



鋁軋延材新應用趨勢

中鋼鋁業公司技術發展處處長 / 黃舟廷
中國鋼鐵公司新材料研究發展處研究員 / 丁仕旋

關鍵字：鋁軋延材、鋁材、應用趨勢、中鋼鋁業

一、前言

鋁是地球上蘊含量僅次於氧與矽之第三大礦藏，於人類文明發展史上亦已超過百年以上之歷史，且由於其密度僅為鐵的1/3而具輕量化的特性，並具有表面易自然生成氧化鋁薄膜的耐蝕特性，以及位居銀、銅、金之後的第四位高導電特性，因此被廣泛地應用於交通運輸業、軍事國防工業、半導體產業、建築業及消費性電子產業等，是現今僅次於鋼鐵用量的第二大金屬材料；中鋼公司自1985年承接臺灣鋁業公司，並於1996年成立中鋼鋁業公司，經三十餘載之努力，中鋼鋁業公司已發展為國內最大的鋁軋延廠，為因應國際節能減碳與綠能環保之趨勢，積極拓展各項鋁軋延材的新應用絲路，同時以交通運輸部品、重要半導體設備元件，以及民生消費性電子零件等為三大主軸，深耕發展

各項鋁軋延材之基礎技術，以達成節源、經濟與環境永續經營之目標。

二、交通運輸部品

（一）輕量化鋁製車身鈹金

鋁合金自1940年代就已經應用於汽車上，然而在早期，多數以鑄造材和擠型材等應用為主，而軋延材則普遍應用在散熱片與隔熱罩上，但皆屬於一般性零部件，因而未引人注目；反觀近幾年的最大成長動能，主要是因應各國政府的環保法規要求，而逐漸拓展應用在非保安零件上，並且以車身外觀的四門二蓋鈹金件為大宗，世界鋼鐵協會已經預測，2025年車身用的鋁片年需求量將成長到180萬噸[1]，總產值規模超過1,000億新臺幣；事實上，應用車身鋁板最為廣泛為

北美	歐洲	日本
GM <ul style="list-style-type: none">• Aurora (Hood)• Seville (Hood)	Audi <ul style="list-style-type: none">• A8 (All parts)• A6 (All closure)	Toyota <ul style="list-style-type: none">• Lexus Sports (Hood/Roof)• PRIUS (Hood)
Ford <ul style="list-style-type: none">• Lincoln (Hood)• Ranger (Hood)• F150 (All parts)	BMW <ul style="list-style-type: none">• M3/M4 (Hood/Fender)• E60 (Hood)	Honda <ul style="list-style-type: none">• S2000 (Hood)• INSIGHT (all closure)
Chrysler <ul style="list-style-type: none">• Concorde (Hood)• 300M (Hood)• Prowler (All parts)	Benz <ul style="list-style-type: none">• E (Hood/Fender)• S (Hood, Fender)	SUBARU <ul style="list-style-type: none">• LEGACY (Hood)• FORESTER (Hood)
〈外鈹〉 6022/6111 〈內鈹〉 6022/6111 5182	〈外鈹〉 6016 〈內鈹〉 6016/6181 5182/5052	〈外鈹〉 6016/5022 〈內鈹〉 6016 5182/5083

圖 1 國外車廠使用車用鋁材之情形 [2]

歐/美/日等先進國家的高級車款，如圖1，其中車身鋁板又可區分為內板和外板，內板因為車體內部須配置各式各樣的零部件，所以造型起伏較大，成形需求相對較深；而外板則需要具備阻抗飛沙走石或輕微碰撞的抗凹性能力，所以著重於塗裝後的烤漆強度、表面光鮮亮麗和加工包邊性，換言之，作為車身內板與外板的特性要求並不完全相同；以北美車款而言，GM、Ford、Chrysler等皆有推出鋁合金車款，其外板與內板主要使用AA6022鋁材，或是強度更高之AA6111鋁材，此外，內板亦有少部分係使用AA5182鋁材；而以歐洲車款而言，Audi、BMW與Mercedes Benz鋁合金的車款中，外板主要是AA6016鋁材，而內板則是較為多元，含AA6016、AA6181、AA5182和AA5052等鋁

材；另鄰近的日本Toyota、Honda和Subaru等車廠，也皆在高階車款上使用鋁合金作為車身鈹金，外板有AA6016和AA5022鋁材，而內板則是AA6016、AA5182和AA5083等鋁材。

