

FCAW WELD 실무교육

● 교육 내용

目次(Table of contents)

1. Gas를 활용하는 용접법 분류

2. FCAW WELDING의 개념 이해하기

3. 금속재질에 적합한 용접재료 선택방법

4. FCAW WELD DEFECTS의 유형과 방지 대책

5. 좋은 용접결과를 얻기 위한 핵심과제

*** 용접 시작 전 중요 준수사항**

*** 용접 시공 중 중요 준수사항**

*** 용접 완료 후 중요 준수사항**

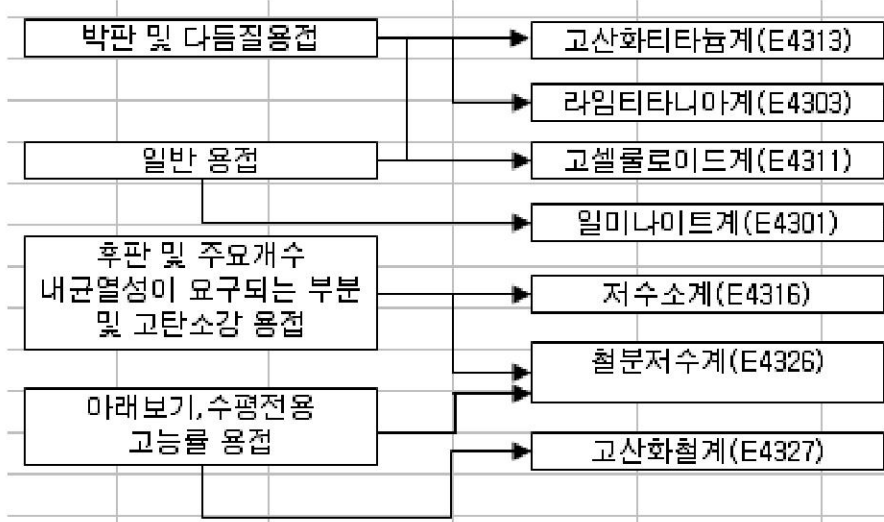
이 敎材는 FCAW Welding 關聯하여 現場 作業者가 基本的으로 概念을 理解하여 缺陷없는 좋은 銲接結果를 얻을 수 있도록 編輯한 內容으로 構成 되었습니다. 編輯者 : 李 潤 植

제 1 장 . Gas를 활용하는 용접법 분류

SMAW (Shielded Metal Arc Welding or MIG)

전극_용접봉(보통 주위에서 보는 길다란 막대기를 용접용 홀더에 끼워 사용하는 용접)에 이 보호가스의 역할을 해주는 플럭스가 덮혀 있습니다.

따라서 따로 보호가스를 사용할 필요가 없습니다.



GTAW (Gas Tungsten Arc Welding or TIG)

전극으로 텅스텐을 사용하며, 주로 Ar가스를 보호가스로 사용합니다

정확한 종류와 사이즈의 전극봉을 사용하는 것은 중요하며, 적당한 전극봉으로 용접해야 만족할만한 결과를 얻는다.

구분	명칭	봉단색	용도	첨가물	비고
토륨 텅스텐 전극봉	WT-20	적색(RED)	철, 스테인레스 등에 광범위하게 사용되어짐	Torium 2%	일반적으로 가장 많이 사용됨.
란탄 텅스텐 전극봉	WL-15	금색(GOLDEN)	철, 스테인레스, 알루미늄, 각종 금형 용접에 사용. 알루미늄에 특히 탁월함	Lanthan 1.5%	특히 인체에 무해한 재질로 토륨을 대체하여 널리 사용됨.
세륨 텅스텐 전극봉	WC-20	회색(GRAY)	DC, 저 전류 전극 봉. 정밀 금형에 특히 널리 사용됨.	Cerium 2%	저 전류 정밀 금형에 탁월함
순 텅스텐 전극봉	W-PURE	청색(BLUE) 녹색(GREEN)	순 텅스텐 전극 봉. 주로 알루미늄 용접전용으로 사용되며 면마의 필요가 없음.	Pure-Tungsten	.
지루코늄 텅스텐 전극봉	WZ-8	백색(WHITE)	AC 고 전류 전극 봉. 알루미늄 전용	Zirconium 0.8%	.

GMAW (Gas Metal Arc Welding or MAG)

소모전극 와이어를 일정한 속도로 용융지에 공급하면서 전류를 통하여 와이어와 모재 사이에서 아크가 발생되도록 하는 용접법이다.

(1) MIG Welding

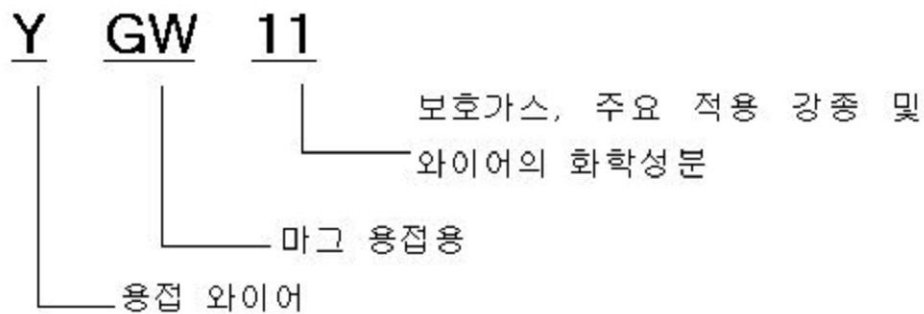
Ar과 같은 불활성가스로부터 보호되는 용접.

(2) MAG Welding

CO₂가스와 Ar가스를 혼합한 가스로부터 보호되는 용접

(3) CO₂ Welding

CO₂가스를 실드가스로 쓰기 때문에 용입이 깊고 스파터가 많이 생기지만, 가격이 싸다.



< 표 1 > 연강 및 고장력강용 슬리드 와이어 규격

와이어의 종류	보 호 가 스	주요 적용 강종	용 도
YGW 11 YGW 12 YGW 13 YGW 14	CO ₂	연강 및 인장강도 490N/mm ² 급 고장력 강	대전류 용접용 단락미행용접용(220A 이하) 수평필렛용접용
YGW 15 YGW 16 YGW 17	80% Ar-20% CO ₂		-
YGW 21 YGW 22	CO ₂	인장강도	-
YGW 21 YGW 22	80% Ar-20% CO ₂	590N/mm ² 급고장력강	-

PAW (Plasma Arc Welding)

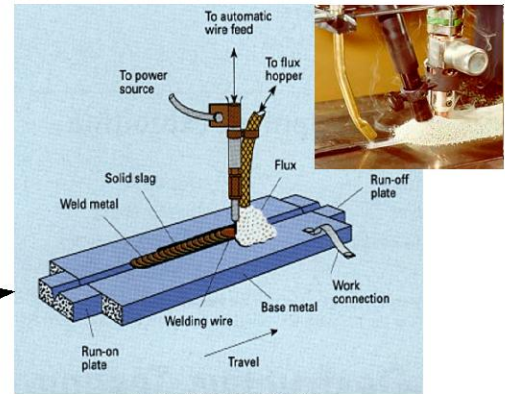
FCAW (Flux Cored Arc Welding)

SAW (Submerged Arc Welding)

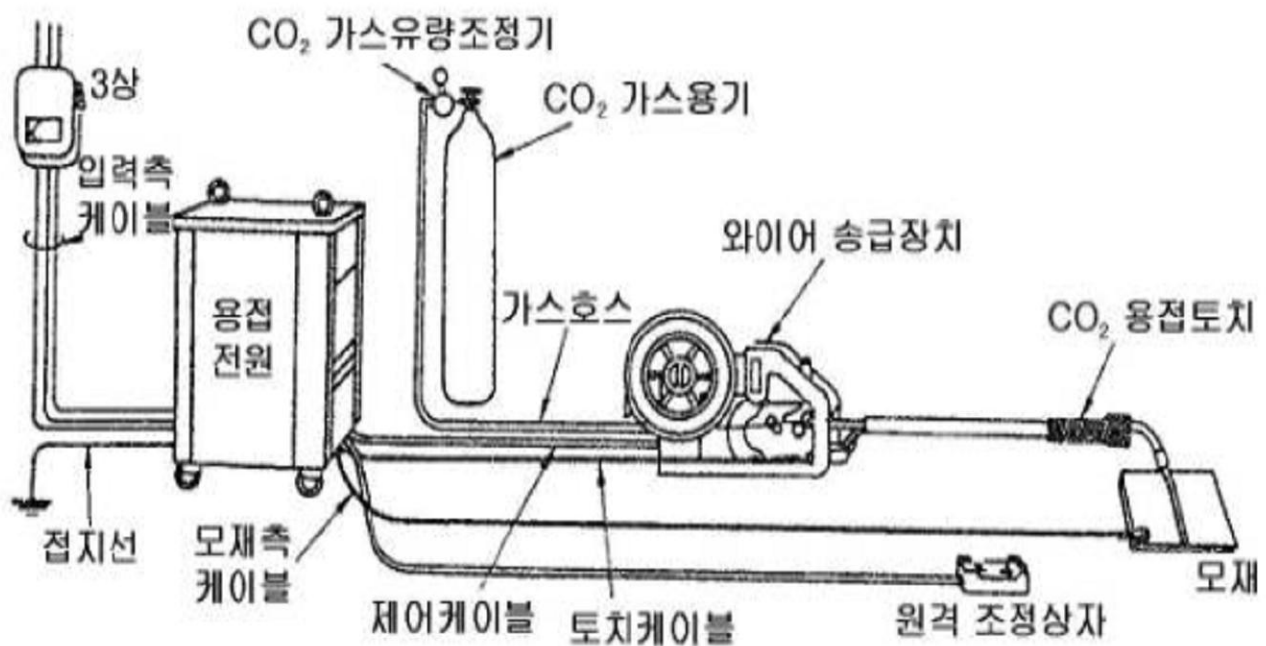
ESW (Electro slag Arc Welding)

EGW (Electro Gas Arc Welding) 수냉 銅 받침판 사용, CO_2 , $\text{Ar}+\text{CO}_2$ 사용하며 수직상진자세 적용

Brazing 모재는 녹이지 않고 용융점이 낮은 용융재를 사용하여 모재관현상에 의해 접합.



