

热处理改善锰硼白口铸铁 碳化物形态与分布的研究

王世杰 张秉龄

(机械系)

提 要: 本文研究了退火, 阶梯升温退火, 循环退火和沸水淬火加高温回火等热处理工艺对改善锰硼白口铸铁碳化物形态与分布及机械性能的影响。

试验结果表明: 热处理可改变锰硼白口铸铁碳化物的形态与分布, 其效果与热处理工艺参数及碳化物形态等密切相关。

关键词: 热处理, 白口铸铁, 耐磨铸铁。

我们多年来进行了锰硼系白口耐磨铸铁的研究, 实验室试验与中间工业试验都取得了很好的结果。我国锰、硼资源丰富, 这种白口耐磨铸铁是符合我国国情的一种新型耐磨材料。但是, 在铸态下存在的碳化物大多呈连续网状分布是构成较低韧性及难于加工的主要原因。因此, 我们在铸态采用稀土变质处理的基础上, 通过热处理进一步改善碳化物的形态与分布, 发挥该材质的潜力, 扩大其应用范围。

1 试验内容

我们进行了退火, 阶梯升温退火, 循环退火及沸水淬火加高温回火四种热处理工艺试验。试验中主要考察了热处理对机械性能(硬度、冲击韧性等)及碳化物形态与分布的影响。试验所用试样, 由60kg中频感应电炉熔炼, 砂型铸造成 $20 \times 20 \times 110$ 无缺口冲击试样。试样冲断后, 观察断面形貌, 磨制金相试样, 测定硬度。试验材料成分如表1所示。

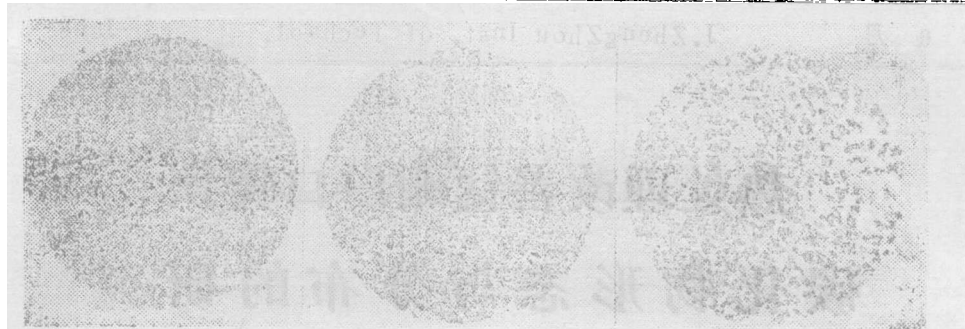
表 1

元 素	C	Si	Mn	B	P	S
含量(%)	2.10~2.65	1.98~2.53	适量	0.16~.18	未作检验	未作检验

1.1 退火

锰硼白口铸铁铸态下碳化物大都呈连续网状, 对于需要加工的零件, 则要降低硬度, 破坏碳化物的网状分布。为此进行了退火处理的研究, 我们详细考察了加热温度和保温时间对硬度和碳化物形态与分布的影响, 试验结果如图1和表2。

从试验结果可以看出, 随着加热温度的提高和保温时间的延长, 退火前后的硬度差逐渐



A 4-2 1000℃4h

B 4-2 940℃4h

C 4-2 铸态

退火前后的金相组织3%硝酸酒精腐蚀100×

表 2

试样号	工艺参数		硬度(HRC)		硬度差 △HRC
	加热温度	时间	铸态	退火	
1-2	920℃	2h	55.2	47.8	7.4
2-2	920℃	3h	56.4	48.4	8.0
4-2	960℃	4h	56.7	48	8.7
1-2	960℃	2h	56.3	47.5	8.7
2-2	960℃	3h	57	48.3	8.7
8-2	1000℃	4h	58.1	46.5	11.6
9-2	1000℃	2h	57.7	48.5	9.2
2-2	1000℃	3h	57	48	9
4-2	1000℃	4h	60.6	49.8	10.8

增大,也即是退火后硬度越低。这两个因素对硬度的影响以加热温度的影响较显著。退火硬度的变化,除基体组织变化外,主要与碳化物的变化有关。由于连续网状碳化物变为断续网状的孤立形态,减弱了相互支撑的抗力因而硬度降低^[1]。这种变化遵循一般的规律,即随着退火温度的升高,奥氏体中碳和合金元素的扩散能力增强,奥氏体的溶解度也增大,并且碳化物的溶解量增加,奥氏体周围的网状碳化物也将溶解到奥氏体中一部分。奥氏体所溶解的碳在量的方面属于二次碳化物,在质的方面不完全是二次碳化物,而有一定量的共晶碳化物,从而使铸态下形成的碳化物连续网络中的薄弱部分破断,而成断续状或孤立状^[1]。加热温度越高,奥氏体的溶解度越大,溶解的碳化物就越多,破网的效果就愈好。退火后的硬度就越低。在一定的加热条件下,保温的时间是影响退火硬度的另一个因素。保温时间长,碳化物

