

团 体 标 准

T/CWAN 0134—2024

金属封严环滚压成形推荐工艺规范

Recommended process specification for roll forming of metal sealing ring

2024-12-31 发布

2025-02-01 实施

中国焊接协会 发布

目 次

1. 范围	1
2. 规范性引用文件	1
3. 术语和定义	1
4. 材料要求	1
5. 设备及工具要求	2
6. 滚压成形前准备	2
7. 工艺过程	2
8. 质量检验	5

前 言

本文件按照 GB/T1.1—2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国焊接协会提出并归口。

本文件起草单位：南昌航空大学、中国航发湖南动力机械研究所、中国航空发动机研究院、六安六八航空航天精密器件有限公司、University of Wisconsin-Madison、上海工程技术大学、重庆三峡学院、King Mongkut's University of Technology North Bangkok、重庆科技大学。

本文件主要起草人：姜丽红、王冠刚、刘征、赵明杰、谢吉林、郭正华、陈玉华、徐义军、曾达、朱宇、郑敏、刘定、Sindo Kou、张天理、尹立孟、Panarit AETHAKUL、孙钦荣、冯伟、夏国峰。

金属封严环滚压成形推荐工艺规范

1. 范围

本文件规定了金属密封环滚压成形工艺规范，包括一般要求、密封环展开尺寸、密封环精度、密封环滚压回弹控制、模具设计和工艺过程。

本文件适用于厚度不超过 0.5 mm 的超薄高温合金带材在滚压机上进行精密滚压成形。

2. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 4340.1—2009 金属材料 维氏硬度试验 第一部分：试验方法

