

스테인리스강 제조공정에 있어서의 CO₂ Laser 용접 적용

Application of CO₂ Laser Welding Technology in Stainless Steels Manufacturing Line

안 상곤, 최 두열, 손 원근*, 최 성덕**

* POSCO 스테인레스연구팀, ** 스테인레스부

1. 서 론

당사에서는 스테인리스 제 2기 증강사업으로서, '96. 7 월 No. 2 소둔산세 공장을 준공한 바 있으며, 여기에는 코일간 연속작업을 위해 국내 최초로 5 kW 용량의 대출력 CO₂ Laser 용접기가 설치되어 가동중에 있다. Laser 용접은 MIG 등 아크 용접법에 비해 통상 고품위 용접이 가능한 반면, Trouble 발생시에는 생산성 확보에 치명적인 영향을 미치기 때문에 실 조업에 앞서 당사의 조업특성에 적합한 용접시공 조건의 확립이 필수적이다. 이를 위해 본 연구에서는 먼저 Laser 용접변수, 즉 허용 Gap, 용접속도 및 Filler 와이어 공급속도 등과 용접부 품질과의 상관성을 검토했고, 실조업 적용을 위한 STS 304, 430 강의 두께별 적정 의 Laser 용접조건을 도출했다.

2. 실험방법

Table 1 과 같은 사양을 갖는 Laser 용접기를 사용하여 3 ~ 6 mm 두께의 STS 304(18 Cr-8 Ni), 430(17 Cr) 강, 2 종의 미소둔재에 대해 용접시험을 실시했다. 출력은 5 kW 로 고정했고, 용접속도는 1.0 ~ 3.0 mpm, Filler 와이어(Y 308, 0.9 mm Dia.) 공급속도는 1.0 ~ 3.5 mpm, Gap 은 0.1 ~ 0.3 mm 로 각각 변화시켰다. 이때 Assist gas (Center 및 Side gas) 는 He 을 사용했고, 유량은 40 ℓ/min 로 했다. 한편 각 용접조건에 대한 적정성은 용 접부 강도, 굽힘 및 Macro 조직시험으로 평가했고, 두께 4 mm 이하재에 대해서는 반복굽 힘 시험도 실시했다.

3. 실험결과 및 고찰

강종 및 두께별 적정 Laser 용접조건을 설정하기 위한 주요변수로서, 출력, 촛점위치(Focal length), 용접속도 및 Filler 와이어 사용조건 등을 검토했다.

먼저 용입특성과 가장 밀접한 출력은 조업의 생산성과 광학계의 수명 측면에서 최대 출력 의 90 % 수준인 5.0 kW 로 고정했고, 또 촛점위치에 대해서는 BOP(Bead on Plate) 시험을 실시하여 용입이 가장 우수한 조건, 즉 Working head 의 노즐과 피용접재 표면까지의 거리, 8 mm 를 선정했다.

다음은 이러한 조건에서 Filler 와이어의 사용조건을 확립하기 위해 코일간의 Gap 변화에 따른 용입특성을 검토했다. Fig. 1 은 두께 3.2 mm 의 STS 430 강에 대해 Filler 와이어를 사용하지 않고, 0.1 ~ 0.3 mm Gap 조건에서의 용입율 및 용접금속의 단면적(이하 단면적) 변화를 함께 나타낸 것이다. Gap 이 증가함에 따라 용입율 및 단면적이 현저히 감소했고, 특히 0.1 mm 의 Gap 에서도 P/T < 1 의 불완전 용입조건임을 알 수 있다. 그러나 동일한 Gap 조건에서 Filler 와이어를 사용한 경우는 Fig. 2 에서 보는바와 같이 용입율이 0.2 mm Gap 까지도 P/T > 1 의 완전 용입조건을 나타냈다. 따라서 실용접시에는 Filler 와이어의 사용이 불가피하며, 또 Filler 와이어를 사용하는 경우라도, Gap 은 0.2 mm 이하로 관리할 필요가 있음을 확인할 수 있다.

한편 두께 3.2 mm 의 STS 304, 430 강에 대해 용접속도 및 Filler 와이어 공급속도와 용입특성과의 상관성을 검토했다. Fig. 3 은 STS 304 강에 있어서 0.1 mm 의 Gap 조건에서 용접속도 및 Filler 와이어의 공급속도에 따른 용입특성의 변화를 나타낸 것이다. Filler 와이어 속도를 2.0 mpm 으로 고정하고, 용접속도를 1.2 mpm 에서 2.0 mpm 까지 증가시켰을 때, 용입율은 1.25 에서 1.1, 단면적은 약 7 mm² 에서 약 4.5 mm² 로 모두 감소했다. 또 용접속도를 2.0 mpm 으로 고정하고, Filler 와이어 공급속도를 1.5 mpm 에서 2.5 mpm 까지 변화시킨 경우에는 용입율이 1.05 에서 1.15, 단면적은 약 4.3 mm² 에서 약 5 mm² 로 증가하고 있으나, 그 정도는 용접속도 쪽이 보다 큼을 알 수 있다. 이것은 Fig. 4 의 STS 430 강에서도 동일한 결과를 보여주고 있다. 따라서 양호한 용입특성을 확보하는데는 Filler 와이어 공급속도보다는 용접속도의 적정화가 우선적이라고 할 수 있다.

