

# 볼 조인트 및 컨트롤 링크 용접 품질 안정화공정

## Process for Enhancement of weld quality applied for ball joint and control link using high power lasers.

한국기계연구원 레이저기술연구그룹 **한유희**, 서정, 김정오

(주)센트랄 이희방

충남대학교 기계공학과 이영신

### I. 서론 - 연구목적

프로젝션 용접은 피용접재의 한쪽 혹은 양쪽에 작은 돌기(Projection)를 마련하여, 이들 피용접재를 전극으로 가압하여 이 부분에 용접전류와 전극가압력을 집중시켜 용접하는 방법이다. 프로젝트션 용접은 저항 용접의 일종으로 다량생산 체제에서 경제적이므로 자동차부품, 전자부품 생산에 널리 적용되고 있다. 본 연구에서는 현재 자동차의 컨트롤 링크(Control Link)에 적용되고 있는 프로젝트션 용접의 공정을 개선하고 더 나아가 새로운 제품에 적용할 때 보다 신속하고 합리적으로 최적 용접조건을 도출하기 위하여 다음과 같은 세부목표를 설정하였다:

- 프로젝트션 용접 거동 규명
- 프로젝트션 용접 변수도출 및 용접에 미치는 영향 규명
- 프로젝트션 용접의 품질 안정성 확보방안구축

### II. 프로젝트션 용접 거동

#### 1 맞대기 프로젝트션 용접

본 연구의 용접대상인 컨트롤 링크는 그림 1 과 같이 링(Ring)과 로드(rod)가 서로 용접으로 제작된다. 이 경우의 프로젝트션 용접은 「맞대기 프로젝트션 용접」의 범주에 속하며 좀더 세분하면 「저항스터드 용접」으로 분류된다.

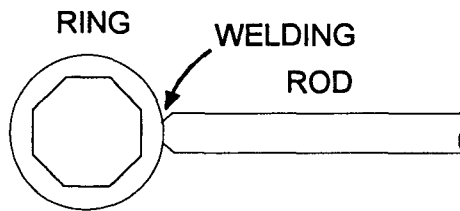
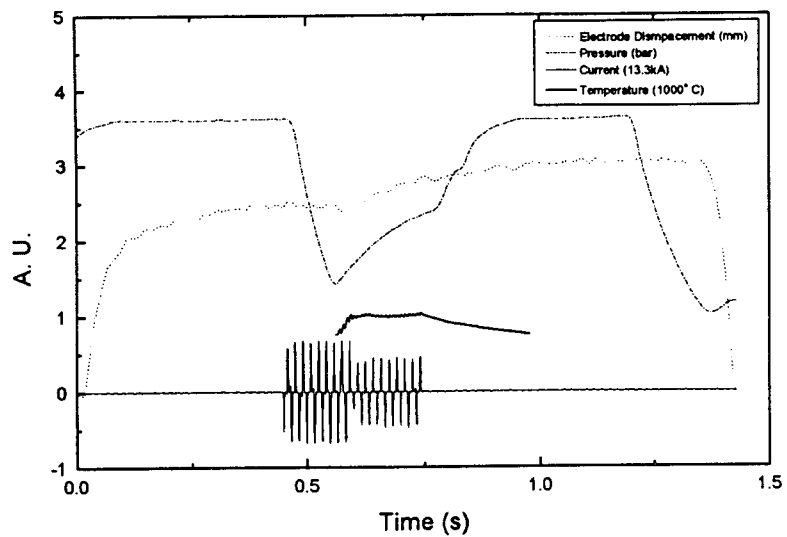
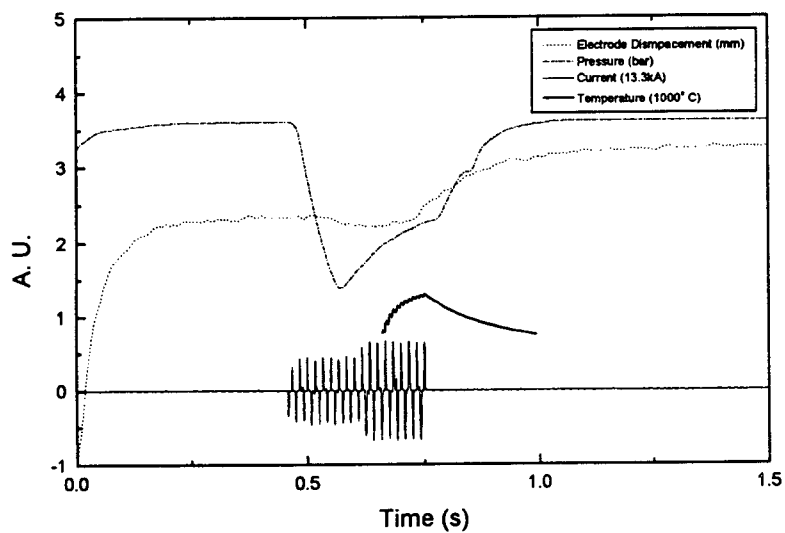


