專題報導

海巡船艦鋁構造規劃及施工要領與品質控管

基隆外業 曾得興

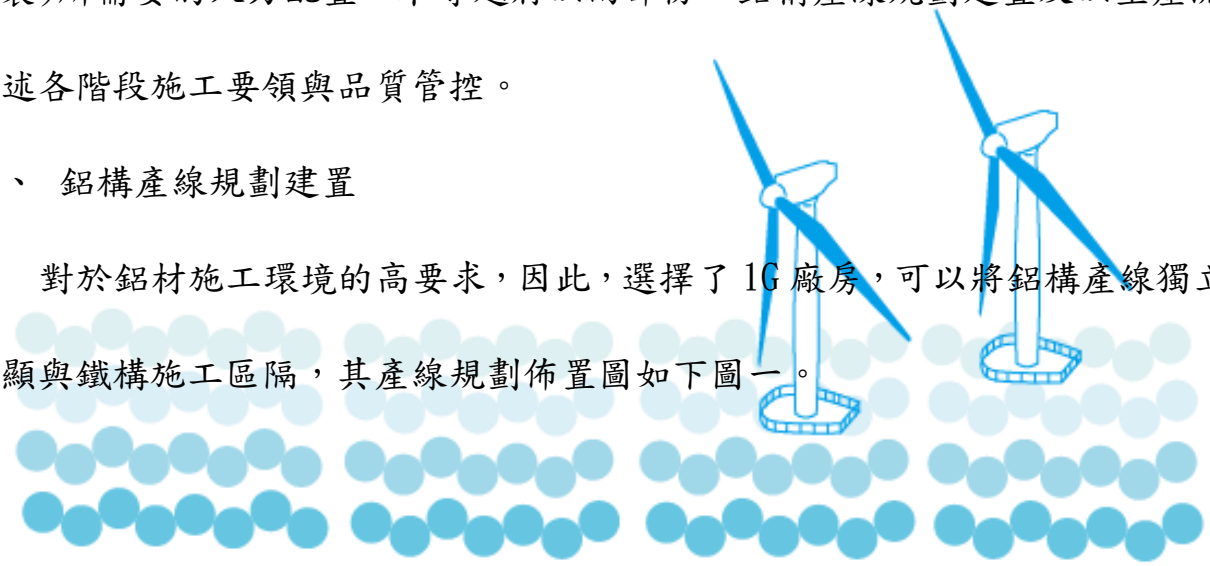
前言：

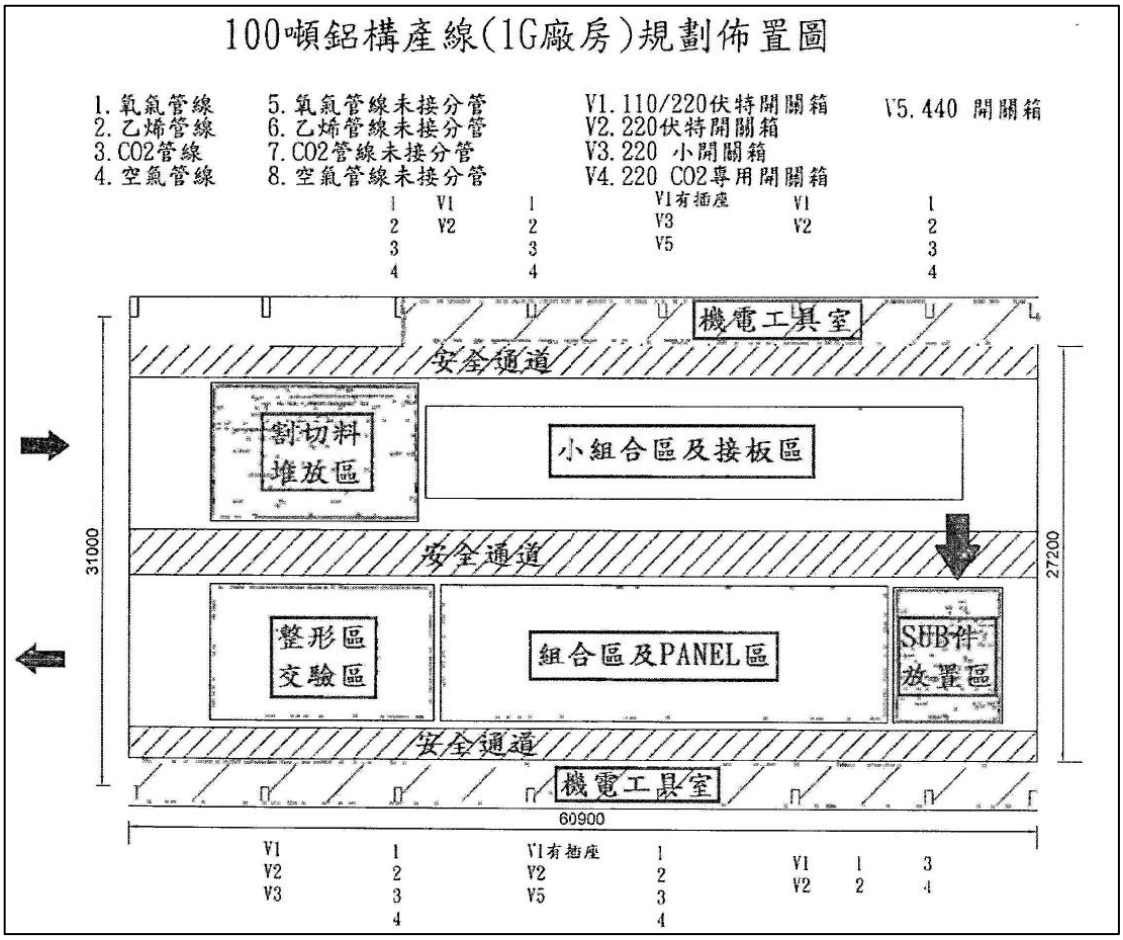
外業工場主要負責安裝階段的工作，是將已施工半成品的船段進行大組與船塢內安裝作業。其工作內容繁鎖，目的使船體於造船塢安龍至下水間的鋼材結構相關作業完成。

