

# 国内外大型锻钢冷轧支承辊性能对比分析

沈新群

(宝钢轧辊科技有限责任公司, 江苏 常州 213019)

**摘要:** 通过解剖分析国内外著名钢厂生产的大型锻钢冷轧 5%Cr 支承辊由表到里的低倍组织、硬度、高倍组织变化等, 对大型 5%Cr 支承辊的冶炼、锻造、制造、及支承辊重复利用等具有非常重要的指导价值。

**关键词:** 锻钢支承辊; 5%Cr; 解剖; 再生

**中图分类号:** TG333.17

## 引言

支承辊大锻件制备工艺方法不同于普通工作辊、中间辊的制作。由于支承辊大锻件一般不采用电渣重熔(ESR)技术, 而多采用电弧炉加炉外精炼方法熔炼, 夹杂控制较为困难。在铸锭过程中, 由于大型钢锭不可避免的出现成分偏析, 且在锻造时只有表面组织得到变形而内部无法锻透。在轧辊改制再生时, 旧辊经大量加工后次表层的成份偏析、树枝晶、网状碳化物等材料缺陷显露在再生新辊的表面。因此, 有必要选择支承辊进行解剖分析, 了解支承辊内部的夹杂、偏析、组织情况。

## 1 选辊及解剖分析方案

目前, 大型锻钢冷轧支承辊材料主要有 3Cr% 和 5Cr% 两种。但使用较广泛和较好的是 5Cr% 材料, 此材料具有良好的耐磨性和抗事故性能。因此, 本文选择国内外著名钢厂生产的 5Cr% 使用退役的支承辊进行解剖对比分析。

国内某厂家生产用于对比的解剖辊, 新辊时直径为  $\Phi 1250$  mm, 当前报废直径为  $\Phi 1150$  mm; 国外某厂家生产用于对比的解剖辊, 新辊时直径为  $\Phi 1000$  mm, 当前报废直径为  $\Phi 910$  mm。两支解剖辊从辊身中部割为两段, 外形及取样位置如图 1 所示。主要检测内容包括以下几个方面:

- (1) 各档主要尺寸检验;
- (2) 超声波探伤(辊身、辊颈);
- (3) ①和②钻孔取样做成分检测;
- (4) 辊身解剖切片, 做断面检测, 位置传动

端辊身端部 600 mm, 厚度 20 mm;

(5) 辊身切片取低倍试样:(1)辊身表面低倍试样; (2)辊身芯部低倍试样, 半径 200 mm;

(6) 辊身切片取长试样,  $20 \times 20 \times$ 半径长度。

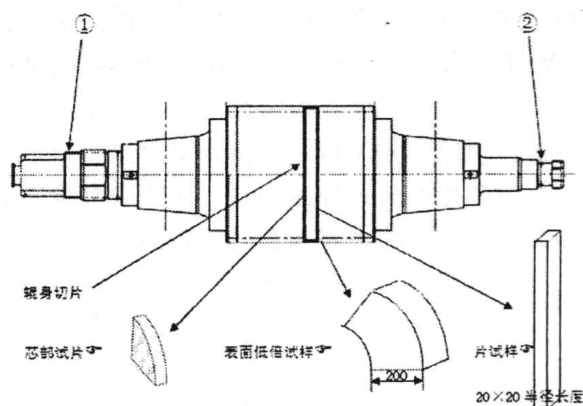


图 1 试样取样简图

## 2 检测结果分析

### 2.1 尺寸检测

国内某厂支承辊身直径:  $\Phi 1151$  mm, 辊身长度: 1350 mm; 国外某厂支承辊辊身直径:  $\Phi 950$  mm, 辊身长度: 1420 mm。

### 2.2 探伤检测

按照支承辊探伤要求 JB/T4120 进行检测, 未发现评判要求以上缺陷。

### 2.3 成分检测

在不同部位取样如图 1 所示, 用 ICP 等离子直读光谱发射仪检测化学成分, 结果如表 1 所示。

国内支承辊两端表面材料与 Cr5 支承辊 YB-70 标准材料成分有差异, 主要体现在关键元素 C 含量和 Cr 含量上, 其中 Cr 的化学成分偏差较大。Si 元素含量偏低, 但是符合成分允许偏差, 其他材料均匀性较好。C 和 Cr 元素含量偏差会对轧辊的淬火硬度、

