

## 車體組立과 自動熔接

### Motor Vehicle Body Assembly and Auto-welding

현대자동차(주) 생산기술부

부장 이승복

#### I. 序 論

자동차제조에 있어서의 熔接은 신뢰성 양산과 省力化에 對應하여 접합 조립하는 방법으로 특이한 분야를 형성하여 발전되었다. 예를 들면, 자동차의 생산은 기본적으로 양산체제를 갖추고 있어서, 일반적으로 노동집약형 산업이라고 불리어지며 그 제조공정을 보면 stamping press 공정과 같이 용접공정도 비교적 裝置産業의인 분야로 빠르게 自動化나 省人化 내지 無人化로 진행되고 있다.

자동차용접은 사람이 portable spot welder로 한점씩 용접하지만 양산에 대비한 合理化와 安定化를 위하여 多點熔接 (multi spot weld)라는 自動化工法의 도입이 불가피하며今日の 自動車生産에 있어서 상식화가 되고 있다. 이것은 한개의 車體라면 車型의 大小 또는 press panel의 數에 따라 차이가 조금 있으나 약 4~5천점의 點熔接이 필요하기 때문에 여러 가지 搬送裝置와 組合하여 대규모의 line설비로 발전되어 가고 있다. 이와 같이 熔接공정의 自動化는 생산성을 높이는 반면에 專用性이 높기때문에 설계변경에 대한 초기투자의 용접설비 대부분을 更新하여야 하는 새로운 투자의 필요문제가 증대되었다. 이러한 專用설비에 대한 柔軟性을 加味한 自動化로 指向되어, 그 한 方法으로 産業用 robot가 導入되었다. 近來에 와서는 自動車제조에 있어서 새로운 용접기술을 合理的으로 効果있게 적

용하는 기술이 今後의 研究課題라 하겠다.

#### II. 自動熔接

##### 1. 自動化的 必要性

前述한바와 같이 車體組立의 경우에 있어서 作業者가 한점 한점씩 spot welding을 하여야 하므로 多量生産을 할려면 追加作業者, 熔接設備, 熔接治具 및 설치면적이 필요하게 되므로 原價節減이 불가능하게 된다. 이러한 요구에 의하여 기계화하여서 동시에 數拾點씩 용접할 필요가 생겼다. 여기서, 그것에 대한 구체적인 문제점들을 살펴보면,

- (1) 量産體系
- (2) 品質의 均一化
- (3) 노동력의 확보문제
- (4) 원가절감
- (5) 작업조건의 개선

등의 理由로 自動化가 필요하다.

##### 2. 自動化도입시의 고려사항

생산에서 자동화를 推進하는데 있어서 무엇보다도 먼저 고려하여야 할 사항은 다음과 같다.

- (1) 自動化설비의 具備要件
  - 가. 高能率이어야 한다.
  - 나. 經濟性이 좋아야 한다.

- 다. 設置面積이 작을수록 좋다.
- 라. 作業員을 減少시킬 수 있어야 한다.
- 마. 補修性이 좋아야 한다.
- 바. Model change 時 對應性이 容易하여야 한다.
- 사. 品質의 精度가 좋아야 한다.

(2) 自動化阻害要素

- 가. 生産台數가 적고 車種이 多樣하다.
- 나. 投資費가 과대하게 든다.
- 다. 國內에서 自動化를 추진하기 위하여 기술적으로 담당할 maker가 없다.

(3) 自動化計劃에 반영할 事項

- 가. 自動化의 적합성, 長期的인 수요에 응
- 나. 熔接物의 적합성, 설계변경가능성.
- 다. 生産台數의 예측
- 라. Model change 時 對應性

마. 補修性

바. 투자금액 및 경제성

(4) 自動化適合部位

- 가. 安全法規의 制約을 받는 곳
- 나. 速連도가 필요한 곳
- 다. 自動化를 하면 이익이 되는 곳

(5) 一般의인 熔接pitch設計

약 10년전 Gallant의 용접점수는 약 5천점이었는데, 그것은 용접간격을 外國에서 本邦에서 모두 일정하게  $\phi 6 \sim 25\text{mm}$ 로 했으나, 그뒤 車의 twist시험을 통하여 25mm에서 40→50→70mm로 變렸으며, 지금도 應力집중점은 25mm로 하고 있다. 應力집중최대점, 예를 들면 door frame 4커튼이 等은 반드시 용접을 하여야 한다. 自動化時에 문제되는 것은 다음 그림 1 과 같은 부분에서 용접간격이 좁을 때 gun tip의 배열이며 應力집중점의 中心을 맞추고 직선으로 tip을 배열하던가 하여 容易하게 용접하면 된다.

