

# Surry 原電의 配管破裂事故

## 配管破裂事故의 原因究明

Virginia Power사의 일차적인 사고조사에 따르면 2차계통의 물의 극히 낮은 산소함유량이 Surry 플랜트 2호기에서 최근에 발생한 파이프 파열사고의 원인으로 지목됨에 따라 각 전력회사들은 증기발생기와 터빈을 보호하기 위해 산소함량을 가급적 낮게 유지할 것을 강조하고 있는 현재의 물의 화학처리방법을 서둘러 재검토하기 시작했다. 이 사고로 네 사람이 희생되었다.

Florida Power & Light Co. (FP & L) 사의 재료/공작물 규정/검사 담당부장 Moaba는 BWR과 PWR을 보유하고 있는 많은 회사들이 Surry 플랜트에 대한 1차 조사결과가 나오에 따라 산소함량을 아주 낮게 유지하도록 강조해온데 대해 의문을 갖기 시작했다고 하였다. 「우리는 모두 이 문제를 재검토하고 있다. 모든 사람이 산소함량을 낮게 유지하는데 관심을 쏟고 있다. 그러나 한 시스템의 한쪽 끝을 보호하다보면 다른 쪽 끝을 잡아 먹을수도 있다. 화학처리 전문가들 사이에서는 아주 낮은 산소함량이 파이프의 減肉侵食을 가져온다는 것이 일반적인 상식으로 되어 있지만 원자력발전소에서는 증기발생기와 터빈발전기를 보호하기 위해 최고 한도인 10ppb 이하로 산소함량을 유지하는데 노력을 기울이고 있다. Surry 사고로 BWR과 PWR을 보유하고 있는 회사들은 산소 허용함량의 최고치 뿐만 아니라 최저치도 설정할것을 고려하게 되었다」고 그는 말했다.

Virginia Power사는 사전준비된 발표중에서

「산소함유량이 1ppb인 高純度의 물은 파이프를 보호하는 검은 산화물인 마그네타이트膜의 형성을 지연시킴으로써 파이프의 減肉侵食을 가져오는 원인이 됐다. 또한 이 물은 급수의 흡입배관내의 T형 조인트와 90°엘보에서 亂流와의 相乘작용으로 아주 심하게 減肉侵食을 유발했으며 형성될 수 있었던 마그네타이트도 배관중의 이러한 부위에서 亂流에 의해 급속히 씻겨져 나갔다. 이러한 현상은 直管에서는 일어나지 않는다. 따라서 물속의 불순물과 산소량을 더 늘리던지 亂流를 줄이면 保護膜을 형성시킬 수 있을 것이다」고 말하고 있다.

그러나 이 발표중에는 명시돼 있지 않지만 이 회사 대변인은 낮은 산소함량보다도 파이프의 구조가 이 사고의 「主犯」이라고 하였다. 이 회사의 보고에 의하면 파열된 파이프의 한 부위에서 파이프 두께가 당초의 0.50인치에서 0.048 인치로 얇아졌으며 이 부위에서 파열이 일어난 것으로 추정된다. 지금까지 보고된 가장 얇아진 부위의 기록은 0.063인치였다.

12월 9일에 발생한 파이프 파열사고는 미국원자력플랜트 역사상 최대의 파이프파열 사고로 종업원 4명이 사망하고 4명이 중화상을 입었으며 이중 한사람은 12월 29일 현재 아직도 입원중이다. 이 회사측 말에 의하면 파손된 파이프는 이 플랜트의 내용년한인 40년동안 유지되도록 설계가 돼있어 감육침식이 일어날 것으로는 생각되지 않았으므로 2차계통 파이프 점검에

포함시키지 않았었다고 하였다. Surry 2호기는 13년 이상 가동되고 있는 775MW(Net)급 WH PWR이며 이 회사에서는 이와 유사한 파이핑 구조를 갖고 있는 Surry의 두 유니트와 North Anna의 두 유니트에 대해서 파이핑의 정기시험 및 검사를 실시할 예정이다.

