

出國報告（出國類別：進修）

赴美國戴頓大學進修材料工程  
碩士心得報告

服務機關：國防部軍備局生產製造中心第二〇二廠

姓名職稱：羅渝涵上尉

派訓國家：美國

出國時間：111年8月13日至113年8月12日

報告日期：113年9月23日

## 摘要

本次進修奉國防部民國 111 年 7 月 20 日國人管理字第 1110180108 號令核定赴美國戴頓大學 (University of Dayton) 材料工程研究所碩士班，奉核進修期程自 111 年 8 月 16 日至 113 年 8 月 15 日止，職於規劃期程內完成修業並取得碩士學位，於 8 月 12 日抵達臺灣，並於 8 月 13 日返軍備局生產製造中心第 202 廠報到。

本案內容主要為赴美國大學研究所進修及修業心得，綱目計有目的、進修過程 (學校簡介、修業規定、課程介紹及研究報告)、心得與建議、畢業暨得獎證書及參考資料，於修業期間加入戴頓大學 Dr. Klosterman 複合材料實驗室及美國尖端材料科技協會 (The Society for the Advancement of Material and Process Engineering, 以下簡稱 SAMPE)，並代表學校於 113 年 5 月 20 日至 24 日赴美國加州參加 SAMPE 學術研討會及機身材料 (Fuselage Contest) 學生競賽並榮獲第二名。職於修業期間專注於碳纖維及玻璃纖維複合材料研究，並習得各項檢驗技能及材料分析，協助業界及美國空軍基地實施樣品檢測。先進複合材料為現代材料發展趨勢，其特性已逐漸取代傳統的金屬原料，其中以熱固性樹脂為基底的纖維複合材料佔大宗，其發展領域不僅是在建築產業、交通運輸、醫療及資訊產業，甚至涉及航太及軍事領域，如飛機零組件、衛星天線、飛彈零附件、抗彈板、子彈殼等。

## 目錄

壹、目的 .....	3
貳、進修過程 .....	3
參、心得與建議 .....	22
肆、畢業暨得獎證書 .....	24
伍、參考資料 .....	25

f12XXXXX40  
Ch8ymA==  
2024/11/18 17:45

## 壹、目的

本次進修奉國防部民國 111 年 7 月 20 日國人管理字第 1110180108 號令核定赴美國戴頓大學 (University of Dayton) 進修材料工程碩士學位，奉核進修期程自 111 年 8 月 16 日至 113 年 8 月 15 日止，職於核定期程內完成修業並取得碩士學位證明，於 8 月 12 日抵臺。本報告係依「行政院及所屬各機關出國報告綜合處理要點」相關規定撰擬，旨在記述出國進修經驗及研究心得，得予相關人員參考運用。

## 貳、進修過程

### 一、學校簡介

戴頓大學 (University of Dayton) 位於俄亥俄州戴頓市，創建於西元 1850 年，前身為聖瑪麗男子學校，現為全美國最大的十所天主教大學之一，也是全美第一所提供人權學位的大學，校風講究多樣性與包容。另外校園所在地—戴頓市，該市為航空工業的發源地，也是人類第一架飛機的誕生地及飛機的發明人萊特兄弟 (Wright Brothers) 的故鄉。戴頓大學擁有全國第四大學生運營組織『Flyer Enterprises』，根據 U.S. News 上排名，為全美最具價值學校第 37 名。該校提供 80 種學士課程與 50 種碩士學位課程，由五大學院所組成，分別為藝術學院、商學院、教育與健康科學學院、工程學院與法學院，另校園鄰近美國空軍裝備司令部 (Air Force Materiel Command)，因此有許多與軍方相關之研究合作案，尤其是工程相關之研究。其工程學院計有電機工程、機械工程、土木工程、工業工程及化學工程，院內有許多先進的實驗室和設施，如機械實驗室、飛機模擬室、電子實驗室及材料科學實驗室。



# University of Dayton

圖 1. 美國戴頓大學校徽

除了致力於發展學術的成就外，戴頓大學的校園環境優美，擁有現代化的設施和傳統的建築風格，學校致力於提供一個支持學生發展的學習和生活環境，除了學術以外，有眾多的社團、學生組織和運動隊，鼓勵學生參與各種課外活動。校園內還有很多社區服務和志願活動的機會。更值得一提的是，戴頓大學對國際學生提供了豐富的支持和資源，校內設置許多國際學生辦公室，如國際學生與學者事務部 (Office of International Student and Scholar Services, ISSS) 及工學院的國際學生事務辦公室 (Office of International Engineering Student Engagement, IESE) 負責協助國際學生入學前後的導向計畫、簽證及移民問題的諮詢、學生輔導和生活指導，並提供英文語言輔導和寫作中心，幫助非英文母語的學生提高學術寫作和口語能力。



