

CO₂ 용접시 Painting이 용접성에 미치는 영향

김 창 목*

Effects of Painting on the Weldability in CO₂ Welding

by

C. M. Kim*

1. 서 론

CO₂ 용접은 50년 중반경에 실용화되어 조선물량의 증가와 더불어 발전해 왔다.¹⁾ 당사(대우조선)에서는 81년 CO₂ 용접기를 도입한 이래 84년 초부터 CO₂ 용접법의 확대 보급을 목적으로, 페인트가 용접성에 미치는 영향을 연구하였다. 유기페인트와 무기페인트 등 페인트 종류를 달리했을 때 용접결합의 발생 정도, 도막 두께를 달리했을 때 결합의 원인 중 가장 크게 영향을 미치는 용접결합의 발생 정도, 기타 용접조건에 따른 용접결합의 발생 정도를 실험을 통하여 연구하였다. 연구 결과에 의하여 당사에서는 무기페인트의 사용이 권장되고 있다.

2. 실험 방법

본 실험에 사용된 시편은 ABS Grade "A"의 강판으로 시편의 화학성분과 시편의 형상을 표 1, 그림 1에 나타내었다.

표 1. 시편의 화학조성 (wt%)

ABS Type	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	Co	Cu
Grade "A"	0.17	0.06	0.25	0.015	0.016	0.005	0.03	0.01	0.01	0.05

도장은 자동도장기로 1회, 2회 두께를 달리하여 inorganic, organic 계의 4종류를 도장하였으며 도막 두께 측정은 동일작업 조건하에서 유리 표면에 도포된 도막 두께를 마이크로미터로 측정하였다.

용접방법은 그림 1과 같이 시편가공 후 SMAW, GMAW, FCAW로 수평 필렛 용접을 하였다. 도막 두께 당 5회의 용접을 하였으며 용접조건은 제조회사의 권장조건과 당사에서 많이 사용하는 것으로 하였다. 용접법과 두께를 달리하여 제작된 시편을 AWS D1.1 규정에 따른 브레이크 테스트(break test)법에 따라 만능시험기로 달리하여 결합을 조사하였다.

초벌칠(shop primer)은 무기 primer와 유기 primer로

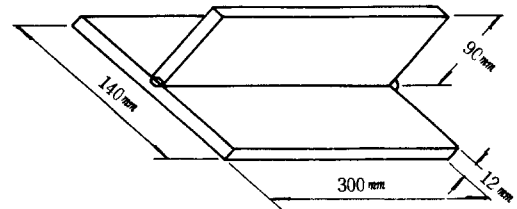


그림 1. Shape of specimen

* 대우조선공업(주) 선박해양설비 연구소
용접기술실, 정희원

대별되며 유기 primer는 아연계통(epoxy zinc rich primer)과 무아연계통(epoxy nonzinc primer)으로 분류된다. 이들 primer의 주성분과 도장 특성은 표 2에 보인 바와 같다.²⁻⁵⁾ 본 실험에서는 무기 primer와 무아연계통 primer만이 사용되었다. 본 실험에 사용

된 용접봉의 화학조성과 기계적 성질은 표 3에 나타낸 바와 같으며, 시편 제작시 용접조건은 표 4에 나타낸 바와 같다. 표 5는 본 실험에서 도막 두께의 변화량을 나타냈으며 표 6은 브레이크 테스트에서 발견된 결함의 종류를 나타내고 있다.

표 2. 초벌칠(shop primer)의 종류

Kind of Shop Primer	Inorganic S/P	Organic S/P	
	Inorganic Zinc shop primer	Epoxy Zinc rich primer	Epoxy non zinc primer
Main Components	Alkyle Silicate Zinc dust	Epoxy resin Polyamide resin Zinc dust	Epoxy resin Polyamide resin Iron Oxide
Film Thickness Recommended	13—18 μ (average 15 μ)	15—20 μ (average 18 μ)	20—25 μ (average 22 μ)
Exposure Anticorrosive Property	About 8 months	About 6 months	About 4 months
Flame Cuttability	4	3	2
Heat Resistance	1	3	4
Anti-pollution	1	4	1
Tested S/P	◎		◎
1 : Excellent 2 : Good 3 : Moderate 4 : Inferior			

