 Low-power sample with flaw dissect

2 问题的成因分析

经分析后认为,导致挤铸毛坯的金属组织中出现组织缩松现象的原因有很多,其中挤铸工件厚度波动大是其中的重要原因之一^[7]。

铸件设计时必须合理确定铸件壁厚,尽量使铸件壁厚均匀,消除尖角,不易太薄或过厚^[8]。

虽然7A04牌号的铝合金适用于液锻成形工艺,但由于7A04牌号的铝合金热膨胀系数较大,在挤铸工艺的其他参数不变的情况下,铸件增厚部位由于壁厚大,内部的金属液温度就越高,液态收缩也越大,产生缩松的绝对值会明显增大^[9](见图3)。因此,铸件厚度波动大是造成坯料产生缩松、密度波动大的主要原因之一。

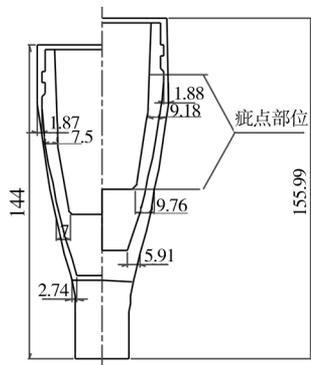


图3 某型号挤铸毛坯最小尺寸和最大尺寸的加工余量与成品的机加表面的对比

Fig. 3 Contrast of the finish allowance of the minimal and maximal dimensions of a squeeze casting blank and the machining surface of the finished product

3 解决方案

3.1 解决问题的办法

导致浇注质量误差大的主要原因是:在小型铸件的生产中,采用浇料勺控制浇铸质量的方法本身就存在误差大的缺陷;在误差绝对质量不变的情况下,工件总质量越小,产生的相对误差值就会越大。

为解决浇铸过程中质量误差大、加工成形后产品表面质量不好的问题,将模具定量精确成形技术应用于挤铸生产中,借鉴压铸模具中溢流槽的设计,

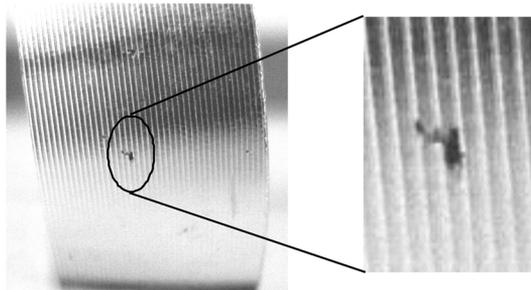


图2 某型号挤铸件表面疵点典型件的外观形态
Fig. 2 Morphology of typical squeeze casting part with flaws on the surface

对挤铸模具进行改进,增设了溢流装置^[10]。

3.2 技术原理

具体的方法是在模具中增加溢流槽,在充型时,将多余的铝液、夹渣物等(主要为氧化铝夹渣)填充到溢流槽中,达到对需成形的铝液体积进行定量控制的目的^[11]。

原理:模具定量精确成形技术的核心,是利用合金液在液态及固态的等重不等体积的原理,在进行挤铸前将多出的铝液溢出,对成形用铝液的体积进行定量。同时,因铝液中大多数杂质(氧化铝夹渣)、气体等密度很小,漂浮在铝液表面的夹渣物多数也会随着多余的铝液溢出,在实现定量挤铸的同时,达到清除杂质、提高铸件质量的目的。

3.3 可行性论证

采用模具定量时,由于定量的是液态金属,所以需要挤铸时毛坯的压缩量进行准确计算。在实际生产中,只要测量出固体毛坯及其液态金属的密度,就可以对压缩量进行准确的计算,并根据计算结果进行模具设计。因此模具定量技术应用的关键,是要掌握挤铸工件的固态密度及用料的液态密度。

现采用挤铸工艺生产的工件用料主要为7A04铝合金材料,经实际测量挤铸工件的固态密度约为 2.8409 g/cm^3 ,铝液的密度约为 2.6647 g/cm^3 ^[12],因此,通过合理的模具结构设计,采用模具溢流精确定量技术是完全可行的。

4 验证试验

选择某杯形件进行模具定量精确成形技术的验证试验,用料为7A04铝合金,挤铸毛坯及成品的结构见图4。

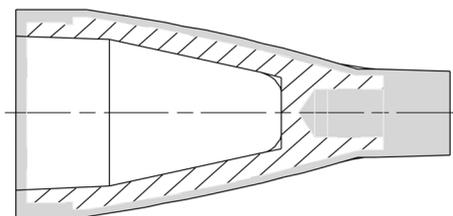


图4 挤铸毛坯及成品的结构

Fig. 4 The structure of the squeeze casting blank and the finished product

4.1 挤铸压缩量的确定

模具定量的关键是测定(或计算)铝液充型溢流后,进行加压凝固时能够有多大的压缩量,如果压缩量计算不准,就无法进行准确地定量。经实际检测后,该毛坯的相关数据如下:铝液的密度约为 2.6647 g/cm^3 ;工件的密度约为 2.8409 g/cm^3 。

