维普资讯 http://www.cqvip.com

34-38

(9)

论穿孔毛管外折叠缺陷

张才安 王典恕 陈景琦 刘仁明
(630044 重庆大学) (610069 成都无缝钢管厂)

阐述了穿孔毛管外折缺陷产生的原因和影响因素，论述了减少穿孔外折缺陷的工艺措施。

关键词 穿孔毛管，扭转变形，纵向剪切变形，刮伤，夹铁

ON OUTER FOLD DEFECT OF PIERCED SHELL

Zhang Caian Wang Dianyu Cheng Jingqi Liu Renming
(Chongqing University) (Chengdu Seamless Steel Plant)

Elements responsible for pierced shell outer fold are investigated and technological measures to reduce the said defects are discussed.

Key words Pierced shell Torsional deformation Longitudinal shearing deformation Scratch Clamping block

1 前言

外折是穿孔毛管表面的一种主要缺陷，其特征是：在横断面上的少量金属呈表面斜向压叠，某些外折在垂直方向还有裂纹，在毛管纵向呈大螺旋分布，间断性外折在毛管纵向的集合也呈大螺旋分布。

传统观念认为，穿孔毛管外折是因管坯内外部质量差所致，与管坯加热、穿孔工艺几乎无关。然而，实验研究和生产实践表明，就连铸管坯而言，毛管上的外折，有因管坯存在非金属夹渣或夹杂而形成的钢质外折，有因连铸管坯外部缺陷（操作引起的）而造成的外折，此外，管坯在穿孔过程中也能产生穿孔外折，相对而言只是数量为少而已。

本文将对穿孔毛管外折缺陷产生原因及其控制措施作相应的分析研究。

2 穿孔毛管的扭转变形与外折叠

穿孔毛管的扭转变形是由于变形区中轧件各截面旋转的角速度不相等引起的。扭转变形使外层金属受到很大的切向拉应力，在这种切向拉应力作用下，管坯表面裂纹之类的缺陷将被扩大。由于管坯在穿孔过程中的旋转将管坯表面的裂纹、耳子、结疤之类缺陷由一边辗向另一边，同时，又由于金属的不均匀变形，折叠被辗轧成不规则的锯齿形，当这种切向拉应力很大且超过局部金属的抗拉强度时，便导致新的纵裂，逐渐形成新的外折缺陷。

鞍钢无缝钢管厂曾采用抚顺钢管厂的磨光管坯穿Φ89mm×6mm和Φ96mm×7mm毛管，穿孔前对管坯纵向微裂纹进行了超声波探伤，探伤结果见表1。

---

* 本文作者还有重庆大学的程夏薇同志。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表1 管坯表面的微裂纹平均分布情况*

每支管坯裂纹数/条	每支管坯裂纹总长/mm	比例(%)
0**	0～10	14.03
1	11～50	12.29
2	51～100	14.03
3	101～150	5.26
4	151～300	31.58
5	301～500	12.29
6	501～1000	5.26
7	>1000	5.26

* 钢号1Cr18Ni9Ti，炉号241752，管坯直径90mm，定尺长度1200mm。

** 这里将每支管坯裂纹总长0～10mm划归于"0"的档次。

超声波探伤表明，这些微裂纹有的以断续的短直线分布在管坯表面上，有的则贯穿整支管坯表面，但多数是以短直线沿管坯长度方向分布。纵向微裂纹的深度在0.5～2.0mm范围内，其中又以0.5～1.0mm居多。

这些管坯热穿孔后，纵向微裂纹在穿孔毛管上以螺旋线的形式分布。用肉眼检查了毛管的外折分布，其统计结果见表2。

表2 管坯与毛管外折对应情况

规格/mm		每支平均裂纹数/条	每支裂纹平均长度/mm
Φ89×6	坯	2.6	54.2
	管	4.6	327
	管/坯	1.77	6.03
Φ96×7		2.4	67.8
	管	3.7	355
	管/坯	1.54	5.24
总计	坯	2.5	58.2
	管	4.3	334
	管/坯	1.72	5.74

