



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.

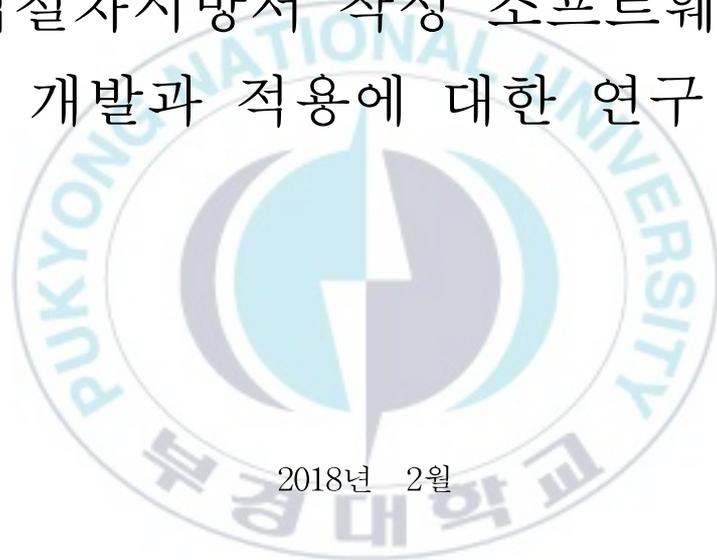
저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

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

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

조선, 해양산업의 특수
용접절차시방서 작성 소프트웨어의
개발과 적용에 대한 연구



2018년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

조선해양시스템공학과

정 량 우

공학석사 학위논문

조선, 해양산업의 특수
용접절차시방서 작성 소프트웨어의
개발과 적용에 대한 연구

지도교수 배 성 용
(공동지도교수 구 자 삼, 손 정 민)

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2018년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

조선해양시스템공학과

정 량 우

정량우의 공학석사 학위논문을 인준함

2018년 2월 23일



목 차

List of Tables	i
Abstract	iv
약어	v
제 1장 서 론	1
제 2장 용접절차시방서의 개발절차	3
2.1 용접절차시방서의 개발절차	3
2.2 예비 용접절차시방서	4
2.3 절차검증시험의 수행 및 절차검증기록의 작성	7
2.4 용접절차시방서의 작성	10
2.5 용접절차시방서의 설계적 의미	11
2.6 용접절차시방서의 적용실태	12
제 3장 용접절차시방서 작성 소프트웨어의 개발내용 및 주요기능	14
3.1 용접절차시방서 작성 소프트웨어의 데이터베이스 검증	14
3.2 용접절차시방서 작성 소프트웨어의 데이터베이스의 사용절차	15
제 4장 용접절차시방서 작성 소프트웨어의 개발결과 및 적용.....	26
4.1 예비 용접절차시방서로 활용	26
4.2 직원들의 역량강화 요소	29
4.3 데이터베이스의 축적을 통한 빅데이터화	29
4.4 중소기업자재 용접제품 제작회사의 자체 용접기술력 확보	29
제 5장 결 론	30
참고문헌	43

Figure

Figure 1.1 Concept diagram of Developing Welding Procedure Specification	2
Figure 2.1 Developing procedure of Welding Procedure Specification	3
Figure 3.1 Utilization Procedure of Welding Procedure Specification Software	15
Figure 3.2 Web page of WPS software	16
Figure 3.3 Input Page of Welding Variables	19
Figure 3.4 Input Page of Welding Variables by JAVA 8.0.910	20
Figure 3.5 List of output WPS	21
Figure 3.6(a) Detail of output WPS Page 1	22
Figure 3.6(b) Detail of output WPS Page 2	23
Figure 3.7 Help page of Qualified thickness range	24
Figure 3.8 Explanation of Qualified thickness range	25
Figure 4.1(a) Output Data by WPS Software Page 1	27
Figure 4.1(b) Output Data by WPS Software Page 2	28

부 록

I. Recommendation Form of WPS from ASME Section IX	33
II. Recommendation Form of WPS from AWS D1.1	35
III. Recommendation Form of PQR from ASME Section IX	38
IV. Recommendation Form of PQR from AWS D1.1	40



A study on the development of WPS(Welding Procedure Specification) Establishing Software for Special Welding of Shipbuilding and Offshore plant Industries

Ryangwoo Jeong

Department of Naval Architecture and Marine Systems Engineering, The Graduate School of Pukyong National University

Abstract

The ability of developing WPS(Welding Procedure Specification)/PQR(Procedure Qualification Record) are essential factors to manufacture and fabricate equipments by welding in shipbuilding and offshore plant industries. WPS/PQR must be submitted to the customer prior to project kick off to verify their welding abilities and mechanical properties of welding joint. And, WPS/PQR is the essential item to participate in the bidding chance to get the new orders in shipbuilding and offshore plat industries. The purpose of developing the WPS establishing software is to help companies which manufacture and fabricate welding products such as ship blocks, piping, offshore jacket structures, pressure vessels and etc. because majority of small and medium-sized companies don't have enough time, money and skilled staff to develop WPS/PQR effectively. Based on lots of WPS data which have been approved by qualified parties, the software could easily develop the WPS/PQR by staff in charge even non-skilled staff. In this study, the major functions and using method of WPS establishing software are introduced and explained.

약어

WPS	Welding Procedure Specification : 용접절차시방서
PQR	Procedure Qualification Record : 절차검증기록
PQ-Test	Procedure Qualification Test : 절차검증시험
pWPS	Preliminary Welding Procedure Specification : 예비용접절차시방서
WPQ	Welding Performance Qualification : 용접사 기량검증
ASME	American Society of Mechanical Engineers : 미국기계기술자협회
AWS	American Welding Society : 미국용접협회
ISO	International Organization for Standardization : 국제표준화기구
EPC	Engineering Procurement Construction



제 1장 서론

조선, 해양플랜트 산업은 제작 공정의 약 60~70% 가량 용접이 차지하고 있기에 용접이 검증된 절차에 따라서 수행되어야 용접부의 기계적 성질 및 기타 고객사에서 요구하는 특수한 성질을 확보하여 설계 요구사항과 품질이 우수한 제품을 제작할 수 있다. 이처럼 용접이 구현되어 제품에 요구되는 여러 가지 특성들을 만족하기 위한 절차를 확립하기 위한 시험을 절차검증시험이라고 하며, 이 시험에서 용접한 시험편을 다양한 비파괴시험과 파괴시험으로 기계적 성질과 기타 요구사항이 시험에 합격한 결과 값을 토대로 고객사의 요구사항과 적용 규격 즉, 선급률, 국제표준화기구, 미국기계학회, 미국용접협회 등과 같은 적용 규격에 준하여 각 용접변수에 대한 인정범위를 부여하고 절차화한 문서가 용접절차시방서라고 한다. 용접사는 작업해야 할 용접부에 해당 문서를 바탕으로 용접변수를 인정범위 내에서 조건을 설정하여 용접을 수행하면 용접부의 기계적 성질을 포함한 고객사의 요구사항을 만족하는 용접제품을 제작할 수 있다. 이러한 전체적인 용접시스템을 구축한 용접기술력에 대한 결과물을 용접절차시방서라고 할 수 있다. 조선, 해양산업은 특히 구조적, 기능적 특수성으로 인해 다양한 금속재료들과 고난이도 용접을 요구하기에 고객사에서는 건설사뿐만 아니라 건설사에 용접제품을 납품하는 중소 기자재 제작회사에도 직접 입회하여 해당 용접제품 제작에 적용되는 용접절차시방서 개발을 위한 절차검증시험에 직접 입회하기도 하며, 반드시 제출을 요구하며 제작에 적합하다는 검토를 득한 후에 공사에 착수 할 수 있다.

그러나 실제 중소 기자재 제작회사에서는 대기업에서 운영하는 용접 연구실과 같은 용접을 전담 부서나 팀의 설립도 어려우며, 절차검증시험 진행을 위한 예비용접절차시방서의 작성 및 시험 진행과 검토 능력이 부족하며, 숙련된 직원을 채용하는데도 어려움이 있다. 또한, 시험 실패 시 그에 따른 실패비용 즉, 자재비, 가공비 용접시 인건비, 선급 및 제 3자 검사기관 입회비, 시험/검사비 등이 상당히 부담되는 현실이며, 공사 착수 지연에 따른 공사 지연 발생도 빈번하게 발생하고 있다. Figure 1.1은 용접절차시방서의 개발 개념도를 나타낸다.

따라서 본 논문에서는 중소 기자재 제작회사들이 예비용접절차시방서를 작성하여 절차검증시험을 직접 수행하고 적용 규격과 고객사양에 준하여 용접절차시방서를 직접 작성할 수 있는 능력을 배양하며, 시험에 대한 실패비용을 절감하고 궁극적으로 용접에 대한 기술 기준을 높이고자 개발한 용접절차시방서 작성 소프트웨어의 주요 기능과 적용에 대해서 논하고자 한다.

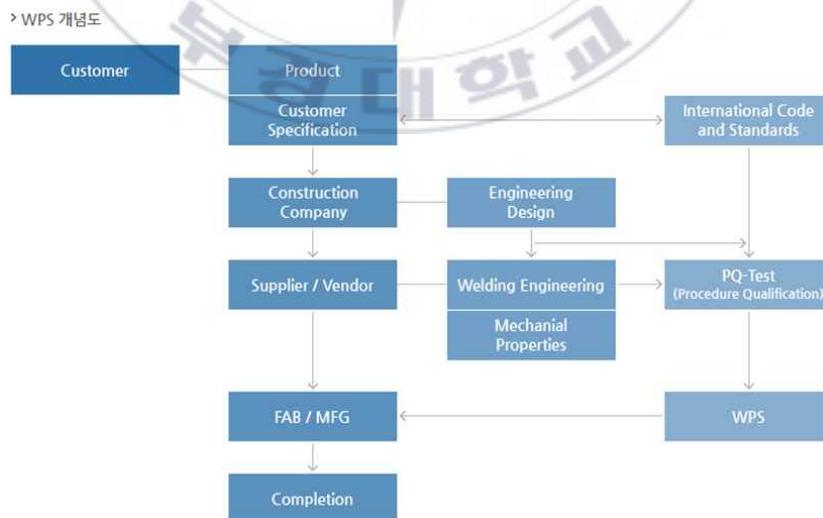


Figure 2.1 Concept diagram of Developing Welding Procedure Specification

제 2장 용접절차시방서의 개발절차

2.1 용접절차시방서의 개발절차



Figure 3.1 Developing Procedure of Welding Procedure Specification

Figure 2.1은 용접절차시방서를 개발하는 일반적인 절차에 대해서 나타내고 있다. 여기서 검사기관은 필요시 지정된 혹은 자체 지정해서 고객사에 승인받은 기관의 검토에 따른 승인을 득하는 것을 말한다.

