

文章编号:1673-9981(2007)03-0191-04

奥-贝可锻铸铁组织中残余奥氏体的研究

李 林^{1,2}, 王海艳², 赵四勇², 郑开宏², 农 登², 赖胜红²

(1. 中南大学材料科学与工程学院, 湖南 长沙 410083;
2. 广州有色金属研究院耐磨材料研究所, 广东 广州 510650)

摘 要: 采用石墨化退火和等温淬火工艺对可锻铸铁试样处理后, 其组织为贝氏体+残余奥氏体+石墨; 处理工艺参数不同, 残余奥氏体的晶面距离、晶格点阵常数和碳含量均不同; 残余奥氏体质量分数为40%的试样的力学性能最好。

关键词: 可锻铸铁; 等温淬火; 组织; 残余奥氏体
中图分类号: TG143 **文献标识码:** A

可锻铸铁又称玛钢或韧铁, 是一种强度高、韧性好、减振性高和延伸性好的铸铁。它可以像灰铸铁一样进行铸造和浇铸, 其抗拉强度高于灰铸铁, 屈服比高于铸钢, 韧性与铸钢相近, 铸造性能优于铸钢^[1]。可锻铸铁的生产过程较易控制, 采用不同的工艺, 可获得综合机械性能不同的铸件。国内外研究铁素体和珠光体的可锻铸铁颇多, 并取得了一些成果。本文对奥-贝可锻铸铁中的残余奥氏体进行了探索和研究。

1 试 验

1.1 试 样

将云南某玛钢厂的可锻铸铁经孕育处理^[2-3], 在砂型中浇铸成直径 20 mm、长 200 mm 的试棒, 其化学成分列于表 1。本次试验共铸成 9 根试棒, 按制备工艺分成三组, 即 KT-1, KT-2, KT-3。

