

# 가스압접 레일의 특성에 관한 연구

## A Study on the Characteristics of Gas Pressure Welding for Rails

나 성 훈\*                      권 성 태\*\*                      김 원 경\*\*\*  
Na, Sung-Hoon              Kwon, Sung-Tae              Kim, Weon-Kyung

---

### ABSTRACT

CWR technology is generally believed to contribute to the increase of train speed and bring a variety of significant advantages, such as the decrease in track works, noise and vibration as well as the improvement of passenger comfort. In CWR technology, welding is considered to be one of the most important element technologies.

Among the various welding methods, gas pressure welding is the most frequently used in vicinity of train line station since the operation is simple and the instruments are not heavy. The gas pressure welding is constructed exactly by good manual book on which simple and excellent welding methods is written and has the same performance as raw material. But this can be poor in the variety of the processing of rail end surface to be welded, the control of oxyacetylene flame and axil compressive force.

This study tries to describe the characteristics of gas pressure welding, defect-causing factors and preventive counterplan of defects.

---

#### 1. 서론

최근 고속화추세에 따라 가장 중요한 역할을 담당하는 분야가 레일의 장대화이고, 레일의 장대화는 열차의 속도향상에 크게 기여할 뿐만 아니라 궤도 보수량의 저감, 열차승차감의 향상, 진동·소음의 저감 등 많은 긍정적 효과를 가져오는 역할을 하고 있다.

레일을 장대화하기 위해서는 레일을 용접하는 기술이 중요하다 할 수 있는데, 국내 일반철도의 장대레일 용접방법은 먼저 25m 정척레일 4분을 가스압접으로 100m 용접한 후 현장으로 운반하여 100m 마다 테르밋으로 용접을 하고 있다.

그 중에서 가스압접은 다른 용접에 비하여 용접성이 우수하고 용접장치가 비교적 소형이고 강망이라 선로역 주변에서 많이 용접되어 부설되고 있다. 그런데 용접매뉴얼대로 정확히 시공된 가스압접부는 레일소재와 비교적 동등한 성능을 가지고 있는데, 레일용접단면의 처리, 산소 아세틸렌염의 조정, 가압력 등의 시공조건을 조금이라도 달리하면 극히 불량한 용접부가 될 수 있다.

따라서 본 논문에서는 가스압접의 특성 및 불량한 용접부의 발생요인과 이에 대한 대책 등에 대하여 서술하였다.

---

\* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정복원

\*\* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정복원

\*\*\* 한국철도기술연구원 책임연구원, 정복원

## 2. 가스압접의 원리 및 특징

레이가스압접은 레이 축방향에 압력을 가하여 맞추어진 부분을 가스불꽃에 의해 가열하여 압접하는 방법을 말한다. 레이의 가스압접으로는 정압크로스법을 사용하고 있으며, 이 방법은 제일 처음부터 끝날때까지 일정한 압력으로 가압하여 소경량의 압축이 끝났을 때 접합을 완료한다. 가열에는 산소, 아세틸렌불꽃을 사용하고 최고온도는 1200~1300℃ 정도이다.

레이의 가스압접은 비용을 용접이므로 레이단면의 칠경화 및 틈을 가능한 적게 하는 등 전처리에 주의할 요한다. 그리고 가스압접의 특징으로는 조작이 기계적이며, 작업자의 숙련이 용융용접만큼 필요로 하지 않기 때문에 용접부가 안정되고 비교적 신뢰성이 높으며 접합시간이 비교적 짧으며, 후처리비트용접에 비하여 장치가 소형, 경량으로 설비비, 보수비가 저렴한 특징이 있다.