Fig.1: Control link

그림 2는 초기 가압 압력을 3.5 bar로 통전 중 가압 압력을 2.5 bar로 설정하고 제 1 용접 전류와 제 2 용접전류를 바꾸어 설정하여 용접하면서 관측한 데이터를 나타낸다. 그림 2 (a)의 경우에 제 1 용접 전류 9 사이클의 피크 값이 제 2 용접전류의 피크 값보다 크다는 것을 알 수 있다. 그리고, 용접중의 인텐테이션양과 관계 있는 전극의 변화를 볼 수 있다. 이 그림에서는 전극이 가까워질수록 그 값이 증가한다. 그림2 (b)에서는 그림 2 (a)에 비해 통전이 끝날 무렵 전극의 이동량이 매우 크게 증가하는 것을 관측할 수 있다. 또한 파이로미터에 의해 관측된 온도 변화를 보면 그림 2(b)의 경우, 즉, 제 2 용접 전류를 크게 설정한 경우 더 큰 피크치를 나타냄을 알 수 있다. 파이로미터의 관측 점은 로드 끝단부로부터 약 1.5mm 아래에 위치하도록 하였다. 온도 측정점의 경우 파이로미터는 비접촉식이므로 로드와 용접중 용접부가 발열하며 가압에 의해 변형될 때 그 측정점이 이동하므로 정확한 위치에서의 온도 변화를 논하기 어려운 점이 있다. 하지만, 용접부에 집중되는 발열량의 차이에 의한 온도변화의 차이를 쉽게 관측할 수 있다.



(a)



(b)

Fig. 2: Data monitored during welding (a) first welding current 9 kA, second welding current 5 kA, (b) first welding current 5 kA, second welding current 9 kA

## 2 프로젝션 용접시 재료 영향 (맞대기 프로젝션)

프로젝션 용접은 forging 과 diffusion에 의한 접합이라 할 수 있다. 왜냐하면 프로젝션은 열집중에 의해 압제되고 diffusion bonding이 매우 짧은 시간내 (통상 1초 이내) 일어날 수 있기 때문이다. 따라서 diffusion bonding에 영향을 주는 재료관련 인자들이 프로젝션 용접에 영향을 준다. 이들 중 가장 큰 인자는 모재가 기형성된 산화물을 얼마만큼 고용하느냐이다. 결론적으로 산소를 활발하게 고용하지 않는 금속은 프로젝션 용접이 힘든 금속이다.

강도-온도와의 관계 또한 프로젝션 용접성에 영향을 준다. 고온에서 강도를 유지하는 금속은 프로젝션이 압제(collapse) 되기 전에 충분한 가열이 이루어지고 이 열은 프로젝션이 압제 된 후 diffusion을 진행시킨다. 이와 반대로 고온강도가 낮은 금속의 경우 프로젝션이 조기에, 즉 충분히 가열되지 않은 상태에서, 압제될 경우 전류밀도가 저하되고 저하열의 집중이 되지 않음에 따라 충분한 diffusion이 진행되지 않는다.

Bulk 저항(resistivity)도 미소한 영향을 미친다. Bulk저항의 증가는 프로젝션의 전류의 집중(current concentrator)역할 효과를 감소시킨다. Bulk 저항이 증가함에 따라 가열 열이 확산되어 프로젝션이 집중적으로 압제 되기 보다 열이 확산되는 경향이 있다. 결론적으로 전도도가 낮은, 즉 전기저항이 큰 금속은 프로젝션 용접이 어렵다.

연강, 저항금강 그리고 니켈베이스 합금 등은 프로젝션 용접에 이상적이다. 이는 자체 산화물을 쉽게 고용하고 충분한 강도-온도 관계치를 갖고 있고 전기 전도도도 그리 높지 않기 때문이다. 스테인레스강과 고합금강을 프로젝션 용접하기는 쉽지 않다. 이는 크롬산화물, 알루미늄 산화물들이 안정되어 있고 강도-온도 관계가 불리하고 높은 전기저항을 보이기 때문이다.

한편 알루미늄과 알루미늄 합금(Aluminum & Aluminum Alloys)은 프로젝션용접이 어렵다. 이는 Al-Oxide에 기인한다. 또한 열전도도가 높아 국부가열이 어렵고, 낮은 온도에서도 연화되므로 앞에서 언급했듯이 프로젝션의 압제가 조기에 발생한다. 그러나 알루미늄과 철강재료의 프로젝션 용접이 이루어지고 있다.

