

分级淬火奥贝球铁的组织与性能

徐 杨^① 周世康

(中国农业大学机械工程学院)

摘 要 研究了分级淬火后经 230~440 ℃保温 1.5~2.0 h 等温转变的奥贝球铁的组织及机械性能。对经 230, 350 和 440 ℃3 种转变温度处理的球铁进行了耐磨性试验。结果表明:不同处理工艺对奥贝球铁的组织性能都有显著的影响,但根据不同用途生产的奥贝球铁都具有良好的综合机械性能和耐磨性能。与直接盐浴等温淬火相比,经分级淬火所获得的奥贝球铁,其组织细密,机械性能优异。

关键词 分级淬火;奥贝球铁;显微组织;耐磨性

中图分类号 TG151.2

A Study on Structures and Properties of Stepped Quenching Austenite-Bainite Ductile Iron

Xu Yiang Zhou Shikang

(College of Machinery Engineering, CAU)

Abstract The structures and properties of austenite-bainite ductile iron after stepped austempered quenching at 230~440 ℃ × 1.5~2.0 h is studied. The wear resistance of three transformations at 230, 350 and 440 ℃ is tested. The results have been indicated that the different treatments will effect obviously on the structures and properties, but they all have good mechanical properties and wear resistance. The structures and properties obtained by stepped quenching are better than that of austempered directly.

Key words stepped quenching; Austenite-Bainite ductile iron; microscopic structure; wear resistance

近年来出现的奥贝球铁以其优异的综合性能引起人们的广泛重视,正愈来愈多地用于矿山、电力、冶金、建筑等部门的齿轮和曲轴等零件的生产^[1]。长期以来,盐浴等温淬火一直是生产奥贝球铁的主要方法,由于这种工艺的能耗大、污染严重、设备一次性投资大和工人劳动强度高缺点,严重地阻碍了奥贝球铁的发展。曾有人采用 230 ℃盐浴进行分级淬火生产奥贝球铁^[2],但还未摆脱高温盐浴的危害;因此,研究新型无盐浴分级淬火生产奥贝球铁是十分有意义的。笔者旨在通过对分级淬火奥贝球铁组织和性能的研究,以期进一步扩大奥贝球铁的应用范围。

收稿日期:1996-08-23

①徐 杨,北京清华东路 17 号中国农业大学(东校区)61 信箱,100083

1 试样制备与检测设备

分级淬火奥贝球铁试样,是以普通球铁(其中各元素的质量分数分别为:C,3.4~3.9%;Si,2.4~3.8%;Mn,<0.5%;S,<0.3%;P,<0.07%)为基础进行Mo(质量分数0.2~0.5%),Cr(质量分数0.3~0.7%)和Cu(质量分数0.5~1.0%)多元微量合金化而得到的。熔化在10t冲天炉中进行,合金元素炉前加入。用冲入法进行球化和孕育处理,并在转包时用75硅铁瞬时孕育。原材料用本溪生铁、碳素废钢、钼铁、铬铁、紫铜及稀土镁球化剂等。浇注Y型试块,加工成10mm×10mm×55mm无缺口的冲击试样和耐磨试样。将加工好的试样按文献[3]中图1所示的分级淬火热处理工艺曲线进行分级淬火,并分别在230,270,310,350,380,400和440℃时进行1.5~2.0h等温处理后空冷。

试验所用设备有洛氏硬度计、300N冲击试验机、X-650型扫描电镜和MLD-10型动载磨损试验机。

2 试验结果及分析

2.1 显微组织

对处理后的试样作扫描电镜金相组织观察的结果表明:经230~310℃等温转变获得以细针状下贝氏体为主的组织,兼有少量针状马氏体和5%~15%的残余奥氏体,如图1(a),(b),(c)所示。细针状下贝氏体随等温转变温度的升高而变粗大,且残余奥氏体量有所增加。在这个温度范围内,延长保温时间对组织无明显影响,见图1(d)。这由于等温温度略高于 M_s ,原子的扩散能力弱,不可能大量形成富碳的残余奥氏体,碳以过饱和态存在于 α 铁素体针中。等温温度升高,原子扩散相对加快,则下贝氏体针变粗,富碳的残余奥氏体量增加,在分级淬火中产生的少量马氏体此时等温转变成回火马氏体。

经350~400℃等温转变获得平行排列为主的板条状上贝氏体和30%~40%的残余奥氏体。随着等温温度的升高,板条束变粗变长,残余奥氏体先增加后略有减少,如图1(e),(f),(g)所示。这主要由于在较高温度等温转变时,原子扩散能力增强,贝氏体型铁素体形成后,把碳排向周围的奥氏体,使富碳的稳定奥氏体保留下来;到400℃时,部分残余奥氏体分解成铁素体和碳化物,故残余奥氏体又减少。通常等温淬火后在这个温度范围内保温1.5h,残余奥氏体就会大量解析出碳化物^[4],但本试验条件下保温2h后,残余奥氏体才开始分解,见图1(h)。这主要是因为一方面分级淬火使奥氏体稳定化程度增大,另一方面合金元素Cr,Mo和Cu的加入,阻碍了残余奥氏体的分解,它们都使贝氏体形成的第1阶段和残余奥氏体分解的第2阶段间隔增大。这有利于工艺的实施,对实际生产具有很大的指导意义。

