



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](#)

2024학년도  
석사학위논문

플랜트 소방배관 표준용접절차시방서  
개발 및 운영방안에 관한 실험적 연구

지도교수 : 윤 해 권

경기대학교 공학대학원

소방·방재전공

홍 남 건



플랜트 소방배관 표준용접절차시방서  
개발 및 운영방안에 관한 실험적 연구

이 논문을 석사학위논문으로 제출함

2024년 12월 일

경기대학교 공학대학원

소방·방재전공

홍 남 건



# 홍 남 건의 석사학위논문을 인준함

심 사 위 원 장 \_\_\_\_\_ 인  
심 사 위 원 \_\_\_\_\_ 인  
심 사 위 원 \_\_\_\_\_ 인

2024년 12월 일

경기대학교 공학대학원



# 목 차

표 목 차 .....	iv
그림목차 .....	v
논문개요 .....	vii
제 1 장 서 론 .....	1
1.1 연구의 배경 및 목적 .....	1
1.2 연구의 범위 및 방법 .....	3
1.3 기존의 연구 .....	4
제 2 장 플랜트 소방배관의 종류 및 품질관리 .....	5
2.1 소방배관의 종류 .....	5
2.1.1 매설배관 .....	5
2.1.2 노출배관 .....	6
2.2 소방배관의 품질관리 .....	9
2.2.1 프로젝트 품질관리계획 .....	9
2.2.2 검사 및 시험계획서 .....	11
2.2.3 배관 제작 및 설치 절차 .....	12
2.2.4 용접시공 절차 및 기준 .....	15
2.2.5 육안검사 및 비파괴검사 .....	22
제 3 장 소방배관의 표준용접절차서 개발 .....	24
3.1 용접 품질관리의 문제점 .....	24
3.1.1 용접부의 부식 .....	24



3.1.2 용접부 부식 방지대책 .....	28
3.1.3 용접 품질 절차 미준수 .....	30
3.2 용접절차서 개발 개요 .....	31
3.2.1 용접절차시방서(WPS) 및 절차인정기록서(PQR) .....	32
3.2.2 PQ Test 절차 .....	32
3.2.3 검사 및 합격기준 .....	33
3.3 표준용접절차시방서 개발 및 품질관리 방안 도출 .....	34
3.3.1 용접절차서 표준화 .....	34
3.3.2 표준용접 품질관리 절차 .....	36
3.3.3 용접 필수변수 구분 .....	38
3.3.4 표준용접절차 대상 선정 .....	40
3.3.5 소방공사용 표준용접절차시방서 개발 .....	41
3.3.6 소방배관 용접 품질관리 방법 도출 .....	44
제 4 장 소방배관 표준용접절차시방서 현장적용 실험 및 운영방 안 제시 .....	48
4.1 표준용접절차시방서 현장 적용 실험 .....	48
4.1.1 용접부 선정 및 Demonstration 용접 .....	48
4.1.2 육안검사 및 방사선투과검사 .....	51
4.1.3 결과분석 및 문서화 .....	52
4.2 표준용접절차시방서 현장적용 방안 .....	55
4.2.1 표준용접절차시방서 목록 .....	55
4.2.2 용접공정 Check List .....	56
제 5 장 결    론 .....	58
참고문헌 .....	60



부	록	.....	61
부	록 1. 소방배관 용접시공용 표준용접절차시방서	.....	61
Abstract	.....		80



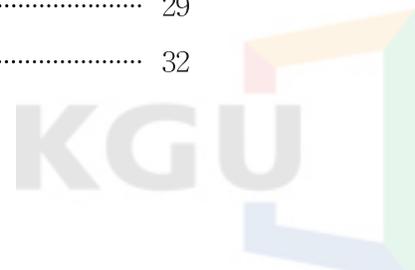
## 표 목 차

<표 1-1> 최근 5년간 소방설비 작동 현황 .....	3
<표 2-1> 소방배관 노출배관용 자재목록 .....	7
<표 2-2> 검사 및 시험계획서 .....	12
<표 2-3> 용접봉 현장관리 지침 .....	20
<표 2-4> 홈 용접 덧붙임 두께 (ASME B31.1 Table 127.4.2) .....	22
<표 3-1> 급수관의 부식 사례 .....	25
<표 3-2> ASME Code 적용대상 목록 .....	37
<표 3-3> 소방 설비별 사용 배관규격 .....	39
<표 3-4> 소방 배관 용접 필수변수 .....	40
<표 3-5> 표준용접절차시방서 적용 규격번호 .....	41
<표 3-6> 용접 Fit-up 기준 .....	45
<표 4-1> 표준용접절차시방서 목록 .....	55
<표 4-2> 용접공정 Check List .....	56



## 그림 목 차

<그림 1-1> 소방설비의 효과적 작동비율 .....	2
<그림 2-1> 핀홀테스트(Pinhole Test) .....	6
<그림 2-2> 매설배관 시공 Process .....	6
<그림 2-3> 노출배관 설치 Process .....	8
<그림 2-4> 프로젝트 품질관리계획 프로세스 .....	10
<그림 2-5> 압력시험 상태도 .....	14
<그림 2-6> 압력시험(Pressure Test) .....	15
<그림 2-7> 용접절차시방서(Welding Procedure Specification) .....	16
<그림 2-8> 용접사인정 Process .....	17
<그림 2-9> 용접사인정 시험 자세 .....	18
<그림 2-10> 용접사인정카드 .....	18
<그림 2-11> 용접관리실과 건조로 .....	19
<그림 2-12> 온도지시크레용과 접촉식 고온계 .....	21
<그림 3-1> 구상부식이 발생한 용융접합강관의 단면조직 .....	25
<그림 3-2> 구상부식의 실제사례 .....	26
<그림 3-3> 용융접합강관의 모재부와 용접부의 아노드 분극곡선 (3% NaCl수용액) .....	26
<그림 3-4> 스테인리스 강관의 공식 .....	27
<그림 3-5> 틈새부식 발생과정 .....	28
<그림 3-6> 용접결합 .....	29
<그림 3-7> 용접절차시방서 개발 절차 .....	32



<그림 3-8> 표준용접절차시방서 개발 절차 .....	37
<그림 3-9> 표준용접절차시방서 .....	42
<그림 3-10> 용접이음상세 (Joint Detail) .....	45
<그림 4-1> 용접 개선각도 측정 .....	49
<그림 4-2> 루트갭, 단차 측정 .....	49
<그림 4-3> 예열, 중간온도 측정 .....	50
<그림 4-4> Demonstration Welding .....	50
<그림 4-5> 용접부 비드 형상 .....	51
<그림 4-6> 방사선투과검사 .....	52
<그림 4-7> 방사선투과검사 필름 .....	52
<그림 4-8> Demonstration Test 방사선투과검사 결과보고서 .....	53
<그림 4-9> Demonstration Record .....	54



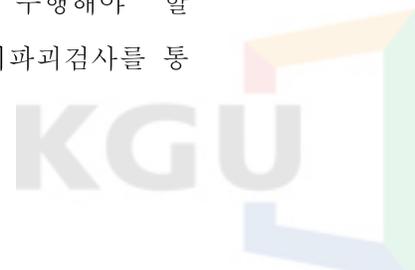
## 논문개요

플랜트 산업은 고용량의 에너지를 사용하는 특성으로 인하여 화재와 폭발의 위험성과 사고 발생시 재산과 인명의 손실이 큰 대형재해로 발전할 가능성이 높기 때문에 소방설비의 신뢰도를 높이는 것이 중요하다. 그러나 최근 5년간 소방청 통계에 따르면 소방설비의 작동 신뢰도는 40%를 넘지 못하고 있다. 소방설비공사에서의 품질관리가 적합하게 운영되고 있는지, 문제점은 없는지, 개선사항은 어떤 것이 있는지 등을 되짚어 볼 시점이다.

더불어 2020년 9월 ‘소방시설공사업법’ 개정으로 소방공사의 분리발주가 시행됨으로써 당초 하도급 공사 담당에서 공사 주체로서의 책임과 역할을 부여받은 전문소방시설공사업체는 기존의 품질관리 조직, 인력 및 기술력의 수준을 제고하고 독자적으로 체계적인 운영을 해야 하는 상황이다.

이에 본 연구에서는 소방배관의 시공 품질을 개선하기 위해서 품질관리 체계의 주요사항인 품질계획 수립에서 작업절차 및 검사에 이르기까지 실제 소방공사 시공현장에서 진행되는 품질관리 활동과 수행과정에서의 문제점을 분석하고 개선방안을 제시하고자 하였다.

연구결과, 소방배관 공사에 대한 품질관리 활동이 현장에서 구체적으로 검사 및 시험계획서, 작업절차서 등의 형태로 문서화되고 체계적으로 수행될 수 있는 방안을 제시하였다. 특히 용접작업을 수행함에 있어 필수적인 용접절차시방서가 전문적인 지식과 이해의 부족 때문에 그동안 유명무실하게 운영되고 있었으며 이의 개선방안으로서 국제규격에서 통용되며 별도의 시험과 개발과정이 필요 없이 활용이 가능한 표준용접절차시방서를 대안으로 제시하였고 이것을 현장에서 적용하기 위하여 수행해야 할 Demonstration Test를 동일한 조건의 환경에서 수행한 후 비파괴검사를 통



해 용접 품질을 확인하고 현장 적용에 대한 신뢰성을 검증하였다.

또한, 선행연구에서 도출한 소방배관 품질 저하 방지대책을 분석하여 표준용접절차시방서 내에 반영하여 지속적이고 체계적인 개선이 가능하도록 하였다.



# 제 1 장 서 론

## 1.1 연구의 배경 및 목적

현재 플랜트 산업은 반도체, 배터리, 연료전지 및 LNG 발전소 등과 같은 친환경 설비를 주축으로 하는 산업으로 구조가 개편되고 있으며 연료가스망의 전국적인 확대 및 에너지저장장치의 발전으로 인하여 기존의 플랜트 설비가 위치했던 해안가나 외곽지역을 벗어나 수요자 근교에서의 건설이 가능하게 되었다.

플랜트 설비의 도심지 주변으로의 이동은 화재 및 폭발과 같은 사고가 발생했을 경우 지역사회에 대규모의 피해와 심각한 영향을 야기할 수 있어 보다 신뢰도가 높은 소방설비의 안전성 확보가 중요한 문제로 대두되고 있다.

플랜트 건설공사는 산업의 특성상 안전의 중요성에 의하여 타 산업분야에 비해 보다 강화된 품질관리 체계를 운영하고 있다. 시공 착수전에 품질관리를 위한 검사 및 시험계획서를 작성하고 승인하는 과정을 거치며, 모든 작업은 명문화되고 승인된 작업절차서에 준하여 작업을 진행하도록 한다.

특히 용접공정은 작업이 완료된 후에 품질검사가 불가능하기 때문에 특수공정으로 분류하여 관리하며, 필요한 용접공정을 사전에 시뮬레이션을 통하여 수행하고 결과물에 대하여 파괴시험 등을 실시한다. 또한 기준에 부합하는지 여부를 확인한 후 승인된 용접절차시방서를 개발하여 시공단계에 적용함으로써 품질을 보증한다.

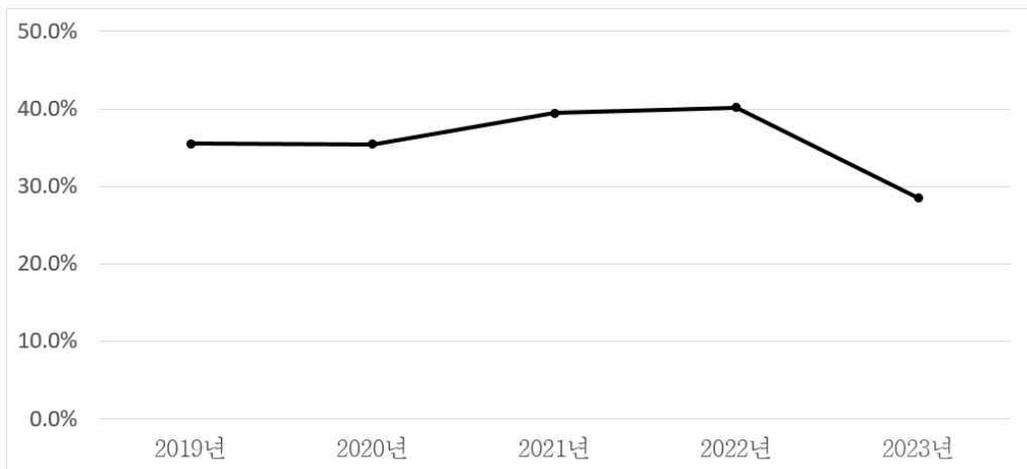
이러한 용접품질관리는 화재 및 폭발, 방사선, 독성 물질 등의 위험하고 유해한 유체를 사용하는 플랜트의 Process 배관의 경우 철저히 준수되는 반면 소방설비 분야는 용접에 대한 품질 인식의 부족으로 용접절차시방서의 사용이 유명무실한 가운데 용접작업이 이루어지고 있으며 간소화된 육안검사와 압력시험으로 품질시험을 대체하고 있는 실정이다. 이는 물이나 가스 등 유체를 사용하는 소방설비의 특성상 설비 자체에서 발생하는 위험이 비교적 적지만 화재나 소방 등의 사고가

발생했을 때 소방 방재 시스템을 작동하여 플랜트를 보호하고 인명의 피해를 최소화 시키는데 매우 중요한 역할을 하는 설비라는 측면에서 결코 품질관리를 소홀히 해서는 안 되는 분야이다.

이에 더불어 2020년 9월 소방시설공사업법의 개정으로 시행된 소방공사 분리발주에 의해 고객사와 직접 계약을 하게 된 전문소방시설공사업체는 기존 종합건설업체가 수행하던 품질시스템 운용을 자체적으로 수행해야 하는 상황에 직면하여 더욱 어려움이 가중되고 있다.

용접부에서의 미흡한 품질관리는 소방 설비배관에서 발생하는 여러 가지 문제의 원인이 되고 있으며 소방설비의 작동 신뢰도 저하로 나타나고 있다.

소방청 통계에 따르면 소방설비의 효과적 작동비율이 최근 5년간 30%~40%내에 머무르고 있는 상태임을 알 수 있다. 소방설비가 효과적으로 작동하지 못한 원인은 다양하지만 소방배관의 부식과 노후화에 의한 성능 저하에서 비롯된 경우가 많았음을 선행연구들에서 확인할 수가 있었다. 최근 5년간의 화재발생시 소방설비 작동현황 및 효과적 작동비율을 <표 1-1>과 <그림 1-1>에 나타내었다.



<그림 1-1> 소방설비의 효과적 작동비율



<표 1-1> 최근 5년간 소방설비 작동현황[1]

[단위:건]

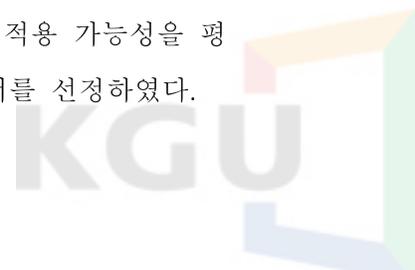
구분	작동여부	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년
화재 현황	총 화재건수	40,103	38,659	36,267	40,113	38,857
	해당사항 없음	38,253	36,653	34,555	38,155	35,592
	총 화재건수 (해당사항 없음 제외)	1,850	2,006	1,712	1,958	3,265
	효과적 작동건수	657	711	675	786	929
	효과적 작동비율	35.5%	35.4%	39.4%	40.1%	28.5%

소방설비의 품질 개선을 위한 대책들이 실제 현장에서 반영이 되기 위해서는 기본적인 품질관리 시스템이 구축된 상태에서 대책을 계획하고 적용하고 평가를 통하여 개선하는 품질관리 Process가 운영되어야 한다.

본 연구에서는 선행 논문들에서 제기되었던 소방설비 배관 용접부에서 발생하는 부식의 원인과 관련한 대책들을 분석하고 현장 시공에의 적용을 위해 필요한 품질관리 시스템을 확인하고 배관 용접공정에서의 품질관리를 위한 구체적이며 표준화된 절차를 마련하고자 한다. 또한, 소방설비 용접 품질관리를 위한 표준용접절차시방서를 개발하는 과정과 실제 사용 사례를 구현함으로써 건설현장에서 쉽고 적절하게 품질관리에 활용할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 플랜트 소방배관의 강관 및 지지대 제작, 설치에 적용하는 품질관리 체계와 용접공정의 시공 절차를 분석하였으며 ASME, AWS 등 국제규격에서 통용되고 있는 표준용접절차시방서의 활용 방법을 조사하고 적용 가능성을 평가하여 소방배관 용접공정에 사용할 수 있는 표준용접절차시방서를 선정하였다.



2장에서는 플랜트 소방배관을 매설 및 노출배관으로 구분하여 배관시공과 용접 관리를 위한 품질관리 체계 및 표준화된 절차를 조사하였다. 3장에서는 용접부에서 발생하는 문제점에 대한 주요 원인과 방지대책을 도출하고 품질관리를 위한 용접절차서의 표준화 절차를 연구하였다. 4장에서는 표준용접절차시방서의 현장 적용을 위한 실험을 수행하고 운영방안을 제시하였다.

### 1.3 기존의 연구

소방설비 부식에 관한 기존의 연구를 조사·분석하였다.

김동성[2]은 스프링클러배관의 노후화와 그에 따른 부식의 발생 특성과 방지대책에 대하여 연구하였으며 시공과정에서 배관 기울기 관련 시공불량, 배수배관의 부적합한 설치상의 오류를 근본적인 원인으로 파악하였다.

김우창[3]은 스프링클러 설비 배관과 펌프의 부식, 벨브류의 부식에 대한 분석을 수행하였고 가장 많이 발생하고 있는 부식의 원인과 그에 따른 스프링클러설비의 사용가능 기간을 제시하였다.

제도형[4]은 소방배관의 용접부의 강도를 확인하기 위하여 배관용 탄소강관을 사용하여 용접부 성능실험을 진행하여 용접접합부의 강도특성과 배관부식의 원인을 조사하였고 부식 및 균열방지 대책을 제안하였다.

기존의 연구를 조사·분석한 결과, 소방설비 배관 부식의 개선방안과 관련하여 시공방법, 부식방지설비, 배관자재 선정 등의 연구들이 수행되었지만 소방설비 배관의 용접시공시 품질관리를 위한 체계적인 방안에 관한 연구들은 수행되지 못한 것으로 나타났다.

이에 본 연구에서는 기존의 연구에서 수행되지 못한 용접 품질관리 절차와 표준용접절차시방서의 개발 등으로 현장에 적용 가능한 운영방안에 관한 연구를 수행하였다.



## 제 2 장 플랜트 소방배관의 종류 및 품질관리

### 2.1 소방배관의 종류

플랜트 소방배관은 플랜트 설비의 화재 발생시 인명 및 시설보호를 위해 사용하기 위한 소화설비, 소화용수설비, 소화활동설비 등에 소화수를 공급하는 배관으로서 설치 위치에 따라 지하에 매설되는 매설배관과 지상에 설치되는 노출배관으로 구분한다.

#### 2.1.1 매설배관

매설배관은 소화용수의 인입용 배관, 건물간의 연결배관, 옥외소화전 등 건물 외의 지역에 설치되는 배관으로서 소화용수를 공급하기 위해 지하에 매설되는 배관을 말한다.

매설되는 배관재 및 4인치 이상 배관 부속자재는 PE Coated 상태로 공급되거나 그외 피복되지 않는 상태로 공급된 자재와 현장 용접부는 배관 보호를 위하여 Wrapping 작업이 필요하다.

매설배관은 토목, 전기, 기계 등 타 공종과의 간섭사항 발생이 많고 토목공종의 터파기 및 되메우기 작업을 병행해야 하기 때문에 사전에 작업방법, 순서 및 작업 일정에 대한 충분한 협의가 필요하다.

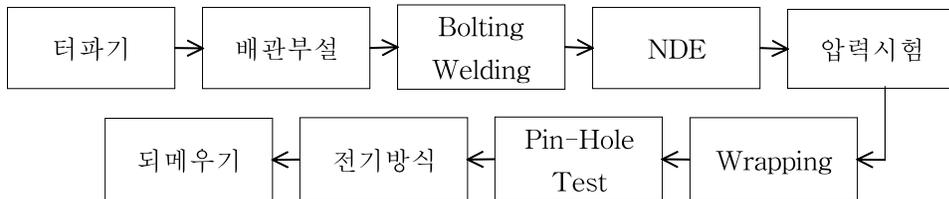
매설 배관의 시공 순서는 다음과 같다. 도면에 표시된 좌표와 Elevation 에 의거하여 측량과 터파기를 하고 기초모래 포설 및 다짐작업 등의 토목작업이 완료된 상태에서 배관 부설과 연결작업을 진행한다. 용접 등의 배관연결 작업이 완료되면 비파괴검사 및 압력시험을 통하여 배관 접합부의 건진성을 확인하는 작업이 이루어진다. 현장 시공 접합부는 열수축 시트 및 Cold Tape로 Wrapping 작업을

시행하고 <그림2-1>과 같이 Pin-Hole Test 통하여 배관 표면 Coating의 균일도 및 결함의 여부를 확인하고 전기 방식작업을 수행한 후에 최종 되메우기를 진행 한다.



<그림 2-1> 핀홀테스트(Pinhole Test)

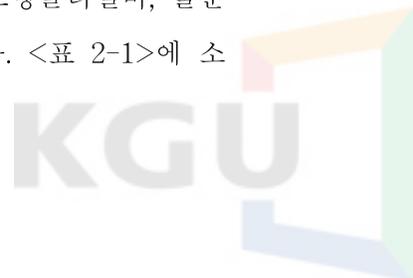
<그림 2-2>에 Flow Chart를 통하여 매설배관의 시공 Process를 나타내었다.



<그림 2-2> 매설배관 시공 Process

## 2.1.2 노출배관

노출배관은 각 소화설비에 소화용수를 공급하기 위하여 각 건물 내 또는 야외의 지상에 노출되어 설치되는 배관으로서 옥내·옥외소화전, 스프링클러설비, 물분무 소화설비 및 가스소화설비 등 소방설비의 배관으로 구분한다. <표 2-1>에 소



방배관에 사용되는 노출배관용 자재를 나타내었다.

