

# 大型一体化压铸岛周边自动化设计与实践

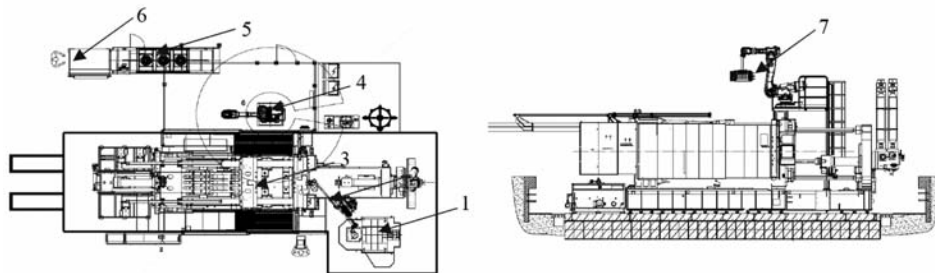
侯东锋, 王 健, 宋成猛, 高文杰, 李承璋, 单 浩

(浙江极氮汽车研究开发有限公司, 浙江宁波 315800)

**摘要:** 随着新能源汽车行业的快速发展, 大型一体化车身压铸技术作为实现车身轻量化的关键技术之一, 正逐渐受到业界的广泛关注。本文旨在探讨大型一体化压铸岛周边自动化设计与实践, 通过分析传统压铸现状、大型一体压铸岛布局、工艺流程和设备选型等方面, 详细阐述大型一体化压铸岛周边自动化的关键技术要点, 为大型一体化压铸岛周边自动化提供参考。

**关键词:** 一体化压铸; 压铸机; 压铸岛; 周边自动化

铝合金压铸在汽车行业及通讯行业得到了广泛的应用, 特别是2020年以来, 以特斯拉为首一体化压铸的兴起, 引领压铸行业进入6 000 t以上超大型压铸时代。通常压铸机、保温炉、喷涂系统、取件设备和冷却设备等构成了压铸单元, 行业术语称之为压铸岛。这些设备协同工作, 实现铝合金等轻金属快速成形, 通过冷却后得到所需的铸件。一体化压铸兴起以前, 2 000 t压铸岛周边自动化配备简单, 如图1传统压铸岛工艺布局, 自动化仅仅用于喷涂及取件, 渣包和料饼去除全部采用手工去除<sup>[1-2]</sup>。



1. 保温炉; 2. 给汤机; 3. 压铸机; 4. 取件机构; 5. 冷却线; 6. 工作台; 7. 喷涂设备

图1 传统压铸岛工艺布局简图

Fig. 1 Traditional die casting island process layout diagram

随着免热处理材料的开发<sup>[3-6]</sup>, 压铸零部件不断向高集成化发展, 零部件尺寸和质量也在不断增加, 同时压铸机的吨位也随之增加。通过调研, 从表1压铸机与产品发展趋势来看, 压铸机的吨位越大, 产品质量越大。近年来, 大型一体化压铸零件在汽车领域的应用越来越多, 且集中在4 000 t以上, 产品越来越大, 质量也随之增加, 人工搬运产品变得效率低下, 且劳动强度越来越大, 产品的渣包料饼去除, 产品检测过程中搬运效率提升必须走自动化路线。本文结合自身压铸岛周边设计与实践经验, 从产品工艺流程, 压铸岛周边布局, 熔化炉自动化投料, 喷涂工装设计原理, 快速水冷站设计, 渣包去除控制要点及工装设计, 等离子去料饼方案, 自动化去毛刺, 在线X-Ray探伤检测, 自动化装箱和HSE等方面做了逐一说明。

作者简介:

侯东锋 (1986-), 男, 工程师, 主要研究铝镁合金材料开发、铝镁合金压铸零件在车身的应用、工艺开发、质量提升等。E-mail: 313603933@qq.com

中图分类号: TG249.2

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977 (2025)

06-0794-07

收稿日期:

