

滑块内腔芯的工艺优化

中国第一重型机械股份公司（齐齐哈尔 161042） 姚建柱 郑馨秋

1. 铸件简介

滑块是热模锻压力机重要的动力传递装置，其本体受冲击力很大，因此力学性能要求较高，铸件的验收技术要求严格。我厂采用呋喃树脂砂造型生产，铸件结构如图1所示，其外轮廓尺寸为2250mm×1600mm×1900mm，铸件上方壁厚220mm，其余壁厚120mm。

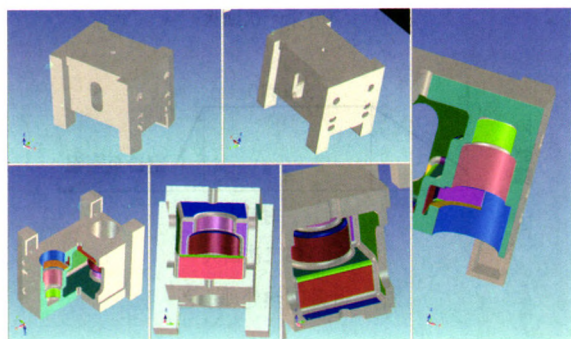


图1 铸件结构

铸件无损检测技术要求如下：

（1）表面粗加工后所有外表面进行超声波检测，标准依据JB/T5000.14—2007，检验等级Ⅰ级。

（2）叶片的无损检测 叶片无损检测按A609标准执行，结果符合标准要求。

（3）叶片的性能检测 对附铸试块的力学性能检验结果也完全符合客户要求（见表4），试块为同炉外浇基尔试块，随叶片同炉热处理。

表4 4600叶片力学性能

R_m /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	A (%)	Z (%)	A_{KV2} /J	HBW
788	621	21.0	68	98、118、 124	252、252、 253

（2）精加工后零件进行磁粉检测，标准依据JB/T5000.14—2007，检验等级Ⅰ级。

铸件内腔砂芯分布如图2所示，中间位置的砂芯为4#芯，此芯上下圆孔的直径较小，中间圆孔的直径为120mm，工艺设计的单面加工余量为20mm，因此上下圆孔芯的直径仅为80mm。对应位置内腔空间较大，宽向两侧留有落砂孔。

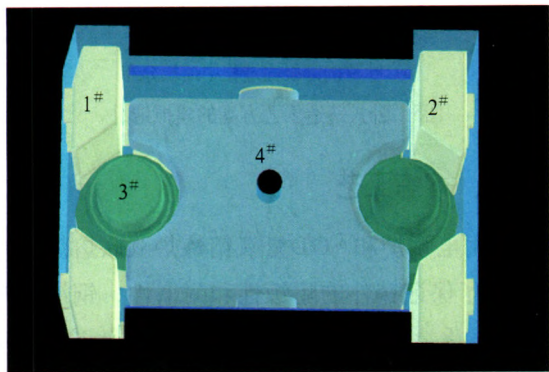


图2 内腔砂芯

由于上下圆孔砂芯的直径较小，对应位置内腔尺寸较大，整个砂芯的重量与浇注后液态时的浮

六、结语

（1）针对叶片轴向较长，曲面的扭曲较大，且叶片厚度很薄的情况，采用卧式工艺方案铸造，叶片的变形量和内部质量均达到了设计要求，工艺方案可靠。

（2）采用铸造数值模拟技术，对叶片的凝固过程、应力分布等进行数值模拟，有效地预测了铸件在凝固过程中产生的质量问题，为工艺方案的制订提供了依据。MW (20131008)

力较大，发气量也很大。因此，解决类似结构铸件内腔芯的固定与排气问题，是保证此类腔体结构铸件成形的关键。

2. 传统工艺解析

传统工艺方法如图3所示，内腔4#芯使用硬顶固定，依靠上下圆孔芯排气。经计算，内腔中间砂芯（4#芯）的质量约2.7t（面砂采用铬铁矿树脂砂，背砂采用石英树脂砂，砂芯的平均密度约2.3t/m³），计算重力约为27kN，受到浮力约65kN（钢液密度为7.3t/m³）。

