

# 核燃料 損傷防止用 Clip (Exxon社)

**Baffle Jetting에 의해 발생하는 PWR燃料棒的 損傷을 防止하기 위해 몇개의 燃料棒을 Clip使用으로 함께 묶음으로써 적은 費用으로 簡單하게 防止할 수 있으며 이 方法을 使用해 본 結果 좋은 成果를 얻었다.**

美國內에서 지금까지 最少限 6基의 原子爐가 Baffle Jetting을 經驗했으며 非公式的인 調査에 따르면 美國內에서 이 外에 最少限 14基의 爐가 이러한 損傷을 받을 可能性이 있는 것으로 나타났다. 또한 벨기에, 프랑스, 西獨, 日本, 스페인, 스웨덴의 一部 爐도 Baffle Jetting에 의한 燃料의 損傷을 이미 經驗했거나 發生可能性이 있는 것으로 알려져 있다.

이 問題는 一部 PWR에서 爐心 Baffle Plate가 若干 휘어져 普通 리베트로 結合돼 있는 金屬板 사이의 조그만한 罅이 생김으로써 일어나는 것이다.

罅을 통해 흐르는 冷却材 Jet Flow는 隣接한 燃料集合體內의 燃料棒에 부딪치어 이러한 흐름에 의해 생기는 소용돌이는 一定한 振動數를 發生시킨다. 이 振動數가 燃料棒의 固有振動數에 가까워지면 共振이 일어나며 더우기 이 渦動을 일으키는 振動數가 燃料棒의 固有振動數와 가까워지면 이 둘은 同調되어 Lock-in 現象이 發生한다.

그 結果로 設使 Baffle Jet의 速度가 많이 變한다 해도 渦動으로 誘發된 燃料棒의 振動은 繼續될 것이며 마침내 이로 因해 衝擊을 받은 燃料棒이 破損된다.

이 Baffle Jetting 問題를 解決하는 데는 通常 두가지 方法이 있다:

- Baffle Plate 前後의 壓力降下驅動力을 없애기 위해 爐心 Baffle 周圍 흐름의 經路를 再

調整한다.

- 振動이 아주 잘 減少되는 시스템에서는 거의 Lock-in 現象이 일어나지 않으므로 振動減衰 現象이 誘發되도록 隣接한 燃料棒集合體를 改造한다.

이 Baffle Jetting 問題를 解消하기 위한 가장 바람직한 方法은 흐름의 經路를 再調整하는 것이었으나 이 方法은 大規模의 再組立工事와 相當한 停止補修期間을 要하는 것이었다. 그래서 Exxon Nuclear社의 技術者들은 벨기에의 Thange 플랜트의 協調를 얻어 燃料集合體에 附着하는 Clip를 使用해서 훨씬 費用이 덜 드는 方法을 開發하였다. 이 Clip은 이 問題에 대한 永久的인 解決方法으로 使用할 수도 있으나 플랜트의 計劃停止補修時까지 時間을 벌여 冷却材 流路再調整作業의 實施를 연기시키기 위해서 使用된다. 이 改造工事に 所要되는 플랜트停止期間으로 因한 經濟的인 損失은 ISI檢査를 위한 停止와 같은 長期間의 停止期間中에 改造工事を 施行함으로써 最少化시킬 수 있다.

몇개의 燃料棒이 함께 묶인 狀態로 같이 振動하도록 함으로써 이 Clip은 相當한 振動減衰 效果를 가져온다. 實際 爐內에서 보다 훨씬 甚한 狀況下에서 Clip를 附着해서 燃料集合體를 實驗해 본 結果 Baffle Jetting 損傷이 일어날 徵兆가 보이지 않았다. 한 原子爐에서 Clip를 使用해서 原子爐의 運轉週期 3回 동안 Baffle Jetting 損傷을 防止하는데 100% 成功的이었다는

것이 證明되었다.

