

# 最初의 熱併合發電所

韓 坤 錫

(味元(株)倉洞工場發電課長)

## 서울 味元(株) 倉洞工場에 設置

서울 味元 發電所는 보다 效率的인 energy 管理와 經濟的인 投資가 要求되고 있어서 政府施策에 의해서 動力資源部の 支援을 받아, 1978年 10月 着工해서 16個月만에 完工하게 되었다.

本 發電用 Boiler稼動에 따라 配管의 合理化와 11,000KW 背壓式 turbine의 熱併合 發電所를 建設하여 副産電力을 發生시킨 Steam을 生産工程에 送氣함으로써 從來에 少型 Boiler 여러 基에서 飽和蒸氣를 發生케 하여 Process Steam으로 使用하던것을 發電所 稼動 후 良質의 Steam을 合理的으로 Connection 시켜 供給함으로써 效率的인 熱管理에 臨하게 되었다. 特別히 停電에 의한 不良品生産 우려와 生産量 감소의 防止 그리고 良質의 電力使用으로 製品의 品質向上을 期하고 있다.

### Boiler

日本 三井造船 製品으로 two drum 자연순환식 130t/H 容量으로서 壓力 62kg/cm<sup>2</sup> 溫度 445℃의 過熱蒸氣를 發生하고 燃料는 Bunker C이다.

이 Bunker C는 Storage Tank에 저장하고 Tank內에 設置된 Steam Heater에서 45℃로 加熱되어 F.O. Suction Strainer를 거쳐 transfer pump에 의해서 F.O. Service Tank에 運搬된다.

「transfer pump」는 2臺가 設置되어있고, 其中 1臺는 Stand-By pump이며 F.O. Service Tank Level sensing을 받아 Automatic ON, OFF 되어 運轉된다.

Suction Side에는 Basket Strainer가 있어 불순물에 의한 Pump의 破損을 막도록 되어 있다.

「Service Tank」는 Level float에 의해서 F. O. Transfer Pump의 Contact를 ON, OFF 하여 high, low Level에 의해서 正常 Level 維持하도록 되었다. Tank 下部에는 Steam Heater와 電氣 Heater가 設置되어 F. O. 溫度를 60°C 加熱해서 Pumping이 容易하도록 되어 있다.

「Burning Pump」는 Screw pump로서 discharge press를 10kg/cm<sup>2</sup> 維持하도록 되어 있다. Pump Suction側에는 2個의 Basket Strainer가 있어 交代로 청소하도록 되었다. 또한 discharge pressure를 一定하게 Control 하기 위해서 Return Control Valve가 설치되었다. 運轉中 pump의 trouble로 因한 Boiler Shutdown을 막기 위해서 Stand-By pump가 設置되어 있다.

「F. O. Heater」는 Steam Heating type와 電氣 Heater가 있는데 正常 運轉때는 電氣 Heater는 使用되지 않는다. Burner에서 oil 분사의 저항을 감소시켜주고 細分하기 위해서 U字型 tube를 通過하면서 120°C 溫度를 얻어 Burner에 보내진다. Burner는 Air Register에서 流入되는 空氣와 분사된 F. O.와 섞이기 前에 Recycle gas draft fan에서 供給된 gas가 Primary Swirler에 의해 원추형 空氣흐름을 이루게 하고 燃料의 분사 각도와 적절히 一致되어 Air와 Fuel의 접촉이 이루어지게 되어 있다.

Forced draft fan에서 불어넣은 Combustion Air는 Load에 따라 正壓을 維持하도록 Wind Box 안에 設置된 Air register를 거쳐 大氣溫度가 直接 furnace에 供給되도록 되었으며 公害를 最大로 줄이기 위해서 flue gas를 再순환 연소시킴으로써 大氣로 排出되는 NOx (질소산화물)를 150 p. p. m. 以下로 줄일 수 있는 것이 특징이다.

Pilot Burner는 propane gas가 點火 電極의 Spark에 의하여 點火된다. ignition transformer를 Switch ON하면 Burner는 點火되고 F. O. main shut down Valve가 open 可能하도록 interlock되어 있다.

