

基于 Flow-3D 压铸锌合金轮护板热流道数值模拟

石欣琳¹ 钟文镇¹ 管旭鑫² 柴银福¹ 杨 潮¹ 赵庆鑫¹ 陈 超¹

[1. 济南大学机械工程学院; 2. 亚萨合莱国强(山东)五金科技有限公司]

摘 要 针对锌合金轮护板压铸过程中的效率低、品质不稳定等问题,利用 Flow-3D CAST 研究了热流道浇注系统和溢流槽位置对压铸过程的影响,并进行了热流道技术生产试验。结果表明,浇注系统中溢流槽的位置对铸件品质影响较大。通过比较溢流槽的 4 个典型位置对铸件的影响,探求了轮护板压铸时热流道系统中溢流槽的最佳位置。采用热流道技术后锌合金材料的利用率提高了 25.07%,同时锌合金铸件内的卷气量减少了 10.23%,试验结果和仿真结果一致。

关键词 锌合金;轮护板;热流道;溢流槽;数值模拟

中图分类号 TG146.1⁺13;TG249.2;TG245;TP311

文献标志码 A

DOI:10.15980/j.tzzz.2023.03.019

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Numerical Simulation of Hot Runner of Zinc Alloy Wheel Guard Based on the Flow-3D Software

Shi Xinlin¹, Zhong Wenzhen¹, Guan Xuxin², Chai Yinfu¹, Yang Chao¹, Zhao Qingxin¹, Chen Chao¹

[1.School of Mechanical Engineering, University of Jinan;

2.ASSA ABLOY Guoqiang(Shandong) Hardware Technology Co., Ltd.]

Abstract: Aiming at the problems of low efficiency and unstable quality during the die-casting process of zinc alloy wheel guard, the influence of hot runner gating system and overflow groove position on the die-casting process was investigated by the Flow-3D software, and the producing test of hot runner technology was carried out. The results indicate that overflow groove position in the gating system has a great influence on the product quality. By comparing typical positions of overflow groove on the castings, the optimal position of overflow groove in the hot runner system during wheel guard die casting was explored. The utilization rate of zinc alloy is increased by 25.07%, and the gas entrainment volume in zinc alloy die castings is reduced by 10.23% through hot runner technology, which is consistent with the simulation ones.

Key Words: Zinc Alloy, Wheel Guard, Hot Runner, Overflow Groove, Numerical Simulation

高品质锌合金门窗压铸零件要求轮廓清晰、表面光洁,不允许有冷隔、夹杂等缺陷。但是锌合金门窗零件压铸成形过程中,由于模具型腔结构的限制,使金属液在流动时容易造成涡流、卷气等现象,最终产生缩松、缩孔等缺陷^[1]。在不改变压铸模具结构的前提下,如何减少甚至消除锌合金零件的生产缺陷,提高锌合金的材料利用率,延长压铸模具寿命,是目前压铸行业亟待解决的问题^[2-3]。

热流道技术目前已经成熟地应用于注塑产品的生产中,其能缩短流体在流道中流动的总路程,降低注塑

件中的缩孔、气孔等缺陷,改善注塑件品质^[4]。国外将热流道技术应用于压铸生产的相关研究较早,并成功研发出相关的热流道产品^[5]。目前国内已经有少量企业在压铸生产中采用该技术^[6-7],但其应用仍较少。

在传统生产过程中经常采用试错法对零件的加工工艺、工艺方案进行改进,但其效率低、成本高,而数值模拟技术的应用,极大地提高了加工工艺设计与改进的效率^[8-9]。本课题利用 Flow-3D 软件模拟了锌合金轮护板的压铸过程,根据模拟结果优化了浇注系统与溢流槽位置的设计方案,并采用热流道技术进行了实际验证。

收稿日期:2022-03-31;修改稿收到日期:2022-05-11
基金项目:国家自然科学基金资助项目(51605192);山东省重点研发计划资助项目(2017GGX203001);山东省中青年科学家科研奖励基金资助项目(BS2015NJ009)
第一作者简介:石欣琳,男,1998 年出生,硕士研究生,济南(250022),E-mail: 2625566802@qq.com
通信作者:钟文镇,男,1981 年出生,副教授,济南(250022),E-mail: me_zhongwz@ujn.edu.cn
引用格式:石欣琳,钟文镇,管旭鑫,等. 基于 Flow-3D 压铸锌合金轮护板热流道数值模拟[J]. 特种铸造及有色合金,2023,43(3):385-389.
SHI X L, ZHONG W Z, GUAN X X, et al. Numerical simulation of hot runner of zinc alloy wheel guard based on the Flow-3D software[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2023, 43(3):385-389.

