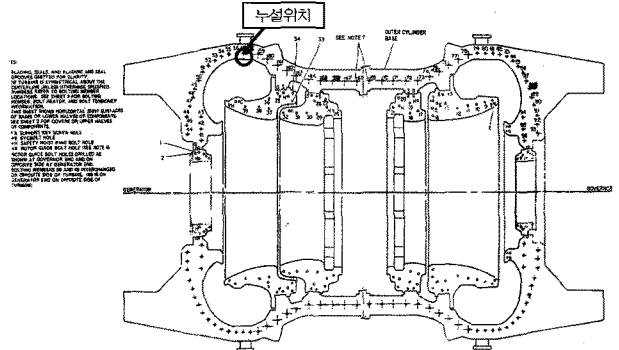


# 고압 터빈 케이싱 플랜지 증기 누설



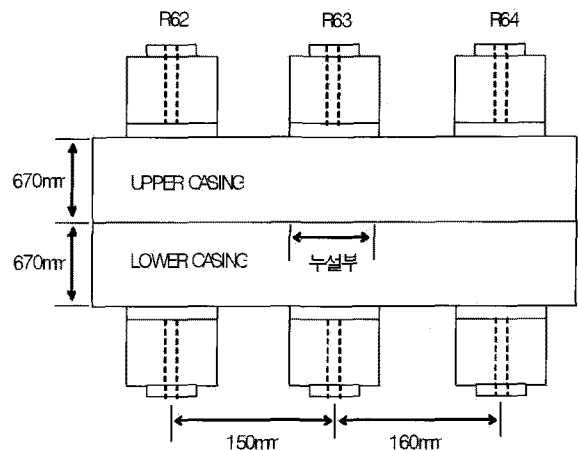
한전KPS(주) 기술연구원  
책임전문원 김성봉  
Tel : (031)710-4393



[그림 1] 고압터빈 케이싱 증기누설 위치

## ■ 개요

발전소 계획예방정비 완료 후 100% 부하 운전중 현장 순회 점검 시 고압터빈 외부 실린더 수평접합면 체결 볼트의 하부너트 중심에서 물방울 형태로 낙하됨을 인지하고 추이 관찰 중 고압터빈 외부 케이싱 수평 접합면에서 증기누설 현상이 발생함. Steam 누설 방지 비상조치로 퍼머나이트 시공 작업을 하여 정상운전 중 주발전기 고장으로 정지됨에 따라 HP TBN Casing을 분해하여 HP Casing 접합면, 볼트 등을 점검하고 대책을 검토한 내용임.



[그림 2] 누설부 위치 스케치

## I. 점검 사항

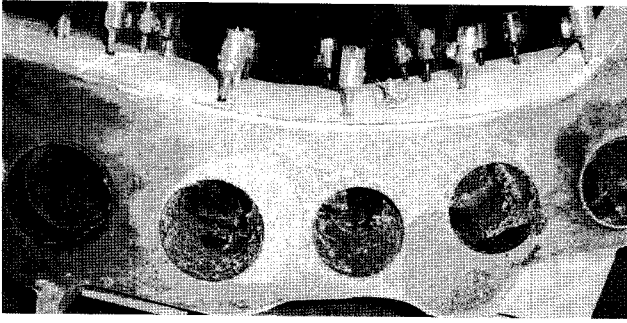
### 1. HP TBN Casing 접합면

#### 가. 접합면 누설 상태

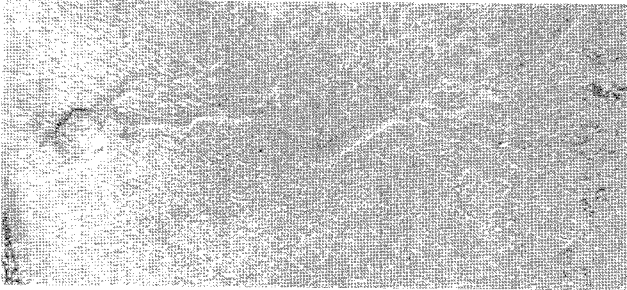
- 증기 누설은 Right측 63번 볼트 중심으로 발생함.
- 퍼머나이트 시공으로 운전 중 누설은 차단되었고 접합면에 침식은 발생하지 않음. 접합면을 10배 확대 점검 결과 표면 일부에 손상이 발견되었으나 누설에 직접적 영향은 주지 않음.
- 퍼머나이트 시공을 위해 설치한 노즐은 제거하고 Plug 나사를 설치함.



