

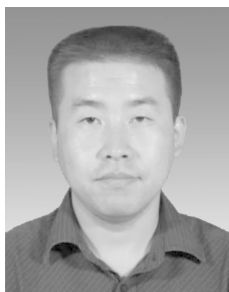
企业工艺革新快报

## 扁形钛铜复合棒挤压模具设计与应用

田喜明<sup>1</sup>, 王成长<sup>2</sup>, 陈贵曾<sup>2</sup>, 晁鸿涛<sup>2</sup>, 马建明<sup>2</sup>

(1. 海军装备部, 陕西 西安 710021)

(2. 西北有色金属研究院, 陕西 西安 710016)



田喜明

**摘要:** 对长宽比较大的扁形截面钛铜复合棒的挤压模具进行了设计研究。通过合理选材, 并选择使挤压力最小的模具模腔轮廓曲线和半模角, 改变模孔工作带的几何形状与尺寸, 选择适当的挤压速度等, 优化设计制备出扁形钛铜复合棒专用挤压模具。增加工作带长度可以增大摩擦阻力, 使向该处流动的供应体的流动静压力增大, 迫使金属向阻力小的方向流动, 从而使型材整个断面上金属流量更加均匀。挤压实验结果表明, 合理的模具设计对挤压材的挤压过程和挤压制品质量有重要影响, 锥形模具更适合于扁形钛铜复合棒的挤压。解决了科研生产实际对大的长宽比扁型钛铜复合棒的需求。

**关键词:** 钛合金; 钛铜复合棒; 挤压模具; 设计与应用

**中图分类号:** TG375<sup>+</sup>4    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1674-3962(2012)03-0056-03

## Design and Application of Extrusion Die for Titanium-Copper Flat-Like Cladding Bar

TIAN Ximing<sup>1</sup>, WANG Chengzhang<sup>2</sup>, CHEN Guizeng<sup>2</sup>,  
CHAO Hongtao<sup>2</sup>, MA Jianming<sup>2</sup>

(1. Navy General Armaments Department, Xi'an 710021, China)

(2. Northwest Institute for Nonferrous Metal Research, Xi'an 710016, China)

**Abstract:** Extrusion die with big ratio of length to width for titanium-copper flat-like cladding bar was researched. By choosing the appropriate material, adjusting working cincture size and appropriate extrusion speed, the extrusion die was optimized. The results show that a suitable die has important effects on the extrusion process and the quality of the products. Taper die, which satisfies the requirement for the titanium-copper flat-like cladding bar with big ratio of length to width, has been proved to be better.

**Key words:** titanium alloy; Ti/Cu cladding bar; extrusion die; design and application

### 1 前言

钛铜复合棒在航空零件加工、电解及氯碱制造等工业中有着广泛的应用。挤压法生产钛铜复合棒, 变形量一般在95%以上。挤压时金属处于对复合非常有利的三向压应力状态, 伴随大的变形, 复合强度较高。在后续的电极制备车削螺纹时, 可实现快的车削速度和大的进刀量, 而不会出现钛铜相分离的情况, 生产效率高, 可实现大批量化的生产。在挤压过程中, 模具的工作环

境相当苛刻: ①长时间的高温作用; ②长时间的高压作用; ③激冷、激热作用; ④反复循环应力作用; ⑤偏心载荷和冲击载荷作用; ⑥高温高压下的高摩擦作用。挤压模具使用条件恶劣, 容易损坏, 消耗量大, 成为生产钛铜复合棒成本中的重要部分。合理设计、制造和使用模具, 能大大提高其使用寿命、生产效率、降低生产成本。

### 2 挤压模结构参数的设计

在整个挤压过程中, 挤压模具是确定制品外部尺寸、形状及影响外表面质量的重要环节, 它的结构形式, 各部分的尺寸、材质和热处理方法等, 对挤压力、金属流动的均匀性、挤压制品的尺寸精度和表面质量,

收稿日期: 2012-01-08

基金项目: 陕西省工业攻关项目(2009K06-12)

