DOI:10.19938/j.steelpipe.1001-2311.1983.02.006

# 推 轧 穿 孔

张才安 编译

（重庆大学冶金系轧钢室）

## 一、推轧穿孔机的出现及其原理

将实心管坯（钢锭）穿孔成空心毛管，是热轧无缝钢管生产的一道首要工序。在自动轧管机组和连轧管机组上，采用二辊式斜轧穿孔机。斜轧穿孔时，管坯的中心部分金属受着交变的切应力和拉应力，在接触顶头前容易形成孔腔，造成内折缺陷。穿孔变形过程中，除产生基本变形外还产生纵、横向剪切变形、扭转变形和塑性弯曲变形。附加变形引起附加应力而导致和加剧内外表面产生裂纹和折迭等缺陷。所以，对管坯质量要求严格，一般不宜采用连铸管坯。周期式轧管机虽然能采用成本低廉的钢锭作原料，并可在水压机上穿孔，但对提高产量和质量、减少消耗、降低生产成本来说仍然存在不少问题。

鉴于上述原因，1957年A.H.Calmes开始从事适于连铸方坯和方钢锭的新穿孔法—推轧穿孔机（P.P.M.即Press Piercing Mill）的试验研究工作，并于1963年在西德申请专利。

由于钢管中间部分的壁厚减少使轧制过度段时间最大值达到7—8秒。这样，钢管前端轧制的总延续时间达14—15秒。

为了确定轧制后管子从芯棒上脱出的可能性，在卡尔·李卜克内西轧管厂的140—325周期轧机上研究了钢管后端壁厚增加了的周期头的辗轧过程。靠芯棒予先退出1.2—1.5米实现无周期头轧制尺寸为273×8毫米（周期头除外）的钢管结果证明，端头壁厚为12—14毫米的钢管能令人满意地从芯棒上脱下。

对每一种规格钢管，其尾端所必须的壁厚可由实验确定之。在全苏管材科学研究所试验厂的35—90二辊式半工业轧机上轧制两端增厚了的钢管，中间部分的壁厚以5—20%，两端部分以20—60%的压下量轧制，得到了全长壁厚均一的钢管。钢管中间部分轧前的尺寸为87×3.5毫米，两端的壁厚为5—7毫米。

研究结果证实了：轧均钢管端部增厚值波动范围在3.5—7毫米的可能性以及能轧出尺寸范围精度高的管子。

结 论

所进行的研究证实了在带斜辊均整机的周期轧机上轧制薄壁管新方法的可靠性。改造周期轧管机组时，将均整机排列在周期轧制线内，在采用优质坯料条件下能更合理地利用轧制新工艺。

李继禹 译自《Металлургическая и Торно-рудная промышленность》，1982，№1

周云南 校

推轧穿孔的原理是先用推料机将经过加热的连铸方坯推入带圆孔型的一般二辊式纵轧机中。纵轧机后台有一固定的顶杆，顶杆前端的顶头伸入孔型中。在推轧穿孔时，推料机的轴向推入力和轧辊给轧件的曳入摩擦力同时作用在方坯上，使其通过由轧辊轧槽和顶头所组成的孔型以后穿孔成毛管，如图1所示。在穿孔过程中只出现压应力，使穿孔后的金属组织大为改善。

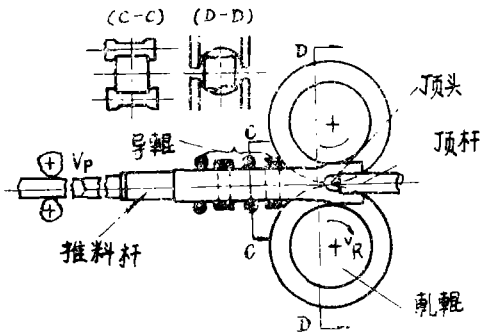


图 1　P.P.M.穿孔

推轧穿孔主要采用连铸方坯为原料。如果用大型定型机消除钢锭锥度，也可采用钢锭为原料。孔型为带侧边斜度的开口圆孔型(图2)。为防止因过充满造成耳子或因欠充满而导致毛管不圆，并使壁厚不均在一定范围内，穿孔延伸系数大约为1.1。

