

原子力工業에 있어서의 용접技術者의 重要性

The Importance of the Welding Engineer to the Nuclear Industry

黃 昌 奎*

Chang-Kyu Whang

1. 概 要

産業界에서 용접의 役割은 近年에 와서 그 重要性이 날로 더해 가고 있다. 産業界의 發展과 同乘해서 용접이 차지하는 比重이 擴大되고 여러 分野에서 金屬을 結合하는 手段으로 應用되고 있는 것은 이미 알고 있는 것으로 每日每日 용접技術은 開發이 되어 現在 使用되고 있는 용접法만 하더라도 30餘種이나 된다고 하며 金屬合金은 이 용접法에 依해서 滿足하게 處理되고 있다고 보겠다. 여기서 生覺해 보고 싶은 것은 어떤 金屬合金을 용접으로 接合할 때 여러가지 용접法中에서 어떤 方法을 어떻게 採用하면 더 좋은 結果를 얻을 수 있을까! 하는 것과 採用된 용접法의 長短點을 充分히 考慮한 後에 용접作業에 들어 가지 않으면 안된다.

그런데 比較的 歷史가 짧은 原子力工業은 材料를 接合하는데 여러가지로 어려운 問題點을 提供하고 있는데 이것은 비단 原子力工業 뿐만이 아니고 사람들이 金屬을 처음으로 판들기 始作했을 때부터라고 生覺이 든다. 이 産業의 發展은 용접技術者가 여러가지로 複雜한 問題를 어떻게 빨리 安全하게 解決할 수 있느냐에 달려 있다고 본다. 그러므로 용접技術者는 신기한 特性을 가지고 있는 金屬의 接合技術을 開發하지 않으면 안되지만 原子力工業에서 適用되는 아주 높은 溫度에서도, 높은 壓力에서도 견딜 수가 있고 中性子 衝擊에도 損傷을 받지 않는 性質이 要求된다. 또 實驗裝置등도 運轉中에는 放射性이 강하기 때문에 용접의 完全성이 絶對히 要求된다.

1. 原子力 發電爐의 考察

原子力의 平和의 利用은 人類文明에 對해서 最大의 恩惠를 約束하는 것으로 發電用 原子爐에 對해서 여러가지 問題를 生覺해 보자.

發電用 原子爐에는 加壓水型이 많이 採用이 되는데

* 正會員, 韓國原子力研究所

爐의 本体는 물이 充滿된 壓力容器안에 燃料物質의 Core (爐心部)로 되어 있다. 이때 燃料要素에서 發生되는 熱은 對流과 傳導에 依해서 蒸氣發生器로 輸送되기 때문에 組立되어진 Core는 큰 表面積이 必要하여 이때 全體가 큰 表面積을 갖게 된다. 그 結果 原子爐 壓力容器의 寸法은 從來 우리들이 生覺되는 普通壓力容器의 概念과는 다르다.

原子爐 壓力容器內의 溫度는 가동시 540°C보다 상당히 낮게 制限이 되며 利用熱量을 最小로 하기 爲해 爐는 高壓으로 運轉을 할 必要를 느끼게 된다. 큰 體積과 높은 壓力이라는 壓力容器의 概念에서 볼때 그의 벽 두께에 있어서도 生覺되지 않았던 일들이 제기된다.

지금 한가지 考慮해야 할 點은 물의 腐蝕作用을 들 수 있다. 이 물은 減速材 役割을 하는 한편 燃料要素에서 나오는 熱을 熱交換器로 傳達하는 役割로 熱交換器 안에서는 水蒸氣가 만들어진다. 그런데 原子爐에 使用되는 純度 높은 물은 予想되는 稼動溫度에서는 炭素鋼에 對해서 대단히 腐蝕性이 強하다. 資料에 依하면 18% Cr, 8% Ni을 含有한 材料가 이 壓力容器 建造에 適合하다고 하나 經濟的인 理由나 용접面을 考慮해서 加壓水型爐는 炭素鋼으로 만들고 그것을 18-8 Cr-Ni 鋼의 一種으로 被覆 하는 것이 좋다.

