

## **DEVELOPMENT OF STANDARD WELDING PROCEDURE SPECIFICATION FOR NUCLEAR POWER PLANT**

**2017. 9. 4.**

**Gidong Kim, Sangwoo Song**

**- Korea Institute of Materials Science**

**Myoung Sung Sohn, Hyun Jae Joo**

**- Korea Electric Association**

**Gi Ho Sung, Kyung Do Park**

**- SUNG IL (SIM) Co., Ltd.**

# Contents

- Introduction(Conventional WPS & SWPS)**
- Analyses of Conventional WPS and Technical Requirements of Nuclear Power Plants in Korea**
- Analyses of SWPS in AWS(Permitted in ASME)**
- Technical Issues of SWPS in AWS**
- Development of New SWPS in Korea**
- Conclusion**

# Conventional Welding Procedure Specification

\* KEPIC : Korea Electric Power Industry Code

- Welding Procedure Specification shall satisfy;  
ASME Sec. IX(KEPIC MQ)+Construction Code+Other requirements
- Each manufacturer has to perform discrete qualification tests
- Use of the WPS developed by other manufacturers is prohibited
- The materials and welding methods of pressure vessels and pipings, in nuclear industries, were usually limited to a few cases





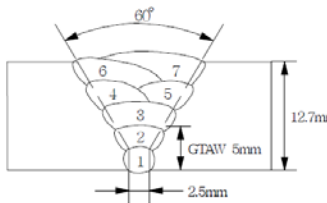
A lot of WPSs and PQRs which contained nearly identical technical contents have been developed over and over again.



