

## 평판전극 연속타점에 의한 매쉬심 용접기법 개발

조 상 명\* · 조 호 재\*\*

\*부경대학교 신소재공학부 생산가공공학전공

\*\*모니텍코리아 기술지원팀

### Development of Mash-Seam Welding Process by Flat Electrode Continuous Welding

Sang-Myung Cho\* and Ho-Jae Cho\*\*

\*Course of Production and Joining Eng. Div. of Materials Science & Eng. Pukyong National University, Pusan 608-739, Korea

\*\*Technical Support Team, MONITECH KOREA, Pusan 617-809, Korea

#### Abstract

Resistance welding processes are widely used in automotive applications. In particular, Mash-Seam resistance welding is typically used in Tailored Blank process.

If spot welds are changed to a continuous weld, it's easy to reduce noise and to be more stable in cars. A arc welding, laser welding, seam welding using wheel electrode are available to make continuous welds on a car body, but they demand operator with advanced skills and expensive cost to develop. Therefore, flat electrode continuous mash-seam resistance welding process has been used to improve the weak points in currently available system in lap seam welding.

This developed process has much more strength and air tightability, and also has much better plastic workability than laser welding. Moreover, commercial RSW machine can be readily used in this welding process.

\* Corresponding author : pnwcho@mail.pknu.ac.kr

(Received January 10, 2003)

Key Words : Mash-seam welding, Continuous welding, Flat electrode, Resistance welding, Peel test, Welding nugget, Erichsen test, Tailored blank process

#### 1. 서 론

매쉬심(Mash-Seam)용접은 접합하려는 피용접재를 일정간격 겹친 후 겹침부에 저항발열을 가하여 반응용 상태가 되면 가압력에 의해 압착되어 용접부가 생성되는 접합법이다<sup>1,2)</sup>. 매쉬심 용접은 레이저 용접등과 함께 테일러드 블랭크 공법에 많이 사용되며 원판전극(WE, Wheel Electrode)과 평판전극(FE, Flat Electrode) 매쉬심 용접이 있다.

레이저 용접의 경우 장치가 고가이고, 피용접재의 치수정밀도가 높아야 하는 단점을 가지고 있다.

원판전극을 사용하는 매쉬심 용접의 경우는 전극에

열이 많이 발생하여 냉각장치고 커지고 복잡해지는 단점을 가지고 있다. 이러한 점을 보완한 방법이 FE 매쉬심 용접이다. FE 매쉬심 용접은 커다란 FE로 긴 용접부를 한번에 용접하여 연속용접부를 형성하는 저항 용접법으로 테일러드 블랭크 공법에서 많이 사용되고 있다.

그러나 FE 매쉬심 용접의 경우 용접기의 용량이 상당히 커지고 용접부 양끝단의 접합에 문제점을 나타내는 단점을 가지고 있다.

그러므로 용접기의 냉각장치가 간단하거나 혹은 기존의 저항 점 용접기와 같은 수냉장치만을 가지면서 용접기 용량은 기존의 저항 점 용접기와 같은 수준의 용접기로 100mm이하의 용접부를 연속 용접할 수 있는 새

로운 매쉬심 용접기법의 개발이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구의 목적은 테일러드 블랭크 공법에 적용되는 레이저 및 저항 심 용접의 단점을 보완하면서, 연속 용접을 할 수 있는 새로운 용접기법을 개발하는 것이며 이를위해 FEC(Flat Electrode Continuous) 매쉬심 용접부의 특성을 검토하였다.

### 2. 사용재료 및 실험방법

본 실험에서는 75kVA용 단상교류 저항용접기를 사용하여 용접을 실시하였고, 피용접재의 고정을 위하여 지그를 만들어 용접기의 하부전극에 고정하여 사용하였다. Fig. 1에는 본 실험에서 사용한 전극의 형상을 나타낸 것으로 도전을 75%의 제2종 크롬동 전극을 Fig. 1의 형상으로 가공하여 사용하였고 설치하는 기존의 정칙식 저항용접기에서 사용하는 전극과 동일한 방법으로 설치하였다.