이것 때문에 용접技術者는 두께 75mm~250mm의 stainless 被覆炭素鋼을 高度의 技術로 完全한 용접을 할 수 있는 方法을 開發하고 있다. 上下 方向이나 円周 方向의 용접과 마찬가지로 stainless 被覆 炭素鋼의 Nozzle을 容器에 完全한 용접을 하는 일도 생긴다. 이때 slag 현상이 안에 남는다면 微小 crack이 生起는 일이 있어서는 안 된다.

그런데 原子爐에 關해서는 獨特한 現象을 가지고 있어 다시 말해서 爐의 壓力容器는 그의 全體가 始終 中性子의 衝擊 또는 γ 線의 照射對象이 되고 있다. γ 線은 金屬안에 熱을 發生시켜 이 發生熱은 두꺼운 爐壁의 構造에 多少의 內部應力을 發生시키는데 이때 放射線의 強

度는 運轉速度의 變化에 따라 變하기 때문에 이 應力은 週期的이라 볼 수 있다. 많은 材料들은 中性子の 충격이 比較的 짧은 時間이라도 材料内部까지 파고 든다는 것을 알 수 있다. 이를테면 어떤 種類의 鋼에서는 熱中性子에 짧은 時間동안 쪼이더라도 취성破壞 溫度가 현저하게 上昇된다. 이때 용접부나 그의 隣接部 全部가 취약해지는 양되며 또 長時間 中性子の 충격을 받더라도 취화되는 部分이 생겨서도 않된다는 또 하나의 條件을 용접技術者들은 考慮해야 된다.

原子炉壁内部 構造에서 생기는 용접에 依한 微小 crack 을 방지하는 方法으로는 용착 금속을 놓을 때 中間應力을 除去할 때가 있다. 美因에서 最初의 原子炉 壓力容器는 安定化된 stainless 鋼으로 被覆된 炭素鋼으로 建造되었다. 그런데 이것은 應力除去 處理法에 依해서 炭素, 크롬비음, Cr 등이 stainless 鋼 용접부의 熱影響部에서 再結合되는 것을 알 수 있다. 이것 때문에 炭化 Cr이 結晶粒界에 응결한 結果로 困해서 부식에 敏感해진다. 이 感受性은 900°C에서의 最終的 熱處理로 除去되지만 더 좋은 解決法은 被覆用 stainless 鋼에 極低炭素의 것(<0.03%)을 使用하면 된다.

취화에 對한 問題는 여러가지로 애로가 많으리라 生覺이 된다. 適當한 용접법을 使用했다 하더라도 炭素鋼위에 stainless 鋼을 용착할 경우라던가 그 逆의 경우에는 炭素鋼에 Ni 또는 Cr이 탄해 영키여 단단하고 연한 合金으로 되는 部分이 생긴다. 취화역은 普通 靜荷重을 받을 때는 別다른 問題가 되지 않는다. 그러나 原子力關係에 있어서는 事情이 많이 달라진다. 용접 Bead 속의 단단하고 연한 材質은 그것이 작은 部分이라도 週期的인 内部應力下에서는 crack 의 原因이 된다고 보겠다. 그러므로 中性子の 충격이 용접部分의 취화의 貨과 量을 增大시킬 수 있다고 予想할 수 있다.

용접부분의 취화를 피하는 한가지 方法은 炭素鋼과 stainless 鋼의 용착금속 사이에 事實上 炭素가 含有되어 있지 않은 鐵의 層을 만드는 일이 되겠다. 이를테면 容器的 Butt 용접에 있어서 처음에 stainless 鋼의 内部를 용접하는 것인데 이것은 容器的 內側으로부터 行하고 다음에 外側에서 용접을 行하는데 그 初層은 깊이 잡는다. 이때 stainless 鋼이 炭素鋼과 녹아 영키여진 部分은 完全 除去해야 된다. 다음에 外側에서 stainless 合金의 露出面 全体에 용제철(炭素가 들어 있지 않은 純粹한 것)을 용착시킨다. 이렇게 해서 炭素鋼에 精密한 용접방법을 使用해서 完成하는 것이다. 그리고 Nozzle 이나 其他 附屬物도 壓力容器的 壁에 용

접할 경우 以上과 같은 方法을 採用하지만 各設計에는 그것대로의 問題가 있어 合金 또는 各種成分이 틀리기 때문에 熱팽창係數등에 考慮를 하지 않으면 않된다.

