

25-28

# 柱塞液压泵转子的铜钢复合铸造

南京晨光机器厂 潘锦华

TG 249.9

**【摘要】**介绍了钢坯经表面处理后再浸入熔融的铜合金中，凝固后获得铜钢复合铸件的工艺方法。试生产表明，铜钢结合牢度可靠，其原因是由于铜、钢结合面上形成了一层扩散过渡层。

**关键词：**铜钢复合铸造、柱塞液压泵转子 扩散过渡层

铜钢复合铸造是将熔融的液态铜复合在钢基(固体)表面上，使之冷却结晶凝固成为一个整体的铸造方法，所得到的铸件称为复合铸件。铜钢复合铸件应用于既具有铜又有钢综合性能要求的零件上。例如，柱塞液压泵是靠成组的柱塞在转子体上均匀分布的柱塞孔里作往复运动而输出高压液流，使油缸转子高速旋转。因此，油泵工作时，转子的柱塞与柱塞孔之间、端面与分油盖之间都产生相对的滑动摩擦，故对转子端面和柱塞孔要求其具有良好的耐磨性，而转子中心花键部分由于受转动力矩的作用，要求其具有较高的强度和硬度，因此它必须是一个既具有铜又具有钢综合性能要求的典型的铜钢复合铸件。要求柱塞孔和端部分别有1.8mm和1.5mm厚的铜层(其材质为ZCuSn10Pb2Ni3锡青铜)，零件的其余部分为40CrMoA低合金结构钢，转子成品见图1。



## 1. 组件制造

在浸铸以前，首先要制作钢坯及其铸造附件(简称组件)，如图2所示。

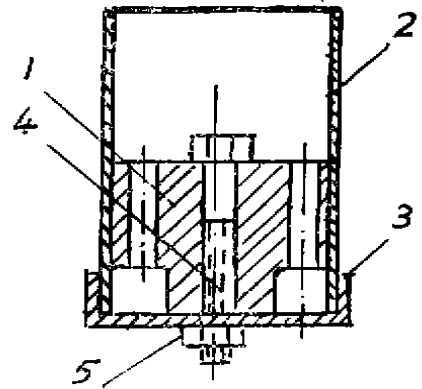


图2 组件装配图

1. 钢坯 2. 外筒 3. 底盖 4. 螺栓 5. 螺母

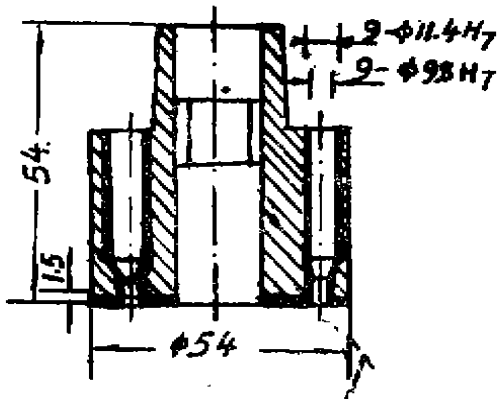


图1 油泵转子简图

## 一、铸造工艺

复合铸造的工艺流程如下  
《铸造》1992.4

为了使钢坯1在铸造时和铜很好地熔合在一起，达到使用时不发生脱壳，故要求钢坯与铜合金的结合面必须经过精加工，粗糙度小于Ra12.5μm；外筒2、底盖3、螺栓4和螺母5均用普通碳素钢制成，这些附件是为了使钢坯在浸铸时不致上浮、并在钢坯上部形成冒口腔。