供給된 F. O.는 Saturate Steam으로 mixing 분사시켜 F. D. Fan에서 供給된 적절한 量의 空氣와 混合하여 furnace에서 연소하고 연소 gas는 Superheater, Convecter, Economizer를 거쳐 dust Collector에서 Soot를 除去한 다음 연돌을 지나 排出된다.

「Boiler本體」는 Steam drum과 Water drum 및 Water tube bank로 構成되어 있고 下部가 支持되어 있어 熱에 의한 팽창은 上部와 後方으로 허락되며 效率的인 熱吸收를 目的으로 fin이 달린 tube bank로 되어 있다.

Furnace 下部 一部分 耐火 Brick으로 되어 있고 天井과 벽은 全部 fin이 달린 water tube로 構成되어 연소열을 效率的으로 吸收하도록 되어 있다.

「Peep Hole」은 누설 gas에 의한 과열을 防止하기 위해서 F. D. fan에서 나온 Cold Air를 注入시킴으로써 냉각 彌補시키고 있다.

「Soot Blower」는 Motor driven Auto' system이며, Superheater에는 Retractory type 2個로 blowing할 때만 Lance가 回轉하면서 前後로 進行하면서 Steam을 분출하도록 되었으며 Convecter에는 Rotary type 4個所가 設置되어 固定상태에서 Element만 回轉하는 동안 Soot를 除去한다. 또한 Economizer에는 Reciprocating type 2個所 上下에 設置되어 Element가 前後方으로 移動하면서 timer에 의해서 作動되고 있다.

「Steam Drum」 内部에는 汽水分離器가 設置

## 最初의 熱併合發電所

되어 건조한 Steam은 Drum上部에 附着된 飛水防止板을 우회하여 出口를 나와 Superheater에 보내진다. 水位 Control은 steam flow와 feed water flow 그리고 Drum Level의 3要素에 Control Valve를 動作시켜 正常 Level을 維持한다. 管内에 Scale이 附着되면 傳熱을 妨害하여 Boiler 效率을 低下시키고 tube의 過熱을 초래하기 때문에 Scale의 原因인 Ca, Mg 化合物을 缶外處理되지만 一部量은 Boiler에 存在하므로 化學的 方法으로 處理하기 위해서 Drum 内部에  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ 를 注入하도록 되어 있다.

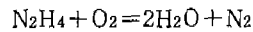
「Superheater」는 수직配列된 裸管으로 傳熱面積 276 $\text{m}^2$ 의 對流型으로 outlet pipe line에 Desuperheater가 設置되어 있으며 Safety Valve가 부착되어 Over Press일 때는 Silencer를 通過하여 Blowing 되도록 되어 있다.

「Economizer」는 350 $^{\circ}\text{C}$ 의 flue gas가 160 $^{\circ}\text{C}$ 로 drop되면서 143 $^{\circ}\text{C}$  Feed water를 210 $^{\circ}\text{C}$ 로 steam Drum에 供給한다. tube에 fin이 감겨 높은 效率을 얻을 수 있다.

「feed water pump」는 Motor driven centrifugal pump로써 440KW 5 stage axial flow type 2臺가 있다. 그중 1臺는 Stand-By이다. De-aerater로부터 給水を 吸入하여 Boiler에 供給한다. pump는 Balance disk가 있어서 thrust force를 防止할 수 있으며 thrust Bearing의 부담을 덜어주기 위해서 入口側과 出口側의 壓力差에 의해서 入口側으로 밀림을 防止하기 위해 Ballancing chamber를 통해 밀어줌으로 shaft가 低壓側으로 밀려가는 것을 防止하도록 되어 있다. 또 Feed water flow에 따라 return control valve가 close, open됨으로써 급격한 pump의 충격을 덜어준다. 한편 pump의 discharge側에 check valve가 附着되어서 pump의 逆回轉을 防止하고 給水の 逆流을 막는다.

「Deaerater」는 Boiler 給水を 143 $^{\circ}\text{C}$  加熱하고 給水中에 溶存하고 있는  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  등의 有害gas를 外部로 放出시킴으로써 Boiler 腐蝕防止

를 돕는 裝置로서 給水는 Vent Condenser 水室에 들어가고 上部의 散水板위에 給水된다. tray 위에 供給된 給水는 全面에 퍼져서 散水된다. 給水가 tray를 通過할 때 다시 飛散細分됨으로써 加熱蒸氣와 접촉하는 表面積은 크게 되고 落下時間이 길기 때문에 열교환이 容易하고 給水는 143 $^{\circ}\text{C}$ 로 溫度上昇되며 溶存되어 있는  $\text{O}_2$ 는 脫氣된다. 여기에  $\text{N}_2\text{H}_4$ (Hydrazine)을 注入함으로써 Boiler water內 산소와 反應하여 물과 질소로 分解된다.



