

强制冷却在大型铸钢件生产中的应用

哈尔滨汽轮机有限责任公司 (哈尔滨 150046)

赵成志 尹世滨 陈化民 李弘英

哈尔滨理工大学 (哈尔滨 150080)

吴士平 潘显荣 葛丰德

【摘要】介绍了在大型铸钢件——600MW 汽轮机高压主汽调节阀阀体生产中,采用的强制冷却铸造工艺,即在主砂芯内增设通风管,在铸件凝固和冷却降温期间,用压缩空气带走砂芯内的热量,以使铸件内部能均匀冷却,避免粘砂和收缩缺陷的产生。文章还叙述了强制冷却工艺的计算过程。生产实践表明,该项技术是控制大型厚壁铸钢件凝固,改善型芯工作条件的重要手段。

关键词: 强制冷却 大型铸钢件 冷铁

TG26

大型铸钢件在生产中经常发生粘砂、裂纹及缩松、缩孔缺陷。为了防止这些铸造缺陷,采取一般的工艺措施往往都带有一定的局限性,而强制冷却这一新技术以其独有的特性能较好地全面解决问题。本文着重介绍强制冷却技术在大型铸钢件——600MW 汽轮机高压主汽调节阀阀体铸造工艺设计中的应用。

一、强制冷却铸造工艺

高压主汽调节阀是 600MW 汽轮机组中的关键件之一,净重 14315kg,毛重 16300kg,浇注钢水总重 24500kg,工艺出品率 66.5%,材料牌号为 ZG15Cr₂Mo₁-1。高压主汽调节阀的使用温度为 537℃,使用压力为 16.7MPa,因此对铸件的质量要求比较高。其阀体结构和超声波探伤要求如图 1 所示,图中 T 为探伤处壁厚,标注的等级为按 Z93.306-86 超声波探伤标准要求,未标等级部位均为 6 级。

高压主汽调节阀的砂芯四周是厚壁型腔,要长时间经受高温钢水的灼烧和浸蚀,且由于型腔呈半封闭状,砂芯的散热条件差,工作环境恶劣。又因为阀体为回转体铸件,其所形成的伪壁厚^[1]增大,并造成该处热节和模数增大,不利补缩,所以易产生粘砂、缩孔和缩松等缺陷。采用强制冷却技术是生产 600MW 汽轮机主汽调节阀优质铸件,防止

铸造缺陷的最佳选择。

强制冷却铸造工艺的冷却方式和结构示意图图 2。由图 2 可以看出,强制冷却工艺的砂芯外壳为半熔焊型钢管组成,呈圆柱形,一端封闭,一端与外部砂芯连接。在砂芯中心部位,均匀排列一圈钢管,作为冷却风管。以压缩空气为冷却介质。浇注后通过向冷却风管强制送风,带走砂芯内的热量,达到冷却降温砂芯的目的。砂芯外部的半熔焊型钢管外壳不刷涂料,喷砂后立即浇注,其材质为 12Cr₁MoV,与铸件有所区别。浇注后,钢管外壳与铁水直接接触,呈表层熔融