圖 2. 美國戴頓大學校園



圖 3. 學校社團及學生組織招生活動

## 二、修業規定：

材料工程碩士學位須取得 30 學分（不含國際學生銜接課程），分別為 9 學分核心課程、9 學分專業課程、6 學分基礎工程科學課程及 6 學分其他工程類學分

課程（或論文），學生於入學前選定採論文學制或單純學分制，並也可在學程進行中提出修改計畫。一年可區分為三個學期，分別為秋季班（約 9-12 月份）、春季班（約 1-5 月份）及夏季班（約 5-8 月份），學校會提前公布整學年度行事曆及預計開班的課程，供學生提前規劃自己的課程與修業項目。

相較於臺灣大學多使用百分制（成績以數字表示，0 到 100 分），美國的評分制度較為不同，美國大學普遍使用字母等級系統（區分 A 至 F）並將平均成績用 GPA（Grade Point Average）表示，換算對應成績為 A：4.0、A-：3.6667、B+：3.3333、B：3、B-：2.6667、C+：2.3333、C：2、C-：1.6667、D：1、F：0（未通過），依戴頓大學修業規定，碩士畢業標準需達平均 GPA 3.0 以上。授課老師通常會在開學第一堂課說明該課程的評分標準及授課安排，如是否有期中、末考，採作業或報告等方式評分，另職修業的方式採學分制，並在最後兩學期選修專題研究。

### 三、課程介紹

戴頓大學材料工程系依教授專業領域大致區分為聚合物結構複合材料（Polymer matrix composites）、奈米碳複合材料（Carbon nanocomposites）、金屬積層製造（Metals additive manufacturing）等方向，職於第一年接觸此三大領域基礎課程，並於第二年加入聚合物結構複合材料－尖端複合材料實驗室，最終修畢 37 學分，平均 GPA 3.51，相關修業課程摘述如下：

#### （一）學術寫作

本課程為國際學生銜接課程，申請入學時通過語文檢定門檻或未通過門檻但修畢校內語言加強課程者必修，主要為協助國際研究生提升所

需之語言能力、文獻閱讀、教導美式學術文章之撰寫方法與結構、及認知引用註釋和抄襲之間的差別。該課程透過短篇學術文章撰寫、小組討論及上台報告，強化學生各項學術研究寫作技能以及了解美式教育的不同。

## (二)專業能力發展

本課程為國際學生銜接課程，主要為國際學生介紹校內的網路資源、圖書資源以及寫作輔導等服務，課堂中也讓學生充分了解到美國的學術文化、性別侵害防治、反歧視和反霸凌措施等。由於學術風氣和國情的差異，許多國際學生對美國大學的文化不甚熟悉，因此透過介紹這些資訊後，對國際學生來說能提供相當大的幫助，特別是課後個別輔導（例如協助進度落後的學生安排助教進行特別指導）和校內外實習（幫助學生在學期間積累工作經驗），對學生的學習和職業發展尤為重要，許多學生在畢業後透過就學期間的實習機會，在畢業後成功轉為正職，大大促進產學合作並形成了正向循環。

## (三)材料原理 1

本課程為材料工程必修基礎課程，介紹材料科學與工程的核心主題與基本概念，特別強調結構和性能之間的關係，從電子到原子和晶體學考慮的工程材料結構。包括：原子結構和原子間鍵結、缺陷、擴散、機械性質、強化機制、失效、相圖、相變和加工。



#### (四)材料原理 2

本課程為材料工程選修課程，和材料原理 1 相比進行更深入的學習和應用，內容包括高級結構特徵（晶體缺陷及非晶材料等）、材料相變與相圖（多組分系統及相變動力學）、材料的性能與應用（高溫材料與材料失效分析）、加工與製造技術（3D 打印、奈米加工技術等）、材料的设计與性能預測（軟體數值模擬與預測）。

#### (五)高分子材料

本課程為材料工程必修基礎課程，課程介紹了高分子的定義、類型（如天然高分子和合成高分子）以及它們的結構並瞭解高分子的合成方法（聚合反應、加成聚合和縮合聚合），並討論高分子的物理性質，如熱性質（玻璃化轉變溫度和熔點）、機械性質（強度和延展性）及黏彈性。同時也學習高分子的加工技術（如注射成型和擠出成型）及其在日常生活中的應用。此外，課程涵蓋了高分子的分析技術，包括如何使用工具測試材料的結構和性能。

#### (六)先進複合材料

本課程為材料工程選修基礎課程，課程針對複合材料進行更深入探討，包括其基本概念和最新技術。介紹複合材料的組成部分，如基體材料和增強材料，並區分了不同類型的複合材料，如纖維增強和顆粒增強複合材料。學習主要的工業製造技術，包括預浸料技術、樹脂傳遞模塑（RTM）和熱壓成型等。課程涵蓋了複合材料的機械性能（如強度和延展性）及熱性能（如熱穩定性和導熱性）。此外，課程還教導如何進行

