

# 铜合金带材拉拔用辊模的设计及应用

李 锋<sup>1</sup> 彭 孜<sup>1</sup> 陈国权<sup>2</sup> 徐高磊<sup>2</sup> 沈铁军<sup>1</sup>

(1.绍兴市天龙锡材有限公司; 2.浙江力博实业股份有限公司)

**摘 要** 采用辊模技术替代钨钢拉拔模拉拔铜合金带材,设计了使用寿命长、精度高的辊模结构,结合卷拉机或链条式拉拔机,用于拉拔铜合金带材。结果表明,采用辊模技术可明显改善铜合金带材的表面品质,提高带材平整度,拉拔节能 22% 左右,且与轧机相比,辊模的结构简单、维护调整方便。用不同孔型的辊模可适用多种规格铜合金带材生产。

**关键词** 铜合金带材;钨钢拉拔模;表面缺陷;辊模

**中图分类号** TG359;TG249.7;TG146.1<sup>+</sup>1

**文献标志码** A

**DOI**:10.15980/j.tzzz.2022.06.020

**开放科学(资源服务)标识码(OSID):**



## Design and Application of Copper Alloy Strip Roller Die for Drawing

Li Feng<sup>1</sup>, Peng Zi<sup>1</sup>, Chen Guoquan<sup>2</sup>, Xu Gaolei<sup>2</sup>, Shen Tiejun<sup>1</sup>

(1.Shaoxing Tianlong Tin Materials Co., Ltd.; 2.Zhejiang LIBO Industrial Co., Ltd.)

**Abstract:** Roller die technology substituted for drawing die of tungsten steel was utilized to draw copper alloy strip. The structure of roller die with long service life, high precision and reliability was designed combined with coiling or chain drawing machine to drawing copper alloy strip. The results indicate that the surface quality and flatness of copper alloy strip can be significantly improved by roller die technology, and the energy saving is about 22%. Compared with rolling mill, the roller die with simple structure is convenient to maintain and adjust, and roll dies with different hole patterns can be suitable for a variety of specifications of Cu alloy strip.

**Key Words:** Copper Alloy Strip, Drawing Die of Tungsten Steel, Surface Defect, Roller Die

**收稿日期:**2021-09-24;**修改稿收到日期:**2021-10-11

**第一作者简介:**李锋,男,1963 年出生,工程师,浙江绍兴(312001),E-mail:dongjianguang @damno.com

**通信作者:**沈铁军,男,1989 年出生,工程师,浙江绍兴(312001),E-mail:1274873583@qq.com

**引用格式:**李锋,彭孜,陈国权,等.铜合金带材拉拔用辊模的设计及应用[J].特种铸造及有色合金,2022,42(6):774-776.

LI F, PENG Z, CHEN G Q, et al. Design and application of copper alloy strip roller die for drawing[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2022, 42(6):774-776.

## 3 结 论

(1)热变形-固溶-时效-冷变形工艺得到的 Cu-0.8Cr-0.15Zr 合金强度最高,其抗拉强度为 515 MPa、屈服强度为 507 MPa、硬度(HB)为 165、屈强比为 0.984。

(2)在 600℃时,Cu-0.8Cr-0.15Zr 试样经热变形-固溶-冷变形-时效处理后的屈强比为 0.940;经热变形-固溶-时效-冷变形处理后屈强比为 0.920;经热变形-固溶-时效-冷变形-时效处理后的屈强比为 0.940。

(3)Cu-0.8Cr-0.15Zr 合金的软化温度:热变形-固溶-冷变形-时效为 640℃;热变形-固溶-时效-冷变形为 620℃;热变形-固溶-时效-冷变形-时效为 630℃。

(4)Cu-0.8Cr-0.15Zr 合金的伸长率在 20~600℃的范围内先降后升,在 200~400℃区间的伸长率最低,500℃时恢复到室温水平。

(5)试验温度范围内合金的强度随温度的升高而下降,通过固溶-冷变形-时效工艺处理的合金的抗拉强度平均下降速率最小,为 38 MPa/100℃,屈服强度平均下

降速率为 31 MPa/100℃;通过固溶-时效-冷变形工艺处理后合金的抗拉强度平均下降速率最大,为 51 MPa/100℃,屈服强度的平均下降速率为 54 MPa/100℃。

