

日本에 있어서 퍼지(Fuzzy)制御 熔接機의 現狀과 動向

박송춘* · 라규환*

The Trend of Fuzzy-Controlled Welding Machines in Japan

S. C. Park*, K. H. Ra*

1. 머리말

日本에서는 지금까지 製造工程에서의 生産性 向上을 강력하게 추진해 왔으며 熔接作業에 있어서도 인버터制御 熔接機를 이용하여 高品質의 熔接을 하여왔다.

그러나 최근 일손의 부족에 의한 勞動環境의 변화로 熔接機에 대한 使用者(user)의 要求(needs)가 多樣化되고 있다. 다시 말해서 일손의 부족을 自動化로보트화로 대처하기 위하여 熔接機의 새로운 高性能化를 要求함과 함께 종래 熟練 作業者の 經驗이나 技能에 의존해온 熔接品質을 熔接機의 새로운 機能으로 補償하도록 要求하고 있다.

최근 수년동안 熔接機 제조업체에서는 이러한 要求에 대응한 제품을 開發, 퍼지제어 熔接機로서 生産하고 있다. 이 글에서는 日本에 있어서 최근 話題로 되어있는 퍼지制御 熔接機의 現況을 중심으로 高性能化를 위한 새로운 熔接機 制御方法에 대하여 소개하고자 한다.

2. 일본의 熔接關聯 業界의 現況

현재 日本의 熔接關聯 業界에서는 숙련 溶接작업자의 老齡化에 덧붙여 젊은층이 製造現場을 떠나는 傾向이 현저하여 오늘날의 불황에도 불구하고 일손의 부족이 심각해지고 있다.

그림 1이 보여주듯이 増加일로에 있던 溶接작업자의 수는 1975년에는 減少로 바뀌었다. 그러나 그 후의 經濟成長으로 溶接작업량은 증대하였기 때문에

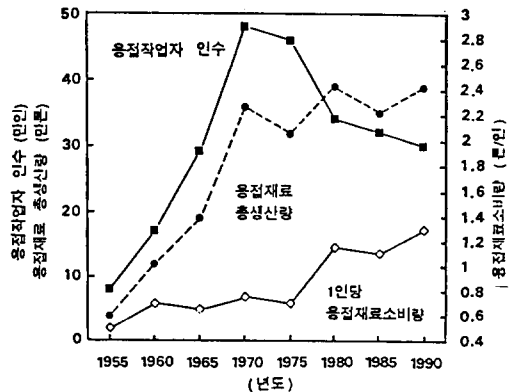


그림 1 熔接作業者和 熔接材料生産量 推移

* 정희원, (주)두레기계

길이가 4mm인 곳이 산의 頂上의 모양으로 되어 있는데 이 산의 모양을 멤버십 函數라고 한다. 또한 頂上의 높이를 1로 했을 때에 地表로부터 稜線까지의 높이를 “그레이드”라고 부르며 우리들이 느끼는 感의 정도로서 定義되어 있다. 이 글에서 注目하고자 하는 것은 멤버십 函數의 그레이드는 0에서 1까지의 어떤 수라도 취할 수 있으며 이에 따라서 우리가 느끼는 애매함(Fuzzy)을 定量的으로 다룰 수 있어 컴퓨터에서의 數值的 處理가 可能하게 된다.