2024-09-05 收到初稿,

2024-12-02 收到修订稿。

表1 压铸机与产品发展趋势  
Tab. 1 Die casting machine and product development trend

| 序号 | 压铸机/t       | 产品质量/kg   | 典型产品                                   |
|----|-------------|-----------|----------------------------------------|
| 1  | 300~800     | 0.2~3.0   | 摩托车零件、曲轴箱、盖子、汽车支架 <sup>[7]</sup>       |
| 2  | 800~1 600   | 2.0~5.0   | 油底壳、汽车端盖、阀板 <sup>[8-10]</sup>          |
| 3  | 1 600~2 500 | 4.0~15.0  | 变速器壳体、凸轮轴支架、下缸体、减震塔 <sup>[11-14]</sup> |
| 4  | 2 500~4 000 | 14.0~25.0 | 缸体、纵梁、5G基站 <sup>[15-18]</sup>          |
| 5  | 4 000~5 500 | 20.0~35.0 | 大型变速器壳体、后轮罩+纵梁                         |
| 6  | 5 500以上     | 24.0~70.0 | 前机舱、后地板、电池托盘                           |

1 大型一体化压铸岛周边自动化设计

1.1 产品信息及工艺流程

图2为一体化压铸后车身简图，基本外形尺寸1 600 mm × 1 450 mm × 800 mm，采用自研材料HA1-H压铸铝合金材料，质量54.5 kg。由于产品尺寸和质量大，产品的搬运困难。因此，压铸岛的设计要尽可能减少搬运。图3为设计的工艺流程图，为了减少搬运过程，所有的加工都在压铸岛内完成，铝锭的投料采用移动机

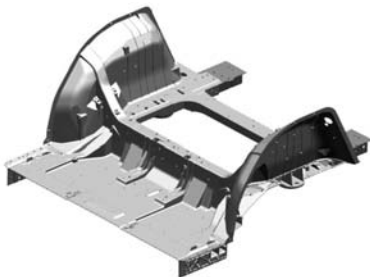


图2 一体式压铸后车身简图  
Fig. 2 Schematic diagram of the integrated rear die cast body

器人小车（以下简称AGV）以降低劳动强度。

1.2 压铸岛周边自动化布局

根据图3的工艺流程，把所有的加工都尽可能放在压铸岛内。如图4压铸岛工艺布局所示，物料的流动如下：铝液熔化后，通过铝液泵将熔化炉中铝液搬运到保温炉中；保温炉中的铝液通过给汤机搬运到压室，通过压铸机压射，铝液充填到模具成为带浇注系统的产品；当凝固冷却后，取件机器人取件，放入冷却工位冷却；冷却后，搬运机器人将产品放入去渣包工位，去除渣包；机器人取件放入去料饼工位（等离子切割），去除料饼后，搬运机器人将产品放入打码工位，给产品刻印明码及二维码；随后搬运产品进入去毛刺工位，去毛刺完成后，根据品质检测需要进入X-RAY抽检，完成后通过成品下线AGV运输；通过人工工位全检后，AGV运输产品到装箱站，装箱站机器人根据产品的品质信息，进行分类装箱；当装箱完成后，AGV机器人将装箱好的料架搬运到对应的区域入库。