## 2. 组件处理

为防止在铜钢结合面上产生气孔和粘不牢的缺陷，在浸铸前钢坯必须经过化学处理，以除净钢坯表面的油渍和铁锈，处理步骤如下：

- (1) 将钢坯组件拆散成单件；
- (2) 在70~100℃、浓度15%的苛性钠水溶液中清洗5分钟；

(3) 再放入浓盐酸中浸蚀 2~3 分钟，取出用冷水冲洗；

(4) 用 80~100℃、浓度 10% 的碳酸钠水溶液中和；

(5) 在清水中清洗；

(6) 浸入 80~100℃ 的硼酸饱和水溶液中煮 2~3 分钟；

(7) 将各零件装配成图 2 所示的组件；

(8) 组件在 100~120℃ 烘箱内保存待用，保存时间不超过 6 小时。

### 3. 浸铸

(1) 在坩埚炉内，将硼砂加热至 1100~1140℃ 并使其完全熔化；

(2) 将装配好待用的组件浸入熔融的硼砂溶液中保持 1.5~2 分钟；

(3) 将组件从硼砂溶液中取出，浸入 1120~1150℃ 的铜合金液中保持 2 分钟；

(4) 将铸件从铜合金液中取出，立即冷却，先一半入油，半分钟后全部浸入油中。

### 4. 热处理

为便于机械加工，浸铸后的转子要进行回火处理，使铜合金硬度为  $HB \geq 75$ ，钢的硬度达  $HRC 32 \sim 36$ ，其回火规范见图 3。

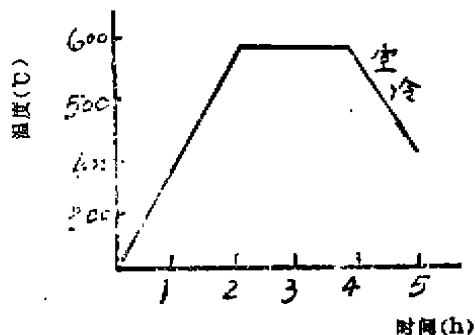


图 3 铜钢复合铸坯的热处理规范

### 5. 铜钢复合铸坯的机加工

经过回火处理后的铸坯先进行粗加工，车削去浇注附件及冒口，然后精加工至成品。

## 二、试验结果及讨论

### 1. 铜钢结合面牢度试验

#### (1) 压扁试验

从复合铸坯上横向切下一片厚 15mm 的试料，将其加工成外圆  $\phi 61.8\text{mm}$ 、内圆  $\phi 58.2\text{mm}$  的环，保持钢层和铜层各厚 0.9mm，然后按图 4 所示的情况在试验机上压扁至高度为 30~40mm，其结果是，压扁后铜层虽已被拉裂，拉裂处附近虽出现局部分层，但复合铸坯并未出现脱壳现象，如图 5 所示。

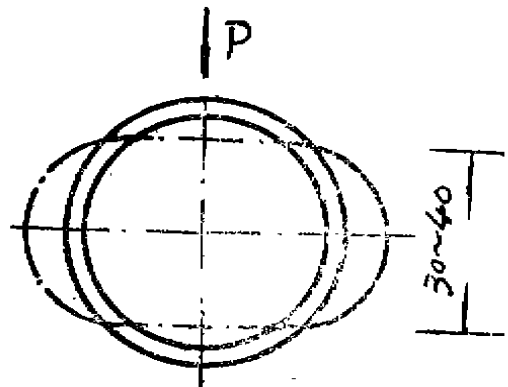


图 4 压扁试验图

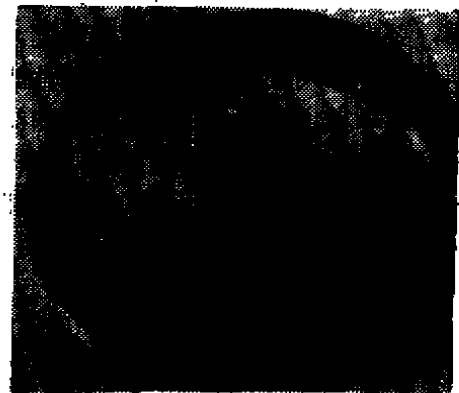


图 5 试料经压扁后状态

#### (2) 剪切负荷试验

抗剪切试验的试料在铸坯横向切取，试验状态如图 6，铸件试样柱塞孔径为  $\phi 11.4\text{mm}$ ，压头直径为  $\phi 9\text{mm}$ ，负荷力  $P$  为  $10^4\text{kg}$ ，试样加压后，柱塞孔中的铜料从孔中被挤出，但铜钢结合面上未发现脱开和裂纹。