4. 퍼지制御 CO₂/MAG 熔接機

사진 1은 퍼지制御 CO₂/MAG 熔接機의 외관을 보여주고 있다. 이 용접기의 커다란 特徵은 그림 5에서 보는 바와 같이 “멀티(multi) 特性制御”와 “퍼지

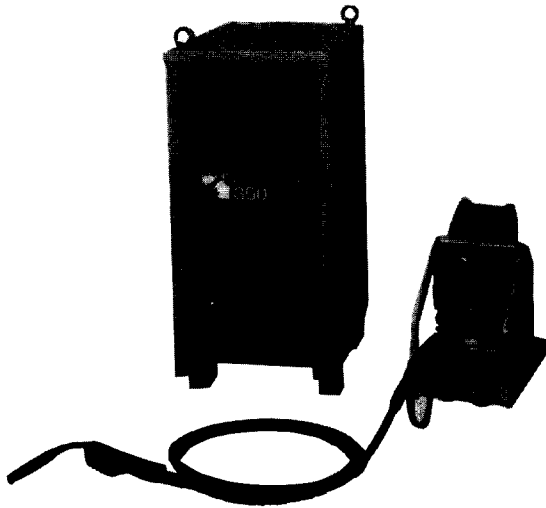


사진 1 퍼지制御 CO₂/MAG 熔接機

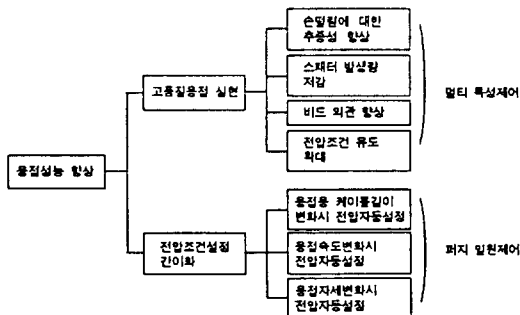


그림 5 퍼지制御 CO₂/MAG 熔接機 特徵

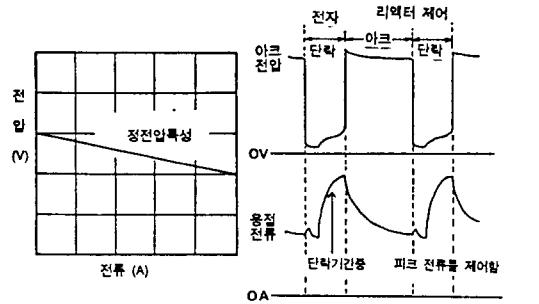
一元制御”의 2가지 새로운 制御法을 채용함으로써 熔接性能과 함께 熔接作業성을 劃基的으로 向上시킨 것에 있다. 이하에서 이들의 制御法에 대하여 기술 한다.

4.1 멀티特性制御에 의한 新波形 制御法

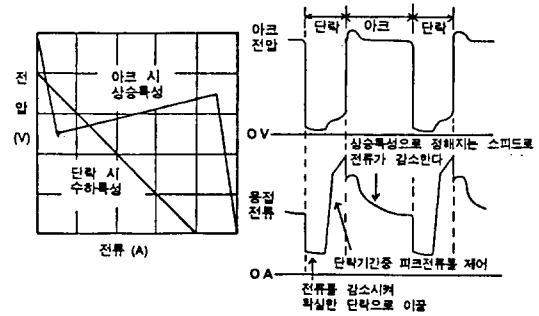
그림 6은 종래의 인버터制御 熔接機의 波形制御法과 멀티特性制御法과를 비교한 것이다. 종래의 波形制御法에 있어서는 電源의 外部特性 定電壓特性으로 短絡期間의 電流의 上昇率을 電子的으로 제어 (電子리액터制御)함에 따라 스파터 發生量 低減이나 비드 外觀의 改善 등을 얻고 있지만 아크 기간에 대하여는 특히 制御를 하지 않았었다.

이것에 대하여 멀티特性制御에서는 電源의 外部特性을 短絡期間은 垂下特性, 아크期間은 上昇率特性으로 電子的으로 바꾸어 각각의 外部特性에 의한 自己制御作用을 有效하게 機能하도록 하는 制御法이다.

