

軌道基地에서의 플래시 버트 鎔接

■ 高速鐵道 中央軌道基地事務所長/技術士 / 徐 士 範

1. 머리말

철도의 초창기부터 선로 기술자들은 다음과 같은 목적을 위하여 최적의 궤도 표준을 달성하도록 노력하여 왔다.

- 레일 이음매 보수의 제거
- 궤도 수명의 증가
- 더 높은 운전 속도와 더 무거운 하중을 위한 시설의 마련
- 승차감의 개선

이들 목적을 달성함에 있어 오랜 기간을 통하여 진보가 이루어져 왔으며, 이것은 장척과 장대 레일의 생산에서 가장 중요한 용접의 기술에 크게 의지하였다.

본고에서는 장대용접레일의 생산과 관련된 플래시 버트(Flash butt) 鎔接 기술의 원리와 고속철도용 장대용접 레일의 생산 등을 위하여 건설된 中央軌道基地의 시설과 설비에 관하여 간략하게 소개한다.

2. 궤도기지의 시설과 설비

고속철도용 장대용접레일의 基地(工場) 鎔接을 위한 설비가 설치되어 있는 中央軌道基地는 경부고속철도 서울기점 118km 부근의 충북 청원

군 강외면 연제리에 위치하고 있으며, 용접 방식은 전기 용접의 일종인 플래시 버트(flash butt) 鎔接 기술을 이용하고 있다. 중앙궤도기지는 고속철도의 건설기간 동안은 軌道敷設 前進基地로서의 역할도 함께 하며, 고속철도의 건설후는 線路保守基地로서의 역할을 하게 된다.

중앙궤도기지의 기본 임무는 레일의 장대화 용접(25m의 정척레일 12개를 용접으로 연결하여 300m의 장대용접레일로 만듦) 등 레일센터로서의 역할과 각종 궤도장비의 中大 整備이다. 또한, 궤도부설 전진기지로서의 역할은 궤도부설장비의 유치, 궤도재료 수송열차의 편성, 유치, 정비 및 운전관련 업무 수행, 레일, 침목, 도상자갈, 분기기, 도상매트 등 궤도부설 재료의 적치와 상차 등이며, 아울러 전기재료의 적치와 전차선 가설 장비의 유치 등 전기 관련 공사의 전진기지의 역할과 시험선 구간의 시운전 열차의 유치와 정비 등도 궤도기지내에서 수행하게 된다. 또한, 궤도기지내에는 고속분기기의 생산 공장도 건설되어 있다. 중앙궤도기지사무소에서는 레일 용접, 장비정비, 궤도재료(레일, 침목, 분기기)의 수급 및 기지내 시설물 관리의 업무를 담당하고 있다.

궤도기지는 장비와 재료의 수송이 가능하도록 기존선과 고속철도와의 연결이 가능하여야 하므로 고속철도 노선중 상호 연결이 용이한 충북선

<표 1> 중앙궤도기지의 궤도관련 시설과 설비 현황

구 분	목 적	시 설 과 설 비
부지 및 건물		부지면적 : 584,000㎡ (177,000평) 건물 : 13동 13,973㎡ (4,227평)
용접공장	레일의 장대화 (300m) 용접	건물 : 3동(단면청소동, 용접동, 교정·연마동) 용접설비 : 용접기외 10종 공압설비 : 1식 적치장 : 2개소 (정척레일, 장대레일)
장비공장	궤도장비의 정비 및 기관차·화차의 정비	건물 : 6,039㎡ (검수고, 정비고, 도장·세차고, 잡유고) 천정 크레인 : 6대 공작기계 : 6대 정비피트 : 25m × 9기
재료 적치장	침목, 보조궤광, 체결구 및 기타 재료의 보관 및 상차	콘크리트 포장 면적 : 11,592㎡ (828m × 14m) 크레인(15t) : 2대 크레인(3t) : 1대
선로	재료수송 열차의 유치와 편성	선로 총연장 : 26 km (화차 500량분 유치) 유치선 : 20선 기타 선로 : 자갈세척선, 장비고선, 분기기공장선 등 인입선 2선 : 고속철도 인입선, 총복선 인입선
자갈세척설비 및 야적장	도상자갈의 세척 및 야적	세척용량 : 200 t/h 야적장 : 20,000㎡
전차대	장비 등의 방향 전환	용량 및 연장 : 150t × 28m
시험설비	재료의 품질 시험	연구시험동 : 1동 시험설비 : 각종 1식
부대시설과 설비		전력설비 : 변전실 4개소 (전력용량 2,875 kVA) 투광기 (14,000~17,600w) 7기 보일러 : 500,000 kcal 외 5대 (보일러실 3개소) 오폐수처리장 : 처리능력 130 t/일 경비실 : 2개소

