

贝氏体钢穿孔顶头工作锥裂纹及防止措施

程圣泓, 彭清林, 彭卫国, 艾自军

(衡阳钢管(集团)有限公司机制公司, 湖南 衡阳 421001)

摘要: 分析了贝氏体钢穿孔顶头工作锥裂纹的特点、产生原因; 提出调整顶头结构尺寸可有效防止顶头工作锥裂纹。

关键词: 贝氏体钢穿孔顶头; 工作锥; 裂纹; 结构尺寸

中图分类号: TG333.8 文献标识码: B 文章编号: 1001-2311(2001)02-0014-03

Analysis of Cracking in Work Taper of Bainite Steel - made Piercing Plug and Preventive Action Proposed

CHENG Sheng - hong , PENG Qing - lin , PENG Wei - guo , AI Zi - jun

(The Machine - building Co., Hengyang Steel Tube Group Co. ,Ltd., Hengyang 421001, China)

Abstract: The characteristics of cracking in the work taper of the bainite steel - made piercing plug are analyzed, causes for the defect are identified, and accordingly it is proposed to properly change the structural dimensions of the plug for effective prevention of the said cracking.

Key words: Bainite steel - made piercing plug; Work taper; Cracking; Structural dimensions

0 前言

我厂穿孔顶头的材质是低碳多元合金化中合金钢, 铸造成型, 机加工后表面经氧化热处理获得粒状贝氏体组织。顶头在 $\Phi 100$ mm 二辊斜轧穿孔机上使用。其主要失效形式是工作锥裂纹, 占 70% 以上, 使用寿命 240 ~ 290 支毛管/只, 消耗系数 0.04 ~ 0.06, 是正常磨损顶头使用寿命的 80% ~ 85%。为了减少工具消耗, 我们对顶头工作锥裂纹的产生原因进行了探讨, 提出了防止措施。

1 顶头的工作温度

我们反复测定了顶头退出毛管后瞬间的温度值, 测定点在工作锥上。测定结果表明, 测定点的温度 $< 400^{\circ}\text{C}$ 时, 顶头都出现了裂纹, 使用寿命 < 280 支/只; 而 $> 430^{\circ}\text{C}$ 时, 顶头正常磨损报废, 使用寿命 > 290 支/只。具体数据列于表 1。

程圣泓(1964 -), 男, 湖北松滋人, 技术部部长, 工程师, 主要从事穿孔顶头的研制工作。

2 正常磨损顶头与裂纹顶头断口分析

2.1 宏观断面(断口)的区别

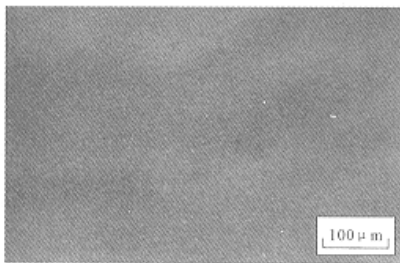
在顶头工作锥磨损较严重部位的断面上和裂纹的断口上分别截取几个试样查看, 结果发现: 磨损顶头断面表里无明显分界层, 表层厚度约 3mm, 有少量微裂纹; 裂纹顶头的断口表里分界明显, 表层较薄约 2mm, 有许多裂纹分布其中, 光滑黑暗, 里层粗糙具有光泽。这说明裂纹呈疲劳脆性断裂, 其特点是: 较薄表层是裂纹形成和扩展的场所, 由于高温氧化和油污渗透, 使之呈黑色, 突然脆断造成了顶头粗糙而具有光泽的里层。

表 1 顶头退出毛管后瞬时测定点的工作温度及使用状况

项 目	序 号					
	1	2	3	4	5	6
温度/ $^{\circ}\text{C}$	393	385	401	402	432	441
失效形式	裂纹	裂纹	裂纹	裂纹	磨损	磨损
使用寿命/支	242	267	251	202	301	292

