

【行政院2009年傑出科技貢獻獎得獎人
黃議興組長、張六文副教授專訪】

打造世界級的 電磁鋼片

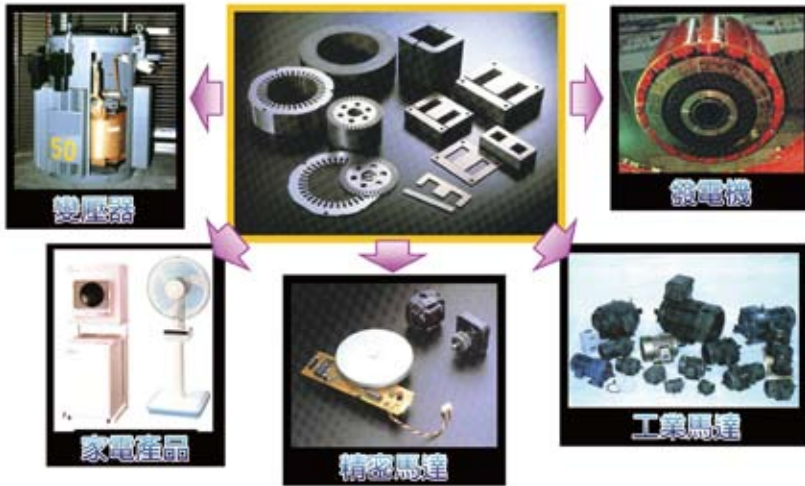
■ 吳美枝

早期，台灣的電磁鋼片市場幾乎被日本鋼廠壟斷。爲了擺脫仰賴日本的窘境，中國鋼鐵公司在缺乏國外技術奧援及生產設備的情況下，自行發展冶金和製程技術。於1989年起，開始供應一般馬達用的電磁鋼片，並持續進行更高品級電磁鋼片的開發。

經過技術團隊多年的努力，不僅成功研發多項關鍵技術，並開發出一系列低鐵損值、高磁通密度的電磁鋼片。而研發過程中的兩位關鍵人物：中國鋼鐵公司的黃議興組長及國立中山大學材料與光電科學學系的張六文副教授，也共同獲得「行政院2009年傑出科技貢獻獎」的殊榮。



● 黃議興組長（左）與張六文副教授（右）自行研發的「高效率馬達用電磁鋼片」，不僅可提升馬達效率，發揮節能減碳效果，更能取代進口鋼料，讓下游相關產業有穩定、低成本的貨源，對於台灣鋼鐵產業的發展，貢獻良多。



● 電磁鋼片具有轉換能量的功能，其用途廣泛，變壓器、發電機、家電產品、精密馬達、工業馬達等，都需要電磁鋼片。（圖片來源：黃議興）

何謂電磁鋼片

電磁鋼片是一種軟磁材料，因含矽量約0.5~3wt%左右，又名為矽鋼片，主要用途是做為電機機械中的磁迴路。雖然電磁鋼片本身沒有磁鐵般的磁性，但在通電後就會有良好的磁性。而變壓器、馬達、發電機等電機設備的工作原理，就是利用電磁鋼片所構成的鐵芯形成磁路，把電能轉為二次電能，或是把電能轉為機械能。簡單而言，電磁鋼片具有轉換能量的功能。

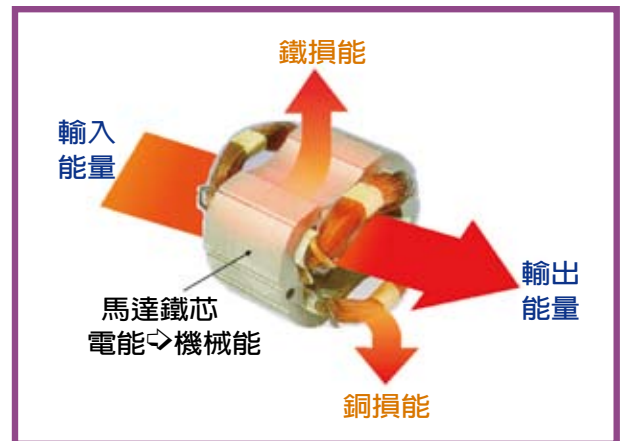
在當今的電力工業中，無論是變壓器、馬達、發電機、繼電

器，乃至於各式家庭電器中的馬達鐵芯，幾乎都是由電磁鋼片所組成，顯見其廣泛性與不可替代性。隨著電氣化時代的來臨，能源使用量也大幅增加。為因應電力需求量的激增，除了不斷開發新電源外，世界各國的研發人員也致力於降

