

碳纖複合材鑽孔加工

航太工業高階複合材鑽孔測試

Bewise Inc.



目錄

- 前言.....P02
- 航太工件鋁合金鑽孔測試.....P10
- 航太工件銅網碳纖複合材鑽孔測試.....P19
- 航太工件碳纖複維合材鑽孔測試.....P27

前言

隨著全球工業技術的不斷發展，各個領域對一些重要零部件材料的機械性能和力學性能（如強度、硬度、耐熱性、抗磨性、抗拉強度和抗壓強度等）的要求也在不斷提高，纖維增強複合材料具有高的比強度和比剛度、抗疲憊性能好、減振性能好、斷裂安全性好質量輕、耐腐蝕以及抗磨損等特性，其最大優勢是賦予材料可剪裁性，複合材料的競爭力不斷增加，應用領域不斷擴大，在交通運輸工具及相關裝置、工業裝置、科學研究用特種裝置、建築領域、航空航太設備和儀器、飛行器和體育運動、休閒娛樂用品等方面都有廣泛應用，特別是航空領域，由於航空產品具備高科技密集、系統龐大複雜、使用條件惡劣多變，要求長壽命、高可靠性和品種多、批量小等特點。



前言

航空難加工材料強度大、硬度高，耐衝擊、加工中容易硬化，切削溫度高、刀具磨損嚴重，如鎳基高溫合金、鈦合金、高強度結構鋼碳纖維複合材等被現代航空產品大量採用。

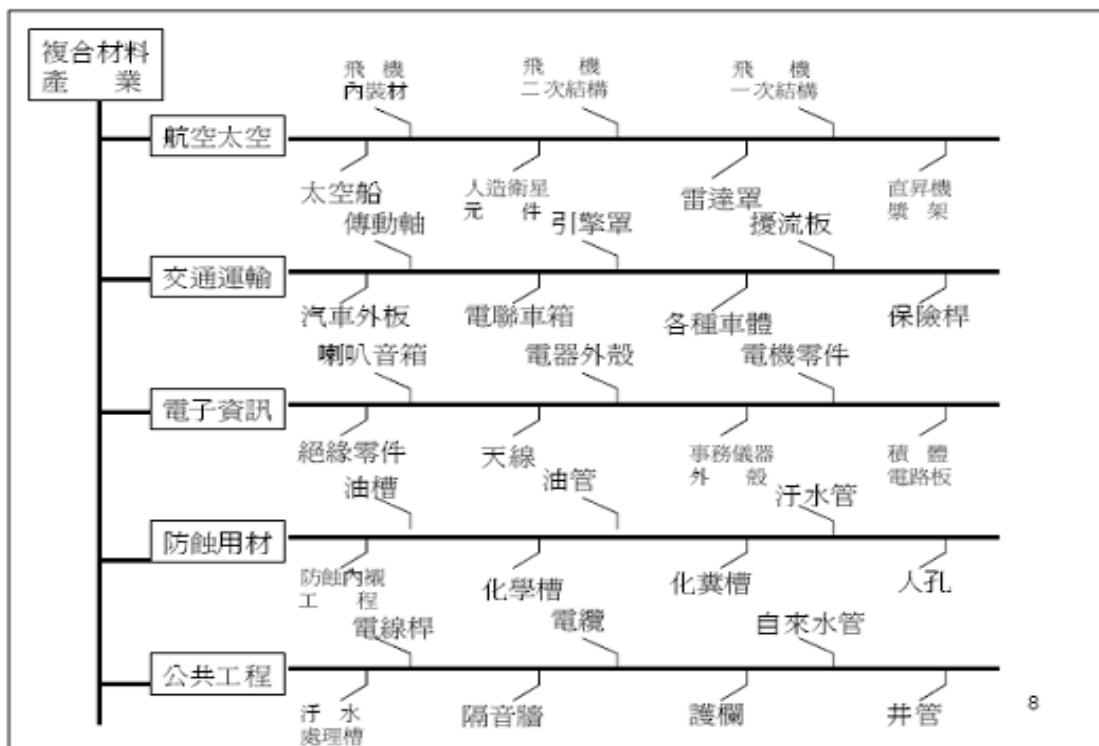
航空難加工材料加工最突出問題是**刀具磨損問題及鑽孔毛邊、撕裂情形**，直接影響加工效率和成本；此外加工質量也經常成為瓶頸。目前碧威（股）公司針對航太金屬及複合材料鑽孔加工刀具開發，特殊刀口幾何與多複合材質鑽孔加工應對上均有卓越效果。（此報告針對航空難加工材料的鋁合金、銅網碳纖維複合材及碳纖維材質測試鑽孔）