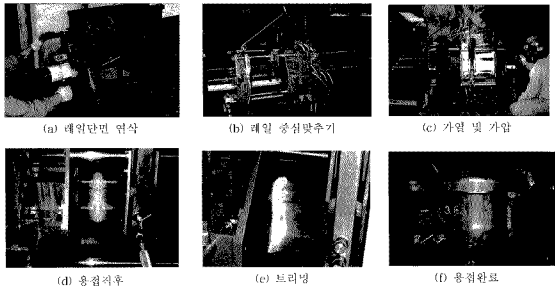


그림 1. 레이 가스압접 흐름도

## 3 가스압접의 손상현황

### 3.1 국내의 가스압접 손상현황

일반철도의 2000년도 용접현황은 가스압접용접이 59%, 테크니트용접이 34%, 기타용접이 7%를 차지하고 있다. 손상건수에 대해서는 가스압접의 경우 1995년 이후로 점차 감소하고 있는 추세이다.

그림 3은 부설경과년수에 따른 가스압접의 손상현황을 보인 것으로 5년미만에서 조기 손상된 것은 전체 손상에서 5%를 차지하고 있으며, 12년이상 경과되어 손상된 것이 72%를 차지하고 있다.

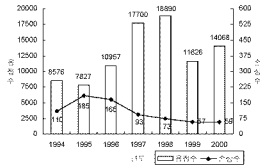


그림 2. 가스압접의 손상현황

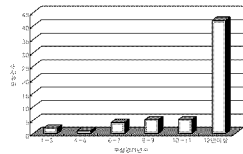


그림 3. 월별 부설경과년수에 따른 손상현황(2000년)

질슨된 레일을 수집하여 분석한 결과 가스압접의 결함의 대부분은 플래트먼 발생에 의해 압접부의 결합력이 떨어져 질슨되고 있었으며 플래트먼은 두부에서 가장 많이 발생되고 있었고, 저부 또는 복부에서도 발생되어 있었다. 그림 4는 현장에서 질슨된 가스압접의 사진이다.



(a) 질슨원인: 플래트먼  
용접년월: 1965. 9. 16  
질슨년월: 1968. 1. 12



(b) 질슨원인: 플래트먼  
용접년월: 1965. 10.  
질슨년월: 1968. 1. 19



(c) 질슨원인: 플래트먼  
용접년월: 1960.11.30  
질슨년월: 1968.01.19

그림 4. 가스압접레일의 질슨 사진

### 3.2 일본의 가스압접 질슨현황

1985년에서 2000년간 질슨 등에 의해 일본철도총합연구소에 보고된 레일용접부 중에 질슨된 가스압접부에 대해서 손상형태별로 질슨원인을 분석하였다. 가스압접부에서는 저부에서 횡열손상이 반수이상 63%이고, 복부에서의 손상은 두부에서의 손상보다도 많으며 32%의 비율이다.

저부횡열손상의 원인은 압발균열의 존재 및 보수잘못이 9할 이상이고, 일부는 조악한 소재개재물에 의한 미접합부의 발생이다. 압발균열은 압접에서 형성된 불룩한 부분의 연강전단제거시 드러머의 날 직하에 발생하는 인상응력에 대해서, 강도가 낮은 접합면이 내재하고 있어 균열을 발생된 것이다. 두부횡열손상도 보인 일종의 고온균열이다. 또 보수잘못은 압접완료 후에 저부단부에 결합불량부가 보여 다시 가스압접 등으로 보수용접을 실시하였지만 내부 혹은 표면결함을 잔존하고 있는 것이다.