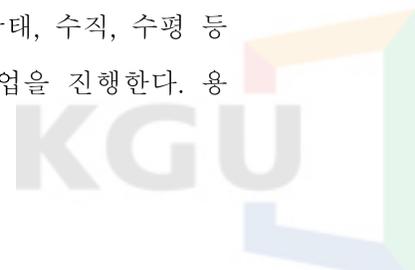
<표 2-1> 소방배관 노출배관용 자재목록[5]

명칭	규격		소화전 설비	스프링 클러 설비	소화설비					
	KS	ASTM			CO2	할론	A	분말	포	B
배관용 탄소강관	KS D3507 SPP	ASTM A135 Gr.A / Gr.B	○	○				○	○	
압력배관용 탄소강관	KS D3562 SPPS	ASTM A53 Gr.A / Gr.B	○	○	○	○	○	○	○	○
배관용 아크용접 탄소강관	KS D3583	-		○						
배관용 스테인리스강관	KS D3576	ASTM A312 TP304/316	○	○						
일반배관용 스테인리스강관	KS D3595	ASTM A269	○	○						○

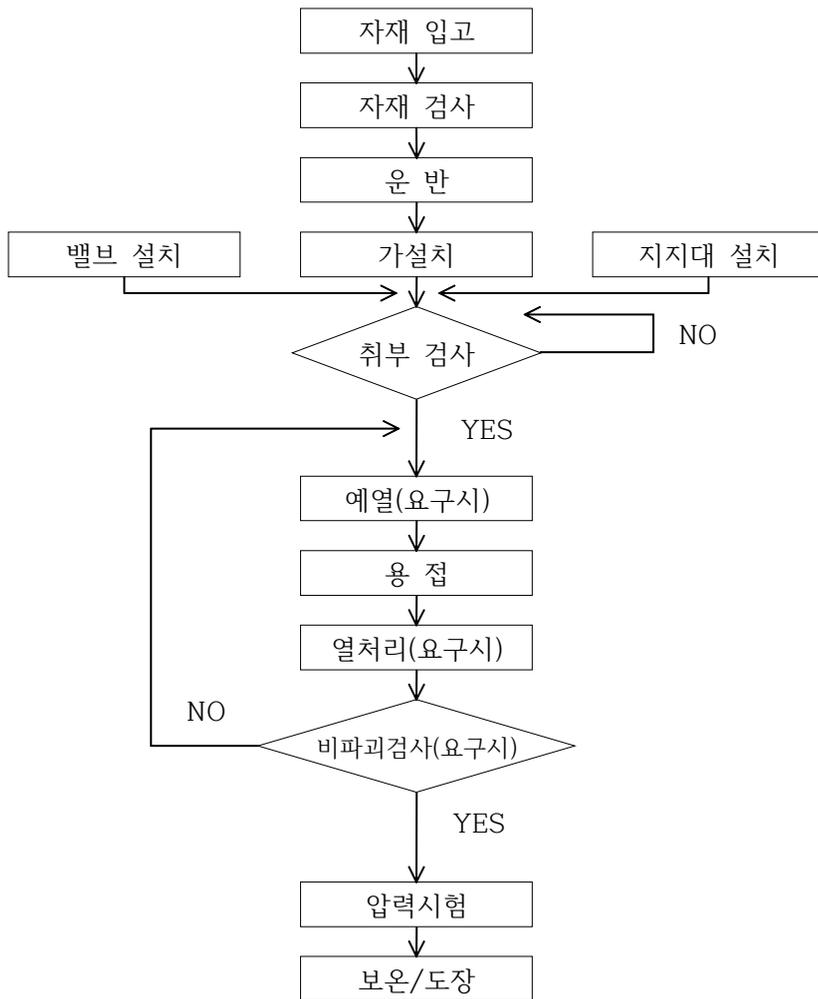
주) A : 할로젠화합물 및 불활성기체, B : 미분부

노출배관에 사용되는 배관재료는 일반적인 소화전, 스프링클러, 소화설비 배관의 경우 배관용 탄소강관(KS D 3507)을 사용하며 배관내 사용압력이 10kg/cm<sup>2</sup> 이상일 경우 압력배관용 탄소강관(KS D 3562)을 적용한다. 배관용 스테인리스강관(KS D 3576)과 일반배관용 스테인리스강관(KS D 3595)은 소화전 배관과 스프링클러 배관에 사용한다.

노출배관의 시공순서는 다음과 같다. 배관 자재가 입고되면 자재검수를 통하여 설계도서의 기준에 적합한 자재인지를 확인하는 자재 인수검사를 수행하고 자재에 식별 표시를 하고 현장의 설치 위치로 운반하여 가설치를 수행한다. 배관에 연결되는 밸브, 지지대 등 기타 부속과 함께 가설치된 배관은 취부 검사를 통하여 공사용 도면에 맞게 제작되었는지 여부, 용접부의 개선 가공 상태, 수직, 수평 등의 접합상태, 설치 허용오차 등을 확인한 후에 용접 및 접합작업을 진행한다. 용



접전, 용접중 및 용접후 검사와 육안 및 비파괴 검사 등 요구되는 검사가 완료된 배관은 압력시험을 수행하여 배관의 건전성을 확인하고 보온 및 도장작업으로 마무리한다. <그림 2-3>에 Flow Chart를 통하여 노출배관의 설치 Process를 나타내었다.



<그림 2-3> 노출배관 설치 Process



## 2.2 소방배관의 품질관리

프로젝트의 품질관리를 위해서는 공사의 수행과 관련된 모든 업무나 활동에 적용하는 품질관리계획의 수립이 우선되어야 한다. 이를 위하여 프로젝트의 계약조건, 건설기술진흥법의 건설공사 품질관리지침 및 국토교통부 고시 품질관리 계획 수립 요건 등과 같은 법령, ISO 9001 및 KS Q ISO 9001 품질관리계획 수립 요건 등 국내·외 규격 요건, 시공업체 품질경영 매뉴얼, 품질경영 절차서, 설계도서의 기준 등 관련한 내용을 검토하여 품질관리 요건을 만족하는 계획을 수립하고 운영하여야 한다.

### 2.2.1 프로젝트 품질관리계획

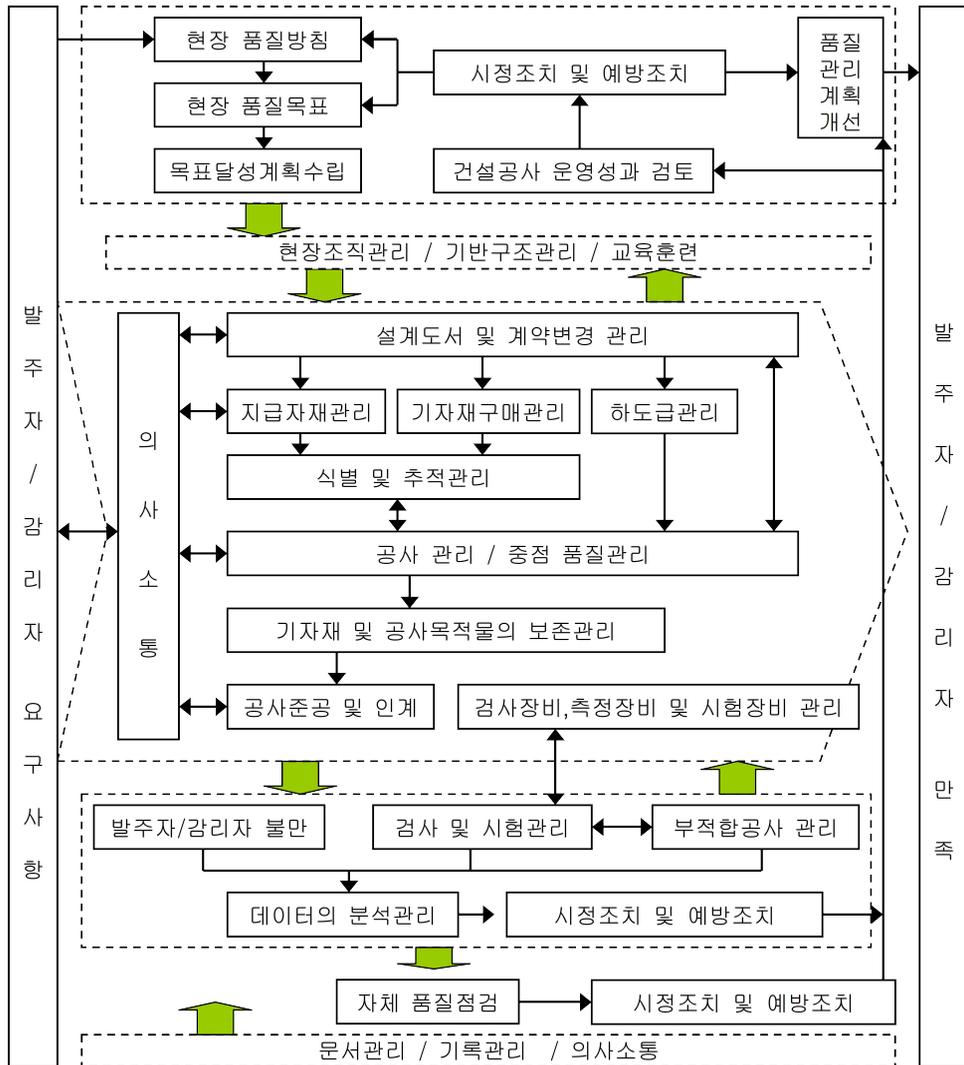
프로젝트의 품질담당자는 발주자의 품질 요구사항에 부합되는 프로젝트 품질관리계획서를 작성하고 발주자의 승인 후 적용한다. 프로젝트 품질관리계획 프로세스는 건설공사 핵심 프로세스간의 상호작용을 기술한 것으로서 발주자 및 감리자의 요구사항을 만족하기 위한 설계, 조달, 시공 등 전 과정에서의 품질관리 항목을 포함한다. 프로젝트 품질관리계획 프로세스를 구성하는 항목들은 다음과 같으며, <그림 2-4>에 Flow Chart를 통하여 프로젝트 품질관리계획 프로세스를 나타내었다.

- 현장 품질방침 / 품질목표 / 목표달성계획
- 문서관리 / 기록관리 / 의사소통
- 설계도서 및 계약변경 관리
- 지급자재 / 기자재 구매 관리 / 식별 및 추적관리
- 공사관리 / 중점품질관리 / 하도급관리
- 기자재 및 공사목적물의 보존관리
- 검사장비, 측정장비 및 시험장비 관리



-검사 및 시험관리

-부적합공사 관리 / 시정조치 및 예방조치



<그림 2-4> 프로젝트 품질관리계획 프로세스[6]

프로젝트 품질관리 프로세스 중 시공단계에서의 품질관리 항목은 도면, 자재,



공사 및 검사의 분야로 구분하며 각 항목은 구체적이고 체계적인 품질관리를 위하여 작업절차서를 작성하여 운영한다. 소방배관의 품질관리를 위해 적용해야 하는 작업 절차서는 다음과 같다.

- 소화설비 작업 절차서
- 노출배관 설치 작업 절차서
- 매설배관 설치 작업 절차서

품질관리 프로세스 중 공사관리 과정에서 소홀해지기 쉽거나 하자 발생빈도가 높으며 부적합 공사로 판명될 경우 시정이 어렵고 많은 노력과 경비가 소요되는 공종 또는 공사를 중점품질관리 대상으로 선정하여 관리한다. 용접공정은 대표적인 중점 품질관리 대상 공종으로서 소방배관의 용접품질관리에 적용하여야 할 작업절차서는 다음과 같다.

- 일반용접 작업 절차서
- 용접절차시방서 인정 절차서
- 용접재료 관리 절차서
- 용접사 자격관리 절차서

## 2.2.2 검사 및 시험계획서

검사 및 시험계획서는 해당 작업이 요구되는 수준의 제품을 완성하고 공사목적물의 적합성을 입증하기 위하여, 대상물의 제작 및 설치를 위한 작업 사항별로 필요한 검사 및 시험 항목을 공정순서에 따라 도표화하여 이해하기 쉽고 활용에 적합하도록 작성한 계획서이다.

소방배관에 적용하는 작업절차서인 소방설비 작업절차서의 검사 및 시험계획서를 작성하였다. 작성된 검사 및 시험계획서는 <표 2-2>와 같다.



<표 2-2> 검사 및 시험계획서[7]

검사명 Project Name : SKMU CHP Project 검사 번호 Project No. : 22264D 적용 규정 Discipline : 소방설비 공사		<b>현장 검사 및 시험 계획서</b> <b>INSPECTION AND TEST PLAN</b>			I, T, P, 번호 : SKMU-01700-P-IT-00006 페이지 : 3 of 5 개정 번호 : 0 Revision No. : 0				
No.	검사 및 시험 항목 Description of Insp. or Test	참고문서 (Code/Spec)	검사 및 합격기준 (Inspection & Test Acceptance Criteria)	검사양식 번호 Report Form No.	Inspection by Sub-Con SKEE 감리단 SKMU				비고 Remarks
4	배관공사 (Pressure Part)								
1)	배관 설치	Reference Spec. & Drawing	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 배관의 수직도 및 수평도는 2/1000 이하</li> <li>- Pump Nozzle 연결배관은 Loosen Bolting 되어야 함</li> <li>- 여작 또는 설치된 배관의 End Cap 설치</li> <li>- 시공전 배관 내부 이물질 Cleaning</li> <li>- Valve Flow Direction 도면과 일치 되어야 함 (Control Valve, Check Valve, Globe Valve, Safety Valve)</li> <li>- 배관 배설이 설계 및 설치방법서와 일치하는지 확인</li> <li>- 지진분리이용설치는 도면과 일치 여부 확인</li> </ul>	ITRF-FF-03	I	M	M	M	
2)	용접작업 표준서 (WPS)	ASME Sec. IX	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 용접작업 표준서의 적정성 검토</li> <li>- 배관재질에 맞는 WPS/PQR 구성</li> </ul>	QA-018-01/02	I/R	W	W	M	
3)	용접사 Qualification	ASME Sec. IX	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ASME Sec. IX의 요구 조건에 만족할 것</li> <li>* Position 배관 : 6G, Support : 2G + 3G</li> <li>* 검사방법 : 육안검사 + RT</li> </ul>	QA-004-01-04	I/R	W	(W)	M	
4)	용접봉 관리	ASME B31.1 AWS D1.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 재질별 Color Coding 및 구분 보관</li> <li>- 용접봉 봉홀대장을 작성/배치한다</li> <li>- 피막 용접봉의 경우 아래와 같이 건조 및 유지 관리대장을 작성/배치한다</li> <li>* 용접봉 Baking 온도 : 300 ~ 350°C</li> <li>* 용접봉 Holding 온도 : 100°C</li> <li>* 피막용 와 건조 조건 : 발열 후 대기중 4시간 이상</li> <li>* 저수소계 용접봉은 1회에 한하여 재건조 사용</li> <li>- WPS의 용접봉과 실제 사용 용접봉의 재질 일치여부 확인</li> </ul>	QA-005-01/02	I/R	M	M	M	
5)	용접부 육안검사	ASME B31.1 Welding Spec.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Socket Welding은 최소 2 Pass 이상 용접</li> <li>- 용접부 Undercut 유무 및 Spatter 제거 확인</li> <li>- Welding 각 Pass 간 Start 부위와 End 부위 Overlap 금지</li> <li>- 육안검사 Tolerance (ASME B31.1 Table 136.4.1)</li> </ul>	ITRF-PP-01	I/R	(W)	M	M	
6)	비파괴 검사	ASME Sec.V ASME B31.1 Pipinq Spec.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RT/PAUT/MT/PT/UT 합격기준은 ASME Sec.V에 따름</li> <li>- 수평 하중을 받는 Dummy &amp; Trunnion 용접부는 MT or PT를 실시함</li> <li>- NDE 수행은 Butt Type의 경우 RT 또는 PAUT 적용, Branch/Fillet/Seal Weld/Support는 MT or PT 적용을 원칙으로 한다</li> </ul>	QA-009-01-01 NDE 업체 기록서	I/R	(W)	M	M	

I : Inspection, R : Reporting, (W) : Spot Witness, W : Witness, H : Hold Point, D : Document, M : Monitoring  
Form No. : QA-003-02 (Rev.0)

적용 공중에 필요한 구체적인 작업 사항을 작업순서에 따라 검사 및 시험 항목에 표시하였다. 각 항목마다 참고문서를 지정하였고 검사 및 합격 기준을 제시하였다. 각각의 검사에 필요한 보고서 양식은 번호를 부여하여 별도의 양식 목록에서 확인이 가능하게 하였다. 검사는 협력업체, 시공사, 감리단, 발주자의 4단계의 승인을 거치게 하였고 검사 방법을 아래의 약어로서 표시하였다.

-검사방법 약어표시

I:Inspection, R:Reporting, W:Witness, H:Hold, D:Document, M:Monitoring

### 2.2.3 배관 제작 및 설치 절차

플랜트 배관의 제작, 설치를 위한 작업 절차 및 기준을 프로젝트 적용 규격과



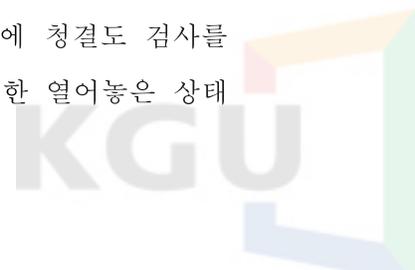
사양서 등의 요구 조건들을 검토하여 시공 및 품질관리에 필요한 사항을 정리한 작업절차이다.

자재관리를 위한 작업절차는 공사용 자재로 공급된 Coating 및 도복 배관의 경우 운송 중 손상을 방지하기 위하여 적절한 방법으로 보호 조치한다, 장기간 저장할 경우 태양열에 의한 열화현상을 방지하기 위하여 차광막을 사용하며, 반입된 자재는 인수검사를 통해 입고서류와 자재의 일치여부를 확인하고 원자재 배관, 밸브 등의 끝단은 Cap이나 마개로 밀봉하며 설치 전까지 검사 이외에는 밀봉을 제거하지 않는다. 자재는 구분과 식별이 가능하도록 규정된 색상으로 표시하여 사용하며 스테인리스계 배관재와 카본계 배관재는 분리, 저장한다.

배관 제작을 위한 작업절차의 경우는 배관은 제작 전에 배관의 재질이 제작 도면과 일치하는지 확인한 후 도면에 맞게 제작한다. 그라인더, 브러쉬 절단휠 등의 작업 공구는 스테인리스강과 탄소강의 공구를 분리하여 사용하며 스테인리스강용 공구는 식별이 용이하도록 흰색 페인트로 표시한다. 스테인리스강의 절단시 화염 절단은 사용하지 않으며 플라즈마 절단 혹은 휠 절단기를 사용하여 절단한다. 배관스풀의 제작시 수직 및 수평을 맞추고 플랜지 면은 배관 표면과 수직상태를 이루며 용접 완료 후에도 상태가 유지하도록 한다. 플랜지 접합에 의한 관이음은 사전에 볼트구멍이 정확한지 확인한 후 가스켓을 삽입하고 플랜지 면이 균일하게 접촉할 수 있도록 설치하며 가스켓은 설치 전 Type 및 사용압력을 확인한다. 나사 이음 작업시 완전한 밀봉을 위하여 테프론이나 마사 테이프 등을 사용하며 나사산은 2~3개 이상 노출되도록 설치한다.

배관 표면에 결함이 발생한 경우에는 결함 깊이가 최소 벽두께를 초과하지 않도록 하며 유해한 결함은 연마에 의해 온전히 제거한다. 연마된 부분의 두께가 모재 벽두께 이하로 될 경우 용접에 의해 보수한다. 결함 보수용 용접봉은 최초 용접에 사용된 것보다 더 작은 용접봉을 사용하며 지름 4mm 이하를 사용한다.

밸브 및 펌프 설치를 위한 작업절차의 경우 밸브는 설치 전에 청결도 검사를 하여 이물질의 존재 여부를 확인하고 밸브 용접시 밸브를 최대한 열어놓은 상태



에서 용접한다. 펌프 설치 시에는 회전기기의 진동을 고려하여 정확히 정렬하며 수평계 및 다이얼게이지를 사용하여 용접 후의 변화량을 측정 기록하여 보관한다.

압력시험을 위한 작업절차는 배관의 내부 유체에 따라 수압시험과 기압시험으로 구분한다. 기압시험은 수압으로 시험할 경우 잔존하는 유체에 의해 배관의 기능에 유해하다고 판단될 때 적용한다. 시험에 앞서 배관재, 행거, 지지물 등의 재질, 규격 및 용접 상태 등을 압력시험 점검표에 따라 최종적으로 점검하며 배관계통의 상부에는 물을 채우는 동안 공기가 빠져나갈 수 있도록 한다. 수압시험 압력은 설계압력의 1.5배로 하며 시험압력은 최소한 10분간 유지하고 이상유무를 확인한 후 설계압력까지 감압시킨다. 기압시험은 ASME B31.1의 경우 설계압력의 1.25배를 적용하며 최대압력은 배관계통 어느 부분도 설계압력의 1.5배 이상을 초과하지 않도록 한다. 압력시험의 단계과 기준압력은 <그림 2-5>와 같다.



<그림 2-5> 압력시험 상태도[8]

압력시험의 합격기준은 수압시험의 경우 설계압력의 1.5배로 최소 10분간 유지하는 동안 누설이 없고, 설계압력으로 감압하여 10분간 기밀시험을 실시하여 압력의 변화가 없을 때 합격으로 인정한다. 기압시험의 경우에는 설계압력의 1.25배로 최소 10분간 유지하는 동안 누기가 없고, 설계압력으로 감압하여 10분간 기밀시험을 실시하여 압력의 변화가 없을 때 합격으로 인정한다. <그림 2-6>은 압력시험을 수행하는 사진이다.





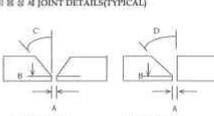
<그림 2-6> 압력시험(Pressure Test)

## 2.2.4 용접시공 절차 및 기준

용접 시공절차는 중점 품질관리 대상인 용접작업의 절차 및 기준에 대해 프로젝트 적용 규격과 사양서 등의 요구조건들을 검토하여 시공 및 품질관리에 필요한 사항을 수록한 작업절차이다.

용접절차시방서는 용접시공 전과정을 거쳐 적용하는 기준과 절차를 제공하며 주어진 규정에 의해 용접작업이 이루어지고 체계적인 품질관리를 수행함으로써 생산된 용접부가 만족하는 품질을 가지고 있음을 보증하는 용접절차서이다. 모든 용접부는 각각의 용접에 적용하는 용접절차시방서가 지정되며 용접사는 해당 용접절차시방서의 기준에 준하여 용접을 수행한다. 현장에서 사용하는 용접절차시방서는 <그림 2-7>과 같다.



