

热穿孔顶头的失效分析及改进措施建议

曹鹏军 仵海东 周安若

(重庆钢铁高等专科学校, 400050)

【摘要】对无缝钢管热穿孔顶头的失效机制和使用状况进行了分析论述,认为穿孔顶头的失效形式主要表现为顶头塌鼻、粘钢、开裂。对过去提高顶头寿命的工作作了简介,提出开展稀土铝合金化提高顶头使用寿命的研究。

【关键词】 热穿孔顶头 失效分析 稀土铝合金化

THE FAILURE ANALYSIS FOR HOT PIERCING PLUG AND THE SUGGESTION MEASUREMENT FOR ITS LIFE IMPROVING

Cao Pengjun Wu Haidong Zhou Anruo

(Chongqing College of Iron and Steel)

【Abstract】 The failure mechanism and application situation of the hot piercing plug used for production of seamless steel tube were analyzed. It was considered that the failure patterns of piercing plug were mainly as the plug collapse, steel adhesion and crack. The previous methods to improve the service life of the plug were described, and it was pointed out to carry on the research on RE-aluminium alloying to increase the plug life.

【Key Words】 Hot Piercing Plug, Failure Analysis, RE-Aluminium Alloying

1 引言

穿孔顶头是无缝钢管生产中消耗量最大的关键工具之一,它的质量好坏、寿命高低直接影响钢管生产的效率和钢管质量。由于穿孔顶头的工作条件相当恶劣,使得它的使用寿命不高,这影响了钢管的生产和钢管质量,是无缝钢管生产中急需解决的问题。为了提高穿孔顶头的使用寿命,国内外不少高校、科研院所、厂矿对穿孔顶头进行过研究,采取了不少的措施,但至今没能有效地提高

穿孔顶头的使用寿命。笔者就穿孔顶头的失效机制作分析并总结目前穿孔顶头的研究状况,提出用稀土铝合金化提高穿孔顶头使用寿命的新技术方案。

2 穿孔顶头的工作条件和失效机制

穿孔顶头在穿管过程中的工作状态示意图见图1。此时顶头直接与高温管坯相接触,穿孔顶头和管坯反向旋转,顶头受力复杂,要承受压应力、轴向力、切应力、表面摩擦力的作用,且受力巨大,顶头工作温度也比较

作者曹鹏军,男,副教授,硕士金属材料教研室主任;本项目系冶金部资助科研项目。

高,以76机组为例,管坯预热温度为1130~1160℃,终轧温度为1140~1190℃,据实测,终轧时顶头的鼻部温度高达1300℃左右^[1]。因此,每穿一支钢管,顶头都要用水急冷一次,然后再穿。由此可见,顶头的工作条件十分恶劣,在高温高压下工作,又急冷急热,经受高周次的机械疲劳和热疲劳,使得顶头的寿命不高,顶头常因出现塌鼻、粘钢、开裂等失效形式而报废。例如用3Cr2W8V顶头穿普碳钢管时,一般寿命达200支左右,穿合金钢管时,寿命不过100支左右,有的只穿几支。下面介绍一下穿孔顶头常见的失效形式。

2.1 顶头的塌鼻现象

在穿管过程中,顶头的尖锥形鼻部局部塌陷成钝圆形或全部塌陷造成鼻部消失的情况,就是常见的塌鼻现象。塌陷的程度一般随着穿管支数的增加而逐渐加深。顶头的尖锥形鼻部使顶头保持一种炮弹形流线型外形,这种流线型是保证以比较小的穿孔应力形成荒管内腔。一旦鼻部塌陷而失去这种流线型时,则穿孔应力急剧增加,很快发生疲劳开裂而使顶头报废。塌鼻的原因是顶头在穿管过程中承受巨大的轧制应力,顶头鼻部工作温度过高,而顶头材质高温强度不足。解决塌鼻现象的途径,一是提高顶头材质的高温强度;二是降低摩擦系数,以减小轧制应力。

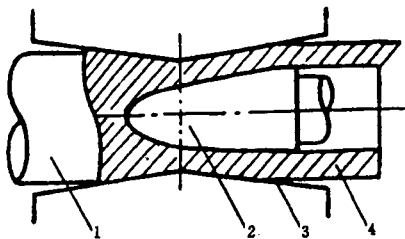


图1 顶头工作时纵断面示意图

1. 实心管坯 2. 穿孔顶头 3. 轧辊 4. 空心毛管

2.2 顶头的粘钢

粘钢是顶头与管坯这一对摩擦副发生粘着磨损的现象。粘着磨损严重时会产生两摩擦偶件咬死而不能相对运动,这在穿管过程中就是轧卡。根据粘着磨损理论,若摩擦偶件只受法向载荷作用,且有表面膜存在时,则不易产生粘着;但若同时有切向应力时,表面膜会遭到破坏而发生粘着磨损,但在表面膜未被破坏之前则不易发生粘着磨损。因此,穿孔顶头的表面氧化膜能妨碍粘着磨损的发生,顶头鼻部的粘钢现象常常发生在氧化膜被磨掉之后。

