



품질관리상에서 본 용접 불량률 감소 개선(改善)사례(I)

Improvement Case of Welding Defect Rate Reduction through Q.C. Technique(I)



글 | 鄭正謨
 (Chung, Jung Mo)
 건설기계기술사,
 서울검사주식회사 전무이사.
 E-mail: chung-jungmo@hanmail.net

This improvement case to be introduced of all welders, welding operator, tack welders and welding inspector for reducing of welding defect rate and good quality.

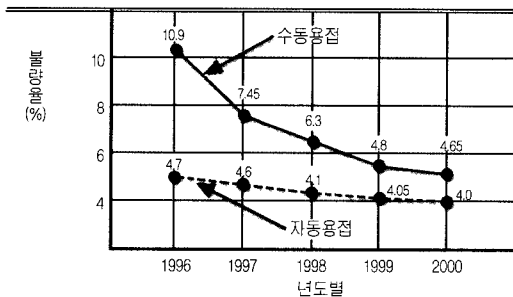
1. 서론

국내 S사는 용접 구조물을 주로 생산하는 공장으로서 그 용접에 따른 조건 즉 용접성, 작업성 및 능률성을 향상시키지 않으면 치열한 경쟁에 존속하기가 어렵다고 판단하여 수동용접에서 자동용접으로 비율을 증대하여 능률을 향상 시켰고, 또한 용접의 결점인 용접 결함 즉 용접의 건전성(비파괴 검사에 의한 결함 검출에 의한 용접부의

성질)은 과거 4년간의 DATA에서 <그림 1>과 같은 경향을 나타내고 있었다.

R.T. FILM 촬영 매수

년 도	자동용접	수동용접
'96	5,374	4,803
'97	7,568	4,875
'98	11,772	6,349
'99	68,915	12,183
계	93,629	28,210



<그림 1> RT 불량률

<그림 1>에서 판단하면 수동용접 및 자동용접은 다같이 포화 상태를 이루고 있으므로 어떠한 대책을 강구하지 않는 한 품질의 향상이나 생산성 향상을 기대할 수 없다. 이러한 품질향상이야말로 회사의 이익에 앞서 기업으로서의 신뢰성이 향상되고 수주 증가에 크게 기여하리라 확신한다.



2. 용접결함의 분석

'99년 하반기(7월~12월)의 R.T 불량률의 내역은 <표 1>과 같다.

<표 1> RT 불량률 내역

용접구분	결함종류	POROSITY	SLAG	용입불량 or 융합불량	기타
자동용접		25.8%	48.4%	17.2%	8.6%
수동용접		36.4%	45.5%	12.1%	6.0%

<표 1>에서 알 수 있듯이 결함종류의 POROSITY와 SLAG의 결함비율은 CO₂자동용접에 있어서는 74.2%, 수동용접에 있어서는 81.9%이다.

그러므로 POROSITY와 SLAG의 결함발생을 감소시켜야 하는 것이 당면과제이다.

3. 용접불량의 원인과의 관계

3.1 용접불량은 그 용접에 관한 용접기, 용접봉 (소모품 포함)

용접방법, 환경 및 용접작업자의 기량에 기인하고 있으므로 그것들의 관계를 통계적으로 분석한 것이 <표 2>이다.

여기서 POROSITY와 SLAG에 관계한 불량항목에 관한 것만 취급하였다.

3.2 재질요인과 불량항목과의 관계

용접결함과 재료의 재질 및 보관 청소의 관계를 <표 3>에 나타낸다. 여기서는 POROSITY 및 SLAG에 관계하는 불량항목에 관한 것만 취급한다.

<표 2> 용접불량과 원인과의 관계 (○ : 대, △ : 소)

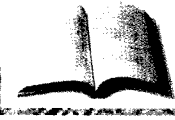
불량항목	불량의 원인																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	재료의 보관·청소	사용재료의 관리	용접기의 관리	전원 및 EARTH	용접사의 교육·관리	용접봉의 선택	용접봉의 관리	설비	개선준비	가접정도	용접자세	용접순서	용접조건	용접작업관리	발생비율	순위	
SLAG 잔류						○	△					△				2.3	10
SLAG 혼입			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	13.4	2
POROSITY																	
PITTING	○	△				△	○	○						△		5.2	9
BLOW-HOLE	○	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	14.6	1
UNDER-CUT																12.8	4
OVERLAP																8.7	7
BEAD 불균일																13.4	2
CRACK																11.1	6
SPATTER 부착																6.4	8
용입 불량																12.1	5
발생비율	32	29	62	46	55	10.4	10.1	65	9.1	72	8.5	65	29	88	7.5	100	

<표 3> 재질요인과 불량항목과의 관계 (○ : 대, △ : 소)

불량항목	불량요인		사용재료의 재질			재료의 보관·청소	
	SULFUR BAND	LAMINATION	화학성분의 불균일	소입경화성이 크다	발청	유분의 부착	변형
POROSITY	△		○	○	○	○	
SLAG 혼입					△		

3.3 용접결함과 용접전류의 영향

용접전류가 부적정한 때는 <표 4>에 나타난 바와 같다.



