

崑山科技大學 產學合作

結案報告

鈦合金真空硬銲技術開發

合作廠商: 啟翔科技有限公司

計畫主持人: 電機工程系 林天財

計畫期間: 101.10.1~101.9.30

中華民國 102 年 10 月 16 日

目錄

第一章、前言.....	3
第二章、理論基礎.....	4
第三章、實驗結果與討論.....	8
第四章、結論.....	13

第一章、 前言

啟翔科技有限公司為一真空鍍膜專業公司，主要製程為以真空陰極電弧蒸鍍設備及濺鍍設備成長氮化鈦及碳化鈦鍍膜，應用於民生工業金屬製品表面之裝飾性鍍膜例如手表、眼鏡、手機外殼及高爾夫球頭等。啟翔公司目前正積極開發鈦合金手錶及高爾夫球等產品的表面真空鍍膜技術，藉以提升產品的附加價值，因此需要鈦合金之硬鍍處理技術，而鈦合金之活性高硬鍍時需在高度真空之環境，避免因氧氣造成硬鍍結合力下降，並使得表面產生氧化現象，使產品特性劣化。所以希望與本實驗室合作共同開發鈦合金真空硬鍍技術，待實驗室完成初步之可行性評估後再移轉至啟翔公司，進行試量產之後續合作工作，更希望借重計畫主持人在鍍膜技術方面的豐富學理與實務經驗，提供啟翔公司技術諮詢及臨廠指導之服務，為使實驗進行順利產出成果豐碩，啟翔公司將提供本計畫主持人無償之濺鍍機台設備使用之權利。

本產學合作主要為鈦合金真空硬鍍技術開發，藉由本校之研發能量進行設備之改裝，將原先之石英管型爐更改為適合鈦合金之硬鍍的高真空爐，進行錶殼的硬鍍實驗，改善性質以利廠商的產品品質提升。

第二章、理論基礎及文獻回顧

硬鋸製程不像傳統熔接(Welding)的製程，須熔化填料(Filler)和母材(Base metal)來使兩物件接合。而是將欲接合工件及填充合金一起升溫到填充合金熔點以上約 $20\sim 50^{\circ}\text{C}$ (以不超過母材熔點為原則，而填料熔點通常在 450°C 以上)，使填充合金熔化並充分潤濕母材，且必須適當地保持一段時間，使填充合金完全熔化並藉由毛細流(Capillary Flow)將其充滿於接合面的間隙內，使接合處產生冶金反應(Metallurgical Reaction)或稱合金化(Alloying)。待整體接合工件冷卻後，填充合金凝固形成很強的鍵結，並將母材連接起來形成硬鋸的接點，即完成硬鋸接合製程。圖 2-1 所示為一個常見的硬鋸接合之接點橫截面示意圖。硬鋸過程中並不會牽涉母材的熔化且能使物件均勻受熱，所以母材不會因局部受熱而產生變形或扭曲。毛細流是在傳統硬鋸中最重要的一個物理現象，它是由多種因素交互作用後之綜合表現。在硬鋸製程中，受到了接合母材金屬、填充金屬、外界氣氛及助鋸劑(Flux)之間表面張力的交互作用、潤濕角(Wetting Angle)、填充合金的流動性(Fluidity)及黏度(Viscosity)及填充合金及母材之間可能發生冶金上的反應所影響。