그러나 이 사고 직후 시행된 2차 계통에 대한 초음파 탐상시험에서 4기의 오래된 PWR에서 심한 감육침식을 발견할 수 없었으며 특히 North Anna 1호기에서는 예상한대로 파이프의 감육침식을 발견할 수 없었는데 이는 이 플랜트의 급수 석션 파이핑이 상이한 구조로 되어 있는데 일부 원인이 있는 것 같다고 이 회사에서는 말하고 있다.

Beaver Valley 1호기에 대한 시험도 12월 23

일 끝났는데 파이프의 감육침식 증상은 발견할 수 없었다. 이에 대해 NRC의 한 간부는 이 플랜트의 급수 석션 파이핑은 직경이 20인치로 Surry 플랜트 것보다 2인치 크므로 유량이 상당히 낮았을 것이고 따라서 침식율이 적었을 것이며 물의 속도를 증가시키는 曲管 부위에서 마그네 타이트膜의 형성이 가능했을 것이라고 말하였다.

NRC는 최근 이 회사에 대해 Surry 2호기의 점검보수작업 시행을 승인했으며 회사에서는 회사 자체내에서 시행할 것이라고 하였다. 초단파 탐상시험결과 1호기의 2차측 파이핑에 감육침식이 발견되었으며 두 유니트의 점검보수 비용은 2백만불 이상, 작업기간은 1호기 6주간, 2호기 8주간으로 예상하고 있다.

## 配管破裂事故에 따른 復舊工事

지난 12월 9일 발생한 Virginia Power 사의 Surry 플랜트 2호기의 파이프 파열사고는 이러한 종류의 사고로는 미국 원자력발전플랜트 역사상 가장 큰 사고였다. 이 사고로 사고가 발생한 2호기는 2개월간, 나머지 1호기는 최소 6주간 2차측 파이핑의 교체작업을 위해 정지하게 될 것이다.

이 두 유니트의 2차측 파이핑의 보수/교체공사비는 대충 2백만불이 될 것으로 예상되며 이 두 유니트의 정지에 따른 대치전력으로 인한 추가 비용은 일일 최고 50만~60만불에 이를 것으로 추산된다.

이 파열사고는 급수 헷더에서 分岐된 직경 18인치, 두께 0.5인치의 주급수라인의 6-12피트 길이의 엘보에서 발생하였다. 완전히 파열된 파이프 단면은 당초 두께의 거의 1/2까지 침식되어 있었으며 나머지 1호기도 위험할 정도로 침식되어 있었다.

이 파열사고는 12월 9일 오후 2시에 발생했으

며 사고장소 근처에서 다른 파이프의 보온작업을 하고 있던 8명의 작업원이 심한 화상을 입었다. 이중 4명은 12월 16일 사망했으며 다른 2명은 중화상을 입어 입원중이다. 이 플랜트에서는 과거에도 증기화상으로 세사람이 사망한 일이 있는데 이중 두사람은 1972년 7월에 증기 벤트의 오동작으로 분출된 증기에 맞아 1주일내에 사망했고 나머지 한사람은 1982년 10월 15일 1호기 헷더 드레인 라인의 익스팬션·조인트가 파열했을때 분출되는 증기에 맞아 사망했다.

이 회사간부들은 이번의 사고원인을 파이프내부로 부터의 減肉侵食으로 보고 있으나 발전담당 부사장 Stewart씨는 파이프 재질의 결함도 원인이 된다고 말하였다. 그는 이 완전히 파열된 탄소강 파이프 단면에 재질이 서로 융합되지 않고 결을 이루고 있는 부분이 있었다고 하였으나 회사입장에서는 파이프의 파열원인이 감육침식에 의한 것이지 재료의 조그마한 흠에 있는 것이 아니라고 말하겠다고 하였다.