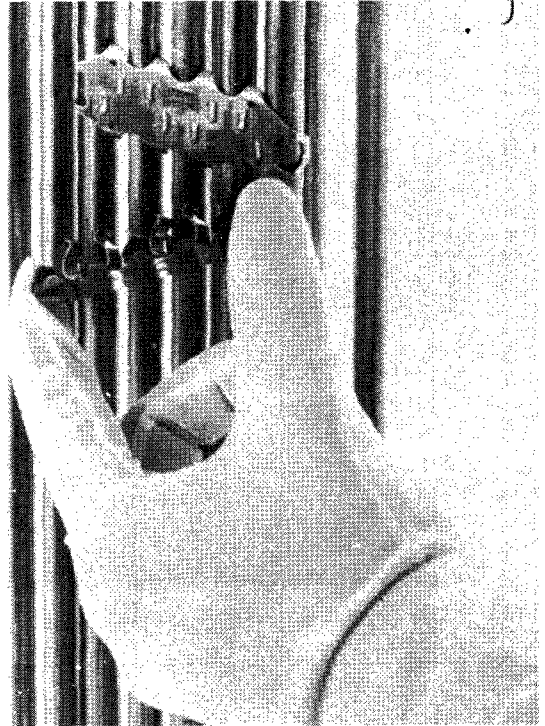
Clip 使用 以前의 事故事例를 再檢討해 본 結果 모든 燃料棒 破損이 Baffle Gap에 隣接한 燃料集合體의 바깥쪽 2個 燃料棒에서 일어났으며 코너어 옆 4個의 燃料棒은 正常的인 衝動을 받은 것으로 나타났다. 그래서 Clip를 5個의 燃料棒을 한 묶음으로 하도록 設計하였다. 또한 特殊工具를 使用해서 한 燃料集合體로부터 10分 以內에 12個의 Clip를 除去할 수 있게 되어있다.

### Tihange 플랜트에서의 實驗

最初의 Clip의 爐內 實驗이 Tihange 1號機 原子爐의 8次 運轉週期 中에 實施되었다. Clip을 使用하기 以前 3回의 運轉週期 中에는 甚한 Baffle Jetting 損傷이 發生했었다. 5次 運轉週期가 끝났을 때 4個의 燃料集合體에서 破損된 燃料棒이 發見되었다. 燃料集合體 1個는 9個의 燃料棒으로 이루어져 있다. 6次 運轉週期가 끝났을 때 8個의 燃料集合體에서, 7次 運轉週期가 끝났을 때 6個의 燃料集合體에서 各各 破損된 燃料棒이 發見되었다. Baffle Joint 를 Peening해 보았으나 效果가 없었다. 冷却材流路의 再調整作業은 플랜트의 主停止補修工事が 施行되기 前인 10次 運轉週期가 끝날 때까지는 經濟的으로 實施할 수가 없었다.

7次 運轉週期가 끝나 1983年 3月에 燃料再裝填 停止期間中에 20個의 新燃料集合體에 처음으로 Clip이 附着되었다. 1984年 2月 停止期間中에 燃料棒을 仔細히 檢査해 본 結果, 아무런 損傷의 흔적을 發見할 수 없었으며 또한 Clip이 軸方向으로 움직이지 않았음을 觀察할 수 있었다. 그래서 8次 運轉週期가 끝났을 때 그 周圍 20個의 燃料集合體에 Clip을 더 附着하였다.

1985年 4月, 9次 運轉週期가 끝났을 때 이들 燃料集合體를 點檢했는데 Clip의 位置가 變하고 一部 Clip이 損傷된 痕跡을 볼 수 있었으나 새로 裝填된 燃料集合體는 모두 繼續的인 照射에 適合했던 것으로 나타났다. 燃料棒의 腐



Baffle Jetting으로 인한 振動을 減衰시키기 위해 Exxon Clip을 使用해서 5個의 燃料棒을 함께 묶었다.

食·變色 痕跡으로 미루어 보아 原子爐稼動中에 움직인 Clip은 하나도 없었음이 分明하였다. 그래서 Clip이 燃料裝填時 입을 可能性이 있는 損傷을 最少로 줄이기 위해 이것을 再設計하였다.

Baffle Jetting 損傷의 痕跡을 發見할 수 없었으므로 이 電力會社에서는 9次 運轉週期가 끝날 때 Clip를 附着하도록 決定을 내렸다. 10次 運轉週期中에 繼續 爐心을 監視하였으나 1986年 3月까지 燃料破損이 전혀 일어나지 않았다. 이로써 Baffle Jetting에 의한 損傷없이 3年間稼動된 셈이 된다. 10次 運轉週期가 끝난 다음 Tihange 1號機는 3個月間의 停止補修工事を 始作할 豫定이었다. 最近 이 停止補修期間中에 冷却材流路 再調整作業이 實施되었다. 結果적으로 이 Clip를 使用함으로써 이 發電所는 더 以上 燃料棒을 破損시키지 않고 3年間 이 作業을 延期해서 實施할 수 있었던 것이다.