< 그림 1 > 서보머지드 아크 용접의 원리



Flux Cored Arc Welding 장비구조

제 2 장 . FCAW WELDING의 개념 이해하기

1. 개요

연속적으로 공급되는 플럭스가 내장된 와이어를 사용하고 CO₂ gas와 세경와이어속에 내장된 플럭스로서 용착금속을 보호할 뿐만 아니라 효율이 높고 전 자세 용접이 용이하며 넓은 용접조건 범위에서 안정된 아크를 얻을 수 있어 조선 공업의 대표적인 용접방법이다.

1. 원리 : 기본적으로 용가재로써 작용하는 소모성Wire를 일정한 속도로 용융지에 송급하면서 전류를 통하여 Wire와 모재모재사이에 Arc를 일으켜 용접하는 방법이며 용융부위는 가스노즐을 통하여 공급되는 보호가스에 의하여 대기로부터 보호된다.

Ar과 같은 불활성 가스로 부터 보호되는것을 MIG용접이라하고 순수한 탄산가스만으로 사용하는 탄산가스 마크용접(Co₂용접)과 탄산가스와 Ar을 혼합하여 용접하는 MAG용접으로 분류된다.

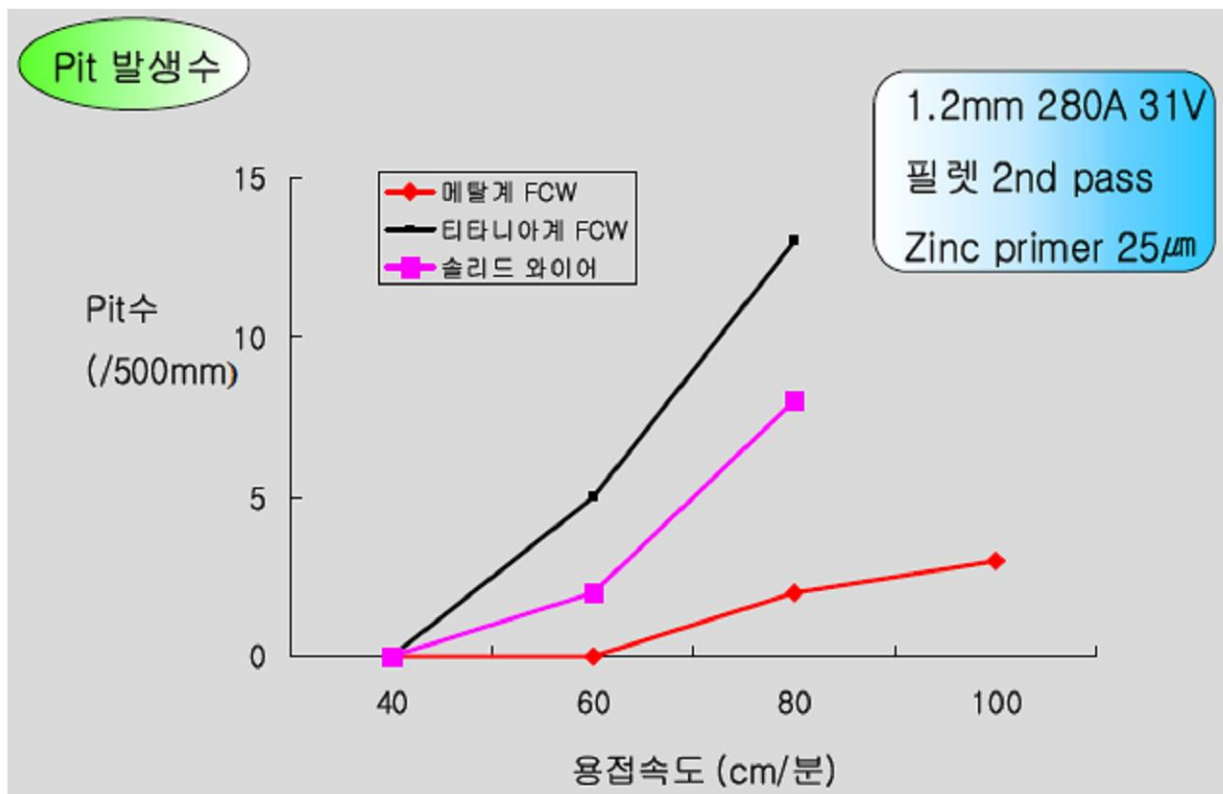
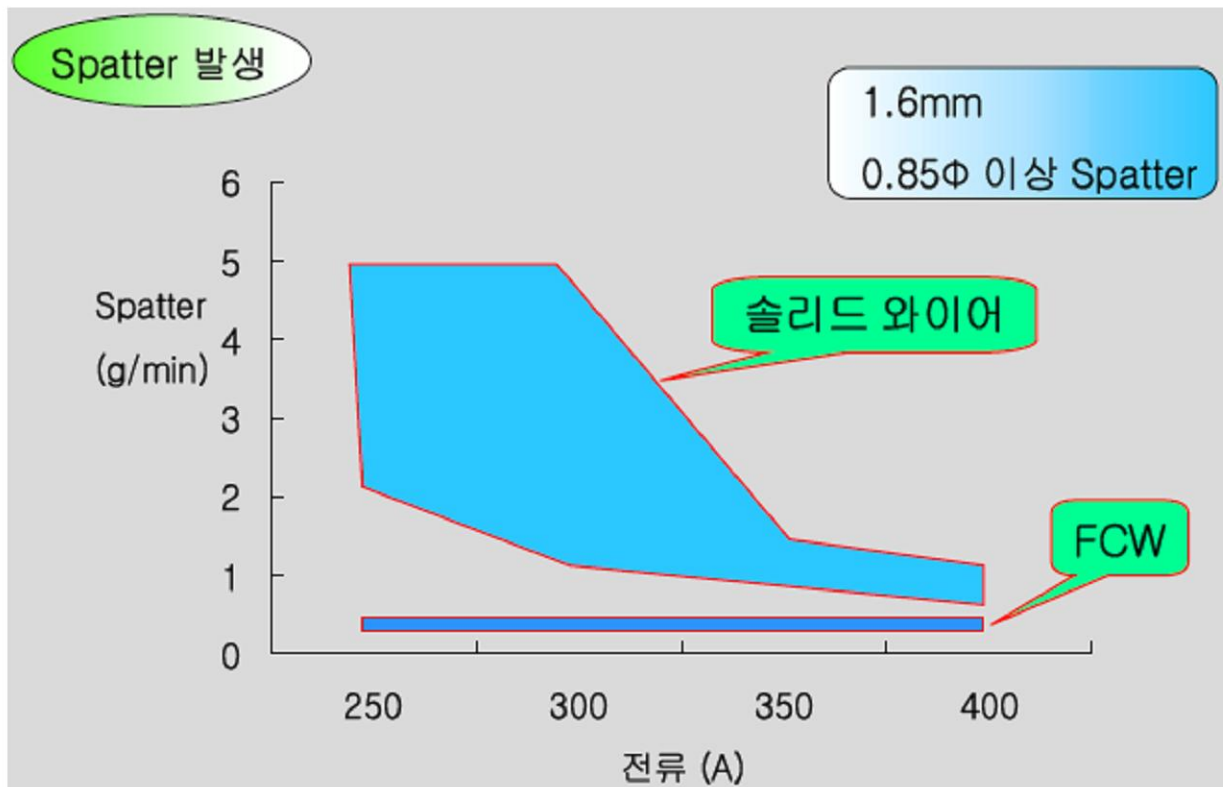
플럭스 특성에 따른 분류 및 특성

	작업성	내균열성	내기공성	충격인성	Hyundai 제품
티타니아계	우수, 전자세용	보통	약함	보통	SF-71, Supercored 71
메탈계	양호, 하향전용	우수	우수	양호	Supercored 70NS
세미메탈계	양호, 하향전용	양호	양호	양호	SF-70MX
염기성계	보통, 전자세용	우수	우수	우수	Supercored 70B

용도에 따른 분류 및 특성

	특 징	Hyundai 제품
저온용	-40℃, -60℃ 충격인성 확보	Supercored 81K2
고능률용	용착속도 우수	SC-EG2 Cored
고속도용	내결함성 우수, 고속용접	Supercored 70MXH
박판용	저전류 용접	SC-70T Cored
내후성용	내후성 강판용	SF-70W, SF-80W
후열처리용	용접 후 열처리 가능	Supercored 81MAG

FCAW WELDING의 개념 이해하기



2. 보호가스

보통 CO₂ 가스를 사용하지만 극히 드물게 작업성을 위하여 Ar+CO₂ 혼합가스를 사용하는 경우도 있으며 보호가스의 종류에 따라 용접부의 인성치와 작업성에 상당한 영향을 미치고 있다.

혼합가스를 사용할때 그 비율의 표준은 CO₂(25%)+Ar(75%)가 무난하며 보통은 CO₂단일가스를 사용하며 유량은 20ml/min가 적당하다.



용접 진행 중에 gas를 지속적으로 공급하는 목적은 용융풀이 액체에서 고체로 응고되는 순간에 대기중의 산소 등을 차단시켜 용작금속을 보호하는데 있다.

