

94-9

# 穿孔顶头鼻部失效分析

## Analysis for Failure of Piercing Plug's Nose

张才安

Zhang Caian

(重庆大学冶金及材料工程系, 重庆, 630044; 57岁, 男, 副教授)

TG335.7

**摘要** 研究了穿孔顶头鼻部压堆戴帽和熔化的失效机制, 影响因素, 提出了延长顶头使用寿命的工艺措施。

**关键词** 顶头; 失效; 钢管; 熔化

中国图书资料分类法分类号 TG335.71

使用寿命 轧制 鼻部  
穿孔顶点

**ABSTRACT** The paper studies squeezed cap of piercing plug's nose, failure mechanism of melting, influence factor and the process measure of lengthening the service life of plug.

**KEYWORDS** piercing heads; failure; steel tubes; melting

## 0 引 言

穿孔顶头使用寿命的长短, 不仅影响着热轧工具消耗, 还影响着穿孔毛管的质量和金属消耗。在顶头失效方式中, 主要有鼻部熔化、鼻部戴帽、工作锥起皱和纵裂<sup>[1~5]</sup>。统计资料表明, 有的小型无缝机组, 顶头鼻部戴帽失效约占总用量的 21%~24.9%, 鼻部熔化失效约占总用量的 33.6%~61.6%。所以, 分析研究穿孔顶头鼻部戴帽和熔化的失效机制、影响因素, 研究提高顶头使用寿命的工艺措施, 对延长顶头使用寿命有着重要作用。

## 1 鼻部压堆戴帽

### 1.1 鼻部戴帽机制

顶头鼻部前端最先和管坯接触, 由于管坯作螺旋前进, 因而鼻部前端受到很大的轴向力和旋转摩擦力矩, 在这种剧烈摩擦和强大轴向力作用下, 鼻部被烧热软化而压堆戴帽, 如图 1(a)所示。

若设顶头鼻部的半径为  $r_n$ , 作用在顶头鼻部上的平均单位压力为  $p_n$ , 则顶头鼻部所受轴向力  $F'$  为:

$$F' = 2\pi \cdot r_n^2 p_n$$

从上式不难看出, 顶头鼻部半径增大, 轴向力成平方增大, 设计顶头时, 过分加大鼻部半径将导致顶头鼻部轴向力急剧增大, 在穿孔过程中鼻部易压堆戴帽。鼻部直径过小, 热容

量小,烧热温升快,不仅容易压堆戴帽,甚至还会高温熔化。

顶头鼻部的轴向阻力也随鼻部前端的平均单位压力  $p_n$  增大而增大,在穿孔过程中,顶头前压下率小,管坯中心金属疏松程度差,管坯加热温度低或中心与外表面的温差大(硬心)以及管坯金属穿孔时的变形抗力大等,都将导致穿孔时顶头轴向力增大。

在穿孔过程中,若穿孔阻力大,轧辊转速快,轴向滑动大,顶头鼻部更易压堆带帽。

### 1.2 帽的发育和帽的脱落

顶头鼻部戴帽后,有可能形成死区金属,一直保护着顶头鼻部,也可能帽子不断生长发育,扩大帽子直径或帽子向喷水孔方向推移生长,顶头鼻部长度逐渐缩短。当帽缘严重下垂而逐渐封闭喷水孔时,鼻部烧热温升很快,直至鼻部熔化,帽子脱落,如图1(b)所示。

表面以  $\text{FeO}$  和  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  为主的帽子,表面光滑,灰白发亮,与基体金属结合牢固,在穿孔过程中能起到高温润滑和高温隔热作用。具有这种组织结构的帽子,若是圆锥形帽,在穿孔过程中实际上是一种死区金属,它能有效地保护顶头鼻部,帽子几乎不生长,向喷水孔的推移速度实际上为零。

无  $\text{FeO}$  和  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  覆盖的帽子,表面无光泽,有熔粘状痕迹,在穿孔过程中,帽子生长发育很快,易于封闭喷水孔,鼻部很快被熔化脱帽,这种帽子的生长发育速度取决于烧热升温 and 冷却降温的程度。

## 2 鼻部熔化

### 2.1 快速熔化机制

顶头鼻部熔化的机制,也就是鼻部戴帽和帽子生长发育直至熔化脱帽的脱帽机制,在这里必须说明的是,以上所说的鼻部熔化是在顶头穿孔若干支毛管的过程中,鼻部帽子缓慢发育成熟而熔化脱帽的慢速熔化,这种熔化从穿孔调整参数来看,往往是因顶头前伸量过大,顶头前压缩率较小,以及管坯加热温度低或穿孔硬心钢所致。

除此之外,顶头鼻部还有一种熔化机制,虽然它也是鼻部戴帽和生长发育成熟熔化脱帽,然而,这种熔化往往是在穿一支毛管中实现的,帽的生长发育很快,帽子向喷水孔的推进速度相当迅速,这种熔化称为快速熔化。从穿孔调整参数来看,常常是顶头前伸量过小,总直径压下量很大或冷却水断流或穿孔速度很高所致,从毛管质量上看,常出现不同程度的内折迭缺陷,鼻部快速熔化之所以快,是由于顶头鼻部烧热温升极快,冷却降温作用远远



图1 顶头鼻部戴帽和熔化样态  
(a) 鼻部戴帽; (b) 鼻部熔化

不能抑制鼻部温度的升高所致。

## 2.2 两个高温区和两个低温区

如图2所示,在穿孔过程中,顶头的纵向温度分布,大致可分为两个高温( $Z_1, Z_2$ )区和两个低温( $L_1, L_2$ )区。

$Z_1$  高温区很短,是顶头鼻部的最前端,工作条件极其恶劣,它承受着高温高压和剧烈的摩擦,在穿孔过程中,强大的轴向力和摩擦力加剧着该部位的烧热程度,该区是第一个高温区。

