

# 两种大断面球墨铸铁用孕育剂的效果分析

倪 钧<sup>1</sup>, 马寒坤<sup>2</sup>, 狄崇祥<sup>1</sup>, 张本水<sup>2</sup>, 赵 平<sup>1</sup>, 张吉祥<sup>2</sup>, 郭利霞<sup>2</sup>

(1. 青岛科技大学材料科学与工程学院, 山东青岛 266042; 2. 内蒙古圣泉科利源新材料科技有限公司, 内蒙古自治区巴彦淖尔 014400)

**摘要:** 根据风电大断面球墨铸铁件的生产需要, 开发了Si-Ba和Si-Bi两种高效孕育剂。利用阶梯试样模拟铸造中试试验, 对比分析了不同壁厚的采用两种孕育剂试样的微观组织以及力学性能。结果表明: 两种孕育剂都可以提高球墨铸铁的球化率, 减小石墨球平均尺寸。Si-Bi孕育剂不但能提高球化率, 而且极大增加了石墨球数, 平均石墨球数达到80个/mm<sup>2</sup>; 采用Si-Bi孕育剂的试件在球化率及石墨球数上均高于采用Si-Ba孕育剂的试件, 且采用Si-Bi孕育剂的试件石墨球平均尺寸较小。采用两种孕育剂的试件性能均高于标准值, 在不同壁厚条件下, 采用Si-Bi孕育剂的试件抗拉强度及屈服强度均高于采用Si-Ba孕育剂的试件。在200 mm壁厚尺寸下, 采用Si-Bi孕育剂试件抗拉强度具有最大值445 MPa。在不同壁厚条件下, 采用Si-Bi孕育剂的试件其断面收缩率、断后伸长率多数低于采用Si-Ba孕育剂的试件; 采用Si-Bi孕育剂的球墨铸铁强度明显高于采用Si-Ba孕育剂的强度, 而采用Si-Ba孕育剂的铸件延展性较好。

**关键词:** 风电铸件; 高效孕育剂; 球化率; 石墨球

## 作者简介:

倪钧(1998-), 男, 硕士生, 主要研究方向为风电机械用大断面球墨铸铁新型孕育剂的研制。E-mail: nj178636@163.com  
通讯作者:  
郭利霞, 女, 高级工程师。E-mail: glx@keliyuan.ltd

中图分类号: TG255  
文献标识码: A  
文章编号: 1001-4977(2022)09-1127-06

基金项目:  
山东省自然科学基金面上项目(ZR2020ME009)。  
收稿日期:  
2021-12-23 收到初稿,  
2022-03-18 收到修订稿。

球墨铸铁的出现改变了人们对铸铁加工工艺性能好, 但强度低、塑性差、只能加工成一般铸件的传统印象。球墨铸铁在保留一般铸铁工艺性能及多种优点的同时, 拉伸强度及屈服强度发生了很大改变, 甚至可赶超钢<sup>[1]</sup>。如今球墨铸铁因有着良好的适应性和优良的力学性能应用于生产各种机械零件, 已成为应用十分广泛的机械工程材料。近年来, 我国球墨铸铁的产量逐年增加, 2020年达到1 530万吨, 位居世界第二位, 增长率为世界第一<sup>[2]</sup>。

目前制造相关风力、水力发电等大型设备均需要壁厚一般大于100 mm的球墨铸铁, 导致大断面球墨铸铁件需求日益增长, 应用也逐渐广泛, 如制造发电机组的轮毂、大型压力机机架、核乏燃料容器等。但大断面球墨铸铁件组织结构经常有变态石墨、碎块状石墨, 易出现缩孔、缩松等铸造缺陷, 使得铸件力学性能降低, 导致大断面球墨铸铁件的应用与发展滞后<sup>[3-5]</sup>。为了改善厚壁大断面球墨铸铁的组织结构, 减少甚至消除组织缺陷, 提高其力学性能, 需提高浇注阶段孕育处理的效果, 即加入一定量的高效孕育剂。目前市面上生产的孕育剂一般分为两种类型, 即普通型(Si-Fe孕育剂)和高球化率的高效型(Si-Bi孕育剂、Si-Ca-Ba孕育剂、硫氧孕育剂等)。