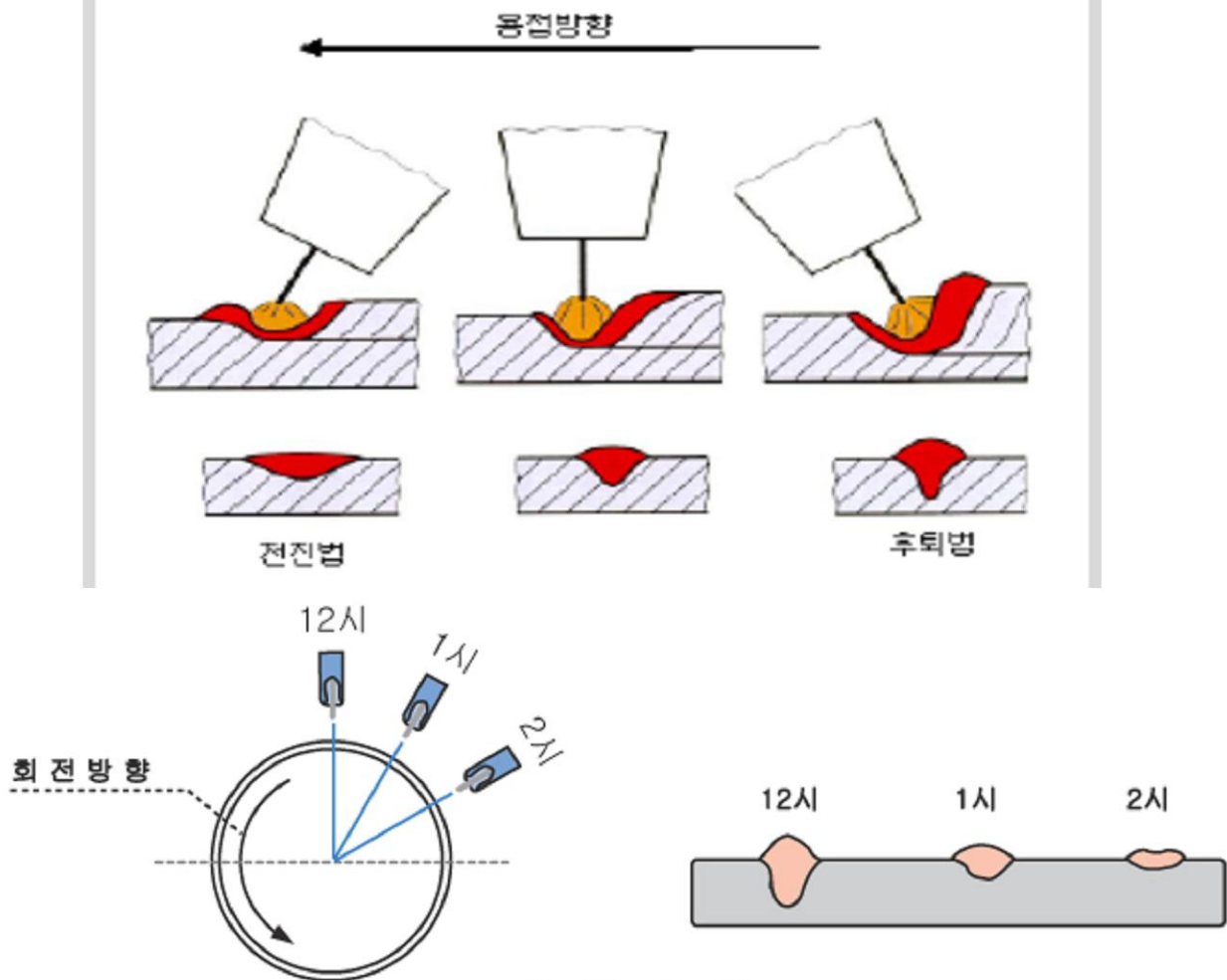
따라서 유량이 적거나 바람이 강하면 blowhole등 결함이 발생한다.

3. 비드형상에 영향을 미치는 용접변수들

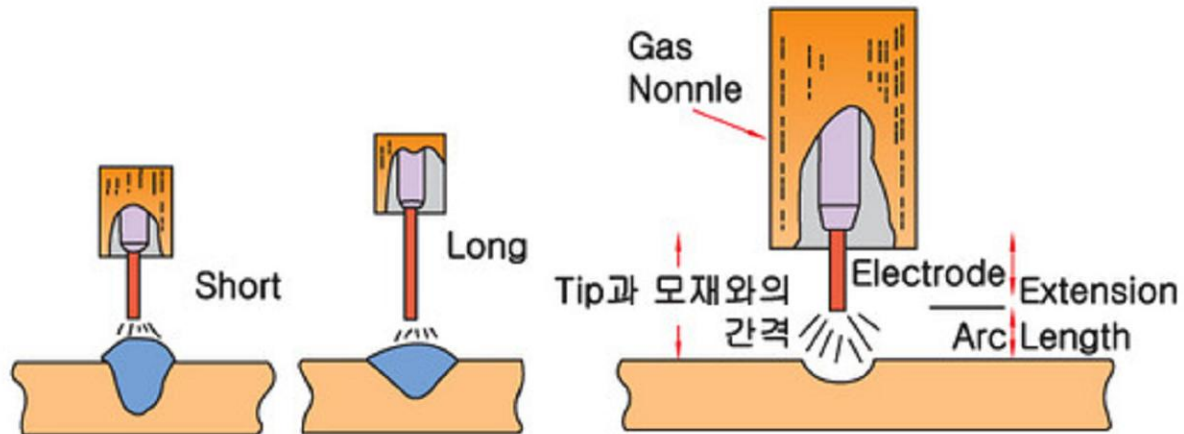
전진법과 후진법의 차이

구분	전진법	후퇴법
용입	얕다 (용착금속 선행, 박판)	깊다 (후판)
스패터	많다	적다
비드 형상	평활	조악
용접선	잘 보이지 않는다	잘 보인다 (비드 폭, 여성고 조절 용이)

용접방향 & 용입



- 원 주 용 접 -



1. Torch의 각도를 그림과 반대로 기울이면 (후퇴법)

- 1) Bead 폭이 좁아진다
- 2) 여성 (Bead 높이)이 높게된다
- 3) 용입이 깊게된다

5. 모재의 표면

Oil, 녹이 다량으로 부착되어 있으면 Blowhole이 발생한다.

2. Tip - 모재간의 거리를 크게하면

- 1) 전류가 감소한다.
- 2) Arc 길이가 크게된다
- 3) 용입이 감소한다.

6. Nozzle의 높이가 높으면 => Blow Hole이 발생한다.

- Nozzle의 높이가 낮으면

- 1) Spatter로 막히기 쉽다
- 2) 장시간 용접 할수 있다.
- 3) 용접선이 보기에 좋다.

3. Wire경을 굵게하면

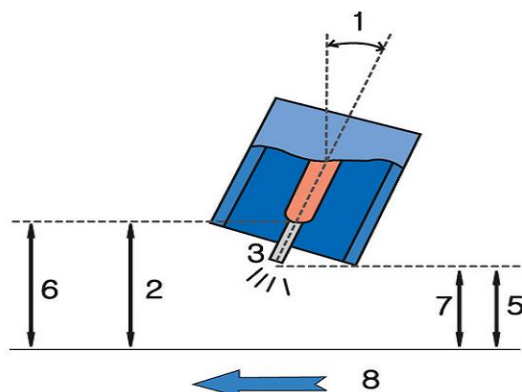
- 1) Spatter가 많게된다
- 2) Arc가 불안정하게된다
- 3) 용입이 얇게 된다

- 용접전류가 크게되면

- 1) Bead 폭이 열게된다
- 2) Bead 높이가 높게된다.
- 3) 용입이 깊게 된다.
- 4) Spatter의 발생이 적게된다.

4. Shield Gas

- 1) 유량이 적거나 바람이 강하면 Blowhole이 발생한다
- 2) Gas의 종류에 의해서 용접의 이행상태가 변한다



7. Arc길이가 길게되면

- 1) Bead 폭이 넓게 된다.
- 2) Bead 높이가 높게된다.
- 3) Spatter의 입자가 크게된다.
- 4) 용입이 낮게 된다.

8. 용접속도가 빠르면

- 1) Bead 폭이 좁게된다.
- 2) Bead 높이가 낮게된다.
- 3) 용입이 낮게 된다.
- 4) Under Cut이 발생하기 쉽다

*전압이 너무 높으면 =>

- 1) Spatter - 마아크 용접과 가스 용접에 있어서 용접중에 비산하는 슬래그 및 금속입자
- 2) Porosity - 용착금속중에 기공의 밀집한 정도
- 3) Undercut 등이 발생할 가능성이 크며

*Undercut : 용접의 다리길이 끝을 따라 모재가 제거되고 용착금속이 채워지지 않은채 홈으로 남아있는 부분

*전압이 너무 낮으면 =>

- 1) Weld Bead가 좁고 불룩하게 된다
- 2) 용입이 얕아진다
- 3) Overlap 현상이 일어나기 쉽다

* Overlap : 용접금속의 다리길이 끝에서 모재에 융합하지 않고 겹친상태로 응력의 집중, 복식출진의 원인이된다.

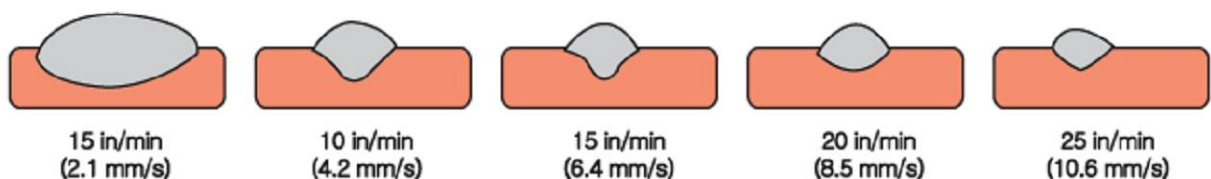
Travel Speed (용접속도)

* Travel speed가 낮으면 =>

- 1) 용입감소
- 2) Bead폭이 높고 넓게 퍼진다.
- 3) 용융지에서 Piling up(겹침) 현상이 일어난다.
- 4) Overlap 현상
- 5) 입열이 커져서 열 영향부가 증가하므로 재질 변형의 원인이 될수 있다.