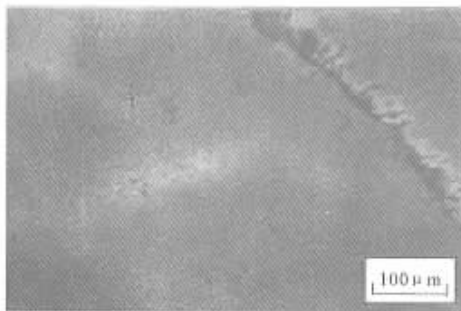
2.2 显微组织的区别

将宏观试样进行研磨、抛光后在显微镜下观察发现：磨损顶头表层有脱碳层，但表里的金相组织基本相同，均为粒状贝氏体回火组织，如图 1 所示；裂纹顶头表层发现了贝氏体回火组织，在晶界上有碳化物析出，而其里层金相组织仍为粒状贝氏体，如图 2 所示。测定的表层和里层的硬度值分别列于表 2。磨损顶头表层硬度略有上升，这主要是“使用硬化”的结果。裂纹顶头表层硬度显著提高，除“使用硬化”的因素外，其主导原因是硬相碳化物析出所致，贝氏体钢在此温度区域出现了回火脆性^[1]。



里 表

图 1 磨损顶头显微组织



里 表

图 2 裂纹顶头显微组织

表 2 磨损(HRC1)和裂纹(HRC2)顶头表里硬度

硬度	顶头表里硬度					
	表			里		
HRC1	33.5	34.0	35.0	33.5	33.0	34.0
HRC2	38.5	34.5	38.0	32.5	33.5	33.0

3 产生裂纹的原因

综上所述，穿孔过程中顶头工作锥受径向压

力、旋转摩擦力、高温热复合应力作用，在一定时间后，高温热作用使材料发生了回火脆性(通常在工作锥前部壁薄及内腔弯角的地方)，促使表层形成裂纹源，随着复合应力循环次数的继续增加，裂纹扩展直至应力超过顶头工作锥某处的疲劳极限值，导致顶头突然破裂^[2]。这很好地解释了为什么其宏观断口表层较薄，呈脆性断裂的特点。

正常磨损的顶头(表 1 中 5, 6 号)在较高的工作温度下，反而会避开回火脆性温度区域，有效地防止了裂纹的产生、扩展和脆断；另外，在较高的温度下，由于塑性变形能使应力集中现象缓和，裂纹源的形成条件相对不足。这就是正常磨损顶头断面表层较厚、裂纹少、使用寿命长的缘故。

4 防止裂纹产生的措施

由上述分析可知，防止裂纹的根本出路在于避开回火脆性温度区域。实践表明，通过减小冷却水压、提高顶头工作温度，可以防止回火脆性，但这往往会使顶头工作锥发生严重变形，因此，防止裂纹的可行性措施只能是改变顶头的结构尺寸，适当增加其壁厚，以提高其工作温度，消除回火脆性。 $\Phi 100\text{mm}$ 机组顶头的基本结构如图 3 所示。

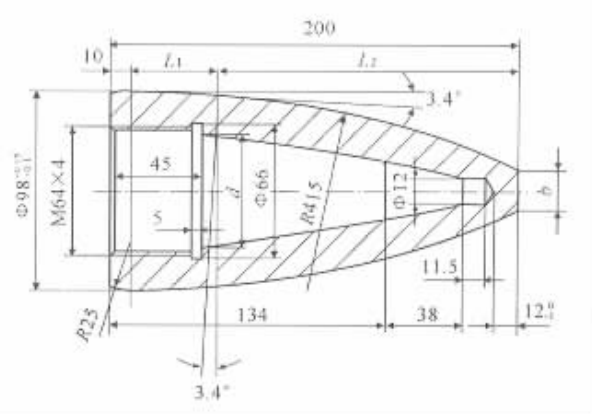


图 3 $\Phi 100\text{mm}$ 机组顶头的基本结构示意图

$L_1 + L_2$ 一定时，改变鼻部尺寸 b ，能对顶头工作锥壁厚起微调作用，同时工作锥 L_2 和辗轧锥 L_1 的尺寸也在发生相应变化，实际结果是轧制力的位置在改变。顶头直径 D 、轧制角 α 及 b, R, L_1, L_2 的关系式为

$$R^2 = (R \cos \alpha - 1/2 D + L_1 \tan \alpha + b/2)^2 + (L_2 + R \sin \alpha)^2 \quad (1)$$

