

<解 說>

## 熔接로봇의 利用

李 澤 淳\*

### 1. 서 론

最近 人工手足이나 Robot에 대한 關心이 높아가고 있다. 그것은 單調로운 일, 危險한 일, 또한 사람의 手足으로 直接 일하기 어려운 일 등을 사람 代身으로 하게 하는 것이다. 프레스工場의 ironhand나, 放射性物質의 manipulator는 이미 研究되고 있지만 最近에는 工場內的 各種作業에, 또 海洋開發에 關係되는 海中 또는 海底의 操作에 使用할 機器로서 脚光을 받고 있다. 熔接 Robot 혹은 産業用 Robot가 本格的으로 많이 使用되고 그 効力을 實證한 것은 美國 G.M社가 1960년에 Fisher Body Div의 Norwood 工場의 Body 組立過程의 스폿트熔接作業에 試驗的으로 12臺의 로봇트를 導入하고 1969년에 그 성과를 發表한 것에서 始作되었다고 할 수 있다. G.M社는 그 成果를 바탕으로 하여 Lordstown 工場에서 Vega의 Body 組立過程의 스폿트熔接에 22臺의 Robot를 導入하였다. 그 以後 日本에서는 自動車 Body member의 스폿트熔接의 適用을 필두로 하여 産業用로봇트는 점차 그 利用이 伸장되어서 이미 500臺를 突破(廣義의 産業用 Robot를 포함하면 1萬臺 以上) 하고 있다고 한다.

1970年代 初期까지는 歐美, 日本 등에서 모두 3分の 2는 스폿트熔接用 Robot이라고 하였지만 現在에는 機械加工, 鑄造, 熱處理, 塗裝, 組立, 프레스加工 등 많은 分野에 應用이 되어가고 있으며, 熔接에 있어서도 스폿트熔接 뿐만 아니고 아아크熔接에 있어서 그 利用이 急速히 增加하고 있다. 그런데 Robot라고 하여도 그 內容은 사람에 따라서 解釋이 다르지만 아이들의 꿈속에 나오는 人造人間과 같은 人間에 準하는 것, 超人的 能力을 가지는 것에서 단지 固定 Sequence 制御에 지나지 않는 自動化程度의 것 까지가 있다. 便宜上 Robot를 大別하면 다음의 4가지로 나눈다.

① 簡單한 固定 Sequence의 組合에 依한 것.

② 簡單한 記憶裝置를 가지고 自由度가 그다지 높지 않은 것.

③ Digital 記憶裝置를 가지고 自由度가 높은 것.

④ 人工知能 Robot

이 중에서 ①은 Robot라고 하기 보다는 Sequence 制御裝置를 가지는 機械的 操作裝置이며, ②는 Sequence programmer나 pin bord와 같은 簡單한 記憶裝置와 自由度가 높지 않는 驅動機構를 組合한 것이며 一部가 스폿트熔接에 利用되고 있다. 한편 ④는 認識, 判斷, 思考 등의 知能을 가지는 말하자면 「人造人間」이며, 本格的인 것은 實用의 領域에 이르지 못하므로 가까운 將來에 普及된다고 생각할 수 없다. 熔接로봇트는 上記의 ③의 범주에 屬한 것으로 限定된다고 할 수 있다. 또 로봇트 本體를 大別하면 Bar arm型和 多關節型으로 되고 各各 그 長短點이 있지만 自由度를 넓은 범위로 要求하는 熔接 Robot에는 多關節型을 거의 使用하지 않는다. 熔接 Robot라고 하지만 스폿트熔接 Robot와 아아크熔接 Robot와는 要求되는 特性이 顯著히 다르다. 스폿트熔接 Robot에서는 位置精度는 그다지 要求되지 않고 PIP 制御(位置決定制御)이던 되고 運動에는 高速性이 要求된다. 또한 熔接 Head의 負荷가 크다. 여기에 대하여 아아크熔接 Robot는 速度는 그다지 要求되지 않지만 位置精度 및 各種要求精度가 높고 또 CP 制御(輪部制御)가 要求된다. 또한 熔接 Head의 負荷는 작다.

