



(照片引用自Composite World)

全球航太業的大蕭條、國內供應商轉型蛻變的好機會

劉國慶

資深總監

華錫鈞航空工業發展基金會

台中

12th of April 2020

曾在漢翔航太擔任資深副總，並先後出任波音專案處處長、發動機事業處處長、飛機事業處處長、董事長特別助理等職務。畢生投入航太產業，曾經全程參與國內各型軍機研發製造及歐、美、日各型民用航空飛機ODM/OEM生產專案，嫻熟飛機製造、專案管理及業務行銷開發各項工作。亦曾派駐美國，擔任華揚史威靈公司的生產顧問。專長領域在於經營管理及規劃、飛機及引擎生產製造。



一、前言:

波音因為2019年兩架波音737 Max的空難事故，自同年三月起各航空公司同型客機全部停飛也停止交機，累計至今波音737 Max 400餘架完成組裝待交客戶飛機都因為訂單取消或暫停交運成為波音公司的庫存積壓，各主要Tier-II/III供應商完工及在製機體成品也庫存積壓，雖然波音配合FAA積極執行737 Max的工程改善及試飛，原規劃今年第三季可以完成驗證恢復交運，但年初這一波新冠肺炎病毒的衝擊，直接造成全球航運業需求大幅減縮，波音公司也無法交運新機，波音及其各主要的供應商近期都宣佈將生產線人員裁減或放無薪假。

空中巴士客機原交運暢旺，受全球航運業需求的不景氣及新冠肺炎病毒影響，多家航空及租賃公司最近也取消了不少區間客機訂單，空中巴士因應市場需求大幅減縮，已宣佈將最暢銷的A320系列客機降低生產線生產率，每月交運量由60架現在調降至40架。

GE公司的LEAP系列引擎設計有A/B/C三型，LEAP 1B型係供應安裝在波音737 Max，因為737 Max的飛安問題暫停交運，400餘架庫存的波音737 Max及生產線在製的飛機及引擎，毛估約有近900具LEAP 1B引擎被卡住不能變現。而LEAP 1A型係供應安裝在空中巴士A320系列，今年一月之前該型客機銷售暢旺，GE尚能藉由

LEAP 1A穩住收入，如今新冠肺炎病毒造成全球航運業需求的大幅縮水，A320系列每月交運量剛宣佈由60架現在調降至40架。GE公司衡量波音一直無法交機及空中巴士的訂單銳減，新冠肺炎病毒又對全球航運業需求的大幅衝擊，三月底宣佈部分員工放無薪假及裁減，四月初又宣佈商用引擎部門停工一個月，並且要就生產資源做相關的處置。

國內甚多航太廠商都為波音737 Max、空巴A320機身結構件及 GE LEAP 引擎零件的主要供應商，各家公司及其附屬之供應鏈都直接受到這一波衝擊。近期美國富比世Forbes雜誌綜整業界各項評估，因為搭機乘客大幅減少，預估未來五年航空公司向空巴及波音購機需求會較原計畫訂單量減少25%，其將直接牽動航太Tier-1/-II/-III各主要製造商及其下游供應鏈諸多廠商之營運、投資計畫。

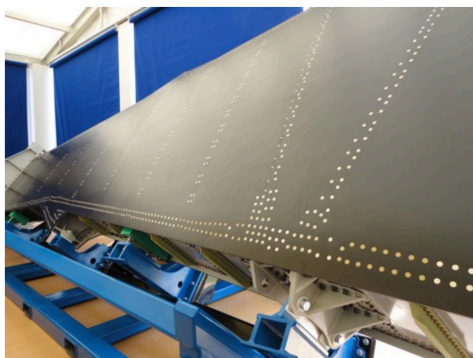
二、航太製造複材+鈦合金趨勢

空巴A380、A350及波音787、777等型客機結構設計大幅的使用鈦合金及複合材料取代鋁合金，以減輕飛機重量、降低油耗、增強結構疲勞壽命，廣泛及大幅的使用鈦合金及複合材料已成為航太趨勢，全球各航太製造商及其下游供應鏈亦都配合擴大投入固定資產建設以應實際需求。