本试验采用自主研究开发的二种新型孕育剂, 用于大断面球墨铸铁件的生产, 对比采用这二种孕育剂球铁的微观组织及其力学性能。

## 1 试验材料和方法

### 1.1 试验材料

原料为低硫、含硅量为0.5%的生铁, 废钢, Q235-A以及少量普通钢片。球化剂为FeSiMg6RE0.5, 试验所需孕育剂为一次孕育剂(粒度3~8 mm)和随流孕育剂(Si-Ba孕育剂1<sup>#</sup>、Si-Bi孕育剂2<sup>#</sup>), 两种孕育剂的化学成分如表1所示。

表1 两种孕育剂的化学成分  
Table 1 Chemical composition of the two inoculants

孕育剂	$w_B / \%$				
	Si	Ca	Ba	Al	Bi
1 <sup>#</sup> , Si-Ba合金	70~75	1~2	2~4	1~2	0
2 <sup>#</sup> , Si-Bi合金	70~75	1~2	0	1~2	1~5

试验要制备的材料牌号为QT400, 试验铸件为特殊阶梯型试块, 各阶梯壁厚分别为50 mm、100 mm、200 mm、300 mm, 且各个阶梯长度均为150 mm, 高度为200 mm, 试样尺寸如图1a, 图1b为木模实物图。通

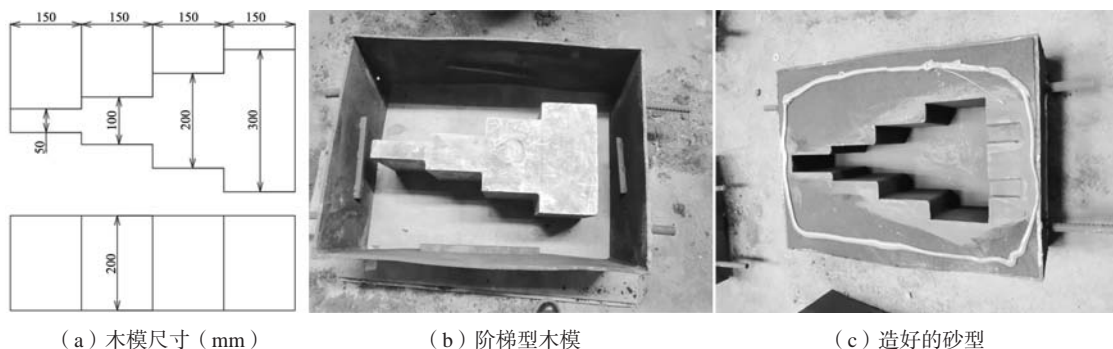


图1 木模及造好的砂型

Fig. 1 Wood pattern and manufactured sand mold

为保证试验过程中原铁液各化学成分在未加孕育剂之前达到标准值 (QT400), 取出一小勺铁液制成试样, 待铁液完全成形, 对其表面进行打磨。使用光谱分析仪对其成分进行定量分析, 铁液各成分控制量如表2所示。

表2 铁液成分控制范围  
Table 2 Composition control range of iron melt

$w_B / \%$					
C	Si	Mn	S	P	Mg
3.6~3.8	1.0~1.2	≤0.2	≤0.013	≤0.03	0.04~0.05

### 1.3 试样制备及测试方法

对试验铸件的力学性能进行检测, 拉伸试验执行GB/T 228—2002标准, 在室温下进行, 利用万能力学试验机对检测棒材实施拉伸, 拉至断裂后测得各项力学性能。检测试棒从试验铸件的各阶梯同一位置处选取, 取3个试棒, 然后求其平均值<sup>[7-8]</sup>。

通过观察球墨铸铁金相对试件微观组织进行分析, 金相试验执行GB/T 9441—2009标准<sup>[9]</sup>。金相试样制备: 使用线切割机床取样后, 用磨抛机对试件进行粗磨且对试件边缘进行倒角, 过程中需不断加入水, 防止高温导致基体组织改变。后经粗、细砂纸依次打磨, 抛光机抛光, 超声清洗以及酒精清洗可得标准试样, 采用XTL-16B金相显微镜观察球墨铸铁显微