前言



圖片來源：經濟部工業局航空產業發展推動專案委辦

前言

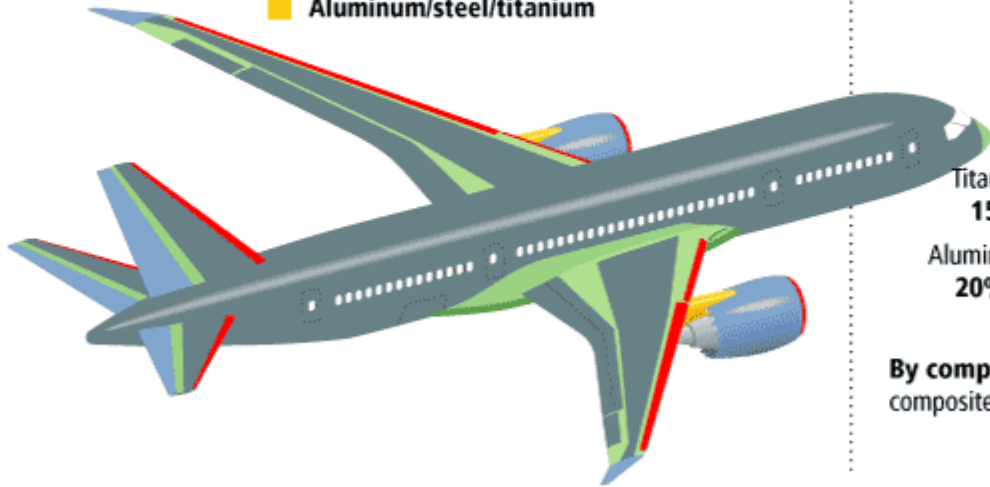


複合材料產業運用

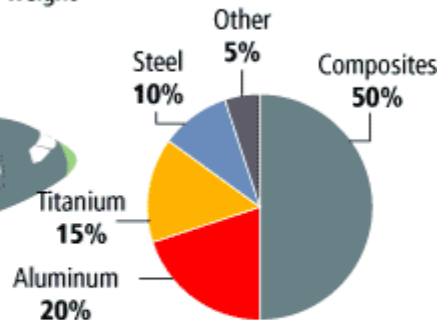
前言

Materials used in 787 body

- Fiberglass
- Carbon laminate composite
- Aluminum
- Carbon sandwich composite
- Aluminum/steel/titanium



