

航空扫描仪中金属扫描镜的 尺寸稳定化处理

杨一德

(中国科学院上海技术物理研究所, 上海, 200083)

摘要: 讨论了金属扫描镜尺寸不稳定的原因和提高扫描镜尺寸稳定性的途径, 并对金属扫描镜尺寸稳定化采用冷热循环方法进行处理。

关键词: 金属扫描镜, 尺寸稳定性, 冷热循环处理。

引言

铍是制作航空扫描仪中的扫描镜用的理想材料, 即可以减轻扫描镜的重量, 又可以降低其转动惯量, 但由于铍资源少, 价格贵, 加工时有毒性, 在我国目前尚无实用性。一般都用价格低, 综合性能好的硬铝来制作扫描镜。但我们发现, 经光学校正的光学系统成像质量会发生变化和降低(蜕化), 主要原因之一是金属扫描镜尺寸的自发变化与内应力的松弛引起尺寸不稳定而导致镜面微小的变形。本文就导致扫描镜尺寸不稳定的原因进行了讨论和分析, 并对扫描镜尺寸稳定化的处理进行反复试验, 得到了较理想的结果。

1 扫描镜尺寸不稳定性分析

温度变化引起体积热胀冷缩, 应力松弛将导致扫描镜尺寸和形状精度的变化, 以及材料的金相组织的不稳定。这两种作用都是不可逆的, 在通常情况下它们的影响是同时存在。

内应力的影响按作用范围的大小可分宏观应力和微观应力, 前者来源于加工过程, 如锻铸, 热处理, 切削成形和装配等等, 它们导致扫描镜内不同部位发生不均匀的变形, 从而产生宏观残余应力; 后者来源于塑性变形过程中相邻晶粒或组织组成物不相等的热胀冷缩。另外, 显微组织的改变也是导致尺寸不稳定的重要原因, 因为材料中的任何显微组织的改变都伴随着比容的变化, 从而引起外部尺寸的微量改变。

2 提高扫描镜尺寸稳定性的途径

我们设计的航空扫描仪扫描镜结构形式如图1所示. 为了使高精度的扫描镜具有高的尺寸稳定性, 经多次试验, 我们选用LY₁₂硬铝和LD₂锻铝这两种较理想的材料. 其次, 扫描镜在加工中必须进行适当的稳定化处理, 以去除或降低加工过程中产生的残余应力, 并获得比较稳定的显微组织, 其传统方法是进行恒温下的去应力处理. 图2为LY₁₂铝合金在200℃进行去应力处理时残余应力随加热时间的变化. 由实验可知, 当去应力处理的加热时间一定时, 加热温度越高, 去应力处理后的应力残留量(%)就越小. 铝合金在不同温度下经10h去应力处理后的残余应力见图3.

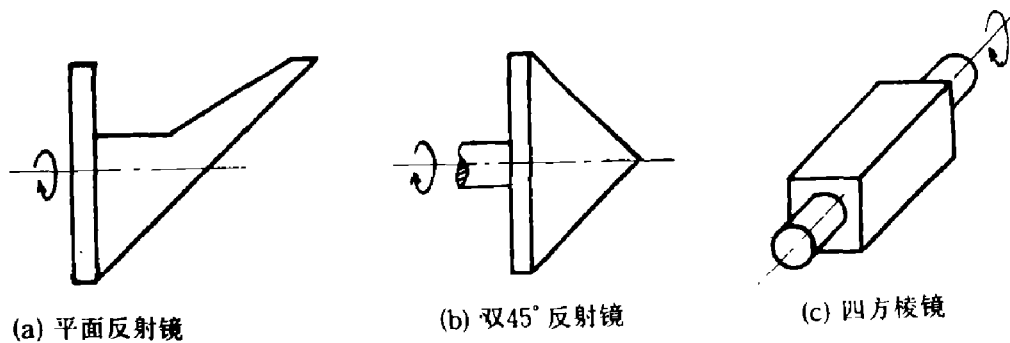


图1 航空扫描仪几种金属扫描镜结构

(a) 平面反射镜, (b) 双45°反射镜, (c) 四方棱镜

Fig. 1 Several structures of metal scanning mirrors in airborne scanner

(a) reflecting planar mirror, (b) two-45° reflecting mirror, (c) four-sided scanning mirror