1 轮护板压铸件结构及材料

锌合金轮护板属于盘盖类零件,其壁厚不均匀、结构复杂、质量轻。铸件轮廓尺寸为 54 mm×30 mm×15 mm,为减少机械加工,零件上的凸台、通孔、凹槽等结构需铸出。结合铸件的结构特点以及实际生产要求,轮护板压铸模采用 1 模 4 腔^[10]。轮护板压铸件的二维图见图 1,选取轮护板的上表面为分型面。

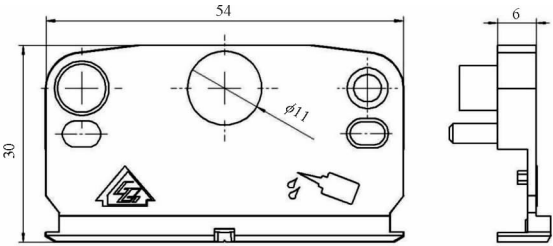


图 1 锌合金轮护板压铸件的二维图

Fig.1 Two-dimensional diagram of zinc alloy wheel guard die casting

轮护板材质为 ZZnAl4Y 合金,其具有熔点低、易于压铸成形、密度大、铸造性能优良等特点,可以用于压铸形状复杂、壁厚较薄、结构精密的零部件,其化学成分及力学性能见表 1 和表 2^[11]。

表 1 ZZnAl4Y 合金的化学成分

Tab.1 Chemical composition of ZZnAl4Y alloys %			
w_B			
Al	Cu	Mg	Zn
3.5~4.3	≤0.25	0.02~0.06	余量

表 2 ZZnAl4Y 合金的力学性能

Tab.2 Mechanical properties of ZZnAl4Y alloys			
抗拉强度/MPa	伸长率/%	冲击功/J	硬度(HBS)
≥250	≥1	≥80	≥35

2 热流道与冷流道的对比研究

将轮护板压铸件的三维模型导入 Flow-3D 软件中并设定压铸件与模具材料,因为零件在内浇口与溢流槽接口处较薄(约为 0.4 mm),在进行网格划分时需要局部加密网格。压射速度为 3 m/s,浇注温度为 420

℃,模具的预热温度为 220 ℃^[12]。

2.1 热流道与冷流道模型建立

热流道技术在轮护板压铸生产中能否优于冷流道技术还存在争议^[13],为此,分别建立了传统锥形冷流道和热流道浇注系统两种数值模型,见图 2。其中,热流道布局去除了锥形冷流道,将射料口布置在横浇道处。

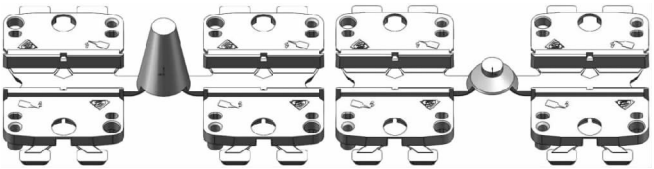


图 2 1 模 4 腔冷流道和热流道压铸工艺三维模型布局图
Fig.2 3D model layout of die casting process of four-cavity cold runner and hot runner

为了保证试验的严谨性和可对比性,2 种方案的浇注系统(横浇道、内浇口和溢流槽)的结构设计相同。两种方案浇注系统参数见表 3。对比发现,热流道布局较冷流道布局的材料利用率提高了 25.07%。

