

贝氏体球墨铸铁等温处理新工艺

许爱民¹, 刘科高¹, 项东¹, 刘鹏²

(1. 山东建筑大学 材料科学与工程学院, 山东 济南 250101 2. 济南柴油机股份有限公司 热处理分厂, 山东 济南 250300)

摘要 研究了一种环保节能型贝氏体球墨铸铁等温处理方法。不采用高污染高耗能的盐浴等温处理, 而是通过控制冷却+均温调整+等温处理的方法, 用水做冷却介质, 通过调整水温来调整水的冷却能力, 并控制工件冷却时间, 准确冷却到上贝氏体区或下贝氏体区, 使球墨铸铁获得等温贝氏体基体组织。此工艺适合自动控制和机械化生产。

关键词: 球墨铸铁; 贝氏体; 环保节能; 控制冷却

中图分类号: TG164.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-3814(2008)15-0056-02

Novel Isothermal Treatment Technology for Bainite Nodular Cast Iron

XU Aimin¹, LIU Kegao¹, XIANG Dong¹, LIU Peng²

(1. School of Materials Science and Engineering Shandong Jianzhu University, Ji'nan 250101, China; 2. Heat Treatment Branch Factory, Ji'nan Diesel Engine Limited Company, Ji'nan 250300, China)

Abstract: A environmental-protection and energy-saving method for isothermal treatment of bainite nodular cast iron was investigated. Without salt bath isothermal treatment with high pollution and energy-consuming, the isothermal bainite structures in the matrix of nodular cast iron were obtained by the technology using water as cooling medium and control-cooling+equal temperature adjusting+isothermal treatment processes, in which the upper bainite and lower bainite zone can be accurately reached by adjusting temperature and cooling ability of water and controlling cooling time. The method is suitable for autocontrol and mechanized-producing.

Key words: nodular cast iron; bainite; environmental protection and energy-saving; control-cooling

贝氏体球墨铸铁具有较高的综合力学性能, 包括良好的抗疲劳性能、抗擦伤性能、耐磨性、减振性和机械加工性能, 能够最大程度的发挥球墨铸铁的潜在能力。

贝氏体球墨铸铁在我国发展缓慢, 主要受制于: ①淬火介质是当今生产贝氏体球墨铸铁所遇到的主要困难之一。用硝酸盐作为淬火介质可以生产合格的贝氏体球墨铸铁, 这在国内外均普遍采用。但是在生产过程中, 硝酸盐受热挥发出来的气体以及硝酸盐熔融液体均是有毒的, 这将严重地危害到操作人员的身体健康并污染周围的环境。②炽热的工件进入 260~400℃的硝酸盐熔融液中会引起等温温度的不稳定, 如果散热条件不

理想会造成质量不稳定。③由于传统生产方式的限制, 生产效率低, 不易实现机械化生产, 生产成本低。因此探索新的处理工艺成为拓宽应用贝氏体球墨铸铁的关键^[1-2]。

1 工艺方案分析与制定

为了避免采用高污染高耗能的盐浴等温处理, 本文研究了一种环保节能型工艺方法, 可概括为三个步骤, 效果良好。

1.1 控制冷却

①将球墨铸铁加热至奥氏体区, 并均匀化; ②冷却介质选用 30~100℃温度的水, 水温必须稳定。冷却水温的选择需根据工件的尺寸、形状、淬透性及水的冷却特性确定。如图 1 所示^[3], 水的冷却速度曲线有如下特点: 水的冷却能力受温度的影响很大。随水温升高, 水的冷却能力变化很明显, 冷却能力逐步降低。因此在相对固定水的循环强度条件下, 稳定水的温度即相对稳定了水的冷却能力。水作为冷却介质, 其最快的冷却速度在沸

收稿日期: 2008-01-14

基金项目: 山东省自然科学基金资助项目(No.Y2006F34); 山东省教育厅科技计划资助(No.J06008)

作者简介: 许爱民(1950-), 女, 山东日照人, 副教授, 主要从事金属材料及热处理教学和科研;