Table 1에는 본 실험에서 사용한 용접조건을 나타낸 것이다. 본 실험에서 사용한 피용접재는 두께 1.2mm의 냉간압연강판을 사용하였다. 그리고 2, 3, 5타점의 FEC 매쉬심 용접부를 형성하여 용접부 단면 관찰등 기본적인 특성을 관찰하였고, 5타점 이상의 용접부를 형성하여, 인장시험, 에릭슨시험, 누설시험을 실시하였다.

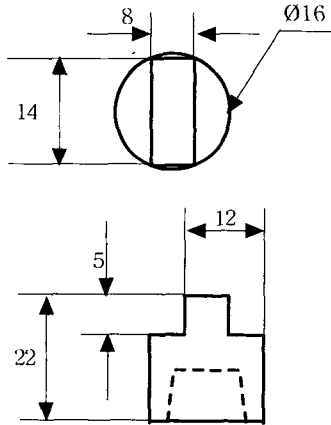


Fig. 1 Shape of electrode

Table 1 Welding conditions

	Current (kA)	Time (Cycle)	Electrode Force (kgf)	SLL (mm)	ELL (mm)
2-Points welding	12~15	10	200	1	1~5
Hardness Tensile test Erichsen test Leak test	13	10	200	1	3

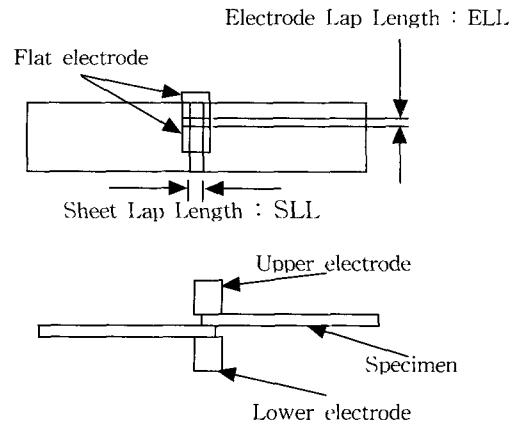


Fig. 2 Schematic of welding

Fig. 2는 FEC 매쉬심 용접의 계략도를 나타낸 것으로 용접선 길이에 비해 상당히 작은 FFL을 이용하여 연속적으로 용접하는 모습을 간단하게 나타낸 것이다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 용접부의 기본적인 특성

Fig. 3과 Fig. 4는 2타점 용접에서 용접전류와 ELL에 따른 용접부 파단 형상을 나타낸 것으로, 용접전류 12kA와, 전극겹침길이 1mm, 2mm를 제외하고는 모두 모재에서 파단이 발생하였다. 그러므로 적절한 용접부 강도를 얻기 위해서 전류는 13kA이상, ELL은 3mm이상이 되어야 할 것으로 판단된다.

Fig. 5는 2타점 용접에서 ELL에 따른 용접부의 단면을 나타낸 것으로 ELL 1~5mm에서도 일반 심 용접과 같은 너깃 겹침의 형상은 찾을 수가 없었다. Fig. 5의 (a), (b)의 사진에서 흰색 원안의 모습이 용접부와 용접부 사이에 존재하는 것으로 이것을 확대한 사진이

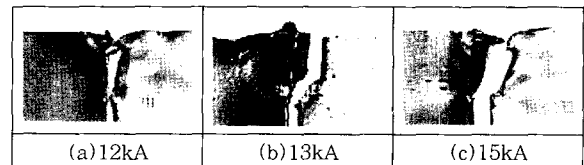


Fig. 3 Fracture shape by variation of welding current in 2-point welding.(200kgf, 10 Cycle, ELL : 5mm)

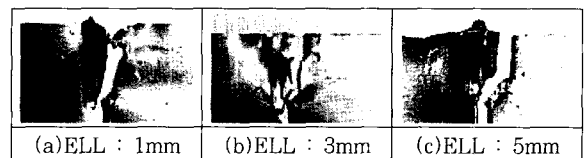


Fig. 4 Fracture shape by variation of ELL in 2-point welding.(13kA, 200kgf, 10Cycle)

