

齿轮钢钢材锯切障碍原因分析

朱伟华¹ 翟正龙² 张 伟³ 朱铁剑⁴

(1 品质保证部 2 特钢厂 3 技术研发中心 4 淄博锚链有限公司)

摘 要: 对齿轮钢钢材锯切下料时遇到的锯切障碍现象进行了系统的分析, 在锯切面的局部发现了较为密集的大颗粒硬质夹杂物。认为引起这种现象的原因是钢水在浇铸过程中, 硬质夹杂物如 Al_2O_3 、TN 等在盛钢水包壁上的耐火材料表面发生聚集, 并在钢水冲刷作用下一起脱落进入到钢水中。由于到此后的钢水没有得到充分的搅拌或流动, 造成钢材的局部区域存在着比较多的大颗粒硬质夹杂物, 导致了该区域的硬度升高, 从而使锯切到此处的锯片发生变形或断齿, 引起了下料时的锯切障碍。

关键词: 齿轮钢 锯切 非金属夹杂物

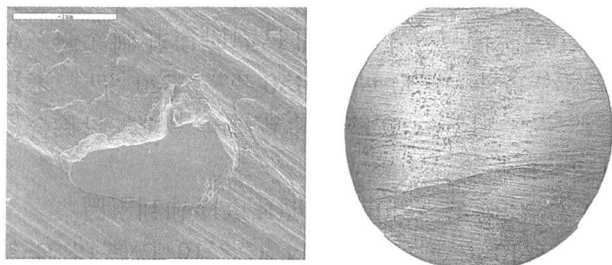
0 前言

电炉生产、连铸并热轧后的齿轮钢, 在用户锯切下料的过程中, 经常会出现某支钢材硬度非常大, 导致下料用锯床的锯片频繁断齿和断裂的现象。本文对存在此现象的钢材切割面进行了系统的分析, 找出引起钢材硬度局部增大从而引起锯切障碍的主要原因。

1 钢材的切割面分析

1.1 切割面的宏观特征

从锯切的断面上可以看到一些遗留下来的坚硬的硬块 (面积约 $2 \sim 3 \text{ mm}^2$) 或切割面发生明显的倾斜和偏离, 甚至出现了弧形面, 如图 1 所示。



(a) 锯切面上遗留的硬块 (b) 锯切面发生倾斜和偏离

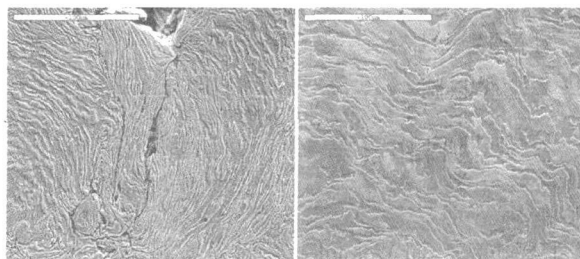
图 1 锯切面的形貌特征

1.2 遗留硬块的高倍、电镜和能谱分析

在锯切面上遗留下来的硬块与基体是相连的, 存在于锯切的齿痕印上。对硬块进行能谱分析, 结果

表明, 硬块及硬块周边的成分与钢材基体组织相同, 无其它元素成分存在。

对硬块进行腐蚀后, 观察其组织结构 (见图 2)。



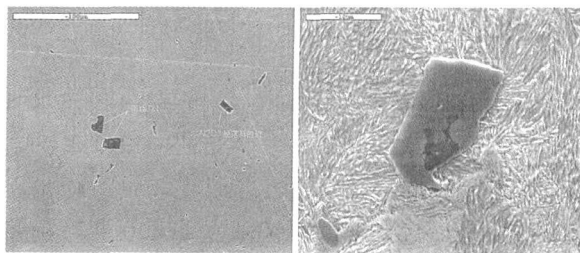
(a) 硬块边缘受力后变形形貌 (b) 变形后的组织

图 2 硬块上的组织结构

由图 2 可以看出, 遗留硬块上的组织已经发生过扭曲和变形。

1.3 硬块四周基体的分析

将上述硬块磨削去除后, 对硬块周围基体进行高倍观察, 发现基本上存在比较多的、相对集中的不变形夹杂物。夹杂物边缘清晰, 棱角分明, 如图 3 所示。经过能谱分析, 发现该不变形夹杂物为氧化铝夹杂物或钛的化合物夹杂物, 其大小尺寸在 $5 \sim 20 \mu\text{m}$ 之间。