## 参 考 文 献

- [1] 陈婷婷,胡美俊,刘文扬,等.非真空熔炼制备 Cu-0.37Cr-0.046Sn 合金的时效动力学研究[J].热加工工艺,2016,45(24):189-192.
- [2] 李华清,谢水生,米绪军,等.Cu-Cr-Zr 合金热处理工艺研究[J].热加工工艺,2006,35(20):39-42.
- [3] 刘平,任凤章,贾淑果,等.铜合金及其应用[M].北京:化工工业出版社,2007.
- [4] 谢水生,周健,任合,等.稀土铬锆铜合金强化工艺研究[J].金属热处理,2001(6):12-14.
- [5] 雷静果,刘平,赵冬梅,等.CuNiSiCr 合金时效析出与再结晶的交互作用[J].新技术工艺,2005(6):53-55.
- [6] 姜峰,陈猛,李金龙,等.热处理工艺对高强高导 Cu-Cr-Zr 系合金性能的影响[J].特种铸造及有色合金,2010,30(11):1068-1071.
- [7] 刘平,赵冬梅,田宝红.高性能铜合金及其加工技术[M].北京:冶金工业出版社,2005.
- [8] 中国工程机械学会铸造分会.铸造手册(第3卷,铸造非铁合金)[M].北京:机械工业出版社,2003.
- [9] 樊东黎.热加工工艺规范[M].北京:机械工业出版社,2003.
- [10] 刘平,苏华娟.新型铜铬系合金及其制备技术[M].北京:科学出版社,2007.

(编辑:刘晨辉)

铜合金带材应用广泛,采用上引法连铸制取棒材,棒材经连续挤压制成带材。由于连续挤压制得的带材表面品质较差,最后需冷轧或拉拔至成品<sup>[1,2]</sup>。冷轧可改善铜带表面品质,但存在规格适应性差、结构复杂、投资大等缺点<sup>[3]</sup>。实践中多采用钨钢模拉拔,但钨钢模拉拔铜带表面品质不佳。辊模拉拔技术具有摩擦小、节能等诸多优势<sup>[4]</sup>,在有色金属领域得到越来越广泛的应用<sup>[5,6]</sup>。

连续挤压机制取的铜合金带材,由于受连续挤压模具使用寿命影响,表面往往带有一定的挤伤、微观缺损、表面粗糙等缺陷,钨钢拉拔模拉拔后不能完全修复,带材表面光亮,但往往存在拉拔痕迹,在显微镜下可观察到明显的拉伤缺损和平整度低等缺陷,这些缺陷可能是连续挤压造成的残留部分,也可能是拉拔润滑不足或钨

钢模磨损造成的。本课题分析了目前常规辊模技术的现状,选择一款经钨钢拉拔模后牌号为 TUA<sub>g</sub>0.1 合金带材<sup>[7]</sup>,设计了适合铜合金带材拉拔的辊模结构,替代钨钢拉拔模拉拔铜合金带材,以期为铜合金带材的制备提供参考。

## 1 铜合金带材拉拔辊模的设计

图 1 为 TUA<sub>g</sub>0.1 合金带材的形貌。图 1a 为 TU-Ag0.1 合金的宏观表面形貌,采用超景深数码显微镜(VHX2000C)观察铜合金表面形貌,见图 1b 和图 1c。可以看出,带材表面形貌存在拉伤和微观缺损,带材表面存在起伏形貌,在  $500\text{ }\mu\text{m}\times 671.3\text{ }\mu\text{m}$  范围内,其高差为  $19.80\text{ }\mu\text{m}$ 。