표 3. 용접재료의 화학조성과 기계적 성질

AWS Classification	Chemical Composition					Mechanical Properties			Diameter (mm)
	C	Mn	Si	P	S	0.2% Y.S (N/mm ²)	T.S (N/mm ²)	Elongation (%)	
E7028	0.07	1.06	0.73	0.012	0.010	510	580	30	5
ER70S-4	0.09	0.96	0.43	0.013	0.012	440	550	32	1.2
ER71T-1	0.06	1.25	0.41	0.014	0.013	476	546	29	1.2


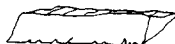


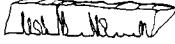
표 4. 용접조건

Welding Process	Ampere (A)	Voltage (V)	Flow Rate(l/min)	Polarity
SMAW	210			AC
GMAW	230	28	25	DCRP
FCAW	230	28	25	DCRP

표 5. 시편 제작시의 shop primer 의 두께

Kind of Primer	Name of Primer	Film Thickness (μ)	Welding Process & Number of Specimen			Recommended D. F. T(μ)
			FCAW	GMAW	SMAW	
Inorganic	A	11-18	5ea	5ea	5ea	15-20
		18-25	5ea	5ea	5ea	
Organic	B	13-18	5ea	5ea	5ea	15-20
		19-22	5ea	5ea	5ea	
	C	12-20	5ea	5ea	5ea	15-20
		21-25	5ea	5ea	5ea	
	D	16-24	5ea	5ea	5ea	25-30
		25-36	5ea	5ea	5ea	

표 6. 용접 결함의 분류

Type	Break Test Result	Phenomenon
a		No defect or porosity with diameter less than 1mm is occurred at root face.
b		Porosity with diameter less than 1mm is occurred continuously at root face.
c		Worm hole with diameter less than 1mm is occurred continuously.
d		◎ Blow hole with diameter 1~3mm is occurred.
e		④ 2~3 pits are occurred on the surface.

Angle of wire in relation to vertical member
40-50°
 Angle of wire in relation to proceeding
 direction.....5°

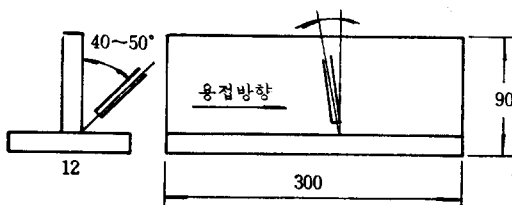


그림 2. 운봉각도

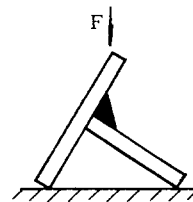


그림 3. 브레이크 테스트

3. 실험 결과 및 고찰

shop primer의 종류 용접법을 달리하여 시편을 제

작한 후 브레이크 테스트를 한 결과 발견된 결함은 표 7에 나타내었다. 표 7의 결과를 도표로 요약한 것이 그림 4이다.

표 7. 브레이크 테스트 결과 발견된 결함

Kind of Primer	Name of Primer	Film Thickness(μ)	FCAW					GMAW					SMAW				
			a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
Inorganic	A	11-18	5					5					4	1			
		18-25	3	2				4	1				4	1			
Organic	B	13-18	1	1	2	1		3	1	1			4	1			
		19-22	1		2	1	1	1	3	1			3	2			
	C	12-20		1	3		1	1	3	1			5				
		21-25			1	2	2		2	2	1		4	1			
	D	16-24	1	3	1			1	4				3	2			
		25-36		2		2	1	1	3		1		3				

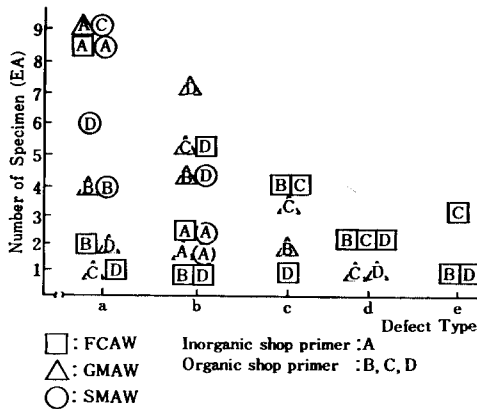
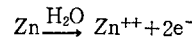