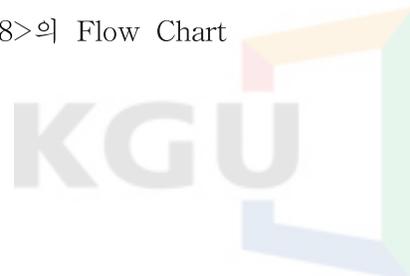
SK eengineering		용접작업표준서 WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)		SKMU CHP Project	
용접작업표준서번호 WPS NO. CS-GT-19T-N-01		날짜 DATE Nov. 21, 2022		개정번호 REVISION NO. 0	
지원시공 품목 SUPPORTING PQR NO. PQR-T-015-001 S.NZB-0101-GT-001		용접방법 WELDING PROCESS(ES) GTAW		용접형태 TYPE(ER) MANUAL	
<b>이 용 접 결 제 JOINT DESIGN (QW-402)</b> 이 용 접 결 제 TYPE (E/F) SINGLE GROOVE, BEVEL 배합 용접 BACKING YES NO V 배합 재료 (용접 BACKING-MATERIAL) YES NO V 오버헤드 (OH) WELDING YES NO V			<b>이 용 접 상 서 JOINT DETAILS(TYPICAL)</b> 		
<b>모 재 BASE METALS(QW-403)</b> 모 재 종류 P/M1 2 모 재 규격 G4 MnS 1.8.2 모 재 규격 TO P/M1 1 모 재 규격 G4 MnS 1.8.2			<b>예 열 PREHEAT (QW-406)</b> 예 열 온도 MIN. PREHEAT TEMP (°C) 100 예 열 방법 NONE 예 열 온도 MAX. INTERMEDIATE TEMP (°C) N/A 예 열 유지, PREHEAT MAINTENANCE N/A		
<b>용 접 재 FILLER METALS (QW-404)</b> 용 접 재 종류 ER70S-2 용 접 재 규격 G4 MnS 용 접 재 규격 TO ER70S-2 용 접 재 규격 G4 MnS			<b>가 스 GAS (ES) (QW-408)</b> 가 스 종류 SHIELDING GAS(ES) ARGON 용 접 가 스 조성비율 PURENT COMPOSITION(AR, %) 용 접 가 스 조성비율 99.99 용 접 가 스 조성비율 PREHEAT BACKING GAS(ES) N/A 용 접 가 스 조성비율 GAS BACKING N/A 용 접 가 스 조성비율 GAS TRAILING GAS N/A		
<b>용 접 자 세 POSITIONS(QW-405)</b> 용 접 자 세 POSITION OF GROOVE ALL 용 접 자 세 POSITION OF FILLET ALL 용 접 자 세 POSITION OF BEVEL ALL 용 접 자 세 POSITION OF GROOVE CP Y DNBN			<b>전기특성 ELECTRICAL CHARACT. (QW-409)</b> 용 접 전류 CURRENT(A/C/DC) DC 용 접 전압 POLARITY DP 용 접 전압 FUNCTION ELECTRODE TYPE EFFW1.2 용 접 전압 FUNCTION ELECTRODE SIZE(mm) 2.4.3.2 용 접 전압 MODE OF METAL TRANSFER FOR GTAW N/A		

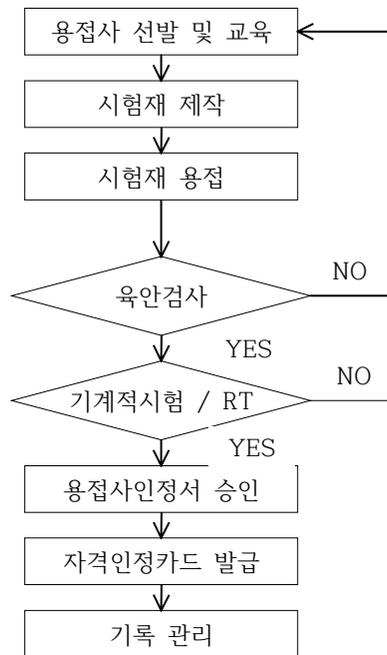
SK eengineering		용접작업표준서 WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)		SKMU CHP Project																																	
용접작업표준서 번호 WPS NO. CS-GT-19T-N-01		개정 번호 REVISION NO. 0																																			
<b>용접방법 WELDING TECHNIQUE (QW-410)</b> 용접 방법 ATRENGER OR WEAVE HEAD BOTH 가스 종류 GAS NONE 용접 속도 (용접 속도를 위한) SPEED (Min. 3 Times of Electrode Size) N/A 용접 속도 용접 형태 SINGLE OR MULTIPLE PASS(ER) BOTH 용접 방법 INITIAL OR INTERPASS CLEANING N/A 용접 방법 GROUNDED OR BUSHING ETC. GROUNDING & BUSHING 용접 방법 CONTACT TUBE TO WORK DISTANCE(mm) N/A 용접 방법 PREHEAT NONE			<b>용접 조건 WELDING CONDITION</b> 용접 재 종류 P/M1 2 용접 재 규격 G4 MnS 1.8.2 용접 재 규격 TO P/M1 1 용접 재 규격 G4 MnS 1.8.2																																		
<b>용접 조건 WELDING CONDITION</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>층 번호 LAYER NO.</th> <th>용접 방법 WELDING PROCEDURE</th> <th>용접 재 종류 FILLER METAL CLASS</th> <th>용접 재 규격 SIZE</th> <th>용접 전류 CURRENT TYPE</th> <th>용접 전압 RANGE VOLTAGE</th> <th>용접 속도 SPEED (mm/min)</th> <th>용접 방법 OTHER</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>GTAW</td> <td>ER70S-2</td> <td>2.4-3.2</td> <td>DCSP</td> <td>90-200</td> <td>10-20</td> <td>5-15</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>GTAW</td> <td>ER70S-2</td> <td>2.4-3.2</td> <td>DCSP</td> <td>90-200</td> <td>10-20</td> <td>5-15</td> </tr> <tr> <td>3 &amp; OVER</td> <td>GTAW</td> <td>ER70S-2</td> <td>2.4-3.2</td> <td>DCSP</td> <td>90-200</td> <td>10-20</td> <td>5-15</td> </tr> </tbody> </table>						층 번호 LAYER NO.	용접 방법 WELDING PROCEDURE	용접 재 종류 FILLER METAL CLASS	용접 재 규격 SIZE	용접 전류 CURRENT TYPE	용접 전압 RANGE VOLTAGE	용접 속도 SPEED (mm/min)	용접 방법 OTHER	1	GTAW	ER70S-2	2.4-3.2	DCSP	90-200	10-20	5-15	2	GTAW	ER70S-2	2.4-3.2	DCSP	90-200	10-20	5-15	3 & OVER	GTAW	ER70S-2	2.4-3.2	DCSP	90-200	10-20	5-15
층 번호 LAYER NO.	용접 방법 WELDING PROCEDURE	용접 재 종류 FILLER METAL CLASS	용접 재 규격 SIZE	용접 전류 CURRENT TYPE	용접 전압 RANGE VOLTAGE	용접 속도 SPEED (mm/min)	용접 방법 OTHER																														
1	GTAW	ER70S-2	2.4-3.2	DCSP	90-200	10-20	5-15																														
2	GTAW	ER70S-2	2.4-3.2	DCSP	90-200	10-20	5-15																														
3 & OVER	GTAW	ER70S-2	2.4-3.2	DCSP	90-200	10-20	5-15																														
<b>용접시공 SPECIAL INSTRUCTIONS</b> 1. APPLICABLE MATERIALS: SA-516 GRADE 60, SA-516, API-5L X42, SA-516 WPM, SA-265 Gr C & D, A-307 GRADE 60, A-307 GR A & C & D.																																					
Prepared by: [Signature] Reviewed by: [Signature] Approved by: [Signature] Quality Engineer Quality Manager Site Manager 2022/11/21																																					

<그림 2-7> 용접절차시방서(Welding Procedure Specification)[9]

용접사 인정은 용접사가 현장에서 수행하게 될 용접작업에 필요한 기량을 갖추었는지 여부를 확인하는 과정으로서 규격의 기준에 따라 시험재를 제작하여 현장에서 용접을 수행한 후 비파괴 또는 기계적 시험을 통해 합격 여부를 확인하는 절차를 수행한다. 자격을 취득한 용접사에게는 용접작업이 허용된 모재의 재질과 범위를 기록한 용접사 자격인정카드를 배부하고 부여받은 자격의 허용범위 내에서만 현장 용접을 수행하며 현장관리자는 현장 용접의 조건과 용접사의 자격 허용범위를 고려하여 용접사를 선정한다.

용접사는 용접작업시 용접사 자격인정카드를 소지하여 식별이 가능해야 하며 생산한 용접부에 대한 품질검사 결과 불량률이 기준을 초과하는 경우 재교육 및 재시험 등의 조치를 통하여 기량을 인정받아야 한다. <그림 2-8>의 Flow Chart로 용접사 인정 Process를 나타내었다.





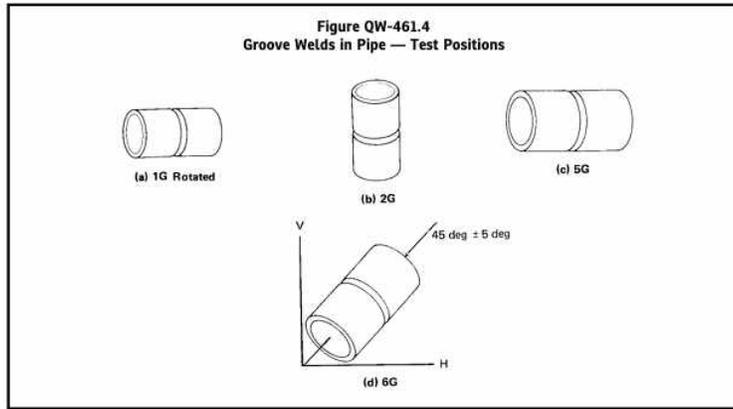
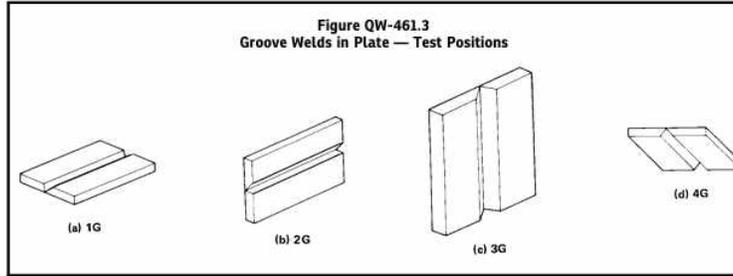
<그림 2-8> 용접사인정 Process

용접사 인정 절차는 다음과 같다.

- 용접사 선발 및 교육 : 용접절차시방서 이해 및 안전 교육
- 시험재 제작 : ASME Sec. IX QW310
- 시험재 용접 : 용접사 식별, 자재, 용접자세, 예열 등 필수변수 확인
- 육안검사 : 용접비드 형상, 비드폭, 결함유무 등 확인
- 기계시험 또는 비파괴검사 : 굽힘시험 또는 방사선투과검사 수행
- 용접사인정서 작성 및 승인
- 자격인정카드 발급
- 기록관리

<그림 2-9>에서 ASME Sec.IX의 용접사 인정 시험자세 기준을 나타내었다.





<그림 2-9> 용접사인정 시험 자세[10]

<그림 2-10>은 현장에서 사용하는 용접사인정카드 사례이다.

용접사 자격증		용접작업 허용범위															
사 진	용접사번호																
	이름																
	자격취득일																
	소속																
상기와 같이 용접사 자격을 인정함.																	
Project QA Manager		(인)															
<b>XXX 건설</b>																	
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">용접작업 허용범위</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="width: 50%;">용접재질</td><td></td></tr> <tr><td>용접두께</td><td></td></tr> <tr><td>외경</td><td></td></tr> <tr><td>용접자세</td><td></td></tr> <tr><td>용접방법</td><td></td></tr> <tr><td>기타</td><td></td></tr> </tbody> </table>		용접작업 허용범위		용접재질		용접두께		외경		용접자세		용접방법		기타	
용접작업 허용범위																	
용접재질																	
용접두께																	
외경																	
용접자세																	
용접방법																	
기타																	
		<p><b>주의사항</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 본 증은 타인에게 양도할 수 없음.</li> <li>2. 감독자 요구 시 제시할 것.</li> <li>3. 자격 인증된 범위내에서 작업할 것.</li> <li>4. 관련 용접규정을 준수할 것.</li> <li>5. 퇴직 시 반드시 반납할 것.</li> </ol>															

<그림 2-10> 용접사인정카드[11]



용접 자재 관리 절차의 경우 자재 관리에 필요한 건조로 및 관리실을 준비하고 용접재료 관리실은 방화구조, 결로방지, 대기 차단벽 및 환기설비를 갖추고 20~40°C 온도를 유지하며 습도는 50%를 초과하지 않도록 해야 한다. <그림 2-11>은 기준에 적합한 용접관리실과 건조로 사례이다.



<그림 2-11> 용접관리실과 건조로

용접봉은 규격, 직경, 제조 번호별로 구분하여 보관하고 용접봉의 혼용방지를 위하여 용접봉의 끝단에 Color Coding을 실시한다. 피복 용접봉의 밀봉 포장이 훼손되거나 용접봉을 대기 중에 노출하여 저장할 경우 “용접봉 현장관리 지침”에 따라 보관한다. 각 건조로(Dry Oven) 상단에 저장된 용접봉의 규격, 직경을 기록하여 붙이고 건조로 별로 건조 중인 용접봉 종류, 유지시간, 건조시간을 표시한다. 진공포장으로 공급된 와이어는 진공포장 제거 전까지는 온·습도 관리를 하지 않는다. 용접봉 현장관리 지침은 <표 2-3>과 같다.



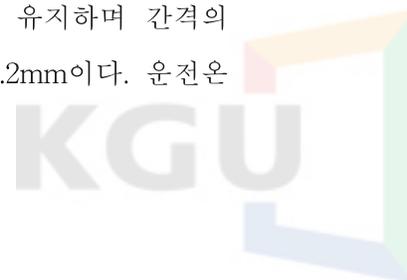
<표 2-3> 용접봉 현장관리 지침[12]

관리사항	관 리 내 용						
	구분	규격	용접자재 분류	건조시간 (최소)	건조온도	보관온도	대기노출시간 (최대)
용접봉 건조온도 보관온도	AWS D1.1	A5.1	E70XX	1~2시간	260~430°C	120~150°C	4시간
		A5.5	E70XX-X	1시간	350~450°C		4시간
			E80XX-X				2시간
			E90XX-X				1시간
		A5.4	E308/E309/E316	300~330°C	8시간		

시공담당자는 용접사에게 지급된 용접봉이 지정된 현장 용접부에 사용되는지 확인하고 용접봉이 중복 청구되거나 용접봉이 현장에서 전용되지 않도록 점검한다. 용접사는 용접봉 관리자가 확인하고 불출한 용접봉만을 사용하며 용접사 상호 간에 용접봉의 대여 및 양도를 금하며, 이동하는 시간을 제외하고 용접사가 용접봉을 보관하는 이동식 건조통은 항상 전원을 연결하여 온도를 유지한다. 피복 용접봉은 용접봉 관리실에서 출고된 후 대기에 노출된 상태에서 E60XX, E70XX는 4시간, E80XX-X는 2시간, E90XX-X는 1시간을 초과되지 않도록 한다.

용접사는 용접 중 항시 부여받은 자격인정카드를 휴대하여야 하며 사용되는 용접재료는 승인된 용접절차 시방서에 기록된 재료를 사용한다. 탄소강 및 저합금강 피복금속아크용접(SMAW)의 경우 저수소계 용접봉을 사용한다. 용접 개선먼은 용접절차시방서의 기준에 의해 가공하고 스케일, 녹, 기름, 그리이스 및 기타 오염 물질을 제거한다. 모재 정렬에 사용되는 가용접은 사용 후 완전히 제거하거나 또는 가용접의 시작부분과 끝부분이 최종 용접부에 완전히 융합되도록 그라인딩 혹은 다른 적당한 방법으로 준비한다.

용접을 하기 전에 쇄슬질, 줄, 연마 또는 솔벤트 세척 등으로 용접부의 표면을 깨끗이 하고 각 패스 사이에 다음 패스가 융착되기 전에 슬래그 등을 제거한다. 소켓용접을 하기 전에 소켓에 삽입한 배관의 끝부분에 간격을 유지하며 간격의 기준은 ASME B31.1(127.4.4)에 준하여 최소 1.6mm에서 최대 3.2mm이다. 운전은



도가 121°C이상에서는 이종재료의 소켓 용접은 수행하지 않는다.

ASME 규격으로 적용되는 용접은 금속의 온도가 10°C 이상인 상태에서만 용접을 할 수 있으며, AWS 규격으로 적용되는 용접은 주위의 온도가 -18°C 이하 또는 표면에 습기가 있고 비, 눈, 또는 강한 바람에 노출되거나 용접사가 작업하기에 부적합한 조건이라면 용접을 중지한다. 압력을 유지하는 구성품의 예열 및 층간온도는 승인된 용접절차시방서에 따르며 온도 측정은 온도지시크레용, 비접촉식 적외선 고온계, 접촉식 고온계 등 발주자가 인정하는 기구를 사용한다. <그림 2-12>는 온도지시크레용과 접촉식 고온계이다.



<그림 2-12> 온도지시크레용과 접촉식 고온계

용접 수행 중 작업절차의 경우, 한 방향에서만 접근이 가능한 원주 맞대기 용접부의 초층은 가스텅스텐아크용접(GTAW)으로 하며, 양면 홈 용접 시에는 한쪽에서의 용접 후 반대쪽 면을 용접하기 전에 금속이 밝은 빛을 떨 때까지 가우징, 치핑 및 연마한다. 용접작업 시 차폐(Purge)가 요구될 경우 용착 두께가 6mm 또는 2층 이상 용착될 때까지 차폐를 계속한다. 두께가 6.5mm 미만인 모재의 홈 용접은 최소 2층의 용접, 두께가 6.5mm 이상의 홈 용접은 3층 이상의 용접을 한다. 소켓용접은 적어도 2층 용접을 해야 하지만 가스텅스텐아크용접을 사용할 경우 직경 25mm 까지는 단층 용접을 사용한다.

용접 표면은 비파괴 검사할때 정확한 판정을 위해 용접부위를 매끄럽게 하며 모든 맞대기 용접은 완만한 덧살(Reinforcement), 균일한 크라운(Uniform

Crowns) 및 완전 용입으로 완성한다. 규격에 따른 용접부 덧살 높이의 기준은 이음부의 내부 및 외부 표면에 적용한다. 홈 용접 덧붙임 두께는 <표 2-4>와 같다.

<표 2-4> 홈 용접 덧붙임 두께[13]

모재 공칭두께	400°C초과	175°C~400°C	175°C미만
3.0mm이하	2.0mm	2.5mm	5.0mm
3.0mm초과 5.0mm이하	2.0mm	3.0mm	5.0mm
5.0mm초과 13.0mm이하	2.0mm	4.0mm	5.0mm
13.0mm초과 25.0mm이하	2.5mm	5.0mm	5.0mm
25.0mm초과 50.0mm이하	3.0mm	6.0mm	6.0mm
50.0mm초과	4.0mm	6.0mm또는 용접폭의 12.5%중 큰 값	

연마작업, 결합제거 및 용접부 표면처리 등을 할 때 인접 모재의 표면을 손상시키지 않도록 하고 모재의 두께는 규정된 최소치 이하가 되어서는 안된다. 만약 화염이나 아크 가우징법이 사용될 경우에는 기계가공 또는 연마작업에 의해 홈을 파낸 부분과 열 영향을 받아 변색된 부분을 충분히 제거하여 표면에 오염된 물질들이 없도록 한다.

## 2.2.5 육안검사 및 비파괴검사

용접공정에 대한 검사로서 육안검사는 용접전, 용접중, 용접후 검사로 구분한다. 용접전 검사는 배관 Fit-up 검사라고 하여 용접을 시작하기 전 배관의 재질, 정렬, 개선각, 간격, 기울기, 예열, 청소상태 등을 확인하는 검사이며, 용접중 검사는 용접이 진행되는 중 배관의 층간온도, 용접봉, 전류 및 전압 등을 검사한다. 용접후 검사는 최종 용접이 마무리 된 후 검사를 수행하는 것으로서 용접비드의 적정성, 용접부 덧살, 언더컷, 오버랩 및 핀홀 등 용접결함 여부 등을 확인한다.

육안검사가 완료되면 검사 및 시험계획서의 기준에 따라 비파괴 검사를 수행하는데 방사선투과검사, 초음파탐상검사, 액체침투탐상시험, 자분탐상시험 등이 있

다. 일반적으로 맞대기 용접 또는 홈용접 부위는 방사선 투과검사를 실시하며 방사선투과검사를 실시하기 곤란한 곳은 초음파탐상검사를 수행한다. 구조적으로 방사선투과검사 또는 초음파탐상검사가 불가능한 경우에는 자분탐상시험 또는 액체 침투탐상시험을 실시한다.

ASME 및 AWS 규격의 육안검사 기준은 다음과 같다.

- 모든 균열은 치수와 위치에 관계없이 불허한다.
- 용착금속과 모재, 용착금속과 용착금속은 완전히 용융한다.
- 각 용접부는 전 길이에 걸쳐 폭과 크기가 균일하게 한다.
- 용접 표면은 거친 물결모양, 흠, 겹침과 굴곡이 없게 한다.
- 각 용접 층이나 패스에서 육안으로 확인하여 슬래그, 개재물, 균열, 기공 및 용융부족이 없도록 한다.
- 언더컷은 ASME 규격의 경우 길이에 관계없이 깊이가 0.8mm를 초과할 수 없고 요구되는 벽두께를 잠식해서는 안되며, AWS 규격의 경우 두께가 25mm 미만일때 1mm를 초과하는 것은 허용하지 않는다. 두께가 25mm 이상일때 최대 1.6mm의 언더컷을 허용한다.
- 모든 맞대기 용접부는 모재와 평평하거나 일정한 크라운 형상을 가진다.
- 홈 용접의 형상은 용접 덧붙임 두께 규정을 따른다.
- 필렛 용접부의 형태 및 크기는 관련 규격에 규정된 크기와 형상의 기준을 따른다.



## 제 3 장 소방배관의 표준용접절차서 개발

### 3.1 용접 품질관리의 문제점

소방배관 시공 현장에서 수행되는 용접공정 중 품질관리에서의 문제점을 사례와 원인분석, 선행연구를 통하여 조사를 실시하였다. 문제점에 대한 평가와 분석을 통하여 품질관리시스템 관점에서의 대책과 표준화된 용접절차 개발의 필요성을 확인하였다.

#### 3.1.1 용접부의 부식

용접부에서의 부식은 배관의 설계 수명보다 매우 빠른 시간내에 예상치 못하게 발생하는 국부 부식의 형태로 나타나며 설비의 수명을 단축시키고 작동 신뢰도를 저하시킨다. 용접부에서 발생하는 주요 부식현상은 다음과 같다.

