

超重型离心套筒的生产

中国第一重型机械股份公司 (黑龙江齐齐哈尔 161042) 咸百波

特种铸造离心套筒是一种周期短、见效快的长线产品,是公司经营的重点,近几年来市场需求日益增大。产品类型主要为粮油套、石棉套等。产品规格也由最小 $\phi 416\text{mm} \times 1343\text{mm}$,发展到 $\phi 1450\text{mm} \times 1580\text{mm}$,铁液重由 1250kg 到 8200kg,产品规格呈现出多样化趋势。

2010 年市场上开始需求 $\phi 1250\text{mm}/\phi 950\text{mm} \times 2700\text{mm}$ 套筒,订货客户为长春某机械制造厂,产品出口到韩国。这一订单极具挑战性,此产品属国内空白,生产上具有很大的难度:一是重量大,二是尺寸长。为此,我们进行了创新性的工艺编制,经周密的核算,对衬砂工艺进行优化改进,采用新的轧辊端盖砂撞制方式,增强了可操作性,提高了生产效率,降低了生产成本。

一、工艺设想

1. 工艺要求

该套筒长 2700mm,外径 1250mm,内径 950mm,表面硬度要求 70~80HSD。根据要求可采用双金属离心复合铸造,此技术的应用除了具有离心铸造的优点外,由于内外两层采用不同的材质,能满足复合套筒对材料的更高要求:既要具有高耐磨性,又要有一定强韧性及导热性。因此,外层材质选用高镍铬钼无限冷硬铸铁,内层材质 HT250。鉴于此产品的特性,为满足离心铸造工艺要求,采用 45t 离心机生产。

2. 模附具的选用

金属型体的失效主要由热应力和热应力疲劳所引起,故确定金属型壁厚时应在满足必要强度的前提下,尽可能取较小的数值。根据多年经验,金属型材质优选锻钢,材质为 35 钢。

根据重型套筒成品尺寸,确定套筒浇注尺寸及金属型尺寸如下。

产品浇注尺寸: 外径 = 零件外径 + 收缩尺寸 + 加工余量 (2 倍) = $1250 + 1250 \times 0.8\% + 25 = 1285$ (mm); 内径 = 零件内径 - 加工余量 (2 倍) + 收缩率 = $950 - 25 + 950 \times 0.8\% = 933$ (mm)。金属模的内径: $D_{\text{模内}} = \text{零件外径} + \text{收缩率} + \text{加工余量} (2 \text{ 倍}) + \text{涂料厚度} (2 \text{ 倍}) = 1250 + 1250 \times 0.8\% + 25 + 4 = 1289$ (mm), 产品浇注壁厚为 $(1285 - 933) / 2 = 176$ (mm)。

因金属型采用优质锻钢,可取型体壁厚等于铸件壁厚,即 176mm。即可得出金属型的外径: $D_{\text{模外}} = D_{\text{模内}} + \text{产品浇注壁厚} \times 2 = 1289 + 176 \times 2 = 1641$ (mm); 金属模内腔长度 $L = \text{零件长度} + \text{加工余量} (2 \text{ 倍}) + \text{收缩率} = 2700 + 40 + 2700 \times 1.8\% = 2789$ (mm)。

现有 45t 离心机轧辊专用金属型,尺寸为 $\phi 1700\text{mm}/\phi 1290\text{mm} \times 3300\text{mm}$ (见图 1)。接下来的问题是如何通过配置端盖衬砂来满足生产工艺要求。

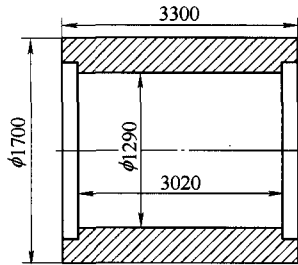


图1 金属型

3. 端盖衬砂的制作

以往我们在浇注离心套筒时,端盖的配置方式为耐火材料衬砂撞制在端盖内,不与金属型接触 (见图 2),这次针对此批订单产品的特性及金属型现状,

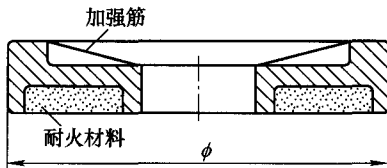


图2 端盖

我们采用轧辊工艺端盖耐火衬砂的制作方式，弃用常规方式，采用木型撞制。

由于端盖衬砂要经受高温铁液长时间的冲蚀、烘烤，以及强大的离心力作用，加之离心机的机械振动，对高温强度等性能要求高，为保证端盖与金属型的紧密结合，具有高强度和高耐热性，采用自制高铝矾土砂：以磷酸为粘结剂，混合磷酸高铝粉，并加入少量白泥。实践证明，此耐火衬砂效果很好，高铝矾土砂配比见表1。

