

高强度合成铸铁微观组织分析

高洁¹, 焦有生¹, 解卫红¹, 陈婷¹, 薛军峰¹, 郑连泽²

(1. 中国船舶重工集团公司第十二研究所 陕西兴平 713102; 2. 海军驻兴平地区军事代表室, 陕西 兴平 713105)

摘 要: 分析了高强度合成铸铁中石墨和基体组织的形成过程, 并将其与普通灰铸铁的显微组织进行对比。表明合成铸铁比普通灰铸铁的石墨形状和基体组织都有明显的改善, 从而有利于材料综合性能的提高。

关键词: 合成铸铁; 普通灰铸铁; 石墨; 基体

中图分类号: TG251

文献标识码: A

文章编号: 1001-3814(2009)07-0047-03

Microstructure Analysis of High Strength Synthetic Cast Iron

Gao Jie¹, JIAO Yousheng¹, XIE Weihong¹, CHEN Ting¹, XUE Junfeng¹, ZHENG Lianze²

(1. CSIC No.12 Research Institute, Xingping 713102, China; 2. Chinese Navy's representative office in Xingping, Xingping 713105, China)

Abstract: The formation process of graphite and matrix structure in high strength synthetic casting iron was analyzed and compared with the microstructure of common grey iron. The results indicate that graphite morphology and matrix structure of synthetic casting iron are greatly improved.

Key words: synthetic cast iron; common grey iron; graphite; matrix

实践证明, 应用合成铸铁不仅可以大幅度降低成本, 而且能显著提高铸件强度, 改善性能, 易于使薄壁、高强度与切削性能三者的矛盾得以统一, 从而为铸件壁薄、轻型化提供良好的材质条件。本文用合成铸铁制取 HT300, 分析了其中的石墨和基体组织的形成过程, 并将合成铸铁与普通灰铸铁的显微组织进行对比。

1 实验条件及方法

实验完全按照生产条件和要求, 用 1 t 中频炉熔炼铁水, 并在生产现场浇注产品和随炉试棒, 用 GX-71 型倒置式金相显微镜观察金相组织。

实验过程如下:

(1) 普通灰铸铁的原材料为 500 kg 生铁、200 kg 废钢、300 kg 回炉料及铜、铬铁、钼铁和硅铁合金, 孕育剂为 75 硅铁。原铁液的主要化学成分(质量分数, %) 为: 3.00~3.20 C、1.60~1.80 Si、0.7~0.9 Mn、0.25~0.35 Cr、0.25~0.35 Mo、0.6~0.8 Cu。

(2) 合成铸铁的原材料为 500 kg 废钢、500 kg

回炉料(同目标成分)、增碳剂及硅铁合金, 孕育剂为 75 硅铁。原铁液的主要化学成分(质量分数, %) 为: 3.00~3.20 C、1.60~1.80 Si、0.5~0.7 Mn。熔炼合成铸铁的主要材料是废钢、增碳剂等。废钢应无油少锈, 最好成分明确, 如普通或优质碳素钢较理想, 并选用合适的增碳剂。

两种试验都将铁液升温到 1500~1550 ℃ 出炉倒包, 静置, 孕育处理, 除渣, 最后浇注产品, 同时外铸 $\phi 30$ mm 试棒用于显微组织分析。

2 实验结果讨论与分析

2.1 石墨形成过程

金相分析结果发现, 在合成铸铁的石墨中出现较多的是 A 型石墨, 至今未发现 B 型石墨, D、E 型石墨偶尔出现。由图 1、2 可见, 普通灰铸铁与合成铸铁的石墨均为 A 型石墨, 但普通灰铸铁的石墨片较为粗大, 合成铸铁中石墨片较其短 1~2 级, 并分布均匀。

A 型石墨是在铸铁中石墨的形核能力较强、冷却速度较慢、共晶转变在很小的过冷度下进行时形成的^[1]。由于合成铸铁中使用大量的增碳剂, 使得合成铸铁中存在大量的亚微观石墨团聚体、未熔的微细石墨颗粒, 这些都可以成为石墨的非均质晶核。所以合成铸铁中晶核数目较多, 又在很小的过冷度下结晶, 线生长速度低, 以致石墨分枝

收稿日期: 2008-03-12

作者简介: 高洁(1983-), 男, 陕西礼泉人, 助理工程师, 研究方向: 主要从事铸造工艺的研究与设计;

电话: 13239101597; E-mail: gaojie830722@163.com

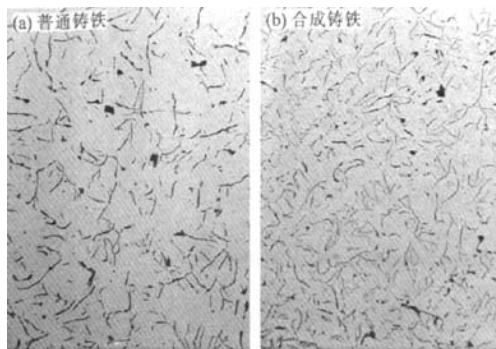


图 1 普通灰铸铁与合成铸铁的石墨形态 $\times 100$
Fig.1 Graphite of synthetic cast iron and common grey iron $\times 100$