그림 4. 결함 종류와 빈도

3.1 페인트 종류에 따른 고찰

shop primer는 prefabrication primer 또는 pre-construction primer라고도 불리워지며 용접과 절단 등의 가공 조립 기간동안 발청을 방지하는 도장이다. shop primer 이외의 페인트는 통상 용접시에 도장하지 않기 때문에 별다른 영향을 용접에 미치지 않으나, shop primer는 용접 전에 강판에 도장되어 나오므로 용접에 큰 영향을 끼친다. 맞대기 용접시 개선면을 가공 절단하므로 shop primer가 제거되어 용접에 큰 영향을 미치지 않으나, 필렛 용접시 shop primer가 잘 제거되지

않은채 용접이 이루어지므로 많은 용접결함이 야기된다. inorganic zinc type shop primer는 두 개의 분리된 용기에 사진 1의 zinc dust와 규산염 용액으로 공급된다. 사진 2는 위의 두 용액이 배합된 것을 나타냈다. 배합된 용액이 도장되면 primer 등의 아연은 대기 중의 수분, 염분 및 탄산가스 등과 작용하여 아연 화합물을 이룬다.⁶¹



대기 중의 수분과 작용하여,

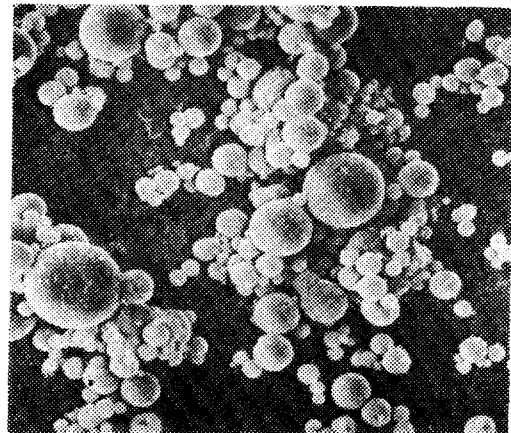
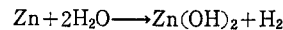


사진 1. Zinc dust for zincsilicate

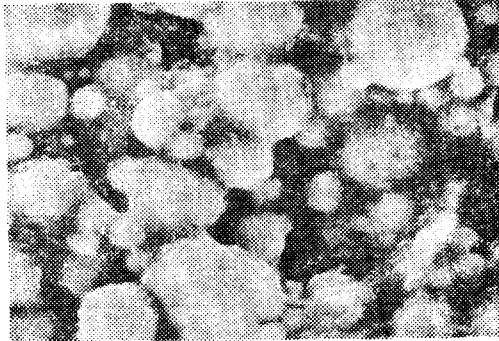


사진 2. Not exposed, Zinco silicate with high zinc content

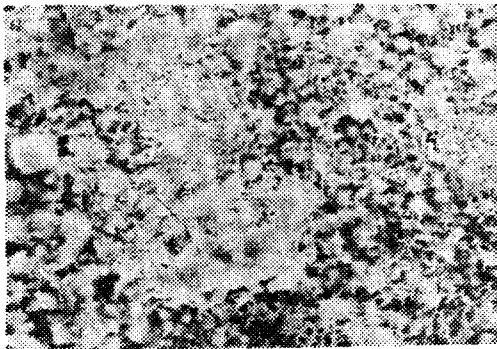
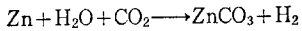


사진 3. Weathering 1 month, zinco silicate with high zinc content

대기 중의 수분 및 탄산가스와 작용하여



대기 중의 염분 및 수분과 작용하여

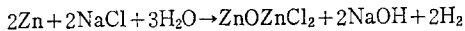


사진 3은 inorganic zinc type shop primer가 도장된 후 1개월이 지났을 때의 위 반응물질을 보이고 있다.

Inorganic coating의 단면 형상 및 다공성 내에 zinc shop primer를 도포하였을 때 shop primer의 단층을 개략적으로 나타내면 그림 5와 같다. 그림 6은 primer와 모재 사이의 기공에서 일어날 수 있는 화학반응을 나타내고 있다.