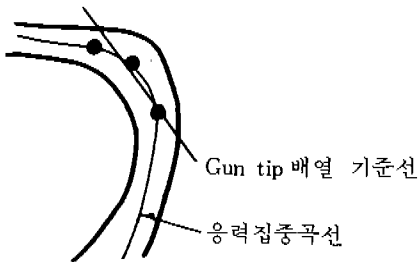


그림 1.

Manual로 용접하는 것에 비하면 충분히 目的을 달성할 수 있다. 용접점을 줄이기 위하여는 完成車體를 약 40° 비틀어 보는 것이며, 이렇게 twist할 때 용접점이 떨어져지거나 용접한 두판이 벌어지지 않는지 조사하여 본다.

(6) 車體組立에서의 自動化導入현황.

국산승용차의 경우에 있어서 熔接點數는 약 4천~5천점이며, 이 중에서 4백여점 즉, 10%가량이 自動化되었으나 일본의 경우에는 그림 2와 같이 용접점의 감소와 自動化도입이 추진되어 왔다.

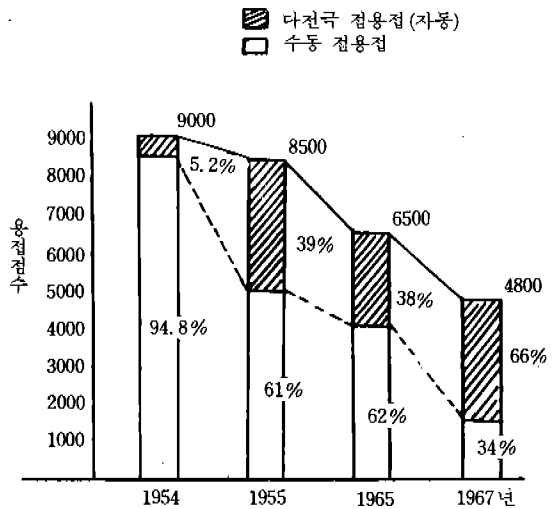


그림 2.

현재 日本에서 승용차의 경우에 있어서는 Toyota의 Corona가 78%, Lancer가 56%, Mirage는 72%에 이르고 있다.

3. Spot 熔接

自動車用박판의 接合에 有效한 수단으로 使用되는 點熔接은 自動車生産에 있어서 없어서는 안되는 용접의 하나이다. 點용접의 발달은 自動車의 발달역사와 함께 발전되고 있으며 自動車數의 증가에 따라 點熔接機의 수요도 증가되고 있다. 自動車의 車體는 1mm 정도의 박판으로 작업

능률이나 용접변형의 영향은 주로 작업자의 기량에 의존하고 있으며 車體熔接의 90% 정도가 點熔接이다. 또한 點용접을 광범위하게 사용하는 이유로는

- (1) 熔接時間이 짧아 作業이 신속하게 이루어진다.
- (2) 生産單價가 他 용접의 경우보다 저렴하다.
- (3) 용접변형이 작다.
- (4) 自動化 및 기계화가 용이하다.
- (5) 작업속편을 필요로 하지 않기 때문에 용접 조건을 일정하게 定하여 놓으면 일정한 결과를 얻을 수 있다.

이상과 같은 장점이 있으나, 다음과 같은 단점도 있다.

- (1) 큰 용접전류가 필요하기 때문에 용접기 및 용접설비용량이 커진다.
- (2) 용접전류, 통전시간, 가압력 및 전극형상에 따라서 용접조건을 피용접물의 재질, 두께에 따라 설정할 필요가 있다.
- (3) 용접상태를 외관으로 판정 할 수 없다.

