

# 挤压针与管坯长度配合对挤压管前端的影响

程逸明<sup>1</sup>,拓雷锋<sup>1,2</sup>,周根树<sup>2</sup>,康喜唐<sup>1</sup>,楚志兵<sup>3</sup>,李强<sup>1</sup>

(1.山西太钢不锈钢钢管有限公司制造与技术部,山西太原 030003;2.西安交通大学金属材料强度重点实验室,陕西西安 710049;3.太原科技大学材料科学与工程学院,山西太原 030024)

**摘要:**在不锈钢管的热挤压工艺中,挤压针与管坯之间的配合对挤压出的管子前端质量具有重要的影响,配合不当会造成挤压管前端出现实心等异常质量缺陷。以不锈钢 304- $\phi 89\text{ mm}\times 5.5\text{ mm}$  挤压管规格为例,采用有限元方法模拟了四种不同长度配合下的挤压管前端效果。当挤压针工作带长度未到达挤压模工作带时,实心钩头式缩孔缺陷会出现。当挤压针工作带长度到达挤压模工作带后,挤压管前端质量正常。热挤压生产试验进一步验证了该模拟结果。

**关键词:**挤压针;管坯;挤压管;有限元

**中图分类号:** TG376.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-6694(2019)04-0038-03

## Effect of the Length Matching of Extrusion Mandrel and Billet on the Front End of Extruded Tube

CHENG Yi-ming<sup>1</sup>, TUO Lei-feng<sup>1,2</sup>, ZHOU Gen-shu<sup>2</sup>, KANG Xi-tang<sup>1</sup>, CHU Zhi-bing<sup>3</sup>, LI Qiang<sup>1</sup>

(1. Stainless steel tube branch company, Taiyuan Iron & steel (Group) Co., Ltd., Taiyuan Shanxi 030003, China;

2. State Key Laboratory for Mechanical Behavior of Materials, Xi'an Jiaotong University, Xi'an Shanxi 710049, China;

3. Materials Science and Engineering, Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan Shanxi 030024, China)

**Abstract:** In the hot extrusion process of stainless steel pipe, the fit between the extrusion mandrel and the billet has an important influence on the front end of the extruded tube. Taking the 304 stainless steel tube  $\phi 89\text{ mm}\times 5.5\text{ mm}$  as an example, four different length fits between extrusion mandrel and billet are used to simulate front end shape of the extrusion tube by finite element method. When the length of the extrusion mandrel work band does not exceed the work band of extrusion die, the defects such as solid segment and shrinkage hole will appear. When the length of the extrusion mandrel work band does exceed the work band of extrusion die, the front end of extrusion tube is normal. Hot extrusion production experiments further verify the simulation results.

**Key words:** extrusion mandrel, billet, extrusion tube, finite element

热挤压工艺是一种较为常见的不锈钢管成型方法,该工艺中所应用的挤压工模具主要由挤压针、挤压模、挤压杆、挤压垫和挤压筒等关键部件组成<sup>[1]</sup>。挤压针起到保证挤压管产品内径的作用<sup>[2]</sup>,挤压模起到保证挤压管外径的作用<sup>[3]</sup>,两者因为磨损、开裂等问题需要不定时更换,都属于易损耗工模具。另外,挤压针和挤压模的形状和尺寸直接关系到挤压管产品尺寸的精确性和产品质量的稳定性。通常挤压不同规格的不锈钢管,需要匹配不同的工

模具,挤压针工作带长度往往需要与挤压管坯的长度配合<sup>[4]</sup>。挤压针工作带长度超出挤压模工作带过长会造成挤压针工作带部分浪费,不仅增加成本而且在反复使用后更容易出现弯曲;挤压针工作带长度未到达挤压模工作带会造成挤压管前端异常,出现实心段,如图1所示。因此,有必要研究挤压针与管坯之间的长度配合。