整體而言，除了日系車款外，外板幾乎清一色是使用6000系鋁材，而內板則是同時使用5000系和6000系鋁材，其占比情形，概估為20%比80%，但在未來，因為廢車鋁材須具備回收，以及還要能再投入熔煉生產等考量，所以車身內板與外板將逐漸統一為單一規格的鋁材，並且朝向可同時作為內板與外板用途之6000系鋁材，但因5000系鋁材具有價格且久儲等優勢，現階段仍具有無法完全被取代的地位。

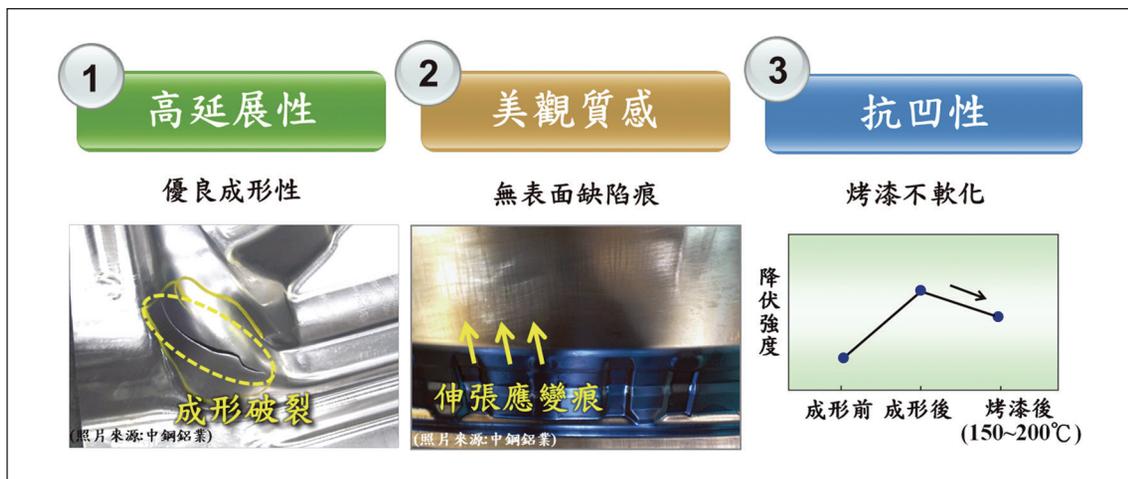


圖 2 車身鉛板的三大特性要求

然而全球可生產高端車用鉛板之供應廠家屈指可數，主要為先進國家之國際鉛廠，例如美國Alcoa、印度Novelis、歐洲AMAG、Constellium、日本Kobe與UACJ等，而由於車身鉛板之特性必須具備高成形性、美觀表面品質與高烘烤後強度，以及後續車廠對部品之接合性與塗裝性等應用特性要求，圖2即為車鉛板的三大特性要求；由於車身鉛板之性質要求過於繁多，即使在國內，過往亦無生產車用鉛合金技術之專業鉛廠，然而國際節能減碳意識抬頭，車輛輕量化勢在必行，中鋼鋁業於2014年開始建置汽車鉛板之相關設備與技術量能，並於當年取得全球汽車品質管理系統認證ISO/TS16949（現為IATF 16949），並陸續開發出多項車用鉛合金與應用實績，圖3即為中鋼鋁業之汽車鉛片應用實績。

（二）電動車儲能用鉛材

由於節能減碳已成為全球化之趨勢，各國政府相繼制定燃料車之禁售年限，使得全球電動車開始蓬勃發展，光是在2020年純電動車（BEV）與插電混合式電動車（PHEV）總銷售量已達329.9萬輛，且相關報告推估在2030年將成長至3,000萬輛[3]；然而影響電動車續航力之關鍵，除前述車身輕量化外，另一核心為供應動力來源之鋰離子電池或鎳氫電池，但無論採用何種電極材料，電動車電池皆可依其結構，區分為方形硬殼電池、圓筒型電池與軟包電池，如圖4，再依此電池單元組裝而成為電動車電池包。