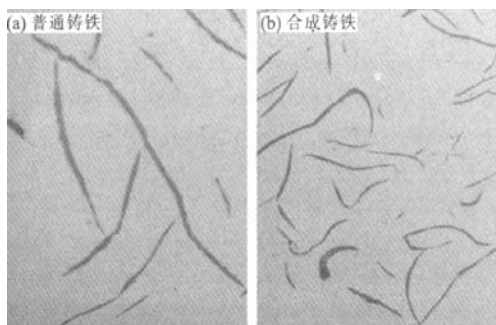


图 2 普通灰铸铁与合成铸铁的石墨形态(高倍) $\times 500$
Fig.2 Graphite of synthetic cast iron and common grey iron $\times 500$

不很发达,容易形成 A 型石墨。

B 型石墨在合成铸铁中至今没有被发现。这是因为它的形核条件要较形成 A 型石墨差些,故其要求的共晶转变时过冷度也比出现 A 型石墨大一些;由于形核条件较差,因此常常在共晶团的中心部分形成过冷 D 型石墨,当共晶结晶开始后,由于放出结晶潜热,能够把未结晶的铁水加热,使其温度有所上升,因而外围部分在稍高的温度下进行结晶,当然石墨的分枝较少,石墨也显得粗大些,最后形成花朵状分布。所以 B 型石墨的实质是中心部位为 D 型石墨,花朵外围则为 A 型石墨。

2.2 合成铸铁的基体组织

(1) 合成铸铁与普通灰铸铁的基体中都有铁素体,但二者之间不仅含量不同,而且分布形态也有差异。普通灰铸铁不仅在 B 型石墨中心及 D 型枝晶石墨周围集中大量的游离铁素体,而且在各个视域都能见到游离铁素体;而合成铸铁中游离铁素体很少,如图 3。另外,普通灰铸铁中大量细

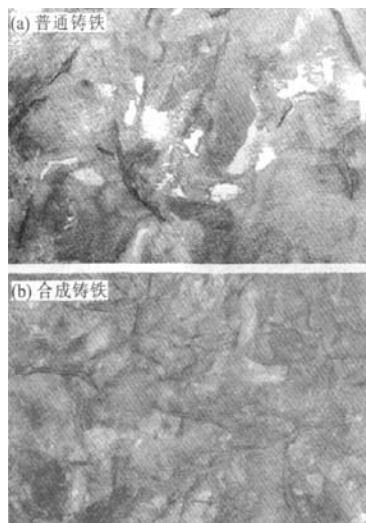


图 3 普通灰铸铁与合成铸铁的基体组织 $\times 500$
Fig.3 Matrix structure of synthetic cast iron and common grey iron $\times 500$

小的石墨片几乎是铁素体基体上的“龟裂”,而合成铸铁中铁素体却包裹了大部分石墨片的两端或一端形成蝌蚪形^[2]。在受力时对基体产生的破坏作用较小。

合成铸铁和灰铸铁各区域的珠光体形貌也有差别,主要是合成铸铁中珠光体片层细小、均匀、清晰、位相变化多,普通灰铸铁则相反,特别是有些微区以渗碳体粗片为主的珠光体较多。

(2) 合成铸铁珠光体的能化机理。合成铸铁原样中使用大量废钢、石墨增碳剂及硅铁,由于熔炼过程中不断增碳,加之扩散速度的局限,合成铸铁中具有含碳量远高于普通灰铸铁的包括预存石墨晶核在内的高碳微区和接近废钢成分的低碳微区。大量的高碳微区使合成铸铁有很高的形核能力,这是不出现 B 型石墨的原因之一;大量的低碳微区则使合成铸铁在不加或少加促使奥氏体形成的合金元素的情况下,自身具有较普通灰铁大得多的形成奥氏体的能力,从而增加了珠光体的数量,使基体得以强化。

另外,合成铸铁中的低碳微区越多,奥氏体初晶越发达,其周围铁水增碳速度越快,易达到过共晶成分,则在共晶温度以上就已析出石墨,从而改善了铁水的石墨化能力。奥氏体初晶形核率的增加使奥氏体枝晶发达,而且晶粒均匀细小,在随后冷却过程中,上述奥氏体变成的珠光体也越细小。

所以合成铸铁中不仅珠光体量多,且均匀细小,位向多,片间距短,强化了承载主体的珠光体,从而使铸铁强度提高。而普通灰铸铁的铁液中没有像合成铸铁中那样存在较多的低碳微区和高碳微区。