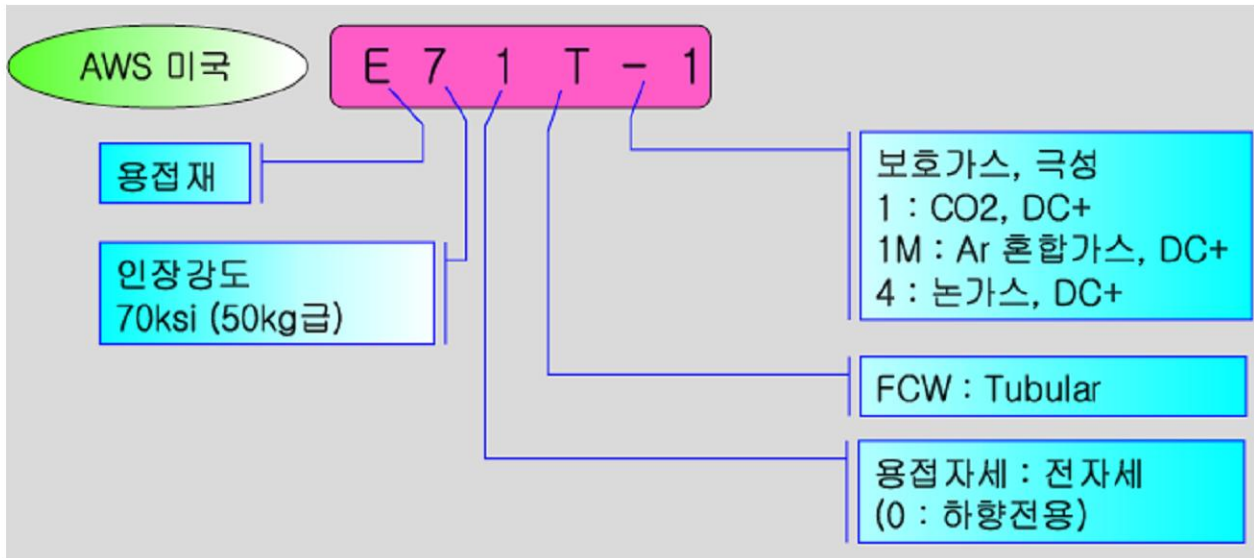
* Travel speed가 증가하면 =>

- 1) 용입이 일정수준에서 감소한다.
- 2) Bead 높이와 폭이 감소한다.
- 3) Undercut 현상이 일어난다.



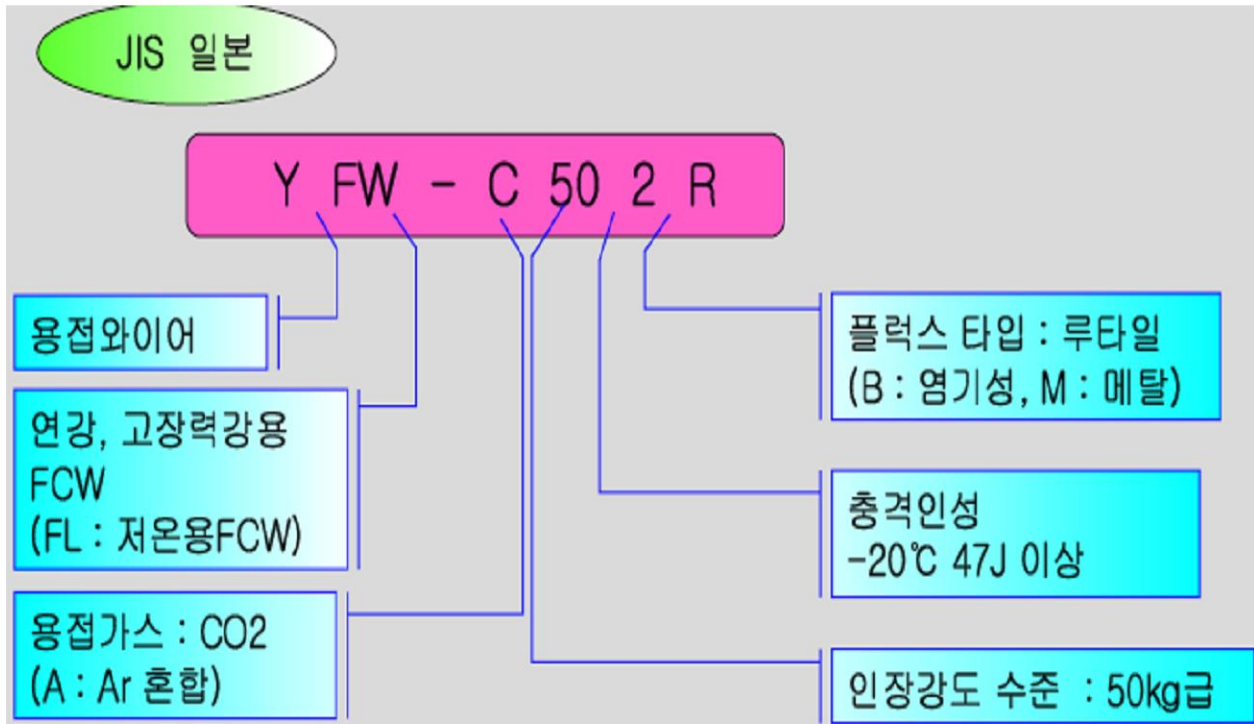
제 3 장.금속재질에 적합한 용접재료 선택방법

1. FCW 용접 재료 국가별 규격



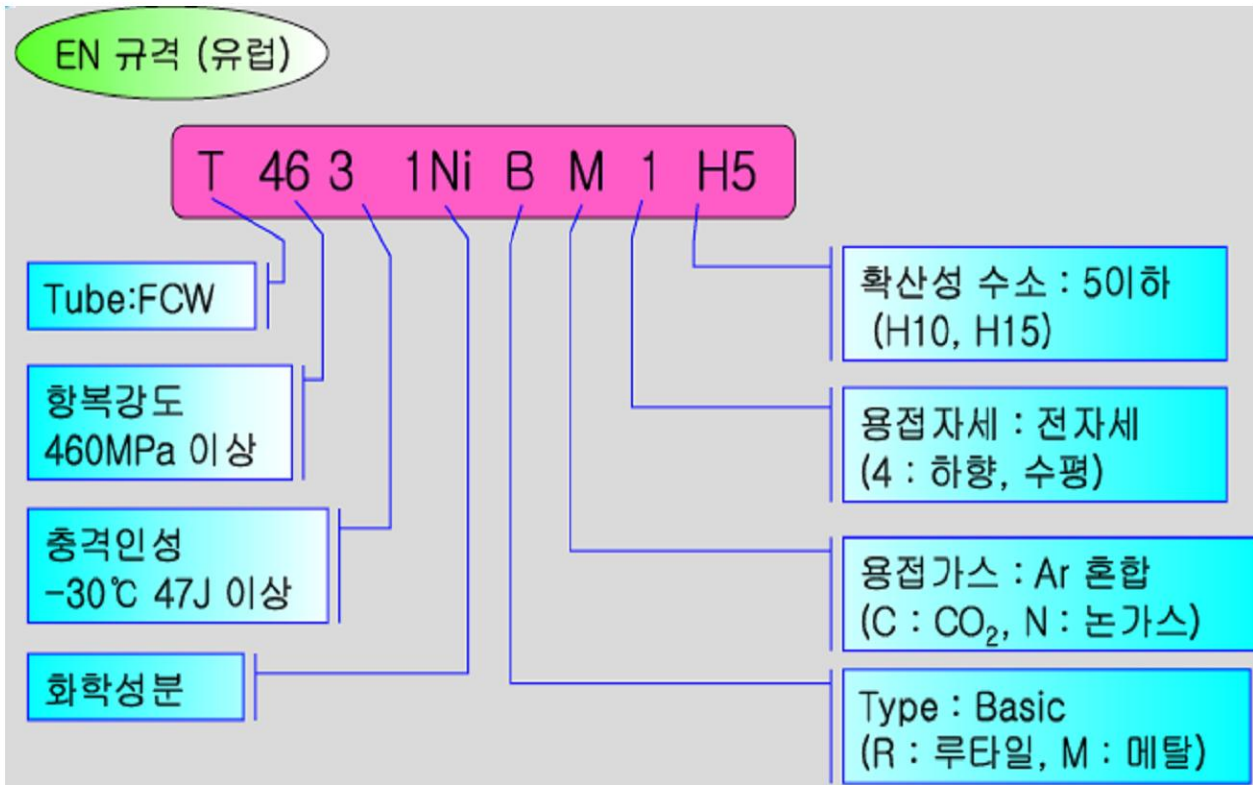
- E : Electrode
- 71: 7은 용접부의 최소인장강도, 1은 전자세용접(0:아래보기 및 수평자세)
- T : Tubular wire의 약자
- 1 : 용접금속의 화학성분, 보호가스 사용유,무 및 사용전류

T-1	Co2 or Ar+Co2혼합가스 사용으로 중,후판에 적합하고 아래보기전용
T-2	Co2를 사용하고 아래보기 단층용접 전용
T-3	자체보호flux이고 박판의 고속용접에 적합.
T-4	자체보호flux이고 단층 및 다층용접에 적합.
T-5	염기성계통의 flux이고 Co2또는 Ar 혼합gas사용하고 고강도에 사용.
T-6	자체보호flux이고 T-5와 동등한 충격인성을 가지고 있고 용입이 깊다.
T-7	T-4와 유사하며 정극성에서는 전자세 용접이 가능하다.
T-8	T-5와 동등충격인성을 가지며 정극성에서는 전자세 용접이 가능하다.
T-10	정극성 조건에서만 사용하고 기타의 특성은 T-3와 같다.
T-11	spray이행을 하고 기타 특성은 T-7과 동일하다.



