

## 0Cr18Ni9 不锈钢管冷拔开裂原因

张国星 虞敌卫

(宝钢钢铁研究院分析测试研究中心,上海,201900)

**摘要** 通过对冷拔钢管在生产过程中产生的附加应力分析,借助于金相显微镜,带能谱仪(EDX)的扫描电子显微镜(SEM),对冷拔开裂的0Cr18Ni9不锈钢管的开裂原因进行了分析,发现开裂是由尺寸较大的夹杂物诱发引起的,而沿晶析出的 $\sigma$ 相是使钢变脆的原因。

**关键词** 应力,开裂, $\sigma$ 相,不锈钢

## Crack Failure of 0Cr18Ni9 Stainless Steel Draw Pipe

Zhang Guoxing Yu Diwei

(Analysis & Examination Research Center, Iron and Steel Research Institute of Baosteel, Shanghai 201900)

**Abstract** By stress analysing of the draw pipe while it is drawing, with the aid of light microscope and SEM with Energy Dispersive Analyzer(EDX), cracking cause of 0Cr18Ni9 stainless steel draw pipe are analyzed, and find that crack is induced by inclusions, the intergranular brittleness results from Sigma phase spreaded intergranularly.

**Key words** stress, crack,  $\sigma$  phase, stainless steel

某不锈钢管厂生产的一批不锈钢管(规格为 $\phi 38 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ ),经穿孔,轧制,酸洗后冷拔。大部分钢管在第一道次的冷拔过程中开裂,开裂均沿钢管轴向,裂口笔直。据生产单位介绍,该批钢管是严格按照生产工艺操作生产的,故而,开裂不会是因为生产工艺不当引起的,为此对其开裂原因进行分析。

### 1 金相检验、断口观察和能谱分析

#### 1.1 宏观断口分析

开裂钢管均沿轴向笔直开裂,断口呈脆性特征,在断口上靠近管内壁一侧,有层状开裂条带,断口上靠近管外壁一侧,断面齐平,宏观形貌如图1。

#### 1.2 金相及能谱分析

沿送检钢管的纵向及横向分别任意截取试块两块,制成金相试样,以观察夹杂物的分布和组织状况。在金相显微镜下观察,管材基体组织为奥氏体,部分奥氏体呈孪晶分布,属经冷加工变形后的正常组织,如图2(照片背底上的波纹为冷加工后,在侵蚀剂浸蚀时试样上相邻区域间电位产生差异,在电化学腐蚀的作用下产生的)。在高倍下观察,还可以观察到基体内分布有夹杂物,最大尺寸约为 $15 \mu\text{m}$ 左右,并观察到在较大夹杂物处萌生的一条微裂纹,与另一夹杂物相连。用能谱仪对夹杂物成分进行分析,主要为Ti、Fe、Cr,含少量O、Ni,如图3。

