

文章编号:1673-9469(2015)03-0083-04

doi:10.3969/j.issn.1673-9469.2015.03.020

热处理对 Cr26 型高铬铸铁组织与性能的影响

郑立允¹,王肖肖¹,高杰²,王黎晖²

(1. 河北工程大学 机电学院,河北 邯郸 056038;2. 新兴铸管股份有限公司 特种管材分公司,河北 邯郸 056046)

摘要:研究 Cr26 型高铬铸铁经过不同的热处理后,其组织、硬度和耐磨性之间的关系。实验结果表明,最佳的淬火工艺是 1 050℃ × 60 min 后空冷,硬度为 64.2 HRC;材料的硬度越高耐磨性能越好;并从组织状态和磨损机理方面分析了其原因。

关键词:Cr26 型高铬铸铁;热处理;显微组织;硬度;耐磨性

中图分类号:TG143.9

文献标识码:A

Effect of heat treatment on the microstructure and properties of Cr26 high chromium cast iron

ZHENG Li-yun¹, WANG Xiao-xiao¹, GAO Jie², WANG Li-hui²

(1. School of Mechanical and Electrical Engineering, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China;

2. The Special Pipe Branch of Xinxing Ductile Iron Pipes CO. LTD, Hebei Handan 056046, China)

Abstract: This paper studies the relationship between the structure, hardness and wear resistance about the Cr26 high chromium cast iron after different heat treatment. The experimental results show that the optimum quenching process is 1050℃ by air cooling after 60 minutes, the hardness can reach HRC 64.2. The higher the hardness of the material, the better wear resistance; The microstructures and wear mechanism are analyzed.

Key words: Cr26 high chromium cast iron; heat treatment; microstructure; hardness; wear resistance

高铬铸铁作为一种优良的抗磨材料,已在国内外采矿、建材、电力、冶金、泥沙输送等方面得到了广泛的应用。高铬铸铁显微组织的变化影响其耐磨性,而较好的热处理方式是充分发挥其耐磨性的必要手段^[1]。一般工业应用中高铬铸铁含有 10%~30% 的 Cr,其显微组织中的碳化物多以 (Fe,Cr)₇C₃ 形式存在,呈断续网状或棒条状,显微硬度可达到 1 300~1 800 HV,正是由于这种特殊碳化物的存在,使高铬铸铁的硬度和耐磨性都有明显的提高,相比普通耐磨材料不仅延长了材料使用寿命,而且节约了使用成本。Cr26 型高铬铸铁含大量的铬元素,进入基体后有利于提高合金淬透性,且具有良好的耐热耐腐蚀抗氧化性能,硬度高,耐磨性好,越来越受到人们的重视^[2]。但 Cr26 型高铬铸铁是一种脆性材料,韧性不足,不易进行变形加工,如何更好的对高铬铸铁进行变形

加工将会是以后人们研究的重点^[3]。本文就针对用离心浇注加包覆挤压的方法对加工成型的 Cr26 型高铬铸铁材料进行研究,就其热处理方式,显微组织特点,硬度变化与耐磨性之间的关系进行研究与探讨,确定了材料的最佳的淬火工艺,并提高了材料的耐磨性能。

1 实验方法

实验材料是用线切割机分别从从浇注坯料和挤压荒管上结合层处截取尺寸为 12.3 mm × 12.3 mm × 19.05 mm 的长方体小块。用 ARL4460 型火花直读光谱仪测定其成分,成分测试结果如表 1 所示。试样在 SX-10-12 型箱式电阻炉中进行加热保温,然后空冷处理。用 MPJ-35 型金相试样磨平机磨平,TH320 型全洛氏硬度计进行硬度测试,金刚石压头,主负荷 15 kgf,保载时间 5 s。

收稿日期:2015-04-21

基金项目:河北省自然科学基金(E2010001031)

作者简介:郑立允(1969-),女,河北邢台人,教授,博士,从事磁性材料方面的研究。

表 1 Cr26 型高铬铸铁铸态化学成分(质量分数%)

Tab. 1 Chemical composition of Cr26 high chromium cast iron (wt%)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	MO	Cu
2.75	0.56	1.09	0.03	0.05	24.24	0.26	0.30	0.05