2.2 예비 용접절차시방서

예비 용접절차시방서는 용접으로 제작하고자 하는 제품의 용접절차시방서를 개발하기 위한 절차검증시험에 적용되는 용접절차시방서로 고객사의 사양과 적용규격에 따라 용접엔지니어가 적합하게 작성한다. 예비 용접절차시방서는 해당 데이터를 바탕으로 수행한 절차검증시험이 합격일 경우에는 그 데이터와 동일한 인정범위로 실 제품에 적용되는 용접절차시방서로 활용될 수도 있으나 절차검증시험의 측정값에 따라서 변경될 수 있다. 절차검증시험을 수행하는데 필요한 예비 용접절차서는 다음 방법 중 하나에 의해 승인된 절차검증기록 작성의 기초로 사용한다.^[4]

- 절차검증시험
- 용접재료 승인용 시험결과
- 용접실적
- 표준 용접절차
- 제작 전 용접시험

작성된 예비 용접절차시방서는 필요시 선급이나 제3자 검사기관의 검토를 득한 후에 절차검증시험에 활용한다. 이 예비 용접절차시방서의 구성은 실제 제품용접에 사용될 용접절차시방서와 동일한 용접변수 항목으로 구성되어 있으며, 주요 규격별 용접절차시방서의 추천 양식은 부록 I, II과 같다.

용접절차시방서를 구성하는 용접변수 항목은 크게 필수변수와 비필수변수 그리고 추가필수변수로 구분된다. 먼저, 필수변수는 용접부의 기계적 성질을 결정에 관여하는 변수들로 적용되는 규격마다 목적이 다르기에 일부 차이가 있으나 일반적인 필수변수는 아래와 같다.^{[2] [3]}

- 용접공정 : Welding Process
- 모재 : Base Metal
- 용가재 : Filler Metal and or Flux
- 용접전류 : Welding Current
- 용접자세 : Welding Position
- 보호가스 : Shielding Gas
- 모재준비 : Preparation of Base metal
- 가접, 배열상태 : Fit-up and alignment
- 접합부 후면 : Backside of Joint
- 피닝 : Peening
- 예열 : Preheat, 후열처리 : Postweld Heat Treatment
- 용접기법 : Welding Technique
- 청결방법 : Cleaning Method
- 백가우징 방법 : Back Gouging Method

두 번째로 비필수변수는 용접부의 기계적 성질에 영향을 미치지 않는 기능적인 변수들로 각 규격에서 필수변수 외의 변수들을 의미한다. 이러한 비필수변수는 앞서 기술한대로 기계적 성질에 영향을 미치지 않기에 용접제품 제작회사에서는 가능한 넓은 범위로 용접변수의 인정범위를 채택하는 것이 일반적이다.

마지막으로 추가필수변수는 기계적 성질 중 인성에 영향을 미치는 용접변수들로 일반적인 조건일 때에는 비필수변수로 취급을 하다가 용접부에 충격시험이 요구되는 조건에서는 필수변수로 간주하는 변수이다. 이 추가필수변수가 발동될 때에는 일부 필수변수 조건들이 변경되기에 주의가 필요하다.

기타 본 예비 용접절차시방서는 적용 규격에서 명시한 용접변수 외에 실제 고객사에서 요구하는 특기변수 조건을 반영하여 작성한다.



2.3 절차검증시험의 수행 및 절차검증기록의 작성

예비 용접절차시방서를 바탕으로 절차검증시험을 수행하기 전에 사용되는 자재의 식별 및 검증작업을 수행한다. 이를 자재식별검사라고 한다. 자재식별의 목적은 자재식별 당시 확인했던 자재들이 절차검증시험에 그대로 적용이 되는지 즉, 자재 추적성의 확보에 있다.

자재식별 이후 절차검증시험 전까지 자재식별 당시 검증된 자재를 사용하여 예비 용접절차시방서에 명시되어 있는 접합부 형상과 치수에 대한 정보를 토대로 용접시편을 제작한다. 제작된 용접시편은 절차검증시험 직전에 식별정보를 자재성적서와 자재식별 결과를 바탕으로 확인한 다음 절차검증시험을 시작한다.

절차검증시험에서 용접 전, 위에서 설명한 용접시편에 대한 준비, 용접시편에 본 용접을 할 수 있도록 가용접, 개선형상에 대한 치수확인, 예열온도 확인 등 예비 용접절차시방서에 명시된 바에 따르는지 확인하는 작업을 수행한다. 절차검증시험에 투입되는 용접사는 해당 조건을 철저히 확인하여 시험을 실시할 수 있도록 한다.

절차검증시험에서 용접 중에는 증간온도, 용접전류, 전압, 용접속도 등 용접 파라미터에 대한 모니터링 및 데이터 기록을 실시하며, 용접시편의 각 층간별 육안검사를 수행한다. 절차검증시험에서 용접 후에는 최종 용접비드의 육안검사를 수행하고 필요한 경우 용접 잔류응력제거를 위한 용접후열처리나 기타 목적에 따라 수행되는 용접후열처리를 수행하고 비파괴시험 및 파괴시험을 준비한다.

비파괴시험은 규격이나 고객사에서 요구할 경우에 수행하며, 일반적으로 용접부 내부의 불연속탐상과 결함판정의 목적으로 방사선투과시험나 초음파탐상시험를 수행하고 용접부 표면의 불연속 탐상과 결함판정의 목적으로 자분탐상시험나 침투탐상시험을 수행한다.

파괴시험은 규격에서 요구하는 수량과 시편의 규격이 표준화되어 있으며 공사에 따라 적용되는 규격에서 요구하는 수량과 방법으로 수행한다. 일반적으로 인장시험 2세트, 유도굽힘시험을 4세트 수행하며, 기타 충격시험, 경도시험, 부식시험 등은 고객사 요구나 자재특성에 따라 필요시에 수행한다.

비파괴시험과 파괴시험을 수행하고 해당 결과 값이 합격일 경우 즉, 적용규격의 합격기준 즉, 모재에 준한 기계적 성질이나 부식 등 재료에서 요구하는 특성을 만족하는 경우는 절차검증시험의 용접 중에 기록한 용접 파라미터를 바탕으로 절차검증기록을 작성한다. 용접 중이나 후의 육안검사나 비파괴시험, 파괴시험의 결과값이 불합격 범위인 경우는 재시험을 실시해야 하며, 예비 용접절차서의 용접 변수값 설정에 기인한 불합격인지 절차검증시험에 투입된 용접사의 기량 문제에 기인한 것인지를 용접엔지니어가 판단하여 예비 용접절차시방서의 데이터 수정이나 용접사의 교체와 같은 후속조치를 통해 재시험을 준비한다.

절차검증기록에는 적용규격에서 요구하는 용접변수가 모두 포함되어 있어야 하며, 절차검증시험 당시 측정된 파라미터의 기록과 비파괴시험, 파괴시험의 결과값과 그 근거인 비파괴, 파괴시험 결과서, 모재, 용접재료 성적서가 모두 포함되어 있어야 한다.

규격에서 추천하는 절차검증기록의 양식은 부록 III ,IV와 같다.



2.4 용접절차시방서의 작성

절차검증기록은 절차검증시험에서 실제 측정된 각 용접변수에 대한 값의 모임이며, 각 용접변수에 대한 적용규격에 준한 합격된 결과 값이고 이를 바탕으로 적용규격 따라 인정범위가 결정된다. 예를 들어 절차검증기록에서 모재의 두께가 15mm로 가정했을 때 ASME BPVC의 Section IX에서 두께 인정범위 설정에 대한 Table QW-451.1(표 2)을 보면 인장시험 두 세트와 유도 굽힘시험 두 세트를 수행했을 때 두께 인정범위가 최소두께 5mm부터 시험 모재 두께의 두배로 5~30mm인 것을 알 수 있다. 이처럼 적용규격에서 요구하는 모든 용접변수의 절차검증기록에 나타나 있는 실제 측정값을 적용규격에서 명시한 인정범위를 설정하는 것이 용접절차시방서를 만드는 개념이다.

따라서 용접절차시방서를 구성하는 모든 용접변수들의 인정범위는 해당 범위를 준수하여 실제 제품에 용접을 수행했을 때 절차검증시험에서 합격된 결과 값에 준한 건전한 결과를 얻을 수 있다는 개념이다. 즉, 절차검증시험에서 만족시킨 설계요구사항인 기계적 성질, 부식특성, 기타 고객사 요구사항을 용접절차시방서에 명시된 인정범위에 준하여 검증된 용접사가 용접을 수행했을 때 동등 수준의 결과 값을 얻을 수 있다.

참고로 절차검증시험에 참여한 용접사는 절차검증시험 결과가 합격인 경우 자동으로 용접사 기량이 인정되어 해당 용접절차서로 제품에 용접을 할 수 있는 자격이 주어지며, 다른 용접사들은 기량시험을 통해서 기량 검증 후에 용접제품에 용접을 할 수 있는 자격이 부여된다.

2.5 용접절차시방서의 설계적 의미

제품에 용접 후에 용접부의 건전성을 확인할 수 있는 방법은 비파괴 시험이 유일한 방법으로 비파괴시험만으로는 용접부의 기계적 성질이나 부식특성, 기타 고객사의 특수 요구사항을 만족하는지 확인이 불가능하다. 조선, 해양산업에서 주로 적용하는 용접의 열원은 아크를 사용하는 아크용접으로 아크열의 온도가 약 6,000℃ 가량으로 용접 전, 후에 급열, 급냉이 수반되는 과정의 연속으로 볼 수 있다. 용접에 적용하는 재료는 철금속과 비철금속이 대부분이며, 해당 재료들은 급격한 온도의 변화를 겪으면서 금속 조직의 변화에 기인하여 기계적 성질이 달라지기에 설계단계에서 선정된 재료에 대한 사양이 용접 후에 요구하는 설계 값, 특히 기계적 성질을 만족시키지 못할 위험성을 항상 수반한다.

따라서 용접절차시방서는 용접으로 제작하고자 하는 제품의 접합부를 용접했을 때 그 용접부에 설계에서 요구하는 기계적 성질과 기타 특성들이 발현되도록 절차화 한 문서로 설계를 구현하는 최종단계로 볼 수 있다. 즉, 절차검증시험으로 검증된 합격된 결과 값을 토대로 실제 용접에 적용할 수 있는 인정범위를 절차화하여 시공 시 용접절차시방서를 준수하여 기량이 검증된 용접사가 용접을 수행한다면 설계요구사항을 만족한다고 간주하고 실제 제품 제작에서는 비파괴시험으로 용착된 용접부의 건전성만을 확인한다는 개념으로 용접제품을 제작하는 회사의 용접시스템을 확립하는데 중요한 설계적인 역할을 담당하고 있다.