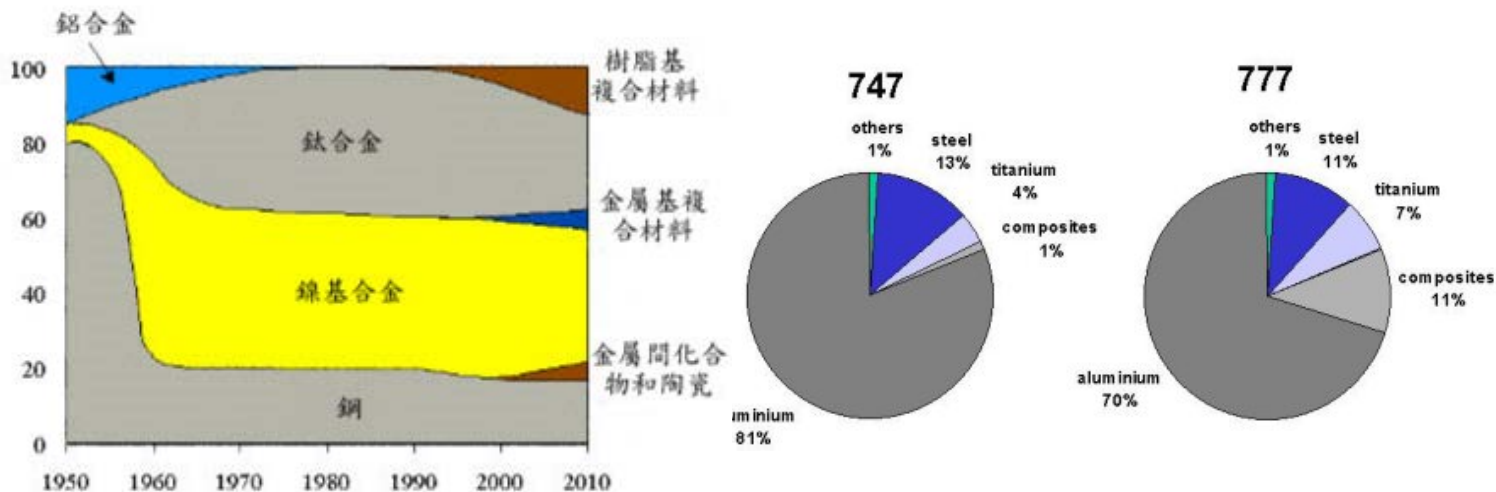
Total materials used By weight



By comparison, the 777 uses 12 percent composites and 50 percent aluminum.

787飛機各部位材料介紹

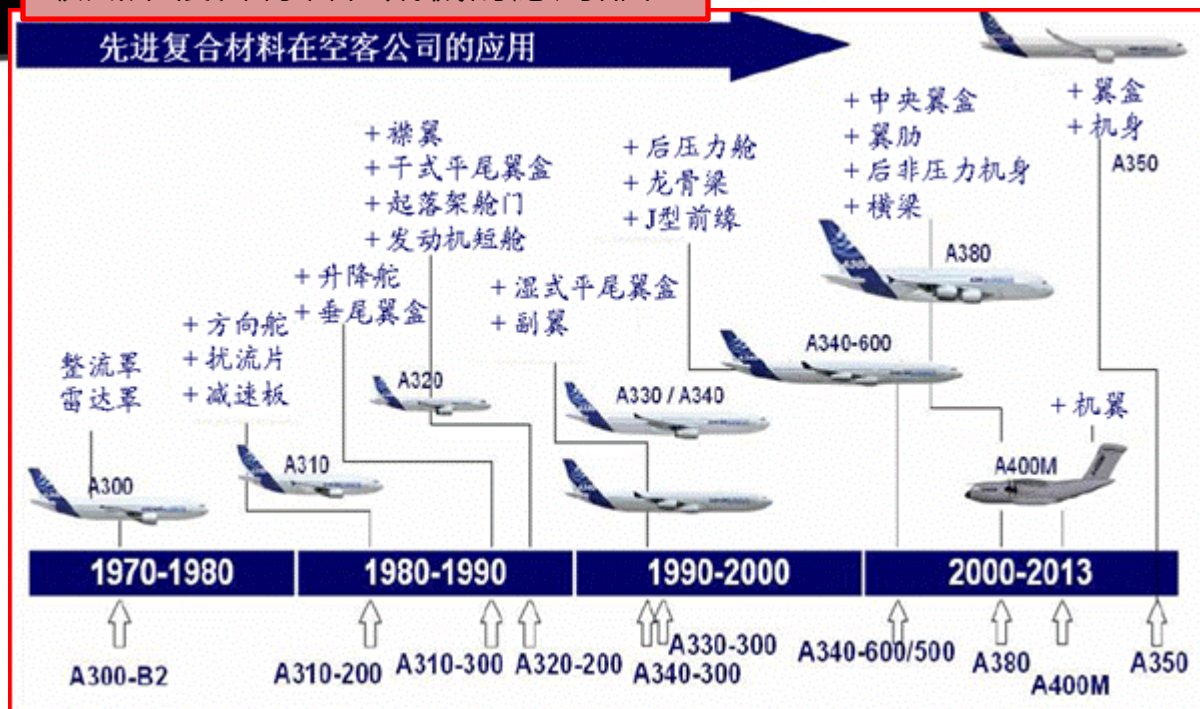
前言



隨著航空發動機發展，各種材料再發動機中的用量不斷變化

前言

碳纖維複合材料在飛機的應用部位



圖片來源：吉林省政府网

航太工件鋁合金鑽孔測試

- 鋁合金材料介紹
- 鋁合金材料鑽孔測試

鋁合金材料介紹

- 以鋁為基的合金總稱。主要合金元素有Cu、Si、Mg、Sn，次要元素有鎳、鈦、鉻、鋰等。鋁合金密度低，塑性好，可加工成型材，具有優良導電性、導熱性和抗腐蝕性，添加一定元素形成的合金在保持純鋁質輕等優點的同時還能具有較高的強度。這樣使得其“比強度”勝過很多合金鋼，成為理想的結構材料，廣泛用於機械製造、運輸機械、動力機械及航空工業等方面，飛機的機身、蒙皮、壓氣機等常以鋁合金製造，以減輕自重。採用鋁合金代替鋼板材料的焊接，結構重量可減輕50%以上。