Titanium 합금 또한 프로젝션용접이 힘들다. Titanium은 산화물은 쉽게 고용하나 전기 저항치가 크고 forging온도가 낮아 프로젝션이 조기에 압제되기 때문이다.

## III. 프로젝션 용접의 문제점 과 개선안

### 1 용접시편 분석

사진 1- 사진 2는 현재 생산하고 있는 컨트롤 링크의 단면을 나타내고 있다. 사진 1의 b는 모서리 부위의 노치형상의 미접합 부위를 나타낸다. 사진 2의 c에서도 유사한 현상이 관찰된다. 이는 프로젝션 용접초기 용융금속이 압착되어 외곽으로 밀려나고, 프로젝션이 압제되면서 외곽 부위가 확대 밀착되기 때문으로 사료된다. 유사 제품(Nissan, Honda, 그리고 GM)의 단면을 분석한 결과 모든 제품에서 이같이 외곽부위의 미접합 형상은 관찰되었다.

사진 1의 a, b 에서 용접 경계면이 선명하게 밝은 부분과 어두운 부분으로 구분된다. 이는 탄소함량이 적은 링과 탄소함량이 비교적 높은 로드의 용접 열영향에 의한 것으로 사료되며 용접 경계면이 불규칙하고 기공내지 불연속적인 것이 없는 것으로 볼 때 양호한 접합임을 알 수 있다.