表1 耐火衬砂配比

材料	高铝矾土砂	高铝粉	白泥	磷酸	水
比例 (%)	60 ~ 80	40 ~ 20	10 ~ 20	10 ~ 20	与磷酸同体积
备注	粒度 1 ~ 3mm	粒度 0.08mm (180 目)	—	密度 1.69g/cm ³	—

注：高铝矾土砂 + 高铝粉 = 100%

在端盖造型前，采用旋转金属型和铁刷配合清理金属型内孔，清净涂料、铁锈，使其见到光泽。用压缩空气清理金属型内壁，保证内表面无灰尘及颗粒物。

装配木端盖。金属型垂直放在造型坑内，木模样必须在金属型中安置、固定并找正；将端盖砂填充、撞实，每次放砂厚度控制在 50mm 以内，修平直至铁端盖下平面；装上铁端盖，保证对中，均匀拧紧紧固螺钉；撞实到分型面，刮平；先起出端盖模样中具有锥形面的模，其余部分陆续起出；修理端盖砂型，特别要注意修平等分模样的接缝处，清净与金属型接触内角的浮砂。端盖砂型如果产生裂纹，应在 140 ~ 160℃ 条件下进行修补。

4. 金属型的涂料配比和喷涂

辊身型涂料由两种不同的混合物经混制而成。

第一种混合物：SVP 70 ~ 90L、水 10 ~ 20L，珍珠岩 8 ~ 10kg，这些组分应彻底混合，泡胀时间大于 2h。

第二种混合物：1 ~ 3kg 石墨粉溶于 10kg 水中（热水）放置 24h，2 ~ 5kg MgSO₄ 溶于 3L 水中（全部溶解放置 24h），适量的皂化溶液。

第一种混合物彻底搅拌混合，泡胀放置一段时间后加入第二种混合物，在连续搅拌的情况下混合在一起。涂挂时，应用水稀释至波美度 55 ~ 75°Be。

金属型喷涂。冷型预热：300 ~ 500℃ 保持 5h 以上，炉冷至出炉。冷型喷涂温度 160 ~ 220℃，当天挂涂即时浇注。涂料层厚度 1.5 ~ 4.5mm。检测 4 条

母线，每条母线检测两点，每点测 3 次取平均值。厚度均匀性 ≤ 1mm。喷涂转速 600 ~ 800r/min，喷头直线运动速度 100 ~ 300mm/s。

第一天制作完铸型进行烘干，第二天即可喷制涂料进行浇注，相比传统工艺，方便实用，降低了劳动强度，又缩短了生产周期，对提升产品质量有利。木端盖外形如图3所示，制作好的铸型如图4所示。

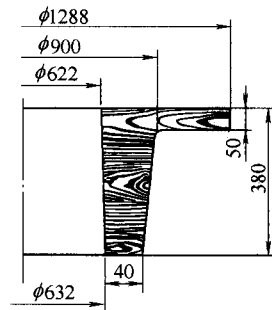


图3 木端盖

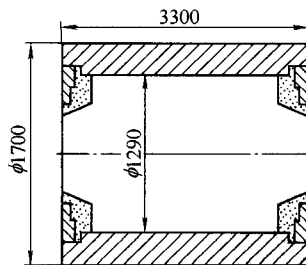


图4 制作好的铸型

二、工艺参数

因为在浇注轧辊的离心机上生产套筒，借鉴轧辊工艺，结合生产实际，其主要工艺参数优化确定如下。

1. 熔化工艺参数的确定

外层严格控制 C、Si 及合金元素的含量，能得到具有一定硬度和韧性的工作层，这对提高耐磨性，防止套筒产生疲劳裂纹具有很重要的意义。在一定的含碳量范围内，随着含碳量的增加，套筒的硬度和耐磨性随之增加，而脆性也相应增大，同时铸铁金相组织结构变得粗大，在使用过程中也容易产生缩松、裂纹。硅是强烈促进石墨化元素，过低易产生缩松、裂纹，但实践证明，含硅量（质量分数）每提高 0.1%，硬度降低 2 ~ 3HS，故含硅量也应严格控制。Ni、Cr、Mo 等合金元素都能明显地细化组织，各合金元素适当地匹配，能使套筒的硬度、强

度、耐磨性和耐热性等综合性能指标达到满意的结果。内层孕育铸铁按 HT250 的成分控制。

外层材质为高镍铬钼无限冷硬铸铁, 浇注厚度 55mm, 合金铁液重 4286kg, 优化工艺重量, 取外层铁液 4300kg, 化学成分见表 2。

表 2 外层铁液化学成分 (质量分数) (%)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
3.0 ~ 3.6	0.6 ~ 0.95	0.4 ~ 0.9	≤0.06	≤0.06	4.0 ~ 4.5	1.5 ~ 2.0	0.2 ~ 0.6