表 3 浇注系统结构参数表

Tab.3 Structural parameters of casting system					
方案	内浇口厚度/mm	内浇口长度/mm	铸型体积/mm ³	零件体积/mm ³	材料利用率/%
1	0.3	43	32 128.49	16 366.54	50.94
2	0.3	43	25 686.25	16 336.54	63.71

2.2 压铸充型过程模拟

图 3 和图 4 分别为传统锥形冷流道和热流道浇注系统在轮护板压铸过程中金属液充型过程模拟结果。当 $t=0.044\ 36\ s$ 时,金属液到达内浇口后并未迅速进入型腔内部,而是待金属液充满横浇道的大部后才通过内浇口进入轮护板模具的型腔部分。金属液到达溢流槽口的时间为 0.074 60 s,占总填充时间的 67.04%。

热流道系统中金属液由横浇道流至内浇口开始填充模具型腔的时间为 0.021 03 s,占总填充时间的 19.59%,与方案 1 相比减少了 52.59%。金属液到达溢流槽口的时间为 0.064 24 s,占总填充时间的 59.84%,与冷流道相比减少了 13.83%。

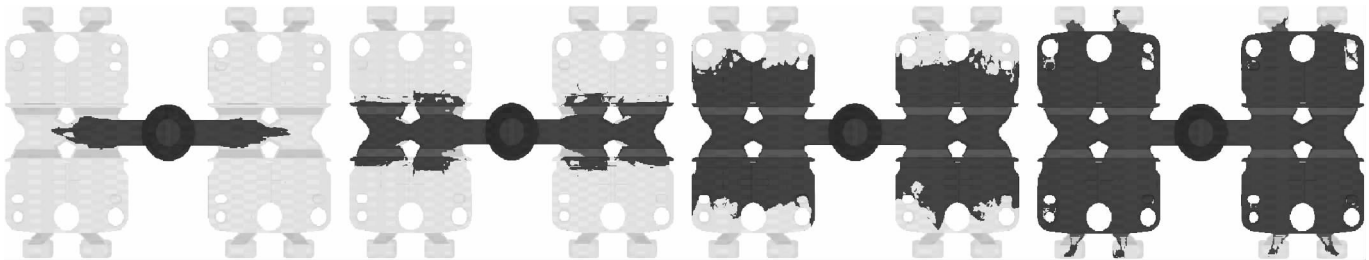


图 3 冷流道浇注系统金属液充型过程模拟

Fig.3 Filling simulation of metal liquid in conventional conical cold runner gating system

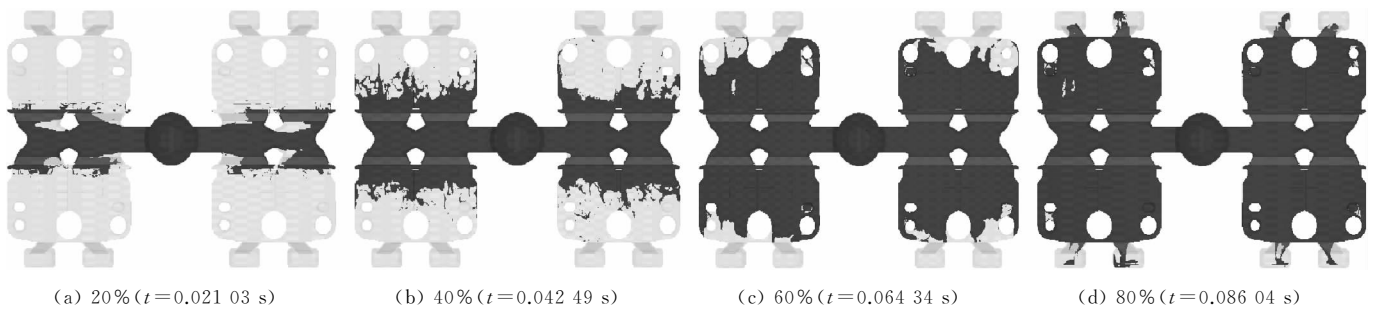


图 4 热流道浇注系统中金属液充型过程模拟
Fig.4 Filling simulation of metal liquid in hot runner gating system

