

使用石墨预处理方法生产风电机球墨铸铁件

宋克非

(卓越石墨欧洲有限公司上海代表处, 上海 200336)

摘要: 介绍了使用石墨预处理方法生产风电机球墨铸铁的生产实例, 试验表明, 使用预处理可以在一定程度上细化石墨, 单位面积上的墨球数量提高了 2%, 较为圆整的墨球数量提高了 8%, 球化率提高了 1%。采用预处理工艺获得的试样与采用传统工艺获得的试样相比, 其平均屈服强度提高 5%, 抗拉强度提高 3%, 延伸率提高 9%, 低温抗冲击强度的平均值和 3 点最小值都有小幅上升, 硬度则有小幅下降。采用预处理工艺后, 生产的稳定性和可靠性亦有所提高。

近年来, 风电机铸件生产的发展极为迅速。国外铸造厂使用石墨性的孕育媒介在球化反应前对球铁的原铁液进行处理, 即所谓的预处理。铸造厂使用石墨预处理剂生产 EN—GJIA00—18LT 铸件, 在不到 2 个月的试用生产过程中, 尽管仍有许多参数的波动和不稳定性无法避免, 但是从整个趋势上看, 采用预处理增碳剂对于提升和稳定铸件质量的积极效果还是非常明显的。

1 实验过程及结果

1.1 生产条件

使用 KGPS—DX 型 3t 中频无芯感应电炉熔炼, 最大功率为 2000kw, 频率为 300Hz。调整好化学成分后(由于预处理剂有增碳效果, 因此这里使碳含量低于目标值 0.2%)在铁水包内脱硫, 脱硫后将铁水倒回电炉, 当 1 / 4 铁水倒入电炉时在液面上加入 0.2%—0.25% 石墨预处理剂, 然后将剩余铁水全部倒回。此时略微升温搅拌(约 3min), 待到达出铁温度(1470—1480℃)出铁进行三明治(冲入法)球化处理(球化剂含镁量约 5.8%, 加入量为 1%)和孕育处理(0.3%FeSi75), 二次随流孕育(0.15%Ultraseed 孕育剂)后浇注。使用树脂砂机械造型线。

铸件重 72.7kg, 每箱 7 件(另有 1 件为附铸试样)。每型内浇注总量 630kg, 浇注时间约 35s, 浇注温度为 1365-1385℃。铸件要求在铸态状态下满足球铁 EN—GJIA00—18—LT 的验收指标, 检测附铸试样验收。

采用预处理工艺，除了上文提及的在出铁球化前在铁液中添加 0.2%-0.25% 的石墨预处理剂之外，所有质量控制工艺、铁液化学成分都与原传统工艺完全相同。

2 石墨微观组织

图 1a 和 b 显示了在不同工艺条件下生产的铸件试样的石墨形态：

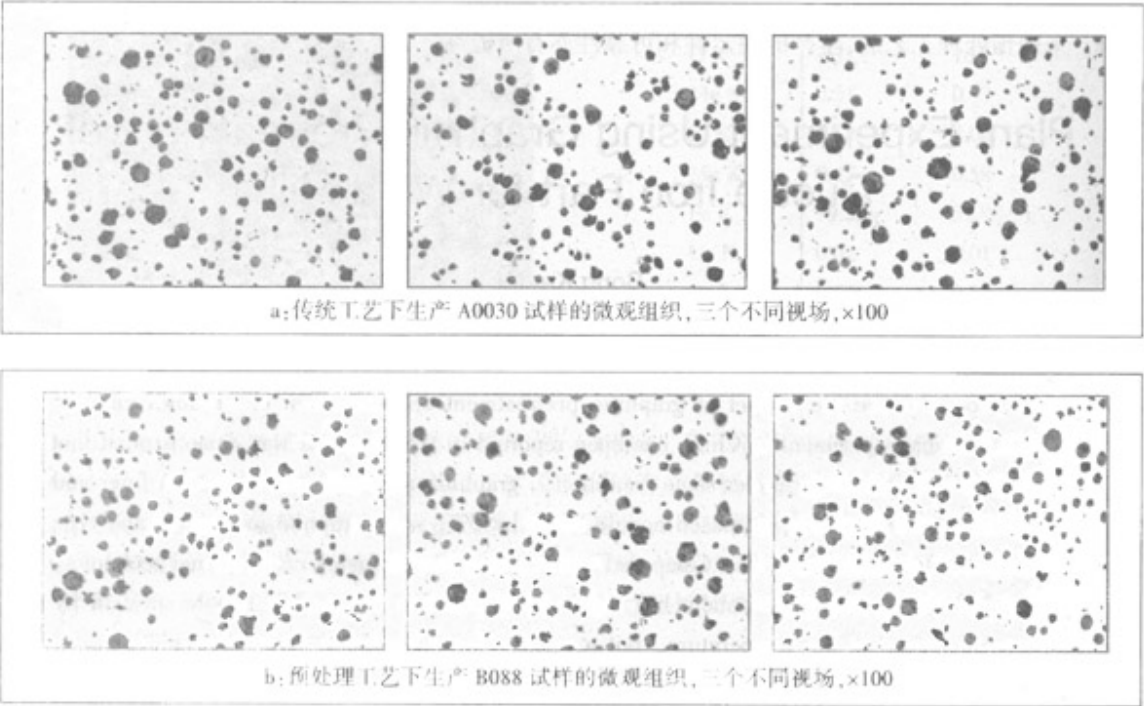


图 1 预处理工艺石墨形态

该铸造厂采用软件对两组不同工艺条件下随机抽取的试样就墨球数量，墨球形状，墨球大小作分析。为了减小误差，分析时剔出了位于照片边缘被截断的石墨和照片中可能为杂质的极为细小的墨，因此分析结果显示的墨球数量比实际数量要少。A 为采用传统工艺的试样，B 为采用预处理工艺试样，aV 表示该组平均值。分析结果如表 1 所示：

