SS4改型电力机车机座树脂砂工艺试验

株洲电力机车厂 （湖南 412001） 彭发云

1994年我厂从德国FAT公司引进了5条呋喃树脂砂造型生产线，从此电力机车绝大部分铸钢件都先后投入了树脂砂工艺生产线，产品的质量上了一个台阶。而在1995年，由于SS4改型电力机车牵引电动机的机座在试验中出现了大量裂纹、气窝和缩孔等铸造缺陷，长期以来只能采用水玻璃砂手工生产。通过工艺试验，解决了机座树脂砂生产的铸造缺陷，使生产走上树脂砂机械化的道路。

一、机座的工艺简介

牵引电动机是电力机车的心脏，机座在机车运行中处在高速运转、大交变载荷的工作条件下，对机座的铸造质量有着极高的要求，因为它直接关系到列车的安全。

1. 电机座铸件的要求

SS4改型电动机座材质为普通的ZG230—450，但是产品结构复杂，相关尺寸多，壁厚相差悬殊，最大热节达到了ϕ119mm，薄壁处仅为18mm，给铸造及补缩带来了较大的难度，SS4改型机座示意图见图1。

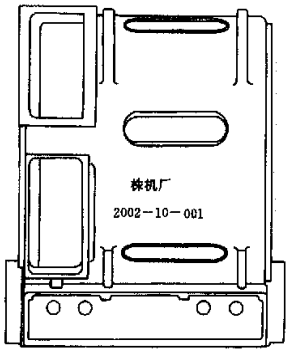

图 1

（1）尺寸精度 要求达到铁标TB/T1464—1991《铁道机车车辆用碳素钢铸件通用技术条件》中CT11级要求。

（2）内在质量 要求通过磁粉无损探伤，不得有裂纹。

（3）外表面粗糙度 要求达到$R_a < 50 \sim 100\mu m$。

2. 原工艺简介

这次树脂砂的工艺试验是在原水玻璃砂工艺（见图2）的基础上进行造型材料及相应的工艺改进，水玻璃砂工艺如下。

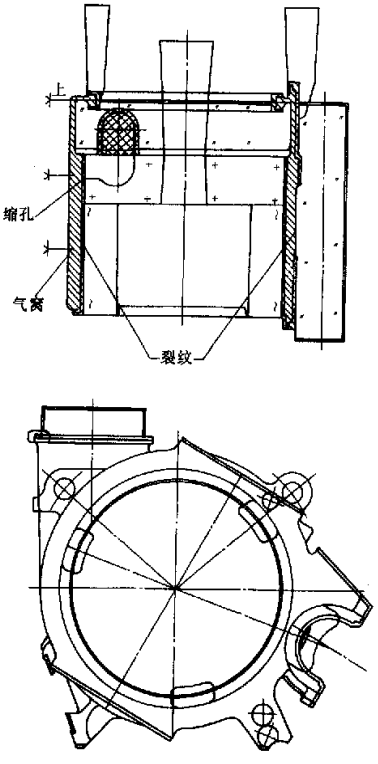

图 2

（1）分型 四开箱，型腔由14个砂芯组合而成，立做立浇，前端止口朝上。

（2）冒口 补缩冒口8个，定位观察冒口1个，排气冒口1个。

（3）冷铁 在悬挂的两侧内部安放ϕ16mm圆钢（Q235A）组焊成井字形的内冷铁。

（4）浇道 由ϕ70mm的流钢砖通到底部，再由2道ϕ50mm的流钢砖从底部引入钢液。

（5）砂型规格 1400mm×1600mm×265mm/

324mm/324mm/500mm。

(6) 工艺参数　毛坯重量为 1740kg，每件钢液 2240kg，工艺出品率为 78%。

3. 树脂砂机座的铸造缺陷

在树脂砂生产线投产初期（1995 年）对 SS4 改型机座进行了工艺试验，由于存在下列缺陷而被迫采用水玻璃砂生产。

(1) 裂纹　机座磁极内筒筒壁和抱轴瓦内半圆弧加工面上产生大量的毛细裂纹，数量多达百条，长度一般为 50 ~ 60mm，少量的长达 100 ~ 120mm，最长的达到了 180mm，其深度在去掉 8 ~ 10mm 加工余量后，进行磁粉无损探伤，还有 3 ~ 5mm，方向均为轴向裂纹，影响铸件的内在质量。

