# 钛合金封头的热成形

河南省新乡旋压封头厂 (453731) 吴鹏翔 段海华

随着国民经济发展的需要，钛和钛合金的用量越来越多，其优良的性能表现如下。

(1) 耐腐蚀性好，密度小，强度高。

(2) 表面不易潮湿，蒸汽或气体介质在合金的表面呈滴状冷凝，而不像碳钢或不锈钢表面那样呈膜状凝结。

(3) 钛的热导率比铜低 20 多倍，约为碳钢的 1/5，且表面光滑，具有较小的粘附力，可防止结垢。用作传热元件基本上不考虑污垢系数，能保持热导率不会明显下降，可以大量用于热交换器。

钛板的广泛应用越来越引起人们的高度重视，采用先进工艺生产出内在性能优良、表面质量较好和几何尺寸准确的高质量的钛合金封头成为人们研究的主要课题。

为了能够提供用户需求的高质量封头，我厂联合洛阳某研究所开展了钛合金封头的研发工作。周密细致的工艺是保证封头良好成形的先决条件。于是，我们针对钛板的物理特性进行技术攻关，从板材的加热温度、压制方案、下料尺寸、模具选择及模具预热等细节入手，制定了一整套合理工艺，保证了钛合金封头的压制成功。现将我厂压制 $SR300mm \times 5mm$ 钛合金封头的工艺介绍如下。

## 一、冲压工艺条件的确定

由于钛板具有极易氧化、硬化倾向较大、强度较高、韧性较低、屈服强度较大以及成形性能较差的特点，我们采取了热压成形的方法制作。

**1. 加热工艺及加热条件**

(1) 热成形在我厂 15000kN 油压机上进行，加热在我厂自制的燃煤反射炉内进行。

(2) 校对热电偶，确保测量计准确记录。

(3) 将炉温升至 950 ~ 1000℃，保温 30min 后降温至 900 ~ 920℃，再将料片入炉，防止反射炉降温速度过快。

(4) 加热要均匀，不得使火焰直接与钛板表面接触。

(5) 料片入炉后，在 900 ~ 920℃下保温 15 ~ 20min。

(6) 料片在 900 ~ 920℃出炉后，快速放置到胎模上压制，保证料片的始压温度≥850℃，终压温度≥750℃，见图 1。

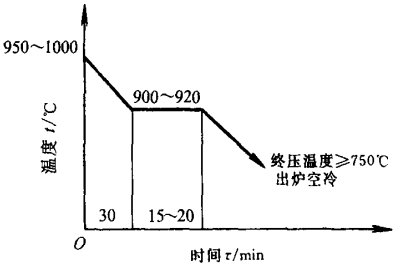


图 1

**2. 成形方案**

由于钛板硬化倾向较大，所以每次变形程度均不能太大，按三次冲压成形制作。

(1) 第一次成形 上模用 $\phi$604mm 半球上胎，下模用 $\phi$500mm 拉环。压边力为 6MPa，主缸冲压力为 4MPa，见图 2。

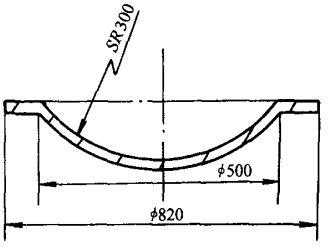


图 2

(2) 第二次成形 上模用 $\phi$604mm 半球上胎，下模用 $\phi$554mm 拉环。压边力为 6MPa，冲压力为 3.5MPa，见图 3。

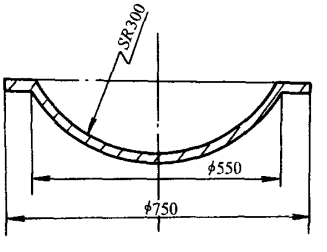


图 3

（3）第三次成形　上模用 $\phi$604mm 半球上胎，下模用 $\phi$615mm 拉环，拉环 $R$ 取 10mm。压边力为 6MPa，冲压力为 3.5～4MPa。成品如图 4 所示。

