DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.02.012

# 变质处理对高铬耐磨钢组织与性能的影响

王本亮[1],张黎燕[1],孙小香[2]

(1.河南机电职业学院 智能工程学院,河南 郑州 451191;2.中信重工机械股份有限公司 铸锻研究所,河南 洛阳 471003)

**摘　要**:以某耐磨钢为研究对象,通过扫描电镜和透射电镜考察了该材料在变质处理前后的微观结构。结果表明:变质处理后,马氏体基体板条窄小,碳化物 $Cr_{23}C_6$ 尺寸小,数量多。部分 $Cr_{23}C_6$ 弥散分布于晶粒内部,起弥散强化作用,不仅提高了硬度,而且提高了冲击韧度。

**关键词**:变质处理;冲击韧性;扫描电镜;透射电镜

**中图分类号**:TG260　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2019)02-0183-03

## Influence of Modification Treatment on Properties and Microstructure of High Chromium Wear-resistant Steel

WANG Benliang[1], ZHANG Liyan[1], SUN Xiaoxiang[2]

(1. School of Intelligent Engineering, Henan Mechanical and Electrical Vocational College, Zhengzhou 451191, China; 2. Laboratory of Casting and Forging, CITIC Heavy Industry Co., Ltd., Luoyang 471003, China)

**Abstract**: A wear-resisting steel was taken as the research object, the microstructure of wear-resistant steel was investigated by SEM and TEM. The results show that the martensite matrix is narrow and the size of $Cr_{23}C_6$ carbide is small and the quantity is large. Part of $Cr_{23}C_6$ is dispersed in the grain, which plays the role of dispersion enhancement. It not only improves the hardness, but also improves the impact toughness.

**Key words**: modification treatment; impact toughness; scanning electron microscope; transmission electron microscope

耐磨钢在建材、矿山行业中占有重要的位置[1]。耐磨钢不仅对力学性能要求很高,而且要求材料同时具有较长的使用寿命[2,3]。为了克服传统耐磨材料性能上的局限性,充分发挥材料的潜力,人们已越来越多地根据零构件的功能要求和工况条件,设计和选择化学、物理和力学性能良好的新型材料以充分发挥材料的优良特性,使材料在高温工况下具有优良的综合性能[4]。

毛望军等考察了某新型轧钢导轮钢的磨损性能,变质处理后磨损少且稳定性好[5]。为了更深入研究,本文作者通过扫描电子显微镜(SEM)观察微观组织,透射电子显微镜(TEM)观察基体和碳化物相,并进行相标定,进一步探索了变质处理对微观结构和宏观性能的影响。

## 1　实验材料及方法

### 1.1　实验材料

实验采用中频感应炉在大气下熔炼钢液。耐磨钢的成分如表1。

变质处理使用包内冲入法。淬火温度 980 ℃,回火温度 300 ℃。

表1 实验钢的化学成分 $w$(%)

Tab.1 Chemical composition of experiment steels

| 类别 | C | Cr | Ni | RE |
|---|---|---|---|---|
| 未变质 | 1.9 | 28 | 1.5 | — |
| 变质 | 1.9 | 28 | 1.5 | 0.1 |

### 1.2　测试方法

试验中采用 SRJX-4-13 高温箱式电阻炉进行热处理。性能测试设备为 HR-2150A 型洛氏硬度计和 JB-30A 型冲击试验机,取 3 次平均。SEM 设备为 JSM-5610LV 扫描电子显微镜,电解减薄设备是 MTP-1A 磁力驱动双喷电解减薄仪器,离子减薄是 Gatan691 离子减薄仪,TEM 设备是日立 H-800 透射电子显微镜。

## 2　实验结果与分析

### 2.1　变质处理对力学性能的影响

变质前后的铸态硬度、热处理态硬度和冲击韧度如表 2 所示。

变质处理后,铸态试验钢的硬度略有下降,热处理态试验钢的硬度从 HRC51.7 提高到 HRC53.7,冲

收稿日期:2018-09-10

基金项目:河南省科技攻关项目(162102210320);河南省高等学校重点科研项目(18A510008)