组织。对试块阶梯处分别取样来观察分析各孕育剂的孕育效果。

### 1.2 试验过程

采用呋喃树脂自硬砂造型, 砂型抗拉强度为1.0 MPa, 型腔刷醇基石墨粉涂料, 造好的砂型如图1c。球化剂和孕育剂工艺为: 包内球化, 每包铁液重600 kg, 球化剂加入量为1.2%, 同时加入0.6%的一次孕育剂覆盖。出铁温度为1 500 °C ± 10 °C, 浇注温度为1 450 °C ± 10 °C, 期间加入一定量的除渣剂, 对铁液进行扒渣处理<sup>[6]</sup>。

组织。球化率、球化等级、石墨球数、石墨球平均大小、尺寸级别等通过金相图像分析软件 (型号: YKJX-3000C) 进行计算。为观察基体组织形态, 采用5%的硝酸酒精溶液进行腐蚀, 5~10 s后, 观察试件表面变化情况。

## 2 结果与分析

### 2.1 力学性能分析

球墨铸铁的力学性能检测结果如表3所示, 该两种孕育剂球铁的力学性能均在标准值以上, 抗拉强度 ≥ 400 MPa、屈服强度 ≥ 250 MPa。计算各球铁力学性能的平均值可知, 采用Si-Ba孕育剂的试件平均抗拉强度为433 MPa, 平均屈服强度为268 MPa, 平均断后伸长率为12.8%, 平均断面收缩率为14.5%。而采用Si-Bi孕育剂试样的平均抗拉强度为440 MPa, 平均屈服强度为271 MPa, 平均断后伸长率为11.9%, 平均断面收缩率为13%。根据平均数据可知, 采用Si-Bi孕育剂处理的试件在抗拉强度及屈服强度方面高于采用Si-Ba孕育剂, 其平均值相差7 MPa、3 MPa。而采用Si-Bi孕育剂在断后伸长率以及断面收缩率等塑性性能方面低于采用Si-Ba孕育剂, 其平均值相差0.9%、1.5%。

不同壁厚尺寸下抗拉强度、屈服强度、断后伸长率、断面收缩率对比如图2所示。图2a表明, 随着试件

壁厚尺寸的增大,两种孕育剂处理的试件其抗拉强度呈先增大后减小的趋势。采用Si-Ba孕育剂的试件在壁厚100 mm处抗拉强度达到最大值,为439 MPa,但是在壁厚为50 mm及300 mm处均未达到平均抗拉强度值。采用Si-Bi孕育剂的试件在壁厚100 mm及200 mm处抗拉强度均高于平均值,并且在壁厚200 mm处具有最大抗拉强度,其值为445 MPa。在各种壁厚条件下,采用Si-Ba孕育剂处理的试件都是低于采用Si-Bi孕育剂处理的试件。在壁厚尺寸200 mm时,两种孕育剂处理的试样其抗拉强度的差值达到12 MPa。

根据图2b可知,采用Si-Ba孕育剂在壁厚尺寸大于且等于100 mm时屈服强度均超过平均值,在壁厚尺寸为100 mm时具有最大值270 MPa。在壁厚200 mm及300 mm处屈服强度值相同,即壁厚的增加并没有改变屈服强度。采用Si-Bi孕育剂的试件在壁厚50 mm、100 mm时其屈服强度相同且具有最大值272 MPa。对比两种试件在不同壁厚下的屈服强度可知,采用Si-Ba孕育剂的试件总是低于采用Si-Bi孕育剂的试件,在壁厚尺寸50 mm时,两种孕育剂处理的试样其屈服强度差值达到最大值6 MPa。

由图2c可知,断后伸长率随着壁厚尺寸的增大整体呈下降趋势,采用Si-Ba孕育剂在壁厚尺寸为50 mm

时具有最大值15%,远高于该壁厚下的Si-Bi孕育剂处理的试件,并且在200 mm及300 mm尺寸时断后伸长率也高于采用Si-Bi孕育剂处理的试件。采用Si-Bi孕育剂的试件仅在壁厚尺寸为100 mm时高于采用Si-Ba孕育剂。由图2d可知,任何壁厚尺寸下采用Si-Ba孕育剂的断面收缩率总是高于采用Si-Bi孕育剂。在壁厚尺寸为50 mm时两种试件的断面收缩率均达到最大值,其中采用Si-Ba孕育剂的试件达到16%。在壁厚尺寸为100 mm时,两种试件的断面收缩率的差值达到最大。

