

压铸工艺及压铸模具设计要点探究

李有淋 史 康

宁波力劲科技有限公司 浙江 宁波 315000

摘要:在现代制造业中,压铸工艺凭借生产效率高、铸件尺寸精度高、表面质量好等优势,广泛应用于汽车、航空航天、电子等众多领域。本文围绕压铸工艺及压铸模具设计展开探究。阐述了压铸工艺及压铸模具设计的重要性,深入剖析压铸工艺,包括压铸工艺原理、压铸机与合金的选择、工艺参数优化,以及铝合金、镁合金、锌合金、铜合金等压铸合金。在压铸模具设计方面,探讨了分型面选择、成型零部件设计、浇注系统设计、排溢系统设计和温度控制系统设计等要点。旨在通过对这些内容的研究,为压铸工艺的优化和压铸模具的合理设计提供理论支持与实践指导,提升压铸生产的质量与效率。

关键词:压铸工艺;压铸模具设计;要点探究

引言:随着制造业的快速发展,压铸作为一种高效的金属成型工艺,在众多领域得到广泛应用。压铸工艺能够生产出精度高、表面质量好、生产效率高的零部件,对推动制造业的发展起着关键作用。而压铸模具作为压铸生产的关键装备,其设计的合理性直接影响着铸件的质量、生产效率和成本。因此,深入探究压铸工艺及压铸模具设计要点具有重要的现实意义。本文将系统地分析压铸工艺及压铸模具设计的相关内容,以期能为行业发展提供有益参考。

1 压铸工艺及压铸模具设计的重要性

在现代制造业中,压铸工艺及压铸模具设计具有举足轻重的地位。从生产效率角度来看,高效的压铸工艺搭配精良设计的模具,能够实现高速自动化生产。压铸过程中,金属液在高压下快速填充模具型腔,一次成型,相比其他成型工艺,大大缩短了单个零件的生产周期,大幅提升生产效率,满足大规模生产需求。在产品品质方面,优质的压铸模具设计能确保型腔尺寸精确,使铸件尺寸精度高、表面质量好。合理的压铸工艺参数控制,如合适的充型速度、压力和温度等,能有效减少产品内部缺陷,保证产品性能稳定,提升产品合格率,满足高端制造领域对零部件质量的严苛要求。成本控制层面,良好的压铸工艺与模具设计能降低废品率,减少原材料浪费,同时延长模具使用寿命,降低模具更换成本。而且,高效的生产效率也降低了单位产品的生产成本,增强产品市场竞争力^[1]。

2 压铸工艺

2.1 压铸工艺原理

压铸工艺基于高压成型原理,将液态或半液态金属在强大压力下快速注入模具型腔。这一过程利用帕斯卡

定律,通过压铸机的压射系统施压,金属液流速可达每秒数米甚至数十米,得以填充复杂形状的型腔,完成零件成型。当金属液充满后,持续压力促使其在压力下凝固,减少缩孔、缩松等内部缺陷,提升铸件致密度与力学性能。同时,模具冷却系统加速凝固,提高生产效率。整个压铸过程涉及压力、速度、温度、时间等多参数协同,精准控制这些参数是保证铸件质量与性能的关键。

2.2 压铸机与合金选择

压铸机是压铸工艺的核心设备,其性能直接关系到生产质量与效率。选择时,锁模力是关键指标,需根据铸件投影面积和所需比压,计算出足以抵抗胀型力的数值,防止金属液泄漏。压射系统的速度、力和行程等参数,决定金属液填充效果。此外,自动化程度、能耗及维护便利性也不容忽视。合金选择同样重要,不同合金特性各异,应用场景不同。铝合金密度低、比强度高、耐腐蚀,常用于汽车、航空航天领域;镁合金更轻,比强度和比刚度出色,适用于3C产品;锌合金熔点低、流动性好、成本低,多用于简单结构件;铜合金导电性、导热性、耐磨性好,常用于电器元件与机械零件。需依据产品使用要求和成本预算综合抉择。

2.3 压铸工艺参数优化

优化压铸工艺参数是提升铸件质量和生产效率的关键。主要参数包括压射速度、压力、温度和时间。压射速度方面,低速可减少紊流和卷气,但可能填充不完整;高速能快速填充,却易产生紊流和氧化夹渣,所以要依零件形状、壁厚合理分段控制。压力控制上,充型压力保证金属液充满型腔,保压压力补偿凝固收缩,防止缩孔缩松,保压时间也要精准把握,避免脱模困难。

温度包括金属液浇注温度和模具温度,合适的浇注温度确保金属液流动性,模具温度则需通过冷却和加热系统调节,保障铸件均匀冷却,减少变形和残余应力,通过优化这些参数组合,提升压铸生产效益。