### 2. 스폿트熔接 Robot

가장 먼저 實用화된 것으로서 産業用 Robot 중에서 利用臺數가 第一位를 점유하고 있다. 특별히 다른 用途에서는 散發的으로 利用하고 있지만 스폿트熔接에서는 數臺내지 20數臺를 群으로 하여 使用하는 것이 特色이다. 日本의 경우에는 1972년부터 自動車工業에 試用되기 始作하였고, 오늘날에는 1社에 50臺가 넘는 곳이 있다. 그러나 스폿트熔接全體로서는 대단히 微微한 利用

\*正會員, 嶺南大學校 工科大學 機械工學科

에 불과하다. 自動車工業과 같이 多量生産에서 그 大部分이 multi spot 熔接機에 의한 專用自動化가 高度로 進行되어 있고 그것이 困難한 main body assembly line 혹은 이것과 가까운 工程, 가령 side member 등에서 스폿트熔接으로 限定되어 있기 때문이다. 이들 工程에서는 一般的으로 專用機化가 困難하고 portable spot 熔接에 의한 單純勞動에 의존하지 않으면 안되었으므로 그 工程이 로봇트의 最適適用分野가 된 것이다. 스폿트熔接에서의 問題點은 다음과 같다.

a) 熔接速度: 熔接打點速度가 늦은 것은 多量生産性을 高度로 要求하는 自動車部品에 있어서는 致命的인 難點이며 이미 multi spot 化되고 있는 工程에 도전하는 것은 不可能하다. 그러므로 現在 portable spot 熔接에 의한 손작업으로 代替되고 있지만 그것과 比較하여도 더욱 作業速度가 늦었다. 그러나 移動速度의 向上이나 Gun 開放 및 Gun 加壓動作中에 移動을 시킨다는 艱難한 노력으로 人間의 作業能率에 손색이 없는데까지 이르고 있다. 그러나 multi spot 熔接器와 같은 高速性은 바랄 수 없으므로 工程 line에 대한 彈性이 적고 이것을 충족 할려면 로봇트數를 增加시킬 必要가 있고 設備費가 비싸게 되며 line이 매우 길게 된다. 現在로서는 總平均速度가 1.5點/秒 程度이지만 打點位置의 不一致나 故障, 耐久性 등을 考慮하면 大幅的인 速度向上은 期待하기 어렵다.

b) 汎用性: 熔接이음의 形狀이나 熔接近傍의 障害物 등의 點으로 熔接 Gun 특히 電極주위의 形狀에 대하여는 몇가지의 種類가 要求될 때가 있고 portable spot 熔接作業에서는 한 사람의 作業者가 2~4개의 Gun을 選擇使用하는 것이 普通이지만 Robot 作業에서는 1 Robot 1 Gun 이므로 熔接되지 않는 spot이 생길 때가 적지 않다. 그러므로 自動 Gun 變換方式의 Robot도 開發되었지만 交換時間이 길고 平均作業速度를 더욱 低下시키므로 實用되지 않고 있다. 이음부設計를 變更하여서 되도록 同一 Gun으로 熔接할 수 있도록 하고 있지만 이것도 限界가 있을 것이다.

c) 價格: 價格은 熔接로봇트 導入의 最大의 難點이다. 價格이라고 하면 單純히 그 高低를 말하는 것이 아니고 그의 綜合効用과 價格의 對比인 Cost effectiveness의 問題이다. 그 性能이 높아지고 한편 勞動原價가 높아지면 價格의 難點은 解消된다. 世界的으로 勞動賃金은 上昇一路에 있고 熔接로봇트의 安全性 其他 性能은 向上되고 있으며, 反面 價格은 그다지 오르고 있지 않으므로 經濟性은 점차 有利하게 되며 多少나마 普及이 加速되

고 있다. 그러나 多額의 資本投資가 있어야 하므로 價格은 여전히 導入에 커다란 壁이라고 할 수 있다.

d) 稼働率: 熔接 Robot의 故障은 Robot 自體의 故障과 Gun, Cable 등 附屬機器의 故障으로 나눈다. 이 중에서 Robot 自體의 故障은 매우 적어지고 있지만 아직도 初期故障과 附屬機器의 故障은 적지 않고 稼働率 低下의 原因이 되고 있다. 따라서 line stop을 될 수록 짧게 하기 위하여 아직 豫備 station을 設置한 곳이 많고 二重投資로 로봇트의 經濟性을 減殺하고 있다. 熔接로봇트의 稼働率向上을 위해서 로봇트 maker側의 性能向上, 安定化의 努力은 말할 나위가 없지만 使用者側에서도 Robot 補修要員의 養成, 研修 등 그리고 Gun, Cable 등 附屬機器의 耐久性增大 등에 努力을 기울이고 있으며 最近에는 故障빈도도 0.1~0.3件/月, 臺 程度로 감소하고 있으며 적어도 各個의 Robot에 豫備 Robot을 設置할 必要는 없게 되었다. 그러나 Robot의 커다란 特徵인 柔軟性(Flexibility)을 과시하기 위하여 더욱 信頼性向上이 必要하다.

e) 安定性: Robot는 피를 부릴 줄 모르는 愚直者라고 하지만 制御回路의 故障이나 nozzle에 의한 誤動作 등이 全然 없다고 할 수 없다. 그러므로 暴走動作에 대한 安全對策이 必要하다. Robot는 우직함으로 暴走時에는 最大速度로 運動할 우려가 있다. 이 때 作業者는 重大한 災害를 받게 되는 것은 定한 일이다. 現在로서는 Robot의 運動範圍를 防護箱子로 막아서 그 속에서 無人化하고 있으나 箱子面積이 過大하고 熔接 Robot line에서 line의 길이가 길어지는 것은 어떻게 할 수 없다. 以上の 여러 가지 難點을 解消하기 위하여 Cable less Robot가 開發되고 있다. 이것은 두 가지가 있다. 하나는 Trans Gun이고 다른 하나는 Slide 給電 Gun이다.