鑒於建造 100T 型巡防艦，外業工場承接鋁構的小組合/組合/安裝作業，其作業階段向前大步進至組合/小組合甚至加工作業，是將單一構件一件一件組立，組成小組合，再將多數小組合件組成較大的組合構件，此兩階段流程與本業安裝階段大大不同 ；且加上材質為鋁材，以往施工材質為鋼材，此兩材質的施工條件、特性不同，鋁材尤以施工環境為首要條件，要求高清潔度、調整施工程序，以及避免與鐵材電銲發生電位差腐蝕情況而必須與鐵材區隔，使施工難度提升至另一層面，同時本場也必須變更原來的組織架構來對應各施工階段(小組/組合/安裝)所需要的人力配置。本專題將以兩部份：鋁構產線規劃建置及以生產流程陳述各階段施工要領與品質管控。

一、 鋁構產線規劃建置

對於鋁材施工環境的高要求，因此，選擇了 1G 廠房，可以將鋁構產線獨立，明顯與鐵構施工區隔，其產線規劃佈置圖如下圖一。

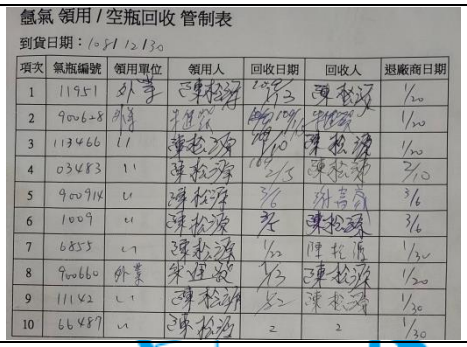




（圖一）

各階段建置/管理依流程排序如下

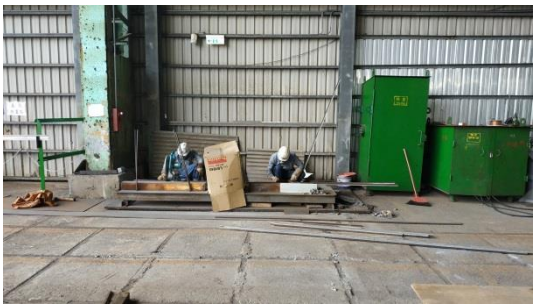
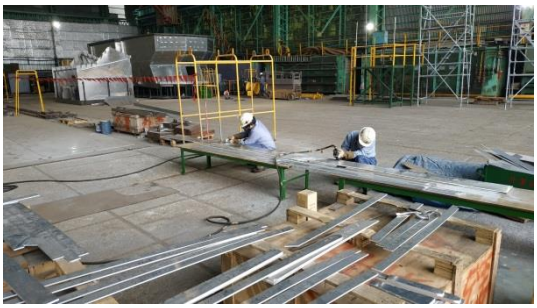
▲ 氣瓶存放管制