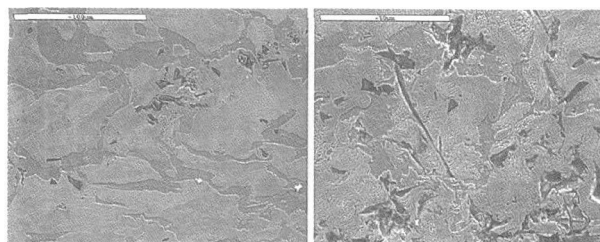
(a) 夹杂物分布密集度 (b) 夹杂物外观形貌

图 3 基体上夹杂物形貌特征

作者简介: 朱伟华 (19 -), 男, 1996 年 7 月毕业于武汉科技大学金属材料及热处理专业。2005 年取得北京科学大学硕士学位。高级工程师, 主要从事钢材质量检验和质量缺陷分析工作。

1.4 弧形断面的分析

以弧形断面为基础进行倾斜处表面的显微观察,在断面的凸起附近发现了约占 4 mm^2 夹杂物聚集区域,该区夹杂物表现为数量多,颗粒大,分布集中,没有发生变形等特征,如图4所示。经过能谱分析,大部分为铝和钛的氧化物。



(a)聚集在一起的硬质夹杂物 (b)夹杂受力脱落后遗留的坑洞
× 100倍 × 200倍

图4 聚集的夹杂物分布特征

1.5 夹杂物密布区域的形状分析

为了认清钢材中这样夹杂物密布区域的大小和形状,对多个出现锯切困难的特征试样进行了逐层的观察分析,发现夹杂物密布区域逐渐缩小并消失。基本上认定了夹杂物密集区域是以团块状存在于钢材中的,这个区域的直径约为 $1\sim 2\text{ mm}$ 的球体。

2 原因分析

2.1 锯切面上硬块和弧形面形成的原因分析

由以上分析可知,锯切面上遗留下来的硬质点的成分与周围基体的钢材成分相同。这是锯齿在行进过程中,遇到了强烈的抵抗,造成锯齿不能切割基体,只能推动锯齿前面相当大的体积基体组织整体移动,强大挤压后,硬度越来越高,直接阻止锯齿继续前进,直至打断锯齿;同理,由于钢材锯切断面附近的基体上较为密集地镶嵌有以 TN 或 Al_2O_3 为

主要成分的夹杂物,造成此处整体硬度较高,锯切到此处时,锯片遇到强烈的阻碍发生弹性变形,偏离了正常的行进方向,造成锯切断面呈凸起的弧形。因此,造成齿轮钢钢材下料时锯切困难的主要原因是钢材的局部区域聚积有超量的大颗粒 TN 和 Al_2O_3 夹杂物。当这些夹杂物的颗粒足够大时,就会在钢材基体上起到一定的钉扎作用,造成锯齿推动这些夹杂物挤压基体组织而形成硬度相当高的遗留硬块,夹杂物在此过程中被绊松脱落;当这些夹杂物颗粒小而量比较多时,会造成锯片偏离锯切方向,从而形成弧形的锯切断面。

2.2 夹杂物富集的原因分析

钢中的氧化铝、氮与钛夹杂产生于钢中后的分布应该是弥散、颗粒细小的。如果这类夹杂物颗粒达到十微米左右,说明夹杂物之间发生了粘合长大。借助于表面张力,固态夹杂物的聚集能够出现在任何界面上。从添加脱氧剂开始,夹杂物通过碰撞、扩散而长大,从纳米级到微米级,并逐渐聚集和长大,集集成团块,然后在钢水的冲刷作用下,一起脱落到钢水中,钢水在此后没有得到充分的流动搅拌,造成了此类夹杂物在钢材局部区域内富集。

3 结论

钢水在浇铸过程中,硬质夹杂物如 Al_2O_3 、 TN 等在盛钢水包壁上的耐火材料表面发生聚集,并在钢水冲刷作用下一同脱落进入到钢水中。由于到此后的钢水没有得到充分的搅拌或流动,造成钢材的局部区域存在着比较多的大颗粒硬质夹杂物,导致了该区域的硬度升高,从而使锯切到此处的锯片发生变形或断齿,引起了下料时的锯切障碍。

特邀编辑: 付常林

Analysis of Causes of Saw Cutting Handicap for Gear Steel

Zhu Weihua¹ Zhai Zhengbing² Zhang wei³ Zhu Tiejian⁴

(1 The Quality Assurance Dept; 2 The Special Steel Plant 3 The Technical R&D Center 4 Zibo Anchor chain Co., Ltd)

Abstract A systematic analysis of saw cutting handicap for gear steel was done, in which on local parts of saw cutting surface denser large-granular hard inclusions were found. The cause of it was thought to be the fact that hard inclusions like Al_2O_3 and TN get together on the surface of refractory on the ladle walls during the casting and fall off into the molten steel under the action of molten steel washing out. Because of the molten steel arriving here not being fully stirred or smoothly running, on local parts of the steel exist more large-grain hard inclusions, which result in the increase of its hardness, thus making the saw blade that moves here distorted or its saw teeth broken, leading to the faults of saw cutting.

Key words gear steel saw cutting nonmetallic inclusions