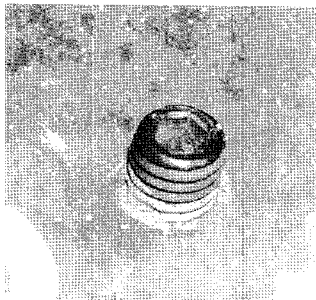
[그림 3] 누설 케이싱 면



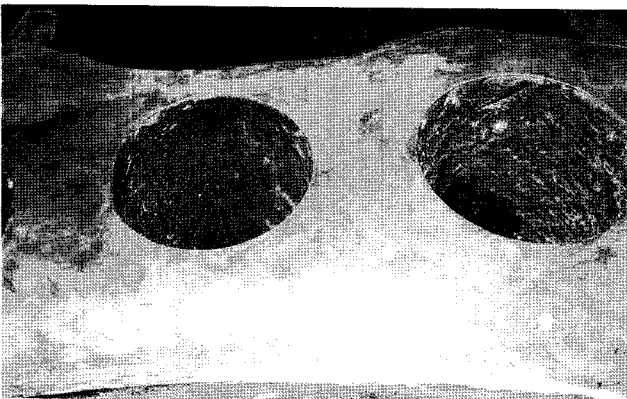
[그림 4] 퍼머나이트 시공 후 분해사진



[그림 5] 접합면 10배 확대



[그림 6] 노즐부 Plug 교체

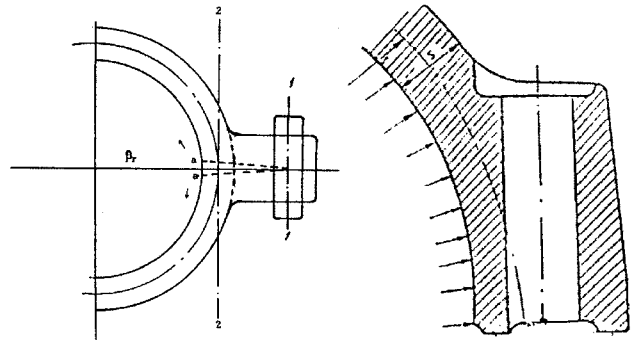


[그림 7] 정반으로 Blue Check

### 나. HP Out Casing 접합면 메카니즘

○ 고압 터빈 Flange 면에서 증기 누설을 방지하기 위한 설계 개념을 기준으로 설명하고자 한다. 아래 그림에서 보는 바와 같이 재래의 Flange Bolt 체결 위치는 1-1 위치였다. 이 위치는 압력을 받는 위치로부터 멀리 떨어져 있기 때문에 aa의 틈이 발생한다. 이 때 볼트의 Flange Hole

부위는 밀봉이 되지 않으므로 이 틈새로 증기 누설이 발생한다.

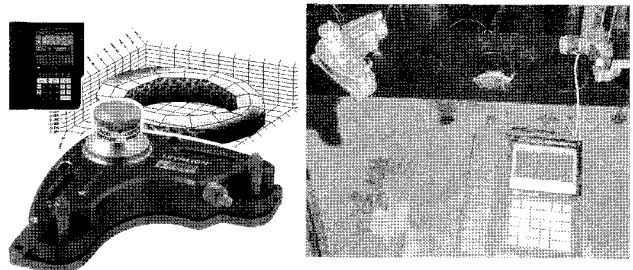


[그림 8] Flange Bolt 체결 위치

○ Casing 두께 중심선과 Bolt 수직 중심선이 만나도록 볼트 체결위치를 옮겨 놓으면 접합면의 접촉이 훨씬 효율적이게 된다. 현재 볼트 위치는 Casing Wall에 최대한 접근되어 있으므로 볼트 효율은 양호하므로 볼트 홀 바깥쪽보다는 안쪽으로 면압이 증가하도록 접합면 형상을 가공함.

