



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2017년 2월
석사학위 논문

자동차용 방청강판(SGARC 440)
CMT용접부의 용접품질향상에 대한 연구

조선대학교 대학원
용접·접합과학공학과
이 상 일

자동차용 방청강판(SGARC 440)

CMT용접부의 용접품질향상에 대한 연구

A Study on the improvement of welding quality of CMT
weldment for galvanized steel sheets(SGARC 440)

2016년 11월 20일

조선대학교 대학원

용접 · 접합과학공학과

이 상 일

자동차용 방청강판(SGARC 440)
CMT용접부의 용접품질향상에 대한 연구

지도교수 방 희 선

이 논문을 석사학위 신청 논문으로 제출함

2016년 11월

조선대학교 대학원

용접 · 접합과학공학과

이 상 일

이상일의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 방 한 서 (인)

위 원 조선대학교 교수 방 희 선 (인)

위 원 조선대학교 교수 주 성 민 (인)

2016년 11월

조선대학교 대학원

CONTENTS

List of Figures	III
List of Tables	V
Abstract	VII
1 장. 서론	1
1.1 연구배경	1
1.1.1 아연도금강판의 특징	2
1.1.2 CMT용접 원리 및 특징	3
1.2 연구목적	4
1.3 용접품질영향인자	5
1.3.1 용접기공	6
1.3.2 용접스패터	7
1.3.4 용접슬래그	8
2 장. 연구방법	10
1.2 연구목적	10
2.1.1 용접기공	10
2.1.2 용접스패터	12
2.1.3 용접슬래그	13

2.2 실험조건 및 실험방법	14
2.2.1 기공 저감을 위한 용접조건	14
2.2.2 스파터 저감을 위한 용접조건	17
2.2.3 슬래그혼입 저감을 위한 용접조건	17
3 장 . 연구결과 및 고찰	18
3.1 용접기공 특성	18
3.1.1 비드외관결함	18
3.1.2 비드내부결함	21
3.1.3 용접기공 결함 시험결과	27
3.2 용접스파터 특성	28
3.2.1 용접스파터 시험결과	28
3.3 용접슬래그 특성	29
3.3.1 용접슬래그 시험결과	36
4 장 . 결론	37
【참고문헌】	39

List of Figures

Fig 1.1 Standards for vehicle' s corrosion prevention	1
Fig 1.2 Galvanized steel sheet	2
Fig 1.3 Process of Cold metal transfer welding	3
Fig 1.4 The number of corrosion reports of vehicle	4
Fig 1.5 Inhibitory factor of anti-corrosion quality	5
Fig 1.6 Mechanism of weld porosity formation	6
Fig 1.7 Weld spatter	7
Fig 1.8 Comparison of spatter between conventional steel and galvanized steel ..	7
Fig 1.9 Weld slag	8
Fig 2.1 Influence factor of weld porosity formation in galvanized steel sheet	10
Fig 2.2 Process of short circuit arc welding	12
Fig 2.3 Process of cold metal transfer	13
Fig 2.4 Operation parameter of Dynamic value	13
Fig 2.5 Specimen of X-ray examination	16
Fig 2.6 X-Ray examination equipment	16
Fig 2.7 X-Ray detailed specimen	17
Fig 3.1 Comparison of Short arc welding specimen in mixed shielding gas ratio of Ar9 to CO2 1	20
Fig 3.2 Comparison of Short arc welding specimen in mixed shielding gas ratio of Ar8 to CO2 2	21
Fig 3.3 Comparison of CMT welding specimen in mixed shielding gas ratio of Ar 8 to CO2 2	22
Fig 3.4 X-Ray images of specimen A	24
Fig 3.5 X-Ray images of specimen B	25
Fig 3.6 X-Ray images of specimen C	26
Fig 3.7 X-Ray images of specimen D	27
Fig 3.8 Comparison of weld porosity #1	28
Fig 3.9 Comparison of weld porosity #2	29
Fig 3.10 Improved weld spatter	31
Fig 3.11 Dynamic-1.0%, Back step welding	33

Fig 3.12 Dynamic-2.0%, Back step welding34
Fig 3.13 Dynamic-3.0%, Back step welding35
Fig 3.14 Dynamic-4.0%, Back step welding36
Fig 3.15 Dynamic-1.0% Progressive welding37
Fig 3.16 Dynamic-2.0%, Progressive welding38

List of Tables

Table 1.1 Weld defects of galvanized steel sheets	5
Table 2.1 Weld wire chemical composition	11
Table 2.2 Uses of weld wire	11
Table 2.3 International standard of weld wire	11
Table 2.4 Welding conditions of porosity	15
Table 2.5 Welding conditions of slag	18
Table 3.1 The number of PIT	19
Table 3.2 The number of Blow hole	23
Table 3.3 Slag distribution area	32
Table 3.4 Slag rate	32

ABSTRACT

Study on the improvement of welding quality of CMT weldment for galvanized steel sheets(SGARC 440)

Lee sangil

Advisor : Prof. Bang heesun, Ph.D.

Department of Welding and
joining science Engineering
Graduate School of Chosun
University

Recently, car parts makers and the finished vehicles of the vehicle corrosion of the part of the lower body. Major issue A decline in durability and is the main cause of noise is corrosion. Tolerance, in particular, the life of the vehicle and even human life that threatens a very important factor.

Therefore, this slow corrosion of car parts in research capabilities. Caused by the application of a galvanized steel weld gas pocket and weld spatter. Optimization for welding of slag, affecting the quality factor. I conducted a verification through the experiment.

제 1 장 서 론

1.1 연구배경

방청 가혹지역인 유럽.북미에서는 도로 제설 및 결빙해소를 위하여 사용되는 염화 칼슘 이나 습윤에 의하여 차량 하체의 부품이 부식이 되어 내구성이 저하되는 큰문제도 있으며, 하체의 잡 소음을 만들어 내는 원인이 되기도 한다.

특히 내구성은 차량의 수명과 인간의 생명까지도 위협하는 아주 중요한 요소이다. 그리고 부식에 의한 자동차 리콜은 경제적인문제, 신뢰성, 기업이미지 추락 등 많은 것을 잃게 한다.

그래서 일반강판에 내부식성이 뛰어난 아연으로 도금하여 부식을 늦추는 기능을 갖춘 아연도금강판인 방청강판을 자동차 하체부품에 적용하여 차량의 부식속도를 늦추고자 한다.

따라서 본 연구에서는 자동차부품에 방청강판을 적용 함으로서 발생하는 용접 기공, 용접 스패터, 용접 슬래그 등의 용접품질 문제점을 개선하기 위해 용접품질에 영향을 미치는 인자에 대한 최적화 방안을 실제 실험을 통해 이를 검증하고자 하였다.



Fig. 1.1 Standards for vehicle's corrosion prevention

1.1.1 아연도금강판 특징

아연도금강판은 내식성과 내마모성 등의 향상을 위해 강판표면에 아연(Zn)을 소지철의 표면에 코팅을 실시한다. 종류로는 전기 아연도금강판(Electro-galvanized steel sheet, EGI), 용융 아연도금강판(Galvanized steel sheet, GI), 합금화 용융 아연도금강판(Galvannealed steel sheet, GA)으로 분류한다.

우수한 도금성과 내식성으로 국내 자동차 사들은 아연도금강판의 사용비율을 늘리고 있다. 특히 합금화 처리를 행한 합금화 용융 아연도금강판은 순 아연으로만 구성되어 있는 용융아연도금강판에 비해 용접성 및 도장성이 우수하며, 가격이 저렴하고 내식성과 용접성이 우수하여 자동차 회사들은 원가절감 측면에서 선호 하고 있다.

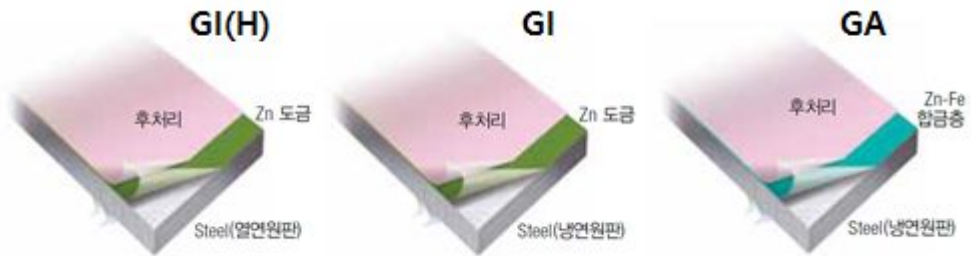


Fig. 1.2 Galvanized steel sheet

1.1.2 CMT용접 원리 및 특징

CMT용접은 와이어 공급이 프로세스 컨트롤과 직접 연동되므로 이전까지 볼 수 없었던 기술이다. 디지털 프로세스 컨트롤에 의하여 단락이 감지되면 와이어가 역행함으로써 용적이행을 돕는다. 이 모든 과정이 디지털로 제어되므로 기존의 딥트랜스 용접과 차별이 되는 중요한 부분이다. 사실상 전류가 흐르지 않는 단락 상태에서 용적이 이행되어 고온과 저온의 교번으로 아크 발생 시 아크 자체의 열이 유입되는 순간이 매우 짧아지며 이는 곧 입열량의 감소로 이어진다. 와이어의 역행은 단락 시 용적이 이행되는 것을 돕기 때문에 단락 상태로 제어되면 단락 전류가 매우 낮게 유지되는데, 그 결과 스파터가 없는 용적이행이 가능하게 된다. Fig. 1.3에 CMT 용접의 와이어의 움직임과 용적이행을 나타내었다.

