

AISI 316L不锈钢热处理表面贫铬分析与质量控制

■ 王兴伟, 刘国志, 赫庆坤, 路东宁, 时炯, 江允楠, 高翔, 马飞, 谢鲲, 孙金全

摘要: 企业在生产时一批AISI 316L不锈钢搅齿经渗氮处理后, 出现表面氧化、渗层硬度不达标, 在安装时搅齿出现生锈现象。通过对产品检测及试验研究验证, 分析了搅齿失效的原因并提出了相应的补救措施和质量控制方案。

关键词: AISI 316L; 贫铬; 质量控制; 热处理

AISI 316L不锈钢搅齿应用于湿法造粒机中, 通过快速均匀的搅拌使物料与添加剂、水等充分均匀的混合, 并借助这种搅拌力形成了颗粒。这就要求搅齿具有一定的刚度, 其表面具有较强耐磨性。采用表面渗氮技术可以有效地对其表面进行强化, 显著提高表面耐磨性能, 达到工件技术要求。但是其中一批搅齿在渗氮后有氧化现象, 安装时出现锈蚀迹象。为了找出搅齿失效的原因, 从原材料、热处理工艺、金相组织、显微硬度等方面进行了分析研究, 探讨了氧化生锈的原因和解决措施。

1. 技术要求和样品描述

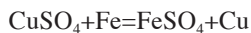
搅齿技术要求: AISI 316L不锈钢搅齿其化学成分如附表所示。搅齿采用渗氮热处理工艺, 要求渗氮层深度 $\geq 0.03\text{mm}$, 表

面硬度 $\geq 1000\text{HV}$ 。

样品描述: 搅齿为长约100mm的圆棒状, 一端为螺纹区, 另一端为工作区, 也是主要的磨损区。原材料为固溶处理, 经渗氮处理取样后发现表面有氧化现象(见图1a), 螺纹和光滑面交界处氧化尤为明显。其表面硬度检测结果为430HV0.05, 使用过后有明显的锈迹(见图1b)。

2. 钝化膜检测分析

配制5%CuSO₄溶液, 将滤纸浸泡在溶液中3~5s, 然后将滤纸压在样品表面, 等待6min后揭下滤纸观察到变为红色。原因是在样品表面发生了置换反应:



不锈钢表面的自由态Fe将CuSO₄溶液中的Cu置换出来。渗氮后会在表面形成氮化物, 这些

氮化物会隔绝自由态的Fe, 阻碍置换反应发生; 正常不锈钢Cr元素含量较高, 在空气中与氧反应会生成一层致密的Cr₂O₃钝化膜, 这层钝化膜也会阻碍置换反应发生, 由此可以确定其表面未形成一定厚度的氮化物, 也未形成钝化膜或钝化膜不完整。

3. 微观组织分析

使用王水对不锈钢进行腐



(a) 渗氮后 (b) 安装后
图1 搅齿实物

AISI316L不锈钢搅齿化学成分 (质量分数) (%)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo	N	Fe
0.016	0.520	1.110	0.019	0.001	10.240	16.330	0.030	2.050	0.028	Bal.

蚀,其结果如图2所示。未发现渗氮层,结合其渗氮后表面氧化现象,事后氨气成分检测,发现其水分严重超标。其原因是在加热保温过程中,氨气中的水分先将搅齿表面氧化,形成氧化层,阻碍了氮原子的渗入,未达到强化效果。

对AISI 316L搅齿样品剖面进行EDS Cr元素线扫描分析(见图3),结果表明搅齿表面Cr含量比基体材料要低,即表面存在贫铬区,约 $17.33\mu\text{m}$ 。不锈钢之所以腐蚀性好就是因为其含Cr量高,既可以自然钝化也可以人工钝化。保证不锈钢具有良好钝化性能,最低Cr的质量分数为12.7%,Cr含量低于此值其钝化性能就会大大降低,耐蚀性也会随之降低。AISI 316L搅齿表面未形成渗氮层和钝化膜是导致搅齿在安装过程中生锈的主要原因。

搅齿金相组织为奥氏体、铁素体和碳化物颗粒,其中有大量的铁素体-珠光体带状组织,这主要是成分偏析和加工不当造成的。成分偏析是钢形成带状组织的根本原因,Mn、Cr、Ni等会使铁素体析出温度降低,增加奥氏体的稳定性,在冷却时铁素体优先在合金元素贫化带析出,热轧冷却时碳原子扩散充分,奥氏体会转变成珠光体组织,从而形成不锈钢中的铁素体-珠光体带状组织。带状组织是一种对材料性能有害的缺陷组织,会影响材料的组织、晶粒度以及成分均匀性,在实际生产中应尽可能的避免。搅齿虽然经过固溶处理,但是未能达到减少铁素体含量和让碳化物颗粒溶解,冷却后形成

单一的奥氏体相的目的,因此其固溶处理是不充分。

4. 渗氮验证试验

基于在热处理过程中出现表面贫铬,使用过程中出现生锈情况。对搅齿进行补救措施试验即对样品进行再次渗氮,采用 $530^{\circ}\text{C} \times 10\text{h}$ 气体渗氮,氮分解率30%~40%,检测金相组织和显微硬度(见图4)。