影响粘着磨损的主要因素是摩擦副材质和摩擦压力、工作温度等。互溶性大的材料组成的摩擦偶件,由于其晶格类型与电学性质相近而不容易发生粘着。当材料的强度高、塑性好时,粘着磨损小,当摩擦速度一定时,粘着磨损随摩擦压力增大而增加,当摩擦压力超过材料硬度的三分之一,粘着磨损会急剧增加,严重时会产生咬死现象。工作温度越高,越容易粘着。降低粘着磨损的途径是,提高顶头材质的强度和塑性,在顶头表面不断形成结合牢固的氧化层,以增加润滑作用,减少摩擦压力。

2.3 顶头开裂

顶头开裂就是在顶头表面产生多条纵向裂纹现象,使顶头失去光滑的工作面,而不能继续使用。顶头开裂是一种热疲劳,也是一种低周疲劳现象。顶头在穿管时承受很大的压力,顶头每穿一根钢管,在表面都产生一定量的塑性变形,当塑性变形累积到一定程度时,在局部会产生应力集中,继而产生裂纹核心,在随后的穿管过程中,裂纹不断扩展^[2]。

影响顶头开裂的主要因素是顶头材质、顶头机械性能和摩擦压力等。材质的热膨胀系数越小,产生疲劳裂纹的倾向也越小,不易产生热疲劳;摩擦力越小,顶头表面越不

易开裂。根据疲劳理论,穿孔顶头开裂是一种低周疲劳,在满足强度的要求下,材质的塑性越高,疲劳寿命也越高。因此,顶头在满足强度的要求下,提高塑性,或者降低摩擦力,都能够降低顶头开裂倾向,提高寿命。

3 目前穿孔顶头的改善状况

目前国内普碳钢管穿管应用较多的顶头材料为3Cr2W8V和20Cr2Ni4W钢,在使用前顶头进行挂氧化膜处理。这种材质的顶头如上所述,在使用中容易产生塌鼻、粘钢、开裂等失效形式而报废。不锈钢管穿管常用钼基合金顶头,但钼基顶头高温氧化严重,而且需要不断地进行高温润滑,生产效率低。为了提高穿孔顶头的寿命,国内外都进行了不少的研究,也取得了一定的效果。

金州得胜钢管厂采用新的复合顶头^[3]。即以3Cr2W8V为主体制成空心顶头,然后在顶头鼻部堆焊钴基耐热合金,构成新型复合顶头,如图2所示。在顶头鼻部堆焊的钴基耐热合金,由于高温强度高,热疲劳性能好,满足了顶头高温性能的需要,使用效果优于3Cr2W8V顶头。北京钢铁研究总院王中等人,应用真空熔结工艺研制出涂层组合材料顶头^[4]。该工艺是把钼合金棒表面涂敷硬化合金粉后嵌镶在顶头尖部,再于顶头鼻部涂敷表面硬化合金粉,然后在专用设备中进行真空熔结涂层工艺处理,使结合面形成冶金结合,即得到涂层组合材料顶头,见图3。这种顶头的表面涂层经真空熔结处理后,不仅具有较高的高温硬度和耐磨性,而且在涂层表面还形成了一层致密、光滑的氧化膜,

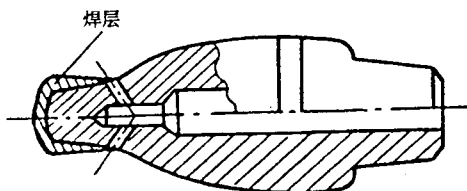


图2 新型复合顶头

它能起到抗氧化和减小摩擦系数的作用,再加上鼻部嵌镶了具有高热强性的钼基合金棒,因此这种顶头延长了使用寿命。重庆钢铁公司三厂也作过类似的试验。成都无缝钢管厂在整个顶头表面堆焊一层性能较高的合金,使用寿命较高。重庆大学丁培道等人进行了利用激光表面合金化提高穿孔顶头寿命的研究,通过对20Cr2Ni4W钢进行激光加热Co合金化处理,在表面形成一层晶粒细小含Co均匀的合金化层,具有较高的机械性能和热疲劳性能,预计可以提高穿孔顶头的使用寿命。

