

일렉트로슬랙 스트립클래딩에 관한 고찰
(공정 평가)

A Study in Stainless Steel Strip Cladding by Electroslag Welding Process
(Process Evaluation)

* 양 성 호 한국원자력안전기술원
김 석 원 "
안 희 성 "
이 영 호 충남대학교기계공학과

일렉트로슬랙 스트립클래딩에 관한 전반적인 용접공정을 검토하고 기초적인 용접실험을 실시하여, 현재 주로 수행되고있는 잠호아크 스트립클래딩 용접법과 그 결과를 상호 대비하여 공정의 우수성과 적용성을 평가하였다.

1. 장 비

일렉트로슬랙 스트립클래딩(ESSC)에 사용되는 장비는 기본적으로 잠호아크 스트립클래딩(SASC)과 동일하나 저항발열을 용접열원으로 하므로 비교적 대용량의 용접전원을 필요로 한다. (동일 용가재의 경우 ESSC가 SASC의 약 1.5배 임)

Table 1 Equipment specification and parameters

equipment	specification	parameters and functions	SASC#
power source	GT 2000	strip current voltage	
	CV type	60 x 0.5mm 1250A 25V	0
	1800A max.	90 x 0.5mm 1700A 25V	0
		150 x 0.5mm 2800A 25V	X
		180 x 0.5mm 3600A 25V	X
motor controller	UP15 model 154	feed rate 0.3 - 8m/mn	0
welding head	180 ES 315	60-90, 120-150, 180mm adaptor	0
magnetic controller	CED 1/180	tie-in control max.intensity 4A	X
manipulator	carriage CT-L1	travel speed 32-600mm/mn manual adjustment 150mm vert. 300mm hori. 360deg.angle	0

2. 시험재료

시험에 사용된 스트립은 SASC와 동일하며 SASC에서는 불가능한 폭 90mm를 초과하는 스트립클래딩을 시도하였다.

Table 2 Filler strip and flux used

brand	dimension(mm)	chemistry
SOU DOTAPE 22.11LNb RECORD EST122	60, 90, 150, 180x0.5 18x60mesh ASTM	0.015C, 1.8Mn, 0.3Si, 24Cr, 13Ni, CaO+MgO+K ₂ O+Na ₂ O: 50% SiO ₂ : 10%, Al ₂ O ₃ +TiO ₂ +ZrO ₂ : 25%, CaF ₂ +NaF+Na ₃ AlF ₆ +AlF ₃ : 30%

3. 시험용접

ESSC에서는 일정량 이상의 전류밀도에서 electroslagging mode가 일어나는 이상적인 배합의 flux 를 사용하여 fig.1 과 같이 용접하므로 용접작업중 slaging 현상을 관찰할 수 있으며 작업중 용접변수의 적절성을 감지할수 있는 장점이 있다.

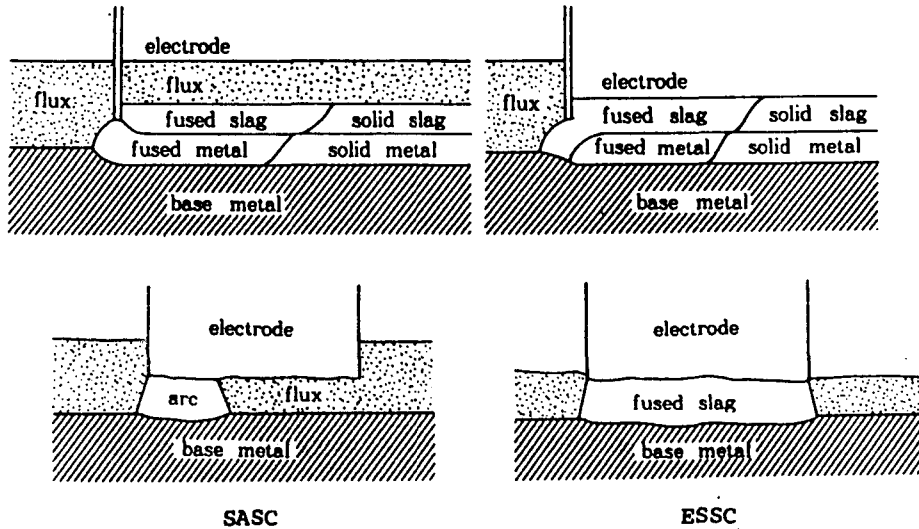


Fig.1 Principle comparison of ESSC to SASC

ESSC에 있어서의 주요용접변수는 SASC에서와 동일하나, wider strip(90mm 초과)의 용접에서 두께가 균일하고 unedrcut 결함을 방지하기 위하여 magnetic controller 가 사용된다. 본 시험은 ESSC와 SASC를 상호비교하기 위한 단계로서, 우선적으로 비드 형상 및 작업성을 기준으로 적정 변수범위를 설정하고 이 범위내에서 ESSC의 SASC에 대비한 process의 장단점을 고찰하였다.

