

## 特別講演

大韓 熔接學會誌  
第1卷 第1號 1983年 8月  
Journal of the Korean  
Welding Society  
Vol. 1, No. 1, Aug., 1983

## 現在의 日本에 있어서 熔接技術에 關한 各種 活動\*

益 本 功\*\*

## 1. 序 言

現在의 世界的 經濟發展의 契機는 가까운 將來에 急速한 경기 회복으로 전환될 전망을 보여주시는 않는다. 한편으로는 기계·전자공학을 중심으로 한 技術의 發展, 情報化 社會로의 變化가 눈에 띠 정도로 급격히 일어나고 있다.

이와 같은 情勢속에서 앞으로의 용접기술에는 무엇을 목표로 어떠한 노력이 이루어져야 하는가에 對해, 日本 용접학회, 日本용접협회의 各種 活動을 中心으로 소개하고 져 한다.

또한 에너지의 문제는 현재도, 將來도 世界的으로 가장 중요한 문제의 하나다. 에너지 산업의 諸分野—油田의 개발, 石油의 採掘과 파이프라인 輸送, 液化石油가스(LPG), 液化天然가스(LNG)의 수송과 저장, 석탄액화, 나아가서는 原子力, 火力, 水力 發電 플랜트의 건조 等等—에 있어서 용접기술의 역할은 매우 크다. 1982年 5月 美國에서 「에너지 이용과 용접기술」을 테마로 한 國際會議이 열렸는데 이 會議에서 보고한 日本의 용접기술에 關한 주제를 여기서도 소개하고 져 한다.<sup>1)</sup>

## 2. 용접 구조물의 品質確保와 용접기술에 關한 人的 事項

용접기술은 生産手段의 한 方法으로 그것이 효과적으로 利用되어, 용접에 依해 만들어진 製品의 品質이 滿足한 것이 아니라면 意味가 없다. 이 때문에 熔接作業者에 對해서는 JIS Z3801(용접기술 檢정에 있어서 試驗方法 및 判定基準) 및 Z3841(半自動용접)에 입각하여

日本 용접협회가 技術檢定을 行하여 그 資格을 認定하고 있다. 이 역사는 30年 以上 경과하고 있으나 현재의 용접구조물의 品質確保는 용접 作業자의 技術만으로는 實現될 수 없다.

용접구조물의 品質確保에 가장 중요한 조건은 설계 技術자와 生産 技術자 사이의 용접기술에 關한 合意와 理解라 할 수 있다. 용접을 理解한 설계 技術자가 있고 용접기술의 지식과 經驗이 풍부한 生産技術者의 감독아래 용접작업이 行해질 때 비로소 적당한 品質의 製品이 얻어질 수 있다. 日本에서는 과거 수 십년間 熔接技術의 하아드(Hard) 面에서의 研究開發은 急速히 發展되어 왔으나, 熔接技術을 유효하게 利用하는 사람의 역할(資格)에 對한 認識은 비교적 새로운 것이다.<sup>2)</sup>

日本 溶接協會는 約 10年 前에 WES 8103 「鋼構造物의 용접施工 및 管理技術者의 資格認定規格」(略稱·溶接技術者 資格認定 規格)을 制定하여 그 認定을 行하고 있다. 1982年 末까지의 WES 8103의 1級 應試者는 8,941名, 그 中 合格者는 3,934名, 2級 應試者는 20,093名, 그 中 合格者는 13,423名에 達하고 있다. 그 資格은 1981年 9月 1日 建設省住指發 220號 「熔接에 있어서 高度의 品質을 確保할 수 있는 作業方法의 條件에 對해서 (通知)」 中에 公認되어 있다.

日本에서는 今年부터 오랜 經驗을 가진 熔接士를 熔接作業者로 資格을 認定하여, WES 8103의 熔接技術者를 補助하여, 熔接士의 指導를 담당할 수 있도록 하기 위해 規格案이 거의 완성되어 필요한 教育內容이 檢討되고 있다.

先進의인 企業에서는 企業內에서의 용접 설계 技術자의 資格 부여를 行하고 있으나, 가까운 將來에 社會의 으로 이러한 資格者가 준비될 必要가 있다.

\* 이 特別講演은 1983. 5. 13 臨時總會를 紀念하여 이루어진 것임.