燃料要素의 製作에 있어서도 또 용접에 關한 問題가 隨伴된다. 低溫으로 가동할 때 uranium 合金은 純 Aluminium으로 被覆된 燃料要素가 좋은 成績을 내고 있지만 uranium 合金은 물에 依한 부식作用을 받지 않기 爲해서 被覆管이 完全密閉되어야 한다. 또 燃料과 被覆 사이가 完全히 密着되지 않으면 密着不良의 部分에 Hot Spot 現象이 일어 난다. 動力用 原子炉에서는 Aluminium被覆은 高溫속에서 물과 作用하기 때문에 完全하다고 볼 수 없다. Zirconium被覆은 核特性과 내식성이 좋은 點으로 動力炉用 燃料體에 많이 使用된다. 純 Zirconium 은 높은 내식성을 가지고 있으나 작은 量이지만 酸素 또는 窒素에 依해서 그의 性質이 많이 變함을 알 수 있다. 特히 Zirconium의 용접은 Argon 이나 Helium Gas 가 들어 있는 Dry Box 분위기속에서 行하던가 真空속에서 行해지는 電子빔 용접법을 많이 採用하고 있다.

3. 放射線 化學處理裝置

原子炉 또는 그밖에 原子力을 應用하는 裝置에 對한 資料는 있지만 放射線 化學處理에 關한 本質的인 要求에 對한 것은 比較的 작다. Uranium 同位元素가 상당히 複雜한 化學的 方法에 依하지 않고는 分離나 製造가 되지 않는다면가 放射后의 燃料要素를 完全히 再處理해야 한다는 것을 生覺할 때 現在 原子力에 關한 處理工場을 生覺하지 않을 수 없다. 放射線 化學處理 裝置는 一般工業技術과는 달리 設計上 問題가 많다. 施工后 化學處理系統中 重要部分이 失敗했을 경우 이 部分을 뜯어 낼 수 있는데 對해서는 設計者나 運轉者가 共히 深刻한 關心事가 아닐 수 없다. 放射性 物質과 液体가 놓여지고 通過된 容器나 pipe 등은 放射能 이 많이 汚染되어 있기 때문에 그의 修理나 分解는 普通의 手段을 가지고는 不可能하다. 다시 말해서 完全한 方法은 없다. 이와 같은 일을 改善할 수 있는 知識과 經驗은 앞으로 研究하고 習得하는 結果에 期待를 걸수 밖에 없다. 工場系統을 構成하는 pipe 와 容器 등은 内容液에 依한 摩耗速度에 依해서 材料의 두께를 定하고 經濟的인 考慮로 裝置의 壽命을 잡아야 한다. 放射線을 받는 容器는 比較的 短期間 運轉中에 破損이 될 경우에도 不幸이 그 原因과 損傷個所를 視覺的으로 断定하기가 어려운 것이다. 그러기 때문에 容器的 設計, 製圖, 示方書 등을 만들 때 設計者는 想像的인 判

斷이 必要하다. 이를때면 設計를 變更할 것인가, 製作時 착오를 檢査員이 發見했기 때문인가, 使用材料가 不良했기 때문인가, 또 運轉中 損傷에 依해서 裝置가 破損 되었는가 하는 判斷같은 것이다. 裝置를 補修하기 爲해서 破損된 部分을 分解할 때 作業員의 遠隔操作에 依해서 主要部分을 차례차례로 解体하여 破損部를 露出시킴으로써 充分히 汚染을 除去할 수 있고 肉眼檢査에 依한 損傷原因의 究明이 可能하리라 본다. 原子力裝置에서 “汚染”이란 말은 放射性物質이 材料의 表面에 附着되는 狀態를 가리키는 것으로 이런 狀態에서는 汚染物質을 除去하기란 참으로 困難하다. 이러한 物質에서 發生하는 放射能은 어떤 경우에는 그 強度가 아주 작지만 어떤 경우에는 아주 強하기 때문에 두꺼운 납이라던가, concrete 라던가 물등을 차폐물로 使用해서 作業員을 保護하지 않으면 안된다. 汚染物質의 放射能의 壽命(半減期)은 數秒에서 數千年에 이른다고 한다.