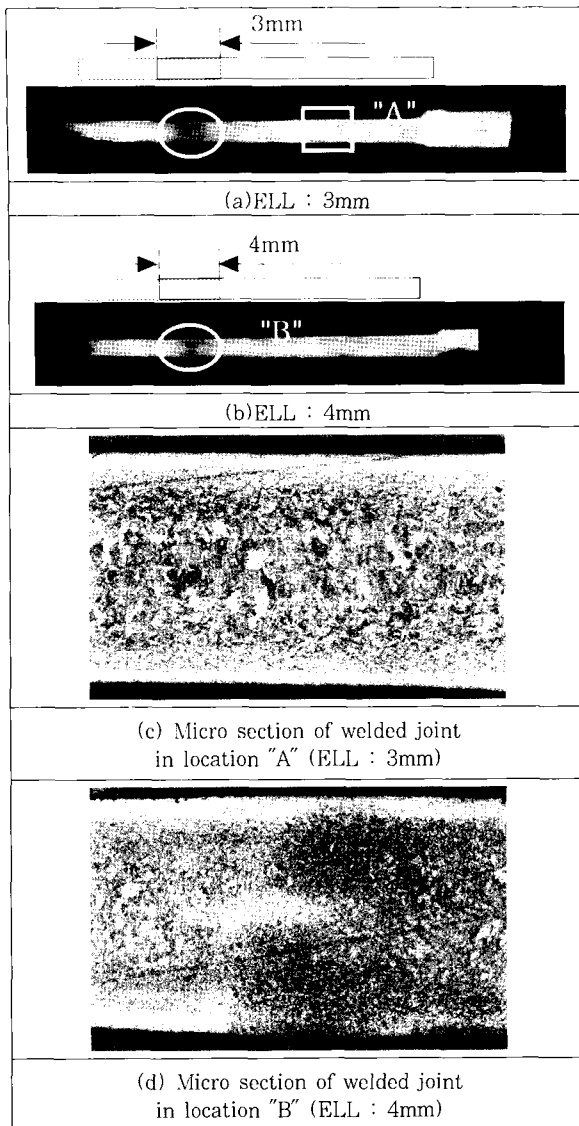


Fig. 5 Micro and macro section of welded joint in ELL 2-point welding (13kA, 200kgf, 10 Cycle.)

Fig. 5 (d)이며 용접부를 확대한 사진이 Fig. 5 (c)이다. Fig.5 (c)의 경우 피용접재의 중심을 따라 응고조직이 보이고 그 주변을 열영향부로 판단되는 조직이 보이지만 Fig.5 (d)에서는 중간지점에 조직의 형태가 다른 것을 확인 할 수 있는데 이 부분은 ELL이 1mm~5mm까지 계속 관찰되었다. 또 타점수가 많아지더라도 이러한 현상은 계속 관찰되었다. 이렇게 너깃 겹침이 보이지 않는 원인은 심용접과 같은 완전 용융 용접이 아니고, 반응용 상태에서 용접이 되므로 너깃이 크게 형성 될 수 없기 때문인 것으로 판단된다. 또한 이전 타점에서 생성된 용접부가 다음 타점 용접시 전극의 겹침으로 용접부 뒷부분은 재열처리 효과에 의해 조직이 변태한 템퍼드 비드로 판단된다.

### 3.2 용접부의 기계적 특성

FEC 매쉬심 용접부의 기계적 특성을 알아보기 위하여 용접부의 경도, 소성가공도, 인장강도, 누설 시험을 실시하였다. 용접부의 경도는 용접부 종단면에 대하여 실시하였다.

Fig. 6은 FEC 매쉬심 용접부의 종단면에 대한 경도 분포를 나타낸 것이다. 용접부의 경도는 250Hv~260Hv의 경도를 나타냈지만, 템퍼드 비드에서는 170Hv의 경도 값을 나타내었다. 즉 이전 타점 용접에 의해 생성된 용접부가 다음 타점 용접시 완전히 용융, 응고하지 않고 열처리만 되어 경도가 떨어진 것으로 판단된다. 그러므로 이 부분이 재열처리에 의한 템퍼드 비드임을 다시 한번 확인 하였다.

Fig. 7은 Ming F. Shi 등에 의해 연구된 결과로서 레이저 용접과 매쉬심 용접부의 경도를 비교한 결과이다<sup>8)</sup>. 동일 모재를 용접한 결과 레이저 용접부의 미세경도가 매쉬심 용접보다 약 50%정도 높은 경도값을 나타내고 있는데, 이는 용접된 제품의 2차 소성가공시 레이저 용접부가 매쉬심 용접보다 소성가공도가 나쁠 것으로 판단된다.