\*\* 名古屋大學 工學部 教授, 工學博士

### 3. 용접 데이터 시스템

오늘날 용접기술에 關한 研究開發은 質과 量面에서 顕著한 發展을 보이고 있으며, 이를 위해 各 研究機關 및 企業에서 많은 費用支出과 노력이 行해지고 있음에도 불구하고, 그 成果가 충분히 合理的이며 또한 有効하게 활용되고 있는가 하는 문제에 對해서는 반드시 만족하다고는 할 수 없다. 현재도 용접방법의 선정, 適正한 용접조건에 결정에 있어서는 많은 용접을 실제로 行하여 보는 방법을 取하고 있으나, 鋼材 또는 試驗材는 에너지의 堦어리(1톤의 粗鋼을 生産하는 데에 約 7×7<sup>10</sup> 킬로칼로리를 要한다)이다. 이러한 일이 반복된다고 하는 것은 社會 全體적으로 볼 때 큰 손실이라고 할 수 있다.

그래서 용접기술에 關한 데이터를 컴퓨터에 축적하여 데이터 베이스(data base)로부터 필요한 데이터를 얻을 수 있는 프로그램을 만들어 놓으면, 언제 어디서라도 신속히 解答을 얻을 수 있다. 이와 같은 용접법 및 용접 조건에 對한 最適의 용접 이음부 設計 等의 용접

表 1 長期에너지 需給 展望

項目	1980年度		1990年度		2000年度(試算)	
	實數	構成比(%)	實數	構成比(%)	實數	構成比(%)
에너지 수요 省에너지率	4.29億kl		5.9億kl 15.5%		7.7億kl 程度 25% 程度	
에너지別 區分	實數	構成比(%)	實數	構成比(%)	實數	構成比(%)
石 炭	9,240萬t	16.7	15,300萬t	19.5	20,000萬t程度	19
[이 중 國內石炭]	[1,810萬t]		[1,800-2,000萬t]			
[이 중 一般炭]	[2,130萬t]		[6,600萬t]			
原子力	1,570萬kw	5.0	4,600萬kw	11.3	9,000萬kw程度	18
天然가스	2,590萬kl	6.0	6,800萬kl	11.5	8,200萬kw程度	11
그중 國內天然가스	[22億m <sup>3</sup> ]		[73億m <sup>3</sup> ]			
[이 중 LNG]	[1,680萬t]		[4,300萬t]			
水力	1,900萬kw	5.6	2,350萬kw	5.0	3,000萬kw程度	5
揚水	1,080萬kw		2,200萬kw		3,300萬kw程度	
地熱	30萬kl	0.1	600萬kl	1.0	1,500萬kl程度	2
新燃料油, 新에너지, 기타	70萬kl	0.2	1,500萬kl	2.5	6,500萬kl程度	8
石油	2.85億kl	66.4	2.9億kl	49.1	2.9億kl程度	38
[이 중 國內石油]	[50萬kl]		[190萬kl]			
[이 중 LPG]	[1,400萬t]		[2,400萬t]			
供經合計	4.29億kl	100.0	5.9億kl	100.0	7.7億kl程度	100

(總合에너지 조사회 需給部會報告 1982年 4月 21日)

註 1. 原油換算은 9,400Kcal/l에 依함.

2. 石炭의 欄에는, 石炭流體化 혼합연료, 石炭가스化에 利用되는 石炭을 포함한다.

3. 國內 석탄의 수량은 雜炭 및 過欠片을 제외함.

4. 新燃料油, 新에너지, 기타의 欄에는 石炭液化油, 오일샌드油, 오일윌油, 알코올燃料, 太陽에너지, 薪炭 等を 포함.

5. 構成比의 各欄 수치合計는 四捨五入의 關係로 100이 되지 않을 경우가 있다.

기술 데이터를 컴퓨터에 依해, 보다 集約的 系統的으로 整理, 算出하기 爲한 「용접 데이터 시스템(WDS) 연구 위원회」가 1976年 이래 日本 용접協會內에 설치되어 活動을 계속하고 있다. 이 委員會의 연구 성과를 기초로 1982年 11月 30日 강습회가 東京에서 개최되었는데 150名의 참가자들로 盛況을 이루었다. 거기에서 보고된 題目은 다음과 같다.<sup>3)</sup>

- 1) 薄板防撓板의 필렛용접에 依한 변형량의 計算
- 2) 수치계산에 依한 용접 파라메타 추정 的 詩圖
- 3) 용접 파라메타 설정 알고리즘(algorithm)
- 4) 용접열 영향부의 冷却時間의 計算
- 5) 용접열 영향부의 最高 硬度의 計算
- 6) 용접 구조용鋼의 低溫 균열 防止에 必要한 예열 溫度의 計算
- 7) 이음 性能 데이터 베이스
- 8) 전자 비음 용접에 關한 알고리즘

當일은 간단한 퍼스날 컴퓨터로 이들 계산의 實習도 行하여졌으며, 이러한 研究와 프로그램의 蓄積, 나아가서 일반적으로 쉽게 利用될 수 있도록 하기 위한 보급이 앞으로 더욱 필요하다고 생각된다.