- Y : 용접 wire
- FW : 연강 및 고장력강용 Flux cored
- C : 보호가스(C:co2, A:Ar, S:자체보호)
- 50 : 용착금속의 최소인장강도
- 2 : 용착금속의 충격에너지와 시험온도
- R : Flux종류(R:루타일계, B:염기성계, M:메탈계, G:그외)





용접관련 규격 및 기호

K	S	Korea industrial standard	한국 공업 규격		
K	R	Korea register of shipping	한국 선급 협회		
A	W	S	American welding society	미국 용접 협회	
A	S	M	E	American Society of Mechanical Engineers	미국 기계 기술자 협회
D	N	V	Det Norske Veritas	노르웨이 선급 협회	
A	B	S	American bureau of shipping	미국 선급 협회	
A	P	I	American petroleum institute	미국 석유 협회	
I	I	W	international institute of welding	국제 용접 협회	
N	K	Nippon kaisi kyokai	일본 해사 협회		
L	R	Lloyd's register of shipping	영국 선급 협회		
B	V	Bureau veritas	프랑스 선급 협회		
U	S	C	G	United states coast guard	미국 해안 경비대
A	S	T	M	American society for testing and material	미국 재료 시험 협회

WELD WIRE 规格 이해 하기

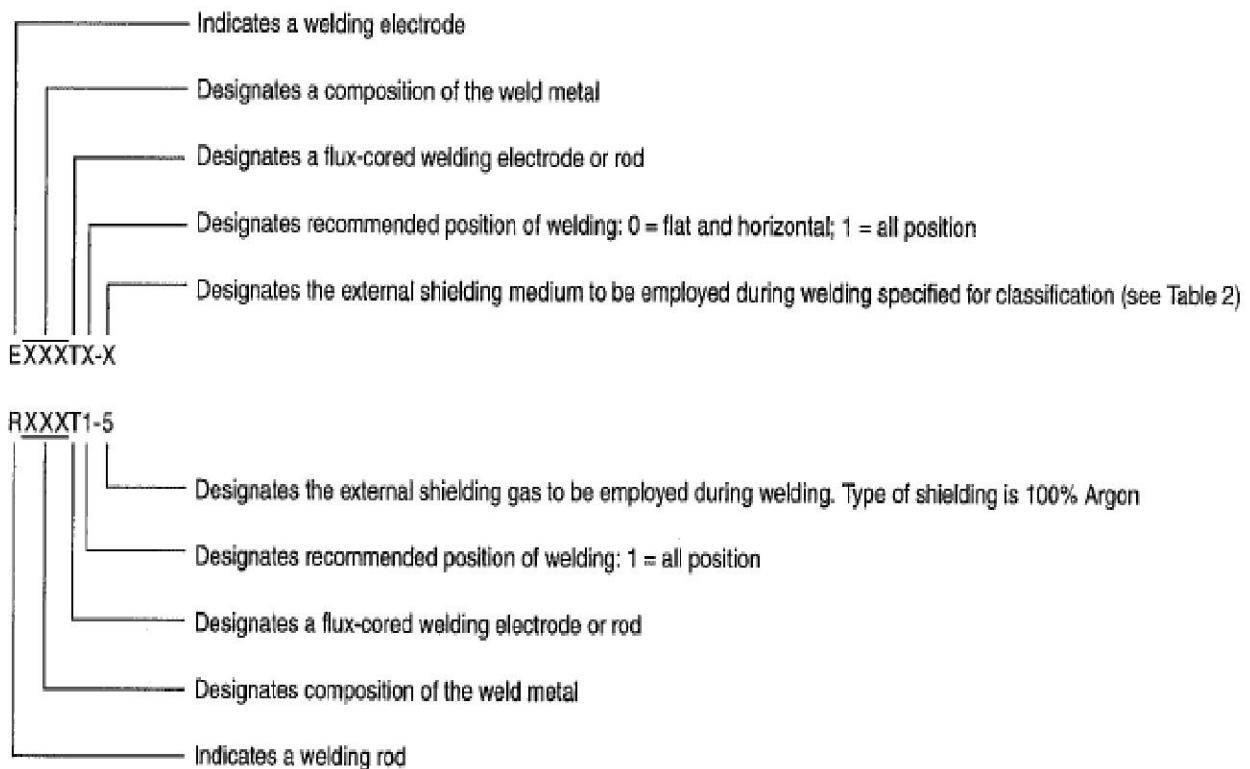


Table 2
Required Shielding Medium, Polarity, and Welding Process

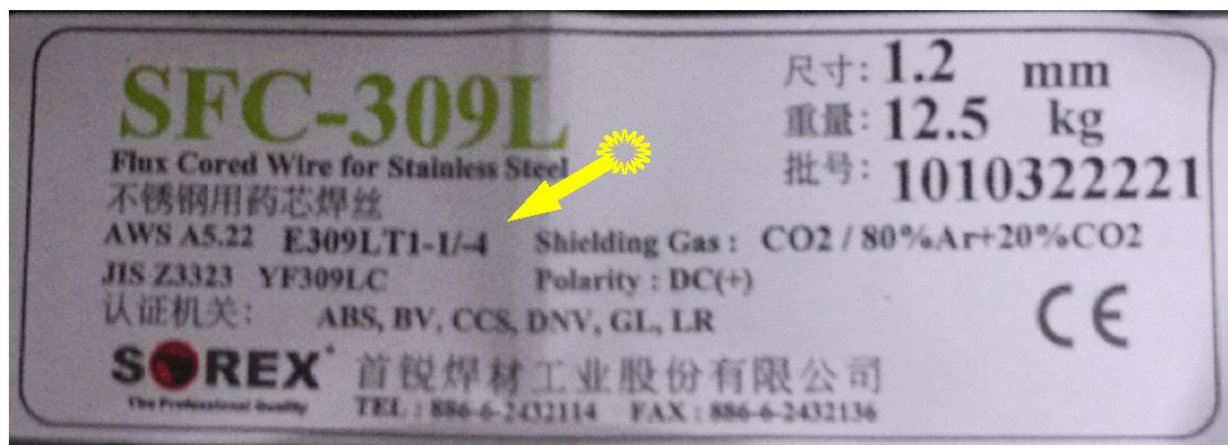
AWS Classification ^{a, b}	External Shielding Medium ^c	Welding Polarity	Welding Process
EXXXXTX-1	CO ₂	dcep	FCAW
EXXXXTX-3	none (self shielded)	dcep	FCAW
EXXXXTX-4	75 80% Argon/remainder CO ₂	dcep	FCAW
RXXXXT1-5	100% Argon	dcen	GTAW
EXXXXTX-G	Not Specified ^d	Not Specified ^d	FCAW
RXXXXT1-G	Not Specified ^d	Not Specified ^d	GTAW

^a See Scope 1.1 and its footnote 1 regarding the elimination of the EXXXXT-2 classifications that existed in the previous revision of this document.

^b The letters "XXX" stand for the designation of the chemical composition (see Table 1). The "X" after the "T" designates the position of operation. A "0" indicates flat or horizontal operation; a "1" indicates all position operation.

^c The requirement for the use of specified external shielding medium shall not be construed to restrict the use of any other medium for which the electrodes are found suitable, for any application other than the classification tests.

^d See A2.3.7 to 2.3.9 for additional information.



미국용접협회 용접봉 금속 상세내역 및 관련 기록

AWS Filler Metal Specifications and Related Documents

Designation	Title
FMC	<i>Filler Metal Comparison Charts</i>
IFS	<i>International Index of Welding Filler Metal Classifications</i>
UGFM	<i>User's Guide to Filler Metals</i>
A4.2M (ISO 8249: 2000 MOD)	<i>Standard Procedures for Calibrating Magnetic Instruments to Measure the Delta Ferrite Content Austenitic and Duplex Ferritic-Austenitic Stainless Steel Weld Metal</i>
A4.3	<i>Standard Methods for Determination of the Diffusible Hydrogen Content of Martensitic, Bainitic, and Ferritic Steel Weld Metal Produced by Arc Welding</i>
A4.4M	<i>Standard Procedures for Determination of Moisture Content of Welding Fluxes and Welding Electrode Flux Coverings</i>
A5.01	<i>Filler Metal Procurement Guidelines</i>
A5.02/A5.02M	<i>Specification for Filler Metal Standard Sizes, Packaging, and Physical Attributes</i>
A5.1/A5.1M	<i>Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding</i>
A5.2/A5.2M	<i>Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Rods for Oxyfuel Gas Welding</i>
A5.3/A5.3M	<i>Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Electrodes for Shielded Metal Arc Welding</i>
A5.4/A5.4M	<i>Specification for Stainless Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding</i>
A5.5/A5.5M	<i>Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding</i>
A5.6/A5.6M	<i>Specification for Copper and Copper-Alloy Electrodes for Shielded Metal Arc Welding</i>
A5.7/A5.7M	<i>Specification for Copper and Copper-Alloy Bare Welding Electrodes and Rods</i>
A5.8/A5.8M	<i>Specification for Filler Metals for Brazing and Braze Welding</i>
A5.9/A5.9M	<i>Specification for Bare Stainless Steel Welding Electrodes and Rods</i>
A5.10/A5.10M	<i>Specification for Bare Aluminum and Aluminum-Alloy Welding Electrodes and Rods</i>
A5.11/A5.11M	<i>Specification for Nickel and Nickel-Alloy Welding Electrodes for Shielded Metal Arc Welding</i>
A5.12/A5.12M	<i>Specification for Tungsten and Tungsten-Alloy Electrodes for Arc Welding and Cutting</i>
A5.13	<i>Specification for Surfacing Electrodes for Shielded Metal Arc Welding</i>
A5.14/A5.14M	<i>Specification for Nickel and Nickel-Alloy Bare Welding Electrodes and Rods</i>
A5.15	<i>Specification for Welding Electrodes and Rods for Cast Iron</i>
A5.16/A5.16M	<i>Specification for Titanium and Titanium Alloy Welding Electrodes and Rods</i>
A5.17/A5.17M	<i>Specification for Carbon Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding</i>
A5.18/A5.18M	<i>Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding</i>
A5.19	<i>Specification for Magnesium Alloy Welding Electrodes and Rods</i>
A5.20/A5.20M	<i>Specification for Carbon Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding</i>
A5.21	<i>Specification for Bare Electrodes and Rods for Surfacing</i>
A5.22	<i>Specification for Stainless Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding and Stainless Steel Flux Cored Rods for Gas Tungsten Arc Welding</i>
A5.23/A5.23M	<i>Specification for Low-Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding</i>
A5.24/A5.24M	<i>Specification for Zirconium and Zirconium Alloy Welding Electrodes and Rods</i>
A5.25/A5.25M	<i>Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Electroslag Welding</i>
A5.26/A5.26M	<i>Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Electrodes for Electrode Gas Welding</i>
A5.28/A5.28M	<i>Specification for Low-Alloy Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding</i>
A5.29/A5.29M	<i>Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding</i>
A5.30/A5.30M	<i>Specification for Consumable Inserts</i>
A5.31	<i>Specification for Fluxes for Brazing and Braze Welding</i>
A5.32/A5.32M	<i>Specification for Welding Shielding Gases</i>
A5.34/A5.34M	<i>Specification for Nickel-Alloy Electrodes for Flux Cored Arc Welding</i>

