

24-27, 7

小型镇静钢锭模的设计与应用

李增民

TF341 9

(杭州钢铁厂)

在钢锭模头部的绝热保温技术获得提高的条件下, 改变传统的钢锭模设计参数, 减小锥度、增大高宽比和减薄壁厚的钢锭模, 在实际应用中取得了良好效果。

关键词: 小型镇静钢锭模 设计参数修改 钢锭模

DESIGN AND APPLICATION OF SMALL KILLED INGOT

Li Zhengmin

(Hang Zhou Steel Plant)

With improvement in insulation of ingot mold head, it has been found that revising conventional mold design parameters, such as decreasing mold taper, increasing the ratio of height to width, and reducing mold wall thickness, can result in good effects in application.

Key word: small killed ingot mold design parameter revise

1 绪 言

不同时期的钢锭模设计参数, 都与其同期的工艺相适应。随着模铸保护渣、绝热帽和绝热板的应用以及钢锭模材质的改进, 使传热条件发生变化, 传统的钢锭模设计参数已不完全适应新的工艺条件, 有必要对传统的设计参数加以修正, 以期提高钢锭的内部和表面质量, 降低模耗, 提高经济效益。为此, 对我厂使用的 $10\frac{1}{2}$ 英寸镇静钢锭模有关参数进行了修正, 重新设计了钢锭模, 在生产中使用, 取得了较好效果。

2 钢锭模设计参数的选择

材质是决定钢锭模寿命的基本因素, 用球墨或蠕墨铸铁铸造的钢锭模, 具有高的强度和延展性, 在高温下有较强的抗氧化性和

抗磨损性, 膨胀系数小, 高温蠕变小, 比用灰口铁铸造的钢锭模具有显著优点。凡具备条件的地方, 都应采用球墨或蠕墨铸铁钢锭模, 以降低模耗。

2.1 传热条件

钢液刚注入钢锭模时, 迅速形成激冷层, 此时钢锭与锭模内壁直接接触, 传热方式基本接近于传导传热。当经过一段时间后, 冷凝收缩使二者分开, 变为辐射及其它方式传热。热量经模壁传至锭模外表, 以辐射为主对流为辅散热于大气中。

不同壁厚的钢锭模, 其传热方式是相同的。但通过模壁传导传热的热流量及模外表面积辐射的散热量却大不相同。

2.1.1 模壁传导传热

模壁传导传热用下式表示:

$$Q_s = k(t_1 - t_2)$$

$$k = \frac{\lambda}{X}$$

λ ——导热系数； k ——传热系数； X ——模壁厚度。

从上式看 λ 是随材质不同而变化的系数。 k 与 λ 成正比，但与模壁厚度成反比，厚度越大，其传热系数 k 值越小，通过模壁传至外表的热流量就越少，反之则多，亦即散热越快。

2.1.2 外表辐射散热

外表辐射散热用下式表示：

$$Q_{\text{辐}} = C \left[\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 \right]$$

C ——辐射系数； T ——绝对温度，K。

对于不同模壁厚度，其 T_2 不相同。壁厚则 T_2 小；反之则大。对于相同的 T_2 而不同的模壁厚度， $k_{\text{厚壁}} < k_{\text{薄壁}}$ ，则 $Q_{\text{导厚}} < Q_{\text{导薄}}$ ；当 $Q_{\text{辐}}$ 相同时，薄壁锭模表面单位时间的散热量比厚壁锭模大。

2.2 钢锭高 H 与锭模内腔平均宽度 D 的关系

锭模内腔尺寸，不但决定了钢锭的几何形状，而且影响到钢锭的内部组织。传统的观念认为 H/D 比值的大小，与钢锭内部产生各种缺陷的关系很大，当然也与浇注工艺操作密切相关。

优质保护渣的保温性能和吸附夹杂性能，减轻了钢锭内部的疏松程度；薄壁模的使用，较大的过冷度，减轻了低熔点化合物的富集和偏析，头部收缩渐成碟形。这样， H/D 比值可相应提高，笔者以为，在当前的工艺条件下，把 H/D 的比值提高到 4.5~5.5 是适宜的。