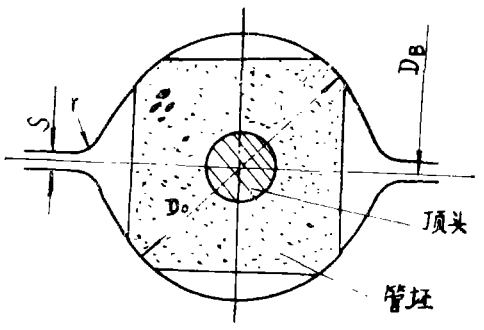


图 2　P.P.M.孔型

## 二、顶头形状和负荷特性

穿孔时顶头所处工作条件恶劣，当摩擦阻力很大时，将与管坯熔粘而轧卡，或者顶头寿命急剧下降。由于顶头形状对顶头磨损和穿孔负荷特性的影响非常大，特别是顶头磨损和寿命取决于形状，即顶头前端如为锐角形，则推入力、穿孔阻力等均降低。但是，在穿孔中顶头前端容易产生熔焊。顶头前端如果压塌或为钝角形、圆弧形（图3），顶头的磨损可显著减轻，顶头寿命将大大提高。可是，穿孔负荷比锐角形顶头大得多，但能稳定地穿孔。如用平头顶头，在穿孔初期顶头前端形成死区金属。死区金属可一直保护顶头到穿孔结束，顶头基本上不磨损。由于死区金属有保护顶头的作用，在提高顶头寿命上显示出非常重要的作用。死区金属的形状随管坯材质、穿孔负荷条件不同而有差异，基本上为弧形（图3c）。

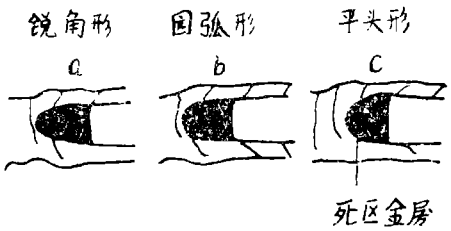


图 3　顶头形状

研究结果表明，当顶头轴向阻力近似等于穿孔所需力时，推入力占顶头阻力的比率越大，用推入力穿孔的倾向性越大；推入力减小，轧辊曳入力所占比率增大。两者的比率还影响前进效率，比率越大，前进效率也越大。因而，推入力/顶头阻力以大于60～70%为宜。

推入速度降低，轧制力降低，顶头前

伸量越小，轧制力和轧制力矩都下降，顶头锥角越大，轧制力越小。当推入速度为定值时，推入力在一定范围内变化。定心孔越深，推入力越低。推入力过大会出现管坯顶弯、镦粗和过充满，过小又不能实现咬入。顶头前伸量越小，顶头阻力越小，定心孔越深，顶头轴向力也越小。在正常情况下，顶杆抽出力为顶头轴向力的1/5，如果是轧卡情况，将成倍增加。顶头前伸量越小，前进效率增大，顶头锥角越大，前进效率越高。

## 三、金属的变形和咬入能力

推轧穿孔时金属流动比较简单，而且变形时的附加变形极小，特别是外表面及其附近的附加变形极小。内表面也不象斜轧穿孔那样引起很大的纵、横向附加剪切变形。由此得到启发，推轧穿孔可使用塑性较差的坯料，不象斜轧穿孔那样需使用优质管坯。

在推轧穿孔的咬入之初，施加在方坯上的推入应力$\sigma_k$小于管坯屈服应力$\sigma_s$时，由于顶头的存在，不能保证必要的曳入力，有时导致咬入不良。推入应力$\sigma$大于（不能过大）屈服应力时，咬入能力将显著改善。

实验表明：如果推杆速度比轧辊速度快很多，管坯推入应力$\sigma_k$超过屈服应力$\sigma_m$很多时，结果管坯的镦粗或顶弯显著增大，管坯在导管内形成过充满而发生轧卡现象。当推杆速度较轧辊速度慢很多时，穿孔开始时管坯的推入应力$\sigma$比屈服应力$\sigma_m$小很多。假如能很好控制穿孔条件，即使保持低的推入应力$\sigma_k$，有时也能满意地实现穿孔，但是，在轧辊和管坯之间引起滑动，穿孔操作不稳定。

