

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2015.01.004

间接挤压铸造浇口形状对充型形态的影响

王淑花, 黄俊, 郑忠明, 季磊

(特种装备制造与先进加工技术教育部/浙江省重点实验室(浙江工业大学), 浙江 杭州 310014)

摘要:在间接挤压铸造过程中,充型液面的稳定性是铸件质量的保证。以平板铸件为研究对象,利用专业铸造软件ProCAST进行数值模拟,分析了不同浇口形状与液面稳定性的关系。结果表明:带扩张角的浇道充型效果明显优于直浇道,且随着扩张角的增大,其充型形态越平稳,液面凸起也越小;双浇道的浇注系统其充型效果不佳,液面波动加剧。

关键词:间接挤压铸造;充型状态;ProCAST软件;浇口形状;液面稳定性

中图分类号: TG29; TP391

文献标志码: A

文章编号: 1005-2895(2015)01-0011-03

Influence of Gate Shape on Filling Form of Liquid-Metal in Indirect Squeeze Casting

WANG Shuhua, HUANG Jun, ZHENG Zhongming, JI Lei

(Key Laboratory of E & M (Zhejiang University of Technology), Ministry of Education & Zhejiang Province, Hangzhou 310014, China)

Abstract: The stability of filling process affects the casting quality in indirect squeeze casting. This paper took flat as research object, using numerical simulation, the professional casting analysis software Procast, to analyze the function of different gate shape with stability of filling process. The results reveal the filling effect of the sprue with divergence angle is much better than the direct sprue, and with the increase of the angle, the filling state becomes smooth and the surface projection is smaller; the gating system with double sprue filling has poor effect and the level fluctuation is obvious.

Key words: indirect squeeze casting; filling form; ProCAST; gate shape; stability of filling process

间接挤压铸造是挤压铸造的一种典型铸造方式,通过冲头将液态金属注入模腔内,压力通过中间浇道系统间接传递到铸件内部,从而使液态金属结晶、凝固、成形^[1]。

目前对于挤压铸造的研究主要集中在压力、温度和时间等工艺参数方面,很少涉及充型形态的研究。而充型形态决定了充型液面的稳定,是引起铸件气孔、夹渣缺陷的主要原因。因此保证充型过程中液态金属的稳定层流形态是提高铸件成形质量的关键。

本课题以平板铸件为研究对象,利用铸造软件对充型过程进行模拟,研究不同浇口形状对充型过程液面稳定性的影响,为同类平板铸件的铸造提供一定的依据。

1 金属液充型形态

1.1 金属液充型形态的特征

利用水力法模拟反重力充型过程,可以证实充型

过程中有2种最基本的充型方式,即“顺序充填”和“反向充填”^[2]。“顺序充填”是指液面不受高温金属液流的正面冲击,射流迅速扩展并层层推进的一种填充方式;“反向充填”是指射流穿过液体层后回落,在近液面处有绕弯转折等动作,并在液面逐层铺展的填充方式。

通常而言,“顺序充填”不仅压力梯度方向倾斜与温度梯度方向一致,并且金属液平稳地流动,它与“顺序凝固”的凝固方式不同;而“反向充填”由于液面遭受高温金属液射流的正面冲击容易波动和破裂,并容易形成卷气、氧化夹渣等问题。因此,“顺序充填”是较为理想的一种填充方式^[3-5]。

1.2 充型形态的影响因素

将底注式的浇注系统运用到间接挤压铸造,在高压作用下液态金属在经过内浇道时高速填入型腔。根

收稿日期:2014-07-31;修回日期:2014-08-24

基金项目:浙江省重点科技创新团队计划资助项目(2012R10002-06)

作者简介:王淑花(1987),女,河北保定人,硕士,浙江工业大学助理实验师,主要研究方向为材料成型。E-mail: wangsh@zjut.edu.cn

据流体力学原理,此过程可近似为竖直向上射流过程。金属液的充型形态取决于射流宽度和射流速度。射流宽度可以用下式得到^[6]

$$H = 21.8 \left(\frac{x^2 \mu^2}{J \rho} \right)^{1/3}$$

其中, x 为液面与射流口的垂直距离; ρ 为液体密度; μ 为流体黏度; J 为距射流口垂直距离为 x 处截面的动量通量,其值为 $J = \rho v^2$ 。代入上式,可得

$$H = 21.8 \left(\frac{x \mu}{\rho v} \right)^{2/3}$$

由上式可知:金属液的运动黏度和射流宽度平方的立方根成正比,与金属液速度平方的立方根成反比,在型腔的尺寸和金属液充型温度确定后,金属液进入型腔的速度将起关键作用。

在型腔前期,为增大射流宽度,避免气泡、气渣的产生,充型速度不宜较大;随着充型时金属液面的升高,射流对液面的冲击作用明显减弱,这是因为周围流体的黏性作用,此时可逐渐增加充型速度,使充型过程缩短,节约铸造时间。为使金属液充型过程中能平稳上升,实现顺序充填,应采用逐渐加速的充型速度。综上所述,根据文献[7]~[10],确定最终充型速度 $V = 0.7t^2$, t 为充型时间。