性能測試和材料表徵，包括拉伸試驗、壓縮試驗以及使用掃描電子顯微鏡（SEM）等技術。學生將了解複合材料在航空航太、汽車和運動器材等領域的實際應用，這些材料在這些領域中提供了高強度和輕量化的優勢。課程還探討了複合材料的未來趨勢，如智能複合材料和納米技術，以及它們的環境影響和可持續性問題。

#### (七)複合材料實驗室

本課程為材料工程選修進階課程，課程專注於提供學生實際操作複合材料的經驗。課程開始時，學生將學習並實際操作不同的複合材料製造技術，如手工鋪層和樹脂傳遞模塑（RTM）。在製造過程中，學生會親手製作複合材料樣品，了解其製作過程和技術要點。接下來，課程涵蓋複合材料的性能測試，學生將進行拉伸試驗、壓縮試驗和沖擊試驗，以評估材料的強度和延展性。實驗室內，學生還將使用先進的分析儀器，如掃描電子顯微鏡（SEM）來觀察材料的微觀結構和缺陷。學生將學習如何收集和處理實驗數據，並將結果與理論模型進行比較，以分析材料性能。課程要求學生撰寫詳細的實驗報告，總結實驗過程和結果，並提出分析結論。最後，課程強調實驗室安全操作，包括正確使用防護設備和處理化學品。通過這些實驗，學生將深入了解複合材料在實際應用中的表現，如在航空航太和汽車工業中的使用。這門課程旨在幫助學生將理論知識轉化為實際技能，為未來的專業工作做好準備，另職於本門課程中擔任助理研究員（助教），協助教授教導學生操作各式儀器，並向學生解釋儀器基本操作原理。

#### (八) 奈米表徵實驗室

本課程為材料工程選修進階課程，課程旨在提供學生實際操作先進技術，以深入分析納米材料的結構和性能。課程內容包括使用掃描電子顯微鏡（SEM）、透射電子顯微鏡（TEM）和原子力顯微鏡（AFM）等設備進行樣品分析。學生將學習如何準備納米材料樣品，以確保獲得準確的實驗結果，並掌握如何收集、處理和分析數據，評估材料的性能。實驗室工作還包括撰寫詳細的實驗報告，總結實驗過程和結果。課程強調實驗室安全，教導學生正確使用個人防護設備和處理化學品。此外，學生將了解納米材料在電子學、醫療和能源等領域的應用，並探討納米表徵技術的最新發展和未來趨勢。通過這門課程，學生將提升實驗技能，加深對納米材料及其技術的理解。

#### (九) 腐蝕原理

本課程為材料工程選修基礎課程，課程主要講解金屬或其他材料在環境中如何遭受損壞的過程。課程內容通常介紹腐蝕的定義、種類（如化學腐蝕、電化學腐蝕）及其影響因素，探討腐蝕過程中的化學反應、電化學反應等，並在課程中教導如何測量和評估腐蝕程度，包括實驗技術和工具的使用，並教導各種防止腐蝕的方法（如塗層、合金化、陰極保護等），最後學生透過所學，分析腐蝕失效案例，從蒐整資料、撰寫報告並分析腐蝕造成的材料失效，進而針對案例提出改進措施。

#### (十) 材料化學行為

本課程為材料工程選修基礎課程，課程中研究材料（尤其是金屬、合金、陶瓷和聚合物）在不同化學環境中如何反應和變化的領域。這門學科涉及的主要內容包括：化學反應機制、氧化與還原、腐蝕科學、材料化學穩定性（包含耐受性、降解機制、表面化學及結構化學等）、合金化（不同金屬或元素混合形成合金時的化學反應和結構變化）及材料失效分析。這門課程對於材料的設計、選擇和應用至關重要，幫助工程師和科學家理解和預測材料在各種環境條件下的表現。在課程中學生將選擇歷史上材料失效實例，透過所學及研究能力，撰寫小論文等級的分析報告，並在工程學院教授組織面前實施報告，除了訓練研究能力還能加強英語報告的臨場反應。

#### (十一) 高性能熱塑性聚合物

本課程為材料工程選修基礎課程，課程深入探討熱塑性聚合物的基本特性、加工技術及其應用。這些聚合物具有卓越的耐熱性、機械強度和耐化學性，適用於要求高性能的領域如航空航太、汽車和電子產品。課程內容涵蓋各種高性能熱塑性聚合物的種類，例如聚醚醚酮（PEEK）和聚醯亞胺（PI），以及這些材料在加工過程中的行為和挑戰。學生將學習到如何利用不同的加工技術（如注塑和擠出）來製造這些材料，並探討如何通過添加劑和改性來提升其性能。這門課程旨在幫助學生掌握選擇和應用高性能熱塑性聚合物的關鍵知識和技能。