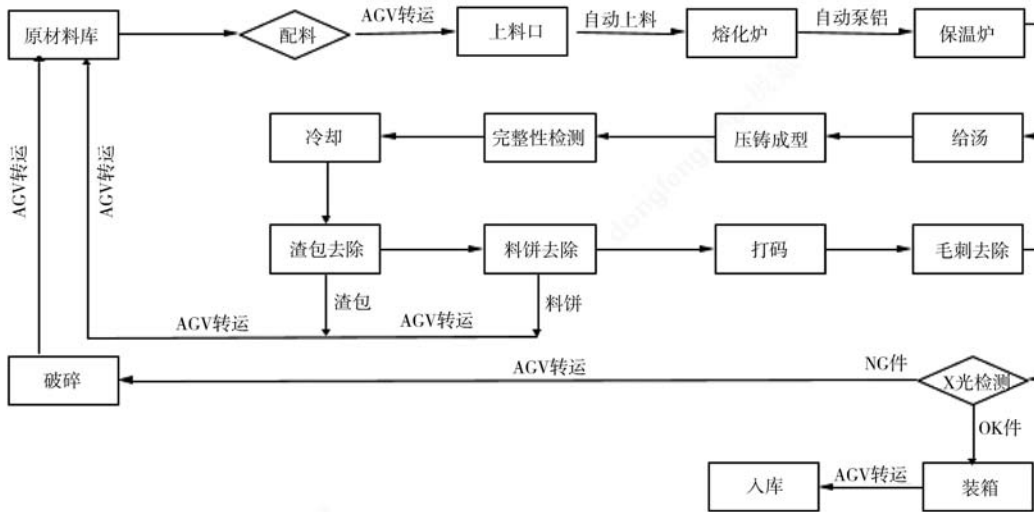
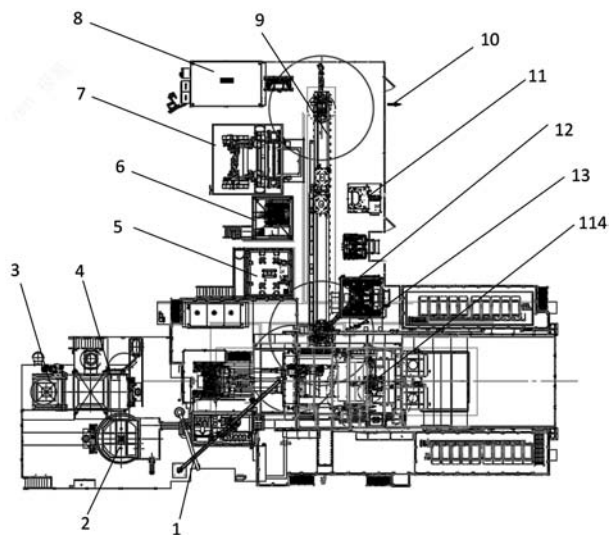


图3 压铸工艺流程  
Fig. 3 Die casting process flow



1. 给汤机; 2. 保温炉; 3. 上料位; 4. 熔炼炉; 5. 去渣包; 6. 等离子切割; 7. 机器人去毛刺; 8. X-RAY光检测; 9. 七轴及机器人; 10. 合格品下线; 11. 打码; 12. 水冷; 13. 完整性检测; 14. 压铸机

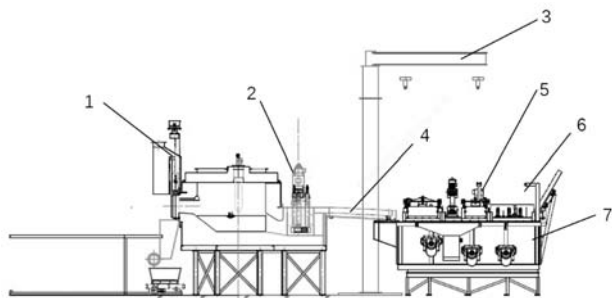
图4 压铸岛工艺布局

Fig. 4 Die casting island process layout

## 2 周边关键设备设计

### 2.1 熔炼系统

大型一体化压铸带浇注系统质量约为82 kg, 按90 s节拍计算, 每小时铝液消耗量为3.28 t, 为了保证产能的稳定性, 选择4 t/h熔化能力的熔化炉。为了保证保温炉温度的稳定性, 选择10 t保温炉。如图5所示, 铝液熔化后, 通过铝液泵将铝液运输到保温炉中, 保温炉下方也通过透气砖通入氩气, 让铝液中的氢气溢出, 同时保温炉也设计循环泵, 保证铝液的密度指数小于2%。同时也避免了传统保温炉通过叉车转运铝液, 大大降低了劳动强度, 提升了效率。

