

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：實習)

氣渦輪機熱段組件再生處理技術研究

服務機關：台灣電力公司

出國人 職 稱：機械工程師

姓 名：謝式儒
(姓名代號)：630350

出國地區：瑞士

出國期間：91年8月4日至91年8月18日

報告日期：91年10月2日

出國計畫：91年度第50號

93/
09103906

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：氣渦輪機熱段組件再生 頁數 11 含附件：□是■否

處理技術研究

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

代號:313310000K 全銜:台灣電力公司

聯絡單位:人事處 聯絡人:陳德隆 聯絡電話:2366-7685

出國類別：□ 1 考察 □ 2 進修 □ 3 研究 ■ 4 實習 □ 5 其他(開會)

出國期間：91.8.4-91.8.18 出國地區：瑞士

報告日期：91.10.2

分類/號目

關鍵詞：真空電漿噴鋸、葉片

內容摘要：

複循環氣渦輪機熱段組件（Hot Section Components）如葉片（Blade）長期在高溫及含腐蝕元素環境下運轉，使材料受到高溫氧化和熱腐蝕的侵襲產生嚴重劣化，甚至龜裂，不但降低組件之耐久性（Durability）且影響機組運轉之可靠性（Reliability），這個問題也困擾著工業界數十年，電廠爲了確保機組運轉的安全性與穩定性，必須有足夠的備品作爲機組大修時更換之需，但這些消耗性熱段組件皆爲高單價之組件，如葉片每級皆在二、三千萬元以上，若能以材料表面處理技術，延長組件之壽命即可節省大量維修費用。爲因應未來民營化及電業自由化，本公司需自行建立葉片翻修再生製程之核心技術，以免受制於國外原廠昂貴的維修費用，本公司於九十年度新購之真空電漿噴鋸即將完成，此次出國研習之目的爲至原製造廠接受相關之訓練，包括設備的操作、功能的測試及品質的提昇等。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網（<http://report.gsn.gov.tw>）

目 錄

1. 前言	1
2. 出國行程與計畫	2
3. 研習內容	2
4. 雙工件轉軸真空電漿噴銲 (2-sting LVPS)	
設備簡介	4
5. 模擬葉片噴銲處理	6
6. 轉軸校正	9
7. 耐久測試	10
8. 結論與建議	11

1. 前言

複循環氣渦輪機熱段組件如葉片長期在高溫及含腐蝕元素環境下運轉，使材料受到高溫氧化和熱腐蝕的侵襲產生嚴重劣化，甚至龜裂，不但降低組件之耐久性（Durability）且影響機組運轉之可靠性（Reliability），這個問題也困擾著工業界數十年，電廠爲了確保機組運轉的安全性與穩定性，必須有足夠的備品作爲機組大修時更換之需，但這些消耗性熱段組件皆爲高單價之組件，如葉片每級皆在二、三千萬元以上，若能以材料表面處理技術，延長組件之壽命即可節省大量維修費用。

近年來由於環保意識高漲，火力電廠燃煤電廠受限於國際上 CO₂ 排放量的限制與國內 NO_x 排放標準的提高，增設機組不易，最近幾年國內外新建機組中多爲燃燒天然氣大型複循環機組。本公司如南火、興達和林口電廠之西門子複循環機組，此亦爲國內 IPP 發電業新建機組之趨勢，爲了降低燃料成本的支出，世界上各製造廠家莫不致力於研發新的發電技術來提昇氣渦輪機出力及效率。然而進氣溫度及壓力的提高固然可提高運轉效率，但相對的對於葉片組件受到高溫氧化和熱腐蝕的損害也必然加劇，而且根據機組運轉條件的不同葉片破壞的機構（Failure mechanism）也不同，爲了因應燃氣溫度提高對葉片所造成的劣化，相關的技術也必須相對提昇，如（一）葉片新合金材料的研發（二）葉片內部冷卻孔設計上的改善（三）葉片表面處理技術的提昇。但前二項屬原製造廠之範疇，使用單位難以著墨，唯有從材料表面處理技術來提昇葉片之使用壽命，真空電漿噴鍍爲一可行之方法，本公司複循環氣渦輪機組包括 GE、ABB 與西門子氣渦輪機組共約 60 部，每年需再生處理之葉片數量甚多，爲因應未來民營化及電業自由化，本公司應自行建立葉片翻修再生製程之核心技術，以免受制於國外原廠昂貴的維修費用，本公司於九十年度新購之真空電漿噴鍍即將完成，此次出國研習之目的爲至原製造廠接受相關之訓練，包括設備的操作、功能的測試及品質的提昇等。

