



采用复合微量元素提高大型铸件硬度

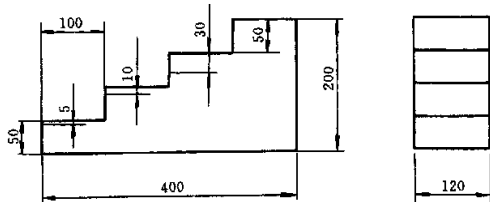
齐齐哈尔第一机床厂 (黑龙江 161005) 金 辉 柴树繁 张凤军

我厂生产的大型机床铸件(如床身、立柱、横梁),一般重量为5~30t,材质为HT250~HT300,铸件加工后本体要求硬度>180HB。对于中小铸件来说,达到这一要求非常容易,而对于重量在15t以上,导轨壁厚在120mm左右的铸件来说,要稳定达到这一要求则很难。为了满足这一要求,有些铸件就必须进行淬火,而淬火硬度虽然高,但淬火层厚度在2~3mm,不仅增加成本,且影响机床的使用寿命。

为了解决这个问题,我们在铸件导轨处放置厚度为50~80mm的石墨冷铁或铸铁冷铁。加入冷铁后,铸件的表面硬度基本达到要求,但加工后硬度一般为160~170HB,为此我们加入 $w_{Cu}=0.8\% \sim 0.9\%$,加入铜效果虽然好,但是每吨成本增加160元以上。我们又采用降低碳当量,增加锰含量,控制 $w_{Mn}=1.0\% \sim 1.2\%$,但生产立柱时出现裂纹,所以决定采用微量元素与其他元素复合来增加铸件珠光体的体积分数,提高铸件的硬度。故此,我们采用微量元素Sb与Cu、Mn复合来提高铸件的导轨硬度。因为Sb在一定范围内能减少石墨的尺寸,细化组织,显著增加珠光体的体积分数,提高铸件的力学性能。但Sb含量超过一定范围,会使石墨粗大,力学性能下降,为此我们进行了试验。

1. 试验条件和结果

首先用150kg中频感应电炉熔炼的铁液浇注阶梯试块(见下图),炉料配比:生铁30%,废钢40%,回炉铁30%。采用Sb和Cu、Mn的不同加入量及加入方法进行试验(Sb在包内或出铁槽加



阶梯试块结构示意图

入),其结果见表1。

表1 阶梯试块的化学成分(质量分数,%)及力学性能

序号	Sb加入量	Cu	Mn	各断面平均硬度 HB					硬度最大差值 HB
				5mm	10mm	15mm	30mm	50mm	
1	0.008	0.3	0.8	227	209	197	184	181	46
2	0.01	0.2	0.9	219	207	196	188	184	35
3	0.015	0.2	0.9	231	217	206	197	190	41

根据表1的试验结果,我们采用 $w_{Sb}=0.01\%$, $w_{Cu}=0.2\%$, $w_{Mn}=0.9\%$ 的一组化学成分,生产了4件床身铸件,浇注重量115t,其结果见表2。

表2 床身铸件化学成分、力学性能、金相组织

序号	化学成分(质量分数,%)					力学性能		金相组织
	C	Si	P	S		σ_s /MPa	HB(本体)	
1	3.26	1.46	0.09	0.10		267	198	A
2	3.12	1.37	0.087	0.098		259	193	A
3	3.16	1.50	0.091	0.093		263	194	A
4	3.02	1.48	0.09	0.011		258	190	A

2. 生产改进

根据表2的结果,铸件加工后的本体硬度都在190HB以上,完全满足要求。由于Cu的加入量比Sb高,成本也高,为此我们决定取消Cu,采用Sb和Mn复合来提高铸件硬度。

同样采用浇注阶梯试块、采用不同加入量的方法进行研究,其结果见表3。

表3 阶梯试块的化学成分(质量分数,%)及力学性能

序号	Sb加入量	Mn	各断面平均硬度 HB					硬度最大差值 HB
			5mm	10mm	15mm	30mm	50mm	
1	0.01	1.1	210	203	196	189	179	31
2	0.015	1.0	218	209	200	194	185	33
3	0.02	0.9	229	221	216	207	194	35

根据表3的结果,我们采用第二组的成分即 $w_{Sb}=0.015\%$, $w_{Mn}=1.0\%$,进行生产应用,同时采用了多次孕育方法(随流孕育、浮硅孕育和瞬