2.6 용접절차시방서의 적용 실태

용접제품을 제작하는데 필요한 용접시스템에서 용접절차시방서의 역할은 설계적으로 무엇보다 중요하다. 서론에서 설명한 바와 같이 대형 조선소나 중공업에서는 내부에 자체 용접연구개발실을 운영하면서 용접절차시방서를 개발하여 용접제품 구현에 적용하고자 많은 노력을 기울이고 있으나 대부분의 중소형 기자재 제작 회사에서는 개발을 위해 인력과 자본을 투자할 여력이 부족하다. 또한, 대기업을 포함한 대부분의 회사들에서 용접절차시방서의 활용도는 매우 낮은 실정이다.

대부분이 용접사의 경험치에 의존하는 용접이 수행되고 있기에 각 회사에서 얼마만큼의 고기량 용접사들을 보유하고 있는가에 따라서 회사별로 용접품질이나 결함발생률이 달라진다고 해도 과언이 아니다. 이는 용접절차시방서가 공사수행뿐만 아니라 그 회사의 용접기술력을 나타내는데 얼마나 중요한 부분인지를 인식하지 못하고 있기 때문이라고 판단되며, 그렇기에 중소기업에서는 용접절차시방서를 갖추지 않고 공사를 수행하기 위해 암묵적인 경로로 발주사인 대형 조선소나 중공업의 용접절차시방서를 입수해서 사용하고 있는 실정이다. [1]

따라서 큰 시각에서 보면 조선, 해양산업에서 용접공정의 전사적인 설계와 품질등급 향상에 직결되며, 용접 제품을 제작하는 수많은 제작회사의 시각에서는 자체 용접기술력을 확보하고 실패비용을 줄이며, 국내뿐만 아니라 대외 경쟁력을 향상시키기 위해서도

자력으로 용접절차시방서를 개발하고 확보하는 노력이 중요하다고 볼 수 있다. 이를 돕기 위한 방법 중에 하나로 본 논문에서 연구하고 있는 용접절차시방서 작성 소프트웨어이다.



제 3장 용접절차시방서 작성 소프트웨어의 개발내용 및 주요기능

3.1 용접절차시방서 작성 소프트웨어의 데이터베이스 검증

용접절차시방서 작성 소프트웨어의 데이터베이스는 공인된 용접 전문가 직접 입회한 절차검증시험을 바탕으로 선급이나 제3자 검사기관 그리고 고객사에 공사 타입별, 고객사별로 검토되어 사용이 승인된 자료들을 바탕으로 한다. 해당 자료들은 저자를 포함한 다른 공인된 용접전문가의 재검토를 통해 데이터가 적용 규격별로 적합한지 2차 검토 후에 최종 소프트웨어의 데이터베이스로 활용하였다.

3.2 용접절차시방서 작성 소프트웨어의 데이터베이스의 사용절차

아래 Figure 3.1과 같은 절차로 용접절차시방서 작성 소프트웨어의 데이터베이스를 사용할 수 있도록 절차를 확립하였다.

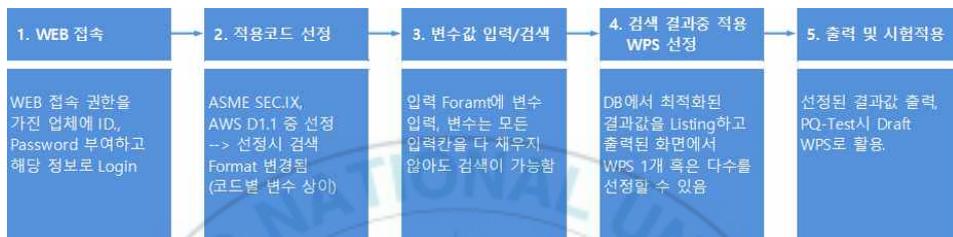


Figure 3.1 Utilization Procedure of Welding Procedure Specification Software

3.2.1 웹 화면 접속

사용자가 언제, 어디서나 용접절차시방서 작성 소프트웨어를 절차검증시험이나 용접 모니터링에 활용할 수 있도록 웹(Web)을 기반(그림 4)으로 활용할 수 있기에 스마트폰이나 노트북으로도 쉽게 접근할 수 있도록 제작하였으며, 내부 컨텐츠의 종류와 배치를 기업체들로부터 받은 피드백을 활용하여 사용자들의 효율적으로 사용할 수 있도록 선정 및 배치하였다.



Figure 3.2 Web page of WPS software

3.2.2 적용규격의 선정

공사별로 고객사에서 선정한 적용 규격이나 제품에 따라서 적용 규격이 정해진다. 본 용접절차시방서 작성 소프트웨어로 활용할 수 있는 적용 규격은 최근 몇 년간 조선, 해양공사에 적용된 빈도가 높은 용접구조물(조선, 해양산업에서 블록, 자켓, 플랫폼 등)에 적용하는 미국용접협회에서 발행한 강구조물 규격인 AWS D1.1과 압력을 받는 기자재인 보일러, 압력용기, 배관 등에 적용하는

미국기계학회의 보일러와 압력용기에 대한 규격인 ASME Section IX을 적용하였다.

소프트웨어 사용자(용접제품 제작회사의 담당자)가 제작하고자 하는 제품이 어떤 규격이 적용되는지 혹은 고객사 사양에 따라서 들 중에 한 가지를 선택할 수 있도록 설계하였다.

현재 용접절차시방서 작성 소프트웨어에서 사용할 수 있는 규격은 위에서 언급한 AWS D1.1과 ASME Section IX이나 그 외에도 각 나라별 국가 규격과 국제표준화기구 규격이나 선급률 등 다양한 적용 규격들이 용접절차시방서를 개발하는데 적용될 수 있다.

3.2.3 변수값 입력과 검색

각 중소 용접제품 제작회사에서 발주 받은 용접제품을 제작하기 위한 용접절차시방서를 개발하기 위해서 해당 용접에 적용될 용접변수 값들을 입력창에 입력하여 가장 유사한 데이터를 검색할 수 있다. 규격에 따른 데이터 항목과 하위 항목은 Figure 3.3에서 볼 수 있듯이 Microsoft Excel 2016으로 작성한 프로그램을 기반으로 JAVA 8.0.910으로 Figure 3.4와 같이 웹에 구현하였다.

변수값 입력 - ASME Section IX Format			
변수 항목 Variables List	입력값		입력 글자수
일반사항 General			
적용코드 Applicable Code			목록참조
용접 방법 Welding Process(es)	Single		목록참조
	Multiple	to	목록참조
형태 Type			목록참조
충격시험 적용여부 Impact Test			목록참조
이음설계 JOINT DESIGN (QW-402)			
402.1, 402.10 이음 형태 Type of Joint			목록참조
402.4 백킹유무 Backing			목록참조
402.4 백킹재질(형태) Backing Material (Type)			목록참조
402.11 Retainers			목록참조
모재 BASE METAL (QW-403)			
403.5, 403.11 재질 Material	P-No.	to	목록참조
	Gr-No.		각각 글자수 최대 영문+숫자 20자
403.5, 403.11 재질 사양 Spec. and Grade			글자수 최대 공백포함 영문 50자
적용 두께 범위 Qualified Thickness Range	아무것도 없어도 되는 칸(소제록)		
403.8, 403.10, 407.2, 407.4 모재 Base Metal	Butt	~	각각 글자수 최대 숫자 5자+단위 mm
	Fillet	~	각각 글자수 최대 숫자/영문 10자+단위 mm
211 파이프 직경 범위 Pipe Diameter Range			글자수 최대 숫자 20자, 영문 15자+단위 mm
403.9 패스당 최대 두께 제한 Max. Pass Thk Limit			글자수 최대 숫자 20자+단위 mm
용가재 FILLER METAL (QW-404)			
용접 방법 Welding Process(es)	Multiple		목록참조
404.4 용가재 그룹 F-Number	F-No.		목록참조
404.5 용착금속 사양 A-Number	A-NO.		목록참조
404.12 용가재 사양 Specification			각각 글자수 최대 영문+숫자 20자
404.12, 404.33 용가재 등급 Classification			각각 글자수 최대 영문+숫자 20자
404.23 첨가재 형상 Filler Product Form			각각 글자수 최대 영문 20자
404.24 추가 첨가재 Supplemental			각각 글자수 최대 영문 20자
404.27 합금원소 Alloy Element			각각 글자수 최대 영문 20자
404.3, 404.6, 404.7 용가재 크기 Size			각각 글자수 최대 영문+숫자 20자+단위 mm
404.9, 404.35 플럭스/와이어 사양 Flux/Wire Class			각각 글자수 최대 영문+숫자 20자
404.10 합금 플럭스 Alloy Flux (SAW Only)			각각 글자수 최대 영문+숫자 20자
404.29 플럭스 상표명 Flux trade Name			각각 글자수 최대 영문 or 한글 20자
404.30, 404.32 용착금속 Depo. Weld Metal	Groove		Max. 각각 글자수 최대 숫자/영문 10자+단위 mm
	Fillet		Max. 각각 글자수 최대 숫자/영문 10자+단위 mm
404.34 플럭스 타입 Flux Type			각각 글자수 최대 영문 20자
404.36 슬러그 재분쇄 플럭스 Recrushed Slag			목록참조
404.22 소모성 인서트 Consumable Insert			각각 글자수 최대 영문 20자
404.14, 404.50 기타 Others			각각 글자수 최대 영문/숫자 50자
자세 POSITION (QW-405)			
405.1, 405.2 그루브 자세 Position of Groove			글자수 최대 영문+숫자 20자
405.1, 405.2 필릿 자세 Position of Fillet			글자수 최대 영문+숫자 20자
405.3 진행 방향 Progression			목록참조
예열 PREHEAT (QW-406)			
406.1 최소 예열 온도 Min. Preheat Temp.			Min. 글자수 최대 영문+숫자 20자+단위 °C
406.3 최대 패스간 온도 Max. Interpass Temp.			Max. 글자수 최대 영문+숫자 20자+단위 °C
406.2 예열 유지 Preheat Maintain			글자수 최대 영문+숫자 40자
후열처리 POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)			
407.1 후열처리 온도 Postweld Heat Treat. Temp.			글자수 최대 숫자 20자+특수문자 2자 + 단위 °C
407.1 후열처리 시간 Holding Time			Min. 글자수 최대 숫자 20자+특수문자 2자+단위
기타 Others			글자수 최대 영문+숫자 50자