##### 1. 구상부식 (Groove Corrosion)

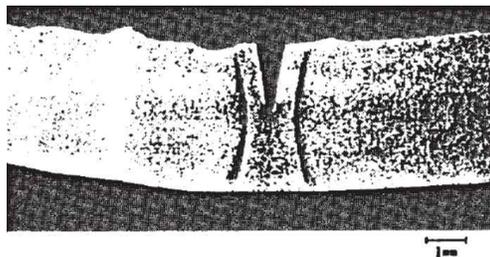
강관에서 발생하는 부식의 사례를 배관의 종류, 배관의 직경, 두께, 부식유형과 부식속도에 대해 <표 3-1>에서 정리하였다[3]. 이들 사례는 모두 최종적으로 부식 관통구가 발생하여 누수가 발생하였으며 부식의 형태와 발생부위를 보면 주로 용융접합강관의 접합부에서의 구상부식과 나사연결부에서의 부식이 주를 이루고 있으며 배관전체가 부식되는 전면부식보다는 부식속도가 0.5~2.8mm/y에 달하는 국부부식이 더 큰 문제임을 알 수 있다.



<표 3-1> 급수관의 부식 사례[3]

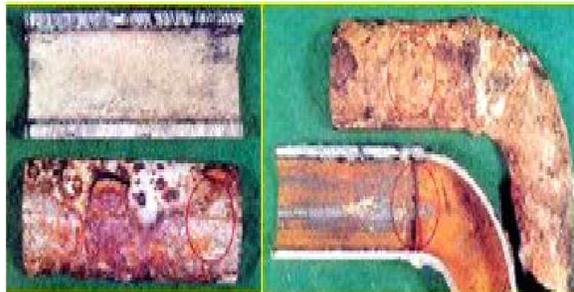
배관종류	관직경[A]	두께[mm]	부식관통기간	국부부식속도 [mm/y]	비고
ER-SGP(백)	65	4.2	7년	0.6	구상부식
WER-SGP(백)	80	4.2	11년	0.36	구상부식
WER-SGP(백)	80	4.2	25년	1.68	나사이음매부분
WER-SGP(백)	200	5.8		0.2	나사이음매부분
ER-SGP(백)	150	5.0	2년9개월	1.82	구상부식
WER-SGP(백)	65	4.2	6년2개월	0.68	구상부식
SGP	250	6.6	11년	0.46	
ER-SGP	100	4.5	8년	0.58	구상부식
ER-SGP	65	4.2	8년	0.31	구상부식
SGP	100	4.5	8년	0.38	단접관
W SGP(백)	50	3.8	2년	1.5	에로전
WER-SGP(백)	80	4.2	4년	1.05	구상부식
WER-SGP(백)	65	4.2	6년	0.7	구상부식
WER-SGP(백)	65	4.2	8년	0.5	구상부식
ER-SGP(백)	50		1년8개월		
W SGP(백)	50	3.8	13년	0.16	
ER-SGP	100	4.5	8년	0.56	
SGP(흑)	20	2.8	1년	2.8	마크로셀
WER-SGP(백)	80	4.2	8년	0.53	

용접부가 선택적으로 부식되는 구상부식은 단시간에 누수사고가 발생하는 특성이 있으며 <그림 3-1>에서는 부식이 용접돌출부를 따라 V자형으로 진행됨을 알 수 있는데 이는 모재와 용접부의 조직의 차이에 의한 것으로 용접부에서 국부적으로 모재를 용융시켜 접합하는 과정에서 발생하는 열응력의 차이에 의한 것이다.



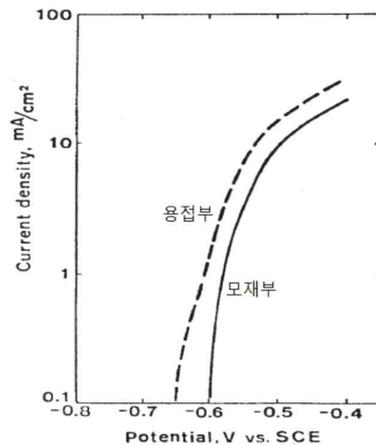
<그림 3-1> 구상부식이 발생한 용융접합강관의 단면조직[3]

구상부식의 발생형태는 연속적으로 발생하는 경우와 불연속적으로 발생하는 경우가 있는데 열응력의 차이에 의한 구상부식은 용접부에서 연속적으로 발생하며 모재 하부에서 공식과 같은 형태로 내부로 침식되며 불연속적으로 발생하기도 한다. <그림3-2>는 구상부식의 실제사례이다.

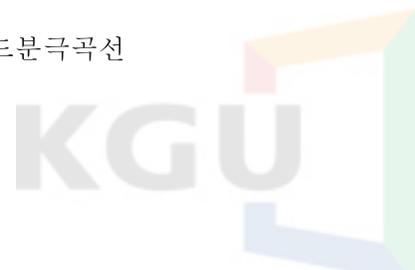


<그림3-2> 구상부식의 실제사례[3]

모재부와 용접부의 부식속도를 측정하기 위해 모재부와 용접부의 시험체를 3% NaCl 수용액에 담가 시험한 결과 <그림 3-3>과 같이 용접부의 부식속도가 모재보다 크게 되는 것을 알 수 있다.



<그림 3-3> 용융접합강관의 모재부와 용접부의 아노드분극곡선 (3% NaCl수용액)[3]



## 2. 공식 (Pitting Corrosion)

공식은 국부적으로 발생하는 부식 중 하나로서 부식의 형상이 동그란 구멍 형태라서 공식이라고 부른다. 공식은 스테인리스 강의 부동태 피막이 손상되었거나 언더컷이나 오버랩과 같은 결함이 있는 경우, 염화물이 많은 환경에서 금속의 철 성분이 용해액에 용해되며 부식이 발생하여 빠르게 진행하여 배관재에 관통 결함을 발생시킨다. 공식을 방지하기 위해서는 부동태 피막층의 손상을 발생시키지 않아야 하는데 배관 내부에 구조적으로 틈새가 있는 경우 부동태층을 보호하기가 어렵게 된다. <그림 3-4>는 스테인리스 강관에 공식이 발생한 모습이다.

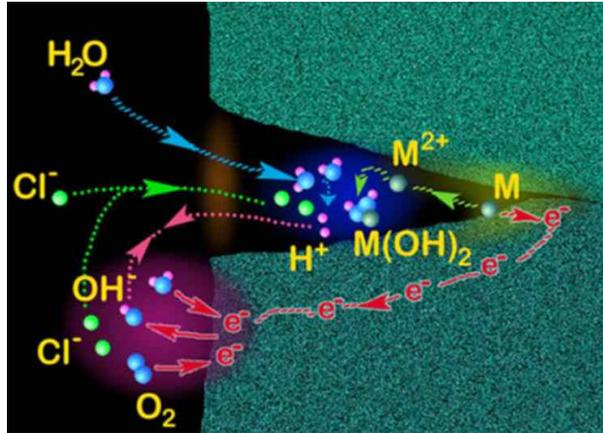


<그림 3-4> 스테인리스 강관의 공식

## 3. 틈새 부식 (Crevice Corrosion)

배관 내부의 틈새 또는 배관과 지지대 사이와 같은 틈새가 존재할때 염화물이 함유된 환경에서 발생하는 부식이 틈새부식이다. 부식의 발생과정은 틈이 형성된 곳에 용액이 정체되고 그에 따라 용존산소가 고갈되면서 틈새내에 양전하를 띠는 철이온이 과다해지고 이에 이끌려 염화물 이온이 틈새안으로 확산된다. 염화물 농도가 높아진 틈새 내부에서 용해액의 부식성이 심해져 더 많은 철의 용해가 발생되며 그 결과 염화물 이온이 증가하고 틈새안으로 확산되어 최종적으로 매우 부식성이 강한 산성용액을 발생시킨다. 틈새부식 발생과정은 <그림 3-5>와 같다.





<그림 3-5> 틈새부식 발생과정[14]

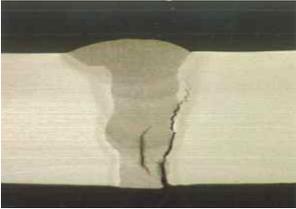
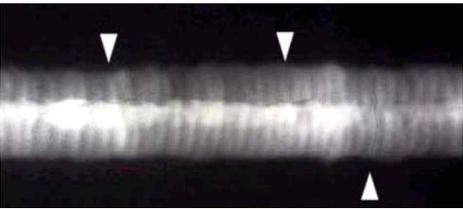
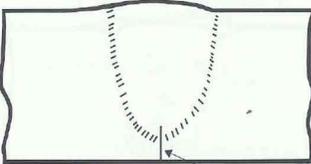
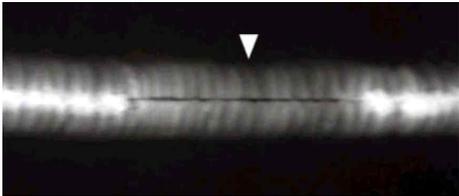
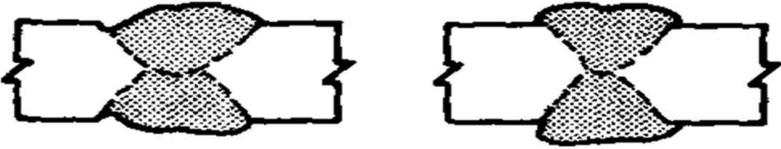
틈새부식을 방지하기 위해서는 볼팅 또는 리벳이음보다 틈새가 적은 용접이음을 적용하는 것이 유리하며 소켓용접 또는 겹치기 이음보다 맞대기 용접에서 틈새부식이 덜 발생한다. 맞대기 이음에서는 적절한 개선각을 적용해서 루트부가 충분히 용입이 되어 틈새가 생기지 않는 이음이 되도록 한다.

### 3.1.2 용접부 부식 방지대책

용접부에서 발생하는 주요 부식현상인 구상부식, 공식, 틈새부식에 대한 부식원인별 방지대책을 조사하였다. 구상부식의 발생원인은 국부적으로 모재를 용융시켜 접합하는 과정에서 발생한 열응력의 차이로 인해 모재와 용접부의 조직이 변화하여 용접부의 부식속도가 모재보다 빠르게 된 때문이다. 구상부식은 용융접합강관의 공장 제작 용접부에 관한 현상이지만 현장 용접부에서도 용접작업 수행시 충분한 예열과 낮은 층간온도를 적용하면 용접부에서의 냉각속도를 느리게 하여 용접부에서 발생하는 재질의 변화를 최소화 함으로써 부식을 방지할 수 있다.

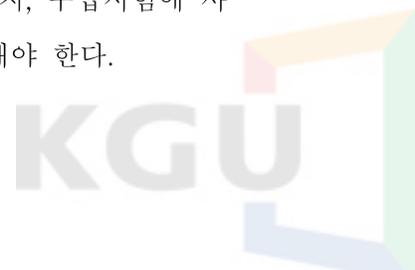
공식과 틈새부식의 발생원인은 스테인리스강관 피막의 손상, 구조적인 틈새, 결합 및 염화물 환경이다. 용접공정에서의 대책으로서 구조적인 틈새의 발생을 방지

하기 위해서 배관 용접 기량이 검증된 용접사를 선별 투입하는 것이 중요하며 배관 루트부 완전용입을 위한 적정 개선각 및 루트갭을 적용하고 루트부 덧살 높이 기준을 준수해야 한다. 균열, 용입부족, 언더컷 및 오버랩과 같은 용접결함은 공식과 틈새부식의 주요 원인으로 작용하기 때문에 발생여부를 확인하고 제거하는 절차가 필요하다. <그림 3-6>은 주요 용접결함의 단면도이다.

용접결함	용접부 단면 및 방사선투과 필름	
균열		
용입부족		
언더컷 오버랩		

<그림 3-6> 용접결함[15]

염화물 환경을 방지하기 위해서는 해안지역에서의 배관재 보관시 염분, 해풍 및 바다 모래로부터 보호 조치, 배관 내부 및 용접 이음부 청결 유지, 수압시험에 사용하는 물의 염소농도가 기준치를 만족하는지를 확인하고 사용해야 한다.



스테인리스 강관의 피막 손상을 방지하기 위해서는 탄소강과의 접촉을 금지하고 철분의 오염을 방지할 수 있도록 작업공간을 분리하여 스테인리스강에 흡착된 철분의 녹발생으로 스테인리스강이 오염되어 피막이 파괴되는 것을 방지해야 한다. 용접시에는 용접부 주변의 오염물을 제거하고 스테인리스 전용 공구를 사용하여 하며 퍼지 가스를 충분히 사용하여 용접부가 산화되지 않도록 한다.

### 3.1.3 용접 품질 절차 미준수

현장에서 수행된 용접부의 품질을 보증하기 위해서 용접공정을 공급하는 업체는 품질관리체계를 수립하고 용접작업에 대한 작업절차서와 검사 및 시험계획서를 작성하여 시공부서와 품질부서, 감리자와 발주자의 검토 후 승인된 절차에 따라 작업을 수행하여야 한다. 용접하기 전에 관련 요구조건을 만족하는 용접절차시방서를 개발하여 각 용접부마다 적용할 수 있도록 제공하고, 용접사는 용접작업시 용접절차시방서에 주어진 기준에 따라 용접을 수행하고 검사를 만족해야 한다.

그러나 현재 소방배관의 용접 시공이 수행되는 현장에서 구성원의 인식 부족과 기술력의 한계로 인하여 품질관리 절차를 위반하는 사례가 종종 발생하고 있다. 플랜트 현장의 소방 배관 용접 품질관리 절차 위반 사례와 그에 따른 문제점은 다음과 같다.

- 용접작업에 대한 작업절차서와 검사 및 시험계획서의 미운영으로 인하여 적정한 작업 절차 및 기준의 확인이 어려움
- 용접사 시험의 미수행으로 인하여 미숙련 용접사 투입을 방지하지 못하여 용접품질이 저하됨
- 용접절차시방서의 확인 없이 용접사의 경험과 기량에 의존한 용접으로 인해 용접부 품질 확인이 어려움
- 용접전, 중, 후 검사의 미수행으로 용접결함을 방지하지 못하고 용접 품질 개선이 어려움



- 간소화한 육안검사와 압력시험으로 형식적인 검사를 완료하였으나 장기적인 배관 용접부의 품질에 대한 보증이 어려움
- 용접시공 관련 품질자료 미작성으로 인해 플랜트 운영시 소방배관에서 발생하는 문제점에 대한 원인 파악 및 대책 수립이 어려움

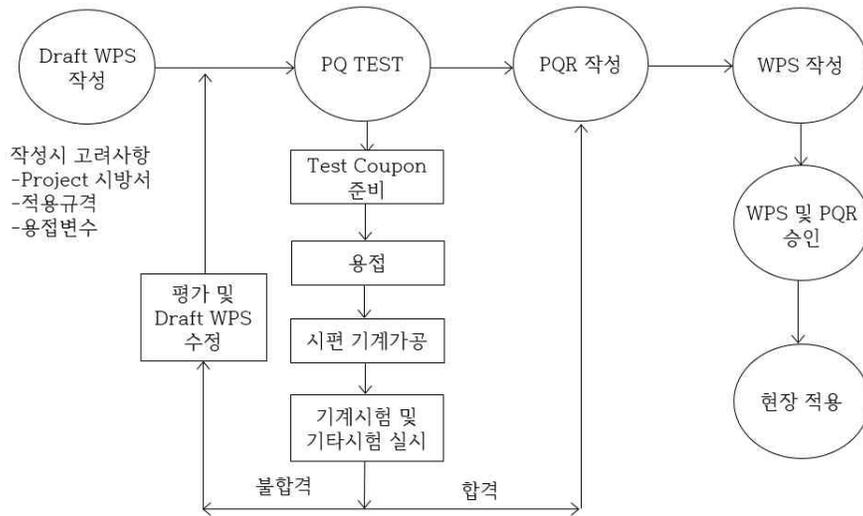
품질관리 절차의 미수립 및 미준수는 소방배관 품질의 저하와 소방설비 전체의 신뢰도를 저하시키는 원인이다. 형식적이고 관행적인 품질관리를 탈피하고 보다 쉽게 활용이 가능한 작업절차의 개발과 효율적인 품질관리시스템의 운영이 필요하다.

### 3.2 용접절차서 개발 개요

제품이 완성되고 나서 품질을 확인할 수 없는 공정을 특수공정으로 구분하는데 용접 공정과 콘크리트 공정이 주요 예이다. 용접 작업이나 콘크리트 타설은 작업이 완료되고 난 후 제품의 재질과 강도 등 물리적 화학적 성질을 알기 위해서는 그 제품을 파괴시켜야만 하기 때문이다.

이러한 특수공정 중 용접공정의 품질관리를 위한 표준적인 방법은 제품 생산 전에 생산하고자 하는 제품과 동일하거나 규격에서 동일한 것으로 인정되는 모형을 기술 기준에 맞추어 준비하고 실제 용접에서 사용하고자 하는 각종 변수들을 적용하여 생산을 한 후 완성된 시편에 대하여 파괴시험 및 기타 시험을 통하여 요구조건의 만족 여부를 확인하여 승인된 용접절차시방서를 현장 용접에 적용하는 방식이다. <그림 3-7>에서 Flow Chart로 용접절차시방서 개발 절차를 나타내었다.





<그림 3-7> 용접절차시방서 개발 절차

### 3.2.1 용접절차시방서(WPS) 및 절차인정기록서(PQR)

용접 절차시방서(WPS)는 특정의 용접을 실시하는데 있어 요구되는 상세한 용접조건을 명시한 문서로서 용접 작업자가 용접을 실시하는데 필요한 지침을 제공하는 것이며, 절차인정기록서(PQR)은 용접절차시방서를 인정하기 위한 시험 용접부를 만드는데 사용한 실제 용접조건과 인정시험결과를 기록한 문서이다.

### 3.2.2 PQ Test 절차

PQ Test는 용접절차시방서에 따라 용접한 용접물이 요구되는 성질을 가지고 있는가를 확인하기 위하여 실시한다. 용접담당자는 생산용접에 사용하게 될 용접에 대하여 Project 시방서, 적용규격 및 용접변수 등을 반영하여 Draft WPS를 작성하고 Test Coupon을 준비하여 용접 Test를 진행한다. Test 진행의 모든 과정

에 사용된 용접변수는 PQ Test 기록서에 기록한다. 주요 용접변수는 다음과 같다.

- 모재 : 재질 및 종류, 두께, 파이프 직경
- 용접봉 : 종류, Spec. 지름
- 예열, 층간온도, 후열처리, 가열 및 냉각속도
- 용접 Pass 별 두께, 전류, 전압
- 가스 및 전류 특성

### 3.2.3 검사 및 합격기준

용접이 완료된 Test Coupon은 기계가공을 거쳐 시험용 시편을 제작하여 인장강도 및 굽힘시험 등의 파괴시험을 수행하고 그 결과를 절차인정기록서에 기록한다. 기술규격에서 충격인성을 요구하는 경우에는 충격시험을 수행하고 결과를 기록한다.

PQ Test의 시험 결과는 용접을 수행한 모재가 요구하는 기계적 화학적 특성을 만족해야 한다. 각 기계시험 별 합격기준은 다음과 같다[10].

인장시험에 합격하기 위해서 인장시험편은 아래 항목에서 규정한 값 이상의 인장강도를 가져야 한다.

1. 모재의 규정된 최소 인장강도
2. 규정된 최소 인장강도가 서로 다른 두 모재를 사용할 경우, 두 모재의 규정된 최소 인장강도 중 작은 값
3. 모재보다 낮은 인장강도를 가진 용접금속을 사용하도록 규정한 경우, 용접금속의 규정된 최소 인장강도
4. 시험편이 용접부 또는 용융선 밖의 모재에서 파괴된 경우, 모재의 규정된 최소 인장강도의 95% 이상

굽힘시험의 합격기준은 다음과 같다.



1. 굽힘시험편의 용접부 및 열영향부는 시험 후 시험편의 굽혀진 부분 안에 완전히 들어가 있어야 한다.
2. 굽힘시험 후 시험편의 볼록한 면에서 어느 방향으로 측정해도 용접부 또는 열영향부 안에 3.2mm를 초과하는 열린 결함이 있어서는 안된다.
3. 시험중 시험편의 모서리에 생기는 열린 결함은 그 열린 결함이 용합불량, 슬래그 개재물 또는 다른 내부결함의 결과로 생긴 명확한 증거가 없는 한 고려하지 않는다.

### 3.3 표준용접절차시방서 개발 및 품질관리 방안 도출

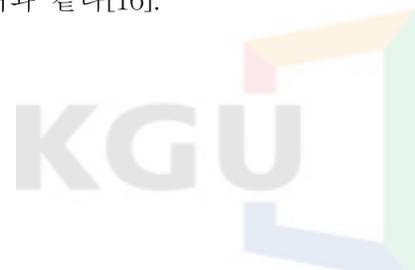
#### 3.3.1 용접절차서 표준화

국제 용접규격인 미국용접학회(AWS : American Welding Society)는 보편적으로 활용되고 품질이 검증된 용접절차에 대하여 규격 차원에서 실시한 PQ Test를 토대로 현장에서 추가적인 PQ Test의 수행 없이 사용 가능한 표준용접절차시방서(Standard WPS) 총 74건을 AWS B2.1 (Specification for Welding Procedure and Performance Qualification)에서 제시하고 계속 그 수를 늘려가고 있다[16].

다수의 PQ Test의 수행과 용접절차시방서를 개발하고 활용하는 과정을 통해 충분히 품질을 확보되었다고 인정되는 용접절차에 대해서는 더 이상의 소모적인 PQ Test를 지양하고 용접절차의 표준화로서 고품질의 용접을 수행하기 위함이다.

규격에 등재된 표준용접절차시방서의 식별체계는 필수변수인 모재의 재질별로 식별번호를 부여하였으며 탄소강은 번호1을 부여하고 스테인리스강은 번호8을 부여하여 절차서의 번호를 통해서 용접을 할 수 있는 모재를 확인할 수 있다.

표준용접절차시방서 규격에 등재한 번호의 형식과 체계는 아래와 같다[16].



AWS B2.1-□-□□□

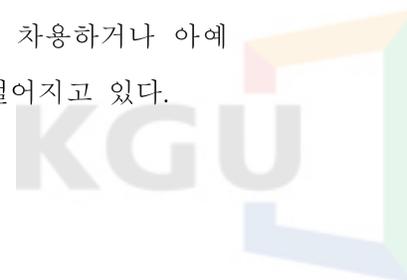
- : 1-Carbon Steel, 1/8-Carbon Steel+Stainless Steel  
4-Cromium(1%) Molybdenum, 5A-Cromium(2%) Molybdenum  
8-Stainless Steel, 22-Aluminum
- : 일련번호 001, 002 ...