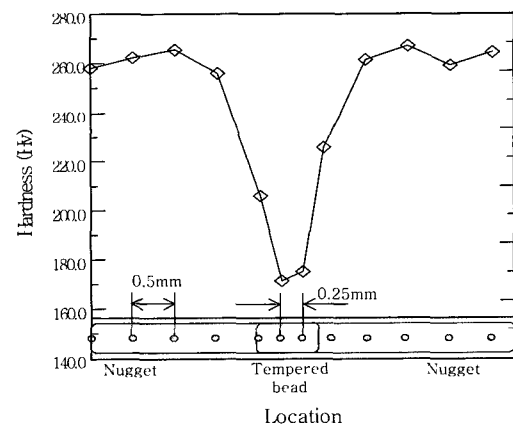


Fig. 6 Hardness distribution in longitudinal direction of FEC mash seam welded joint

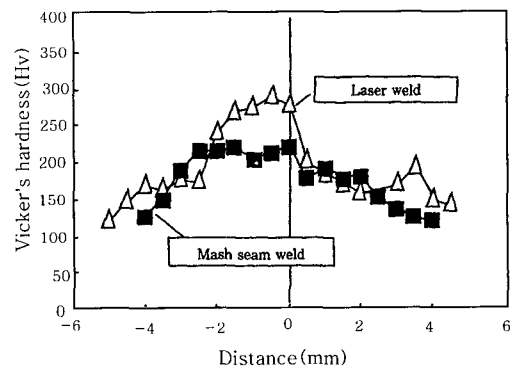


Fig. 7 Hardness distribution in the laser and WE mash seam welded joint<sup>8)</sup>

용접부의 정량적인 강도를 평가하기 위하여 용접부에 대한 인장시험을 실시하였다. Fig. 8은 FEC 매쉬 심 용접부에 대한 인장시험에 의한 파단형상이고 Fig. 9는 그 결과를 나타낸 것이다.

Fig. 8에서 보는 바와 같이 모두 모재에서 파단 하였으며, 그때의 파단하중은 약 1200kgf 정도로 나타났다. 필 시험과 마찬가지로 인장시험에서도 모두 모재에서 파단이 발생하였으므로 FEC 매쉬 심 용접부의 강도는 우수한 것으로 확인되었다.

FEC 매쉬심 용접부의 소성가공도를 평가하기 위하여 에릭슨 시험을 실시하였다. 매쉬심 용접은 테일러드 블랭크 공법에 많이 적용되고 있으므로 용접부의 소성가공성이 상당히 중요한 점 중에 하나이다.

본 연구에서는 FEC 매쉬심 용접부의 에릭슨 시험값을 다른 용접과 비교하기 위하여 동일 소재, 동일 크기의 시험편에 TIG용접한 후 에릭슨 시험을 하였고, 냉간압연강판 원판에도 실시하였다. 그리고 레이저 용접과 비교하기 위하여 기존 연구에서 보고 된 자료를 인용하여 그 특성을 같이 비교하였다.

특히 레이저 용접부에 대한 소성가공도는 모재 소성가공도에 약 70% 정도라고 허영무<sup>6)</sup> 등에 의해 보고 되었고, 냉간압연강판의 강도에 따라 레이저 용접부가 모재의 소성가공도에 91%~63%의 소성가공도를 가진