根据上述条件,采用CAD技术计算出该工件在挤铸时铝液的压缩量约为5 mm。

4.2 模具结构设计

借鉴压铸模具中的溢流槽及排气槽的特点,将挤铸工装设计成具有类似溢流槽的机构,具体的工装结构见图5。

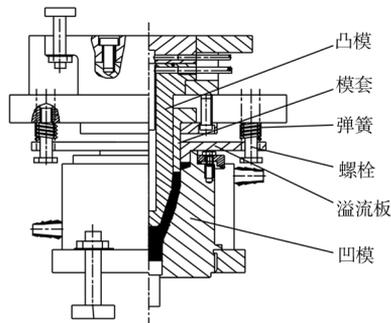


图5 模具结构

Fig. 5 Structure of the mould

图5中模具的工作原理如下:铝液浇入模腔后,上工作台带动凸模下行,在溢流板接触凹模后,溢流板不再下行,在凹模、模套及溢流板间形成一个溢流腔;当凸模继续下行,接触铝液后,铝液开始进行充型,多余的铝液进入到溢流腔中形成溢流体;凸模接着下行,模套将溢流体与成形用的铝液分开,成形铝液在加压后凝固,形成产品毛坯。

4.3 试验结果分析

4.3.1 毛坯质量检测

试验中采用模具定量精确成形技术挤铸毛坯303件,随机抽取了100件毛坯,用精度为0.005 kg的电子秤(下同)进行质量检测,检测统计分析结果见表1。

从表1的检测检测结果看,其中最轻的为0.88 kg,最重的为0.92 kg,质量差为0.04 kg,满足设计

表1 挤铸毛坯质量检测及统计分析结果

Table 1 Quality detection of the squeeze casting blank and the statistical analysis results

检测结果					
质量/kg	0.880	0.885	0.890	0.895	0.900
数量	2	11	6	18	11
统计分析结果					
平均值	标准差	理论值的可信限/kg			
/kg		95%	99%		
0.901	0.009 587	0.8822 ~ 0.9198	0.8763 ~ 0.9257		

的 ± 0.02 kg的要求。

根据统计分析结果可知,95%铸件的质量分布在0.8822~0.9198 kg之间,质量差为0.0376 kg,完全满足工艺设计的 ± 0.02 kg的要求。

4.3.2 铸件的外观对比

采用模具定量精确成形技术生产的挤铸毛坯,与采用原工艺生产的挤铸毛坯对比的结果见图6。



图6 采用定量精确成形技术和原工艺生产的挤铸毛坯对比

Fig.6 Comparison of squeeze casting blanks produced by the quantitative precision molding technique and the original technology

采用模具定量精确成形技术后,生产的挤铸毛坯质量、外观大小均匀一致。多出的铝液在溢流腔中形成的溢流体,冷却凝固后形成一个圆环状固体随毛坯同时退出模具。因溢流体的成分与铸件的成分完全一致,几乎不含任何杂质,因此回收后可直接作为原料重复利用,材料的利用率会得到提高^[13]。

原工艺生产的挤铸毛坯质量一致性差,大小不均匀,多出的金属经车削后变成长度小于5 mm的碎铝屑。由于铝屑中含有较多的铁屑,而铁是铝合

金中最有害的杂质^[14],因此,回收后的碎铝屑无法当作原料得到重复利用。

4.3.3 低倍组织检查

随机抽取4件采用模具定量精确成形技术挤铸的毛坯进行低倍组织检测,其组织均匀,晶粒度为1~3级,见图7。

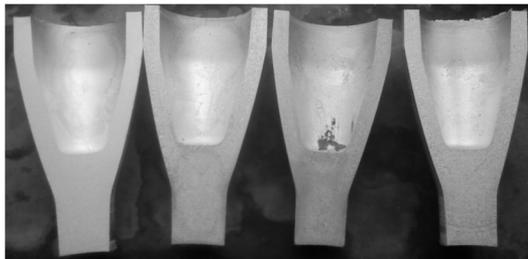


图7 采用模具定量精确成形技术挤铸的毛坯的低倍组织检测

Fig.7 Low-magnification structural detection of the squeeze casting blank produced by the quantitative precision molding technique