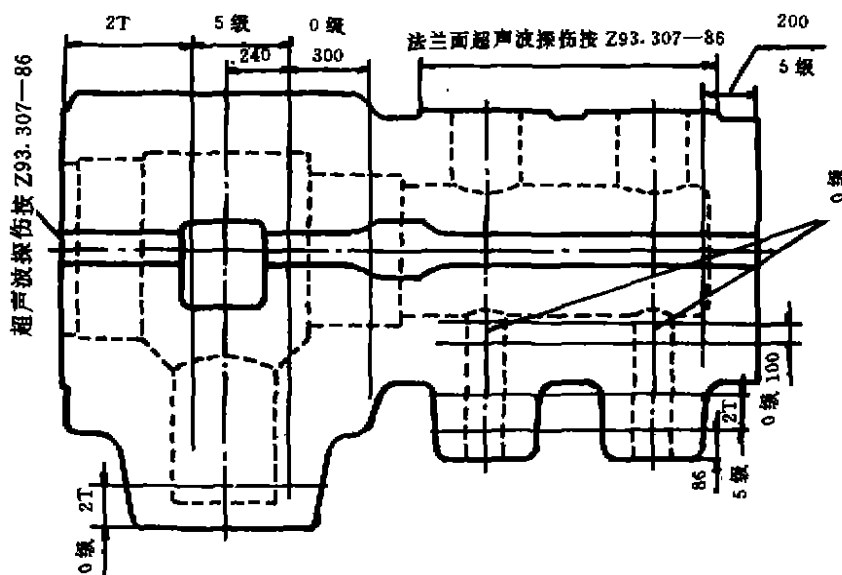


图 1 阀体结构和超声波探伤要求

或半熔融状态结合,将来在粗加工时去除;而芯砂与钢水并不接触,砂芯产生的气体由专门的排气系统导出型外。在铸造时,采用双联浇注系统,并设冲冒口

浇注体系,铸件上方设置三只保温明冒口进行补缩。冒口的设计同常规铸造工艺。

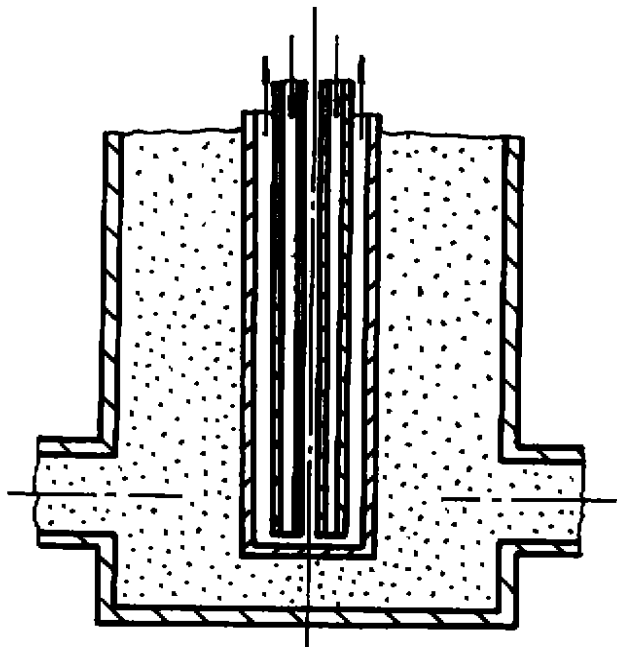


图2 强制冷却结构示意图

采用强制冷却工艺,由于不断地用冷空气流带走砂芯的热量,并且不会象冷铁那样产生热饱和,使封闭或半封闭型腔内的砂芯能够很好地散热降温,可以避免厚壁回转体半封闭型腔铸钢件的大面积粘砂,获取表面光洁的合格铸件。

二、强制冷却工艺计算

强制冷却系统的温度分布如图3所示。

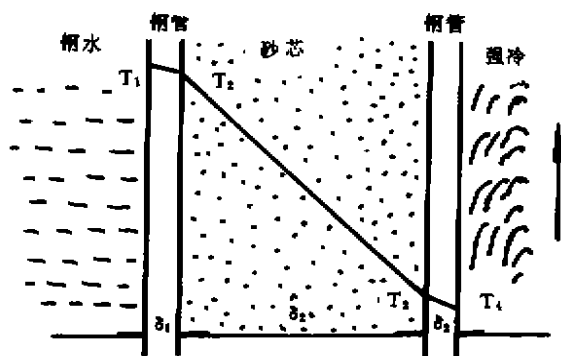


图3 强制冷却系统温度分布示意图

假定图3中砂芯外壳表面温度 T_1 为 1450°C ,内冷壁表面温度 T_4 为 700°C , $\delta_1=18\text{mm}$ 、 $\delta_2=380\text{mm}$ 、 $\delta_3=4.5\text{mm}$,根据传热学原理有:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = \frac{\delta_1}{\lambda_1 F_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2 F_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3 F_3} \quad (1)$$

式中 R ——热阻, $^{\circ}\text{C}/\text{W}$

λ ——导热系数, $\text{W}/(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$

F ——导热截面面积, m^2

δ ——厚度, m

《铸造》1996.10

其中 R_1 、 R_2 、 R_3 , λ_1 、 λ_2 、 λ_3 , F_1 、 F_2 、 F_3 分别为温度 T_1 、 T_2 、 T_3 处的热阻、导热系数和面积, $\lambda_1=31.6\text{W}/(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$, $\lambda_2=1.7\text{W}/(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$, $\lambda_3=29.3\text{W}/(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$ 。