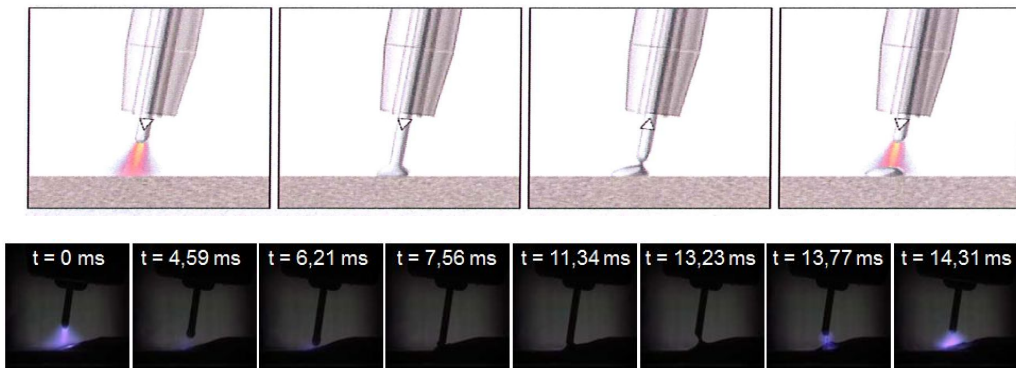


Fig. 1.3 Process of cold metal transfer welding

1.2 연구목적

국내 자동차 제조사별 부식 제보 건수를 살펴보면 지난 2년간 약 4,400여건이 제보되었다. 또한 국내외 자동차 제조사별 차체 부식 무상보증기간을 살펴보면 국내자동차 제조사 대비 외국 자동차 제조사 의 보증기간이 2배~5배이상 긴 것으로 나와있다. 그로인하여 최근 자동차 부식관련 소비자 불만사항이 급증하고 있다.

이를 해결 하기 위해 자동차부품의 방청성능 향상 요구로 인하여 기존의 비 방청강판 (SAPH440)에서 방청강판(SGARC 440 60/60)적용, 그에 따른 용접제조 기술력의 향상이 요구 되는 등 PRESS, 용접 등의 자동차부품 제조 기술 전 분야에 대한 개선 요구이 요구되고 있다.

방청강판을 적용함으로써 용접 품질문제 영향인자에 대한 최적화 방안 및 품질 규격을 만족하기 위해 각 공정별 품질개선으로 자동차부품 방청품질 안정화를 추진하고자하였다.

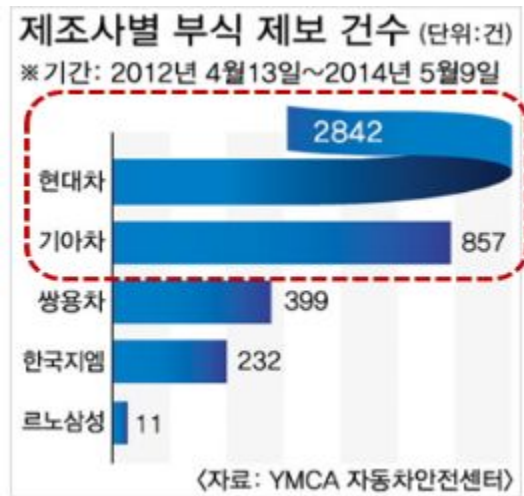


Fig. 1.4 The number of corrosion reports of vehicle

1.3 용접품질 영향 인자

비 방청 강판 용접성 대비 방청강판 적용 시 동일 용접조건에서 용접기공, 용접 스파터 과다, 용접슬래그 등의 문제점이 발생하며, 또한 도장성에서도 비 방청강판 대비 방청강판 용접 시 용접후면에 아연증기에 의한 백화현상이 발생한다.

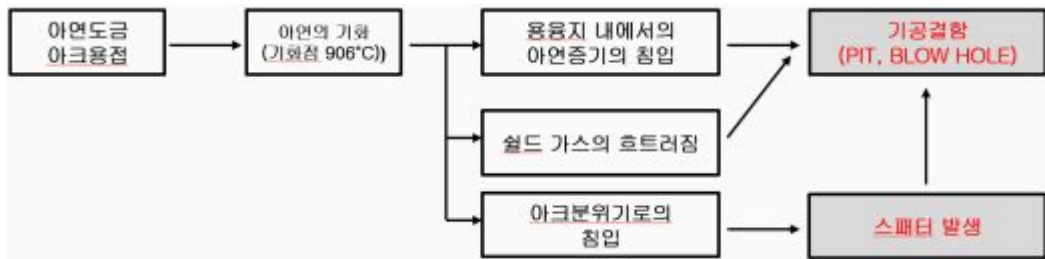
Fig. 1.5는 용접 시 발생하는 용접 열영향부에 용접기공, 용접스파터, 용접슬래그 등에 부식이 집중되어 용접품질 저하에 영향을 미치게 된다.

Table. 1.1은 아연도금강판에 아크용접 시 발생하는 결함과 그 원인들에 대해서 도식화 하여 나타내었는데. 특히 아크열에 의해 기화된 아연증기가 여러 인자들에 영향을 미치므로 아연증기제어가 필요로 된다.



Fig. 1.5 Inhibitory factor of anti-corrosion quality

Table. 1.1 Weld defects of galvanized steel sheets



1.3.1 용접 기공 (BLOW HOLE¹⁾& PIT²⁾)

아연의 용점(420 °C) 및 기화점(906 °C)이 상대적으로 철의 용점(1,538 °C) 보다 낮기 때문에 발생하는 현상으로 아크열에 의해 기화된 아연가스가 용융지³⁾안에 잔류하여 기공 결함이 발생하게 된다. 기공이 발생하는 메커니즘을 그림 4에 나타내었다.

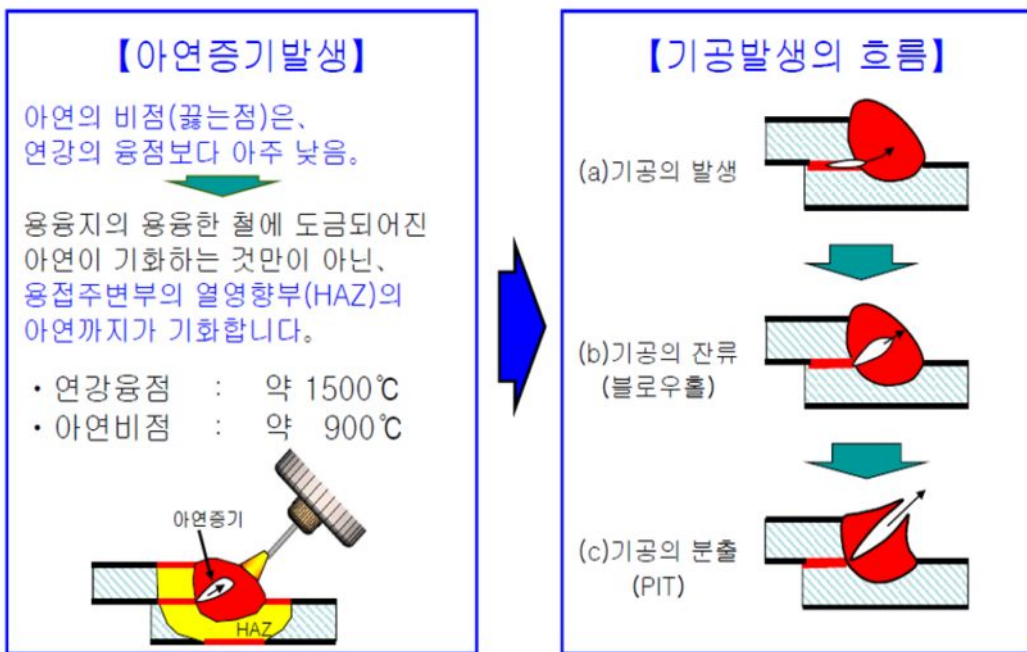


Fig. 1.6 Mechanism of weld porosity formation

- 1) PIT : 비드 외측에 있는 기공
- 2) BLOW HOLE : 비드속에 있는 기공
- 3) 용융지 : 용접중에 아크열에 의해서 용융된 부분이 연못과 같이 되어 있는 부분

1.3.2 용접 스패터4) (SPATTER)

Fig. 1.7에 용접 시 발생하는 스패터를 보여주는데, 단락이행이 진행되는 동안 스패터는 아크가 재 발생하는 순간 접촉 부위가 폭발하면서 발생한다. 이와 같이 발생하는 스패터는 주로 입자가 작은 스패터가 발생한다. 순간단락에서는 단락초기의 급격한 전류 상승으로 인해 아크가 용적하단부에서 발생하고 이러한 아크가 상부 용적을 파괴시켜 입자가 큰 스패터를 발생시킨다. Fig. 1.8에서는 아연도금재는 아연증기에 의한 강한 반력이 작용하여 일반강판 용접과 비교해 더 많은 스패터가 발생하게 되는 것을 모식도와 그래프로 나타내었다.

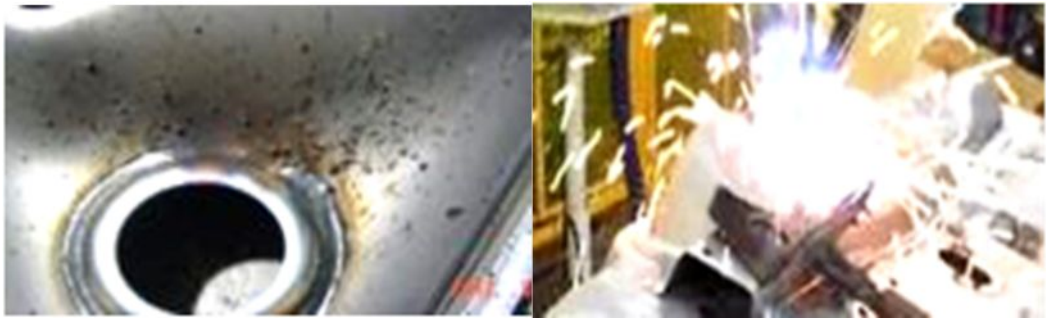


Fig. 1.7 Weld spatter

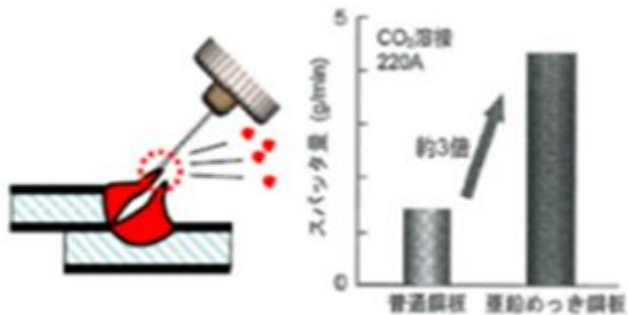


Fig. 1.8 Comparison of spatter between conventional steel and galvanized steel

4) 스패터 : ARC용접시 발생하는 작은 알갱이 모양의 비산물이 응고되어 모재에 달라붙은 것

1.3.3 용접 슬래그⁵⁾(SLAG)

슬래그란 용접 때 용융 금속 표면에 뜨는 산화한 금속 가스나 비금속 물질의 총칭으로 슬래그의 성분은 SiO₂(산화규소)와 MnO₂(산화망간)가 주를 이루었고, 미량의 Si(알루미늄)이 존재하며 용접 시 용융지에서 발생하는 불순물들이 떠올라 비드 표면에 생성된다.