结合图 3 与图 4 零件充型率对应的充型时间,并分析比较两种方案中金属液充型过程。可以发现,热流道浇注系统中的金属液充型用时较少,从而大大减少了金属液的流程,提高了金属液在型腔中的填充速度,有利于减小压铸生产过程中冷隔、气孔等缺陷产生的概率。

2.3 压铸充型过程中气体卷入量分析

图 5 为采用 2 种系统后金属液卷气量分布。使用 FlowSight 分别对图 5 中 2 种方案的卷气量进行分析,冷流道的卷气量最大为 0.88%,热流道的卷气量最大为

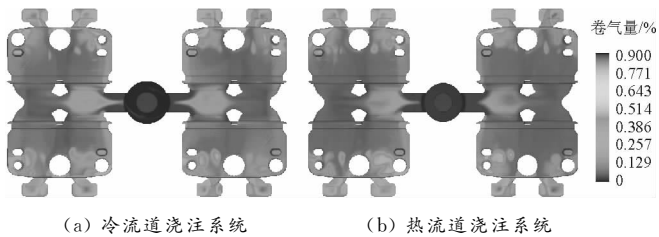


图 5 金属液卷气量分布图

Fig.5 Distribution nephogram of gas entrainment volume of metal liquid

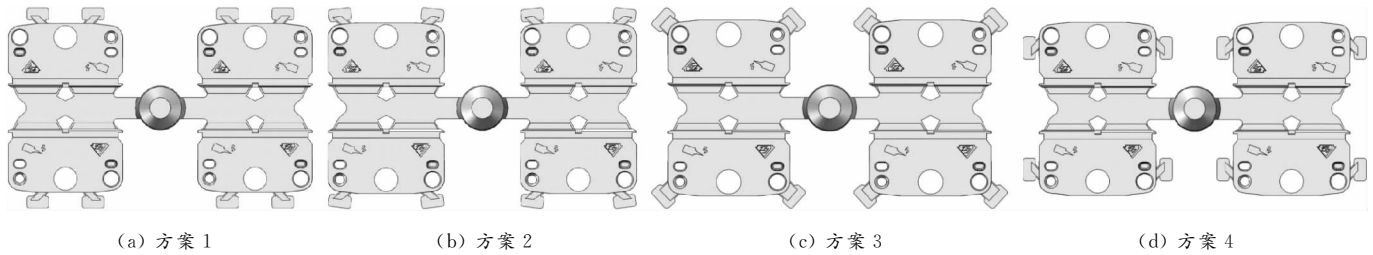


图 6 轮护板溢流槽位置

Fig.6 Overflow groove location of wheel guard

3.2 压铸充型过程模拟

图 7 为金属液到达溢流槽口的充型过程模拟。可看出,轮护板溢流槽的位置方案中只有方案 1 与方案 2 的溢流槽可以承接交汇的金属前端液体,进而收集金

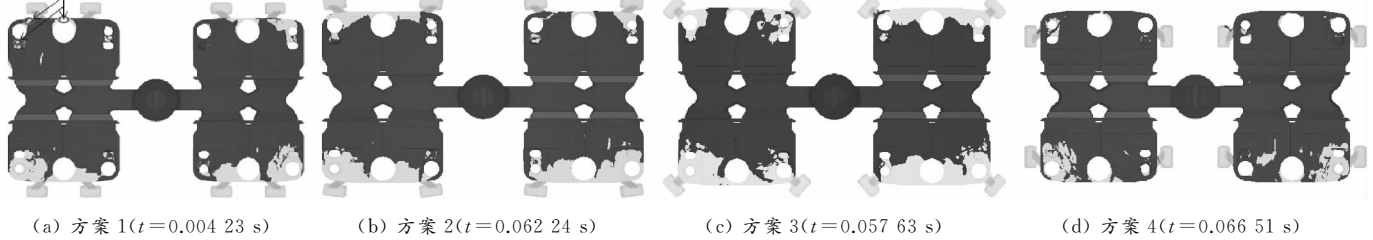


图 7 金属液到达溢流槽口的充型过程模拟

Fig.7 Filling simulation of metal liquid reaching the overflow groove

0.79%,较冷流道减少了 10.23%。因此使用热流道浇注系统生产的轮护板零件内部气孔较少,从而提高了零件的强度和表面品质。

3 溢流槽位置与数值模拟

3.1 建立分析模型

溢流槽位置的正确选取是获取高品质锌合金压铸件的关键^[14]。为了找出溢流槽在轮护板上的最佳位置,设计了 4 种方案,利用 Flow-3D 软件对 4 种溢流槽位置进行数值模拟,分析比较 4 种方案中金属液的流动轨迹、卷气量的数值模拟结果,见图 6。