가 스 GAS(ES) (QW-408)			
408.2, 408.3, 408.10 가스 종류 Shielding Gas(es)	Single		목록참조
	Mixture	+	목록참조
	Percent	,	글자수 최대 숫자 10자+단위 %
	Flow Rate(Min.)	~	각각 글자수 최대 숫자 5자+단위 L
408.5, 408.9 가스 백킹 Gas Backing	Single		목록참조
	Mixture	+	목록참조
	Percent	,	글자수 최대 숫자 10자+단위 %
	Flow Rate(Min.)	~	각각 글자수 최대 숫자 5자+단위 L
408.1, 408.10 트레일링 가스 Trailing Gas	Single		목록참조
	Mixture	+	목록참조
	Percent	,	글자수 최대 숫자 10자+단위 %
	Flow Rate(Min.)	~	각각 글자수 최대 숫자 5자+단위 L
기타 Others			글자수 최대 영문+숫자 40자
전기특성 ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)			
409.4 전류 Current			목록참조
409.4 극성 Polarity			목록참조
409.1 입열량 Heat Input		~	각각 글자수 최대 숫자 7자+단위 KJ
409.8 전류범위 Current Range		~	각각 글자수 최대 숫자 5자+단위 A
409.8 전압범위 Voltage Range		~	각각 글자수 최대 숫자 5자+단위 V
409.1 용접속도 Travel Speed		~	각각 글자수 최대 숫자 5자+cm/min.
409.12 텅스텐 전극봉 형태 Tungsten Electrode Type			글자수 최대 영문 20자
409.12 텅스텐 전극봉 크기 Tungsten Electrode Size			φ, 글자수 최대 숫자/특수문자"φ", 콤마/영문 20
409.2 용융금속 이행 형태 Mode of metal transfer			목록참조
409.3 펄스전류 사용 Pulsing Current			글자수 최대 영문 20자
용접 기법 WELDING TECHNIQUE (QW-410)			
410.1 비드형태 Stringer or Weave Bead			목록참조
410.3 가스컵 크기 Orifice, Gas Cup or nozzle Tip		~	각각 글자수 최대 숫자 5자+단위 mm
410.5 초층 및 층간 청결방법 Initial or Interpass Cleaning			목록참조
410.8 콘택트 튜브와 용접물간의 거리 Contact Tube to Work Dist.		~	각각 글자수 최대 숫자 5자+단위 mm
410.11 밀실사용 Closed to Out chamber			글자수 최대 영문 40자
410.64 열공정의 사용 Use of Thermal Process			글자수 최대 영문 20자
410.6 가우징 방법 Method of Back Gouging			목록참조
410.9 사이드별 단층 혹은 다층용접 Single or Multiple Pass / per Side			글자수 최대 영문 40자
410.7 진동 Oscillation			글자수 최대 영문 20자
410.10 단극 혹은 다극 Single or Multiple Electrode			목록참조
410.15 Multiple electrode spacing			글자수 최대 숫자 5자+단위 mm
410.26 피이닝 Peening			글자수 최대 영문 20자
기타 Others			글자수 최대 영문+숫자 50자

Figure 3.3 Input Table of Welding Variables by Excel 2016

Figure 3.3은 좌측의 각 변수 항목에 대해서 최소값과 최대값을 얼마나 줄 수 있는지를 Excel로 작성하였고 최대 입력 문자와 숫자 및 특수문자의 수를 확정하였다.

상세검색

<input type="checkbox"/> 일반사항 General	
<input checked="" type="checkbox"/> 이음설계 JOINT DESIGN (QW-402)	
402.1, 402.10 이음 형태 Type of Joint	선택 ▾
402.4 백링유무 Backing	선택 ▾
402.4 백링재질(형태) Backing Material (Type)	선택 ▾
402.11 Retainers	선택 ▾
<input type="checkbox"/> 모재 BASE METAL (QW-403)	
<input type="checkbox"/> 용가재 FILLER METAL (QW-404)	
<input checked="" type="checkbox"/> 자세 POSITION (QW-405)	
405.1, 405.2 그루브 자세 Position of Groove	
405.1, 405.2 필렛 자세 Position of Fillet	
405.3 진행 방향 Progression	선택 ▾

검색 닫기

Figure 3.4 Input Page of Welding Variables by JAVA 8.0.910

Figure 3.4는 실제 사용자가 작성하고자 하는 용접절차시방서의 인정 범위를 입력하도록 각 변수와 입력칸으로 구성되어 있다.

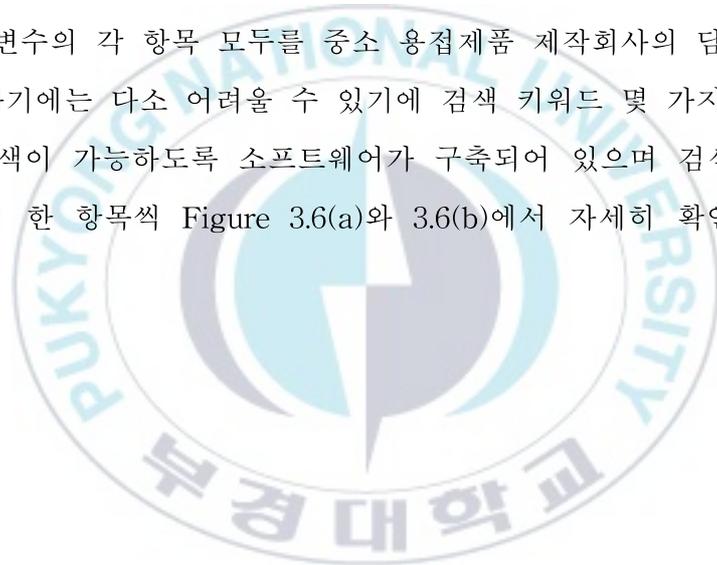
용접변수의 각 항목 모두를 중소 용접제품 제작회사의 담당자가 이해하기에는 다소 어려울 수 있기에 검색 키워드 몇 가지만으로도 검색이 가능하도록 소프트웨어가 구축되어 있으며 Figure 3.5와 같이 검색된 용접절차시방서의 목록에서 한 항목씩 자세히 확인할 수 있다.

NO	P-No./SPEC. and Grade	적용두께 범위	F-No.	Classification	등록일자
1	P-1 / A516-70 / G-2	3 ~ 50mm	F-6	E71T-1C	2016-04-15
2	P-1 / A36 / G-1	3 ~ 50mm	F-6	E71T-1C	2016-04-15

상세검색
등록

Figure 3.5 List of output WPS

용접변수의 각 항목 모두를 중소 용접제품 제작회사의 담당자가 이해하기에는 다소 어려울 수 있기에 검색 키워드 몇 가지만으로도 검색이 가능하도록 소프트웨어가 구축되어 있으며 검색된 목록에서 한 항목씩 Figure 3.6(a)와 3.6(b)에서 자세히 확인할 수 있다.



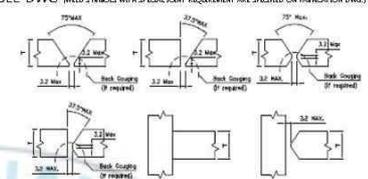
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)		Sheet No. 1 of 2																										
WPS 번호 _____ WPS No. _____ 개정 번호 _____ Revision No. _____ 관련 시험 번호 _____ Supporting PQR No. _____ 용접 방법 _____ Welding Process (ES) _____ FCAW	일자 _____ DATE _____ 일자 _____ DATE _____ 형태 _____ TYPE _____ Semi-Auto																											
이음설계 JOINT DESIGN (QW-402) 이음 형태 _____ Type of Joint _____ Butt and Fillet 백킹유무 _____ Backing YES _____ X _____ NO _____ 백킹재질(형태) _____ Backing Material (Type) _____ Base Metal, Weld Metal 리테이너 YES _____ NO _____ X _____ Retainers	이음 상세 JOINT DETAIL ● SEE DWG (WELD SYMBOLS WITH SPECIAL JOINT REQUIREMENT ARE SPECIFIED ON FABRICATION DWG.) 																											
모재 BASE METAL (QW-403) P-NO. _____ 1 _____ Gr.NO. _____ 1 _____ to P-NO. _____ 1 _____ Gr.NO. _____ 1 _____ or Spec. and Grade _____ A/SA-36 or Equivalent 적용 두께 범위 _____ Qualified Thickness Range _____ 모재 _____ Base Metal _____ Butt : 5-50mm, Fillet : Unlimited 용접금속 _____ Depo. Weld Metal _____ Butt : Max. 50mm, Fillet : Unlimited 파이프 직경 범위 _____ Pipe Diameter Range _____ Unlimited 패스당 최대 두께 제한 _____ Max. Pass TH'k Limit _____ 13mm	예열 PREHEAT (QW-406) 최소 예열 온도 _____ Min. Preheat Temp. _____ 10°C 최대 패스간 온도 _____ Max. Interpass Temp. _____ 230°C 예열 유지 _____ Preheat Maintain _____ Still in air after welding																											
용가재 FILLER METAL (QW-404) F-NO. _____ 6 _____ A-NO. _____ 1 _____ Specification _____ AWS A5.20 Classification _____ E71T-1C Others _____ N/A Filler Product Form _____ N/A Supplemental _____ N/A Alloy Element _____ N/A 용가재 크기 _____ Size _____ $\Phi 1.4$ 플럭스/와이어 사양 _____ Flux/Wire Class _____ N/A Alloy Flux (SAW Only) _____ N/A 플럭스 상표명 _____ Flux Trade Name _____ N/A 플럭스 종류 _____ Flux Type _____ Flux Cored Recrushed Slag YES _____ NO _____ X _____ 소모성 인서트 _____ Consumable Insert _____ None 기타 _____ Others _____ N/A	후열처리 POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407) 후열처리 온도 _____ Postweld Heat Treat. Temp. _____ None 후열처리 시간 _____ Holding Time _____ None 기타 _____ Other _____ None																											
가스 GAS(ES) (QW-408) <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Gas(es)</th> <th>Percent Composition (Mixture)</th> <th>Flow Rate (Min.)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>가스 종류</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Shielding Gas(es)</td> <td>CO₂</td> <td>Single</td> </tr> <tr> <td>가스 백킹</td> <td>None</td> <td>None</td> </tr> <tr> <td>Gas Backing</td> <td>None</td> <td>None</td> </tr> <tr> <td>트레이링 가스</td> <td>None</td> <td>None</td> </tr> <tr> <td>Trailing Gas</td> <td>None</td> <td>None</td> </tr> <tr> <td>기타</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Gas(es)	Percent Composition (Mixture)	Flow Rate (Min.)	가스 종류			Shielding Gas(es)	CO ₂	Single	가스 백킹	None	None	Gas Backing	None	None	트레이링 가스	None	None	Trailing Gas	None	None	기타			Other			전기특성 ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409) 전류 _____ Current _____ DC 극성 _____ Polarity _____ EP 텅스텐 전극봉 형태 _____ Tungsten Electrode Type _____ N/A 텅스텐 전극봉 크기 _____ Tungsten Electrode Size _____ N/A 용융금속 전이 형태 _____ Mode of metal transfer _____ Globular 펄스전류 사용 _____ Pulsing Current _____ N/A
Gas(es)	Percent Composition (Mixture)	Flow Rate (Min.)																										
가스 종류																												
Shielding Gas(es)	CO ₂	Single																										
가스 백킹	None	None																										
Gas Backing	None	None																										
트레이링 가스	None	None																										
Trailing Gas	None	None																										
기타																												
Other																												
자세 POSITION (QW-405) 그루브 자세 _____ Position of Groove _____ All 필렛 자세 _____ Position of Fillet _____ All 진행 방향 _____ Progression _____ Uphill X _____ Downhill _____																												