**The Need for Standard WPS has been increased for a long time**

# Conventional Welding Procedure Specification

 <b>용접절차시방서</b> WELDING PROCEDURE SPECIFICATION(WPS)		관련 코드 APPLICABLE CODE MQW & KEPIC.MN																																														
시방서번호 WPS No. <u>WPS-2001-001</u>		일자 Date <u>2001. 6. 1</u>																																														
관련 시험 번호 Supporting PQR No.(s) <u>PQR-2001-001 (Rev.0)</u>		개정번호 Rev. No. <u>0</u>																																														
용접방법 Welding Process(es) <u>GTAW + SMAW</u>		적용대상 <input checked="" type="checkbox"/> Pipe <input checked="" type="checkbox"/> Plate <input checked="" type="checkbox"/> Miscellaneous																																														
형태 Type <input checked="" type="checkbox"/> 수동 <input type="checkbox"/> 반자동 <input type="checkbox"/> 자동 <input type="checkbox"/> 기계																																																
<b>이름 Joint(MQW-2821/QW-402)</b>  GROOVE & FILLET		<b>용접후열처리 Postweld Heat Treatment(MQW-2826/QW-407)</b> 온도범위(°C) Temp. Range <u>700 ± 14</u> 시간범위 Time Range <u>최소 30분, 1 hr/in</u> 기타 Other <u>N/A</u>																																														
두트갭 Root Gap(mm) <u>3.2±1.6mm</u> 리테이너 Retainer <u>N/A</u> 백킹 Backing <input type="checkbox"/> 있음 Yes <input checked="" type="checkbox"/> 없음 No		<b>가스 Gas(MQW-2827/QW-408)</b> <table border="1"> <tr> <th>가스 Gas(es)</th> <th>혼합비 Mixture</th> <th>유량 Flow Rate(l/min)</th> </tr> <tr> <td>차폐 Shielding</td> <td>Argon 99.99%</td> <td>8-15</td> </tr> <tr> <td>백킹 Backing</td> <td>Argon 99.99%</td> <td>6-10</td> </tr> <tr> <td>기타 Other</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> </table>		가스 Gas(es)	혼합비 Mixture	유량 Flow Rate(l/min)	차폐 Shielding	Argon 99.99%	8-15	백킹 Backing	Argon 99.99%	6-10	기타 Other	N/A	N/A																																	
가스 Gas(es)	혼합비 Mixture	유량 Flow Rate(l/min)																																														
차폐 Shielding	Argon 99.99%	8-15																																														
백킹 Backing	Argon 99.99%	6-10																																														
기타 Other	N/A	N/A																																														
<b>모재 Base Metals(MQW-2822/QW-403)</b> P-No. <u>5A</u> Gr. No. <u>1</u> to P-No. <u>5A</u> Gr.No. <u>1</u> 또는 규격 및 등급 or Spec. Type and Gr. _____ To _____ 두께범위 Thick Range(mm) _____		<b>기술사항 Technique(MQW-2829/QW-410)</b> 토치직경 혹은 가스컵 크기 Orifice or Gas Cup Size (mm) <u>6 - 13</u> 콘택트 튜브와 용접봉간 거리 Contact Tube to Work Distance (mm) <u>N/A</u> 진동 Oscillation _____ 청소 Cleaning _____ 용접 전 초기 Initial & Interpass <u>GRINDING OR BRUSHING</u> 용접 후 초기 Post Weld <u>N/A</u> Electrode Spacing _____ 리드 Lead _____ 스트링거 또는 웨브 비드 Stringer or Weave Bead <input checked="" type="checkbox"/> Stringer <input checked="" type="checkbox"/> Weave 용접 방향 Direction of Welding <input checked="" type="checkbox"/> 리드 <input checked="" type="checkbox"/> 웨브 Method of Cleaning <input checked="" type="checkbox"/> Brushing <input checked="" type="checkbox"/> Chipping <input checked="" type="checkbox"/> Grinding 단극 혹은 다극 Single or Multi. Electrode <input checked="" type="checkbox"/> Single <input type="checkbox"/> Multi. 백가무질 방법 (Back Gouging) Method of Back Gouging <input type="checkbox"/> Arc Air Gouging <input type="checkbox"/> Grinding 다중 혹은 단층 Multi. or Single Pass(per side) <input checked="" type="checkbox"/> Multi. <input type="checkbox"/> Single 피닝 Peening <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> None 기타 Other <u>N/A</u>																																														