## 四、影响毛管质量的因素

试验研究表明，推轧穿孔过程中，管坯中心金属变形最大，从中心到外表面逐渐减小。由于使用钝角形顶头，顶头前端金属受到压缩，穿孔毛管没有产生新的缺陷，并且管坯中心疏松、皮下气泡和原始裂纹等表面缺陷不仅没有扩大，相反，还有所减轻或消除。

推轧穿孔过程中如果宽展值过大，就会产生耳子。研究表明，推入力越大，宽展值成直线增加；顶头直径越大，宽展值越大；顶头前伸量越大，宽展值也越大。

各种轧制条件对壁厚不均的影响如表1。

表1

| 影响因素 | 轧制条件与壁厚不均的关系 |
|---|---|
| 顶杆刚度 | 顶杆抗弯刚度大→壁厚不均小 |
| 加热条件 | 加热温度高→壁厚不均小<br>横断面加热不均→向加热温度高的方向偏心 |
| 孔型形状 | 入口导管与管坯的间隙小→壁厚不均小<br>出口导管与管坯的间隙大→壁厚不均小<br>孔径比（孔型直径/管坯直径）小→壁厚不均小<br>轧辊直径大→壁厚不均小 |

| | |
|---|---|
| 导管和轧辊的调整 | 入口导管上下移动→偏心方向向下上移动<br>入口导管左右移动→偏心方向向右左移动<br>轧辊左右移动→偏心方向向左右移动<br>出口导管上下移动→偏心方向向上下移动 |

推轧穿孔产生壁厚不均的原因如图4所示。由于推入力引起导管内的方坯产生纵向弯曲（顶弯），管坯中心在轧制线上产生偏离，穿孔时缺乏对称性，在弯曲力的作用下将逐渐加剧壁厚不均。所以，壁厚不均具有从前端到后端逐渐增大的倾向。

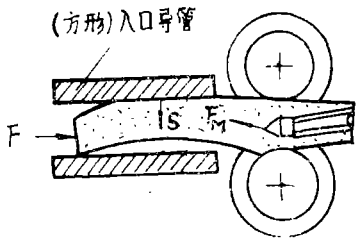


图 4　产生壁厚不均的原因

从高产、优质、低成本的观点来看，应以推轧穿孔→斜轧延伸→自动轧管（或限动芯棒连轧管）为基本工序。由于推轧穿孔后的毛管是壁厚/外径≥25％的特厚壁毛管，毛管最大的壁厚不均率高达25%；另外，自动轧管机延伸系数小，矫正壁厚不均的效果也不理想，加之斜轧延伸机的延伸系数很大（μ≥5），同时具有大幅度矫正壁厚不均的效果，延伸后最大壁厚不均率在10％以下，一般仅为3～4%。所以，推轧穿孔后的毛管，最好是经斜轧延伸后再用自动轧管机（或限动芯棒连轧管机）轧管。

五、推轧穿孔的优缺点

1.推轧穿孔过程中，由于管坯中心金属处于三向压应力状态，故可采用廉价的连铸方坯，为显著降低无缝管生产成本创造了条件。同时也为穿制低塑性、高变形抗力的高合金钢创造了条件。

2.穿孔过程中主要是管坯中心部分的金属变形，使中心粗大而疏松的组织得到更好的加工而致密化。同时在压应力作用下，毛管内外表面不产生裂纹，故毛管表面质量较好。

3.能量和工具消耗少。

4.生产率比压力穿孔的高，穿孔比也比压力穿孔的大。但推轧穿孔的延伸系数很小（为1.1），毛管很厚，穿孔后必须配备1～2个延伸机，穿孔前还需有辊式定型机，因此，与推轧穿孔有关的设备投资大；二是毛管壁厚不均严重。

（上接31页）

型可采用五架降落，零宽展和负宽展可采用四架降落。

4.工作机架减径量升起后，即应逐渐降落，具体可按比例分配法分配。

5.S/D≤0.10的钢管，应采用正宽展孔型设计；0.10＜S/D≤0.13的钢管，应采用零宽孔型设计；S/D＞0.135的钢管，应采用负宽展孔型设计。