圖 2-1 硬鋸接點橫截面示意圖

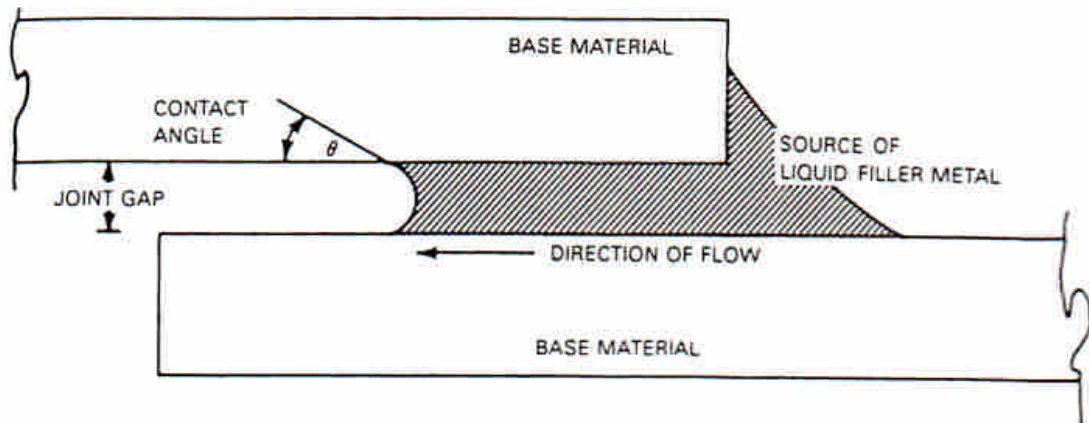


圖 2-1 硬鋸接點橫截面示意圖

硬鋸有以下四點特色:

1. 整體接合的工件加熱溫度大於 450°C 。
2. 加熱僅使填充合金(Filler Metal)熔融，其餘部份不熔化。
3. 熔融的填料必須分散且濕潤母材表面。
4. 填料經由毛細力(Capillary Attraction)進入接合處，冷卻時形成鍵結。

許多高熔點金屬或複雜合金系統，在熔接時由於溫度太高發生熱裂、冷卻或界面發生許多不欲發生之冶金反應等現象，因此捨棄熔接而選用硬鋸製程。由於硬鋸屬於較高溫的製程，在高溫熔融時填充合金、基材容易有氧化現象產生，因此如何防止工件氧化將是高溫硬鋸製程的重要課題，一般來說常使用防止氧化的方法有三種:(1)將高溫腔體抽至高真空(2)爐體內通入還原性氣體(3)使用純惰性氣體保護。

使用不同的方法則因成本、實際狀況、基材和填料合金的性質等而決定。簡單來說，真空是最簡單有效益及易控制的環境。因此在不計較成本且填料合金、基材在高溫、高真空下不氧化，高真空將是最佳的製程環境。

而在高溫的硬鋸製程下，界面常會有冶金反應發生。由於硬鋸製程涉及多項物理及化學方面的交互作用，單一固溶相或液相的表面自由能於硬鋸製程中，將會受到下列因素的影響：

(1)固液相間的合金化作用。

(2)在硬鋸接合中，填料合金某些元素可能會因高溫擴散進入基材之晶界，改變基材成份，進而影響原本基材的性質、化性，基材可能因此有弱化的現象。

(3)而基材元素也可能擴散到填料與接合處，使填料合金成份產生改變，進而影響填充合金的濕潤或流動性，或形成介金屬化合物(Intermetallic Compound)，使本來具有延展性的填料合金，變得較硬且脆，使得工件在日後使用時易從接合處發生破壞。

對於上述的各項因素造成預期的接合效果產生變化所造成的影響，因此事前應仔細評估反應影響所造成的結果。僅能用非常簡單的系統，利用熱力學、相圖或擴散理論來估計。但是對於大部分的應用實例中，理論之預測並不可靠，所以必須藉由實驗數據來選擇適當的填料合

金及製程參數。

由於在硬鋸的製程中為填料與母材整體同時加熱，故可減少殘留熱應力的產生以及接合後變形的問題，適合複雜結構鋸件及異種材料或熔點相差懸殊者之接合，也因此硬鋸製程不但可以處理一般鋸接方法無法施工的零件且為接合異種材料之最佳方式之一。