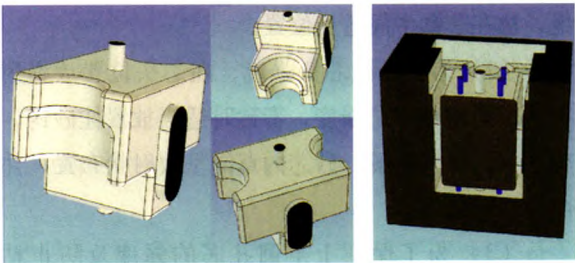


图3 传统4#内腔芯结构及固定示意

首先，对圆孔砂芯最大的承力理论分析，确定为什么必须使用硬顶子固定。

圆孔砂芯最大的承受力计算过程如下：

$$F=SP/k$$
$$S=\pi r^2$$

式中 S —— 芯头截面积（mm²）；
 P —— 许用强度（0.8~1.0MPa）；
 k —— 安全系数，取 $k=1.3\sim1.5$ ；
 r —— 圆半径（mm）。

经计算，圆柱截面面积 $S=0.005026\text{（m}^2\text{）}$ 。

假设实际型砂许用强度 $P=1.0\text{MPa}$ ，经转化 $P=1.0\text{MN/m}^2$ ， $k=1.3$ 。

计算得 $F=3.87\text{kN}$ 。

计算结果， F 远小于4#芯的重力与浮力，因此传统方法内腔芯使用硬顶柱固定。

其次，确定下芯的先后顺序，从而确定为何先放置硬顶柱再下芯。根据图1与图2，3#芯结构为圆柱状台阶结构，且下面圆柱直径大于4#芯圆弧半径，由于砂芯结构限制，只能先下3#芯，后下4#芯。由于铸件的大部分壁厚为120mm，铸件内腔高度1600mm，空间狭小，不便于人员手工操作，下4#芯时只能先在下部放置硬顶柱，再下芯。

其他方面的要求如下。

（1）硬顶柱的准备 由于型芯表面手工刷涂料，不能保证涂料层的厚度是固定值；圆孔芯的端面位置在模样制作时留有间隙，因此硬顶柱的高度不能直接确定为型腔高度。根据铸件壁厚及经验，机加工做出直径为25mm、45mm的硬顶柱各4件，（ $\phi25\text{mm}$ 用在型腔壁厚为120mm的部位， $\phi45\text{mm}$ 的硬顶柱用在型腔壁厚为220mm的部位）。每个圆柱的端面都焊接在尺寸为100mm×100mm×5mm钢板的中心位置，整体高度比型腔高度小6mm，并准备尺寸为100mm×100mm不同厚度的垫片多件。

（2）排气措施的确定 由于排气只靠上下圆孔芯排气。为了保证排气通畅，打芯时在圆孔芯内放置 $\phi30\text{mm}$ 草绳引气，为了防止钻钢，上部圆孔芯的上表面厚度约50mm内春满铁豆砂，砂铁质量比3:1（铁豆小于 $\phi3\text{mm}$ ）。另外，为了增强上下圆孔芯位置的强度，工艺设计要求表面包1mm厚的铁皮，并使用铬铁矿树脂砂撞实。

（3）吊运平稳 打芯时要求芯吊放置位置对称，保证吊运平衡。造型时要求在圆孔芯对应的外型及上箱位置放置 $\phi40\text{mm}$ 的陶瓷管作为排气管，保证气体排出型腔外。下芯时，要求操作人员技术水平高，在起吊芯子过程中，保证芯子平稳且不能倾斜。

下芯前先演芯，以确定垫片的高度及下部圆孔芯的芯缝是否塞严。

演芯操作过程如下：演芯前，先在外型的陶瓷管内春满铁豆砂，陶瓷管周围的石棉绳成环形放置。再使用普通黄泥（或橡皮泥）制成比型腔高度高10~20mm的泥柱，要求泥柱有一定强度，并在几分钟内不变形。放入型腔内预置硬顶柱的位置，泥柱与型芯接触的表面放置一块塑料薄膜，准备工作完成后，演芯后砂芯表面压在泥柱上，再测量泥柱的高度，从而确定垫片的高度。在对应位置放直径为25mm硬顶柱及垫片。正式下芯前，在陶瓷管处再放一圈镁砂膏。

3. 传统工艺存在的问题

由于内腔芯固定使用硬顶柱，且其位置必须在砂芯的重心周围。4#芯下方的硬顶柱不能在下芯后手工固定，因此各个硬顶柱是否顶牢固不能确定。

下芯过程中, 保证4#芯下平面与4个硬顶柱同时接触, 否则硬顶柱可能倾斜, 起不到支撑作用。

下芯后铸件尺寸公差控制困难, 在铸件的宽度方向, 由于落砂孔位置的砂芯作用能保证型腔的厚度控制在尺寸公差范围内, 但由于在长度方向没有定位限制, 铸件尺寸精度控制比较困难。

