

# 精密铜蜗轮的铸造

王秉安

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

**摘要** 本文叙述了 Al-Fe-Mn 铜合金材料的特点和防止合金氧化吸气而采用的先进熔炼工艺; 介绍了一种在砂型铸造中, 可获得优质铸件的浇注系统, 同时比较了不同浇注系统对铸件质量的影响。

## 1 前言

精密蜗轮是大型经纬仪中的一个重要零件. 它的作用是调节俯仰机构, 进行精密传动, 要求它具有很高强度和耐磨性. 采用铝青铜铸造蜗轮, 由于铝青铜氧化夹渣多, 收缩大, 铸件上极易产生渣孔和缩孔, 过去在铸造中成品率仅 30%, 浪费很大, 也延误了生产周期. 本文将对比零件(图 1)的铸造工艺进行总结。

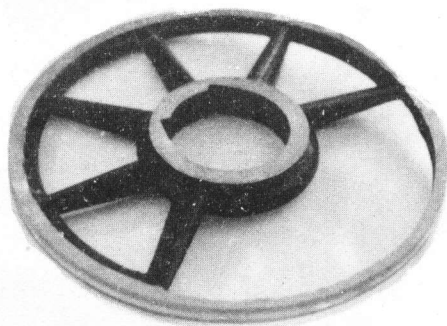


图 1

## 2 合金材料

铸造铝青铜 ZQAl10-3-1.5, 它的化学成分和性能如表 1 和表 2:

表 1

合金牌号	主要化学成份%				杂质含量(不大于)%							
	Al	Fe	Mn	Cu	Sb	Si	P	As	Sn	Zn	Pb	总和
ZQAl10-3-1.5	9.0-11.0	2.0-4.0	1.0-2.0	其余	0.002	0.1	0.01	0.01	0.1	0.5	0.3	0.75

表 2

合金牌号	铸造方法	机械性能(不低于)		
		$\delta_b$ MPa	$\delta$ %	HB
AQAl10-3-1.5	S(砂型)	441	10	10
	J(金属型)	490	20	120

合金的相图如图 2、图 3

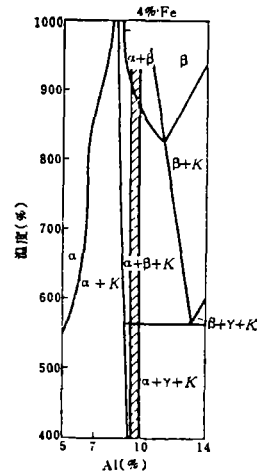
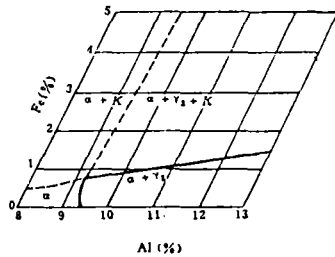


图 2 Cu—Al—Fe 三元相图室温等温截面的铜角 图 3 含 Fe 4% 的 Cu—Al—Fe 三元相图的纵截面

由相图可知,合金的金相组织为: $\alpha + \beta +$ 共析体 +  $K$

$\alpha$ : 铝锰铁在铜中的固溶体

$\beta$ : 以铜、铝为基的固溶体

共析体:  $\alpha + \gamma_2$  ( $\text{Cu}_3\text{2Al}_9$ ) 由 ( $\beta$  转变的共析体)

$K$ :  $\text{CuAlFe}$  化合物

AQAl10-3-1.5 合金强度高,耐磨性好而且有优良的化学稳定性,在酸、碱液中的抗腐蚀性比锡青铜要强,特别突出的是抗腐蚀疲劳强度高,在海水等液流反复冲击下不易腐蚀开裂。

合金的含铝量很高,熔炼和浇注过程中极易氧化成渣,并难清除,常常留在铸件中造成夹杂缺陷。它的体收缩率和线收缩率都很大,容易产生集中性缩孔。且在熔炼过程中易吸收气体(主要是氢)使铸件产生气孔。

### 3 合金的熔炼

为了消除铸件中的氧化夹渣及气孔,要严格控制熔炼温度及尽量缩短熔炼时间,如果温度过高,时间过长,容易造成合金吸气及氧化,氧化夹渣增多。

铜合金的氧化物  $\text{Cu}_2\text{O}$  能溶解在铜液中,氧化亚铜在铜液表面生成后,能不断溶解于铜液中,当进入铸件后随着温度的下降, $\text{Cu}_2\text{O}$  和  $\alpha$  相在  $1066^\circ\text{C}$  形成  $\alpha+\text{Cu}_2\text{O}$  共晶体,它分布在  $\alpha$  晶粒的边界处,从而使合金变脆,恶化了合金的性能。铝青铜加入 10% 的铝,虽然可以脱氧,把氧化亚铜还原,但却造成铝的氧化,形成了很多  $\text{Al}_2\text{O}_3$  夹渣,从而污染了合金,这也是不希望的。

