

文章编号: 1003-7837(2004)01-0064-03

# 渗剂粒度和稀土元素对 H13 钢 低温盐浴渗铬的影响

于小勇, 邹敢锋, 叶金玲

(华南理工大学机械工程学院, 广东 广州 510640)

**摘要:** 采用金相法、X射线衍射法、电子探针能谱分析和显微硬度法,研究了渗剂粒度和稀土元素对 H13 钢低温盐浴渗铬速度和渗铬层质量的影响。研究发现,减小渗剂粒度,可以提高渗铬速度;在渗剂中加入稀土元素,不但可提高渗铬速度、使渗层均匀,而且使渗层的显微硬度和铬的质量分数都有所增加。

**关键词:** H13 钢盐浴渗铬; 稀土; 显微硬度; 铬浓度

**中图分类号:** TG156 **文献标识码:** A

钢渗铬可提高其表面抗氧化、耐腐蚀、抗磨损等性能。这样以普通碳素钢代替昂贵的耐热钢和不锈钢,就可以降低生产和使用成本。以往的研究结果表明,在较低温度可以进行盐浴渗铬,但缺点是速度慢、渗层薄<sup>[1]</sup>。提高渗铬速度和渗层质量,使其具有实用价值,成为研究的重点。

## 1 试验方法及设备

为了提高低温盐浴渗铬的速度,本试验采用不同粒度的渗剂,以及加入稀土元素等方法对 H13 钢进行盐浴渗铬。把 H13 钢加工成直径 12 mm、厚 8 mm 的试样,进行 1050℃ 淬火和 620℃ 回火处理,表面磨光和抛光,并经离子氮化预处理。盐浴以氯化钠为主要熔剂,再加上能产生铬离子的低熔点铬盐及铬的活化物。在高能球磨机上将渗剂加工成粒度分别为 75 μm, 45 μm, 38 μm 的颗粒。渗铬温度 610℃, 时间 6 h。

在 4 kW 的井式电阻炉中进行盐浴渗铬。温度的测量分成两个部分:炉膛内部和盐浴溶液的温度。用温控器和调压器控制炉膛温度及盐浴温度,用 K 型热电偶及 XMT-101 数显温度计测量炉膛内温度,用 K 型热电偶和 XMT 数显仪表测量盐浴温度,误差为 ±5℃。用 XJP-100 型光学显微镜分析金相组织

和测量渗层厚度;用 PHILIPSLX-30FEG 型电子显微镜和 X 射线能谱仪测定铬浓度;用 X'PertMPOpro 型 X 射线衍射仪分析表面相结构;用 OLYMPUS 金相显微镜拍照;用 HVS-1000 型数显显微硬度计测量渗层显微硬度分布。

## 2 试验结果及分析

### 2.1 渗剂粒度对渗铬速度的影响

在一般的化学反应中,减小反应物的粒度,往往可以加速整个反应的进行,这可以通过反应物面积的增大得到解释。在本试验中,试样盐浴渗铬时间为 6 h。渗剂粒度分别为 75 μm, 45 μm, 38 μm 时,其渗铬层厚度分别为 4, 5, 6 μm。由此可见,在相同的时间内,随着渗剂粒度的减小,渗层的厚度增加,这说明渗剂粒度越小,渗铬速度越高。

### 2.2 稀土元素对渗层的影响

#### 2.2.1 渗铬速度

近年来许多研究表明,稀土元素对于化学热处理具有良好的催化作用<sup>[2,3]</sup>。本试验以镁稀土合金作为催渗剂,试样经离子氮化处理,渗剂粒度为 38 μm,低温盐浴渗铬时间为 6 h。试验结果表明,在同样的试验条件下,加催渗剂的渗层厚度为 7.5

