

应用技术

D型石墨奥氏体基体铸铁抗氧化性能的研究

岳旭东¹, 吴春京¹, 余光达¹, 戈剑鸣²

(1 北京科技大学材料学院, 北京 100083; 2 江苏常熟市东方模具厂, 江苏常熟 215558)

摘要: 对D型石墨奥氏体基体铸铁的化学成分进行了试验设计, 研究了高温不同温度下它的抗氧化性能, 探讨了抗氧化机理。结果表明, D型石墨奥氏体基体铸铁具有较好的抗氧化性能, 可为该合金用于玻璃模具提供生产依据。

关键词: D型石墨; 抗氧化性; 奥氏体基体铸铁

中图分类号: TG143.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4977 (2005) 08-0807-04

Study on the Oxidation-resistance of Austenitic Cast Iron with D-Type Graphite

YUE Xu-dong¹, WU Chun-jing¹, SHE Guang-da¹, GE Jian-ming²

(1. School of Materials Science & Engineering, University of Science & Technology Beijing, Beijing 100083, China; 2. Jiangsu Changshu Orient Mould & Die Co. Ltd, Changshu 215558, Jiangsu, China)

Abstract: In this paper, the optimization of chemical composition of austenitic cast iron with D-type graphite was introduced. The anti-oxidizing properties of austenitic cast iron with D-type graphite were investigated in the different temperature, the oxidizing resistance mechanism was discussed. The result showed that austenitic cast iron with D-type graphite had excellent oxidizing resistance. The study provided experiment proof for application for glass moulds.

Keywords: D-type graphite; anti-oxidizing properties; austenitic cast iron

铸铁在高温条件下工作时, 通常会产生氧化和生长等现象, 在铸件表面会产生氧化起皮。如玻璃模具材质的主要失效形式起源于氧化, 抗氧化性能已成为模具的重要指标。奥氏体铸铁由于具有较好的耐蚀性、可控热膨胀、高温和低温氧化性能良好, 在许多领域应用。D型石墨, 其形貌呈点状与小片状特征, 分布无方向性, 与基体间的间隙较小, D型石墨铸铁具有较好的力学性能和抗氧化、抗生长特性。本研究中, 采用在铸铁中加入合金元素钛、镍和控制铸造工艺方法获得D型石墨奥氏体基体组织, 并进行了抗氧化性能试验, 为该合金用于玻璃模具部件的试生产提供了参考依据。

1 试验方法

1.1 熔炼

熔炼设备为50 kg中频感应电炉, 试验材料有生铁、镍板、铬铁、钛铁、锰铁等合金。将生铁、废钢、镍板熔化后, 加入铬铁、锰铁等合金, 将铁液过热到1 500℃以上, 扒渣后将钛铁压入, 过热保温一定时间后, 出炉浇注。

1.2 金相试样

采用普通湿砂型浇注Φ25 mm×200 mm试棒, 铁液浇注温度为1 350~1 400℃, 采用快速微型热电偶进行

温度测量。金相试样从距试棒低端30 mm处截取, 经打磨、抛光后进行石墨形态和基体组织观察。

1.3 氧化试验方法

用氧化速度来判断铸铁的抗氧化性能。试样尺寸为Φ12.5 mm×25 mm。每种材质加工3个试样, 试样机加工后经酒精、丙酮多次清洗, 充分干燥后, 用分度值为0.5 mg的TG31型精密标准天平称量。每个试样分别直立放在不同刚玉坩锅内, 按一定次序放入RJX-8-13箱式电阻炉中, 升温到规定温度, 并保证炉内有充足的空气。氧化时间从达到规定温度算起, 保温到规定时间后断电, 炉冷到300℃, 然后空冷到室温后立即称量, 氧化速度按式(1)计算。

$$v = \frac{m_2 - m_1}{St} \quad (1)$$

式中, v 为平均氧化速度, $\text{g/m}^2 \cdot \text{h}$; m_1 为试验前试样的重量, g ; m_2 为试验后试样的重量, g ; S 为试样表面积, m^2 ; t 为试验时间, h 。