#### 4. 新時代의 용접기술—현재의 토픽(Topic)

表 1은公表되어 있는 長期 에너지 需給 展望이다. 1980年에 比해, 2000年에는 原子力의 實數는 約 6倍, 構成比는 3倍 以上, 天然가스는 實數 構成比 함께 3倍 以上, 石炭은 實數 2倍, 構成比는 큰소한 增加가 예상되고 있다. 이에 對해서 石油의 實數는 거의 變化가 없고, 構成比는 절반 가까이 減少하고 있다.

이들 에너지 利用의 研究開發에는 石油, LNG 等の 輸送, 저장 설비, 석유채굴 리그, 기타의 海洋構造物 資源調査를 위한 深海艇, 石炭 액화, 氣化 플랜트等 많은 것이 포함되어 있다. 그래서 材料 및 製造技術 특히 용접기술에 몇 개의 새로운 성과가 보이고 있다. 이것을 열거하면 다음과 같은 것을 들 수 있다.

- 1) 原子力 플랜트用의 高純度 高品質鋼의 製造
- 2) 大型 압력 容器에 있어서의 鍛造 Ring 利用에 依한 용접 이음부의 減少
- 3) 石油産業用 2+Cr-1M. 鋼의 Quenching, Tempering에 依한 強度 向上과 韌性改善
- 4) 超高温 長時間 使用의 構造部材를 위한 Hasteloy X의 開發
- 5) 耐蝕二重管(Tight Fit Tubing by Thermo Hydraulic Fit)의 開發
- 6) 大出力 電子 비임(EB) 용접법의 大型 構造物에의 適用
- 7) 狹開先(narrow gap) 용접의 廣範한 實用化
- 8) 擴散 용접의 高品質部材에의 適用
- 9) 레이저 加工의 共同研究의 진전
- 10) 中間 어닐링을 省略한 2+Cr-1M. 鋼 超厚板의 submerged arc 용접施工法の 確立
- 11) 各種 LNG Tank 용접 施工法の 開發
- 12) 트랜지스터에 依한 아아크 용접전류波形 制御의 電源開發
- 13) 各種 용접 로봇의 開發과 自動化的 促進

이들에 對해서 圖表에 依해 詳述한다.

그림 1은 日本에서 製造되고 있는 厚鋼板의 水素, 酸素, 非金屬介在物의 濃度빈도이다. 수소는 1.6 ppm 以下, 산소는 2.7 ppm 以下이며 非金屬介在物도 매우 낮게 억제되어 있다.

그림 2는 鍛造 ring을 利用한 大型 압력容器的 改良된 설계 및 製作法과 銅板에 依한 從來의 방법과의 비교이다. 용접선이 현저하게 줄어들어 있다.

#### 益 本 功

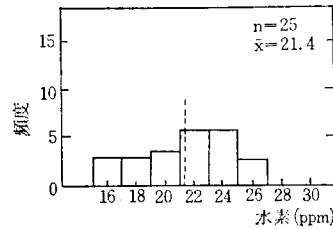
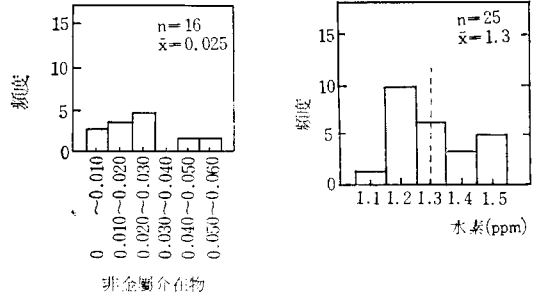