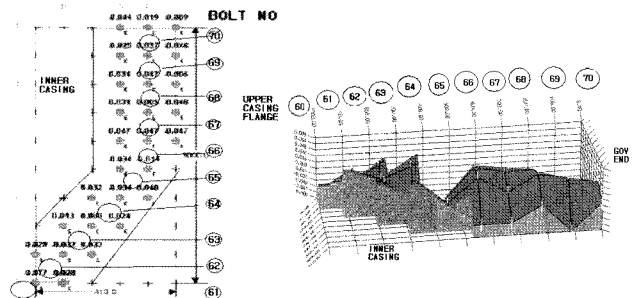
### 다. 접합면 Laser 측정

○ HP Casing 제작사의 권고 내용에 따라 Laser Joint Surface 측정을 실시함.



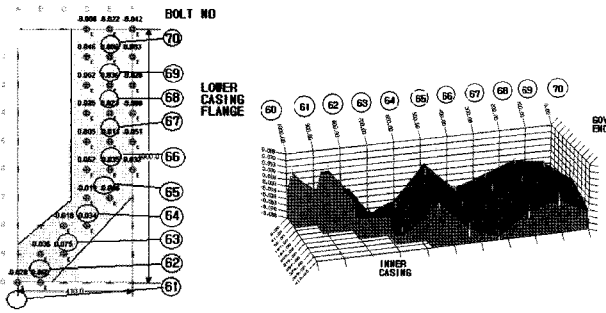
[그림 9] Laser Level 측정

○ 상부 HP Casing 측정 수치는 아래 그림과 같고 NO63 볼트 주변이 약 0.10mm 낮게 측정된다.



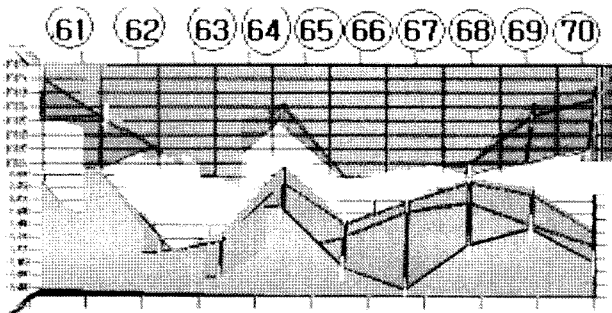
[그림 10] 상부 Casing Laser 측정

○ 하부 HP Casing 측정 수치는 아래 그림과 같고 NO63 볼트 주변이 약 0.08mm 낮게 측정된다.



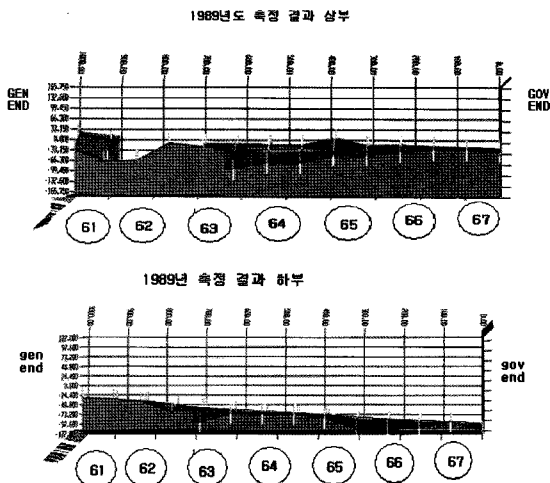
[그림 11] 하부 Casing Laser 측정

○ 아래 그림은 상하부 케이싱 가조립을 이미지 한 것으로 누설이 발생한 NO63 볼트 주변의 접합면 형상이 약 0.1mm 정도 빈 공간이 형성된 형태로 측정됨.