2.3 锥度 a_k

锥度是保证钢锭质量的重要参数，文献记载，小型钢锭模的合理锥度 a_k 为 2.7~3.5‰。

$$\text{即 } a_k = (0.9 \sim 1.1) H/D$$

H/D ——锭身高与锭模内腔的平均宽度

比。

由于保护渣、发热剂及轻质绝热帽（挂板）的保温性能不断改善，钢锭头部的冷凝时间延长，补缩条件大为改善，小锥度锭身基本能满足钢锭的凝固要求。综合各种工艺因素，将锥度减小为 1.8~2.2‰ 是合理的。在上述 H/D 的比值已经提高的条件下， a_k 值与 H/D 的关系也相应改变，即， $a_k = (0.35 \sim 0.5) H/D$ 。

2.4 钢锭模各部位的壁厚

钢锭模的壁厚设计，主要因传热条件及材质的物理性能而定。就材质而言，球墨或蠕墨铸铁钢锭模的物理性能和机械性能都能满足要求，因此，钢锭模壁厚设计，应以钢锭的结晶条件、内部质量和锭模寿命为考虑重点。

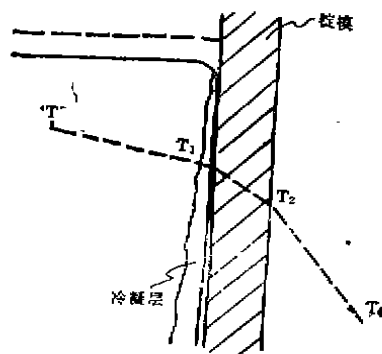


图 1 模冷温度梯度

模壁厚度对钢锭能获得一定厚度的急冷层和对使用寿命的影响是明显的。就锭模寿命而言，其壁厚有一最佳区域值。对急冷层厚度而言，其模壁厚度有一临界值。如图 1 所示，任何不同的模壁厚度，在与钢液接触的瞬时形成的急冷层厚度是相同的，初生急冷层厚度只与锭模材质的性质有关，而与壁厚无关。当初生急冷层形成之后，如果钢锭内部传热至初生急冷层的热流量小于或等于通过模壁传热散失的热流量，则冷凝相应进行或停止；否则将出现初生急冷层的重熔。过

小的锭模壁厚度, 将导致模外表温度急剧升高, 锭模内外温度差 Δt 减小, 通过模壁向外传输的热流量减少(见图2), 当此热流量小于钢液内部传至初生急冷层的热流量时, 初生急冷层则会升温重熔。过大的模壁厚度, 如前所述, 通过模壁向外传导的热流量下降, 散热减少, 凝固时间延长, 但不影响其急冷层厚度和钢锭结晶区的变化。如图3所示, 散热与模壁厚度有一临界值。

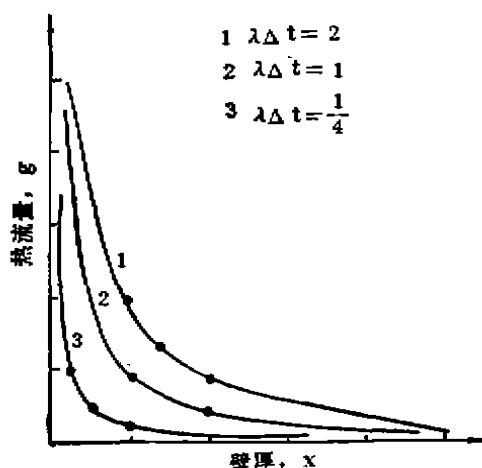


图2 热流量、壁厚与温差 Δt 的关系

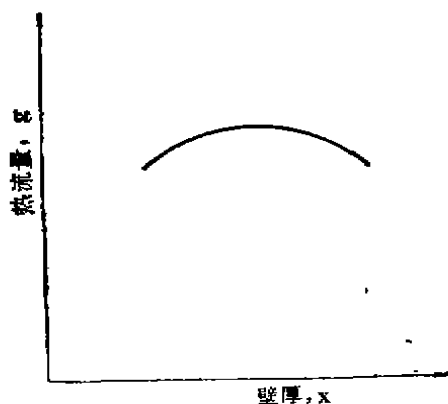


图3 热流量与壁厚的关系

根据我厂的钢锭剖样检验结果, 以急冷层厚度作衡量标准, 壁厚的临界值小于48mm, 据此推算锭模比选择1.1~1.2为佳。厚壁锭模, 一方面消耗生铁多, 另一方面温差