2 模型的前处理

2.1 建模和网格划分

铸件如图1(a)所示,铸件为长方体平板件,长、宽、厚分别为200 mm、150 mm、10 mm,网格划分如图1(b)所示。

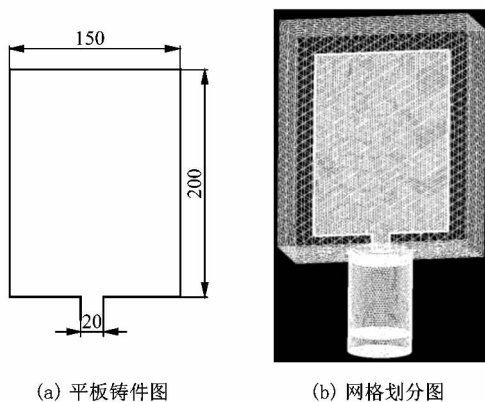


图1 铸件尺寸和网格图

Figure 1 Casting size and grid chart

2.2 模拟参数的设定

1) 材料定义,将模具视为刚性材料 H13 钢,铸件材料为 A356 铝合金。

2) 边界条件环境温度设为 25 °C,铸件与模具间

的传热系数为 1 400 w/(m² · K),空气与模具的传热系数为 30 w/(m² · K),模具与模具之间的传热系数为 1 200 w/(m² · K)。

3) 初始条件浇注温度为 700 °C,模具温度为 200 °C。本文主要研究浇口形状对充型形态的影响,因此考虑浇口尺寸作为变量,设定扩张角为 0°、60°和 120°浇注系统,另有双浇道浇注系统,分别进行数值模拟。不同浇口尺寸形状如图2所示。

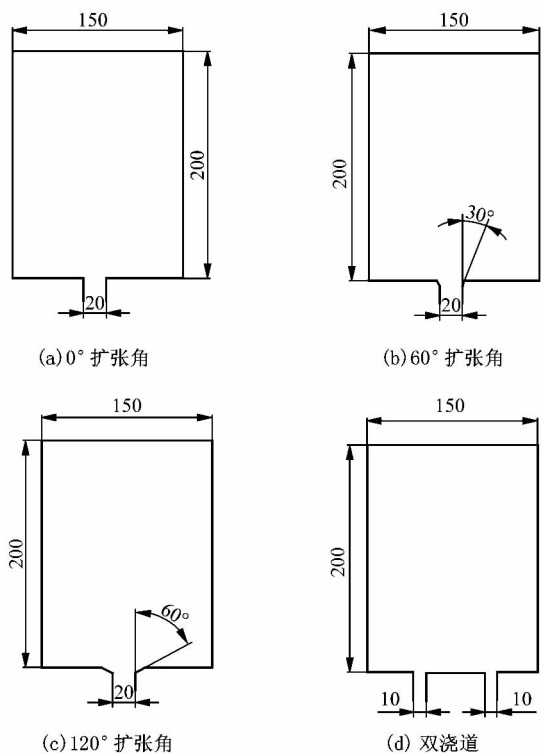


图2 不同浇口尺寸形状示意图

Figure 2 Schematic diagram of different size and shape of the gate

3 数值模拟结果分析

采用铸造模拟软件 ProCAST 对间接挤压铸造的充型过程进行了数值模拟研究,在前节的网格划分和参数设置的前处理之后,当充型速度 $V = 0.7t^2$ 时,进行热力耦合计算,得到铸件各部分充填顺序如图3所示。

由图3可知,0°扩张角时,充型初期充型速度较小,液态金属充填形态稳定,避免了裹气现象,也有利于液面的稳定,但充型后期,由于充型速度过快,导致射流高度较高,不利于液面稳定;具有大扩张角的浇口,在金属液进入型腔前就已在浇口处开始扩张,在金属液进入型腔时,射流宽度已向较大宽度发展,因而顺序填充倾向明显,液面稳定。同时由于扩张浇口比直浇道时浇口面积大,速度相对降低,因此充型形态平

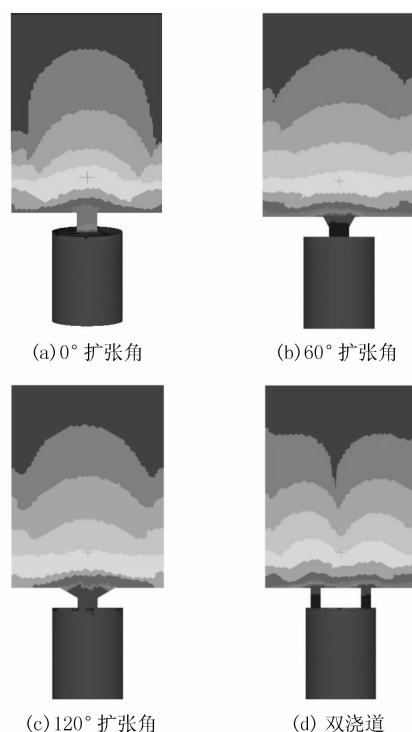


图3 铸件各部分充填顺序

Figure 3 Filling sequence of different casting sections 稳,液面凸起较小。多内浇口是实际生产中较常见的浇注系统设计,但图3(d)显示对于平板铸件,这一设计对金属的充型形态没有显著的改善,反而液面波动更剧烈,这是由于双浇道时,2个液面突起之间相互碰撞、冲击,反而不利于液面的稳定。由图3可知,120°扩张角的充型形态最优,与直浇道相比,双浇道对充型形态的改善不大,带扩张角的浇道的充型形态明显优