### 3. 아아크熔接로봇트

아아크熔接로봇트는 스폿트熔接에 比해서 그 出發이 늦다. 이것은 주로 아아크熔接에서 要求되는 精度의 영향일 것이며 이 點에 있어서는 人間에 의한 作業에서는 視覺에 의한 判別能力과 그의 feed back에 의한 修正動作이 너무나 容易하고 圓滑하나 現在의 Robot로서는 도저히 이것을 따를 수 없다는 點에서 原因을 찾을 수가 있다. 또 portable spot 熔接만큼 重勞動이 아니라는 것도 한가지 이유가 될 수 있다. 그러나 他分野의 産業用 Robot의 普及으로 인하여 一般的으로 Robot의 性能이 向上되었으며 最近 急速히 아아크熔接 Robot에

대한 關心이 높아가고 있다. 지금까지 아아크熔接은 高生産性을 向해서 自動化가 이루어졌으나 大部分은 直線 또는 圓形의 熔接線을 가지는 部品이고 複雜한 熔接線에 대한 것은 적은 것으로 알 수 있는 바와 같이 機能性에서 不充分하였지만 multi head의 構成이 比較的 容易함으로 專用機에 있어서는 多少 複雜한 熔接線을 가지는 部品에 대하여도 어느 정도 機能性을 發揮할 수가 있었다. 그러므로 設計 및 製作期間이 길고 model 변경에 대한 適應性이 결여되고 있다. 아아크熔接 Robot는 一般的으로 5軸의 制御軸을 가지고 있지만 다음과 같은 特殊한 要求가 있다.

- ① 作業精度의 不均一이나 熔接變形이 있을 때 이에 대한 補正機能이 必要하다.
- ② 熔接速度가 一定하기 위하여 토오치移動速度가 아니고 토오치 先端의 移動速度를 一定하게 하여야 한다.
- ③ 各種熔接姿勢에 對應하기 위하여 熔接條件(熔接電流, 熔接速度, 아아크電壓, 와이어送給速度 등)도 制御하여야 한다. 그러나 이들을 전부 만족시키기 위하여는 Robot의 價格이 너무 비싸게 될 염려가 있다. 그러므로 現在로서는 다음의 몇 가지 方向으로 고려되고 있다.
- ④ 補正機能이 없는 Robot, ⑤ Positioner와의 組合, ⑥ 專用的 Robot, ⑦의 一例는 直交座標軸型의 Robot가 있으며 熔接速度의 連續的 調整을 하지 않고 그림 1에서와 같이 熔接線과 거이 同一速度로 移動시킬 수 있는 몇 개의 區間으로 分割하고 區間內는 CP 制御하고 區間終了點에서는 PTP 制御에 의해서 토오치의 姿勢制御나 熔接條件의 變更을 하고 다시 다음 區間의 CP 制御에 들어가도록 되어 있다. ⑧는 주로 中厚板을 대상으로 한 것으로 中量生産 내지는 多量生産品에 많고 下向熔接으로 熔接速度, 熔接品質을 向上시키는 것과 全周圍의 熔接을 容易하게 하기 위하여 制御軸을 Robot側과 Positioner側으로 나누어서 부여할 수 있는 것이 特徵이다. 熔接아암側에서는 Y,Z軸 以外에 中軸(Z軸

주위回轉), r軸(토오치角度)의 4軸과 Positioner側에서 X軸, θ軸(回轉), T軸(傾斜角)의 3軸의 合計 7軸의 制御를 할 수 있다. ㉔는 專用 Robot로서 造船에 使用되는 것이다. 大型組立블록에서 많은 縱 Frame, 橫 Web와 Panel로 둘러 싸인 熔接部에 적합한 Robot로 汎用 Robot로서는 도저히 利用될 수 없으므로 專用 Robot가 開發된 것이다. 自走式熔接臺車를 中心으로 한 Robot로 구석자리에서도 토오치가 닿을 수 있게 하여 熔接이 되지 않는 곳이 없도록 한 것이며 非熔接部의 熔接中斷, 各各의 熔接線에서 脚長의 變更 등의 諸機能을 부여하고 있다. 此外 船用 디젤機關專用 아아크熔接 Robot도 開發되고 있다. 專用化를 하는 方法으로 標準化(module化)를 들 수 있다. 이것은 Robot의 價格의 障壁을 打破하고 간단히 Robot 導入을 가능하게 하는 것으로 各軸에 獨立의 電氣 펌스모터를 使用한 모듈을 作業에 應해서 가장 알맞게 組合시키는 것이다.