그림 1. 厚鋼板의 清淨度

그림 1. 厚鋼板의 清淨度<sup>1)</sup>

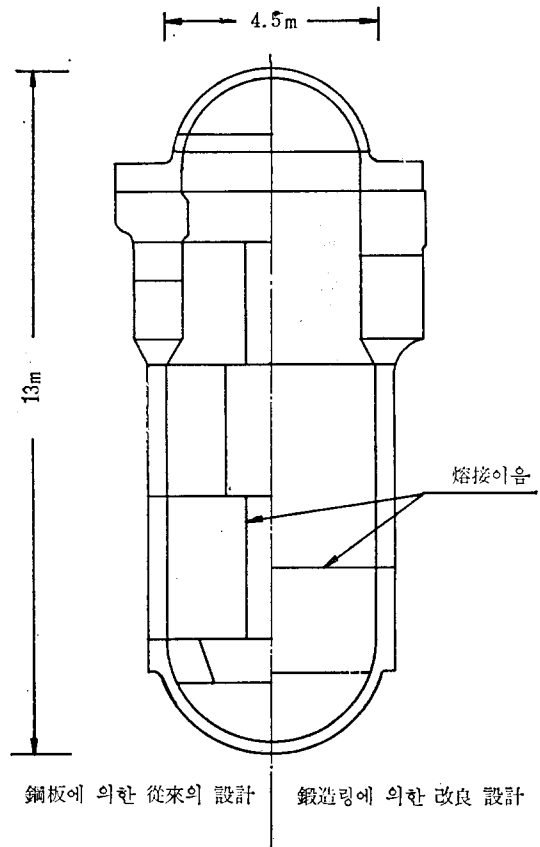


그림 2. 大型 압력 容器的 設計 및 製作법<sup>1)</sup>의 變化

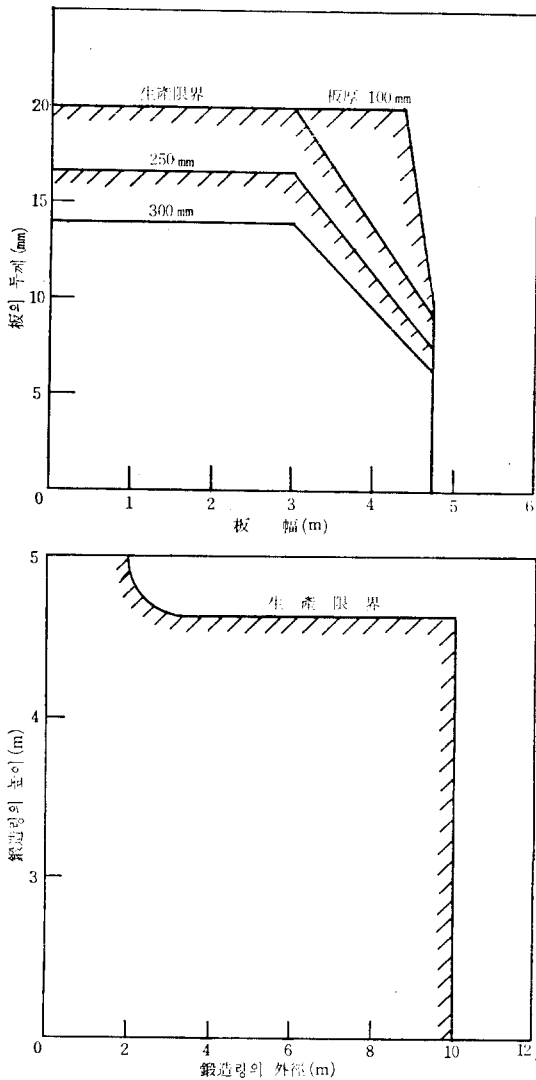


그림 3. 大型 드럼의 치수 限界<sup>1)</sup>

그림 3은 現在 日本의 厚板 및 鍛造 Ring 製造 치수의 限界이다. 이와 같은 大型의 鋼板 또는 鍛造品에 依한 용접 이음부의 減少는 용접 구조물의 品質을 보다 확실하게 하기 위한 努力이라고 볼 수 있다.

그림 4는 內管은 오오스테나이트 스텐레스 鋼, 外管은 軟鋼의 二重管을 加熱, 內壓에 依해 密着시켜 製造하는 方法의 原理圖이다. 이러한 二重管은 油田의 drill에 매우 有效한 材料로써 여러 外國에서도 檢討되고 있다.

75~120 kw 大出力 EB 용접이 몇몇 大企業에서 大型, 超厚板 構造에 實用化되어<sup>5)</sup> 世界의 注目을 받고 있다.