于直浇道,扩张角的增大使得充型形态向顺序充型靠拢,液面趋于稳定。

4 结论

1) 在间接挤压铸造中,浇口形状影响充型速度,进而影响金属液的充型形态,对铸件质量产生影响。

2) 对于平板铸件,带扩张角的浇道充型效果明显优于直浇道,且随着扩张角的增大,其充型形态越平稳,液面凸起也越小。

3) 对于平板铸件,双浇道的浇注系统其充型效果不佳,液面波动加剧,不宜采用。

参考文献:

- [1] 罗守靖,陈炳光,齐丕骧. 液态模锻与挤压铸造技术[M]. 北京:化学工业出版社,2007.
- [2] 曾建民. 反重力充型流体动力学研究[D]. 西安:西北工业大学,1990.
- [3] WHITE F M. Viscous fluid flow[M]. New York: Mcgraw-Hill Book Company, 1974.
- [4] 刑小锋. 间接挤压铸造充型速度研究[D]. 杭州:浙江工业大学,2010.
- [5] 米国发,刘翔宇,王狂飞. 铸造充型过程数值模拟的研究进展及应用[J]. 河南理工大学学报:自然科学版,2007,26(3):334-338.
- [6] 杨裕国. 压铸工艺与模具设计[M]. 北京:机械工业出版社,1996.
- [7] 程万里,熊守美,柳百成. 低压铸造过程充型模拟简化模型的研究[J]. 铸造,2003,52(8):609-612.
- [8] 闻星火,柳百成,王孝东,等. 低压铸造铝合金轮毂的凝固模拟及实验验证[J]. 中国铸造装备与技术,1997(4):53-55.
- [9] 宋广胜,王承志,安晓卫,等. 金属型铝合金活塞凝固过程的数值模拟[J]. 铸造设备研究,2001,1(1):8-11.
- [10] 沈家栋,张海亮. 铝合金活塞铸造工艺数值模拟研究[J]. 机电工程,2013,30(3):322-324.

(上接第10页)

参考文献:

- [1] BARTON L O. Mechanism analysis of a trisector[J]. Mechanism and Machine Theory,2008,43(2):115-122.
- [2] 陆文欣. 曲柄传动多轴箱单连杆多曲柄机构的设计与应用[J]. 常州工业技术学院学报,1996,9(2):46-51.
- [3] 柳志远,冯占广. 小型单缸卧式发动机一阶往复惯性力整体平衡法的理论研究[J]. 农业机械学报,1990,21(1):23-28.
- [4] 郭瑞琴,孔宪文. 平面连杆机构摆动力完全平衡的质量距替代法[J]. 机械传动,2000,43(1):9-12.
- [5] 高峰,赵永生. 多环空间连杆机构摆动力完全平衡的单位向量法[J]. 东北重型机械学院学报,1992,16(2):127-133.
- [6] WALKER M L, OLDHAM K. A general theory of force balancing using counterweights[J]. Mechanisms and Machine Theory,1978,13(2):175-183.
- [7] 孔宪文,杨廷力. 含R、P副空间连杆机构摆动力完全平衡的质量矩替代法(I):质量矩替代[J]. 机械科学与技术,1997,16(4):

575-580.

- [8] 杨义勇,金德闻. 机械系统动力学[M]. 北京:清华大学出版社,2009.
- [9] 焦楠,张磊,张璐. 曲柄群驱动机构的单元化设计及运动仿真[J]. 机械传动,2014,38(2):86-89.
- [10] 汪玉琪,曹巨江. 曲柄群驱动机构的运动特点研究[J]. 机械传动,2013,37(10):79-81.
- [11] 任升,曹巨江,刘言松. 基于影响系数法的曲柄群驱动机构运动分析[J]. 机械传动,2014,38(8):104-106.
- [12] 汪玉琪,曹巨江. 曲柄群驱动机构概述[J]. 机械传动,2013,37(4):134-136.
- [13] 王文将,曹巨江,刘言松,等. 曲柄群驱动机构曲柄单元的动平衡研究[J]. 机械传动,38(8):23-25.
- [14] 余跃庆,李哲. 现代机械动力学[M]. 北京:北京工业大学出版社,1998.
- [15] 张策. 机械动力学[M]. 北京:高等教育出版社,2008.