作者简介:王本亮(1963-),河南郏县人,副教授.研究方向:材料测试技术研究.电话:18810327812,
E-mail:274788880@qq.com

表2 变质处理前后的力学性能

**Tab.2 Mechanical properties before modification and after modification**

| 性能 | 变质处理前 | 变质处理后 |
|---|---|---|
| 铸态(HRC) | 38.3 | 38.1 |
| 热处理态(HRC) | 51.7 | 53.7 |
| $A_k$/(J/cm$^2$) | 4.08 | 4.21 |

击韧度从 4.08 J/cm$^2$ 提高到 4.21 J/cm$^2$。

### 2.2 变质处理对微观形貌的影响

变质处理前后,热处理态试验钢微观形貌扫描电镜 600 倍照片如图 1。

变质后晶界上碳化物数量减少，呈断续网状，部分碳化物弥散分布于晶内,起弥散强化作用。不仅提高了硬度,而且提高了冲击韧度。

### 2.3 变质处理对基体结构的影响

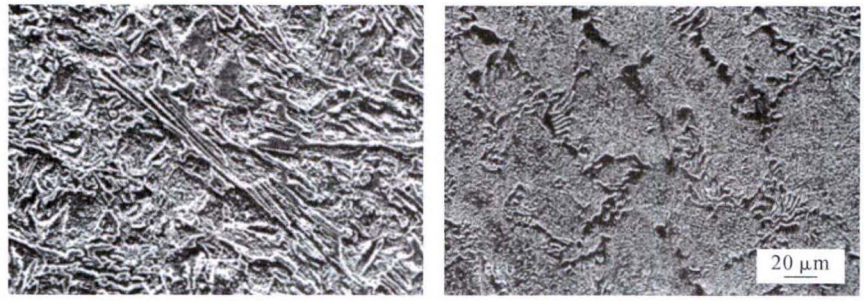
变质处理前后，热处理态试验钢基体透摄像、电子衍射图样及标定结果如图 2。变质前后试验钢的基体都有板条马氏体，不同之处在于变质处理过的试验钢的板条明显变得窄小。

稀土是表面活性元素。当初生奥氏体在熔体形核时，稀土元素易在奥氏体枝晶结晶前沿的熔体中富集,细化奥氏体晶粒。由于在随后热处理中的遗传作用,变质处理后的马氏体板条比未变质处理的窄小。

由于板条间的边界数量更多，位错运动的障碍更多,要使位错运动就需要更大的外力,试验钢得到强化。同时,外力作用下,边界处的晶胞和板条内部的晶胞滑移协调性增强,边界处可吸收更多的能量,使韧性提高。

### 2.4 变质处理对碳化物结构和分布的影响

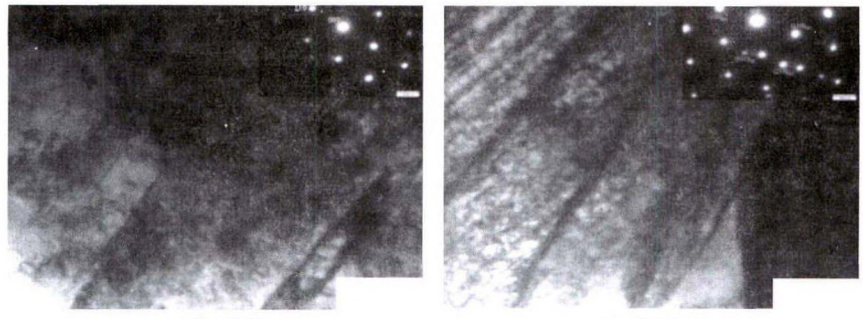
变质处理前后，热处理态试验钢中 $Cr_{23}C_6$ 型碳化物透摄像、电子衍射图样及标定结果如图 3。变质前碳化物尺寸大、数量少。而变质处理后碳化物颗粒化,尺寸小、数量多。