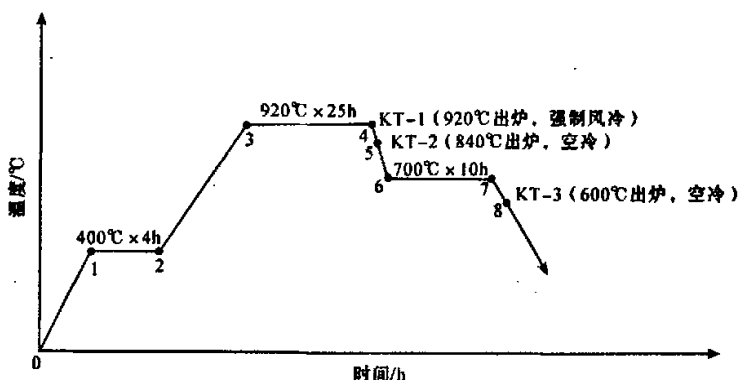


图 1 石墨化退火工艺
Fig. 1 Process of graphitization annealing

收稿日期: 2007-05-14

作者简介: 李林(1973-), 男, 陕西合阳人, 工程师, 硕士研究生。

表 1 试样的化学成分

Table 1 The chemical composition of the samples

元素	C	Si	Mn	P	S
含量 w/%	2.72	1.42	0.36	0.034	0.06

1.2 制备工艺

1.2.1 石墨化退火

石墨化退火工艺如图 1 所示。先将试棒加热到 400℃保温 4h 进行低温预处理,以促进石墨核心的形成。黑心可锻铸铁的退火过程包括铸铁坯加热、第

一阶段石墨化(3~4)、中间冷却、第二阶段石墨化(6~7)和铸件冷却五个阶段。

1.2.2 等温淬火工艺

等温淬火工艺^[3-4]如图 2 所示。

1.3 分析测试

用扫描电镜和 X 射线衍射仪对等温淬火后试样的物相进行观察和定性分析。用洛氏硬度计测定材料的洛氏硬度,用拉伸试验机测试试样的力学性能。

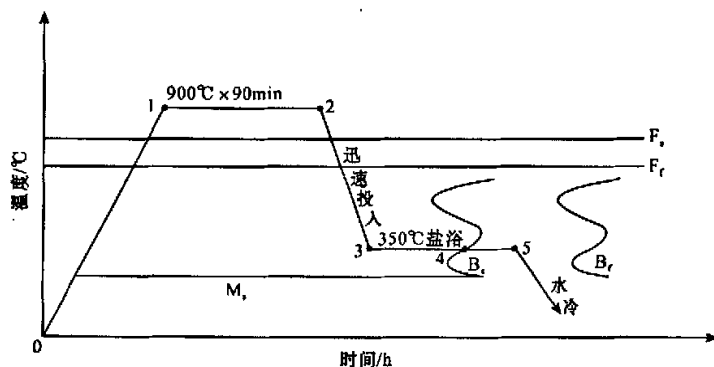


图 2 等温淬火工艺

Fig. 2 Process of austempering process

2 试验结果与分析

2.1 等温淬火后的金相组织

图 3 为扫描电镜下观察的等温淬火后试样的金相组织。从图 3 可见,等温淬火后三个试样的组织为贝氏体+残余奥氏体+石墨。从图 3(a)可见,试样

KT-1 的石墨分布为 1 级,形状为 1 级,石墨基本状况良好;大量残余奥氏体存在于贝氏体内部,少量存在于贝氏体之间,这种分布对材料的韧性有一定影响。试验中发现适当延长试棒的盐浴时间,有利于贝氏体的形成。这是因为一方面奥氏体向贝氏体转化前,有一定的孕育期;另一方面的试棒被加热至 920℃时,铁素体和渗碳体向奥氏体转变的程度较低,使奥

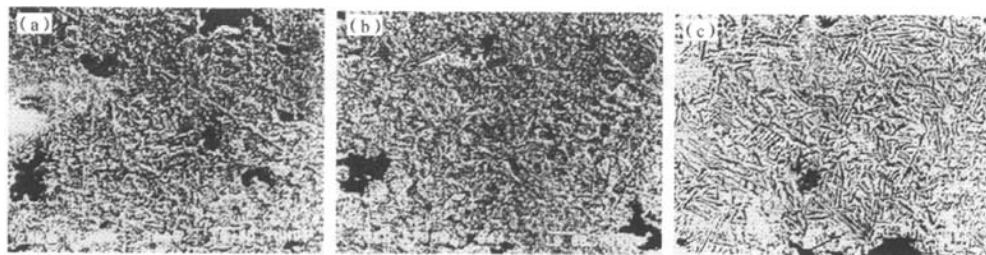


图 3 奥-贝可锻铸铁 SEM 金相组织

(a)试样 KT-1,(b)试样 KT-2,(c)试样 KT-3

Fig. 3 SEM photographs of ABMI

氏体的量相对较少。从图 3(b)可见,试样 KT-2 的外层石墨核心少、较粗大,内层石墨核心多、较细小;大量残余奥氏体存在于贝氏体之间,少量存在于贝氏体内部。残余奥氏体是韧性相,这种分布有助于材料韧性的改善。从图 3(c)可见,试棒 KT-3 的石墨分布为 1 级,呈团絮状;KT-3 的贝氏体比 KT-1 和 KT-2 的明显,既有上贝氏体又有下贝氏体,大量残余奥氏体存在于贝氏体之间,少量存在于贝氏体内部。

2.2 残余奥氏体

2.2.1 残余奥氏体的量

等温淬火后试样的 X 射线物相分析结果列于表 2。由表 2 可知,等温淬火后试样 KT-1, KT-2, KT-3 的残余奥氏体量分别为 18%,40%,30%。试样 KT-2 含残余奥氏体较多。