目前九成以上的大陸新能源車採用方形硬殼電池，此因供應商眾多且技術難度相對

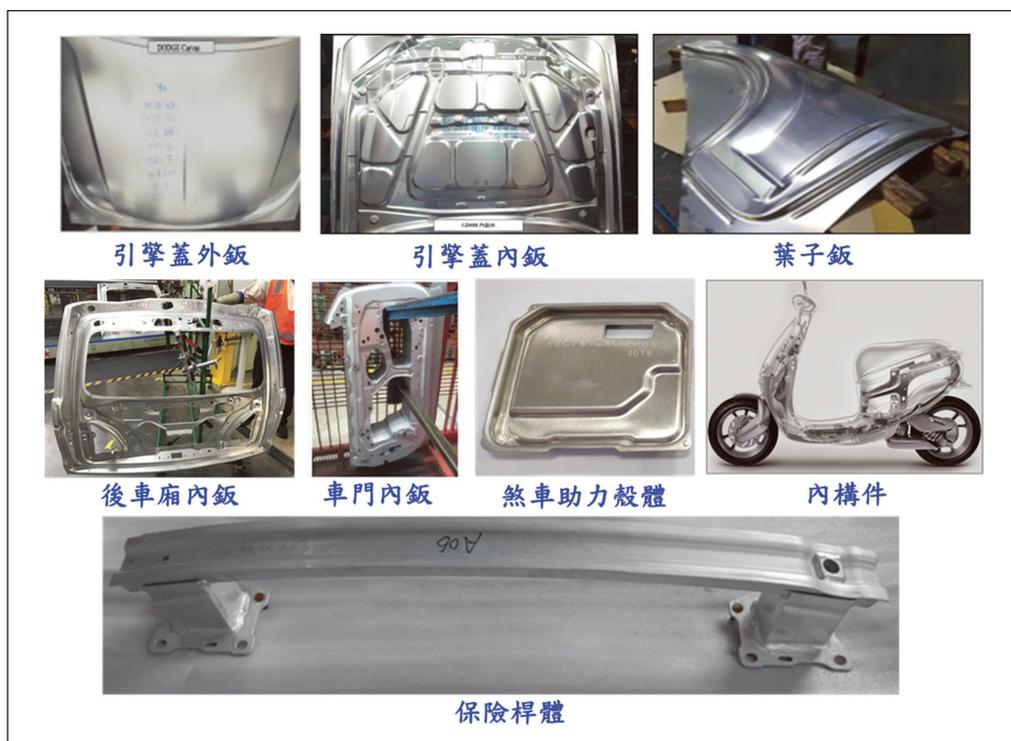


圖 3 中鋼鋁業之車用鋁合金應用實績



圖 4 電動車電池可依結構區分為方形硬殼電池、圓筒型電池與軟包電池

較低，但由於電池本身需要單獨的硬質保護殼，為避免大幅增加組裝後電池包的整體重量，因此多採用質量較輕且優異加工性之

AA1050與AA3003鋁製殼體；而圓筒型電池主要為Tesla所採用，此因其技術成熟且能量密度高於方型硬殼電池，但因組裝成電池包

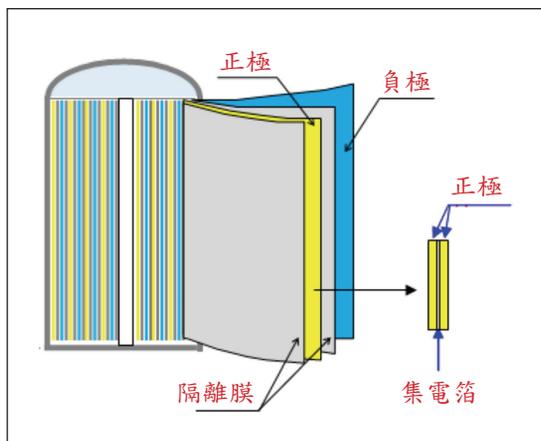


圖 5 方型硬殼電池與圓筒型電池中之正極集電箔

之電池數量龐大，而需要額外的電池管理系統（BMS, Battery Management System），而此技術門檻相當高，截至目前，僅Tesla自身所開發的BMS才能滿足自家電動車的運算需求；然而，無論上述電池為方型硬殼電池或圓筒型電池，其內部構造皆是由正極、負極與隔離膜所組成，其中正極係以鋁箔表面塗覆一層活性正極材料所構成，該鋁箔即稱為集電箔，如圖5所示，一般多採用高強度之AA1070、1N30、AA8079、AA8021等鋁合金作為鋁箔材料。

