

高性能、奈米結構之生醫用 Ti-Cu-Sn 鈦合金暨人工牙根研發

曹龍泉 教授

國立屏東科技大學材料工程研究所 | 聯絡電話：08-7703202分機7560

E-mail: tlclung@mail.npust.edu.tw

隨著人口老化問題不斷增加，預估未來幾年在金屬生物材料的需求將會大增。近年來，鈦基金屬備受關注，由於具有優良的生物相容性、良好的骨結合、低密度、優異的耐腐蝕性和恰當的機械性能。在傳統生醫鈦合金應用於臨床之牙科植入物和假牙能有一些問題，如商業純鈦（CP-Ti）具有高熔點（1670°C）、高活性及加工性差，被認為難於製造的金屬合金。因而阻礙商業純鈦的牙科上。牙科經常在實驗室或治療椅旁進行復體的加工，如切割、研磨、拋光，雖然Ti6Al4V鈦合金相較於商業純鈦有優異的物理和機械性能。然而，有害元素V和Al在人體中會被釋放，造成身體病變。另外，植體植入身體後其細菌感染所造成的併發症仍然是一個顯著問題。因此，研發一種高性能、抗菌的新型鈦合金用於高階醫療器材，成為刻不容緩。

圖1為新型生醫用Ti7CuXSn鈦合金的顯微組織圖，相關數據分析如表1所示。從圖1a可看出是共析Ti7Cu鈦合金為典型層狀麻田散鐵結構組織，灰色為針狀 α' / α -Ti基相，白色為棒狀Ti₂Cu析出相，其針狀 α' / α -Ti基相的層狀空間距離為 $41.9 \pm 6.8 \mu\text{m}$ ，而棒狀Ti₂Cu析出相的平均晶粒尺寸為 $1.74 \pm 0.6 \mu\text{m}$ 。隨著S合金元素錫添加，可以清楚觀察到Ti7CuXSn鈦合金的顯微組織明顯地被細化，特別是Ti7Cu5Sn鈦合金之晶粒尺寸為 $98 \pm 18.8 \mu\text{m}$ ，而麻田散鐵之層狀空間尺寸減少到 $3.5 \pm 0.2 \mu\text{m}$ ，並且析出大量奈米結構之Ti₂Cu析出相，其尺寸大小約為 $0.15 \pm 0.05 \mu\text{m}$ （=150 nm）。這也意味著添加Sn元素之新型生醫用Ti7CuXSn鈦合金的機械性質，將明顯地被改善。圖2為Ti7CuXSn鈦合金之微硬度比較分析圖，共析Ti7Cu鈦合金的微硬度為354.8 Hv，近似Ti6Al4V之364 Hv，但高於純鈦186.8 Hv；而添加2.5wt.%及5wt.%之Ti7CuXSn鈦合金的微硬度提高率為13.5%~21.6%。從顯微組織、機械性質及切削加工的綜合分析，顯示生醫用Ti7Cu5Sn鈦合金具有高硬度、大量析出近似奈米Ti₂Cu析出相，並且能有效地改善鈦合金難於切削問題，進而降低加工成本。

圖3a為經微弧氧化處理後，生醫用Ti7Cu5Sn鈦合金表面批覆一層具有陶瓷氧化層，其表面呈現多孔的表面形貌，孔洞外周凸起，中心凹陷，如同火山形狀，表面均勻分佈著 $1 \mu\text{m} \sim 3 \mu\text{m}$ 左右的微孔，這些微小孔洞也利於骨頭與人工牙根的癒合。由EDS分析可以看出試片表面含有的成分為Ca、P、Ti、O，其Ca/P的比例為1.72，相當近似於人體骨頭的Ca/P。由XRD繞射分析（圖3b）呈現氫氧基磷灰石（ $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ，HA）、金紅石相和銳鈦礦。此技術可應用於人工牙根之牙部位的表面改質，進而有效地促進骨頭再生及癒合。圖4為新型Ti7Cu5Sn鈦合金之人工牙根。

綜合以上，本研究成功地開發一種高性能、奈米結構及抗菌之新型生醫用Ti-Cu-Sn鈦合金，尤其是Ti7Cu5Sn鈦合金具有高性能及奈米結構，有機會取代傳統有諸之生醫用Ti6Al4V鈦合金及機械性質差且難於切削加工之純鈦。此新研發成果並獲得2012年台北國際發明暨技術交易展之生技類金牌獎，並獲得台灣（證號：I440722）及大陸（證號：ZL 201310016723.6）等專利。

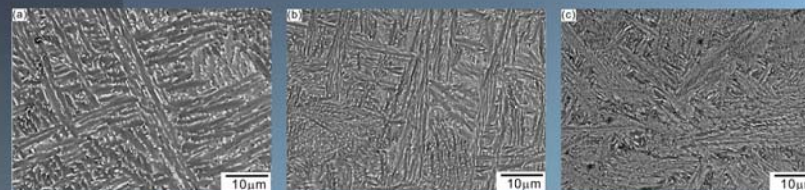


圖1 生醫用Ti7CuXSn鈦合金之顯微組織。(a) Ti7Cu、(b) Ti7Cu2.5Sn、(c) Ti7Cu5Sn。

表1 生醫用TiCuXSn鈦合金之顯微組織相關數據分析。

試片	晶粒尺寸 μm	層狀組織空間距離 μm	TiCu 尺寸 μm
Ti7Cu	427 ± 36.8	41.9 ± 6.8	1.74 ± 0.6
Ti7Cu2.5Sn	163 ± 21.8	5.1 ± 2.1	0.18 ± 0.13
Ti7Cu5Sn	98 ± 18.8	3.5 ± 0.2	0.15 ± 0.10

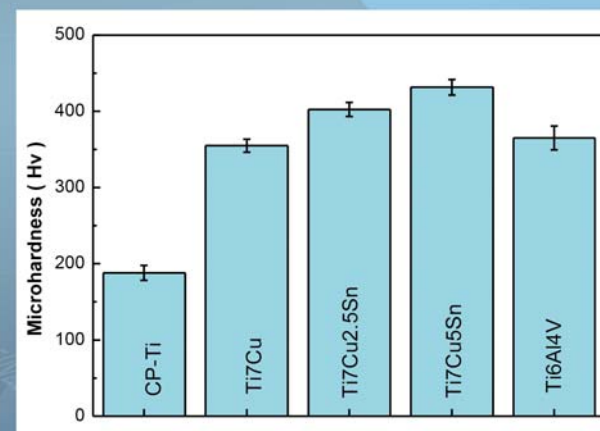


圖2 生醫用Ti7CuXSn、純鈦及Ti6Al4V鈦合金之微硬度分析圖。