大, 热应力大, 容易产生裂纹而报废。

随着锭模的H/D比值增加, 将锭模下部壁厚适当加大, 选用平均壁厚的1.05倍, 以有利于锭模的稳定性。模底形状选取碗形, 藉以减少切尾, 厚度选用70mm。

3 实例与效益

综上所述, 在满足650开坯机的条件下, 我厂于1989年6月设计了10 $\frac{1}{2}$ 英寸的试验钢

锭模, 见图4。

经过二年多的实践, 使用情况良好, 多项指标得到改善。

3.1 模内壁网状龟裂

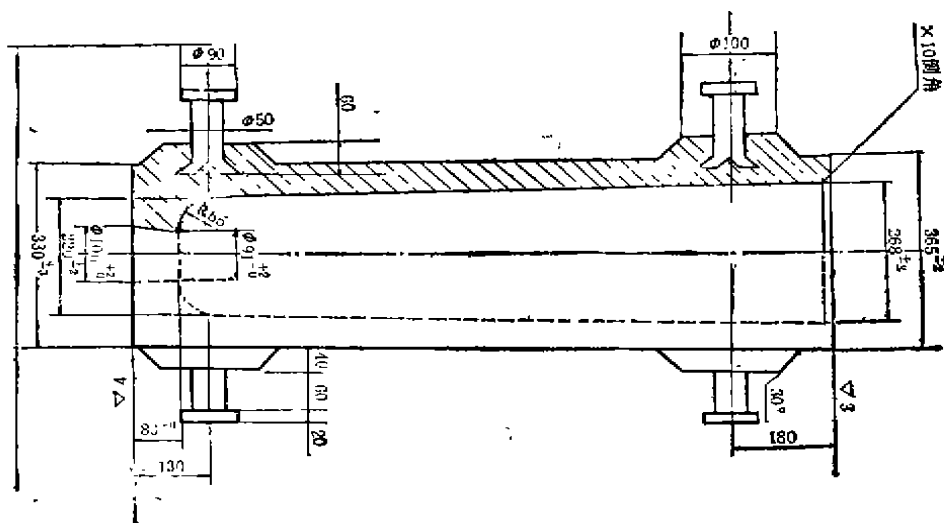
原锭模在使用一定时间后, 内壁整体出现网状龟裂, 并出现蚀坑。新设计的锭模则不一样, 从报废的锭模内壁观察到, 网状龟裂只出现在模内壁下部, 且极少出现蚀坑。从锭模组织来看, 损坏机理二者相似, 锭模无开裂现象。

3.2 锭模内壁粘渣

原锭模内壁粘渣甚为严重, 且难以铲除清理, 钢锭表面质量相对较差; 薄壁试验锭模内壁少有粘渣现象, 清理也较方便, 锭身表面质量大为改善。究其原因, 初步认为是由于脱模后的薄壁锭模的总热容小, 温降较快, 锭模与粘渣的热张力相差甚大, 粘在锭模内壁的保护渣易剥落, 使锭模能经常保持较为光滑的表面, 钢锭表面质量随之改善。另外龟裂和蚀坑的减少, 对改善钢锭表面质量也有一定作用。

3.3 锭模使用寿命及模耗

薄壁试验锭模的使用寿命不如原厚壁锭模长, 下降率约10%, 见表1。由于模锭比减小的幅度大于使用寿命下降的幅度, 所以总的模耗是下降的。分析一下薄壁锭模使用寿命下降的原因, 主要有因壁厚减薄在高温下易引起模口软化和脱模时受碰撞引起的变形两种因素。



模锭比: 1.14; 锥度: 1.9%

图 4 10 $\frac{1}{2}$ 英寸试验锭模

表 1

模 别	平均壁厚 mm	模 锭 比	锭重, kg	使用次数	模耗, kg/t	H/D
原锭模	75	1.626	500	100	16.38	4.5
试验模 I	50	1.143	525	90	12.75	4.75
试验模 II	50	1.144	585	92	12.56	4.8

模口软化指锭模模口内圈的变形, 模口设计有自动断尾所需的倒角, 长期在高温状态下, 受断尾拉力及钢锭自重的挤压, 使模口四周内圈变形, 这种变形达到一定程度后, 引起模口卡锭, 这种现象薄壁锭模比厚壁锭模出现的早。