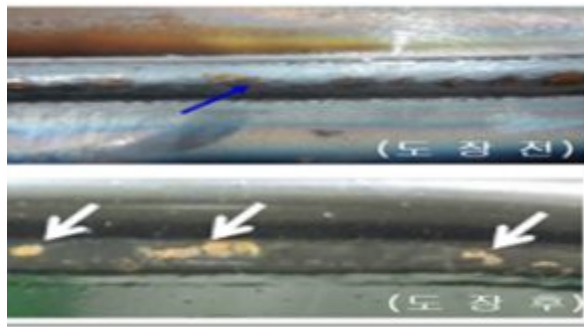
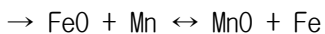


Fig. 1.9 Weld slag

가) 발생원인

용접 WIRE 에 포함된 Mn, Si 등의 탈산제 반응의 부유물

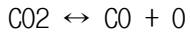


나) 산화피막(용접슬래그) 발생과정(원리)

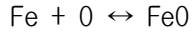
탄산가스는 활성(Active Gas)므로, 고온의 아크에서는 열 해리되어 산화성이 크고 용착금속의 산화가 심하여 기공 및 그 밖의 결함이 생기기 쉬우므로 Mn, Si 등의 강력한 탈산제를 함유한 와이어를 사용하게 되는데 이것이 산소와 반응하여 산화스케일이 된다.

5) 용접 슬래그 : 용착부에 발생한 비금속 물질

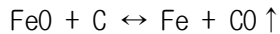
(1) SHIELD GAS인 이산화탄소가 고온인 아크열에 의하여 분해되고



(2) 위의 산화성 분위기에서 용융철이 산화된다.



(3) 이 산화철이 강(鋼) 중에 함유된 탄소와 화합하여 일산화탄소 기포가 발생하게 되는데



4) Mn, Si 등의 탈산제가 있으면 아래 반응이 일어나 용융강(熔融鋼)중의 산화철을 감소시켜 기포의 발생을 억제하게된다.



(5) 탈산 생성물인 MnO, SiO₂ 등은 용착금속과의 비중차에 의해 슬래그를 형성해 용접비드 표면에 떠오르게 되는데 이를 용접슬래그라 한다.

제 2 장 연구방법

2.1 연구방법

2.1.1 용접기공

자동차 부품 방청강판 적용확대에 따른 용접 대응 방안이 요구되고 있다. 방청강판의 최적용접 와이어 선정에 위한 실험을 실시하였다. 용접 와이어는 기공방지 효과를 포함하여 YGW-12계열과 YGW-14계열의 단락 및 COLD METAL TRANSFER(CMT) 용접조건에서 실험을 진행하였다. 각 용접조건에서 육안검사와 X-Ray검사를 통하여 외관결함과 내부결함의 수를 조사하였다.

탄산가스 용접용 WIRE는 혼합가스(Ar-CO₂)용접용 WIRE보다 많은 Si와 Mn을 함유하고 있다. YGW-11에서는 탄산가스 용접에 따라서 아크 안정성의 향상과 강도, 인성의 확보를 목적으로 탈산소 원소인 Al, Ti등이 첨가되어있고, WIRE의 표면에는 전기전도성 및 방청성을 높이기 위하여 Cu도금되어 있고 도금층의 박리 및 접착력 문제로 인하여 (송급 속도가 빠름으로 박리가 쉽게 일어 남) 전기도금이 선호된다.

표면 장력과 용융지 형성		용접결함 발생 영향 요소
		<ol style="list-style-type: none"> ① 발생하는 Zn fume의 발생량 → 아연도금량이 감소할 수록 Zn fume의 발생량 저해 ② 용융금속의 표면 장력 (용접와이어 성분) → 일반적으로 용적의 크기가 감소할 수록 Zn fume 배출 용이 ③ 용접 시공 조건 (아크 집중성) → Zn fume을 외부로 배출 시킬 수 있도록 용접 시공조건 개선

Fig. 2.1 Influence factor of weld porosity formation in galvanized steel sheet

Table. 2.1 Chemical composition of eld wire

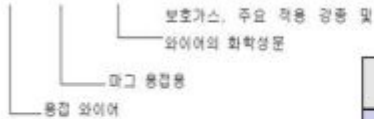
구분	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	V	Ti	Zr
KC-28	0.07	0.86	1.53	0.011	0.007	0.01	0.02	0.01	0.201	0	0.001	
KC-25	0.07	0.65	1.24	0.012	0.0089	0.01	0.02	0.01	0.201	0	0.001	

Table. 2.2 Weld wire types

품명	JIS 규격	용도	설파드 가스	비고
KC-28	YGW-12	기계, 차량등 각종구조물 50K급 고장력강 맞대기, 필렛 용접용	MAG (Co ₂ + Ar)	
ZD-55	YGW-18	중장비, 압력용기 55K 급 고장력강 맞대기, 필렛 용접용		TEST 제품
ZD-60	YGW-21	중장비, 압력용기 60K 급 고장력강 맞대기, 필렛 용접용		
KC-25	YGW-14	기계, 차량등 각종구조물 50K급 고장력강 맞대기, 필렛 용접용		방청 TEST

Table. 2.3 International standard for weld wire

Y GW 11



한국 K 시	규격			비고
	AMS	JIS	KS	
KC-25	ER70S-3	YGW14	YGW14	
KC-25H	ER70S-3	YGW16	YGW16	
KC-26	ER70S-6	YGW11	YGW11	
KC-27	ER70S-6	YGW15	YGW15	
KC-28	ER70S-6	YGW12	YGW12	

품명	JIS 규격	용도	설파드 가스	비고
KC-28	YGW-12	기계, 차량등 각종구조물 50K급 고장력강 맞대기, 필렛 용접용	MAG (Co ₂ + Ar)	기존 비 방청 영선용
ZD-55	YGW-18	중장비, 압력용기 55K 급 고장력강 맞대기, 필렛 용접용		
ZD-60	YGW-21	중장비, 압력용기 60K 급 고장력강 맞대기, 필렛 용접용		
KC-25	YGW-14	기계, 차량등 각종구조물 50K급 고장력강 맞대기, 필렛 용접용		방청 TEST

2.1.2 용접스패터

Fig. 2.2과 같이 일정한속도로 공급되는 와이어를 아크열로 녹인 후, 모재에 단락시켜 용적을 이행하는 단락 용접(Short circuit arc welding)이 있다. 그리고 Fig. 2.3과 같이 용접와이어가 모재에 단락되는 순간 전류를 최소화 하고 와이어를 역방향으로 이동 시켜 용적이탈을 전자기력과 와이어를 기계적으로 잡아당겨 용적이행을 하는 CMT 용접이 있다.

CMT용접을 이용함으로써 용접부에 가해지는 입열이 감소하며 아크 스타트 시 발생하는 대립의 스패터를 디지털제어로 감소시키고, 아크 재발생시 발생하는 미립의 스패터를 와이어에 의한 용적이행으로 저감하고자 하였다.

CMT용접과 단락용접을 이용하여 실험을 실시하여 각 공정에서 발생하는 스패터 분포와 발생량을 확인하고자하였다.

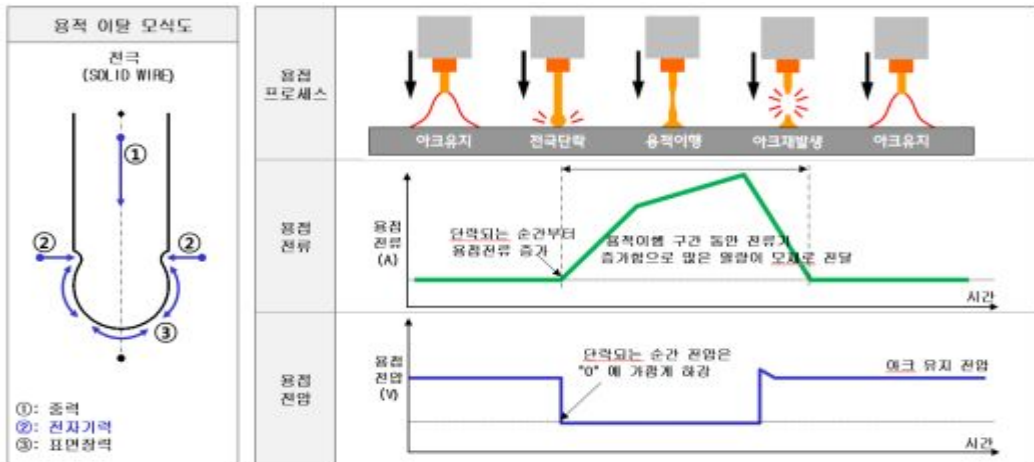


Fig. 2.2 Process of short circuit arc welding

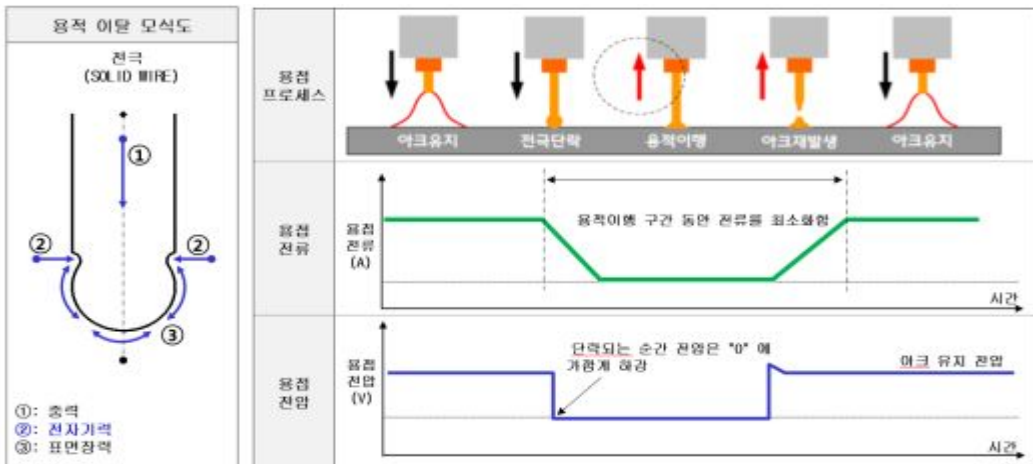


Fig. 2.3 Process of cold metal transfer welding

2.1.3 용접슬래그

슬래그 분포가 비드 표면에 넓게 분포하는 현상을 제어하기 위하여 CMT 용접기 내에 있는 DYNAMIC 파라미터 값을 Fig. 2.4에 나타나있는 것과 같이 설정 하였다.