航太複材結構考量強度需求及材料限制，一向以”熱固型“（Thermal Set）製程為主，其疊層材料與特殊成型模具需在熱壓爐裏依照樹脂的成化特性抽真空、升溫、增壓、持壓、持溫成化，熱壓爐設備昂貴、製程長、成本高，且需加強品質重複性的控制，製程風險存在各製造流程中。考量複材材料的回收環保再利用、縮短生產期程、減少昂貴設備投資、降低生產及材料成本，近年各主要航太製造商紛紛投入“非熱壓爐“製程（out-of-autoclave）及”熱塑“（Thermal Plastic）複材結構的材料開發研究，蘇俄的MC-21區間客機之碳纖維複材翼盒主結構就是採用非熱壓爐，目前已開始試進行試飛驗證。

三、歐盟的Clean Sky計畫

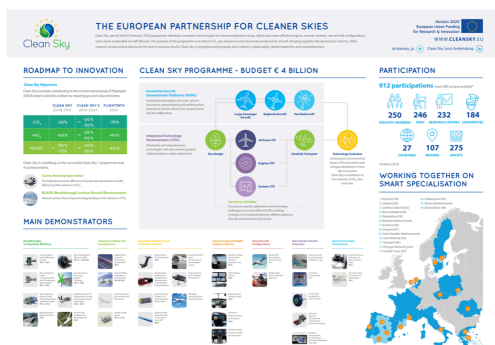
歐盟各國為了搶救及改善地球環境，聚焦設法大幅降低飛機飛行的噪音、減少引擎排放的二氧化碳及含氮廢氣排放，特別推動了「Clean Sky」計畫，計畫投入的預算約40億歐元，有27個國家、



The MS-21 wing box, on display at the Farnborough International Air Show in 2012.

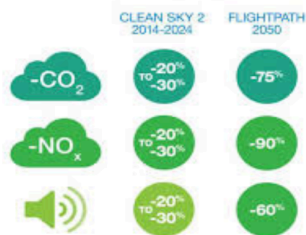
蘇俄MC-21碳纖維複材翼盒主結構...

(照片引用自Composite World)



歐盟推動「Clean Sky」計畫...

CLEAN SKY 2 OBJECTIVES



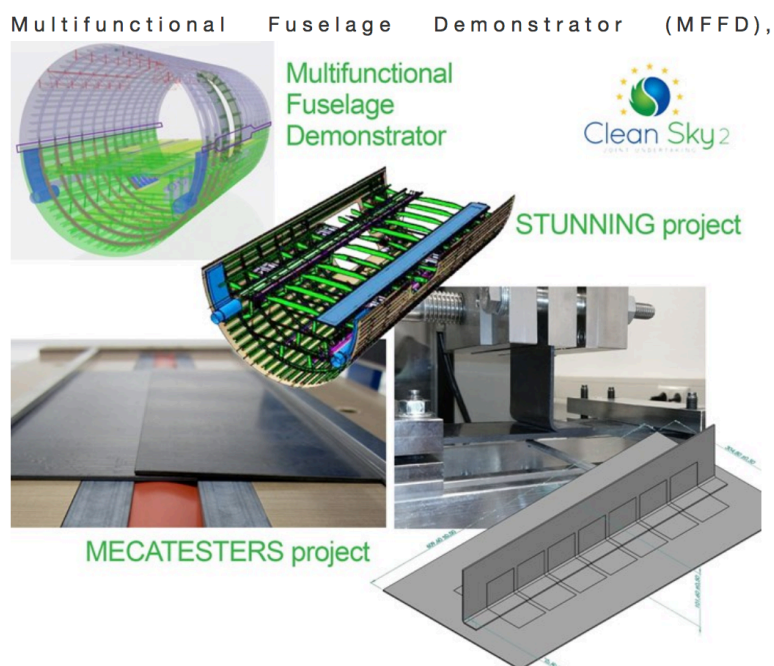
Clean Sky降低二氧化碳、含氮氧廢氣及噪音的目標



(資料來源：Clean Sky網頁)