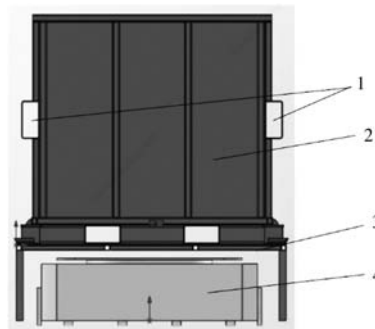


1. 熔化炉保温室; 2. 铝液泵; 3. 悬臂吊; 4. 铝液流槽; 5. 循环泵; 6. 取铝液口; 7. 保温炉

图5 熔化保温炉示意图

Fig. 5 Schematic diagram of melting and insulation furnace

图6所示, 熔化炉上料采用AGV的方式, 主要构成有AGV小车, 托盘和料车, 料车底部带有叉车孔, 方



1. 提升机插孔; 2. 料车; 3. AGV托盘; 4. AGV小车

图6 AGV投料小车示意图

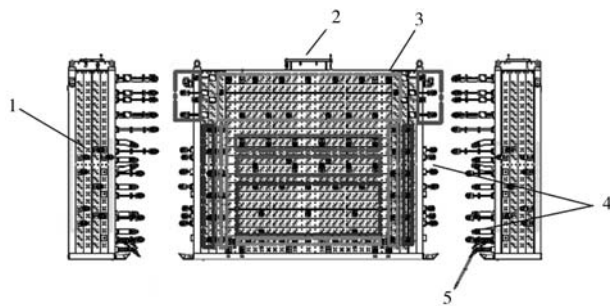
Fig. 6 Schematic diagram of AGV

便叉车上料, 侧面的叉车孔和熔化炉投料提升机链接, 可以提升料车, 实现无人化操作。

### 2.2 喷涂系统

为了缩短喷涂时间, 大型一体压铸喷涂必须采用仿形喷涂。如图7所示, 仿形喷涂采用多回路方式, 对模具上需要喷涂的位置进行分区控制, 这样有利于根据产品的实际需求, 设定不同喷涂量及喷涂时间, 在保证脱模效果的同时, 还能进一步减少喷涂时间。

同时, 配比机采用多个脱模剂混合箱, 可以实现不同浓度配比, 结合工装的多回路控制, 不仅实现了分区时间控制, 也实现了分区浓度控制, 特别有利于深腔的位置; 结合大型压铸机的开模距离比较大, 6 000 t以上压铸机开模距离在2 000 mm以上, 这样就有足够的空间在动定模设计喷涂, 可以实现动定模同时喷涂, 大幅缩短了喷涂时间。



1. 仿形喷涂箱体; 2. 连接盘; 3. 喷涂分区; 4. 喷嘴; 5. 气嘴

图7 仿形喷涂简图

Fig. 7 Copying spray sketch

### 2.3 冷却装置

由于产品质量较大, 采用传统的风冷方式, 需要更多的时间且占用空间大, 因此, 大型一体压铸零件冷却必须采用水冷, 这样效率更高。可以在30 s以内将产品的温度降低在70 ℃以下, 为后工序的产品尺寸稳定性提供了保障。水箱的材质采用304不锈钢, 可以避

免后续使用时生锈。水温控制在50℃左右。如图8所示,水冷工装采用浮球加紧工装,借助水的浮力,在升降过程中,零件定位更稳定,速度更快,生产效率更高<sup>[19]</sup>。

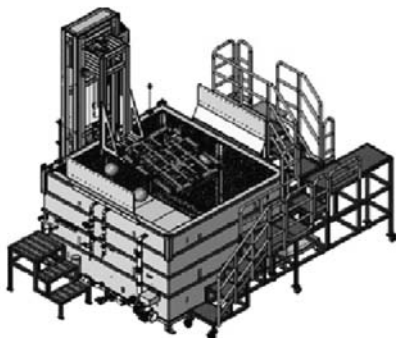


图8 水冷装置简图

Fig. 8 Water cooling tooling schematic

## 2.4 去渣包站

大型一体化零件渣包去除是行业的痛点,主要体现在几个方面:①为了避免渣包取件过程中掉落,通常把渣包连接在一起,造成去除后容易挂在设备上,造成堆积故障停机;②渣包去除不干净;③渣包去除时拉缺产品,造成产品缺料,影响品质。为了解决这些问题,带浇道的产品进入去渣包站之前必须进行剪断。如图9是去渣包站的示意图,废料可以采用AGV小车转运,减少人工搬运,提升效率。为了解决渣包去除不干净或缺料的问题,在时间中,总结了如图10所示的经验。压铸模设计过程中需要将渣包的搭接口厚度控制在1.5 mm以内,否则去除渣包过程中,会拉伤产品本体。