#### 4. 多點熔接機

生産台數가 증가하면 jig와 portable welder로 작업하거나 여러개의 jig를 loop line에 돌리면서 작업하여도 생산능력에는 한계가 있을뿐만 아니라, 또한 여러 개의 jig를 使用하면 제품의 精度管理가 어렵고 용접조건의 관리, 설비 및 보존등의 관리상의 문제와 경제성에 대한 문제를 해결하기 위하여 jig내에 여러개의 熔接機를 설치하여 동시에 많은 용접을 자동적으로 할 수 있게 고안된 것이 多點熔接機(multi spot welder)이다. 多點熔接機에는 jig와 용접기가一體式인 專用型和 press 기계와 동일한 기능을 갖고 fixture를 탈착, 교환하여 임의의 부품을 생산할 수 있는 汎用型이 있다. fixture에는 jig가운데에 용접 gun, transfer, 2차 cable등이 組立되어 있기 때문에 transfer를 장착할 수 있는 base와 生産 tact time 및 保全에 대처하기 위하여 工程分割이 이루어져서 한 T程에서 용접할 點數가 決定된다. 따라서 floor와 같은

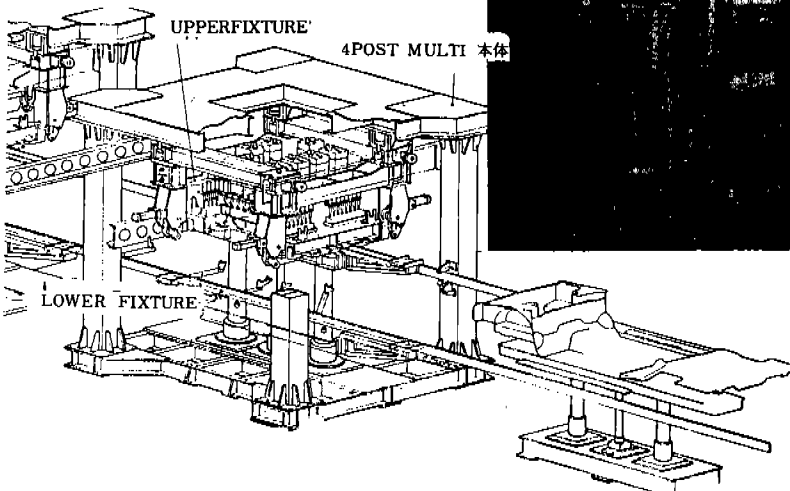


그림 3. 4-post press 실시 예

熔接點數가 많은 部品은 4 post press welder 를 여러대 나란히 놓고, 그 사이를 shuttle로 연결시켜 line 이 高速化 및 連續化되도록 채택하고 있다. 잘못하면 전용기는 初期投資가 높고 model change 가 되면 改造할 수 없는 경우가 생길 뿐만 아니라 改造하여도 많은 經費와 時間이 필요한 경우가 있으므로 初期導入時 신중히 고려하여야 한다. 多點熔接은 自動車生産台數가 증가함에 따라 그 필요성이 강조되어 왔으며 日本의 경우에는 1950年代 중반기부터 주로 sub assy 工程에 集中的으로 채택되고 있으며 1950年代 후반기부터는 家電産業에도 채용되기 시작하였다.

自動車の 경우에 있어서는 floor 와 같이 熔接點數가 많고 여러 車種과 公同으로 使用될 뿐만 아니라 model change 時 變경이 적으므로 多點熔接機를 도입하기에 適合하고 經濟성으로는 年產 약 12만대 이상 되어야 가능한 것으로 推定된다.

5. 多點 熔接과 Jig 의 電極設計

(1) 종류

多點熔接의 형태로는 다음과 같은 것들이 있다.