GB/T 4863 机械制造工艺基本术语

GB/T 7314—2017 金属材料 室温压缩试验方法

GB/T 8541 锻压术语

GB/T 13314—2008 锻钢冷轧工作辊通用技术条件

GB/T 14211 机械密封试验方法

GB/T 41859—2022 金属板材精密冷弯成形工艺规范

GB/T 44030—2024 金属材料 高温压缩试验方法

GJB 3318A 航空用高温合金冷轧带材规范

JB/T 5109 金属板料压弯工艺设计规范

JB/T 6373 焊接金属波纹管机械密封 技术条件

JB/T 7712 高温合金热处理

T/CWAN 0044—2020 超薄镍基高温合金激光微焊接工艺规范

3. 术语和定义

GB/T 4863 和 GB/T 8541 界定的术语和定义适用于本文件。

3.1

滚压成形 roll forming

通过顺序配置多道次成形轧辊，将卷材、带材等金属板带不断地进行横向弯曲，以制成特定截面型材的塑性加工工艺。

4. 材料要求

4.1 应选用符合 GJB 3318A 标准的高温合金带材。

4.2 金属带材的表面应光洁、无裂纹、划伤、氧化皮等缺陷。

4.3 金属带材的厚度公差应控制在 ± 0.02 mm 以内。

5. 设备及工具要求

5.1 滚压成形设备

5.1.1 滚压成形设备选型应符合 JB/T 5109 的规定。

5.1.2 根据所需滚压成形的弯曲力和模具尺寸选择相应的滚压成形设备。

5.1.3 滚压成形设备应定期进行维护和保养，确保其性能稳定、安全可靠。

5.2 模具

5.2.1 轧辊工作面尺寸应满足金属封严环的加工精度要求，滚压道次设置合理。

5.2.2 轧辊工作表面粗糙度不低于 Ra 0.4。

5.2.3 轧辊材料选用符合 GB/T 13314—2008 标准，必须具有高强度、高硬度、高耐磨性和韧性，轧辊硬度不低于 HRC55~63。

6. 滚压成形前准备

6.1 检查带材表面质量，确保带材边部无毛刺，表面光洁无划伤及折痕等缺陷。

6.2 操作前应检查滚压成形设备轧辊、电气系统等。如发现异常情况，应及时联系维修人员进行处理。

6.3 检查并清洁轧辊工作表面，确保无划痕、擦伤或粘结。

6.4 检查轧辊等工装安装精度和间隙是否达到要求。

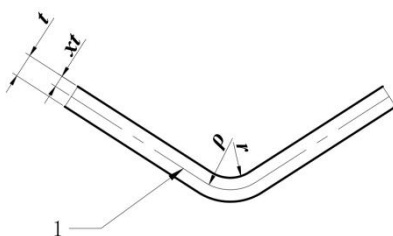
6.5 对滚压成形设备进行必要的调试、检查和润滑。

7. 工艺过程

7.1 金属封严环滚压件展开尺寸计算

7.1.1 中性层圆弧半径计算

金属带材在滚压弯曲过程中，在内表面和外表面之间存在一个应变中性层，其长度等于毛坯原材料的长度，如图 1。



标引序号说明: 1—中性层

图 1 金属带材滚压弯曲过程的中性层示意图

弯曲部位的中性层圆弧半径 ρ 计算方法如式 (1) 所示:

$$\rho = r + xt \quad (1)$$

式中:

ρ —中性层的圆弧半径, 单位 mm;

r —目标弯曲件的弯曲半径, 单位 mm;

t —带材厚度, 单位 mm;

x —中性层位移系数, 其理论值可按式(2)计算:

$$x = \frac{\lambda^2}{2} - \frac{r}{t}(1 - \lambda) \quad (2)$$

式中:

λ —变薄系数, 其确定方法见表 1。

表 1 变薄系数 λ (单位为毫米)

相对弯曲半径 r/t	0.10	0.25	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	>10.00
λ	0.820	0.870	0.920	0.960	0.985	0.992	0.995	0.998	1.000

7.1.2 金属封严环沿宽度方向展开计算

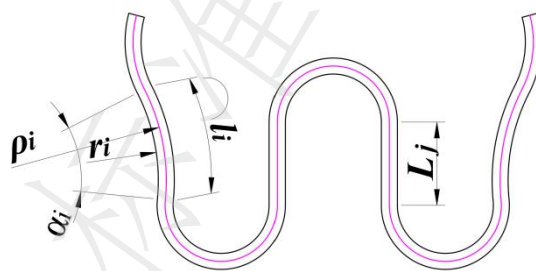


图 2 金属封严环滚压件沿宽度展开计算

计算金属封严环宽度方向上各段圆弧长度, 金属封严环第 i 段圆弧的弧长 l_i 按照式 (3) 进行计算。

$$l_i = \pi \rho_i \alpha_i / 180^\circ \quad (3)$$

式中:

ρ_i —第 i 段圆弧中性层的圆弧半径, 单位 mm;

α_i —第 i 段圆弧的弯曲角度, 单位为度($^\circ$);

l_i —第 i 段圆弧的弧长, 单位 mm;

金属封严环在宽度方向上有 m 个直线段以及 n 个圆弧, 如图 2 所示, 则所有直线段和圆弧长度的累加尺寸即为封严环宽度方向的展开尺寸, 金属封严环沿宽度方向展开的总长度 L_d 由式 (4) 进行计算,

$$L_d = \sum_1^n l_i + \sum_1^m L_j \quad (4)$$

式中:

L_d —宽度方向展开的总长度, 单位 mm;

L_j —第 j 段直线段长度, 单位 mm;

金属封严环沿宽度方向展开的总长度 L_d 即为金属带材下料宽度尺寸。

7.1.3 金属封严环长度方向展开计算

首先计算金属封严环宽度方向上截面质心 $M(X_m, Y_m)$ 坐标,见图3,基于前述计算金属封严环宽度展开尺寸,以该质心做宽度方向上截面的宽度展开图如图3所示。

