DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.06.020

# 压铸模具型芯失效研究

王卓明
(广东文灿压铸股份有限公司,广东 佛山 528241)

**摘　要**:以某公司压铸模具为实例,对型芯变形失效进行分析,提出降低型芯失效的应对措施。结果表明,型芯失效的主要形式有型芯折断、型芯弯曲变形、尺寸超差和粘模等。型芯的弯曲变形失效主要是由于受到金属液循环冲击,微小变形积累所造成。型芯失效主要是弯曲变形失效而很少发生热疲劳裂纹失效。

**关键词**:压铸模具;型芯失效;原因及措施

**中图分类号**:TG241　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2019)06-0593-04

# Study on Core Failure of Die-casting Mould

WANG Zhuoming
(Guangdong Wencan Die-casting Co., Ltd., Foshan 528241, China)

**Abstract**: Taking a die casting mould of a company as an example, the deformation failure of the mould core was analyzed, and the countermeasures to reduce the failure of the mould core were put forward. The results show that the main types of core failure are core fracture, core bending deformation, size deviation and adhesion. Among them, the failure of core bending deformation is mainly caused by the impact of metal motel circulation and the accumulation of small deformation. The failure of core is mainly the failure of bending deformation and the failure of thermal fatigue crack rarely occurs.

**Key words**: die-casting mould; core failure; reasons and measures

压铸模具在使用过程中,其型芯作为型腔的组成部分,受到高温金属液的冲击和冲刷作用、喷吹脱模剂和空气时的冷却作用、开模或者铸件顶出时压铸金属的包紧力作用等。压铸生产过程中因为模具原因造成的停机,特别是型芯失效而造成的停机占了相当大的部分。特别是较长较细的型芯,在压铸生产过程中更容易产生弯曲变形。对于铝合金压铸生产中的细长型芯,有的仅生产2 000模次就变形,致使其生产的铸件达不到质量管理要求。同时由于该类缺陷不像其他缺陷那样容易在压铸现场被发现,有的只能是在机加工孔时的某一部位加工不到时才发现,极易造成铸件的批量报废。对于有些不加工的孔,如汽车滤清器的过油孔,如果模具型芯发生弯曲,孔的某一部位铸件壁厚必将变薄,严重时机器在装配好后会出现耐压性能不良,在长时间工作时发生窜油、漏油的现象,造成被索赔、退货等很大的损失。因此,分析型芯失效原因,采取相应的应对措施,对于减少停机时间,杜绝压铸件批量报废,提高压铸生产效率具有重要意义。

**收稿日期**:2018-10-22

**作者简介**:王卓明(1964-),广东韶关人,学士.主要从事压铸模具方面的工作.电话:18520959486,
E-mail:martina.ma@wencan.com

## 1　型芯失效的分类

根据多年的压铸实践和观察分析,型芯失效的主要形式有型芯折断、型芯弯曲变形、尺寸超差和粘模等。

## 2　型芯失效分析

### 2.1　型芯的折断

压铸模具的型芯,有的为了使铸件形成一个穿透的孔,同时为了减少铸件毛刺的清理工作量,在合模时,型芯顶端距模具型腔表面的距离一般很小。压射时,由于压射力的作用,很容易使型芯项端与型腔表面紧密接触,并且在型芯中产生压缩应力。再加上在充型时高速流动的金属液冲击型芯,对型芯产生冲击力,如果此时型芯的韧性差,就容易折断。

压射时,细长的型芯很容易被挤断。细长的型芯,为了保持其所形成的孔不偏位,往往要求其具有较高的硬度值。型芯高的硬度,其韧性必然差,当遇到外物或者修模时的敲打,极容易受到伤害,会在随后的循环压铸生产过程中折断。

### 2.2　型芯的弯曲变形

型芯的弯曲变形失效是较长型芯普遍的一种失效形式。由于大部分的型芯都是单端定位的形式,在金属液的冲击下,不可避免地产生弯曲。其具体的分

析在型芯失效的实例分析中进行。

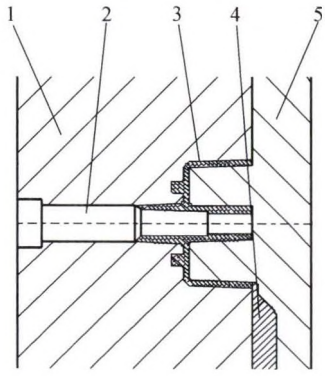
### 2.3 型芯与铝合金的粘合

粘模在压铸模具失效分析中是一个不可回避的问题。由于铝和铁在高温下的亲和性,合金液在高温下与铁基材料接触,形成一对扩散偶,互相向对方扩散。扩散的结果是在模具材料上形成一扩散层或者称为过渡层,该扩散层上极容易粘附铝,从而发生粘模。这样,铸件在脱模或者被推出的时候,拉伤铸件表面,从而使铸件报废。