作者简介: 田喜明, 男, 1977年生, 工程师

以及模具使用寿命都有很大影响。因此挤压模具的合理设计、制造和使用成为生产工艺研究中的又一个重要方面。图1为常见的锥形挤压模结构示意图。

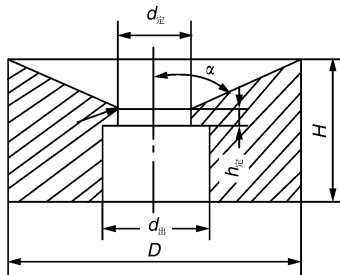


图1 挤压模的结构参数示意图

Fig. 1 Schematic diagram of extrusion die

### 3 设计方法

在充分考虑影响模具设计的各种因素之后，应根据挤压制品的类型、挤压设备与模具结构、工艺方法等来设计挤压模具的模腔形状和尺寸。计算模孔尺寸时，应该充分考虑被挤压金属材料的化学成分，挤压制品的形状、公称尺寸及其允许公差，挤压温度及模具材料与被挤压金属材料在此温度下的线膨胀系数、挤压力及模具的弹塑性变形情况等因素。

模孔尺寸通常采用以下公式计算：

$$A = A_0 + M + (K_y + K_p + K_T) A_0$$

式中， $A_0$  为挤压制品截面的公称尺寸； $M$  为挤压制品公称尺寸的允许偏差； $K_y$  为使挤压制品部分尺寸减少的系数（ $K_y$  为 0.01 ~ 0.03）； $K_p$  为矫直拉伸时尺寸缩减的系数； $K_T$  为挤压制品的温度收缩量；

$$K_T = t_a - t_1 a_1$$

式中， $t$ ， $t_1$  分别为挤压坯料和模具的加热温度； $a$ ， $a_1$  分别为挤压温度下被挤压金属材料及模具材料的线膨胀系数。

模具的孔型尺寸与制品截面尺寸是不相等的，因为模具的孔型尺寸受挤压制品材料性能，模具材料性能，挤压时锭坯的保护方式，截面形状的几何特点和公差范围，矫直时的断面收缩量、挤压温度、挤压速度和挤压力等因素影响。在确定孔型尺寸时，首先要保证制品在常温状态下符合公差要求，同时又能最大限度地延长模具的使用寿命。

### 4 钛铜复合棒挤压模具孔型设计

挤压生产中一个重要的实际问题是工模具损耗较大，一般可占生产成本的 10% 左右。延长工模具使用寿命具有现实的经济意义。提高挤压工模具的使用寿命，合理地选材无疑是先决条件。

根据挤压模具的工作条件，制造工模具的材料应满足以下条件：有足够的高温强度和硬度，高的耐回火性、耐热性、足够的韧性、低的热膨胀系数和良好的导热性，良好的加工工艺性以及价格低廉等。但是，任何一种材料都很难满足上述的所有条件，应视具体工作条件选用合适的材料。

选用特殊模具钢 3Cr2W8V 制作了扁挤压模具。模具表面进行了调制热处理（HRC48 ~ 52），工作表面粗糙度的  $Ra$  值不大于 0.8  $\mu\text{m}$ 。保证了产品精度要求，有效延长了模具的使用寿命。除选择优质材质外，还应采取诸如合理预热和冷却挤压工模具、合理安装、交替轮换使用等措施以提高挤压工模具的使用寿命。

优化设计主要基于传统设计理论和经验方法，其目的主要是控制型材挤压时各部分流速的均匀性。

通过改变模孔工作带的几何形状与尺寸优化模具。工作带对金属流动起阻碍作用，增加工作带长度可以增大摩擦阻力，使向该处流动的供应体的流动静压力增大，迫使金属向阻力小的方向流动，从而使型材整个断面上金属流量趋于均匀。依金属种类、型材品种和形状不同，一般可取 2 ~ 8 mm。本实验选取工作带长度为  $(8.0 \pm 0.5) \text{ mm}$ ，在工作带上单边下挖 1 mm 且与工作带圆角过渡。

研究结果和生产实践表明，挤压模具的失效与报废大多是由于磨损、开裂、尺寸超差、塌腔等造成的，而这些现象都与挤压力（包括摩擦力）过大有关。因此，应选择使挤压力最小的模具模腔轮廓曲线和半模角。

虽然提高挤压速度能提高生产率，但会升高挤压力，影响模具寿命，还可能增大制品组织不均匀性，因此应选择适当的挤压速度。挤压力、挤压速度应作为挤压模具优化设计的目标参数。

根据 GB/T12769 - 2003 中复合棒的断面形状、规格及允许偏差规定， $(d \pm 0.3) \text{ mm}$ ， $h$  的尺寸公差范围比较大，在确定孔型尺寸时只需考虑挤压制品冷却时的线收缩量、模具预热时的线膨胀量、挤压后制品表面铜层尺寸及修磨量。经验公式为：

$$D = d \times 2\% + 0.20 \text{ mm}$$

$$H = h \times 2\% + 0.20 \text{ mm}$$

为了有效减小挤压力，提高挤压模具使用寿命，扁形截面挤压模具采用锥模设计，半模角  $\alpha = 60^\circ$ ，能有效改善挤压过程中的金属流动，提高产品表面质量。由于扁形截面长宽比较大，考虑到模具安全系数，且受到装配条件限制，选用平行延伸孔型设计，如图2所示。

