

锰系无磁铸铁的工艺及性能控制

初福民, 李明弟, 李长龙

(山东建筑工程学院材料系, 山东 济南 250014)

摘要: 锰系无磁铸铁是在普通铸铁的基础上添加锰及铝、铜合金元素制成的 1 种磁导率的新型电工合金材料。由于锰的加入, 改变了铸铁的结晶条件和性能, 使锰系无磁铸铁在工艺控制和性能方面与普通灰铸铁相比发生了较大的变化。分析和总结了锰系无磁铸铁的工艺及性能控制特点, 为稳定锰系无磁铸铁的生产提供了一定依据。

关键词: 无磁铸铁; 工艺; 性能

中图分类号: TG251.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8365(2002)06-0334-02

Manufacture and Performance of Manganese Subgroup Nonmagnetic Cast Iron

CHU Fumin, LI Mingdi, LI Changlong

(Dept. of Materials Science and Engineering, Shandong Institute of Architecture and Engineering, Jinan 250014, China)

Abstract: Manganese subgroup nonmagnetic cast iron is a new type of electrician alloy material that is made by alloying a common cast iron with manganese and some other alloy elements. This alloy subgroup has a lower magnetic conductivity. Because of the alloying with manganese, the crystallization and performance of the cast iron has changed. Therefore, production process of manganese subgroup nonmagnetic cast iron changes relatively great in compare with common cast iron. This paper analyzed and summarized characteristic of manufacture and performance of manganese subgroup nonmagnetic cast iron.

Key words: Nonmagnetic cast iron; Manufacture; Performance

锰系无磁铸铁就是在普通铸铁的基础上加入锰和铝、铜合金元素而得到的一种磁导率在 3.5 H/m 以下, 同时具有普通铸铁成本低, 加工、成型性能好等优点的新型的电工合金材料^[1], 在电工设备中代替有色金属使用。锰系无磁铸铁在室温下具有奥氏体基体, 其组织和性能与普通铸铁存在较大的差异, 生产过程的控制也有不同。

1 金相组织

铁碳合金的磁性与金相组织状态有关。铁素体在 768°C 以下具有很高的磁导率, 奥氏体的磁导率很低, 奥氏体基体的铁碳合金基本无磁性^[2]。无磁铸铁对金相组织的控制就是保证金属基体为奥氏体。因此, 无磁铸铁的金相组织应满足: 在奥氏体基体上均匀分布着 A 型石墨, 允许有少量的 D 型石墨存在, 碳化物应少于 10% , 基体中不允许有铁素体和马氏体出现。

无磁铸铁的基体组织中出现铁素体和马氏体会使磁导率大大提高, 应当严格控制。碳化物增多会使磁导率有所增加, 实践中发现, 过分低的碳化物, 往往会孕育过渡, 造成铁素体增加, 因此碳化物控制要适当。

2 化学成分

锰系无磁铸铁的主要化学成分 w 为: $3.3\% \sim 3.9\% \text{ C}$; $2.4\% \sim 3.0\% \text{ Si}$; $7\% \sim 12\% \text{ Mn}$; $<0.2\% \text{ P}$; $<0.1\% \text{ S}$; 少量 Cu, Al 。

为了使铸铁在常温下得到奥氏体基体, 在铸铁中加入一定量的扩大奥氏体区、稳定奥氏体的合金元素。目前还无法根据已有的三合金相图或通过热力学计算来优选具有这方面作用的合金元素^[3], 通过实验发现, 锰在扩大奥氏体区和稳定奥氏体组织方面具有很强的作用, 但锰是强烈阻碍石墨化的元素, 单一加入大量的锰可得到奥氏体基体, 同时会产生大量渗碳体。因此, 以锰为主要元素制备无磁铸铁时, 还必须建立 1 个多元的合金体系, 才能使锰系无磁铸铁得到完善, 达到实用的标准。

(1) 碳、硅: 在锰系无磁铸铁中, 为了克服锰对石墨化的强烈阻碍作用, 碳、硅含量应较高。试验中也发现, 碳、硅过高, 常在浇注和凝固过程中出现石墨漂浮现象, 因此, 碳当量 w 一般不应超过 4.5% 。

(2) 锰: 锰是锰系无磁铸铁中的主要合金元素, 其作用是在室温下得到奥氏体的基体组织。研究中发现, 含锰量过高, 白口化严重, 给合金化和炉前处理带来很大困难, 也会使磁导率回升; 含锰量过低, 基体不能奥氏体化, 不能有效降低磁导率, 因此, 含锰量应严格控制。一般含锰量的控制与铸件的厚度有关, 小薄

收稿日期: 2002-05-08; 修订日期: 2002-05-20

作者简介: 初福民 (1957-), 山东烟台人, 副教授, 学士。研究方向: 金属材料专业教学和铸造合金研究。

件含锰量 w 为 7%~9%, 中厚件含锰 w 为 12%。

(3) 硫、磷: 硫、磷在通常范围内对铸铁磁性影响不大, 但含量较高时, 由于大量共晶体的产生, 会使磁导率有所提高, 同时会降低铸铁的力学性能, 因此应严格控制。

(4) 其他合金元素: 在锰系无磁铸铁中, 为了克服锰的不利影响, 还需要加入其他合金元素, 如铜、铝等。这些元素的加入对稳定奥氏体、控制碳化物数量、促进石墨化、保证低的磁导率、提高力学性能、改善加工工艺性能会起到良好的作用。