经测量,方案 1 中溢流槽与方案 4 中溢流槽的距离为 22.63 mm,设方案 1 中溢流槽的位置为原点,则方案 1~4 溢流槽的位置到原点的距离分别为 0、7.98、15.39 和 22.63 mm。取距离的倒数(距离比)表示方案 1~4 溢流槽到原点的距离,可得方案 1~4 的距离比分别为 0、0.35、0.68 和 1。

以看出,轮护板溢流槽的位置方案中只有方案 1 与方案 2 的溢流槽可以承接交汇的金属前端液体,进而收集金

属液中的气体和氧化物残渣。方案 3 中的金属液较早进入溢流槽,而方案 4 中金属液在填充完型腔的大部分之后才开始流入溢流槽,均无法起到将交汇处的金属前端液体推挤至模具型腔外部的作用,使金属液中的气体和氧化物残渣留存在压铸件中,影响了其品质。

3.3 压铸充型过程卷气分析

图 8 为不同方案铸件充型完成时的卷气量分布云图。对比发现,在金属液的交汇处卷气现象较为集中,且铸件充型完成时卷气大部分积累在溢流槽上。

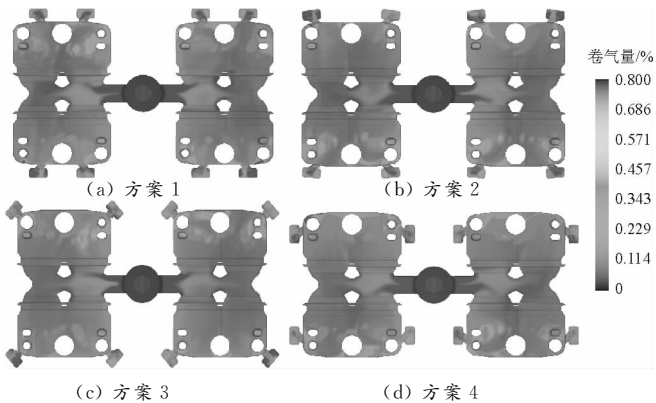


图 8 铸件充型完成时卷气量分布云图
Fig.8 Distribution nephogram of gas entrainment volume after die casting filling

利用 FlowSight 对模拟结果进行了分析,对比了不同方案的卷气量极限值,见图 9。可以看出,方案 1 与方案 2 位置的溢流槽因为可以承接交汇处金属前端液体中的气体和杂质,使得轮护板零件中的卷气量较小,与另外两个方案相比有利于提高其品质。

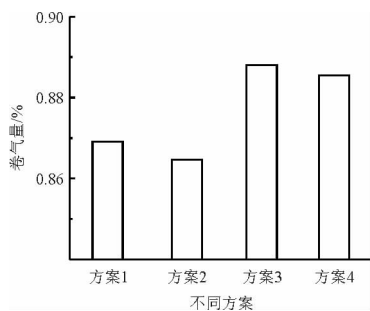


图 9 铸件充型完成时轮护板零件卷气量的极限值
Fig.9 Limit value of gas entrainment volume in wheel guard parts after die casting filling

4 试验验证

冷流道技术在轮护板生产过程中需要将锥形冷流道、横浇道和溢流槽等浇注系统构件回炉,造成了材料和能源的浪费。为了降低能耗、提高锌合金的利用率,同时也为了节约人力资源与模具研发成本,提出了采用热流道浇注系统取代传统锥形冷流道系统的压铸方案,

