

電渦流感測器在雙面研磨機上的應用

振聯科技有限公司 / 凌強

雙面研磨機主要用於矽片、石英晶體、玻璃、陶瓷、藍寶石、砷化鎵、鋰酸鋰等零件的精研雙面加工，也適用於閥板、閥片、光導纖維、電腦儲存盤及其他片狀金屬、非金屬零件的精研雙面加工，該設備的主要特點是四驅動雙面精研，上、下金剛石磨盤作相反方向轉動，工件在載體內作既公轉且自轉的遊星運動，上、下面同時均勻磨削，遊星輪自轉方向可以改變。上、下研磨盤的平面度可以自動修正，研磨量由計時控制，電機變頻調速，啟停平穩，並能選擇理想的磨削速度，研磨壓力分輕、重、輕無級可調，如圖 1。



圖 1. 雙面研磨機^[2]

研磨的工件放在工件行星輪內（如圖 2），上下均有研磨盤。研磨墊固定在上研磨盤和下研磨盤的表面，被加工晶片放在由中心齒輪和內齒圈組成的差動輪系內。研磨壓力則由氣缸加壓上研磨盤實現。為減少研磨時晶片所受的作用力，一般使上研磨盤和下研磨盤（如圖 3）分別以大小相等、方向相反的角速度旋轉。晶片的運動由行星輪帶動，同時上、下研磨盤研磨壓力的作用下產生自轉，因此晶片的運動是行星運動和自轉運動的合成運動。



圖 2. 行星輪 (作者實物拍攝)

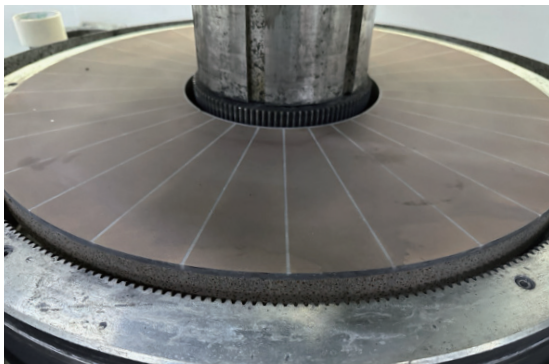


圖 3. 下研盤 (作者實物拍攝)

一、工件厚度測量

雙面研磨對生產製造工藝要求是較為嚴格的，每一個環節的精度要求都有著嚴謹的精度檢測要求，在雙面研磨機運動中研磨速度的增大會是其研磨的生產效率出現提高，但是當速度達到一定要求的時候，會由於過熱而且使工件表面所生成的氧化膜、甚至出現燒傷現象，加工中所使用研磨液出現飛濺流失，運動的平穩性下降，研具出現磨損，會影響研磨精度效果，一般雙面研磨機在工件粗研磨的時候會採用比較低的速度，比較高的壓力，而在精細研磨的時候會採用低速，低壓力進行加工。採用

先進的壓力感測器、PLC 和氣缸的控制技術，同時採用數位 PID 控制方法，實現了研磨機的精密、平穩的研磨和拋光功能，更實現了研磨拋光工件的高精度和高效率加工。

雙面研磨機包括：驅動機構、上研磨盤、下研磨盤、太陽輪、外齒輪和用於裝夾工件的遊星輪，上研磨盤、下研磨盤和太陽輪均與驅動機構連接；太陽輪和外齒輪均位於上研磨盤與下研磨盤之間，太陽輪的外周和遊星輪的外周均設有輪齒，外齒輪呈環形且內壁設有輪齒，太陽輪位於外齒輪的內部區域，研磨過程中，遊星輪位於太陽輪與外齒輪之間，且分別與太陽輪和外齒輪嚙合，遊星輪的端面上設置有多周定位槽。