표준용접절차시방서를 개발하고 운영해야 할 중요한 이유는 다음과 같다.

규격에서는 용접절차시방서의 개발에 대한 역무를 ‘해당 Project에서 인증된 품질시스템을 갖춘 조직의 일원으로서 직접 고용된 개인이거나 생산용접을 공급하도록 계약된 조직이어야 한다’ 라고 규정하고 있다[10].

이 규정에 의거하여, 2020년 9월 10일 소방시설공사업법 개정안이 시행되기 전에는 종합건설업체가 용접절차시방서에 대한 책임을 가지고 개발을 주도하였고 전문 소방시설공사업체에게 관련된 용접절차시방서를 제공하는 방식으로 용접 품질관리를 운영하였다. 그것은 소방공사를 수행하는 공사업체가 종합건설업체의 품질시스템에 포함되어 통합으로 관리가 되기 때문에 가능하였다. 그러나 2020년 9월 소방시설공사의 분리발주가 시행된 이후에는 개별적인 전문 소방시설공사업체가 발주처와 직접 계약하고 공사를 진행함으로 인하여 각각의 공사업체는 필요한 용접절차시방서를 자체적으로 개발해야 할 상황으로 변화되었다.

이로 인해 국내 전문 소방시설공사업체들은 품질시스템 및 용접절차시방서 개발에 대한 이해와 관련규격 Spec. 도면 등의 해석, WPS 개발을 수행할 기술인력을 확보해야 한다. 그러나 현재 소방공사를 수행하고 있는 대다수의 공사업체는 이러한 변화에 대한 인지와 준비가 부족한 상태이다. 독자적인 품질업무 수행의 어려움으로 인해 각 현장에서는 필요한 용접절차시방서를 개발하지 않는 대신에 타업체의 자료 또는 기완료된 Project에서 사용했던 자료 등을 차용하거나 아예 용접절차시방서를 사용하지 않는 등의 품질시스템 위반상황이 벌어지고 있다.



이러한 문제를 해결할 수 있는 방안으로서 현재 국제규격에서 허용하고 있는 표준용접절차시방서를 연구하여 소방배관 용접과 관련된 표준화된 절차서를 개발하고 이를 각 현장의 품질관리 조직에게 제공하여 누구나 쉽게 활용할 수 있도록 하고자 한다. 표준화된 작업절차와 용접절차시방서의 운영을 통해 체계적이고 통일적인 용접품질관리가 가능할 것으로 사료된다.

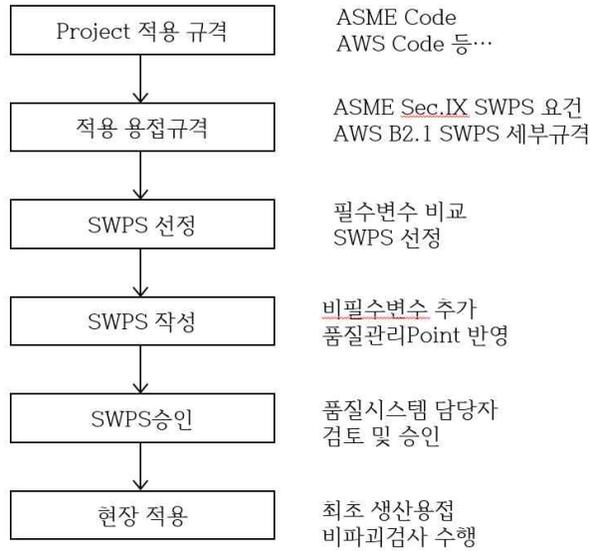
### 3.3.2 표준용접 품질관리 절차

표준용접절차시방서의 개발은 다음과 같이 진행하였다. 플랜트 공사의 각각의 Project 별로 적용하는 규격 및 표준 (Code and Standard)을 검토하였다. 규격 (Code)은 해당 Project에 적용되는 최소한의 기술적 요구사항으로 강제적인 조항이다. 표준(Standard)은 일반적으로 사용되는 절차, 재료 장비, 시스템 등에 대한 세부적인 기술적인 요구사항을 제공하는 것으로서 규격에 의해 인용됨으로써 규격과 같은 강제조항으로서 역할을 한다.

발전소 공사 Project의 경우, 적용 규격이며 강제조항인 ASME B31.1 Code에서 용접분야의 기술적인 요구사항을 수록한 ASME Sec.IX을 인용함으로써 표준이었던 ASME Sec.IX의 기술적인 요구사항이 해당 Project의 강제조항이 된다.

규격 간의 상호 연결을 조사하여 적용이 가능한 규격을 선정하고 실제 생산용 접에 적용할 표준용접절차시방서를 개발하는 품질관리 절차를 수행하였다. <그림 3-8>에서 Flow Chart로 표준용접절차시방서 개발 절차를 나타내었다.





<그림 3-8> 표준용접절차시방서 개발 절차

우선 Project의 적용 규격을 확인하였다. 일반 플랜트 공사는 ASME(American Society of Mechanical Engineer) 규격을 적용하고 있으며 소방공사도 ASME Code의 적용대상이다. ASME Code별 적용대상은 <표 3-2>와 같다.

<표 3-2> ASME Code 적용대상 목록[10]

Code	Application
ASME Sec. I	Power Boiler
ASME Sec. III	Nuclear Power Plant Components
ASME Sec. IV	Heating Boilers
ASME B31.1	Power Piping
ASME B31.3	Process Piping
ASME B31.4	Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbon and Other Liquids
ASME B31.5	Refrigeration Piping and Heat Transfer Components

적용 용접규격을 확인한 결과, ASME Code는 용접공정의 기술기준 표준인 ASME Sec.IX을 인용하며 표준용접절차시방서에 대한 기술적 요구사항을 ASME Sec.IX Part QW Article V 에서 제시하였으며 보다 구체적인 용접절차에 대해서는 AWS B2.1를 인용하며 AWS B2.1에 등재되어 있는 총 74건의 표준용접절차시방서 중에서 33건의 사용을 허용하고 있다[17].

표준용접절차시방서를 개발하기 위하여 Project에 적용하는 발주처 시방서와 설계도서의 요구사항을 검토하여 현장에 적용해야 할 용접부의 용접 필수변수와 비필수변수를 확인하고 필요한 용접절차시방서 목록을 작성하였다.

작성된 목록을 AWS B2.1 (Specification for Welding Procedure and Performance Qualification)에서 요구하는 표준용접절차시방서의 변수와 비교하여 현장에 적용 가능한 표준용접절차시방서를 확인하였고 시방서를 현장에서 사용할 수 있는 양식으로 작성하였다. 추가로 소방배관 특수성에 따른 부식방지 등 설비 신뢰도 향상을 위한 대책과 용접 품질관리 주요사항을 반영한 표준용접절차시방서 초안을 작성하였다.

작성된 표준용접절차시방서를 Project의 품질시스템에 의거하여 관련 조직의 검토 및 승인을 득한 후 현장에 적용하였다.

### 3.3.3 용접 필수변수 구분

플랜트 소방공사에 사용되는 배관자재의 규격을 소화전 설비, 스프링클러 설비, 각종 소화설비 및 매설배관으로 사용처에 따라 구분하였다. 규격은 KS 와 ASTM 으로 분류하였다. 소방 설비별 사용 배관규격은 <표 3-3>과 같다.



<표 3-3> 소방 설비별 사용 배관규격

명칭	규격		소화전 설비	매설 배관	스프링클러 설비	소화설비					
	KS	ASTM				이산화탄소	합론	할로겐화합물 및 불활성기체	분말	포	미분부
배관용 탄소강관	KS D3507 SPP	ASTM A135 Gr.A / Gr.B	○		○				○	○	
압력배관용 탄소강관	KS D3562 SPPS	ASTM A53 Gr.A / Gr.B	○		○	○	○	○	○	○	○
배관용 아크용접 탄소강강관	KS D3583	-			○						
상수도용 도보강강관	KS D3565	-		○							
폴리에틸렌 피복강관	KS D3589	-		○							
배관용 스테인리스강	KS D3576	ASTM A312 TP304 / TP316	○		○						
일반배관용 스테인리스강관	KS D3595	ASTM A269	○		○						○

위에서 도출한 배관재를 용접 필수변수 별로 구분하였다. 표준용접절차시방서를 선정하기 위해 필요한 필수변수는 아래와 같다.

- 모재 재질 : 강관, 스테인리스강, 알루미늄, 저합금강
- 모재의 형태 : Pipe, Plate
- 용접방법 : SMAW, GTAW, FCAW, GMAW
- Size : 배관의 직경
- 두께 : Pipe 또는 Plate 의 두께
- PWHT 유무 : As-welded, PWHT

용접에 사용되는 소방 배관을 종류별로 나누고 필수변수를 구분하여 <표 3-4>에 나타내었다.



<표 3-4> 소방 배관 용접 필수변수

배관종류	필수변수					
	재질	형태	용접방법	구경	두께	열처리 유무
배관용 탄소강관	P1	Pipe	SMAW GTAW FCAW	15A ~150A	Sch. 10~80	As-welded
압력배관용 탄소강관						
배관용 아크용접 탄소강강관						
상수도용 도보강강관						
폴리에틸렌 피복강관						
배관용 스테인리스강	P8					
일반배관용 스테인리스강관						

### 3.3.4 표준용접절차 대상 선정

필수변수 항목에 구분한 각각의 변수별로 용접절차를 부여하고 AWS B2.1의 표준용접절차시방서 기준과 비교하여 적용 가능한 표준용접절차시방서를 분석하였다. 탄소강 배관의 경우 필수변수인 용접방법을 현장에서 주로 사용하는 GTAW, GTAW+SMAW, FCAW의 3종으로 구분하여 선정하였으며 스테인리스강 배관의 경우 GTAW와 GTAW+SMAW의 2종의 용접방법을 선정하였다. 배관 지지대를 위한 용접방법은 SMAW와 FCAW의 2종을 선정하였다. 최종적으로 소방 배관 용접공정에 적용할 수 있는 절차서로서 배관 용접용 5종, 배관 지지대용 4종으로 총 9종의 표준용접절차시방서를 선정하여 <표 3-5>에 나타내었다.

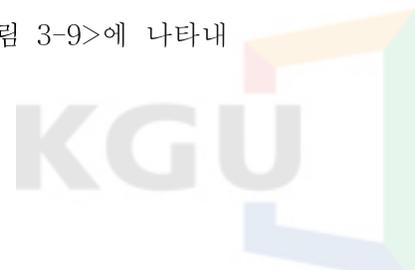


<표 3-5> 표준용접절차시방서 적용 규격번호

AWS규격	적용대상	모재재질		용접방법	두께 (인치)	용접봉	열처리 유무
B2.1-1-207	Pipe	C/S	P1 Gr.1/Gr.2	GTAW	1/8 (3mm) ~1 1/2 (38mm)	ER70S-2	As-welded PWHT
B2.1-1-234				FCAW (Ar+25%CO2)		E7XT-X	As-welded
B2.1-1-209				GTAW+SMAW		ER70S-2 E7018	As-welded PWHT
B2.1-8-212		S/S	P8 Gr.1	GTAW		ER3XX	As-welded
B2.1-8-214				GTAW+SMAW		ER3XX E3XX-XX	As-welded
B2.1-1-016	Plate	C/S	P1 Gr.1/Gr.2	SMAW	1/8 (3mm) ~1 1/2 (38mm)	E7018	As-welded PWHT
B2.1-1-017						E6010	As-welded PWHT
B2.1-1-019				FCAW (CO2)		E70T-1 E71T-1	As-welded
B2.1-8-023		S/S	P8 Gr.1	SMAW		E3XX-XX	As-welded

### 3.3.5 소방공사용 표준용접절차시방서 개발

선정된 9건의 표준용접절차시방서를 필수변수 별로 구분하여 국내 소방공사 현장의 용접공정에 사용하고 있는 일반적인 용접절차시방서 양식을 사용하여 작성하였다. 작성 대상으로 선정한 AWS B2.1-1-209 규격의 필수변수는 탄소강 배관의 모재재질로서 가스텅스텐아크용접과 피복금속아크용접을 복합적으로 사용하는 용접방법이며 1/8인치(3mm)~1 1/2인치(38mm)의 두께에 적용하고 ER70S-2와 E7018의 용접봉을 사용하는 용접에 적용한다. 비필수변수 항목인 이음상세, 전기 특성, 용접기법 등은 현장의 상황에 따라 품질조직 구성원의 협의를 통해 변경이 가능하다. 작성된 표준용접절차시방서는 모든 소방공사 현장에서 별도의 PQ Test 없이 활용이 가능하다. 작성된 표준용접절차시방서 사례를 <그림 3-9>에 나타내었으며 목록에 등재된 9건 전체는 부록1에 수록하였다.



XX 건설	<b>표준용접작업표준서</b> STANDARD WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (SWPS)	XXX Project PAGE : 1 of 2
표준용접작업표준서번호 SWPS NO. SWPS-003 (AWS B2.1-1-209)	날 짜 DATE NOV. 7. 2024	개정번호 REVISION NO. 0
관련시험 번호 SUPPORTING PQR NO. See AWS B2.1-1-209	용접방법 WELDING PROCESS(ES) GTAW+SMAW	용접형태 TYPE(S) MANUAL
<b>이 음 설 계 JOINT DESIGN (QW-402)</b>	<b>이 음 상 세 JOINT DETAILS(TYPICAL)</b>	
이음 형태 TYPE OF JOINT SINGLE V GROOVE, FILLET 백킹 유무 BACKING GT: NO, SM: YES 백킹 재질 (형태) BACKING MATL(TYP) C/S, PI or Weld Metal 리테이너 유무 RETAINERS YES NO V		
<b>모 재 BASE METALS(QW-403)</b>	<b>예 열 PREHEAT (QW-406)</b>	
모재번호 P.NO. 1 모재번호 TO P.NO. 1 그룹번호 Gr.NO. 1 & 2 그룹번호 Gr.NO. 1 & 2	예열 온도 MIN. PREHEAT TEMP (°C) 10 중간 온도 MAX. INTERPASS TEMP (°C) 260 예열 유지, PREHEAT MAINTENANCE Not Required	
혹은 사양 및 등급 OR SPEC. AND GRADE SA106-GrB & C or Equivalent TO SA106-GrB & C or Equivalent 적용두께범위 QUALIFIED THICKNESS RANGE 모 재 BASE METAL(mm) 3.0~38, Min. 3.0 for Fillet Welds 용접금속 DEPOSIT WELD METAL(mm) Groove : Max. 38, Fillet : 3~38 파이프 직경 범위 PIPE DIAMETER RANGE(mm) ALL 패스당 최대 재의 두께 MAX. PASS THICK. LIMIT(mm) 6	<b>후 열 처리 PWHT (QW-407)</b> 열 처리 온도 TEMPERATURE RANGE(°C) N/A 열 처리 시간 HOLDING TIME RANGE N/A 가열 및 냉각속도 HEATING & COOLING RATE N/A	
<b>용 가 재 FILLER METALS (QW-404)</b>	<b>가 스 GAS (ES) (QW-408)</b>	
용기재번호 성분분류번호 용기재사양번호 F.NO. GT: 6, SM: 4 A.NO. GT/SM: 1 SFA NO. GT: 5.18, SM: 5.1 용기재분류번호 AWS CLASS GT: ER70S-2, SM: E7018 용기재 크기 SIZE OF FILLER METAL(mmΦ) 2.4 ~ 4.0 와이어 플럭스 사양 WIRE FLUX CLASS N/A 플럭스 상표명 N/A 소모성 인서트 N/A 기 타 OTHER	가스 종류 SHIELDING GAS (PS) ARGON 혼합 가스 조성비율 PERCENT COMPOSITION(MIX., %) 99.99 유 량 FLOW RATE (ℓ/min) 5.7~11.8 가스 백킹 GAS BACKING N/A 트레일링 가스 TRAILING GAS None	
<b>용 접 자세 POSITIONS(QW-405)</b>	<b>전기특성 ELECTRICAL CHARACT. (QW-409)</b>	
용접자세 POSITION OF GROOVE ALL 필렛 용접자세 POSITION OF FILLET ALL 진 행 방 향 PROGRESSION UP V DOWN	전 류 CURRENT(AC OR DC) DC 극 성 POLARITY GT: EN, SM: EP. 텅스텐 전극용 형태 TUNGSTEN ELECTRODE TYPE EWTH-2 텅스텐 전극용 크기 TUNGSTEN ELECTRODE SIZE(mmΦ) 1.6 ~ 3.2 용융 금속 이행 형태 MODE OF METAL TRANSFER FOR GMAW N/A	

<그림 3-9a> 표준용접절차시방서





### 3.3.6 소방배관 용접 품질관리 방법 도출

필수변수별 구분에 의해 작성한 표준용접절차시방서에서 보다 세부적인 용접절차 기준을 수립하기 위하여 소방배관에서 발생하는 문제점과 방지대책을 분석하고 선행연구의 사례를 조사하여 현장에 적용할 수 있는 용접품질관리 방법을 도출하였다.

#### 1. 예열 및 층간온도 기준

소방배관 용접부에서 발생하는 구상부식의 발생은 용접부 냉각속도의 차이로 인해 발생하는 모재와 용접부 조직의 변화가 원인이다[3]. 이 문제점의 대책은 충분한 예열과 낮은 층간온도를 적용함으로써 용접부의 냉각속도를 저하시켜 용접부 재질의 변화를 최소화함으로써 부식을 방지할 수 있다. 예열온도를 높이거나 층간온도를 낮추는 것은 비필수변수이기 때문에 가능하다.

이 대책을 용접절차에 반영하기 위해서 <그림 3-7>의 표준용접절차시방서에서 예열온도를 기준온도인 10°C로 선정하였고 층간온도는 기준온도인 260°C를 적용하였다. 예열온도를 기준온도보다 올리거나 층간온도를 기준보다 낮추면 품질이 제고되는 반면 현장에서의 작업성이 저하된다. 현장의 상황에 맞게 판단하고 표준용접절차시방서를 수정하여 반영할 수 있다.

#### 2. 용접부 가공 및 Fit-up 상세 기준

소방배관 용접부의 부식현상인 공식과 틈새부식의 주요 발생원인은 스테인리스 강관 피막의 손상, 구조적인 틈새 또는 결함, 염화물 환경 등이다. 특히 구조적인 틈새의 발생을 방지하기 위해서는 배관 루트부 완전용입을 위한 적정 개선각, 루트갭 적용, 루트부 덧살 높이 기준을 준수해야 한다.

스프링클러배관의 경우 노후화시 용접부에서는 유체의 흐름에 의해 국부적인 부식과 손상이 발생하며 이는 다른 모재의 표면에 비해 표면이 고르지 못한 형상적인 요

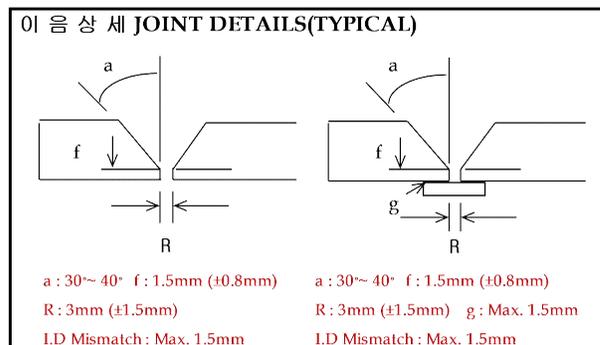
인에 의하여 유체 흐름이 표면 마찰력을 증가시키고 유체의 정체지역을 형성하고 용접부의 부식 적층물이 형성되었을 경우, 균열부식 현상으로 인하여 극심한 부식 분위기를 유발한다[2].

부식 및 균열방지 대책에 대한 연구에서 배관 용접부 준비상태로서 60°~70°의 개선각과 1.6mm~3.2mm의 루트간격으로 용접한 경우와 개선각과 루트간격이 없는 경우를 비교한 결과, 후자는 인장강도가 30%에 불과하였음을 확인하였고 Fit-up 검사 기준에 따라 용접작업 수행시 소방배관 용접부의 내구연한 향상, 용접 접합부 품질 및 시공성이 개선됨을 확인할 수 있었다. 적절한 용접 Fit-up 기준은 <표 3-6>과 같다.

FIT - UP 기준(mm)	개략도	단위	모범 두께(mm)	허용가능한 단차
$\alpha$ : 그루브 각도 : $70^\circ \pm 5^\circ$ $\beta$ : 배벨각: $30^\circ +5$ $f$ : 루트면 : $\leq 1.6 \pm 0.8$ $g$ : 루트간격 - 200A 이하 2.2 ~ 3.2mm - 250A 이상 3 ~ 5mm			0.5 ~ 3	$h \leq 0.2mm + 0.1t$
			$\geq 3$	$h \leq 0.11 8UT$ 최대 3mm까지 허용

<표 3-6> 용접 Fit-up 기준[4]

위의 연구에서 제시한 Fit-up 기준을 표준용접절차시방서의 용접이음상세 (Joint Detail)항목에 <그림 3-10>의 도면으로 반영하였다.



<그림 3-10> 용접이음상세 (Joint Detail)



### 3. 작업절차서와 검사 및 시험계획서 활용

용접부에서 구조적인 틈새를 방지하기 위해서는 배관 루트부의 완전용입 용접이 가능한 숙련된 용접사의 투입이 필요하며 균열, 용입부족, 언더컷 및 오버랩과 같은 용접 결함의 발생을 방지해야 한다. 또한 공식과 틈새부식을 방지하기 위해서는 염화물 환경의 제거 및 스테인리스 강관의 피막 손상이 일어나지 않도록 하는 대책이 필요하다.

숙련된 용접사의 투입을 위해서는 용접사 시험을 용접사인정절차에 준하여 수행하고 합격한 용접사에 한해 현장 용접에 투입한 후 용접불량율을 모니터링하며 지속적인 품질관리를 수행해야 한다.

용접불량의 발생을 방지하기 위해서는 용접 전·중·후 과정마다 육안검사 기준에 따른 검사 및 비파괴검사를 수행하여야 한다.

염화물 환경의 제거를 위해서는 자재관리 절차, 배관제작 및 설치 절차, 수압시험 절차에 세부 사항을 포함시키고 검사 및 시험계획서에 따라 수행하여야 한다.

스테인리스 강관의 피막 손상을 방지하기 위해서는 탄소강과의 접촉방지를 위한 작업공간을 분리, 용접시 주변의 오염물을 제거 및 스테인리스 전용 공구를 사용, 퍼지가스 사용 등의 사항을 배관제작 및 설치절차서, 일반용접절차서의 내용에 포함시키고 검사 및 시험계획서에 따라 품질검사를 수행하여야 한다.