通过优化整个浇注系统并利用数值建模对现有的传统锥形冷流道浇注工艺和模具进行了改进。

图 10 为 2 种方案的铸件表面品质云图。与图 10a 相比,图 10b 的渣包中浅灰色区域更多,说明采用热流道技术后压铸缺陷更多地转移到渣包中,使得锌合金轮护板零件表面缺陷变少。

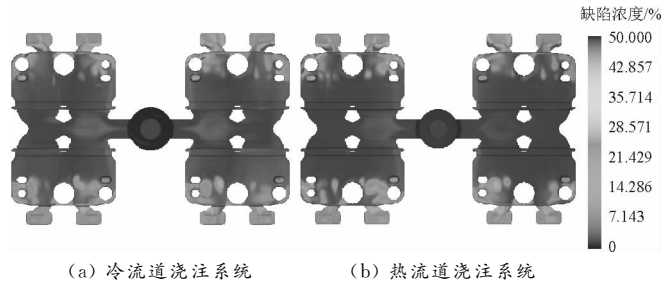


图 10 铸件表面品质云图
Fig.10 Nephogram of surface quality of castings

图 11 为采用两种不同技术后锌合金轮护板。可以看到,采用热流道浇注系统后提高了锌合金的利用率,从而低了能源消耗,提高了经济效益。对比图 11a 和图 11b 可知,采用热流道技术后的轮护板零件表面质量更好、水纹和飞边都有所减少,品质得到明显改善,这与数值模拟结果一致。

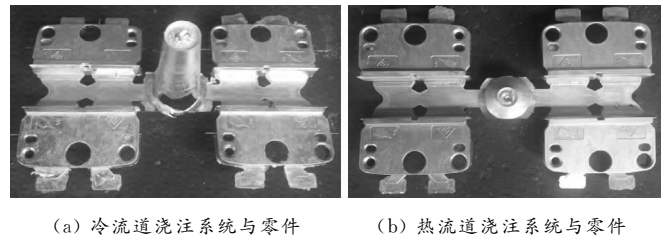


图 11 浇注系统与零件
Fig.11 Gating system and components

5 结论

(1) 采用热流道技术的锌合金轮护板压铸件的 materials 利用率提高了 25.07%、压铸件内的卷气量减少了 10.23%。

(2) 通过对比锌合金轮护板铸件 4 种不同溢流槽位置的模拟,发现处于金属液汇合处的方案 1 与方案 2 均有较好的充型轨迹、较低的卷气量。综合考虑压铸模具的设计、压铸件的脱模与零件的实际使用,最终选取方案 1 处的溢流槽应用于实际零件的生产。

参考文献

[1] 余敏强. 轻合金薄壁件压铸工艺的数值模拟研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2010.
[2] 戴伟, 付利兵, 刘佳, 等. 热流道辅助长筒薄壁形锌合金件压铸成型研究[J]. 材料科学与工艺, 2016, 24(4): 25-32.
[3] 唐继强. 热流道技术在热室压铸生产中的应用[J]. 铸造, 2015, 64(5): 409-414.

脉冲磁场-倾斜管复合工艺制备 6063 铝合金半固态组织

李 卫 龙文元
(南昌航空大学航空制造工程学院)

摘 要 采用脉冲磁场-倾斜管复合工艺制备了 6063 半固态铝合金资料。研究了不同浇注温度和脉冲电压对半固态合金组织及力学性能的影响。结果表明,在未施加脉冲电压时,随着温度升高,半固态合金熔体球化效果不明显;当通入脉冲电压后,初生相晶粒得到显著细化变得圆整。其中,当脉冲电压为 200 V,浇注温度为 670 ℃时,半固态组织最佳。半固态铝合金的抗拉强度与伸长率随着脉冲电压的升高而增大。力学性能的提高主要是由于脉冲磁场改善了半固态铝合金的凝固组织形貌和晶粒尺寸。

关键词 6063 铝合金;半固态;脉冲磁场;浇注温度;力学性能

中图分类号 TG146.21;TG113.25

文献标志码 A

DOI:10.15980/j.tzzz.2023.03.020

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Microstructure of 6063 Semi-solid Aluminum Alloy Fabricated by Pulsed Magnetic Field-inclined Pipe Compound Process