Figure 3.6(a) Detail of output WPS Page 1

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)															
WPS 번호 WPS No.					개정 번호 Revision No.										
용접 기 법 WELDING TECHNIQUE (QW-410) 비드형태 Stringer or Weave Bead Both 가스컵 크기 Orifice, Gas Cup or nozzle Tip 10~24mm					가우징 방법 Method of Back Gouging Arc Air Gouging or Grinding 단층 혹은 다층 Single or Multiple Pass / per Side Multiple pass 진동 Oscillation N/A 단극 혹은 다극 Single or Multiple Electrode Single Multiple electrode spacing N/A 피이닝 Peening None 기타 Other N/A										
초층 및 층간 청결방법 Initial or Interpass Cleaning Grinding and / or Brushing 콘택트 튜브와 용접물간의 거리 Contact Tube to Work Dist. 10~25mm 밀실사용 Closed to Out chamber N/A 열처리의 사용 Use of Thermal Process N/A															
ELECTRODE															
Layer No.	Welding Process	Filler Metal				Current		Voltage Range	Travel Speed (cm/min.)	Others					
		F-No.	A-No.	Class (AWS)	Dia. (mm)	Type Polar	Amperes Range								
Root	FCAW	6	1	E71T-1C	Φ1.4	DCEP	190 - 230	16 - 19	19 - 30						
Fill	FCAW	6	1	E71T-1C	Φ1.4	DCEP	235 - 290	28 - 32	19 - 30						
Cap	FCAW	6	1	E71T-1C	Φ1.4	DCEP	210 - 260	22 - 26	19 - 30						
특기사항 SPECIAL INSTRUCTIONS															
1. This "WPS" shall not be used when "PWHT" or impact test is required. 2. APPLICABLE MATERIALS ARE P. NO. 1 GROUP NO. 1&2 OF QW422 IN SECTION IX. *3. MIN. PREHEATING TEMP. <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 30%;">MATERIAL (재질)</td> <td style="width: 40%;">C > 0.30% or T > 1" (25.4mm)</td> <td style="width: 30%;">All Other Material</td> </tr> <tr> <td>TEMP. (온도)</td> <td>80 °C</td> <td>10 °C</td> </tr> </table>										MATERIAL (재질)	C > 0.30% or T > 1" (25.4mm)	All Other Material	TEMP. (온도)	80 °C	10 °C
MATERIAL (재질)	C > 0.30% or T > 1" (25.4mm)	All Other Material													
TEMP. (온도)	80 °C	10 °C													
Prepared by		Reviewed by			Approved by		Reviewed by AI								
A4(210X297)mm															

Figure 3.6(b) Detail of output WPS Page 2

3.2.4 절차검증시험 및 용접절차서 작성 지원

본 소프트웨어는 비숙련된 직원도 소프트웨어를 사용하여 쉽게 절차와 내용을 이해할 수 있도록 규격에 규정된 정보 설명과 도움말을 용접변수 항목별로 제공하고 있기에 사용자의 업무효율 극대화를 지향하도록 제작하였다.

예를 들어 용접변수 중 절차검증시험에 사용된 재료의 두께에 따라서 적용규격에서 명시하고 있는 두께에 대한 인정범위에 대한 설명을 아래 Figure 3.7, 3.8에서 실제 소프트웨어의 화면과 그림 9에 규격에 명시된 내용과 같이 제시한다.

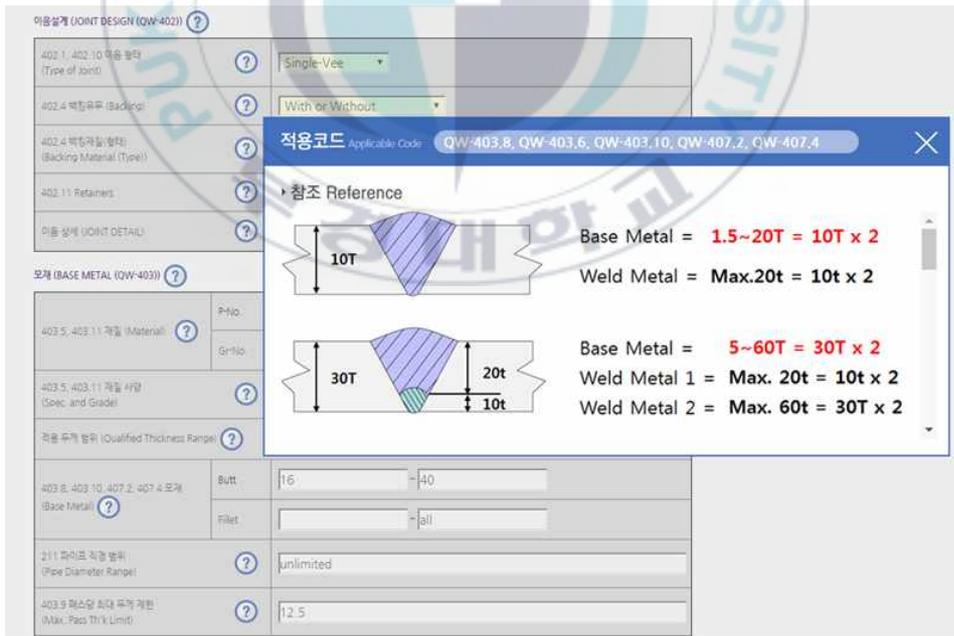


Figure 3.7 Help page of Qualified thickness range

모재 BASE METAL (QW-403)	
P-NO. _____ 1 _____	Gr.NO. _____ 1 _____
to P-NO. _____ 1 _____	Gr.NO. _____ 1 _____
or Spec. and Grade _____	A/SA-36 or Equivalent _____
적용 두께 범위 Qualified Thickness Range 모재	
Base Metal _____	Butt : 5~50mm, Fillet : Unlimited _____
용착금속 Depo. Weld Metal _____ Butt : Max. 50mm, Fillet : Unlimited _____	
파이프 직경 범위 Pipe Diameter Range _____ Unlimited _____	
패스당 최대 두께 제한 Max. Pass Th'k Limit _____ 13mm _____	

변수 항목에 대한 적용 코드 및 적용에 대한 명시 (팝업이나 설명 주석 화면 출력)

QW-403.8 및 QW-451.1에 따라서 용접쿠폰 두께가 T일 때 WPS의 적용범위는 5~2T임
→ 25mm의 용접 쿠폰 사용 = 5 ~ 50mm

사용자는 실제 제품 Drawing에서 용접부의 두께가 WPS의 두께 범위 내에 속하는지 코드 확인 가능

QW-403 Base Metals	.5	φ Group Number		X	
	.6	T Limits		X	
	.8	T Qualified	X		
	1.1	φ P-No. qualified	X		

QW-451 PROCEDURE QUALIFICATION THICKNESS LIMITS AND TEST SPECIMENS

Table QW-451.1 Groove-Weld Tension Tests and Transverse-Bend Tests						
Thickness T of Test Coupons, Welded, in. (mm)	Range of Thickness T of Base Metal, Qualified, in. (mm)		Maximum Thickness T of Deposited Weld Metal, Qualified, in. (mm) [Note (1)] and [Note (2)]	Type and Number of Tests Required (Tension and Guided-Bend Tests) [Note (3)]		
	Min.	Max.		Tension, QW-150	Bend, QW-160	Bend, QW-160
Less than 1/8 (1.5)	T	2T	2t	2	-	2
1/8 to 1/4 (1.5 to 3.0)	1/2 T	2T	2t	2	[Note (5)]	2
Over 1/4 (3.0), but less than 1/2 (19)	1/2 T	2T	2t	2	[Note (5)]	2
1/2 (19) to less than 1 1/2 (38)	1/2 T	2T	2t where t ≥ 1/4 (19)	2 [Note (4)]	4	-
1/2 (19) to less than 1 1/2 (38)	1/2 T	2T	2t where t ≥ 1/4 (19)	2 [Note (4)]	4	-
1 1/2 (38) to 6 (150), incl.	1/2 T	2T	2t where t ≥ 1/4 (19)	2 [Note (4)]	4	-
1 1/2 (38) to 6 (150), incl.	1/2 T	2T	2t where t ≥ 1/4 (19)	2 [Note (4)]	4	-
Over 6 (150) [Note (6)]	1/2 T	1.33T	2t where t ≥ 1/4 (19)	2 [Note (4)]	4	-
Over 6 (150) [Note (6)]	1/2 T	1.33T	1.33T where t ≥ 1/4 (19)	2 [Note (4)]	4	-

QW-403.8 A change in base metal thickness beyond the range qualified in QW-451, except as otherwise permitted by QW-202.4(b).

Figure 3.8 Explanation of Qualified thickness range

제 4장 용접절차시방서 작성 소프트웨어의 개발결과 및 적용

4.1 예비 용접절차시방서로 활용

앞서 설명했듯이 용접절차서를 개발하기 위해서는 AWS D1.1의 기승인 용접절차시방서나 ASME Section IX의 Standard WPS를 제외하고는 절차검증시험을 반드시 수행해야하며 성공적인 절차검증시험을 위해서 예비 용접절차시방서의 정확한 작성이 중요하다. 대부분의 중소 용접제품 제작회사에서는 예비용접절차시방서를 작성하기 위한 데이터의 확보도 어려우며, 데이터를 보유하고 있더라도 작성할 용접담당자가 없기에 예비 용접절차시방서를 작성하기에도 어려움이 있다. 따라서 용접절차시방서 작성 소프트웨어를 활용하여 적용하고자 하는 용접 접합부에 최적화된 용접절차시방서를 Figure 4.1(a), 4.1(b)와 같이 검색하여 해당 데이터를 바탕으로 절차검증시험을 진행할 수 있다. 결국 소프트웨어에 탑재된 검증된 데이터를 활용하여 절차검증시험에 활용하여 시험의 실패 확률을 최소화 하여 시험 실패로 인해 추가로 소요되는 비용인 자재비, 가공비, 용접 인건비, 선급 입회비, 시험/검사비 등을 절감하고 소요 업무시간을 단축시킬 수 있다.