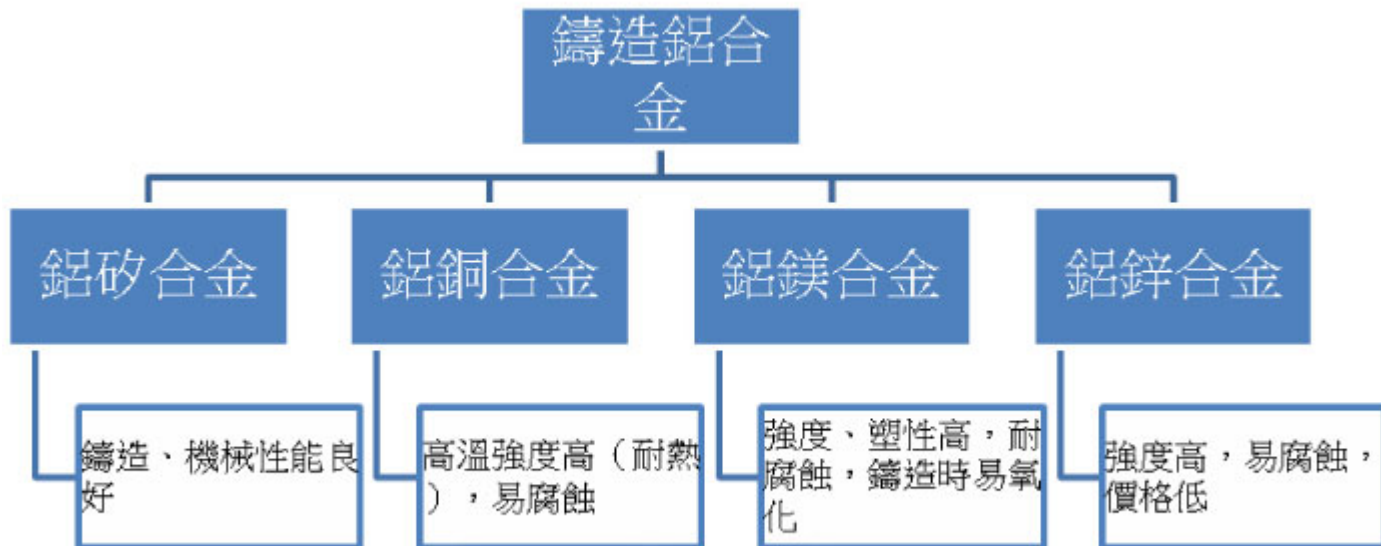
鋁合金材料介紹

- 鑄鋁合金塑性低，伸長率一般在4%以下，不適合壓力加工，大多以切削加工。矽鋁合金的鑄造性能好，力學優良，是最廣泛應用的鑄造鋁合金。其中矽鋁合金切削加工性與矽含量有關，其含量越高對刀具磨損越嚴重加工性能越差。鑄造鋁合金可以通過淬火和時效等熱處理手段來提高機械性能，它包括盈率、鍛鋁、超硬鋁和特殊鋁合金等。
- Al-Si系鑄造鋁合金的鑄造性能好，具有優良的耐蝕性、耐熱性和焊接性能。用於製造飛機、儀錶、電動機殼體、汽缸體、風機葉片、發動機活塞等。

鋁合金材料介紹

- Al-Cu系鑄造鋁合金耐熱性好，強度較高；但密度大，鑄造性能、耐蝕性能差，強度低於Al-Si系合金。主要用於製造在較高溫度下工作的高強零件，如內燃機汽缸頭、汽車活塞等。
- Al-Mg系鑄造鋁合金耐蝕性好，強度高，密度小；但鑄造性能差,耐熱性低。主要用於製造外形簡單、承受衝擊載荷、在腐蝕性介質下工作的零件，如艦船配件、氮用泵體等。
- Al-Zn系鑄造鋁合金鑄造性能好，強度較高，可自然時效強化；但密度大，耐蝕性較差。主要用於製造形狀複雜受力較小的汽車、飛機、儀器零件。