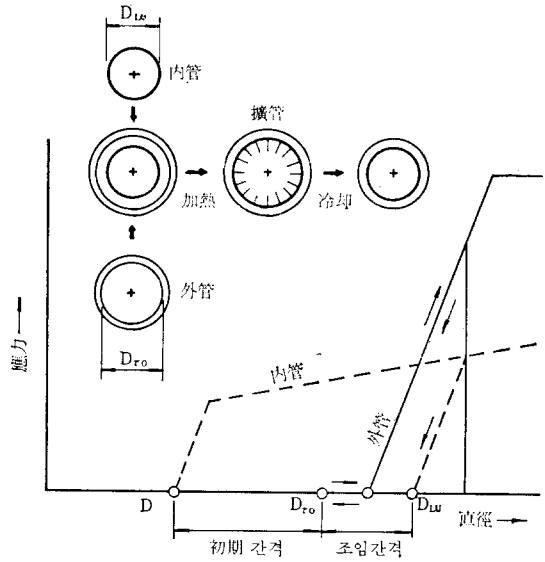


그림 4. Hydraulic Fit Method에 依한 二重管 製造의 原理

各部의 치수	
P	20-30 mm
D	800-1700 mm
PT	20-50 mm
H	40-300 mm
T	5-20 mm

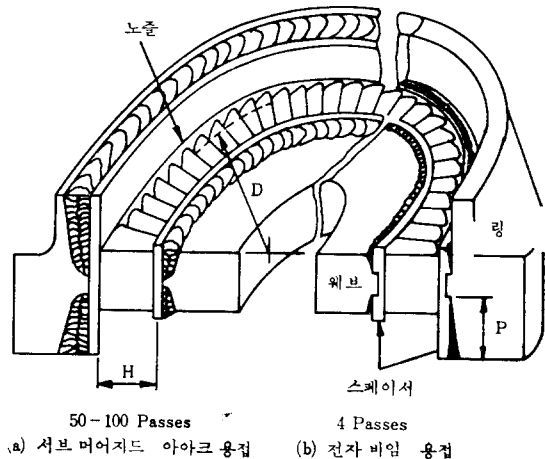
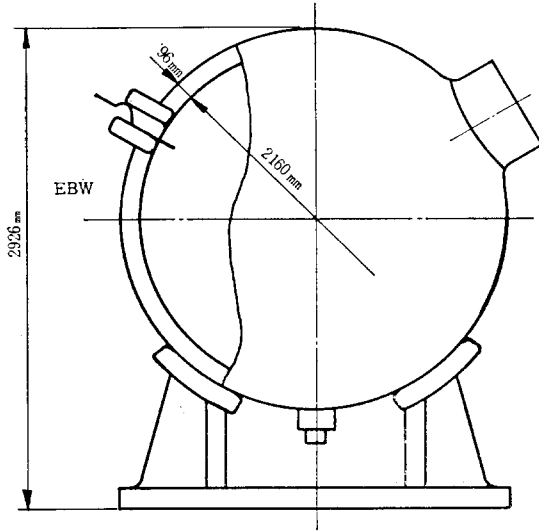


그림 5. 서브머지드 아크 용접으로부터 電子 비입 용접으로 변화시킨 스팀 터빈의 다이 이후<sup>1,3)</sup>

그림 5는 150~1,000 MW 級 증기 터빈의 EB 용접을 과거의 서브머지드 아크 용접의 施工法과 비교하여 보인 것이다. EB 용접에서는 예열을 省略할 수 있고 높은 치수 精度를 얻을 수 있음이 보고 되어 있다.<sup>5)</sup>

原子力 연구소에서 건설중인 核融合을 위해 제작중인 임계 플라즈마 試驗裝置 JT-60中 몇 개의 部材에는



使用最大壓力 20.6 MPa  
 設計壓力 21.1 MPa  
 設計溫度 -25 ~ +53°C

그림 6. EB 용접에 의한 高壓 질소 저장 球形 tank<sup>1,5)</sup>

EB 용접이 適用되고 있다.

그림 6은 直徑 2.3m, 板두께 96 mm의 原子爐 耐震 試驗裝置를 制御하는 高壓 窒素가스 저장 탱크이다. 이러한 EB 용접은 出力 36 kw, 水平비입, 1 pass로 完了 되었다.

또한 10 Ni-8 Co 超高張力鋼의 6,000 m 深海 조사선 의 耐壓 bulk model<sup>1,6)</sup>, 人工위성 발사용 로켓트의

motor case(板 두께 數십 mm, Ti-6Al-4V 合金)의 EB 용접의 성공례가 보고되어 있다. 또한 發電用 熱機 關協會는 通産省의 指導 아래, 原子力用 오오스테나이트 스테레스 鋼에 EB 용접 적용을 爲한 確性試驗을 學識경험자, 電力會社, 製造業者의 協力을 얻어 行하여 그 成果를 정리하였다.” 이에 依해, EB 용접의 實用化는 가일층 促進되리라 期待된다.