오송역과 고속철도가 교차되는 상기의 장소를 선정하여 고속철도의 노선과 나란하게 중앙궤도기지를 건설하였다. 중앙궤도기지는 상기와 같이 궤도부설을 위한 종합 기지로서 기지내에는 장대레일 용접공장과 궤도장비 정비공장을 비롯하여 궤

도공사에 필요한 여러 가지의 시설과 설비가 설치되어 있으며 좀더 자세한 내역은 표1과 같다.

한편, 궤도기지에서 보유하고 있는 궤도장비는 건설기간중에는 궤도부설용으로 이용되고 건설후에는 궤도보수용으로 이용하게 된다. 궤도기지에

<표 2> 궤도장비 및 수송장비 현황

구 분	장 비 명	용 도	수 량
궤 도 장 비	멀티플 타이 탬퍼 (09-90)	최종 선형조정, 궤도 다짐 (연속 작동) 및 자갈정리	1
	멀티플 타이 탬퍼 (09-32)	선형조정 및 궤도 다짐(연속 작동)	1
	멀티플 타이 탬퍼 (08-32)	선형조정 및 궤도 다짐	2
	스위치 타이 탬퍼	분기기 선형조정 및 다짐	1
	바라스트 레규레이터	도상정리 및 고르기	2
	동적 궤도 안정기	진동에 의한 궤도의 안정화	2
	콘베이어 호퍼카 계	제2 궤도의 자갈 살포	5 14
수 송 장 비	기관차	화차 견인 및 입환	19
	평화차	레일, 침목, 분기기 등의 운반	164
	자갈화차	도상자갈 운반	117
	계		300

서 보유하고 있는 궤도장비와 공단 소유 수송장비의 내역은 표2와 같다.

3. flash butt 용접 작업의 사이클

레일수송 열차에 의하여 궤도기지내의 용접 라인에 반입된 25m의 단위 길이를 가진 새 레일(정척레일)은 이동 갠트리 크레인에 의하여 정척레일 적치장에 내려진다(그림1). 또한 적치장에 적치되어 있는 정척레일 또는 화차 위의 정척레일은 이 갠트리 크레인을 이용하여 롤러 콘베이어에 올려 놓아진다. 롤러 콘베이어는 정척레일을 용접라인으로 이동시킨다.

단면청소동에 설치되어 있는 브러싱 기계는 레일의 단부를 청소한다. 이 작업은 레일면과 용접기 전극 사이뿐만 아니라 양쪽 레일자체간의 전기적 접촉을 허용한다.

용접동에 설치되어 있는 용접기에서 레일은 전기적으로 용접되고 그 덧살은 용접기내의 스트립핑 장치로 떼어진다. 25m 길이의 정척레일은

300m 길이의 장대용접레일을 구성하기 위하여 함께 용접된다.

용접된 레일이 콘베이어로 이송되는 동안 용접부가 자연적으로 냉각되며 물분사(용접부의 온도가 68℃ 이상일 때만 작동)에 의하여 용접부가 대기온도까지 내려가는 냉각터널에 도달된다.

냉각터널에서 용접부의 완전한 냉각 후에 레일은 교정·연마동내에 설치되어 있는 교정 프레스로 이송되어 용접부가 수평과 수직적으로 검측되어 똑바로 펴기가 시행된다.