이 制御法에서는 短絡이 發生하면 즉시 外部特性을



(a) 종래 파형제어법



(b) 멀티 특성제어

그림 6 멀티特性制御 概要

垂下特性으로 바꾸어 電流를 急減시켜 일정시간 낮은 값으로 유지시킴으로 와이어 先端의 溶適과 溶融池의 접촉을 확실하게 한다. 그후에 設定 最高值까지 電流를 急增시켜 단락을 解除하여 용적을 원활하게 移行시킨다.

아크가 再生되면 외부특성을 上昇特性으로 바꾸어 줌으로써 재생시의 아크 길이 가 긴 경우나 짧은 경우에도 아크기간의 길이 가 거의 一定하게 되도록 상승특성에 의해 自己制御 되기 때문에 溶滴의 크기가 均一化되어 安定된 移行이 된다. 그 結果 종래의 인버터제어 용접기보다 아크의 安定性이나 追從性이 큰 쪽으로 向上된다.

4.2 멀티특성제어에 의한 용접성능의 향상

4.2.1 아크의 追從性의 향상

그림 7은 와이어의 突出길이 가 변화되었을 때의 아크의 安定性을 평가한 것이다. 實驗에는 아크용접 로봇트를 이용하였고 와이어의 突出길이 를 15mm를 중심으로 하여 토치를 上下 방향으로 速度 V, 幅 W로 오실레이션 시키는 방법으로 실시하였다. V, W를 適宜 變하시켜 각각의 조건에 있어서 아크 狀態의 評價를 플롯트하여 安定域을 比較한 것이다.

그 결과 종래의 波形制御法에서는 아크의 安定域은 移動速度가 最大에서도 妙當 11mm까지이며 특히

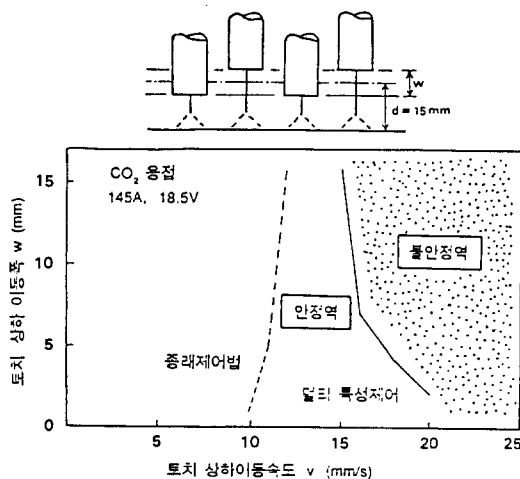


그림 7 突出길이를 變化시켰을 때의 安定性 比較

이동속이 적을수록 許容移動速度는 작아진다. 이에 대하여 멀티특성制御에서는 아크안정역이 이동속도 가 妙當 16mm까지 擴大됨과 함께 移動幅이 작아질 수록 逆으로 許容移動速度는 크게 되어있다. 즉 高速에서 작은 振幅의 突出길이의 變化에 強하기 때문에 작업자의 손떨림등에 대한 아크의 安定性이 向上되고 있다.

4.2.2 스패터 發生量의 低減

그림 8은 스패터 發生量을 CO₂ 熔接에 있어서 比較한 것이다. 멀티특성제어에서는 小電流域으로 부터 大電流域에 걸쳐서 스패터 發生量이 종래의 波形制御法의 1/2 이하로 되어있고 또한 스패터가 小粒이기 때문에 母材에 付着되기 어려워 간단히 除去할수 있다.

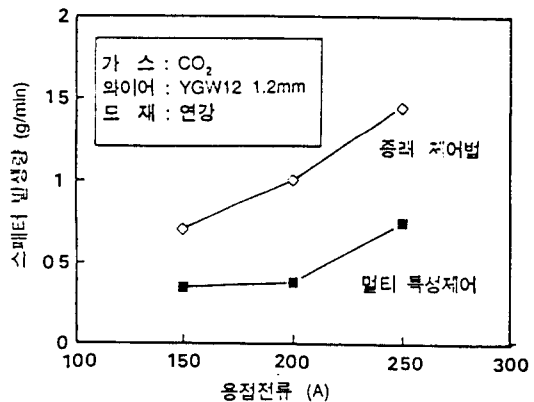


그림 8 스패터 發生量 比較

4.2.3 비드 外觀의 改善

멀티특성制御에서는 용적이행이 安定해짐과 함께 아크기간의 電流의 實效值가 종래보다 높기 때문에 入熱效率이 改善되어 平均하고 보기좋은 비드외관이 얻어진다.