方法一、工件的厚度為上下研盤間距，如圖 4。電渦流感測器安裝在下研盤的中心輪固定座上，正上方是上研盤的整體移動平臺，所以在研磨時，下研盤的位置變化即為研磨工件的厚度變化，由於在電渦流上方固定一個金屬平面，用於感應渦電流，所以研磨的工件可以為任何材料，金屬或非金屬，如圖 5。監測上研盤位置的變化，此變化即為上下研盤間距的變化，從而進行測量工件的厚度，可替代傳統接觸式位移感測器，這種非接觸式測量精度高，性能穩定，故障率低，渦流感測器可以標準模擬量輸出 4-20mA 或 -5~5V，後端用 PLC 進行採集。

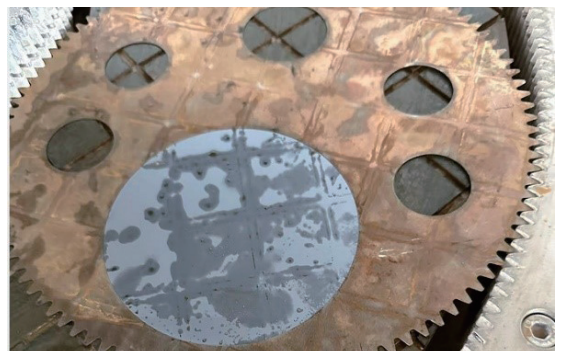


圖 4. 工件位置 (作者實物拍攝)



圖 5. 電渦流安裝位置 (作者實物拍攝)

方法二、電渦流感測器直接安裝在上岩盤上面如圖 6 與圖 7 厚度測試示意圖，由於上下研盤在旋轉，所以需要無線傳輸資料，無線傳輸可選擇網口或 RS485 輸出供 PLC 進行資料獲取，如圖 8。該方法因電渦流直接感測下研盤，所以主要用於研磨非導體，如果工件為金屬導體，則需要下研盤開放一個未放置工件的空間供電渦流感測下研盤，同樣可以達到測量工件厚度的目的。

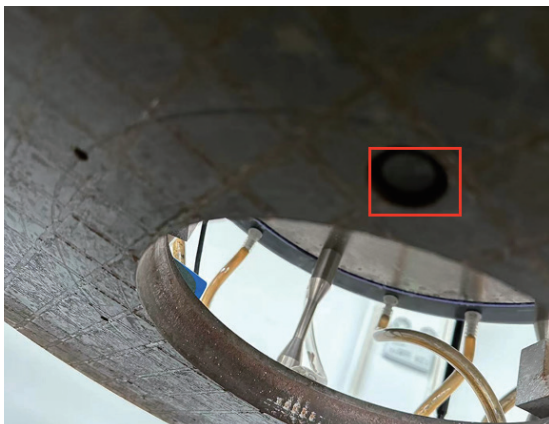


圖 6. 上岩盤探頭位置 (作者實物拍攝)

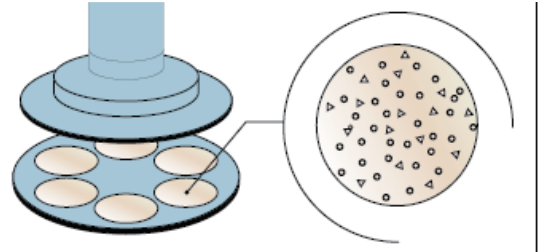


圖 7. 厚度安裝示意圖^[1]

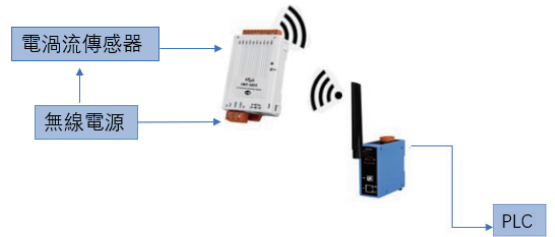


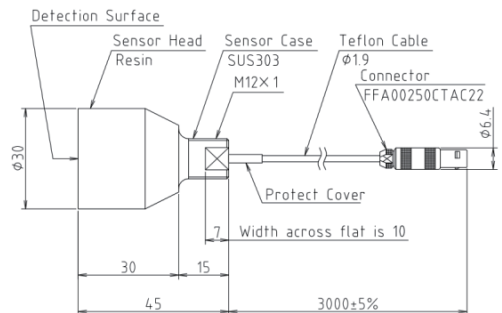
圖 8. 無線連接示意圖^[1]