2.4 压铸合金

2.4.1 铝合金

铝合金是以铝为基,加入铜、硅、镁、锌等合金元素制成。它具有密度低,约为钢的三分之一,可有效减轻产品重量。同时,铝合金比强度高,能承受较大载荷;耐腐蚀性良好,在自然环境下能稳定使用。由于其良好的铸造性能,易于压铸成型复杂结构。在汽车行业,常用于制造发动机缸体、轮毂等;航空航天领域,用于制造飞机机身、机翼等部件,满足其对轻量化和高强度的要求。

2.4.2 镁合金

镁合金是以镁为基体,添加铝、锌、锰等元素。它密度极低,是实用金属中最轻的,比铝合金还轻约三分之一,比强度和比刚度出色。而且,镁合金具有良好的阻尼减震性能,能有效吸收震动。不过,其耐腐蚀性相对较弱。在3C产品领域,常用于制造手机、笔记本电脑外壳,实现产品轻薄化;汽车工业中,部分汽车零部件如仪表盘骨架也会选用镁合金,助力车辆轻量化,降低能耗。

2.4.3 锌合金

镁合金是以镁为基体,添加铝、锌、锰等元素。它密度极低,是实用金属中最轻的,比铝合金还轻约三分之一,比强度和比刚度出色。而且,镁合金具有良好的阻尼减震性能,能有效吸收震动。不过,其耐腐蚀性相对较弱。在3C产品领域,常用于制造手机、笔记本电脑外壳,实现产品轻薄化;汽车工业中,部分汽车零部件如仪表盘骨架也会选用镁合金,助力车辆轻量化,降低能耗。

2.4.4 铜合金

铜合金是以铜为基体,加入锌、锡、铅等元素。它具有优良的导电性和导热性,在电气和散热领域优势明显;耐磨性也十分突出,能承受长期摩擦。此外,铜合金还具有一定的耐腐蚀性。在电气工业,广泛用于制造电线、电缆、接插件等;机械制造中,常用于制造齿轮、轴套等耐磨零件;在卫浴行业,水龙头等产品多采用铜合金,利用其耐腐蚀性和美观性^[2]。

3 压铸模具设计要点

3.1 分型面选择

3.1.1 分型面的类型

分型面是模具中用于分离模具以便取出压铸件的表面,主要有平面分型面、曲面分型面和阶梯分型面。平面分型面最为常见,它简单易加工,便于模具的制造与维护,适用于形状较为规则、结构简单的压铸件。曲面分型面则用于压铸件具有复杂曲面轮廓的情况,能更好地贴合产品形状,保证铸件的完整性和精度。而阶梯分型面,当压铸件在不同方向上有不同高度或结构特征时采用,通过阶梯状的分型面设计,可使模具顺利开合,确保压铸件的顺利脱模。

3.1.2 分型面的选择原则

选择分型面时,首先要保证压铸件能顺利脱模,尽量使铸件留在动模一侧,便于顶出机构将其推出。其次,要有利于保证压铸件的尺寸精度,避免因分型面选择不当导致铸件产生飞边、变形等缺陷,影响尺寸精度。同时,分型面应便于模具加工制造,减少加工难度和成本,降低模具制造周期。另外,还需考虑排气效果,良好的分型面设计应利于气体排出,防止在铸件内部形成气孔等缺陷,从而保证压铸件质量。

3.2 成型零部件设计

3.2.1 型腔表面的热交变应力及对模具的影响

在压铸过程中,型腔表面反复经受高温金属液的冲刷和模具冷却介质的急冷,这种周期性的温度变化产生热交变应力。当金属液注入时,型腔表面迅速升温膨胀,而冷却时又急剧收缩,频繁的热胀冷缩使模具材料内部产生应力循环。长期作用下,模具型腔表面易出现热疲劳裂纹,随着压铸次数增加,裂纹逐渐扩展、加深,不仅影响压铸件的表面质量,造成表面粗糙、拉伤等缺陷,还会降低模具的使用寿命,严重时甚至导致模具报废,增加生产成本与生产周期。

3.2.2 型芯的设计

型芯是形成压铸件内部孔洞、凸起等结构的重要部件。设计型芯时,需充分考虑其强度与刚度,确保在高压金属液冲击下不发生变形、折断。其形状应根据压铸件内部结构精确设计,保证尺寸精度。同时,要考虑型芯的脱模方式,合理设计脱模斜度,便于铸件成型后顺利脱模,减少脱模阻力,避免对铸件造成损伤。此外,还需关注型芯的冷却问题,良好的冷却系统可保证型芯温度均匀,防止因温差过大产生热应力,影响型芯寿命与铸件质量。

3.3 浇注系统设计

3.3.1 内浇口的设计

内浇口是连接横浇道与型腔的关键部分,其设计至关重要。内浇口的尺寸和形状直接影响金属液进入型腔

的速度、流向和压力分布。尺寸过大,金属液充型速度过快,易产生紊流、卷气和冲蚀型腔;尺寸过小,则填充困难,易导致铸件缺料。设计时需依据压铸件的形状、壁厚、质量要求等因素,精确计算内浇口的截面积和长度。同时,合理选择内浇口的位置,使其能引导金属液均匀、平稳地填充型腔,避免出现局部过热或过冷,确保铸件质量。