收稿日期: 2003-07-10

作者简介: 于小勇(1978-),男(蒙古族),河北保定人,硕士研究生。

$\mu\text{m}$ ,不加的为  $6 \mu\text{m}$ ,加入稀土元素后渗层厚度增加了  $1.5 \mu\text{m}$ ,这说明加入稀土元素后,渗铬速度增加.稀土元素不仅可以使渗剂中的金属原子被还原出来,加速活性原子的产生,即加速渗剂的分解,而且在强化金属表面的过程中,稀土元素的原子首先被吸附于金属基体表面,使体系能量降低.另外,当稀土元素的原子渗入金属表面后,将优先吸附于晶界、空位及位错等晶体缺陷处.由于稀土原子与其它原子及晶体缺陷的各种交互作用,稀土原子周围将形成包含渗入原子在内的原子团,这种原子团可迅速达到饱和状态,使表面浓度升高,浓度梯度增大,从而使渗入原子的扩散加速<sup>[4]</sup>.从这三个方面可以很好地解释加入稀土后,渗层的厚度显著增加.

2.2.2 渗层均匀性

从图 1(a)和图 1(b)中可以看到,两者的金相组

织都分为三层:靠近表面的白亮层是铬的碳化物层,中间是过渡层,最里面是基体组织.虽然这两种样品的金相组织中三层的分布基本相同,但是加入稀土合金的渗铬层比未加入稀土合金的渗铬层厚度均匀.这说明稀土元素的加入对于提高渗层组织的均匀性是十分有效的.

2.2.3 渗层组织

从图 2 的 X 射线衍射分析结果可以看出,加入稀土元素后,渗层中没有出现稀土化合物.这可能是因为试验中稀土元素的渗入量不足,形成不了稀土化合物.X 射线分析表明,表面相由  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ ,  $\text{CrN}$ ,  $\text{Cr/Fe}$ ,  $(\text{Cr, Fe})_7\text{C}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{C}$ ,  $(\text{Cr, Fe})_2\text{N}$  等组成.稀土元素主要起到促进渗铬的作用,这将在进一步的实验中加以验证.

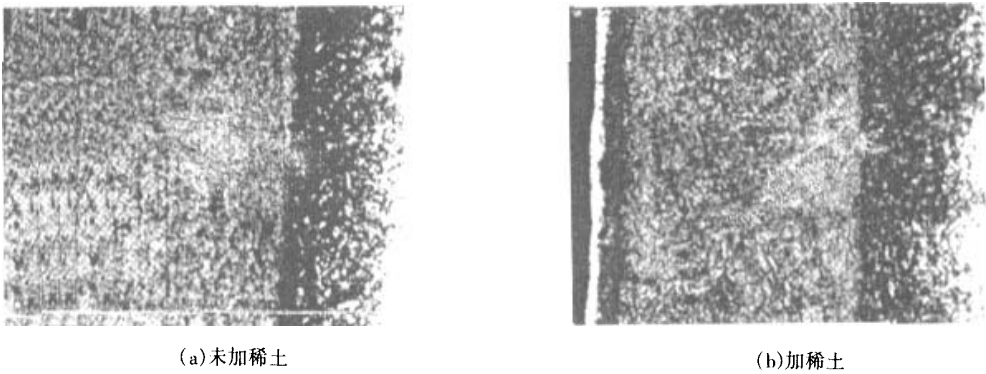


图 1 渗铬层金相组织,300×  
Fig.1 Metallographic structure of chromizing layer

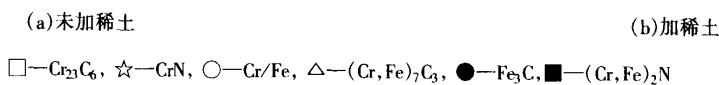


图 2 H13 钢渗铬后的 X 射线衍射分析结果  
Fig.2 X-ray diffraction analytical result of chromized H13 steel

### 2.2.4 渗层硬度

加与不加稀土元素试样的渗层硬度分布如图3所示.从图3可以看出,加入稀土元素后,金属的表面硬度即渗层硬度有所提高.稀土具有微合金化的作用,可以改善金属表层结构,从而达到强化表层的目的.稀土元素在钢中有一定的固溶度,同时导致