▲ 氣瓶領用管制

▲ MIG 銲機箱建置

▲ TIG 焊機架建置

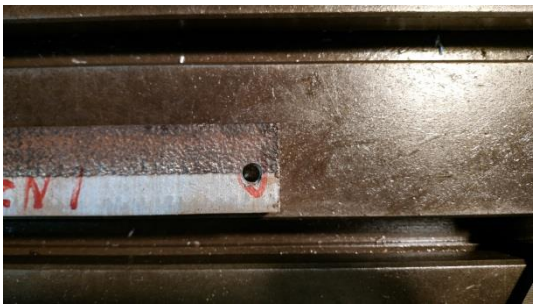
	
▲ 割切區	▲ 地面鋁板鋪設
▲ 安全通道	▲ 割切料堆放區
	
▲ 構件施工台及 C 型夾治具	▲ 複合材小組立施工台
▲ 型材治具建置	▲ 艙牆板模台建置

▲ 組合模台建置	▲ 出廠吊架製作及安全吊帶規劃
▲ 人員鋁銲訓練(一)	▲ 人員鋁銲訓練(二)

二、 施工要領與品質管控

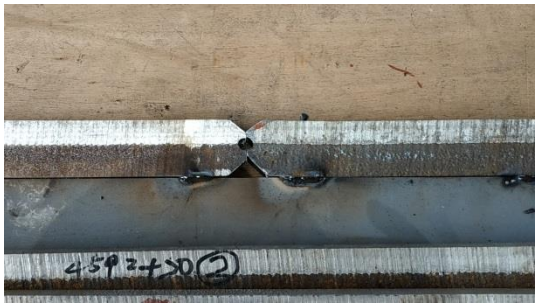
(一) 加工部分：

1. 複合材：落樣→鑽孔→割切



因其雙性材特性，須避免在兩材料接合處 3㎜ 內(禁止受熱區)動火而導致裂痕。因此，在素材長度為 3,700㎜ 的限制下，一定會有銜接的部分，其銜接處委託機電使用機台固定材料進行鑽孔，減少因不同材料軟硬性質導致鑽孔偏移的誤差。

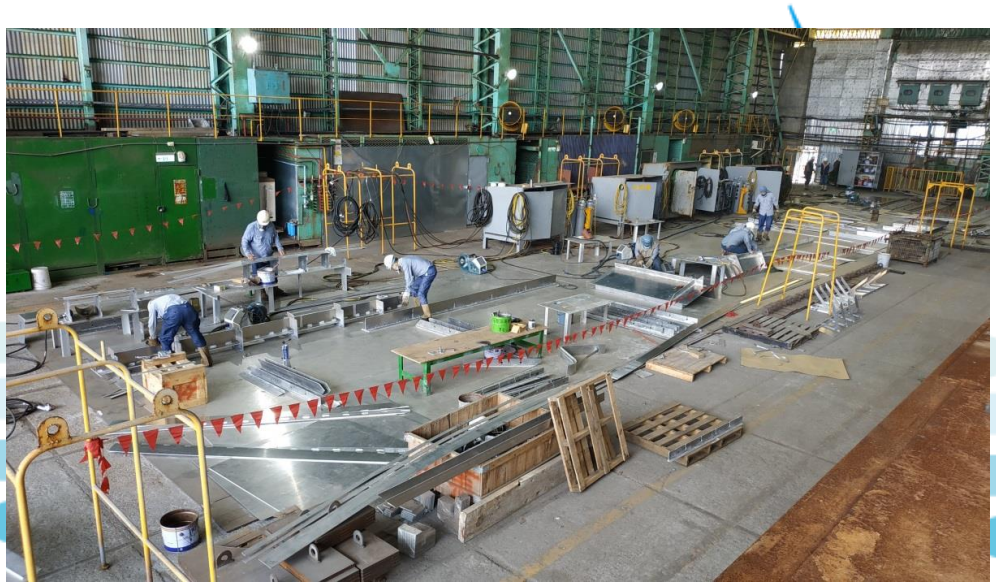
鑽孔後須進行餘料割除，一開始使用砂輪切割器割切，切完的品質不佳(如下左圖)，須再額外花時間研磨處理；後續委託管工場使用切管的線鋸機，餘料割除後完成如右下圖，其為左右兩支構件割除後對接示意圖。