二、電渦流性能參數及安裝要求

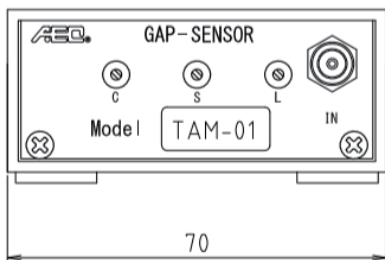
電渦流感測器可以根據工件的厚度大小進行選擇，此次介紹 AEC 12mm 的大量程探頭 PU-30 探頭和控制器 TAM-01，如圖 9。



9-a. 電渦流感測器 AEC 12mm



9-b. 探頭尺寸



9-c. 控制器示意圖

圖 9. 電渦流感測器 AEC 12mm^[1]

探頭：PU-30-032-302 (導線長度 3 米)。

控制器：TAM-01。

被測物體材料：S45C。

量程：2~10mm。

輸出：4~20mA。

線性度：±1%。

解析度：3.5μm (at 6mm)。

頻響：DC~10kHz (-3dB)。

溫度範圍：-20~120°C (探頭)，0~55°C (前置放大器)。

供電電壓：DC 15~24V 80mA。

(一) 電渦流感測器原理

金屬導體置於變化的磁場中或在磁場中作切割磁力線運動時，導體內將產生呈渦旋狀的感應電流，此電流叫電渦流，而根據電渦流效應製成的感測器稱為電渦流式感測器 (如圖 10)。前置放大器中高频振盪電流通過延伸電纜流入探頭線圈，在探頭頭部的線圈中產生交變的磁場。當被測金屬體靠近這一磁場，則在此金屬表面產生感應電流，與此同時該電渦流也產生一個方向與頭部線圈方向相反的交流磁場，由於其反作用，使頭部線圈高频電流的幅度和相位得到改變，這一變化與金屬體磁導率、電導率、線圈的幾何形狀、幾何尺寸、電流頻率以及頭部線圈到金屬導體表面的距離等參數有關。AEC 電渦流感測器連接示意圖，如圖 11。

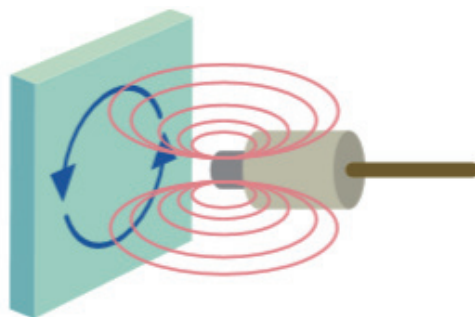


圖 10. 渦電流原理圖^[1]

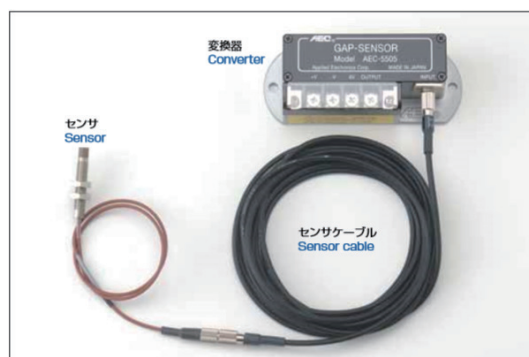


圖 11. AEC 感測器連接示意圖^[1]

(二) 電渦流感測器應用

電渦流感測器能靜態和動態地非接觸、高線性度、高分辨力地測量被測金屬導體距探頭表面的距離。它是一種非接觸的線性化計量工具。電渦流感測器能準確測量被測體（必須是金屬導體）與探頭端面之間靜態和動態的相對位移變化。其特點是長期工作可靠性好、靈敏度高、抗干擾能力強、非接觸測量、回應速度快、不受油水等介質的影響，常被用於對大型旋轉機械的軸位移、軸振動、軸轉速等參數進行長期即時監測，可以分析出設備的工作狀況和故障原因，有效地對設備進行保護及預維修。在高速旋轉機械和往復式運動機械的狀態分析，振動研究、分析測量中，對非接觸的高精度振動、位移信號，能連續準確地採集到轉子振動狀態的多種參數。如軸的徑向振動、振幅以及軸向位置。從轉子動力學、軸承學的原理