(2) 表面气窝群　机座靠近下型、下圈型外圆筒壁上的两点浇道引入钢液处，存在大量的 ϕ4 ~ ϕ6mm、深度 2 ~ 4mm 的气窝群，其面积达到 400mm^2，严重地影响了外观的粗糙度。

(3) 磁极缩孔　磁极内孔原为 4 个 ϕ220mm × 185mm 的保温冒口，在切割加工后存在缩孔，影响了产品的内在质量。

4. 树脂砂机座的铸造缺陷分析

(1) 裂纹　①由于钢液凝固过程中，呋喃树脂砂的退让性较水玻璃砂差。壁厚热节部位树脂砂的高温强度大于钢液的抗拉强度，阻碍收缩。②产品壁厚薄相差悬殊，不能同时凝固，先凝固的薄壁处产生拉应力，而后凝固的厚壁处被拉。③由于产品结构复杂且砂芯多，也阻碍收缩。

(2) 表面气窝　①由于树脂中含有氮的化合物，钢液凝固过程中，氮的化合物分解出原子氮和氢侵入钢液表面。②高温下树脂砂的发气量大，气体不能及时排出而形成侵入性气窝。

(3) 缩孔　磁极 4 个冒口的补缩量小于该部位所需的补缩量而形成缩孔。

二、改进措施

1. 针对裂纹的改进措施

目的：提高砂芯的退让性和钢液高温强度。

(1) 磁极、抱轴、风口和接线盒等易裂部位的砂芯采用全新砂和碱性酚醛树脂，并且不进烘干窑，采用醇基涂料点火干燥。

(2) 磁极砂芯中间设置 ϕ620mm × 580mm 掏空筒，掏空筒外圆设 5 根 70mm × 70mm 长 580mm 的角钢，形成内圈锯齿形，以降低砂芯强度。