軟包電池與上述電池之最大不同點，在於液態離子電池外面係以一層鋁塑複合膜包覆，因此在同等容量下，軟包電池的重量較方型硬殼電池輕20%，但其容量卻提高50%，且因外型之可塑性大，電池包多採疊片式軟包電池的佈置，因而能在現有技術上輕易提升電池的能量密度，故將成為實

現電動車電池輕量化與高能化的重要手段；不過，目前軟包電池尚未成為電動車的主流電池，主要在於該層鋁塑複合膜為軟包電池中最為關鍵且技術難度最高的材料；該構造係中間層為鋁箔，並於鋁箔上下分別貼合不同的高分子材料作為阻絕層，該鋁箔即稱為軟包箔，需要兼備高延性與高強度特性之AA8079與AA8021等特殊鋁箔，因此生產技術複雜，但已可預期未來在軟包箔技術愈趨成熟下，軟包電池將逐漸取代方型硬殼電池與圓筒型電池，而成為電動車電池之主流。

中鋼鋁業多年來深耕電動車儲能用鋁材產業，為開發此高品級電池用鋁箔，先至客戶端實地了解其加工製程，釐清相關集電箔及軟包箔之特性需求，再根據其品質機能展開合金設計及生產製程，同時引進先進的鋁箔清洗設備，開發高表面品質清洗技術，以避免鋁箔表面發生孔蝕現象，全面提升鋁箔表面塗覆或貼膜之附著性，現已相繼開發出多款集電箔與軟包箔，如表1所示。

表 1 常見電池鋁箔之鋁種、分類與特色

鋁種	電池鋁箔	特色
1N30	集電箔	高導電率
1N30	集電箔	高導電率
8079	集電箔 / 軟包箔	高導電率
8021	軟包箔	高強度、高延性

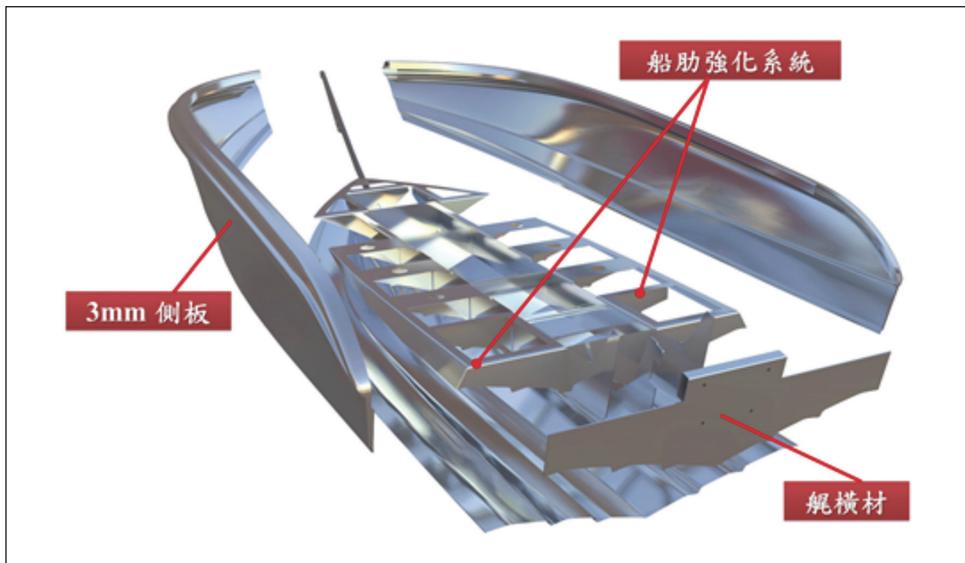


圖6 船用鋁板常用於船體側板、肋板及艙橫材等部位（科建鋁船公司提供）

（三）高強度耐海洋蝕性船用鋁板

鋁合金因具有輕量化的特點，對於提高海上船艦之航速與續航力擁有非常大的優勢，其中又以5000系鋁合金為主，如AA5083、AA5086與AA5383等鋁合金材料，另因鋁合金材料具有高強度與耐蝕性等特性，故被廣泛應用於船體側板、肋板及艙橫材等部位，如圖6。

近幾年來，隨著航運業蓬勃發展，海上船艦愈趨大型化，對於船用鋁板之載重與運輸時可能遭遇碰撞之機械強度要求愈來愈高，故為提高機械強度，中鋼鋁業開發低溫軋延冶金技術，藉由低溫軋延中所累積之大量應變能來提升船板的機械強度，同時導入

