

10 60-62

# 连铸坯皮下内裂在穿孔过程中的变化

## The Changes of Underskined Internal Crack of Continuous Casting Billet During Piercing Process

张才安

Zhang Caian

(重庆大学冶金及材料工程系, 重庆, 630041; 第一作者 56岁, 男, 副教授)

TG 333.8

TG 335.17

**摘 要** 本文研究了连铸管坯皮下内裂在管坯中的分布规律, 以及在二辊斜轧穿孔过程中衍变成外横裂和外折的形貌和特征。

**关键词** 连铸坯; 钢管; 裂纹

中国图书资料分类法分类号 TG333.8

穿孔, 斜轧

**ABSTRACT** This article studies on the distributional law of underskined internal crack in steel billets of continuous casting billet in addition to the appearance and features of the outer cross crack and outer fold which result from the internal crack during the piercing process.

**KEYWORDS** continous casting billets; steel tubes; cracks

### 0 引 言

连铸管坯的皮下内裂是连铸时操作不当形成的一种缺陷, 这种内裂缺陷的尺寸虽然很小, 且在管坯表面之下, 但是在制管过程中, 因变形条件恶劣而使内裂扩大, 并暴露于表面, 形成不同严重程度的外横裂, 这将使毛管或荒管的修磨量增大, 金属收得率降低, 而降低经济效益。

### 1 实验方法

#### 1.1 试样的准备

用超声波探伤仪对水平连铸管坯探伤, 探测出有皮下内部裂纹的  $\phi 90$  mm 水平连铸管坯, 按图 1 形状制备试样(含磨试样)。

#### 1.2 内裂的分布

在所取的试样上, 观察到管坯皮下有内横裂, 其分布如图 2 所示, 可以看出:

1) 水平连铸管坯内部有横向裂纹, 该裂纹属于距表面 2~2.2 mm 的皮下裂纹, 裂纹深度为 2.2~2.5 mm, 其方向与连铸坯外表面垂直;

2) 皮下内裂出现在两振痕之间, 彼此距离大致相等, 约为 12.5 mm;

3) 内裂出现在连铸坯的同一周向角内, 其长度和深度稍有差异;

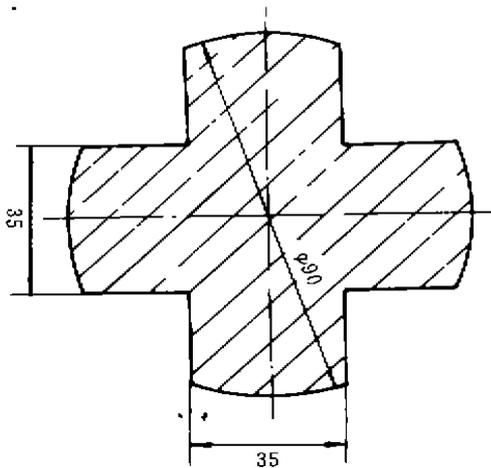


图 1 制样形状

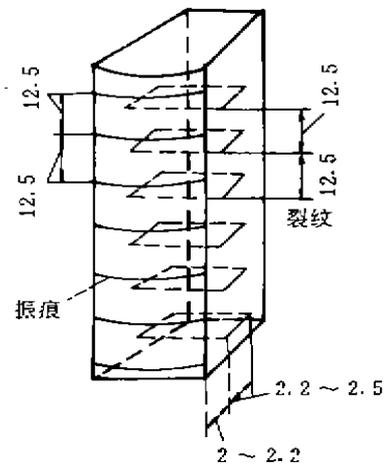


图 2 内裂纹在管坯中的分布示意图

4) 内裂只在连铸坯长度方向的某些区域内出现。

### 1.3 穿孔样的制备

1) 在已探明有皮下内裂的管坯上,取 1200 mm 长的一段作上标记,按正常加热制度在燃气式斜底炉中加热,然后在  $\Phi 100$  mm 穿孔机上穿孔。

#### 2) 穿孔调整参数

轧辊距离: 75.5 mm                      顶伸量: 79.5 mm;  
管坯直径: 90 mm                         轧辊入口锥角: 3°;  
总直径压缩率: 16.1%                  顶头前压缩率: 6.3%

