

镁合金等温锻造加热装置的设计及模具温度曲线*

付传锋^{1**}, 胡亚民², 赖周艺², 赵军华³

(1. 中国南车集团 戚墅堰机车车辆工艺研究所, 江苏 常州 213011;

2. 重庆工学院 材料科学与工程学院, 重庆 400050; 3. 江苏太平洋精密锻造有限公司, 江苏 泰州 225500)

摘要: 为了能生产出合格的镁合金电动螺丝刀套筒锻件, 设计了电阻丝陶瓷加热圈、温度控制系统和镁合金等温锻造模具, 介绍了电阻丝陶瓷加热圈、温度控制系统和保温隔热系统的构成。利用“模膛”直接加热镁合金坯料, “模膛”就是“炉膛”。计算出模具的加热时间为 26 min, 与实际加热时间 27 min 相近。绘制并分析了设定温度分别为 260, 300 和 340 °C, 从室温开始加热的模具温度曲线。由温度-时间曲线可知, 镁合金等温锻造模具的加热特性稳定, 即不同设定温度下的“冲温”均为 50 °C 左右。

关键词: 镁合金; 等温锻造; 加热装置; 温度曲线

中图分类号: TG307

文献标识码: A

文章编号: 1000-3940 (2007) 05-0165-03

Design of heating device for magnesium alloy isothermal forging and temperature curve of dieFU Chuan-feng¹, HU Ya-min², LAI Zhou-yi², ZHAO Jun-hua³

(1. CSR Qishuyan Locomotive & Rolling Stock Technology Research Institute, Changzhou 213011, China;

2. Department of Material Science & Engineering, Chongqing Institute of Technology, Chongqing 400050, China;

3. Jiangsu Pacific Precision Forging Co., Ltd., Taizhou 225500, China)

Abstract: To produce eligible magnesium alloy electric screwdriver knife sleeve forgings, an isothermal forging die with resistance-wire ceramic heater and temperature control system was designed. The structure of resistance-wire ceramic heater, temperature control system and heat preservation system were introduced. The cavity was used as hearth to heat up magnesium alloy billets directly. A formula was employed to calculate the heating time of die, it was 26 min which was close to the experiment heating time of 27 min. As setting temperature was 260, 300 and 340 °C respectively, the temperature-time curve of die was gained and an analysis on it was presented. The temperature-time curve shows that the heating characteristic of magnesium alloy isothermal forging die is stable, that is the rush temperature under different setting temperatures is about 50 °C.

Keywords: magnesium alloy; isothermal forging; heating device; temperature curve

1 引言

镁合金的锻造温度范围窄, 而其导热系数大, 其导热系数大约是钢的 2 倍。锻造时如果模具温度低, 则坯料降温快, 塑性降低, 变形抗力增大, 变形率低, 变形过程中坯料易形成裂纹^[1,2]。所以镁合金一般采用等温锻造, 即将镁合金坯料放在加热炉里加热, 达到锻造温度后, 将其快速放入保持一定温度的模具里成形。或者是将镁合金坯料放在模具里与模具一起放到炉子里加热, 待加热到锻造温度后再放到压力机上去成形^[3]。为了简化试验设备

和降低成本, 设计了镁合金等温锻造装置, 将镁合金坯料放在模具里直接加热, “模膛”就是“炉膛”。等温锻造出符合质量要求的镁合金电动螺丝刀套筒锻件, 对扩大镁合金塑性成形件的应用有一定的意义。

2 加热系统

2.1 加热装置的设计

设计了电阻丝陶瓷加热圈, 该加热圈的加热元件为电阻丝。电阻丝缠绕于中空的陶瓷内, 陶瓷外圈用锡皮包扎固定, 内圈与模具贴紧, 导热性能好, 绝缘性稳定, 拆卸方便, 可调整其松紧度。加热圈接线端头有陶瓷固定孔, 将接线前端裸露的金属丝插进陶瓷固定孔, 再旋紧固定螺钉。为了进一步确保安全, 需用绝缘胶布包扎接线处。加热装置为接触式加热, 适用于加热圆柱体, 结构示意图如图 1

* 华中科技大学材料成形与模具技术国家重点实验室开放基金资助项目 (06-1)

** 男, 24 岁, 助理工程师

收稿日期: 2006-11-20; 修订日期: 2007-02-28

所示。最高工作温度可达 600°C ，工作时额定电压为 380 V ，加热功率与陶瓷内圈表面积成正比，单位面积的加热功率为 $4\text{ W}\cdot\text{cm}^{-2}$ 。

