

佛原電에서의 一般補修 및 改補修

플랜트設備의 改補修計劃은 EdF社의 基本政策의 하나이며, 設備의 全壽命期間을 通해 設備의 信賴度를 높이고, 플랜트중의 가장 最近의 유닛을 基準으로 定해지며, 改補修는 既存 유닛에 대해 똑같은 特性을 갖도록 施行된다.

지난 3年間 프랑스에서 運轉中인 900MWe 유닛들의 平均稼動率은 80%를 넘었으며, 이러한 良好한 실적을 올리게 된 것은 電力會社와 設備를 設計, 製作해온 主要 設備供給業體들과의 밀접한 協力關係가 維持된 結果라고 할 수 있다.

프랑스의 PWR프로그램은 規模가 크므로(41基 運轉中, 14基 建設中) 建設 및 運轉經驗을 通해 얻은 貴重한 資料를 後續機의 建設과 既存유닛의 運轉에 活用하고 있는 것이다. 이러한 經驗은 EdF社 以外의 다른 電力會社들로부터도 認定을 받아 프랑스製造業體들은 新規原電플랜트와 既存플랜트의 改補修에 대한 供給契約를 受注했다.

EdF社의 基本政策

플랜트設備의 改補修計劃은 EdF社의 基本政策의 하나이며, 設備의 全壽命期間을 通해 設備의 信賴度를 높이고, 플랜트중의 가장 最近의 유닛을 基準으로 定해지며, 改補修는 既存 유닛에 대해 똑같은 特性을 갖도록 施行된다.

EdF社는 또 가장 重要한 設備(安全性과 플랜트稼動率과 關聯있는)에 대해서는 「補修가 必要없는」 政策方向으로 나가고 있다. EdF社는 航空宇宙科學과 같은 몇가지 다른 尖端技術產

業과 같이 原子力發電도 公衆의 保健과 安全에 미치는 影響때문에 가장 信賴性이 높은 設備를 갖추어야 한다고 믿고 있으며 이러한 設備들은 正常運轉時나 異常運轉時의 性能低下가 最小가 되도록 設計돼 있지 않으면 안된다. 이렇게 하면 設備補修는 各 設備가 圓滑히 움직이고 있는지를 確認하기 위한 設備檢査로 變하게 된다. 이렇게 할 수 있는 것으로는 「單純한」 靜止設備(드럼이나 파이프같은)나 一部 機械인 設備들(電動機나 밸브같은)이 該當되며 精巧한 設備(터빈發電機, 給水펌프, 熱交換器 등)의 設計와 構造는 그 品質에 關係없이 正常的인 運轉에 의해서도 影響을 받게 돼 있다.

事故發生時에는 보다 더 徹底한 豫防補修를 할 것인지 아니면 設備의 脆弱點과 더 以上の 補修를 同時에 謀免할 수 있는 改造를 할 것인지에 대해 選擇을 하지 않으면 안된다. 이에 대해 補修에 關心을 쏟고 있는 EdF社는 後者를 選擇했는데 그 理由는 大概의 脆弱點들은 지금까지의 經驗 또는 設計再檢討를 通해 把握할 수 있으며 이에 따라 適切한 設備改造를 함으로써 較正될 수 있다고 보기 때문이다. 勿論 이러한 改造는 運轉中인 모든 유닛에 대해 補充, 實施되지 않으면 안되며 이와 같은 일은 TMI 事故를 分析檢討한 後에 실시했던 것과 같은 大規模의 프로그램으로 發展될 수도 있을 것이다.

原子爐系統

NSSS設備의 一般補修와 改補修에 대해 過去 10年以上 經驗을 쌓아온 Framatome社는 이를 바탕으로 아주 많은 種類의 原子爐 補助서비스를 開發했으며 이러한 서비스들은 모두 다음과 같은 目的下에 이루어지고 있는 것이다. 즉, 플랜트 各 設備의 安全性과 信性의 改善 내지 極大化, 플랜트停止時間의 短縮, 플랜트補修人員에 대한 被曝線量 最少化 등이다.

이러한 原子爐補助서비스의 開發은—특히 高度한 技術이나 長期의인 開發이 必要한 것에 대해서는—大體의으로 電力會社들과의 提携를 土臺로 相互間에 合意를 보도록 돼 있다.