184所大學、232個研究機構參與這項計畫（飛機公司有Airbus、Alenia、SAAB、AgustaWestland、Airbus Helicopters參予，引擎公司有Rolls-Royce、Safran參與）。

其中最重要的計畫之一就是研究開發以熱塑複材結構，取代飛機之熱固型材料結構，並以「焊接」方式做飛機結構零件的組裝，以縮短現有熱固型複材結構所需要的長製程、減少昂貴模具材料與高價生產設備投資等高成本負擔，目前已有具體成果展示如：



資料來源：Clean Sky網頁

四、檢討與建議

國內航太工業過去25年在民機的設計製造確實有相當成就，同時也隨著國際航太的工程變革趨勢持續在精進，目前正值全球航太製造不景氣的階段，可能需要2年才會開始逐漸恢復，這一波衝擊勢必會有一些體質不良的公司被淘汰，在這段時間國內航太同業如何把握善用這個危機將其轉變為有利的機會，改善體質並且跳階提升生產技藝水準，在此有數項精要建議提供給國內業者參考：

1. 將既有的鋁合金軟金屬（Soft Metal）高速加工，轉型提升為鈦及超合金（Hard Metal）的高速加工。

目前的空巴A320及波音737系列區間客機均為以鋁合金為主的機體結構，該兩型客機市場預估尚可維持10年，但以後的各大、中、小新機型飛機因應機身重量減輕、燃料消耗節省、維修及使用成本降低等需求，飛機結構勢必會全面大量改採用複合材料結構，並且搭配著關鍵性的鈦合金結構零件來取代舊有之鋁合金機體結構（空巴的A350及波音的787就是非常典型的案例），各項系統之機構件也趨向採用鈦合金材料取代鋼合金，此類關鍵性的鈦合金結構零件、系統之機構件等尺寸通常並不大，生產製造所需之加工機台及廠房空間及面積需求不大，且零件加工後的後製程表面處理並沒有鋁合金表面處理的複雜及容易造成環境汙染的困擾。此類零件都屬於高附加價值的產品，但是其加工機台設備選用、製程規劃、夾治具設計、刀具選用、加工技術及施工品質維持、檢驗等等目前都是各公司的核心Know How，如果國內業者能善用這2年時間結合工具機製造業者做體質、產能的變革及提升，建立自有的生產工程、製造、檢驗等的能力、能量，未來一定可以迅速搭上市場龐大的需求。

因其加工技術、設備與噴射引擎的各項結構件、轉動件加工技藝相近，國內業者跳階提升建立此類鈦及超合金的高速加工加工能量後，未來也可跨界爭取噴射引擎的零件加工業務。

2. 複材TPC的研發及RTM製程擴大運用

- 1) 目前航太複材主結構，以熱固型製程材料為主，因其廢棄物回收再利用困難、製程繁瑣期程又長、設備及生產成本高，採用生產成本低、期程縮短的非熱壓爐及熱塑製程的複材結構材料取代熱固型製程複材零件之開發研究已成為航太製造業的主流趨勢，歐美各高級汽車業者也發現此項材料及工法的優勢，也正積極擴大運用做生產製造的變革。

