

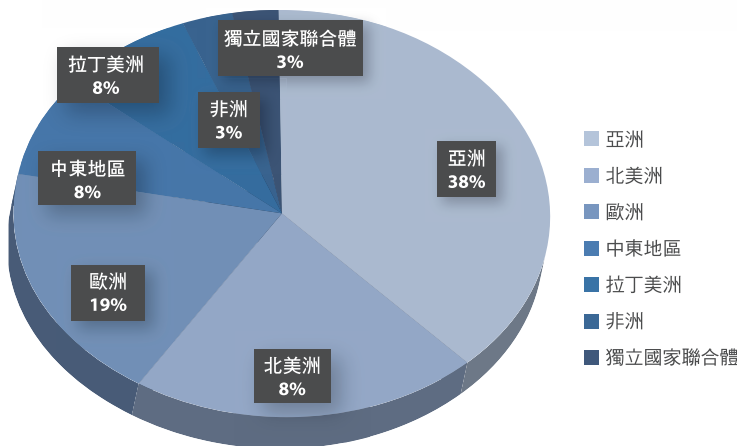
# 航空用扣件市場與材料應用現況

金屬中心產業分析師 陳靖惠

## 壹、航空用扣件成為扣件產業成長關鍵

航太產業範圍涵蓋很廣，從飛機製造及零組件研發，一直到引擎開發、模具生產及後勤維修皆包含在此產業的範疇中。目前全球2015年產值達3,300億美金，國際航太產業巨擘-波音公司也預估未來20年（2015年至2034年）全球航空公司將新增需求多達38,050架新飛機，總產值高達5.6兆美金(約台幣168兆元)，其中以亞洲市場最被看好，預估佔全球總需求量的38%，如【圖1】所示。

圖1 2015-2034年全球各區域客機(民航機與貨機)需求比重



資料來源: Boeing /金屬中心MII整理(2017/07)

再詳細估算，一架波音747大約需要300萬個扣件、767約需要180萬個扣件，而新飛機787則需要50萬個鈦合金扣件，由於航空用扣件因特殊技術製程製做，價值遠高於傳統螺絲、螺帽，舉例來說，一般五金螺絲每公斤單價約新台幣70元，但航空用的螺絲每公斤單價可高達新台幣900元以上，與一般扣件的價差可達到5~20倍。目前一架新機的扣件成本約占整機成本的1.5%，而台灣的產值約占全球0.8%，換言之，未來仍有很大的成長空間。

若我們從以歐美主導的航空市場來看，在未來幾年內，歐美航太產業對扣件產品的需求，將是扣件市場最關鍵的成長領域之一。航太產業的扣件產品成長率，高出一般市場的平均成長率，主要是

由於近幾年飛航設備的生產量成長，加上飛機體積越來越大、設計越來越繁複的趨勢，也直接導致需要更多的扣件產品。

目前美國扣件市場，每年進口螺絲與木螺絲產品的數量龐大，其中亞洲國家如台灣與中國仍是美國扣件產品的主要進口國，至於進出口產品中，仍以帶螺紋之螺絲、木螺絲、螺旋鉤與螺旋圈等為主要項目。綜合來說，隨著波音公司穩定成長以及美國國防部簽下的大量訂單，可預期航太產業對扣件市場的依賴還會持續好幾年。

## 貳、航空扣件種類與特性

扣件也稱為緊固件，依功能主要可分為四大類：1.螺絲螺柱類、2.螺帽類、3.膨脹螺絲/鉚釘/華司/銷/釘/鉤/環類、4.特殊產品類。另外依可使用狀態分永久性與暫時性二種，前者如鉚釘，後者如一般螺絲、螺絲等。這些航空扣件材質的選用需視其使用部件之特性而異，其基本考慮因素主要五點：