溶解充分, 增大破网效果, 结果退火后硬度较低。当保温时间超过4小时后对硬度的影响就不明显, 这是因为碳已达到饱和溶解度并扩散均匀, 再增加时间就不起作用^[2]。

进行金相分析时我们发现铸态碳化物的形态和分布影响退火后的破网效果和退火加热温度的高低、保温时间的长短。当原始组织中碳化物为很均匀或较厚的网时, 要达到破网效果差不多要溶入整个包围奥氏体的碳化物, 需要加热温度更高, 时间更长。相反, 原始组织中碳化物呈不均匀网状或部分断续网状, 要达到破网目的就较容易, 在相同退火条件下效果也越好。变质处理可以改善铸态锰硼白口铁中碳化物的形态和分布, 形成了碳化物的薄弱环节, 有利于取得热处理效果。

1.2 阶梯升温退火

锰硼白口铸铁含有多量合金元素, 由于合金元素的作用, 使得铸态组织中过饱和地溶入一定量的碳和合金元素。过饱和量越高其碳化物溶入及析出温度越高, 故退火所要求的加热温度也就越高。为了使过饱和的碳和合金元素充分析出, 以此降低碳化物溶入与析出温度, 以便能在较低温度下得到较好退火效果^[2]。其退火工艺及结果如图2和表3所示。

表 3

试样号	工艺参数	硬度(HRC)		硬度差 (Δ HRC)	冲击韧性 a_k (J/cm ²)
	A(°C)	铸 态	热处理		
5-2-1	730	60	51	9	7.9
5-2-2	730	60	51.2	8.8	7.5
5-2-2	730	60	51.2	8.2	/
5-2-7	760	58.2	51.6	6.6	6.0
5-2-2	760	90.4	51.2	8.6	7.0
5-2-9	760	61	54.7	6.3	/
5-4-1	790	61.8	53.3	8.5	6.3
5-4-2	790	61.9	52.5	9.4	8.3

该工艺我们只探讨了阶梯温度对碳化物形态与分布及机械性能的影响。由试验结果及金相分析可知, 在最终加热温度一定的条件下, 阶梯温度的变化对机械性能及碳化物形态的改变无明显影响, 与加热温度为960℃退火相比较也基本一致。因此不必采用该工艺来改善碳化物的形态。

1.3 循环退火

这是通过反复地加热与冷却的热处理过程, 使碳化物反复溶入和析出, 利用碳化物溶入和

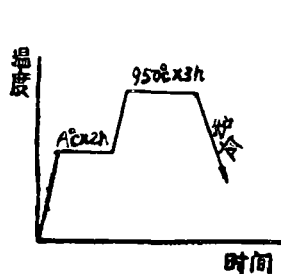


图2 阶梯升温退火工艺曲线

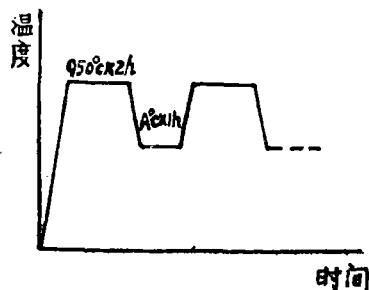


图3 循环退火工艺曲线

析出不平衡的特点,使网状碳化物破断。图3 为循环退火工艺,我们主要考察了低温保温温度及循环次数的影响,其规范和结果如表4。

表 4

试样号	工艺参数		硬度(HRC)		硬度差 (Δ HRC)	冲击韧性 a_k (J/cm ²)
	A(℃)	次数	铸态	热处理		
3-2-2	600	3	56.2	48.3	7.9	7.5
3-2-3	600	3	56	48	8	7.3
3-2-4	600	4	56.3	47.9	8.4	6.3
3-2-5	600	4	57.5	46.8	10.7	8.3
2-2-2	650	3	58.1	48.5	9.6	7.5
2-2-3	650	3	58.2	47	11.2	7.0
2-2-4	650	4	57.3	47.8	9.5	7.5
2-2-5	650	4	57.9	44.3	13.6	/
3-2-1	700	3	59.3	52.8	6.5	7.0
2-2-1	700	3	56.8	50.6	6.2	6.8

由结果可以看出,低温保温温度650℃ 的效果最好,退火后硬度低,显微组织中二次碳化物弥散析出在基体上。循环次数越多,退火后硬度越低,但四次与三次相比,从金相组织和硬度看差别很小,因此在实际生产时考虑生产率,循环次数选用三次即可。