1.4 铸铁成分

试验用铸铁的化学成分如表1所示。

2 试验结果与讨论

不同化学成分材质的基体组织、石墨形态见表2。在不同温度、不同时间, 各种铸铁氧化速度结果见表3。

表 1 不同材质的化学成分

Table1 Composition of the test alloys							$w_B(\%)$
编号	C	Si	Ni	Mn	Cr	Ti	
1#	2.72	2.10	17.5	0.65	0.30	0.20	
2#	2.75	2.00	20.0	0.65	2.50	0.21	
3#	2.70	2.10	17.5	5.5	0.30	0.21	
4#	2.75	2.10	20.0	0.65	0.30	0.21	
5#	3.00	2.00	20.0	0.65	0.30	0.10	
6#	3.30	2.10	-	0.65	0.15	0.20	
7#	3.50	1.80	-	0.60	0.20	-	

表 2 不同试样的组织、石墨形态

Table2 Microstructure and graphite structure of the different samples			$w_B(\%)$
编号	基体组织	石墨形态	
1#	奥氏体	D 型石墨	
2#	奥氏体	细A+D型石墨	
3#	奥氏体	D 型石墨	
4#	奥氏体	D 型石墨	
5#	奥氏体	细A型石墨	
6#	铁素体	D 型石墨	
7#	铁素体+珠光体	粗A型石墨	

表 3 不同材质铸铁氧化性能试验结果

Table3 Date of oxidation resistance of the different cast iron								$/ (g \cdot m^{-2} \cdot h^{-1})$
编号	600 ℃			700 ℃			850 ℃	
	50h	90h	140h	50h	90h	140h	150h	
1#	0.657	0.566	0.528	2.512	1.999	1.647	6.674	
2#	0.617	0.527	0.496	1.789	1.579	1.454	4.549	
3#	0.764	0.725	0.541	3.068	2.253	1.791	5.840	
4#	0.515	0.489	0.457	2.252	1.696	1.452	4.869	
5#	0.759	0.623	0.628	2.288	1.854	1.452	6.435	
6#	0.882	0.665	0.628	2.390	1.743	1.975	8.403	
7#	1.152	0.968	0.886	2.732	2.095	1.787	11.403	

2.1 氧化动力学曲线

2#、4#、6#、7# 材质在600℃、700℃氧化动力学曲线见图1、图2。可以看出，D型石墨奥氏体铸铁的氧化动力学曲线基本符合抛物线形，与大多数金属及合金氧化规律相符，并且具有较好的抗氧化性能。

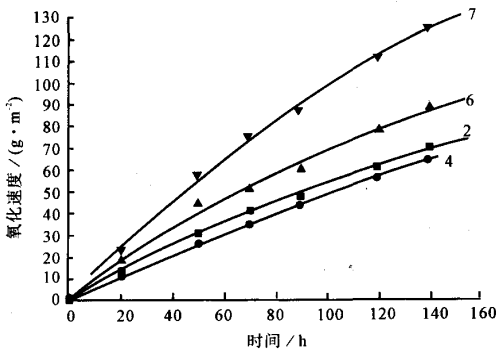


图1 600℃时的氧化动力学曲线
Fig.1 Oxidizing dynamics curve at 600℃

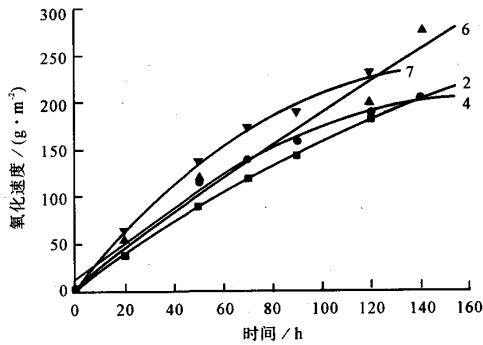


图2 700℃时的氧化动力学曲线
Fig.2 Oxidizing dynamics curve at 700℃

2.2 石墨形态、基体组织对铸铁抗氧化性能的影响

从氧化增重速度看，材料基体相同，但石墨形态不同时，铸铁的氧化速度是不一样的。石墨形态为D型时，铸铁的氧化速度要小于石墨形态为A型时的铸铁。当石墨形态同为D型时，基体组织不同时，氧化速度也是不一样的。奥氏体基体铸铁具有较好的抗氧化性。2#、4#、6#试样石墨形态、基体组织见图3~图7。