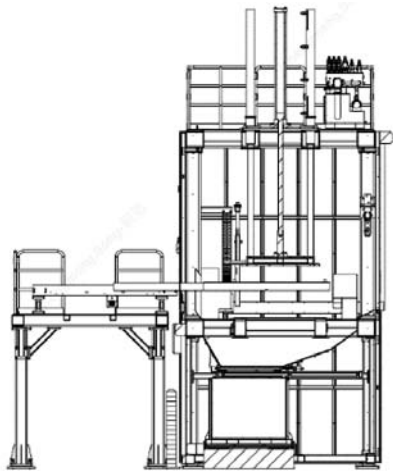


图9 去渣包站结构示意图

Fig. 9 Schematic diagram of slag removal station structure

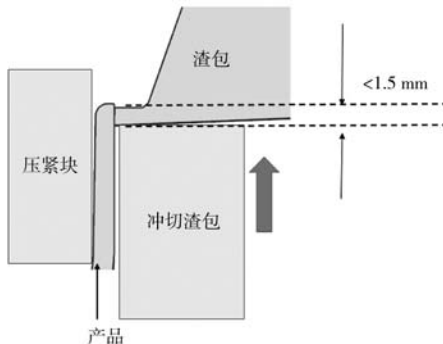


图10 去渣包原理图

Fig. 10 Overflow during die-casting and punching

## 2.5 等离子切割站

图11为等离子切割站示意图,采用倒挂机器人搬运等离子切割枪头,对产品的浇道进行切割,浇道去除后,掉入AGV小车中,去渣包AGV小车,等离子切割小车及熔炉的小车规格一致,可以实现去渣包料饼直接通过AGV进行投料到熔炉中,实现物料循环,不需要人工转运。如图5所示。图12为切割浇道的分界线。由于等离子切割在切割过程中,本体必须连续,因此,模具设计时,需要把浇道前端链接在一起,这样既保证了不断弧,又不切伤产品。

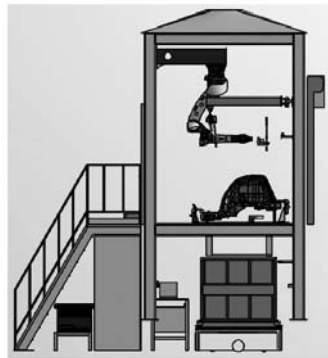


图11 等离子切割站

Fig. 11 Plasma cutting equipment

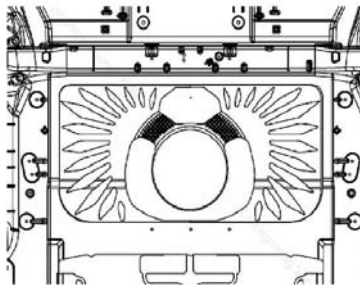


图12 切割浇口示意图

Fig. 12 Schematic diagram of cutting gate



## 2.6 去毛刺站

大型一体压铸零件,可采用机器人配合电主轴方式进行毛刺处理,工具可以选用锉刀、铣刀和砂轮片等工具,对零件毛刺和非标进行打磨处理。毛刺主要产生的位置为产品分型线、镶拼线和顶针痕迹。为了让去毛刺站高效运行,采用双各位旋转工作台结构,保证上下料不影响去毛刺加工时间;同时,产品夹紧工装具备360°旋转,既保证了产品的正面可以去毛刺,反面也可以去毛刺。去毛刺的标准主要参考整车的装配,分为不同等级,影响装配和外观的毛刺必须去除,对不影响外观及功能的毛刺,可以不用去除。