論上分析，大型旋轉機械的運動狀態，主要取決於其核心—轉軸，而電渦流感測器，能直接非接觸測量轉軸的狀態，對諸如轉子的不平衡、不對中、軸承磨損、軸裂紋及發生摩擦等機械問題的早期判定，可提供關鍵的資訊。

(三) 電渦流感測器標定

因電渦流感測器的靈敏度受到被測物體材料的影響，當金屬材料變化時，需要重新對感測器進行標定，不同材質的標定曲線如圖 12。以日本 AEC 電渦流感測器測量車輪振幅為例進行說明 (PU-30-032-302、TAM-01)，4~20mA 輸出，如圖 13。

SHIFT(ZERO)：設置探頭與被測物體間距為 2mm，調節 SHIFT，使輸出為 4mA。

CAL(GAIN)：設置探頭與被測物體間距為 6mm，調節 CAL，使輸出為 12mA。

LINEAR：設置探頭與被測物體間距為 10mm，調節 LINEAR，使輸出為 20mA。

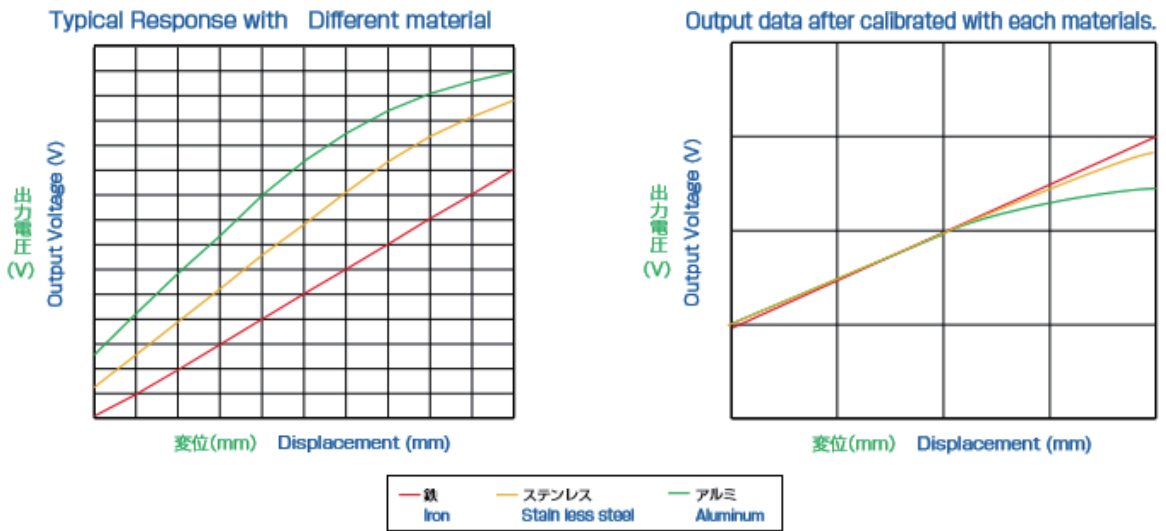


圖 12. 不同材料曲線^[1]

