

中频炉熔炼 G10MnMoV6—3 的可行性研究

北京国正信安系统控制技术有限公司 (100081) 王 宁

【摘要】 G10MnMoV6—3 是一种低碳、低磷硫钢种。本文对中频炉熔炼该材质所产生的缺陷进行了说明和分析,并提出了改变覆盖渣组成、水口吹氩等几项预防措施。实践表明,几项措施的实施可有效避免相关缺陷的产生,从而证明用中频炉熔炼该材质是可行的。

G10MnMoV6—3 是一种低碳、低磷硫钢种,其化学成分如表 1 所示。

表 1 G10MnMoV6—3 化学成分(质量分数) (%)

元素	C	Si	Mn	P	S	Mo	V	CE(碳当量)
含量	≤ 0.12	≤ 0.60	1.20 ~ 1.80	≤ 0.025	≤ 0.020	0.20 ~ 0.40	0.05 ~ 0.10	≤ 0.42

注: 1. $CE = C + Mn/6 + (Cu + Ni)/15 + (Cr + Mo + V)/5$ 。

2. 引自 EN10293—2005。

对于这种化学成分的钢液,国内一般是由电弧炉或精炼炉进行熔炼。但对于精铸行业而言,受技术条件和产品结构的限制,大多数企业都使用小吨位的中频炉进行生产。从一定意义上来说,能否用中频炉熔炼该材质已成为用精铸方式生产该种材质铸件的限制性环节,因此有必要对中频炉熔炼该材质或相近材质的可行性进行研究。

一、原材料的制备

为满足 G10MnMoV6—3 对化学成分和力学性能的要求,首先结合中频炉的特点确定该种材质的化学成分控制范围(见表 2)。

由于中频炉的脱 C、脱 P 及脱 S 能力有限,而且到了熔炼后期还有增 P、S 的趋势,所以要熔炼出上述要求的钢液,必须对入炉废钢的成分进行控制。在实际熔炼生产中,入炉废钢的化学成分应控制在表 3 所示的范围内。

国内能满足此要求的钢材一般都是厚度 < 0.5mm 的

薄钢板,为了熔化该材质而去购买价格昂贵的高级薄钢板是非常不经济的。为此,我公司充分发挥设备优势,依据该产品的产量利用电弧炉冶炼了一炉化学成分(如表 4 所示)符合中频炉入炉要求的小钢锭,从而也为中频炉熔炼该材质准备了合格的原材料。

表 2 化学成分控制范围(质量分数) (%)

元素	C	Si	Mn	P	S	Mo	V	Cu + Ni	Cr
含量	0.08 ~ 0.10	0.40 ~ 0.50	1.30 ~ 1.40	≤ 0.025	≤ 0.020	0.20 ~ 0.30	0.05 ~ 0.10	≤ 0.15	≤ 0.08

表 3 入炉废钢的化学成分(质量分数) (%)

元素	C	Si	Mn	P	S	Mo	V	Cu + Ni	Cr
含量	≤ 0.10	0.20 ~ 0.40	≤ 1.20	≤ 0.015	≤ 0.010	≤ 0.30	≤ 0.10	≤ 0.15	≤ 0.08

表 4 钢锭的化学成分(质量分数) (%)

元素	C	Si	Mn	P	S	Mo	V	Cu + Ni	Cr
含量	0.09	0.24	0.80	0.012	0.010	0.28	≤ 0.02	0.12	0.06

二、中频炉熔炼试验

1. 用传统的中频炉熔炼方法进行试验

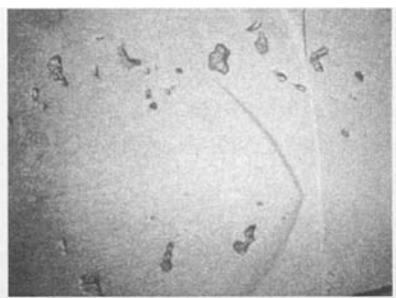
由于 G10MnMoV6—3 的成本高,所以该铸件的前期铸造工艺试验是用 ZG16Mn 进行的,工艺稳定后才改