용적의 크기를 조절하여 비드교반효과를 얻을 수 있다. 이를 이용하여 용접 슬래그(SLAG)를 감소시키고자하였다.



Fig. 2.4 Operation parameter of dynamic value

2.2 실험조건 및 실험방법

2.2.1 기공 저감을 위한 용접조건

기공 수를 평가하기 PIT와 BLOWHOLE에 따라 용접조건을 달리하였다. PIT 용접 조건은 보호가스 9:1/8:2(Ar:CO₂), 용접프로세스, 용전전류, 용접전압, 용접속도를 바꾸어가며 진행하였다. 세부적인 용접조건은 Table. 2.4 에 나타내었다.

Table. 2.4 Welding conditions for reducing welding porosity

용접법	실드가스	용접 조건		
		전류(A)	전압(V)	속도(CPM)
단락	9:1	240	20	10
	8:2	190	19.5	45
CMT	9:1	216	17.9	70

용접 비드 내부에서 발생하는 Blowhole을 관찰하기 위하여 용접조건은 CMT용접만을 사용하였으며 와이어종류를 제외한 나머지 용접조건은 동일하게 두고 실험을 진행하였다. 이 때 사용한 와이어의 종류로는 YGW-12와 방청강판용 YGW-14을 사용하였다.

① YGW-12(KC-28) 용접TEST조건

- 용접법 : CMT용접기
- 용접WIRE : KC-28(B제품, ∅ 1.2)
- 혼합가스(Ar : CO₂) : 9:1
- 용접조건 : 216A, 17.95V, 62.5CPM

② YGW-14(KC-25) 용접TEST조건

- 용접법 : CMT용접기
- 용접WIRE : KC-25(방청강판용 용접WIRE)(A제품, ∅ 1.2)
- 혼합가스(Ar : CO₂) : 9:1
- 용접조건 : 216A, 17.95V, 62.5CPM



Fig. 2.5 Specimen of X-ray examination



Manufacturer	SHIMADZU / Japan	Focus Size	4 mm
Model	SMX-225CT	Sample Size	
X-ray Tube Voltage	Max. 225kV	Fluoroscopy	Max. Ø 500mm x H 1000mm, 50kg
X-ray Tube Current	Max. 1mA	CT	Max. Ø 140 x H 100mm, 9kg

Fig. 2.6 X-Ray examination equipment

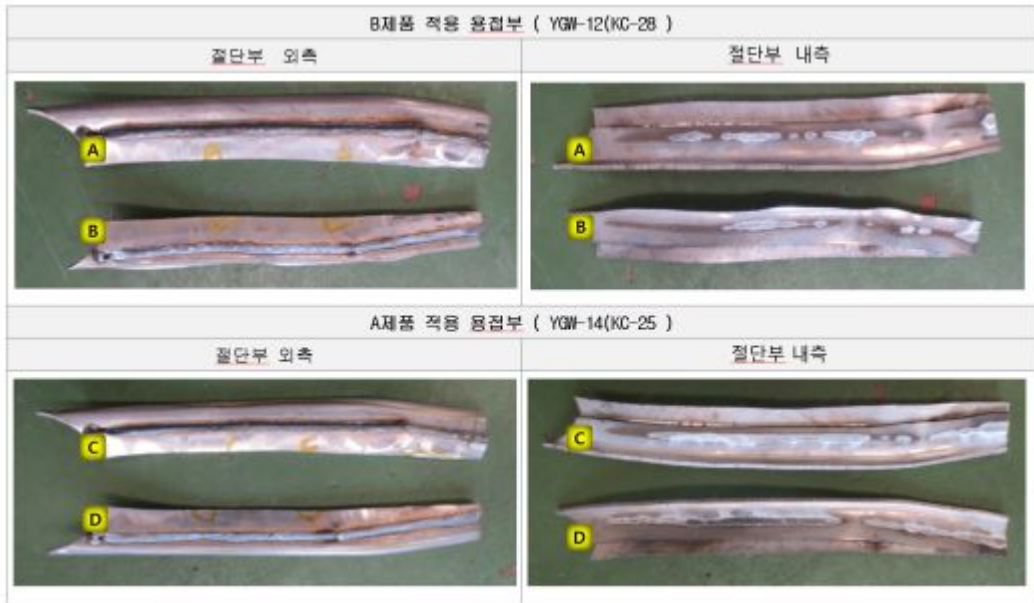


Fig. 2.7 Specimen fabricated by two type wires

2.2.2 스패터 저감을 위한 용접조건

스패터 저감을 위하여 용접조건은 단락과 CMT 용접에 따라 용접조건을 달리하여 진행하였다. 보호가스는 9:1(Ar : Co₂)로 동일하게 적용 하였으며 단락용접에서는 용접조건을 용접전류 240A, 용접전압 20V, 용접속도는 20CPM으로 진행하였다.

CMT용접에서는 용접전류 216A, 용접전압 17.9V, 용접속도는 62.5CPM으로 진행하였다.

2.2.3 슬래그 혼입 저감을 위한 용접조건

DYNAMIC 파라미터 값의 영향을 관찰하기 위하여 CMT용접기를 이용하였다. 이 때 동일한 전류전압 조건에서 전진법과 후진법, DYNAMIC 파라미터 값을 -1.0 ~ -0.4로 조건을 변경하며 실험을 진행하였다. Slag 혼입을 저감하기 위한 용접조건을 Table. 2.5에 나타 내었다.

Table. 2.5 Welding conditions of reducing slag

	Current(A)	Voltage(V)	DYNAMIC
전진법	184	15.8	-1
	184	15.8	-2
후진법	184	15.8	-1
	184	15.8	-2
	184	15.8	-3
	184	15.8	-4

제 3 장 연구결과 및 고찰

3.1 용접기공 특성

YGW-12계열과 YGW-14계열의 단락 및 COLD METAL TRANSFER(CMT) 용접조건에서 실험을 진행하였다. 각 용접조건에서 육안검사와 X-Ray검사를 통하여 외관결함과 내부결함의 수를 조사하였다.

3.1.1 비드 외관 결함

비드외관에 발생한 PIT수를 확인하였으며 Table. 3.1에 용접 조건 별 PIT 발생수를 나타내었다. 단락용접의 경우 YGW-14 와이어가 YGW-12 와이어에 비해 PIT 수가 감소하는 것을 확인 할 수 있었다.

CMT 용접의 경우에는 YGW-12, YGW-14와이어 모두 PIT 수가 단락용접에 비해 적게 발생하였다. 그리고 YGW-14 와이어에서는 PIT 발생하지 않은 것으로 보아 PIT 수를 저감을 위해 YGW-14와이어를 사용하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

Table. 3.1 The number of PIT

용접법	실드가스	용접 조건			YGW-12			YGW-14	비 고
		전류(A)	전압(V)	속도(CPM)	MC-50T (JSA)	SM-12 (SMA)	KC-28 (KSA)	KC-25 (KSA)	
단락	9:1	240	20	10	-	6	-	0	
	8:2	190	19.5	45	1	-	-	1	
CMT	9:1	216	17.9	70	-	-	2	0	

Fig. 3.1에서 쉴드 가스비율 Ar:CO₂(9:1), YGW-12 와이어와 YGW-14 와이어를 적용한 시편의 사진이다. YGW-12 와이어의 경우 비드 길이에 따라서 여러 곳에서 6 개의 PIT가 발생하였다.

YGW-14와이어를 사용한 경우에는 PIT는 관찰 되지 않았다. 이는 와이어 화학적 조성차이로 인하여 기공이 저감된 것으로 판단된다.

Fig. 3.2에서는 쉴드 가스비율 Ar:CO₂(8:2), YGW-12 와이어와 YGW-14 와이어를 적용한 시편의 사진이다. YGW-12 와이어와 YGW-14와이어 각각 1개의 PIT가 관찰 되었다.

Fig. 3.1과 3.2는 단락용접을 적용하였고, Fig. 3.3은 CMT용접을 적용하고 쉴드 가스의 조성은 Ar:CO₂(9:1), 용접와이어 조건을 변경하며 실험을 진행한 시험결과 이다. 단락용접에 비해 용접부 비드가 양호하였으며 YGW-12와이어를 사용하였을 때 PIT가 발생하였다. 세 가지 실험조건 모두 YGW-14와이어를 사용하였을 때 PIT가 거의 발생 하지 않았다. 용접 시험편의 형상으로 인하여 부분적으로 PIT가 발생한 것으로 판단된다.