〈표 4〉 용접결합과 용접전류의 영향

전류가 너무 강한 경우	전류가 너무 약한 경우
1. UNDERCUT이 발생되기 쉽다.	1. OVERLAP이 발생되기 쉽다.
2. 용입이 과다해진다.	2. 용입이 부족해진다.
3. SPATTER가 많아진다.	3. SLAG 혼입이 발생되기 쉽다.
4. SLAG의 두께가 나빠지고 BEAD 외관이 거칠다.	4. BEAD 폭이 좁아지고 불록해진다.
5. 용접봉의 용융 속도가 약해진다.	5. 용접봉의 용융속도가 느리다.
6. 용접부가 과열되어 약해진다.	
7. CRACK, BLOW HOLE이 발생되기 쉽다.	
8. 용접중 FLUX의 탈락이 일어난다.	

3.4 용접조건의 변화와 BEAD형상의 관계

용접전류 전압 속도를 변화시킨 경우의 BEAD형상, 용입상태의 경향을 〈그림 2〉에 나타낸다.

전류가 너무 강한 경우	전류가 너무 약한 경우
용접 전압을 변화시키는 경우 (전류, 속도 일정)	전압 低 ← → 高
용접 전류를 변화시키는 경우 (전압, 속도 일정)	전류 大 ← → 小
용접 속도를 변화시키는 경우 (전류, 전압 일정)	속도 大 ← → 小

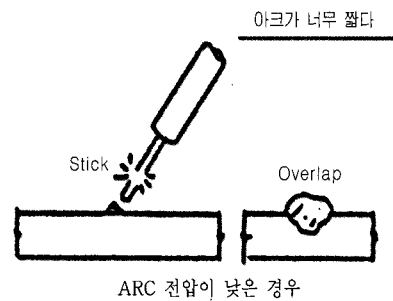
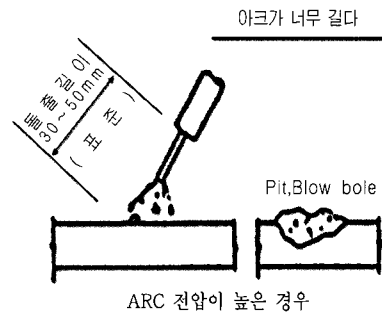
〈그림 2〉 용접조건의 변화와 BEAD형상

3.5 ARC 전압과 결합

특히 반자동 용접에 있어서는 ARC 전압을 적당히 유지하는 것이 건전한 용접부를 얻기 위한

중요한 요인이 된다. ARC 전압과 BEAD형상의 사이에는 전술한 그림2에 나타난 것과 같은 관계가 있고 또 ARC 전압에 극단적인 차이가 있는 경우에는 〈그림 3〉에 나타난 것과 같은 결함이 발생한다.

적정 전압을 발견하는데는 일단 WIRE가 CRATER에 넣을 때까지 전압을 내리고 그 전압으로부터 2V 정도 올리는 것이 현장 적용 방법



〈그림 3〉 ARC 전압과 결합

3.6 ARC 조정과 결합

ARC의 길이는 일반적으로는 사용심선경과 거의 같게 하는 것이 좋고 ARC의 길이가 길면 〈표 5〉와 같은 결함이 일어나기 쉽고 특히 저수소계 용접봉에 있어서는 ARC 길이를 될 수 있는 한 짧게 하여 용접하는 것이 바람직하다.



〈표 5〉 ARC 조정방법

ARC가 불안정한 경우	ARC를 안정하게 하기 위해서는
1. ARC가 길면 집증이 안되고 너무 짧으면 SHORT 되기 쉽다.	1. ARC의 길이를 바르게 일정하게 유지한다.
2. UNDERCUT 또는 OVER LAP을 일으키기 쉽다.	2. 전류 조절을 적절하게 한다.
3. 용입이 부적당하다.	3. 도선 각부의 접속을 완전히 행하고 회로의 저항을 적게 한다.
4. SLAG 혼입을 일으킨다.	4. 용접부를 청소한다.
5. BEAD의 폭, 높이 등 불균일하다.	5. 용접봉을 건조한다.
6. 공기중의 산소, 질소가 침입하여 용착금속이 약해진다.	