鋁合金材料介紹

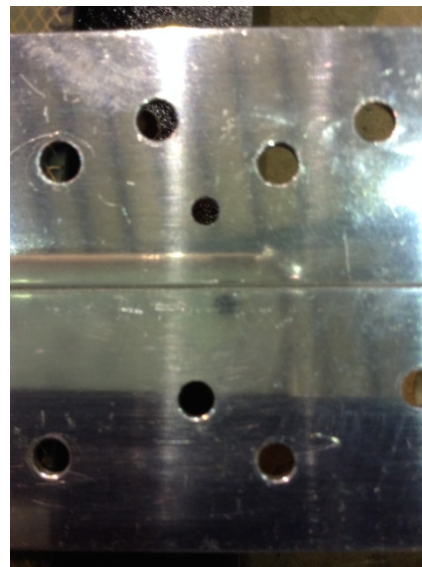


Bewise Inc.

鋁合金材料鑽孔測試

BW公司開發多角鑽頭使用氣動工具/鑽孔機直接進行鉸孔，工件為航太用高階鋁合金板，進行穿透鑽孔。

鑽孔加工條件	
工件材質	航太用鋁合金板
工件總厚度	約3mm
加工刀具	BW複合材專用多角鑽頭
加工機台	氣動工具/鑽孔機
加工參數S	6000 ↑ rev/min 加工後用標準孔位公差棒測試，孔位以達到正確公差。
加工方式	鑽孔，無任何切削油、水與無冷風處理



