

고 Si강판의 레이저용접성

Laser Weldability of High Si Containing Steel Strip

우 인수*, 이 종봉*

* POSCO 기술연구소

1. 서 론

철강제조공정에서는 열연코일을 산세라인입측에서 용접하고, 연속적으로 냉간압연작업을 진행하여 생산성을 향상시키고 있다. 용접은 단락과 Flashing이 반복적으로 발생하는 Flash butt 용접이 주로 채용되고 있다. 그러나, Flash butt 용접은 용접시의 입열량이 크기 때문에 피용접재에 한계가 있으며, 특히, Si강판, 페라이트계 스테인리스강에 대해서는 접합강도가 확보되지 않고 냉간압연중에 판파단이 발생되고 있다. 전보¹⁾에서도 고Si강판에 Flash butt 용접을 적용한 경우 산화개재물, 조대한 결정립의 생성 때문에 용접부의 품질특성 확보가 어려운 것을 확인하였다.

한편, 에너지밀도가 높고, 입열량이 적은 레이저용접은 기존의 Flash butt 용접에 비하여 우수한 품질특성을 얻을 수 있는 것으로 기대되고 있다. 그러나, Si강판에 대한 레이저용접의 적용사례는 매우 적으며 또한 연구결과도 극히 제한적으로 보고되고 있는 실정이다.

본 연구는 고Si 함유 열연강판에 대하여 레이저용접을 적용한 경우의 조직학적 특징을 조사하고, 품질특성을 평가하였다. 그 결과를 Flash butt 용접부의 품질특성과 비교하여 레이저용접의 유효성을 검토하였다.

2. 사용재료 및 실험방법

사용재료는 0.6wt%Si이 함유된 열연코일(폭 1150×두께 2mm)이다. 레이저용접은 독일 Trumpf사의 12kW급 고출력 CO₂ 레이저용접기를 이용하였다. 용접시에는 초점거리 270mm, 탈초점값 -1mm, 보호가스 He으로 하고, 레이저출력 및 용접속도를 변화시켰다.

레이저용접부의 품질특성은 Erichsen 시험, 180°굽힘시험, 상온 인장시험을 이용하여 평가

하였다. 시험편은 용접부 전폭에서 중앙부와 양쪽 끝부분에서 각각 3매씩 채취하였다. Erichsen 시험은 용접이음부를 유연한 구면체의 삽입물로 펀치하고, 삽입물은 시편에 균열이 발생될 때까지 상향시킨다. 품질특성은 균열이 용접부에서 발생하여 용접선을 따라서 전파된 경우에는 불합격, 그이외의 경우에는 합격으로 평가하였다. 굴곡시험은 150^l x 20^w x 2^tmm (KS B0804)으로 절단한 시편을 굽힘반경 10mm, 굽힘각도 180°로 실시하였다. 시험후, 용접부위 외면에 발생한 균열의 길이를 측정하고 균열발생률을 구하여 평가하였다.

$$\text{균열발생률(\%)} = (\text{균열총길이} / \text{시편초기폭}) \times 100$$

인장시험은 ASTM 370 SUB-SIZE 의 시험편을 10mm/min의 속도로 상온에서 실시하였으며, 용접부파단률을 측정하였다. 용접부 조직관찰은 전폭에서 중앙부와 양쪽 끝부분에서 각각 3매씩 절단하여 단면을 sand paper 및 연마제를 사용하여 연마하고, 2% nital 용액으로 에칭한 후 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig.1은 레이저 출력 및 용접속도의 변화에 따른 강재의 용입특성을 조사한 결과이다. 레이저 출력의 증가 및 용접속도가 감소함에 따라서 용입깊이가 증가하였다. 최고출력 12kW에서 관통용접을 얻을 수 있는 용접속도는 12.5m/min로서 레이저용접을 적용한 경우에 고속용접이 가능한 것을 알 수 있다. Fig.2는 레이저용접부의 전형적인 광학현미경조직을 나타낸 것이다. 용접부 조직은 크게 용접금속부, 용접열영향부(이후HAZ로 약칭) 및 모재부분으로 나누어 진다. 각 영역의 조직학적 특징을 조사하고, 전보¹⁾의 Flash butt 용접부 조직과 비교하면 다음과 같다. 레이저용