이로써 Boiler 給水中의 溶存산소량은 0.007 p. p. m. 以下로 維持된다.

## Steam turbine

日本 三井造船 製品으로 Single axial flow, Back pressure impulse turbine이고 入口壓力 69 $\text{kg}/\text{cm}^2$  溫度 440 $^{\circ}\text{C}$  Steam이 5 stage를 지나 7  $\text{kg}/\text{cm}^2$  220 $^{\circ}\text{C}$ 로 drop되어 process steam으로 使用된다. Speed Governer에 의해서 6400r. p. m. 維持하며 Reduction gear에 의해서 Generator는 1800 r.p.m. 回轉한다.

「Casing」은 水平分起點에서 上部와 下部로 나뉜 Cast steel casing이다. Casing의 上部에는 Governer valve chest와 Nozzle chamber로 되어 있다.

「Rotor」는 合金鋼으로 製造된 Moving Blade가 組立되어 있다. 또한 thrust force를 防止하기 위해서 pedestal 前後面에 thrust Bearing이 設置되어 있다. thrust Bearing은 Ballancing Piston에 의해 Cover할 수 없는 turbine shaft의 軸方向 thrust를 支持하는 役割을 한다.

Bearing은 Stand에 組立되었으며 熱팽창에 의한 變位를 除外한 모든 軸方向 變位는 thrust

Bearing의 cleance 範圍內에서 억제된다.

「Bearing」은 upper와 under Metal로서 white Metal로 되어 있다. 또한 Bearing Holder는 Key로써 stand에 固定되어 있다. Bearing Metal에는 tap Bolt가 꼬져있어 Bearing Metal이 돌아가는 것을 防止한다.

Journal Bearing은 8個所에 設置되었으며上部 Metal과 下部 Metal로 區分되어 있다. Bearing表面은 White Metal로 Lining되어있다. Shaft Bearing에서 나타나는 과도한 움직임을 防止하기 위하여 Bearing Metal과 adjust Ring의 球狀 seat에 자리잡고 있다.

「Control Governer」는 turbine의 flow Rate를 hunting없이 Load에 따라 迅速 正確하게 Control함과 同時に turbine에 의해서 稼動되는 Generator의 負荷가 갑자기 감소되었을때 over speed를 防止하며 定格 speed를 維持하도록 되어 있다. Governer 作動은 Weight의 遠心力에 따른 變位에 의해서 傳達된 oil pressure로 Power Piston을 動作시켜 Governer Valve를 close 또는 open함으로써 steam flow를 조절해서 定格 r.p.m을 維持토록 한다.

「turbine oil」은 Oil Tank로부터 Suction 된 oil은 oil pump에 의해서 oil Cooler를 通過하여 45°C로 操縱해서 Bearing 또는 Governer System에 供給되며 各 Bearing의 inlet에는 orifice가 附着되어서 適當한 Pressure로 Setting하도록 되어 있다. Governer Oil Pressure는 8 kg/cm<sup>2</sup>으로 Setting되었으며 return Control Valve에 의해 一定壓力을 維持하도록 되어 있다. main oil pump가 pumping되지 않을 때는 Auxiliary oil pump가 Auto' Start 되도록 Low oil press setting되어 있다. emergency oil pump는 停電을 對備해서 D. C. 電力으로 運轉 可能하도록 Setting되었으며 이런 경우 Governer System을 除外한 Bearing에만 Lubricating oil을 supply하도록 되었다.

「Oil Tank」는 6800 l 容량의 Tank에 水分을

除去하기 위해서 oil purifier가 設置되어 있고 exhaust fan이 running됨으로 Tank 内部의 Air 또는 氣泡 등을 排出하도록 되어있다. Tank 下部에는 steam Heater가 설치되어 있어서 start 할 때 溫度維持가 容易하다. main oil pump의 suction line에는 check valve가 附着되어 Auxiliary Oil pump Running 中 逆流되지 않도록 되어 있다.