用 G10MnMoV6—3 进行浇注试验。

(1) 将上述小钢锭进行抛丸除锈处理, 确保入炉废钢的清洁, 同时将其入炉原料如电解锰、硅铁、铝和硅钙合金等进行烘烤。

(2) 待钢锭化清后, 调整碳、硅、锰、钼、钒至目标范围内。

(3) 将钢液温度调整到出钢温度后, 包内加铝和硅钙合金后出钢, 并进行浇注。通过对所浇注的铸件进行加工解剖, 发现在表面 4mm 以下有大面积的孔洞存在, 孔洞色泽光亮, 见下图。



铸件缺陷解剖照片

为了验证这些孔洞是否由铸造工艺所引起, 又对同炉浇注的试块进行了加工, 加工后发现, 试块也存在同样的缺陷。

为进一步找出引起铸件缺陷的原因, 我们对该炉铸件的 O、H、N 含量进行了检测分析, 结果见表 5。

表 5 传统熔炼方法 O、H、N 的含量

元素	O	H	N
含量/ $\times 10^{-6}$	36	5	160

从表 5 可以看出, N 含量明显高于正常值, 结合孔洞的形状和颜色, 可以推断出铸件的缺陷是由于钢液中的 N 含量超标造成的。

2. N 的来源分析

首先, 从 $[C][O] = K$ 可以看出, $[C]$ 的降低必然导致 $[O]$ 的升高, 而 $[O]$ 的升高对于中频炉而言, 主要是来源于空气。钢液在从空气中吸氧的同时, 也必然增加了氮的吸入; 同时, 在浇注过程中钢液吸氮也是引起氮含量超标的一个不可忽视的因素。

其次, 钢液中氮的溶解度公式为:

$$[N] = 0.044 - 0.01[C] - 0.0025[Mn] - 0.003[Si] - 0.0043[P] - 0.001[S] + 0.0069[Cr] + 0.013[V] - 0.001[Ni] - 0.01[Al] + 0.1[Ti] + 0.0015[Mn] + 0.0102[Nb] - 0.0004[Cu]\%$$

从上式可以看出, $[C]$ 的降低和 $[Mo]$ 、 $[V]$ 的存在都会引起氮的溶解度上升, 这也是造成该种材质吸氮的内在动因。

3. 应对措施

从上述分析可以看出, 铸件的缺陷是由钢液中的氮引起的, 而钢液中的氮是从空气中吸入的, 所以要降低钢液中的氮就必须隔断钢液与空气的接触, 对钢液进行保护。

第一, 改变覆盖渣的组成, 保护熔化过程中的钢液。

将传统的石灰、氟石混合物改为食盐、氯化钾混合物, 增加覆盖渣的流动性, 使钢液在熔化过程中与空气隔绝良好。

第二, 在钢包水口附近设置氩气保护装置, 以对浇注过程中的钢液进行保护。

第三, 加强合金料及钢包的烘烤, 以减少钢液中氢的含量。

4. 试验结果

采取上述措施后, 共熔炼了 5 炉 G10MnMoV6—3 钢液, 其 O、H、N 的含量如表 6 所示。经对所浇注的铸件进行加工解剖, 并未发现前述的孔洞存在。

表 6 采取措施后 O、H、N 的含量

含量/ $\times 10^{-6}$	元素	O	H	N
序号				
1		32	4.5	74
2		45	4.3	68
3		39	4.9	80
4		43	4.0	72
5		47	4.6	77

三、结语

(1) 用 G10MnMoV6—3 浇注的铸件存在皮下孔洞是由钢液中的氮所引起的。

(2) 用食盐和氯化钾混合物作为中频炉覆盖渣, 流动性好, 可有效覆盖钢液, 减少钢液在熔化过程中吸氮; 同时, 在浇注过程中氩气保护也是防止钢液吸氮的有效措施。因此, 在没有专用精炼设备的情况下, 用中频炉熔炼 G10MnMoV6—3 或相近钢种是可行的。热

(20070520)