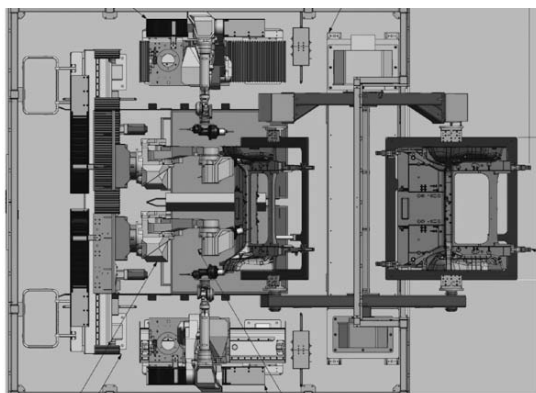


图13 去毛刺站简图

Fig. 13 Deburring station schematic

## 2.7 探伤检测站

探伤主要检测铸件内部的气孔和缩孔等缺陷,一般以离线检测为主,由于一体化压铸件产品尺寸大,采用离线检测的方式耗时,从压铸岛搬运到实验需要10 min,再将压铸件放入探伤设备检验反馈结果,不仅搬运劳动强度大,耗时多,还结果反馈慢。在开发初期就将探伤机放在压铸岛内,可以实现快速探伤检测。

同时由于信息传递延迟,浪费时间。为了解决这些问题,将X-RAY探伤设备集成在压铸岛中,不仅减少了产品的搬运,还可以快速反映铸件品质的状态。同时也可以根据增加抽检的频率。减少不良损失。图14为X-RAY探伤设备的外形图。产品放在检测支架小车上,下方有四个滚轮,由于小车下面的轨道和探伤房内部的轨道不连续,四个滚轮完美解决这个问题<sup>[20]</sup>。小车进入铅房内,关闭安全门,开始进行探伤检测。

## 2.8 自动化装箱

图15为产品在AGV上的示意图。通过机器人将产品放在AGV小车上,小车识别到有产品后,搬运产品

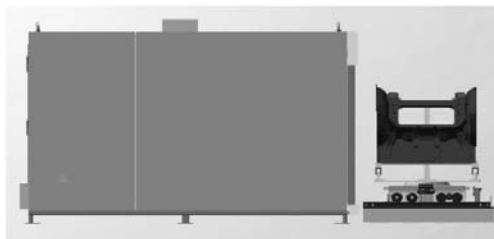


图14 探伤设备外形图

Fig. 14 Outline drawing of X-ray flaw detection equipment

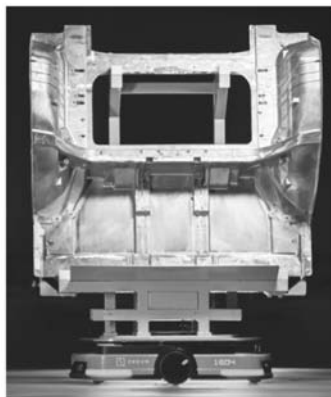
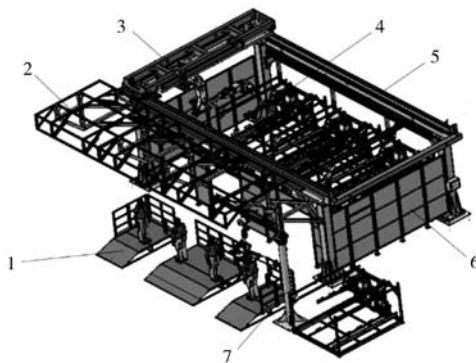


图15 成品下线AGV搬运图

Fig. 15 Finished product offline AGV handling diagram

到人工检查工位(图16);人工对产品外观进行100%检查,检查后输入合格和不合格信息,信息传递到自动化装箱站。机器人根据产品信息将产品放入合格品或不合格品的料架,实现了自动装箱。当装箱站的料架装满产品后,自动化装箱站呼叫新的AGV进入自动化装箱站,更换新的料架。整个过程自动化完成,减少人工搬运,提高效率。