레일의 교정 작업후 25m 거리를 지나 용접부가 마무리 연마장치에 도달되어 요구되는 직선도 공차에 레일두부 주행면이 적합하도록 두부상면과 게이지 코너가 연마된다.

300m 길이의 장대용접레일이 완성되면, 이 레일은 동력있는 핀치롤러에 의하여 장대레일 적치장으로 이송된다. 레일은 고정 크레인의 집게로 들려져서 장대레일 수송열차에 적재되거나 적치장에 적치된다.

궤도기지에서 용접된 장대용접레일은 궤도부설

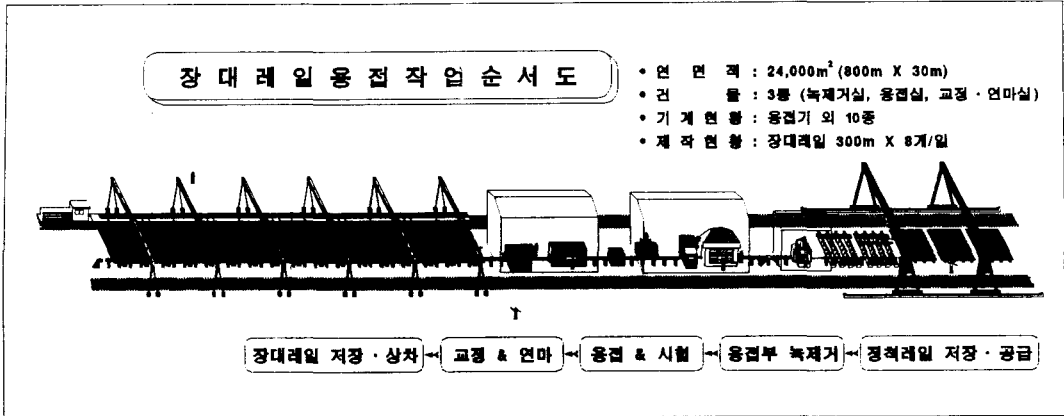


그림1. 플래시 버트 용접의 용접라인 흐름도

현장으로 운반되어 테르밋(Termit) 용접 등 현장에서의 2차, 3차 용접에 의하여 장대레일로 구성된다.

4. flash butt 용접의 원리와 특징

플래시 버트 용접(銲接)은 부재의 저항 발열(抵抗發熱)을 열원(熱源)으로 하여 접합부를 형성시키는 저항 용접에 있어서 대표적인 맞대기 용접이다(그림2).

즉, 용접하려고 하는 2개의 레일 단면을 연마하여 중심 맞추기를 한 후에 가볍게 접촉시켜 두고 대전류를 통하여 레일을 약간 미는 것에 의하여 레일 단면의 접촉점에서 전기 저항에 의한 플래

시(불꽃)가 발생하며, 온도가 상승한다. 계속하여, 레일 단부를 이동시키고 전류를 단속시켜 가열을 계속하고, 최후의 플래시는 지속적으로 미는 양을 크게 하며, 따라서 전류도 이것과 함께 증대시켜 단면이 완전히 용융상태로 된 때에 전류를 끊고 단숨에 충격적인 가압으로 밀어서(upset) 이것을 압접한다. 이 최후의 공정에서는 급속 증기가 발생하여 단면을 덮는 것에 의하여 산화와 비금속 개재물의 혼입으로부터 단면을 보호한다. 낮은 2차 전압(6.3V)을 가진 대전류량(80 kA)으로 용접을 하며, 업세팅 거리는 15~18mm, 업세팅 힘은 80 tf이다.