经440℃等温转变,残余奥氏体显著减少,组织中几乎没有残余奥氏体,得到贝氏体型铁素体和碳化物,如图1(i)所示。这是由于等温转变温度过高,组织转变过程非常迅速,碳化物析出,残余奥氏体量接近为零。

2.2 机械性能

表1示出分级淬火后等温转变温度 θ 和保温时间 t 对球铁机械性能的影响。可以看出230~310℃条件下获得的以下贝氏体为主的组织具有高的硬度和较好的韧性,其硬度达HRC43~53,冲击韧性 $\alpha_k > 10 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-2}$ 。350~380℃条件下保温1.5h获得的板条上贝氏体和残余奥

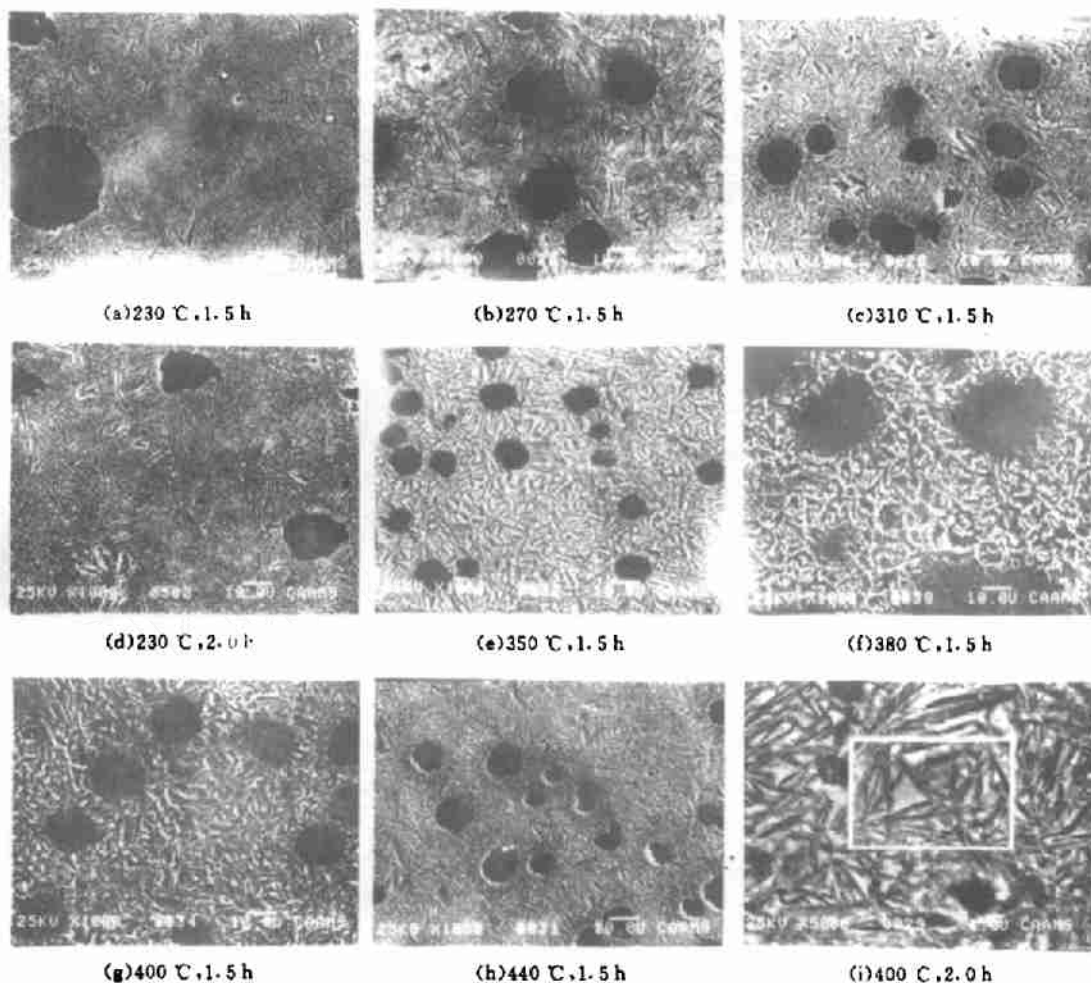


图1 分级淬火中等温转变温度和保温时间对奥贝球铁组织的影响

氏体具有很好的综合机械性能, HRC36~40, $\alpha_k = 70 \sim 80 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。至此, 随着等温转变温度的升高, 硬度下降而冲击韧性明显提高; 当等温转变温度达 400 °C 时, 硬度开始回升而冲击韧性下降, 这主要由于等温转变温度升高导致贝氏体束变粗变长, 残余奥氏体量先增后减。