#### 1.3 显微断口及能谱分析

在扫描电镜下观察开裂钢管断口,断口为结晶状,呈沿晶层状开裂,形貌如图4(图中条状

稿件收到日期:00-02-01

张国星,男,30岁,工程师

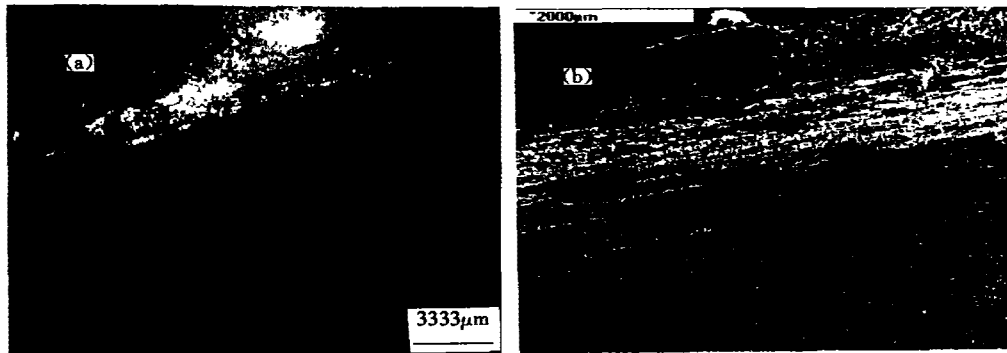


图1 开裂钢管宏观形貌

亮区为层状撕裂区,二次电子产额较高)。在高倍率下,可以发现在晶界有颗粒状析出物,经能谱分析,其成分为 Fe、Cr,形貌及成分如图 5。

### 2 开裂原因分析

冷拔钢管在拔制时,由于金属流动和变形的不均匀性,造成在钢管内部沿轴向和切向产生附加应力<sup>[1]</sup>。若将整根钢管看成是由许多层不同直径的薄钢管组成的话,,则在钢管轴向上,外层将受到附加拉应力,内层将受到附加压应力;在切向上,钢管外表层与内表层之间有一中性层,从中性层到内表面层之间的

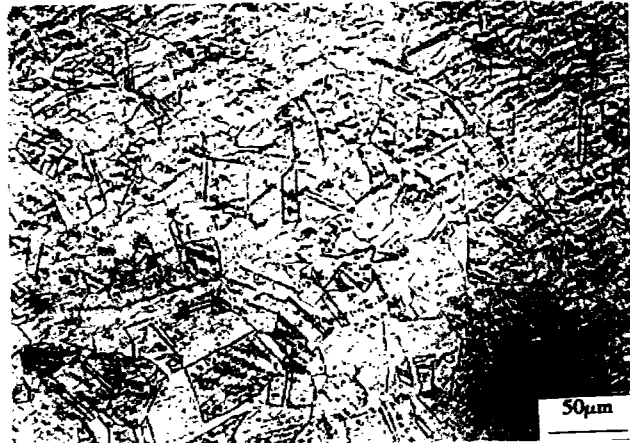


图2 来样冷加工变形后的基体组织

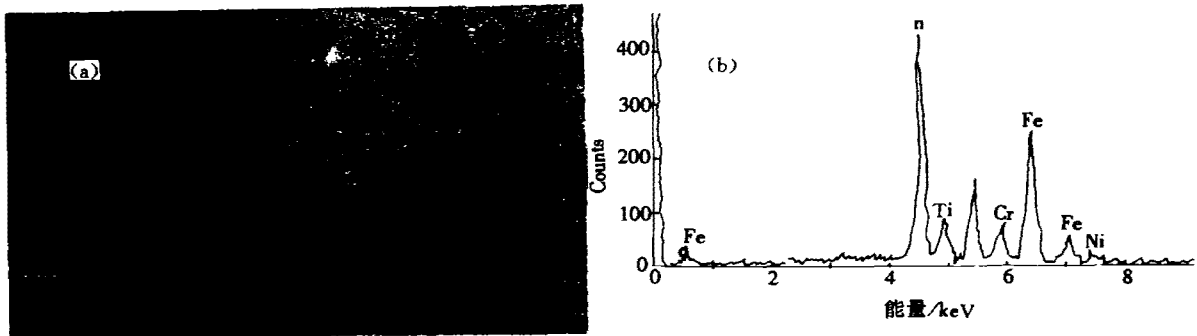


图3 微裂纹形貌及夹杂物成分分析

(a)在夹杂物处萌生的一条微裂纹;(b)夹杂物的EDX定性分析结果

各层将受到附加压应力,而从中性层到外表面层之间的各层将受到附加拉应力。在冷拔过程中,当钢管基体中存在有较硬夹杂物时,该夹杂物的形变不能与基体金属的形变相一致,基体的连续性被破坏,导致应力在夹杂物处集中,裂纹在此形核,当应力逐渐增大以至应力强度因子大于断裂韧性时,该裂纹便失稳扩展,导致脆断。裂纹以沿晶方式扩展,是由于晶界析出的 $\sigma$ 脆性相(Fe-Cr金属间化合物)造成的,较高的Cr含量及冷加工变形有利于 $\sigma$ 相的生成。