용접된 레일은 압접으로 생긴 덧살을 덧살제거

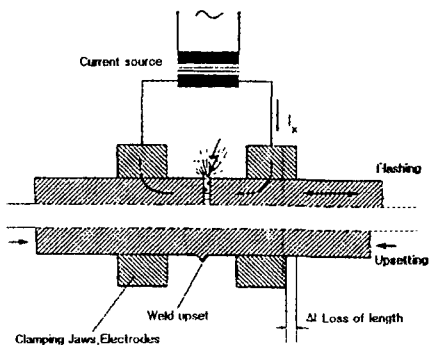


그림 2. 플래시 버트 용접의 원리

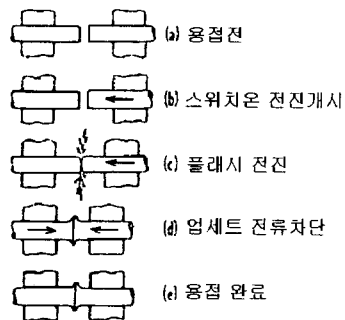


그림 3. 플래시 버트 용접의 순서

장치로 제거하고, 종·횡 방향의 휨을 정정하며, 연마기로 표면을 마무리하여 용접을 종료한다.

이 용접 과정은 그림 3에 나타낸 것처럼 개략 아래와 같다.

① 맞대기 단면간에 약간의 간격을 두고 피용접재를 고정대 및 이동대의 전극으로 크램프한다.

② 양전극간에 전압을 가한 상태로 이동대를 전진시킨다.

③ 맞대기 단면이 약간 접촉하면, 그 접촉부에 고전류 밀도의 단락 전류가 흘러 그 부분에 발생하는 저항 발열에 의하여 용접부가 용융파단(비산)한다. 파단에 수반하여 그 개소에 아크가 발생한다. 이 아크열 및 아크전류에 의한 저항발열로 그 부분이 더욱 집중 가열된다. 이 아크에 의하여 단면의 용융금속이 비산되어진다. 용융금속의 이러한 비산현상이 플래싱(flash)이라 불려진다. 용융금속이 플래시되어 비산하면, 단면간의 전기적 접촉이 끊어진다. 피용접재의 전진에 의하여 국부적 접촉·가열·플래시를 반복하면서

단면의 온도를 상승시킨다.

④ 단면 근방이 적당한 온도에 달한 때(일반적으로는 단면 전면(前面)에 용융층을 형성시킨 때로 된다)에 이동대를 급속히 전진시켜 단면을 밀착시키고 플래싱을 정지시킴과 함께 통상적으로 짧은 시간의 단락 전류(upset 전류)를 통전시킨 후 이것을 차단한다.

⑤ 소정의 시간 동안 접합부에 가압변형을 준 후에 용접을 종료한다.

플래싱 현상이 보여지는 ③이 플래시(flash) 과정, 그 후의 급속히 가압변형을 주어 접합부를 형성시키는 ④와 ⑤가 업세트(upset) 과정이다.

플래시 버트 용접은 플래시 과정에서 큰 압력을 가하는 일 없이 단면 전면(全面)에 대체로 균일한 가열을 할 수 있는 점이나 플래시를 발생시키는 점 등에 의하여 다음과 같은 특징이 있다.