### 4. 모재의 사양 및 등급

스프링클러설비 배관의 부식을 방지하기 위한 연구에서 내구성, 내열성, 내식성을 감안한 배관재 재질 선정의 필요성, 내부응력에 의해 발생하는 응력부식이나 간극부식 등을 발생시키는 이종금속간의 접촉 방지, 금속의 불필요한 틈새와 요철 발생을 피하고 집중응력을 방지하는 설계의 필요함을 제시하였다[3].

이를 용접시공 측면에서 현장에 적용하기 위해서는 소방배관 설계가 완료된 후 결정된 재료의 사양 및 등급을 구체적으로 확인하는 절차를 통해 현장 용접검사시 식별함으로써 부적합한 자재의 사용을 사전에 방지할 수 있다.



표준용접절차시방서 상에 모재의 재질은 필수변수인 모재번호 (P-No.) 그룹번호 (F-No.) 로 지정되어 있으며 비필수변수인 사양 및 등급 (Spec. and Grade)은 현장마다 구체적으로 사용자재를 표시할 수 있다. <그림 3-9>의 표준용접절차시방서에는 모재의 사양 및 등급을 SA106-Gr.B&C or Equivalent로 표시하였다.

#### 5. 소방공사 표준용접절차시방서 현장 적용 절차

표준용접절차시방서를 현장용접에 적용하기 위해서 용접관리를 책임지는 수행조직은 ASME Sec. IX QW-510의 요구사항에 따라서 아래의 1항~3항의 내용을 생산용접을 시작하기 전에 수행하여야 한다[17].

- ① 표준용접절차시방서에는 해당 용접의 수행조직, 담당자 서명, 적용 규격 또는 Spec.을 명시하여야 한다.
- ② 개발된 표준용접절차시방서를 적용하여 하나의 용접부를 생산하고 시험을 하여 합격기준을 만족하여야 한다. 생산된 용접부에 적용한 모든 필수변수와 Test 기록은 Demonstrated SWPS양식인 QW-485에 기록되어야 한다. 용접부 시험은 육안검사와 기계적 시험을 하여야 하며 기계적 시험은 방사선투과 시험으로 대체할 수 있다.
- ③ 기존의 Demonstration Test가 승인되어 활용 가능한 표준용접절차시방서와 비교하여 필수변수의 변경이 없는 절차서인 경우 추가적인 Test 없이 사용 가능하다.



## 제 4 장 소방배관 표준용접절차시방서 현장적용 실험 및 운영방안 제시

### 4.1 표준용접절차시방서 현장 적용 실험

표준용접절차시방서를 현장 용접에 적용하기 위하여 ASME Sec.IX QW-510의 기준으로 Demonstration Test를 수행하였다. 이 Test는 용접 공정을 책임지는 조직의 품질관리 수준을 확인하기 위해 실시하는 강제조항으로서 현장에서 수행하는 경우와 동일한 환경에서 진행되었다.

#### 4.1.1 용접부 선정 및 Demonstration 용접

본 연구에서는 Demonstration Test 용접을 위하여 플랜트 소방배관에서 사용하기 위해 작성한 표준용접절차시방서 중 일반적으로 사용하는 자재, 용접방법 및 용접봉 등의 필수변수가 적용된 시방서인 B2.1-1-207을 선정하여 시편을 제작하였다.

시편의 재질과 관경은 80A(mm)인 Seamless Carbon Steel Pipe (A106 Gr.B)로 배관 두께는 7.61T(mm)를 사용하였으며, 용접방법은 불활성가스아크용접(GTAW)으로 3중 용접을 실시하였고 용접봉은 직경 2.4mm인 ER70S-6를 사용하였다.

용접부에 적용한 개선각은 각 배관당 35°로 가공하였으며 표준용접절차시방서의 기준인 30°~40°의 기준을 충족함을 확인하였다. <그림 4-1>은 용접전 개선각도를 검사하는 사진이다.





<그림 4-1> 용접 개선각도 측정

용접부에 적용한 루트간격은 3.0mm로서 이음부형상의 기준인 1.5mm~4.5mm를 만족하였으며 단차는 0mm로서 Max. 1.5mm기준을 만족하도록 Fit-up을 수행하였다. <그림 4-2>은 용접전 루트갭 및 단차를 검사하는 사진이다.

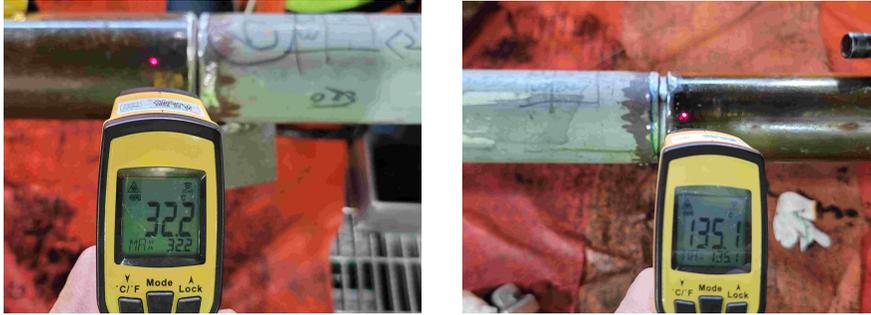


<그림 4-2> 루트갭, 단차 측정

적정한 개선각과 루트 간격을 적용함으로써 용접시 용접 루트부까지 충분히 용융이 되어 용융풀이 채워질 수 있으며 불완전 용입 또는 언더컷과 같은 결함이 발생되지 않도록 하였다.

용접 시작전 예열온도는 32.2°C로 기준 10°C 이상을 만족하였으며 층간온도는 135.1°C로 260°C 이하인 기준치를 충족하였다. <그림 4-3>은 예열 및 층간온도를 측정하는 사진이다.





<그림 4-3> 예열, 층간온도 측정

예열과 층간온도 기준을 준수함으로써 용접부의 냉각속도를 저하시키고 균열의 발생을 방지할 수 있도록 하였다.

배관의 수직용접시 기준과 일치하는 Vertical Uphill 자세로 용접을 수행 하였으며 층간청결방법은 Mechanical Method 인 Grinding을 사용하였다. <그림 4-4>는 용접 및 Grinding 작업을 하는 모습이다.



<그림 4-4> Demonstration Welding



## 4.1.2 육안검사 및 방사선투과검사

용접이 완료된 배관 시험편에 대한 용접부 검사를 수행하였다. 검사방법은 육안 검사와 방사선투과검사를 실시하여 배관 접합부에 대한 용착 신뢰성을 검증하였다.

육안검사를 실시한 결과 용접부의 비드는 기준에서 허용하는 Weave 형태를 적용하였고 균일한 비드가 형성되었으며 언더컷, 오버랩 등의 결함은 관찰되지 않았다. <그림 4-5>는 용접이 완료된 용접부 모습이다.



<그림 4-5> 용접부 비드 형상

용접부에 대한 기계적 시험은 방사선투과검사로 대체하였다. 기계적 시험인 굽힘시험을 위해서는 시편을 제작하기 위해 용접부를 절단해야 하는 반면에 방사선투과검사로 대체함으로써 용접부를 파괴하지 않고 생산용접부로 사용할 수 있는 이점이 있다. <그림 4-6>은 용접이 완료된 후 방사선투과검사를 하는 사진이다.



<그림 4-6> 방사선투과검사

용접부에 대한 방사선투과검사는 3인치 배관에 필요한 필름매수 3장으로 촬영하였으며 필름에 SWPS-DEMO-001-1/2/3의 문자를 새겨 식별이 용이하게 하였고 용접부의 판독결과는 결함이 없는 합격으로 판명되었다. <그림 4-7>은 방사선투과검사 필름이다.



<그림 4-7> 방사선투과검사 필름

### 4.1.3 결과분석 및 문서화

공인된 검사업체에서 실시한 방사선투과검사의 결과를 분석하였다. 촬영은 이중벽 촬영기법으로서 강도 8Ci, Ir192 선원을 사용하였으며 배관 두께 7.6mm에 필요한 노출 시간으로 1분 10초를 적용하였다. 3매의 필름 판독결과 모두 결함이 없는 것으로 판정하였다. <그림 4-8>은 방사선투과검사 보고서이다.



# 방사선 투과 검사 보고서

## REPORT OF RADIOGRAPHIC EXAMINATION

회사명 : 株式会社 韓國工業エンジニアリング HANKUK INDUSTRIAL ENGINEERING 주 소 : 서울특별시 송파구 거여동 20- 전 화 : 3402-3105 FAX : 3402-3111		보고서 번호 SK-DEMO-RT-001									
주분주/말주신 Owner/Customer SK ECOENGINEERING		보고서 일자 Date of Report 2024.10.16.									
제품명 Item Name SMLS PIPE		공사명 Project Name SKMU CHP PROJECT									
제품번호 Item No. N/A		공사번호 Project No. 22264D									
재료 Material A106-B		도면번호 DWG. No. 감지,윤지,필름확인번호 참조									
제품두께 Thickness 7.6 mm		개정번호 Rev. No. 									
제품 종류 Item Type <input checked="" type="checkbox"/> 용접 <input type="checkbox"/> 주물 <input type="checkbox"/> 단조 Welding    Casting    Forging		용접 방법 Welding Process <input type="checkbox"/> SAW <input type="checkbox"/> SMAW <input checked="" type="checkbox"/> GTAW <input type="checkbox"/> FCAW									
방사선동위원소 GAMMA Ray <input checked="" type="checkbox"/> Ir <sup>192</sup> <input type="checkbox"/> Co <sup>60</sup> 강도 8 Ci    크기 0.6X2.7 mm		방사선 발생 장치(X-Ray) Maker N/A    전압 Kvp    초점크기 mA    Spot Size N/A									
필름제조사 Film Maker Kodak MX125    종류 I    Type II		종창치 Screen <input checked="" type="checkbox"/> 납 <input type="checkbox"/> 형광    0.127 mm									
부과도계 종류 IQI Type <input type="checkbox"/> ASME <input type="checkbox"/> KS(JIS)    표시번호 1A		부과도계 위치 IQI Placement <input type="checkbox"/> 선원측 <input checked="" type="checkbox"/> 필름측									
선원-필름거리 FFD/SFD 80    mm    inch		노출 시간 Exposure Time 시간 1 분    10 초									
현상 조건 Development 20 온도    5 분		현상 방법 Development Method <input checked="" type="checkbox"/> 수동 <input type="checkbox"/> 자동    Automatic									
필름 농도 Film Density Min 2.0    Max 4.0    필름매수(카세트 당) 1매		감도 Sensitivity 2.0    Shim N/A    mm									
적용 규격 Applied Spec. ASME B 31.1		절차서 번호 Procedure No. HIE - NDT - RT - US11(SKMU)    개정번호 Rev. No.									
투과검사방법 Radiographic Technique <input checked="" type="checkbox"/> 노출 <input type="checkbox"/> 단벽 Single Wall <input type="checkbox"/> 이중벽 Double Wall		유첨 Attachments <input type="checkbox"/> 유 <input checked="" type="checkbox"/> 무									
관독 Viewing <input type="checkbox"/> 이중벽 Double Wall											
필름확인번호 Film Identification No.	Sheet No.	Size Inch	Joint No.	구간	합격 Accept	불합격 Reject	등급 Grade	판독 Interpretation	용접사 Welder	촬영배치 EXP.Set-up	비고 Remark
SWPS DEMO 001		3	J2C1	1-2	V			N	DB-P-037	3# "X6"	
				2-3	V			N	"	"	
				3-1	V			N	DB-P-037	3# "X6"	
* --- B L A N K --- *											

<그림 4-8> Demonstration Test 방사선투과검사 결과보고서[18]

육안검사 결과, 결함이 없고 비드가 미려하고 일정하며 기준치 이내로서 합격하였다. 방사선투과검사 결과 용접부는 ASME B31.1 기준에 준하여 결함 없이 기준을 만족함을 확인하였다.

용접에 적용된 필수변수와 육안검사 및 방사선투과검사 결과를 ASME Code 표준용접절차시방서 Demonstration 양식으로 기록하였다. <그림 4-9>는 Demonstration Record 이다.



<b>Demonstration Record</b>																							
STANDARD WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (SWPS)																							
Identification of Standard Welding Procedure Specification Demonstrated <u>SWPS-001 (AWS B2.1-1-207)</u>																							
Date of Demonstration <u>Oct. 11. 2024</u>																							
Demonstration Welding Variables																							
Specification and type or grade or UNS Number of Base metal(s) <u>SA 106-Gr.B</u>																							
to Specification and type or grade or UNS Number of Base metal(s) <u>SA 106-Gr.B</u>																							
Base Metal P-Number <u>1</u>		Base Metal P-Number <u>1</u>		Thickness (mm) <u>7.61</u>																			
Welding Process(es) used <u>GTAW</u>																							
<input type="checkbox"/> Plate <input type="checkbox"/> Pipe (Enter Diameter of Pipe or Tube) <u>Pipe</u>																							
Groove Design (Single V, Double V, Single U, etc.) <u>Single V</u>																							
Initial Cleaning Method <u>Brush</u>																							
Backing (with or without) <u>Without</u>																							
Filler Metal Specification <u>5.18</u>																							
Filler Metal or Electrode Classification <u>ER70S-6</u>																							
Filler Metal or Electrode Trade Name <u>Chosun Electrode</u>																							
Size of Consumable Electrode or Filler Metal <u>2.4</u>																							
Tungsten Electrode Classification and Size for STAW <u>EWT11-2, 2.4</u>																							
Shielding Gas Composition and Flow Rate for GTAW or GMAW (FCAW) <u>ARGON 10 (L./min)</u>																							
Preheat Temperature (°C) <u>10</u>																							
Position(s) <u>5G</u>																							
Progression (Uphill or Downhill) <u>Uphill</u>																							
Interpass Cleaning Method <u>Brush</u>																							
Measured Maximum Interpass Temperature (°C) <u>135.1</u>																							
Approximate Deposit Thickness (mm) for Each Process or Electrode Type <u>2</u>																							
Current Type and polarity (AC, DCEP, DCEN) <u>DCEN</u>																							
Postweld Heat Treatment Time and Temperature <u>N/A</u>																							
Assessment Details																							
Visual Examination of Completed Weld (QW-302.4) <u>ACCEPTED</u> Date of Test <u>Oct. 11. 2024</u>																							
<b>Bend Test (QW-302.1)</b> <input type="checkbox"/> Transverse Face and Root [QW-462.3(a)] <input type="checkbox"/> Side (QW-462.2)																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Type</th> <th>Result</th> <th>Type</th> <th>Result</th> <th>Type</th> <th>Result</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">N/A</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">N/A</td> </tr> </tbody> </table>						Type	Result	Type	Result	Type	Result	N/A											
Type	Result	Type	Result	Type	Result																		
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A																		
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A																		
Alternative Radiographic Examination Results (QW-302.2) <u>ACCEPTED</u>																							
Specimens Evaluated By <u>Doonam Gang</u>		Title <u>ASNT Level II</u>		Company <u>한국공업연구원</u>																			
Welding Supervised By <u>Ducsun Choi</u>		Title <u>ASNT Level II</u>		Company <u>한국공업연구원</u>																			
Welder's Name <u>Jaehyoung Lim</u>																							
<p>We certify that the statements in this record are correct and that the weld described above was prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE</p> <p>Organization <u>SK Ecoengineering</u></p> <p>Signature <u>N.G HONG</u> Date <u>Oct. 11. 2024</u> Demonstration Number <u>SWPS-DEMO-001</u>  <small>Quality Engineer</small></p>																							

<그림 4-9> Demonstration Record[16]



## 4.2 표준용접절차시방서 현장적용 방안

### 4.2.1 표준용접절차시방서 목록

표준용접절차시방서의 현장적용 실험이 검사기준을 만족하면 현장 생산용접에 적용이 가능하다. 현장 용접에 적용할 대상을 배관과 지지대용으로 구분하고 표준용접절차시방서에 고유번호를 부여하여 총 9건의 절차를 <표 4-1>에 정리하였다.

<표 4-1> 표준용접절차시방서 목록

표준용접절차시방서 번호	참조규격	적용대상	모재재질	용접방법	두께	용접봉
SWPS-001	B2.1-1-207	배관	탄소강	GTAW	3mm ~ 38mm	ER70S-2
SWPS-002	B2.1-1-234			FCAW (Ar+25%CO <sub>2</sub> )		E7XT-X
SWPS-003	B2.1-1-209			GTAW+SMAW		ER70S-2 E7018
SWPS-004	B2.1-8-212		스테인리스강	GTAW		ER3XX
SWPS-005	B2.1-8-214			GTAW+SMAW		ER3XX E3XX-XX
SWPS-006	B2.1-1-016	지지대	탄소강	SMAW	3mm ~ 38mm	E7018
SWPS-007	B2.1-1-017					FCAW (CO <sub>2</sub> )
SWPS-008	B2.1-1-019			E70T-1 E71T-1		
SWPS-009	B2.1-8-023		스테인리스강	SMAW		E3XX-XX

배관 용접을 위해서는 SWPS-001에서 005번까지 5건의 표준용접절차시방서를 사용하도록 하였다. 각 SWPS는 모재재질과 용접방법, 두께 범위와 사용용접봉으로 구분하였고 현장에서 적용시 도면의 요구사항을 목록과 비교하여 일치하는 범위 내의 표준용접절차시방서를 선택하여 현장 용접에 적용할 수 있다.

지지대 용접의 경우 SWPS-006에서 009번까지 4건의 SWPS를 적용할 수 있다. 현장에서 주로 사용하는 탄소강의 피복아크용접은 SWPS-006번과 007번을 적용하고 플럭스코어드아크용접법을 사용할 경우에는 SWPS-008번을 적용할 수 있다.

현장 용접의 품질을 보증하기 위해서는 정확한 용접절차의 적용과 현장 용접시 공과정에서의 철저한 품질관리의 수행이 필요하다.

## 4.2.2 용접공정 Check List

용접품질에 영향을 주는 작업절차 중 표준용접절차시방서에 반영되지 못한 부분으로서 현장작업시 적용해야 할 표준절차들이 각 작업절차서에 포함되어 있다.

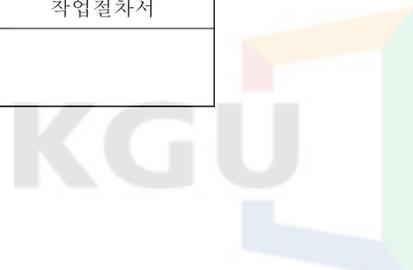
현장 관리자가 여러 작업절차서의 내용을 모두 숙지하고 품질관리를 수행하는 것은 쉽지 않다. 현장 용접시공 및 품질관리자는 각 작업절차서에 수록된 내용 중 용접품질과 관련된 사항들을 선별하여 용접품질관리를 위한 Check List를 작성하여 현장 용접시공시 활용함으로써 중요한 작업 항목이 품질기준에 적합하게 수행되는지를 확인할 수 있다. 시공단계에서 용접공정 관리를 위한 Check List는 <표 4-2>와 같이 작성하였다.

<표 4-2> 용접공정 Check List

No.	항목1	항목2	평가기준	실행 여부	비고
1	용접 자재	용접 관리실	용접봉은 온/습도관리가 되는 장소에서 관리가 되고 있는가	○	용접자재 관리절차서
		건조로	피복용접봉은 건조로에서 '용접봉 현장관리 지침'에 맞게 관리되고 있는가	○	
		이동식 건조통	용접봉 이동식건조통은 현장에서 사용시 전원을 연결하였는가	○	
2	배관재	보관	배관, 밸브 등의 끝단은 Cap이나 마개로 밀봉하여 보관하는가	○	



3	용접사	자격	용접사 자격증 휴대여부, 승인된 용접사가 허용된 범위내의 용접작업을 하는가	○	용접사 자격관리 절차서
		용접 결합율	용접사별 불합격율에 따른 Penalty & Award가 관리되고 있는가	○	
4	용접 검사	Fit up	용접부 Fit-up은 WPS에 따라서 실시되고 Monitoring 되고 있는가	○	일반용접 작업절차서
		가접	Fit-up용 가접은 사용후 완전히 제거 또는 최종용접부에 용입되었는가	○	
		소켓용접	소켓용접시 내부끝과 배관사이의 간격을 띄우고 용접하는가	○	
		Purge	차폐가 요구될 경우 용착두께가 6mm 또는 2층이상 용착될때까지 차폐를 유지하는가	○	
		덧살	최종용접후 덧살높이는 규정치 이하로 용접하였는가	○	
		비파괴검사	용접후 비파괴검사를 실시하였으며 현황관리가 되고 있는가	○	
		아크가우징	화염이나 아크가우징 사용시 열영향부위를 충분히 제거하였는가	○	
5	배관 제작	오염방지	카본오염을 방지하기 위해서 탄소강과 스테인리스강을 구분 보관, 제작하는가	○	노출배관 설치 작업절차서
		청결관리	배관 제작 전 배관내 청결상태를 확인하는가	○	
		제작기준	배관스폴의 수직, 수평 및 각도, 플랜지면과 배관의 수직상태를 확인하는가	○	
6	배관 설치	보호조치	배관내부에 이물질은 없으며 Pipe End, Flange Face에 보호조치는 되었는가	○	
		각도기준	배관설치후 구배 및 수평은 기준에 적합하게 시공되었는가	○	
7	압력 시험	압력시험 전 점검	시험용 수질분석은 실시하는가 (스테인리스 배관의 경우 수질요건 확인)	○	압력시험 절차서
		압력시험 후 점검	압력시험 후 배수 및 내부 Cleaning을 실시하는가 (필요시 질소충전 유지)	○	
8	매설 배관	Coating	Coating 전 녹제거 및 이물질 제거는 되었으며 DFT가 규정을 준수하는가	○	매설배관 설치 작업절차서
		Wrapping	Wrapping용 자재는 승인받은 자재이며 온도와 Wrapping길이가 규정을 준수하는가	○	



## 제 5 장 결 론

플랜트 소방배관의 신뢰도 제고를 위하여 배관 용접시공의 분야에서 발생하는 문제점을 파악하고 선행연구에서의 원인분석과 대책을 조사하여 실제 현장에서 개선해야 할 부분을 품질관리 측면과 용접 절차준수의 측면에서 개선 가능한 대책을 제시하기 위하여 연구를 수행한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 소방배관의 성능저하는 설비의 노후화와 부식이 주원인이며 용접공정에서의 발생원인으로는 인증된 용접시공 품질관리 절차에 의하지 않은 용접이 원인으로 판단된다. 용접시공 시 용접작업절차를 준수하고 기준을 만족하는지의 검사가 용접 전·중·후의 단계로 수행되어야 하고, 이를 위해서는 작업절차서가 사전에 작성되고 승인되어 품질관리체계 내에서 운영되고 관리되어야 한다.