4. 용접결함의 원인과 대책

4.1 수용접(피복 ARC 용접)

여기서는 POROSITY 및 SLAG에 대하여 표 6에 나타낸다.

〈표 6〉 피복 ARC 용접부의 결함 원인 및 대책

결함	원인	대책
SLAG 혼입	1. 전층의 SLAG 제거의 불완전	1. 전층의 SLAG 완전 제거한다.
	2. 용접속도가 너무 늦어 SLAG가 선행할 때	2. 용접전류를 조금 높여서 용접속도를 적절히 하고 SLAG의 선행을 피한다.
	3. 개선(開先)형상이 불량할 때	3. ROOT 간격을 넓혀서 용접조작을 하기 쉬운 개선(開先)으로 한다.
BLOW HOLE	1. 과대 전류를 사용하였을 때	1. 적정 전류를 사용한다.
	2. ARC 길이가 너무 길었을 때	2. ARC 길이를 짧게 유지한다.
	3. 계수부에 불순물이 부착되어 있을 때	3. 계수부의 녹, 기름, 도료를 제거한다.
	4. 용접봉이 흡습되어 있을 때	4. 적절한 온도로 충분히 건조한다.
	5. 용접부의 냉각속도가 빠를 때	5. WEAVING 예열 등에 의해 냉각속도를 늦춘다.
	6. 모재에 유황의 함유량이 많을 때	6. 저수소계 용접봉을 사용한다.
	7. 용접봉의 선택을 잘못하였을 때	7. BLOW HOLE의 발생이 적은 용접봉을 사용한다.

결함	원인	대책
PIT	1. 용접봉이 흡습되어 있을 때	1. 적절한 온도로 충분히 건조한다.
	2. 계수부에 불순물이 부착하고 있을 때	2. 계수부의 녹, 기름, 도료를 제거한다.
	3. 봉소(棒燒) 하였을 때	3. 용접 전류를 낮추고 봉소(棒燒)를 피한다.
	4. 모재에 유황의 함유량이 많을 때	4. 저수소계 용접봉을 사용한다.
	5. 모재에 탄소, 망간의 함유량이 많을 때	5. 염기도가 높은 용접봉을 사용한다.

4.2 자동용접(SUBMERGED ARC 용접)

수용접과 동종 결함에 대하여 〈표 7〉에 나타낸다.

〈표 7〉 SUBMERGED ARC 용접부의 결함 원인 및 대책

결함	원인	대책
SLAG 혼입	1. 용접방향에 모재가 경사되어 SLAG가 선행한다.	1. 용접 방향을 거꾸로 한다. 모재를 가능한 한 수평으로 한다.
	2. 다층 용접으로 개선(開先) 측면이 걸리게 될 때 심선이 측면에 너무 가깝다.	2. 개선(開先)측면과 심선과의 거리는 최소한도로 심선의 직경 이상으로 한다.
	3. 용접개시점의 SLAG 혼입 TAB을 붙였을 때 잘 생긴다.	3. TAB의 두께와 개선(開先)형상을 모재와 동일하게 한다.
	4. 전류과소 그 층간에 SLAG 잔류, 박관의 용접 시에 생기기 쉽다.	4. 전류를 높이고 잔류 FLUX를 용융도록 한다.
	5. 용접속도가 과소로 SLAG가 선행한다.	5. 전류 또는 용접속도를 증가한다.
	6. 최종층의 ARC전압이 너무 높아서 FLUX가 BEAD의 끝단에 감겨 버린다.	6. 전압을 감소시키거나 또는 속도를 높인다. 필요하면 폭이 넓은 1층 대신에 폭이 좁은 2층에서 최종층을 마무리한다.
	1. 계수의 녹, SCALE, 유기물(유지, 목재)	1. 계수의 연삭, 연소, 청소