「Oil Cooler」는 Bearing의 熱을 吸收한 oil을 冷却하기 위해서 水平으로 設置된 Cooler는 運轉中 change할 수 있도록 한箇의 Stand-by가 있다. Oil chamber와 Cooling water chamber 各各 drain valve와 Vent Valve에 있어 check가 容易하고 cooling water flow를 조절함으로써 Oil Temp를 45°C 維持하도록 되어있다. Cooler Outlet에는 100 Mesh의 stainer가 設置되어 Bearing과 Governer에 깨끗한 Oil을 供給하고 있다.

「turning gear Motor」는 turbine이 停止되어 溫度差에 의해 shaft가 變型되지 않도록 15r. p. m. 回轉하며 Casing 溫度가 70°C 以下로 내려갈 때까지 Running하도록 되어 있다.

停電으로 因해서 Motor Running이 不可能할 때는 手動으로 Rotor를 回轉시키도록 되어있고 Bearing의 破損을 防止하기 위해서 oil pump가 停止되었을 때는 turning Gear Motor는 Stop되도록 되어 있다.

「Gland Steam Condenser」는 turbine shaft에 設置된 Labyrinth Packing에서 leak되는 steam과 Governer Valve Seat에서 leak되는 steam을 Gland Steam Condenser의 exhaust fan에 의해서 吸入하도록 되어 있다. 回收된 Steam은 Cooling water에 의해서 冷却되어 Condensate가 되고 이 Condensate는 다시 回收되어 Boiler water에 補充되도록 設計되었다.

「turbine safety device」는 다음과 같다.

- ① Low oil pressure trip
- ② Shaft Movement trip

- ③ Over Speed trip
- ④ Solenoid trip
- ⑤ Hand trip으로 되어 있다.

## Generator

日本 MEIDEN社 製品으로 axial flow 원동회전계자 전폐내냉型이다. 出力 12,941KVA, 電壓 3.3KV, 電流 2264A 3相60Hz, 回轉數 1,800 r. p.m 4極으로써 Exciter는 Brushless type이다. 發電된 電力은 所內 15MVA transformer에서 22.9KV로 昇壓되어 韓電의 22.9KV와 Parallel 되어 社內 變電所의 transformer에서 3.3KV로 down되어 switch gear room에서 Plant에 送電하도록 되어 있다. 모든 運轉조작은 Generator Control Room의 Board Panel에서 하며 安全裝置로 各種 保護計電器가 附着되어 있다. 保護計電器는 main line으로부터 C.T 및 P.T에 의해서 指示 및 作動되도록 Control Room Switch Board Panel에 設置되어 있다.

## Control Board

Power Plant의 Control gauge들이 Board에 配置되어 있어 operator가 panel 및 desk에 있는 Record, indicator에 의해서 運轉상황을 파악하여 效率的인 操縱 및 監視할 수 있으며 process變化에 迅速하게 對應할 수 있고 alarm 장치가 있어 abnormal 상태를 지적해줌으로 安全運轉을 期할 수 있다. 모든 System은 Auto' operation이 原則이지만 경우에 따라 Manual로 選擇運轉할 수 있도록 設計되었다.

各種 Controller와 Motor pump 등의 動作은 Remote 또는 手動 運轉이 可能토록 되어 있다.

instrument power는 모든 gauge의 驅動 連算 傳達 電流로 使用하고 있다.

master control system은 Steam의 消費處와 發生장치 사이를 긴밀히 Connection 指揮함으로 消費處의 어떤 變化에도 예민하게 對應하도록 發生장치를 運轉하여 process steam을 연속적으로 供給할 수 있도록 되어 있다.

## Cooling water system

650t/h Cooling tower 2臺가 設置되었으며, cross double flow type으로써 Cooling water는 Circulation 過程에서 Self evapoulation 되며 Oil cooler, Generator Air Cooler, Gland steam Condenser, feed water pump, Air Com-pressure Bearing 및 Damp Condenser 등에 供給해서 冷却시키고 熱을 받은 Cooling water는 distribution Basin에 一定하게 分配되어 Nozzle을 통해 확산되면 Ventilator에 의해서 外氣와 접촉하게 되고 冷却水는 溫度가 떨어지고 Sump에 集水된다.