采用 5t 工频感应电炉熔炼, 外层废钢加入量 25% ~ 30%。采用生铁启炉, 根据配料情况可使用增碳剂增碳。待原铁液熔清后, 测温、取样分析化学成分, 根据分析结果进行第一次成分调整, 主要调整 C、Si、Mn 含量; 熔清后测温取样分析化学成分, 根据分析结果在可以准确确定浇注时间的情况下进行第二次成分调整, 主要是 Ni、Cr、Mo 等工艺要求的合金元素; 熔清测温后取样分析化学成分, 根据分析结果可适当微调成分, 升温后保温等待出炉。用 7t 包出铁液, 出炉温度 1480 ~ 1520℃, 炉前包内加 0.2% 75SiFe (粒度 10 ~ 20mm) 进行炉前孕育处理。

内层材质为 HT250, 浇注厚度 121mm, 铁液重 7856kg, 优化工艺重量, 内层铁液 7850kg, 产品浇注总液重为 12 150kg。

内层铁液化学成分见表 3。

表 3 内层铁液化学成分 (质量分数) (%)

C	Si	Mn	P	S
3.0 ~ 3.3	1.5 ~ 1.7	0.6 ~ 0.9	≤0.3	≤0.12

采用 10t 工频感应电炉熔炼, 出炉温度 1380 ~ 1460℃, 出炉时在包内加入 0.2% 75Si - Fe 进行孕育处理, 以细化组织, 达到提高套筒内层强度的目的。

2. 浇注工艺参数的确定

由于分两层浇注, 外层铁液浇注温度要比内层的稍高, 外层浇注温度定为 1380 ~ 1480℃, 瞬时孕育剂 75SiFe 占铁液重的 0.2% ~ 0.6% (粒度 2 ~ 4mm), 在浇注外层时人工将孕育剂放入浇包; 浇注外层合金铁液时, 必须平稳地移动浇注槽, 避免金属型的涂料层局部过热。浇注速度要快, 使铁液尽量铺满, 并保证铁液不夹渣、不断流, 这样才可保证铸件外表面的质量。

若外层金属凝固后的内表面在高温形成高熔点的氧化物, 不能与随后浇入的内层铁液熔合, 将使内外层复合不良而造成废品。为了防止在外层内表面形成氧化层, 外层浇注结束后立即加入玻璃保护渣, 使之均匀地覆盖在外层金属的内表面, 使其与空气隔绝。玻璃保护渣必须经过预热除潮, 加入量为 30kg。

内层铁液浇注温度根据外层的温度确定为 1330 ~ 1430℃, 瞬时孕育剂 75SiFe 占铁液重量的 0.1% ~ 0.5% (粒度 2 ~ 4mm); 为保证外层铁液有效凝固, 内层铁液与外层铁液浇注时间间隔为 15 ~ 25min。而为减少内层铁液对外层铁液的冲混量, 内层铁液均分为两次浇注, 第一次浇完到第二次开始浇注, 间隔时间 3 ~ 8min。在实际生产条件下, 离心铸造的套筒是以内外双向冷却方式进行凝固的, 疏松常出现在内表面凝固区和最后凝固区。为创造条件减轻和消除“双向凝固”过程, 实现顺序凝固, 采用金属型喷水以强化套筒外表面的冷却, 得到了组织致密的双金属复合套筒。因此, 内层铁液浇完后应立即喷水冷却, 喷水量以模型外表面湿润为限。

经计算确定, 离心机转速为 $n = 1160\text{r/min}$ 。

当铸件内表面温度降到 950℃ 以下时, 离心机停止转动。把金属型从离心机上吊下并立起来, 上面盖上保温盖, 进行保温冷却。当金属型外表面温度低于 100℃ 时, 方可起模。金属型立起保温时, 禁止放在潮湿的地面上, 以防止裂纹产生。

3. 毛坯检验

毛坯尺寸为 $\phi 1278\text{mm}/\phi 935\text{mm} \times 2745\text{mm}$, 平均硬度 77HS。

无损检测: 在辊身表面长度方向磨出 4 条母线 (呈 90°) 进行无损检测, 未发现铸造缺陷。

外观质量: 无裂纹等铸造缺陷, 符合技术要求。

三、结语

相比同类产品, 该套筒的特殊性在于超重、超长、超厚。为保证产品的成功研制, 我们吸取了以往生产同类产品的成功经验, 经过生产可行性分析, 进行了生产工艺方案的优化, 制定了相应的技术保障措施, 使套筒一次性浇铸成功。MW

(20120317)