1. 人工检查台; 2. 灯架组合; 3. 搬运机器人及抓手; 4. 料框及定位组件; 5. 天轨; 6. 安全护栏; 7. 悬臂吊

图16 自动装箱站示意图

Fig. 16 Schematic diagram of automatic packing station

表2 压铸专业涉及HSE标准汇总  
Tab. 2 The die casting profession involves the summary of HSE standards

| 序号 | 污染源     | 分类     | 标准名称                                    |
|----|---------|--------|-----------------------------------------|
| 1  | 熔化炉/保温炉 | 危废/弃相关 | GB 18597—2023 危险废物贮存污染控制标准              |
|    |         |        | HJ1115—2020 排污许可证申请与核发技术规范 金属铸造工业       |
| 2  | 去毛刺粉尘   | 职业卫生   | GBZ 2.1—2019 工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素 |
|    |         |        | GB 12476.1—2013 可燃性粉尘环境用电气设备-第1部分 通用要求  |
| 3  | 熔化炉     | 大气排放标准 | 大气污染物综合排放标准-GB16297—1996                |
|    | 压铸机     |        | 铸造工业大气污染物排放标准GB39726—2020               |
|    | 等离子     |        | 大气污染物综合排放标准-上海市地方标准DB31                 |
|    | 去毛刺     |        | 铸造工业大气污染防治可行技术指南-HJ/T1292—2023          |
| 4  | 去毛刺     | 粉尘防爆标准 | 粉尘防爆安全规程-GB15577—2018                   |
|    |         |        | 粉尘爆炸危险场所所用除尘系统安全技术规范-AQ4273-2016        |
|    |         |        | 铝镁制品机械加工粉尘防爆安全技术规范-AQ4272-2016          |
|    |         |        | 粉尘爆炸泄压指南-GB/T 15605—2024                |
|    |         |        | 粉尘爆炸危险场所用收尘器防爆导则-GB/T 17919—2008        |

3 压铸环保要求

压铸岛及周边环境保护方面的要求，如表2压铸专业涉及标准汇总所示，其中包含危废/弃物相关、职业卫生、通用标准、大气排放标准、大气污染防治技术和粉尘防爆标准等多个方面。这些规定由国家和地区的法律法规执法部门规定，依据地方法规有差异，实施压铸岛规划前需详细了解地方环境保护规定。

特别是熔炼区域，依据《安全预评价报告》及《国家安全生产监督管理总局令》第91号要求：企业对熔炼炉和保温炉等设备，应当设置铝液紧急排放和储存的设施，并在设备周围设置拦挡围堰，防止铝液外流。这个要求在企业容易被忽略。压铸环节，压铸废气大部分企业会按照烟雾净化内排处理，依据最新法规《铸造工业大气污染排放标准》-GB 39726—2020要求，压铸废气中含非甲烷总烃，必须采取有组织排放。

4 结束语

（1）未来大吨位压铸岛要全工序集成，避免物料的不必要搬运，同时压铸岛还要实现智能化控制，提升整体生产效率。

（2）压铸模具设计制造，要充分考虑后工序渣包和浇道去除方案；模具与压铸机如何实现快速换模。

（3）X-RAY探伤规划设计在压铸岛内，可以实现快速检测，反映品质问题，X-RAY自动缺陷识别如何和压铸参数关联。

（4）零件搬运及废料的转移采用AGV搬运的方式，可以大幅减少人工，同时智能化需要提升。

（5）在环保方面，要依据最新法规，熔化保温炉要做好围堰，避免铝液泄露造成更大的损失；冷却水泄漏要做好检测，和压铸机关联；熔化炉和等离子除尘要有组织排放（< 10 mg/m<sup>3</sup>）；压铸机烟雾除尘采用有组织排放，去毛刺除尘采用湿式除尘器。

参考文献：

[1] 崔爱军. 自动化生产是压铸发展的必由之路 [J]. 金属加工（热加工），2014（15）：18-20.

[2] 高威. 180T卧式冷室压铸机周边机械手设计及其自动化系统研究 [D]. 赣州：江西理工大学，2014.