한편 NRC에서는 이 파이프 파열사고에 관한 정보자료를 발급할 예정이며 이와 유사한 설계와 가동년수의 플랜트 2차측 파이핑에 대해 감육침식에 대해 점검할 것을 바라고 있다. 이 Surrey 2호기는 775MW(net)의 WH사 PWR로서 13년이상 운전돼왔으며 2차측 파이핑 설계는 건설설계회사인 Stone & Webster사가 했으며 WH사가 한것이 아니었다. NRC는 이번에 파열사고가 발생한 2차측은 소관사항이 아니기 때문에 사고에 관한 정보자료를 발급하는것 이상으론 어떠한 조치도 취하지 않을 것이라고 하였다.

이 플랜트는 3-루우프 형으로 주급수는 주급수펌프에 의해 공동해더로 보내져 3대의 증기발생기에 분배된다. 파열사고는 18인치 파이프가 한 급수해더에서 분기되는 점의 엘보에서 발생했으며 이 18인치 파이프는 이 파이프가 24인치로 확대되기 전의 공통 시스템의 일부로써 주급수펌프의 삭선라인이 되어 있다.

NRC가 ACRS에 보고한 바에 의하면 이 유닛은 주증기차단 밸브(MSIV)가 갑자기 닫혀져 과도상태가 되어 있을때 100% 출력을 내고

있었으며 이 결과로 증기발생기로 부터의 低-低水位 신호에 따라 원자로가 트립되었다고 한다. 사고전에 MSIV 밸브를 제어하는 공기압력에 문제가 있다는 것이 나타나 있었으며 MSIV 밸브에 대한 공기압력 지시치는 정상보다 낮았다. 그러나 MSIV 밸브가 갑자기 닫혀진 것이 파열원인이 됐는지 모르나 파이프가 그런 정도로 침식돼 있었다면 정상운전시라 할지라도 파열할 수 있었을 것이라고 NRC사람들은 말했다. 파열부분을 격리한 다음 보조 급수에 의해 증기발생기 수위를 유지하고 증기는 대기로 방출되었다. NRC사람들의 말로는 모든 안전 시스템은 적절히 동작하였다고 한다.

몇몇 ACRS 사람들은 파이프가 파열되기 전에 누설에 대한 아무런 사전 표시가 없었다는 점을 지적하였다. 그러나 NRC의 Jordan 처장은 탄소강 파이프는 파열전에 반드시 누설이 일어난다는 것은 아니라고 말했다. NRC에서 일부 1차측 파이핑이 파열전에 썰것이라는 기대는 어떤 파이프의 워터·햄머링에 대한 규제조치를 완화시키기 위한 근거로 삼아 왔다.

## 近着資料案内

- Nucleonics Week (McGraw-Hill) Vol. 28, No. 3, 4, 5, 6, 7
- Nuclear News (ANS) '87년 1월號
- Nuclear Engineering Int'l (NEI) '87년 2월號
- Nuclear Europe (ENS) '87년 1, 2월號
- ANS News (ANS) '87년 2월號
- 原子力産業新聞(日本原産) 1369號~1373號
- 原子力文化(日本原産) '87년 2월號
- 原子力工業(日本日刊工業新聞社) '87년 2월號
- 原子力資料(日本原産) '87년 2월號
- Atoms in Japan (JAIF) '87년 1월號

- ATOM (UKAEA) '87년 1월號
- Radioisotopes (日本RI協會) '87년 1월號
- Isotope News (日本RI協會) '87년 1월號
- INFO (AIF) '87년 1월號
- Nuclear Industry (AIF) '86년 12월號
- Swedish Nuclear News (Safu) '86년 12월號
- IAEA Newsbrief (IAEA) Vol. 1, No. 5
- 原子力發電便覽(日本電力新報社) '87년版
- 火力原子力發電(火力原子力發電技術協會) '86년 12월號, '87년 1월號
- BNF Bulletin (BNF) '86년 12월號