2. 出國行程與計畫：

2.1 計畫名稱：氣渦輪機熱段組件再生處理技術研究

2.2 出國期間：91.8.4~91.8.18

日期	機構名稱	工作內容
8/4~8/5		往程(台北—蘇黎克—Wohlen)
8/6~8/16	Sulzer Metco 公司	研習氣渦輪機熱段組件再生處理技術
8/17~8/18		返程(Wohlen—蘇黎克—台北)

3. 研習內容：

一、 整個設備系統及各組件的功能簡介，包括

- 氣體流量控制 (gas management center)
- 程序控制 (process control center)
- 真空控制 (vacuum control center)
- 石英燈管 (quartz lamps)
- 送粉器 (powder feeders)
- 冷卻水系統 (water distribution/chiller)
- 真空泵系統 (vacuum pumps system)
- 電力系統 (plasma power supplies)

二、 CNC 系統的操作，包括

- 各傳動軸的簡介 (handling system)
- 主控制盤功能操作 (main panel screens)
- 參考點設定 (homing axis)
- 各軸定位及調整 (axis alignment)

三、 噴銲工件的 CNC 程式設計

- CNC 控制指令的應用 (use of M&G codes)

- 程式結構的認識與設計 (program structure)
- 程式的試動與修正 (demo part program)

四、LVPS 設備的操作

- 手動操作 (manual operation)
- 自動操作 (automatic operation)
- 機械聯鎖 (machine interlock)
- 葉片噴鋸程式的開發 (creating new program)
- 實體葉片的噴鋸 (blade coating)
- 噴鋸程式的修改 (program adjustments)

五、噴鋸塗層品質檢測 (quality testing)

- 葉片真空熱處理 (vacuum heat treatment)
- 葉片切割與研磨拋光 (cutting & polish)
- 實驗室金相觀察 (lab. microstructure observation)

六、故障排除 (trouble shooting)

- 操作手冊/線路圖 (documentation/diagram)
- 緊急停止復原 (E-stop recovery)
- 偵錯信息 (diagnostic message)
- 控制系統 (control I/O system)
- PLC logic 控制

七、真空系統 (vacuum system)

- 真空問題 (vacuum problem)
- 測漏 (leaking checking)

八、耐久測試 (endurance test)

- 8 小時連續噴塗測試
- 週邊組件性能測試

4. 雙工件轉軸真空電漿噴鋁（2-sting LVPS）

設備簡介

LVPS 噴鋁設備是 Sulzer Metco 公司最近幾年研發設計出來的真空電漿噴鋁設備，基本上是根據各公司舊有的設備設計原理加以融合，並改善以往的缺點製造而成，也是目前世界上主要氣渦輪機製造廠家及葉片維修公司如 GE、Alstom、Siemens、MHI、TACR 等公司在葉片維修上的主要設備如圖 1 所示，本公司新購之設備也是屬於此一型式，噴鋁時金屬粉末受到電漿氣流的加熱成融熔狀態，高速的撞擊在葉片表面上，形成緻密的保護性塗層，由於電漿氣流為導電性，所以在噴槍與工件間會產生二次電弧（Transfer arc），可用來清潔葉片表面雜質（Sputter cleaning），或改變工件為負極，使電漿能量集中在葉片表面上能夠快速的預熱工件，對於大型工件的預熱甚有幫助，不但可以節省噴鋁時間也可以減少高壓氣體的消耗成本，雙工件轉軸 LVPS 系統，主要的構造包含：