时孕育)生产了15件产品,浇注重量为268t,其生产结果见表4。

表4 床身铸件化学成分、力学性能和金相组织

序号	化学成分(质量分数,%)				力学性能		金相组织
	C	Si	P	S	σ_b /MPa	HB(本体)	
1	3.15	1.51	0.097	0.089	260	189	A
2	3.33	1.46	0.094	0.094	257	187	A
3	2.98	1.47	0.087	0.097	272	196	A
4	3.21	1.50	0.090	0.10	263	192	A
5	3.17	1.39	0.097	0.097	275	198	A
6	3.24	1.30	0.089	0.11	264	189	A

从表4可以看出铸件的本体硬度都在180HB以上,完全符合质量要求。同时,我们把过去未加Sb的铸件进行统计(见表5)。对表5和表4进行比较可以看出,加锡的铸件比不加锡的铸件本体硬度高15~30HB,在生产中发现,当 $w_{Sb} \leq 0.05\%$ 时,三角试样比不加Sb的三角试样的白口发白,但组织很致密。

表5 未加锡床身铸件化学成分、力学性能和金相组织

序号	化学成分(质量分数,%)					力学性能		金相组织
	C	Si	Mn	P	S	σ_b /MPa	HB(本体)	
1	3.02	1.40	0.89	0.093	0.10	257	170	A
2	3.04	1.43	0.91	0.090	0.093	259	172	A
3	3.09	1.5	0.87	0.094	0.098	254	163	A
4	3.11	1.47	0.90	0.095	0.11	250	167	A
5	3.02	1.39	1.0	0.090	0.095	261	172	A
6	3.10	1.40	0.99	0.091	0.097	259	174	A

3. 回炉铁的回收问题

从以上结果可以看出,由于加入了锡,铸件的本体硬度完全满足了性能要求,但由于灰铸铁中含有锡,灰铸铁回炉料经反复使用后,锡的含量是否会超出使用范围,而引起石墨恶化、性能下降,对此我们进行了计算。

设回炉铁在回用过程中锡的回收率为A;回炉铁在炉料中所占比例为B;生产灰铸铁的加锡量为C;由于加入含锡回炉铁而引起的铁液增锡量为D。忽略生铁中作为杂质存中的锡量,则可引出下式:

第一次加入回炉铁增锡: $D_1 = CAB$

第二次加入回炉铁增锡: $D_2 = (C + CAB)AB$

$$= C[AB + (AB)^2]$$

第三次加入回炉铁增锡: $D_3 = \{C + C[AB + (AB)^2]\}AB = C[AB + (AB)^2 + (AB)^3]$

第n次加入回炉铁增锡: $D_n = C[AB + (AB)^2 + (AB)^3 + \dots + (AB)^n]$

设n为无限次之后,回炉料增锡量为:

$$D^\infty = C \sum_{n=1}^{\infty} (AB)^n \quad (1)$$

据文献介绍,加锡灰铸铁回炉铁中锡的回收率在80%左右。国内生产灰铸铁回炉料的比例一般在30%左右,也就是说,上述算式中A和B的值都小于100%,故AB之积小于1。当AB的值小于1时,级数为收敛的等比级数,即回炉料中锡量累积引起的铁液增锡量趋近于一定的最大极限值 D_{max} ,当 $AB < 1$ 时:

$$D^\infty = C \sum_{n=1}^{\infty} (AB)^n$$

$$D_{max} = \frac{ABC}{1 - AB} \quad (2)$$

如果将回炉铁锡回收率定为80%,回炉铁在炉料中的比例取30%,即 $A = 80\%$, $B = 30\%$,代入(2)式得到:

$$D_{max} = 31.58\% C$$

即回炉铁中锡量累积的最大极限值为生产灰铸铁加入锡量的31.58%,因而所积累锡量并不会无限地增加。如果锡的加入量按0.015%计算,锡在铸件中的最大含量为 $w_{Sb} = (0.015 + 0.015 \times 31.58\%) \approx 0.02\%$,不会超过有关文献介绍的0.036%的范围。

为了验证其结果的正确性,我们从5件产品中取样化验,其结果见表6。

表6 铸件Sb的含量(质量分数)(%)

序号	1	2	3	4	5
Sb	0.015	0.0149	0.0151	0.0146	0.0142

从表6可以看出Sb在包内或出铁槽加入,熔炼损耗在35%左右。

4. 结语

通过多年的生产验证(已生产大型铸件13000多t),在灰铸铁中,使 $w_{Sb} = 0.015\%$, $w_{Mn} = 0.9\% \sim 1.1\%$,废钢的加入量保持在30%~40%,铸件的导轨处放冷铁,其厚度是铸件厚度的1/2左