3 熔炼

锰系无磁铸铁的熔炼可采用感应电炉或冲天炉。采用感应电炉熔炼可以较准确地控制化学成分和铁液温度, 炉前处理工艺稳定, 铸件成品率高, 但对炉料要求严格。炉料必须清洁、无锈, 含硫量低, 铜、铝等合金加入前必须预热。感应电炉熔炼锰系无磁铸铁应当采用碱性炉衬, 以避免炉衬严重侵蚀和锰的损失。出炉温度控制在 $1400 \sim 1450$ 。

采用冲天炉熔炼无磁铸铁成本较低, 但成分和温度不易控制, 特别是锰的烧损量大, 配料时一定要按照烧损率严格计算其加入量。出炉温度应当控制在 $1380 \sim 1430$ 。

4 炉前控制

由于锰是强烈阻碍石墨化的元素, 因此, 锰系无磁铸铁具有很大的白口倾向, 为了控制组织中的 Fe_3C 含量, 炉前需要进行孕育处理。对锰系无磁铸铁进行孕育处理主要采用硅铁和纯铝。纯铝具有促进石墨化和稳定奥氏体的作用, 同时可对铁液脱氧, 净化铁液。由于纯铝密度小, 易氧化, 因此不能在浇包已注满铁液后再加铝, 而应当将纯铝放入已预热好的包底, 然后注入铁液, 并适当搅拌。硅铁的加入量是根据含锰量的多少和铸铁件的壁厚来确定的, 其加入一般是随铁液一起冲入包内。炉前孕育的结果最终是使铸铁中的 Fe_3C 含量控制在要求之内, 从炉前三角试片看, 白口应 $< 2 \text{ mm}$ 。

需要指出的是, 无磁铸铁的炉前孕育一定要控制准确。孕育不足, Fe_3C 含量高, 不能有效地降低磁导率; 孕育过量, 一是组织中会出现铁素体, 磁导率增加, 另外还会造成石墨飘浮, 组织粗大等铸造缺陷。

5 性能控制

锰系无磁铸铁的磁导率正常条件下都可控制在 $3.5 \mu/(\text{H} \cdot \text{m}^{-1})$ 以下, 但当合金加入量不足或炉前处理不当时, 金相组织中会出现铁素体和马氏体, 使磁导率增加, 主要性能见表 2。另外生产中也发现, 铸件冷却过慢(包括未及时打箱)也会出现磁导率增加的现

象。因此, 增加铸件的冷却速度、及时打箱(特别是厚大件), 也是控制磁导率增加的 1 个重要措施。

表 1 锰系无磁铸铁的主要性能

Tab. 1 Main chemical composition of manganese subgroup nonmagnetic cast iron

电工性能		力学性能		铸造性能	
磁导率	电阻率	b	HB	流动性	线收缩率
$\mu/(\text{H} \cdot \text{m}^{-1})$	$R/\mu \cdot \text{m}$	MPa		mm	%
< 3.5	$1.4 \sim 1.8$	$150 \sim 180$	$180 \sim 230$	$1000 \sim 1100$	$1.9 \sim 2.1$

无磁铸铁大多用于承受载荷较小的支持性零件, 因此对强度无特殊要求, 从试验来看, 锰系无磁铸铁的强度能够满足要求。锰系无磁铸铁的硬度较高, 特别当孕育效果差时, $\text{HB} > 240$, 这时将影响切削加工性, 应当注意控制。在铸造性能方面, 锰系无磁铸铁为高碳硅铸铁, 流动性较好, 具有较强的充型能力。锰系无磁铸铁的线收缩率略大于普通灰铸铁, 因此在制定铸造工艺时要注意增大缩尺和加强补缩。

6 应用效果分析

通过试验和实际应用表明, 锰系无磁铸铁具有磁导率低、电阻率高的特点, 因此, 在交变磁场作用下进行工作时, 可有效地抑制感应电流的产生, 从而避免了零件发热和涡流损耗。把铝合金、锰系无磁铸铁、普通灰铸铁和普通碳钢置于相同的交变磁场中, 测量其温度变化情况, 从测量的结果看, 锰系无磁铸铁的升温变化与铝合金基本相同, 见图 1。这也进一步说明了锰系无磁铸铁可以成功地代替在交变磁场下工作的大量的有色金属材料(如铜、铝等)。

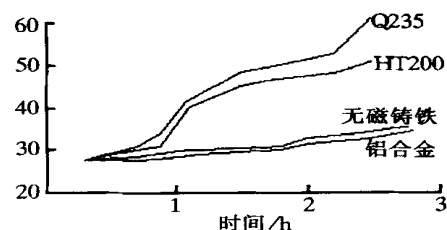


图 1 不同材料在交变磁场中的升温曲线

Fig. 1 Microstructure of manganese subgroup nonmagnetic cast iron

锰系无磁铸铁原料来源广, 成本较低, 生产工艺也较简单, 便于推广, 具有可观的社会效益和经济效益。

参考文献

- [1] American Society for Metal[M]. METALS HANDBOOK. In: 1988.
- [2] 刘雨文. 材料结构电子显微分析[M]. 天津大学出版社, 1989.
- [3] Walton C F. 铸铁件手册[M]. 北京: 清华大学出版社, 1990.