渗氮样品验证检测可知,渗氮层出现分层现象,表层为白亮色,次表层颜色偏黑(见图4a)。其原因是表层单一的Fe的氮化物耐蚀性要比次表层Cr、Fe氮化物混合相要强,再者大量的带状组织会降低其耐蚀性,所以腐蚀后表面呈现白亮色,次表面偏黑色。说明样品再次渗氮后其表面仍然存在贫铬现象。硬度曲线(图4b)表明其表面硬度明显低于次表面(渗氮层)的

硬度,渗氮层中Fe的氮化物硬度值要比次表层Cr的氮化物硬度值低,导致硬度曲线呈非梯度型。正常AISI 316L不锈钢渗氮后表面硬度在 $1400\text{HV}_{0.05}$ 以上,且Cr的氮化物是提高表面硬度的主要原因,Cr含量不足,会使硬度值大大降低。再次渗氮的搅齿表面硬度值偏低,在使用前需要对其进行机械磨削,除去表层贫铬区 $17.33\mu\text{m}$ 。

结合对搅齿金相、显微硬度、电子探针和成分分析可知,工厂渗氮时因氨气水分含量超标,在加热过程中形成氧化膜,阻碍了氮原子的渗入。同时,在加热保温过程中Cr原子向表层扩散,导致表层Cr元素的流失,表面形成贫Cr层。没有钝化膜和渗氮层的不锈钢在安装使用过程中,受到大气侵蚀在表面出现生锈现象。

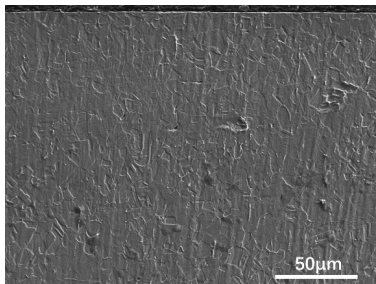


图2 样品剖面电子探针图

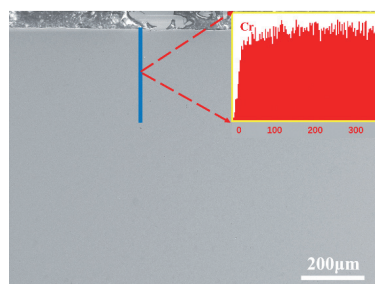
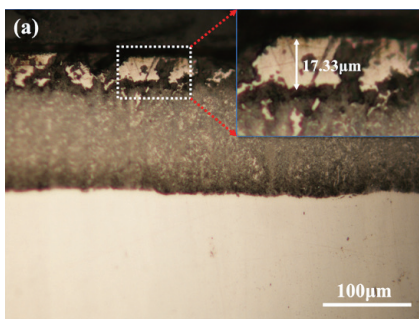
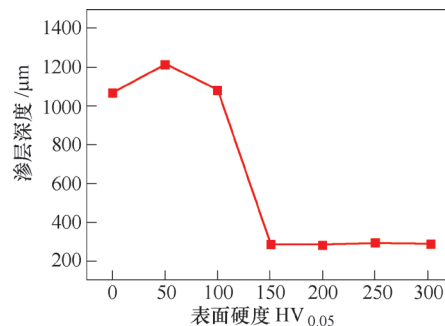


图3 样品剖面EDS Cr元素线扫描



(a) 金相组织



(b) 显微硬度曲线

图4 渗氮验证试样样品

焊丝二次回收装置的研发与应用

■ 姜殿忠, 冯国军, 朱雪亮, 石峰, 杨秀举

摘要: CO₂气体保护焊由于操作手法简单、焊接效率高、移动方便等特点而被广泛使用,但是焊丝在移动或使用的过程中,焊丝盘会出现断裂或者损坏导致焊丝无法正常使用,造成公司成本的浪费。鉴于上述原因并结合多年工作经验,开始焊丝二次回收装置的研发与应用。

关键词: CO₂气体保护焊; 焊丝; 焊丝盘损坏; 焊丝回收; 成本节约

1. 概述

CO₂气体保护焊普遍应用于建筑工程、工程机械以及汽车和航空工程中。其中CO₂气体保护焊焊丝在使用或搬运的过程中经常会出现焊丝盘损坏,致使焊丝无法正常使用,无形中增加了焊接材料的成本。破损的焊丝如图1所示。

随着工程量的增加焊丝裂盘



图1 破损的焊丝

5. 结语

(1) 原材料质量控制,充分固溶处理,提高AISI 316L组织的均匀性。

(2) 渗氮过程质量控制,对氨气进行纯化,控制氨气中水分含量。

(3) 失效搅齿补救措施,一种是对其表面进行机械磨削,除去表层的贫铬区,固溶后再次进行渗氮处理;另一种方法是先充分固溶,使表面铬均匀化,再进行渗氮处理。

参考文献:

- [1] 聂晓东. 不锈钢气体渗氮过程中难点与解决方案[J]. 金属加工(热加工), 2010(13): 47-49.
- [2] 汪远清. 不锈钢与碳钢同炉气体渗氮工艺试验[J]. 金属加工(热加工), 2009(03): 40.
- [3] 王奇. 超高强度不锈钢带状组织成因分析及相关控制工艺研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2013.

- [4] 侯东坡, 宋仁伯, 项建英, 等. 固溶处理对316L不锈钢组织和性能的影响[J]. 材料热处理学报, 2010, 31(12): 61-65.

作者简介: 王兴伟、刘国志、赫庆坤、路东宁、时炯、江允楠、谢鲲、孙金全, 山东科技大学材料科学与工程学院; 高翔、马飞, 机械科学研究总院青岛分院。

MW 20171109