由能量守恒定律有:

$$q = \frac{\Delta T}{F \cdot R} = (t_1 - t_4) / \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right) \quad (2)$$

式中 T ——温度, $^{\circ}\text{C}$

q ——比热流量, W/m^2

由式(2)计算出 $q=3344.44\text{W}/\text{m}^2$,即冷却管所通过的比热流量为 $3344.44\text{W}/\text{m}^2$ 。对于强制冷却壁,由Nusselt准则有:

$$\alpha = N_{\text{uf}} \cdot \lambda_f / d \quad (3)$$

式中 N_{uf} ——Nusselt 准数

d ——冷却管内径, m $d=99\text{mm}$

α ——放热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$

λ_f ——空气的导热系数, $\text{W}/(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$

$\lambda_f=2.92 \times 10^{-2}\text{W}/(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$

又由于热平衡,

$$q = \alpha \cdot \Delta T \quad (4)$$

由式(3)和式(4)联立并整理,得

$$N_{\text{uf}} = q \cdot d / (\lambda_f \cdot \Delta T) \quad (5)$$

冷却管进气口空气温度为 $T'=15^{\circ}\text{C}$,出气口处温度为 $T''=110^{\circ}\text{C}$,平均温度 $T_5=62.5^{\circ}\text{C}$,冷却管内外温差为 $\Delta T=636.3^{\circ}\text{C}$,计算得 $N_{\text{uf}}=17.82$ 。

根据流体在管内强制对流换热的准则方程有:

$$N_{\text{uf}} = 0.023 R_{\text{ef}}^{0.8} \cdot P_{\text{ef}}^{0.4} \cdot \epsilon_1 \cdot \epsilon_r \quad (6)$$

式中 R_{ef} ——雷诺(Reynolds) 准数

P_{ef} ——普朗特(Prandtl) 准数

ϵ_1 ——管长修正系数 $\epsilon_1=1.08$

ϵ_r ——温差修正系数

$\epsilon_r = (T_i/T_w)^{0.5} = 0.302$,

查表^[2]得 $P_{\text{ef}}=0.696$,空气的运动粘度系数 $\nu_r=19.26 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$,由式(6)得 $R_{\text{ef}}=19878.4$ 。由雷诺准则有,

$$R_{\text{ef}} = \omega \cdot d / \nu_r \quad (7)$$

式中 ω ——介质(空气)流速, m/s

由式(7)求解得 $\omega=3.88\text{m}/\text{s}$,即强制冷却介质(空气)在冷却管内的流动速度应为 $3.88\text{m}/\text{s}$ 。

由实验测得,采用 $\varnothing 20\text{mm}$ 钢管单管送风时, $\omega_1=1.6\text{m}/\text{s}$;双管送风时, $\omega_2=3.7\text{m}/\text{s}$,接近理论计算值。因此确定,在铸件凝固期间采用双管送风,凝固后冷却降温期间采用单管送风。根据计算机凝固模拟计算,铸件全部凝固时间为12个小时,确定强制冷却工艺为,从浇注结束开始双管送风,连续10个小时,然后改为单管送风,再降温8小时。

三、生产验证

采用上述强制冷却工艺,首批生产了两件

22-24

6

600MW 汽轮机高压主汽调节阀。开箱清理后观察, 内腔主芯部位基本无粘砂, 一侧的两个 $\varnothing 254\text{mm}$ 孔支芯也无粘砂, 另一侧的两个 $\varnothing 140\text{mm}$ 孔支芯有些粘砂。这说明 $\varnothing 140\text{mm}$ 孔支芯部位散热条件不好, 还有待改进。铸件经无损探伤检测, 未发现有超标缩孔和裂纹, 质量符合技术要求。这说明该工艺设计基本合理, 强制冷却适度, 达到了预期的目的。

强制冷却技术的成功应用, 对于今后大型厚壁铸

钢件, 特别是半封闭铸件的设计和制造具有重要的示范意义。强制冷却技术将成为我厂工艺设计人员进行凝固控制和改善芯砂工作条件的重要手段。

参 考 文 献

- 1 李弘英. 铸钢件的凝固和致密度的控制. 北京: 机械工业出版社, 1985
- 2 许肇钧. 传热学. 北京: 机械工业出版社, 1980

(编辑: 田秀全)