둘째, 작업별로 작성된 작업절차서는 현장에서 활용도가 떨어지기 때문에 작업절차서별로 산재한 용접관련 품질 사항을 선별하여 체크리스트 양식으로 관리하는 것이 용접품질관리에 필요하다. 그러나 개별 용접부의 용접품질 보증을 용접절차시방서의 적합한 적용으로 확보되는데 그동안 인식의 부족과 기술력의 한계로 인하여 용접절차시방서의 현장적용이 미흡하였다. 이에 대한 대안으로서 규격에서 허용하는 표준용접절차시방서를 개발하여 현장마다 수행해야 했던 PQ Test 및 WPS 개발과정이 필요 없이 활용 가능한 표준용접절차시방서 9종을 제시하였다.

셋째, 표준용접절차시방서를 현장에 적용하기 전 용접공정을 책임지는 조직의 품질관리 수준을 확인하기 위해 규격에서 요구하는 Demonstration Test를 실제 현장과 동일한 환경을 구현하여 수행하였다. 특히 용접이음부 내부 부식의 방지와 루트부 완전용입을 위해 제시하였던 적정 개선각, 루트간격, 단차 등의 기준을 준수하여 용접작업을 관리하였고 완성품에 대한 육안검사와 방사선투과검사를 시행한 결과 규격에서 요구하는 합격 기준을 만족함을 보여주었다.

따라서 본 연구에서는 용접품질관리의 체계적인 운영과 표준용접절차시방서를



활용한 용접시공관리의 필요성을 제안하였고 지속적인 평가와 개선활동의 수행을 통하여 소방배관의 신뢰도를 제고할 수 있을 것으로 사료되며, 이 연구를 기반으로 향후 용접 품질관리를 위한 연구가 계속해서 이루어지기를 기대한다.



## 참고문헌

- [1] 소방청 화재통계연감, <https://www.nfds.go.kr>, 2019~2023
- [2] 김동성, “스프링클러 배관의 부식 특성과 대책에 관한 연구” 석사학위논문, 연세대학교 대학원, 2007
- [3] 김우창, “스프링클러설비의 배관 부식에 따른 문제점 및 개선방안 연구” 석사학위논문, 경기대학교 대학원, 2009
- [4] 제도형, “스프링클러 배관 용접부의 시간경과에 따른 강도 저하에 관한 실험적 연구” 석사학위논문, 경기대학교 대학원, 2020.
- [5] 남상욱, 소방시설의 설계 및 시공, 성안당, 2019
- [6] SK에코엔지니어링, Project Quality Plan, 2020.
- [7] SK에코엔지니어링, 소방설비공사 검사 및 시험계획서, 2023.
- [8] SK에코엔지니어링, 배관설치작업절차서, 2021
- [9] SK에코엔지니어링, 용접절차시방서, 2022.
- [10] ASME B&PV Sec. IX, Welding, Brazing, and Fusing Qualifications, 2019
- [11] SK에코엔지니어링, 용접사자격관리절차서, 2019
- [12] SK에코엔지니어링, 용접재료관리절차서, 2019
- [13] ASME B31.1 Power Piping, 2010
- [14] 네이버 (<http://www.naver.com>) 「틈부식 원인 및 방지대책」 2024.
- [15] 네이버 (<http://www.naver.com>) 「용접결함」
- [16] AWS B2.1, Specification for Welding Procedure and Performance Qualification, 2019
- [17] ASME B&PV Sec. IX, Article V, Standard Welding Procedure Specifications(SWPSS), 2019
- [18] 한국공업엔지니어링 방사선투과검사 보고서. 2024.10.16



# 부 록

## 부록 1. 소방배관 용접시공용 표준용접절차시방서

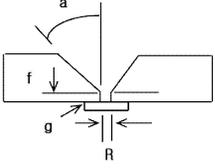
표준용접절차시방서 번호	참조규격	적용대상	모재재질	용접방법	두께	용접봉
SWPS-001	B2.1-1-207	배관	탄소강	GTAW	3mm ~ 38mm	ER70S-2
SWPS-002	B2.1-1-234			FCAW (Ar+25%CO2)		E7XT-X
SWPS-003	B2.1-1-209			GTAW+SMAW		ER70S-2 E7018
SWPS-004	B2.1-8-212		스테인리스강	GTAW		ER3XX
SWPS-005	B2.1-8-214			GTAW+SMAW		ER3XX E3XX-XX
SWPS-006	B2.1-1-016	지지대	탄소강	SMAW	3mm ~ 38mm	E7018
SWPS-007	B2.1-1-017			FCAW (CO2)		E6010
SWPS-008	B2.1-1-019			스테인리스강		SMAW
SWPS-009	B2.1-8-023		SMAW			E3XX-XX



<b>XX 건설</b>	<b>표준 용접 작업 표준서</b> <b>STANDARD WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (SWPS)</b>	XXX Project PAGE : 1 of 2
표준용접작업표준서번호 SWPS NO. <u>SWPS-001 (AWS B2.1-1-207)</u>	날 짜 DATE <u>NOV. 7, 2024</u>	개정번호 REVISION NO. <u>0</u>
날 짜 DATE _____	관련시행 번호 SUPPORTING PQR NO. <u>See AWS B2.1-1-207</u>	용접방법 WELDING PROCESS(ES) <u>GTAW</u>
용접형태 TYPE(S) <u>MANUAL</u>		
<b>이 음 설 계 JOINT DESIGN (QW-402)</b>		
이음 형태 TYPE OF JOINT <u>SINGLE V GROOVE, FILLET</u>		
백킹 유무 BACKING: <u>NO</u>		
백킹 재질 (형태) BACKING MATL.(TYPE) <u>N/A</u>		
리테이너 유무 RETAINERS YES _____ NO <u>V</u>		
<b>모 재 BASE METALS(QW-403)</b>		
모재번호 P NO. <u>1</u> 그룹번호 Gr NO. <u>1 &amp; 2</u>		
모재번호 TO P NO. <u>1</u> 그룹번호 Gr NO. <u>1 &amp; 2</u>		
혹은 사양 및 등급 OR SPEC. AND GRADE <u>SA106-GrB &amp; C or Equivalent</u>		
TO <u>SA106-GrB &amp; C or Equivalent</u>		
적용 두께 범위 QUALIFIED THICKNESS RANGE		
모 재 BASE METAL(mm) <u>3.0~38, Min. 3.0 for Fillet Welds</u>		
용착 금속 DEPOSIT WELD METAL(mm) <u>Groove : Max. 38, Fillet : 3~38</u>		
파이프 직경 범위 PIPE DIAMETER RANGE(mm) <u>ALL</u>		
패스당 최대 제련 두께 MAX. PASS THICK. LIMIT(mm) <u>6</u>		
<b>용 가 재 FILLER METALS (QW-404)</b>		
용가재번호 F NO. <u>6</u> 성분분류번호 A NO. <u>1</u> 용가재사양번호 SFA NO. <u>5.18</u>		
용가재분류번호 AWS CLASS <u>ER70S-2</u>		
용가재 크기 SIZE OF FILLER METAL(mmΦ) <u>2.4 ~ 4.0</u>		
와이어 플럭스 사양 WIRE FLUX CLASS <u>N/A</u>		
플럭스 상표명 <u>N/A</u>		
소모성 인서트 <u>N/A</u>		
기 타 OTHER _____		
<b>용 접 지 세 POSITIONS(QW-405)</b>		
용접지세 POSITION OF GROOVE <u>ALL</u>		
필릿 용접지세 POSITION OF FILLET <u>ALL</u>		
진행 방향 PROGRSSION UP _____ V _____ DOWN _____		
<b>이 음 상 세 JOINT DETAILS(TYPICAL)</b>		
A : 30°~40° f : 1.5mm (±0.8mm) R : 3mm (±1.5mm) L/D Mismatch : Max. 1.5mm		
A : 30°~40° f : 1.5mm (±0.8mm) R : 3mm (±1.5mm) g : Max. 1.5mm L/D Mismatch : Max. 1.5mm		
<b>예 열 PREHEAT (QW-406)</b>		
예열 온도 MIN. PREHEAT TEMP (°C) <u>10</u>		
중간 온도 MAX. INTERPASS TEMP (°C) <u>260</u>		
예열 유지, PREHEAT MAINTENANCE <u>Not Required</u>		
<b>후 열 처리 PWHT (QW-407)</b>		
열 처리 온도 TEMPERATURE RANGE(°C) <u>N/A</u>		
열 처리 시간 HOLDING TIME RANGE <u>N/A</u>		
가열 및 냉각 속도 HEATING & COOLING RATE <u>N/A</u>		
<b>가 스 GAS (ES) (QW-408)</b>		
가스 종류 SHIELDING GAS (ES) <u>ARGON</u>		
혼합 가스 조성비율 PERCENT COMPOSITION(MIX., %) <u>99.99</u>		
유 량 FLOW RATE (ℓ/min) <u>5.7~11.8</u>		
가스 백킹 GAS BACKING <u>N/A</u>		
트레이링 가스-TRAILING GAS <u>None</u>		
<b>전기특성 ELECTRICAL CHARACT. (QW-409)</b>		
전 류 CURRENT(AC OR DC) <u>DC</u>		
극 성 POLARITY <u>SP</u>		
텅스텐 전극봉 형태 TUNGSTEN ELECTRODE TYPE <u>EWTH-2</u>		
텅스텐 전극봉 크기 TUNGSTEN ELECTRODE SIZE(mmΦ) <u>2.4 ~ 3.2</u>		
용융 금속 이행 형태 MODE OF METAL TRANSFER FOR GMAW <u>N/A</u>		

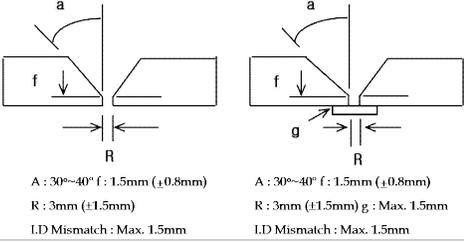




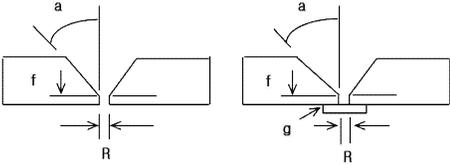
XX 건설	<b>표준 용접 작업 표준서</b> STANDARD WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (SWPS)	XXX Project PAGE : 1 of 2
표준용접작업표준서번호 SWPS NO. SWPS-002 (AWS B2.1-1-234)	날 짜 DATE NOV. 7. 2024	개정번호 REVISION NO. 0 날 짜 DATE
관련시험 번호 SUPPORTING PQR NO. See AWS B2.1-1-234	용접방법 WELDING PROCESS(ES) FCAW	용접형태 TYPE(S) Semi Automatic
<b>이 음 설 계 JOINT DESIGN (QW-402)</b> 이음 형태 TYPE OF JOINT SINGLE V GROOVE, FILLET 백킹 유무 BACKING YES 백킹 재질 (형태) BACKING MATL.(TYPE) C/S, P1 or Weld Metal 리테이너 유무 RETAINERS YES NO V	<b>이 음 상 세 JOINT DETAILS(TYPICAL)</b>  <p>A : 30°~40° f : 1.5mm (±0.8mm)          R : 5mm (±1.5mm) g : Max. 1.5mm          L/D Mismatch : Max. 1.5mm</p>	
<b>모 재 BASE METALS(QW-403)</b> 모재번호 P.NO. 1 그룹번호 Gr.NO. 1 & 2 모재번호 TO P.NO. 1 그룹번호 Gr.NO. 1 & 2 혹은 사양 및 등급 OR SPEC. AND GRADE SA106-GrB & C or Equivalent TO SA106-GrB & C or Equivalent 적용두께범위 QUALIFIED THICKNESS RANGE 모 재 BASE METAL(mm) 3.0-38, Min. 3.0 for Fillet Welds 용착금속 DEPOSIT WELD METAL(mm) Groove : Max. 38, Fillet : 3~38 파이프 직경 범위 PIPE DIAMETER RANGE(mm) Min. O.D : 73 패스당 최대 두께 MAX. PASS THICK. LIMIT(mm) 6	<b>예 열 PREHEAT (QW-406)</b> 예열 온도 MIN. PREHEAT TEMP (°C) 10 중간 온도 MAX. INTERPASS TEMP (°C) 260 예열 유지, PREHEAT MAINTENANCE Not Required	
<b>용 가 재 FILLER METALS (QW-404)</b> 용기재번호 F.NO. 6 성분분류번호 A.NO. 1 용기재사양번호 SFA NO. 5.20 용기재분류번호 AWS CLASS E71T-1 용기재 크기 SIZE OF FILLER METAL(mmΦ) 1.2 ~ 2.0 와이어 플럭스 사양 WIRE FLUX CLASS N/A 플럭스 상표명 N/A 소모성 인서트 기 타 OTHER N/A	<b>후 열 처 리 PWHT (QW-407)</b> 열 처 리 온 도 TEMPERATURE RANGE(°C) N/A 열 처 리 시 간 HOLDING TIME RANGE N/A 가열 및 냉각속도 HEATING & COOLING RATE N/A	
<b>용 접 자 세 POSITIONS(QW-405)</b> 홈 용접자세 POSITION OF GROOVE ALL 필렛 용접자세 POSITION OF FILLET ALL 진 행 방 향 PROGRESSION UP V DOWN	<b>가 스 GAS (ES) (QW-408)</b> 가스 종류 SHIELDING GAS (ES) Ar + CO2 혼합 가스 조성비율 PERCENT COMPOSITION(MIX., %) 75% Ar + 25% CO2 유 량 FLOW RATE (ℓ/min) 9.4 ~ 18.9 가스 백킹 GAS BACKING N/A 트래일링 가스 TRAILING GAS None <b>전기특성 ELECTRICAL CHARACT. (QW-409)</b> 전 류 CURRENT(AC OR DC) DC 극 성 POLARITY RP 텅스텐 전극종 형태 TUNGSTEN ELECTRODE TYPE N/A 텅스텐 전극종 크기 TUNGSTEN ELECTRODE SIZE(mmΦ) N/A 용융 금속 이행 형태 MODE OF METAL TRANSFER FOR GMAW Globular or Spray	





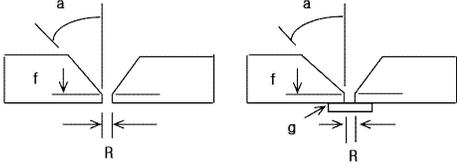
XX 건설	<b>표준용접작업표준서</b> STANDARD WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (SWPS)	XXX Project PAGE : 1 of 2
표준용접작업표준서번호 SWPS NO. SWPS-003 (AWS B2.1-1-209)	날 짜 DATE NOV. 7. 2024	개정번호 REVISION NO. 0
관련시행 번호 SUPPORTING PQR NO. See AWS B2.1-1-209	용접방법 WELDING PROCESS(ES) GTAW+SMAW	용접형태 TYPE(S) MANUAL
이 음 설 계 <b>JOINT DESIGN (QW-402)</b> 이음 형태 TYPE OF JOINT SINGLE V GROOVE, FILLET 백킹 유무 BACKING GT: NO, SM: YES 백킹 재질 (형태) BACKING MATL(TYPE) C/S, PI or Weld Metal 리테이너 유무 RETAINERS YES NO V	이 음 상 세 <b>JOINT DETAILS(TYPICAL)</b>  A : 30°~40° f : 1.5mm (±0.8mm) R : 3mm (±1.5mm) LD Mismatch : Max. 1.5mm	
모 재 <b>BASE METALS(QW-403)</b> 모재번호 P NO. 1 모재번호 TO P NO. 1 그룹번호 Gr NO. 1 & 2 그룹번호 TO Gr NO. 1 & 2 혹은 사양 및 등급 OR SPEC. AND GRADE SA106-GrB & C or Equivalent TO SA106-GrB & C or Equivalent 적용두께범위 QUALIFIED THICKNESS RANGE 모재 BASE METAL(mm) 3.0~38, Min. 3.0 for Fillet Welds 용착금속 DEPOSIT WELD METAL(mm) Groove : Max. 38, Fillet : 3~38 파이프 직경 범위 PIPE DIAMETER RANGE(mm) ALL 패스당 최대 채움 두께 MAX. PASS THICK. LIMIT(mm) 6	예 열 <b>PREHEAT (QW-406)</b> 예열 온도 MIN. PREHEAT TEMP (°C) 10 중간 온도 MAX. INTERPASS TEMP (°C) 260 예열 유지, PREHEAT MAINTENANCE Not Required	
용 가 재 <b>FILLER METALS (QW-404)</b> 용가재번호 성분분류번호 용가재시행번호 F NO. GT: 6, SM: 4 A NO. GT/SM: 1 SFA NO. GT: 5.18, SM: 5.1 용가재분류번호 AWS CLASS GT: ER70S-2, SM: E7018 용가재 크기 SIZE OF FILLER METAL (mmΦ) 2.4 ~ 4.0 외이어 플럭스 시알 WIRE FLUX CLASS N/A 플럭스 상표명 N/A 소모성 인서트 N/A 기 타 OTHER	후 열 처리 <b>PWHT (QW-407)</b> 열 처리 온도 TEMPERATURE RANGE(°C) N/A 열 처리 시간 HOLDING TIME RANGE N/A 가열 및 냉각속도 HEATING & COOLING RATE N/A	
용 접 자 세 <b>POSITIONS(QW-405)</b> 용접자세 POSITION OF GROOVE ALL 필렛 용접자세 POSITION OF FILLET ALL 진행 방향 PROGRESSION UP V DOWN	기 스 <b>GAS (ES) (QW-408)</b> 가스 종류 SHIELDING GAS (ES) ARGON 혼합 가스 조성비율 PERCENT COMPOSITION(MIX., %) 99.99 유 량 FLOW RATE (l/min) 5.7~11.8 가스 백킹 GAS BACKING N/A 트레일링 가스 TRAILING GAS None	
	전기특성 <b>ELECTRICAL CHARACT. (QW-409)</b> 전 류 CURRENT(AC OR DC) DC 극 성 POLARITY GT: EN, SM: EP. 텅스텐 전극봉 형태 TUNGSTEN ELECTRODE TYPE EWTH 2 텅스텐 전극봉 크기 TUNGSTEN ELECTRODE SIZE(mmΦ) 1.6 ~ 3.2 용융 금속 이행 형태 MODE OF METAL TRANSFER FOR GMAW N/A	



XX 건설	<b>표준 용접 작업 표준서</b> <b>STANDARD WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (SWPS)</b>	<b>XXX Project</b> PAGE : 1 of 2
표준용접작업표준서번호 SWPS NO. SWPS-004 (AWS B2.1-8-212)	날짜 DATE NOV. 7, 2024	개정번호 REVISION NO. 0           날짜 DATE
관련시행 번호 SUPPORTING PQR NO. See AWS B2.1-8-212	용접방법 WELDING PROCESS(ES) GTAW	용접형태 TYPE(S) MANUAL
<b>이음 설계 JOINT DESIGN (QW-402)</b> 이음 형태 TYPE OF JOINT SINGLE V GROOVE, FILLET 백킹 유무 BACKING NO 백킹 재질 (형태) BACKING MAT'L(TYP) N/A 리테이너 유무 RETAINERS YES NO V	<b>이음 상세 JOINT DETAILS(TYPICAL)</b>  <p>           A : 30°~40° f : 1.5mm (±0.8mm)      A : 30°~40° f : 1.5mm (±0.8mm)            R : 3mm (±1.5mm)                      R : 3mm (±1.5mm) g : Max. 1.5mm            LD Mismatch : Max. 1.5mm              LD Mismatch : Max. 1.5mm         </p>	
<b>모재 BASE METALS(QW-403)</b> 모재번호 P NO. 8      그룹번호 Gr NO. 1 모재번호 TO P NO. 8      그룹번호 Gr NO. 1 혹은 사양 및 등급 OR SPEC. AND GRADE SA312 TP304(L), TP316(L) or Equivalent TO SA312 TP304(L), TP316(L) or Equivalent 적용두께범위 QUALIFIED THICKNESS RANGE 모재 BASE METAL(mm) 1.5~38, Min. 1.5 for Fillet Welds 용착금속 DEPOSIT WELD METAL(mm) Groove : Max. 38, Fillet : 3~38 파이프 직경 범위 PIPE DIAMETER RANGE(mm) ALL 패스당 최대 채현 두께 MAX. PASS THICK. LIMIT(mm) 6	<b>예열 PREHEAT (QW-406)</b> 예열 온도 MIN. PREHEAT TEMP (°C) 10 중간 온도 MAX. INTERPASS TEMP (°C) 180 예열 유지, PREHEAT MAINTENANCE N/A	
<b>용기재 FILLER METALS (QW-404)</b> 용기재번호 F NO. 6      성분분류번호 A NO. 8      용기재시양번호 SFA NO. 5.9 용기재분류번호 AWS CLASS ER308(L), ER316(L) 용기재 크기 SIZE OF FILLER METAL(mmΦ) 2.4 ~ 3.2 용이어 플럭스 사양 WIRE FLUX CLASS N/A 플럭스 상표명 N/A 소모성 인서트 N/A 기타 OTHER	<b>후열처리 PWHT (QW-407)</b> 열처리 온도 TEMPERATURE RANGE(°C) N/A 열처리 시간 HOLDING TIME RANGE N/A 가열 및 냉각속도 HEATING & COOLING RATE N/A	
<b>용접 자세 POSITIONS(QW-405)</b> 용접자세 POSITION OF GROOVE ALL 필렛 용접자세 POSITION OF FILLET ALL 진행 방향 PROGRESSION UP V DOWN	<b>가스 GAS (ES) (QW-408)</b> 가스 종류 SHIELDING GAS (ES) ARGON 혼합 가스 조성비율 PERCENT COMPOSITION(MIX, %) 99.99 유량 FLOW RATE (ℓ/min) 4.7 ~ 11.8 가스 백킹 GAS BACKING (ℓ/min) ARGON, 2.4 ~ 7.1 트레일링 가스 TRAILING GAS N/A	
<b>전기특성 ELECTRICAL CHARACT. (QW-409)</b> 전류 CURRENT(AC OR DC) DC 극성 POLARITY EN 텅스텐 전극봉 형태 TUNGSTEN ELECTRODE TYPE EWTH-2 텅스텐 전극봉 크기 TUNGSTEN ELECTRODE SIZE(mmΦ) 1.6 ~ 3.2 용융 금속 이행 형태 MODE OF METAL TRANSFER FOR GMAW N/A		