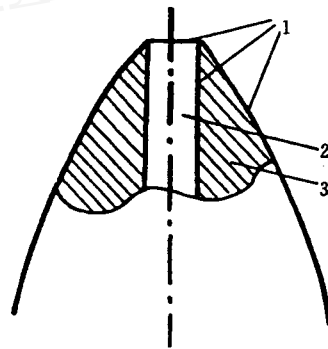


图3 涂层组合材料顶头鼻部结构示意图

1—真空熔结涂层, 2—镶嵌钼合金条, 3—顶头

国外对穿孔顶头也进行了不少的研究和改进,前苏联列宁轧管厂研制出了用精密模锻方法生产穿孔顶头的工艺,用这种工艺生产的模锻顶头,使用寿命高于铸造、锻造顶头。西德对穿孔顶头进行了表面渗铝研究,日本对穿孔顶头的热处理工艺进行研究改进,都取得了一定的效果。

除了对穿孔顶头材质进行研究外,对穿孔顶头的结构形状也进行过研究。江西洪都钢厂晏雨顺、重庆大学张才安等人通过改进顶头的结构尺寸,使顶头使用寿命有所提高。

4 开展稀土铝合金化提高穿孔顶头使用寿命的研究

综上所述,虽然为提高穿孔顶头的使用寿命进行过不少的研究和改进,但效果不很

理想,只是见于文献报道,至今没有推广。提高穿孔顶头的使用寿命需要另外寻找新的方法,进行新的研究。根据穿孔顶头的失效机理,建议利用稀土铝合金化提高穿孔顶头的使用寿命,因为稀土铝合金化可以细化晶粒,提高顶头的机械性能和高温性能,并且在顶头表面形成一层致密的结合牢固的氧化膜,起到润滑、减小摩擦力的作用,从而提高顶头的使用寿命。我们在顶头材料 20Cr2Ni4W 钢中(或者在 H13 钢、3Cr2W8V 钢中)加入铝和稀土钇、镧、铈等元素,一方面提高机械性能,另一方面在顶头表面形成一层致密的 Al_2O_3 、 Y_2O_3 、氧化铁氧化膜。

关于稀土在钢中的应用,国内已进行了大量的研究,取得了不少的成果,已成功地应用于许多钢种中,并批量生产,但稀土铝合金化在穿孔顶头材料中的应用国内还没有人研究。以前的研究表明,钢中加入少量的稀土元素,可以提高钢的高温强度、塑性、耐磨性和疲劳寿命,以及提高钢的抗氧化性和耐蚀性,这些性能的提高都有利于提高穿孔顶头的寿命^[5]。

通过以上分析可以看出,用稀土铝合金化提高穿孔顶头的使用寿命在理论上是可行的,在制造工艺上也办得到。本课题研究稀土铝合金化的主要内容拟为:

(1) 添加 Al、稀土元素(Y、La、Ce 等)对 20Cr2Ni4W 钢(或 H13 钢)氧化性能和力学性能的影响规律,Al、稀土元素的最佳含量。

(2) 冶炼合金化后直接铸造成顶头的铸造工艺。

(3) 对稀土铝合金化钢进行成分、组织、性能分析。

(4) 温度对穿孔顶头表面生成氧化膜的影响规律。

研究方向的技术路线如图 4:

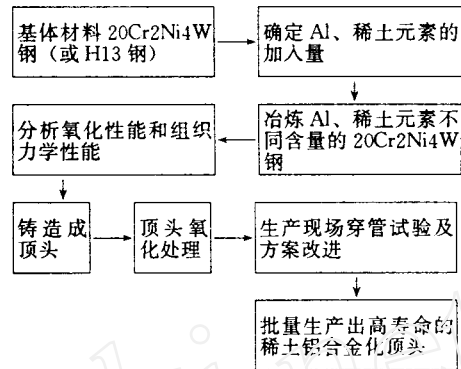


图 4 研究方向的技术路线

5 结论

(1) 穿孔顶头的失效主要表现为塌鼻、粘钢、开裂等形式,失效原因为顶头工作条件恶劣,顶头材质的高温强度低、热疲劳性能差以及顶头表面抗氧化性能差。

(2) 到目前为止,国内还没有很好解决穿孔顶头的失效问题,需要寻找新的方法。

(3) 本文提出用稀土铝合金化提高 20Cr2Ni4W 钢(或 H13 钢)穿孔顶头使用寿命的研究课题,稀土铝合金化可以提高钢的机械性能和热疲劳性能及抗氧化性能,使顶头表面生成致密的结合牢固的氧化膜,预计穿孔顶头寿命会有较大提高。

参 考 文 献

- [1] 施梅英等. 穿管机顶头的热磨损. 钢铁研究学报, 1989, 1 (1): 29~34
- [2] 易永跃等. 穿管机顶头失效与氧化层形成及其防护机制的研究. 钢铁研究总院学报, 1988, 8: 9~16
- [3] 张志鑫等. 斜轧穿孔新型复合顶头. 钢管, 1988, 4: 55~57
- [4] 王中. 涂层组合材料穿管机顶头. 钢铁研究总院学报, 1988, 8 (3): 25~29
- [5] 余景生等. 稀土处理钢手册. 北京: 冶金工业出版社, 1993: 256

来稿日期: 97-10-29