上述试验表明，铜钢结合面具有相当坚固的牢度。

#### 2. 铜钢结合区的显微硬度

在铜钢结合区进行了 25 克负荷显微硬度测

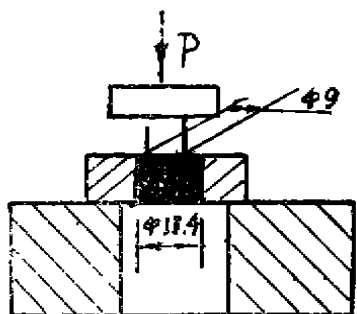


图6 抗剪切试验图

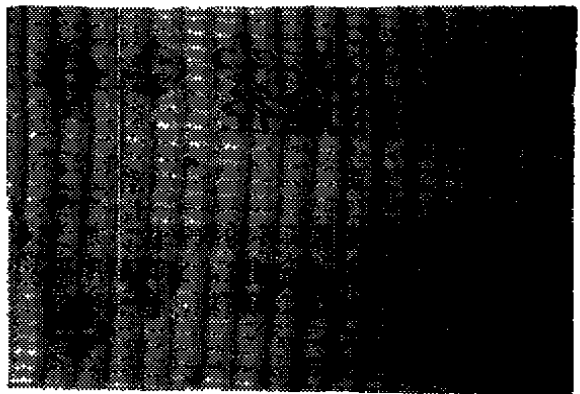


图7 铜钢结合区显微硬度测定点 500×

定，测点如图7，结果见表。

**显微硬度测试结果**

测定部位	钢				结合区	铜侧			
Hmv值	351	338	351	387	387	243	201	206	220

由表可见，结合区的硬度低于钢侧而高于铜侧，在铜侧界面附近存在硬度低谷区，这说明结合区有不同于两种金属的相互扩散层的存在，同时揭示了在钢表面层存在有某些合金元素溶入铜中的可能性。

**3. 铜钢结合区金相分析**

铜钢结合区的金相组织如图8所示，由图可见，铜钢结合良好，且结合面齐整。

**4. 铜钢结合区电镀分析**

图9示出了结合区Cu、Fe含量线扫描X射线图像。

由图9可见，在铜钢结合面上有一层过渡区，在过渡区内，随远离钢基一侧，铜含量逐渐升高，铁含量逐渐降低，经测定其厚度为3~15μm。

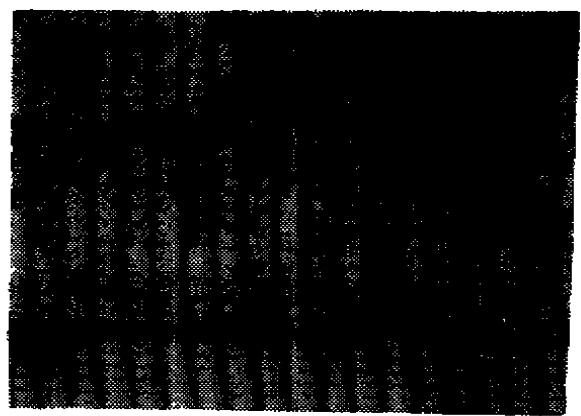


图8 铜钢结合区金相组织 600×



图9 结合区线扫描X射线图像 5000×

过渡层的形成是由扩散作用引起的，当铜液和钢相互接触时，铁原子即向铜液中扩散，由Fe-Cu状态图可知，铁溶解于铜中形成固溶体，当合金凝固后，在铜钢结合面上形成一层α固溶体扩散层，从而将铜钢两种金属牢固地结合在一起。

根据扩散定律，铜钢过渡层的厚度为：

$$X = \sqrt{2D\tau} \quad (1)$$

式中 X—扩散层厚度  
D—扩散系数  
τ—扩散时间

$$D = D_0 \cdot e^{-\frac{Q}{RT}} \quad (2)$$

D<sub>0</sub>—扩散常数  
e—自然对数  
Q—扩散激活能，J/mol  
R—气体常数，8.31J/(mol·K)  
T—绝对温度，K

式(2)中的扩散常数D<sub>0</sub>和激活能Q取决于金属的成分和结构，当金属种类确定，其扩散常数D<sub>0</sub>和激活能Q是固定的，因此，从式(1)