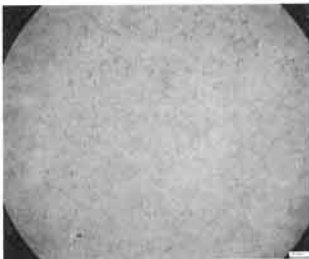


图3 4# 试样石墨组织
Fig.3 Graphite structure of 4# sample



图4 2#试样石墨组织
Fig.4 Graphite structure of 2# sample



图5 4# 试样基体组织
Fig.5 Matrix structure of 4# sample



图6 2#试样基体组织
Fig.6 Matrix structure of 2# sample

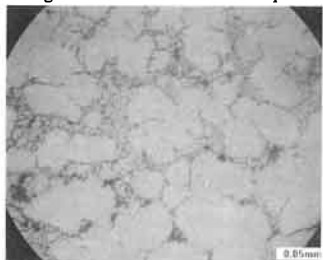


图7 6#试样基体组织
Fig.7 Matrix structure of 6# sample

D型石墨的形态属于点、片状,是在奥氏体枝晶间形成的许多细小的无一定排列方向的石墨。奥氏体的连续性割裂了石墨片的连续性,使石墨间互不相通。而且D型石墨与基体间的间隙小于A型石墨与基体间的间隙,在高温下,降低了氧化性气体侵入铸件内部的通道,减小了氧化表面。石墨形态、大小、数量是影响铸铁高温氧化速度的因素之一,石墨越粗大、数量越多,氧化性气体越易侵入铸件内部,加速氧化进行。细小、互不连通的D型石墨具有较好的抗氧化性能^[1-4]。

由于D型石墨细小、卷曲、端部较钝的形态,决定了它对基体的切割作用小,基体组织组织致密,不易引起较大的应力集中,从而导致表面上的氧化层破坏,加速氧化进行。

为了在常温下获得稳定的奥氏体组织铸铁,加入20%左右的镍,镍大部分固溶于基体中,使奥氏体更稳定,提高了铸铁的常温和高温性能,在温度变化中避免组织相变,降低因温差产生的热应力^[5-6],铸铁不易产生裂纹破坏,减小氧原子侵入基体通道。基体为奥氏体时,由于奥氏体具有面心立方结构,原子密度大,因而溶质原子在其中的扩散速度小,降低氧原子与金属原子的结合速度。从不同的温度氧化试验看,奥氏体基体铸铁的抗氧化性都较好。

从氧化试验中可以看出,铸铁的氧化速度随温度的升高而升高,随着时间的增加铸铁的氧化速度有所降低。主要是随着时间延长,在铸铁表面形成了一定厚度的氧化薄膜,阻碍铸铁进一步氧化。

2.3 合金元素对氧化性能的影响

锰、铜都为扩大奥氏体区的元素,可代替一部分镍元素,同样得到奥氏体基体组织,但氧化试验表明,

两者对抗氧化性能都略有降低。3#试样加入5.5%的锰。虽然MnO和FeO形成固溶体,能稳定FeO,但MnO在FeO中并不能使金属离子扩散减慢^[7],所以不利于铸铁抗氧化性提高。