狹開先 용접을 各社에서 여러 가지의 方法이 研究開發되어 이 數年間 그 實用化의 成果가 급속히 나타나는 感이 있다.

그림 7은 日本 압력容器연구위원회(JPVRC)가 정리한 狹開先(narrow gap) 용접법의 種類이다.

그림 8 및 9는 그 中の 한 例이다.

그림 10은 같은 JPVRC의 調査에 依한 狹開先 용접법의 적용분야와 應用되고 있는 方法의 日本에 있어서의 現況이다.

狹開先 용접법에 있어서는 能率 經濟性 外에 특히 가스 시일드 아아크 용접의 경우에는 그림 11에 表示한 바와 같이 용접금속의 水素含量이 적고, 또한 入熱이 작기 때문에, 용접금속 및 熱影響部의 組織이 미세하고 機械的 性質이 우수하다고 하는 利點이 있다. 이 때문에 狹開先 용접법은 종래의 高能率 아아크 용접과 EB 용접의 사이에 드는 것으로, 厚板 용접에는 今後 한층 擴大될 것으로 생각된다.

화학 플랜트나 原子力用 리액터의 200~300 mm 두께의 2½ Cr-1 Mo 鋼의 서브머지 아아크 용접에는 가끔 용접금속에 橫균열이 발생하기 때문에 中間 어닐링

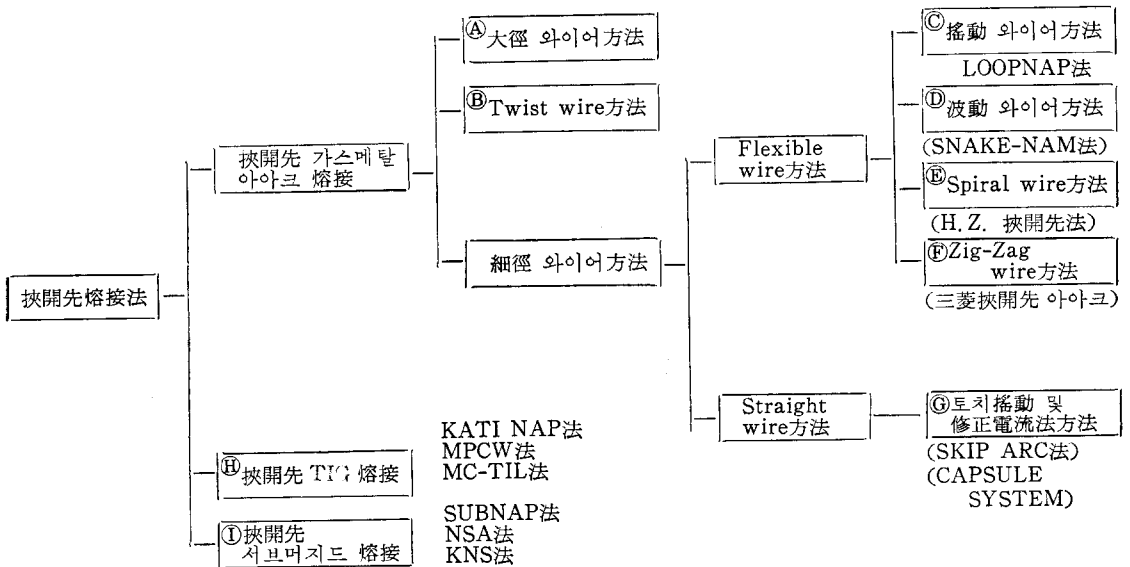


그림 7. 狹開先 熔接法(NGW)의 種類(JPVRC(1981))