## (十二) 專題研究-複合材料製造

本課程為材料工程選修專題課程，在選修課程前和教授討論後續協助研究方向並加入複合材料實驗室研究團隊，課程專注於複合材料的生產技術，透過不同材料（兩種或多種不同）組成，以達到超過單一材料的性能，包括增強材料（如碳纖維）和基體材料（如樹脂）的組成，以及這些材料的分類和特性。將學習到不同的製造技術，如手工鋪層、模壓成型和樹脂轉移成型等，並理解這些技術如何影響最終產品的性能和品質。此外，課程還涉及材料的力學性能和熱性質，並介紹如何在製造過程中進行品質控制和測試。將掌握如何檢測和分析複合材料的缺陷，並了解其在航空航太、汽車、建築等領域的實際應用。這些知識將幫助學生設計和製造出高性能的複合材料產品，並應對設計和製造中的挑戰。職也夠過該專題的學習，進而代表學校於 113 年 5 月 20 日至 24 日赴美國加州參加 SAMPE 學術研討會及機身材料 (Fuselage Contest) 學生競賽。

## 四、研究報告

### (一) 摘要

美國 SAMPE 協會 (Society for the Advancement of Material and Process Engineering) 是一個專注於材料和製程工程領域的專業組織，成立於 1944 年，旨在促進材料科學、工程和相關技術的發展與應用。每年春夏季皆會在美國不同州舉辦學術研討會，研討會期間包含技術會議、專題演講、學生競賽和展覽，邀請全球業界領袖和學術界專家參加，聚焦於材料科學和

製程工程的最新研究和技術進展。職所幸透過 Dr. Klosterman 教授推薦，和博士生 Siddhi 代表戴頓大學出席參加今（113）年度 5 月份 SAMPE 學術研討會及機身材料（Fuselage Contest）學生競賽。



圖 4. SAMPE2024 年學術研討會大廳

## (二) 競賽規則

根據 2024 SAMPE 機身競賽規則，玻璃纖維為唯一指定材料，可使用酚醛蜂窩板，填充之樹脂總類不受限制。機身長度的至少 24 英吋，內徑不得小於 5.5 英吋（外徑不得超過 6 英吋），機身左右兩側必須有四個切口，模擬實際機身之飛機門（材料突破點），切口直徑不得小於 2 英吋（不得超過 3 英吋），切口必須距離機身邊緣至少 5 英吋。設計測試為 3 點彎曲測試，最小負載為

700 磅，分析總結構偏移量不得超過 1。通過負載規定後，質量越輕者積分越高，另設計文件及海報也列計評分，最後將由評審團累計及平均得出個參賽隊伍的總分，取最高分之前三個隊伍。

### (三) 材料選定

本團隊選擇玻璃纖維預浸料 2100 ( 7781 E-glass ) 作為本次比賽的材料，該材料為 8 線束緞面編織，編織角度為  $0^\circ$  和  $90^\circ$ ，可貼合彎曲表面，並可透過裁切不同角度 ( $\pm 45^\circ$ 、 $30^\circ$  或  $60^\circ$ ) 加強作品表現強度及韌性。

### (四) 幾何設計

經過程式模擬後，最佳機身長為 25.5 英寸，內徑為 5.65 英寸，管壁厚度為 0.088 英寸 ( 在模擬設置中顯示)。在平面上有 4 個直徑 2 英寸的窗口切口，這些切口是切在與側面平面相切  $45^\circ$  角的方向，切口之間的距離為 11 英寸，切口距邊緣的距離為 5.25 英寸。