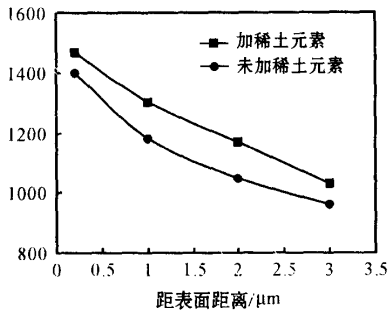


图3 渗层硬度分布曲线

Fig.3 Distribution curve for hardness of chromizing layer

### 2.2.5 渗层中铬质量分数的分布

加与不加稀土元素低温盐浴渗铬的试样,其渗层中铬的质量分数分布如图4所示.从图4可以明显看出,未加稀土的试样,在距离表面1~4 μm处,铬的质量分数下降较快;而加入稀土的试样,其渗铬层中铬的质量分数梯度平缓.在距离表面2 μm,3 μm和4 μm处可以看到,加稀土元素的渗层中铬的质量分数比未加稀土元素的大得多.这说明了稀土元素对于改善盐浴渗铬的渗层有良好的作用.

## 3 结论

(1) 渗剂粒度对H13钢低温盐浴渗铬速度有明

严重的晶格畸变,并产生球形对称的应力场,起到一定的固溶强化作用.另外,稀土原子偏聚于晶界,降低了晶界能,降低了晶界迁移驱动力,阻碍晶粒的长大,对奥氏体晶界起钉扎作用,还可以使晶界强化.所以,从本试验来看,稀土催渗可达到强化金属表面的目的.

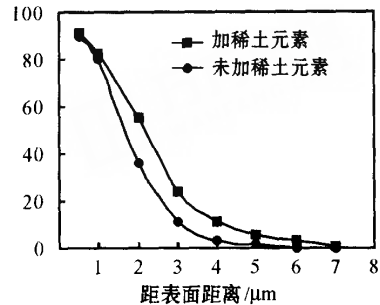


图4 渗层中铬质量分数的分布曲线

Fig.4 Distribution curve for concentration of chromium

显的影响,粒度越小,渗铬速度越高.

(2) 稀土元素可以加速低温盐浴渗铬,使渗铬层均匀、渗层中铬的质量分数提高及渗层硬度增加.

### 参考文献:

- [1] 叶金玲,邹敢锋,伍翠兰. 3Cr2W8V 模具钢低温盐浴渗铬复合热处理[J]. 锻压机械,2002,(3):64-66.
- [2] 朱雅年,魏馥铭,夏复兴,等. 稀土在离子氮碳共渗中的作用[J]. 金属热处理,1994,(1):3-6.
- [3] 刘磊,林玲,赵生发. 稀土钒共渗工艺的应用研究[J]. 热加工工艺,1994,(3):32-34.
- [4] 洪振声,尹付成. 稀土元素在模具表面强化中的应用[J]. 模具工业,1994,(10):52-53.

## Effects of solvent grain-size and rare-earth element on low temperature salt-bath chromizing process of H13 steel

YU Xiao-yong, ZOU Gan-feng, YE Jin-ling

(College of Mechanical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** The effects of different grain-size solvent and RE element on low temperature salt-bath chromizing process of H13 steel were studied by metallographic analysis, X-ray diffraction, electron probe energy spectrum analysis and microhardness analysis. The results show that the two methods are effective to low temperature salt-bath chromizing process. If the solvent grain-size is decreased, the chromizing speed becomes high. If RE element is added to a chromizing solvent, the chromizing speed is raised, the chromizing layer turns uniform, and the microhardness and chromium concentration of chromizing layer is increased, respectively.

**Key words:** H13 steel; salt-bath chromizing; rare earth; microhardness; concentration of chromium