建議國內業者速掌握這2年寶貴時間，自行研究開發或採引進國外此類成熟之技術，加速練兵建立自有的設計、材料工程、生產工程、製造、檢驗等的能力、能量，

未來才能迅速爭取歐、美、日等國航太Tier-I/II/III及汽車業者的ODM/OEM工作機會。

2) 複材RTM的加工製程工法在國內屬成熟的技術，但航太零件的設計及製造業務接單量甚少，目前航太各Tier-I/II/III飛機結構已普及採用RTM複材零件外，航太引擎的結構件及風扇、葉片等低溫段零件也已經大量採用高階的RTM製程技術製造零件，以減輕引擎重量、縮短生產製程、降低維修成本，目前採用複材零件已成為航太及汽車工業的趨勢，建議國內業者速掌握這2年寶貴時間，以既有的技術及能量引進歐美國外成熟之高階RTM技術，加速練兵建立自有的材料工程、生產工程、製造、檢驗等的能力、能量，未來才能爭取歐、美、日等國的飛機體、航太引擎及高級汽車的ODM/OEM工作機會。

3) TPC複材結構焊接 本項製程工法系採用電導及電感方式執行TPC複材零件結構間的焊接組裝，簡化傳統熱固工法的複材結構件製程，大幅降低生產工時及縮短生產期程，目前歐盟的「Clean Sky」計畫已有具體之開發成果展示。因為TPC複材結構焊接有生產成本低、工期短的優點，歐美高級汽車車體設計已開始做此項工法運用，可預見未來汽車設計製造也將會普遍大量採用。建議國內業者多參與世界性之複材論壇及展覽，觀摩及吸取國外成熟的知識（尤其「Clean Sky」成員已成功開發完整之工法），並且成立研究專題或直接引進本項技術及能量，建立自有的材料工程、生產工程、製造、檢驗等的能力、能量，才能有利爭取航太各Tier-I/II/III新型複材飛機機體及汽車業者ODM/OEM工作機會。

3. Blisk Manufacturing—一體葉盤製造加工

一體葉盤採用渦輪葉片和渦輪轉盤一體化的設計，以達到引擎減輕重量，提高渦輪在高速運作下的穩定，一體葉盤較傳統渦輪葉片和渦輪轉盤之重量減輕甚多，零件數量及介面更減少，且施工部序簡化、期程縮短，其諸多優點已成為民用、軍用引擎的設計趨勢，惟其機台選用、製造工

法、部序、治具設計、刀具選用、程式編撰，加工環境和精度要求極為嚴謹，建議國內業者速掌握這2年寶貴時間，與國內工具機業者合作或引進歐、日高階機台技術與能量，加速練兵建立自有的生產工程、程式編撰、刀具選用、加工製造技術、檢驗等的能力、能量，未來才有機會爭取歐、美、日等國的引擎OEM工作機會。

4. 雷射珠擊

前述飛機結構之關鍵性鈦合金零件、引擎Blisk葉盤等其均為外型複雜之零件，外型複雜之零件需要執行精密珠擊以提升疲勞耐受之壽命，採用雷射珠擊製程可以在複雜零件表面上就所需之特定位置以高能雷射方式精準執行珠擊之效應，又不會產生環保廢棄物，可預見本項雷射珠擊未來將取代傳統珠擊之製程能量。建議國內業者速掌握這2年寶貴時間，引進歐美國外成熟之高階技術，加速練兵建立自有的材料工程、生產工程、製造、檢驗等的能力、能量，未來才能迎合爭取歐、美、日等國的飛機機體、引擎及相關之重型機械ODM/OEM工作機會。

免責聲明：

本文稿為作者（個人或共同，以下合稱「作者」）創作及意見表達，作者擁有獨立的著作權並對文字及內容負有完全的法律責任。作者於同意利易管理顧問公司（以下簡稱「本公司」）邀約公開刊登前，已簽示本文並無任何著作權上之可見或可能爭議，本公司亦已被作者豁免任何可預見與不可預見的可能法律爭議。作者及本文之內容與本公司概無法律與商業關係；本文亦不代表本公司之立場或主張。本文稿為邀約刊登，本公司基於對作者的基本尊重，對內容及文字未進行任何查察核實及審定潤飾之努力與干預。任何讀者（或讀者以外之任意第三方）於閱讀後瞭解並同意對本公司不得進行任何法律究責與損害求償相關之任何主張。