辊模一般以拉拔线材为主,轴承选用球轴承,其使

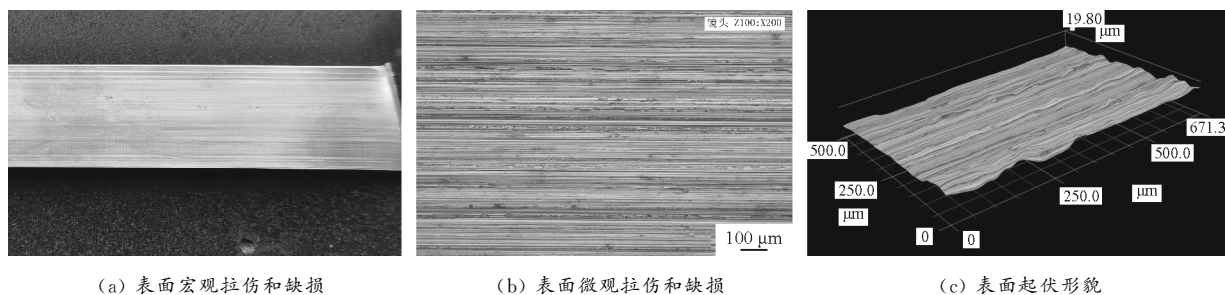


图 1 TUA<sub>g</sub>0.1 合金带材表面形貌

Fig.1 Surface morphologies of TUA<sub>g</sub>0.1 alloy strip

用寿命和精度可靠性不能满足带材拉拔,而选用圆柱轴承<sup>[8]</sup>可明显提高精度可靠性。参考有关辊模结构<sup>[9]</sup>,本课题设计了适合宽 35 mm、厚 4.0 mm 的 Cu-Ag 合金带材拉拔的辊模,见图 2。拉辊组结构见图 3,主要由拉辊(图中给出孔型拉辊)、拉辊轴、圆柱轴承(型号 NU311E)、推力轴承(型号 51217)、轴向调整件组成。拉辊材质为钨钴硬质合金(YG20C),其具有稳定的尺寸、较高的冲击韧性和超长的使用寿命<sup>[10]</sup>。考虑到一道次拉拔,可选用中碳合金钢,在工作面制作一层碳化钨耐磨层<sup>[11]</sup>以提高耐磨性(拉辊需要加强冷却强度)。也可采用 Cr12MoV,经淬火其硬度(HRC)可达 60 以上,再经液氮深冷处理<sup>[12]</sup>,可促使残留奥氏体进一步转化为马氏体,提高拉辊耐磨性。采用碳钢可减少拉辊外径尺寸、降低成本,拉辊工作面粗糙度  $R_a$  为  $0.05\sim 0.1\text{ }\mu\text{m}$ ;选用圆柱轴承可提高精度可靠性,直接安装于拉辊内部,以进一步减少辊模外形尺寸,数量以 2~4 只为宜;辊模架和压板为 45 号钢,热处理硬度(HRC)为 40~45;拉辊轴中空,可通水冷却以稳定尺寸精度。宽度尺寸允许偏差为  $0.6\text{ mm}$ <sup>[7]</sup>,为便于拉拔时带材脱模,孔型拉辊的孔型设计形状见图 4。辊模按图 3 和图 4 装配时,调节螺栓控制拉辊的轴向间隙,过紧不利拉辊转

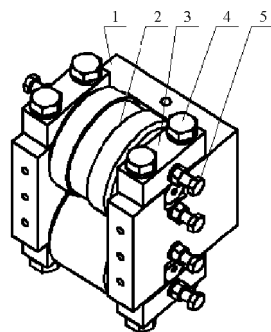


图 2 辊模结构示意图

Fig.2 Schematic diagram of roller die structure

1.辊模架 2.拉辊组 3.压板 4.高强度螺栓 5.调节螺栓

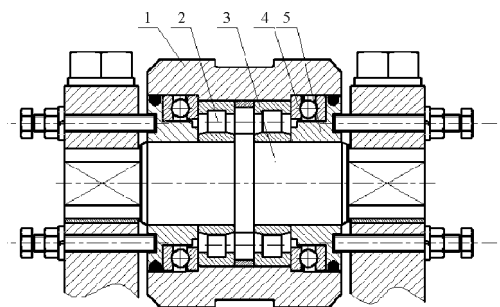


图 3 拉模组结构示意图

Fig.3 Schematic diagram for drawing die group

1.拉辊 2.圆柱轴承 3.拉辊轴 4.推力轴承 5.轴向调整件

动,过松容易造成拉辊轴向串动。一般将调节螺栓拧紧后再松开保持 0.2 mm 左右间隙为好。需要拉拔其他规格的铜合金带材时,可在卷拉拔机或链条拉拔机上更换不同孔型辊模,实现在同一台拉拔设备上拉拔不同规格尺寸的铜合金带材。

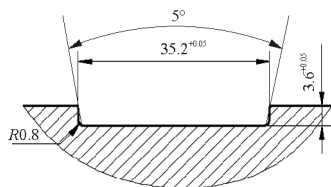
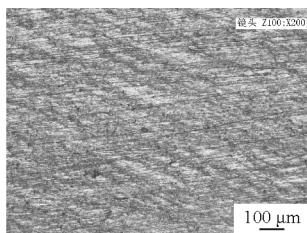