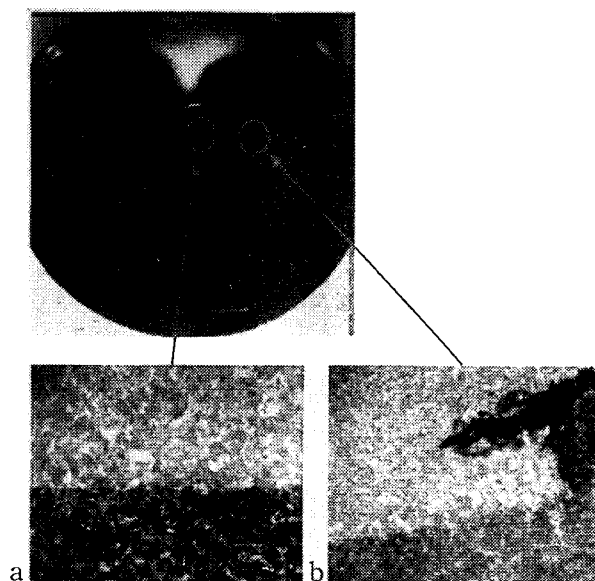


Photo 1 : Weld section

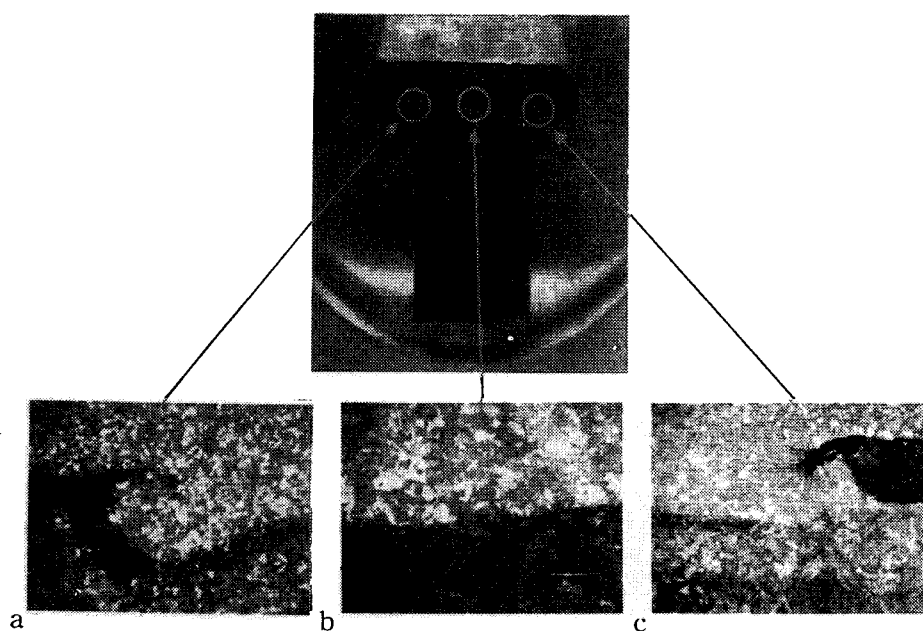


Photo 2 : Weld section

## 2 개선안

사진 1과 2에서 보듯이 증실원형 프로섹션용접에서 외각부위의 미접합은 피할 수 없는 현상이다. 외국 시편의 분석에서도 이같은 현상이 확인되었으며 이에대한 대책으로 로드의 직경을 크게하거나 또는 MIG접용접 보강을 하는 경우도 있다. 본연구에서는 노치와 미접합을 동시에 해결하는 방안으로 레이저로 마감처리 하는 방안을 고안하였다. 사진 3은 레이저 마감처리한 시편의 단면을 나타낸다. 미접합부위가 용융되어 부드러운 필렛이 형성되었음을 알 수 있다. 이는 용접부 강도를 향상시킬 뿐아니라 방식효과도 우수할 것으로 판단된다. 강도면에서는 정적 및 동적에서 이미 이론 및 실험적으로 우수함이 입증되었으며, 방식효과면에서는 노치부에 염화칼슘이 침투하는 것을 방지하므로 수명이 연장된다고 사료된다. 방식효과검증은 현재 시험단계에 있다.

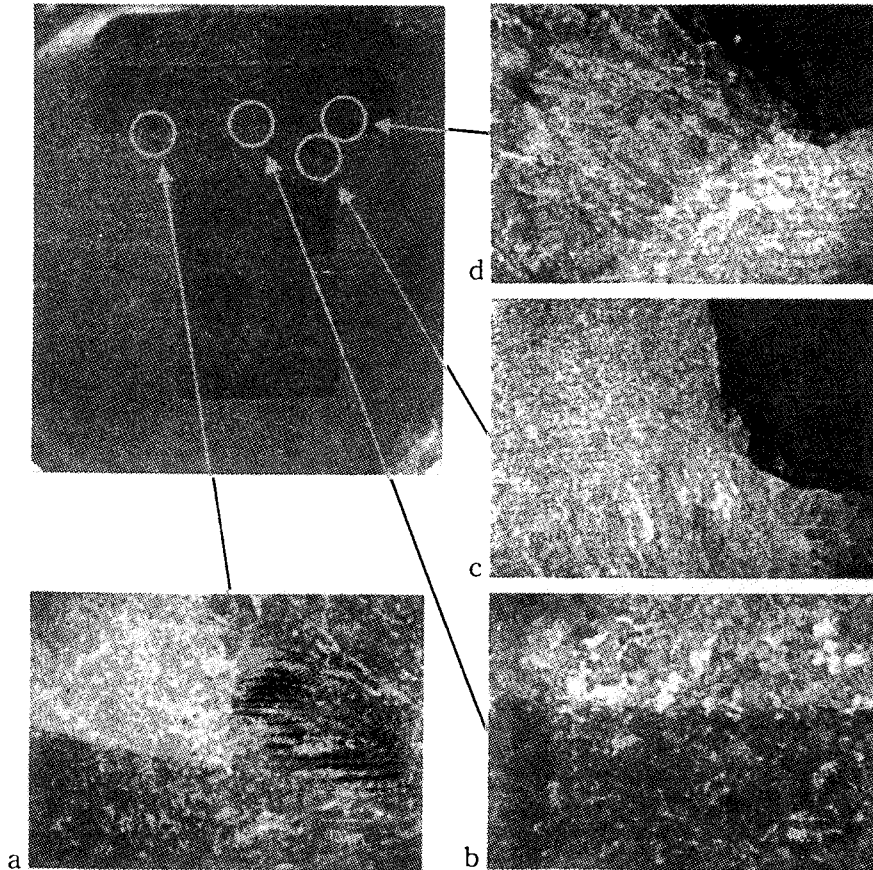


Photo 3 : Weld section (projection welded and laser finished)

#### IV. 결론

프로젝션용접은 용융접합이 아니고 저항열에 의한 열간압접이며 단가가 저렴하고 생산성이 높은 장점이 있으나 가혹한 환경에서 반복하중을 받는 경우에는 품질인증이 철저히 요구된다. 재료의 철저한 사전관리와 용접변수의 최적화를 통해 현재 요구되는 사항을 만족할 수는 있지만 노치문제는 항상 위험요소로 남게된다. 특히 자동차부품인 콘트롤링크는 동절기에 염화칼슘에 노출되므로 부식에 의한 수명단축이 예상된다. 노치문제와 부식문제를 동시에 해결하고 나아가 유효용접면적을 확대하여 경량화를 달성할 수 있는 방법으로 레이저마감처리를 고안하였다. 레이저 마감처리는 강도면에서 우수하고 방식에 의한 수명연장 효과를 가져올 것으로 판단된다

#### V. 참고문헌

1. N. N : Resistance Welding Manual. Fourth Ed. RWMA Philadelphia, Pa, USA 1989
2. N. N : 저항 용접현상과 그 응용(II), 일본용접학회 기술자료 No.9, 1981년 12월
3. 한유희 외 : 볼 조인트 및 컨트롤 링크 용접 품질 안정화 공정, 발명특허 출원 제98-33211호