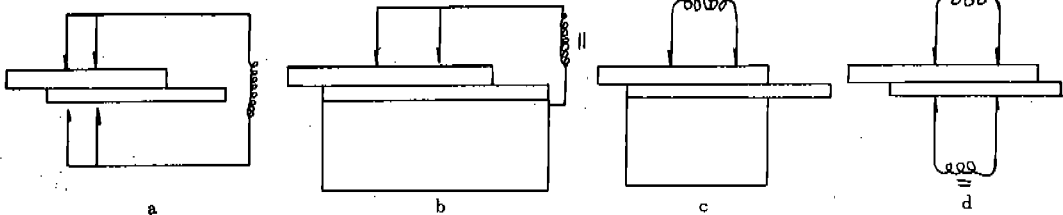


그림 4.

(4) 各種 通電方式과 최대板두께 (연강).

- 가. 1.2 (1.6)mm 이하 - series (direct, indirect)
- 나. 1.2~1.6 (2.3)mm - indirect (direct)
- 다. 1.6 (2.3)mm 이상 - direct 또는 push-pull 이 보통이고 series 통전에도 전극 pitch 를 크게 취하면 1.9mm까지 충분히 熔接할 수 있

다. Panel 固定, 電極移動型

나. 電極固定, panel 移動型

다. Panel 이 고정되고 traveling gun 이 움직여서 용접하는 型

라. 한 개의 gun 으로 한 點만 용접하는 型

마. 용접 robot (後述 參照)

등으로 구분할 수 있다.

熔接位置, 용접개소, 용접물의 형태 및 tact time 에 따라서 자동용접방법이 선정되며 경우에 따라 上記 熔接方法의 복합형태를 취할 수 있다.

(2) 구조

일반적으로 자동용접기장치의 구성은 다음과 같다.

가. 本體 frame ; C- frame, 2- post, 4- post

나. 용접 fixture 및 電極裝置

다. 공급 및 返送장치

라. 구동장치 (유압, 공기압)

마. 제어장치

이상 機械가 가격은 용접제어, 기계제어, 시스템 설계에 따라서 많은 차이가 있고 용접결과는 jig 와 電極의 구조설계에 좌우된다.

(3) 通電方式

가. 다이렉트 (direct) - (그림 4-a)

나. 인 다이렉트 (indirect) - (그림 4-b)

다. 시리즈 (series) 通電 - (그림 4-c)

라. 푸시-풀 (push-pull) 通電 - (그림 4-d)

다.

(5) 電極 seat 와 通電變換

多點용접 gun pitch 의 최소치와 2 차 cable 접속, 가압원과 냉각수의 배관 따위의 기계적 space 를 습하여 50mm 정도로 생각하여야 한다. 可壓源으로 공기압을 이용하면 gun cylinder 가

크기 때문에 더욱 pitch를 크게 하지 않으면 안 되고 또한 gun의 수를 많게 하면 tip 2차 cable 배관 등의 점검과 保全에도 지장을 초래하기 때문에 적당히 간격을 넓히는 것이 좋다. 가격면에서도 gun이 작은 것이 유리하고, 또 일부 gun이 뒤로 위치변경 하지 않으면 간섭관계로 용접이 되지 않는 경우도 있으므로 sequence에 따라 gun을 필요한 부분으로 移動시켜 順次的으로 나누어 용접하는 方法이 널리 채택되고 있다. 多數의 gun으로 동시에 通電하는 것은 용접기 용량이 커지기 때문에 通電변환을 行하는 경우가 많다. 이러한 변환方式으로는 電極의 下降加壓의 變換에 의한 것과 transformer의 通電을 順次的으로 變換하는 것이 있다.

(6) 部品附着과 熔接順序

가. 板 두께의 차이가 있을 때 가능한 한 박판측에는 凸 tip으로 하고 후번측에는 平電極을 使用한다. 이것은 무로전류가 적어서 series 通電이 좋으므로 熔接이 잘된다.

나. 電極可壓과 熔接順序

工作物의 용접후에 변형을 줄이기 위하여 管 理断面을 clamp 하는 외에 gun의 可壓力과 通電順序配分에 의한 용접변형을 최소로 줄이는 研究를 하여야 한다.

다. Jig fixture 設計시방서의 作成

- ① 部品の master control point 設定(位置 固定 point)
- ② Clamp의 位置, 힘의 管理方向 및 jig unit 管理公差
- ③ 熔接位置表記

이상을 panel tolerance chart 作成후 jig 設計와 電極設計에 기본이 되는 설계 시방서를 作成한다.