장점으로서 박판재나 얇은 파이프, 대단면 부재도 용접이 가능하며, 열영향 범위가 좁고 변형역(變形域)이 작은 고품질의 접합부가 높은 용접

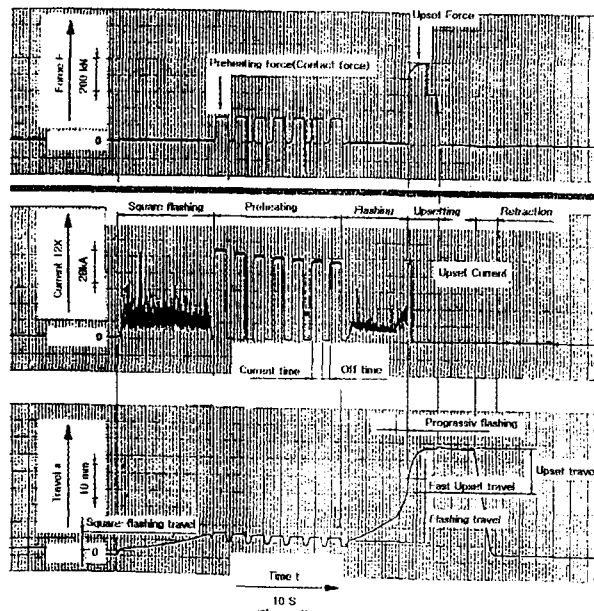


그림 4. 플래시 버트 용접의 그래프

속도로 얻어진다. 또한, 단점으로서 플래시의 비산에 의한 주변의 환경오염, 대용량의 전원을 요하는 점, 장치가 고가인 점 등이 열거된다. 따라서, 플래시 버트 용접은 높은 신뢰성이 요구되고 생산량이 많은 분야에 적용된다.

레일의 플래시 버트 용접은 그 접합부의 높은 신뢰성, 짧은 용접시간(2~4분) 등에서 주로 레일센터(軌道基地) 장내에서의 1차 용접에 이용되고 있다. 고속철도 중앙궤도기지에 1997년에 설치한 용접기(최대 용접전류 80 kA, 최대 가압력 80 tf)는 단면의 정정을 목적으로 하는 예비 플래시 과정, 수회의 단속통전(斷續通電)에 의한 저항발열을 이용하여 단면 근방의 온도상승을 행하는 예열 과정, 등속도(等速度) 혹은 등가속도(等加速度, 최종 단계)로 레일을 전진시켜 플래싱을 단속하는 플래시 과정, 급속한 가압·변형을 가하는 업세트 과정을 거쳐 접합부를 형성시키고 있다. 플래시량 및 업세트량은 각각 약 20mm이다. 용접과정은 그림 4와 같이 그래프로 프린트되어 출력되므로 조작자가 용접의 양부를 즉시 판단할 수 있다. 용접후에 각 마무리 공정을 거친 접합부는 줄(方向)·면(高低)의 마무리 상태와 자분탐상 혹은 초음파 탐상 등에 의한 검사가 행하여진다. 중앙궤도기지에서는 용접부를 500개마다 굴곡시험을 시행하고 있으며, 궤도부설 후에는 탐상열차로 초음파 검사를 시행한다.

5. 맺음말

레일의 용접은 궤도보수의 경감에 있어 빠뜨릴

수 없는 기술이며 장대레일의 연장이 증가함에 따라 그 필요성은 더욱 높아지고 있다. 이것은 레일의 장대화만이 아니고 많은 대상으로 확대되고 있다.

레일의 플래시 버트 용접은 전기저항 용접으로서 신뢰성이 높으므로 유럽 등지에서 가장 일반적인 용접법이다. 한국고속철도건설공단에서는 경부고속철도 전구간의 궤도를 장대레일로 부설하기 위한 일환책으로 중앙궤도기지에 플래시 버트 레일용접공장을 건설하여 300m의 장대용접 레일을 생산하고 있다. 고속철도의 궤도 건설 뿐만 아니라 앞으로의 궤도 유지·보수에 있어서도 그 효과가 클 것으로 기대되며, 국내 궤도 기술의 발전에도 이바지할 것으로 생각된다. 끝으로 고속철도 궤도건설에 협조하여 주시는 여러분께 감사드리며, 이 글을 맺는다.

참 고 문 헌

- [1] 서사범 : 선로공학, 도서출판 삶과 꿈, 1999. 4
- [2] 徐士範 : 軌道施工學, 蘆海出版社, 1995. 8
- [3] 徐士範 : “軌道”, 高速鐵道 핸드북, 韓國高速鐵道建設公團, 1993. 2
- [4] 徐士範 : “플래시 버트 鎔接의 原理와 技術의 發達”, 鐵道施設 No. 67, 68, (財) 韓國鐵道技術公社, 1998. 3, 998. 6
- [5] 서사범 : “레일의 플래시 버트 용접 기술”, 土木(대한토목학회지) vol. 46 No. 4, 대한토목학회, 1998. 4