KOMERI 한국조선해양기소재연구원 **AWS D1.1 Welding Procedure Specification (WPS)**

일반사항 (General)

WPS 번호 (WPS No.)	HD-WPS-Y006	일자 (DATE)	Aug. 04. 2016
개정번호 (Revision No.)	0	일자 (DATE)	Aug. 04. 2016
관련 PQR 번호 (Supporting PQR)	HD-PQ-Y006	적용코드 (Applicable Code)	AWS D1.1
용접 방법 (Welding Process(ES))	GTAW to FCAW	형태 (Type)	Manual, Semi-Auto

모재 (BASE MATERIAL)

자재 사양 (Material Specification)	Group IIItoGroup II
자재 등급 (Type of Grade)	ASTM A106C
적용 두께범위 (Qualified Thickness)	Groove : 3 ~ unlimited mm Fillet : ~ all mm
파이프 직경 (Pipe Diameter)	Unlimited mm

차폐 SHIELDING

용접 방법 (Welding Process(ES))	GTAW	FCAW
플럭스 사양 (Flux Class.)		
보호가스 (Shielding Gas(es))	CO2	
보호가스 조성 (Composition)	99.8%	
가스 유량 (Flow Rate)	18~25 L/min	

이음형상 (JOINT DESIGN USED)

형상 (Type)	Double-bevel
루트 오픈닝 (Root Opening)	
루트 페이스 (Root Face)	
그루브 각도 (Groove Angle)	
반경값(R, U 개선) (Radius(R-U))	
백킹재료 (Backing Material)	None
백가우징 (Gouging)	No
리테이너 (Retainer)	None
루트부 처리 (Root Treatment)	Wire Brush or Power Tool

자세 (POSITION)

그루브자세 (Position of Groove)	All
필렛 자세 (Position of Fillet)	All
진행방향 (Progression)	Uphill

용가재 (FILLER MATERIAL)

용가재 사양 (Specification)	AWS A5.18
용가재 등급 (Classification)	ER70S-G / E71T-1C
용가재 사이즈 (Size)	Φ2.4, 1.4
용가재 그룹 F-Number(SMAW)	
용가재 상표명 (Trade Name)	ER70S, SF-71

예열 (PREHEAT)

최소 예열 온도 (Min. Preheat Temp.)	Min. 10°C
최대 패스간 온도 (Max. Interpass Temp.)	Max. 230°C

후열처리 (POSTWELD HEAT TREATMENT)

후열처리 온도 (Postweld Heat Treat. Temp.)	
후열처리 시간 (Holding Time)	

전기특성 (ELECTRICAL CHARACTERISTICS)

전류, 극성 (Current, Polarity)	DCEN +DCEP
이행모드 (Transfer Mode)	Globular

용접기법 (Technique)

비드형상 (Stringer or Weave)	Both
오실레이션 (Mechanized, Automatic) (Oscillation)	
전극봉 수 (Number of Electrode)	Single
전극봉간 거리 (Electrode Spacing)	
콘택트팁-모재간 거리 (Contact Tip Working Distance)	15~25 mm
단층, 다층용접 (Multi or Single Pass)	Multiple
피닝 (Peening)	None
층간 청결방법 (Interpass cleaning)	Wire Brush or Grinding

Figure 4.1(a) Output Data by WPS Software Page 1

WPS 번호 (WPS No.)	HD-WPS-Y005	개정번호 (Revision No.)	0
------------------	-------------	---------------------	---

전기특성 (ELECTRICAL CHARACTERISTICS)

Pass or Weld Layer	Welding Process	Filler Metal		Welding Current Range	Welding Voltage Range	Travel Speed (mm/min.)	Joint Detail
		class.	Dia.				
Cap				190-205	22~27	80~90	<p>Diagram illustrating the joint detail for a pipe connection. The diagram shows a spanner member and a main member. The joint detail is labeled with 'AREA FOR DETAIL A OR B' and 'AREA FOR DETAIL C OR D'. The spanner member is labeled 'SPANNER MEMBER' and the main member is labeled 'MAIN MEMBER'.</p>
Fill				193~235	22~26	98~113	
Root				140-170	11~18	120-135	
Prepared by	Reviewed by	Approved by	Reviewed by	Note			

Figure 4.1(b) Output Data by WPS Software Page 2

4.2 직원들의 역량강화 요소

용접절차시방서 작성 소프트웨어에 구축된 도움말 콘텐츠와 웹 상에서 작성 할 수 있는 질의응답을 통해서 본 소프트웨어를 운용할 용접, 설계, 품질 담당자들의 역량을 강화하는 실무교육과 능력향상에 기여할 수 있다.

4.3 데이터베이스의 축적을 통한 빅데이터화

본 소프트웨어의 활용으로 개발된 검증된 건전한 용접절차시방서는 신규 데이터로 활용되어 지속적으로 신규 데이터가 축적되고 보완되면 빅데이터화를 통해 특정분야에서 공통된 분야까지 용접기술의 표준화에 활용할 수 있다.

4.4 중소기업용 용접제품 제작회사의 자체 용접기술력 확보

내수 공사가 거의 전무한 현 시장상황에서 조선, 해양산업을 특히 해외 발주사에서 수주하는 경우가 대부분이며 이런 해외 발주사들이 점차 조선소와 중공업뿐만 아니라 하위 기자재나 용접제품 제작회사에도 용접공정에 대한 기술력을 검증받기를 요구하고 있다. 이러한 상황에서 자생력을 높이기 대내외 경쟁력을 강화하는 요소로 자체 용접시스템을 구축하고 자체 용접기술력을 보여 줄 수 있도록 본 과제에서 개발중인 용접절차시방서 작성 소프트웨어가 큰 역할을 할 것으로 기대되며, 나아가 고객 신뢰를 통한 전체 조선, 해양기자재의 국산화에도 이바지할 것으로 기대된다.

제 5장 결 론

본 연구는 조선, 해양산업에 종사하는 중소기업자재 용접제품 제작 회사의 용접기술력 확보와 업무효율을 돕고자 개발한 소프트웨어이다. 소프트웨어 개발에 필요한 데이터베이스는 저자가 직접 수행한 절차검증시험의 자료와 선급이나 제 3자 검사기관의 승인을 받은 자료를 저자를 포함한 공인된 용접전문가들의 검토를 통해 신뢰도를 확보하였다. 적용규격에 대한 선정은 저자의 경험과 최근 몇 년간 진행 중인 조선, 해양공사들을 바탕으로 사용 빈도가 월등한 미국용접협회에서 발행한 강구조물에 적용하는 AWS D1.1과 압력을 받는 기자재인 보일러, 압력용기, 배관 등에 적용하는 ASME Section IX으로 선정하였다.

소프트웨어는 Microsoft Excel로 개발한 변수값 입력 프로그램을 바탕으로 사용자들의 접근성이 용이한 웹 기반 소프트웨어를 JAVA 8.0.910로 웹상에 구현하였다.

또한, 사용자의 규격 해석과 적용에 대한 이해도를 높여서 소프트웨어의 활용도를 높이기 위해 각 변수 항목별 도움말을 삽입하여 변수의 의미와 적용을 예시를 통해 확인할 수 있도록 개발하였다.

본 연구를 통해 용접절차시방서 개발 소프트웨어의 사용자는 회사에 필요한 데이터를 검색하여 예비용접절차시방서로 활용할 수 있으며, 다양한 도움말 콘텐츠와 웹상 게시판 활용으로 직원들의

역량강화와 실무교육에 활용할 수 있다. 지속적인 사용자의 확보와 소프트웨어의 활용도가 증가하게 되면 데이터 축적을 통한 용접절차서의 빅데이터를 이룰 수 있을 것으로 기대되며, 이를 활용하여 용접기술의 표준화에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

또한, 중소기업용 용접제품 제작회사의 자체 용접기술력을 확보할 수 있도록 도움으로써 자체 경쟁력 확보와 나아가 고객의 신뢰도 확보를 통한 조선, 해양산업의 기자재 국산화에 이바지할 것으로 기대 된다.

본 연구에서는 두 가지의 제한된 규격을 사용하여 용접절차시방서를 작성하는 소프트웨어 개발을 완료하였으며, 범용적으로 조선, 해양산업에 적용하기 위해서는 아래와 같은 사항들이 보완되어야 할 과제라고 판단된다.

첫째, 신뢰도 높은 데이터의 확보

조선, 해양산업에 소요되는 용접관련 특수 재질이나 공정 요구사항이 까다롭기에 실패사례 발생 시 파급효과도 상당하다. 따라서 실패사례가 발생치 않도록 신뢰성 있는 데이터의 확보가 중요하며 이를 검증할 시스템을 강화할 필요가 있다.

둘째, 고기량 용접사의 확보를 위한 용접사의 역량강화 방안

조선, 해양산업 중 특히 해양플랜트 산업에서 많이 사용하는 특수한 재질이나 공정일지라도 용접절차시방서 작성 소프트웨어를 활용하여 신뢰도 높은 데이터를 출력할 수 있다. 그러나 해당 조

건을 만족하여 절차검증시험을 수행 할 높은 기량을 보유한 용접사가 부족한 현실이기에 용접사 육성과 관리가 시급할 수 있는 제도적 장치와 시스템 구축이 시급하다. 아울러 대부분의 용접사들이 용접절차시방서를 읽고 해독할 능력을 보유하고 있지 않기에 이론적인 부분을 필수적으로 거치도록 현 기량검증 시스템의 보완도 시급한 실정이다.

셋째, 용접절차시방서 작성 소프트웨어의 추가기능 개발검토

현재 개발 중인 용접절차시방서 작성 소프트웨어의 기능을 조선, 해양산업 분야에서 효과적으로 활용하기 위해 현재 적용된 규격인 AWS D1.1과 ASME Section IX 외에 국제표준화기구 규격이나 각 나라 선급률 등 다양한 규격을 적용하고 데이터베이스를 확대할 필요가 있으며, 기존 데이터베이스를 거치지 않고 사용자가 직접 작성해서 코드 위배 여부를 확인 할 수 있는 기능을 도입하는 등 소프트웨어의 자유도를 높여서 용접기술 연구개발에도 활용할 수 있도록 보완이 필요하다.