3.3.2 横浇道设计

横浇道是浇注系统中连接直浇道和内浇口的通道,主要作用是分配金属液并阻挡熔渣、杂质进入型腔。设计横浇道时,其截面形状和尺寸要合理,常见的有梯形、半圆形等。截面尺寸需保证金属液在流动过程中具有合适的流速和压力,既能快速填充型腔,又不会因流速过快产生紊流。长度应根据模具结构和压铸件布局确定,避免过长导致金属液热量损失过多。此外,在横浇道的末端应设置集渣包,有效收集熔渣和气体,提高铸件的纯净度。

3.3.3 直浇道设计

直浇道是金属液从压铸机压室进入模具的起始通道,它承受着来自压铸机的压力。直浇道的直径和长度对金属液的流动阻力和压力传递有显著影响。直径过小,会增加流动阻力,降低金属液的充型能力;直径过大,则可能导致金属液在直浇道内的流速过低,易产生紊流和氧化。长度设计要适中,过短可能使金属液直接冲击横浇道和内浇口,过长则会造成压力损失和热量散失过多。同时,直浇道的表面粗糙度要控制好,以减少金属液流动时的摩擦阻力,保证金属液顺畅进入模具。

3.4 排溢系统设计

3.4.1 溢流槽的设计

溢流槽在压铸模具中起着至关重要的作用,它主要用于收集压铸过程中先进入型腔的冷污金属液、气体以及夹杂的杂质。合理设计溢流槽能有效提升铸件的质量。在设计溢流槽时,首先要确定其位置。通常会设置在金属液最先冲击的部位、型腔温度较低的区域以及铸件壁厚较厚易产生缩孔的地方。其尺寸大小需根据压铸件的大小、形状以及金属液的填充量来确定,容积过小无法充分收集冷污金属液和气体,过大则会浪费材料和增加模具加工成本。形状方面,常见的有圆形、方形等,要保证其与型腔之间的连接顺畅,便于金属液流入。

3.4.2 排气槽的设计

排气槽是压铸模具中排出型腔内气体的重要通道。

压铸过程中,若型腔内气体不能及时排出,会在铸件内部形成气孔、疏松等缺陷,严重影响铸件质量。排气槽的设计要点在于确定其开设位置和尺寸。位置一般选在金属液最后填充的部位、分型面以及型芯与模具的配合间隙处等气体容易聚集的地方。排气槽的深度和宽度要严格控制,深度过深可能导致金属液进入排气槽,影响铸件质量,过浅则排气不畅;宽度过宽会增加模具加工难度,过窄则无法满足排气需求。通常,排气槽的深度在0.05-0.2mm之间,宽度根据实际情况而定

3.5 温度控制系统设计

压铸过程中,温度对压铸件质量和模具寿命影响显著,因此温度控制系统设计至关重要。模具温度过高,会使铸件冷却缓慢,产生缩孔、变形等缺陷,同时加速模具材料的热疲劳,缩短模具寿命;温度过低,则金属液流动性变差,易出现填充不足、冷隔等问题。温度控制系统通常采用冷却和加热两种方式。冷却一般通过在模具内部开设冷却水道,利用循环水或其他冷却介质带走热量。冷却水道的布局需根据模具结构和铸件壁厚合理设计,保证冷却均匀。加热则可借助电加热元件,如加热棒,在模具初始预热或生产过程中温度过低时提升模具温度。精确控制冷却介质流量、温度以及加热元件的功率和工作时间是温控系统的关键。通过安装温度传感器实时监测模具温度,并反馈给控制系统,自动调节冷却和加热装置的运行,实现模具温度的精准控制,确保压铸过程稳定进行,提高压铸件质量和生产效率^[3]。

结束语

综上所述,压铸工艺与压铸模具设计紧密相连,压铸工艺原理、合金选择、参数优化等环节,直接影响压铸件质量;而模具设计中的分型面、成型零部件、浇注与排溢系统以及温度控制等要点,是确保压铸生产顺利进行的关键。通过对这些要点的深入探究,能为压铸生产提供理论依据与实践指导,助力企业提高生产效率、降低成本、提升产品质量,在激烈的市场竞争中占据优势,推动压铸行业朝着更高效、更精密的方向发展。

参考文献

- [1]孔亚.综述压铸工艺及压铸模具设计要点[J].南方农机,2022,49(19):172-186
- [2]刘红娟,柯春松.SUV汽车变速箱壳体压铸工艺优化设计[J].铸造,2023,65(06):520-523.
- [3]朱灿.铸铝电机转子压铸模具设计与工艺参数优化[J].南京理工大学,2023.156-165.