本文采用有限元模拟方法和生产试验相结合的方法分析挤压针与管坯之间不同长度配合下挤压管前端的形状特点,探讨较为合理的长度匹配以达到改善挤压管质量的目的。

### 1 试验方法

采用 CAXA 建立挤压模型,为便于模拟计算,

收稿日期:2019-04-18

作者简介:程逸明(1984-),男,工程师。主要研究方向为不锈钢管生产工艺与制造。

通讯作者:拓雷锋(1984-),男,博士研究生,高级工程师,主要研究方向为金属材料热加工成型。

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金资助项目(51305228)。

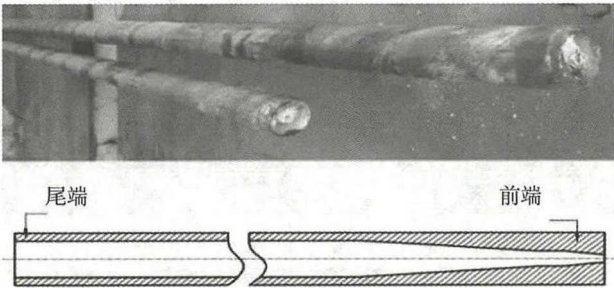


图 1 挤压管前端实心

将挤压针与挤压垫组合在一起建模,称为上模,挤压针的前段有 30 mm 的锥形引导。将挤压模和挤压筒组合在一起建模,称为下模。管坯材质为不锈钢 304,建立的挤压模型如图 2 所示。

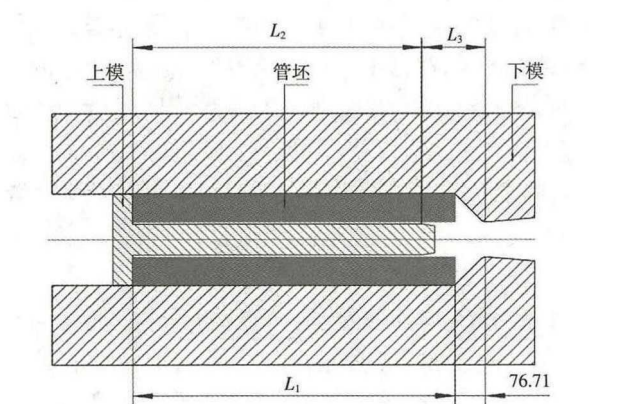


图 2 挤压模型

将建立的挤压模型保存为 .IGES 格式并导入到 DEFORM-2D 软件,管坯从 DEFORM-2D 软件的材料库中选取 304 不锈钢<sup>[9]</sup>并采用四边形进行网格划分,并定义温度 1 200 ℃。上、下模定义材质为刚体并定义温度为 300 ℃,设定上模轴向挤压速度 150 mm/s。管坯和上下模之间在挤压过程中的摩擦系数定义为 0.025<sup>[6]</sup>,实际挤压生产中采用玻璃粉润滑<sup>[7]</sup>可以实现该摩擦效果。

表 1 为试验用到的挤压规格和相对应的工模具尺寸和管坯尺寸,选定挤压筒为  $\phi 230$  mm,用到的挤压管坯尺寸为  $\phi 222/\phi 85$  mm,挤压规格为  $\phi 89 \times 5.5$  mm,挤压比约为 23。

表 1 挤压规格挤压工模具尺寸

| 挤压模具    | 具体尺寸/mm              |
|---------|----------------------|
| 挤压管     | $\phi 89 \times 5.5$ |
| 挤压针工作带  | $\phi 78$            |
| 挤压模工作带  | $\phi 89$            |
| 挤压筒内径   | $\phi 230$           |
| 管坯外径和内径 | $\phi 222/\phi 85$   |