表3 两种孕育剂球铁的力学性能

Table 3 Mechanical properties of two kinds of ductile iron

球铁编号	抗拉强度 $R_m$ /MPa	屈服强度 $R_p$ /MPa	断后 伸长率/%	断面 收缩率/%
1-50	429	266	15.0	16
1-100	439	270	12.5	15
1-200	433	268	12.0	14
1-300	430	268	11.5	13
2-50	439	272	12.0	15
2-100	441	272	13.0	12
2-200	445	270	11.5	13
2-300	435	271	11.0	12

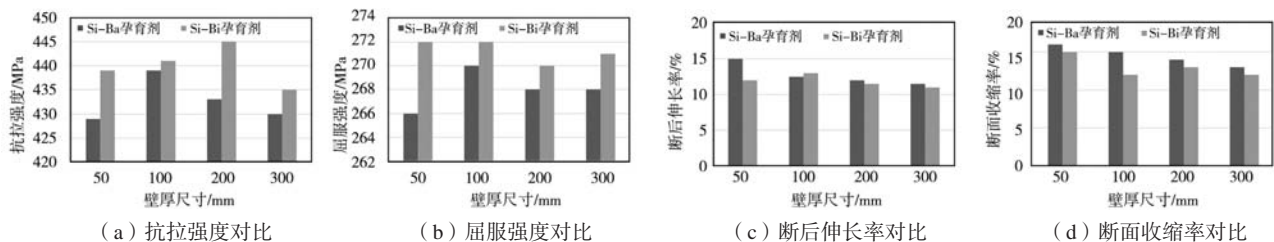


图2 Si-Ba和Si-Bi孕育剂球墨铸铁力学性能比较

Fig. 2 Comparison of mechanical properties ductile iron with Si-Ba and Si-Bi inoculants

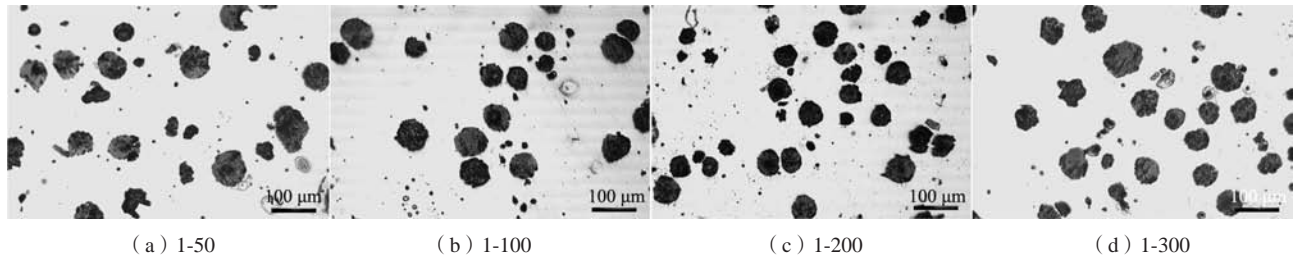
根据上述试验检测结果,可以发现在不同壁厚下采用该两种孕育剂处理的球铁试件均可达到标准要求,均具有较好的力学性能。另外,对两种孕育剂处理的试件在各壁厚条件下其力学性能的对比可得,在抗拉强度以及屈服强度方面经过Si-Bi孕育剂处理的试件均强于经过Si-Ba孕育剂处理的试件。而在断后伸长率以及断面收缩率方面,整体上明显看到经过Si-Bi孕育剂处理的试件稍弱于经过Si-Ba孕育剂处理的试件。两种孕育剂均具有良好的孕育效果,其中使用Si-Bi孕育剂铸件可在厚大断面处获得较高的强度性能,若使用Si-Ba孕育剂则可获得优良的塑性性能。

## 2.2 微观组织分析

图3为不同壁厚试件在同一部位下石墨的微观组织与分布情况,随着壁厚尺寸的增大,采用Si-Ba孕育

剂的石墨圆整度有所降低。由图3a、d可知,在壁厚尺寸为50 mm、300 mm时所形成的石墨球数量较多,但是石墨球的尺寸大小不一、圆整度较差。由图3b、c可知,在壁厚尺寸100 mm、200 mm时石墨球圆整度较好,尺寸均匀,但石墨球分布集中于某处,单位面积上石墨球数较少。