표 8. 용접시 발생하는 흙의 화학조성^{*)}

Kind of Primer	H ₂	CH ₄	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	ml/lmg	ml/cm ² -1μ
Inorganic Zinc	50.8	—	tr	0.1	49.1	—	0.064	0.028
Epoxy Zinc rich	69.3	—	0.3	0.1	30.3	—	0.097	0.047
Epoxy non Zinc	65.1	—	0.2	0.4	34.3	—	0.952	0.205

주 1) D. F. T : Dry Film thickness

용접결함은 유기체가 무기체보다 용접결함이 많이 발생되며 그 이유는 표 8에 나타난 바와 같이 유기체

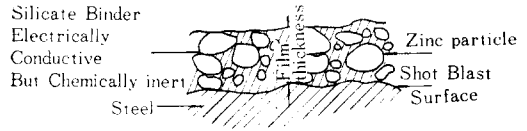


그림 5. Inorganic zinc coating

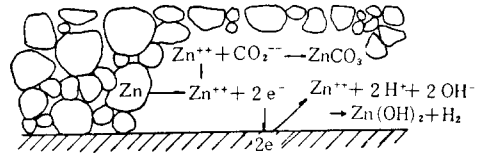


그림 6. Zinc reaction within a porous inorganic coating

가 무기체보다 가스 발생량이 많기 때문이다. 가스 조성의 대부분은 H₂가 50—70%, CO가 30—50%이고 그의 O₂, N₂가 소량 포함되어 있다.

가스 발생량은 epoxy non zinc primer > epoxy zinc rich primer > inorganic zinc primer의 순이다. 그러나 용접시 발생하는 기공(blow hole)의 양은 epoxy zinc rich primer > epoxy non zinc primer > inorganic zinc primer의 순이다. zinc rich는 non zinc 보다 가스 발생량은 4분의 1정도이나 zinc rich에서 기공이 많이 발생하는 것은 zinc rich에 다량으로 함유된 Zn이 크게 작용되고 있기 때문이다. 기공 내면에 Zn이 침출되었다는 보고는 Zn이 기공 발생에 기여하고 있는 것을 뒷바침하는 것으로 생각된다.

zinc type의 inorganic primer는 secondary surface penetration과 overcoating 등 까다로운 결점을 지니고 있다. non zinc type의 primer는 유기 결속제를 포함하고 있으므로 용접과 결단시 burnt area가 상당히 넓어 실제 작업시에는 통상 D. F. T^{*)}는 organic이 평균 22μm inorganic, 평균 15μm 정도이다.

3.2 도막 두께에 따른 고찰

표 7에 나타낸 바와 같이 organic 및 inorganic shop primer 모두 적정 도막 두께 이하에서 기공 발생이 조금 나타나며, organic shop primer인 경우 적정 도막 두께 이상에서 기공 발생이 현저하게 증가한다. pit의 발생기구¹⁴⁾는 그림 7에 보인 바와 같다. 루우트 캡에서 기공이 성장하는 것은 브레이크 테스트한 시편의 사진(사진 4~8)으로 미루어 보아 알 수 있다. 즉 루우트 캡에서 shop primer의 연소에 의하여 기포가 ①단계에서 생성된다. ②, ③의 단계에서 기포 성장과 기포의 분리로 용융금속의 유입이 일어나며, ④의 단계에서 루우트 캡의 가스 공급에 의한 기공의 재성장으로, ⑤단계에서 불연속 pit가 발생된다. 기공은 기공 성장 도중에 공급 가스압의 감소 등에 의해 기포가 molten puddle 내에 잔류하기 때문이라고 보고 되어 있다.

또한 고전류 범위에서나 CO₂ 용접시에는 도막 두께가 적정하여도 수평 필렛 용접시에 용입이 깊어지므로 상대적으로 루우트 페이스의 primer를 연소시킨다. 이