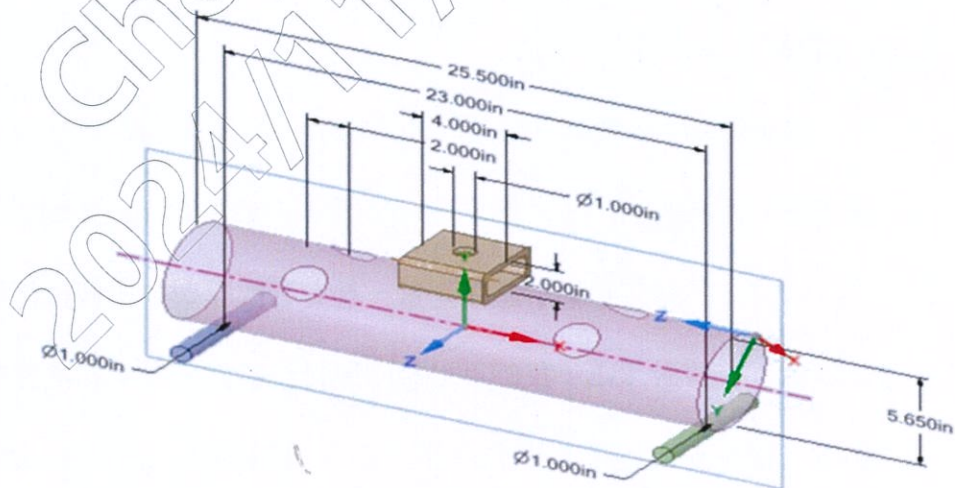


圖 5. 等軸俯視圖

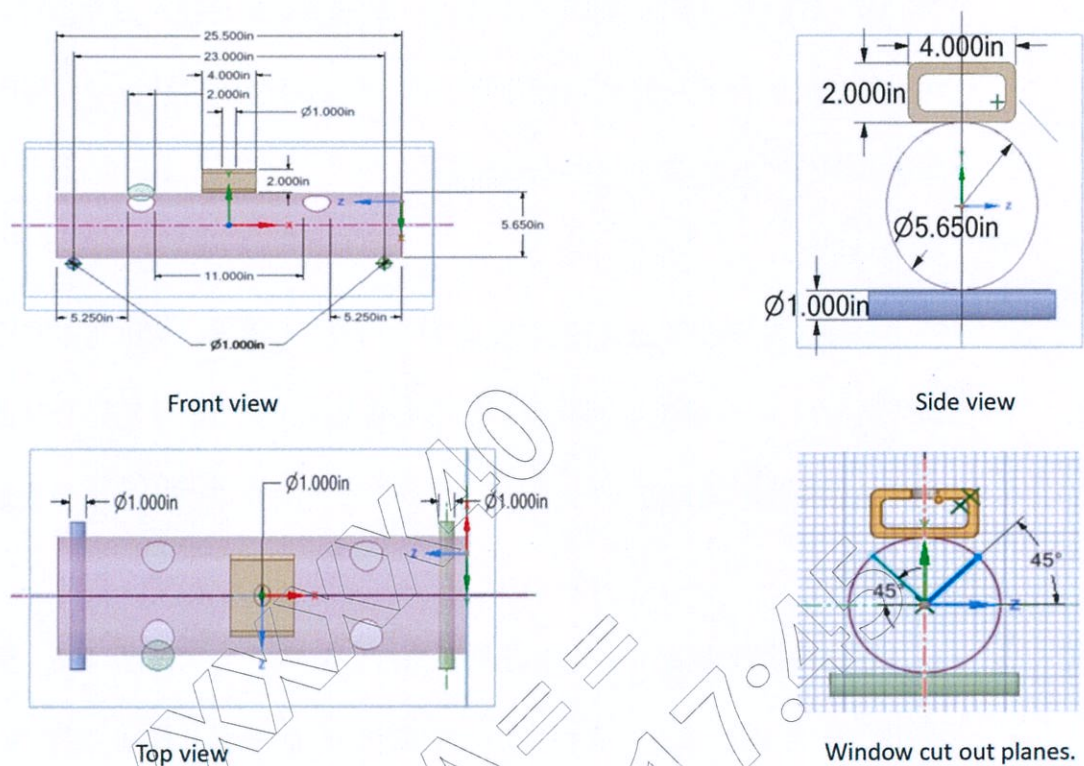
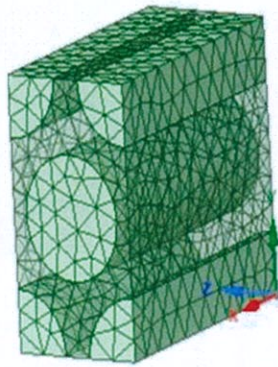


圖 6. 正視圖 (左上)、俯視圖 (左下)、側視圖 (右上)、側視方格圖 (右下)

### (五) ANSYS 材料分析

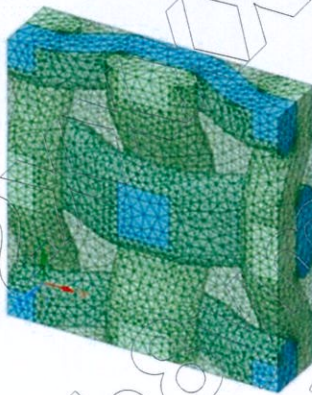
在實驗室中針對同材料直徑 1 英吋的 4 層樣品進行 3 點彎曲測試，並獲得變形負載數據，接著使用 ANSYS 材料設計軟體產出織物的代表性體積元素 (RVE)，為材料的最小體積元素，具有宏觀模型中典型材料屬性的準確統計表示，並透過 RVE，我們可以準確地預測所使用的材料堆疊屬性及設計強弱點。首先，先為同方向 ( $0^\circ$  或  $90^\circ$ ) 玻璃纖維 (Uni-Directional) 和樹脂產生  $V_f$  為 55% 的單向 RVE，產生基礎的材料常數 (圖 7)，並透過應用材料屬性的對稱性產生編織織物，並產生其材料常數 (圖 8)。





Engineering Constants		
E1	42826	MPa
E2	9295.8	MPa
E3	9296.6	MPa
G12	3408	MPa
G23	3288	MPa
G31	3407.8	MPa
nu12	0.26823	
nu13	0.26822	
nu23	0.41519	