硬鋸接合之現象可分成三大步驟，如下圖 2-2 所示。

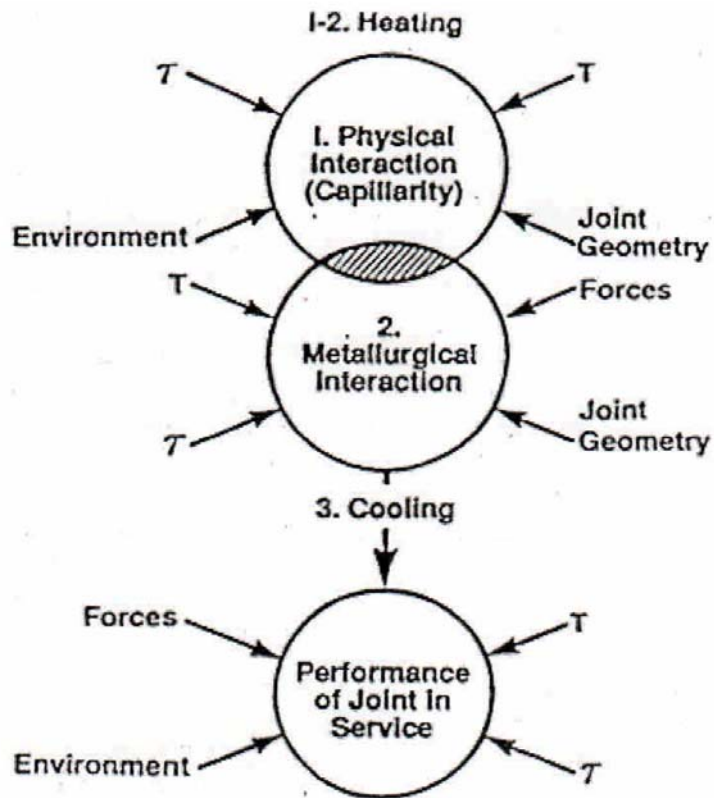


圖 2-2 硬、軟銲中三種主要階段之示意圖

步驟 1：填料金屬熔解(Melting)並潤濕(Wetting)接合表面。

步驟 2：填料金屬散佈(Spreading)並藉毛細管作用力填滿接合處の間隙(Filling the joint by capillary force)。

步驟 3：填料金屬凝固(Solidification)而達到接合效果。

並且由圖 2-3 可明顯看出於銲接製程中材料內部的變化情形。

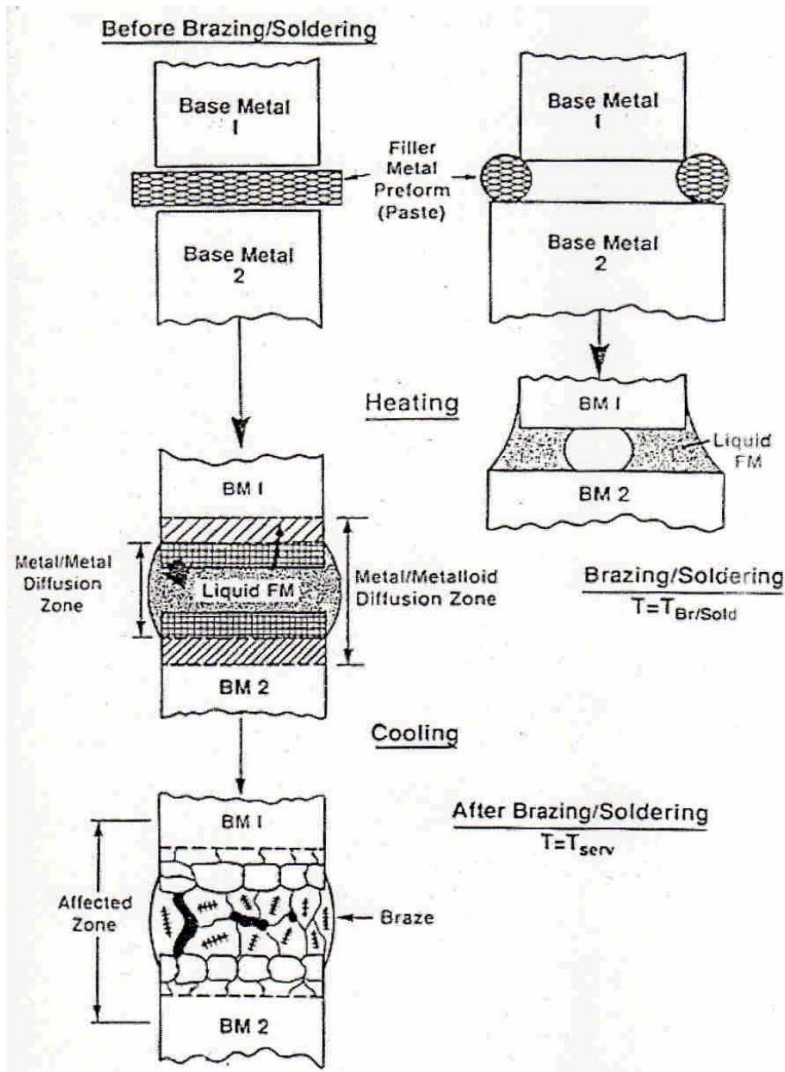


圖 2-3 硬、軟銲之接合流程示意圖