低温等温转变时保温时间过长对性能影响不显著, 当转变温度高于 350 °C, 保温时间过长使韧性下降, 而硬度略有提高, 这对性能是不利的。

2.3 耐磨性试验

对分级淬火后经 230, 350 和 440 °C 等温转变各保温 1.5 h 处理的试样, 在 MLD-10 型动载试验机上作耐磨试验, 对比试样为 45 钢(正火态, HB197),

表1 等温转变温度 θ 和保温时间 t 对奥贝球铁机械性能的影响

$\theta / ^\circ\text{C}$	t / h	HRC	$\alpha_k / \text{J} \cdot \text{cm}^{-2}$
230	1.5	53.0	11.7
	2.0	53.5	11.3
270	1.5	50.5	12.1
	2.0	50.7	12.4
310	1.5	43.0	37.4
	2.0	45.0	33.1
350	1.5	40.0	72.5
	2.0	40.5	62.2
380	1.5	36.0	80.7
	2.0	38.6	68.0
400	1.5	37.0	68.7
	2.0	40.0	56.3
440	1.5	39.0	59.0
	2.0	40.0	57.5

磨料为新会石英砂,试验结果如表2。数据表明,分级淬火后奥贝球铁具有良好的耐磨性能,但它们的耐磨情况不完全相同:230℃等温处理得到针状下贝氏体,其硬度高,同时具有一定的韧性,因此它既适于做承受冲击载荷较大的磨损件,也适于做承受冲击力较小、加工硬化现象不明显的工件;350℃等温处理得到板条状上贝氏体加残余奥氏体,具有良好的综合机械性能,特别是优异的塑韧性以及表层良好的加工硬化性,使其更适于做承受冲击载荷较大的工件,如齿轮、曲轴等;440℃等温处理获得几乎无残余奥氏体的贝氏体组织,这对于精密零件以及热处理后需进行切削加工的工件十分重要。

表2 耐磨性试验结果

试样	平均质量损失/g·h ⁻¹	相对耐磨性	HRC	
			磨损前	磨损面
230℃等温	0.051 80	2.45	53	54.5
350℃等温	0.057 43	2.21	40	51.0
440℃等温	0.073 79	1.72	39	40.0
45钢正火	0.126 92	1.00		

2.4 分级淬火与盐浴等温淬火对比试验

传统的盐浴等温淬火虽然工艺比较成熟,但其能耗大、污染严重、成本高,限制了它的应用与发展。采用非盐浴分级淬火工艺既可节省能源、降低成本,又能获得更加满意的综合机械性能。考察这2种工艺所得奥贝球铁的组织 and 机械性能,其结果如图2及表3所示。

表3 分级淬火与盐浴等温淬火性能对比

HRC	分级淬火后 230℃等温 转变 1.5 h	230℃盐浴等温 淬火 1.5 h
		53
$\alpha_k/J\cdot cm^{-2}$	11.7	10.1

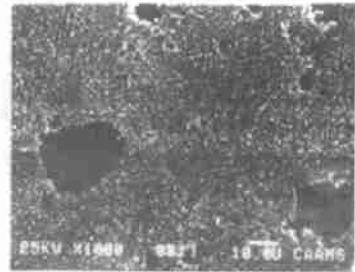


图2 经230℃盐浴等温淬火后的奥贝球铁组织

与盐浴等温淬火相比,分级淬火获得的奥贝球铁,其硬度及韧性均有提高,综合机械性能好。其原因是:由形核率 $I = A \exp(B/\Delta t)^{[2]}$ (式中 A, B 为常数) 可知,过冷度 Δt 的增大使 I 呈指数上升。分级淬火比盐浴等温淬火的 Δt 高,产生大量核胚,它们在随后的等温转变中成为贝氏体的核心,从而使贝氏体细化,如图2和图1(a)所示。这是分级淬火优于传统的盐浴等温淬火的根本缘由。

3 结 论

1) 分级淬火后用不同的等温转变温度处理可以获得组织和性能差异很大的奥贝球铁,而且组织和力学性能对等温时间的敏感性在350℃以上才显著。

2) 下贝氏体组织具有良好的韧性和高的硬度,可作为很好的耐磨材料,上贝氏体加30%~40%的残余奥氏体具有优异的综合机械性能和加工硬化性,可作为能承受高冲击载荷的结构材料,而无残余奥氏体的上贝氏体可用来制作精密零件。

3) 奥贝球铁具有良好的耐磨性能。

4)与传统的盐浴等温淬火相比,分级淬火获得的奥贝球铁组织细小,机械性能优异。

参 考 文 献

- 1 宋金山,肖承和,杨佳荣,等.奥贝球铁 480 柴油机曲轴的初步研究.现代铸铁,1991(1):3
- 2 周世权.分级等温淬火球墨铸铁的组织及性能.热加工工艺,1993(5):17
- 3 徐 杨,魏德强,周世康.硅在分级淬火生产贝氏体球铁工艺中的作用.中国农业大学学报,1996,1(6):58
- 4 惠梦君,吴德海,柳葆凯,等.奥氏体-贝氏体球铁的发展.全国铸造学会奥氏体-贝氏体球铁专业学术会议,武汉,1986

www.cnki.net