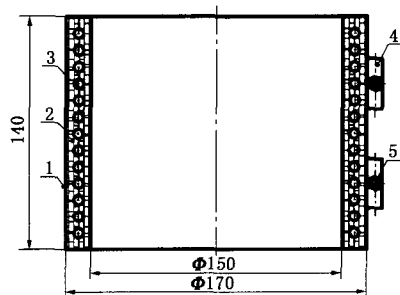


图1 电阻丝陶瓷加热圈结构简图

1. 锡皮 2. 陶瓷 3. 电阻丝 4. 固定销 5. 内六角螺钉

Fig. 1 Sketch of resistance-wire ceramic heater

2.2 温度控制系统

如图2所示^[4]，温度控制系统的工作原理是：热电偶测量出的电压信号值 V_2 与模具温度成比例；通过调节数字显示调节仪，设定模具温度相应的给定电压信号值 V_1 ，并且 V_2 能够反馈与 V_1 进行比较；当模具的实际温度与设定温度不同时，便产生了偏差电压值 $\Delta V = V_2 - V_1$ ，偏差电压值经过电压放大器放大后控制交流接触器；交流接触器又根据放大信号控制三相电压的断通，即当测量出的电压信号值 V_2 大于给定电压信号值 V_1 时，三相电压断开，当测量出的电压信号值 V_2 小于给定的电压信号值 V_1 时，三相电压接通，实现模具的加热。

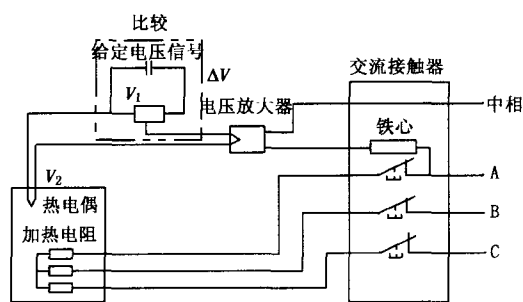


图2 温度控制系统原理图

Fig. 2 Principle chart of temperature control system

3 成形装置

3.1 等温锻造模具

利用YAW-500 kN微机控制电液伺服压力试验机进行镁合金电动螺丝刀套筒的等温锻造。设备技术参数为：

最大推力： 500 kN

滑块行程： 250 mm

工作台尺寸(长×宽)： $300\text{ mm}\times 300\text{ mm}$

主机尺寸(长×宽×高)： $400\text{ mm}\times 400\text{ mm}\times 1600\text{ mm}$

试验力测量误差： $\pm 1\%$

位移等速率控制范围： $0.5\sim 50\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$

恒试验力、恒位移控制精度： $\pm 1\%$ 设定值

模具简图如图3所示。

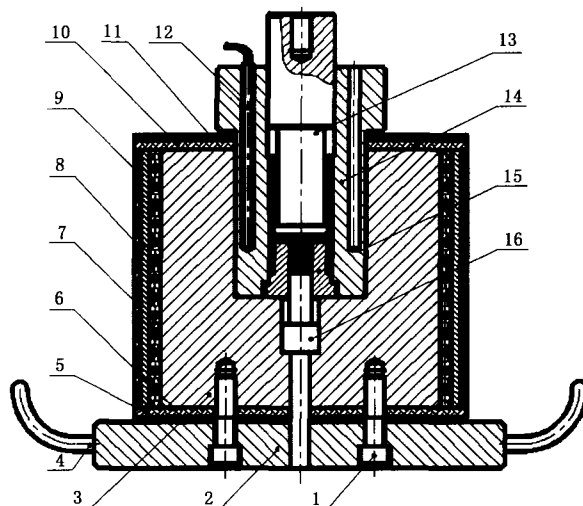


图3 镁合金等温锻造模具简图

1. 内六角螺栓 2. 下模板 3. 凹模套 4. 手柄
5. 下隔热层 6. 下保温层 7. 加热圈 8. 侧保温层
9. 侧隔热层 10. 上保温层 11. 上隔热层 12. 热电偶
13. 上凸模 14. 凹模 15. 下凸模 16. 顶杆

Fig. 3 Sketch of magnesium alloy isothermal forging die

3.2 保温隔热系统

将凹模套的外壁与加热圈的内圈紧密贴合，加热圈的外围为硅酸铝纤维棉保温层，硅酸铝纤维棉外面为石棉板隔热层。凹模套的上表面也设计有硅酸铝纤维棉保温层，硅酸铝纤维棉保温层上面为石棉板隔热层。为防止热量向压力机传递，下模板和凹模套之间还设计有硅酸铝纤维棉保温层和石棉板隔热层。工作时，上凸模和压力机滑块之间及下模板与试验机工作台之间均用石棉板隔热，确保隔热效果。

4 模具加热时间的计算

模具加热时的热量可按下式计算^[5]：

$$Q = Cm\Delta T$$

式中 Q ——加热部分模具所消耗的总热量(J)

C ——模具材料的比热容($\text{J}\cdot(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})^{-1}$)

m ——被加热模具的总重量(kg)

ΔT ——温度变化值($^{\circ}\text{C}$)

