



访问我们的官方网站了解更多内容

扫描二维码关注

## 铸铁轧辊宏观缺陷及超声波探伤

牛俊民

〔提要〕 本文介绍冷硬铸铁轧辊中容易出现的缺陷及其超声波探伤方法。铸铁中影响超声波传播的主要因素是石墨的大小、形态及分布，采用较低探伤频率，对无限冷硬铸铁轧辊中“月牙形”内裂及离心复合轧辊中复合不良缺陷的超声波探伤取得了满意的效果。

### 一、冷硬铸铁轧辊的宏观缺陷

#### 1. 无限冷硬铸铁轧辊中的月牙形内裂规格及化学成分

轧辊规格为  $\phi 260 \times 600$  毫米直辊。化学成分按 GB1504—79 生产，见表一。

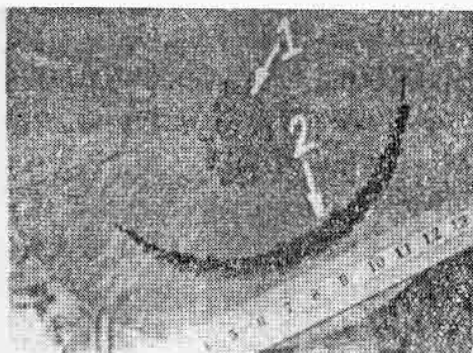
表一 无限冷硬轧辊的化学成分

化学成分 (%)	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
GB1504—79	2.90/3.70	0.60/1.20	0.60/1.20	$\leq 0.30$	$\geq 0.12$	0.60/1.20	0.20/0.60
实物取样	3.18	0.79	0.90	0.195	0.036	0.89	0.46

#### 低倍缺陷

无限冷硬铸铁轧辊由于铸造后残余应力较大，容易产生横裂和纵裂。这种裂纹往往会暴露到表面，不难发现；在轧辊的生产中，我们还常发现在轧辊的上辊颈、下辊颈甚至在辊身上产生月牙形内裂（图一），由于它不暴露表面，要求用无损探伤方法检查。

月牙形内裂产生的原因是，在辊颈靠近辊身的区域，相当于铸件的热节部位，此处补缩条件较差，铁水开始凝固的初期凝固收缩可以由液面下降来补充，当表层已形成了硬的外壳时，心部铁水的补缩逐渐困难起来，心部温度继续下降并凝固收缩时，由于冷速较快，已不可能有铁水来补充，这样便形成了月牙形内裂。这种内裂是在高温凝固时形成的，所以表面粗糙并呈氧化色（黑色）。



图一

## 2. 离心复合冷硬铸铁轧辊的复合不良缺陷规格及化学成分

轧辊规格为  $\phi 285 \times 500$  毫米和  $\phi 430 \times 880$  毫米两种。化学成分按国家标准生产，见表二。

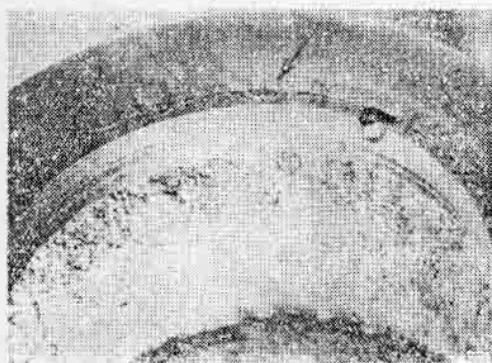
表二 离心复合冷硬轧辊的化学成分

化学成分(%)	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	心部Si
GB1540—79	2.90/3.80	0.25/0.80	0.20/0.70	$\leq 0.50$	$\leq 0.12$	0.50/1.00	0.20/0.60	0.20/0.60	
实物取样	3.14	0.50	0.53	0.32	0.038	0.84	0.36	0.31	1.84

### 离心复合轧辊的宏观缺陷

离心复合冷硬铸铁轧辊相对于普通无限冷硬轧辊来说，具有表面白口层深度容易控制，心部容易得到灰口，不容易产生断裂和月牙形内裂等优点。但是，它存在复合处的结合问题，结合不良也会产生废品。复合层结合好坏的关键是从浇注离心层到浇注心部灰口层的时间间隔。

图二是复合处结合不良缺陷的照片。



图二

## 二、冷硬铸铁轧辊宏观缺陷的探伤

### 1. 铸铁的组织及对超声波的衰减

通常，人们把含碳量大于 2.0% 的铁碳合金叫做生铁。碳以渗碳体形式存在的生铁叫做

白口铁，亚共晶白口铁常温时的组织是珠光体+次生渗碳体+莱氏体；碳以石墨形式存在的铸铁叫做灰口铁，它在常温时的组织是珠光体（铁素体）+石墨。介于两者之间的称作麻口铁，其组织特征是既有石墨又有莱氏体，冷硬铸铁轧辊的组织属于麻口铁。

无限冷硬铸铁轧辊经切片金相观察，辊身表面层较致密，石墨呈短片状，长度0.03~0.10毫米，多沿枝晶偏析分布，基体组织为莱氏体+少量珠光体；辊身内层石墨数量较多，并有块状石墨，其长度为0.03~0.15毫米，基体也是莱氏体+珠光体。