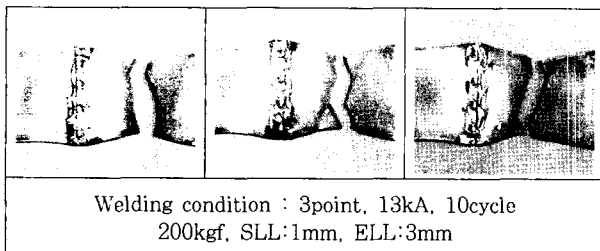


Fig. 8 Fracture shape of FEC mash seam welded joint

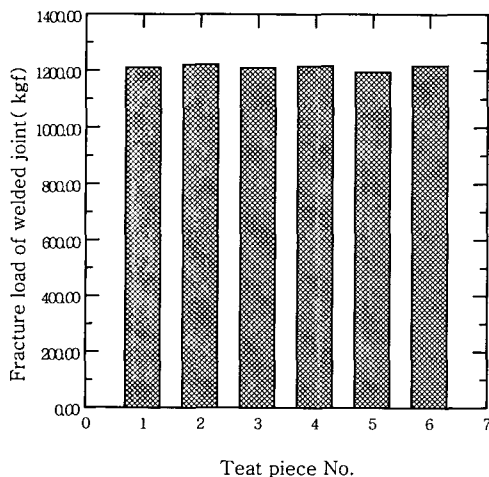


Fig. 9 Fracture load of FEC mash seam welded joint

다는 결과가 최정영<sup>7)</sup> 등에 의해 보고 되었다.

본 연구에서는 이를 바탕으로 레이저 용접부의 소성가공도를 모재의 70%정도 수준으로 판단하여 그 특성을 비교 검토 하였다.

Fig. 10은 FEC 매쉬심 용접부와 TIG 용접부의 에릭슨 시험한 시험편의 사진을 나타낸 것으로 모두 용접부 수직방향으로 파단이 발생하였다.

Fig. 11은 에릭슨 시험 결과를 나타낸 것이다. 모재의 에릭슨 값은 12.7mm로 나타났고, FEC 매쉬심 용접의 경우 9.7mm로 나타났으며, TIG용접은 11mm의 에릭슨 값을 나타냈다. FEC 매쉬심 용접의 경우 KS 규정에는 90%이상의 에릭슨 값을 나타냈지만 모재에 비해서는 약 78%정도의 에릭슨 값을 나타내었다. 그리고 TIG용접은 FEC 매쉬심 용접에 비해 높은 에릭슨 값을 나타냈는데, 이는 입열량이 매쉬심 용접보다 크므로 냉각시간이 길어서 용접부의 경도가 낮기 때문인 것

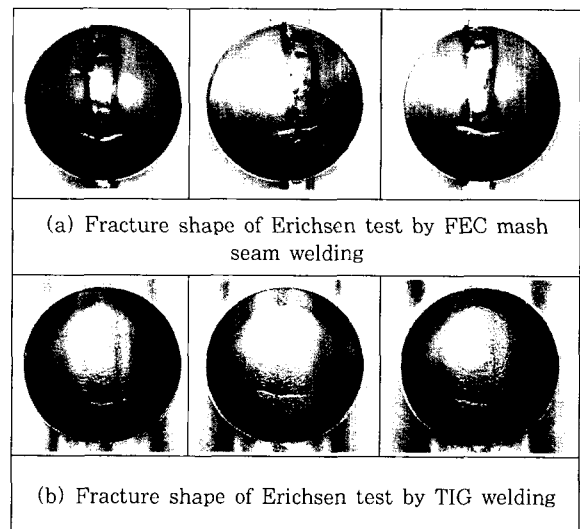


Fig. 10 Fracture shape by erichsen test

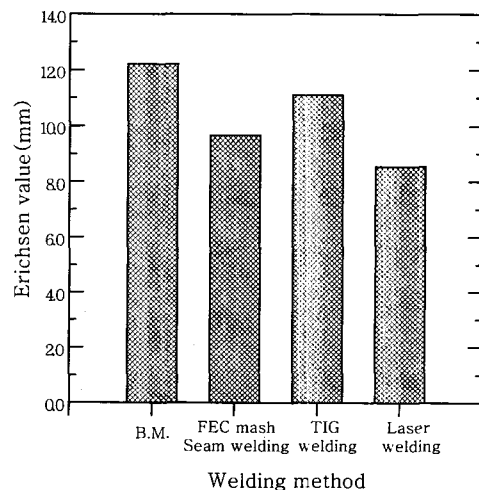


Fig. 11 result by erichsen test

으로 판단된다.

레이저 용접의 경우 앞선 연구자들의 보고에 의해 모재의 70%정도의 소성가공도를 가진다고 보고 그 특성을 그래프에 나타낸 결과 에릭슨 값은 약 8.5mm 정도로 FEC 매쉬심 용접보다 작게 나타났다. 실제 레이저 용접은 높은 에너지가 아주 좁은 부분에 짧은 시간동안 투여됨으로 그 냉각시간이 상당히 짧아서 용접부의 경도가 저항용접에 비해 높게 나타나고 있다.