NSSS設備의 改善이나 改造는 變하고 있는 規制條項이나 行政의인 가이드라인에 맞추기 위해서 또는 單純히 NSSS設備의 性能을 改善하거나 플랜트運轉을 補強하기 위해서 必要하게 된다.

이에 關한 몇가지 例를 들어 보겠다.

TMI事故結果로 Framatome社는 改良型 加壓器安全밸브를 開發했는데 이것은 壓力調節後 밸브가 正確하게 닫히도록 돼 있다. 이 새로운 設計에서는 在來方式인 各個, 스프링의 荷重을 받고 있는 安全밸브나 減壓밸브代身에 SEBIM型 파일로트·밸브에 의해 動作하는 直列로 配列된 安全/減壓밸브들을 使用하고 있다. 이러한 改補修는 正常的인 計劃補修期間中에 實施되고 있다.

運轉方式 改善의 좋은 예가 原子爐 改良型 運轉方式(Reactor Advanced Maneuverability Package, 略稱 RAMP)이다. 이 방식은 原子爐의 電氣出力을 連續의으로 系統需要에 맞출 수 있게 돼 있으며 따라서 原子力發電플랜트의 出力을 負荷追從方式에 따라 消費電力의 變動에 맞출 수 있게 돼 있다. 한가지 形式의 爐心制御에서 또다른 形式의 것으로 急速히 轉換시킬

수 있는 이 시스템은 28基의 프랑스 國內 플랜트에 設置돼 있다.

세번째 예로 「原子爐保護系統」을 手動式보다 더 빠르고 正確하게 定期的으로 點檢할 수 있는 프로그래밍이 可能한 自動試驗器를 들 수 있다. 이것은 補修條件을 改善하는데 있어 劃期的인 方法이다. 現在 모든 프랑스 國內 플랜트에 設置中인 이 시스템은 頻繁히 原子爐의 誤動作트립의 原因이 되어온 더디고 힘드는 手動操作裝置를 代置할 수 있는 것이다.

特殊補修

經常補修서비스(여기서는 取扱하지 않았다)以外에 Framatome社에서는 計劃停止나 不時停止期間中에 適用할 수 있는 高度의 補修技術을 開發했다. 補修作業은 原子力플랜트의 設計者이며 製作者이며 建設者인 이 會社의 能力에 依存하고 있으며 이를 實施하는데는 많은 分量의 分析作業과 工程作成, 特殊로봇 및 工器具의 使用이 必要하게 된다. 가장 重要한 補修作業은 原子爐冷却材系統의 設備들을 取扱하는 것이지만 補助系統의 設備들도 이에 包含 시키게 된다.

蒸氣發生器의 補修

蒸氣發生器의 補修는 主로 튜브시트와 튜브 다발에 대해 實施하게 된다. 흔히 施行하고 있는 補修作業으로는 튜브 플러깅(프랑스 全國의으로 지금까지 5,000個의 플러그가 插入되었다), 튜브試料採取(프랑스 全國의으로 지금까지 120個의 튜브 샘플이 採取되었다), shot-peening作業(지금까지 프랑스內의 17個 플랜트에서 shot-peening作業이 實施됐으며 今年內에 6個 플랜트에서 追加로 實施할 豫定이다) 등이 있다. 美國에서 一般的으로 施行되고 있는 tube sleeving作業은 프랑스에서는 아직 實施되지 않고 있지만 이 方法을 開發하여 1984年 프랑스의 Fessenheim플랜트에서 몇個 샘플을 가지고 示範한 일이 있다. 또한 熔接sleeving方法도 EdF로부터의 注文에 對備해서 現在 開發中에 있다.

이 외에 計劃停止期間중에 施行되는 蒸氣發生器 sludge lancing作業과 今年중에 實施豫定인 채널헤드에 대한 化學除染作業을 들 수 있다.