表 2 设计了 J1、J2、J3 和 J4 四种挤压针与管坯配合方式。 $L_1$  为管坯长度,长 800 mm; $L_2$  为挤压针工作带长度,长度分别选取 700 mm、800 mm、830 mm 和 900 mm; $L_3$  为挤压针工作带前端距离挤压模定径带距离,挤压管前端距离挤压模定径带长度 76.71 mm, $L_3=L_1+76.71-L_2$ 。J1 和 J2 配合方式下,挤压针的工作带长度小于或等于管坯长度,J3 配合方式下虽然挤压针定径带长度超过管坯但未到达挤压模定径带,因此,这三种配合方式均属于过亏配合。J4 配合方式下,挤压针工作带超过挤压管坯长度且挤压针的工作带前端已到达挤压模工作带。

表 2 长度配合方式

| 类型 | $L_1/\text{mm}$ | $L_2/\text{mm}$ | $L_3/\text{mm}$ |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|
| J1 | 800             | 700             | 176.71          |
| J2 | 800             | 800             | 76.71           |
| J3 | 800             | 830             | 46.71           |
| J4 | 800             | 900             | -23.29          |

2 模拟分析

图 3a)为 J1 长度配合图示,图 3(b)为挤压管前端图示。在该长度配合下,挤压针工作带长度小于管坯长度,可以看出挤压出的管子前端有一段明显的实心段,即当挤压针垫推动管坯向前运动时,管坯被挤压时金属流动先于挤压针头部到达挤压模工作带,导致挤出的管子前端有一段明显的实心段。当挤压过程持续进行时,挤压出的管子会逐渐趋于正常即壁厚会逐渐达到设计的尺寸,在该过程中会有一段锥形孔过渡。

图 4a)为 J2 长度配合图示,图 4b)为挤压管前端图示。在该长度配合下,挤压针工作带长度等于管坯长度,可以看出挤压出的管子前端仍有一段较短的实心段,对比 J1 的配合,可以看出实心段得到了明显的缩短。

图 5a)为 J3 长度配合图示,图 5b)为挤压管前端图示。在该长度配合下,挤压针工作带长度已超出管坯长度但未到达挤压模的工作带,这时挤压管的前端已有了明显的改善,可以看出挤压出的管子虽然前端没有实心段,但端部仍有朝向内孔的钩头式缩孔出现,仍会造成端部切头较长。

图 6a)为 J4 长度配合图示,图 6 b)为挤压管前端图示。在该长度配合下,挤压针工作带长度超出管坯长度并且到达挤压模工作带,这时当管坯开始出现金属流动时挤压针不再影响前端的形状,挤压出的管子前端正常无实心段或钩头式缩孔出现。

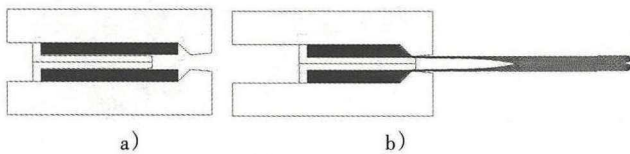


图3 J1 模拟结果

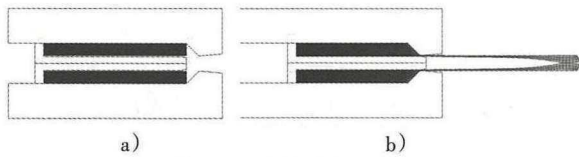


图4 J2 模拟结果

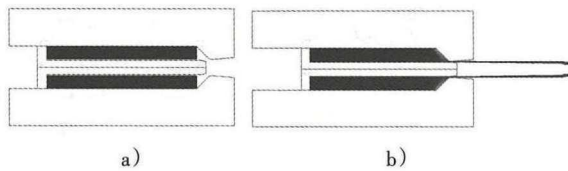


图5 J3 模拟结果

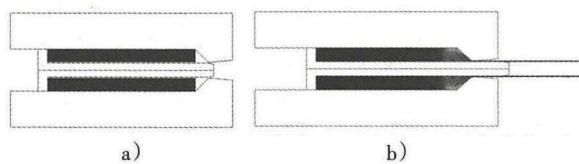


图6 J4 模拟结果

### 3 试验验证

为验证模拟结果,采用 60MN 卧式挤压机进行生产试验验证,图 7a)为根据模拟结果选择 J4 长度配合方式的挤压针,图 7b)为挤压出的不锈钢 304- $\phi 89\text{ mm} \times 5.5\text{ mm}$  无缝管水冷之前的红热状态,从红热态挤压管的整体颜色一致性可以看出无实心段。