부 록

I. Recommendation Form of WPS from ASME Section IX ^[5]

FORM QW-482 SUGGESTED FORMAT FOR WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) (See QW-200.1, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)										
Organization Name _____ By _____ Welding Procedure Specification No. _____ Date _____ Supporting PQR No.(s) _____ Revision No. _____ Date _____										
Welding Process(es) _____ Type(s) _____ <small>(Automatic, Manual, Machine, or Semi-Automatic)</small>										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%; padding: 5px;"> JOINTS (QW-402) Joint Design _____ Root Spacing _____ Backing: Yes _____ No _____ Backing Material (Type) _____ <small>(Refer to both backing and retainers)</small> <input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Nonfusing Metal <input type="checkbox"/> Nonmetallic <input type="checkbox"/> Other Sketches, Production Drawings, Weld Symbols, or Written Description should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the details of weld groove may be specified. Sketches may be attached to illustrate joint design, weld layers, and bead sequence (e.g., for notch toughness procedures, for multiple process procedures, etc.) </td> <td style="width: 20%; text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;"> Details </td> </tr> </table>			JOINTS (QW-402) Joint Design _____ Root Spacing _____ Backing: Yes _____ No _____ Backing Material (Type) _____ <small>(Refer to both backing and retainers)</small> <input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Nonfusing Metal <input type="checkbox"/> Nonmetallic <input type="checkbox"/> Other Sketches, Production Drawings, Weld Symbols, or Written Description should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the details of weld groove may be specified. Sketches may be attached to illustrate joint design, weld layers, and bead sequence (e.g., for notch toughness procedures, for multiple process procedures, etc.)	Details						
JOINTS (QW-402) Joint Design _____ Root Spacing _____ Backing: Yes _____ No _____ Backing Material (Type) _____ <small>(Refer to both backing and retainers)</small> <input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Nonfusing Metal <input type="checkbox"/> Nonmetallic <input type="checkbox"/> Other Sketches, Production Drawings, Weld Symbols, or Written Description should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the details of weld groove may be specified. Sketches may be attached to illustrate joint design, weld layers, and bead sequence (e.g., for notch toughness procedures, for multiple process procedures, etc.)	Details									
*BASE METALS (QW-403) P-No. _____ Group No. _____ to P-No. _____ Group No. _____ OR Specification and type/grade or UNS Number _____ to Specification and type/grade or UNS Number _____ OR Chem. Analysis and Mech. Prop. _____ to Chem. Analysis and Mech. Prop. _____ Thickness Range: Base Metal: Groove _____ Fillet _____ Maximum Pass Thickness $\leq 1/2$ in. (13 mm) (Yes) _____ (No) _____ Other _____										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">*FILLER METALS (QW-404)</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td style="width: 40%; padding: 5px;"> Spec. No. (SFA) _____ AWS No. (Class) _____ F-No. _____ A-No. _____ Size of Filler Metals _____ Filler Metal Product Form _____ Supplemental Filler Metal _____ Weld Metal Deposited Thickness: Groove _____ Fillet _____ Electrode-Flux (Class) _____ Flux Type _____ Flux Trade Name _____ Consumable Insert _____ Other _____ </td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> </table>			*FILLER METALS (QW-404)		1	2	Spec. No. (SFA) _____ AWS No. (Class) _____ F-No. _____ A-No. _____ Size of Filler Metals _____ Filler Metal Product Form _____ Supplemental Filler Metal _____ Weld Metal Deposited Thickness: Groove _____ Fillet _____ Electrode-Flux (Class) _____ Flux Type _____ Flux Trade Name _____ Consumable Insert _____ Other _____			
*FILLER METALS (QW-404)		1	2							
Spec. No. (SFA) _____ AWS No. (Class) _____ F-No. _____ A-No. _____ Size of Filler Metals _____ Filler Metal Product Form _____ Supplemental Filler Metal _____ Weld Metal Deposited Thickness: Groove _____ Fillet _____ Electrode-Flux (Class) _____ Flux Type _____ Flux Trade Name _____ Consumable Insert _____ Other _____										
*Each base metal-filler metal combination should be specified individually.										
<small>(07/15)</small>										

FORM QW-482 (Back)

WPS No. _____ Rev. _____

<p>POSITIONS (QW-405) Position(s) of Groove _____ Welding Progression: Up _____ Down _____ Position(s) of Fillet _____ Other _____</p>	<p>POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407) Temperature Range _____ Time Range _____ Other _____</p>																						
<p>PREHEAT (QW-406) Preheat Temperature, Minimum _____ Interpass Temperature, Maximum _____ Preheat Maintenance _____ Other _____ (Continuous or special heating, where applicable, should be specified)</p>	<p>GAS (QW-408)</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Percent Composition</th> <th rowspan="2">Flow Rate</th> </tr> <tr> <th>Gas(es)</th> <th>(Mixture)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Shielding</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Trailing</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Backing</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> </tbody> </table>		Percent Composition		Flow Rate	Gas(es)	(Mixture)	Shielding	_____	_____	_____	Trailing	_____	_____	_____	Backing	_____	_____	_____	Other	_____	_____	_____
	Percent Composition		Flow Rate																				
	Gas(es)	(Mixture)																					
Shielding	_____	_____	_____																				
Trailing	_____	_____	_____																				
Backing	_____	_____	_____																				
Other	_____	_____	_____																				

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)

Weld Pass(es)	Process	Filler Metal		Current Type and Polarity	Amps (Range)	Wire Feed Speed (Range)	Energy or Power (Range)	Volts (Range)	Travel Speed (Range)	Other (e.g., Remarks, Comments, Hot Wire Addition, Technique, Torch Angle, etc.)
		Classification	Diameter							

Amps and volts, or power or energy range, should be specified for each electrode size, position, and thickness, etc.

Pulsing Current _____ Heat Input (max.) _____

Tungsten Electrode Size and Type _____
(Pure Tungsten, 2% Thoriated, etc.)

Mode of Metal Transfer for GMAW (FCAW) _____
(Spray Arc, Short Circuiting Arc, etc.)

Other _____

TECHNIQUE (QW-410)

String or Weave Bead _____

Orifice, Nozzle, or Gas Cup Size _____

Initial and Interpass Cleaning (Brushing, Grinding, etc.) _____

Method of Back Gouging _____

Oscillation _____

Contact Tube to Work Distance _____

Multiple or Single Pass (Per Side) _____

Multiple or Single Electrodes _____

Electrode Spacing _____

Peening _____

Other _____

(07/15)

II. Recommendation Form of WPS from AWS D1.1^[6]

**Blank Sample WPS Form (GTAW & SMAW)
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)**

Company Name _____ WPS No. _____ Rev. No. _____ Date _____

Authorized by _____ Date _____ Supporting PQR(s) _____ CVN Report _____

BASE METALS	Specification	Type or Grade	AWS Group No.
Base Material			
Welded To			
Backing Material			
Other			

BASE METAL THICKNESS	As-Welded	With PWHT
CJP Groove Welds		
CJP Groove w/CVN		
PJP Groove Welds		
Fillet Welds		
DIAMETER		

JOINT DETAILS	
Groove Type	
Groove Angle	
Root Opening	
Root Face	
Backgouging	
Method	

JOINT DETAILS (Sketch)

POSTWELD HEAT TREATMENT	
Temperature	
Time at Temperature	
Other	

PROCEDURE									
Weld Layer(s)									
Weld Pass(es)									
Process									
Type (Manual, Mechanized, etc.)									
Position									
Vertical Progression									
Filler Metal (AWS Spec.)									
AWS Classification									
Diameter									
Manufacturer/Trade Name									
Shielding Gas Compos. (GTAW)									
Flow Rate (GTAW)									
Nozzle Size (GTAW)									
Preheat Temperature									
Interpass Temperature									
Electrical Characteristics									
Electrode Diameter (GTAW)									
Current Type & Polarity									
Amps									
Volts									
Cold or Hot Wire Feed (GTAW)									
Travel Speed									
Maximum Heat Input									
Technique									
Stringer or Weave									
Multi or Single Pass (per side)									
Oscillation (GTAW Mech/Auto.)									
Traverse Length									
Traverse Speed									
Dwell Time									
Peening									
Interpass Cleaning									
Other									

Form M-2

(See <http://go.aws.org/D1forms>)

**Blank Sample WPS Form (GMAW & FCAW)
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)**

Company Name _____ WPS No. _____ Rev. No. _____ Date _____
 Authorized by _____ Date _____ Supporting PQR(s) _____ CVN Report _____

BASE METALS	Specification	Type or Grade	AWS Group No.
Base Material			
Welded To			
Backing Material			
Other			

BASE METAL THICKNESS	As-Welded	With PWHT
CJP Groove Welds		
CJP Groove w/CVN		
PJP Groove Welds		
Fillet Welds		
DIAMETER		

JOINT DETAILS	
Groove Type	
Groove Angle	
Root Opening	
Root Face	
Backgouging	
Method	

JOINT DETAILS (Sketch)

POSTWELD HEAT TREATMENT	
Temperature	
Time at Temperature	
Other	

PROCEDURE								
Weld Layer(s)								
Weld Pass(es)								
Process								
Type (Semiautomatic, Mechanized, etc.)								
Position								
Vertical Progression								
Filler Metal (AWS Spec.)								
AWS Classification								
Diameter								
Manufacturer/Trade Name								
Shielding Gas (Composition)								
Flow Rate								
Nozzle Size								
Preheat Temperature								
Interpass Temperature								
Electrical Characteristics	—	—	—	—	—	—	—	—
Current Type & Polarity								
Transfer Mode								
Power Source Type (cc, cv, etc.)								
Amps								
Volts								
Wire Feed Speed								
Travel Speed								
Maximum Heat Input								
Technique	—	—	—	—	—	—	—	—
Stringer or Weave								
Multi or Single Pass (per side)								
Oscillation (Mechanized/Automatic)								
Traverse Length								
Traverse Speed								
Dwell Time								
Number of Electrodes								
Contact Tube to Work Distance								
Peening								
Interpass Cleaning								
Other								

Form M-2

(See <http://go.aws.org/D1forms>)

**Blank Sample PQR Form (GTAW & SMAW – page 1)
PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)**

Company Name _____ PQR No. _____ Rev. No. _____ Date _____

BASE METALS	Specification	Type or Grade	AWS Group No.	Thickness	Size (NPS)	Schedule	Diameter
Base Material							
Welded To							
Backing Material							
Other							

JOINT DETAILS	
Groove Type	
Groove Angle	
Root Opening	
Root Face	
Backgouging	
Method	

JOINT DETAILS (Sketch)

POSTWELD HEAT TREATMENT	
Temperature	
Time at Temperature	
Other	

PROCEDURE								
Weld Layer(s)								
Weld Pass(es)								
Process								
Type (Manual, Mechanized, etc.)								
Position								
Vertical Progression								
Filler Metal (AWS Spec.)								
AWS Classification								
Diameter								
Manufacturer/Trade Name								
Shielding Gas Compos. (GTAW)								
Flow Rate (GTAW)								
Nozzle Size (GTAW)								
Preheat Temperature								
Interpass Temperature								
Electrical Characteristics	—	—	—	—	—	—	—	—
Electrode Diameter (GTAW)								
Current Type & Polarity								
Amps								
Volts								
Cold or Hot Wire Feed (GTAW)								
Travel Speed								
Maximum Heat Input								
Technique	—	—	—	—	—	—	—	—
Stringer or Weave								
Multi or Single Pass (per side)								
Oscillation (GTAW Mech./Auto.)								
Traverse Length								
Traverse Speed								
Dwell Time								
Peening								
Interpass Cleaning								
Other								

Form M-1 (Front)

(See <http://go.aws.org/D1forms>)

III. Recommendation Form of PQR from ASME Section IX ^[5]

FORM QW-483 SUGGESTED FORMAT FOR PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR)
(See QW-200.2, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)
Record Actual Variables Used to Weld Test Coupon

Organization Name _____
 Procedure Qualification Record No. _____ Date _____
 WPS No. _____
 Welding Process(es) _____
 Types (Manual, Automatic, Semi-Automatic) _____

JOINTS (QW-402)

Groove Design of Test Coupon
 (For combination qualifications, the deposited weld metal thickness shall be recorded for each filler metal and process used.)