- (1) 真空艙
- (2) 直立式過濾系統
- (3) EPI 03C 噴槍
- (4) 噴槍轉軸
- (5) 工件轉軸
- (6) 轉換艙
- (7) 送粉器
- (8) 電源供應系統
- (9) 真空系統
- (10) 冷卻系統
- (11) 電漿控制系統
- (12) 工件旋轉移動控制系統
- (13) 石英燈預熱裝置

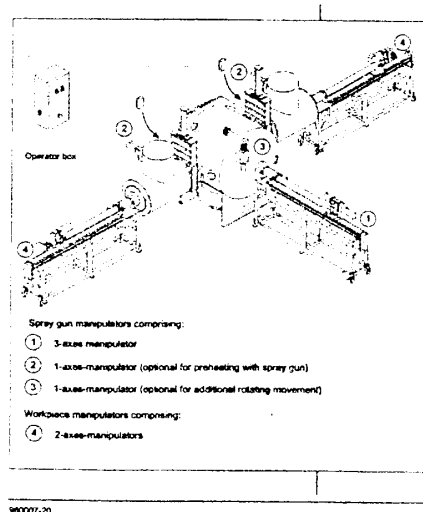


圖 1 真空電漿噴鋸設備構造圖

此設備最大的優點是（1）噴槍轉軸從原來的三軸增為四軸，旋轉角度也加大，可增加噴鋸時的工作範圍，對於較大的工件甚有幫助（2）工件轉軸具有 Roll-back 的設計如圖 2 和圖 3，大工件可以從轉換艙直接裝卸，不需要破壞主真空艙的真空，可增加生產速度（3）所有工件轉軸的組件都在真空艙外，可避免組件受到高溫及粉塵的傷害，且便於維修（4）噴槍的功率增大，電流最高可達 2,000 安培，可增加葉片的噴鋸速率。

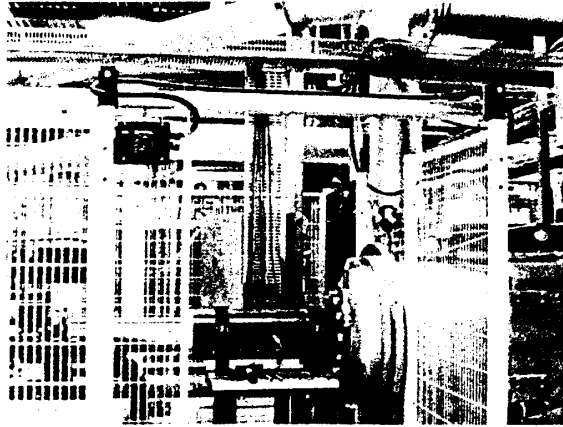


圖 2 工件轉軸 Roll-back 設計

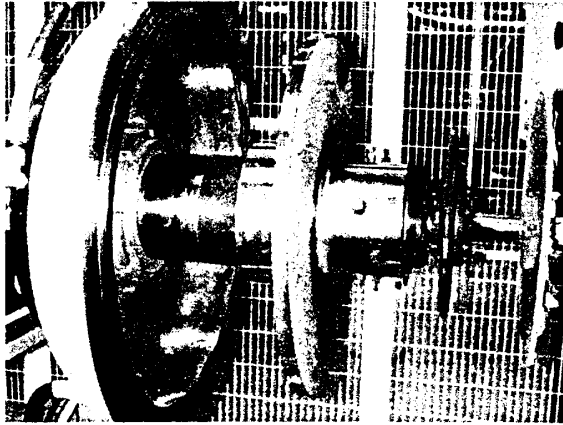


圖 3 工件轉軸 Roll-back 放大外觀

5. 模擬葉片噴鋸處理

爲了測試本設備之各項功能是否可達到規範之要求及噴鋸出高品質之工件，最佳之方法就是進行實體模擬葉片的噴鋸。

5.1 CNC 噴鋁程式的開發

真空電漿噴鋁為六軸之電腦數值控制 (CNC)，噴鋁前需先根據葉片的幾何形狀來設計噴鋁程式，模擬葉片是以興達電廠西門子氣渦輪機第一級靜葉片來測試，由於葉片較大，幾何形狀複雜且曲度大，所以葉片噴鋁程式的設計並非易事，需經數次的修正才能得到最佳之噴鋁程式，本設備之 CNC 控制系統採用美國 Allen-Bradley 公司產品，數值控制相當準確，研習期間也與原廠人員在程式設計方面的理念充分的討論與交換心得，可作為以後程式設計上的參考。