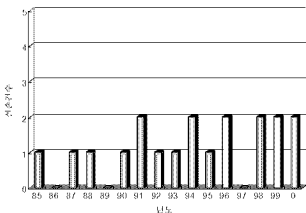


그림 5. 가스압접레일의 년도별 질슨현황

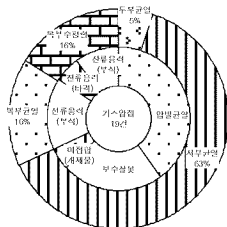


그림 6. 가스압접부의 질슨원인

#### 4. 압입성 저해인자

가스압입은 냉기중에서 피검합부를 기스로 가열하기 때문에 압입계면은 항상 산화된 상태에 있다. 따라서 압입조건이 좋지 않은 경우에는 압입계면에 산화개재물이 존재하여 불량발생의 요인이 된다. 압입부의 산화개재물이 존재하고 있는 레인가스압입부의 과단면에는 그림 7.에서와 같이 회색의 부위가 보여진다.(이하 이것을 폼렛과면이라 함)폼렛과면부분 전자현미경으로 보면 다공체편을 보이고 있고 다공층에는 구상의 개재물이 보여진다. 이구상개재물을 X-선 마이크로 아날라이저로 분석하면 주로 MnO, SiO<sub>2</sub>로 구성되어 있다. 구상 개재물의 크기가 작은 것은 접합강도에 영향이 거의 없지만 크기가 크고 밀도가 낮은 경우에는 실제사용에 있어 문제를 발생시킬 수 있다. 가스압입부 과단면상의 폼렛 과면의 증가에 영향을 미치게 하는 인자에 대해서 언급하면 다음과 같다.

##### 1) 강지성분

강제 성분과 폼렛 과면과의 관련성에 관해서는 탄소는 폼렛 과면을 감소시키고, Si, Mn, Cr 등은 증가시킨다.

##### 2) 압입온도

일반적으로 온도가 높을수록 폼렛 과면은 생기기 어려워진다.

##### 3) 압입시간

유지시간의 증가에 따라 폼렛 과면은 감소하는 경향이 나타나고 있다.

##### 4) 압제도량

압제도량은 압입부의 면적 확대도와 밀접하게 관련되고 접합계면의 산화개재물의 과피·분산에 많이 기여할수록 폼렛 과면은 감소한다.

##### 5) 단면상태

강재의 가스압입에서의 단면치리는 전단면 그라인더 다듬연 정도로 충분하지만 오염이나 두꺼운 녹 등이 있어 치명적이 된다. 또 단면사이에 용이 생기면 공기유입량이 높고 분위기체스의 분위도 저하한다. 그래서 폼렛 과면비율은 부의 확대와 함께 증가한다.

##### 6) 기타

가스압입법은 현장에서 사용되는 일이 많기 때문에 위와 같은 이유로 바람의 영향도 무시할 수 없다. 바람이 강해질수록 폼렛 과면도 증대하는 것이 명백해지고 있다.

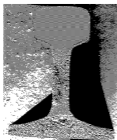


그림 7. 폼렛과면 발생 사진

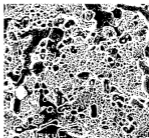


그림 8. 폼렛과면의 전자현미경 사진

## 5. 가스압접 플랫파면 발생 시험결과

가스압접에서 발생하는 플랫파면발생요인을 찾기 위해서 외국문헌과 현장용접기술자의 경험을 바탕으로 엷셋팅길이 조정, 용접할 단면의 틈에 따라 시험편을 제작하여 시험하였다.

가스압접용접에 대한 결함요인별 굴라시험결과로 가스압접시 장시간사용에 의한 레일을 잡아주는 척이 비껴서 선체 엷셋팅길이(24mm)보다 적게 엷셋팅되어 발생하는 경우가 있어 엷셋팅길이 별로 시험편을 제작하였고 용접단면에 틈은 2~3mm 두부, 복부, 저부, 저부한쪽에 발생시켜 플랫파면이 발생되는지 시험편을 제작하여 시험을 하였다.

시험결과는 11, 13, 15, 17mm까지 플랫파면이 발생되어 레일굴곡시험기준에 미달하였으며 틈을 발생시킨 시험편은 모두 플랫파면이 발생되어 있었다. 두부에 틈을 발생시킨 것은 두부에 플랫파면이 발생하였고, 저부에 발생시킨 것은 저부에 플랫파면이 발생되었다. 틈을 발생시킨 부분에 플랫파면이 발생되고 있었다.