① TEST 시편 비교(단락용접) - 쉴드 가스 조건(9:1)

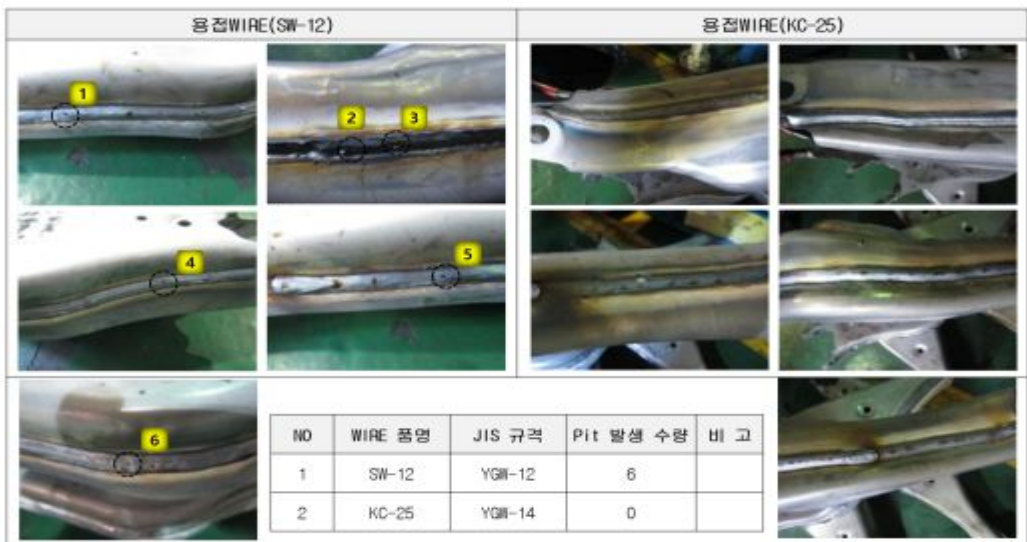


Fig. 3.1 Comparison of short circuit arc welding specimen in mix shielding gas ratio of Ar 9 to CO₂ 1

②TEST 시편 비교 (단락용접-JIGLESS) - 쉴드가스 조건(8:2)

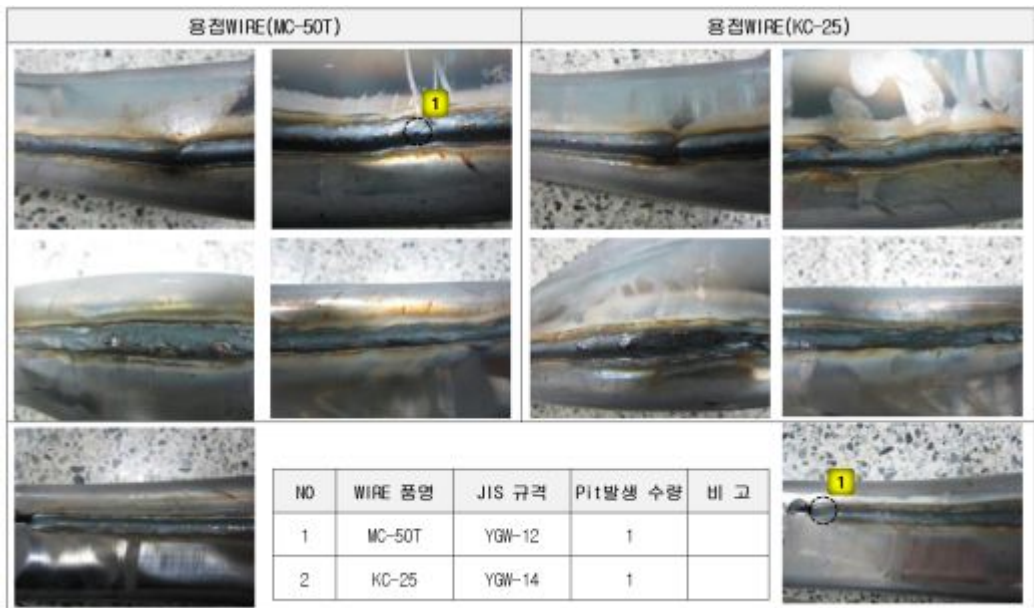


Fig. 3.2 Comparison of short circuit arc welding specimen in mix shielding gas ratio of Ar 8 to CO₂ 2

③ TEST 시편 비교 (CMT용접기) - 실드가스 조건(9:1)





용접WIRE(KC-28)		용접WIRE(KC-25)		
				
NO	WIRE 품명	JIS 규격	Pit 발생 수량	비 고
1	KC-28	YGW-12	2	
2	KC-25	YGW-14	0	

Fig. 3.3 Comparison of CMT welding specimen in mix shielding gas ratio of Ar 8 to CO2 2

3.1.2 비드 내부 결함(BLOW HOLE)

비드내부에 발생하는 Blow hole에 대한 용접와이어의 영향을 관찰하였다. 이때 시험편 형상에 따른 용접부 내부결함을 관찰하기 위하여 X-ray장비를 사용하였다.

Fig. 3.4의 A시험편과 Fig. 3.5의 B시험편은 YGW-12와이어를 사용하였으며, 각각 38개, 30개의 Blow hole 발생하였다. Fig. 3.6의 C시험편은 YGW-14와이어를 사용했을 때 각각 24개, 21개가 발생했다. 이는 YGW-14가 PIT뿐만 아니라 Blow hole의 수를 저감에 영향을 미치는 것을 확인 할 수 있었다.

Table. 3.2 The number of blow hole

10	설파가스	용접 조건				시험 NO	KC-28 (YGW-12)	KC-25 (YGW-14)	비 고
		전류(A)	전압(V)	속도(CPM)	용접장				
단락	8:2	190	19.5	45	540mm	A/C	38	24	
						B/D	30	21	
						합 계	68	45	

Fig. 3.8에 용접기공에 대한 용접와이어 YGW-12, YGW-14의 차이를 확인해보면 YGW-12, YGW-14 와이어 모두 전 비드에 걸쳐 기공이 발생하였다. 이에 반해 YGW-14 와이어는 일부 구간에서 기공 발생량이 축소되어 발생된 총 기공의 수는 YGW-12 대비 36% 감소되었다.

Fig. 3.9는 Fig. 3.8과 다른 형상의 제품에 대하여 YGW-12, YGW-14의 차이를 관찰하여 나타내었다. 두 종류의 와이어 모두 Arc start/end 구간에서 Blowhole이 집중적으로 나타났다. YGW-14와이어를 사용하였을 때 Arc start 구간에서 일부 기공 발생량이 감소하였다. 이는 용접와이어 화학조성이 Arc start시 arc 안정성에 영향을 준 것으로 판단된다.

① X-Ray 촬영 결과 B제품 사용 비드(A)

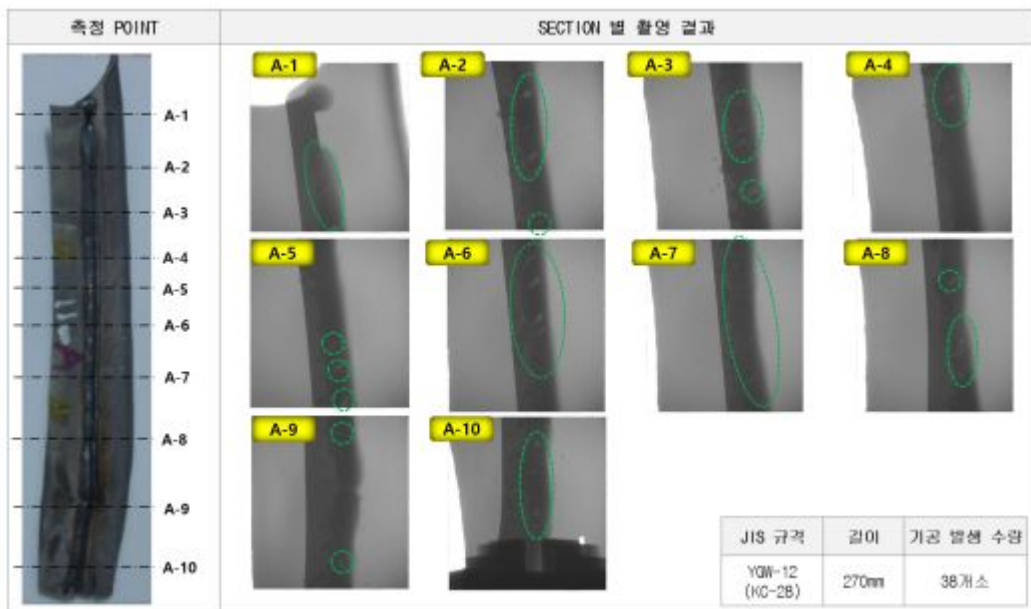


Fig. 3.4 X-Ray images of specimen A

② X-Ray 촬영 결과 B제품 사용 비드(B)

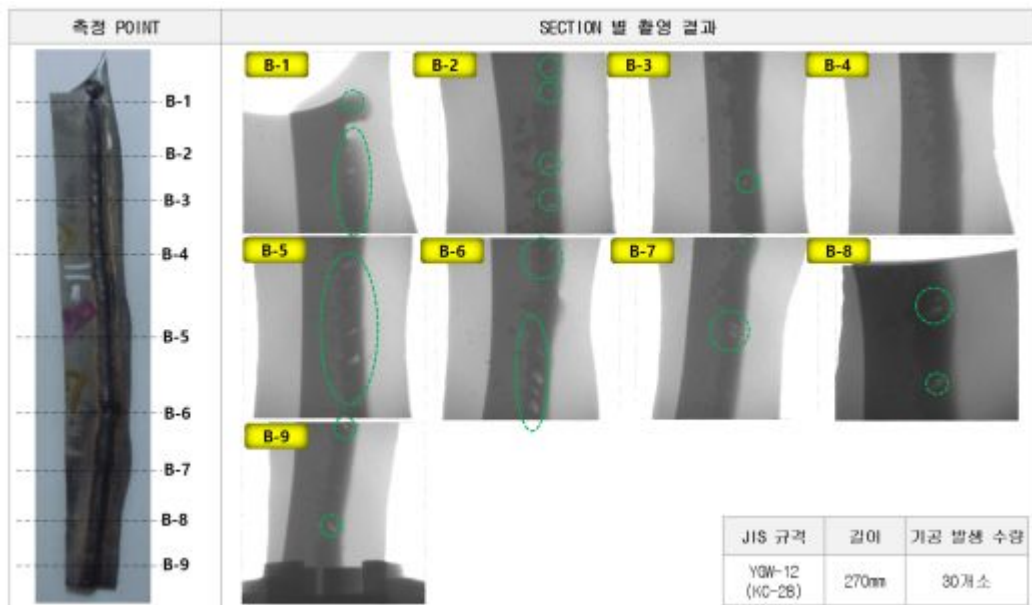


Fig. 3.5 X-Ray images of specimen B

③ X-Ray 촬영 결과 A제품 사용 비드(C)