模具材料的比热容 $C_{\text{钢}} = 481.5 \text{ J} \cdot (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$, 被加热模具的总重量 m 约为 21.3 kg , 模具从室温加热至 300°C , $\Delta T = 280^\circ\text{C}$; 所以, 由公式知, $Q = 2871666 \text{ J}$ 。加热圈所需要提供的热量 $Q' = Q/n$ (n ——加热效率, 取 0.7), 故 $Q' = 4102380 \text{ J}$ 。因所设计的加热圈单位面积的加热功率为 $4 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$, 其内圈尺寸为 $\Phi 150 \text{ mm} \times 140 \text{ mm}$, 故总功率 $P_{\text{总}} = 2637.6 \text{ W}$ 。模具加热到 300°C 时需要的时间 $T = Q'/P_{\text{总}} = 26 \text{ min}$, 这是模具从室温升高到 300°C 需要的时间。

5 模具的温度曲线

由于所设计的加热圈能承受的最高温度为 600°C , 所以只测到 500°C 左右, 以防止损坏加热圈。模具的加热温度曲线如图 4 所示。由图 4 可知, 设计的模具加热到 300°C 时所用时间为 27 min , 与理论计算时间 26 min 接近。

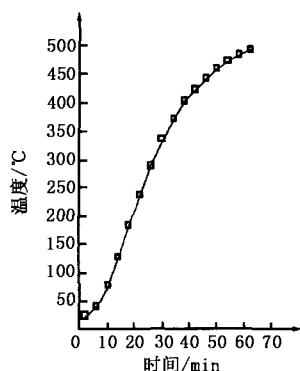


图 4 模膛加热时的温度-时间曲线

Fig. 4 Temperature-time curve of heated die cavity

分别在 260°C , 300°C 和 340°C 温度时等温锻造了 AZ31B 镁合金电动螺丝刀套筒, 测得模具的温度, 绘制成时间-温度曲线如图 5 所示。

由图 5 可知, 从室温开始加热, 虽然设定温度不同, 但是加热的温度-时间曲线的走向基本一致。加热后的 30 多分钟里, 在达到设定温度前, 曲线是重合的。在达到设定温度后, 温度下降和加热过程的温度-时间曲线的走势相同, 但幅值不同。当温度下降到设定温度以下 $2 \sim 3^\circ\text{C}$ 时, 三相电压电路接通, 实现模膛的加热。温度下降速率为 $2^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 左右, 由于镁合金电动螺丝刀套筒的成形时间为 3 min 左右, 温度下降为 $6 \sim 7^\circ\text{C}$, 在等温锻造温度

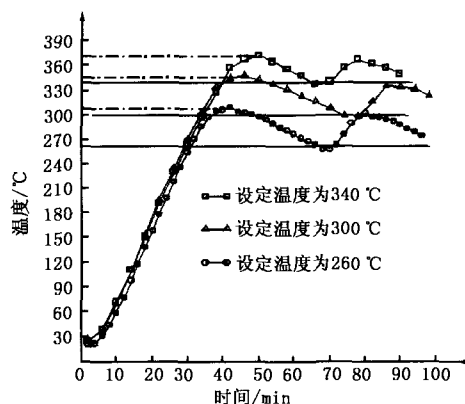


图 5 设定温度不同时模膛的温度-时间曲线

Fig. 5 Temperature-time curves of die cavity with different setting temperature

允许范围内, 故在设定温度以上的温度所对应的时间内均可等温锻造 AZ31B 镁合金电动螺丝刀套筒。

由试验记录数据可知, 从室温下开始加热, 设定温度分别为 260°C , 300°C 和 340°C 时的“冲温”(由于热惯性, 温度升高到比设定温度高的现象)均为 50°C 左右。“冲温”程度与炉体(模具)的重量(与模具的几何形状、大小、模具内的孔洞等有关)和保温隔热层(如保温隔热层的材料、厚薄)密切相关。

6 结语

温度是镁合金等温锻造的一个关键因素, 与镁合金铸件质量密切相关, 因此模具的加热特性应确保稳定。经过试验, 由模具的温度-时间曲线可知, 所研制的镁合金等温锻造装置的加热特性稳定, 能够满足试制镁合金电动螺丝刀套筒的相关要求。

参考文献:

- [1] 胡亚民, 夏华, 孙智富. 镁合金的塑性加工技术 [J]. 锻压装备与制造技术, 2004, 39 (5): 61~66.
- [2] 吴立鸿, 关绍康, 王利国, 等. 锻造镁合金及影响锻造成形的几个关键因素 [J]. 锻压技术, 2006, 31 (4): 7~10.
- [3] 胡亚民, 华林. 锻造工艺过程及模具设计 [M]. 北京: 北京大学出版社, 中国林业出版社, 2006.
- [4] 付传锋, 何孝成, 夏华, 等. 镁合金杯杆件等温复合挤压研究 [J]. 模具工程, 2006, (5): 39~41.
- [5] 夏巨谌, 韩凤麟, 赵一平. 中国模具设计大典 (第 4 卷)——锻模与粉末冶金模设计 [M]. 南昌: 江西科学技术出版社, 2003.