損傷된 裝置를 分解할 경우 作業자가 實際로 作業時間 동안에 放射線을 받는 量이 許容量이 超過하지 않는다면, 또 汚染物質 除去에 標準除去法을 適用할 수 있을 程度일 때는 作業이 可能하겠다. 또 한가지 附言하고 싶은 것은 乾式處理容器는 放射性作業后가 實際의 作業때 보다 더 放射性이 強하다는 變則的인 것임을 알아둘 必要가 있다. 汚染된 裝置를 廢棄한 다던가 修理를 할 수 있는지의 여부는 放射性의 程度를 測定한 後에 決定 하여야 한다.

4. 原子力裝置의 修理熔接

放射性物質을 處理하는 裝置에서는 그 修理가 不可能하다. 그러한 場所에서는 放射能이 強하기 때문에 作業員들은 상당히 두꺼운 concrete 나 同一效果의 두께를 가진 鐵鋼, 납, 물, 또는 다른 防禦材로 遮蔽없이 는 가깝게 接近할 수가 없기 때문에 汚染된 裝置를 分解해서 修理하던가 交替하는 것은 遠隔手段을 取해야 하고 裝置의 觀察에는 潛望鏡이나 TV 등을 使用하고 있다.

Fig. 1은 化學處理工場에 位置한 容器를 潛望鏡으로 잡은 것이다.

容器는 concrete 로 遮蔽된 깊은 곳에 位置하고 일 단 建造한 後에는 容器의 위에서나 周圍에서는 一切作業이 不可能하다. 運轉中 容器의 欠陥이 있을 때에는 遠隔操作에 依한 繁雜性, 操作을 爲한 時間, 費用에 關한 考慮뿐 아니라 裝置製作上 여러가지 問題點을 提供하고 있다.

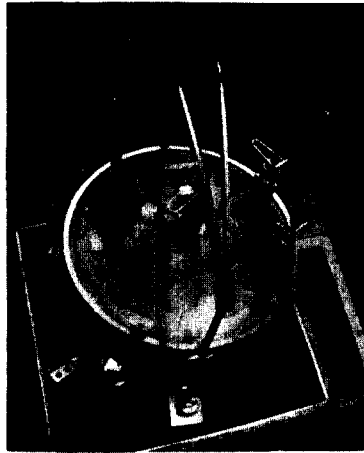


Fig. 1. Periscope view of vessel



Fig. 2. Stainless steel vessel

또 放射線 化學處理 裝置를 Fig. 2에 表示했다. 그림에서 보는 바와 같이 stainless 鋼製 濃縮機는 約 \$ 450,000이 所要되는 것으로 本体 高이가 近 10m, 무게가 約 40톤이나 된다고 한다. 이것을 製作하기 爲해서는 高度의 技術과 細密한 용접이 必要로 한다. 그런데 이 工場이 始動한 後에는 어느 곳이 샌다던가 結合이 잘못 되었을 때에는 遠隔操作裝置에 依해서 그 位置에서 分解, 밖으로 끌어내어 廢棄處分 하지 않으면 안된다. 이때 作業員은 放射線 安全担当者의 指示에 따라서 破損物에서 安全 距離, 또는 時間間隔에서 行動을 해야하고 放射線 安全担当者는 作業前에 반드시 放射能 測定을 해야 한다.