电话: 15969686062; E-mail: x.u.12345@163.com

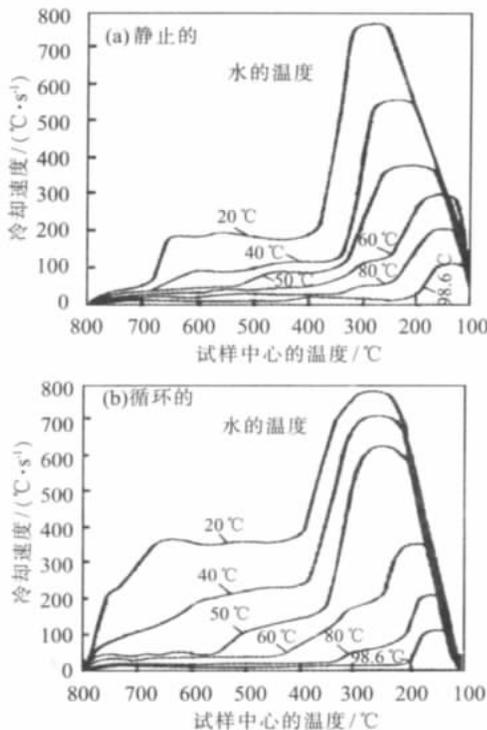


图1 水的冷却速度曲线(φ20mm 银球试样)
Fig.1 The cooling velocity curves of water

腾阶段即快速冷却阶段。其快速冷却阶段随着水温升高,向低温方向移动。例如水温从 20℃ 变化至 80℃,最快冷却阶段的开始温度从 380℃ 变化至 200℃ 左右。众所周知,对于马氏体淬火,低温冷却速度太快,易造成工件的变形和开裂。对于本工艺冷却速度太快,会造成冷却阶段不易控制,因此应尽量避免快速冷却阶段。③关于水温的选择。贝氏体等温处理,上贝氏体常用等温温度为 360~390℃,下贝氏体常用等温温度为 260~280℃。因此可以通过选择水温避开快速冷却区,有利于工件的控制冷却。对于较小尺寸试样,上贝氏体等温处理可选择水温 40~60℃,下贝氏体等温处理可选择水温 50~80℃。对于较大尺寸试样,上贝氏体等温处理可选择水温为 30~60℃,下贝氏体等温处理可选择水温为 40~70℃。同时考虑工件的形状,形状复杂,尽量选择缓和的冷却介质,使用较高的水温。考虑材料的淬透性,工件加入合金元素,淬透性好,尽量选择缓和的冷却介质,使用较高的水温。相反亦然。④控制冷却。用调整水温的方法调整水的冷却能力,控制了水温和搅动强度就控制了冷却速度。通过控制冷却时间,可以较准确的冷却至所需等温温度区间。因此需要在大量实验的基础上总结出规律,做出实验基础

数据。以确定工件的控制冷却工艺。通过控制冷却使工件迅速冷却至贝氏体区(或附近)后取出。

1.2 均温调整

方法如下:①工件控制冷却取出后,由于内外温差,工件表面会有温度回升,用表面测温仪器测温;②根据工件表面温度回升和尺寸形状不同,采用空冷、风冷或喷雾的方式调整温度并控制温度,可用人工控制、自动控制或智能控制;③经均温调整,使工件内外温度趋于均匀并接近等温温度,进入等温炉。

1.3 等温处理

均温调整后,将工件装入已设定温度的空气等温炉内,完成贝氏体等温转变。因为贝氏体转变为等温转变,转变产物随工件温度的变化而变化,因此须保持等温炉和工件稳定的温度。上贝氏体常用等温温度为 360~390℃,下贝氏体常用等温温度为 260~280℃。等温炉可选用一般的空气炉(例如回火炉),需要空气循环,温度均匀。

1.4 回火

根据性能要求,可选用低温回火、中温回火、高温回火,进一步调整力学性能。

2 工艺实例

小轴规格为 φ30×100 mm,材料为球墨铸铁;球化分级为 2 级;石墨大小为 5 级;要求:上贝氏体+奥氏体热处理工艺。热处理工艺如下:① 880℃ 加热,保温 80min。冷却介质为 50℃ 水(中等强度搅动),冷却停留时间为 5s;②均温调整。工件出水后表面温度 355℃ 左右,风冷 12s,用表面温度计测量,温度最高回升至 372℃,接近等温温度 380℃;③等温处理。将工件放入 380℃ 的等温炉中,保温 1h,出炉,空冷;④检查或检验。抗拉强度 958MPa,伸长率 4.7%,硬度 34.3HRC;显微组织为上贝氏体+奥氏体,见图 2。(下转第 60 页)

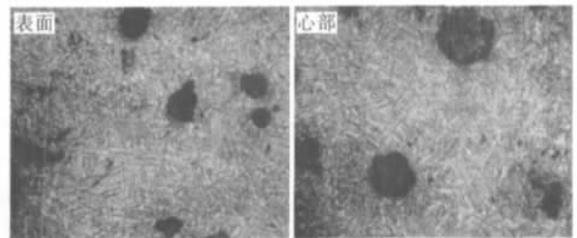


图2 处理后试样表面和心部的组织
Fig.2 The structures of the surface and center of the annealed sample

