

# 鈦與氧化鋯介面高溫反應機構及其結構分析

研究生：林昆霖

指導教授：林健正

國立交通大學

材料科學與工程學系

## 摘要

本研究探討 Ti 與  $ZrO_2$  經 1100-1550°C 熱處理後介面反應的微觀結構及生成機構。將利用 EPMA、SEM/EDS、及 TEM/EDS 深入分析完整瞭解不同熱處理溫度的介面微觀結構的差異性，並利用相圖 Ti-Zr-O 相圖，進一步探討 Ti 與  $ZrO_2$  擴散偶介面微觀結構的演化 (Microstructural Evolution) 及生成機構 (Formation Mechanism)。

鈦與氧化鋯擴散偶經 1100°C 介面反應後，層狀結構的  $Ti_2ZrO + \alpha-Ti(Zr, O)$  在介面處生成。氧化鋯側的變化不明顯。當鈦與氧化鋯擴散偶經 1300°C 介面反應後，三層明顯的反應層在介面處生成，由鈦至氧化鋯側分別為層狀結構的  $Ti_2ZrO + \alpha-Ti(Zr, O)$ 、緻密的 orthorhombic 結構之  $\beta'-Ti(Zr, O)$  及  $\beta'-Ti(Zr, O) + c-ZrO_{2-x}$  (cubic 之缺氧氧化鋯) 兩相共存。遠離介面處的氧化鋯側， $\alpha-Zr$  (hexagonal 結構) 與  $t-ZrO_{2-x}$  (tetragonal 之缺氧氧化鋯) 共存，在冷卻過程中， $\alpha-Zr(O)$  會從  $t-ZrO_{2-x}$  中析出，當  $\alpha-Zr(O)$  析出後，O/Zr 之比值就會增加。愈靠近介面，氧擴散進鈦側的量愈多，缺氧愈嚴重，其析出的  $\alpha-Zr(O)$  量愈多。

鈦與氧化鋯擴散偶經 1400°C 介面反應後，四層明顯的反應層在介面處發現，依序從鈦側至氧化鋯側分別為層狀結構的  $Ti_2ZrO + \alpha-Ti(Zr, O)$ 、針狀的  $\alpha-Ti(Zr, O) + \beta'-Ti(Zr, O)$  兩相共存、緻密的  $\beta'-Ti(Zr, O)$  及  $\beta'-Ti(Zr, O) + c-ZrO_{2-x}$  (cubic 之缺氧氧化鋯) 兩相共存。冷卻過程中，針狀的  $\alpha-Ti(Zr, O)$  從  $\beta'-Ti(Zr, O)$  中析出，析出方式以 ledge mechanism 成長，其之間有兩種方位關係：一種為  $[2\bar{1}\bar{1}0]_{\alpha-Ti} // [001]_{\beta'-Ti}$  及  $(0001)_{\alpha-Ti} // (100)_{\beta'-Ti}$ ，另一種方位關係  $[2\bar{1}\bar{1}0]_{\alpha-Ti} // [021]_{\beta'-Ti}$  及  $(0001)_{\alpha-Ti} // (1\bar{1}2)_{\beta'-Ti}$ 。遠離介面處的氧化鋯側，發現有  $\alpha-Zr(O)$ 、lenticular t- $ZrO_{2-x}$  (透鏡狀之 tetragonal 缺氧氧化鋯氧化鋯)、twined t'- $ZrO_{2-x}$  及 ordered 結構之 cubic- $ZrO_{2-x}$ 。

鈦與氧化鋯擴散偶經 1550°C 介面反應後，五層明顯的反應層在介面處發現，依序從鈦側至氧化鋯側分別為層狀結構的  $Ti_2ZrO + \alpha-Ti(Zr, O)$ 、 $Ti_2ZrO + \alpha-Ti(Zr, O) + \beta'-Ti(Zr, O)$  三相共存、針狀的  $\alpha-Ti(Zr, O) + \beta'-Ti(Zr, O)$  兩相共存、緻密的  $\beta'-Ti(Zr, O)$  及  $\beta'-Ti(Zr, O) + c-ZrO_{2-x}$  (cubic 之缺氧氧化鋯) 兩相共存。冷卻過程中， $Ti_2ZrO$  相從  $\alpha-Ti$  中析出，高溫反應過程中，Zr 與 O 固溶於  $\alpha-Ti(Zr, O)$  中，當  $\alpha-Ti$  固溶達到飽合時，即以  $Ti_2ZrO$  結構析出，且析出的  $Ti_2ZrO$  有兩種型態，一種為斜方晶相(orthorhombic)的層狀結構， $Ti_2ZrO$  與  $\alpha-Ti$  的方位關係為  $[0001]_{\alpha-Ti} // [110]_{Ti_2ZrO}$  及  $(10\bar{1}0)_{\alpha-Ti} // (1\bar{1}0)_{Ti_2ZrO}$ ；另一種為六方晶相(hexagonal)的顆粒狀結構，其方位關係為  $[0001]_{\alpha-Ti} // [0001]_{Ti_2ZrO}$  及  $(10\bar{1}0)_{\alpha-Ti} // (10\bar{1}0)_{Ti_2ZrO}$ 。遠離介面處的氧化鋯側，發現有  $\alpha-Zr(O)$ 、lenticular t- $ZrO_{2-x}$  (透鏡狀之 tetragonal 缺氧氧化鋯氧化鋯)、twined t'- $ZrO_{2-x}$  及 ordered 結構之 cubic- $ZrO_{2-x}$ 。