Table 3 Welding parameters and applicable parameter range

Strip	Amp.	Volt.	speed	stick-out	overlap	magnet intensity
60x0.5	1000-1750A	25-25V	14-25cpm	15-40mm	4-12mm	not required
90x0.5	1650-1950	24-25	16-27	20-45	4-12	S:0-40, N:0-40
120x0.5	1750-2500	24-25	16-27	25-55	8-12	
150x0.5	2200-3500	24-25	16-27	25-55	8-20	
180x0.5	3000-3800	24-25	16-27	25-55	8-20	

Table 3 의 용접변수 범위에서 각 스트립크기에 대한 용착금속 두께 5mm의 overlay 를 얻기 위해서는 각 전류에 적합한 용접속도를 선정하여야 하며 strip extension 은 flux feed height를 결정하는 변수로서 slaging action의 관찰이 용이한 최적범위의 길이 설정이 요구된다. 60x0.5mm 와 90x0.5mm 의 스트립 용가제로두께 5mm 정도의 평활한 overlay를 얻기위한 적정 용접변수의 범위를 table 4 에 나타내었다.

Table 4 Optimized welding parameters

Strip	Amp.	Volt.	speed	stick-out	overlap	magnet: intensity
60x0.5mm	1000A	24V	14.5cpm	25mm	9mm	3amps N,S pole
	1250	24	16.5	25	9	3amps N,S pole
	1500	24	24	30	8	3amps N,S pole
	1750	24	25	30	8	3amps N,S pole
90x0.5mm	1650	24	16	30	11	N:7, S:8 amps.
	1950	24	17	30	10	N:7, S:8 amps.

4. 결과 및 고찰

ESSC에서 모재희석율은 용접전류에 따라 증가하는 경향이 있으며 이는 SASC 에서와는 상반되는 현상이다. Table 5 에 60x0.5mm strip 용접에서 SASC 와 ESSC 의 변수, 입열, 모재희석율, 비드형상 등의 실험적 결과를 정리하였다.

Table 5 Comparison of test results between ESSC and SASC process

comparison parameters		ESSC	SASC
welding materials	strip wire	22.11.L	24.13.2L (AWS ER309L)
	flux	EST 122	INT 101
welding parameters	current, amps.	1250	750
	voltage volts.	24	26
	travel speed, cm/mn	16.5	10.5
weld heat input, KJ/cm2		16.7	17.1
base metal dilution, %		8	20
bead geometry	width, mm	68	65
	thickness, mm	5.1	5
	edge angle, deg.	40-45	50-60
maximum depth of HAZ, mm		6	7
depth of grain coarsened HAZ, mm		1.6	2.5
grain size in grain coarsened HAZ		ASTM #3	ASTM #2

ESSC 는 동일한 용접입열의 경우 용접속도가 SASC에 비교하여 1.5배 정도이며, 모재 희석율은 8% 정도로 SASC의 20%에 비해 월등한 잇점을 지닌다. 또한 비드형상에 있어 두 process 를 비교할 때, SASC 에서 bead overlap 시 발생할 수 있는 용입/용융불량 결함은 bead edge angle 이 클수록 증대하므로 용접결함 방지의 측면에서도 ESSC 가 SASC 보다 유리한 것으로 나타났다.

Weld HAZ 를 비교할 때 A3 변태점 이상의 온도로 가열되는 grain coarsened region 과 A3-A1 변태점 간의 영역으로 가열되는 grain refined region의 깊이는 동일한 비드 두께에서 SASC 보다 ESSC가 얇은 것을 알 수 있었으며 조대화된 입자의 크기도 SASC의 50% 정도인 것을 감안할 때 모재에 주는 열영향과 이로 인한 microstructure의 변화도 ESSC에서 적게 일어나는 것을 알 수 있다.

5. 결 론

일렉트로슬랙 스트립클래딩(ESSC)을 적용하여 폭 90, 150, 180mm의 스트립클래딩을 평가한 결과 얻어진 결론은 같다.

- 1) ESSC에서 용융 pool을 자장으로 제어함으로써 SASC로는 불가능한 150mm, 180mm의 광폭 스트립클래딩이 가능하다.
- 2) ESSC는 높은 전류밀도로 용접성이 우수하여 용착율이 SASC의 1.5배에 달한다.
- 3) ESSC의 모재 희석율은 8-10%정도로 약 20%까지 달하는 SASC보다 우수한 용착금속을 얻을수 있으며 1층 용접으로도 저탄소 스테인레스강 클래딩이 가능하다.
- 4) ESSC는 용착금속의 bead edge angle 이 SASC에 비해 적으므로 bead overlap 결함의 가능성이 적다.
- 5) ESSC에서는 용접중 용융 pool의 slaging action 을 관찰할 수 있으므로 작업중 용접변수 적절성의 확인이 가능하다.