由表2可以看出：

(1)经过穿孔后，毛管上的平均外折长度均远大于管坯平均裂纹长度，而且就其扩大的倍数来看，都远远大于它们的延伸系数，这就说明，管坯上裂纹的延伸不是一种简单的按延伸系数延伸的，而是一种扩张性的延伸；

(2)经过穿孔后，外折条数大大增多，这说明在穿孔过程中，因扭转变形而引起的切向拉应力导致了新的纵向裂纹，形成了新的外折缺陷。显然，当扭转变形很大时，强大的切向拉应力可使尺寸更小、超声波探伤难以发现的潜在裂纹暴露出来，并不断扩大，成为外折叠，不言而喻，穿孔过程中轧件过大的扭转变形是导致毛管外折数量增多的重要力学条件。

在二辊斜轧穿孔过程中，轧件扭转变形的大小采用扭转角φ表示，如图1所示，φ角可用下式计算

$$\varphi = 366 \cdot m/l$$

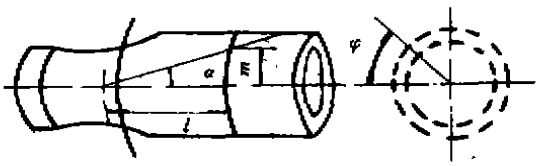


图1 穿孔时管坯的扭转变形

φ角愈大，表示扭转变形愈大。过大的扭转变形是导致毛管产生外折叠的重要原因。在实际生产中，重要的是掌握各种因素对扭转变形的影响，以便在生产中减小扭转变形程度，提高毛管质量。

由图2看出，导板距越大，则扭转变形越大。在轧辊距离不变时，增大导板距离，穿孔毛管的横向变形增大。生产实践证明，毛管的扭转变形随横向变形的增大而增大。

由图3可知，顶头直径对扭转变形的影响实际上是延伸系数对扭转变形的影响。一般说来，穿薄壁毛管比穿厚壁毛管的扭转变形和延伸系数大。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表3列出了轧辊距、顶伸量、前进角和管坯直径对扭转变形的影响，从表3看出，轧辊距离越小，则扭转角越大。这是由于轧辊距离越小，管坯总直径压缩率越大，管坯总变形程度增大，而毛管的扭转变形程度则随管坯总变形程度增大而增大。

表3 部分参数对扭转变形的影响

项 目	轧辊距/mm			顶伸量/mm			前进角/(°)			管坯直径/mm	
工艺参数	37	38	39	5	15	25	6	9	12	40	45
扭转角/(°)	29.6	26	24.8	34.4	32.3	26	26.3	26	20.9	47.7	14

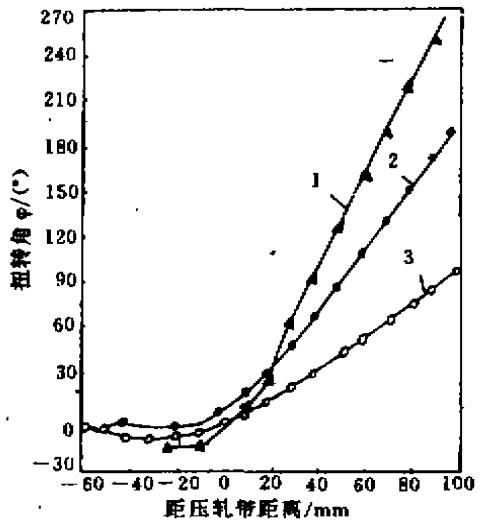


图2 导板距对扭转变形的影响

导板距：曲线1—57mm，曲线2—52mm，曲线3—47mm

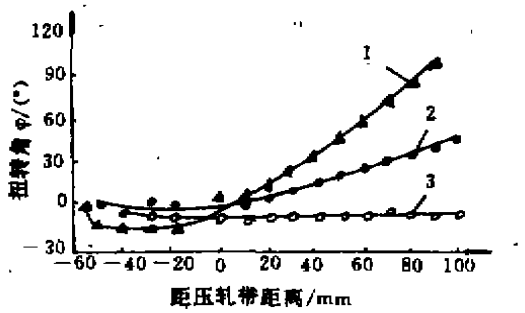


图3 顶头直径对扭转变形的影响

顶头直径：曲线1—33mm，曲线2—30mm，曲线3—27mm。

当轧辊直径和轧辊转数不变时，管坯直径减小，变形区中轧件各截面角速度之差增大，毛管扭转变形也将增大。由二辊斜轧穿孔过程运动学的关系可知，管坯切向速度v_{mxy}为