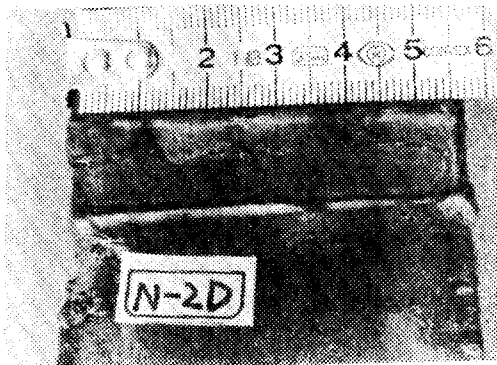


사진 4. Defect type (a)
FCAW, D Primer, D.F.T 16-24μ
230A, 28V, 25 l/min

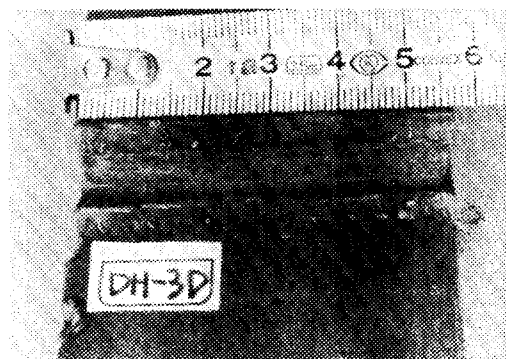


사진 5. Defect type (b)
FCAW, B Primer, D.F.T 13-18μ
230A, 28V, 25 l/min

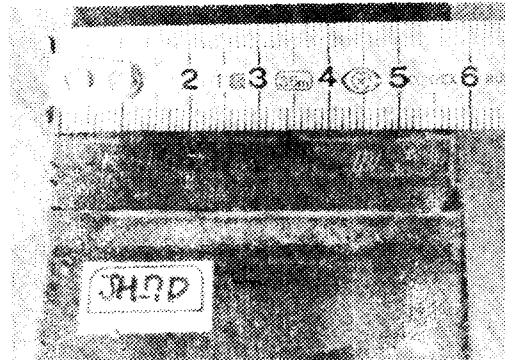


사진 6. Defect type (c)
FCAW, C Primer, D.F.T 21-25μ
230A, 28V, 25 l/min

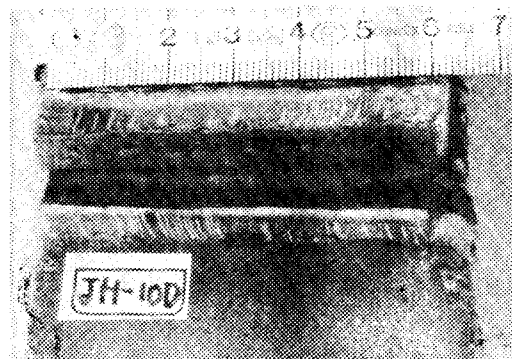


사진 7. Defect type (d)
FCAW, C Primer, D.F.T 21-25μ
230A, 28V, 25 l/min

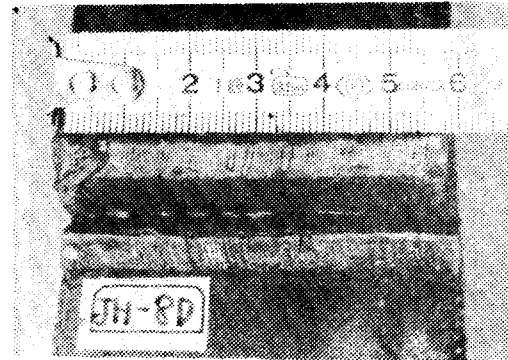


사진 8. Defect type (e)
FCAW, C Primer, D.F.T 21-25μ
230A, 28V, 25 l/min

결과, ①단계 과정을 촉진시키기 때문에 기공 발생이 야기되는 것으로 생각된다.