Fig. 3은 stainless 鋼製 化學處理容器의 內側을 表示한 것으로 內部에는 용접부가 침식되어 있다. 여러가지 理由로 부식試驗用에 實際使用中의 容液과 같은 것을 使用한다는 것이 不可能할 경우 용접금속이나 坩

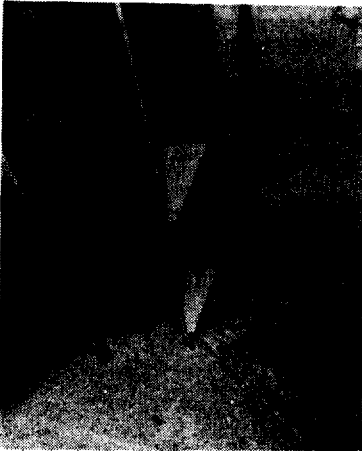


Fig. 3. Interior of stainless steel vessel

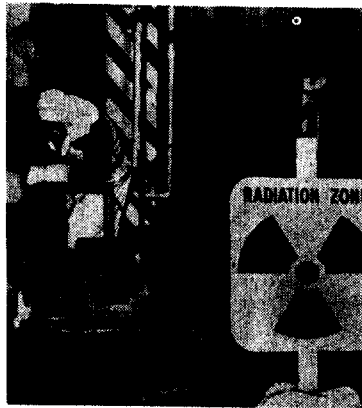


Fig. 4. Welder working on process line

용접의 부식에 똑같은 내식성을 얻을 수 있는 母材를 사용한다는 것은 困難하다. 이러한 用途에는 普通의 부식試驗은 無意味하다. 그것은 處理容液 試驗에 사용할 수 없는 放射性物質을 含有하고 있기 때문이다. 그러한 경우에는 그때 그때 상황에 따라 適當한 方法을 採用하는 것이 좋다. 이 그림의 容器는 汚染을 잘 除去했지만 이것을 修理하기 爲해서 용접공은 20分以上의 作業을 許容할 수가 없다. 이렇게 短時間으로는 부식되어 있는 部分을 새로히 補正한 다는 것은 實行不可能하다고 生覺할 수 밖에 없다.

放射線處理裝置의 補修에는 作業哲學이 있는데 그것은 제일 먼저 考慮된 것이 普通의 作業安全規則을 지키면서 迅速히 補修作業을 遂行하는 것이다.

그러나 原子力裝置에 있어서는 周圍에서 放射線이 나오기 때문에 여기에 從事하는 作業員의 保護가 뒤따른다.

放射線 處理裝置에 關한 修理作業이나 용접에는 어느 것이고 安全守則에 依해서 作業이 進行이 되어야 한다는 것이 가장 重要한 것으로 용접공이나 機械工各自가 自己知識을 믿고 行動해서는 안된다.

여기서 放射線 化學處理裝置의 補修용접作業의 順序를 적어 보면 다음과 같다.

(1). 放射線處理의 配管系統에 損傷이 생겼을 때 交替용접할 必要가 있다.

(2). 放射線 安全管理担当者는 作業區域의 放射能을 測定하고 作業時間制限을 規定한다.

(3). 作業員의 防禦服裝은 어떤 것으로 하는 것이 좋은가 決定한다.

Fig. 4는 特殊한 防禦服을 입고 용접공이 處理系統을 補修하고 있다. 二重으로 全身服을 입고 신발 위에는 Cover 를 써주고 고무로 된 긴 장갑을 끼고 布製모자와 空氣 Mask 를 附着시켰다. 어떤 作業條件에는 이러한 防禦手段으로도 充分하지 못하다고 生覺이 된다. 이를테면 放射粒子狀 物質의 危險이 아주 많은 곳에서 修理용접을 할 때에는 致命的인 放射塵에서 安全保護가 되는 透明한 plastic 으로 된 防禦裝備를 着用하는 경우도 있다.

(4). 作業員이 맡은 일을 正確하고 細密히 理解하기 爲해서 먼저 模型으로 練習을 한다.

(5). 作業場所나 交替할 裝置는 作業時間制限을 길게 하기 爲해서 可能限한 汚染을 除去한다.