自制 AlMg40 中间合金的生产实践

山西平阳机械厂 (043002) 周亚军 王真亮

在铸造铝合金中, 镁是一种主要元素, 又是一种易烧损元素。镁的加入量很低, 用镁锭直接配料操作很不方便。如何方便而准确的加镁, 是铸造铝合金生产的一大问题。我们通过生产试验, 找到了一种 AlMg40 合金, 解决了这一问题。该合金生产工艺简单, 满足了中间合金的使用要求。

1. 原生产中配镁的操作

(1) 镁锭锯成小块, 搭配使用。这样既浪费材料, 又提高成本。

(2) 镁锭刨成屑。这样镁氧化严重, 对熔炼铝合金非常不利。

2. AlMg40 合金的选用

如右图所示, 根据 Al-Mg 二元合金相图可知, $w_{Mg} = 40\% \sim 60\%$ 时, 合金的组织由 β (Al_3Mg_2) + γ (Al_2Mg_3) 组成, 熔点为 450°C 左右。有资料介绍, 过多的 β 、 γ 相都可使合金变脆, 我们分别选用 Mg 含量 (质量分数) 为 40% 、 50% 、 60% 进行试验, 得到如下结果。

(1) $w_{Mg} = 50\%$ 或 $w_{Mg} = 60\%$ 时, 合金极易燃烧、氧化, 需要大量覆盖剂保护, 成分不稳定, 偏差较大。

右, 可使铸件加工后的本体硬度稳定在 180HB 以上, 但在使用中, 应注意以下几个问题:

(1) 严格控制 Sb 的加入量, 防止超出使用范围。

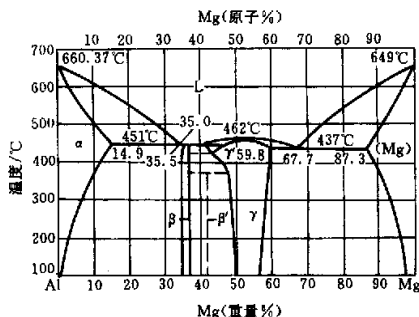
(2) 严格控制 Sb 的粒度, 由于 Sb 的熔点低, 容易产生偏析, 如果局部含 Sb 量高, 使石墨粗大, 导致性能下降, Sb 的粒度最好控制在 $15\mu\text{m}$ 以下。

(3) Sb 的加入方法最好在包内加入, 对一些大型薄壁铸件, 如果铁液混入的含 Sb 量较多, 其强度和性能就比较高, 但线收缩率相对提高, 塑性和韧性降低, 容易引起开裂现象。

从 1999 年开始, 我们采用加 Sb 的方法生产了数千吨铸件, 铸件的本体硬度都达到了要求。

(20030920)

(2) $w_{Mg} = 40\%$ 时, 合金易保护, 成分稳定, 偏差不到 $\pm 1\%$ 。所以选用 AlMg40 能够满足中间合金的要求。



铝镁二元合金相图

3. AlMg40 合金的熔炼工艺

(1) 覆盖剂的制备 自制覆盖剂的配比为氯化镁: 氯化钾 = 7:3, 称料均匀混合, 放铁坩锅中熔化, 直到不冒泡、不冒烟时, 浇注于洁净的铁模中, 凝固后密封保存; 也可以选用专业熔剂厂生产的镁合金覆盖剂。

(2) AlMg40 的熔炼工艺 铝锭 → 熔化并过热到 750°C 左右 → 停电加入镁合金覆盖剂 (厚度 $\approx 10\text{mm}$) → 加入镁锭 → 小功率送电 → 适当搅拌至镁完全熔化 → 测温 → 500°C 出炉浇注。

4. AlMg40 合金的特点

(1) 该合金较脆, 能够满足配料要求。

(2) 成分稳定, 分析结果偏差不到 $\pm 1\%$ 。能够准确配料。

(3) 熔点低 (450°C 左右), 适用有色合金熔炼的要求。

5. 应用效果

AlMg40 中间合金经在铸造铝合金熔炼生产中的应用, 效果非常好。配料准确而方便; 在熔炼中加入后, 成分非常稳定; 能够满足生产实际需要, 是代替纯镁加入的理想中间合金。

(20030710)