图4为Si-Ba孕育剂处理球铁基体经腐蚀后的组织。根据图可知,在壁厚尺寸为100 mm时,具有更多的珠光体含量,同时铁素体含量较少(图4b);在壁厚尺寸为200 mm(图4c)、300 mm(图4d)时,铁素体含量明显增加,珠光体含量则减少。而球铁中珠光体的含量影响着力学性能,若珠光体含量增加,则球铁的抗拉强度、屈服强度均增大。通过力学性能分析,这与采用Si-Ba孕育剂在壁厚尺寸为100 mm时,达到最大抗拉强度及屈服强度的检测结果相符。



(a) 1-50

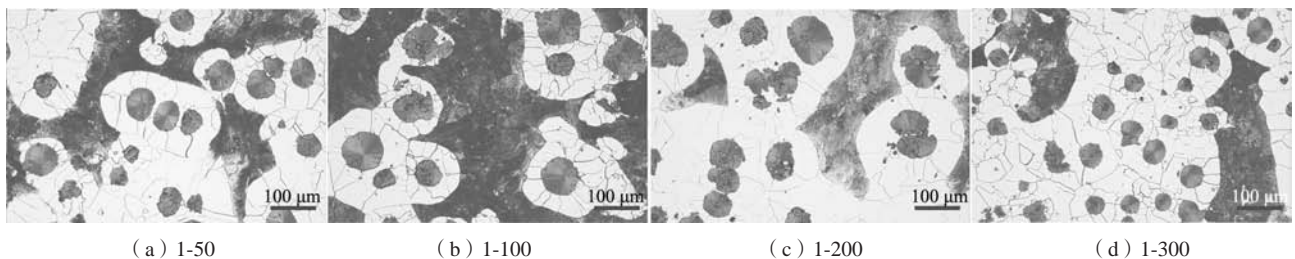
(b) 1-100

(c) 1-200

(d) 1-300

图3 Si-Ba孕育剂球铁石墨组织

Fig. 3 Ductile iron graphite structure with Si-Ba inoculant



(a) 1-50

(b) 1-100

(c) 1-200

(d) 1-300

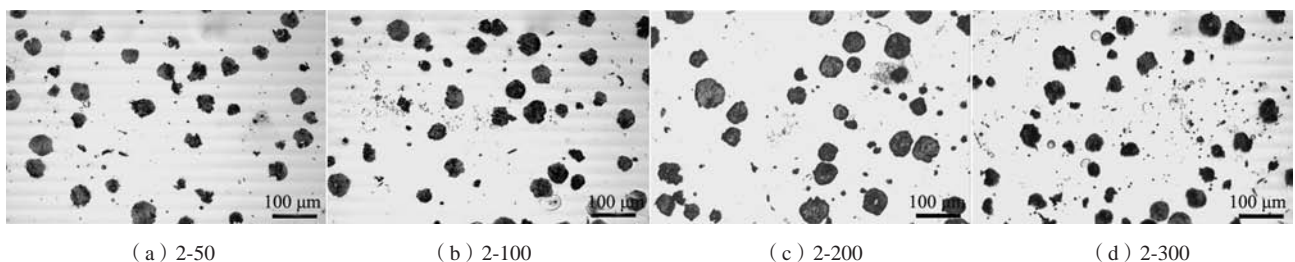
图4 Si-Ba孕育剂球铁基体经腐蚀后的组织

Fig. 4 The corroded microstructure of ductile iron with Si-Ba inoculant

图5为Si-Bi孕育剂球铁石墨组织。由图可知,随着壁厚尺寸的增大石墨球数量有着明显的减少。图5a、b中石墨球尺寸细小、数量较多且圆整度较好,而在图5c、d中发现个别石墨球的尺寸略微增大且圆整度较差。这与铸件壁厚尺寸大、冷却速度慢、过冷度低有关。