(6). 흠이 있는 pipe 를 끊어내기 爲해서 교환용접의 準備를 한다.

(7). 용접장치의 機能에 對해서 調査한다.

(8). 作業을 始作한 후 용접공의 許容作業 時間을 最大로 利用한다.

(9). 許用作業時間이 다되면 作業이 끝이 나던 안나던 作業區域에서 나오도록 指示한다.

(10). 作業이 끝난 용접공은 現在의 狀況을 다음 作業용접공에게 자세히 알리고 続行을 爲한 注意事項을 傳達한다.

(11). 作業의 割當計劃에 依해서 다음 作業을 계속한다.

(12). 이러한 方法으로 作業은 끝을 맺는다.

(13). 용접에 對한 檢査와 試驗을 行한다.

(14). 다음은 作業區域을 깨끗이 정돈하고 修理作業結果 發生한 過剩放射性物質을 除去하며 이것을 確認하기 爲해서 다시 한번 放射能檢査를 한다. (放射性物質에 Arc 가 作用하면 그것이 蒸氣로 되어 分위기를 汚染시키는 것을 알 수 있다).

(15). 이렇게 한 裝置는 다시 運轉이 된다.

(16). 各作業員들은 말은 作業이 끝나면 放射能汚染에 對한 檢査를 받는다.

(17). 作業에 使用한 裝備도 汚染에 對한 檢査를 받은 後 汚染을 除去하고 제자리에 保管하였다가 다시 使用한다.

5. 配管系統의 分類

放射線 化學處理裝置의 配管系統은 相當한 部分을 占하고 있으며 이것을 便宜上 4가지로 나누어 生覺해 보자.

(1). 建物の 不可欠한 配管

이 部類에는 concrete 에 파묻혀 있는 pipe, 가깝게 接近할 수 없는 곳의 pipe 溝, 放射能이 強한 場所에 부설된 것 등이다.

Fig. 5는 이러한 裝置의 複雜한 것으로 일단 運轉

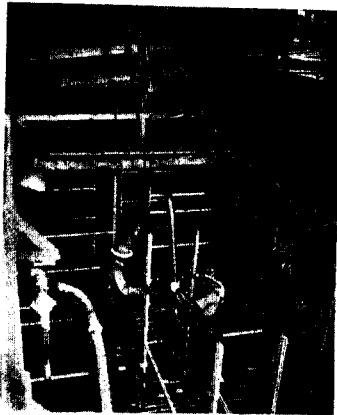


Fig. 5. Piping installation

에 들어가면 修理不可能한 程度로 放射線이 強하기 때문에 사람이 가깝게 接近할 수 없다. 配管系統中 不可欠한 部分의 pipe 가 損傷되었을 경우 裝置의 適應力이 減少되어 全体의 效率이 低下됨을 알 수 있다. 永久配管의 어떤 箇所에서 破損이 일어날 때는 全裝置가 閉鎖 또는 廢棄의 原因이 된다는 것을 想像할 수 있다. 그러므로 이 目的의 配管이나 용접은 될 수 있는 限 훌륭한 精密作業이 要求된다.

(2). 交替可能한 容器的 不可欠部分의 配管. 이 部類에는 閉鎖換 coil, coil의 多岐管, 容器壁에 부착한 測管같은 것을 들 수 있고 이런 곳의 stainless 鋼 더구나 coil에는 腐蝕作用을 받는다.

放射性이 強한 物質의 汚染을 받으면 容器는 修理를 할 수 없게 되고 破損에 對한 正確한 原因을 究明할

수 없게 된다. 이러한 配管은 損傷에 依해서 容器全体의 교환이 必要로 하며 生産面에서도 損失을 가져 온다. 그러므로 용접의 正確性和 精密性이 要求된다.