挤压时，工模具的工作条件十分恶劣，引起其变形和损坏的因素也错综复杂。因此，在设计时应尽可能考

考虑各种不利因素的影响, 选择合适的结构, 规定合理的加工工艺和热处理制度, 选择合适的材料。图 3 为经优化设计制作的扁形界面钛铜复合棒挤压模具实物图。

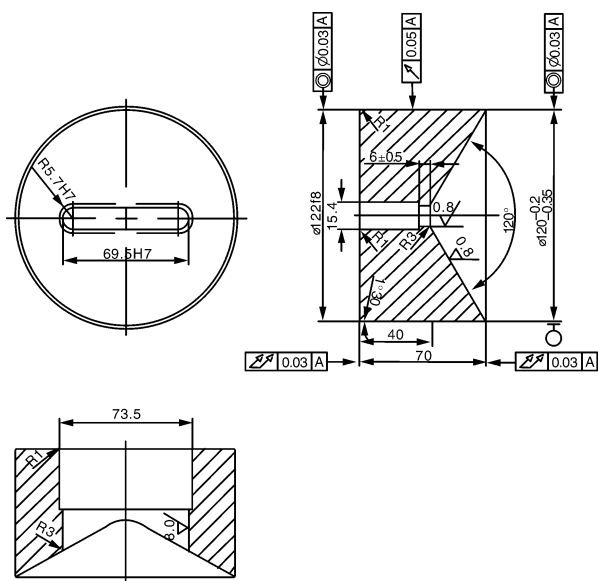


图 2 扁形模具三视图

Fig. 2 Three angle view of extrusion die for titanium-copper cladding flat-like bar



图 3 扁形截面挤压模具实物

Fig. 3 Extrusion die for titanium-copper cladding flat-like bar

## 5 应用

钛铜复合棒挤压试验是在稀有金属材料加工国家工

程研究中心 16.3 MN 卧式挤压机上进行的。采用正向挤压法, 挤压坯料采用铜包套, 在电炉加热 780 ~ 800 °C 保温 1 ~ 1.5 h, 采用本研究设计的模具, 以 80 ~ 120 mm/s 速度挤压, 石墨二硫化钼润滑, 在 16.3 MN 卧式挤压机上取得了良好的挤压效果, 产品完全符合国家 GB/T12769 - 2003 技术标准, 解决了科研生产对扁型挤压棒的需求。

## 6 结论

(1) 增加工作带长度可以增大摩擦阻力, 使向该处流动的供应体的流动静压力增大, 迫使金属向阻力小的方向流动, 从而使型材整个断面上金属流量趋于均匀。

(2) 根据扁形截面钛铜复合棒技术条件要求, 设计制作了适用的挤压模具, 能够合理调整金属的流动速度。挤压过程平稳, 金属流动均匀, 实验证明所设计的模具可满足实际生产的要求。

(3) 制备出的扁形截面钛铜复合棒角部填充饱满, 满足产品的尺寸要求, 性能优良, 完全符合国家标准 GB/T12769 - 2003 技术标准。

## 参考文献 References

- [1] Zhao Yongqing (赵永庆). 我国钛合金的研制与发展[J]. *Advanced Materials Industry* (新材料产业), 2007 (10): 28 - 32.
- [2] The People's Republic of China National Bureau of Standards (中华人民共和国国家标准局). GB /T12769 - 2003, *Titanium Copper Composite Stick* (钛铜复合棒)[S]. Beijing: CNBS, 2003.
- [3] Li Zhong (李 中). 钛铜复合棒的生产和应用[J]. *Titanium Industry Progress* (钛工业进展), 1995, 12(6): 34 - 35.
- [4] Kong Xianping (孔宪平), Gao Wenzhu (高文柱). 爆炸焊接复合钛/铜复合棒的孔型轧制[J]. *Titanium Industry Progress* (钛工业进展), 2003(2): 25 - 27.
- [5] Hu Zhenghuan (胡正寰), Xia Jushen (夏巨湛). *Materials Engineering Dictionary* (中国材料工程大典(第 21 卷))[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006.