$$v_{mxy} = v_{BX} \cdot \cos\alpha \cdot \eta_{TX}$$

$$= (\pi \cdot D_{BX} \cdot n_B/60) \cdot \cos\alpha \cdot \eta_{TX}$$

$$v_{mxy} = \frac{1}{2} d_x \cdot \omega_x$$

$$\omega_x = \frac{1}{60} D_{BX} \cdot n_B \cdot \cos\alpha \cdot 2\eta_{TX}/d_x$$

式中 v_{BX}——变形区中x截面上轧辊表面线速度

α——前进角

η_{TX}——变形区中x截面的切向滑动系数

D_{BX}，d_x——x截面的轧辊直径和管坯直径

n_B——轧辊转数

ω_x——x截面管坯的角速度

显而易见，增大轧辊直径和减小管坯直径都会使各截面角速度ω_x和毛管扭转变形增大。这种在穿孔过程中因扭转变形引起的外折叠通常螺距很大，一般在480～1300mm之间，其中又以500～700mm居多。外折叠的螺旋方向与毛管外螺旋方向相反，且以单头居多，大多数外折带有夹渣或夹杂，外折两侧

维普资讯 http://www.cqvip.com

的氧化和脱碳较严重。

3　穿孔毛管的纵向剪切变形与外折叠

在二辊斜轧穿孔过程中，由于管坯从内层到外层的各层金属轴向塑性流动速度不等，因而引起附加剪切变形，由此导致轴向剪切—拉伸应力。当轴向剪切—拉伸应力大于金属的强度时，金属因被拉裂（或剪裂）而产生横裂纹，而原有的横裂纹则不断扩大，以致发展为外折叠缺陷。

这里，纵向剪切变形的大小用β角表示，如图4所示。$\beta=\text{arctg}s/t$，β角愈大，则纵向剪切变形也愈大。

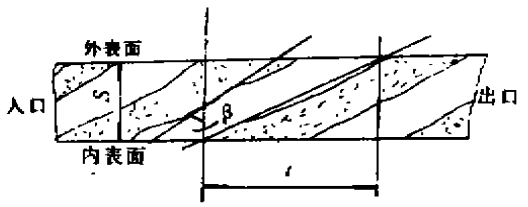


图4　管坯纵向剪切变形

在穿孔过程中，因纵向剪切变形引起的轴向拉应力会使管坯的皮下和表面的横向裂纹扩展为穿孔毛管的外横裂纹和外折叠缺陷。

连铸管坯中的皮下内裂纹是一种垂直于连铸管坯表面的横向裂纹，这种横向内裂纹在二辊斜轧穿孔过程中，将在由纵向剪切变形引起的轴向拉应力的作用下而扩大，扩大后的内裂纹若露出管坯表面，轻者在毛管表面上形成外横裂纹，重者被斜向压叠形成外折叠缺陷，这种外折叠称为内裂外折叠。

在研究用有皮下内裂纹的16Mn钢水平连铸管坯穿制的毛管质量时发现：穿厚壁毛管时，由于总变形程度小，管坯内裂纹在穿孔毛管上衍变成外横裂纹；穿薄壁毛管时，由于总变形程度大，内裂纹常衍变成单条或多条垂直于轴向的平行外折叠，其集合呈大螺旋分布。生产实践证明，控制管坯加热温度，减小穿孔椭圆度和延伸系数、穿孔时关闭轧辊冷却水等措施，都可减少外横裂纹产生的机会。