그림 9는 비드외관을 CO₂ 용접에 있어서 比較한 것이다. 용접電流 150A, 아크전압은 設定치 19V의 경우로 멀티특성제어의 비드외관은 표면이 매끄럽고 止端部의 처리가 양호함을 알 수 있다.

용접조건	150A, 19V CO ₂ 가스 와이어 : YGW12 (∅1.2mm) 모 재 : SPCC (3.2mm)
구분	
종 래 제어법	
멀티 특성제어	

그림 9 비드外觀 比較

4.3 퍼지 一元制御에 대하여

CO₂/MAG 용접에 있어서는 아크電壓의 設定을 一元制御로 행하는 용접機가 近年 增加하고 있다. 이것은 용접전류 즉 와이어 送給速度에 대한 아크 전압의 관계를 일정한 조건하에서 미리 실험적으로 구한 一元條件을 電源에 기억시켜 작업자가 전류만을 設定하면 적정한 전압이 대체로 설정되도록 하는 調整方式이다.

그러나 현실의 용접施工에 있어서는 판두께나 材質, 繼手形狀, 용접姿勢 등에 의하여 와이어 突出길이 나 용접速度가 實驗적으로 구했을 때의 조건과 달라지는 일이 많고 용접용 케이블의 길이도 사용자에 따라 다르기 때문에 보다 정확한 아크電壓을 설정하기 위한 微細調整이 필요하며 또한 용접의 진행에 따른 條件變化 때문에 適宜設定한 것을 다시 고쳐야만 하게 된다.

그러기 위해서는 일반적으로 상당한 經驗이나 知能을 필요로 한다. 따라서 그림 10에서 보여주는 바와 같이 出力電壓의 설정에 퍼지제어를 적용하여 적정한 용접조건을 설정, 유지가 자동적으로 될 수 있도록 개발된 것이 퍼지 일원제어 기술이며 이 기술에 의하여 경험이 적은 작업자라도 고품질의 CO₂/MAG 용접을 할 수 있게 되었다.

CO₂/MAG 용접의 단락이행 용접에 있어서는 와이어를 용융시켜 용적을 형성하는 아크기간과 그것을 용융지에 이행시키는 단락기간이 一定週기로 반복되고 있지만 그 때의 단락시간의 比率이 아크의 상태와 밀접하게 관련되어 있다. 즉 용접전류에 따라서

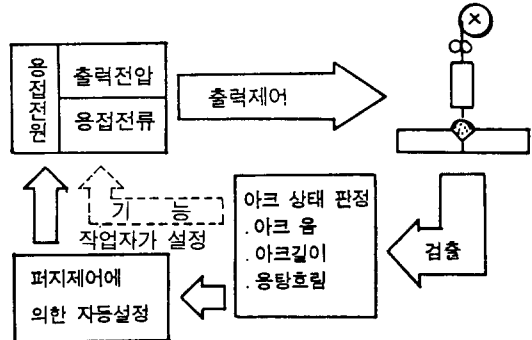


그림 10 퍼지 一元制御에 의한 出力電壓自動設定 기본개념

아크의 상태가 굉장히 좋아지는 短絡時間率이 존재한다. 따라서 용접전류에 따라서 이 단락시간율이 적정한 값이 되도록 퍼지제어에 의한 電源의 出力電壓을 自動적으로 調整하고 있다.