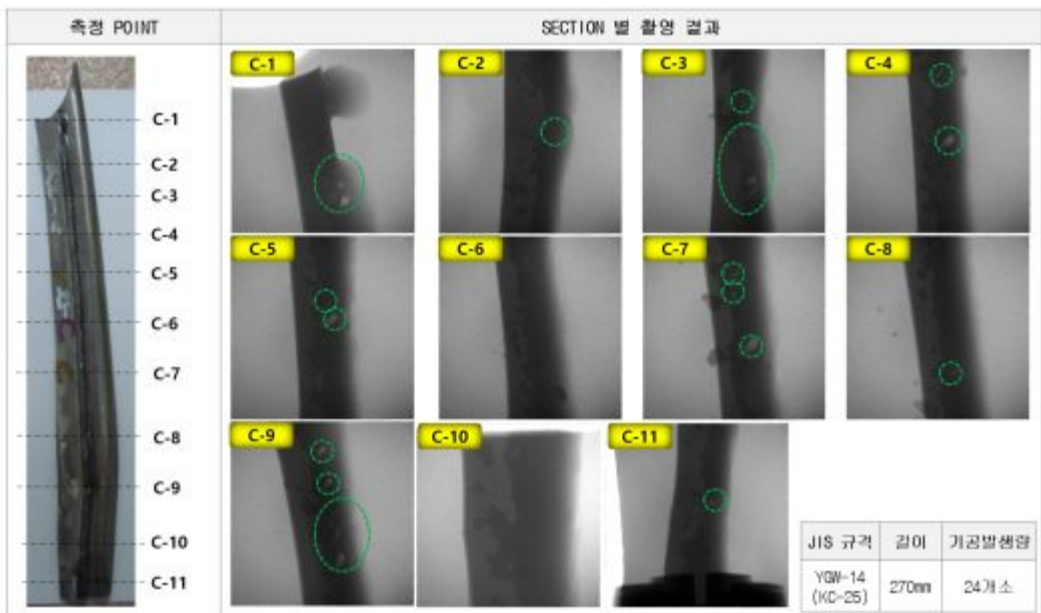


Fig. 3.6 X-Ray images of specimen C

④ X-Ray 촬영 결과 A제품 사용 비드(D)

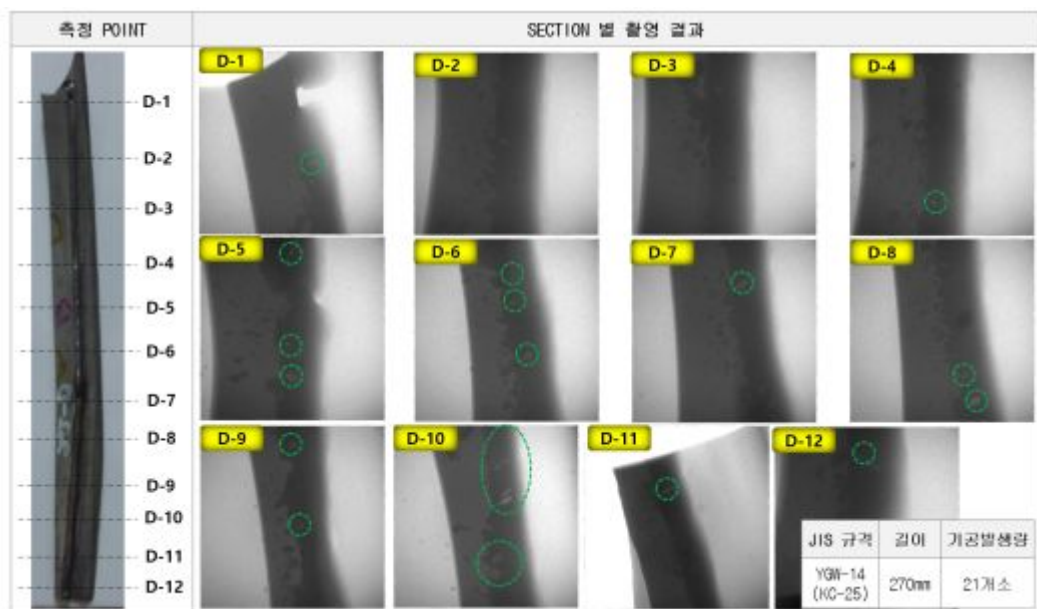


Fig. 3.7 X-Ray images of specimen D

⑤ 용접 기공 결함 종합 비교(1번 검사부)



Fig. 3.8 Comparison of weld porosity #1

⑥ 용접 기공 결함 종합 비교(2번 검사부)

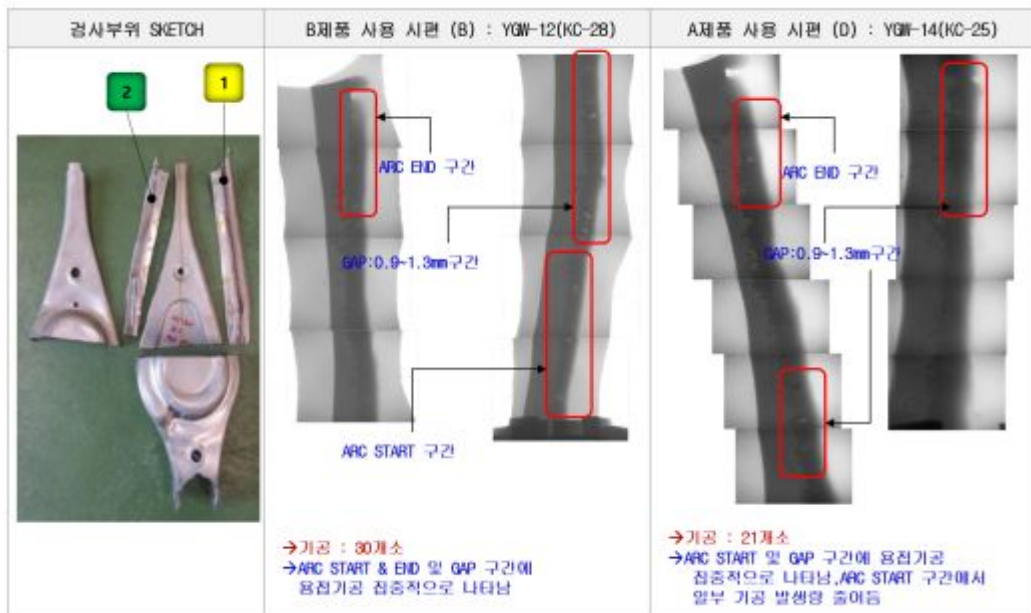


Fig. 3.9 Comparison of weld porosity #2

3.1.3 용접 기공 결함 시험 결과

용접 기공 결함 시험 결과 비드 외관 결함(PIT수)은 단락용접법, CMT용접, 혼합 가스 9:1(Ar:CO₂)의 비율, KC-25(YGW-14) 방청강판 전용 용접 WIRE(Si저감용) 사용시 거의” 0” 에 가까우나 일부 복잡한 부품형상에서는 부분적으로 PIT가 발생하였다.

또한 비드 내부 결함(BLOW HOLE 발생수)은 기존WIRE(MC-50T(YGW-12) 사용시에는 전비드에 걸쳐서 BLOW HOLE이 발생 하였으나, 방청강판 전용 용접 WIRE(Si저감용)인 KC-25(YGW-14) 사용시에는 BLOW HOLE이 33% 줄어드는 결과가 나왔다. 방청강판 전용WIRE(Si저감용) 사용으로 의한 용접 기공 품질이 향상되는 것을 확인 할 수 있었다.

3.2 용접스패터 특성

단락용접과 CMT용접을 적용하였을 때 발생한 스패터를 Fig. 3.10에 나타 내었다. CMT용접을 적용하였을 때 스패터가 거의 발생하지 않았다. CMT용접기의 용적 이행이 스패터 저감에 영향을 미친 것으로 생각된다.

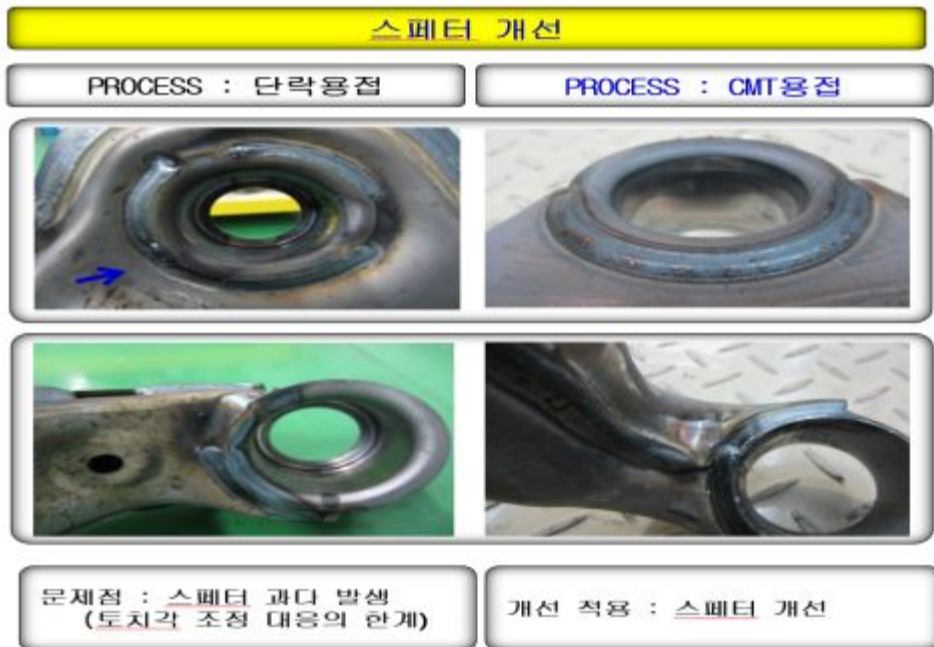


Fig. 3.10 Improved weld spatter

3.2.1 용접 스패터(SPATTER) 시험결과

단락용접기 적용시 용적이행을 위해 전류량이 증가되어 스패터 과다발생 및 용접속도 저하로 인한 용접비드 목두께 증가가 발생하였다.

