

고속 Fillet 자동용접용 Flux Cored Wire 개발을 위한 기초 연구
Fundamental Study for Development of Flux Cored Wire for High Speed
Fillet Automatic Welding

한국알로이로드 : 한 일욱, 이종영
 부산대학교 : 강 정운

1. 서론

국내의 조선업체에서는 생산성향상 및 원가절감을 위하여, 강 구조물 제조시 용접 자동화를 추진하고 있다. 특히 필렛 용접부위가 가장 고속화와 자동화하기 쉽기 때문에 고속 필렛용접 자동화 시스템을 설치하여 운영하고 있다. 현재 고속 필렛용접은 고속용접(1000cpm 이상)시 건전한 용접부를 얻기 위하여 tandem식으로 용접하고 있다. 사용되는 강판은 장시간 외부에 노출되는 경우가 많아 철판 표면에 무기 아연 primer를 도포하여 사용한다. 이러한 무기를 primer는 용접시 피트(pit), 기공과 같은 용접불량과 아크의 불안정 등의 원인이 된다. 따라서 용접될 부위를 제거하거나, 내 피트성이 양호한 용접재료를 사용하여 용접하는 방법이 있다. 용접부위를 제거하는 경우, 용접공정이 늘게 되어 생산성 측면에서 문제가 있으므로, 용접재료의 개발에 비중을 두고 있다.

본연구에서는 무기 아연 Primer를 도포한 강판의 고속 필렛 자동용접에 적합한 플락스 코드 와이어의 국산화 개발을 목적으로, 플락스의 type 및 조성에 따른 용착금속의 기계적 성질, 슬래그의 성분 및 특성, 내피트성, 용접 작업성(spatter) 등을 검토하였다.

2. 실험방법

플락스 타입을 결정하기 위한 시험에 사용한 용접재료는 표 1에 표시하는 바와 같이 외경이 1.6mm이고, 슬래그 타입은 국내에서 생산되는 rutile계와 semi-metal계 두 종류와 현재 고속 필렛 자동용접용으로 사용되는 일본계의 semi-metal계이다.

spatter량은 1분 동안 60cpm의 용접속도로 자동용접 시, 비산되는 Spatter를 포집하고, 무게를 측정하여 평가하였다. 확산성 수소량은 Gas Chromatography로 측정하였다. 슬래그의 조성은 비이드인 플레이트 용접으로 얻은 슬래그를 분쇄한 후, cake로 성형하여, ED-XRF로 측정하였으며, 용착금속의 조성은 다층용접한 용접부를 채취하여 spark emission으로 측정하였다.

용접부의 Pit 검사는 무기아연 primer가 도포된 강판을 1층으로 수평 필렛용접한 후, 표면에 형성된 pit의 수로 평가하였다.

Table 1 Kind and specification of flux cored wire

Sample No.	O.D(mm)	Slag type	AWS' Spec	Remark
K-R	1.6	Rutile	A5.20 E71T-1	Domestic
K-SM	1.6	Semi-metal	A5.20 E70T-1	Domestic
J-SM	1.6	Semi-metal	A5.20 E70T-1	Foreign

3. 실험결과 및 고찰

3.1 플락스 타입의 선정

표 2는 국산 rutile계(K-R), semi-metal계(K-SM) 및 일산 semi-metal계(J-SM)의 플락스 코드 와이어를 사용하여 용접한 용착금속의 인장성질, 충격성질 및 pit 수를 비교한 것이다. 플락스 타입과 관계없이 연신율 및 단면수축율은 거의 같지지만, 인장강도 및 항복강도는 일산 SM계가 가장 높고, 국산 SM계가 가장 낮다. 충격에너지는 K-R, J-SM, K-SM의 순으로 높다. 이것으로부터 국산 semi-metal계는 강도 및 충격치가 낮아, 기계적 성질에서 문제가 있음을 시사한다. 수평 필렛용접한 용접부에 발생한 용접결함인 pit 수는 semi-metal계가 rutile계보다

pit의 발생율이 낮고, K-SM보다 J-SM 와이어가 피트의 발생율이 낮다.

용착효율에 미치는 용접전류 및 플럭스 타입의 영향을 검토한 결과, 용접전류270-300A 범위에서는 큰 차이가 나타나지 않았으나, K-R, K-SM, J-SM의 순으로 높았다.

스패터의 발생량에 미치는 용접전류 및 플럭스 타입의 영향을 검토한 결과, 용접전류가 증가함에 따라 스패터의 량은 증가하고, K-R, K-SM, J-SM의 순으로 높았다. 한편 슬래그 생성량에 미치는 용접전류 및 플럭스 타입의 영향을 검토한 결과, 용접전류가 증가함에 따라 슬래그 생성량은 증가하고, K-R, K-SM, J-SM의 순으로 낮았다.

이것으로부터 무기 아연 Primer를 도포한 강관의 고속 필렛 자동용접용으로 일본에서 개발한 플럭스 코어드 와이어와 유사한 성능을 나타내는 것은 국산의 semi-metal계가 적당한 것으로 판단되었다.

Table 2 Effect of flux type on mechanical properties and number of pits

Sample No.	Tensile properties				Charphy Energy(J)		Number of pit (No./m)
	T.S (kg/mm ²)	Y.S (kg/mm ²)	E.L (%)	R.A (%)	0°C	-20°C	
K-R	522	578	27	69	150	86	11.5
K-SM	468	548	27	70	80	50	3.5
J-SM	506	606	27	70	106	65	1.5

3.1 플럭스 조성의 선정

앞의 실험결과에 의하면, 확산성 수소량이 증가할수록 pit의 수가 증가하고, 스패터 발생량은 슬래그 생성량이 적은 것이 많이 발생한다는 것을 알 수 있었다. 이 결과를 근거로 플럭스 형을 semi-metal형으로 선정하고, Pit 및 spatter 발생량을 감소시키기 위해 플럭스의 조성을 변화시켜 보았다. 슬래그 발생량을 감소시키기 위하여 슬래그 생성제 량과 탈산제 량을 각각 조정하였고, 확산성 수소량을 감소시키기 위하여 플럭스 조성을 변화시켜 보았다. 표 3은 플럭스 조성을 표시한다. 표 4는 표 3의 플럭스 조성으로 용접한 경우 용착금속의 인장성질 및 충격성질과 용접부에 발생한 pit 수, 스패터의 발생량, 슬래그의 발생량, 용착효율을 나타낸 것이다. MC-3는 표1에 표시하는 일산 semi-metal계의 특성과 거의 유사함을 볼 수있다.

Table 3 flux content of designed flux cored wire

sample No.	diffusible hydrogen (ml/100gr)	flux for slag fotation(%)	flux for deoxidation(%)
MC-1	2.9	4.02	4.045
MC-2	3.0	3.68	4.045
MC-3	2.9	3.54	4.460

Table 4 Various properties of Flux cored wire developed

Sample No.	Tensile properties				Charphy Energy(J)		Number of pit (No./m)	Quantity of spatter (g/min)	Quantity of slag (g/min)	Rate of Deposit (%)
	T.S (kg/mm ²)	Y.S (kg/mm ²)	E.L (%)	R.A (%)	0°C	-20°C				
MC-1	502	573	30	71.0	109.0	92.1	4.3	2.78	6.53	91.14
MC-2	480	562	32	73.0	126.2	93.7	3.0	3.21	6.15	91.66
MC-3	541	608	28	68.5	106.0	72.2	1.0	2.79	6.42	91.56