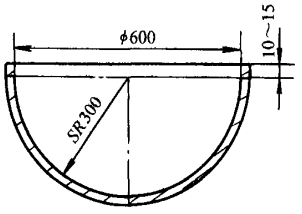


图　4

**3. 下料尺寸**

（1）半球封头的冲压属于拉延过程。为了避免封头在压制过程中发生偏心而造成局部尺寸不够，我们对计算后的坯料值稍加一点加工余量，即

$$D=\sqrt{2}d+e$$

式中　$D$——下料尺寸，mm；

$d$——封头内径，mm；

$e$——加工余量（由于钛板板料较薄，$e$ 取 10～20mm）。

$D=(\sqrt{2}\times600+20)$ mm = 868.5mm，取 $D$ = 870mm。

（2）由于钛板极易氧化，所以坯料在入炉前，应将其表面的油污、杂物清除干净，并在其正反两面涂以钛合金专用高效防氧化涂料阴干。

**4. 半球模具的配制**

因为封头热压后的收缩率与工件的材料、形状、尺寸、板厚、脱模温度及冷却条件有关，收缩率一般按下式计算。

$$\psi=\alpha\times\Delta t\times100\%$$

式中　$\psi$——材料收缩率；

$\alpha$——材料的线膨胀系数；

$\Delta t$——脱模温度与室温之差值，$\Delta t$ = 680℃。

根据《压力容器材料实用手册—特种材料》，钛板线膨胀系数取为 $10.2\times10^{-6}$/℃，则

$\psi$ = 680℃ × 10.2 × $10^{-6}$/℃ × 100% = 6.936‰，我厂取 $\psi$ = 7‰。

（1）上模直径 $D_{sm}=d(1+\psi)$ = 600 ×（1 + 7‰）mm = 604.2mm。

（2）拉环内直径 $D_{xm}=D_{sm}+2\delta+Z$ =（604.2 + 2 × 5 + 1）mm = 615.2mm。

钛板厚度　$\delta$ = 5mm。

$Z$ =（0.1～0.2）$\delta$ = 0.5～1mm，$Z$ 取 1mm。

式中　$D_{sm}$——上模直径，mm；

$d$——封头内径，mm；

$D_{xm}$——拉环内直径，mm；

$Z$——上下模间隙，mm；

$\delta$——板厚，mm。

（3）上下模压制前均需在反射炉内或人工预热至 150～300℃，以防止上下模在与料片压制接触过程中温差过大，料片温度下降过快。因为料片温度过低，强度升高。

**5. 成形后质量**

料片经入炉加热成形后，表面质量良好，几何尺寸合格，封头几何尺寸的检查记录见下表。从几何尺寸检查记录可见，成形封头直径偏差、最大和最小直径差符合 JB/T4735—1995 标准，封头表面光滑，形状美观，样板间隙等各项数据均达到 GB150—1998 标准。

**封头几何尺寸检查记录表**

| 项　目 | 标准规定 | 实测结果 |
|---|---|---|
| 内表面形状偏差 | 7.5 | 5 |
| 最小厚度/mm | 4.6 | 4.7 |
| 拼缝与封头中心线间距/mm | — | — |
| 直边高度/mm | 0 | 10 |
| 直边倾斜度/mm | 0 | 0 |
| 直边纵向皱折深度/mm | 0 | 0 |
| 外圆周长/mm | 1916.4 | 1918 |
| 最大与最小内直径差/mm | 2 | 2 |
| 总深度/mm | 300 | 310 |
| 焊缝最大咬边深度/mm | — | — |
| 焊缝余高/mm | — | — |

## 二、结语

（1）本工艺对常用的料片随炉升温的加热方法进行了改进，高温入炉大大减少料片升温过程中的氧化，缩短加热时间，确保料片充分加热。

（2）合理的压制成形方案是确保料片分步成形的必要条件。

（3）采用此热压成形方案生产的产品，质量完全符合 GB150—1998 标准。　（20040830）