均匀性和淬硬层深度带来较大的影响。

国外某厂成分由于涉及企业保密性, 表 1 中未列出, 但是其两端成分均匀性很好。其成分与 YB-70 比较, 主要是碳含量低, 铬和钼含量高; 硫磷控制较高。

表 1 化学成分比较/%

试样	$\omega(\text{C})$	$\omega(\text{S})$	$\omega(\text{Mn})$	$\omega(\text{Si})$	$\omega(\text{Mo})$	$\omega(\text{Cr})$	$\omega(\text{Ni})$	$\omega(\text{V})$
国内某厂①	0.62	0.002	0.52	0.39	0.52	4.58	0.44	0.14
国内某厂②	0.51	0.002	0.49	0.37	0.48	4.51	0.43	0.13
标准 YB-70	0.48 ~ 0.55	$\leq 0.020$	0.40 ~ 0.70	0.40 ~ 0.70	0.45 ~ 0.65	4.90 ~ 5.50	0.40 ~ 0.50	0.10 ~ 0.20

注: 化学成分允许偏差按 GB222-84 执行。

## 2.4 低倍检测

对国内某厂支承辊辊身整个切片进行低倍检测, 分表面试样、中部试样和芯部试样。表面试样经 1:1 工业盐酸热蚀后观察, 按 GB/T 1979-2001 中的评级图四评定其一般疏松为 1.5 级, 试面上树枝状晶较粗, 约距外圆 100 mm 的低倍试面存在较多白亮斑, 并且该区域低倍组织偏析明显, 详见图 2 所示。

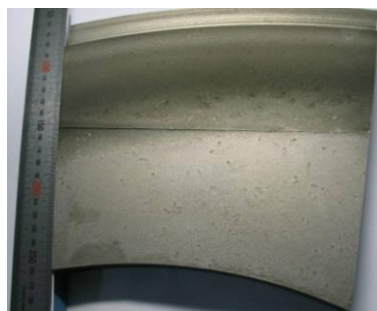


图 2 国内某厂表面试样低倍

中部试样一般疏松为 1.5 级, 整个试面低倍组织存在偏析现象, 其中局部偏析处存在小孔洞。芯部试样一般疏松为 1 级, 残余缩孔为 0.5 级, 整个试面低倍组织存在偏析现象, 其中局部偏析处存在小孔洞。

国外某厂支承辊切片检测发现一般疏松为 1.5 级, 试面上由表及里存在不同程度的枝晶, 但未发现偏析。这说明, 虽然其硫磷控制不如国内, 但是其偏析控制较好。

## 2.5 高倍检测

### 2.5.1 夹杂情况

分别对该国内某厂支承辊由表及里试样做高倍分析。经磨制、抛光后观察, 试面上存在大块状脆性夹杂物及较多单颗粒球状类夹杂物, 详见图 3

所示。国外某厂支承辊夹杂控制较好。



图 3 夹杂物(50 $\times$ )

### 2.5.2 组织与偏析情况

经浸蚀后观察, 近表面 10 mm 内组织基本一致, 均为回火屈氏体; 约距表面 19 mm 处组织为回火屈氏体+极少量回火索氏体; 19 ~ 88 mm 为回火屈氏体+回火索氏体; 89 mm ~ 心部为回火索氏体+珠光体。

距表面 20 mm 处有一明显组织偏析区, 偏析处组织极细, 并且夹杂物及碳化物也偏聚于此, 详见图 4 所示。心部组织偏析现象尤为严重, 组织粗细分布极不均匀, 较细处碳化物呈网状分布, 详见图 5 所示。

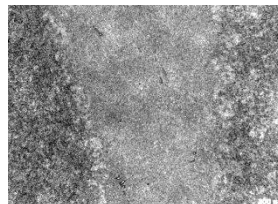


图 4 距表面 20mm 处夹杂与偏析



图 5 芯部偏析组织

## 2.6 辊身截面硬度检测

从辊身取样进行检测由表到里的硬度, 如图 6 所示。国内支承辊“0”位置为报废时直径  $\Phi 1150$  mm。此时工作层 50 mm 已经基本用光, 表面检测硬度 60 ~ 62HSD, 相当于 47HRC 左右。此支承辊总体

淬硬层深度约 70 mm 左右。芯部硬度在 15HRC 左右。

国外支承辊“0”位置为直径  $\Phi 950$  mm，硬度较高，表面检测硬度 70~71HSD，硬度达到 50HRC 左右。前期已使用单边 25 mm，因此，此支承辊总体淬硬层深度约 125 mm 左右。