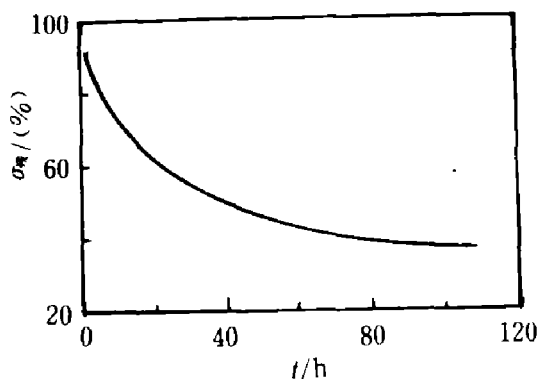


图2 残余应力随加热时间的变化

Fig. 2 The variation of residual stress with heating time

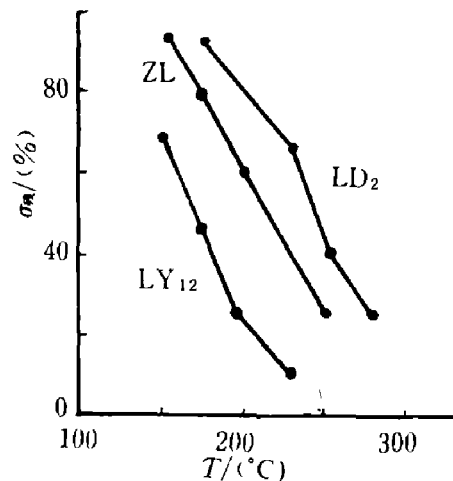


图3 铝合金在不同温度下的残余应力

Fig. 3 Residual stress in aluminum alloys under various temperature conditions

提高去应力处理的加热温度, 虽然有利于去除残余应力, 但对经过淬火和时效处理的

铝合金扫描镜来说, 如果去应力处理的加热温度超过了合金的时效处理温度, 将会引起材料的明显软化, 而低于时效处理温度的去应力处理对降低扫描镜中的残余应力作用很小。为了有效地降低残余应力, 我们寻找一种有效的方法, 即冷热循环稳定化处理。其工艺是: 将扫描镜冷却到 $-(70\sim 196)^{\circ}\text{C}$, 介质可用干冰或液氮, 保温 0.5~1h, 然后迅速将扫描镜加热到 $+(80\sim 190)^{\circ}\text{C}$ (必须低于人工时效温度), 保温 1~1.5h, 如此循环多次 (一般 3 次), 最后在空气中冷却至室温。由实验可知, 第 1 次冷却—加热处理对降低残余应力的效果最显著, 而第 3 次以后基本趋于平衡。因此, 我们采用了 3 次冷热循环。图 4 表示冷却与加热温度差 (ΔT) 对 ZL 铸铝处理后的残余应力降低量的影响。由图 4 可知, 温度差越大, 残余应力降低量也越大, 当 ΔT 等于 30°C 时, 残余应力降低量只有约 25%, 当 ΔT 增大到 340°C 时残余应力降低量增大到约 90%。图 5 表示冷热循环稳定化处理对 LY₁₂ 硬铝试样中残余应力的影响, 为了比较, 图中还给出在相当于冷热循环处理时加热温度下进行的恒温处理对残余应力的影响, 很明显, 经过 3 次冷热循环处理后, 试样的残余应力下降达 50%, 而在 150°C 进行的恒温处理对降低残余应力则根本不起作用。

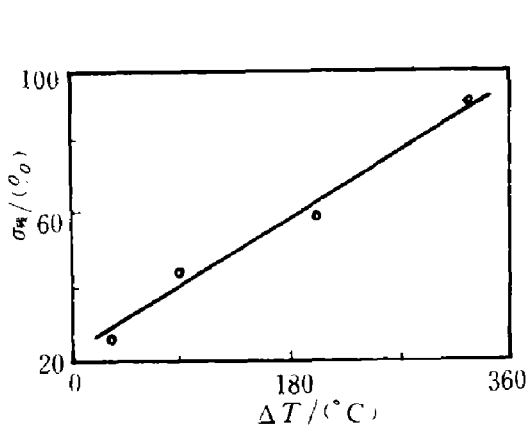


图 4 冷热循环温差 (ΔT) 对 ZL 处理后残余应力降低量的影响

Fig. 4 The influence of cooling-heating circulation temperature difference on decrement of residual stress in ZL after processing

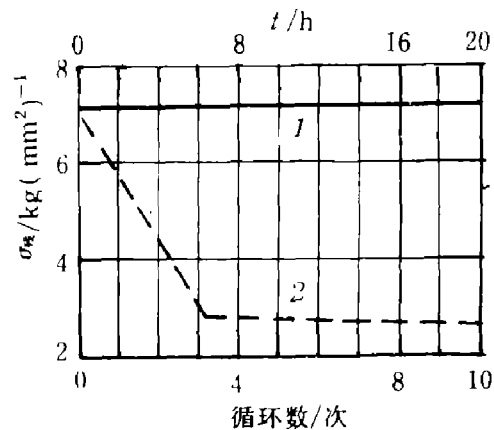


图 5 两种不同处理对 LY₁₂ 试样中残余应力的影响

1: 150°C 的恒温处理 (时效);
2: -70°C 1 小时 + 150°C 2 小时冷热循环

Fig. 5 The influence of two different processes on residual stress in LY₁₂ sample material

参 考 文 献

- 1 周善佑. 航空工业技术, 1982, 9: 19-22
- 2 МЛ Хенкин, ИХ Локшин. РАЗМЕРНАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ В ТОЧНОМ МАШИНОСТРОЕНИИ И ПРИБОРОСТРОЕНИИ. «Машиностроение», 1974
- 3 Martin JW, Doherty R D. Stability of microstructure in metallic systems, Cambridge: University Press, 1976

THE PROCESSING FOR DIMENSION STABILITY OF METAL SCANNING MIRROR IN AIRBORNE SCANNER

Yang Yide

(Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China)

Abstract: The cause of instability of dimensions of metal scanning mirror and its improvement are discussed in this paper. The cooling-heating circulation method was used for processing of dimension stability of metal scanning mirror.

Key words: metal scanning mirror, dimension stability, cooling-heating circulation process.