(3). 交替可能하나 放射能汚染에 依해서 修理不可能한 配管

이 部類에 屬하는 것은 遠隔場所의 pipe jumper, 管狀熱交換器管束, 교환可能한 coil 등을 들 수 있고 이들은 直接間接으로 高價物이다. 그런데 汚染度가 높으면 단 1個의 部品을 교환하기 爲해서 裝置全体를 閉鎖하여야 한다. Bayonet-type 閉鎖換기는 運轉中 破損이 되면 交替하지 않으면 안되며 이 作業은 潛望鏡이나 TV로 觀察하면서 遠隔制禦裝置를 操作해서 行한다. pipe jumper 에 있어서는 Fig. 6에서 보는 바

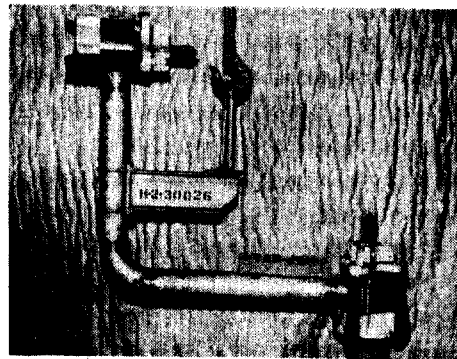


Fig. 6. Pipe jumper

와 같이 jumper 兩端部의 取附具에 依해서 容器, 또는 裝置를 建物 自体의 固定具에 連結하는 作業을 遠隔操作으로 進行한다. jumper는 比較的 單純한 設計로 된 것 같지만 相當히 複雜하고 價格도 高價이다. 이것은 製作過程을 通해서 寸法精度가 아주 細密해서 各部分은 許容限度를 조금이라도 超過해서는 안되게 되어 있다.

(4). 接觸해서 修理可能한 配管

이 部類에는 設備配管과 放射能汚染度가 弱한 것들이 포함되어 있다.

이 設備는 放射能에 對한 危險性이 없고 非放射性物質을 取扱하는 大部分의 工業化學裝置에 있어서의 設備配管과 同一하다고 볼 수 있다. 結局 放射線 化學處理裝置의 壽命은 接觸不可能한 永久配管의 壽命에 依해서 規定되어져 있다. 予備配管이나 裝置가 消耗되었을 때에는 閉鎖되어 쓸 수 없게 된다. 한편 數十數百億이나 되는 投資는 接觸不可能한 場所에 埋設되어진 配管용접의 質에 特히 달려 있다고 본다. 이러한 事情을 안다면 配管系統에 最高度의 용접을 爲한 有效한

方法이라든가 技術開發에 對해서 尙상 関心을 가져야 할 줄 안다.

裝置나 機器를 設計하기 爲해서는 割當된 義務를 効果的으로 達成하는데 努力을 해야 하고 設計者는 내식性金屬이나 合金등의 接合에 関한 溶接법의 可能性과 限界를 研究하지 않으면 안된다. 또 設計者, 製作者, 溶接技術者는 서로가 密接한 關係를 維持함으로써 溶接법을 改善하고 技術을 開發할 수가 있으며 이렇게 됨으로써 잘 適用할 수 있는 것이다.

6. 溶接工의 資格과 監督

일반용접공도 그 機能을 区分하는 檢定制度가 있듯이 原子力工業에 從事하는 용접공도 一定한 檢定試驗에 合格한 者에게 資格이 부여되고 原子力裝置의 性質에 따라서 廣範圍하게 용접공의 技量이 다르게 要求되기 때문에 아주 高度의 品質을 要하는 裝置에는 作業의 絶對的인 完全성과 信賴性이 必要하므로 용접공에게 特殊한 技術과 施工등을 教育을 通해서 習得케 하여 最高의 熟練工을 扞든后 從事케 하는 것이 當然하다. 또 原子力裝置를 建造한다던가 보수용접을 원활히 하기 爲해서는 권위있는 용접의 監督者가 必要하며 이 監督者는 實際 經驗이 풍부하고 넓은 理論的知識을 가지고 있는 사람만이 原子力裝置의 建造 및 補修作業時에 여러가지로 일어나는 問題點을 잘 處理할 수 있다고 본다.