为了减少铜的氧化,采用木炭作复盖剂,木炭复盖在合金液表面,能立即燃烧生成还原性气体  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}$  产生在木炭与铜合金液表面之间,形成气体保护膜,从而阻止合金的进一步氧化,木炭还能使  $\text{Cu}_2\text{O}$  还原,即扩散脱氧,起到了辅助脱氧作用;具有一定厚度的木炭层也能阻止气体的溶解,赤热的木炭层还是优良的保温剂,加速了铜合金的熔炼。

采用一次熔炼,先在坩埚底放上小块铁皮或低碳钢屑,上边放上木炭,再装入紫铜板,送风熔化。其他电解铜放在炉上予热,待部分铜熔化之后,陆续加入,直至加完余下的铜,熔炼过程中木炭应该保持(40—50)mm 厚,严禁熔炼时铜液表面暴露。铜熔清后加入 0.2%P—Cu 脱氧,之后加入 0.8% 锰片,其余锰采用铝锰中间合金形式加入。当温度升到  $1150^\circ\text{C}$  钢屑还有一点的时候加入铝,利用铝的放热反应,使铜液温度升高,促使铁熔化。当温度达到  $1220^\circ\text{C}$  时,从中间勺取合金,检查弯曲试样,当试样合格后,搅拌扒渣出炉。

### 4 造型工艺及浇注

ZQAl10—3—1.5 合金含铝很高,熔炼过程中极易氧化,在浇注系统流动过程中容易二次氧化,因此浇注系统应符合下列要求:①撇渣能力强;②尽量减少二次氧化;③在型腔中流动平稳,使混入型腔中的氧化膜上升至冒口中排除。

根据铸件形状,考虑上述要求在采用手工干砂型铸造的情况下,确定了如下的浇注系统,如图 4。

浇注系统分析:

#### 1. 设置过滤网:

过滤网主要是为了滤渣,使进入型腔的氧化夹渣彻底排除。滤网放在上、下横浇道之间,也就是分型面中间,铜合金液流由直浇道下来进入下横浇道,经滤网返上来,这样氧化夹渣被隔在下面,这种形式滤渣效果很好。

#### 2. 采用底注开放式浇注系统

在片状内浇口上再用三个圆柱形内浇口与铸件相连,便铜使合金平稳进入型腔,不产生飞溅和冲击涡流。

浇注系统各断面的比例为:

$$F_{直}: F_{横下}: F_{滤网}: F_{横上}: F_{内下}: F_{内上} = 1: 2: 2: 3: 3: 4$$

通过 X 光检查结果证明这种比例铸造缺陷少,效果最好。

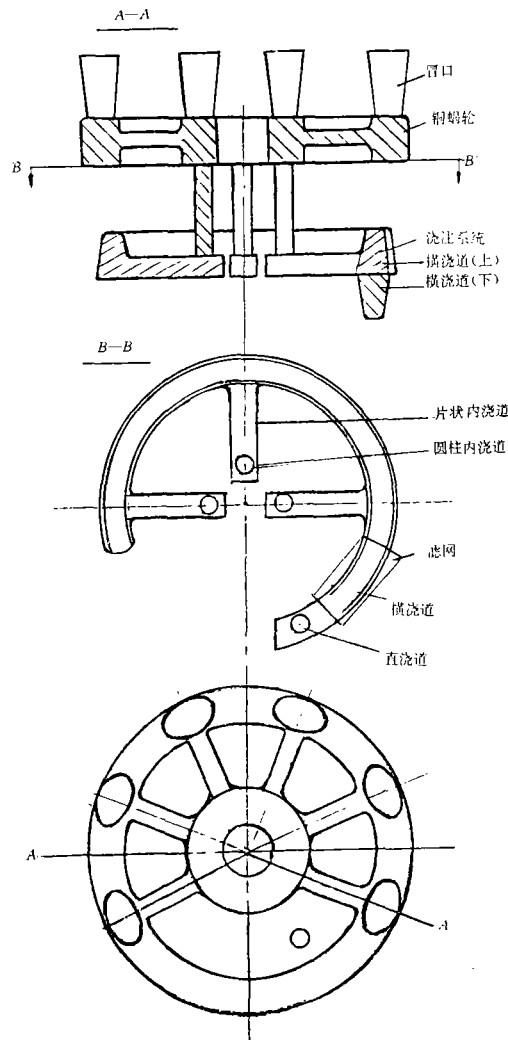


图4 蜗轮浇注系统

### 3. 采用敞开式顶冒口

敞开式冒口既能减少铜合金液上浮的阻力,又可以增加大气压对冒口的作用,增加冒口的补缩效果,同时也便于浇注后期向冒口点补热金属液。

轮缘设置六个冒口每个热节处放一个,热节直径为  $d$ ,冒口设计参照经验公式确定。铝青铜冒口一般根部直径  $D_{小}=1.5d$ ,高度  $H=2D_{小}$ ,上部直径  $D_{大}=D_{小}+0.2H$ 。由于采用底注式浇注系统冒口在最上部,合金液最后到达,温度低补缩能力弱,所以应适当加大冒口尺寸。