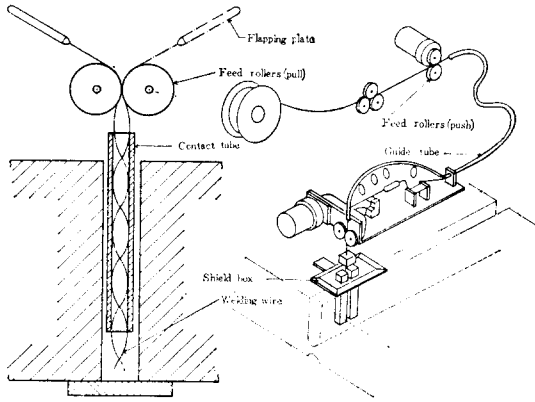


그림 8. flapping plate에 의한 搖動 wire의 狹開先熔接

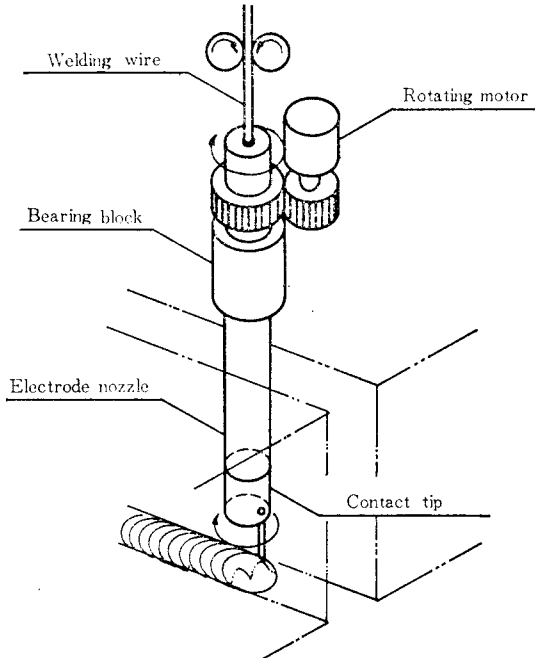
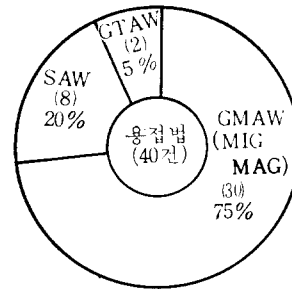


그림 9. 回轉 Wire에 의한 狹開先 熔接<sup>10,11)</sup>

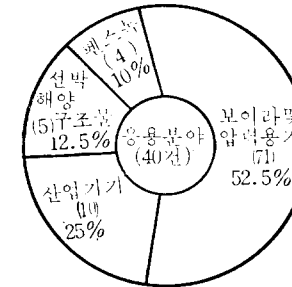
을 필요로 하지만, 이 균열은 용접 완료 후의 低溫 후 열처리로 水素量을 낮춤으로써 防止할 수 있음이 발견되었다.

그림 12는 그 實驗結果의 一例이다.

現在 日本에서는 많은 LNG 탱크가 建造되고 있으나 알루미늄 合金에 의한 것이 30%, 9% 니켈鋼을 사용한 것이 40%, 오오스테나이트 스테레스 鋼의 멤브레인(membrane; 外皮)에 의한 것이 30%이다. 이를 전조에



a. 狹開先 熔接 應用분야



b. 應用되고 있는 狹開先 熔接 種류

그림 10. 狹開先 熔接法의 適用 分野와 應用되고 있는 方法

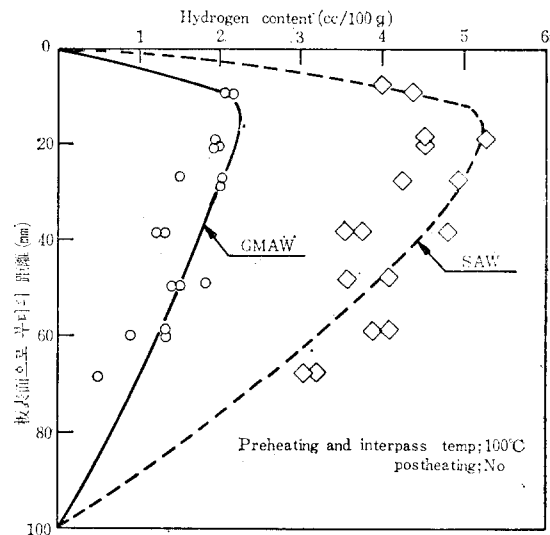


그림 11. 狹開先 多溫 熔接 金屬의 板厚 方向에 있어서 水素濃度 分布(SA-GR 22 CLI)<sup>9)</sup>

는 여러 가지 高度의 自動 熔接법과 非破壞 檢査에 依해 完전한 品質이 保證되고 있다.<sup>13)</sup>

특히 트랜지스터 펄스 전원에 의한 TIG 아아크의 安定化 가스 시일드 아아크의 熔接 移行 制御, 溶込制御는 종래의 아아크 熔接의 概念을 완전히 바꾸어고 있다.<sup>14, 15, 16)</sup>