辊颈部位，由于砂型冷却较慢，硬度较低，组织也有较大变化，表现在石墨数量较辊身增多，石墨形态由短片状变为较平直的厚片状，长度一般在0.05~0.35毫米。从基体组织上看，珠光体数量增加，莱氏体数量大大减少。

对离心复合轧辊进行金相观察表明，辊身表面离心层内组织致密，仍有游离石墨片呈短小蠕虫状分布，长度在0.05~0.10毫米左右，基体组织是珠光体（占55%）+共晶碳化物（占45%）。

离心复合轧辊的上辊颈心部属灰口铁组织，石墨片比较粗大，长度0.15~0.60毫米，基体为珠光体+少量铁素体+磷共晶。

铸铁与钢相比，由于石墨的存在及组织比较粗大，超声波衰减较大。我们曾对无限冷硬铸铁轧辊的衰减情况进行测试（使用CTS-8A型探伤仪），衰减系数按下式计算：

$$\alpha = \frac{K_p(m-n)(\text{dB}) - 20 \log \frac{m}{n}}{2(m-n) \cdot x} \quad (\text{分贝/毫米})$$

式中  $m > n$ ， $m$ 、 $n$  为正整数，表示第  $m$  次和第  $n$  次反射脉冲作比较。

$K_p(m-n)$ ——第  $m$  次与第  $n$  次反射脉冲高度相差的分贝值。

$x$ ——工件厚度，它必须满足  $x \gg D$  和  $x \geq 3N$ 。

测试结果 1.25MC—— $\alpha = 3.3 \times 10^{-3}$  分贝/毫米；

2.5MC—— $\alpha = 9.4 \times 10^{-3}$  分贝/毫米。

从以上的测试及下面的超声波探伤结果来看，铸铁对超声波衰减较大，频率越高，衰减越严重。同时可以看出，铸铁组织中，引起超声波衰减的主要因素是石墨的大小、数量和形态，粗大的莱氏体组织对超声波的传播有一定的影响，但影响较小。当石墨呈短片状或蠕虫状分散分布时，对超声波衰减较小，在  $\phi 200$  毫米左右的直径上可出现 3—5 次底波，甚至更多。（仪器灵敏度在 CS-1 型标准试块，200 毫米深， $\phi 2$  平底孔上调整）而灰口铁中石墨片较大时（长度在 0.15~0.60 毫米），它的长度能和入射超声波的波长相比拟，这时工件对超声波的衰减则较严重，1.25MC、2.5MC 探伤， $\phi 200$ —300 毫米直径，可有 1—2 次底波，甚至难于出现底波。

冷硬铸铁轧辊由于冷速较快，石墨片尺寸较小，这为用超声波检查它们的内部宏观缺陷提供了可能性。

## 2. 冷硬铸铁轧辊宏观缺陷的超声波探伤无限冷硬轧辊月牙形内裂的探伤

探伤条件：CTS-8A 和 CTS-4B 型超声波探伤仪， $\phi 20$  直探头纵波探伤，灵敏度按 CS-1 型标准试块 200 毫米深  $\phi 2$  平底孔调至满幅的 80%，工件表面光洁度  $\nabla 5$ ，机油耦合。（除注明者外，一次底波在闸门前沿，频率用 1.25MC）

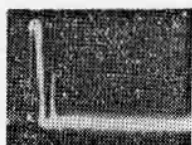
无内裂部位可有 4—5 次底波反射，无缺陷波（图三）；改用 2.5MC 探伤，可出现 3—4 次

底波，亦无缺陷波。

月牙形内裂部位底波消失，只有缺陷波（图四），底波拉开以后可以看出内裂反射脉冲较宽（图五）。当探头沿圆周方向移动 $90^\circ$ ，超声波入射方向与内裂方向平行时，底波反射次数明显减少，但缺陷波较难出现。



图三



图四



图五

#### 离心复合轧辊的探伤

离心复合轧辊常出现复合处结合不良的缺陷，这是造成轧辊废品的重要原因。实践证明，超声波探伤是检查复合不良的好方法。

探伤条件同上（略）。

复合处结合不良时，超声波只在表面离心层内来回反射，形成多次反射波，这时因超声波并未传入轧辊内部，所以无底波。

复合层结合良好的部分可出现2—3次底波，有时也会在工件心部或靠近始波附近出现反射波，这是铸件中的缩松和粗大组织引起的反射，它与复合不良有明显差别（图六a、图六b）。

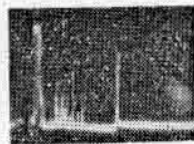
使用2.5MC探伤时，底波反射减弱，甚至有些工件难于出现底波，并伴有杂乱的反射波，给探伤带来一定困难（图七a、图七b）。



图六 a



图六 b



图七 a



图七 b

### 三、几点意见

1. 使用脉冲反射超声波探伤方法能够检查冷硬铸铁轧辊中的宏观缺陷。
2. 铸铁轧辊的探伤应尽量使用大功率探伤仪，并尽量使用低的探伤频率。
3. 粗大的莱氏体组织对超声波的传播有一定影响，但铸铁中对超声波衰减起决定性作用的是石墨的大小、数量、形态及其分布。当石墨呈厚片状分散分布，其长度在0.03~0.15毫米时，具有较好的透声性能。