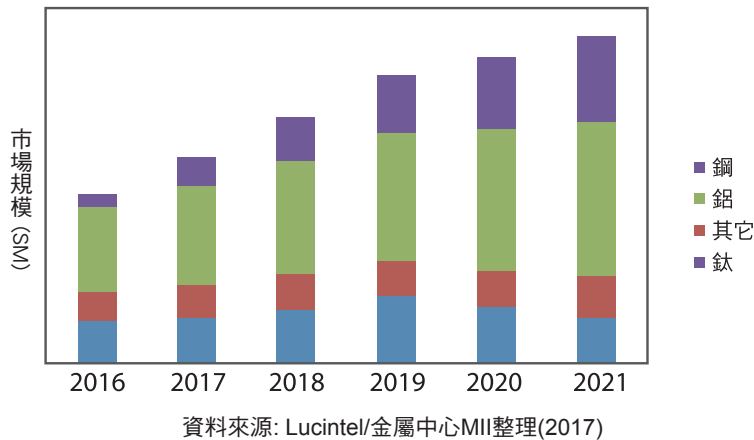
1. 操作最高及最低溫度
2. 環境之腐蝕性
3. 疲勞及衝擊負荷
4. 螺紋防鬆程度
5. 避免使用應力腐蝕破裂(SCC)之敏感材料

因此航空扣件之基本材料質需求就會包含：剪力強度(shear strength)、拉伸強度(tension strength)、疲勞強度(fatigue strength)、高溫強度(high temperature strength)，以及抗腐蝕性(corrosion resistance)等。以民航機固定發動機在機翼所用之扣件為例，其實只用了極少量的扣件即能固定重達7~8噸的發動機，以波音777客機的發動機來看，只用了一支螺絲，而C-130力士型運輸機的發動機固定螺絲，也只用了4支。換言之，這樣的螺絲其尺寸與強度都要非常的大，目前大多是特殊鈦合金螺絲。以下我們就進一步來分析說明，目前航空用扣件之材料主要有哪些種類。

## 參、航空扣件材料分析

目前常用的航空扣件用材料有合金鋼、不銹鋼、鋁合金、鈦合金，以及其他如鎳基超合金等。目前航空用扣件以鋁合金及鈦合金材料為主，未來5年的市場規模，仍將是以鋁合金為主，其次為鋼材，如【圖2】所示。

圖2 2016~2021航太用扣件材料市場規模



這些常用的航空扣件，其不同的材料有不同的特性及適用範圍：

### 一、合金鋼

所謂的合金鋼(或叫做特殊鋼)是在碳鋼中添加一種或者一種以上的特殊元素，來改善碳鋼原來的性質，以適用各種不同的目的。目前合金鋼所使用的添加元素主要有Ni、Cr、W、Si、Mn、Mo、Co、V、Ti、B等，這些元素的作用大致可分為兩類，第一類是為使鋼容易淬火，並改良回火時所得的機械性質，注重這種作用的合金鋼叫做構造用合金鋼；另一作用是使鋼具有特殊的物理特性、機械性質和化學特性，注重這種作用的鋼叫做特殊目的用合金鋼。合金鋼熱處理強度高於1517MPa，雖然有易腐蝕、伸長率低、易脫碳、易應力腐蝕破裂敏感、易發生氫脆等缺點，但價格便宜是其最大的優勢，由於其性價比高，目前廣泛被用於航空扣件中。實際應用上為避免氫脆，強度會控制在1310MPa以下，以得到良好的疲勞與承受強度；另為避免表面發生腐蝕，通常會施以鍍鎘(Cd)處理。目前較為用於飛機的起落架及制動器系統。

### 二、鋁合金

鋁的特點是重量輕、導熱度、導電度及耐蝕性良好，由於又富延展性，因此易於製成管、條、線材。目前鋁合金最常被用於鉚釘，其可輕易冷打至直徑3.96mm，其中2024使用前通常儲存於-18°C以避免變形破裂，故有冰箱鉚釘之稱；有些鋁合金鉚釘使用5056，但其對應力腐蝕破裂敏感度高，當溫度升高，強度會遽降，以致於無法用於高溫的環境下。而後則開始改用7075系列，其可在室溫變形不會破裂，也是目前強度最高且最常被應用的鋁合金材料。