(3) 共晶团尺寸的大小对灰铸铁的力学性能起重要作用。共晶团尺寸越小,抗拉强度较大。这也是合成铸铁的抗拉强度远高于普通灰铸铁的重要原因之一。

由图4可明显看出,合成铸铁比普通灰铸铁的组织细小,在显微镜下测得普通灰铸铁中P+S(珠光体和索氏体) $\geq 95\%$,而合成铸铁中P+S $\geq 98\%$,且共晶团细小1~3级。

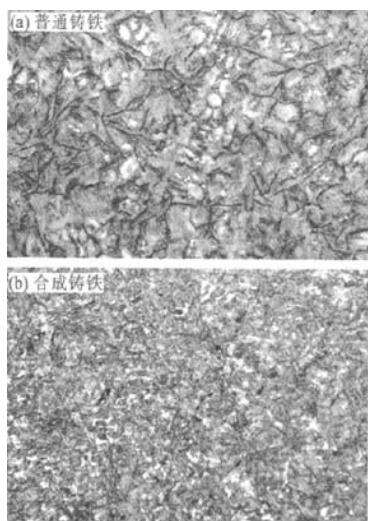


图4 普通灰铸铁与合成铸铁的组织 $\times 100$
Fig.4 Matrix structure of synthetic cast iron and common grey iron $\times 100$

2.3 石墨对基体的影响

由于石墨几乎没有强度性能,它存在于基体当中,就像是基体中的裂口。一方面由于它在铸铁中占有一定体积,使基体承受负荷的有效截面积减少;另一方面更重要的是灰铸铁中石墨呈片状,

它的尖锐边缘在承受负荷时容易造成应力集中现象。前者称为石墨的缩减作用,后者称石墨的切割作用^[3]。

石墨的切割作用主要取决于石墨的形状和分布,尤以形状为主。如为片状石墨则主要取决于石墨片的尖锐程度。较有利的片状石墨应为钝片状的,因它带有不深的钝角的裂口,对基体的破坏作用就轻些。对于合成铸铁来说,石墨的顶端出现钝头,对基体破坏作用较小。

石墨的缩减作用取决于石墨的大小、数量和分布。合成铸铁中石墨的数量虽然较多,但尺寸较小且分布均匀。

3 结论

(1) 合成铸铁石墨形态出现较多的是A型石墨,至今未发现B型石墨,D、E型石墨偶尔出现。且与普通灰铸铁相比,石墨片短1~2级。

(2) 合成铸铁与普通灰铸铁的基体中都有铁素体,但二者之间不仅含量不同,而且分布形态也有差异。

(3) 合成铸铁的铁液中存在较多的高碳微区和低碳微区,低碳微区有较大的形成奥氏体的能力,进而改善了铁水的石墨化能力,增加珠光体和索氏体的含量,共晶团细小1~3级;较多的高碳微区使合成铸铁有很高的形核能力,而不出现B型石墨。

(4) 合成铸铁中的石墨形状,有利于减小石墨对基体的缩减作用和切割作用。

参考文献:

- [1] 丛勉.铸造手册(铸铁)[M].北京:机械工业出版社,1993.
- [2] 何绿,吴家立.在感应电炉中合成铸铁的制得及应用[J].铸造,1986,(8):11-17.
- [3] 陆文化. 铸铁及其熔炼 [M]. 北京:机械工业出版社,1988. 65-66. [4]

欢迎赐稿

欢迎订阅

欢迎刊登广告

本刊电子邮箱由 rjgy@163.com 升级为 rjgy@vip.163.com,请使用新邮箱与本刊联系

高强度合成铸铁微观组织分析

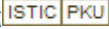
作者：

[高洁](#), [焦有生](#), [解卫红](#), [陈婷](#), [薛军峰](#), [郑连泽](#), [Gao Jie](#), [JIAO Yousheng](#), [XIE Weihong](#), [CHEN Ting](#), [XUE Junfeng](#), [ZHENG Lianze](#)

作者单位：

[高洁, 焦有生, 解卫红, 陈婷, 薛军峰, Gao Jie, JIAO Yousheng, XIE Weihong, CHEN Ting, XUE Junfeng \(中国船舶重工集团公司第十二研究所, 陕西, 兴平, 713102\)](#), [郑连泽, ZHENG Lianze \(海军驻兴平地区军事代表室, 陕西, 兴平, 713105\)](#)

刊名：

[热加工工艺](#) 

英文刊名：

[HOT WORKING TECHNOLOGY](#)

年, 卷(期)：

2009, 38 (7)

参考文献(3条)

1. [陆文化](#) [铸铁及其熔炼](#) 1988
2. [何绿;吴家立](#) [在感应电炉中合成铸铁的制得及应用](#) 1986 (08)
3. [丛勉](#) [铸造手册\(铸铁\)](#) 1993

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_rjggy200907014.aspx