Li Wei, Long Wenyan

(School of Aeronautical Manufacturing Engineering, Nanchang Hangkong University)

Abstract: 6063 semi-solid aluminum alloy slurry was fabricated by pulsed magnetic field-inclined pipe casting compound method, and effects of different pouring temperatures and pulse voltages on the semi-solid microstructure of alloys were investigated. The results indicate that the spheridization effect of the semi-solid alloy melt is slight with the increase of temperature without applying pulsed magnetic field. In contrast, the primary phase grains are significantly refined and spheridized after pulse voltage applying, where desirable semi-solid microstructure is achieved with the pulse voltage of 200 V and pouring temperature of 670 ℃. With the increase of pulse voltage, the tensile strength and elongation of semi-solid aluminum alloy are improved, while the enhancement of mechanical properties is attributed to the solidification morphologies and grain size modified by pulsed magnetic field.

Key Words: 6063 Aluminum Alloy, Semi-solid, Pulsed Magnetic Field, Pouring Temperature, Mechanical Properties

半固态成形技术是一种介于固态成形和液态成形之间的工艺手段,最初由美国研究者发现并提出^[1]。半固态是指金属材料在凝固过程中,通过施加特定的处理

手段(如机械搅拌、振动、加入晶粒细化剂或改变合金熔体的温度场分布等),改变初生相的形核与晶粒的生长方式,最终获得一种在液态金属中均匀悬浮着大量颗粒

收稿日期:2022-06-01;**修改稿收到日期:**2022-08-04

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51165036)

第一作者简介:李卫,男,1997 年出生,硕士研究生,南昌(330063),E-mail:201841820@qq.com

通信作者:龙文元,男,1971 年出生,教授,南昌(330063),E-mail:longwy@nchu.edu.cn

引用格式:李卫,龙文元. 脉冲磁场-倾斜管复合工艺制备 6063 铝合金半固态组织[J]. 特种铸造及有色合金, 2023, 43(3): 389-393.

LI W, LONG W Y, et al. Microstructure of 6063 semi-solid aluminum alloy fabricated by pulsed magnetic field-inclined pipe compound process[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2023, 43(3): 389-393.

[4] DEMIRER A, SOYDAN Y, KAPTI A O. An experimental investigation of the effects of hot runner system on injection moulding process in comparison with conventional runner system[J]. Materials & Design, 2007, 28(5): 1 467-1 476.
[5] 黄先.热流道模具的现状与发展前景[J].科技创新导报, 2011(15): 95.
[6] 沈江南. 锌合金压铸数值模拟及其热流道技术研究[D]. 福建厦门:集美大学, 2013.
[7] 余敏强,曹文炅,周照耀,等.基于数值模拟的镁合金压铸热流道系统的应用[J].热加工工艺, 2009, 38(5): 51-53, 56.
[8] 张双槽,米国发,王凯,等.滤清器壳体压铸工艺设计及数值模拟[J].特种铸造及有色合金, 2019, 39(7): 735-738.
[9] 黑玉龙,陈日军,宋彬.CAD/CAE 技术在铸造工艺设计及优化中的

应用[J].特种铸造及有色合金, 2011, 31(10): 921-923.
[10] 任卫新,王云龙,孙少纯.超薄笔记本风扇盖压铸工艺设计及数值模拟[J].铸造技术, 2018, 39(6): 1 274-1 277.
[11] 薛涛,古文全,于云峰,等.压铸锌合金应用研究进展[J].特种铸造及有色合金, 2016, 36(3): 260-264.
[12] 王成明,胡清和,邓敏杰,等.基于数值模拟的压铸锌合金化油器壳工艺研究[J].特种铸造及有色合金, 2019, 39(8): 850-854.
[13] 任立新,沈江南,阙福标,等.基于数值模拟的锌合金压铸热流道技术研究[J].热加工工艺, 2014, 43(7): 61-64, 67.
[14] 刘现,刘金海,李国禄,等.镁合金方向盘骨架压铸模溢流槽优化设计[J].铸造技术, 2007(12): 1 584-1 587.

(编辑:刘晨辉)