2. 鋁材：

鋁質材料切割不宜使用砂輪切割器，其切割後產生的鋁粉較細微，割切時容易將砂輪片表面空隙填補，造成鋁粉無法排出割切片而降低割切效率，使割切器馬達負載上升，甚至出現過熱須停機情況。因此，採買鋁材專用的切割器，因為不同金屬所使用的割切鋸片鋸齒數不同也會影響割切情況，所以須配置對應割鋁材的割切片。

小組合部分：



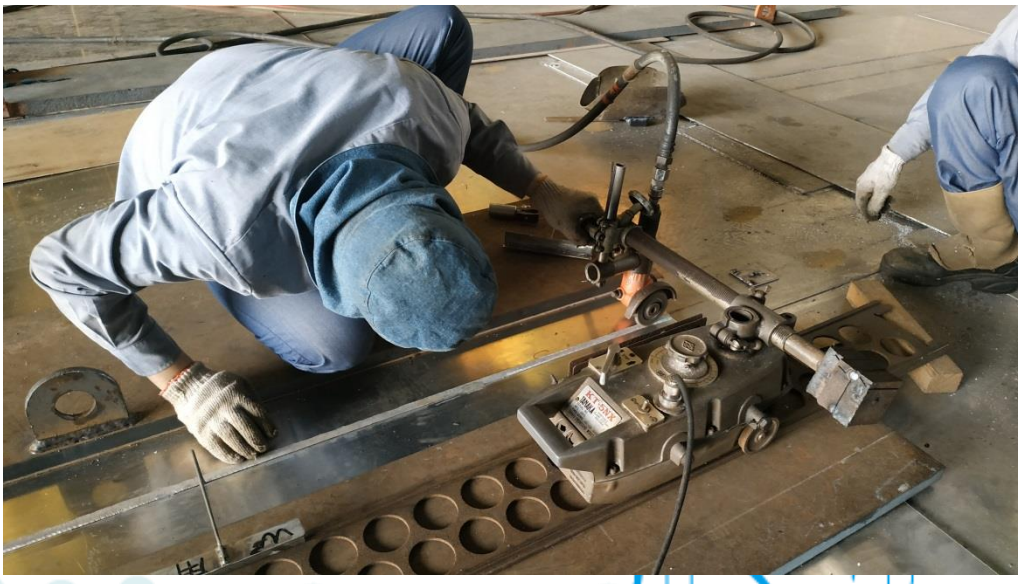
1. 接板：

接板前(電銲前)

接板鐵工作業完成後，須使用重塊將欲電銲銲道的區域壓住(如上圖)，以降低電銲產生的變形量。其中重塊與鋁板間隔著一層薄的三合板，避免鐵與鋁直接接觸，導致鋁在電銲過程中因參雜其他金屬而發生電位侵蝕情況。準備電銲前，將鋁板欲電銲處表面進行氧化膜磨除、清潔(如下圖)以及預熱作業。

接板後(電銲後)

電銲完成後進行自檢作業，使用 TIG 銲機進行修改。目前鋁銲對接屬於雙面電銲，因此單面電銲修改完後須翻面，即須考量吊車能允許的接板尺寸。翻面後固定鋁板後，施行剷溝作業(如下圖)，同樣的，電銲前再施行研磨、清潔及預熱作業。接板作業裡，無論是電銲還是剷溝作業，使用半自動切割機改裝，可以提高作業過程的穩定性，產出較良好的品質。



2. 複合材與型材：

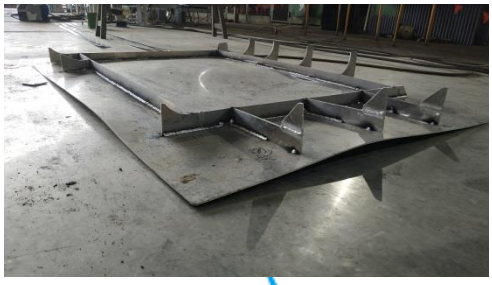
較小的複合材尺寸寬度僅 30㎜，如需與較長的鐵構組裝，尤其是外板又長又直，若沒有治具很難有施力點施工。因此，利用多數插槽作為施工治具，將複合材、鐵構依序吊入組裝，利用插槽空間擠壓，使得鐵構(厚度)能組裝在複合材(寬度)的中心。同樣的，需組立的型材也有相同的情況，使工作更有效率及良好的品質，如下圖所示。