## 3 实例研究

以某客户一铸件为例,对型芯变形失效进行研究分析。

该铸件在 250 t 压铸机上生产,一模两腔,单件重 190 g。图 1 为该铸件的形状和型芯装配图。主要生产工艺参数包括:熔杯直径 50 mm,压射高速 1.5 m/s,高速区间 75 mm,压射低速 0.2 m/s,浇注温度 630 ℃,浇注重 0.55 kg,充型压力 40 MPa。模具镶块和型芯的材料为 H13,淬火后表面氮化处理,硬度为 46~48 HRC。当模具生产到约 10 000 模次时,型芯发生变形,使得铸件出模时,铸件被型芯严重拉伤,甚至产生裂纹。图 2 为变形后的型芯照片。可以看出,变形后铸件形状的中心线如图中往上翘的线所示(为便于区别,此处的变形有所夸大)。此时,不得不停机待检待修,然后车制新的型芯处理后再装模。




1- 定模镶块;2- 型芯;3- 铸件;4- 浇注系统;5- 动模镶块

图 1 型芯在模具中的位置示意图
Fig.1 The location of core in moulding

### 3.1 型芯的弯曲变形

对于一些型芯,由于铸件结构上的特点,必须做成悬臂型芯。假设铸件充型时铝液最初从某处与型芯接触。充型时可以假设为铝液以某一速度冲击型芯,充型时间在 $t$ 秒内完成。根据流体力学原理,可以计算出该处所受到的冲击力 $F$。于是,每次充型时在冲击力的作用下,将产生一个微小的变形。该

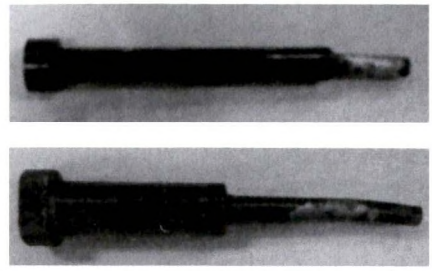


图 2 变形型芯的照片
Fig.2 Photoes of distorted core

变形很小,将随着铝液冲击的结束和冷却时间的延长而逐渐消失。但是,在高温不断循环生产的条件下,并不是所有的变形都能在一个压射循环里消失,这样就会产生变形积累,积累到一定的程度,就使得用该模具生产出来的铸件变成废品。

为了便于分析本弯曲问题,进行了如下简化,简化后的计算模型如图 3 所示。

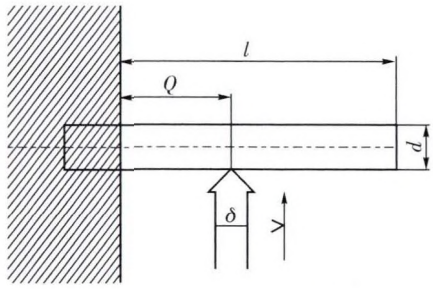



图 3 型芯变形量的计算模型
Fig.3 Calculating model of core distortion

(1)铝液通过浇道、型腔后,以速度 $v$ 垂直入射到型芯表面,并且在表面上形成驻点。

(2)铝液正好以内浇口的高度 $\delta$,型芯的直径为宽度 $d$ 射在型芯上。

(3) 铝液中与流动方向垂直的截面上各处的压力、流速均相等。

(4)忽略充型过程中的铝液高度差 $\Delta H$ 的影响。

根据流体力学中的伯努利方程[1]:

$$\frac{V^2}{2}+\frac{P_1}{\rho}=\frac{P_2}{\rho} \tag{1}$$

在冲击点处铝液对型芯造成的压强为 $P_2$:

$$P_2=\frac{\rho V^2}{2}+P_1 \tag{2}$$

式中,$\rho$ 为铝液的比重,对于 ADCl2,在浇注温度 630 ℃时为 2 600 kg/m$^3$。

对于铝液以 30 m/s 冲击型芯,充型压力为 50 MPa,$\delta$ 为 0.002 m,型芯直径 $d$ 为 0.02 m 时,型芯所受到的铝液的冲击力为 $F$:

$$F=\delta d\left(\frac{\rho V^2}{2}+P_1\right)=2\ 093.6\ \text{N} \tag{3}$$

考虑到实际充型时,铝液可能以扇状喷射,冲击

型芯时也可能里某一角度,故计算冲击力时须乘以一个小于 1 的系数 $C$,如果 $C$ 取 0.3. 则型芯受到的冲击力有约 600 N。

在充型力的作用 $F$,型芯会发生弯曲变形。对于如图 3 所示的悬臂型芯,冲击处离型面距离为 $a$,型芯长度为 $l$,根据材料力学,冲击处型芯偏离未冲击时的距离为 $y_a$[3]:

$$y_a=\frac{F}{3EI}a^3 \tag{4}$$

在型芯的端部 $l$ 处的型芯偏离未冲击时的距离为 $y_l$[3]:

$$y_l=\frac{Fl}{3EI}a^3 \tag{5}$$

式(4)和(5)中:$E$ 为弹性模量。对于 H13 钢,其值为 210 GPa。

$I$ 为惯性矩, 对于形状为直径为 $d$ 的圆形的截面来说[3]:

$$I=\frac{\pi}{64}d^4 \tag{6}$$

对于此型芯,设 $a$=10 mm,$l$=50 mm 代入有关数据,可以计算出型芯的悬空端部在铝液充型力的瞬时作用下,型芯的偏离距离为 $3.4\times10^{-3}$ mm。在常温外应力的作用下,晶体中的位错增殖与运动产生塑性变形。位错在运动过程中又会受到各种阻力而停止运动。在高温时,由于热激活,促进了原子扩散,这时在低温下受阻而停止运动的位错可以继续运动,产生蠕变变形。再加上合模力的反复作用,使型芯产生疲劳,致使后来使铸件因型芯弯曲变形而成为废品。

### 3.2 型芯的硬度变化

由于型芯沿长度方向上所受的热负荷不同,而且,充型时各处的冲刷效果也不一样。因此,型芯长度方向上受力的情况不同。在这种冲刷力和热作用的反复影响下, 型芯的硬度将会有不同程度的下降。对于该报废的模具型芯先截成 5 段,处理后用光学硬度计测量,对于型芯的硬度,与其长度方向上的情况有如表 1 和图 4 所示。可以看出,型芯在位置 5 处由于所受到的冲刷力最大, 热作用最严酷,在反复热作用和冲击力的作用下,使模具钢失去了部分硬度,其硬度值最低。同时,即使在受热循环不严厉的区域,如非型腔形成部分,由于也经常

**表 1 各测量位置与型芯的测量洛氏硬度值 (HRC)**
**Tab.1 HRC results of cores**

| 位置号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 距大端 /mm | 12 | 16 | 32 | 55 | 60 | 80 | 84 | 101 |
| 硬度值(HRC) | 12 | 11.8 | 11.7 | 17.7 | 11.3 | 31 | 29.5 | 44 |

