

整体式空腔靶制备工艺*

黄燕华 郑永铭 李秀琴 陆晓明
唐永建 周兰 罗青 袁光辉

(中国工程物理研究院核物理与化学研究所, 成都, 610003)

空腔靶是惯性约束聚变(ICF)研究中间接驱动靶的主要靶型之一, 它由精密车削微加工工艺结合电镀工艺完成。

关键词 惯性约束聚变 空腔 微加工 电镀

中图分类号 TL 503.4

间接驱动惯性约束聚变(ICF)是通过使用高功率激光或离子束, 把称为空腔的辐射腔体加热到几百电子伏特(1 eV 相当于 12000 K)的高温, 从空腔壁发射的 X 射线能够使靶丸燃料产生内爆, 或者进行其它高温等离子体物理实验。由于受激光能量的限制, 若要达到理想的高温环境, 空腔必须设计得很小。对于神光-II 激光装置上所需的整体式空腔靶, 其空腔的尺寸小于 1 mm。在惯性约束聚变研究中对使用的整体式空腔靶的加工精度要求较高。

1 整体式空腔靶的制备工艺

整体式空腔靶是把金电镀在芯轴上制成的。其工艺步骤包括: 精密车床车削制作芯轴; 用电镀法, 在芯轴表面镀上适当厚度的金层; 芯轴二次装夹, 按要求加工金层; 溶掉芯轴, 得到整体式空腔靶。

1.1 芯轴加工

芯轴车削加工在美国 HARDINGE 公司生产的 CONQUEST GT-HP 精密数控车床上进行。该数控车床的主轴旋转精度为 $0.5 \mu\text{m}$, x 、 z 轴重复定位精度小于 $1 \mu\text{m}$ 。选用与金空腔具有不同化学性质的铜作为芯轴材料。

车削铜芯轴需要 3 把刀具, 其中 1 把刀具用于粗加工和半精加工; 精加工选择了 2 把刀尖圆弧半径 $r < 2 \mu\text{m}$ 的镜面车刀。选用小刀尖圆弧半径刀具, 一方面能够加工出锐利的台阶根部, 保证激光入射孔的加工精度; 另一方面实验证明, 可以使芯轴表面粗糙度的平均值达到

* 国家 863 惯性约束聚变领域资助课题

黄燕华: 男, 33 岁, 机电一体化专业, 工程师

收稿日期: 1998-11-12 收到修改稿日期: 1999-01-27

0.02 μm 。

精加工后的芯轴,需要镀上适当厚度的金层。接着把镀金芯轴重新安装到车床主轴上,对金层进行加工。为了满足对芯轴二次装夹定位精度的要求,设计了可重复使用的专用夹具。这套夹具可以使镀金芯轴二次装夹定位精度小于 2 μm 。

1.2 芯轴镀金

将芯轴连同夹具一起从精密车床主轴上卸下,清洗后,放在有机玻璃电镀夹的“O”形圈上。电镀夹可以调整芯轴浸泡在电镀液中的长度,以便确定电镀时需要的电流。电镀时,把不镀的夹持部分(阴极区)暴露在电镀液之外,这样可免除为保护芯轴基准面不被损坏而对电镀液进行屏蔽和掩盖等费时的工序。

1.3 二次加工

完成电镀后,把固定有镀金芯轴的夹具重新安装到精密车床的主轴上。激光入射孔的端口使用两把刀尖圆弧半径 $r < 2 \mu\text{m}$ 的切断刀,对金层进行切槽,槽深穿透金层直至铜芯轴的表面。由于受激光能量的限制,空腔必须设计得很小,相应的芯轴尺寸也很小。因此在精密车床的工作台上安装了 1 台体视显微镜,芯轴加工中的对刀及镀金芯轴的切断均在体视显微镜的观测下进行。另外,整体式空腔靶需要在其柱面加工出微孔,用于在实验过程中诊断腔内的物理现象。该诊断孔由电火花成型机加工而成。

1.4 芯轴溶解

将完成金层加工后的芯轴浸泡在硝酸溶液中。若硝酸溶液浓度过大,芯轴溶解速度很快,反应生成的气体难以从孔中及时逸出,易胀破空腔。若溶解速度过慢,则影响工作效率。实验表明,先用 2 mol/L 硝酸溶液溶解 3 h,再换用 3.5 mol/L 硝酸溶液,大约经过 10 h,铜芯轴就被溶解掉。用蒸馏水小心多次清洗干净,就获得成品的整体式空腔靶(图 1)。

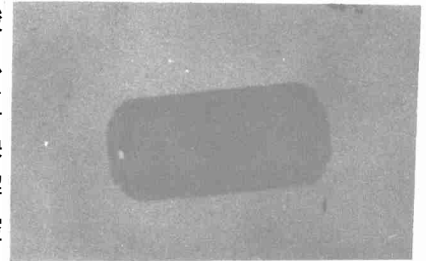


图 1 整体式空腔靶 ($\times 20$)

Fig 1 Integral hohlraum target ($\times 20$)

2 结论

精密车削加工工艺结合电镀工艺可以制备出神光-II 激光装置上所需的整体式空腔靶。利用本工艺结合其它涂层工艺,能够为惯性约束聚变研究制备出各种新型的实验用靶。

参 考 文 献

- 1 Larry R, Peter G, Jacob B, et al Hohlraum Manufacture for Inertial Confinement Fusion. Fusion Technology, 1994, 26(11): 696
- 2 Rinde J. Cylindrical Laser Targets: UCRL-51787, 1975