(3) 裂纹严重的地方，如外圆筒的悬挂部位采用全新砂的预埋砂芯。

(4) 磁极内筒与抱轴相交处，在磁极砂芯内设置 300mm × 80mm × 20mm 的外冷铁。

(5) 使用含泥量及细率合格的回用砂。

(6) 树脂用量尽可能少，24h 终强度控制在 0.6MPa 以下。

2. 针对表面气窝的改进措施

目的：分散热量、提高透气性和涂料的表面强度。

(1) 采用三层阶梯式浇道，底注式与下层分型面切线式引入钢液（见图 3、图 4），有效地避免了热量局部集中。

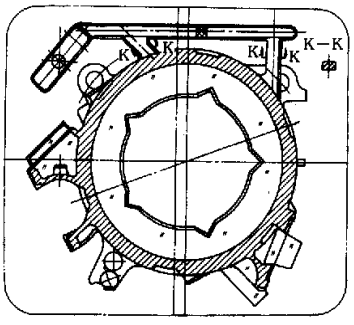

图 3

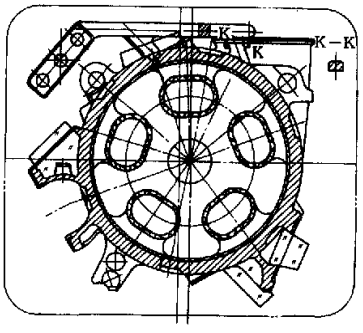

图 4

(2) 采用淋涂后，补刷一层锆石粉涂料，提高表面强度和耐火度，防止气体的侵入和粘砂现象。

(3) 提高外模新砂含量（20% ~ 30%），气窝严重的外模悬挂等部位采用全新砂的预埋砂芯。

3. 针对磁极冒口切割缩孔的改进措施

根据原来磁极部位出现的缩孔，重新校核补缩距离和补缩量，计算冒口尺寸。　（下转第 32 页）

4. 消除区Ⅰ的裂纹及区Ⅱ的缩松

主要依靠冷铁来消除这两类缺陷（见图3）。

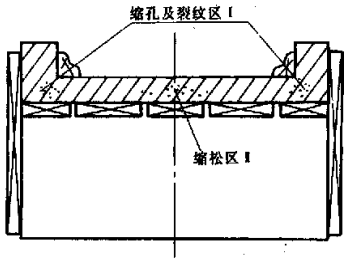

图 3

（1）在瓦体的缩孔及裂纹区Ⅰ处，冒口只能起补缩作用，要消除热裂的危险，还需要另设成形冷铁，因此设计在法兰内外侧均放成形冷铁。

（2）缩松区Ⅱ处，在瓦体内侧，沿弧面设置6排冷铁，来消除缩松。

5. 浇注控制

（1）浇注前热型扣箱，保证冷铁温度不低于80℃。

（2）浇注温度控制在1050～1080℃（热电偶测温）。

三、效果

采用上述工艺铸造的铜瓦毛坯，毛重159kg，钢液总重244kg，工艺出品率为65%，达到同行业的较高水平。在冒口切除后，冒口根部组织致密，化验成分合格。经机加工后，没有缩松、气孔、裂纹等铸造缺陷，工艺设计获得成功，而且节约了费用，降低了成本。

我单位从1996年首次试制该铜瓦，到现在共生产36件，铸造及机加工合格率达100%，用户反映使用状况稳定，效果良好。 (20030811)

（上接第30页）

（1）磁极重量 $(10.12^2-8.65^2)\times\pi/4\times6.86\times7.8kg=1152kg$。

（2）磁极模数 $M_{件}=(101.2-88.6)/4cm=3.65cm$。

（3）根据有关文献可知，一个 $\phi220mm\times200mm$ 的冒口可补缩最大铸件体积为 $14dm^3$，重量108kg。

（4）4个保温冒口可补缩最大铸件为 $108\times4\times1.2kg=518kg$。

（5）末端区重量 $2.5T=(10.12^2-8.65^2)\times\pi/4\times2.00\times7.8kg=335.8kg$。

（6）致密铸件 $(518+335.8)kg=853.8kg$。

由于致密铸件小于磁极重量，可见补缩量是不够的，但由于极孔内的空间有限，故改为225mm×150mm×185mm的保温冒口5个。

三、试验结果

通过3次试验的不断改进和小批量试生产，达到了如下效果：

（1）满足了树脂砂工艺批量生产的要求。

（2）铸件内在质量通过了磁粉无损探伤要求，解决了磁极内孔、抱轴等处的裂纹。

（3）铸件表面气窝基本消除，表面粗糙度达到了 $R_a=50\sim100\mu m$。

（4）磁极5个冒口切割后缩孔全部消除。

四、树脂砂生产中的几个问题

（1）由于产品复杂，模样的活块、冷铁较多，在加砂过程中，由于可操作的时间有限，造型机上的两个操作员有点紧张。

（2）树脂砂工艺生产机座的落砂时间需48h，比水玻璃砂增加了一倍时间，因此增加了砂箱的周转时间，需有24套以上的砂箱，才能保证8件/天的生产。

（3）型砂特别是回用砂是重要因素，必须严格按标准控制回用砂的含泥量、细率，如超标则明显影响表面质量。

（4）除回用砂外，涂料也是影响产品质量一个关键因素。试验证明，产品壁厚、热量大，涂料刷一遍的地方容易产生粘砂，因此必须刷两遍涂料。

（5）由于使用了昂贵的树脂、涂料和海砂，材料成本较水玻璃砂提高了50%～60%。

五、结语

此工艺方案使铸件质量上了一个新台阶，达到了试验目标。从2002年11月起投入批量生产，当月生产达140件，日产机座7～8件，结束了长期水玻璃砂手工生产机座的历史。这说明牵引电机机座完全可以采用树脂砂工艺取代水玻璃砂工艺，实现树脂砂机械化生产。 (20030816)