Ventilator 運轉에 의해 Vapoulation 되어 量된 물은 Sump에 裝置된 Level Control Valve에 의해서 自動 조절되도록 되어 있다. make-up water는 Crifier Tank에서 重力에 의해 補給되도록 되어 있다.

Cooling water circulation pump는 Normal pressure 3 kg/cm<sup>2</sup>를 維持하도록 設計된 國內製品으로 正確性和 重要度を 감안해서 2臺의 Stand-By로써 pump의 trouble로 困한 plant의 trip을 막도록 고려되었다. 그리고 熱교환기의 冷却效率를 增加시키고 tube와 chamber에 scale과 sludge 및 slime 등으로 困해서 line이 clogging 되거나 腐蝕되는 일아 없도록 하기 위해서 冷却水 속에 미량의 염소를 注入 하여 미생물의 번식을 억제하고 있다.

## water treatment equipment

日本 KURITA 製品으로 Raw water中 현탁物質을 除去하는 壓力式 自動 조작 裝置로써 high flow type(counter-flow type)으로 sand filter, Cation tower, Decarbonater, Anion tower로 構成되어 있다. tower는 強酸性+ion교환수지를 充塡한 Cation tower와 強塩氣性 -ion을 充塡한 Anion tower 및 Racking Ring을 充塡한 Decarbonater로 構成된 2상3탑型 순수장치다.

여과수를 C탑, D탑, A탑의 순서로 通水함에 따라 순수製造를 行한다. Cation tower에서는 여과수中 Cation ion 即  $Ca^{++}$   $Mg^{++}$   $Na^{+}$   $Fe^{++}$   $Al^{++}$  等과 양 ion 교환수지中 水素 ion이 ion교환하며  $H^{+}$ 를 放出한다.

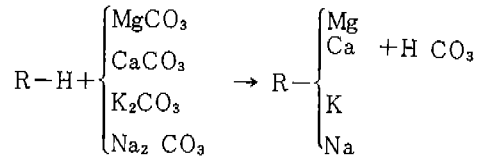
Decarbonater에서는 物理的으로  $CO_2$ 를 除去하고 물은 OH 型에 再生한 Anion 교환수지로 充塡한 Anion tower로 보내진다. Anion tower에서는 Decarbonater에서  $CO_2$ 를 除去한 산성연수中의 Anion 即  $Cl^{-}$   $SO_4^{-}$   $HCO_3^{-}$   $NO_3^{-}$   $HSiO_3^{-}$  等과 음ion 교환수지 중 수산 ion( $OH^{-}$ )이 ion 교환하여  $OH^{-}$  ion을 防出한다. 이  $OH^{-}$  ion

은 먼저 cation tower에서 放出된  $H^{+}$  ion과 結合하여  $H_2O$ 가 된다.

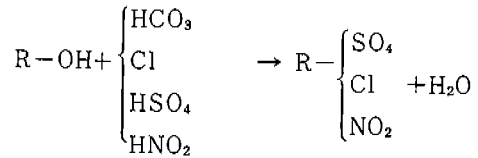
再生時 Resin 1當 HCl 60g 注入된다.

Water treatment 과정은 다음과 같다.

[Cation 반응식]

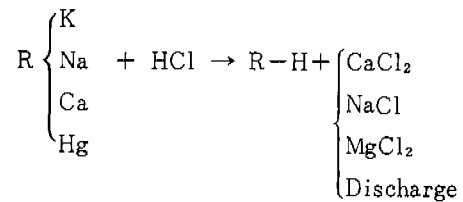


[Anion 반응식]