於上述三步驟中，於界面(Interface)有許多物理及化學現象產生，如潤濕(Wetting)、毛細管作用力(Capillary Force)等進行探討。

第三章、 實驗結果與討論

硬銲製程技術的廠商配合製程圖形如圖 3-1 所示:

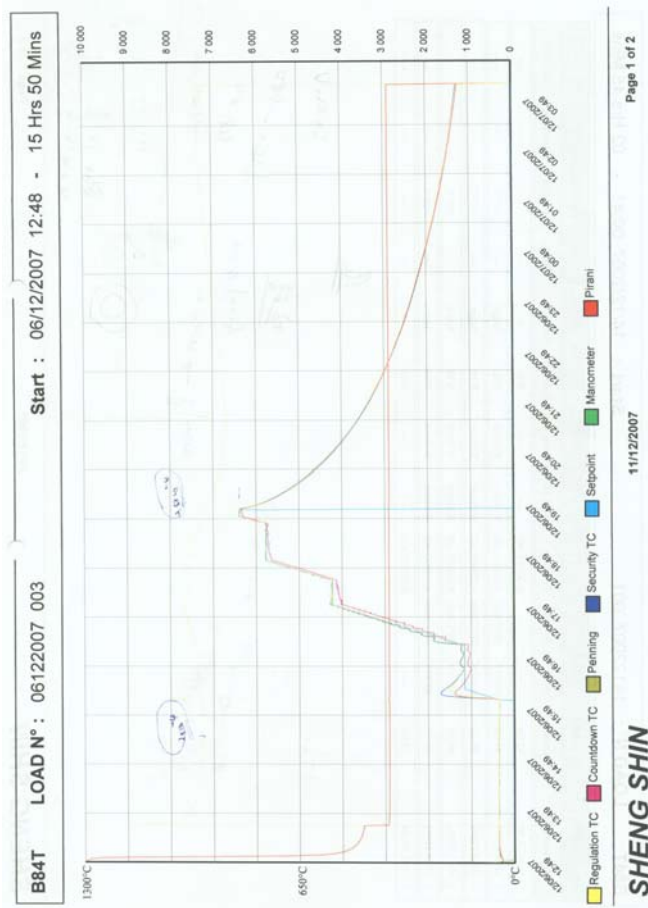


圖 3-1 硬銲製程技術的廠商配合製程圖

廠商的量產治具如圖 3-2 所示



圖 3-2 廠商的量產治具

崑山科技大學承接此計畫更改計畫所需的真空硬銲爐體以利實驗之進行，設備以石英爐拐加裝高真空幫浦及真空計改裝而成，其結構如圖 3-3 所示。



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)