2#试样加入了2.5%的铬元素,在高温下形成致密的Cr₂O₃保护膜,降低了氧化速度,可看出抗氧化性较好。但析出的碳化物数量增多、粗大。

2.4 氧化膜形貌

D型石墨奥氏体铸铁高温氧化下,其氧化层结构见图8。紧靠外氧化膜的里面,存在一层内氧化层,通过对氧化膜线扫描成分分析可知,靠近正常组织存在一定宽度的脱石墨带,靠近脱石墨带的未氧化区域石墨尺寸稍有变化,致密性一般,存在一些微空洞。另外在已氧化的D型石墨部位被Fe、Si、Mn的氧化物充填,阻碍氧沿石墨向铸铁内部侵入速度。因此D型石墨奥氏体铸铁的氧化象石墨铸铁一样,氧化过程中会产生“自堵塞”现象,即D型石墨奥氏体铸铁是非直接氧化。而A型石墨铸铁没有发现脱石墨带。因此,D型石墨铸铁的抗氧化性高于A型石墨铸铁。

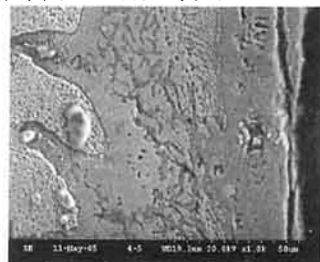


图8 4#氧化膜形貌
Fig.8 Form of oxidizing film

3 结论

(1) 设计D型石墨奥氏体基体铸铁的化学成分,本实验条件下抗氧化性能较好的是4#试样的成分。

(2) 石墨细小,铸铁的氧化增重速度减小,抗氧化性能提高。D型石墨铸铁的抗氧化性优于A型石墨铸铁。

(3) 通过加入高镍保持铸铁具有单一奥氏体组织,提高铸铁的高温性能,降低温差、相变带来的应力变化,D型石墨奥氏体基体铸铁具有较好的抗氧化性。

(4) D型石墨奥氏体基体铸铁的氧化膜存在一定宽度的脱石墨层。

参考文献:

- [1] 刘炳,周小演.灰铸铁石墨形态的研究[J].新疆工学院学报,1996,17(4):271-275
- [2] 张兆云,等.D型石墨灰铸铁的认识[J].铸造技术,2003,24(4):283-284
- 邱复兴.D·E石墨的形成机理和防止E型石墨产生的措施[J].铸

- 造, 1989, (3): 24-25
- [3] 杨森, 等. 玻璃模具用低铬D型石墨灰铸铁的研究[J]. 铸造, 2001, 50 (8): 462-465
- [4] 陈平昌. 高镍奥氏体球墨铸铁高温性能研究[J]. 华中理工大学学报, 1995, 23(1): 104-108

- [5] 郭珊. 奥氏体铸铁组织与性能[J]. 热加工工艺, 1999, (2): 11-13
- [6] 中国机械工程学会铸造分会. 铸造手册(第1卷. 铸铁)[M], 北京: 机械工业出版社, 2002, 502-503
- (编辑: 田世江, tsj@foundryworld.com)

吉林省铸造技术协会成立暨第一次会员代表大会

在一汽铸造有限公司召开

2005年7月2日, 吉林省铸造技术协会成立暨第一次会员代表大会在一汽铸造有限公司召开。全国铸造学会秘书长苏仕方、中国铸造协会常务副会长李永圣、吉林大学姜启川教授、沈阳市铸造协会会长葛厚颜、吉林省民政厅局长曹文龙、省经贸委有关领导、铸造杂志社代表以及来自全国各地铸造企业和铸造原辅材料企业的代表等130余人莅临会议。

会议举行了吉林省铸造技术协会成立及揭匾仪式, 确定了协会的组织机构和协会核心领导成员, 通过举手表决一致通过了协会章程等重要事宜, 会议全体代表还参观了一汽铸造有限公司所属各专业厂和铸造研究所。

为促进吉林铸造业发展, 在吉林省政府及省科协的大力支持下, 本着由一汽铸造有限公司带动吉林省铸造及相关行业共生共赢的原则, 在一汽铸造有限公司总经理于永来等人倡导筹建下, 终于成立了吉林省铸造技术协会。

吉林省铸造技术协会系具有法人地位的行业团体。省铸造协会下设铸铁铸钢分会、压铸分会、有色分会、模具分会等。协会业务范围包括技术交流、规范行业标准、技术咨询、技术转让、检测分析、行业监督检查与专业协作等。于永来任协会会长, 马顺龙任协会常务副会长。

