

薄壁钛合金材料零件旋压的热处理工艺

西安北方光电科技防务有限公司 (陕西 710043) 张利军 李时威 申 伟

钛合金密度小, 比强度高, 比模量高, 结构性能优异, 然而钛合金材料价格昂贵。掏空钛合金棒料制成薄壁壳体类零件, 不仅材料利用率低, 加工周期长, 而且刀具磨损快, 加工成本居高不下。旋压成形技术能很好地解决薄壁钛合金材料加工成本高、效率低等问题, 但钛合金材料在常温下塑性差, 变形抗力大, 不易旋压成形。本文针对此难题, 提出了钛合金材料旋压过程的热加工方法, 得出了钛合金材料旋压成形的热处理参数。

1. 钛合金材料旋压的难点

(1) 组织稳定 钛合金材料具有熔点高, 激活能大, 组织复杂等特点, 其晶格原子不易脱离平衡位置, 在常温下旋压困难。

(2) 旋压冷作硬化大 钛合金材料在常温下强度高, 塑性差, 加工硬化严重, 变形抗力大, 旋压加工困难。

(3) 易产生 TiN、TiC 等硬质层 钛合金化学活性好, 易与各种气体杂质产生化学反应, 如 O、N、H、C 等元素浸入钛合金中, 易形成间隙式固溶体, 使表面晶格严重弯曲, 塑性降低; 与 N、C 作用形成的高硬度 TiN、TiC 硬质层, 在旋压过程中易断裂。

2. 钛合金材料旋压热处理工艺

将钛合金材料旋压零件逐步加热到变形温度 900℃, 使组织发生 $\alpha \rightarrow \beta$ 相转变, 使得初生 α 相减少, 从而破坏了原子晶格的平衡。

针对钛合金材料高温变形小, 采用加热及强力旋压方式, 将工件热处理温度控制在 750 ~ 950℃ 之间, 以旋力 $3.0 \times 10^5 \text{ N}$ 在三轮旋压机上进行强力旋压。通过控制旋压零件变形温度、变形速度和变形量, 在旋压过程中补充加热, 多次旋压, 克服钛合金材料零件塑性差、加工硬化等难点, 达到工件旋压的要求。

需要注意的是, 为防止旋压零件产生 TiN、TiC 等硬质层, 保证旋压质量, 工件应在真空炉里进行热处理, 并采用不含氯元素的玻璃润滑剂。

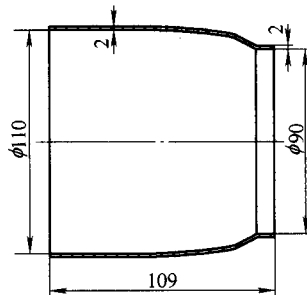
3. 应用实例

壳体零件如附图所示, 零件材料为 TC4, 零件壁厚 2mm, 按照棒料计算需要至少 5kg 的钛棒, 成本价约 2000 元, 要加工成该薄壁零件, 材料利用率仅有 4% 左右。若选用旋压零件, 材料采用壁厚 10mm, 直径为 150mm 钛板进行旋压, 材料成本价仅有 400 元左右, 加上旋压成本共计 1200 元左右, 且节省了钻孔、粗加工工序。因此, 采用旋压方法加工该钛合金薄壁壳体零件, 将大幅降低生产成本。

采用钛合金板料旋压成形此薄壁壳体零件, 其工艺为:

(1) 板料进行 750 ~ 1000℃ 真空热处理, 改善组织性能。

(2) 将材料放入旋压胎模中, 加热温度 900℃ 左右, 在压力 $3.0 \times 10^5 \text{ N}$ 下进行一旋。



壳体零件

(3) 对已旋好的钛合金坯料放入真空炉里进行 600℃ × 1h 真空热处理, 消除应力, 改善组织性能。

(4) 二旋成形工艺为加热温度 800℃ 左右, 压力 $2.5 \times 10^5 \text{ N}$, 旋压过程中补充加热, 温度不得低于 700℃。

(5) 对旋压成形的零件再进行温度为 -50℃ × 1h, 90℃ × 2h 的 3 次循环热处理, 用来稳定加工尺寸, 防止壳体工件随环境温度变化产生形变, 获得最佳的使用性能。