4.4 퍼지 一元制御의 效果

4.4.1 용접케이블이 긴 경우

용접機에 접속하는 용접용 케이블이 길어지면 그만큼의 抵抗이 增大되어 아크電壓이 저하하기 때문에 스파터가 많이 발생함과 함께 비드가 볼록하게 되기 쉽다. 그러나 퍼지일원제어에서는 그림 11에서 보여주는 바와 같이 용접전류를 설정하면 출력전압은 자동조정되기 때문에 용접용 케이블에 의한 電壓降下가 생기지 않고 良好한 용접狀態가 유지된다.

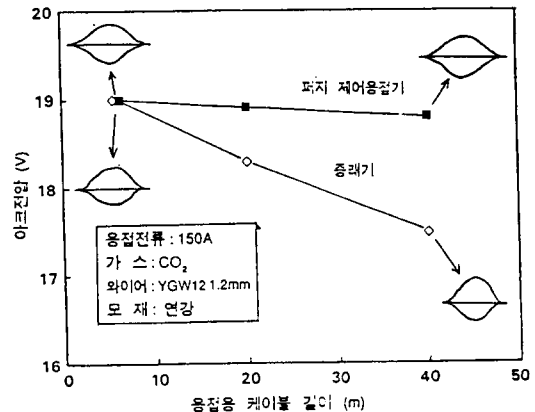


그림 11 용접용 케이블 길이 影響

4.4.2 熔接速度가 變化했을 때의 效果

그림 12는 용접속도가 변화했을 때의 퍼지일원 제어의 효과를 보여준 것이다. 종래 용접기에 있어서 우선 처음에 용접속도를 분당 30cm로 適正電壓 29V로 설정하고 그대로 용접속도를 120cm까지 빠르게 하면 아크전압이 적정치보다도 상대적으로 높아지기 때문에 언더컷이 발생한다. 따라서 실제의 용접시공 시에는 용접작업자가 용접속도에 따라서 적정한 아크전압이 되도록 조정하고 있다.

이것에 대하여 퍼지 一元制御에서는 熔接速度의 變化에 따라서 항상 적정한 아크상태로 되도록 出力電壓이 自動調整되기 때문에 용접속도가 빠르게 되더라도 良好한 비드外觀이 얻어진다.

종래기	29V 29V	250A 29V	
퍼지 제어용접기	29V 25V 23V	250A 24V	
250A YGW121.2mm CO ₂	50 100 150 용접속도 (cm/min)	단면마크 120 cm·min	

그림 12 熔接速度 影響

5. 퍼지제어 알루미늄 MIG 용접기

5.1 微小短絡 檢出에 의한 아크길이의 制御

일반적으로 알루미늄 합금의 MIG 용접에서는 그림 13에서 보여주는 바와 같이 와이어의 線端과 母材 表面까지의 거리인 걸보기의 아크길이에 의한 條件 管理가 굉장히 重要하다는 것이 잘 알려져 있다. 그러나 電源의 出力電壓 調整에 의해서 그림 13에서 보여주는 것과 같이 실제 아크길이를 일정하게 유지하여도 클리링작용의 존재로 걸보기의 아크길이는 수시로 변환하고 있다. 따라서 적정한 걸보기의 아

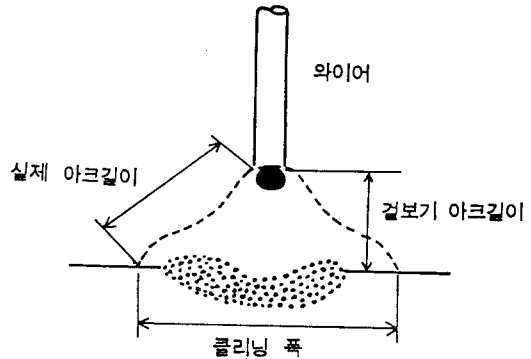


그림 13 알루미늄 MIG 熔接아크길이

크길이의 關係가 존재하지 않고 鐵鋼材料의 CO₂/MAG 용접처럼 出力電壓에 의해 一義인 걸보기의 아크길이를 檢出, 制御하는 것은 不可能하다. 이것이 從來의 熔接機에서 熔接條件 管理를 困難하게 하였다.