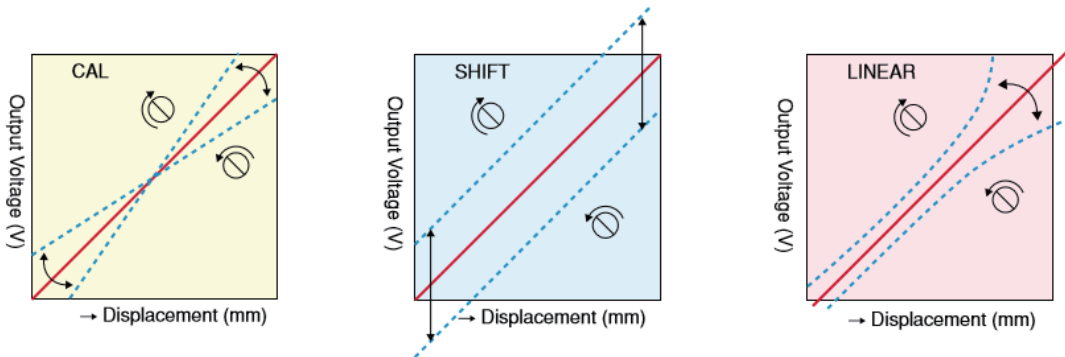


圖 13. 校正示意圖^[1]

(四) 電渦流感測器安裝要求

被測物體的直徑需為探頭的三倍，相互之間間距為探頭的六倍，如圖 14、15、16。

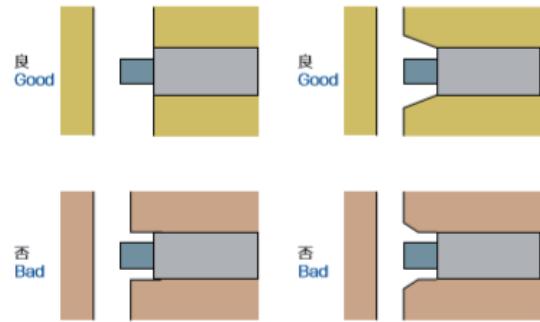


圖 14. 安裝優劣對比^[1]

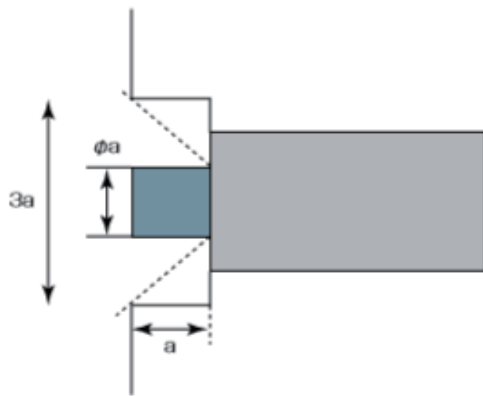


圖 15. 內嵌安裝示意圖^[1]

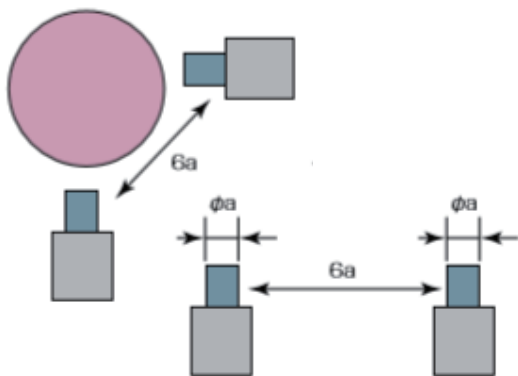


圖 16. 雙探頭安裝間距^[1]

三、電渦流感測器在雙面研磨機測厚的應用發展

電渦流感測器由於具有非接觸、防水，防油污、高頻等特性。雙面研磨機的上、下研磨盤作相反方向轉動，工件在載體內作既公轉又自轉的遊星運動。磨削阻力小不損傷工件，而且兩面均勻磨削生產效率高。這種雙面研磨機的誕生和發展為很多行業的生產效率帶來了改良。用的比較多的有光學玻璃行業的砂片，藍寶石襯底，外延片等等。而工件的厚度測量最終決定研磨機的整體精度，而電渦流感測器的非接觸式測量可以全程監控工件的厚度，甚至可以同時測量下研盤的平坦度，且精度高，可以達到 $1\mu\text{m}$ ，對比任何非接觸式感測器性價比更高，未來將會全面取代接觸式的位移感測器。

參考資料

[1] AEC 產品資料 <http://www.aec-jpn.com>

[2] 百度 <https://www.baidu.com/>。