原子爐壓力容器的 補修

原子爐壓力容器에 대한 補修作業에는 主로 closure flange의 seal groove, closure의 stud hole, 固着된 stud, guide-tube pin, 爐心計裝 등에 대한 作業이 있다. 特記할 만한 것으로는 1982년부터 1985年사이에 21基의 900MW유니트에서 guide-tube pin을 代替한 作業을 들 수 있는데 이 作業에는 Pierrelatte工場에 設置돼 있는 特別設計에 의한 hot cell이 使用되었다. 이 作業을 위해 停止期間중에 guide tube들이 이 工場으로 보내졌었다. 上部內藏部品 交替를 위한 模擬作業이 한 新規플랜트의 建設期間중에 滿足스럽게 實施되어 必要할때 上部內藏部品를 交替할 수 있도록 設計된 工具類와 作業方法이 適切했음이 證明되었다.

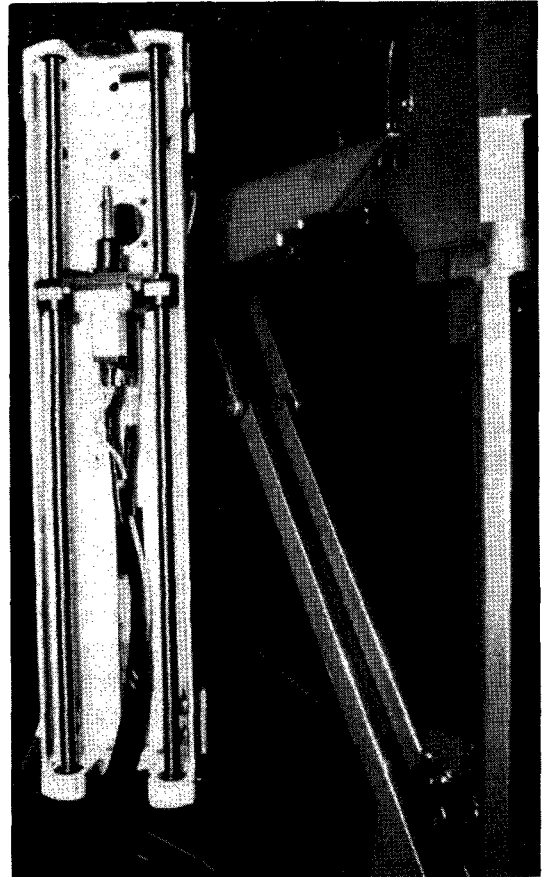
이와 같이 品質이 높은 作業節次와 裝備를 使用하면서 施行하는 補修作業과 함께 高度의 較正作業을 實施함으로써 어떠한 事故가 일어나더라도 이에 對處할 수 있게 되는 것이다. 實例를 들면 이 會社에서는 蒸氣發生器 部品交替作業과 其他 아주 專門인 作業을 위해서 여러 가지 技術을 開發했다.

몇가지 프랑스의 原子爐서비스는 主로 유럽과 美國 등의 外國會社들에 의해 建設된 PWR 플랜트에 提供할 수 있는 것으로 判明되었다.

그 한 例가 86년에 shot-peening作業이 美國, 스웨덴, 스페인, 유고, 벨기에 등에서 實施되었으며 튜브 플러깅과 튜브除去作業이 벨기에와 스페인에서 이루어졌고 가이드 튜브 割핀 交替作業이 美國과 벨기에에서 實施되었다.

2次系統과 電氣 및 制御設備

設備改造와 改善 : 프랑스 原子力發電 플랜트



〈操作아암 Romeo. shot-peening作業과 蒸氣發生器 튜브의 sleeving作業에 使用된다〉

의 높은 稼動率은 原子力플랜트中的의 이 部門의 構成設備들의 높은 信賴性이 그 主要因의 하나가 돼 있다. 1次系統으로 부터 오는 低溫/低壓의 蒸氣로 因한 浸蝕/腐蝕 등의 새로운 問題들이 解決되었고 이에 따른 改補修가 모든 플랜트에서 實施되었다. 또한 意義있는 研究開發의 結果로 設備의 信賴度 向上, 效率向上, 補修作業 減少를 가져왔다.