表 2 奥-贝可锻铸铁的 X 射线衍射物相分析
Table 2 X-ray diffraction analysis of AMCI

试样	X 射线物相定性分析				奥氏体量 w/%
	石墨	贝氏体(α -Fe)	奥氏体(γ -Fe)	碳化物和马氏体	
KT-1	存在	存在	存在	少许碳化物	18
KT-2	存在	存在	存在	未发现	40
KT-3	存在	存在	存在	未发现	30

2.2.2 残余奥氏体的特征

经等温淬火处理后,奥-贝可锻铸铁组织中残余奥氏体的特征列于表 3。由表 3 可知,三组试样中残余奥氏体的晶面距离、晶格点阵常数和碳含量都不相同。三组试样残余奥氏体的含碳量 $w(C) > 1.6\%$,晶格点阵常数大于 0.3612 nm ,残余奥氏体

的含碳量低于 2% ,晶格点阵常数小于 0.364 nm (γ -Fe 估算)的试样,其碳化物极难析出。三组试样中,KT-2 的残余奥氏体含碳量最高,而残余奥氏体含碳量高的奥-贝可锻铸铁,其韧性和延伸性均较好。

表 3 残余奥氏体(γ -Fe)的特征
Table 3 Feature of retained austenite

试样	晶面距离/nm				晶格点阵常数/nm	含碳量 $w(C)/\%$
	111	200	220	311		
KT-1	0.2112	0.1969	0.187	0.1011	0.3628	1.68
KT-2	0.2145	—	—	—	0.3634	1.72
KT-3	0.2103	0.1995	0.1822	—	0.3622	1.65
γ -Fe(参照对象)	0.2085	0.1806	0.1277	0.1089	0.3612	1.6

2.3 可锻铸铁的力学性能

经石墨化退火和等温淬火工艺处理后,试样的抗拉强度、延伸率和硬度列于表 4。由表 4 可知,三组试样中,KT-2 的硬度和延伸率最高,只是其抗拉强度比 KT-1 稍低,说明经石墨化退火和等温淬火处理后,残余奥氏体质量分数 40% 的试样 KT-2 的力学性能最好。

表 4 试样的力学性能

Table 4 Mechanical properties of different tested steels

试样	抗拉强度/($\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$)	延伸率/%	硬度(HRC)
KT-1	911.71	2.40	36.97
KT-2	874.40	3.24	42.37
KT-3	802.33	2.44	25.43

3 结 论

经石墨化退火和等温淬火处理后,试样的组织为贝氏体+残余奥氏体+石墨.工艺参数不同,残余奥氏体的特征参数也不同,残余奥氏体质量分数为40%的试样KT-2的力学性能最好.

参考文献:

- [1] 李隆盛. 铸造合金及熔炼[M]. 北京:机械工业出版社, 1989:83-97.
- [2] 殷凤仕,周丽. 可锻铸铁低温石墨化退火新工艺[J]. 新技术新工艺,2000(8):28-29.
- [3] 严国粹,吴炳荣. 可锻铸铁生产技术[M]. 上海:上海科技文献出版社,1985:51-54.
- [4] 郎本智,周荣,吴勇生. 硅对可锻铸铁共晶渗碳体显微结构的影响[J]. 铸造, 1997(1):21-24.

Study of retained austenite in the microstructure of austenitic-bainitic malleable iron

LI lin^{1,2}, WANG Hai-yan², ZHAO Si-yong², ZHENG Kai-hong², NONG Deng², LAI Sheng-hong²

(1. College of Material Science & Engineering, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Wear Resistant Materials Center, Guangzhou Research Institute of Non-ferrous Metals, Guangzhou 510650, China)

Abstract: Samples, which presented three different microstructures by using the graphitization annealing process and normalization process, respectively, were obtained by pouring the inoculated forging cast iron into sand model, and then were isothermally quenched to obtain the austenite-bainite forging cast iron. The contents of the retained austenite in the three different microstructures above and their effects on the mechanical properties were investigated in this paper. The results show that the combination of mechanical properties is the best, with containing 40% retained austenite.

Key words: malleable iron; isothermal quenching; microstructure; retained austenite