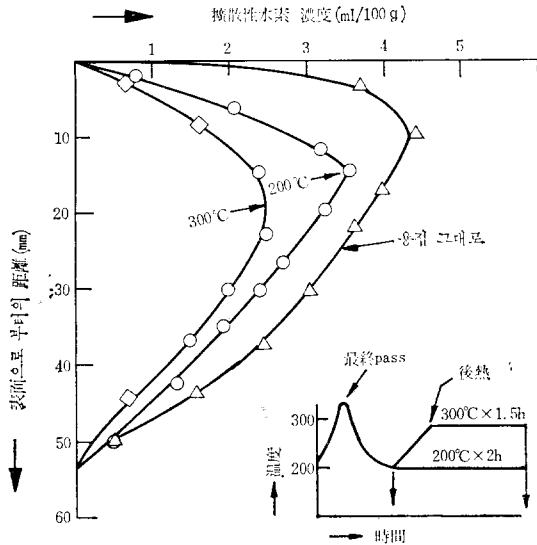


그림 12 低温後熱處理에 의한 水素濃度の變化<sup>12)</sup>

### 5. 맺는 말

今後 더욱 치열한 경제적, 사회적, 경쟁이 예상되는 現在, 이에 대응한 기술의 研究開發 및 利用이 절실히 요구되고 있다. 용접기술에 있어서는 하이드(hard) 및 소프트(soft)의 면에서 많은 努力이 경주되고 있으며 용접 로봇트에서 볼 수 있는 바와 같이 새로운 연구개발의 成果가 비교적 신속히 社會에 適用되고 있다. 그러나 國際的인 여러 가지 經濟的 조건은 한층 어려워지고 있는 이 때, 기술의 경쟁력을 한층 향상시켜, 經濟發展을 이룩해 가기 위해서는 용접분야에 있어서도 새로운 對應이 요구되고 있다.

### 參 考 資 料

- 1) 1. Masumoto et al, "Welding Technology and Materials for Energy Applications in Japan, Proceedings of International Conference on Welding Technology for Energy Applications," ORNL May 16-19 (1982) Gatolingburg
- 2) 日溶協 IWEC W. G, "各國 における 溶接技術 者の教育と資格認定の現狀" 溶接技術 26卷(1978) 12月號
- 3) 日溶協 溶接タータシステム(WDS)研究委員會, 溶接技術に關する計算プログラム(1978年7月), 第2次 おとび 第3次 WDS 委員會成果報告書(1980. 7. 1982年 8月)

溶接タータシステムに關する講習會テキスト (1982年 11月 30日)

- 4) T. Yoshida et al, "The Development of Corrosion-Resistant Tubing," 13th Annual Offshore Technology Conference, May 4-7 (1981)
- 5) 日溶協, BWP, SEP 委員會, 溶接構造物への大出力 電子ヒーム溶接の適用に關する講演會テキスト (1982年 1月 26日)
- 6) 遠藤う, 10Ni-8Co "高靱性超高張力鋼を用いた潜水調査船耐壓殼の電子ヒーム溶接に關する研究," 溶接學會誌, 50卷 (1981) 8號
- 7) 發電用熱機關協會, 原子力用オーステナイト系ステンレス鋼への電子ヒーム溶接適用の 確性試驗に關する報告書 (1982年 10月)
- 8) Fabrication Division of JPVRC, Current Status of Practical Application of Narrow Cap Welding in Japan (September 1981)
- 9) S. Sawada et al, Application of Narrow Gap Process, *Welding Journal*, Vol 58(1979) No. 9
- 10) H. Nomura et al, "Narrow Gap MIG Welding Process with High Speed Rotating Arc." *IIW Doc. SG-212-527 82, XII-B-23-82, XII-C-033-82*
- 11) 野村う, 高速回轉アークによる狭開先 MIG 溶接法の開發, 溶接學會溶接法委員會, SW 1354-82
- 12) 高橋う, 低温溶接後熱處理による 2 $\pm$ Cr-1Mn 鋼厚板突合せ溶接部の横割權防止について(第1, 2, 3報) 溶接學會誌, 48卷 (1979) 10號, 49卷 (1980) 2第, 4號
- 13) Y. Kuriyama et al, "Automatic Welding of Cryogenic Storage Tank," *Metal Construction*, Vol. 9 (1977) No. 7
- 14) W. Shimada et al, "Effects of Pulsed Current Control on Welding Quality Improvement", *IIW Doc. XII-B-11-81, XII-C-12-81, 212-505-81.*
- 15) 小倉う, AI 薄板の反轉方形波 TIG 溶接における溶接部の品質におよぼす電極マイナスと電極プラスの時間比の影響溶接學會誌, 51卷 (1982) 1號
- 16) 小倉う, 2電極スイッチングアーク熔接法に關する研究 (第5, 6報) 溶接學會全國大會講演概要 第30集 (1982年 3月 14日)