型材組裝前，將預計電銲的地方先行研磨，將表面生成的氧化膜磨除(如下左圖)，接著進行構件組立，組立時點銲構件僅點在單側(如下右圖)，當電銲施工時，可以先對沒點銲的一側先行施銲，後續再將組立時點銲一

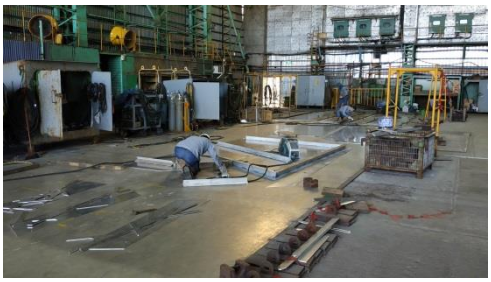
側的點銲磨掉，同時將欲電銲的跳銲位置進行研磨，可以有效的管控電銲腳長及電銲品質。

3. 小組合：

在本系列船小組合開始施工時，我們依鐵構常態方式施工，因了解鋁材的特性，其密度較小，構造較為鬆散，參考其線膨脹係數鋁合金 24.2(鋼 11.7)，熱傳導係數鋁合金 0.30(鋼 0.14)，銲接時入熱量促使母材膨脹增大產生銲接變形現象較鋼來的劇烈。所以，在初始的小組件電銲前已配置重塊如下左圖，但完成的成品如下右圖。



在重塊移除後，此小組合件從內到外緣嚴重扭曲變形，經由參訪有相關施作經驗的工廠，重新調整作業工法，在進行構件組立前，須先於主(母)板背面(非骨材面)周圍進行加強材的配置，再翻成骨材面進行骨材組立、電銲等後續作業，確實有效的抑制電銲產生的變形量，使組合階段片構組立時順利組裝，相關施工照片如下。

	
▲ 非骨材面配置加強材(一)	▲ 非骨材面配置加強材(二)
▲ 翻面骨材組立	▲ 電銲作業
▲ 檢修	▲ 完成

銲道的修改、研磨、剷除消耗品：砂布輪、砂輪片、不鏽鋼絲刷、鎢鋼滾磨刀(圓頭)、V 鑿(氣動鑿子)等。

(二)　組合部分：

1. 駕駛室艏牆

艏牆位於駕駛室前方，由於視野的需求設計，是由 9 個完全不同的三維面組成，施工難度很高，因此請設計協助建立板模台以提高精度，也因為各銜接點角度的不同，鐵工施工非常耗時，相關施工過程如下照片說明。在施工過程一定會使用點銲將物件固定，當需要剷除這些點銲時，多少會傷到母材，因此我們使用氣鑿並客製 V 鑿，鑿子除了端部是 V 型外，鑿桿

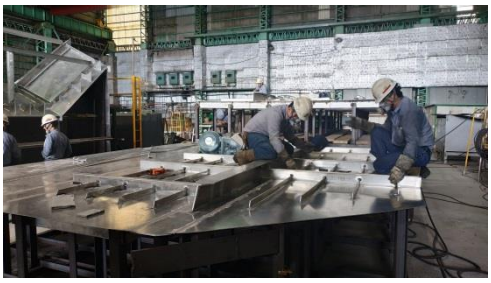
前段有些微角度，可以順利的將不需要的點銲道剷除，對於母材的損傷也降至最低，在不動火且表面僅須稍做研磨，同時也減少了施作工時。(小組合部份作業也有使用)

▲ 鐵工鋪板定位	▲ 骨材組立
▲ 加支撐材與電銲作業	▲ 剷銲道用之 V 鑿
▲ 兩吊車合扛脫台翻面	▲ 翻後電銲作業

2. 組合

此階段施工首要將甲板定位，再使用大量的小鋁片將板與模台間做點銲固定，主要是因為後續的電銲作業會造成甲板嚴重凹凸不平，甚至在骨材電銲過程造成骨材與甲板產生明顯間隙，且絕大部分為跳銲，沒電銲的部分出現明顯間隙是不被允許的，因此要盡量將整個甲板面拉住，同時也可以抑制電銲變形量。