미국용접협회 용접봉 금속 내역에 의한 재료와 용접과정

AWS Filler Metal Specifications by Material and Welding Process

	(Oxyfuel gas) OFW	(Solid) SMAW	GTAW (Tig) GMAW (Mig) PAW (Plasma)	(flux cored) FCAW	(submerged) SAW	(Electro slag) ESW	(Electro gas) EGW	Brazing
Carbon Steel	A5.2	A5.1	A5.18	A5.20	A5.17	A5.25	A5.26	A5.8, A5.31
Low-Alloy Steel	A5.2	A5.5	A5.28	A5.29	A5.23	A5.25	A5.26	A5.8, A5.31
Stainless Steel		A5.4	A5.9, A5.22	A5.22	A5.9	A5.9	A5.9	A5.8, A5.31
Cast Iron	A5.15	A5.15	A5.15	A5.15				A5.8, A5.31
Nickel Alloys		A5.11	A5.14	A5.34	A5.14			A5.8, A5.31
Aluminum Alloys		A5.3	A5.10					A5.8, A5.31
Copper Alloys		A5.6	A5.7					A5.8, A5.31
Titanium Alloys			A5.16					A5.8, A5.31
Zirconium Alloys			A5.24					A5.8, A5.31
Magnesium Alloys			A5.19					A5.8, A5.31
Tungsten Electrodes			A5.12					
Brazing Alloys and Fluxes								A5.8, A5.31
Surfacing Alloys	A5.21	A5.13	A5.21	A5.21	A5.21			
Consumable Inserts			A5.30					
Shielding Gases			A5.32	A5.32			A5.32	

OFW (Oxyfuel gas)

SMAW (Solid Metal Arc Welding or MIG)

GTAW (Gas Tungsten Arc Welding or TIG)

GMAW (Gas Metal Arc Welding or MAG)

PAW (Plasma Arc Welding)

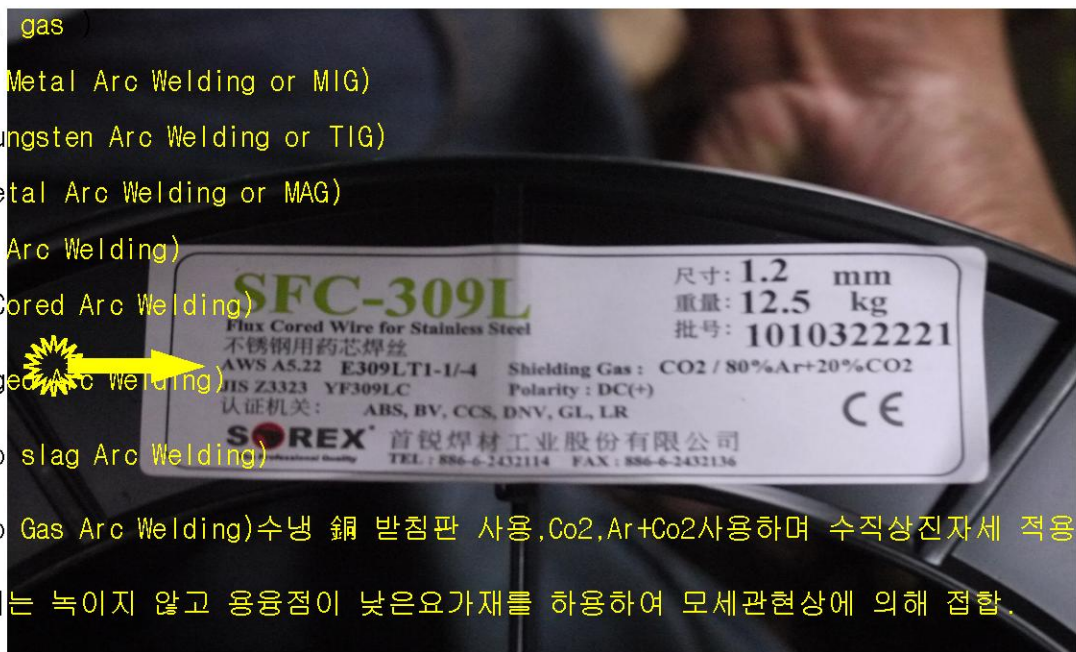
FCAW (Flux Cored Arc Welding)

SAW (Submerged Arc Welding)

ESW (Electro slag Arc Welding)

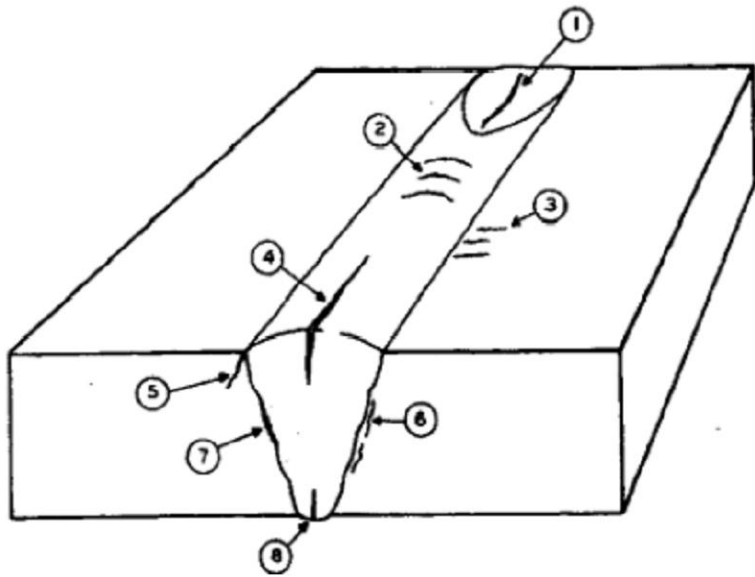
EGW (Electro Gas Arc Welding) 수냉銅발침판 사용, Co₂, Ar+Co₂ 사용하며 수직상진 자세 적용

Brazing 모재는 녹이지 않고 용융점이 낮은 용융재를 사용하여 모세관현상에 의해 접합.



4.FCAW WELD DEFECTS의 유형과 방지 대책

용접균열의 발생원인 및 대책



- ① 크레이터 균열
- ② 용접부 횡균열
- ③ 열영향부 횡균열
- ④ 용접부 종균열
- ⑤ 토우 균열
- ⑥ 언더비드 균열
- ⑦ 퓨전라인 균열
- ⑧ 루트 균열

1. Slag Inclusions(슬래그 혼입)



Slag가 완전히 부상하지 못하고 용착금속 속에 섞여있는 상태로 용접부를 취약하게 하며 crack의 주원인이 된다.

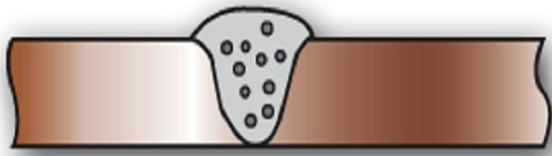
**** 발 생 원 인 ****

- * 전층의 슬래그 제거가 불완전한 상태에서 용접했을 때.
- * 용접개선 및 전극 Torch 각도가 부적당하다.
- * 저전류, 저속도로 용착량이 너무 많을 때(슬래그가 부상할 시간부족)
- * 전진법이 후진법보다 슬래그 선행의 가능성이 높다.

방 지 대 책

- # 전층의 슬래그를 brush or grinder로 완전히 제거한다.
- # 적당한 용접각도(전극 Torch 각도)를 유지한다.
- # 적당한 용접조건(전류, 전압, 속도..)을 설정한다.
- # 모재의 경사 정도에 따라 적당한 weaving을 한다.

2. Porosity(기공:Blow hole)



용접부에 작은 구멍이 산재되어 있는 형태로써 가장 취약적인 상황으로 용접부를 완전 제거한 후에 재 용접 해야 한다.

**** 발 생 원 인 ****

- * 가스의 유량이 부족하거나 가스순도가 좋지않던지 불순물이 혼입되어있다.
- * Nozzle에 Spatter가 많이 부착되어 가스의 흐름을 방해받으며 용접되었다.
- * wire가 흡습되었거나 오염되어 있다.
- * 강풍(2m/sec)으로 shielding효과가 충분하지 못하다.
- * Arc길이가 너무 길다.
- * 용접부의 급냉(가스가 부상하기 전에 냉각되어 기공형성)
- * 모재에 습기, 녹, paint, 기름, 불순물 등 오염물질이 있다.
- * 가용접 물량 및 용접봉 선정이 잘못되어 있다.

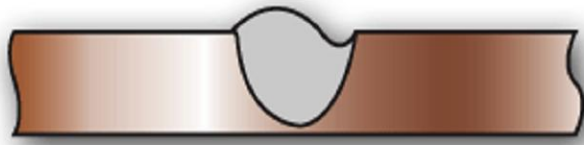
방 지 대 책

- # 적당한 용접조건을 설정한다.
- # Nozzle을 스시로 check하여 Spatter를 제거한다.
- # 모재 및 wire에 부착된 불순물을 사전 점검하여 제거한다.
- # 전극 wire는 완전히 건조된 것을 사용한다.
- # 바람이 (2m/sec)있을때 방풍벽을 설치한 후 용접한다.
- # 용접봉(wire) 선정을 정확히 한다.

● 기공(블로우홀)의 발생에 미치는 인자

- ▶ 모재 ; 용접부의 청결상태(녹, 프라이머, 이물질 등)
- ▶ 용접재료 ; 탈산력, 수분함유량, 불화물 함량 등
- ▶ 용접방법 ; 용접속도, 보호가스 및 유량 등

3. Under Cut(언더컷)



weld bead의 가장자리를 따라 모재가 파여지고 용착금속이 채워지지 않고
홈으로 남아있는 결함

**** 발 생 원 인 ****

- * 용접전류 및 전압이 지나치게 높다.
- * 전극 wire의 송급속도 보다 용접속도가 빠르다.
- * 전극 wire의 송급이 불규칙하다.
- * 용접속도가 지나치게 빠르다.
- * Torch각도 및 운봉조작이 부적당하다.

방 지 대 책

- # 적당한 용접조건을 선정한다.
- # 용융금속이 충분히 용착될 수 있도록 용저속도를 선정한다.
- # 전극 wire의 송급속도가 일정하도록 장비점검을 수시로 한다.
- # Torch각도 및 운봉조작을 규정대로 한다.