결함	원인	대책
BLOW HOLE	2. FLUX의 흡습(검사는 시약병시험, CARBIDE법에 의한다.)	2. 약 300°C 건조 FLUX를 모으는데 빗자루를 사용하지 말고 강철BRUSH만을 사용한다. 특히 용접부가 아직 따뜻할 때는 주의가 중요하다.
	3. 과대한 용접속도	3. 용접속도를 저하시킨다.
	4. FLUX의 높이 불충분	4. FLUX-HOSE구를 높게 한다.
	5. FLUX의 높이가 과대하고 GAS의 불충분(정도가 적은 경우에만)	5. FLUX-HOSE를 낮춘다. 전자등의 경우 적당한 높이는 30~40mm
	6. 녹 또는 유지로 오손된 심선	6. 심선의 청결화 또는 교환
	7. 극성 부적당(특히 계수가 다소 오손 되어 있을 경우에 기포가 생긴다)	7. 전극을 역극 아닌 정극으로 한다.

결함	원인	대책
PIT 및 BLOW HOLE	5. 바람이 센데도 차폐하지 않고 있다.	5. 칸막이, 천막 등으로 차폐한다.
	6. 용접속도가 너무 빨라서 냉각속도가 크다.	6. 용접속도를 줄인다.
	7. SPATTER로 NOZZLE이 막혀서 SHIELD GAS의 흐름이 흐트러져 있다.	7. NOZZLE에 부착되어 있는 SPATTER를 제거한다.
	8. GAS의 순도 불량으로 불순물(특히 수분)이 많다.	8. 순도가 좋은 GAS를 사용한다.

4.3.2 FCAW에 의한 탄산 GAS ARC 용접
수용접과 동종결함 관계에 대하여 <표 9>에 나타낸다.

<표 9> FCAW 에 의한 탄산GAS ARC 용접부의 결함원인 및 대책

결함	원인	대책
SLAG 혼입 및 용합 불량	1. 모재가 경사되어 SLAG가 선행한다.	1. 경사를 없도록 한다.
	2. 전층 용접시 SLAG 제거가 완전치 않다.	2. SLAG 완전히 제거한다.
	3. 소전류, 저속도로 용착량이 너무 많다.	3. 전류를 높이고 속도를 빠르게 한다.
	4. 전진법으로 개선(開先)내 SLAG의 선행이 많다.	4. 후퇴법을 사용, SLAG의 선행을 방지한다.
PIT 및 BLOW HOLE	1. 탄산GAS가 공급되어 있지 않다.	1. GAS 유량 조정기의 조정 BOMB CHECK
	2. NOZZLE이 SPATTER에 의해 막혀 있다.	2. SPATTER의 제거
	3. GAS 순도 불량으로 불순물(수분)이 많다.	3. BOMB의 교환
	4. 바람이 센데도 차폐하고 있지 않다.	4. 차폐를 한다.
	5. 모재의 오손, 녹, 도료가 있다.	5. 오손, 녹, 도료 등을 제거
	6. 용접속도가 너무 빠르다.	6. 용접속도를 내린다.
	7. NOZZLE 모재간 거리가 너무 길다.	7. NOZZLE 모재간 거리를 25mm 이하로 한다.
	8. WIRE의 흡습	8. MAKER의 사양에 의거 재건조 한다.

<다음호에 계속>

(원고 접수일 2000. 9. 1)

4.3 반자동 용접(CO₂용접)

4.3.1 SOLID WIRE에 의한 탄산 GAS ARC 용접
수용접과 동종 결함관계에 대하여 <표 8>에 나타낸다.

<표 8> SOLID WIRE에 의한 탄산GAS ARC 용접부의 원인 및 대책

결함	원인	대책
SLAG 혼입	1. 모재가 경사되어 SLAG가 선행한다.	1. 경사를 없도록 한다.
	2. 전층 용접시의 SLAG 제거가 완전치 않다.	2. SLAG를 완전히 제거.
	3. 소전류, 저속도로 용착량을 너무 많게 한다.	3. 용접속도를 빨리 한다.
	4. 전진법으로 개선(開先)내 용접하고 SLAG의 선행이 많다.	4. 후퇴법으로 용접한다.
PIT 및 BLOW HOLE	1. 모재의 오손이 현저하다.	1. 오손을 제거한다.
	2. WIRE가 녹이 슬거나 흡습되어 있다.	2. WIRE는 습기 없는 곳에 보관한다.
	3. 가접부 용접불량, 용접봉의 선택 및 후처리의 부적절	3. 가접부의 용접을 충분히 하고 용접봉의 선택과 후처리를 바르게 행한다.
	4. ARC의 길이가 너무 길다.	4. ARC의 길이를 짧게 한다. (전압을 내린다.)