5A06 板材钣金成形件退火工艺研究

北京星航机电设备厂 (100074) 刘英智 樊喜刚

某产品零件通过钣金冲压工艺制造,所用材料为 5A06 板材。在一段时间内经常发生开裂,冲压成形率低。为了提高 5A06 板材的成形率,本文对冲压开裂的原因进行了分析,研究了退火温度对 5A06 板材组织和性能的影响,为冲压工艺中退火工艺的制订提供了参考。

1. 钣金成形工艺

该零件的具体钣金工艺流程为:5A06—H14 板材→剪切成圆形毛料→退火→空冷→一次拉深→退火→空冷→二次拉深。

2. 板材冲压性能的影响因素

板料成形一般称为冲压,它是对厚度较小的板材,利用专门的模具,使金属在不破坏的前提下产生塑性变形,从而获得所需形状和尺寸的零件或坯料的加工方法。变形破裂发生时的拉深系数为 $m = d/D$, $m_{\min}$ 称为极限拉深系数 (D 、 d 分别为拉深前后坯料的直径),当凸凹模圆角半径不够大时,常在圆角处发生破裂,这种破裂称为塑性破裂。表 1 列出了部分铝合金的极限拉深系数。

表 1 部分铝合金的极限拉深系数

牌号	$m_{\min 1}$	$m_{\min 2}$
8A06、1035、3A21	0.52 ~ 0.55	0.70 ~ 0.75
2A12、2A11	0.56 ~ 0.58	0.75 ~ 0.80

拉深系数 m 表征材料拉深变形的程度, m 越小,变形度越大。对于过小的制件必须采取多次拉深的

方法,每次的拉深系数 m_n 都应大于极限拉深系数 $m_{\min}$ 。目前根据封头的冲压工艺,为了保证冲压成形的顺利进行,冲压分两次进行,第一次冲压和第二次冲压的拉深系数 m_1 和 m_2 都大于 0.75。目前的材料状态不是完全退火态,拉深系数较大,所以工艺规程的每次拉深系数都比表 1 中的极限拉深系数大。冲压工艺主要受材料拉深系数的影响,而拉深系数受材料状态的影响,因此,在目前的工艺规程下,冲压件多次发生开裂失效,主要与材料的状态有关,即与材料的组织、屈强比和塑性有关。

3. 不同成形状态冲压件的组织和性能

图 1 给出了不同成形状态冲压件的横向力学性能指标。冲压开裂件的屈服强度为 260MPa,伸长率为 15.3%。冲压成形件中最高的屈服强度为 212MPa,最低伸长率为 19.1%。冲压成形件材料与冲压开裂件材料的性能相比,伸长率高 25% ~ 57%,屈服强度低 18% ~ 40%。冲压前板材经过 250℃ × 2h

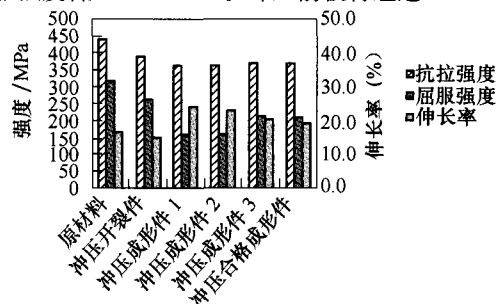


图 1 不同成形状态材料的横向力学性能

采用上述旋压方法,使钛合金薄壁壳体零件加工效率提高 3 倍以上,其旋压毛坯成本仅为棒料加工成形的 50% 左右,节省了钻孔、粗加工工序。

4. 结语

本文提出了钛合金薄壁壳体零件旋压的热处理工艺,采用旋压方法加工零件,大幅降低了原材料

成本及加工刀具等费用,经济效益显著。通过多次旋压、热加工,使旋压毛坯组织晶粒细化,有效改善了材料自身的缩孔、夹杂、气孔等缺陷,使钛合金材料纤维连续,强度明显提高。该旋压热处理技术还可以推广到其他材料的加工,应用前景广阔。

MW (20120422)