그러나 최근의 識見에 의하면 알루미늄 MIG 용접에 있어서 적정한 용접조건에서는 항상 용적이행이 동반하는 그히 微小時間의 단락현상이 존재하며 그것도 그 단락회수가 적정한 걸보기의 아크길이와 지극히 높은 相關關係에 있다는 것이 밝혀졌고 이 미소 단락회수를 새로운 제어 파라미터로 한 퍼지 제어 알루미늄 MIG 용접기가 實用化되었다.

5.2 퍼지제어에 의한 自動電壓設定

퍼지제어 알루미늄 MIG 용접기는 基本的으로는 定電壓特性의 電源으로 분류되지만 熔接條件의 變化나 外亂에 대응해서 퍼지제어에 의해 微小短絡 回數가 일정한 範圍에 들도록 전원의 出力 電壓을 自動調整하고 있다. 이것으로 부터 아크의 安全性이나 손떨림등에 의해 아크의 상태가 變化한 경우의 過渡應答性이 향상되어 항상 적정한 걸보기의 아크 길이가 유지되기 때문에 양호한 비드外觀과 均일하고 安定된 熔入을 확보할 수 있게끔 되었다.

또한 熔接條件의 設定은 퍼지 一元機能에 의하여 電流調整 鈕(knob)을 세트하는 것 만으로서 경험적 的인 작업자라도 숙련작업자 만큼의 最適아크 狀態로 設定하는 것이 가능하게 되었다.

이 때문에 사진 2에서 보여주는 것과 같이 퍼지 제어가 없는 상태를 퍼지제어가 있는 상태로 바꾸면

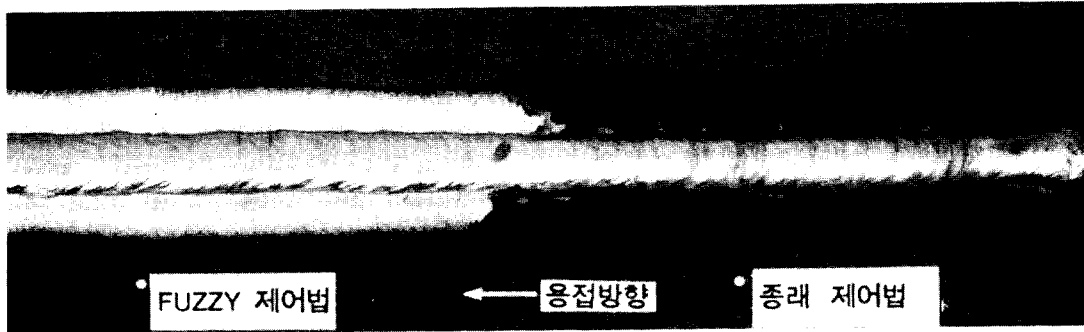


사진 2 알루미늄 MIG 용접에 있어서 퍼지制御 效果

적정한 아크상태로 즉각 제어되어 양호한 비드외관이 얻어진다.

6. 맺는말

이상에서 日本에 있어서 최근 話題가 되어있는 퍼지제어 용접기를 紹介해 보았다.

일손 부족이라고 하는 勞動環境의 변화는 앞으로도 繼續되기 때문에 용접機器에 대한 脫技能化, 知能化에 대한 요구는 점점 더 많아질 것으로 생각된다. 현실점에서 生産되고 있는 제품은 이러한 것을 위한 第一段階로 금후 용접機 自體만의 脫技能化 뿐만아니라 로봇트등도 포함한 용접시스템 全體의 知能化에의 方向으로 나아가야 할 것으로 생각된다.