다음은 FEC 매쉬심 용접의 기밀성을 시험하기 위하여 누설 시험을 실시하였다. 직육면체의 용기를 제작하여 그 용기에 압축공기를 주입한 후 수조 속에 1시간 동안 담구어서 공기의 누설 여부를 확인하였다. 누설 시험을 위해서 제작한 용기는 FEC 매쉬심 용접과 TIG 용접을 이용하여 제작하였다.

제작된 압력용기에 공급공기압 6kgf/cm<sup>2</sup>의 공기를 주입한 후 이것을 물이 담긴 수조에 담갔으며, 공급공기는 에어 컴플레이셔를 통하여 공급하였다. 수조에 한 시간 동안 담가둔 결과 용기에서는 누설이 발생하지 않았다. 누설이 발생할 경우 수조에는 공기방울이 발생되어야 하는데 전혀 공기방울이 발생되지 않았다.

#### 4. 결 론

두께 1.2mm의 냉간압연강판을 사용한 FEC 매쉬심 용접 기법 개발에 대한 연구에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) FEC 매쉬심 용접기법을 개발하였다.
- 2) 용접부의 단면검토 결과 너깃 겹침(재용융부)은 관찰되지 않았고, 이전 너깃부에 재열처리 효과로 인한 템퍼드 비드가 형성되었고 그 템퍼드 비드의 경도는 너깃부에 비해 낮게 나타났다.
- 3) FEC 매쉬심 용접부의 에릭슨 시험결과 모재의 78% 정도로 나타났지만 레이저 용접보다는 높게 나타났고 기밀성도 우수하였다.
- 4) FEC 매쉬심 용접기법의 적용으로 접합부의 길이가 길 때 용접기 용량이 부족한 문제를 극복할 수 있게 되었다.
- 5) FEC 매쉬심 용접기법의 적용으로 기존 디스크 전극에서 사용된 과도한 수냉 시스템이 불필요할 것으로 기대된다.

#### 참 고 문 헌

1. Korea Welding Society : Welding · Joining handbook, (1998), pp.576-583, pp.587-589 (in Korean)
2. 日本學會抵抗溶接研究委員會編 : 抵抗溶接現象とその應用(I), 溶接學會術資料 No.10(1989), 80-90 (in Japanese)
3. AWS Resistance Welder Manufacturers Association : Resistance welding manual Fourth edition(1989. 10), 4.1-4.10
4. 中村 孝 : テイラードクランクとマシユシーム, 溶接日本溶接技術(1995. 3), pp.66-75(in Japanese)
5. S.M Cho : Principle of resistance welding and analysis of monitoring results, Journal of KWS, 15-2 (1997), 1-10 (in Korean)
6. Y.M Heo, H.M Kim, D.G Seo : Forming Limits for the Welded Sheets, Transaction of materials processing, 8-5 (1999), 429-436 (in Korean)
7. J.Y Choi, C.H Lee : Comparison of Characteristics of Mash Seam Welding and Laser Welding Tailored Blank, Journal of KWS, 18-3 (2000), 25-31(in Korean)
8. Ming. F. Shi, H.Gordon : Formability Issues in the Application of Tailor Welded Blank sheets. SAE930278 (1993), 345
9. G.C Kim, J.W Kim : Welding Technology for Tailored Blank Manufacturing, Journal of KWS, 18-3 (2000) 274-280 (in Korean)
10. H.S Kang : A Study on the Welding Characteristics of Nd-YAG Laser for Thin Stainless Steel Sheets, Dong-A University Doctorate degree request a paper (1998), 82 (in Korean)
11. K. Azuma : Press formability of laser welded blanks, IDDRG (1990), 305-311
12. H.J Cho, S.M Cho : The Search of Welding Mechanism and the Evaluation of joint Properties Estimation in Mash-Seam welding by Flat Electrode, Proceedings of the 2002 Annual Spring meeting KWS, 39-42 (in Korean)
13. M.H Rhee, W.G Shin Y.T Keum, B.W Hwang, D.Y Yoo : An Experimental Study for Forming Characteristics of Mash Seam Welding Sheets, Transaction of materials processing, 9-6 (1999), 582-589(in Korean)