(7) 下部電極의 設計

가. Base plate

Base plate는 용접 후 完全소둔하여 용접용력을 제거하고 機械加工한 후 locator 및 下部電極 jig unit를 설치할 수 있는 기준선을 놓아야 한다.

나. Template

Template는 panel을 location 또는 support 하는 기능으로 一體式과 調整式으로 두 가지가 있으며 jig checker에 依하여 setting 되고 保修, 管理가 되도록 하여야 한다.

다. clamp 形式

- ① Toggle clamp : clamp 數가 적을 때
- ② Air toggle clamp : clamp 數가 많을 때
- ③ Pressure pad : 上部 sliding 部の 下降動作을 이용하여 스프링 方式으로 panel을 clamping 하는 方式

라. 下部電極의 設計

전극의 磨滅을 調整할 수 있도록 stool과 wedge로 분리 및 냉각수출을 고려하여야 하며 wedge 전극은 stool로 부터 약 5~10mm 突出되게 한다.

마. 上部電極

多點用 gun을 동작원에 따라 區分하면 air, hydro, 스프링의 3가지가 있고 형상에 따라서 straight gun, pinch gun 및 rocker gun으로 구분하며 裝着方式으로는 stud mounting형과 hair pin mounting형의 두 가지가 있으며 打點位置조정이나 補修性을 고려할 때 hair pin mounting형이 바람직하다.

(8) Gun 附着설계상 주의점

가. Gun은 部品과 기울이가 5°이내로 설치한다.

나. 용접 stroke는 가능한 짧게 하고 보통 5~10mm이다.

Stroke가 짧으면 tact time뿐만 아니라 2차 cable 수명도 길어진다.

다. Hair pin bracket 설치시 補修할 수 있도록 충분한 공간을 확보하여야 한다.

라. 打點각도가 3次元공간인 경우에 있어서 現場맞춤이 용이하도록 한다.

마. 多點용접용 transfer는 標準화된 것이 一般的이다.