<b>자세 Position(MQW-2824/QW-405)</b> Positions Groove <u>ALL</u> Fillet <u>ALL</u> 수직 자세 진행 방향 Welding Progression <input checked="" type="checkbox"/> 상향 <input type="checkbox"/> 하향		<b>용가재 Filler Metals(MQW-2823/QW-404), 전기특성 Elect. Charact. (MQW-2828/QW-409)</b> GMAW/FCAW 용접의 금속 이형 형태 Metal Transfer Mode for GMAW/FCAW <u>N/A</u> 텅스텐 전극용 형태와 크기 Tungsten Electrode Type and Size <u>EWTH-2 <math>\varnothing</math>2.4mm</u> 플럭스 형태 Flux Type <u>N/A</u> Electrode Flux <u>N/A</u> 보조(분말)용가재 Supp.(Powder) Filler <u>N/A</u> 소모성 삽입 <u>N/A</u>																																														
<b>예열 Preheat(MQW-2825/QW-406)</b> 최소예열 온도 (°C) Preheat Temp. Min. <u>205</u> 최대 패스간 온도 (°C) Interpass Temp. Max. <u>232</u> 예열 유지 Preheat Maintenance <u>N/A</u>																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">층번호 Layer No.</th> <th rowspan="2">방법 Process</th> <th colspan="3">용가재 Filler Metal</th> <th rowspan="2">전류 Current/Polarity</th> <th rowspan="2">전압범위 Volt. Range</th> <th rowspan="2">속도범위 Trv. Speed (Cm/min)</th> <th rowspan="2">기타 Other</th> </tr> <tr> <th>F-No.</th> <th>A-No.</th> <th>SFA No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">AS REQD</td> <td>GTAW</td> <td>6</td> <td>4</td> <td>5.28</td> <td>ER90S-B3</td> <td>2.4</td> <td>DCEN 100-190</td> <td>10-14 6-10</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>3.2</td> <td>DCEN 100-190</td> <td>10-14 8-10</td> </tr> <tr> <td>SMAW</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>5.5</td> <td>E9018-B3</td> <td>3.2</td> <td>DCEP 100-200</td> <td>18-25 7-15</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>4.0</td> <td>DCEP 100-200</td> <td>18-25 8-16</td> </tr> </tbody> </table>		층번호 Layer No.	방법 Process	용가재 Filler Metal			전류 Current/Polarity	전압범위 Volt. Range	속도범위 Trv. Speed (Cm/min)	기타 Other	F-No.	A-No.	SFA No.	AS REQD	GTAW	6	4	5.28	ER90S-B3	2.4	DCEN 100-190	10-14 6-10						3.2	DCEN 100-190	10-14 8-10	SMAW	4	4	5.5	E9018-B3	3.2	DCEP 100-200	18-25 7-15						4.0	DCEP 100-200	18-25 8-16		
층번호 Layer No.	방법 Process			용가재 Filler Metal							전류 Current/Polarity	전압범위 Volt. Range	속도범위 Trv. Speed (Cm/min)		기타 Other																																	
		F-No.	A-No.	SFA No.																																												
AS REQD	GTAW	6	4	5.28	ER90S-B3	2.4	DCEN 100-190	10-14 6-10																																								
						3.2	DCEN 100-190	10-14 8-10																																								
	SMAW	4	4	5.5	E9018-B3	3.2	DCEP 100-200	18-25 7-15																																								
						4.0	DCEP 100-200	18-25 8-16																																								
주 Notes ※ 최대 허용입열량 : 43,478 J/cm ※ 최대 열처리가능시간 : 10시간																																																
용접담당자		용접관리자																																														
		품질검사부																																														
		원자력 공인검사원																																														