[3] 宋成猛，侯东锋，王健，等. 浅述压铸铝合金行业现状及发展趋势 [J]. 特种铸造与有色合金，2024（6）：848-854.

[4] 冯振仙. 高性能免热处理铝合金HA1-H的特性与一体式压铸实践 [J]. 中国铸造装备与技术，2024（4）：123-126.

[5] 王宇泉，张露，李江. 两种常用免热处理压铸铝合金的对比研究 [J]. 中国铸造装备与技术，2024（4）：108-115.

[6] 但昭学，林韵，万里，等. 一体化压铸成形技术的现状及发展 [J]. 特种铸造与有色合金，2024（8）：1023-1030.

[7] 唐方艳，甘盛霖，卢南方. 铝合金支架压铸模设计 [J]. 模具制造，2023（12）：31-34.

[8] 汪学阳，黄志垣，陈国恩，等. 低成本的铝合金油底壳压铸工艺开发及应用 [J]. 特种铸造及有色合金，2018（9）：46-48.

- [9] 余利兵. 汽车发动机端盖压铸工艺及数值模拟分析 [J]. 铸造技术, 2015 (4): 236-239.
- [10] 旷鑫文, 张正来, 贾志欣. 高气密性阀板压铸模具设计及实践 [J]. 铸造, 2019 (8): 83-88.
- [11] 柯春松, 唐杰, 庄舰, 等. 八挡自动变速器主壳体压铸工艺优化 [J]. 铸造, 2022 (8): 63-70.
- [12] 安肇勇, 黄志垣, 万里, 等. 汽车凸轮轴支架部件的压铸技术开发及品质控制 [J]. 特种铸造及有色合金, 2017 (7): 46-50.
- [13] 朱洪军. 基于正交试验及数值模拟的下缸体压铸工艺优化 [J]. 铸造, 2021 (6): 38-42.
- [14] 梁军, 周杰, 吴亮, 等. 某汽车铝合金减震塔真空压铸工艺设计与优化 [J]. 中国铸造装备与技术, 2023 (4): 78-86.
- [15] 廖仲杰. 汽车发动机铝合金缸体压铸工艺的改进 [J]. 科学技术创新, 2019 (22): 155-156.
- [16] 白丹, 樊小龙. 液力变速器壳体压铸工艺研究及优化 [J]. 金属加工 (热加工), 2021 (11): 96-98.
- [17] 陈建伟, 周志明, 桑卓越, 等. 真空压铸汽车铝合金后纵梁排溢系统的模拟优化 [J]. 特种铸造及有色合金, 2022 (11): 41-45.
- [18] 杨爽, 吴俊杰, 王朦朦, 等. 5G基站散热器用高导电 (热) 压铸Al-Si-Fe铝合金的热力学设计与试验 [J]. 特种铸造及有色合金, 2024 (7): 104-109.
- [19] 侯东锋, 宋成猛, 王健, 等. 冷却工装和压铸冷却设备: ZL202223487444.1 [S]. 2023-05-30.
- [20] 侯东锋, 王健, 宋成猛, 等. 运输系统及探伤检测装置: ZL202321941296.8 [S]. 2024-01-09.

---

## Design and Practice of Automation Around Large Integrated Die Casting Island

HOU Dong-feng, WANG Jian, SONG Cheng-meng, GAO Wen-jie, LI Cheng-zhang, SHAN Hao  
(Zhejiang ZEEKR Automobile Research & Development Co., Ltd., Ningbo 315800, Zhejiang, China)

### Abstract:

With the rapid development of the new energy automobile industry, large-scale integrated body die-casting technology, as one of the key technologies to achieve body lightweight, is gradually receiving extensive attention from the industry. This paper aims to discuss the design and practice of automation around large-scale integrated die casting islands, and elaborate the key technical points of automation around large-scale integrated die casting islands by analyzing the status quo of traditional die casting, layout of large-scale integrated die casting islands, process flow, equipment selection and other aspects, so as to provide reference for the automation around large-scale integrated die casting islands.

### Key words:

integrated die casting; die casting machine; die casting island; peripheral automation

---