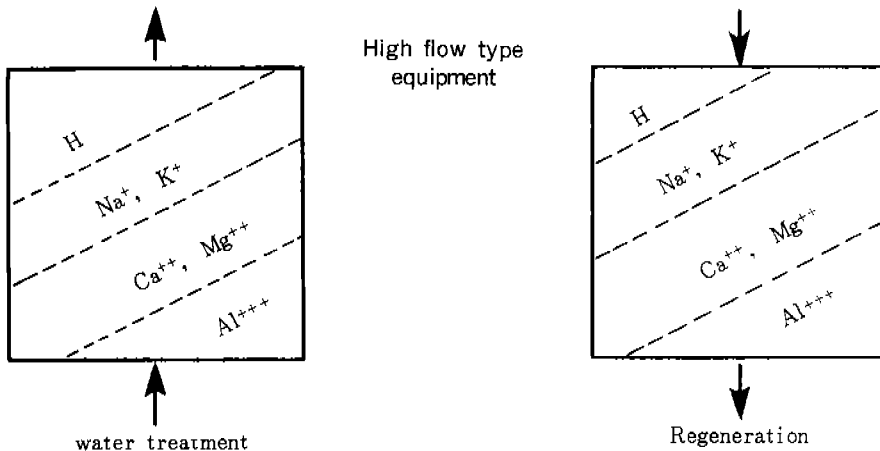
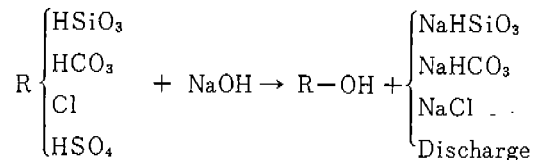


Regeneration 과정은 다음과 같다.

[Cation 반응식] <재생제: HCl>



[Anion 반응식] (재생제 NaOH)



이런 方式으로 순수處理量이 1,400ton에 到 達하거나 處理水의 Conductivity가 10 $\mu$ v/cm 되면 再生에 들어간다. Regeneration chemical 로 35% Hcl과 45% NaOH가 使用된다.

이밖에 Process Condensate를 回收하여 precoat filter에서 鉄粉 등의 불순물을 除去하여 一次 處理해줌으로써 미세한 鉄粉으로 因해서 Resin의 機能이 상실되지 않도록 하고 있다.

「熱併合發電所를 建設하기 위해서 다음과 같은 條件이 要望된다.」

- ① 經驗있는 engineering의 設計 및 指導를 받을 것.
- ② 發電設備 單價를 감안해서 有名會社 製品을 選擇할 것
- ③ Heat Balance는 既存工場 實務者와 發電

所 實務者가 綜合검토해서 設計할 것

- ④ 既存施設을 最大로 活用하도록 할 것
- ⑤ 設置工事は 實務者가 主管할 것

끝으로 火力發電所 建設工事に 國產機器를 18% 以上 使用토록 되었기 때문에 高度의 安全性을 維持해야 됨으로 機器 maker의 眞實한 良心이 아쉽다. 熱併合發電所는 製品生産의 原動力이기 때문에 不良機器 使用으로 因한 돌발적인 事故가 發生한다면 本來 設置 目的인 效率的인 熱管理에 위배될 뿐만 아니라 막대한 損害를 가져올 것이다. 우리는 이런 問題點을 감안해서 先進國 製品과 同一한 性能의 機器를 製作하고 使用되도록 要望된다.



〈P. 24에서 계속〉

본의 투자는 감소되고 있는 반면 복지후생시설에 대한 투자와 전기통신부문의 투자는 오히려 증가되고 있는 추세를 나타내고 있어 전기통신 부문에의 진출은 그 가능성이 크다고 할 수 있다.

이렇게 볼 때 우리나라의 對中東 전기통신부문에 대한 수주 실적은 선진국에 비해 극히 微微한은 물론이며 우리나라의 對中東 건설수주총액에서 차지하는 비중도 미약한 실정이다.

그러므로 尙後 우리나라는 사우디 아라비아와 같은 특정국에만 편중된 진출을 지양하고, 이집트, 이라크, 리비아와 같은 전기통신 부문

을 확충하고 있는 국가로의 진출을 적극 모색해 나가야 할 것이다. 특히 이라크는 최근 건설투자를 증대시킴으로써 중동 제2의 건설시장으로 浮上되고 있어 향후에도 진출의 여지가 충분할 것으로 보여진다.

또한 우리나라는 80年代의 對中東電氣通信部 門進出을 보다 효율적으로 추진하기 위해서는 高度의 기술 개발 및 축적, 적극적인 수주 활동의 전개, 공사 정보의 신속한 입수등을 통하여 강력한 國際競爭力을 배양하여야 할 것이며 이들 부문에의 진출을 시도하는 業體들 자체도 새로운 여건 변화에 대처하는 능력을 스스로 함양하여야 할 것이다.