#### 4. 熔接로봇트의 問題點

스포트熔接에서 시작된 産業用 로봇트는 省力化를 第一의 目標로 하여 作業惡環境下에 있어서의 作業의 無人化, 生産시스템의 汎用化, 彈力的 對應化 등 副次的인 要求를 과제로 하면서 順調롭게 發展을 거듭하고 있다. 最近에 歐洲에서의 Robot의 採用이 두드러지고 있으며 우리 나라에서도 이와 같은 사실에 外面만 하고 있을 수 없는 處地에 이르게 될 것이다. 스포트 熔接에서는 價格, 아아크熔接에서는 價格과 補正機能 등 其他 改善, 解決하여야 할 問題를 많이 가지고 있다. 1980年代에는 우리 나라에서도 熔接로봇트의 運轉費가 賃金보다 下廻하게 되리라는 推算도 있을 수 있다. 로봇트 自體의 性能向上과 原價切減은 물론 利用上의 소프트웨어에도 더 많은 努力이 必要하다고 생각된다.

#### 5. 熔接技術의 應用

熔接技術의 應用은 船舶, 海洋構造物, 壓力容器, 建築, 橋梁, 鐵道車輛, 航空機, 自動車, 機械, 原子力 등 그 범위는 대단히 넓다고 할 수 있다. 이 중에서 自動車 및 機械部門에 關하여 略述하기로 한다. 1960年代에 들어서서 스포트熔接用 Robot이 輕自動車의 車體에 電子빔熔接이 耐熱用部品 및 齒車 등에 使用할 수 있게 되었다. 1950年 中半頃에는 各自動車製造業者는 本格的으로 大量生産工場을 建設하고 이 때에 CO<sub>2</sub> 아아크熔接

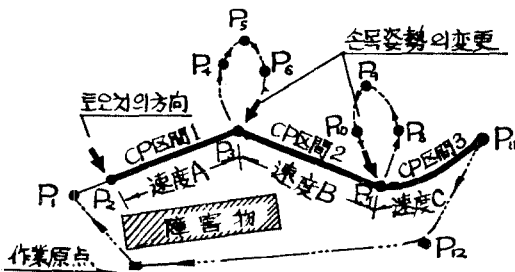


그림 1. CP 制御와 PIP 制御의 組合에 의한 熔接線追従

이 經濟性, 作業性, 安定性의 點에서 採用되기 시작하였고 또 그 後에 Friction 熔接이 自動車部品에 使用되었다. multi 熔接機와 搬送裝置의 組合으로 된 Transfer line이 一般化되고 거이 量産體制가 確立된 것도 1960年代이고 그 後 더욱 生産性を 높이기 위하여 自動化 및 省力化가 進行되었다. 이어서 CO<sub>2</sub> 아아크熔接과 로봇트와의 組合裝置가 開發되고 世界的인 에너지波動 以後부터 오늘날에는 生産性優先의 思考에서 省資源, 省에너지, 無公害 等の 思想으로 轉換하고 있다. 機械工業界는 現今보다 高度化, 巨大容器化의 方向으로 나아가고 있다. 世界最大級の 水車發電機器(PS 340 MW 펌프水車)는 全熔接式터너(300 t) 케이싱, 축으로 完成되었고 또 터너의 材質이 13Cr-5Ni 系의 基地로 된 것이다. 火力機器도 高級大容量化의 方向으로 나아가고 있으며 터어빈 케이싱의 熔接構造化가 進行中이다. 熔接의 合理化는 거듭하여 原圖에서 가스切斷까지 一貫된

生産 시스템의 試圖가 成功하고 또 造船에서 實施하고 있는 블록시스템이 定着하고 熔接로봇트의 採用이 建設機械에 採用되어 점점 省力化, 無人化의 方向으로 나아가게 될 것 같다.

### 參 考 文 獻

- 1) “熔接工學의 50年” 日本熔接學會誌 第45卷, 第9號, 1976.
- 2) 中村孝, “熔接로봇트의 現狀”, 日本熔接學會誌, 第46卷, 第3號, 1977.
- 3) 推野, 産業用로봇트의 長期需要豫測, 로봇트, 12號, 1976 (8月)
- 4) 辛奉碩, “工業用 Robot 의 機能과問題點” 大韓機械學會誌, 第12卷, 第2號, 1972.