低電力輸配及使用時的耗損。其中，用於磁迴路的軟磁材料—電磁鋼片，因用途廣泛，便成為首要革新的目標。

只能外求的窘境

電磁鋼片的生產技術相當複雜，全世界擁有這項技術的鋼廠並不多，生產技術也始終是機密。既然如此，台灣為什麼要不計代價研發「高效率馬達用電磁鋼片」呢？黃組長表示，電磁鋼片其實屬於民生消費品，在市場上有很大的需求量。早期台灣曾享有「小馬達王國」的美譽，吊



● 馬達鐵芯是由一片片的電磁鋼片所疊成，常見的電磁鋼片厚度是0.5mm，須視馬達大小再決定疊多少片電磁鋼片。馬達是以銅線通電，電流經過電磁鋼片就會產生磁場，藉由磁力的作用讓馬達轉動。（圖片來源：黃議興）

扇產業也有一席之地。過去，馬達業者多是直接進口日本或歐洲的電磁鋼片，不僅成本高，也使得產品在銷售與推廣上有所困難。

另一方面，近年來為追求環保，歐、美、日等市場陸續對各類電器設備實施更為嚴格的環保節能檢驗。國內許多傳統馬達由於電力損耗較大，能源效率低，往往無法完全符合新的環保法規。因此，馬達業者為因應未來市場變化，有必要開發節效率較佳的馬達。而改良馬達製造須從基本材料元件開始，其中電磁鋼片會直接影響馬達的耗電率，因此開發符合新趨勢的電磁鋼片勢在必行。

開創維艱

鐵損值、導磁率及磁通密度是電磁鋼片的3個重要電磁特性，包括美國、日本、德國等國家，都是以這3個特性來區分電磁鋼片的等級。「鐵損值」是電磁轉換中的能量損失，又細分成渦流損和磁滯損。「導磁率」是電磁鋼片被磁化的難易度，其與磁通密度成比例關係。在固定的外加磁場強度下，導磁率愈高，磁通密度也愈高，轉化出的能量也愈高。

自1989年起，中鋼就自行研發出電磁鋼片，並開始進入

商業化的生產。惟當時電磁鋼片的鐵損值較高，屬較低的等級。二十多年來，中鋼沒有停止研發、改良其所生產的電磁鋼片，隨著鐵損值逐步降低，電磁鋼片的等級也不斷提升。為了提高電磁鋼片的等級，黃組長說，最基本的做法就是降低鐵損值，以及提高磁通密度。

簡單來說，鋼片是由很多晶粒組合而成的，每一晶粒則是由很多原子組合而成。若要降低鐵損值中的渦流損，就要在冶金過程中的煉鋼階段適量添加合金元素，如矽、鋁、錳、磷等，以提高電磁鋼片的電阻。

至於磁滯損則和晶粒大小有關，即晶粒越大，鋼片磁化會較順利，磁滯損也就越低。再者，欲提高磁通密度，則要以特殊的冶金方法來控制晶粒成長方位。其中，〈100〉的結晶軸是電磁鋼片最易磁化的方向，會使電磁鋼片具有高磁通量、高導磁率，以及低鐵損值。如以上述方式來降低鐵損、提高磁通密度，電磁鋼片就能發揮最大效益的磁化運作，進而轉化出更大的能量。

眾志成城

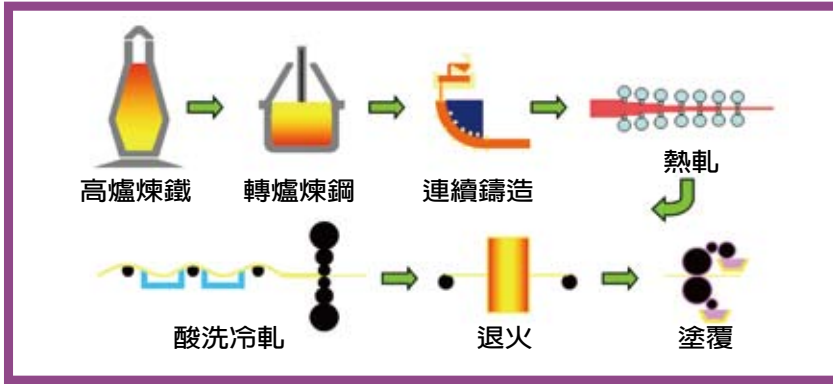
電磁鋼片的設計看似簡單，製作過程卻非常複雜。雖

可參考國外做法，但須考量國內的設備條件，並在有限的環境下，規劃出適當的製程來製造產品。然而，黃組長表示，在克服技術關卡後，依實驗室設計的條件前往工廠驗證，又會有新的難題要克服。因為電磁鋼片的研發與生產，不單單是實驗室裡的工作，還牽涉到工程及實際的生產技術，其過程漫長而複雜，每一環節都很重要，需有不同專業領域的涉入，並以團隊合作的方式來完成。