4. Incomplete(용입불량)



모재의 어느 한 부분이 완전히 용착되지 못하고 남아있는 현상

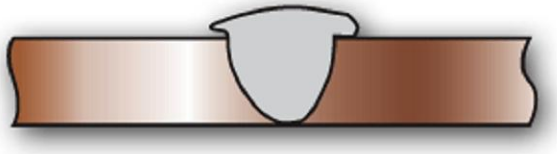
**** 발 생 원 인 ****

- * 용접속도가 너무 빠르다.
- * 용접전류가 너무 낮다.
- * Torch각도가 부적절 하다.
- * 다층용접의 경우 전층의 bead상태가 불량하다.
- * Arc 길이가 너무 길다.

방 지 대 책

- # 적당한 용접조건을 선정한다.
- # Torch의 경냥위치와 운봉속도를 조절하여 slag가 선행하지 않도록 한다.
- # 전층 bead의 괴형상을 제거한 후 용접한다.
- # Root간격 및 표면의 칫수를 조절한다.

5. Over lap(오버랩)



용착금속이 변끝에서 모재에 융합되지 않고 겹친 현상

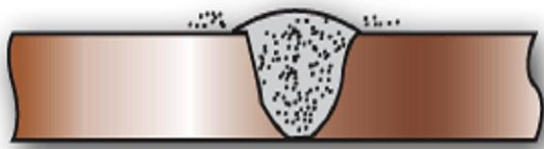
**** 발 생 원 인 ****

- * 용접속도가 너무 느리다.
- * 용접전류가 너무 높다.
- * 용접전압이 너무 낮다.
- * Torch각도(경냥위치)가 부적절 하다.

방 지 대 책

- # 적당한 용접조건을 선정한다.
용접속도, 용접전류, 용접전압.
- # Torch의 경냥위치와 운봉속도를 조절한다.

6. Spatter(스패트)



용융금속 중의 일부 입자가 모재로 이행하면서 용접부를 이탈해 용착되는 용융방울로서 sheilding gas의 종류에 따라 발생정도가 달라진다.

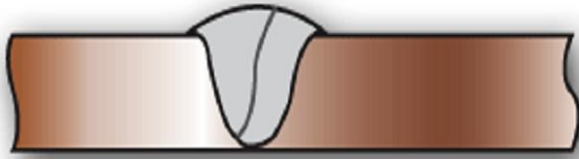
**** 발 생 원 인 ****

- * 용접전류 및 전압이 너무 높다.
- * Arc의 길이가 너무 길다.(사용전류 대비)
- * 전극 wire에 습기가 함유되어있다.
- * 모재에 녹, 페인트 등 이물질이 많다.
- * Torch의 진행각도가 부적절 하다.

방 지 대 책

- # 적당한 용접조건을 선정한다.
- # 전극 Wire는 충분히 건조한 후 사용한다.
- # 모재의 표면상태를 check하고, 불순물을 철저히 제거한다.
- # 적당한 Torch의 각도를 조절하여 용접진행 한다.

7. Crecking(크랙킹)



용융금속 중의 일부 입자가 모재로 이행하면서 용접부를 이탈해 용착되는 용융방울로서 sheilding gas의 종류에 따라 발생정도가 달라진다.

**** 발 생 원 인 ****

- * 용접절차가 잘못 되었거나 작업자 기량이 부족하다.
- * 모재에 합금원소가 함유되어 있다.
- * 이음부에 구속이 많다.
- * 급냉에 의한 열 영향부의 경화
- * 크레이트 처리가 불완전하다.(Arc를 급하게 끊으면 나타나는 현상)
- * 전극 wire가 잘못 선정되었거나 심하게 흡습 되어있다.
- * 다층용접의 경우 전층bead가 너무 작다.

방 지 대 책

- # 예열 및 후열처리를 한다.
- # 모재의 원소를 충분히 check한 후 적당한 전극 wire를 선정한다.
- # 크레이트를 충분히 메운 후 천천히 아크를 끊는다.
- # 용접순서를 재 검토하여 결점사랑을 수정한다.
- # 작업자의 충분한 교육 및 연습을 통해 기량을 향상 시킨다.
- # One Pass Bead를 되도록 크게한다.

8. Pit(피트)



Blowhole나 용융금속이 튀는 현상이 발생한 결과 용접부의 바깥면에서 나타나는 작고 오목한 구멍이 생기는 현상

**** 발 생 원 인 ****

- * 모재에 탄소, 망간등 합금원소가 많다.
- * 이음부에 기름, 페인트, 녹, 불순물이 있거나 전극 wire가 흡습되어 있다.
- * 파이프가 막혀 있으면 용접 중 파이프내부에 열이 팽창되어서 용접할때 액체화된 곳에 가장 약한 부위로 공기가 새어 나오는 현상 발생.

방 지 대 책

- # 염기도가 높은 전극 wire를 선택한다.
- # 모재 이음부를 청결히 하고 적당한 예열을 한다.
- # 전극 wire를 충분히 건조된 것을 사용한다.
- # JIG or pipe에 공기가 흐를 수 있도록 만들어 줘야 한다.

용접부의 녹, 기름, 수분, 스케일 또는 가접부의 슬라그등은 피트나 블로우홀, 슬라그혼입 등의 원인이 되므로 제거한 후 용접시공 해야 한다.

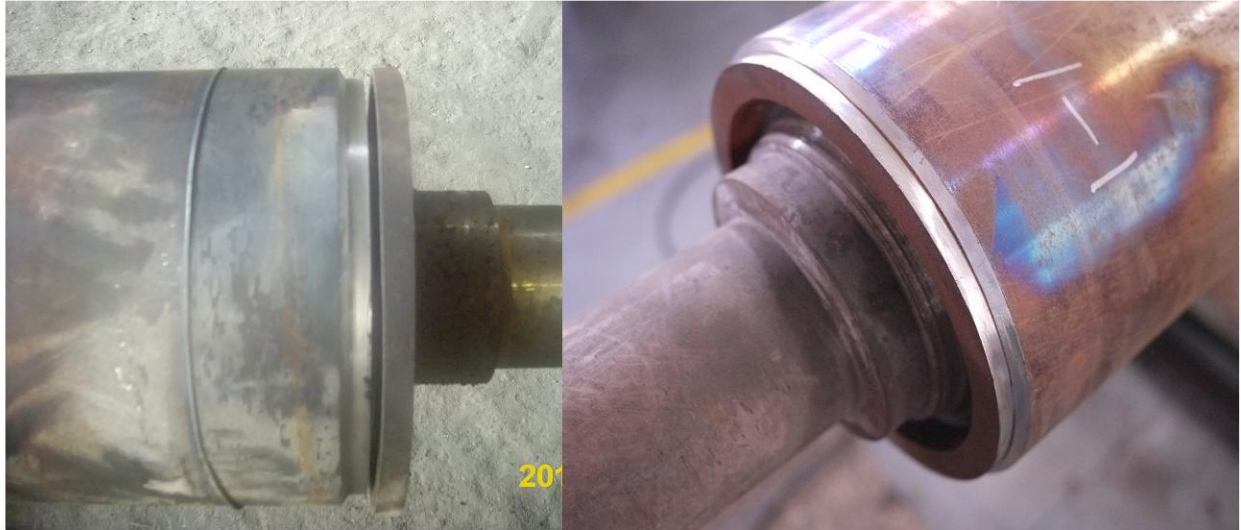
8. 웜 홀(wormhole)



웜홀은 보호가스가 나오지 않으면 100% 발생되고, 보호가스가 너무 적거나 많아도 혹은 모재가 너무 뜨거워도 발생하며 Flux에 대한 과도한 가스발생으로 Pork Marker가 발생하기도 한다.

제 5 장. 좋은 용접결과를 얻기 위한 핵심과제

1. 용접 시작 전 중요 준수사항



필요시 용접 열에 의한 변형 또는 열 전도율 등을 감안하여 Fixture사용을 검토해야한다.

SM20C재질의 특성을 보면 탄소 함유량이 약 0.20%로서 롤 edge area에 용접하기에는 무난함.

구분	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	W	V
SM20C	0.18~0.23	0.15~0.35	0.30~0.60	≤ 0.030	≤ 0.035	-	-	-	-	-
SM45C	0.42~0.48	0.15~0.35	0.60~0.90	≤ 0.030	≤ 0.035	-	-	-	-	-

1) 용접부 청소

유기용제(아세톤이나 MEK)세척, 알카리액 세척, wire brush, grinding,

gas불꽃에 의한 처리 등으로 깨끗한상태를 유지 해야 한다

청소의 목적은 기름,페인트,수분 제거이다.

원인불명의 기포(blow hole)가 발생하는 경우 가스불꽃으로 가열해보면 나타나는 경우가 많으며 용접부의 청결은 매우 중요하므로 이 정도의 더러움쯤이라...라고 생각하는 것은 금물이다.

- 가장 안정된 작업자세를 취할 수 있어야 한다.

무거운 weld torch gun을 잡은 팔이 아무 지지하는곳도 없이 그냥 들고

360' 용접용접이 끝날때 까지 부동자세를 유지하기란 매우 힘든 자세입니다.

- 용접wire 습기유무 확인

모재의 용접부에도 기름,페인트,수분이 당연히 없어야 함은 물론,

용접wire 의 포장을 해체한지 오래되었거나 습기가 의심되면 Dry oven에서 건조 시킨 후 작업 해야 한다.

용접결함(pit,블로우홀) 예방에 필수항목 추가

용접부의 녹, 기름, 수분, 스케일 또는 grove의 이물질등은
피트나 블로우홀, 슬라그혼입 등의 원인이 되므로
반드시 제거한 후 용접시공 해야 함은 매우 중요한 행위 입니다.