5.2 噴鋁參數之設定

除了噴鋁程式的設計外，尚需針對工件的大小與粉末成份來設定噴塗參數如電流、電壓、噴塗距離、真空艙壓力、氣體流量和送粉速率等。噴塗的變數繁多且互有影響，設定不當可能使葉片表面過熱甚至融化，氣體流量不當也會使合金粉末未完全熔融，無法達到噴鋁的目的。

5.3 模擬葉片噴鋁測試

噴鋁前需將真空艙內之灰份清除乾淨，然後抽真空至適當的壓力，噴塗的過程包括預熱、表面清潔和噴鋁處理三個步驟。噴鋁後之葉片需施以高溫固溶及析出硬化真空熱處理，以增加葉片基材與塗層間之結合強度，圖 4 與圖 5 為興達電廠氣渦輪機第一級靜葉片外觀和實際噴鋁之情形。

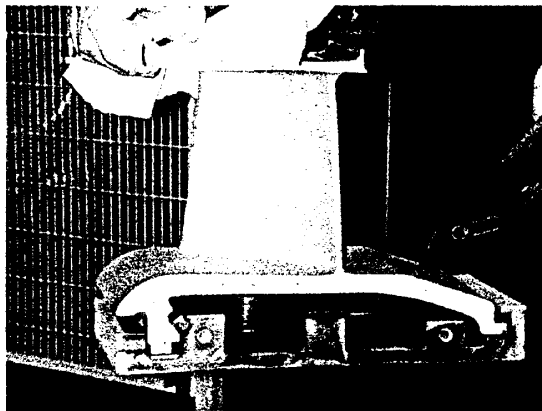


圖 4 興達電廠氣渦輪機第一級靜葉片

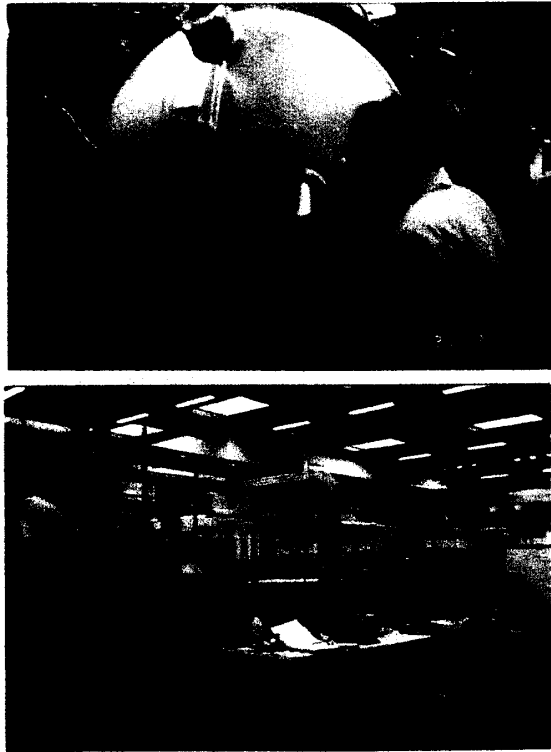


圖 5 興達電廠氣渦輪機葉片現場實際噴鋅

5.4 噴鋅塗層品質檢測

噴鋅後之葉片在不同位置經斷面切片研磨拋光做金相組織觀察，如圖 6 所示，金相組織觀察包括塗層的厚度分佈、空孔率、氧化物含量。

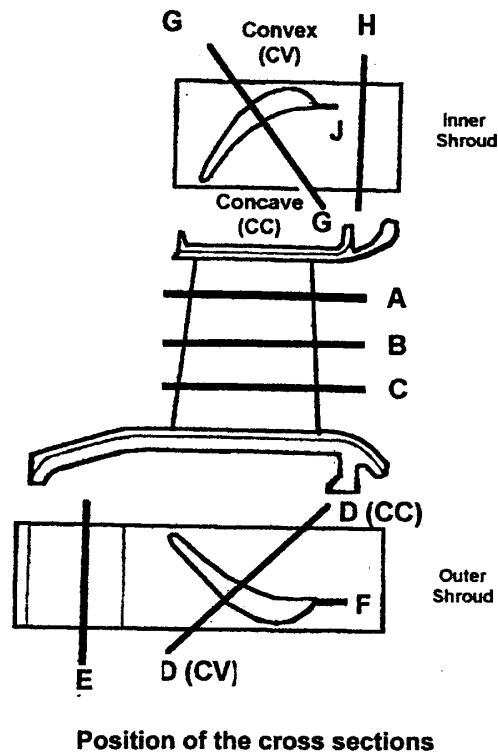


圖 6 噴銲後之葉片金相組織觀察

6. 轉軸校正