<p>BASE METALS (QW-403)</p> Material Spec. _____ Type/Grade, or UNS Number _____ P-No. _____ Group No. _____ to P-No. _____ Group No. _____ Thickness of Test Coupon _____ Diameter of Test Coupon _____ Maximum Pass Thickness _____ Other _____ _____ _____	<p>POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)</p> Temperature _____ Time _____ Other _____ _____ _____																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">FILLER METALS (QW-404)</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td>SFA Specification _____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>AWS Classification _____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Filler Metal F-No. _____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Weld Metal Analysis A-No. _____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Size of Filler Metal _____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Filler Metal Product Form _____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Supplemental Filler Metal _____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Electrode Flux Classification _____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Flux Type _____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Flux Trade Name _____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Weld Metal Thickness _____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Other _____</td> <td>_____</td> </tr> </table>	FILLER METALS (QW-404)		1	2	SFA Specification _____	_____	AWS Classification _____	_____	Filler Metal F-No. _____	_____	Weld Metal Analysis A-No. _____	_____	Size of Filler Metal _____	_____	Filler Metal Product Form _____	_____	Supplemental Filler Metal _____	_____	Electrode Flux Classification _____	_____	Flux Type _____	_____	Flux Trade Name _____	_____	Weld Metal Thickness _____	_____	Other _____	_____	<p>GAS (QW-408)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Percent Composition</th> <th rowspan="2">Flow Rate</th> </tr> <tr> <th>Gas(es)</th> <th>(Mixture)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Shielding _____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Trailing _____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Backing _____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Other _____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> </tbody> </table>		Percent Composition		Flow Rate	Gas(es)	(Mixture)	Shielding _____	_____	_____	_____	Trailing _____	_____	_____	_____	Backing _____	_____	_____	_____	Other _____	_____	_____	_____
FILLER METALS (QW-404)																																																			
1	2																																																		
SFA Specification _____	_____																																																		
AWS Classification _____	_____																																																		
Filler Metal F-No. _____	_____																																																		
Weld Metal Analysis A-No. _____	_____																																																		
Size of Filler Metal _____	_____																																																		
Filler Metal Product Form _____	_____																																																		
Supplemental Filler Metal _____	_____																																																		
Electrode Flux Classification _____	_____																																																		
Flux Type _____	_____																																																		
Flux Trade Name _____	_____																																																		
Weld Metal Thickness _____	_____																																																		
Other _____	_____																																																		
	Percent Composition		Flow Rate																																																
	Gas(es)	(Mixture)																																																	
Shielding _____	_____	_____	_____																																																
Trailing _____	_____	_____	_____																																																
Backing _____	_____	_____	_____																																																
Other _____	_____	_____	_____																																																
<p>POSITION (QW-405)</p> Position(s) _____ Weld Progression (Uphill, Downhill) _____ Other _____ _____ _____	<p>ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)</p> Current _____ Polarity _____ Amps. _____ Volts _____ Tungsten Electrode Size _____ Mode of Metal Transfer for GMAW (FCAW) _____ Heat Input _____ Other _____ _____ _____																																																		
<p>PREHEAT (QW-406)</p> Preheat Temperature _____ Interpass Temperature _____ Other _____ _____ _____	<p>TECHNIQUE (QW-410)</p> Travel Speed _____ String or Weave Bead _____ Oscillation _____ Multipass or Single Pass (Per Side) _____ Single or Multiple Electrodes _____ Other _____ _____ _____																																																		

(07/15)

FORM QW-483 (Back)

Tensile Test (QW-150)

PQR No. _____

Specimen No.	Width	Thickness	Area	Ultimate Total Load	Ultimate Unit Stress, (psi or MPa)	Type of Failure and Location

Guided-Bend Tests (QW-160)

Type and Figure No.	Result

Toughness Tests (QW-170)

Specimen No.	Notch Location	Specimen Size	Test Temperature	Impact Values			Drop Weight Break (Y/N)
				ft-lb or J	% Shear	Mils (in.) or mm	

Comments _____

Fillet-Weld Test (QW-180)

Result — Satisfactory: Yes _____ No _____ Penetration into Parent Metal: Yes _____ No _____

Macro — Results _____

Other Tests

Type of Test _____

Deposit Analysis _____

Other _____

Welder's Name _____ Clock No. _____ Stamp No. _____

Tests Conducted by _____ Laboratory Test No. _____

We certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code.

Organization _____

Date _____ Certified by _____

(Detail of record of tests are illustrative only and may be modified to conform to the type and number of tests required by the Code.)

IV. Recommendation Form of PQR from AWS D1.1^[6]

**Blank Sample PQR Form (GMAW & FCAW – page 1)
PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)**

Company Name _____ PQR No. _____ Rev. No. _____ Date _____

BASE METALS	Specification	Type or Grade	AWS Group No.	Thickness	Size (NPS)	Schedule	Diameter
Base Material							
Welded To							
Backing Material							
Other							

JOINT DETAILS	
Groove Type	
Groove Angle	
Root Opening	
Root Face	
Backgouging	
Method	
POSTWELD HEAT TREATMENT	
Temperature	
Time at Temperature	
Other	

JOINT DETAILS (Sketch)

PROCEDURE							
Weld Layer(s)							
Weld Pass(es)							
Process							
Type (<i>Semiautomatic, Mechanized, etc.</i>)							
Position							
Vertical Progression							
Filler Metal (AWS Spec.)							
AWS Classification							
Diameter							
Manufacturer/Trade Name							
Shielding Gas Composition							
Flow Rate							
Nozzle Size							
Preheat Temperature							
Interpass Temperature							
Electrical Characteristics							
Current Type & Polarity							
Transfer Mode (GMAW)							
Power Source Type (<i>cc, cv, etc.</i>)							
Amps							
Volts							
Wire Feed Speed							
Travel Speed							
Maximum Heat Input							
Technique							
Stringer or Weave							
Multi or Single Pass (per side)							
Oscillation (<i>Mechanized/Automatic</i>)							
Traverse Length							
Traverse Speed							
Dwell Time							
Number of Electrodes							
Contact Tube to Work Dist.							
Peening							
Interpass Cleaning							
Other							

Form M-1 (Front)

(See <http://go.aws.org/D1forms>)

**Blank Sample PQR Form (GMAW & FCAW – page 1)
PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)**

Company Name _____ PQR No. _____ Rev. No. _____ Date _____

BASE METALS	Specification	Type or Grade	AWS Group No.	Thickness	Size (NPS)	Schedule	Diameter
Base Material							
Welded To							
Backing Material							
Other							

JOINT DETAILS	
Groove Type	
Groove Angle	
Root Opening	
Root Face	
Backgouging	
Method	

JOINT DETAILS (Sketch)

POSTWELD HEAT TREATMENT	
Temperature	
Time at Temperature	
Other	

PROCEDURE							
Weld Layer(s)							
Weld Pass(es)							
Process							
Type (Semiautomatic, Mechanized, etc.)							
Position							
Vertical Progression							
Filler Metal (AWS Spec.)							
AWS Classification							
Diameter							
Manufacturer/Trade Name							
Shielding Gas Composition							
Flow Rate							
Nozzle Size							
Preheat Temperature							
Interpass Temperature							
Electrical Characteristics							
Current Type & Polarity							
Transfer Mode (GMAW)							
Power Source Type (cc, cv, etc.)							
Amps							
Volts							
Wire Feed Speed							
Travel Speed							
Maximum Heat Input							
Technique							
Stringer or Weave							
Multi or Single Pass (per side)							
Oscillation (Mechanized/Automatic)							
Traverse Length							
Traverse Speed							
Dwell Time							
Number of Electrodes							
Contact Tube to Work Dist.							
Peening							
Interpass Cleaning							
Other							

Form M-1 (Front)

(See <http://go.aws.org/D1forms>)

참 고 문 헌

- [1] 서원영, (2015), “해양플랜트 특수용접 WPS(Welding Procedure Specification) 작성 소프트웨어 개발, 한국해양공학회 2015 추계학술대회 논문집, pp 299-301.
- [2] ASME(The American Society of Mechanical Engineer), 2015 ASME Boiler & Pressure vessel Code “Section IX : Qaulification standard for welding, brazing, and fusing procedure; welders; brazers; and welding, brazing, and fusing operator”.
- [3] AWS(American Wedling Society), AWS D1.1/D1.1M:2015 Structural Welding Code - Steel.
- [4] KS B ISO 15607:2003 “금속재료 용접절차시방서 및 승인 - 일반규정”.
- [5] ASME. “www.asme.org,” ASME. Suggested Format
https://www.asme.org/wwwasmeorg/media/resourcefiles/aboutasme/whoweare/bpvc_resources/section_ix/bpvc_ix_qw-482.pdf Adobe Pdf
https://www.asme.org/wwwasmeorg/media/resourcefiles/aboutasme/whoweare/bpvc_resources/section_ix/bpvc_ix_qw-483.pdf Adobe Pdf
- [6] AWS. “www.aws.org,” AWS D1 Forms Index .
https://www.aws.org/standards/page/d1forms?utm_source=in-house&utm_medium=d1forms