将已知的 $D = 98\text{mm}$, $\alpha = 3.4^\circ$, $L_1 + L_2 = 190\text{mm}$, $R = 415\text{mm}$ 代入式(1)得:当 b 增加 1mm 时, $(L_1 + 1.25)\text{mm}$, $(L_2 - 1.25)\text{mm}$, 壁厚从鼻部 $+0.5\text{mm}$ 向后逐渐减至接近 0 。由于 L_1, L_2 的变化, 轧制力向后移 1.25mm 。正是轧制力后移和工作锥壁厚增加的双重作用, 顶头的冷却效果稍显弱化, 工作温度则相应提高。

改变内腔开口尺寸 d 可较明显改变壁厚, 从而对顶头工作温度的影响也较明显。

根据上述原理, 对顶头结构尺寸作了如表 3 所示的调整, 工作锥壁厚平均增加 1mm 。

表 3 顶头结构尺寸调整/mm

项目	b	L_1	L_2	d
调整前	20	42.5	147.5	57
调整后	22	45.0	145.0	55

5 实际效果

实践表明, 顶头工作温度普遍提高了 $35 \sim 45^\circ\text{C}$ 。对近 300 个顶头跟踪统计, 其中裂纹 88 个, 正常磨损 209 个, 分别占 29% 和 71%, 使用寿命提高 15% 以上, 平均寿命 311 支毛管/只, 达

到了预期目的。

6 结 语

贝氏体钢穿孔顶头在使用中出现裂纹, 是冷却条件相对较好的情况下出现的疲劳脆性断裂, 其产生原因是在此工作温度下, 贝氏体钢出现了回火脆性。

防止疲劳脆断的有效措施是改变顶头的结构尺寸, 增加壁厚, 提高其工作温度, 避开回火脆性。增加顶头鼻部尺寸可收到提高工作温度、后移轧制位置的双重效果; 调整顶头内腔尺寸 d 可较直观地改变壁厚。两者可同时使用, 但调整要慎重。此外, 在较高的工作温度下的塑性变形, 能缓和应力集中现象, 抑制裂纹源的形成, 有利于防止裂纹的产生。

7 参考文献

- 1 赵建政. 亚温正火对 B2-11 强韧性的影响[J]. 金属热处理, 1999, (12): 17.
- 2 工程力学[M]. 北京: 人民教育出版社, 1979. 307.

(收稿日期: 2000-07-13)

● 信 息

俄罗斯伏尔加钢管厂完成今年首批大口径天然气输送管供货

伏尔加钢管厂为俄天然气工业股份公司提供的首批 500t 有三层高分子聚合物涂层, 壁厚为 15.7mm 的 $\Phi 1420\text{mm}$ 螺旋焊天然气输送管于今年 1 月底已运抵雅玛尔半岛-西欧天然气输送干线工地进行安装, 建设方在安装过程中未对该批大口径天然气输送管的质量提出异议。伏尔加钢管厂面对来自国内外钢管企业的激烈竞争, 通过技术改造, 完善生产工艺和严格质量管理, 不断提高大口径螺旋焊油气输气管的质量, 终于在去年底同俄罗斯天然气工业股份公司签订了向雅玛尔半岛-西欧天然气输送干线中长约 40km 的乌赫塔段提供 26km 管道的供货任务。此批订货也说明俄罗斯在修建新的俄罗斯-西欧天然气输送干线时, 并未完全排除螺旋焊管, 在自然条件不太恶劣的地段也使用部分大口径螺旋焊管。伏尔加钢管厂今年初已制定出到 2003 年将钢管年产量提高到 100 万 t, 其中大口径油气输送管产量提高到近 40 万 t 的发展规划, 该厂 2001 年计划生产 66.3 万 t 的钢管。

(攀钢集团成都无缝钢管有限责任公司 杜厚益)

国务院西部开发办网站开通

<http://www.chinawest.gov.cn>
www.westchina.gov.cn