对比图5与图3,显而易见,在各个壁厚尺寸下采

用Si-Bi孕育剂处理的试件其金相组织中石墨球尺寸小于Si-Ba孕育剂处理的试件,并且石墨球分布密集、少有碎块状石墨出现。采用Si-Ba孕育剂的试件石墨分布稀疏,圆整度较低;通过金相分析软件,检测两种孕育剂处理的球铁中石墨的球化率和石墨大小等参数,结果如表4所示。两种试样不同壁厚下球化等级大多



(a) 2-50

(b) 2-100

(c) 2-200

(d) 2-300

图5 Si-Bi孕育剂球铁石墨组织

Fig. 5 Ductile iron graphite structure with Si-Bi inoculant

表4 两种孕育剂球铁的球化率及石墨等级  
Table 4 Spheroidization rate and graphite grade of two kinds of ductile iron

球铁编号	球化率/%	球化等级	每mm <sup>2</sup> 石墨球数	石墨球平均大小/mm	尺寸级别
1-50	78	4	81	0.34	3级
1-100	76	4	57	0.38	3级
1-200	76	4	45	0.38	3级
1-300	74	4	64	0.36	3级
2-50	81	3	116	0.27	3级
2-100	76	4	100	0.36	3级
2-200	75	4	61	0.37	3级
2-300	74	4	42	0.41	3级

数为4级,其中采用Si-Bi孕育剂的试件在壁厚50 mm时球化等级达到了3级,两种试样的石墨尺寸级别均为3级。采用Si-Ba孕育剂的试件平均球化率为76%,平均石墨球数为62个/mm<sup>2</sup>,平均石墨球大小为0.37 mm。采用Si-Bi孕育剂的试件平均球化率为77%,平均石墨球数为80个/mm<sup>2</sup>,平均石墨球大小为0.35 mm。

由图6a可知,在壁厚尺寸50 mm处基体组织主要为铁素体,珠光体相比较少。这是因为试件相对凝固速度较快,共晶过冷度较大且具有较多石墨球数,导致石墨球与奥氏体的间距变小进而促进铁素体生长,故铁素体量增多。在图6b、c中,铁素体较少,而珠光体较多,这使得试件具有良好的抗拉强度。而图6d中则铁素体较多,故在壁厚300 mm处具有较好的塑性性能。

球化率是衡量球墨铸铁件质量最重要的指标。根据表4中的金相组织试验数据,作出各孕育剂随壁厚尺寸变化对试件球化率、石墨球数以及石墨球尺寸的影响图。由图7a可见,随着壁厚尺寸的增大球化率呈现逐渐减小的趋势,在壁厚尺寸为50 mm时,采用两种孕育剂处理的试件均具有最高的球化率,但采用Si-Bi孕育剂比采用Si-Ba孕育剂球化率高。而在壁厚100 mm、300 mm处采用两种孕育剂可得相同得球化率。金相组织中的石墨球数决定着基体组织结构,也是判断球

墨铸铁件质量的一项重要指标。由图7b、c可见,石墨球数随壁厚尺寸增大逐渐减少而石墨球平均大小则逐渐增大,这与壁厚尺寸越薄时冷却速率越快,形成的石墨球越多且尺寸越小有关。另外,在壁厚尺寸为50 mm、100 mm条件下石墨球数的对比结果为,采用Si-Bi孕育剂远高于采用Si-Ba孕育剂,这是因为Si-Bi孕育剂中元素Bi的作用,即微量的Bi元素可以细化石墨球,促进石墨球核心形成,显著增加石墨球数。