3) 在管坯穿孔 2/3 的长度后,断电停止穿孔,取出轧卡试样。

## 2 试验结果

将轧卡试样冷却后,切取穿孔变形区试样和毛管试样,两试样经酸洗、碱洗后,其样态见图 3 和图 4。

从图 3 和图 4 可以看出:在穿孔变形区内,试样的外表面上出现外横裂,外横裂的间距随着穿孔变形量的增大而增大;穿孔毛管上的外横裂垂直于毛管轴线,所有外横裂的集合构成螺旋形分布,螺距很大,螺升角大约为  $14^\circ$ ,而且外横裂间距大致相等,平均间距为 48 mm。



图 3 穿孔变形区中的外横裂样态

## 3 讨 论

### 3.1 外横裂和外折

有时,穿孔毛管上的外横裂局部有明显的压迭现象,质检工常把这种缺陷判为外折,究其根源,这种外折缺陷是管坯皮下内裂引起的,属于内裂外折。显而易见,内裂外折是连铸时操作不良引起的。连铸坯表面的皮下裂纹在斜轧穿孔变形过程中裂纹被扩大,裂至外表面后而产生单条或多条平行压迭缺陷,这种压迭缺陷一般是在穿薄壁管变形程度较大时出现。若



图4 毛管上的外横裂样态

是穿厚壁毛管,在总变形程度较小时,虽然管坯内裂也被扩大,但是只裂至外表面形成外横裂,并无压迭现象,这些外横裂的集合仍呈螺旋形,而且较外折螺距更大<sup>[1]</sup>。

### 3.2 管坯产生内裂的原因

研究表明,皮下内裂出现在连铸坯表面以下 20 mm 区域内,裂纹垂直于表面,长度约 5~20 mm。皮下内裂出现的主要原因是:① 铸坯在连铸机弧形弯曲之间冷却不当,铸坯弯曲产生较大机械应力;包晶反应  $L \rightarrow \delta + \gamma$  产生相变应力,而铸坯凝固前缘的温度在 1500℃ 左右的强度和延展性很小(特别是 20 钢含硫较高时);在弯曲、矫直和相变的综合应力作用下,以晶间硫化物作为裂纹源,便产生这种裂纹,并且以晶间裂纹开始,穿晶断裂结束。② 高比水量将使铸坯内外温度差增大而加剧热应力产生,随着内外温差的加大,将促进脆弱的柱晶发展,并容易产生内裂。③ 二冷水量过分集中在水环或一段区域,则易引起铸坯前端急冷而出现返温现象,使铸坯产生内裂或使内裂扩展<sup>[1-3]</sup>。

### 3.3 二辊斜轧穿孔促进管坯内裂衍变

连铸管坯在加热过程中,若加温温度高,尤其是高温长时间加热,将因氧化烧损严重,皮下内裂可能被氧化,穿孔时不能焊合,在毛管上形成外横裂或外折<sup>[2]</sup>。

水平连铸管坯在正常加热制度下加热,因氧化烧损,管坯直径平均减小 1.5 mm。在正常加热制度下加热水平连铸管坯的皮下内裂一般不会被氧化<sup>[2]</sup>。

然而,连铸管坯中的皮下内裂在二辊斜轧穿孔过程中,将因纵向剪切变形产生轴向拉应力而扩大,扩大后的内裂,若露出管坯表面,轻者在毛管表面上形成外横裂,重者,则被斜向压迭形成外折缺陷。扩大后的内裂,若未露出管坯表面,没被氧化并保证足够大的压下量时,内裂一般可以焊合,但在内裂比较严重的情况下,可能造成横向性能大为降低。研究指出,有内裂的连铸管坯经过加工(加工比大于 4.0)后形式上可以焊合,但据观察,低倍裂纹在原铸态片上的相应位置以相似的形状再现。因此,应防止内裂的产生,而不能靠加工焊合来消除内裂<sup>[1]</sup>。

综合上述,管坯存在的皮下内裂为穿孔毛管产生外横裂和外折提供了条件和可能性,二辊斜轧穿孔时的纵向剪切变形引起的轴向拉应力将这种可能性变成为现实,换言之,管坯中有皮下内裂是毛管产生外横裂和外折的必要条件,而穿孔时的纵向剪切变形所产生的轴向拉应力是毛管产生外横裂和外折的充分条件。

### 参 考 文 献

- 1 张才安,樊韬 著. 冷拔钢管质量. 重庆:重庆大学出版社,1994
- 2 张才安,刘志槐,马华宜 等. 连铸坯裂纹在加热穿孔中的变化. 钢管,1994,(6),30~33
- 3 张才安 等. 论穿孔毛管外折迭缺陷. 钢管,1995,(5),34~38