### 3 结论

(1) 夹杂物偏多和夹杂物间距偏小导致断裂韧性降低,是引起脆断的原因。

(2) 开裂沿晶界扩展是由于晶界上析出 $\sigma$ 相造成的。

#### 参考文献

- 1 张才安,樊韬.冷拔钢管质量,重庆大学出版社,1994

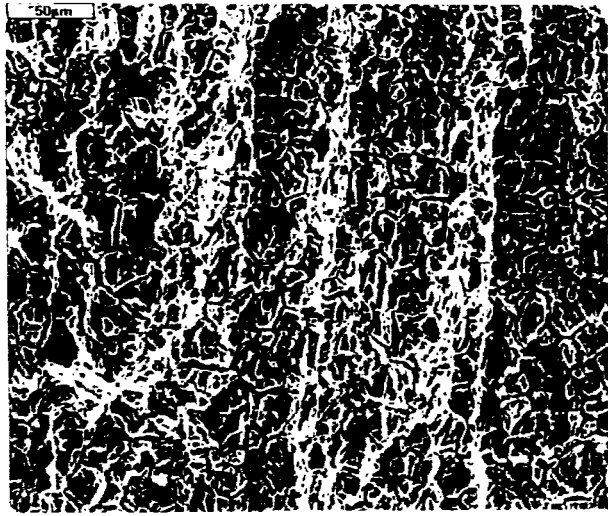


图4 结晶状断口呈沿晶层状开裂

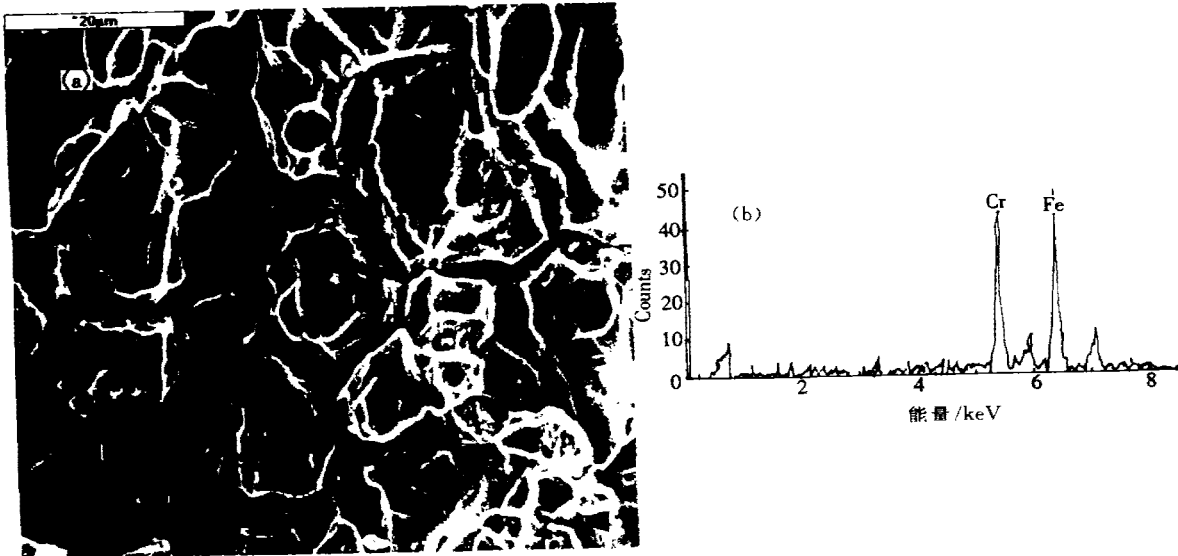


图5 晶界析出物及其成分分析

(a)晶界的颗粒状析出物;(b)析出物的EDX定性分析结果