### 三、不銹鋼

如前面合金鋼材料的說明所談，鋼鐵材料的最大優點就是價格便宜，但因為容易生銹，故在鋼材中添加鉻(Cr)和鎳(Ni)去改良鋼的耐蝕性，而不銹鋼即為Cr含量較多的鋼。現階段航太用不銹鋼扣件，除少數使用300及400系之外，大部分都使用析出硬化型不銹鋼。300系不銹鋼由於強度較低，一般在航太上的使用不會被用於結構件，大多被應用在電子系統的扣件，不過由於300系不銹鋼可透過冷加工強化，因此也被用於插銷；400系不銹鋼的強度可熱處理至1034MPa，其含有> 12%的鉻(Cr)，可大幅抑制表面銹蝕；析出硬化型不銹鋼如：17-4PH、17-7PH、PH13-8Mo等可熱處理至>1100MPa，但此時易發生應力腐蝕破裂，應用上就必須先考量環境狀況。

## 四、鈦合金

鈦合金強度和中合金鋼相近，但重量只有其60%，除了具有高比強度，抗腐蝕性及良好的耐高溫性之外，由於其抗疲勞強度高、具低磁低導熱性，對於防止緊固螺栓的鬆脫及防止磁場的干擾能發揮良好的作用，因此可廣泛用於航太領域，包含機體到引擎，尤其鈦合金使用溫度較合金鋼的範圍大(-210°C~425°C)，特別適用於發動機結構用扣件，即使有成本高昂、加工性差的缺點，但對於重視性能的軍用機及重視燃油效率的民航機來說，仍然具備吸引力。

## 五、鎳基合金

鎳(Ni)本身具有許多優良的性質，但在鎳中加入Cu、Fe、Cr、Mo等件成合金時，可得到更優異的材料，此類材料即被統稱為鎳基合金。鎳基合金是航太扣件必備的，A286/718/Wasp alloy/Haynes/MP35N/MP159等是最常用的航太扣件，其中A286的強度(~1000MPa)雖然不是最高，但其伸長率佳，加上使用溫度廣(-253°C~650°C)，且不易發生應力腐蝕破裂及氫脆，是用量最多的鎳基合金扣件。

## 肆、結論

綜整上述，目前航空用的扣件，並非使用單一材料，而是根據其應用的範圍、應用的環境、材料的特性，來選擇合適的扣件。但無論如何，要能夠支撐並連接起每趟搭載數百位旅客的飛航機，扣件確實功不可沒，也因而航空扣件用材料選用及製造，是必須通過層層的把關與認證(如：AS9100、Nadcap)。據統計，截至目前台灣航太認證廠商超過140家，其中包含：三星、春雨、豐達科技、穎明等扣件大廠，事實上台灣的扣件產業發展已超過60年以上，在我國金屬製品產業中的產值更是高居第二，尤其是高雄岡山區的扣件產量更是占了全台60%以上，形成全球廠商密度高、供應鏈最完整的扣件聚落，過去台灣扣件的附加價值不高，出口的產品主要以應用在傢俱、建築、電器、電子、機械等產業，此類扣件的技術門檻不高，且多為標準件產品，近幾年由於價格競爭激烈，台灣在這方面的優勢，已經無法於中國大陸相比。故而轉往高附加價值的運輸領域發展，然而隨著汽車整車廠在東南亞的布局、中國大陸一帶一路的政策，未來東協國家也將急起直追，換言之，摒除過去追求大量的心態，轉而往高值化及高門檻的領域發展，或許也是未來台灣扣件廠商要能夠持續成長的主要動力來源之一。航太產業是一個技術層次高、認證時間長、進入門檻高、上下游關係密切的產業，加上其具備最嚴謹的品質管理系統、最複雜系統整合技術，因此一旦切入航太的供應鏈體系，航太客戶不容易輕易更換供應商，將可享受航太產業的獨特商機。