四重式熱連軋機取代傳統的往復式冷軋機進行生產，不僅使船板的機械強度更穩定，連帶提高船板的生產速度與產量等雙重效益；此外，亦開發低溫長時間的熱處理模式，以解決船板於銲接後板面發生翹曲之問題。

然而船用鋁板除高機械強度要求外，船體亦因長期浸泡於海水中，而易發生腐蝕問題，因此ASTM B928規範要求船用鋁板必須通過G66/G67腐蝕測試，以確保交通運輸之安全性；根據相關研究指出，5000系鋁合金因鎂含量較高，極易在中低溫的敏化溫度範圍內，於晶界上發生 β 相 (Mg_2Al_3) 析出之現象，此為船板於海水環境中易發生晶間腐蝕之弱點[4]，因此在鋁板生產過程中須避開此段敏化溫度，故中鋼鋁業針對船用鋁板開發

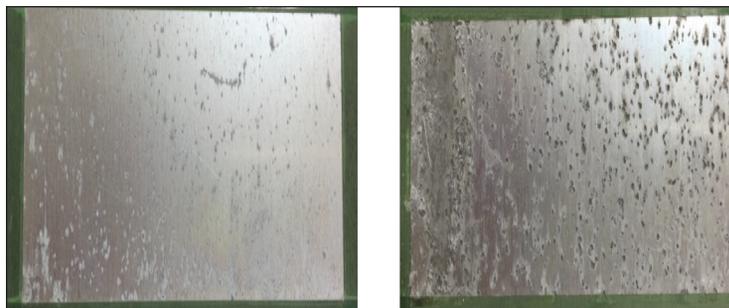


圖 7 船板耐蝕性比較 (1) 中鋼鋁業船板 (左圖)、(2) 它廠船鋁 (右圖)

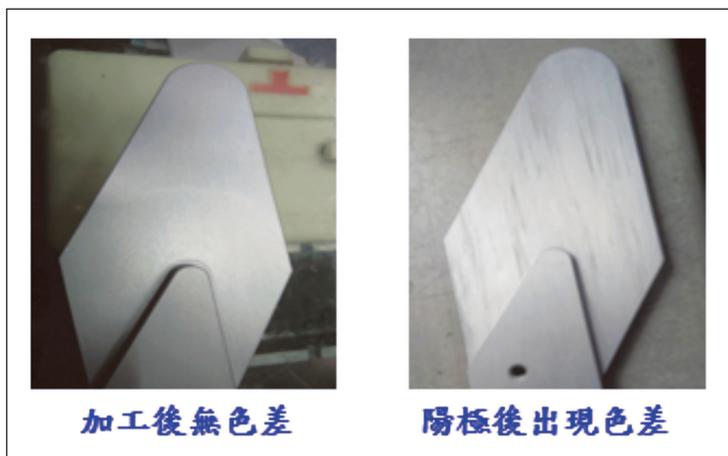


圖 8 重要半導體設備元件之鋁板經陽極後之表面色差條紋

快速冷卻技術，減少 β 相於晶界析出，以提升船板耐蝕性，經與國際鋁廠裸材相比，在相同海洋環境下模擬顯示，中鋼鋁業所開發之船用鋁板耐腐蝕性能更為優越，如圖7所示；目前中鋼鋁業之耐蝕船板已取得美國、日本與中國等各國船協的船板認證書。

三、重要半導體設備元件

我國身為全球半導體產業的生產重鎮，

每年皆投入龐大金額採購半導體設備，其中製造半導體設備之重要元件，例如真空腔體、輸送帶模組與晶圓承載盤等，多數為鋁合金材料，一般常見之鋁種為AA5052、AA5083與AA6061等鋁合金；然而由於半導體設備造價高昂，且對於抗蝕性之要求嚴苛，作為半導體設備用途之鋁板常需額外進行陽極處理，以提供足夠的表面防蝕力，因此對於鋁板陽極後的表面品質要求極高，須滿足陽極後無表面色差條紋等品質需求，如圖8所示。