下芯后, 不能反复起吊芯子, 否则要重新放置硬顶柱且把砂芯表面涂料碰掉。手工塞严落砂孔位置的砂芯与型腔壁之间芯缝操作比较困难。

下方圆孔芯在演芯及下芯过程芯头的受力大小很难控制, 圆孔芯与外型之间的缝隙很难控制, 圆孔芯容易损坏。

舂制上箱时, 使用金属定位锥, 保证合箱后上箱排气管与圆孔芯头位置对正, 增加了合箱难度。

由于排气通道比较窄小, 浇注后常伴有放炮及钢液翻花现象, 增加炆火或漂芯的危险。

上圆孔芯位置铸件壁厚220mm, 清理落砂时发现上圆孔芯位置粘砂, 圆孔处需气割后焊接修出。

为了满足无损检测的要求, 清理时要将所有硬顶柱都去除, 增加了清理及焊补的工作量。

4. 优化工艺后采取的措施

优化后工艺如图4所示, 在4#芯侧面落砂孔位置设置定位芯头, 并改变排气方向。

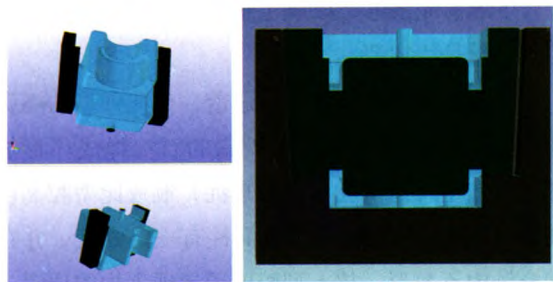


图4 优化后的4#内腔芯结构及固定示意

在铸件宽向落砂孔外侧位置设置大芯头, 并采用周身钻孔并缠草绳的无缝钢管作为芯骨, 既增加芯头强度又改变排气方向。

模样制作采取措施如下: 4#芯芯盒内两侧的定位芯头尺寸一样。主型上制作定位芯头时, 在主型一侧的芯头与芯盒的芯头尺寸一样, 另一侧在宽度方向上比芯盒的芯头尺寸大100mm。主型一侧的芯头与芯盒的芯头尺寸一样, 下芯时保证砂芯的位置

准确, 从而确保铸件的尺寸精度。另一侧芯头与外型留有100mm的空隙, 此空隙在砂芯固定后直接填砂修平即可, 一方面方便下芯过程中在型腔内调整砂芯的位置, 避免砂芯晃动而损坏芯头, 另一方面可方便从内腔芯的排气管位置向型腔外引出草绳。

制芯采取措施如下:

(1) 打芯前先准备直径为140mm、壁厚为12mm、长度比4#芯整体芯宽小20mm的无缝钢管, 此钢管周身钻孔。其次使用 $\phi 20\text{mm}$ 的钢筋焊接拍子, 钢筋之间的间距为200mm。最后把无缝钢管与拍子焊接连成一体, 排气管外缠空心尼龙绳或草绳, 放在芯盒中间适当位置。

(2) 为了保证芯头强度, 在芯头位置放置耐火砖; 为增加砂芯强度, 舂砂时适当放置挂砂钩, 为了保证排气通畅, 砂芯内草绳呈放射状布置, 并向排气管引气。

(3) 为了保证上下圆孔芯的强度及防止粘砂, 在上下圆孔芯位置工艺使用无缝钢管, 直径83mm, 厚度为5mm, 打芯时此位置预先插入适当长度的钢筋焊接到芯骨上, 与主体连成一体, 打芯时用耐火度较高的铬铁矿砂舂平。

5. 优化工艺的优点

优化工艺虽然增加了芯重, 但在造型方面, 增加定位芯头后保证了铸件内腔的尺寸精度, 简化了演芯及放置硬顶柱的操作过程, 降低了操作者的劳动强度, 提高了工作效率。同时改变排气的方向, 加大了排气通道, 保证排气通畅。上下圆孔芯位置工艺上采用无缝钢管套, 既保证圆孔的尺寸精度, 又增加圆孔芯的烧结强度, 避免粘砂缺陷。

另外, 在清理方面, 由于4#芯固定不使用硬顶柱, 不但节约了准备及加工的费用, 减少清理及对应位置焊接修补, 以及焊后去应力热处理的费用。

6. 结语

优化后工艺既简化了操作难度, 又满足了铸件表面及内部质量的技术要求, 保证了交货周期。同时内腔的尺寸精度提高后, 可保证铸件在使用过程中内腔各部位受力均匀, 增加了铸件的使用寿命, 为我厂赢得信誉, 增强了市场的竞争力。

MW (20130910)