6. 용접 Robot

自動용접 line의 융통성을 부여하기 위하여 現在 日本을 中心으로 용접 robot를 많이 使用하고 있다. 승용차의 경우에 body는 車種間에 크

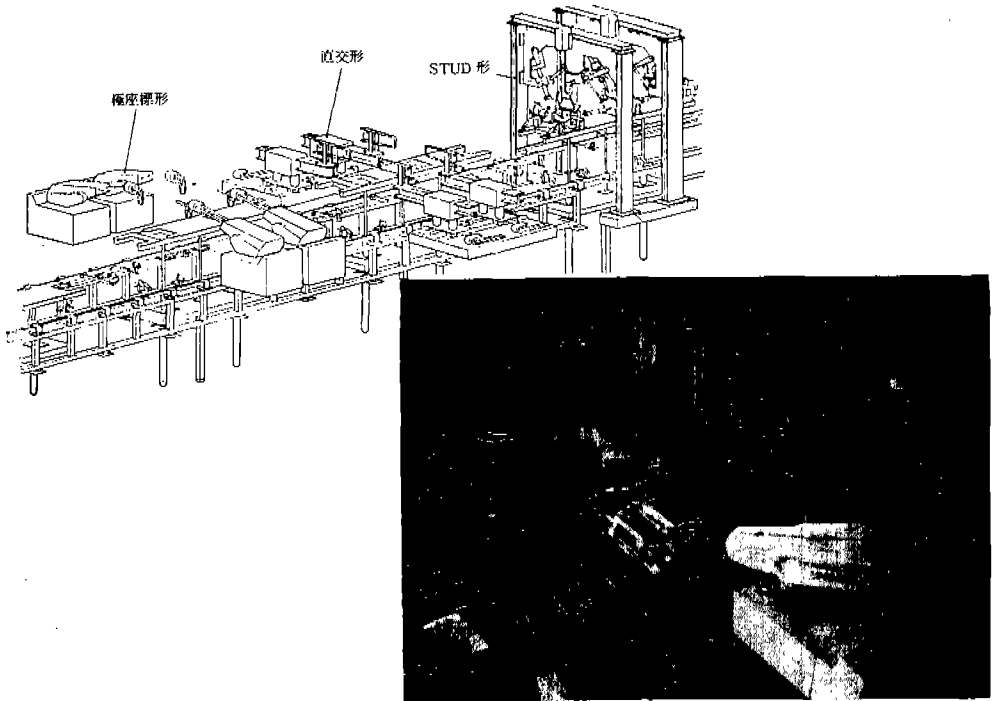


그림 5. 각종 Robot 실시 예

계 外觀의 차이는 있지만 組立順序, 各部の 구조 및 재질은 거의 공통이기 때문에 절대위치 및 각도는 약간 차이가 있다. 따라서 이 차이점을 흡수할 수 있는 용접 robot 를 설치한다면 융통성있는 line 이 될 수 있다.

(1) 용접 robot 도입시의 고려사항

各 line 의 기본구상으로는

가. Sub assy 工程 즉, jig 工程은 전용기(multi welder)를 많이 使用한다.

나. 總組立 工程은 robot 를 使用한다.

용접위치는 精密度 및 強度를 확보할 수 있는 위치에 적절히 선정하고 自動化熔接點數의 약 40 % 정도를 jig 工程에서 처리하는 것이 상례이다.

主組立 工程은 jig 工程에서 假接된 部品를 既定된 主管理點에 clamping 하여 나머지 용접을 生産量에 따라 手動이나 용접 robot로 처리하는 것이 바람직하다. 특히 많이 용접될 수 있고 車種間에 공통部分이며 time cycle 이 융통성 있는 곳은 robot 특성에 맞는 工程이라 할 수 있다.

(2) 용접 robot 사용

現在 실용화되고 있는 용접용 robot 를 크게 分類하면 極座標型과 直交座標型이 있고 各各 장단점이 있지만 일반적으로 工程간의 運動量을 최소로 하고 直線的이고 간결하게 하기 위하여는 直交座標型이 좋고, 速度에 대하여는 큰 運動과 회전을 이용한 極座標型이 유리한 경우도 있다. 일반적으로 robot 한 대당 용접點數는 많을수록 좋지만 용접 tip 의 수명, 용접 transformer 의 설치장소, cable hose 類의 左右로 움직이는 거리, 용접 gun 의 형상에 따라서 자연적 제약을 받게 된다. 이것은 경제성면에서 우월하고 compact 하며 신빙성이 높은 용접 robot 가 필요하다.

가. 形式

Robot 의 설치장소에 따라서 구분하면

- ① 床置 標準型
- ② 床置 trans 背負型
- ③ 天井 走行型



③ Nugget 가 형성되어도 주위에서 떨어지는 것 등이 있으며 이들 불량 spot용접의 발생 요인은 spot 용접의 3대 조건 즉, 전류, 通電시간 및 可壓力이 적절하지 않은 때이며, 이때에 다음과 같은 불량이 생긴다.

- ① 전극 tip 의 마모
- ② 2次測 impedance 의 증대
- ③ Back up 전극의 불량
- ④ 分類에 의한 전류밀도감소
- ⑤ 可壓力과 通電 timing 불량
- ⑥ Panel 접촉불량

등이 있고 용접의 기본사항과 동시에 정확한 要因을 抽出할 필요가 있다.

(5) Spot 용접 品質 monitor

Spot 용접 品質보증을 하기 위하여 monitor system 을 導入하고 그 대상으로

- ① 1次 전류
- ② 통전시간
- ③ 2次전류
- ④ 可壓力
- ⑤ 2次전류와 통전시간
- ⑥ Nugget 의 열팽창이나 온도등으로 고려할 수 있다.

Ⅲ. 결 론

以上에서 검토한 바와같이 車體組立用 自動化 용접설비를 도입하기 전에 panel의 精度, 경제성 및 生産량을 종합적으로 검토하여 自動化 용접기의 形式을 決定한 후 補修性, 省 energy 및 monitor system을 고려하는 것이 바람직하다.