[그림 12] 상하부 케이싱 가조립

○ 89년 WH 기술진이 측정한 HP Out Casing Laser 측정은 아래와 같다. 07년 측정과 비교하면 대체로 평탄하다.



[그림 13] 89년 WH HP Casing Laser 측정값

## 2. HP Casing 볼트

### 가. 볼트 Free 신장량 측정 검토

○ 볼트 자유 상태의 신장량은 전년도 대비

0.20mm 내외의 편차값을 보여주고 있음. 한계 신장 변형량 1.25mm에 못 미치는 값들임.

### 나. 볼트 경도 검토

○ 볼트 표면 Leeb경도는 570-590로 범위로 나타나고 있음.

### 다. 볼트 조임 상태

○ 볼트 조임 상태는 전년도 자료와 비교하여 큰 차이가 없음. 전년도 볼트 조립과 금년 분해시 볼트 신장량 비교값에서 볼트가 너슨해진 흔적은 없음.

볼트번호	16차 OH		측정값		신장량차이	
	L/H	R/H	L/H	R/H	L/H	R/H
61	18.66	18.28	18.21	18.14	0.45	0.14
62	17.74	19.31	17.54	19.24	0.20	0.07
63	17.87	18.26	17.67	18.08	0.20	0.18
64	1.18	2.37	0.63	2.24	0.55	0.13
65	1.28	1.65	1.13	1.51	0.15	0.14

[그림 14] 볼트 신장량 차이

## 3. 접합면 밀봉재

### 가. 쉘런트 RTV-60

○ GE 터빈 Casing 접합면 컴파운드로 사용되고 국내에서는 영흥 화력 HP 터빈 케이싱에 시공한 사례가 있음. 과거 스티프누설경력이 있는 고리3,4 호기 HP TBN에도 유사 컴파운드를 시공하여 정상 운전된 사례가 있음.



USE OF UNCATALYZED RTV-60 AS A CASING JOINT COMPOUND

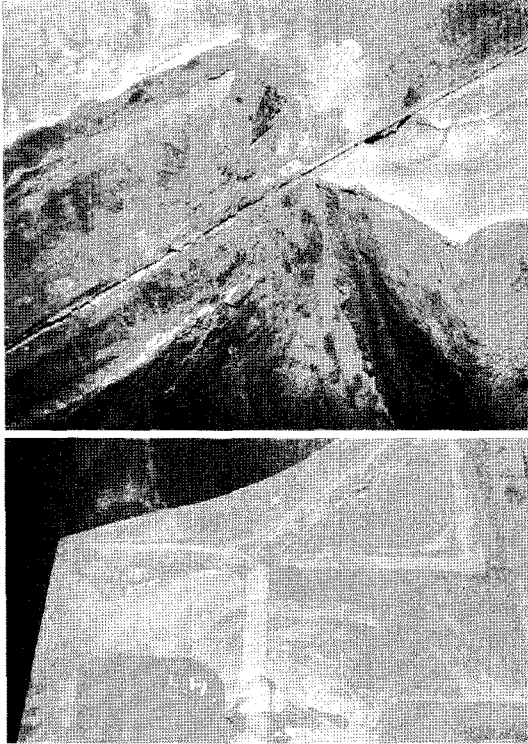
Uncatalyzed RTV-60 has been used on high temperature application (up to 1000°F, 538°C) General Electric Company steam turbine casing joints for many years with excellent results.

The temperature limit of 400°F (205°C) applies to its use in applications requiring that it be vulcanized. This is not the case in applications of RTV as a joint compound.

RTV-60 contains 55% refined silicas and red iron oxide which makes an excellent joint compound. In effect, GE is using the RTV-60 as a method of getting these compounds on the casing joint. As the joint is heated, the red iron oxide and silicas will change color, but remain in any small surface scratches or imperfections, giving the beneficial results of a high temperature joint compound.