1. Paper Grind로 polishing하되 모재두께 손상 안되게 실시한다.
2. 아세톤이나 MEK 등으로 용접부를 세척하여 깨끗하게 함은 중요하나
그보다 더 중요한 것이 있습니다.(아래행위를 할때는 생략해도 무관)

바로 습기제거를 위해 Preheating을 반드시 실시 하세요.(매우중요)

★Preheating 요령

- 1)가스밸브를 두바퀴 이상 연다.
- 2)토치에 불을 붙이고 토치밸브의 화염을 최대로 조절한다.
- 3)방금Paper Grind로 polishing한 area에 회전시키면서 차례로
열을 몰아간다(이때 반드시 유리창에 빗물이 흘러 내리듯이 물이 흘러내리는
것을 볼 수 있을 겁니다.)
이것이 금속이 머금고 있는 습기입니다.

보통 한국의 기온에서는 웬만한건 heating 없이 그냥 바로
용접해도 습기가 극 소수이지만 중국의 기후조건상 습도가
많다고 하니 반드시 Preheating을 필수적으로 할 필요가 있습니다.

- 4)heating을 진행하면서 weld area에 습기가 보이지 않으면
가스밸브를 잠근다.
주의: Preheating을 너무 오래하면 온도가 과열되어 스텐용접에
악영향을 줄 수 있으니 heating time은 대략 1~2분 이내로
하는 것이 좋다.

- 3.Preheating이 완료되면 이어서 즉시 welding하세요.
이때 용접조건은 지금까지 하던 방법 그대로 하세요.

3.Preheating이 완료되면 이어서 즉시 welding하세요.

이때 용접조건은 지금까지 하던 방법 그대로 하세요.

4.아래 사진은 Preheating을 할 수 있는 여러 가지 종류의 사진인데
참고만 하시고 적은 비용으로 효율이 좋은 추천하는 사진의
품목을 준비하여 실시하기 바랍니다.





LPG가스용기(20kg)와 산소를
혼합하여 사용하며 heating과
Cutting을 필요에 따라 할 수
있습니다.

가스가격은 LPG 26,000원 이며
산소 4,000원입니다

일반 철구조물에 가장 많이
사용되는 산소+아세틸렌을
혼합하여 사용하며 heating과
Cutting을 필요에 따라 할 수
있습니다.



2) 적정 용접조건 setting

용접전류, 전압 setting은 용접결과물을 결정하는 중요한 요소이다.

Amp는 용입과 용착속도를 결정하는 것이며, Volt는 bead형상과 이행방식을 결정한다.
그러나 양자간 상호 관계가 있으므로 한쪽만 적정하더라도 좋은 결과를 얻을수 없으며
조건이 맞지않으면 용입불량이나 스파터 과다발생 결함으로 이어진다.

- 용접전류, 전압, wire송급속도, 용접진행속도가 모두 적절해야 되며
이 중 어느 한가지라도 불합리 한 조건이라면 좋은결과를 얻을 수 없다.

- gas 유량(gage눈금) : 20 ml/m이상

- Welding wire : E309LT1-1 또는
E309LT1-1/4

- welding wire size : 1.2φ

- welding current : 160Amp

- welding Volt : 26V

- wire speed : 3Rpm (더 느리게 조정 가능하면 2Rpm이하)

- welding gas : E309LT1-1의 경우 all Co2 100%사용 권장



2. 용접 시공 중 중요 준수사항

1) welding speed

용접속도는 전류, 전압과 함께 매우 중요한 요소이다.

속도가 빨라짐에 따라 용입이 얕아지고 bead폭도 좁아지며 볼록형 bead로 된다.

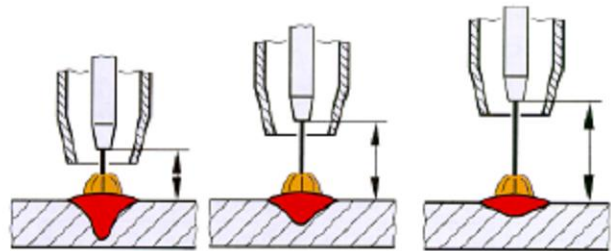
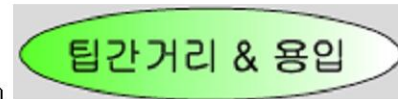
반면 속도가 느려지면 용융금속의 유동으로 용입감소 및 오버랩의 원인이 되므로 지나친 용융풀을 형성하는 것도 좋지 않다. 일반적으로 30~50cm/min가 적정하다.



2) wire돌출길이

tip끝에서 arc까지의 길이로서 돌출길이가 길어질수록 wire의 예열이 많아지고 전류가 낮아지고, gas 보호성이 떨어지고 특히 외부 풍량은 크게 영향을 받는다.

반대로 돌출기이가 짧을수록 gas보호는 좋으나 nozzle에 spatter부착이 많고 작업성이 떨어진다. 일반적으로 10~15mm가 적합하다.

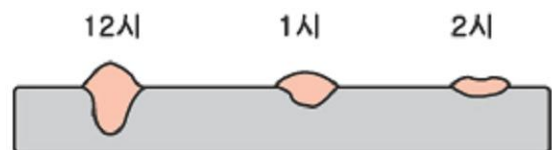
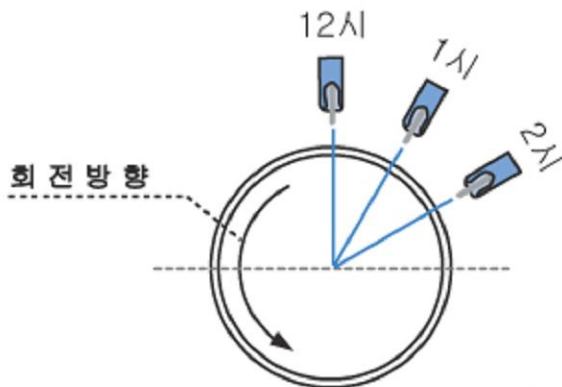


★와이어의 표면은 특수처리가 되어있으므로 개봉후 가능한 빨리 사용하는 것이 좋다.

3) 전진법과 후진법의 Torch 각도

operator가 Torch잡은 상태가 편한 자세를 유지하되 과도한 weaving은 바람직하지 않다.

operator가 용접시 잡은 Torch가 weld line과의 각도가 결과에 큰 영향을 준다.



- 원 주 용 접 -

3. 용접 후 중요 준수사항



1) 急冷은 금물

특이한 경우를 제외한 일반적으로 용접 후 남아있는 殘熱을 急冷시키지 말아야 한다.

2) Visual Inspection

weld bead전반적인 상태 와 제품의 변형정도 등 상태를 육안으로 검사한다.

3) Inspection(FPI)

침투액(마이크로체크 PD 赤) 서울 강남구 역삼동 733-25 (주)지에스켄 T.02-6003-0780

현상액(마이크로체크 DA 綠) , ,

세척액(POCO Color Check) www.nawoo.com (주)나우기연

4) Visual Inspection 및 비파괴검사(FPI)에서 결함이 발견되면 적절한 방법으로

이를 재 용접해서 수정한다.



5. 결함을 수정용접 하는 절차

- 1) weld defect area를 Gouging
혹은 griding으로 완전 remove시킨다.
- 2) 제거된 결함부위를 깨끗이 청소한다.
가능한 유기용재(MEK, 솔벤트, 알콜)를
사용하되 준비된 용재가 없으면
air로 불어내고 침투액, 현상액으로
결함 존재여부를 확인한다.
- 3) 결함위치의 전 후로 충분하게 재 용접
하고 확인한다.



● 용접재료의 보관 및 취급 주의사항

▶ 보관 및 취급 방법

- ① 습도가 낮고 건조한 즉, 통풍이 잘되는 실내에 보관하여야 한다.
*습도 : 상대습도 60% 이하
*온도 : 30℃ 이하
- ② 지면은 평탄하여야 하며, 목재받침대 적재보관시 2단 이하로 적재하여야 한다.
- ③ 용접재료는 지면 및 벽면으로부터 최소 10cm 이상 떨어진 목재 받침대 위에 보관하여야 한다.
- ④ 해풍, SO₂가스 등 발청이 발생하기 쉬운 조건은 피하여야 한다.
- ⑤ 용접재료는 규격, 품명 및 외경별로 구분하여 저장하여야 한다.

▶ 운반

눈, 비 등 습도가 높은 날에는 방수조치를 취하여야 하며, 포장에 손상되지 않도록 주의하여 취급하여야 한다.

▶ 사용

- ① 사용하기 전까지 최초의 포장상태를 유지하여야 한다.
- ② 사용후 잔량은 습기로부터 보호될 수 있도록 비닐 등으로 재포장하여 실내에 보관하여야 하며, 가능한 빨리 사용하여야 한다.

"참고자료"

한국에서 사용하고 있는 소모성 자재

SM45C와 SM20C의 차이점은, 철강에 합금된 탄소의 함량 차이입니다. 전자는 C 0.45%이고, 후자는 C 0.20%입니다

CSF-71T AWS A5.20 E71T(E4911)-1C YFW-C50DR JIS Z3313 용도:SS400등 일반 강
CSF-309L AWS A5.22 E309L TD YF 309LC JIS Z3323 용도:스테인레스강용

교육을 마치며...

- ★ 아무리 훌륭한 제도와 장비가 있어도 결국 제품은 일선현장의 실무자 손에서 품질이 좌우된다.
- ★ 적정 용접조건의 선정의 중요성.
작업자 숙련도와 관습에 따라 다소 차이는 있을 수 있으나 전류, 전압, 속도의 선정은 결과에 밀접한 관계가 있다.
- ★ 모재(용접부)의 기름, 녹, 페인트, 먼지, 습기 등의 이물질 제거의 중요성을 인식하고 이정도쯤이야 하는 고정관념을 바꿔야 한다.
- ★ 전극 wire 건조상태의 중요성.
필요시 Dry oven에서 60℃ ~ 70℃정도에서 1시간 건조시킨다.
- ★ 정확한 Torch의 겨냥각도 등이 용접결함을 최소화할 수 있는 중요한 요소들로서 작업 전에 충분히 검토하여 결함을 철저히 예방 하여야 양호한 용접결과를 얻을 수 있다.
- ★ 단 한번의 용접시공으로 없는 양질의 제품을 생산할 때 실패비용을 줄이는 것이고, 재작업으로 인해 생산성 저하를 탈피하는 것이 작업자의 성취감이 고취되고 기업과 함께 성장하는 것입니다.

결함없는 최고의 용접품질을 유지하시길 기원합니다.