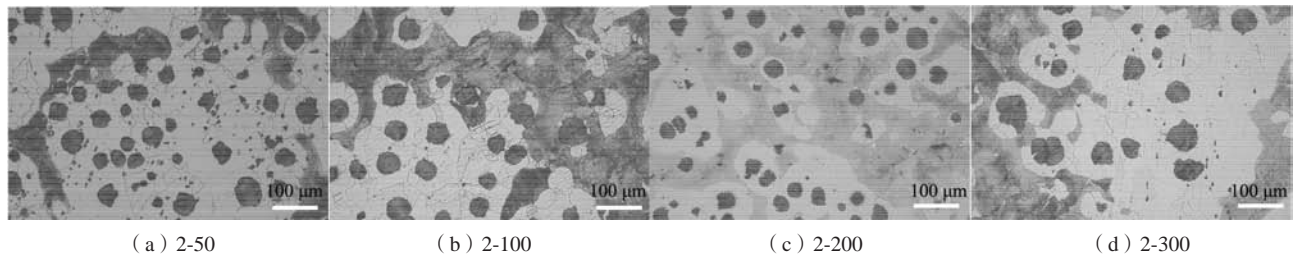
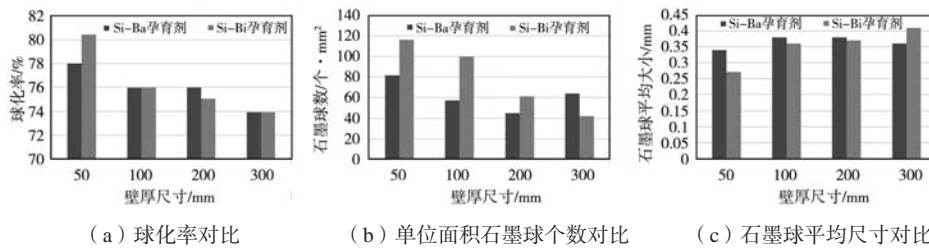


图6 Si-Bi孕育剂球铁腐蚀组织

Fig. 6 The corroded microstructure of ductile iron with Si-Bi inoculant



(a) 球化率对比

(b) 单位面积石墨球个数对比

(c) 石墨球平均尺寸对比

图7 Si-Ba和Si-Bi孕育剂球铁组织对比

Fig. 7 Comparison of ductile iron microstructure with Si-Ba and Si-Bi inoculants

### 2.3 孕育剂中 Ba 及 Bi 元素的作用分析

该两种孕育剂均含大量Si元素, Si具有促进铸件石墨化的作用,可固溶于铁素体,促进铁素体基体的形成<sup>[10]</sup>,可以有效减少壁厚大断面的球墨铸铁件中畸变组织(如碎块石墨)的形成,使得石墨球尺寸细小、均匀分散,因此采用该两种孕育剂的试件抗拉强度及屈服强度均有较大的提高。但是过量的Si元素则会导致在铁液中形成SiO<sub>2</sub>等氧化物,产生较多的夹渣降低球墨铸铁的力学性能。Si-Ba孕育剂中Ba元素属于球化元素,对球墨铸铁的孕育效果起着很大作用。在碱土金属中Ba元素的表面活性最大,故球铁形成过程中Ba元素具有脱氧的作用,强行夺取其他金属氧化物的氧元素,生成钡的氧化物,促进了球铁石墨化,故球化率提高并且石墨球数迅速增加。同时氧含量减少,也消除了白口倾向等缺陷,显著增强孕育效果,提高了力学性能。

Si-Bi孕育剂中Bi元素一般认为是反球化的干扰元素,使石墨球发生畸变,破坏石墨的完整形态。而Si-Bi孕育剂通过控制Bi的添加量,有效调节Bi元素在

铸件中的含量,使得Bi元素富集在石墨晶体四周形成界面吸附,减小了石墨晶体的表面自由能,抑制了碳的扩散,使得石墨晶体在各个方向的生长速率接近一致,这可以有效抑制石墨球畸变,略微增加铁素体,减小石墨球直径,提高石墨球的圆整度,增加石墨球数,进而提高了球化率。微观组织的改变影响着铸件的性能,故添加Bi元素提高了球墨铸铁的各项力学性能。但是Bi元素的添加量需要控制在一定范围内,过量的Bi元素将导致球墨铸铁组织发生改变,容易形成片状、团絮状石墨等畸变组织,使得规整的石墨球数量减小,球化率降低,最终导致球铁的各项力学性能下降。

## 3 结束语

根据对比两种孕育剂球铁的力学性能可知,在抗拉强度以及屈服强度方面,在不同壁厚条件下采用Si-Bi孕育剂的效果始终优于采用Si-Ba孕育剂。在断后伸长率及断面收缩率方面,采用Si-Bi孕育剂的效果低于采用Si-Ba孕育剂。根据对比两种孕育剂的金相组织

可以得出,采用Si-Bi孕育剂处理的试件其平均球化率高于采用Si-Ba孕育剂处理的试件,并且采用Si-Bi孕育剂的平均石墨球数远高于采用Si-Ba孕育剂的石墨球数,而石墨球平均大小则相反。综上可知, Si-Bi孕育剂的孕育效果较好且适用于壁厚大断面铸件。