(a)变质前　　(b)变质后

图 1 变质前后热处理态微观组织　×600

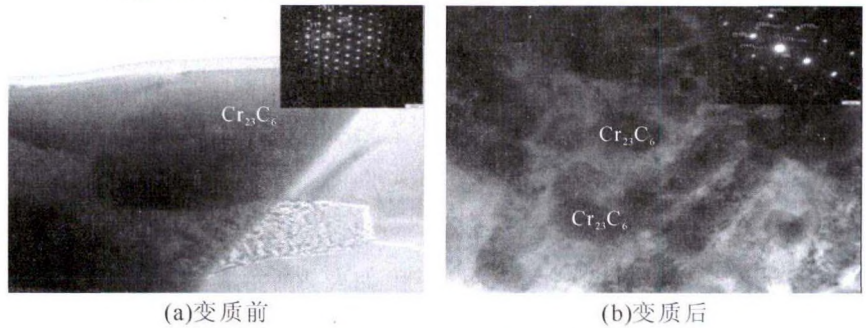
Fig.1 Heat treated state microstructures before modification and after modification



(a)变质前　　(b)变质后

图 2 变质前后基体透射相和电子衍射图样

Fig.2 Matrix TEM images before modification and after modification




(a)变质前　　(b)变质后

图 3 变质前后碳化物透射相和电子衍射图样

Fig.3 Carbide TEM images before modification and after modification

稀土元素的原子半径较铁原子大，易在晶界富集，降低界面能，在热处理过程中能组织碳化物沿晶界生长，从而促使碳化物在晶内形核长大，这对细化碳化物起着促进作用。

细化的碳化物同样有利于提高试验钢的强度和韧性。

## 3　结论

(1)变质处理后，热处理态试验钢的硬度从HRC51.7提高到HRC53.7，冲击韧度从4.08 J/cm$^2$提高到4.21 J/cm$^2$。

(2)经变质处理，晶界上碳化物数量减少，呈断续网状，部分碳化物弥散分布于晶内，起弥散强化作用。

(3)通过TEM相观察，变质处理后马氏体基体板条变得窄小，碳化物被颗粒化。细化的基体和碳化物提高了试验钢的硬度和冲击韧度。

**参考文献：**


[1] 窦彩虹，魏世忠，司岸恒. C含量和热处理对中锰耐磨钢组织与性能的影响[J]. 铸造技术，2018，39(2)：289-294.

[2] 李树江，陈历祥，卢月美. 铸铁中微量元素分布规律的异化及应用[J]. 现代铸铁，2003(5)：55-57.

[3] 那树人. 炼铁计算[M]. 北京：冶金工业出版社，2005.

[4] 王云飞.耐热耐磨钢的组织与性能的研究[D]. 洛阳：河南科技大学，2009.

[5] 毛望军，张黎燕，张城兴. 变质处理对新型轧钢导轮磨损性能的影响[J]. 热加工工艺，2016，45(13)：124-126.



# 《熔模铸造缺陷图册》简介

《熔模铸造缺陷图册》(简称《图册》)是作者根据自己数十年在生产现场积累的实际经验和知识，参阅了国内外大量资料后精心编著而成的。

《图册》收录了典型的蜡模(也称“熔模”)缺陷15例、型壳缺陷28例、铸件缺陷42例共105幅图片，直观呈现了缺陷，描述了缺陷特征，具体分析了缺陷产生的原因，同时还给出了防止缺陷的有效措施，使读者能从中得到宝贵的资料和启迪，提高解决生产实际问题的能力。

《图册》覆盖面广，适用于中低温蜡料(也称“模料”)，水玻璃型壳与硅溶胶型壳，以及碳钢、低合金钢、不锈钢以及高合金钢等铸件。

《图册》参考价值大，附录收集了适用于低温蜡料与水玻璃型壳、低温蜡料与硅溶胶型壳、低温蜡料与复合型壳以及中温蜡料与硅溶胶型壳等四种方案的压制蜡模工艺参数、型壳制造工艺参数。

总之，《图册》图文并茂、通俗易懂，是熔模铸造缺陷分析方面的资料库；可供熔模铸造生产现场、工艺设计、技术服务与研究等方面的人员使用。







联系人：潘玉洪　13509655192　pyhsz@163.com