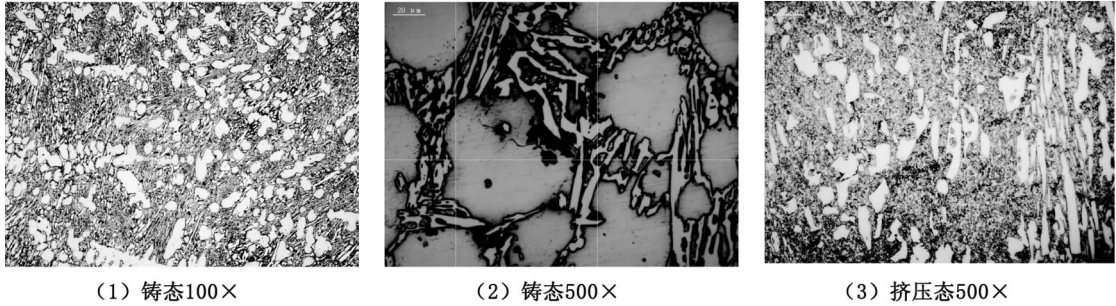


图1 Cr26型高铬铸铁挤压前后显微组织

Fig.1 Microstructure of Cr26 high chromium cast iron before and after extrusion

在 YM-2A 型金相试样预磨机上预磨,采用 PG-2A 型金相试样抛光机进行抛光,腐蚀剂为王水($\text{HNO}_3:\text{HCl}:\text{H}_2\text{O}=1:3:2$)。采用 Axio ImagerA2m 型金相显微镜观察金相组织,在 MRH-3G 型高速环摩擦磨损试验机上进行磨损实验,磨料为 100 目以下的棕刚玉和水的混合物(比例为6:1),载荷 200 N,电机转速 1 000 r/min,磨损时间 2 h,在精度为 0.000 1 g 分析天平上称重。

本实验材料中 Cr26 高铬铸铁浇注成分按国标 GB/T 8263-1999 抗磨白口铸铁件标准中规定的抗磨白口铸铁件的成分执行。表 1 表明由于离心浇注影响,内层包覆材料在浇注过程中将中间层 Cr26 高铬铸铁溶化,内层和中间层两种成分互溶,导致液体凝固后铸态 Cr26 高铬铸铁成分有所变化,Cr 含量有所降低。从图 1 看出,Cr26 型高铬铸铁铸态组织为亚共晶白口铸铁组织,奥氏体加共晶碳化物;挤压后组织破碎,晶粒细化,形状没有明显规律。

2 试验结果与分析

2.1 热处理工艺对材料力学性能的影响

经不同热处理工艺处理后 Cr26 型高铬铸铁的硬度值见表 2。从表中可以看出,不同的热处理工艺,使 Cr26 型高铬铸铁显示出不同的硬度值,与挤压态相比硬度值均有明显提高。1 000℃ 和 1 050℃ 相同保温时间,不同淬火介质淬火时,高铬铸铁冷却速度不同,材料显示的硬度值大小不一,但相差不多,所以为了节约成本,我们选用空冷方式进行冷却。850℃ 和 1 050℃ 不同保温时间,空

冷态下材料的硬度值相比较,保温 60 min 时材料的硬度略高,因为若保温时间不够,淬火马氏体转变不完全,淬火硬度偏低,保温时间过长时,残余奥氏体量会增加,材料硬度也会下降^[4],所以确定淬火保温时间为 60 min。实验中回火处理对材料的硬度影响不大,但在较低温度下回火处理,既可以下去淬火应力,又可以保证材料的高硬度。

表 2 不同状态下 Cr26 型高铬铸铁的硬度值

Tab. 2 Hardness of Cr26 high chromium cast iron under different conditions

热处理工艺	显微硬度/HRC
挤压态	32.6
850℃ × 50 min 空冷	50.4
850℃ × 60 min 空冷	50.9
850℃ × 100 min 空冷	50.6
900℃ × 60 min 空冷	53.0
950℃ × 60 min 空冷	56.4
1 000℃ × 60 min 空冷	62.4
1 000℃ × 60 min 水冷	63.1
1 000℃ × 60 min 油冷	62.2
1 050℃ × 30 min 空冷	63.5
1 050℃ × 60 min 空冷	64.2
1 050℃ × 60 min 空冷 + 180℃ × 60 min 空冷	62.0
1 050℃ × 60 min 空冷 + 260℃ × 60 min 空冷	59.7
1 050℃ × 100 min 空冷	62.6
1 050℃ × 60 min 水冷	62.4
1 050℃ × 60 min 油冷	64.1
1 050℃ × 60 min 淬火液冷却	63.9
1 100℃ × 60 min 空冷	62.0
1 150℃ × 60 min 空冷	53.4

2.2 淬火温度对材料组织及硬度的影响

从表 2 和图 2 都可以看出,淬火温度对材料

的硬度影响较大,硬度值先随淬火温度的增加而增大,到某一值后便随淬火温度的增加而减小。显然 1 050℃ 淬火温度下材料的硬度值最大,确定材料的最佳淬火温度为 1 050℃。