예를 들면 作業者의 不注意로 용가제를 誤用했을 경우 이 裝置는 가동후 얼마 안가서 問題點이 생겨 原子力機器의 能力과 壽命에 莫大한 影響을 주게 된다. 그러므로 作業의 事前事後 點檢과 더불어 監督者는 絶對的으로 必要하게 된다.

7. 檢査와 試驗

原子力裝置의 建造 및 보수용접의 檢査와 試驗은 最初의 材料와 용접작업원이 現場에 到着했을 때부터 始作해서 裝置가 注文者에게 引渡될 때까지 계속된다. 配管의 檢査와 試驗에는 放射線檢査, 檢孔器, 特殊鏡 및 潛望鏡과 같은 高度로 專門化된 檢査機器가 없이는 困難하다. 精密한 品質을 維持하기 爲해서는 全 용접부의 第一層을 檢査員에 依해서 檢査를 한다. 이렇게 되면 第一層의 不滿足한 용접完了品을 除去할 必要가 없게 된다.

8. 展 望

原子力工業 分野에서 아직도 解決되지 못한 難問題가 많이 있다고 볼때 앞으로 용접기술자의 責任이 무겁다고 본다. 開發初期에는 용접기술자들이 機密維持의 要求에 對해서 머리를 많이 써 왔기 때문에 어떤 問題에 關해서 타용접기술자와 討論을 한다는 것은 生覺지도 못했다. 그러나 오늘에 이르러서는 많은 面에서 機密維持가 解除되어 以前에 機密로 分類되었던 問題도 一般的인 會議나 公開된 모임에서 서로 論議하면서 技術情報을 주고 받는 實情에 이르렀다. 先進國에서는 原子力機關이 後援을 하고 용접위원회·學會·協會 등에서 關係 용접기술자들이 모여서 용접에 關한 計劃과 問題를 서로가 廣範圍하게 情報을 교환함으로써 現在 가능한 成果를 더욱 結集시키고 새로운 問題를 제기하며 技術을 開發해 나가고 있다.

現在 世界各國의 原子力發電所의 現況을 보면 '77年 末 現在로 運轉中인 것이 表1에서 보는 바와 같이 22 個國에 發電爐數가 201基에 일고 建設中인 것이 美國을 위시해서 28個國에 242基이며 契約中인 것이 95基, 計劃中인 것이 177基等 總 715基로 나타나고 있다.

표 1. 運轉中인 各國의 原子力 發電所 現況

國 名	運轉基數	國 名	運轉基數
미 국	68	불 가 리 아	2
영 국	33	이 태 리	3
소 련	21	인 도	3
日 本	14	台 灣	1
西 獨	11	韓 國	1
프 랑 스	12	오 란 다	2
카 나 다	8	핀 란 드	1
스 웨 덴	6	아 르헨티나	1
벨 기 에	3	체 코	1
스 페 인	3	파 키 스 탄	1
스 위 스	3		
東 獨	3	計	201

우리나라에도 古里 1号基(5.954千kwe)가 작년에 點火式을 갖고 今年 7월에 完工되어 發電이 始作되므로 歷史上 새로운 原子力時代의 章을 열게 되었는데 現在 2基(1328千kwe)가 또 建設中이고 2基(1800千kwe)는 契約의 準備를 서두르고 있기 때문에 지금부터 여기에 對應해서 原子力工業이 開發이 되고 發展

해 나가야 한다고 본다.

原子力工業의 核心은 관련산업이 어느 程度 效率的으로 育成되었는가에 달려 있다고 본다. 특히 관련산업의 計劃과 實踐이 착실하게 이루어지는 속에서 原子力工業이 開發되어 가려면 当面한 여러가지 問題點 解決에 對해서 용접기술자의 熱意있는 자세가 先進國에

서도 必要로 한다고 確信한다.

本稿는 美國의 G. E 社의 F. W. Davis 와 E. B. Lavelle 技師의 技術論文中에서 原子力工業의 용접과 相關된 部分을 參考로 했고 그림은 J. B. Fecht, C. H. Henager, R. D. Switters 諸氏의 技術論文을 參考로 했다.