### 4. 合金的浇注

采用快速铂铑热电偶头及数字显示温度表进行测温,出炉温度选为  $(1200-1220)^{\circ}\text{C}$ ,一般使用柴油化铜炉,出炉时合金翻转倒入烤成暗红色的石墨坩埚中,大约降温  $(50-60)^{\circ}\text{C}$ ,稍加搅拌后扒渣,尽快进行浇注,浇注温度为  $(1150-1160)^{\circ}\text{C}$ 。

浇注应该平稳,不能断流,当合金液充满冒口高度的  $2/3$  时 停止浇注,稍停一会,开始逐个点补冒口,提高冒口温度,提高补缩效果。

### 5. 铸造效果

采用上述工艺一次铸造三件,经 X 光检查及机械中工后,没有发现氧化夹渣等铸造缺陷。

## 5 讨论及结语

对此铸件曾采用过三种浇注系统,第一种形式浇注系统如图 5。

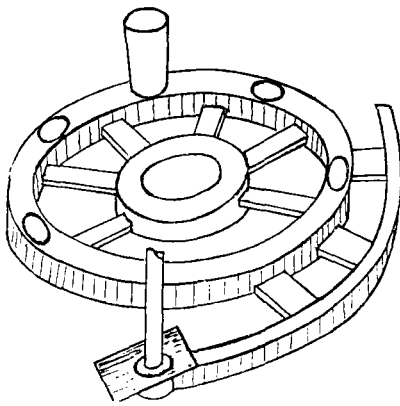


图 5

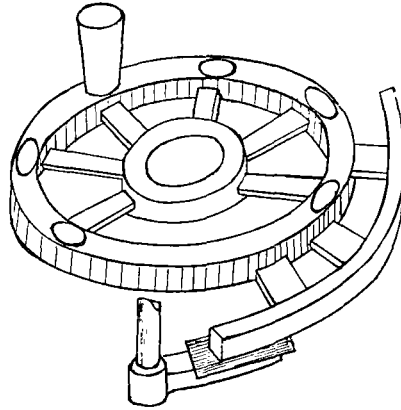


图 6

这是普通开放式浇注系统。在轮缘上有 5 个冒口,每个冒口位于二个轮幅中间。冒口尺寸为:高 120mm,椭圆形冒口上部(60×80)mm,根部(30×50)mm 滤网放在直浇口下面,这种浇注系统撇渣性能不好,零件粗车时就发现渣孔,同时在 X 光底片上发现轮缘和轮幅连接处有长条形缩孔,特别是在精加工滚齿时就显露出来,这说明冒口补缩能力不够。因此改用了第二种形式浇注系统,如图 6。

这种浇注系统仍为底注开放式浇注系统,滤网放在上、下横浇道之间,金属由下边横浇道平稳的返上来,撇渣效果好。冒口改在轮缘和轮幅连接处,即热节处,有利于补缩。这样改进后不再出现缩孔,但有时铸件上还有细碎的渣,如果是在精密的齿面上,也使铸件报废,所以还不理想。经过改进,采用了第三种形式的浇注系统,如图 4,也就是前面提到的现在生产上采用的浇注系统,但是内浇口从哪里引入好?从轮缘引入,在齿面上偶而出现一块渣孔,影响质量,改为从轮毂引入,其优点为:①轮毂为不太重要的部位,即使有点缺陷也不要紧;②轮毂上方有二个冒口,有些小渣可以浮入冒口;③合金液经过轮辐流进轮缘,对轮缘而言起到了薄片浇口的作用,有些小块渣,往往留在轮辐中,不能进入轮缘里。

## 6 结 语

1. 采用快速熔炼及相应工艺措施有效的防止了合金的氧化和吸气;
2. 在砂型铸造中,采用第三种形式浇注系统效果最好,它能够保证获得优质铸件。

### 参 考 文 献

- [1]铸造有色金属及其熔炼联合编写组编,铸造有色金属及其熔炼,国防工业出版社 1980
- [2]黄天喜,铜合金大型螺母的铸造,特种铸造及有色金属 1983, No2
- [3]砂型铸造工艺及工袋设计联合编写组,砂型铸造工艺及工袋设计,北京出版社 1980
- [4]孙凤桐,铝铁锰青铜真空叶轮金属型铸造,“铸工” 1979, No5

## Casting of Precision Copper Wormwheels

Wang Bingan

*(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)*

### Abstract

This paper describes features of Al—Fe—Mn copper alloy an advanced melting technique as to protect from oxygenating of the alloy and taking in gases, a gating system for high quality casting in sand casting, and a comparison of effects of different gating systems on the cast quality.