이상과 같은 각 용접변수의 검토를 통하여, 강종 및 두께별 적정 용접조건을 도출했다.

Table 1 No. 2 APL CO2 Laser 용접기의 주요사양

Materials	STS 300 / 400
Tensile strength (kgf/mm ²)	80
Gauge(mm) including off-gauge	2.0 ~ 6.0
Strip width(mm)	600 ~ 1350
Temperature (°C)	Normal
Max. allowable gauge difference	1.0 mm or less
Max. allowable width difference	300 mm or less
Allowable grade combinations	Combination of grades as specified materials
Surface conditions	Normal hot band scale to be acceptable

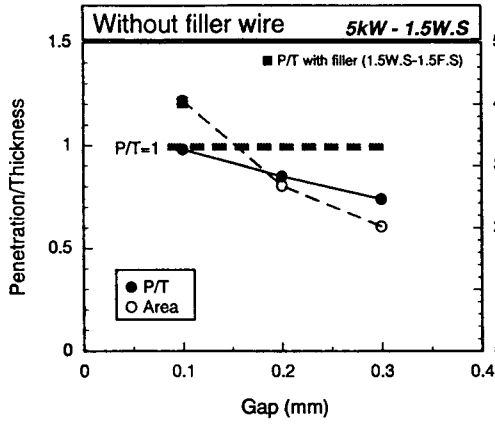


Fig. 1 430 강의 용입을 및 단면적에 미치는 Gap의 영향(Without filler wire)

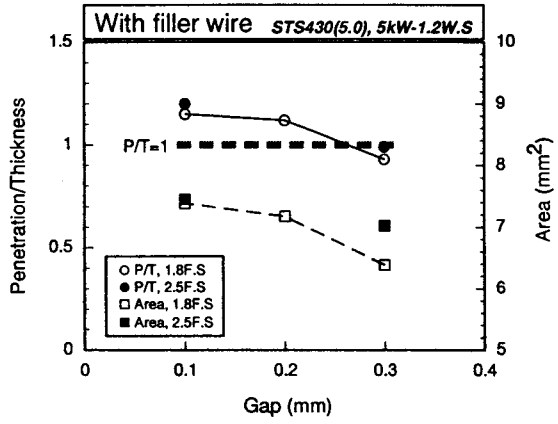


Fig. 2 430 강의 용입을 및 단면적에 미치는 Gap의 영향(With filler wire)

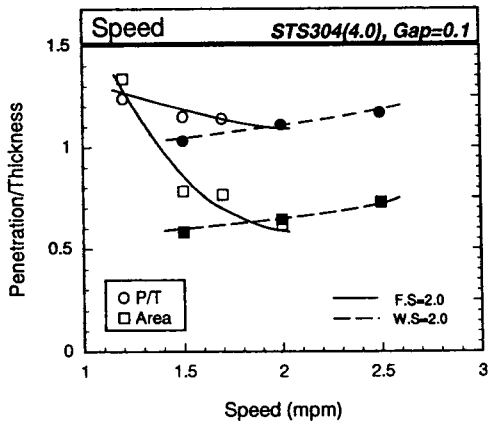


Fig. 3 304 강의 용입을 및 단면적에 미치는 W.S 와 F.S 의 영향

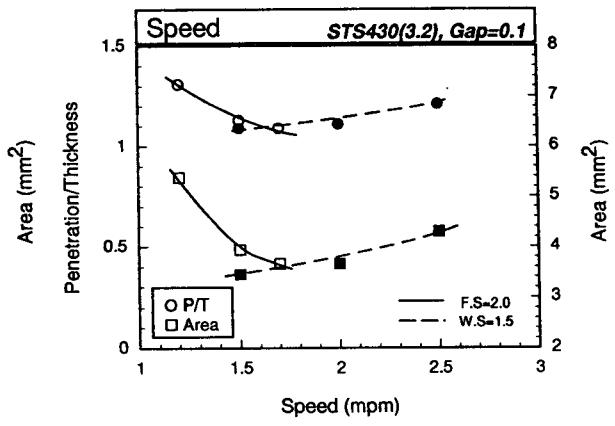


Fig. 4 430 강의 용입을 및 단면적에 미치는 W.S 와 F.S 의 영향