改善된 第2世代의 터빈 出現 : 프랑스에서 새로 擡頭되고 있는 問題로는 局部的인 蒸氣漏洩과 CP1 터빈의 浸蝕/腐蝕의 問題가 있다. C P2 유니트에 대해서는 主蒸氣供給벨브와 回轉速度減小時의 發電機 로터의 振動問題들이 解決해야할 問題點으로 남아 있다. 10年間的 研究

●● 韓國의 原子力 9,10號機(1,000MW, 1,800rpm)를 위해 納品된 터빈은 앞서 말한 改善된 長點들을 大部分 갖추고 있으며 다른 業體에 의해 當初에 供給되었던 터빈 로터를 交替하는 問題로 現在 外國會社들과 商談이 進行되고 있다. ●●

開發을 거쳐 1992년에는 Chooz에서 最初로 初期世代之의 1,500MW級의 衝動式 터빈이 稼動될 豫定이며 이를 위해 지금까지의 프랑스 플랜트의 建設과 運轉을 위한 모든 改補修 經驗을 活用하게 될 것이다. 이 터빈의 長點으로는 높은 效率, 容積과 重量의 減少(이에 따라 플랜트 土 建工事費가 減少됨)와 信賴性向上 등을 들 수 있는데 이는 LP로터가 熔接된 鍛造鋼棒으로 돼 있기 때문이다. 韓國의 原子力 9,10號機(1,000 MW, 1,800rpm)를 위해 納品된 터빈은 앞서 말한 改善된 長點들을 大部分 갖추고 있으며 다른 業體에 의해 當初에 供給되었던 터빈 로터를 交替하는 問題로 現在 外國會社들과 商談이 進行되고 있다.

濕分分離加熱器(MSR) : 廣範한 研究開發活動의 結果로 性能이 向上되고 信賴度가 높아졌다. 浸蝕/腐蝕 問題가 Stein Industrie社에 의해 解決되어 이 方法이 프랑스와 다른 나라들에 供給되는 MSR에 대한 最近 設計에 適用되었다. 예를 들면 2個의 美國電力會社가 各各 그 傘下의 Point Beach-1, 2號機의 濕分分離器와 Calvert Cliffs-1號機의 濕分分離加熱器를 交替하는데 프랑스 製品을 擇했다.

蒸氣라인상의 高速分離器(HVS) : 이 靜止型의 콤팩트한 分離器는 EdF社와 Stein Industrie社가 共同開發한 것으로 配管 및 機器의 浸蝕/腐蝕을 顯著히 減少시키며 이것은 이미 프랑스의 大部分의 900MW 및 1,300MWe級 유니트와 韓國의 原子力 9, 10號機에 設置되었다. 이에 대한 特許도 美國의 B&W社에 讓授된 바 있다.

復水器(性能 效率化와 海水漏入防止) : 廣範한 設計와 모델實驗에 의한 研究 結果 프랑스 플랜트들의 滿足스러운 運轉狀態가 確認되었으며 이는 特히 浸蝕, 腐蝕, 振動, 設備의 老朽化, 스팀·덤프試驗(定格出力의 85%), 脫氣器, 復水器의 眞空度 등에서 그러했다. Delas Weir社(Alsthom社의 子會社)는 티타늄 튜브(60,000~100,000個)를 2重튜브시트나 홈이 있는 두꺼운 튜브시트 속에서 擴張시킴으로써 氣密한 接合이 되도록 開發했다. 이러한 設備改善中에서 가장 印象의인 實績은 復水器티타늄 튜브다발 엘리먼트를 交替했던 일로 이 部品들은 프랑스에서 製作되어 美國의 Maine Yankee 플랜트에 設置되었다. 또한 홈이 있는 두꺼운 티타늄 튜브시트가 새 支持시트와 함께 臺灣에 供給된 일이 있다.

加熱器(浸蝕/腐蝕에 대한 耐蝕性) : 이 設備에 關한 새로운 問題點들은 EdF社와 Delas Weir社間의 緊密한 協調下에 이루어진 材料와 設計의 研究에 의해 프랑스 國內 플랜트에서는 解決이 났으며 交替用 加熱器들이 벨기에의 몇군데 플랜트에 供給되었다.