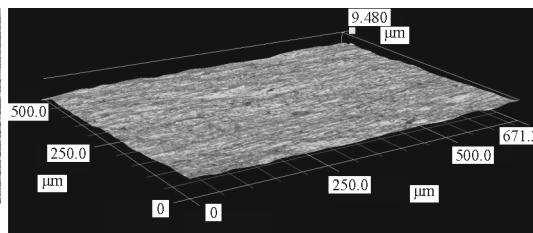
图 4 孔形示意图  
Fig.4 Schematic diagram of hole pattern



(a) 表面宏观形貌



(b) 表面微观形貌



(c) 表面平整度

图 5 辊拉带材表面形貌

Fig.5 Surface morphologies of roller die strip

采用小规格拉拔机进行拉拔试验,设备配置功率为 18.5 kW,空载电流为 15.8 A,拉拔参数见表 1,辊模拉拔较钨钢拉拔模可节能 22% 左右,且无拉拔润滑需要。进一步试验表明,辊模拉拔速度提高到 25 m/min,能长期使用,拉拔电流为 22.2 A,拉拔速度提高了约 25%,电流增幅为 9% 左右。

表 1 辊模和拉拔模拉拔数据对比

Tab.1 The data comparison of roller die and drawing die

| 拉拔方式  | 拉拔速度/(m·min <sup>-1</sup> ) | 拉拔电流/A | 润滑要求 |
|-------|-----------------------------|--------|------|
| 辊模拉拔  | 20                          | 20.4   | 无    |
| 钨钢拉拔模 | 20                          | 26.3   | 润滑脂  |
| 辊模拉拔  | 25                          | 22.2   | 无    |

### 3 结 论

辊模替代钨钢拉拔模,可改善铜合金带材的表面品质,提高带材的平整度。辊模拉拔铜合金带材,拉拔能耗降低 22% 左右,可适当提高拉拔速度,进一步降低能耗。拉拔宽不超过 70 mm、厚 5 mm 以下规格尺寸的铜合金带材,可更换不同孔型的辊模拉拔。

#### 参 考 文 献

[1] 朱峰.TLJ500 连续挤压机在电气化铁路接触线生产中的应用[J].科技创新与应用,2015,30:41-45.  
[2] 刘明亮,刘平,刘新宽,等.铜合金连续挤压工艺及模具设计[J].锻压技术,2014,39(1):39-42.  
[3] 旷军平,黄四龙,胡玉军,等.无氧银铜带材连挤—冷轧生产新工艺

## 2 拉拔辊模的应用

所选拉拔后铜合金带材宽 35.0 mm、厚 4.0 mm,显微硬度(HV)为 85~90,按要求拉拔变形量为 8%。为适合辊模拉拔带材,及根据铜合金宽展,连续挤压制取的坯料带材尺寸宽为 34.9 mm、厚为 4.32 mm,棱边圆弧 R 为 1 mm。带材经辊模拉拔后的表面形貌见图 5。图 5a 为 Cu 带的宏观表面形貌,从图 5b 可见带材表面拉伤和缺损现象明显改善,但不能完全消除,从图 5c 可以看出,带材宽度为 503 μm×671.3 μm 范围内,其表面高差为 9.48 μm,带材的平整度明显提高。

[J].铸造技术,2018,39(3):643-645.

[4] 李勇,张玉新,钟毅,等.辊模拉拔技术的分析与应用[J].金属材料研究,2003,29(4):15-20.  
[5] 李锋,钱康乐,傅珠荣,等.辊模拉拔软钎料金属的变形特征及其改进设计[J].有色金属材料加工,2020,49(6):49-53.  
[6] 董建光,傅珠荣,李锋,等.不同成分铝杆的辊模拉拔工艺设计[J].特种铸造及有色合金,2021,41(6):743-747.  
[7] GB/T 40004-2021.铜银合金扁线[S].  
[8] GB/T 283-2007.滚动轴承圆柱滚子轴承外形尺寸[S].  
[9] 张小龙,李锋,葛鑫,等.一种高温软钎料减径用辊模:中国,ZL201921054223.0[P].2020-05-05.  
[10] 刘红卫,陈康华,吕海波.稀土对硬质合金线胀系数及粘结相形态的影响[J].稀有金属与硬质合金,1999,38(9):30-33.  
[11] 陈红.碳化钨焊条堆焊层组织与性能[J].焊接技术,2016,36(3):11-14.  
[12] 赵国华.深冷处理对 Cr12MoV 钢组织和耐磨性能的影响[J].热处理,2010,25(6):59-62.

(编辑:刘晨辉)

欢迎使用在线稿件处理系统

投稿、查稿、审稿

敬请登录 [www.special-cast.com](http://www.special-cast.com)