저입열 효과를 극대화 시키는 CMT용접기를 적용하여 용적이행을 원활하게 하고, 불활성가스(Ar)비율 상승에 따른 아크 분위기 온도를 상승시키기 위해 혼합가스의 비율을 9:1(Ar:CO₂)로 적용했을 때 스패터(SPATTER)저감이 극대화되었다.

3.3 용접슬래그 특성

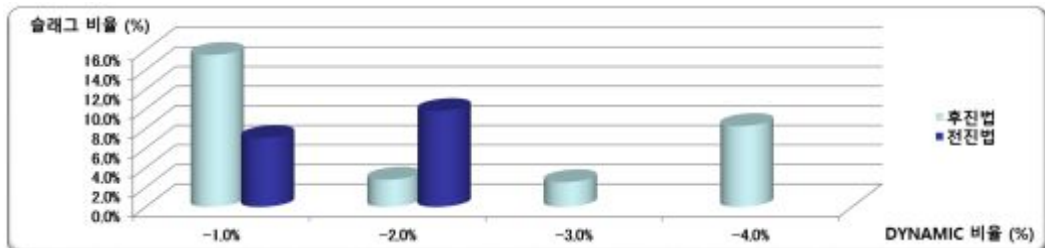
전진법, 후진법을 적용하고, Dynamic 수치를 -4.0, ~ -1.0 내에서 제어하였다. 전진법 대비 후진법을 적용하였을 때 비드단면적이 더 크게 나타났다. 면적대비 슬래그 비율은 슬래그 면적을 비드 단면적 나누어 계산하였다. Dynamic파라미터 값은 변경하였을 때 슬래그 발생비율이 일정한 경향을 갖지 않았으며, Dynamic값이 -2.0 ~ -0.3에서 2.5%~2.8%로 줄어드는 것을 확인 할 수 있었다.

Table. 3.3 에는 용접조건별 비드면적, 슬래그면적 등을 나타내었고, Table. 3.4에 슬래그 발생비율을 그래프로 나타내었다.

Table. 3.3 Slag distribution area

항 목	후진법				전진법		비 고
	측정치 #1	측정치 #2	측정치 #3	측정치 #4	측정치 #1	측정치 #2	
용접조건 (전류/전압)	184A/15.8V						
용접속도 (Cpm)	60						
dynamic (%)	-1.0	-2.0	-3.0	-4.0	-1.0	-2.0	
비드폭 (mm)	6	6	6.5	6	5.8	5.8	
비드길이 (mm)	245	291	419	234	255	232	
단면적 (mm ²)	1,470.0	1,746.0	2,723.5	1,404.0	1,479.0	1,345.6	
Slag 면적(mm ²) - 80%	228.0	48.5	68.7	115.9	103.8	131.6	
Slag 발생 개소	30	9	8	19	14	16	
면적대비 슬래그	15.5%	2.8%	2.5%	8.3%	7.0%	9.8%	

Table. 3.4 Slag rate



① Dynamic 조정량에 따른 슬래그 분포 비교 (Dynamic-1.0% 후진법)

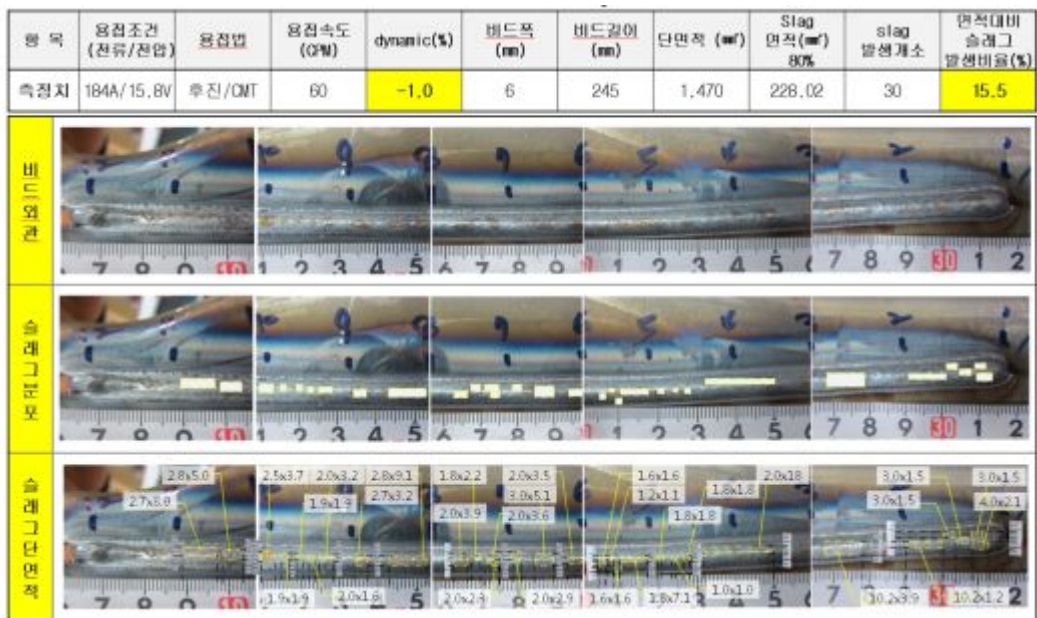


Fig. 3.11 Dynamic-1.0%, Back step welding

②Dynamic 조정량에 따른 슬래그 분포 비교 (Dynamic -2.0% 후진법)

항 목	용접조건 (전류/전압)	용접법	용접속도 (cm/min)	dynamic(%)	비드폭 (mm)	비드깊이 (mm)	단면적 (mm ²)	Slag 면적(mm ²) 89%	slag 발생개소	면적(비 슬래그 발생비율(%))
속정치	184A/15.8V	후진/CMT	60	-2.0	6	291	1,746	48.48	9	2.8

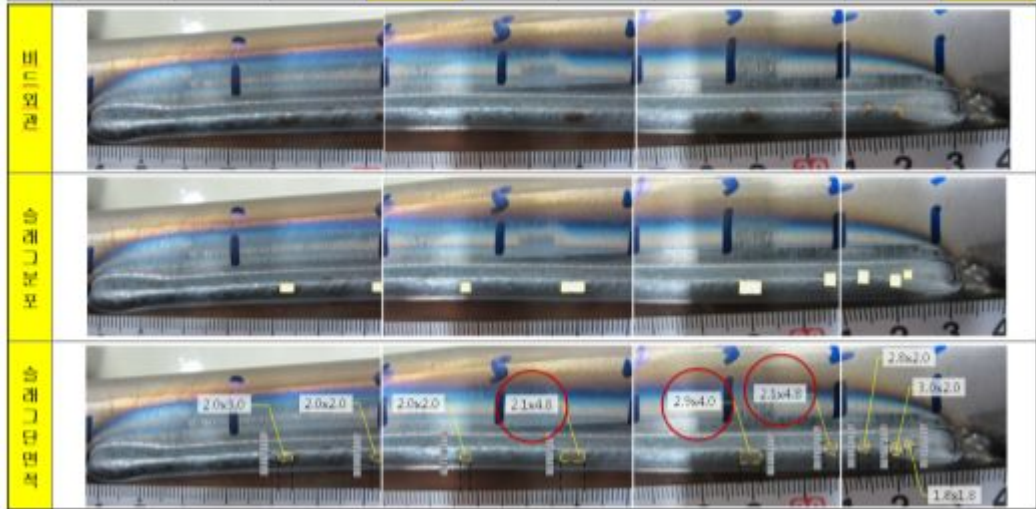


Fig. 3.12 Dynamic-2.0%, Back step welding

③Dynamic 조정량에 따른 슬래그 분포 비교 (Dynamic -3.0% 후진법)

항목	용접조건 (전류/전압)	용접법	용접속도 (CFM)	dynamic(%)	베드폭 (mm)	베드길이 (mm)	단면적 (mm ²)	Slag 면적(mm ²) 80%	slag 발생계수	면적대비 슬래그 발생비율(%)
측정치	184A/15.8V	후진/CMT	60	-3.0	6.5	419	2,724	68.72	8	2.5

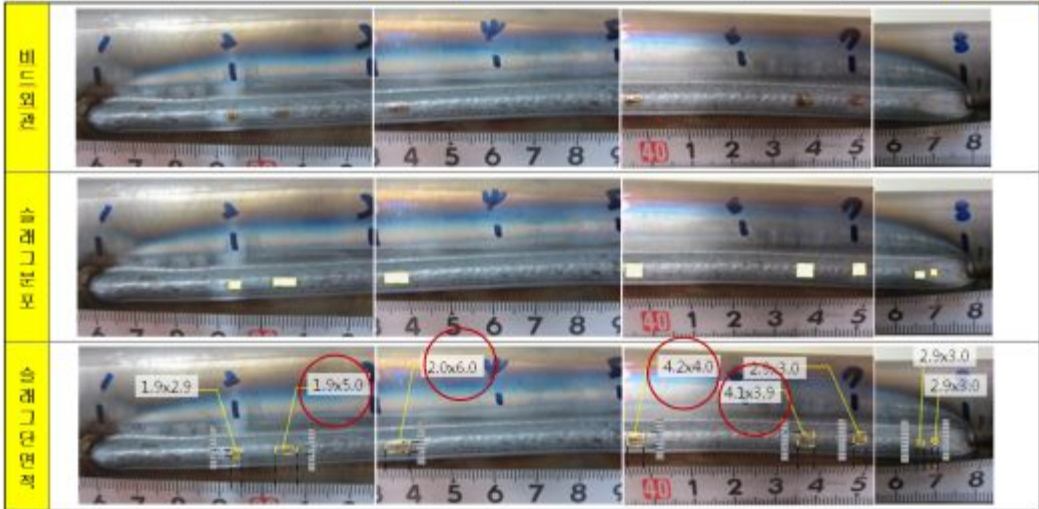


Fig. 3.13 Dynamic-3.0%, Back step welding

④Dynamic 조정량에 따른 슬래그 분포 비교 (Dynamic -4.0% 후진법)