碰撞变形指锭模模口外圈变形。由于模口内圈变形引起卡锭, 脱模时被迫进行碰撞, 导致模口外圈变形, 模口端面高低不平, 使绝热帽安置不平, 钢液常外溢, 补缩无法达到良好的效果。

但是, 模口软化及受碰撞的钢锭模, 如采用修磨措施, 可使锭模使用寿命延长, 能达到甚至超过原锭模的使用寿命水平。

3.4 钢锭结构组织

从两种锭模所浇注的钢锭纵剖低倍及高

倍组织检查来看, 各结晶区及结构组织基本相同, 但从硫印图看, 薄壁锭模所浇的钢锭, 偏析有减轻的趋势。

3.5 成锭和成坯

由于锥度减小, 高宽比增大, 使钢锭单重增加, 在炉产量不变的前提下, 钢液成锭率提高6%; 同样由于锭重增加, 帽锭比下降, 综合成坯率提高0.7%, 轧机生产率也有所提高, 见表2。

表 2

模 别	锭身重 kg	帽口重 kg	帽锭比 %	成坯率 %
原锭模	445	55	11	86
试验模 I	480	45	9.4	86.5
试验模 II	490	45	9.2	86.7

(下转第7页)

生产应用实测铸坯表面温度(180×180mm²) 表 2

使用计算获得的二冷制度浇注				
开浇温度, 1540℃	拉速, 1.16~1.17m/min			
距结晶器液面距离, m	4.90	10	13	16
铸坯表面中心温度, ℃	1052	1080	1042	1002
开浇温度, 1525℃	拉速, 1.24~1.27m/min			
距结晶器液面距离, m	4.90	10	13	16
铸坯表面中心温度, ℃	1060	1084	1048	1010
使用原有二冷制度浇注				
注温, 1530℃	拉速, 1.10~1.15m/min			
距结晶器液面距离, m	4.90	10	13	16
铸坯表面中心温度, ℃	980	990	975	920

注: 表中温度值是多次测量的平均值

使用计算得到的二冷制度浇注时, 采用缓冷却, 既节省了水量, 铸坯的表面温度又较高, 这对保证 40Cr 铸坯的质量和后续加工十分有利。

6 结 论

通过以上的阐述获得如下结论:

6.1 使用数学模型仿真优化计算获得了 40Cr 钢适宜的二次冷却制度及其铸坯温度场和凝固壳厚度的变化规律, 计算结果表明

二冷区铸坯温度波动较小, 到矫直点时铸坯表面温度值较高。

6.2 热态模型实验表明, 采用计算获得的二冷制度时, 实验测得的温度场与计算得到的温度场相接近。

6.3 生产实践表明, 与原有的冷却制度相比, 使用仿真计算得到的二冷制度时, 在二冷喷水量较原有的降低较大的情况下, 40Cr 钢铸坯的质量特别是裂纹得到明显改善, 二冷区直到矫直点的铸坯表面温度值都较高, 为改善铸坯的后续加工创造了条件。

致谢: 生产试验得到李林华、鹿开正、杨玉一、赵中江、郭小保等同志的支持, 在此向他们表示谢意。

参 考 文 献

- [1] 蒋冠珞 《钢铁》 17(1982) 4 13~21
- [2] 金俊泽等 《钢铁》 20(1985) 5 19~27
- [3] 董绍章等 《钢铁》 20(1985) 7 8~4
- [4] Kelgo Olamo et al 《Iron and Steel Engineer》 84(1987) 4 34~38
- [5] 张凤禄等 《冶金能源》 6(1987) 2 27~30
- [6] 蔡开科等 《北京钢铁学院学报》 5(1983) 3 112~121。
- [7] 陈登福 合金钢 (55SiMnVB) 方坯连铸二冷区凝固的最佳工艺制度控制模型 研究生学位论文 重庆大学 1989。

(上接第27页)

4 结语

实践证明, 随着浇注技术的发展, 对传统的钢锭模的设计参数应当加以合理的修正, 以降低模耗, 提高质量, 提高生产率和成材率, 获得良好的经济效益。

杭钢自行设计的减小了锥度、增大了

H/D比值的薄壁钢锭模的设计参数的选择是合理的, 它适应当前浇注工艺技术的要求, 在使用中获得了降低模耗、改善钢锭表面质量、提高钢液成锭率和综合成坯率的预期效果。存在的问题是由于模壁厚度减薄引起锭模使用寿命降低, 但可通过采用修磨措施加以弥补。