펌프 및 터빈 : 이 設備들은 信賴度가 特히 높다. 워터햄머, 振動 등의 몇가지 어려운 問題들이 생기는 것은 配管의 配列에 그 原因이 있다. 이 設備의 壽命延長을 위해 몇가지 部品의 材料를 漸次的으로 스테인레스鋼으로 바꿨으며 豫防補修를 줄이기 위해 靛킹材料의 種類도 바꿨다. N4型 原子力發電플랜트에 대해서는 費用을 줄이고 信賴度を 높이기 위해서 Alsthom社에서는 높은 出力分布(32MW/m²)와 全運轉範圍에

“플랜트制御設備 特히 마이크로·프로세서를 이용한 프로그래밍이 可雄한 Controbloc制御시스템에서는 故障이 自動적으로 表示되어 故障部품을 専門人員이 아니더라도 即時 交替수 있게 돼 있다.”

걸쳐 空洞거품이 일어나지 않는 給水펌프를 開發했다. Alsthom社의 子會社들(베기어 등의)과 技術提携先들(스페인, 英國, 韓國 등의)은 이 分野에서 Alsthom社의 經驗을 利用할 수 있을 것이다.

冷却塔(펌핑動力의 減少): EdF社와 共同으로 進行시키고 있는 研究開發프로그램과 運轉 經驗에 힘입어 Alsthom社(SCAM設定)는 가장 適切한 解決方法을 提示할 수가 있다. 몇가지 例를 들면 다음과 같다:

— 冷却塔의 運轉改善을 위해 高性能 防火劑 PVC 注入管을 設置하고 冷却水 分布狀態를 改善하기 위해 새로운 물 스프레이 노즐을 設置한다.

— 冬期の 冷却塔 運轉을 改善하기 위해 機械式 샷터와 結氷/解氷用水시스템을 갖추고 있는 아이스·커텐을 支持하기 위한 金網을 適切히 組合시킨다.

制御室: 맨/머신 인터페이스 改善을 통해 보다 安全한 運轉을 할 수 있도록 制御室과 監視 컴퓨터 시스템을 再設計하였다. 또한 TMI事故後에는 많은 가이드라인이 發表되었으며 設備 改補修도 CGEE-Alsthom社에 의해 프랑스와 外國에서 實施되었다. 컨트롤 데스크와 보드의 設計도 人間工學的인 側面에서 再檢討되어 再配置되었으며 그 結果 工程上的 基本的인 시스템에 立脚한 새로운 制御室의 機能的인 配置가 이루어졌다. 네덜란드의 Borssele플랜트의 制御室은 發電所運轉員들에게 連續的인 情報를 提供하기 위해 18CRT制御盤에 警報와 工程狀態를 나타내는 다이어그램이 追加되었다. 또한

IPSO(플랜트狀態 綜合觀察)라고 불리우는 큰 規模의 디스플레이가 前面파널에 設置되어 運轉員이 플랜트의 運轉 및 安全狀態를 簡潔하고 時宜適切하게 判斷할 수 있게 하였다(例를 들면 重要的 機能의 모니터링, 重要的 變數와 시스템의 動的인 作用 등).

補修作業의 改善과 特殊設備: 體系的인 豫防 補修를 하기 위해서는 補修作業中인 設備를 代置할 수 있는 몇가지 豫備的인 機械設備가 必要하다. 오버홀作業은 運轉의 制約을 받지 않고 施行할 수 있기 때문에 補修한 設備는 信賴度가 매우 높아진다. Alsthom社와 같은 設備製作 會社들은 大型터빈과 發電機를 위한 眞空過速 터널이나 펌프組立 및 오버홀工場(定格 및 過渡狀態下에서의 試驗用 루우프 包含)과 같은 特殊裝備를 갖추고 있어 作業時間이 相當히 節約 된다.

플랜트制御設備 特히 마이크로·프로세서를 利用한 프로그래밍이 可能한 Controbloc制御시스템에서는 故障이 自動적으로 表示되어 故障部품을 専門人員이 아니더라도 即時 交替할 수 있게 돼 있다.

機械分野에서 特記할만한 것으로는 Alsthom社에서 開發한 두가지의 注目할만한 故障檢出 시스템이 있다. 하나는 超音波試驗裝置로 이 裝置는 固定子內에 로터가 들어있는 채로 로터의 터빈發電機 固定링을 點檢할 수 있게 돼 있다. 또 하나의 시스템은 터빈發電機의 振動을 모니터링하고 分析하기 위해 開發中인 것으로 補修作業을 돕기 위한 電算化된 專用시스템이라고 할 수 있다.