▲ 甲板鋪板定位



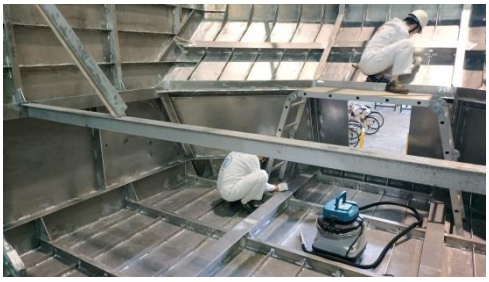
▲ 骨材組立

▲ 後段骨材組立、前段電銲

小組合構件於組合階段組立時需注重組立順序，其中小組合已組裝複合材，複合材的寬度(厚)大於鋁板與鋼板的厚度，也就是說在兩小組合組裝銜接於 T 字時，其中一小組合的複合材押端是退於鋁板、鋼板裡面，才能順利頂到另一小組合的複合材上。所以，在正常的組裝順序下，複合材押端是退的小組合件要先組裝，但如遇到主要構件會對精度影響較大的情況，就要調整工序，以降低後續調整作業之困難。組合階段小組合件組立施工照片如下。

▲ FR. 33 組立

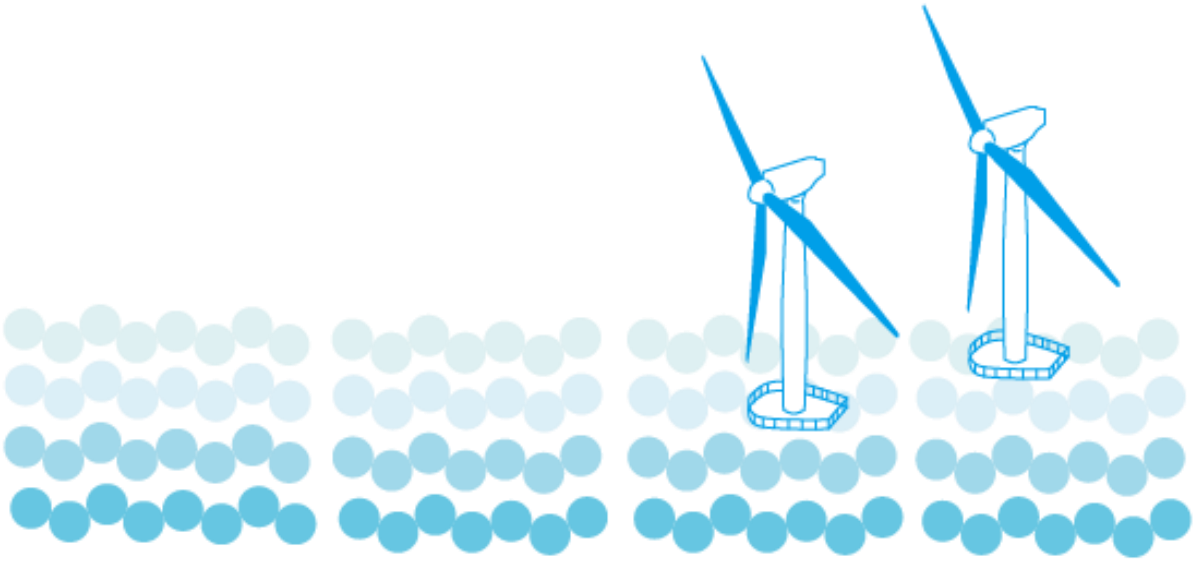
▲ FR. 23 組立

▲ 右舷外板組立	▲ 艏牆組立
▲ 左舷外板組立	▲ 內部鐵工作業(含支撐材)
▲ 電銲	▲ 檢修
	
▲ 船東、驗船師檢驗	▲ 缺陷回饋小組合

3. 脫台

交驗完成後，使用產線規劃時利用施工圖及廠房限制設計的吊架及安全吊帶，脫台前須先將甲板下方固定甲板與模台的大量鋁片用氣鑿剷除模台一側之銲道，船段脫台移出後將下方鋁片移除，以方便回收大量之鋁片，接著便直接上架，完成出廠程序。

三、 總結

產線建置及施工過程除了因鋁材特性使施工環境清潔要求為首要條件，同時建立了施工人員在鋁構作業的標準觀念：工序裡研磨的重要性(氧化膜的磨除)、電銲前的清潔要求、濕度的影響(乾燥與預熱)、未使用完的銲材管理以及銲機相關配置等，依目前外業工場承接之業務，整體鋁構施工基礎工序現階段已趨穩定。

傳承造船 守護海洋