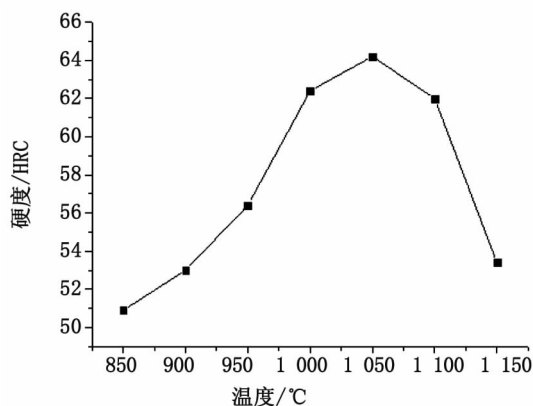
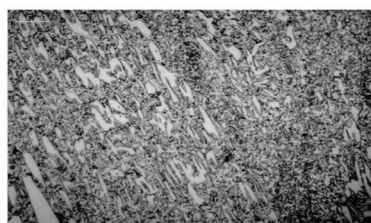
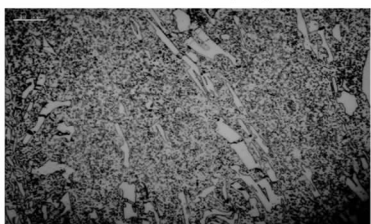


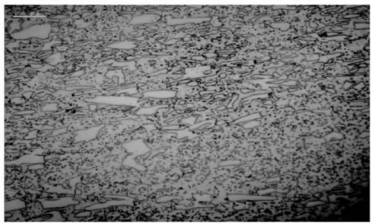
图2 不同温度保温60 min淬火后材料硬度值
Fig.2 Hardnesses of material under different quenching temperature



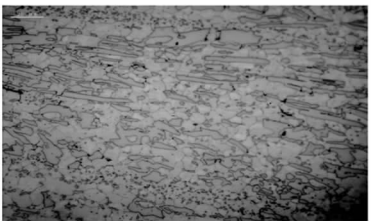
(a) 850℃×60 min 空冷 500×



(b) 950℃×60 min 空冷500×



(c) 1 050℃×60 min 空冷500×



(d) 1 150℃×60 min 空冷500×

图 3 不同淬火温度下材料的显微组织
Fig.3 Microstructure of materials under different quenching temperature

图 3 展示了经 850℃、950℃、1 050℃、1 150℃ 保温 60 min 空冷后 Cr26 型高铬铸铁的显微组织状态。高铬铸铁具有高淬透性,空冷后的组织由共晶碳化物、二次碳化物、马氏体和残余奥氏体组成。随着淬火温度的增加,二次碳化物由析出转为融入为主,淬火温度较低时,奥氏体中析出较多的二次碳化物。如图 3(a),基体中合金元素也减少,淬火后得到的马氏体含碳量较低,硬度也较低;淬火温度较高时,二次碳化物大部分融入奥氏体基体,基体中合金元素也增多,淬火后得到的马氏体含碳量较高,组织粗大,且有大量的残余奥氏体存在,基本没有二次碳化物的存在,如图 3(d),使材料硬度随之降低^[5]。从图 3(c) - (d)看出,1 050℃ 淬火试样比 1 150℃ 淬火试样的基体组织中有较多的二次碳化物颗粒,与图 3(a)、(b)相比又有较少的二次碳化物残留在奥氏体基体中,且由图 2 看出,1 050℃ 淬火温度下材料的硬度最高,所以在 1050℃ 淬火时,二次碳化物的溶入和析出量最适合,材料组织均匀,显示出最高的硬度值。

2.3 硬度与耐磨性分析

高铬铸铁在抵抗泥沙冲蚀的过程中,基体在磨料磨损的过程中主要是起支撑碳化物和抵抗磨粒对自身磨损的作用,组织中硬度较高的(Fe,Cr)7C3 型碳化物主要起抵抗磨粒磨损的作用。一般认为高铬铸铁硬度增大耐磨性能也会增加,实验结果也证实了这一结论,材料的高硬度有效提高了材料的抗磨粒磨损的能力^[6],材料硬度越高,磨损量越小(如表 3)。Cr26 型高铬铸铁经热处理后,基体由软韧的奥氏体(300 ~ 600 HV)和硬度较高的马氏体(500 ~ 1 000 HV)组成起支撑作用,而硬脆的(Fe,Cr)7C3 (1 300 ~ 1 800 HV)型共晶碳化物和二次碳化物均匀分散其中,起抵抗磨粒磨

表 3 不同硬度下材料磨损量

Tab. 3 Wear amount under different hardness

热处理工艺	显微硬度/HRC	磨损量/mg
挤压态	32.6	920.8
850℃ × 60 min 空冷	50.9	673.1
900℃ × 60 min 空冷	53.0	601.0
950℃ × 60 min 空冷	56.4	477.5
1 000℃ × 60 min 空冷	62.4	302.7
1 050℃ × 60 min 空冷	64.2	235.3
1 100℃ × 60 min 空冷	62.0	498.2
1 150℃ × 60 min 空冷	53.4	697.7