Si-Ba孕育剂虽在孕育效果以及提高铸件的强度性

能方面稍差Si-Bi孕育剂,但本着工厂实际生产铸造经济性原则, Ba元素在地球上存储量为0.026%,高于Bi元素存储量且价格便宜,故生产Si-Ba孕育剂成本低,在生产壁厚小断面的铸件时可使用Si-Ba孕育剂。

#### 参考文献:

- [1] 吴德海. 球墨铸铁 [M]. 北京: 中国水利出版社, 2006.
- [2] 龚文邦, 白新社, 刘金城. 球墨铸铁的发展 [J]. 现代铸铁, 2019, 39 (4): 24-27.
- [3] 陈维平, 柳哲, 邓宇. 大断面球墨铸铁件的应用与研究进展 [J]. 铸造, 2011, 60 (10): 967-968.
- [4] 刘玲霞, 彭建中, 王晓燕, 等. 大型风电球墨铸铁轮毂的质量控制措施 [J]. 兵器材料科学与工程, 2010 (6): 84-88.
- [5] 金永锡. 高端球墨铸铁生产技术的新进展 [C]//第十四届中国铸造协会年会论文集. 2018: 144-150.
- [6] 杨群收. 用废钢加增碳剂生产球墨铸铁 [C]//中国机械工程学会. 2015中国铸造活动周论文集. 2015: 212-213.
- [7] 谈浩, 王松林, 王继成. 球墨铸铁金相试样制备中的常见缺陷及其原因分析 [J]. 中国金属通报, 2019 (11): 197-198.
- [8] 王泽华. 铸铁国际标准的最新进展 [C]//第十六届中国铸造协会年会暨第五届全国铸造行业创新发展论坛论文集. 2020: 21-27.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 9441—2009球墨铸铁金相检验 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [10] 黎振华, 李言祥, 周荣, 等. 原铁液硅含量对厚大断面球墨铸铁件石墨形态与力学性能的影响 [J]. 铸造, 2007 (5): 513-514.

## Effect Analysis of Two Inoculants for Large Section Ductile Iron

NI Jun<sup>1</sup>, MA Han-kun<sup>2</sup>, DI Chong-xiang<sup>1</sup>, ZHANG Ben-shui<sup>2</sup>, ZHAO Ping<sup>1</sup>, ZHANG Ji-xiang<sup>2</sup>, GUO Li-xia<sup>2</sup>  
(1. College of Materials Science and Engineering, Qingdao University of Science & Technology, Qingdao 266044, Shandong, China; 2. Inner Mongolia Shengquan Keliyuan New Material Technology Co., Ltd., Bayannur 014400, Inner Mongolia, China)

#### Abstract:

According to the production needs of large section ductile iron castings of wind power, two high-efficiency inoculants, Si-Ba and Si-Bi, were developed. The microstructure and mechanical properties of two kinds of inoculants with different wall thickness were compared and analyzed by simulating the pilot test of casting with stepped samples. The results show that both inoculants can improve the spheroidization rate of ductile iron and reduce the average size of graphite ball. Si-Bi inoculant not only improves the spheroidization rate, but also greatly increases the number of graphite balls, and the average number of graphite balls reaches 80/mm<sup>2</sup>. The spheroidization rate and the number of graphite balls of the specimens with Si-Bi inoculant are higher than those with Si-Ba inoculant, and the average size of graphite balls of the specimens with Si-Bi inoculant is smaller. The properties of the specimens with two inoculants are higher than the standard value. Under the conditions of different wall thickness, the tensile strength and yield strength of the specimens with Si-Bi inoculant are higher than those with Si-Ba inoculant. Under the wall thickness of 200 mm, the tensile strength of the specimen with Si-Bi inoculant has a maximum value of 445 MPa. Under the condition of different wall thickness, the area shrinkage and elongation after fracture of the specimens with Si-Bi inoculant are lower than those with Si-Ba inoculant. The strength of ductile iron with Si-Bi inoculant is significantly higher than that with Si-Ba inoculant, and the ductility of castings with Si-Ba inoculant is better.

#### Key words:

castings for wind power; high efficiency inoculant; spheroidization rate; nodular graphite