吉林省铸造技术协会核心组成人员

会长: 于永来

顾问: 宫元俊、赵立信、车学温、何镇明、谷正荣、徐中太、杨殿文、邢敬茹

常务副会长(法人): 马顺龙(一汽铸造研究所所长)

副会长: 郑哲(一汽铸造有限公司副总经理)

侯骏(一汽铸造有限公司副总经理)

姜启川(吉林大学材料学院院长、教授)

李淑梅(长春地区—长春市东方铸造公司经理)

李昌庆(长春地区—长春轨道客车股份有限公司铸钢厂厂长)

潘宏伟(吉林地区—吉林市碳素工程公司经理)

刘玉民(四平地区—吉林省公主岭市玛钢有限责任公司经理)

王维廷(德惠地区—德惠大华机械有限公司董事长)

刘志伟(白城地区—白城市通业有限责任公司经理)

贾林夫(长春市天林钢模厂总经理)

秘书长: 石营

副秘书长: 贾树胜(吉林大学教授)

赵宇光(吉林大学教授)

何明必(铸造公司专家、研究员级高工)

常国峰(铸造公司专家、高级工程师)

理事: 王坦(一汽铸造有限公司总经理助理、市场部部长)

淳于贤钊(长春东方压铸有限公司总经理)

张瑞卿(一汽铸造有限公司铸造一厂厂长)

郝影秋(一汽铸造有限公司铸造二厂厂长)

胡金豹(一汽铸造有限公司特铸厂厂长)

刘吉寅(一汽铸造有限公司有色铸造厂厂长)

孙伟(一汽铸造有限公司铸模厂厂长)

邓子超(一汽铸造有限公司联合压铸公司总经理)

郑瑞(一汽铸造有限公司采购部部长)

王少民(一汽铸造有限公司人事部部长)

张志东(通化钢铁集团公司总师)

周宏(吉林大学教授)

王国新(宝成铸造通风设备制造有限公司经理)

郝长安(西安秦翔科技有限责任公司经理)

闻雷(海城西洋钢铁有限公司部长)

胡虎生(铁岭隆达制铁有限责任公司总经理)

母成发(通辽大林型砂有限公司总经理)

刘卫平(山西离石市粮裕焦化厂总经理)

林俊生(濮阳市林州钢铁有限公司总经理)

王化宇(四平市铸造协会秘书长)

郑殿君(北京亿通正龙工贸有限公司总裁)

秦升益(北京仁创铸造有限公司副总裁)

董恩波(伊通满族自治县汽车制造厂厂长)

史国林(唐山市开平区兴源耐火材料厂总工)

胡勇(中国机械工业第九设计研究院院长)

王景相(长春市英俊精密铸造有限公司总经理)

孙海亭(上海高桥陆凌五金电器厂厂长)

吕书华(长春市立源润滑材料厂厂长)

贾清林(吉林华洋矿业勘查开发有限公司烟筒山钠土厂总经理)

田洪福(一汽集团公司规划部副部长)

边庆月(一汽铸造有限公司研究所所长助理)

马艳霞(上海欧区爱国际贸易有限公司)

压铸分会会长: 胡金豹 **副会长:** 邓子超

铸铁铸钢分会会长: 张瑞卿 **副会长:** 郝影秋、赵宇光、李昌庆

有色铸造分会会长: 刘吉寅

模具分会会长: 孙伟

《铸造技术与信息》编辑室主任: 何明必

教育培训委员会主任: 王少民

铸造技术协会技术专家委员会主任: 马顺龙(兼)

专家成员: 鲁永杰、刘文辉、刘海峰、佟国栋、张凤山、金胜灿、逢伟、

高广阔、夏振佳、黄河、李祖勋、何明必、金范龙、孟毓、岳安生、杨

德田、姜启川、贾树胜、赵宇光

(高传亮、何明必供稿; 田世江编辑)