第二个高温区是处在轧辊压轧带附近的  $Z_2$  区,该区比  $Z_1$  区长许多倍。

在  $Z_2$  区顶头承受高温高压,剧烈摩擦

的程度较  $Z_1$  区大,烧热程度也大,但由于内外水冷条件较  $Z_1$  区好,故通常温升较  $Z_1$  区慢。倘若顶头设计不好,冷却水管安装不当,内外水冷效果差时,该区烧热温升程度比  $Z_1$  区还大。在冷却条件一定时,该区的烧热程度在很大程度上取决于穿孔总直径压缩率和穿孔速度。穿孔总直径压缩率越大,穿孔速度越高,烧热程度越大。

$L_1$  区是冷却水环的低温区域,其作用是冷却顶头鼻部和工作锥,减小它们烧热软化的程度。该区水域越宽,水环越厚,水的给排量越大,冷却效果越好。然而,这一切又与顶头设计的结构和长度以及轧机调整有关。

$L_2$  区,顶头对金属的变形较  $Z_2$  区缓和,该区烧热程度小,水冷作用最大,所以,该区为第二个低温区。

## 2.3 穿孔调整参数与鼻部熔化

从图2看出,当顶头前伸量过小时,两个高温区  $Z_2$  和  $Z_1$  的间隔减小,甚至  $Z_1$  区有一部分进入  $L_2$  低温区,使得  $L_1$  低温区对高温区  $Z_1$  的冷却作用减小,  $Z_1$  区的烧热程度相对增大。

在  $L_1$  区的冷却水环中并非完全是冷却水,也并非冷却水一进入水环就立即排除,实际上水和高压蒸汽在水环中共存,当导板距较小时,该部位椭圆度较小,水环中水和水蒸汽的排除通道小,  $L_1$  区缩短,致使  $L_1$  区冷却水环中高压蒸汽的压力和蒸汽量显著增加,这时虽然增大了水和蒸汽从通道排出的速度,然而喷水孔却处于封闭或半封闭状态,使得从喷水孔进入冷却水环的水量显著减小。在这种情况下,顶头鼻部压堆戴帽和帽子发育成熟进行得特别快,一般可在几秒钟内完成。以上就是所谓顶头鼻部快速熔化机制。

很明显,在穿孔过程中,顶头前伸量、轧辊距和导板距过小时,将有利于引入顶头鼻部快速熔化机制<sup>[1]</sup>,使工具消耗量增大,毛管内表面质量恶化,班产量降低,因而,正确调整穿孔机,使穿孔调整参数处于最佳范围,对确保高产、优质、低耗有明显的效果。

## 3 延长顶头寿命的措施

### 3.1 消除高压蒸汽带

冷却水从冷却水管中流出,一部分水通过顶头内孔从喷水孔流出,带走部分热量,实现

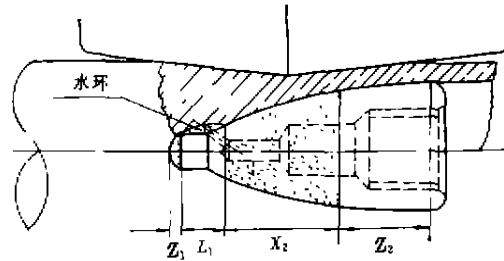


图2 顶头表面纵向温度区域

顶头的外水冷,另一部分水,经冷却水管与顶杆之间的间隙流出,又带走一部分热量,实现顶头的内水冷。然而,从喷水孔到顶头鼻部前端内壁的这部分冷却水,实际上是死区水域(图 3),在穿孔过程中,死区水域中的水将发生周期性吸热、放热的物理变化。随着水温的升高,逐渐汽化,水压和汽压不断升高,并向水眼方向排除,未排除者,逐渐形成高压蒸汽带<sup>[1]</sup>。高压蒸汽带的冷却作用非常差,当顶头压堆、喷水孔被堵、外水冷效果恶化时,顶头鼻部就容易因高温而熔化。

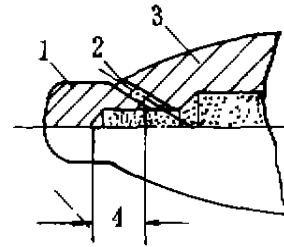


图 3 高压蒸汽带位置

1——鼻部      2——喷水孔  
3——工作锥    4——高压蒸汽带

### 3.2 强化冷却效果的措施

- 1) 在保证鼻部强度(不扭断)的情况下,适当增大喷水孔孔径,或提高冷却水的水压,以增大冷却水的供给量;
- 2) 在调整穿孔机时,适当增大导板距,增大水和蒸汽的排除通道。

## 4 结 论

穿孔顶头在服役过程中,若鼻部烧热升温速度大于冷却降温速度,鼻部就容易软化而压堆戴帽,甚至高温熔化。

### 参 考 文 献

- 1 张才安. 提高 45# 钢穿孔顶头使用寿命的初探. 四川冶金, 1987, (4), 46~49
- 2 张才安. 穿孔调整参数对顶头寿命的影响. 四川冶金, 1987, (4), 50~55
- 3 张才安. L 厂中小顶头失效分析. 金属论坛, 1992, (1), 27~31
- 4 张才安. 穿孔顶头工作锥起皱分析. 钢管, 1992, (4), 28~31
- 5 张才安. 穿孔顶头径壁比对工作锥纵裂的影响. 钢管, 1993, (4), 46~48