航太鋁合金板

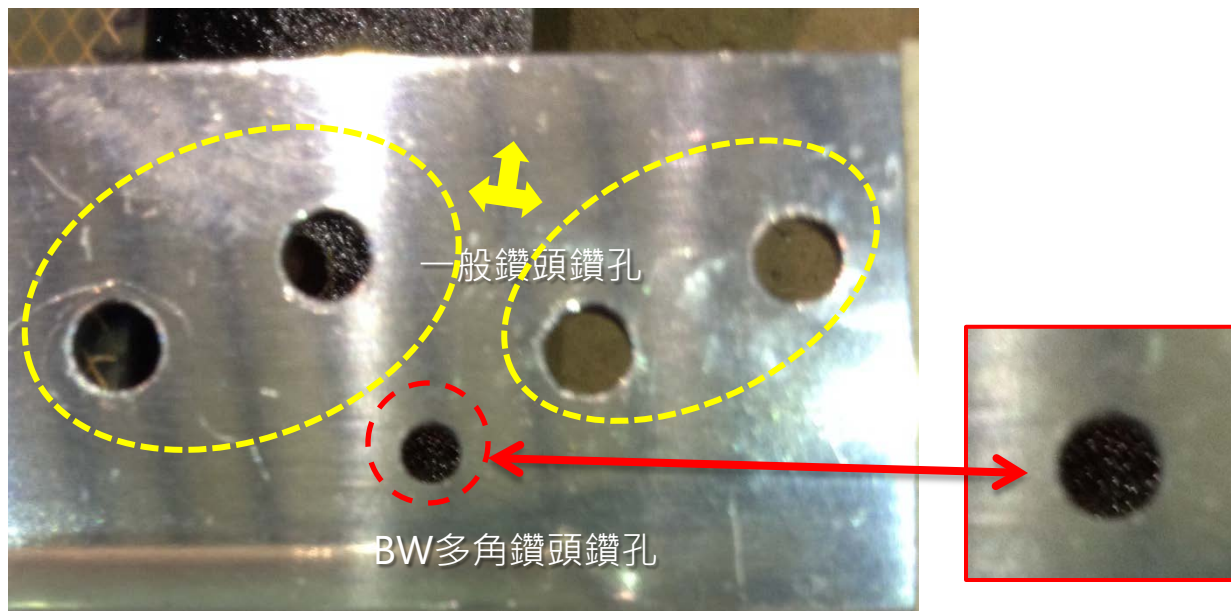
鋁合金材料鑽孔測試

此次實驗針對航太氣動工具對鋁合金板進行鑽孔一次完美加工、以達到精準孔位與無毛邊、一次成型。



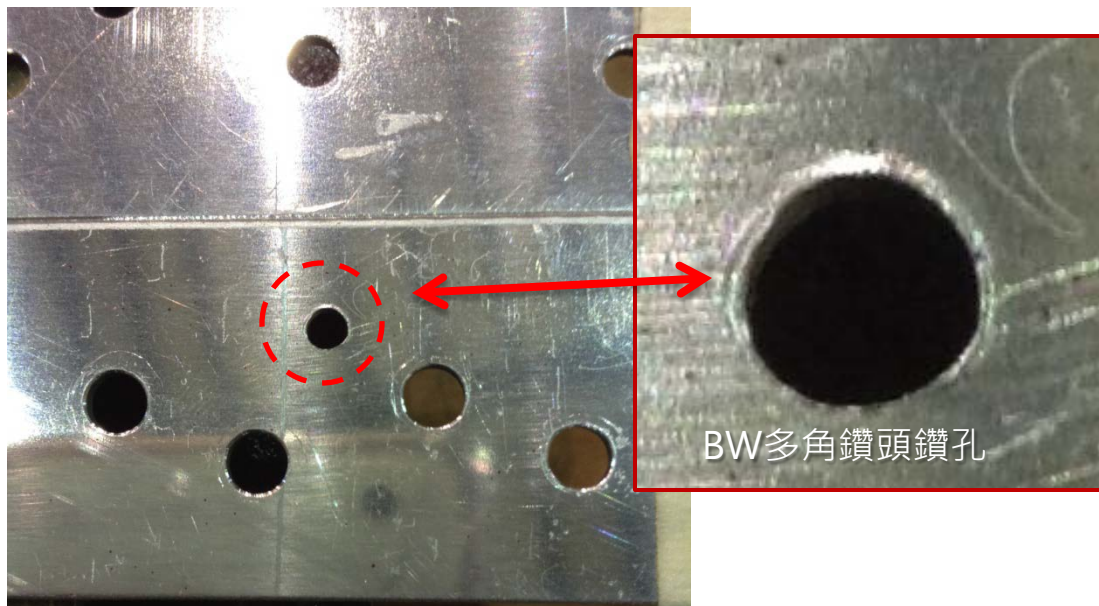
BW多角鑽頭

鋁合金材料鑽孔測試



鑽孔後精準孔位與前後板面無毛邊，一次即成型，孔壁肉眼無紋路無毛邊。

鋁合金材料鑽孔測試



鋁合金材料背面

航太工件銅網碳纖複合材鑽孔測試

- 銅網碳纖複合材料介紹
- 銅網碳纖複合材鑽孔測試

銅網碳纖複合材料介紹

- 複合材料顧名思義是由兩種以上的材質所組合而成，一般來講，是由基材(matrix)及補強(reinforcements)所構成。高分子一般分為熱塑性塑膠(thermoplastic)及熱固性塑膠(thermoset)兩大類，纖維則有不同的材料及形式，常用的有玻璃纖維、碳纖維、Kevlar纖維、硼纖維...。
- 複合材料具有比強度大、比模量高、抗疲勞性能好、耐腐蝕、可設計性強等諸多優異特性，將其用於飛機結構上可較常規金屬結構減重25% ~ 30%。

銅網碳纖複合材料介紹

- 現代飛機對外部電磁環境的敏感程度很高，飛機遭到雷擊時的損失非常大，因而飛機對閃電防護的要求越來越高。碳纖維複合材料的導電性大約比鋁小1000倍，樹脂、粘合劑不導電，玻璃和芳綸纖維複合材料完全不導電。
- 複合材料的絕緣性能優越，其電性能介於纖維和樹脂之間，基本不導電。因此，飛機複合材料需要採用輔助的措施進行防雷，主要通過在其表面增加導電功能層，將其表面靜電荷或電流及時排放的方式來保護飛機，防止雷擊破壞機體。目前，增加導電功能層的措施有很多，例如在複合材料表面火焰噴塗鋁塗層(表面層保護法)、粘接金屬網及粘接鋁箔(網箔保護法)等。

銅網碳纖複合材料介紹

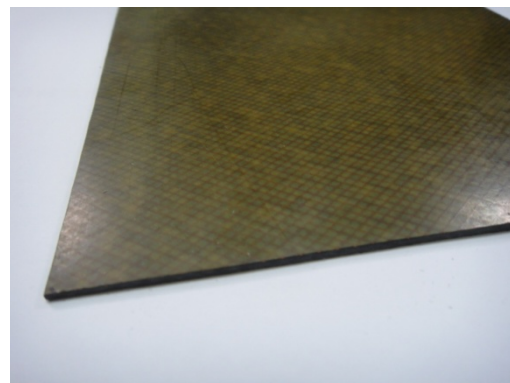
- 網箔保護法：導電網格（材料為鋁或銅）貼在結構表面或埋在結構最外層下面，其中銅的電阻率為 $1.75 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ ，其導電性能優於鋁，大密度銅網有利於瞬間大電流的疏導。
- 鋁與銅格網可以層壓、噴塗和電鍍，當格網固化到複合材料結構上後，其可承受200kA的電流而無損傷。維修人員在修理時只要將其損壞部分剝掉、砂除表面重新膠黏即可。