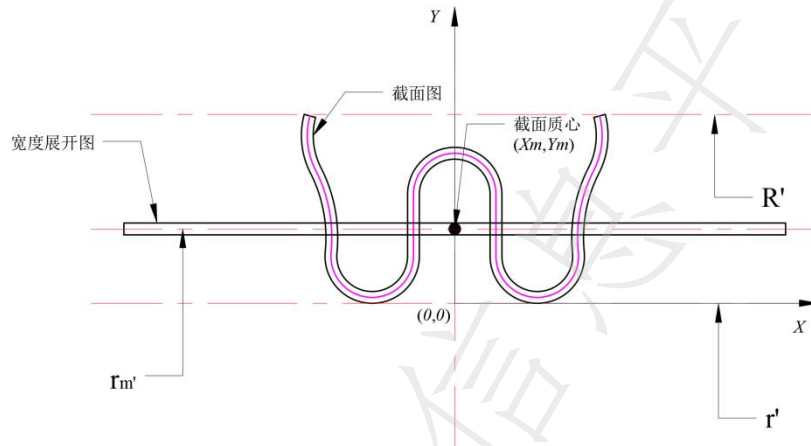


图3 金属封严环滚压件沿宽度展开示意图

则金属封严环滚压件原始带材长度 L 可按照公式(5)进行计算:

$$L = 2K\pi r_m' \quad (5)$$

式中, L —封严环原始环料带材长度,单位 mm;

r_m' —封严环原始环料带材半径,单位 mm;

K —封严环环料带材经验伸长修正系数。

其中,原始环料带材半径 r_m' 可根据式(6)计算:

$$r_m' = r' + Y_m \quad (6)$$

将式(6)带入式(5)得金属封严环滚压件原始环料带材长度计算公示(7),

$$L = 2K\pi(r' + Y_m) \quad (7)$$

7.2 封严环滚压模具设计

7.2.1 基于封严环零件尺寸及初始坯料尺寸,宜采用三向压应力状态的模具结构设计,结构尺寸按照 GB/T 41859—2022 标准设计。

7.3 下料

7.3.1 排样设计时,应避免使弯曲线与轧制方向平行。

7.3.2 下料尺寸应根据上述带材尺寸计算。

7.3.3 带材采用精密分切设备进行分条,宽度方向公差 ± 0.05 mm,长度方向公差 ± 0.2 mm。

7.3.4 带材边部毛刺清理。

7.3.5 滚压件坯料表面应光洁,无明显的折痕及划痕。

7.4 激光焊接

7.4.1 将金属带材在长度方向上进行弯曲，使用专用焊接夹具，按照 T/CWAN 0044—2020 标准进行带材激光焊接。

7.5 滚压成形

7.5. 滚压时，各工序应有可靠定位，并避免影响前序已成形的形状。

7.5.2 滚压时，应把回弹量大、需要调试修模的工序安排在后续工序。

7.5.3 滚压时宜采取润滑措施。

7.5.4 在每一个滚压道次过程中均应避免带材出现表面划伤、撕裂、扭曲变形等缺陷。

7.5.5 滚压过程中应对环料提供必要的支撑。

7.6 热处理

7.6.1 根据金属封严环技术要求，参照 JB/T 7712 标准制定金属封严环热处理工艺规范。

7.6.2 热处理过程中需使用必要的热处理工装，避免金属封严环表面出现划伤、擦伤、扭曲变形的缺陷。

8. 质量检验

8.1 一般要求

8.1.1 应对首件滚压件进行检测，首件检测合格后，方可进行批量滚压加工。

8.1.2 批量滚压时，根据使用方要求对滚压件进行抽检或全检。

8.2 外观及尺寸检验

8.2.1 封严环滚压件表面应无擦伤、划痕、裂纹、折痕等缺陷。

8.2.2 根据图纸技术要求对封严环滚压件形状尺寸进行逐一检测。

8.3 密封性检验

8.3.1 根据封严环技术要求及 GB/T 14211 标准对金属封严环的密封性进行检验。

8.3.2 检验压力、时间等参数应根据封严环的技术要求进行确定，其密封性应符合 JB/T 6373 要求。

8.4 力学性能检验

8.4.1 根据 GB/T 4340.1—2009 标准对最终热处理后的金属带材进行硬度检测。

8.4.2 根据金属封严环具体技术要求及 GB/T 7314—2017 标准检测金属封严环的室温刚度及弹性。

8.4.3 根据金属封严环具体技术要求及 GB/T 44030—2024 标准检测金属封严环的高温弹性。