經內部研究分析，陽極後所出現色差條紋與材料內部組織之均勻性有關，因此為開發無陽極色差條紋之高表面品級鋁板，中鋼鋁業展開上游鋁胚澆鑄階段之組織控制技術，以減少因冷卻速度差異造成鋁胚中心與表層組織不均勻之現象，同時再優化鋁胚的均質條件，藉由高溫長時間均質化處理，以生成次微米級析出物取代原先粗大的晶出顆粒，最後再利用中溫大裁減軋延方式，產出縱深方向組織皆均勻的鋁板，以提供半導體設備業者作為高表面品級鋁板用途。

四、民生消費性電子零件

民生消費性電子零件泛指電腦（Computer）及其周邊、通訊（Communications）和消費電子（Consumer-Electronics），簡稱為3C產品；因應全球新冠肺炎疫情對於生活型態的劇變，居家辦公、行動辦公、宅經濟

娛樂與學校視訊遠距教學等情況將逐漸成為趨勢，使得3C產品需求大幅度提升；此外，物聯網（智慧型穿戴、智慧音箱、藍芽耳機）、消費性電子（4K及8K超高解析度電視導入AI功能）、5G智慧型手機與高效能運算（個人電腦、平板電腦、伺服器、基地台）等應用，更進一步推升整個3C產品的用量需求，然而3C產品問世至今，一直朝向設計輕量、薄化與短小化之趨勢發展，因此在外觀殼件與內部支撐結構件上以加工性佳、强度高、散熱性佳、質量輕、回收性佳與陽極處理後色彩亮眼的鋁合金為主。

目前鋁合金製的外觀殼件已廣泛應用於伺服器、工業與電腦機殼、筆記型電腦外殼、平板殼件與手機殼件等產品，如圖9。主流應用之鋁合金材料包括1000系、5000系與6000系鋁合金；自2015年起，APPLE公司產品IPHONE 6手機背殼採用AA6063鋁合金



圖9 筆記型電腦外觀與硬碟鋁外殼



作為外觀件，尤其鋁合金經過陽極處理後，除了可以達到防蝕效果外，還可形成不同顏色的外觀，其外觀呈現的金屬感與酷炫色彩，廣受消費者喜愛，更是引起眾家手機廠紛紛轉用鋁合金作為手機背殼用料，而高階筆記型電腦亦大量採用AA6061、AA5052與AA5252鋁合金作為LCD螢幕外殼、LCD框架、鍵盤件與底座，其對於陽極品質要求外觀亦須均勻、表面無線痕且具高色澤亮度，目前中鋼鋁業已針對陽極外觀件開發出一系列相對應不同強度之鋁合金產品。

此外，由於3C產品愈趨薄化的設計需求，壓縮整個3C產品的內部機構空間，因此內部支撐結構件一般選用兼具高強度與散熱性的鋁合金，現今已有多家鋁廠開始發展高強度的5000系新型鋁合金，以滿足3C產品薄化需求的高強度支撐力，然而強度越高，其鋁材的折彎加工性能也愈差，為目前待克服的重要課題，因此中鋼鋁業將持續精進現有生產製程，並投入研究開發更高強度與耐折彎加工性兼具之精緻鋁材新產品。

五、結論與未來展望

中鋼鋁業為臺灣最大鋁軋延廠，近年因應國際節能減碳與綠能環保對綠色材料的需求，於2011年啟動第二階段擴建工程，總投資金額約為新臺幣150億元，新增多項高效率、低耗能及低污染的設備，全部工程已於2014年完工投產，現已能充分供應國內外所

需之鋁合金材料，同時針對輕量化鋁製車身鈹金與零部件、電動車儲能用鋁材、高強度耐蝕船用鋁板、重要半導體設備元件與民生消費性電子零件等新產品應用趨勢，持續研發綠色材料，並深耕發展各項鋁軋延材之基礎技術，以達成節源、經濟與環境永續經營之目標。

參考文獻

1. 薛乃琦，“從 Ford F-150 看鋁合金在車體的應用趨勢”，金屬中心 ITIS 產業評析，104 年。
2. 稻葉隆，“Aluminum Alloy Sheet for Automotive Body Panel”，R&D 神戶製鋼技報，Vol. 52, No. 3, pp.79-82, 2002.
3. 謝育錚與閻大維，“國際電動車產業發展現況與商機”，兩岸經貿，第 329 期，108 年五月號。
4. R. Goswamia, G. Spanosa, P. S. Paoa and R. L. Holtza, Materials Science and Engineering, A527, (2010), pp.1089-1095.