4.3.4 机械性能检测结果

毛坯进行固溶处理、时效强化后^[15],按照硬度检测结果抽取最大、最小各2件进行机械性能检测。4件挤铸毛坯的性能检测结果与原工艺完全一致,符合产品图规定的要求。

4.3.5 机加后成品外观质量、质量的检测结果

采用定量精确成形技术挤铸的303件毛坯,除4件用于性能测试、4件用于低倍组织分析外,余下的295发毛坯经机加后的检测结果如下。

外观检测:3件为外观夹渣废品,其余均为合格品。

质量检测:随机抽取50件定量挤铸的毛坯进行质量检测,质量均为0.495 kg;而采用原工艺生产的挤铸毛坯质量分布在0.480~0.495 kg,平均质量为0.49 kg。

从铸件的外观对比、低倍组织及机加后成品外观的检测结果可以看出:采用模具定量精确成形技术挤铸的毛坯,由于在模具上增设了溢流槽结构,确保了坯料在挤铸加压前就进行精确的定量,且液态金属中的夹渣及气体在挤铸前得到有效排除,因此确保了挤铸毛坯大小一致,密度一致,质量均匀且夹渣少。

采用原工艺生产的挤铸毛坯,由于无法准确定量,挤铸时毛坯大小不一致,密度不均,造成质量差

别较大,且产生较多的组织疏松现象。

5 结论

模具定量精确成形技术与其他定量技术相比较,其突出的优点表现在定量准确,生产过程容易控制,铸件产品各项指标的一致性等方面。在提高挤铸毛坯的质量的同时,有利于精化铸造毛坯,提高铸造工艺的材料利用率。该项技术在实际生产中应用,其经济效益是十分可观的。

参考文献:

- [1] 郝滨海. 金属材料精密压力成形技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
HAO Bin-hai. Metal Material the Precision Pressure Shapes up Technology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004.
- [2] 姜不居. 特种铸造[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
JIANG Bu-ju. Special Casting [M]. Beijing: China Water & Power Press, 2005.
- [4] 齐丕骧. 面向 21 世纪的挤压铸造技术[J]. 特种铸造及有色合金, 1998(4): 32-36.
QI Pi-xiang. Face the 21st Century of Extruding Cast the Technology [J]. Special Casting and Nonferrous Alloys, 1998(4): 32-36.
- [4] 唐多光. 铝合金挤压铸造若干技术问题的讨论[J]. 特种铸造及有色合金, 2002(6): 28-29.
TANG Duo-guang. The Aluminium Alloy Extrusion the Discussion to Cast Some Technical Problems [J]. Special Casting and Nonferrous Alloys, 2002(6): 28-29.
- [5] 施贤蛟. 自动化定量浇注技术国产化的研究与应用[J]. 有色冶炼, 2002(1): 20-21.
SHI Xian-jiao. The Automation Determines the Amounts of Elements Pouring Technical Domestically - Made Research That Melt and Uses [J]. Colored smelt, 2002(1): 20-21.
- [6] 王文清, 李魁盛. 铸造工艺学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
WANG Wen-qing, LI Kui-sheng. The Study of Casting Craft [M]. Beijing: Mechanical Industrial Press, 2009.
- [7] 罗守靖. 液态模锻与挤压铸造技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
LUO Shou-jing. Model of Liquid State Forges and Squeeze Casting the Technology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006.
- [8] 耿鑫明. 压铸件生产指南[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
GENG Xin-ming. Production Guide of Die Casting [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007.
- [9] 安阁英. 铸件形成理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 1989.
AN Ge-ying. The Foundry Goods Forms the Theory [M]. Beijing: Mechanical Industrial Press, 1989.
- [10] 压铸模设计手册编写组. 压铸模设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1984.
The Writing Group of Die Casting Design Manual of Mold. Die Casting Design Manual of Mold [M]. Beijing: Mechanical Industrial Press, 1984.
- [11] 罗守靖. 液态模锻与挤压铸造技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
LUO Shou-jing. Metal Material the Precision Pressure Shapes up Technology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006.
- [12] 罗启全. 铝合金熔炼与铸造[M]. 广州: 广东科技出版社, 2002.
LUO Qi-quan. Aluminium Alloy Smelts and Casts [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 2002.
- [13] 胡树长. 铝制品生产[M]. 北京: 轻工业出版社, 1978.
HU Shu-chang. The Aluminum Products is Produced [M]. Beijing: Light Industry Press, 1978.
- [14] 谢水生. 铝加工生产技术 500 问[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
XIE Shui-sheng, et al. The Aluminum Processes A Production Technique 500 Ask [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006.
- [15] 崔忠圻. 金属学与热处理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
CUI Zhong-qi. The Metal Study and Heat Treatment [M]. Beijing: Mechanical Industrial Press, 2000.