銅網碳纖複合材料鑽孔測試

BW公司開發多角鑽頭使用氣動工具/鑽孔機直接進行鉸孔，工件為航太用銅網碳纖複合材料板，進行穿透鑽孔。

鑽孔加工條件

鑽孔加工條件	
工件材質	航太用銅網碳纖複合材料
工件總厚度	約3mm
加工刀具	BW複合材專用多角鑽頭
加工機台	氣動工具/鑽孔機
加工參數S	6000 ↑ rev/min 加工後用標準孔位公差棒測試，孔位以達到正確公差。
加工方式	鑽孔，無任何切削油、水與無冷風處理



航太銅網碳纖複合材料板

銅網碳纖複合材料鑽孔測試

此次實驗針對航太氣動工具對銅網碳纖複合材料板進行鑽孔一次完美加工、以達到精準孔位與無毛邊、一次成型。



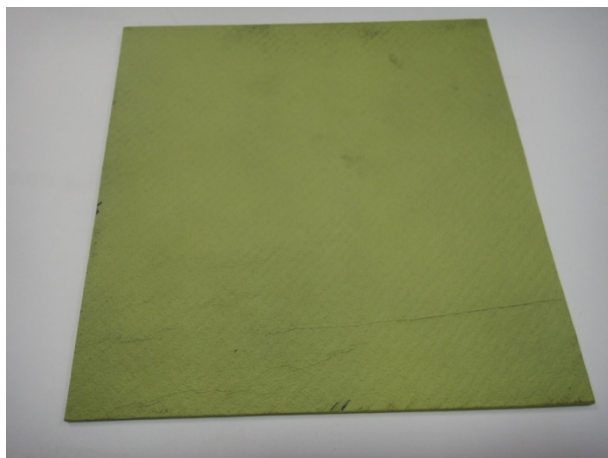
BW多角鑽頭

銅網碳纖複合材料鑽孔測試



鑽孔後精準孔位與前後板面無毛邊，一次即成型，孔壁肉眼無紋路無毛邊。

銅網碳纖複合材料鑽孔測試



銅網碳纖複合材料背面

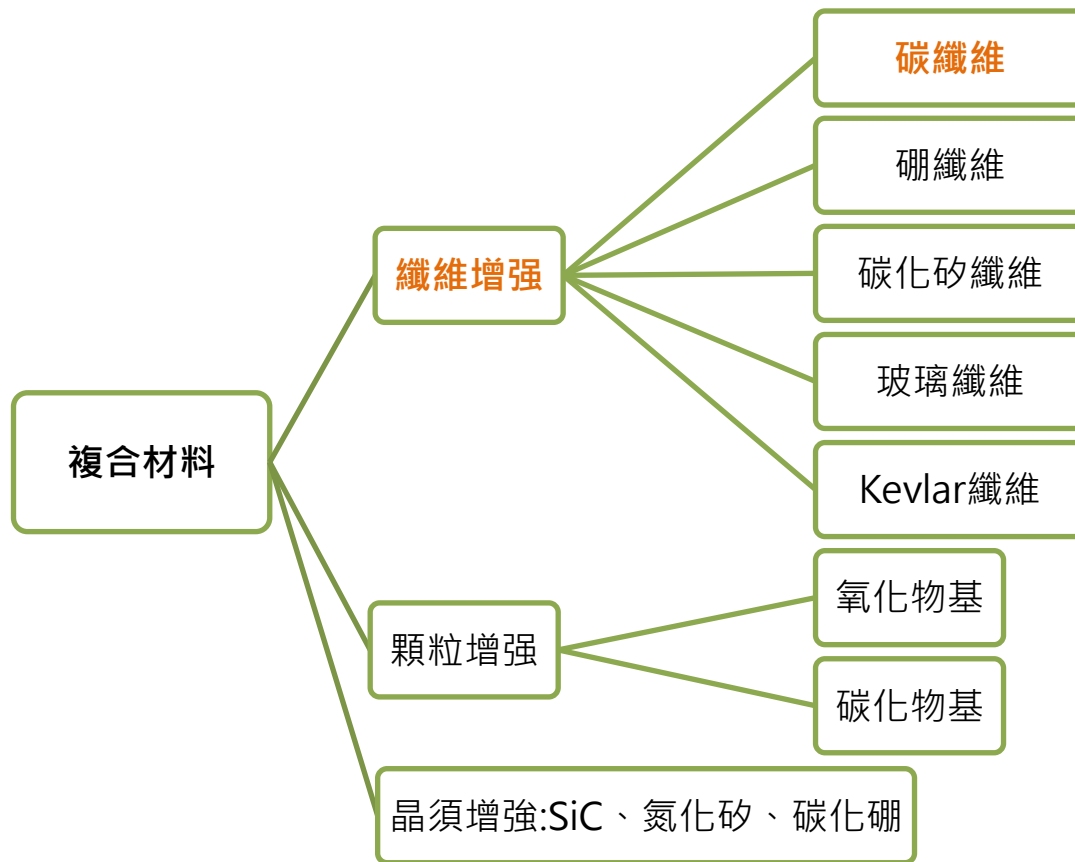
航太工件碳纖複維合材鑽孔測試

- 碳纖維複合材介紹
- 碳纖維複合材鑽孔測試

碳纖維複合材介紹

- 複合材料是基材與強化物所構成，在聚合物複合材料裡，基材代表樹脂，而強化物即纖維。
- 複合材料種類繁多，應用最多的是纖維增強複合材料也叫做纖維增強塑膠(FRP)。聚合物一般分為熱塑性塑膠(thermoplastic)及熱固性塑膠(thermoset)兩大類，纖維則有不同的材料及形式，常用的有玻璃纖維、碳纖維、Kevlar纖維、硼纖維...
- 複合材料因纖維補強，具有高強度及質輕之優點，隨纖維排列方向之不同性質亦不同，提高更高之設計自由度。

碳纖維複合材介紹



碳纖維複合材介紹