损的作用,材料硬度较高时,组织均匀,硬质碳化

物能有效组织泥沙对基体的冲蚀作用,而基体也充分发挥了它对硬质相的有效支撑,不至于受冲蚀而脱落,也使自己得到了保护。正是这种特殊的组织结构,相互配合,Cr26型高铬铸铁也被大家认同为较好的高耐磨材料,可广泛用于泥浆泵泵壳中^[7]。

3 结论

从成本和效果综合考虑,确定 1 050℃ × 60 min后空冷为 Cr26 型高铬铸铁提高硬度的最佳淬火工艺,材料硬度为 64.2 HRC;材料组织均匀;耐磨性最好,实验磨损量为 235.3 mg。

参考文献:

[1]袁子洲,匡毅,于金峰. 回火温度对 KmTBCr26 高铬铸

铁组织和力学性能的影响[J]. 铸造,2004,53(10):788-791.

[2]毛双亮. Cr26 型高铬铸铁组织性能及其热处理工艺[J]. 铸造技术,2011,32(9):1230-1233.

[3]孙凯. 高铬铸铁的研究现状[J]. 热加工工艺,2012,41(12):53-55.

[4]朱丽娟,杨程坤,赵志力. 高炉衬板用 8M \$0 高铬铸铁热处理工艺研究[J]. 铸造,2012,59(3):308-311.

[5]杨建,雷刚,成小乐,等. Cr26 高铬铸铁热处理组织研究[J]. 重型机械,2013(Z1):218-220.

[6]邓进俊,邵红红,彭玉婷,等. 热处理对高铬铸铁组织与耐磨性的影响[J]. 金属热处理,2013,38(3):82-85.

[7]杨先波,宋大军. Cr26 高铬铸铁在泥浆泵中应用的泥沙磨损机理分析[J]. 中国水运,2012,12(8):82-84.

(责任编辑 王利君)

(上接第 77 页)

(3)中导洞 K72+720 断面用 GM(1,1) 建模来进行预测(取 8.6~8.11 号的实测水平收敛值输入 MATLAB 程序,预测 8.12~8.15 的变形值)得到表 4。

通过表 4 可知:连拱隧道中洞 K72+720 断面的实测值和模拟值基本吻合,达到预测的目的;从灰色模型预测趋势来看,随着预测时间的延长,预测值偏离实际值的程度有所加强,证明了短期预测效果良好,中期预测效果偏差较大,导致后期偏差较大的原因是围岩随着隧道开挖时间的延长逐渐趋于稳定,最终便和预测值产生较大的差距,所以,GM(1,1)模型预测基于不同的施工状况最终的预测精度也会有较大的偏差,建议在连拱隧道施工时运用多种预测方法进行预测分析。表 4 的平均相对误差 14.23% 明显大于表 2、表 3 的 1.9% 和 4.5% 也印证了上述表达的正确性。

3 结论

1)当选 GM(1,1)模型预测时,并不是前期数据越多精度就越高,有时反而会降低预测的精度,所以选取合适的阶数进行建模预测很重要。

2)GM(1,1)模型对隧道变形预测时,对于不同的数据样本其预测精度会有差距,但对单个样本其预测值与监测值总体上能够保持一致,虽然有一定误差,但都在误差范围内,预测精度满足连

拱隧道施工需要。

3)随着预测时间的延长预测值与实际值的偏离程度有所加强,说明了 GM(1,1)模型预测适用于短中期连拱隧道变形预测,进行长期预测则要慎重选择。因此,建议在运用灰色理论的模型时应尽量选用最新的数据,且预测步数不要过多,或者,结合其他预测方法进行比对、综合考虑。

参考文献:

[1]刘贵应,王宇兴. 高速公路双联拱隧道结构分析及施工工艺的优化[J]. 地质科技情报,2003,22(1):97-99.

[2]霍润科,周峰. 四联拱浅埋暗挖隧道施工监测与数值分析[J]. 西安建筑科技大学学报,2013,45(6):330-335.

[3]孙思忠,王利民. 应用灰色理论对高层建筑沉降变形进行预测的研究[J]. 建筑科学,2007,23(11):13-15.

[4]毛昶熙. 渗流计算分析与控制[M]. 北京:水利电力出版社,2003.

[5]刘思峰,党耀国. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京:科技出版社,2010.

[6]王军,夏才初. 不对称连拱隧道现场监测与分析研究[J]. 岩石力学与工程学报,2004,23(2):267-271.

[7]杨小礼,李亮. 偏压隧道结构稳定性评价的信息优化分析[J]. 岩石力学与工程学报,2002,21(4):484-488.

(责任编辑 王利君)