表 1:墨球数量、形状、大小分析结果汇总表

试样号	VI型石墨	V型石墨	墨球总数	VI+V 型石墨	VI+VI 总数	球化率	石墨大小
A1	41	68	153	109	71%	78.24%	48.99
A2	67	92	210	159	76%	80.10%	43.248
A3	91	59	172	150	87%	87.33%	45.59
A4	70	68	159	138	87%	84.47%	38.481
A5	88	51	158	139	88%	87.59%	46.346
A6	97	56	175	153	87%	88.20%	46.346
Aav	76	66	171	141	83%	84.32%	44.8335
B1	72	79	169	151	89%	85.86%	37.407
B2	62	84	169	146	86%	83.91%	40.307
B3	70	73	163	143	88%	85.77%	40.339
B4	76	81	177	157	89%	85.99%	37.407
B5	70	89	187	159	85%	83.53%	40.307
B6	73	82	177	155	88%	85.57%	40.339
Bav	71	81	174	152	87%	85.11%	39.351

注:V 型石墨:按照球墨铸铁石墨形态标准仅次于 VI 型石墨的较为圆整的石墨类型。

VI 型石墨:按照球墨铸铁石墨形态标准最为圆整的石墨类型。

从表 1 可以看出,采用预处理工艺的试样与采用传统工艺的试样结果相比,墨球总数量,较为圆整的墨球比例,球化率的平均值都有提高,而石墨的尺寸则有所降低。其中墨球总数提高了 2%,较为圆整的墨球数量(VI+V 型石墨)提高了 8%,球化率提高了 1%。也就是说,使用预处理工艺后,石墨更加细小,石墨的形状更加圆整,单位面积上的墨球数量增多。

3 力学性能

从理论和经验上讲,铸件微观组织的改善和均匀必然得到更加优良和稳定的机械性能。表 2 汇总了铸件的主要力学性能测试结果,包括屈服强度、抗拉强度、延伸率、硬度、低温抗冲击强度等。A 组数据为采用传统工艺获得的试样结果,B 组数据为采用预处理工艺获得的试样结果,av 表示该组平均值。

表 2: 力学性能汇总表

试样号	屈服强度	抗拉强度	延伸率	硬度	低温抗冲击 Impact Kv-21T/°C[J]				
	[Mpa]	[Mpa]	5d%	HB	I	II	III	Avg:	Min:
A1	235	380	25	131	16.0	16.0	18.0	16.7	16.0
A2	245	380	22	131	18.5	19.0	19.5	19.0	18.5
A3	240	370	23	126	18.5	20.0	18.0	18.8	18.0
Aav	240	377	23	129	17.7	18.3	18.5	18.2	17.5
B1	245	385	28.5	128	19	18.5	19.5	19.0	18.5
B2	250	385	22	128	18	18	18	18.0	18.0
B3	265	395	23	126	18.5	18.5	17.5	18.2	17.5
B4	245	385	27.5	127	19	18	18.5	18.5	18.0
Bav	251	388	25	127	18.6	18.3	18.4	18.4	18.0

从表 2 中的数据来看, 采用预处理工艺获得的试样与采用传统工艺获得的试样相比, 其平均屈服强度提高 5 %, 抗拉强度提高 3 %, 延伸率提高 9 %, 低温抗冲击强度的平均值和 3 点最小值都有小幅上升。硬度则有小幅度下降(随着墨球数量的提高, 由于每个墨球外围的铁素体外壳的厚度不变, 基体中铁素体的含量将有所增加, 因此硬度会有所下降), 采用预处理工艺得到的硬度较低的铸件通常具有更加优良的机械性能。

从表 2 可以看出, 特别是在抗拉强度、硬度和低温抗冲击强度方面, 采用预处理工艺得到的结果明显具有更好的稳定性和均一性。这是更加稳定和均一的微观组织的必然结果。

4 结论

- 1) 铸件的微观组织更加均一稳定, 墨球数量提高, 墨球更加细化和圆整, 而且大小和分布更加均匀。
- 2) 更加均一稳定的微观组织使我们进一步得到具有更加均匀的机械和物理性能, 屈服强度、抗拉强度、延伸率、低温抗冲击强度的平均值都有所增加, 硬度有所降低, 而且均匀度更好。
- 3) 特定铸件中更加均匀的墨球分布是更加均匀的凝固顺序的结果, 因此这将提高铸件生产的稳定性和可靠性。

可能还有其他技术可以同样得到上述效果。而石墨预处理的意义在于石墨的添加不会增加铁液的内含物质。但是为了得到最佳效果，石墨应在球化处理前加入到铁液中(据国外文献介绍，“有实践证明铁液中镁的存在使得石墨不容易被铁液浸润，从而难以溶解”)；另外石墨预处理使用的添加物必须为石墨性预处理剂(非石墨性的碳产品则无法达到这样的效果)。此外，由于墨球数量的提高，石墨预处理还可以显著减少铸件中碳化物的形成。由于本文提及的铸造厂采用传统工艺生产其产品铸件已经基本清除了碳化物的缺陷，因此在试验中没有专门涉及。