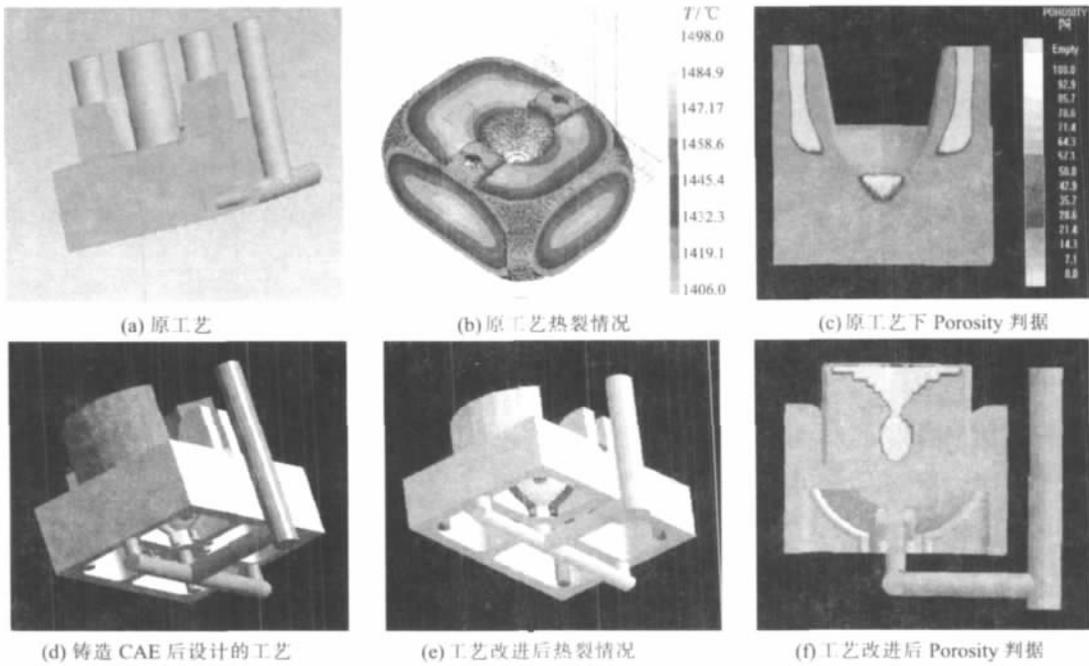


图 2 原工艺与所设计工艺的模拟情况比较
Fig.2 The comparison of simulation between original process and final process

处有严重的缩孔缺陷。按原工艺进行铸造生产，拆解柱窝零件后发现，在零件底座中心和耳处有较大的缩孔出现。柱窝的窝口面有严重的裂纹，沿 60 度扇形中心线连续分布。

借助 MAGMASoft 软件，在原工艺的基础上对新材料下的铸造工艺进行了多次的模拟和优化，最终设计铸造工艺如图 2 (d)所示，底座改进为十字筋板，增加 14 处外冷铁，设置冒口 2 处。图 2 (e)为工艺改进后的裂纹模拟情况，可见热裂倾向基本消除。由图 2(f)工艺改进后的 Porosity 判据可见，最后凝固区域集中在冒口区，缩孔缺陷消失。

3 结论

(上接第 57 页)

3 结论

(1) 采用控制冷却+均温调整+等温处理的方法获得贝氏体球墨铸铁，实验证明效果很好。工艺的关键在于控制冷却和均温调整。

(2) 在控制冷却和均温调整的基础上，贝氏体等温转变在一般的空气炉内完成。用空气炉代替盐浴等温炉的优点：设备简单，成本低，适用性广。由于设备简单，可以适用于各种形状的工件的等

(1) 采用射线吸收法及比较法和间接法对新开发合金 ZG30Cr06A 的化学成分、高温下材料的密度、导热系数、比热容等参数进行了成功测定，并在 MAGMASoft 中进行了添加。

(2) 应用铸造 CAE 软件 MAGMASoft 对材料为 ZG30Cr06A 的柱窝零件进行了数值模拟，对零件的几何造型和铸造工艺进行了优化设计。模拟结果与生产实际吻合，表明添加的参数科学合理。

参考文献：

[1] 张海林, 宋强. X 射线衍射法测定液态纯铁的[J]. 光谱实验室 2003, 20 (1): 29-30.
[2] 谭真, 郭广文. 工程合金热物性[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1993: 1-55.

温处理，等温温度相对盐浴容易控制。

(3) 本工艺克服了盐浴等温的缺点，污染小，耗能小，成本较低，质量稳定，适合自动控制和机械化生产。

参考文献：

[1] 魏秉庆. 贝氏体球墨铸铁 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.22-54.
[2] 郝石坚. 现代铸铁学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2004.46-58.
[3] 胡光立. 热处理原理与工艺 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2001.22-38.