- 纖維其含 碳量在99%以上者稱為石墨纖維，若在93%-95%之間，則稱為碳纖維。在高溫下，於800~3000°C經特殊處理，以熱分解的方式將預形體(precursor)碳化成碳纖維，預形體的材質有嫻縈(rayon)、聚丙烯睛(PAN)、及瀝青(pitch)，最常用碳纖維80%都是使用PAN系，瀝青系使用也將近15%。目前航空材料、自行車產用比較高階高端之碳纖維原料為聚丙烯睛(PAN)纖維系列。複合材料具有比強度大、比模量高、抗疲勞性能好、耐腐蝕、可設計性強等諸多優異特性，將其用於飛機結構上可較常規金屬結構減重25% ~ 30%。

碳纖維複合材鑽孔測試

BW公司開發多角鑽頭使用氣動工具/鑽孔機直接進行鉸孔，工件為航太用航太用碳纖維複合材料板，進行穿透鑽孔。

鑽孔加工條件

鑽孔加工條件	
工件材質	航太用碳纖維複合材料
工件總厚度	約5mm
加工刀具	BW複合材專用多角鑽頭
加工機台	氣動工具/鑽孔機
加工參數S	6000 ↑ rev/min 加工後用標準孔位公差棒測試，孔位以達到正確公差。
加工方式	鑽孔，無任何切削油、水與無冷風處理



航太用碳纖維複合材料

碳纖維複合材鑽孔測試

此次實驗針對航太氣動工具對碳纖維複合材料板進行鑽孔一次完美加工、以達到精準孔位與無毛邊、一次成型。



BW多角鑽頭

碳纖維複合材鑽孔測試



鑽孔後精準孔位與前後板面無毛邊，一次即成型，孔壁肉眼看無紋路無毛邊。



Thank you!

■ 碧 威 股份有限公司
Bewise Inc.

文獻參考

- 銅網碳纖複合材料介紹摘取--浅析飞机复合材料雷击防护措施与试验-赵金龙，陈晓宁，耿勇，张彬
- 複合材料鑽頭切削加工由碧威股份有限公司測試紀錄
- 鋁合金/銅網碳纖複合材料/纖維相關資料由網路搜索彙整