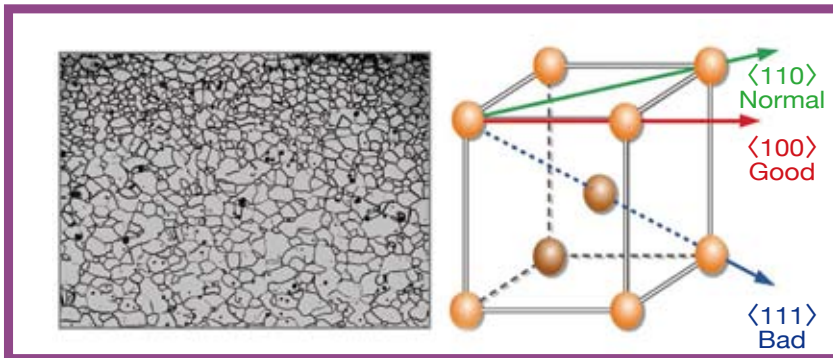
譬如，在電磁鋼片生產流程中，鋼胚經過熱軋，在進入酸洗冷軋前，必須利用焊接把鋼帶接在一起。因為電磁鋼片的矽含量較高，而矽易氧化，會在焊接過程中形成殘渣，破壞焊道，使鋼帶難以銜接。國外的鋼廠通常是以雷射焊接的方式來處理，但是台灣並沒有相關的產線與焊接設備，工作團隊必須自行研發出新的焊接技術。此外，工作團隊也建立一套獨特的熱軋、酸洗、退火製程，這項技術可控制晶粒大小，盡可能生產出晶粒較大的電磁鋼片，進而產出〈100〉方向的晶體結構。

總而言之，電磁鋼片的開發，其內容涵蓋多項技術的創新與突破。尤其研發工作都是國內自主，不但免於投資昂貴

高效率馬達電磁鋼片已實際運用在產業中，
以取代進口電磁鋼片，降低生產成本，
不僅提升馬達效率，也促進電機產業的升級。



● 電磁鋼片生產流程。先利用焦炭把鐵礦石煉成鐵。高爐煉鐵後，去除雜質，即轉爐煉鋼階段，這時可加入合金元素，以降低渦流損。連續鑄造就是讓液態的鋼液凝固變成固體，成為鋼胚，厚度約25cm。鋼胚經過熱軋後，變成扁平狀的熱軋鋼片，厚度約2.3mm。這時的鋼片表面還有銹皮，就以酸洗去除。再來是冷軋，把鋼軋成更薄，約0.35mm~0.5mm。最後再退火、塗覆。（圖片來源：黃議興）



● 圖左是鋼鐵晶粒切面，圖右是其晶體結構。晶體結構的方向性，是以鐵原子排列方向來擬定座標。在不同方向上，磁通密度也會有差異。其中，〈100〉的結晶軸是電磁鋼片最易磁化的方向。至於晶粒的成長方位，得在熱軋、冷軋及退火3個階段中進行控制。（圖片來源：黃議興）

的設備，得以降低生產成本，更成功開發出鐵損值2.4瓦特/公斤以下的高效能電磁鋼片，品質達到世界一流水準。

應用與未來發展

1980年代，中鋼自行研發出較低等級的電磁鋼片，並開始商

業化的生產，大量供給國內小型電機廠，當時正是台灣電機產業開始蓬勃發展的年代。多年來，隨著產業外移與電磁鋼片市場的逐漸飽和，中鋼並未停在原地，反而積極研發出更高等級的電磁鋼片。

雖然中鋼的鋼鐵產量在全球

的市占率不到1%，電磁鋼片的市占率卻高達6%。其所開發的一系列電磁鋼片，具有低鐵損、高磁通等特性，已成功製造成高效率馬達，不僅應用於冷氣機的壓縮機，也已應用在國外多家廠商的知名電動車中。以35CS250電磁鋼片為例，其鐵損值在2.4瓦特/公斤以下，是一般品級的1/3，能大幅提高馬達效率，進而達到節能減碳的環保訴求。

高效率馬達電磁鋼片的兩位主要研發人員黃議興組長與張六文副教授，在這條研發路上已默默耕耘十多年。其研發成果已實際運用在產業中，以取代進口電磁鋼片，降低生產成本，不僅提升馬達效率，也促進電機產業的升級。而且，中鋼的電磁鋼片無論在產量和質量上，都可與國外大廠匹敵。

近年來，在經濟部技術處的推動下，中鋼已聯合下游廠商成立馬達研發聯盟，積極推動高效率馬達的應用及馬達產業升級的工作，同時協助下游廠商開發多種符合市場需求的高效馬達。未來，研究團隊將持續以技術厚植台灣鋼鐵產業的實力，以創新的思維提升產業附加價值，繼續帶領台灣鋼鐵產業向前邁進。

吳美枝

本刊特約文字編輯