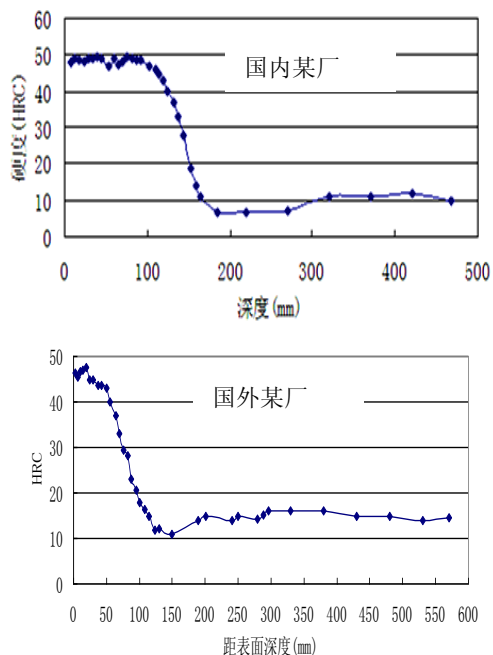


图 6 辊身由表到里硬度变化

目前，国内具备生产大型锻钢支承辊能力的厂家仅有中国一重、中国二重、邢台轧辊、鞍钢机总、天津重机等几家，而这些厂家均采用差温淬火工艺来生产大型锻钢支承辊。以一重为例，一重生产大型锻钢支承辊的方法为差温炉加热+喷雾冷却，得到以贝氏体为主的辊身金相组织，辊身硬度在 55~71HSD 范围内，淬硬层深度 $\leq 90$  mm，而对于辊身硬度要求大于 71HSD，淬硬层深大于 90mm 的马氏体组织的高端支承辊产品来讲则难以通过现有的差温淬火技术来实现，且差温淬火工艺在要求淬硬层范围内的硬度下降梯度较快。

与国内采用差温淬火技术生产大型锻钢支承辊相比，国外主要采用整体感应淬火技术生产大型锻钢支承辊。整体感应淬火技术是目前国际上最先进的辊身表面淬火技术。整体感应淬火技术是指将轧辊辊身表面利用感应圈整体加热，一次冷却的淬火方式，是提高辊身表面硬度、增加辊身硬化层深度及辊身表面硬度均匀性的有效方法，与差温淬火工艺相比具备加热效率高，冷却速度快，淬火硬度高，消耗能源少等优势。图 6 中可知，其硬化层深度达到 125mm，且硬度基本保持不变。

国外日本的 JCFC(日本铸锻钢公司)、JSW(日本制钢所)和 HITACHI(日立协和)等国际知名的大型锻钢支承辊制造企业均已采用整体感应加热技术生产大型锻钢支承辊，产品的质量优异(即辊身表面硬度高、淬硬层深度深、辊身表面硬度均匀性好、耐磨性和抗事故能力强)。在国内，宝钢集团 2010 年也将支承辊的整体感应淬火技术作为十大创新项目之一，在宝钢集团常州轧辊制造公司实施。采用整体感应淬火技术生产的大型锻钢支承辊不仅适用于四辊、六辊单机架和多机架连轧机支承辊，更适应于：冷轧连退、热镀锌四辊平整机支承辊；热轧半高速钢、高速钢材质工作辊对应的支承辊；高硬度的有色金属工作辊对应的支承辊。

由上检测分析比较可知，支承辊大锻件采用电弧炉加炉外精炼方法熔炼后，国内夹杂控制较为困难，成份偏析较严重；心部冷却能力不够，结晶时易形成树枝晶和网状碳化物；锻造时只有表面组织得到变形而内部无法锻透，形成粗大树枝晶和网状碳化物；甚至在偏析处存在小孔洞。国外支承辊辊坯质量控制较好，采用特殊的整体感应淬火技术，淬硬层深度达到半径 125 mm。

由于支承辊表面最外层已经使用完毕，在支承辊改制再生时，旧辊经大量加工后次表层的成份偏析、树枝晶、网状碳化物等材料缺陷显露在再生新辊的表面。由此可知支承辊改制再生相对于工作辊改制，存在较大风险，改制再生时必须加强热处理工艺优化和探伤。

## 4 结 论

(1) 从化学成分检测结果可知，此支承辊化学成分存在偏差，其中铬含量偏低，会导致淬透性下降；C 含量头尾控制偏差较大，一头已经超出成分标准，说明大型支承辊冶炼控制需要加强改进。

(2) 高低倍检测显示夹杂及偏析越向支承辊内部越严重，已经超出评级范围；所以，对于支承辊循环利用要掌握好直径比例问题。

(3) 由表到里硬度检测表明国内某著名钢厂生产支承辊淬硬层深度可达 70 mm；而国外支承辊淬硬层深度达到 125 mm，且硬度达到 50HRC，硬度基本不降；说明整体感应淬火技术在支承辊的淬硬层深度和硬度上存在较大的优势。

(4) 对于支承辊内部夹杂及偏析，需要通过专业特殊的热处理工艺进行控制和调节，达到改制再生的目的。