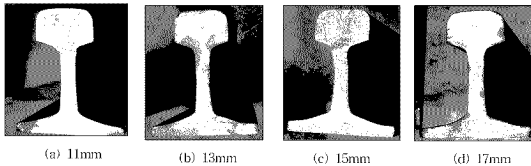


그림 9. 엷셋팅길이(압축량)에 따른 플랫파면 발생 사진

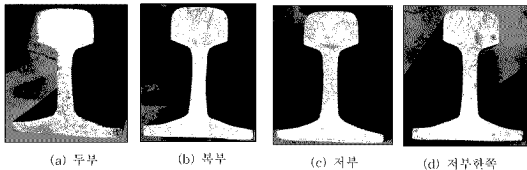


그림 10. 용접할 단면의 틈(2~3mm)에 따른 플랫파면 발생 사진

## 6. 가스압접 손상 방지대책

이상에서 보았듯이 가스압접은 플랫파면의 생성을 억제시키는 것이 가장 중요한 일이고 플랫파면이 발생된 것을 검출하는 것 또한 중요한 일이다. 다음에서는 가스압접 손상 방지대책에 대해서 간단하게 요약하면 다음과 같다.

- 가스압접은 레일저부를 포함하여 전 주위에 대해서 자분탐상을 확실히 실시한다.

가스압접부에서 비교적 단기간에 손상에 도달하는 것은 열간압발(트리비에 의한 스카핑)에 의해 발생한 불량 압접개면에 균열이 잔존하기 때문에 자분탐상검사를 철저히 실시하여 불량용접을 제거하여야 한다.

- 가열중에 산화물의 생성을 최소한 억제하기 위하여 접합면은 평평하게 하고 맞대는 부분의 틈새는 가능한 좁게 한다.
- 가스압접장비를 철저히 점검하여 적정온도유지와 적정가압력이 가해지는지, 레일을 잡아주는 척이 미끄러지는지 등에 대해서 정밀하게 체크하여야 한다.
- 일본에서 새로 개발된 버너는 레일두부코너부 및 레일두부아래부에 화구가 설계되어 레일전면에 걸쳐 어느 정도 균일하게 환원성의 가열열을 얻을수 있어 산화개재물에 기인하는 압발균열 등에 유효하다고 판단되어 일본에서 널리 사용되고 있다.(그림 11.) 국내에서도 기존버너를 대체할 수 있는 새로운 버너를 설계 제작하여 사용할 필요성이 있다.



그림 11. 기존버너(좌)와 개발된 버너(우)에 의한 가열열의 차이

## 7. 결론

본 연구에서는 레일용접방법중에 가스압접에 대해서 서술하였는데 가스압접은 장비의 기동성이 우수하고 용융용접에 비하여 용접성능이 우수하여 널리 사용되고 있는데, 특수한 기능을 습득한 우수한 레일용접기술자가 부족한 것이 현실이다. 이를 개선하기 위해서는 장비의 자동화가 선행되어야 하며 수작업에 의존하는 작업을 자동화시킬 필요가 있다. 그리고 가스압접 결함의 대부분을 차지하고 있는 플랫폼면 발생을 억제할 수 있는 가열버너의 개발, 가압방식의 조정 등에 대하여 보다 많은 연구가 필요한 부분이기도 하다.

## 참고 문헌

1. 민경주 외 (1998년) “레일용접부의 특성에 관한 연구, 한국철도기술연구원, .12
2. 村上 英의 1인 (1997), “신간선 레일 손상의 현상”, 일본철도시설협회지, pp263-265
3. 寺下 善弘의 1인 (2004) “레일용접부손상의 분석” RTRI REPORT, Vol.16, No.4, pp29-34
4. 辰江 光正의 3인 (1999) “레일가스압접에 관한 가열버너의 개발과 가압방식의 변경” RTRI REPORT, Vol.13, No.5, pp27-32