低温保温温度低,碳析出充分,每次加热时溶解的碳量就越多,破网效果较好。随循环次数增加退火后硬度也越低,这是因为界面的曲率最小处原子能量高,活动能力强,溶解时碳化物的尖角处首先溶入,而在冷却过程中由于动力学条件的限制,溶入的原子不可能全部

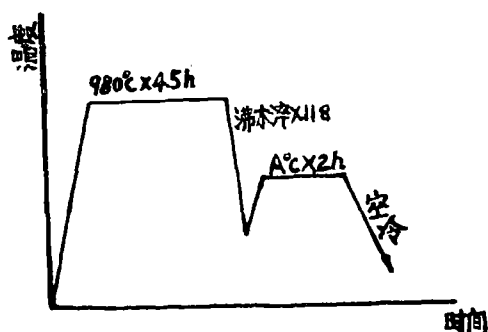


图4 沸水淬火+高温回火工艺曲线

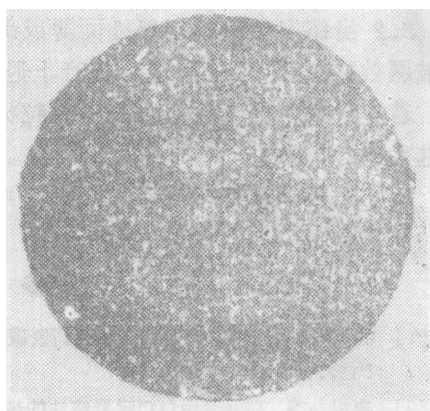


图5 4-4-3沸水淬火+600℃回火3%硝酸酒精腐蚀100×

表 5

试样号	工艺参数	硬度(HRC)		硬度差 (Δ HRC)	冲击韧性 a_k (J/cm ²)
	A(°C)	铸态	热处理		
4-2-1	550	59.6	52	7.6	6.3
4-2-2	550	59.1	53.3	5.8	5.5
4-4-3	600	57.5	45.3	11.7	7.5
4-4-4	600	54.2	44.8	9.4	/
4-4-1	650	57.8	49	8.8	5.8
4-4-2	650	38.2	48.1	10.1	6.0

扩散到原处,而再加热时又是尖角处原子先溶入,反复次数愈多碳化物变得愈圆正^[2]。

1.4 沸水淬火+高温回火

根据我们的试验,锰硼白口铸铁用水激冷会导致工件开裂。而沸水在高温区的冷却能力比油差,工件短时沸水淬后温度还有400—500℃左右,因此沸水淬火不会导致工件开裂^[3],其工艺如图4所示。淬火加热温度固定在980℃,沸水淬火时间定为11秒,然后立即进行回火。我们主要探讨了高温回火温度的影响,其结果如表5所示。

随着回火温度的升高,回火后硬度降低值及冲击韧性逐渐增大,当回火温度超过600℃以后对硬度、韧性基本无影响,这是因为随回火温度升高,淬火组织分解得越充分,所以硬度越低,韧性越好,回火析出的碳化物以细小颗粒弥散分布在基体上,如图5所示。

2 结 论

2.1 锰硼白口铸铁经热处理可改变碳化物形态与分布,但只有当铸态碳化物网络细薄或部分断网时热处理才能取得好效果。因此铸造时应选用合适的变质剂进行变质处理。

2.2 当铸态碳化物网络细而薄或部分断网时,可以采用退火,加热温度越高,保温时间越长破网效果越好,硬度越低。生产上退火温度950℃,时间不超过四小时。

若还要求获得大量弥散析出的粒状碳化物,则可采用沸水淬火+高温回火工艺,回火温度选用600℃即可。

2.3 当铸态碳化物网络较厚时,可采用循环退火工艺。循环次数以三次为宜。

参 考 文 献

- [1] 尚可等,改变硼系合金白口耐磨铸铁碳化物形态与分布的研究,第二届金属耐磨材料学术会议论文选集, P157.
- [2] 辜祖勋等,硼系合金白口耐磨铸铁的热处理,球铁.1987NO.1, P28
- [3] 赵步青,改善高速钢切削性能新工艺—沸水淬火,热加工工艺.1986NO.6P40

Study of the Improvement, by Heat Treatment, of the Pattern and Distribution of the Manganeseboron Alloyed White Cast iron Carbide

Wang Shijie Zhang Bingling

(Department of Mechanical Engineering)

Abstract This article has studied the influence of such heat treatment techniques as annealing, stepped temperature rise annealing, cyclic annealing and boiling water quenching added high—temperature tempering on the improvement of the pattern, distribution and mechanical property of the manganese—boron alloyed white cast iron carbide.

The experiment has shown that heat treatment can change the pattern and distribution of manganese—boron alloyed white cast iron carbide and the effect has close relationship with the treatment technique heat parameter and the pattern of the cast carbide.

Keywords: heat treatment, white cast iron, antifricition cast iron