 <b>용접절차인정기록서</b> PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)																																															
승인서번호 Procedure Qualification Record No. <u>PQR-2001-001</u>																																															
시방서 번호 WPS No. <u>WPS-2001-001</u>																																															
용접방법 Welding Process(es) <u>GTAW + SMAW</u>																																															
형태 Type <input checked="" type="checkbox"/> 수동 <input type="checkbox"/> 반자동 <input type="checkbox"/> 자동 <input type="checkbox"/> 기계																																															
<b>모재 Base Metals</b> 사양 및 등급 Material Spec. Type and Gr. <u>A387 Gr-22 Cl.1 to A387 Gr-22 Cl.1</u> P-No. <u>5A</u> Gr. No. <u>1</u> to P-No. <u>5A</u> Gr.No. <u>1</u> 두께 Thickness(mm) _____ 모재 Base Metal <u>127</u> 관직경 Pipe Diameter (mm) <u>N/A</u> 용착 금속 Deposited Weld Metal (mm) <u>GTAW : 5 SMAW : 7.7</u> 기타 Other <u>N/A</u>																																															
<b>이름 형태</b> Joint : Single V-Groove																																															
																																															
<b>자세 POSITION</b> 자세 Position <u>3G</u> 용접 진행 방향 Welding Progression <u>UP</u>																																															
<b>가스 Gas</b> <table border="1"> <tr> <th>가스 Gas</th> <th>혼합비 Mixture</th> <th>유량 (l/Min) Flow Rate</th> </tr> <tr> <td>차폐 Shielding</td> <td>Argon 99.99%</td> <td>9-15</td> </tr> <tr> <td>백킹 Backing</td> <td>Argon 99.99%</td> <td>7-10</td> </tr> <tr> <td>이동 Trailing</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>기타 Other</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> </table>		가스 Gas	혼합비 Mixture	유량 (l/Min) Flow Rate	차폐 Shielding	Argon 99.99%	9-15	백킹 Backing	Argon 99.99%	7-10	이동 Trailing	N/A	N/A	기타 Other	N/A	N/A																															
가스 Gas	혼합비 Mixture	유량 (l/Min) Flow Rate																																													
차폐 Shielding	Argon 99.99%	9-15																																													
백킹 Backing	Argon 99.99%	7-10																																													
이동 Trailing	N/A	N/A																																													
기타 Other	N/A	N/A																																													
<b>예열 Preheat</b> 온도 Temp. (°C) : 예열 Preheat <u>25</u> 패스간 온도 Interpass <u>200</u> 예열 온도 유지 Preheat Maintenance <u>N/A</u> 기타 Other <u>N/A</u>																																															
<b>후열처리 Postweld Heat Treatment</b> 온도 Temperature (°C) <u>705</u> Holding Time <u>8 hr</u> 기타 Other <u>N/A</u>																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">층번호 layer No.</th> <th rowspan="2">방법 Process</th> <th colspan="3">용가재 Filler Metal</th> <th rowspan="2">전류 Current/Polarity</th> <th rowspan="2">전압범위 Volt</th> <th rowspan="2">속도범위 Speed (Cm/Min)</th> <th rowspan="2">기타 Other</th> </tr> <tr> <th>F-No.</th> <th>A-No.</th> <th>SFA No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">1-2</td> <td>GTAW</td> <td>6</td> <td>4</td> <td>5.28</td> <td>ER90S-B3</td> <td>2.4</td> <td>DCEN</td> <td>180-190</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2.4</td> <td>DCEN</td> <td>180-190</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">3-7</td> <td>SMAW</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>5.5</td> <td>E9018-B3</td> <td>3.2</td> <td>DCEP</td> <td>190-200</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>3.2</td> <td>DCEP</td> <td>190-200</td> </tr> </tbody> </table>		층번호 layer No.	방법 Process	용가재 Filler Metal			전류 Current/Polarity	전압범위 Volt	속도범위 Speed (Cm/Min)	기타 Other	F-No.	A-No.	SFA No.	1-2	GTAW	6	4	5.28	ER90S-B3	2.4	DCEN	180-190						2.4	DCEN	180-190	3-7	SMAW	4	4	5.5	E9018-B3	3.2	DCEP	190-200						3.2	DCEP	190-200
층번호 layer No.	방법 Process			용가재 Filler Metal							전류 Current/Polarity	전압범위 Volt	속도범위 Speed (Cm/Min)		기타 Other																																
		F-No.	A-No.	SFA No.																																											
1-2	GTAW	6	4	5.28	ER90S-B3	2.4	DCEN	180-190																																							
						2.4	DCEN	180-190																																							
3-7	SMAW	4	4	5.5	E9018-B3	3.2	DCEP	190-200																																							
						3.2	DCEP	190-200																																							
주 Notes ※ 최대입열량 : 43,478 J/cm																																															
용접담당자																																															
용접관리자																																															
품질검사부																																															
원자력 공인검사원																																															