접에서는 용접금속과 HAZ 폭의 합을 용접부 폭으로 정의하면 레이저용접부의 폭은 850 μ m으로, Flash butt용접부 폭이 3250 μ m인 것에 대하여 약 1/4정도 용접부 폭이 감소되는 것을 알 수 있다. 또한, Flash butt용접부 계면에 집중해서 생성된 산화개재물은 레이저용접부에서는 관찰되지 않았다. 고온측의 결정립크기를 보면 Flash butt용접은 약150 μ m인 것에 대하여, 레이저용접은 약50 μ m으로 레이저용접에 의해 HAZ의 결정립 성장을 억제 할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 1 및 2는 용접조건을 변화시켜 제작한 레이저 및 Flash butt 용접이음부에 대하여 Erichsen시험, 굽힘시험 및 인장시험을 실시하고, 그 결과를 정리한 것이다. 레이저용접은 Flash butt용접에 비교하여 용접조건에 관계없이 우수한 품질특성을 나타내는 것을 알 수 있다. 이와 같이, 레이저용접부가 우수한 품질특성을 나타내는 것은 저입열용접 및 보호가스 사용에 의해 결정립 성장 및 산화개재물을 극도로 제어 할 수 있기 때문인 것으로 사료된다.

4. 결 론

1) 레이저 출력 12kW에서 관통용접을 얻을 수 있는 용접속도는 12.5m/min로서 레이저용접을 적용한 경우에 고속용접이 가능한 것을 알 수 있다.

2) 레이저용접은 Flash butt용접에 비교하여 용접조건에 관계없이 우수한 품질특성을 나타내었다.

3) 레이저용접부의 우수한 품질특성은 저입열 용접 및 보호가스 사용에 의해 결정립 성장 및 산화개재물이 극도로 제어되었기 때문이었다.

참고문헌

1. Insu Woo and Jongbong Lee: Metallurgical Factors Affecting to Bending Properties of Flash Butt weld, Proceedings of the 2003 Spring Annual Meeting of KWS, 40 (2003), 52-54, (in Korean)

Table 2 Mechanical properties of flash butt weld

Flash Time (s)	Upset length (mm)	Upset time (s)	Upset Current (kA)	Upset force (kN)	Tap NO	Extention (mm)	Number of specimen fractured at weld (Erichsen test)	Crack ratio, % (Bending test)	Number of specimen fractured at weld (Tensile test)
8.8	2.6	0.3	50	280	2	16	9 / 9	21	0 / 9
8.5	2.6	0.5	50	300	4	14	0 / 9	6	0 / 9

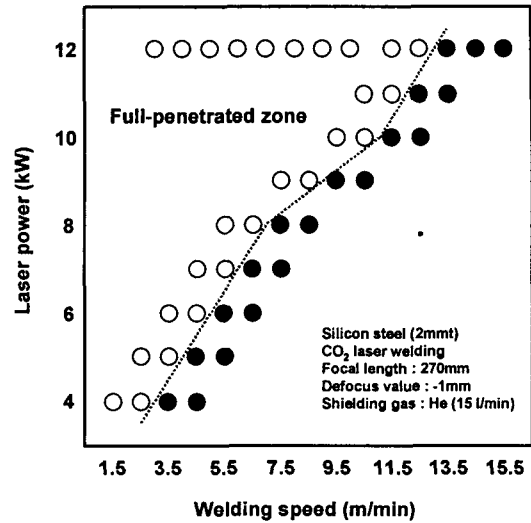


Fig.1 Effect of welding speed and laser power on penetration

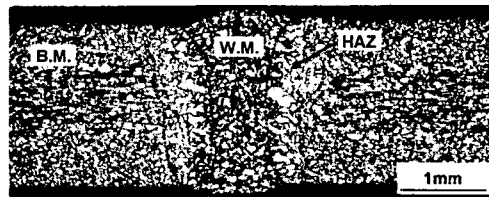


Fig.2 Optical micrograph of laser weld: 12kW, 5m/min

Table 1 Mechanical properties of laser weld

Power (kW)	Welding speed (m/min)	Number of specimen fractured at weld (Erichsen test)	Crack ratio, % (Bending test)	Number of specimen fractured at weld (Tensile test)
12	4	0 / 9	0	0 / 9
12	5	0 / 9	0	0 / 9
12	5.5	0 / 9	0	0 / 9
12	6	0 / 9	0	0 / 9
12	6.5	0 / 9	0	0 / 9
12	7	0 / 9	0	0 / 9
12	9	0 / 9	0	0 / 9