噴槍轉軸與工件轉軸再經運轉一段時間後，為確認 CNC 程式中之位置是否偏移，必須做中心點的校正，校正時將鉛錘一端固定在噴嘴，工件轉軸移至鉛錘下方，以水平儀及角鋼靠住槍體，調整至水平位置，控制器此時所顯示的各點位置為正確之位置，紀錄後再以 Home mode 修正回來。校正紀錄如圖 7 所示。

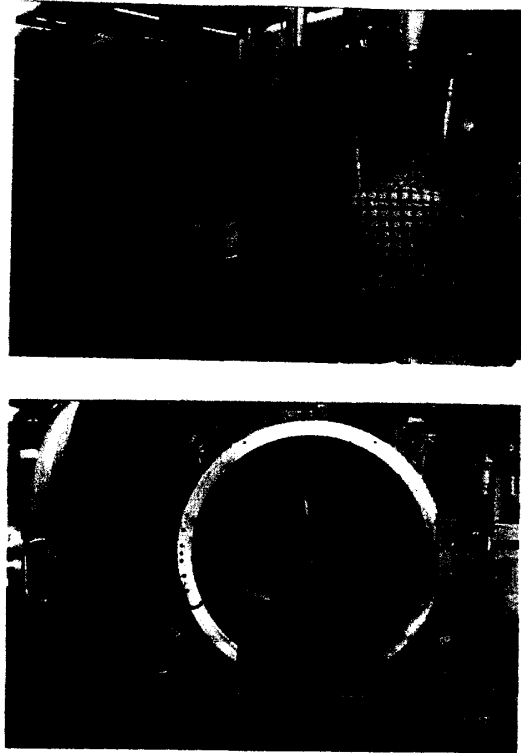


圖 7 噴槍轉軸與工件轉軸校正

7. 耐久測試

爲了測試設備之穩定性，進行 8 小時連續噴塗測試及週邊組件性能測試，測試時使用之工件包括葉片、圓柱及平板試片。週邊組件性能測試包括（1）高壓氣體流量（2）送粉機功能測試（3）石英燈管功能測試（4）工件轉軸的行程與再現性（5）真空泵的抽真空速率與漏氣率測試等。

8. 結論與建議

- (1) 此次出國研習主要目的為參加本公司新購之真空電漿噴鋸設備相關操作訓練及交機前之功能初步測試，研習內容豐富，在研習期間也能與原製造廠技術人員針對設備的操作和性能有較深入的討論，獲益良多，對本設備未來的運作也會有所助益。
- (2) 本公司複循環氣渦輪機組日益增多，每年需再生處理之葉片甚多，為因應未來民營化與自由化，本公司應儘速建立這方面的技術與能量，包括製程中相關設備的建立與人力的規劃。