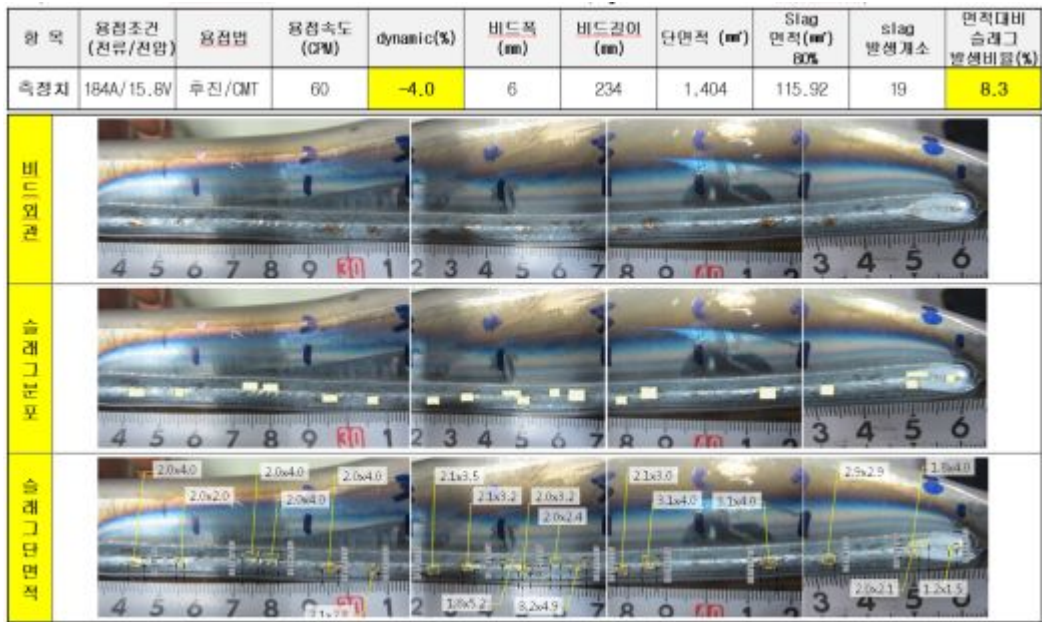


Fig. 3.14 Dynamic-4.0%, Back step welding

⑤Dynamic 조정량에 따른 슬래그 분포 비교 (Dynamic -1.0% 전진법)

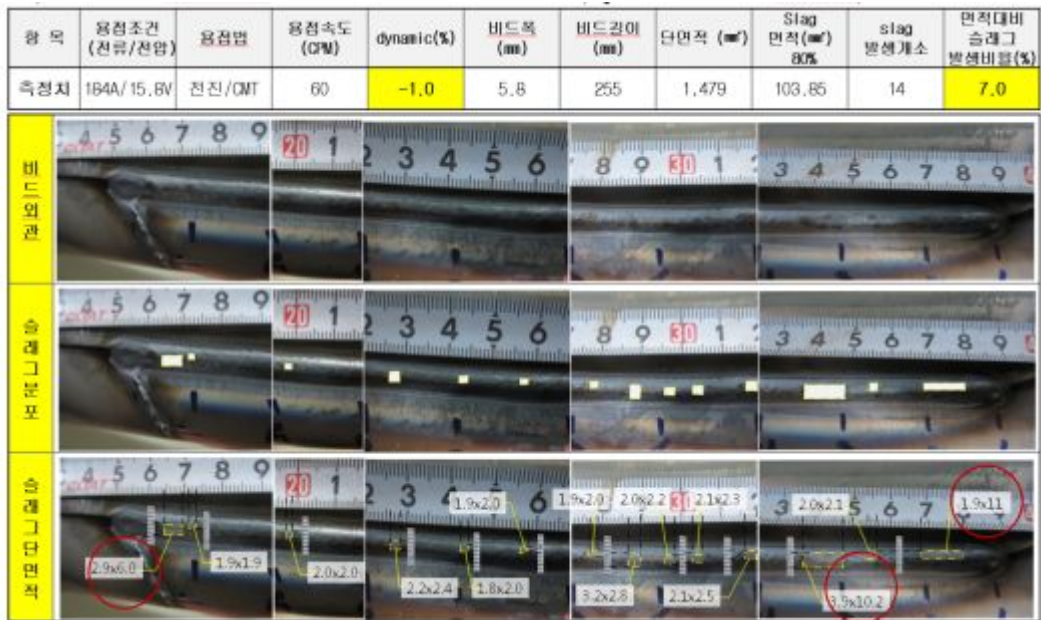


Fig. 3.15 Dynamic-1.0% Progressive welding

⑥Dynamic 조정량에 따른 슬래그 분포 비교 (Dynamic -2.0% 전진법)

항목	용접조건 (전류/전압)	용접법	용접속도 (CPM)	dynamic(%)	비드폭 (mm)	비드깊이 (mm)	단면적 (mm ²)	Slag 면적 (mm ²) 80%	slag 발생개소	면적대비 슬래그 발생비율(%)
측정치	184A/15.8V	전진/CMT	60	-2.0	5.8	232	1,346	131.50	16	9.8













비 교 예 시				
				
				

Fig. 3.16 Dynamic-2.0%, Progressive welding

3.3.1 용접슬래그(SLAG) 시험 결과

Fig. 3.11 ~ Fig. 3.16에 용접부 형상과 슬래그 발생 분포를 특성을 나타 내었다. 위 실험값을 분석 하였을 때 슬래그 감소를 위하여 방청강판 전용 용접 WIRE(Si저감용)를 적용 하였을 때 효과는 크지 않았다. 슬래그 제어방안 시험결과 DYNAMIC -2%~-3% : 슬래그 면적 감소하였으며, DYNAMIC -4%이상시 : 슬래그 면적 증가하는 것을 확인 할 수 있었다. 슬래그 총량 변화가 없다고 가정시 DYNAMIC 조정으로 슬래그의 분포제어가 일부 가능하였다. 슬래그 제거용 브러싱(BRUSHING) 공정이 필요로 되기 때문에 DYNAMIC 제어를 통한 슬래그 제어 조건에 대한 추가 시험이 필요하다.

제 4 장 결론

본 시험을 통하여 확인한 바에 의하면 방청강판의 중요 용접품질 영향인자인 용접 스패터는 만족 할 만큼 저감되었고, 용접기공, 용접슬래그 또한 많이 개선되었으나, 아직까지도 용접품질이 미흡하다. 그래서 앞으로 계속해서 연구해야 될 문제점 및 이문제점을 해결해나갈 방향을 아래와 같이 정리 해보았다.

용접기공 품질을 향상시키기 위해서는 용접법은 CMT용접기 적용하고, 방청강판 전용 용접 WIRE(Si저감용) 사용하고 혼합가스의 비율은 9:1(Ar:CO₂)로 적용해야 한다. 특히 실드가스 유량을 노즐경 +5~10L/분으로 유지하여주고 2m/분 이상의 풍속이 있는경우는 방풍 대책을 행한다. 토치의 진행각도를 수직보다 60도 이내로 하고 노즐의 높이는 CO₂가스의 경우 25mm이내, 혼합가스는 20mm 이내로 한다.

저입열 효과를 극대화 시키는 CMT용접기를 적용하여 용적이행을 원활하게 하고, 불활성가스(Ar)비율 상승에 따른 아크 분위기 온도를 상승시키기 위해 혼합가스의 비율을 9:1(Ar:CO₂)로 적용했을 때 스패터(SPATTER) 저감이 극대화되었다.

DYNAMIC제어를 통하여 용융지 교반에 효과에 의한 용접 슬래그 발생 분포지에 대한 제어는 일부 가능하다고 판단되었으나, 용입, 각장 등의 품질요소 감안한 최적의 슬래그 제어 조건에 대한 추가 시험이 필요하다고 판단된다.

이와 더불어 현재 단독열원 용접공법(Metal Active Gas(MAG)은 아연증기로 인하여 기공이 발생하는 문제점이 있으므로, 선행한 열원(Tungsten Inert Gas(TIG) 또는 MAG)으로 강판의 표면에 도금되어 있는 아연을 용융 혹은 증가화시켜 기공의 발생을 근본적으로 차단하고 후행 열원(TIG,MAG)으로 필요한 용접부 강도를 확보

하는 복합열원 용접공법(TIG+MAG, MAG+MAG)의 개발이 요구되고 있다.

【참고문헌】

- 1) 조상명, 「펄스아크용접에 있어서 파형제어와 용접특성 (Waveform control and welding characteristics in pulse Arc welding process)」, 『대한용접접합학회지』 제2권 1호, 2013.
- 2) 정균호, 나중쇠, 박동수, 정봉완, 이유신 『핵심금속·용접야금학개론』, 도서출판 구민사, 2016.
- 3) 유희수, 박재호, 김문정, 김희진, 「GMA용접에서의 아크스타트 제어기술, (Control Method of Arc start for GMA welding)」, 『대한용접접합학회지』, 제27권 5호, 2009
- 4) U.Ersoy, S.J.Hu, and E.Kannatey-Asibu, 「Observation of Arc start Instability and spatter Generation in GMAW」, 87, 2008.
- 5) H.J.Kim and C.H.Lee, 「The characteristics of power sources on the spatter Generation Rate in Co2 Arc welding process」, 『Journal of KWS, 17-4』, 1999.
- 6) Y.S.Kim, H.S.Ryoo, H.J.Kim and S.C.Oh, 「A review of welding current waveform control and Mechanical control Technique for Reduction of spatter in short circuit Transfer」, 『대한용접접합학회지』, 제25권 제 5호, 2007.
- 7) D.Farson, C.Conrardy, J.Talkington, K.Baker, T.Kerschbaumer and P.Edwards, 「Arc Initiation in Gas Metal Arc welding」, 『Welding Journal 315-312』, 1998.
- 8) J.F.Lancaster, 『The Physics of welding』, 2nd Ed. Pergamon Press, Oxford, UK., 1986.
- 9) 박정웅, 「용접변형(2) Welding Deformation(2)」, 『대한용접접합학회지』, 제22권 제5호, 2004.