ZJ101 型改性腈纶水解液铸造粘结剂的研制

哈尔滨理工大学精细化工研究所 (哈尔滨 150080)

哈 尔 滨 拖 拉 机 厂

姜文勇 康占莹 王利洁 陈春明

武亚鸣 杨振库 张国春

【摘要】叙述了压力法水解腈纶的机理, 并根据水解产物的弱点, 提出了添加 α 淀粉、粘土等附加物及醛类交联剂和多聚磷酸铵等改性剂, 使 ZJ101 粘结剂砂的比强度大于 0.5MPa 。ZJ101 粘结剂砂在 230°C 以上温度烘干, 砂芯的抗吸湿性能好, 发气量小。生产验证表明, ZJ101 粘结剂适合于作中小型铸铁件芯砂粘结剂。

关键词: 腈纶水解液 芯砂 铸铁 粘结剂

近年来, 作为铸铁件 I、II 级芯砂主要粘结剂的合脂, 由于种种原因, 质量不稳定, 供应也比较紧张, 严重地影响了部分铸铁件的正常生产和铸件质量。因而, 寻找合脂替代品是铸造生产迫切需要解决的问题之一。

国内不少单位都进行过合脂代用品的应用研究, 如沈阳工业大学等就对用腈纶废丝水解液代替合脂粘结剂制造型芯方面做了大量的工作^[1]。腈纶 (即聚丙烯腈) 水解方法主要有碱催化法和压力水解两种^[2]。碱催化法水解腈纶的产物主要为聚丙烯酸钠。由于聚丙烯酸钠是强吸水剂, 所以用它作粘结剂的砂芯有严重的吸湿现象, 使其应用受到了限制。而采用压力法水解腈纶, 由于水解是在中性条件下进行的, 产物中不含一价钠离子, 可以明显改善其吸湿性。我们通过优化腈纶的压力法水解工艺参数, 并对水解液进行改性, 研制了适用于做型芯砂粘结剂的 ZJ101 型铸造粘结剂。

一、ZJ101 粘结剂的制备

1. 聚丙烯腈的水解

工业聚丙烯腈主要是由丙烯腈单体 (约 85%) 和丙烯酸酯单体 (约 10%) 共聚而成, 其水解主要是氰基的水解^[3]。聚丙烯腈的水解反应是在催化剂存在下分两步进行的。第一步是 $-\text{CN}$ 断裂水解成 $-\text{CONH}_2$ 基, 这一步可以认为是百分之百进行的。第二步是由 $-\text{CONH}_2$ 基水解至 $-\text{COOH}$, 这一步的水解度最大为

70%。在一般条件下, 聚丙烯腈的水解产物为聚丙烯酰胺、聚丙烯酸胺和聚丙烯酸的混合物。本试验中采用的反应设备为 500L 的压力反应釜, 其工作压力为 $0 \sim 1.6\text{MPa}$ 。

对聚丙烯腈水解工艺参数——加水量、催化剂加人量、水解温度、压力及时间等进行了大量试验, 取得了最佳水解工艺参数, 得到的水解液主要技术指标如表 1 所示。

表 1 聚丙烯腈水解液的主要技术指标

外观	密度 (g/cm^3)	粘度 ($\text{mPa} \cdot \text{s}$)	pH 值	固体含量 (%)	水解度 (%)
淡黄色	0.98~1.1	2500~5000	7~7.5	19~23	50~65

2. 聚丙烯腈水解液的改性

用聚丙烯腈水解液作为粘结剂直接配砂制芯时, 其芯砂的湿压强度只有 0.011MPa 左右, 不能满足制芯的工艺要求。为此, 在聚丙烯腈水解液中添加了适量的 α 淀粉、CMC、粘土等能提高芯砂湿压强度的材料。但是添加这些辅助材料后, 在不同程度上降低了芯砂的干强度, 只有加入交联剂 F, 才能在提高芯砂湿压强度的同时, 使干强度也增加。

交联剂 F 为醛类化合物, 能与聚丙烯腈水解液反应, 起交联作用。交联剂 F 的加入量一般控制在 0.6% 以下。当交联剂 F 的加入量超过 0.6% 时, 聚丙烯腈水解液的粘度会迅速增加, 在砂粒表面的包覆性能变差,

1996 年 6 月 27 日收到初稿; 1996 年 7 月 23 日收到修改稿。