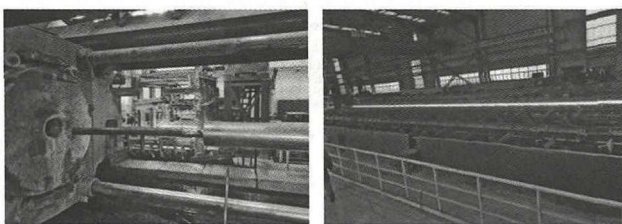


图7 生产试验验证

图 8a)是挤压管冷却后未平头状态,通长空心,无实心段。图 8b)是将该挤压管前端鸭舌状缺陷切头 300 mm 后的状态,平头后的挤压管尺寸均正常,可以满足设计的挤压管产品尺寸要求。

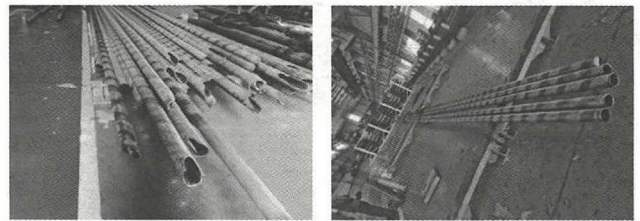


图8 挤压管冷却后平头状态

### 4 结论

通过模拟试验发现,挤压针长度和挤压管坯之间的长度匹配对不锈钢挤压管前端形状具有直接影响。当挤压针定径带长度小于或等于挤压管坯长度时挤压管前端会有实心段,随着挤压过程的继续会出现锥形孔过渡直至挤压管壁厚达到设计的尺寸。当挤压针定径带长度大于挤压管坯长度但未到达挤压模工作带时,挤压管前端会出现钩头式缩孔缺陷,前端仍有一段壁厚异常部分,需要切除。当挤压针长度大于挤压管坯长度且挤压针的工作带到达挤压模工作带时,挤压管前端正常。

实际挤压生产试验进一步验证了挤压针与挤压管坯之间 J4 的长度配合方式能保证挤压管产品正常。因此,挤压针长度与管坯之间的长度匹配应当是挤压针的工作带穿过挤压管坯后至少要到达挤压模工作带较为合理。

### 参考文献:

- [1] 王引卫.304 不锈钢大型管材挤压工艺虚拟正交优化[J]. 热加工工艺, 2010, 42(7): 87-88.
- [2] 景群社.钢管卧式挤压机用 H13 挤压针早期失效原因分析[J]. 钢管, 2013, 42(4):79-82.
- [3] 拓雷锋,李志春,周根树.镍基合金 GH625 管材用挤压模设计与应用[J]. 锻压技术,2018,42(12):109-116.
- [4] 毛萍莉,苏国跃,杨柯.奥氏体不锈钢铸造管坯的热挤压试验研究[J]. 金属成形工艺, 2001, 19(1): 14-15.
- [5] 魏燕明,赵严,宁永权.304 不锈钢管材挤压金属损伤规律仿真研究[J]. 热加工工艺, 2013,42(1): 85-86.
- [6] 刘长勇,张人佶,颜永年.玻璃润滑热挤压工艺的润滑行为分析[J].机械工程学, 2011,47(20):127-134
- [7] 于志强,拓雷锋,周根树.不锈钢管热挤压用玻璃垫形状研究[J]. 锻压技术, 2014, 39(10): 122-127.