圖 7. 單向 RVE 材料常數



Name	Value	Unit
Engineering Constants		
E1	1.1822E+10	Pa
E2	1.1818E+10	Pa
E3	6.3747E+09	Pa
G12	2.0833E+09	Pa
G23	2.405E+09	Pa
G31	2.405E+09	Pa
nu12	0.19589	
nu13	0.4095	
nu23	0.40956	

圖 8. 對稱性編織 RVE 材料常數

接著對模型進行網格劃分填入樹脂系統（圖 9）並觀察與分析其負載 700 磅應力分布及材料偏轉度（圖 10）。反覆堆疊設計材料，成功獲得堆疊  $0^\circ$  11 層材料，其偏轉度仍保持在  $< 1$  英吋，最後透過軟體，進行結構分析，獲得進一步優化應力降低，其玻璃纖維堆疊方向  $[0^\circ/3/45^\circ/2/0^\circ/45^\circ/2/0^\circ/3]$ （共 11 層）已證明可滿足變形負載量並有效降低正應力和剪應力。

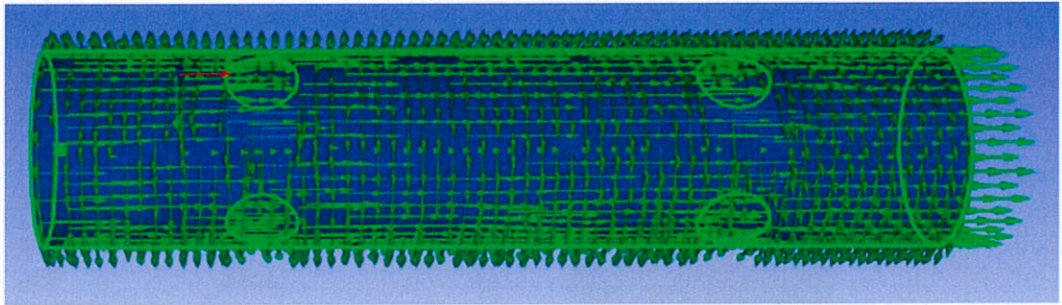


圖 9. 網格劃分-模擬樹脂沿著纖維分布角度滲入並固化

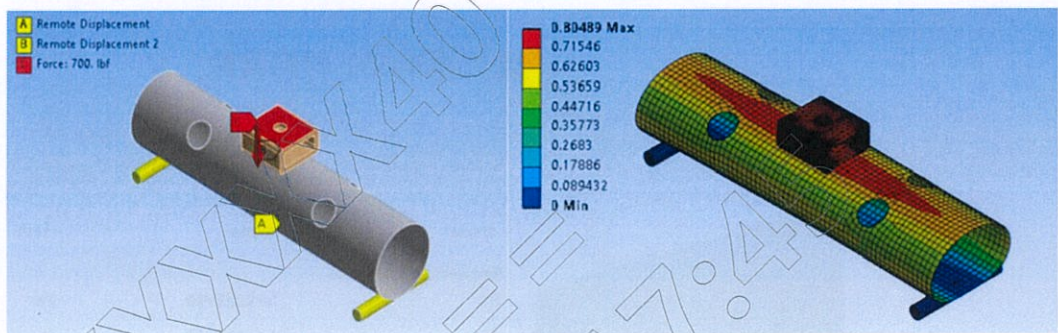


圖 10. 管材負載 700 磅應力分布及材料偏轉度

## (六) 製造流程

1. 將鐵氟龍片（防沾粘層）包裹固定於鋁管上，將切割好的預浸料片 $[0^{\circ}_1/45^{\circ}_2/0^{\circ}_3/45^{\circ}_2/0^{\circ}_3]$ 計 11 層，分層逐一鋪設在鋁管上，因本次為圓柱狀管材，鋪放預浸料片的難度極高，須以滾動方式黏貼至管材上，才能降低鋪設皺褶產生，避免影響後續材料均質性，固化前重量(含鋁管)約莫 8 公斤。

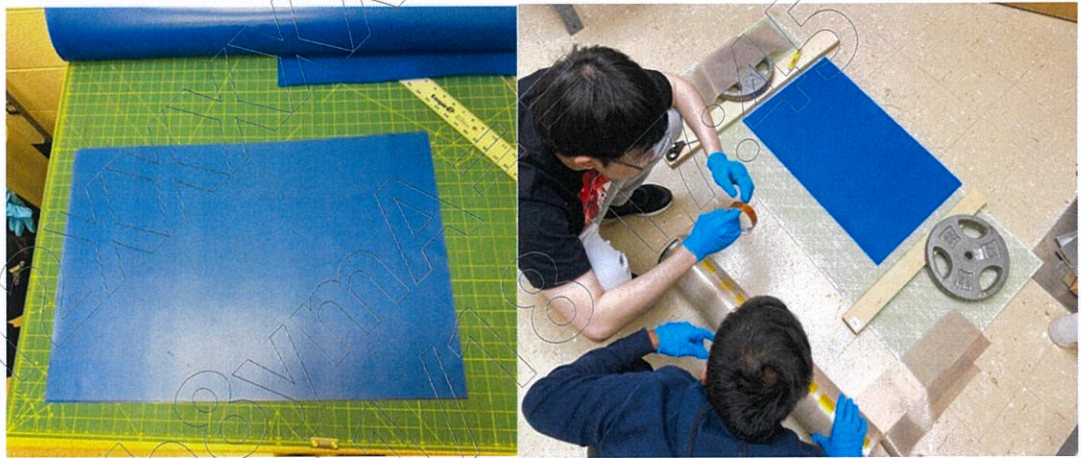


圖 11. 預浸料片裁切(左)及鋪設預浸料片紀實(右)