4　毛管刮伤外折叠

刮伤外折叠是指管坯在穿孔过程中被导板刮伤或被轧辊与导板之间的夹铁刮伤所形成的一种外折叠缺陷。图5示出了3个夹铁的样态。夹铁卡在轧辊与导板的间隙中时，其中一侧与轧辊接触，近似于一平面，并有轧辊擦伤痕迹。夹铁的另一侧靠近导板一方，其上方倒向导板，平铺在导板工作面上，在管坯穿孔过程中刮伤管坯，导致毛管外折叠。这种刮伤可在毛管上形成单头、双头或多头螺旋外折叠，也可能夹铁在刮伤管坯的过程中被升温、软化和变形。一般说来，在穿头1～2支管坯时不产生刮伤，之后，由于穿孔震动，致使夹铁某些部位翘起，刮伤管坯或毛管。随着有刮伤外折叠的毛管数量的增多，夹铁的刮伤堆积物也越集越多，体积逐渐增大，又使毛管外折叠更加严重。



图5　夹铁样态

刮伤外折叠缺陷在钢管表面上仍呈螺旋形分布，但螺距相对于扭转变形的外折叠为

维普资讯 http://www.cqvip.com

小。外折叠的螺旋方向与毛管外螺旋缺陷方向相同，螺旋线是单头或多头，随机性很大，外折叠两侧的氧化和脱碳程度与正常部位几乎无差异。

导板出现掉块或沾钢时，在穿孔过程中管坯在这些部位会被刮伤，产生外折叠缺陷。

管坯外表面缺陷多、加热温度高和保温时间过长（会使金属晶粒粗化、失塑）、轧辊距离过小、穿孔椭圆度过大等都容易产生刮伤外折叠，并且被导板刮下的金属会卡在轧辊和导板之间，形成夹铁。

有时，夹铁刮伤管坯的深度很大，使穿孔阻力剧增而引起中轧卡。为了防止夹铁引起的中轧卡和减少刮伤外折叠钢管的数量，在操作中要经常检查轧辊与导板之间是否有夹铁存在，一经发现，立即排除。

5 结语

穿孔毛管外折叠缺陷不仅与管坯质量有关，还与二辊斜轧穿孔过程中的扭转变形和纵向剪切变形大小有关，另外，导板沾钢和穿孔机中轧辊与导板间的夹铁也是不可忽视的问题。要减少毛管外折叠缺陷，生产中要严格控制上述因素。

（收稿日期：1994－10－28）

●信 息

QS100型钢管缩径机研制成功

SUCCESSFUL DEVELOPMENT OF QS100 STEEL TUBE POINTING MILL

针对目前冷拔管生产中钢管轧头工艺存在的管端需加热、轧头时噪音大、酸洗磷化处理不方便，工人操作条件恶劣等严重弊端，江苏省扬州四星集团公司与有关科研单位合作，设计并研制成功了一种替代传统轧头工艺的精良装备——QS100型钢管缩径机。经检索认证，这种机型在国内尚属首创。目前该设备已投入小批量生产。

QS100型钢管缩径机由主机、电控系统、液压站三部分组成，其工作原理是：用液压缸推动模座，模座向被油缸夹紧的管材推挤，从而使管材端部直径缩小，以适应冷拔的要求。该机不仅适用于无缝钢管，有色金属管棒的冷拔冷拉工艺，而且还可用作压装、拉伸工艺及锅炉等行业的异径接头工艺等。该机采用液压传动；夹紧、推挤及缩径全部由控制器程序控制，调整迅速；高精度同步阀保证了模座两端作严格的同步运动；可自动换模，以适应不同的缩径要求。最大缩径管材直径为102mm，推挤长度245mm，班产量在1500根以上。

该机已经江苏诚德钢管集团公司、常州钢铁厂等单位使用，用户反映该机运行平稳，动作可靠，一次成型、既增加了管材的收得率，又大大降低了工人劳动强度，改善了工作环境，并具有工效高、噪音低、节能省材、维护简单、操作便利等优点。

（江都市技术市场管理办公室 张立荣供稿）