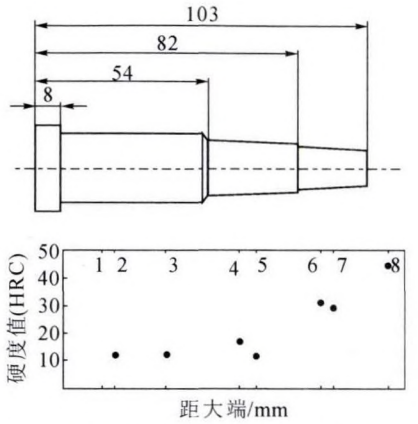



图 4 型芯硬度随长度方向上的变化情况
Fig.4 Hardness of core and its relationship with length

处于较高温度的环境中,其硬度也会有较大的下降。

型芯硬度的降低, 与型芯工作温度有很大的关系。温度越高,其降低的程度越大。同时,如果对其加以冷却水冷却,冷却强度越小时,其硬度下降的程度也越大。

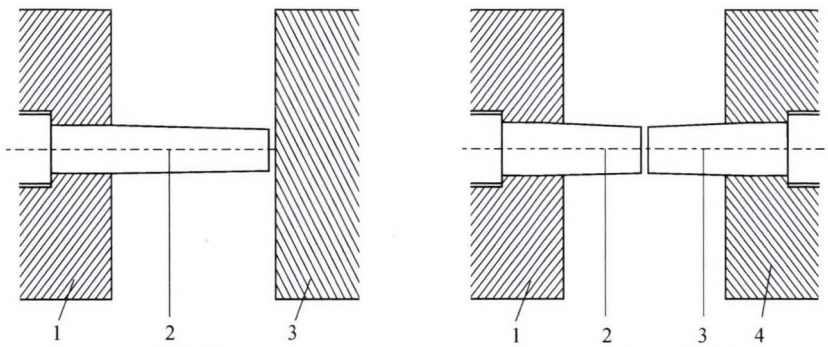
## 4 降低型芯失效的应对措施

由型芯的失效在压铸企业中所造成的损失,主要是由于发现不及时而造成的压铸件成批报废。型芯折断是最容易发现的,其造成的损失比较小,并且还可以通过随后的更换型芯来加以解决。对于一些由型芯形成的孔,特别是一些渗漏性要求较高的孔,由于型芯的弯曲变形, 会造成孔的部位铸件的壁厚一边薄一边厚。对于需要加工的孔,严重时将导致壁薄的一边加工不到, 往往造成加工半成品的成批报废。所以,必须对它加以重视和采取必要的措施:①在材质上要保证型芯足够地硬; ②在生产过程中对于该类型的孔采用检具逐一地检查, 连续生产 5 件超差后就应该更换型芯;③对型芯进行表面热处理;④为了使型芯不易变形,可以将原单方向铸造(图 5a 所示)改为对铸,其改进如图 5b 所示[2];⑤在设计浇注系统时, 要注意尽量不要使金属液直接冲击型芯;⑥为延长型芯的使用寿命,必须设置型芯的止转装置。

为了减少型芯变形给企业带来的损失, 必须从以下几个方面着手: ①模具设计时尽量避免在充型时压铸金属液直接冲击型芯;②对于可能对铸的孔,尽可能对铸;③提高型芯的变形抗力,提高型芯的淬火回火硬度;④加强检查。

## 5 结论

型芯失效的主要形式有型芯折断、型芯弯曲变形、尺寸超差和粘模等。其中,型芯的弯曲变形失效




(a)原设计　　(b)改进后的设计

1、3- 镶块；2- 型芯　　1、4- 镶块；2、3- 型芯

图 5 模具改进前后示意图

Fig.5 Schematic diagram of moulding before and after modification

主要是由于受到金属液循环冲击，微小变形积累所造成。由于受到的热作用和最大冲击力，冲击处型芯的硬度降低幅度最大。型芯长时间地与铝液接触，其表面会形成过渡层。过渡层的存在，不仅使表面的硬度下降，而且还会增加铝与模具钢粘合的可能性。细长型芯的圆形横截面在生产过程中会发生变形，其圆形外圈会有凸凹。型芯失效主要是弯曲变形失效而很少发生热疲劳裂纹失效。

**参考文献：**

[1] 张鸣远. 流体力学 [M]. 北京：高等教育出版社，2010.

[2] 姜银方，顾卫星. 压铸模具工程师手册 [M]. 北京：机械工业出版社，2009.

[3] 戴少度. 材料力学[M]. 北京：国防工业出版社，2000.

RX 榕霞®

福建省榕霞石英砂有限责任公司
漳浦县榕霞矿业开发有限公司

公司简介
Company

我公司创办于1976年，是国内较早从事石英砂系列产品生产、销售一体化经营的综合性企业。公司拥有丰富的优质石英砂矿产资源，矿区面积1000多亩，年开采量可达40万吨。公司生产的石英砂产品具有SiO2含量高，含泥量低、角形系数小等特点，是高品位的天然石英砂。

"榕霞"天然石英砂系列产品现广泛应用于国内铸造行业、机械制造行业、全国各水处理行业及玻璃制造、钢铁冶金行业等，质量达到国际先进水平。公司已通过ISO9001、ISO14001管理体系认证，先进的生产工艺及完善的品质保障体系确保了产品质量的长期稳定，专业的销售团队为客户提供优质完善的售后服务。

产品主要理化性能

| | |
|---|---|
| Sio2 > 98% | 角形系数 < 1.3 |
| 灼烧减量 < 0.5% | 含泥量 < 0.3% |
| 含水量(干砂) < 0.2% | 耐温 > 1700℃ |

地址:福建省晋江市金井　电话:0595-85332410 85332410　传真:0595-85331410　www.rxsgy.com　E-mail:rxsgy@163.com