[그림 15] RTV 60 Casing Joint Compound

○ RTV는 상온 경화를 의미하고 제품구성은 정제 이산화규소(silica) + 적 산화철(red iron oxide)로 구성됨. 상온 경화 (25°C / 24시간)이고, 사용 가능 시간은 2시간 (23°C)임.

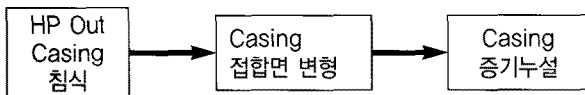


[그림 16] 타 발전소 시공사례

## II. 원인 및 대책

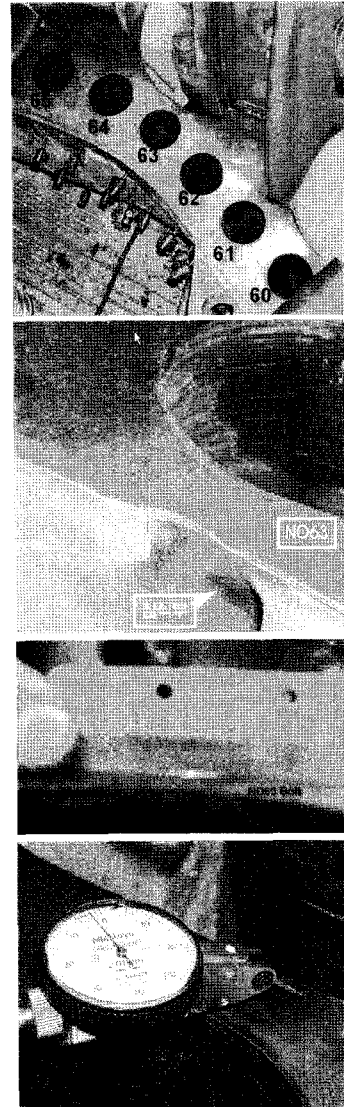
### 1. Casing 접합면 변형

- 과거에도 금번 누설부위와 대칭인 볼트 NO74-76부위에 누설이 발생하여 제작사 기술진이 복구 작업을 실시한 이력이 있음.
- 주증기 습분증가로 HP Out Casing이 아래 사진과 같이 침식됨. 이 침식 영향으로 NO63 Bolt Inner 접합면의 하부가 취약해지고, 접합면 미세 틈새에 습분 영향으로 변형이 발생함.
- 아래 사진과 같이 스트레이트 에지 뒤로 불빛이 통과하고 레버식 다이얼 게이지로 깊이를 측정하니 0.05mm 값임.
- 이 미세틈새로 운전 중 증기가 분출되면서 HP Out Casing으로 증기가 누설됨.



[그림 17] HP Casing 누설 메카니즘

- 볼트 NO63 Inner 접합면을 수가공으로 평탄하게 하여 정반으로 확인 한 후 최종적으로 가조립 상태에서 접합면 Blue Contact 측정으로 건전성을 확인함.



[그림 18] 접합면 누설부와 Casing 침식

## III. 결론

- 고압 케이싱 접합면은 접합면의 형상, 볼트조임력, 접합 컴파운드가 3위1체되어 완벽한 씰링을 하게됨. 금번 조립작업에서는 위 3요소 최적화로 완벽 시공을 실시함.
- 금번 증기 누설 문제점은 접합면의 형상이 경년 변화로 미세 불량하여 발생한 것으로 추정되며 용접 육성 후 수가공으로 건전성을 회복하여 조립함.
- 볼트 경도나 신장량변화로 인한 열화 증세는 발견할 수 없으나 접합면 변형에 따른 볼트 조임력 강화를 위해 누설이 발생한 NO63 볼트 주변 5개 볼트는 New Bolt로 교체 하여 볼트 신장량 보증 신뢰도 향상을 추천함.