XX 건설	<b>표준 용접 작업 표준서</b> <b>STANDARD WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (SWPS)</b>	<b>XXX Project</b> PAGE : 1 of 2
표준용접작업표준서번호 SWPS NO. <u>SWPS-005 (AWS B2.1-8-214)</u>	날 짜 DATE <u>NOV. 7, 2024</u>	개정번호 REVISION NO. <u>0</u>
관련시험 번호 SUPPORTING PQR NO. <u>See AWS B2.1-8-214</u>	용접방법 WELDING PROCESS(ES) <u>GTAW+SMAW</u>	용접형태 TYPE(S) <u>MANUAL</u>
<b>이음 설 계 JOINT DESIGN (QW-402)</b> 이음 형태 TYPE OF JOINT <u>SINGLE V GROOVE, FILLET</u> 백킹 유무 BACKING <u>GT: NO, SM: YES</u> 백킹 재질 (형태) BACKING MATL(TYP) <u>S/S, P8 or Weld Metal</u> 리테이너 유무 RETAINERS <u>YES NO V</u>	<b>이음 상세 JOINT DETAILS(TYPICAL)</b> 	
<b>모 재 BASE METALS(QW-403)</b> 모재번호 P.N.O. <u>8</u> 그룹번호 Gr NO. <u>1</u> 모재번호 TO P.N.O. <u>8</u> 그룹번호 Gr NO. <u>1</u> 혹은 사양 및 등급 OR SPEC. AND GRADE <u>SA312 TP304(L), TP316(L) or Equivalent</u> TO <u>SA312 TP304(L), TP316(L) or Equivalent</u> 적용두께범위 QUALIFIED THICKNESS RANGE 모 재 BASE METAL(mm) <u>3.0~38, Min. 3.0 for Fillet Welds</u> 용착금속 DEPOSIT WELD METAL(mm) <u>Groove : Max. 38, Fillet : 3~38</u> 파이프 직경 범위 PIPE DIAMETER RANGE(mm) <u>Min. DN20, Min. DN15 for Fillet Welds</u> 패스당 최대 채반 두께 MAX. PASS THICK. LIMIT(mm) <u>6</u>	<b>예 열 PREHEAT (QW-406)</b> 예열 온도 MIN. PREHEAT TEMP (°C) <u>10</u> 층간 온도 MAX. INTERPASS TEMP (°C) <u>180</u> 예열 유지, PREHEAT MAINTENANCE <u>Not Required</u>	
<b>용 가 재 FILLER METALS (QW-404)</b> 용가재번호 성분분류번호 용가재시양번호 F NO. <u>GT: 6, SM: 5</u> A NO. <u>8</u> SFA NO. <u>GT: 5.9, SM: 5.4</u> 용가재분류번호 AWS CLASS <u>GT: E308(L), E316(L), SM: E308(L), E316(L)</u> 용가재 크기 SIZE OF FILLER METAL(mmΦ) <u>2.4 ~ 4.0</u> 와이어 플럭스 시양 WIRE FLUX CLASS <u>N/A</u> 플럭스 상표명 <u>N/A</u> 소모성 인서트 <u>N/A</u> 기 타 OTHER	<b>후 열 처리 PWHT (QW-407)</b> 열 처리 온도 TEMPERATURE RANGE(°C) <u>N/A</u> 열 처리 시간 HOLDING TIME RANGE <u>N/A</u> 가열 및 냉각 속도 HEATING & COOLING RATE <u>N/A</u>	
<b>용 접 자세 POSITIONS(QW-405)</b> 홈 용접지세 POSITION OF GROOVE <u>ALL</u> 필렛 용접지세 POSITION OF FILLET <u>ALL</u> 진행 방향 PROGRESSION UP <u>V</u> DOWN	<b>가 스 GAS (ES) (QW-408)</b> 가스 종류 SHIELDING GAS (ES) <u>ARGON</u> 혼합 가스 조성비율 PERCENT COMPOSITION(MIX, %) <u>99.99</u> 유 량 FLOW RATE (ℓ/min) <u>4.7~11.8</u> 가스 백킹 GAS BACKING <u>ARGON 100%</u> 트레일링 가스 TRAILING GAS <u>None</u> <b>전기특성 ELECTRICAL CHARACT. (QW-409)</b> 전 류 CURRENT(AC OR DC) <u>DC</u> 극 성 POLARITY <u>GT: SP, SM: RP.</u> 텅스텐 전극용 형태 TUNGSTEN ELECTRODE TYPE <u>EWTH 2</u> 텅스텐 전극용 크기 TUNGSTEN ELECTRODE SIZE(mmΦ) <u>1.6 ~ 3.2</u> 용융 금속 이행 형태 MODE OF METAL TRANSFER FOR GMAW <u>N/A</u>	

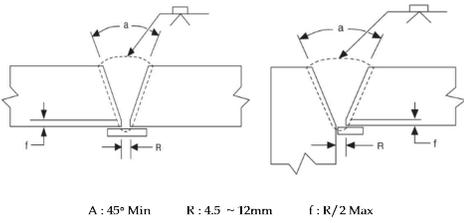




XX 건설	<b>표준용접작업표준서</b> STANDARD WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (SWPS)	XXX Project PAGE : 1 of 2
표준용접작업표준서번호 SWPS NO. SWPS-006 (AWS B2.1-1-016)	날 짜 DATE NOV. 7. 2024	개정번호 REVISION NO. 0
관련시령 번호 SUPPORTING PQR NO. See AWS B2.1-1-016	용접방법 WELDING PROCESS(ES) SMAW	용접형태 TYPE(S) MANUAL
<b>이음설계 JOINT DESIGN (QW-402)</b>	<b>이음상세 JOINT DETAILS(TYPICAL)</b>	
이음 형태 TYPE OF JOINT SINGLE V GROOVE, FILLET 백킹 유무 BACKING YES 백킹 재질 (형태) BACKING MATL(TYPE) C/S, PI or Weld Metal 리테이너 유무 RETAINERS YES NO V		
<b>모재 BASE METALS(QW-403)</b>	<b>예열 PREHEAT (QW-406)</b>	
모재번호 P NO. 1 모재번호 TO P NO. 1 그룹번호 Gr NO. 1 & 2 그룹번호 TO Gr NO. 1 & 2	예열 온도 MIN. PREHEAT TEMP (°C) 10 중간 온도 MAX. INTERPASS TEMP (°C) 260 예열 유지, PREHEAT MAINTENANCE Not Required	
혹은 사양 및 등급 OR SPEC. AND GRADE A36 or Equivalent TO A36 or Equivalent 적용두께범위 QUALIFIED THICKNESS RANGE 모재 BASE METAL(mm) 3.0~38, Min. 3.0 for Fillet Welds 용착금속 DEPOSIT WELD METAL(mm) Groove : Max. 38, Fillet : 3~38 파이프 직경 범위 PIPE DIAMETER RANGE(mm) N/A 맥스당 최대 재한 두께 MAX. PASS THICK. LIMIT(mm) 6	<b>후열처리 PWHT (QW-407)</b> 열처리 온도 TEMPERATURE RANGE(°C) N/A 열처리 시간 HOLDING TIME RANGE N/A 가열 및 냉각속도 HEATING & COOLING RATE N/A	
<b>용가재 FILLER METALS (QW-404)</b>	<b>가스 GAS (ES) (QW-408)</b>	
용가재번호 F NO. 4 성분분류번호 A NO. 1 용가재시령번호 SFA NO. 5.1 AWS CLASS E7018 용가재 크기 SIZE OF FILLER METAL (mmΦ) 2.4 ~ 4.8 외이어 플럭스 사양 WIRE FLUX CLASS N/A 플럭스 상표명 N/A 소모성 인서트 N/A 기타 OTHER	가스 종류 SHIELDING GAS (ES) N/A 혼합 가스 조성비율 PERCENT COMPOSITION(MIX., %) N/A 유량 FLOW RATE (l/min) N/A 가스 백킹 GAS BACKING N/A 트레일링 가스 TRAILING GAS None	
<b>용접 자세 POSITIONS(QW-405)</b>	<b>전기특성 ELECTRICAL CHARACT. (QW-409)</b>	
용접 자세 POSITION OF GROOVE ALL 필렛 용접 자세 POSITION OF FILLET ALL 진행 방향 PROGRESSION UP V DOWN	전류 CURRENT(AC OR DC) DC 극성 POLARITY GT : EN, SM : EP. 텅스텐 전극봉 형태 TUNGSTEN ELECTRODE TYPE N/A 텅스텐 전극봉 크기 TUNGSTEN ELECTRODE SIZE(mmΦ) N/A 용융 금속 이행 형태 MODE OF METAL TRANSFER FOR GMAW N/A	

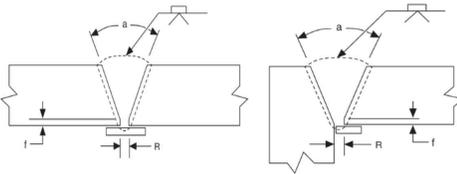


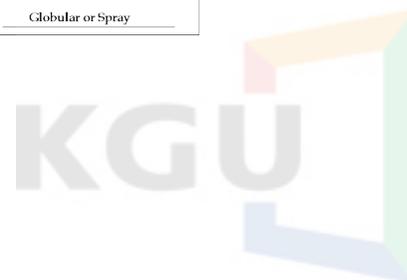


<b>XX 건설</b>	<b>표준 용접 작업 표준서</b> STANDARD WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (SWPS)	XXX Project PAGE : 1 of 2
표준용접작업표준서번호 SWPS NO. SWPS-007 (AWS B2.1-1-017)      날짜 DATE NOV. 7. 2024      개정번호 REVISION NO. 0      날짜 DATE _____		
관련시험 번호 SUPPORTING PQR NO. See AWS B2.1-1-017      용접방법 WELDING PROCESS(ES) SMAW      용접형태 TYPE(S) MANUAL		
<b>이음 설계 JOINT DESIGN (QW-402)</b> 이음 형태 TYPE OF JOINT SINGLE V GROOVE, FILLET 백킹 유무 BACKING YES 백킹 재질 (형태) BACKING MATL(TYPE) C/S, P1 or Weld Metal 리테이너 유무 RETAINERS YES _____ NO V	<b>이음 상세 JOINT DETAILS(TYPICAL)</b> 	
<b>모재 BASE METALS(QW-403)</b> 모재번호 P NO. 1      그룹번호 Gr NO. 1 & 2 모재번호 TO P NO. 1      그룹번호 Gr NO. 1 & 2 혹은 사양 및 등급 OR SPEC. AND GRADE A36 or Equivalent TO A36 or Equivalent 적용두께범위 QUALIFIED THICKNESS RANGE 모재 BASE METAL(mm) 3.0~19, Min. 3.0 for Fillet Welds 용착금속 DEPOSIT WELD METAL(mm) Groove : Max. 19, Fillet : 3~19 파이프 직경 범위 PIPE DIAMETER RANGE(mm) N/A 패스당 최대 제한 두께 MAX. PASS THICK. LIMIT(mm) 6	<b>예열 PREHEAT (QW-406)</b> 예열 온도 MIN. PREHEAT TEMP (°C) 10 중간 온도 MAX. INTERPASS TEMP (°C) 260 예열 유지, PREHEAT MAINTENANCE Not Required	
<b>용가재 FILLER METALS (QW-404)</b> 용가재번호 F NO. 4      성분분류번호 A NO. 1      용가재시양번호 SFA NO. 5.1 용가재분류번호 AWS CLASS E6010 용가재 크기 SIZE OF FILLER METAL(mmΦ) 2.4 ~ 4.8 와이어 플럭스 사양 WIRE FLUX CLASS N/A 플럭스 상표명 N/A 소모성 인서트 N/A 기타 OTHER _____	<b>후열 처리 PWHT (QW-407)</b> 열처리 온도 TEMPERATURE RANGE(°C) N/A 열처리 시간 HOLDING TIME RANGE N/A 가열 및 냉각속도 HEATING & COOLING RATE N/A	
<b>용접 자세 POSITIONS(QW-405)</b> 홈 용접자세 POSITION OF GROOVE ALL 파일럿 용접자세 POSITION OF FILLET ALL 진행 방향 PROGRESSION UP V DOWN _____	<b>가스 GAS (ES) (QW-408)</b> 가스 종류 SHIELDING GAS (ES) N/A 혼합 가스 조성비율 PERCENT COMPOSITION(MIX., %) N/A 유량 FLOW RATE (ℓ/min) N/A 가스 백킹 GAS BACKING N/A 트래일링 가스 TRAILING GAS None	
<b>전기특성 ELECTRICAL CHARACT. (QW-409)</b> 전류 CURRENT(AC OR DC) DC 극성 POLARITY GT : EN, SM : EP. 텅스텐 전극봉 형태 TUNGSTEN ELECTRODE TYPE N/A 텅스텐 전극봉 크기 TUNGSTEN ELECTRODE SIZE(mmΦ) N/A 용융 금속 이행 형태 MODE OF METAL TRANSFER FOR GMAW N/A		

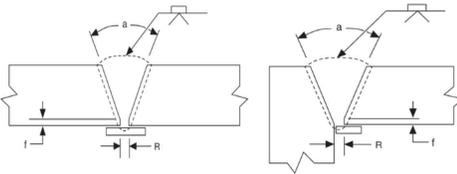




XX 건설	<b>표준 용접 작업 표준서</b> STANDARD WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (SWPS)	XXX Project PAGE : 1 of 2
표준용접작업표준서번호 SWPS NO. SWPS-008 (AWS B2.1-1-019)	날 짜 DATE NOV. 7. 2024	개정번호 REVISION NO. 0
관련시행 번호 SUPPORTING PQR NO. See AWS B2.1-1-019	용접방법 WELDING PROCESS(ES) FCAW	용접형태 TYPE(S) Semi-Automatic
<b>이 음 설 계 JOINT DESIGN (QW-402)</b> 이음 형태 TYPE OF JOINT SINGLE V GROOVE, FILLET 백킹 유무 BACKING YES 백킹 재질 (형태) BACKING MATL(TYP) C/S, P1 or Weld Metal 리테이너 유무 RETAINERS YES NO V	<b>이 음 상 세 JOINT DETAILS(TYPICAL)</b>  A : 45° Min    R : 4.5 ~ 12mm    f : R/2 Max	
<b>모 재 BASE METALS(QW-403)</b> 모재번호 P.N.O. 1    그룹번호 Gr.NO. 1 & 2 모재번호 TO P.N.O. 1    그룹번호 Gr.NO. 1 & 2 혹은 사양 및 등급 OR SPEC. AND GRADE A36 or Equivalent TO A36 or Equivalent 적용두께범위 QUALIFIED THICKNESS RANGE 모 재 BASE METAL(mm) 3.0~38, Min. 3.0 for Fillet Welds 용착금속 DEPOSIT WELD METAL(mm) Groove : Max. 38, Fillet : 3~38 파이프 직경 범위 PIPE DIAMETER RANGE(mm) N/A 패스당 최대 채워 두께 MAX. PASS THICK. LIMIT(mm) 6	<b>예 열 PREHEAT (QW-406)</b> 예열 온도 MIN. PREHEAT TEMP (°C) 10 층간 온도 MAX. INTERPASS TEMP (°C) 260 예열 유지, PREHEAT MAINTENANCE Not Required	
<b>용 기 재 FILLER METALS (QW-404)</b> 용가재번호 성분분류번호 용가재시양번호 F NO. 6    A NO. 1    SFA NO. 5.20 용가재분류번호 AWS CLASS E71T-1 용가재 크기 SIZE OF FILLER METAL(mmΦ) 1.2 ~ 2.0 와이어 플럭스 사양 WIRE FLUX CLASS N/A 플럭스 상표명 N/A 소모성 인서트 N/A 기 타 OTHER	<b>후 열 처 리 PWHT (QW-407)</b> 열 처리 온도 TEMPERATURE RANGE(°C) N/A 열 처리 시간 HOLDING TIME RANGE N/A 가열 및 냉각속도 HEATING & COOLING RATE N/A	
<b>용 접 자 세 POSITIONS(QW-405)</b> 홈 용접자세 POSITION OF GROOVE ALL 필렛 용접자세 POSITION OF FILLET ALL 진행 방향 PROGRESSION UP V DOWN	<b>가 스 GAS (ES) (QW-408)</b> 가스 종류 SHIELDING GAS (ES) CO2 혼합 가스 조성비율 PERCENT COMPOSITION(MIX, %) 99.99 유 량 FLOW RATE (ℓ/min) 14.2 ~ 23.6 가스 백킹 GAS BACKING N/A 트레일링 가스 TRAILING GAS None	
	<b>전기특성 ELECTRICAL CHARACT. (QW-409)</b> 전 류 CURRENT(AC OR DC) DC 극 성 POLARITY RP 텅스텐 전극봉 형태 TUNGSTEN ELECTRODE TYPE N/A 텅스텐 전극봉 크기 TUNGSTEN ELECTRODE SIZE(mmΦ) N/A 용융 금속 이행 형태 MODE OF METAL TRANSFER FOR GMAW Globular or Spray	





XX 건설	<b>표준 용접 작업 표준서</b> STANDARD WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (SWPS)	XXX Project PAGE : 1 of 2
표준용접작업 표준서번호 SWPS NO. SWPS-009 (AWS B2.1-1-023)	날 짜 DATE NOV. 7. 2024	개정번호 REVISION NO. 0
관련시행 번호 SUPPORTING PQR NO. See AWS B2.1-1-023	용접방법 WELDING PROCESS(ES) SMAW	용접형태 TYPE(S) MANUAL
<b>이 음 설 계 JOINT DESIGN (QW-402)</b> 이음 형태 TYPE OF JOINT SINGLE V GROOVE, FILLET 백킹 유무 BACKING YES 백킹 재질 (형태) BACKING MATL(TYP) S/S, P8 or Weld Metal 리테이너 유무 RETAINERS YES NO V	<b>이 음 상 세 JOINT DETAILS(TYPICAL)</b>  A : 45° Min    R : 4.5 ~ 12mm    f : R/2 Max	
<b>모 세 BASE METALS(QW-403)</b> 모재번호 P.N.O. 8    그립번호 Gr.NO. 1 모재번호 TO P.N.O. 8    그립번호 Gr.NO. 1 혹은 사양 및 등급 OR SPEC. AND GRADE A36 or Equivalent TO A36 or Equivalent 적용두께범위 QUALIFIED THICKNESS RANGE 모 재 BASE METAL(mm) 3.0~38, Min. 3.0 for Fillet Welds 용착금속 DEPOSIT WELD METAL(mm) Groove : Max. 38, Fillet : 3~38 파이프 직경 범위 PIPE DIAMETER RANGE(mm) N/A 패스당 최대 패스 두께 MAX. PASS THICK. LIMIT(mm) 6	<b>예 열 PREHEAT (QW-406)</b> 예열 온도 MIN. PREHEAT TEMP (°C) 10 층간 온도 MAX. INTERPASS TEMP (°C) 175 예열 유지, PREHEAT MAINTENANCE Not Required	
<b>용 기 재 FILLER METALS (QW-404)</b> 용가재번호 F.NO. 5    성분분류번호 A.NO. 8    용가재사양번호 SFA NO. 5.4 용가재분류번호 AWS CLASS E308(L), E316(L) 용가재 크기 SIZE OF FILLER METAL(mmΦ) 2.4 ~ 3.2 와이어 플럭스 사양 WIRE FLUX CLASS N/A 플럭스 상표명 N/A 소모성 인서트 N/A 기 타 OTHER	<b>후 열 처 리 PWHT (QW-407)</b> 열 처리 온도 TEMPERATURE RANGE(°C) N/A 열 처리 시간 HOLDING TIME RANGE N/A 가열 및 냉각속도 HEATING & COOLING RATE N/A	
<b>용 접 자 세 POSITIONS(QW-405)</b> 홈 용접자세 POSITION OF GROOVE ALL 필렛 용접자세 POSITION OF FILLET ALL 진행 방향 PROGRESSION UP V DOWN	<b>가 스 GAS (ES) (QW-408)</b> 가스 종류 SHIELDING GAS (IS) N/A 혼합 가스 조성비율 PERCENT COMPOSITION(MIX, %) N/A 유 량 FLOW RATE (ℓ/min) N/A 가스 백킹 GAS BACKING N/A 트레일링 가스 TRAILING GAS None	
	<b>전기특성 ELECTRICAL CHARACT. (QW-409)</b> 전 류 CURRENT(AC OR DC) DC 극 성 POLARITY EP 텅스텐 전극봉 형태 TUNGSTEN ELECTRODE TYPE N/A 텅스텐 전극봉 크기 TUNGSTEN ELECTRODE SIZE(mmΦ) N/A 용융 금속 이행 형태 MODE OF METAL TRANSFER FOR GMAW N/A	





# Abstract

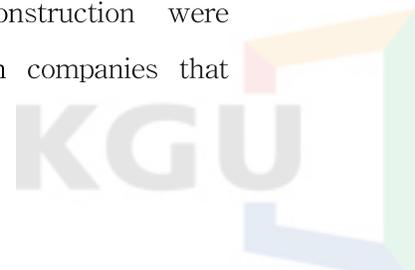
MS.Thesis

## Experimental study on the development and operation of standard welding procedure specifications for Plant fire piping

Hong Nam Gun  
Major of Fire Protection & Disaster Management  
Graduate School of Engineering  
Kyonggi University

The plant industry uses a large amount of energy, so there is a high risk of fire and explosion, and in the event of an accident, there is a high possibility that it will develop into a large-scale disaster with great loss of property and life. Therefore, it is important to increase the reliability of firefighting equipment. However, according to the National Fire Agency statistics for the past five years, the operational reliability of firefighting equipment has not exceeded 40%. It is time to look back and see whether quality management in firefighting equipment construction is being operated appropriately, whether there are any problems, and what needs to be improved.

In addition, with the revision of the 'Fire Facility Construction Business Act' in September 2020, separate orders for firefighting construction were implemented, and specialized firefighting facility construction companies that



were originally in charge of subcontracting construction but were given responsibility and roles as the main contractors are in a situation where they need to improve the level of their existing quality management organization, personnel, and technical skills and operate systematically on their own.

Therefore, in order to improve the construction quality of firefighting pipes, this study analyzed the problems in the quality management activities and performance processes carried out at actual firefighting construction sites, from establishing a quality plan, which is a key element of the quality management system, to work procedures and inspections, and suggested improvement measures. The research results suggested a method for quality control activities for fire piping construction to be documented and systematically performed in the field in the form of specific inspection and test plans, work procedures, etc. In particular, the welding procedure specifications, which are essential for performing welding work, have been ineffectively operated due to a lack of professional knowledge and understanding. As an improvement measure, the standard welding procedure specifications, which are commonly used in international standards and can be utilized without the need for separate testing and development processes, were suggested as an alternative. In order to apply this in the field, the demonstration test that should be performed was performed in an environment with the same conditions, and then the welding quality was confirmed through non-destructive testing and the reliability for field application was verified. In addition, the measures to prevent quality deterioration of fire piping derived from previous studies were analyzed and reflected in the standard welding procedure specifications to enable continuous and systematic improvement.