3.3 용접방법에 따른 고찰

실험 결과 SMAW(LC-328, 5φmm) > GMAW(MC-50T)1.2φmm > FCAW(DW-100, 1.2φmm) 순으로 기

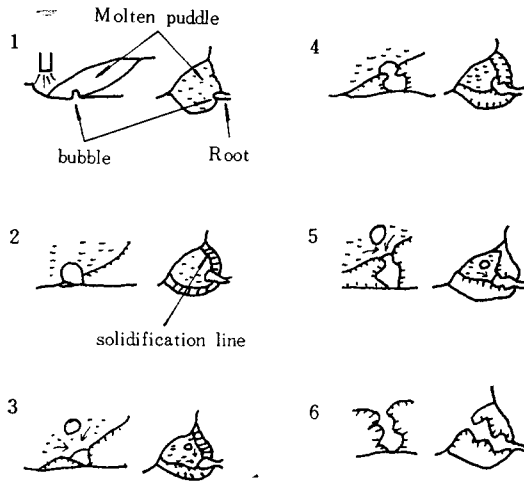


그림 7. Pit 형성의 기구

표 9. Hydrogen content of weld metal according to welding process

Welding process	Hydrogen Content (cc/100gr)	
	Room Temperature (45°C 48hr)	Drying (200°C)
SMAW (ilmenite type)	35.0	6.2
SMAW (low hydrogen type)	4.0	1.0
SAW	2.7	1.4
CO ₂ Welding (Flux cored wire)	3.2	0.6
CO ₂ Welding (Solid wire)	0.4	0.5

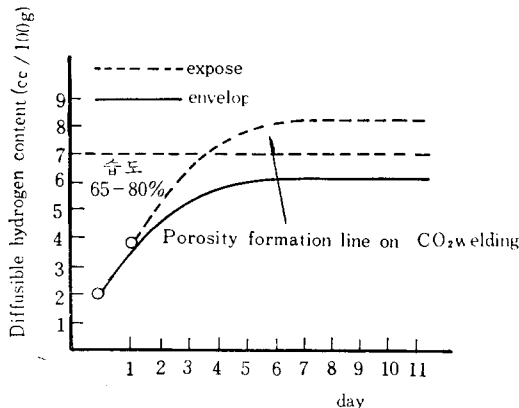


그림 8. Relationship between diffusible hydrogen content of weld metal and exposed period of flux cored wire.

공발생이 적다. SMAW에서는 organic, inorganic에 관계없이 기공 발생이 현저히 적어진다. CO₂ 용접시 도막 두께에 따른 기공 발생의 양이 solid wire 보다 flux

cored wire를 사용할 때 현저하게 증가한다.

flux cored wire 용접시 비이드 표면에 움푹 패인 자국은 기포가 용융금속을 뚫고 부상하였으나 슬래그 내에 갇혀 있음에 기인하는 것으로 생각된다.

flux cored wire는⁸⁾ 용착금속 및 슬래그 질성을 조정하여 입향 용접 등에서 용착금속의 흘러내림을 방지하도록 설계되어 있으므로 이들 wire에서는 비교적 primer의 연소 가스가 용융금속 중을 부상, 이탈되기 어려워 기공발생이 쉽게 일어난다.

4. 결 론

1) 용접결함은 Inorganic shop primer 보다 organic shop primer에서 많이 발생되며, CO₂ 용접에서는 현저하게 Inorganic shop primer가 좋다. SMAW 용접에서는 Organic shop primer나 Inorganic shop primer 사이에 용접결함의 발생량이 비슷하다.

2) SMAW > GMAW > FCAW 순으로 용접결함이 적다.

3) Organic shop primer 및 Inorganic shop primer에서 적정 도막 두께 이하에서도 고전류 범위에서는 기공발생이 조금 나타나는데 무시할 정도이다. 적정 도막 이상일 때에는, 특히 Organic shop primer에서 용접결함이 현저하게 증가된다.

참 고 문 헌

- 1) 仁藤弘, 造船にわける CO₂ MAG 半自動溶接の現状, 溶接技術 7月(1981)
- 2) 塗裝マニュアル, 中國塗料
- 3) Chugoku catalogue file
- 4) Caboline product data sheet
- 5) Hempel product data sheet
- 6) Charles G. Munger Zinc-Rich Primers Steel Structures Paintiny Council SSPC-PS 12.01 November 1, (1982) pp. 125~137.
- 7) 小林實, 溶接學會春季全國大會講演集, (1980)
- 8) 長岡茂雄, 術レポート技術가 코드, Vol. 24, No. 169 5, (1984)
- 9) V. P. Blomjous, E. O. Hansen, E. Mikkelsen, Symposium on Shoppriming Aug. 15th, (1984)
- 10) 이우성역 편, 도장기술 7, (1980)
- 11) 溶接學會 溶接冶金研究委員會 編, 溶接冶金レビュー, (1978)
- 12) 稻垣道夫, やさいい炭酸ガスアーワ 溶接, 現代溶接技術大系, Vol. (1980), pp. 200~201.