2. 完成預浸料黏貼後，使用收縮膠帶包裹管材並放置於烤箱中，設定溫度緩慢上升，速率為  $2.5^{\circ}\text{C}$  每小時，以減少鋁管與複合材料之間的熱黏滯，並在  $145^{\circ}\text{C}$  下固化 2 小時。



圖 12. 管材完成收縮膠帶包裹(左)及約 30 英寸管材放入烤箱(右)

3. 隔夜冷卻後，取出機身管材，然而本次預浸料片中的樹脂流動性較高，溢流過鐵氟龍層，導致機身難以從管材上取出，後續由友人協助透過車輛拔出，可見複合材料的韌性及强度高。

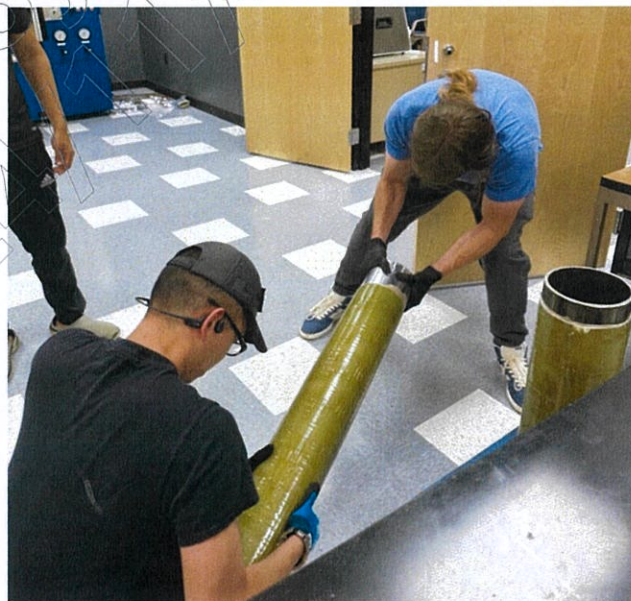


圖 13. 機身樹脂溢流導致難以採人工方式取出



圖 14. 友人協助採車輛引拔方法將機身管材取出

4. 切割邊緣並鑽取四個切口。



圖 15. 切割邊緣(左)及鑽取 4 個切口(右)

## (七) 比賽結果

經主辦單位統計，計有 18 組團隊報名，完成作品參展隊伍計 12 組，符合幾何要求進入複賽計 9 組。本組機身管材淨量 1592 克，為 9 組內第三重，抗壓強度為複賽第二名，海報及設計理念為第一名，最後平均各項成績，本組榮獲總成績第二名。



圖 16. 機身競賽負載測試(左)及頒獎(右)



圖 17. 參賽海報

## 參、心得與建議

首要感謝軍備局生產製造中心第 202 廠給予職本次進修機會，從一開始準備報考美國碩士班開始，廠內長官不僅鼓勵職利用下班時間補習，也時常關心托福考試準備狀況及學校申請進度，在短短的 2 年求學期間，除了汲取美國學術知識，也精進自身外語能力，能有自信地表達自己並主動和外國人交談，更透過課程的訓練，能全程使用英文上臺實施報告，並教導學生如何操作實驗機台，相較於臺灣傳統的講授教學方法，美國更要求學生主動思考並提出問題，藉由小組討論方式，激發學生的想像力及驗證的能力，許多課程在第一堂課，教授除了公布學期的評分標準及方式，還會教導如何使用正確方法尋找論期刊或已發表之研究論文，並透過交叉驗證，確認資訊的準確性及參考價值。

在國外生活適應方面，初到這個陌生的國家，在不熟悉的語言與文化下，除了面對課業的壓力，還需要處理生活中各式各樣的事情，很感謝戴頓大學各式學生團體及組織的協助，從一開始的接機、採買到開立銀行戶頭，皆有學長姐從旁協助，職在第二學期便加入國際學生辦公室，協助亞洲國家的新生適應學校的各式生活，並在工程學院的資助下，舉辦不同國家的文化節慶活動，讓學生了解不同國家的文化，進而拉近各國學生間的交流。

