

Zr₅₅Cu₃₀Al₁₀Ni₅ 非晶薄膜的制备与性能研究*

辛先峰¹, 刘林根¹, 林国强¹, 董 闯^{1,2}, 丁万昱², 张 爽², 王棋震², 李 军², 万 鹏³

(1.大连理工大学, 辽宁 大连 116024; 2.大连交通大学, 辽宁 大连 116028;

3.佛山市顺德区美的电热器制造有限公司, 广东 佛山 528300)

摘 要: 非晶薄膜由于其优异的性能而被广泛研究, 如不粘性和耐腐蚀性, 这对于大块金属玻璃形成能力强的 Zr₅₅Cu₃₀Al₁₀Ni₅ 成分来说尤为突出。本文以 Zr₅₅Cu₃₀Al₁₀Ni₅ 块状金属玻璃为靶材, 通过直流磁控溅射制备非晶合金薄膜, 研究了不同溅射功率对薄膜力学性能、不粘性、耐蚀性和表面粗糙度的影响。结果表明, 在磁控溅射功率为 75~165W 的范围内, 可以获得高质量的非晶态薄膜, 其硬度达到 ~9.2GPa, 弹性模量 ~164GPa, 硬弹性比 ~0.055, 自腐蚀电流密度 ~1.16μA·cm⁻², 自腐蚀电位 -241.27mV, 最大润湿角 104°。这些性能数据与文献报道的接近, 硬度甚至更高, 证实该薄膜具有用于不粘和抗腐蚀方面的良好潜力。

关 键 词: Zr 基非晶合金; 薄膜; 磁控溅射; 不粘性; 耐蚀性

中图分类号: TG174.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0322(2022)05-0001-06

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2022.05.01

Preparation and Properties of Zr₅₅Cu₃₀Al₁₀Ni₅ Amorphous Thin Films

XIN Xian-feng¹, LIU Lin-gen¹, LIN Guo-qiang¹, DONG Chuang^{1,2}, DING Wan-yu²,

ZHANG Shuang², WANG Qi-zhen², LI Jun², WAN Peng³

(1.Dalian University of Technology, Dalian 116024, China; 2.Dalian Jiaotong University, Dalian 116028, China;

3.Foshan Shunde Midea Electrical Heating Appliances Manufacturing Co., Ltd., Foshan 528300, China)

Abstract: Amorphous alloy films have been widely investigated because of their excellent properties such as non-stick and corrosion resistance, which are especially prominent for bulk-metallic-glass-forming Zr₅₅Cu₃₀Al₁₀Ni₅ composition. In this work, amorphous alloy films are prepared by magnetron sputtering using Zr₅₅Cu₃₀Al₁₀Ni₅ bulk metallic glass as the target. The effects of different sputtering power on the mechanical properties, non-stick, corrosion resistance and surface roughness of the films were studied. The results show that high-quality amorphous films, as evaluated by mechanical properties, non-stick, and corrosion resistance, can be obtained at a magnetron sputtering power range from 75W to 165W, with hardness of ~9.2GPa, modulus of elasticity of ~164GPa, hardness-to-elasticity ratio of ~0.055, self-corrosion current density of ~1.16μA·cm⁻², self-corrosion potential of -241.27mV, and the maximum wetting angle of 104°. Such data are generally comparable with the reported ones (the hardness is even higher), confirming a good potential for non-stick and corrosion resisting purposes.

Key words: Zr-based amorphous alloy; thin film; magnetron sputtering; non-stick; corrosion resistance

非晶结构均匀且各向同性, 这种独特的结构避免了各种晶格缺陷, 使得非晶相比于晶态合金具有一些更优良的特性, 如高弹性、高硬度、良好的耐磨性等^[1-3]。非晶的形成需要较高的非晶形成能力以及较大的冷却速率, 至今制得的非晶仍尺寸有限。非晶本身具有极大的脆性, 难以直接作为结构部件使用, 因此研究者们把非晶制成薄膜

态, 最早的非晶就是薄膜态^[4]。薄膜态非晶除了性能优良外, 还能够克服块体玻璃的本征脆性, 便于应用。

早期合金的非晶形成能力较弱, 非晶主要通过薄膜沉积和退火制备。20 世纪 80 年代和 90 年代, 已经研发出通过蒸发沉积的薄膜, 如 Cu-Ta^[5], 以及通过溅射获得的 Cu-Zr^[6]和 Al-Fe、Bi-Fe 和

收稿日期: 2021-11-15

作者简介: 辛先峰(1997-), 男, 山东威海人, 硕士。 通讯作者: 董闯, 教授; 刘林根。

* 基金项目: 国家自然科学基金(51772038, 52072056); 辽宁省自然科学基金博士科研启动基金计划项目(2020-BS-208); 顺德区科技计划项目(201911220001)。