和式(2)可推导出,扩散厚(深)度取决于扩散时间和温度,且随着扩散时间的增长和温度的提高而增加。由此可见,为获得一定厚度的铜钢过渡层,必须控制浸铸时的铜液温度和浸铸时间。

件。

(2) 牢固的铜钢复合铸件的形成,由于铜钢结合面上金属间相互扩散产生一种固溶体过渡层,从而将铜钢两种金属比较牢固地结合在一起。

(3) 为获得一定的过渡层厚度,必须控制浸铸时间和铜液温度。

(编辑:郭桂林)

### 三、结 论

(1) 钢体经表面处理而后在铜液中浸铸冷凝后,可获得结合比较牢固的铜钢复合铸

28-32

## 提高锌铝铸造合金性能的途径

华南理工大学 骆灼旋 陈华佳 吴春苗

TG291

**【摘要】**影响锌铝铸造合金力学性能特别是延伸率的主要因素是铸件的致密度。加入某些合金化元素,采取一些工艺措施,特别是在凝固过程中增加温度梯度,实现顺序凝固,在一定压力下成形和结晶,对延伸率提高有显著的影响。加入石墨颗粒,制成锌铝合金复合材料,使锌铝合金的摩擦特性得到很大改善。

**关键词:** 铸造锌铝合金, 合金化, 力学性能, 摩擦特性

### 一、引 言

锌铝合金作为一种结构材料和耐磨减摩材料,无论是力学性能、工艺性能,还是经济性等,都具有很大的优越性,可以与一些高强度铸铁、青铜和铝合金相媲美。近二十年来,在一些国家得到快速发展和推广应用<sup>[1,2]</sup>。

多年来,我们在研究和推广应用工作中发现,锌铝类合金熔点低、流动性好、无热裂倾向且线收缩不大,即其铸造工艺性是相当好的。然而由于其固有的凝固特点,使铸件容易出现某些缺陷,严重影响其力学性能和进一步扩大其使用范围。本文着重从锌铝合金的凝固特点出发,探讨采用合金化、完善铸造工艺和复合化等手段进一步提高该类合金的性能。

### 二、锌铝合金凝固特点

图1为Zn-Al二元合金状态图。可以看出,液相线和固相线的水平度较大,它们之间的距离较宽,因而使锌铝合金在铸造生产条件下的结晶过程具有一定的特点。以ZA-27合金

为例,当温度冷却到A点时,开始析出 $\alpha$ 固溶体,其含铝量达60%左右,比重较小容易上浮。在生产条件下,冷却速度较快, $\alpha$ 固溶体

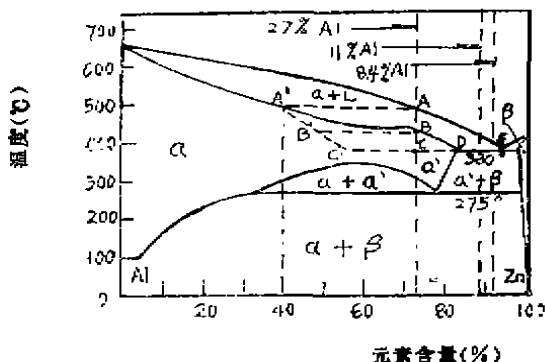


图1 Zn-Al二元合金状态图

内部的扩散过程难于进行,心部保持较高的含铝量,而固溶体表面的铝浓度则沿着固相线向着B点变化。所以,固体的平均成分实际上按低于固相线的一条线变化。当温度降到B点时,固体成分仍未达到原来的合金成分(Al27%),而是由A'变到B',意味着凝固仍未结束。当固态表面浓度达到C点时,固体成分变到C',这仍不是原合金成分,还有液态金属存在,并