在材料工程領域中，除了所需的基礎知識外，也需具備實際操作各式儀器及分析數據的能力，職在前兩個學期分別接觸戴頓大學提供的三大材料領域（聚合物結構複合材料、奈米碳複合材料及金屬積層製造）基礎課程，其中金屬積層製造與本廠的傳統金屬加工較有關聯性，但經過與教授的討論及搜集各方面的研究，「聚合物結構複合材料」為日後武器系統發展的主要關鍵，職進而

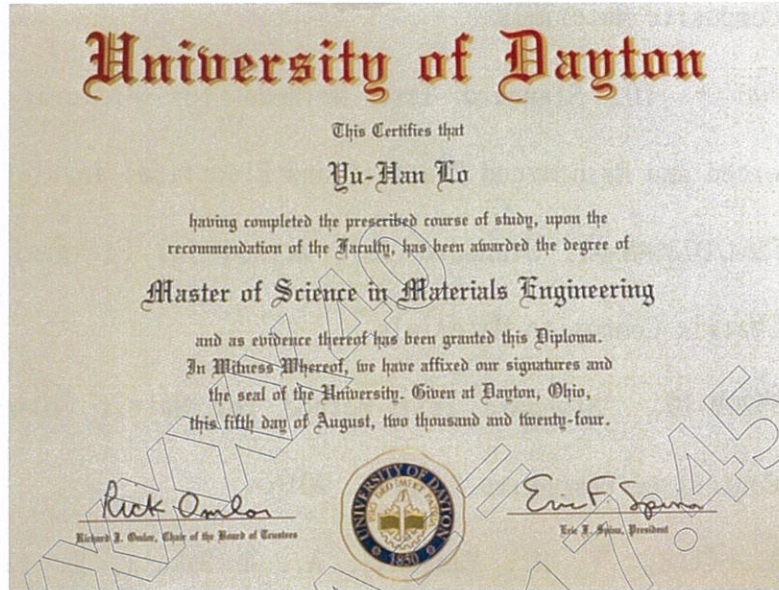
加入 Dr. Klosterman 複合材料實驗室，並透過兩學期的專題研究，習得各式複合材料加工方式、儀器測試及數據分析。

複合材料在各類武器系統中發揮重要作用，包括導彈、砲彈及無人機。這些材料的輕量化特性使得武器的射程和精度得到提升，並降低了發射時的能量消耗。例如，導彈的外殼使用複合材料可以提高其耐熱性和抗撞擊能力，並在現代戰鬥機和無人機的設計中，大量使用碳纖維增強塑料（CFRP）等複合材料，除了輕量化飛行器，還提高其抗疲勞性和耐腐蝕性，進而增強了飛行器在極端條件下的表現。

本廠主要負責國軍 40 公厘（含）以上口徑各型火砲、彈藥、軍用電池及核生化防護裝備等之生產與研究發展任務，其中太多武器系統仍以傳統金屬為主要製造材料，除了重量較重影響單兵行動力，其金屬加工道次繁瑣，原物料價格也隨著國際趨勢大幅上升，然而複合材料具有輕量化、耐高溫、高韌性、高硬度及加工便利性等優勢，可提供更快速的維修及縮短零組件製造時程，進而有效提升部隊的後勤補給及作戰的持續性。近年來隨著環保意識的增強，複合材料的使用也開始考慮環保因素，許多新型複合材料由可再生資源製成，降低了對環境的影響，符合現代國防中的可持續發展理念，未來複合材料的應用將更加廣泛，為國防戰略帶來更多創新可能。



肆、畢業暨得獎證書



## 伍、參考資料

- 1、ASTM D3039/D3039M, Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials
- 2、ASTM D790 - 10, Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials
- 3、ASTM D7264/D7264M-07, Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials
- 4、ASTM D3529M-10, Standard Test Method for Matrix Solids Content and Matrix Content of Composite Prepreg, 2016
- 5、Ueda, M., Cuong, V. M., Yamanaka, A., & Sakata, K. (2020). Tensile, compressive, and fatigue strength of a quasi-isotropic carbon fiber reinforced plastic laminate with a punched hole. *Heliyon*, 6(12).  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05690>
- 6、SACMA SRM25R-94, Onset Temperature and Peak Temperature for Composite System Resins Using Differential Scanning Calorimetry (DSC), 1994
- 7、SACMA 22R-94, Resin Flow of Preimpregnated "B" Staged Material, 1994
- 8、Vargas, G., & Mujika, F. (2011). Determination of in-plane shear properties by three-point flexure test of  $\pm 45^\circ$  anti-symmetric laminates. *Polymer Testing*, 30(2), 204 - 215.  
<https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2010.11.008>
- 9、Ueda, M., Cuong, V. M., Yamanaka, A., & Sakata, K. (2020). Tensile,

compressive, and fatigue strength of a quasi-isotropic carbon fiber reinforced plastic laminate with a punched hole. Heliyon, 6(12).

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05690>

10. <https://www.sampeamerica.org/student-fuselage-contest>

f12XXXXXX40  
Ch8ymA==  
2024/11/18 17:45