# Standard Welding Procedure Specification, SWPS

**the welding procedure specification which can be used for production weld without any specific procedure qualification test performed by manufacturers**

**Satisfy technical requirements of related Construction Code**

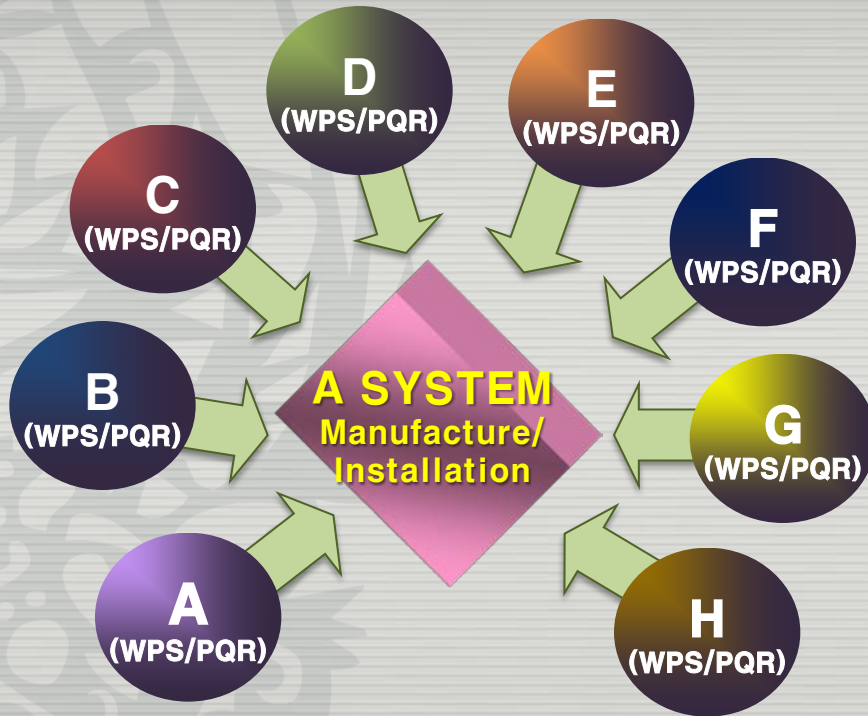


**Pretested WPS which performed by designated organization and approved by adequate test results**

**Can be applied for production weld without discrete qualification test**

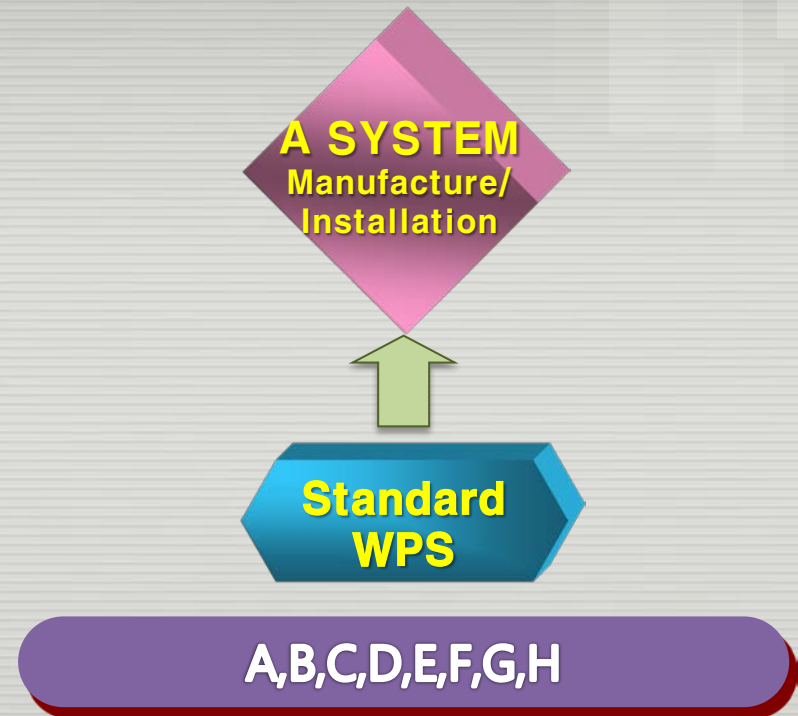
# Conventional WPS and Standard WPS

(Conventional WPS)



Each manufacturer or contractor shall certify WPS/PQR

(Standard WPS)



Standard WPS (Demonstration\* is required)

\* to verify the manufacturer's ability and knowledge required to perform a - 5 - welding with using a SWPS.

# Analyses of Conventional WPS of NPP in Korea

- ❑ The scope was mainly focused on WPSs applied to pipe welding on nuclear power industries.
- ❑ About 490 kinds of WPSs were reviewed.
  - ➔ Material : Carbon steel, Austenitic stainless steel
  - ➔ Welding process : GTAW, FCAW and SMAW

Material	P-No.1(Carbon steel)			P-No.8(Austenitic stainless steel)		
	GTAW	FCAW	SMAW	GTAW	FCAW	SMAW
Preheat Temp.(°C)	Less 19mm T : 10°C / Over 19mm T : 93~120°C			Less 19mm T : 10°C / Over 19mm T : 93~120°C		
Interpass Temp.(°C)	Max.250~300			Max. 177		
Backing gas (first layer)	N/A			Ar(99.99%)		
Ampere range(A)	80~200	160~300	70~200	60~170	120~300	60~120
Voltage range(V)	10~16	10~16	22~30	11~19	11~19	20~30
Speed(CPM)	6~15	10~50	8~15	8~12	12~45	6~12
Shielding gas /flow rate (ℓ/min)	Ar / 8~15	CO <sub>2</sub> / 20~25	N/A	Ar / 8~15	CO <sub>2</sub> / 20~25	N/A

- ❑ The welding variables and qualification test conditions in most WPSs and PQRs used in electrical power industries were nearly identical.
  - ➔ there is not a clear difference between manufactures.

# Analyses of Technical Requirements of NPP in Korea

- ❑ **Various technical requirements for construction of components and pipings in Korea nuclear power plants were reviewed.**
  - ➔ Construction Codes, design specifications, construction package, safety analysis report (SAR) and regulatory guide
  - ➔ For piping application of PWR
- ❑ **These requirements were classified as welding related items.**
  - ➔ general limitations, welding materials, heat treatments and austenitic stainless steels



# Analyses of Technical Requirements of NPP in Korea

## ❑ General limitations

- ➔ GTAW shall be used for the root pass of all circumferential butt welds, accessible from one side only
- ➔ Multiple layers (more than 2 layers) shall be required
- ➔ In case of fit-up of socket welding, the gap distance shall be limited to the range of 1.6~3.2mm

## ❑ Welding materials

- ➔ For SMAW, low hydrogen type electrode shall be used.
- ➔ 309 or 309L electrode shall be used for dissimilar metal welding
- ➔ Maximum bead width should not exceed that of **6 times** the core diameter of filler metal for carbon steel. (stainless steel : 4 times ~)

## ❑ Heat treatments

- ➔ The minimum preheat temperature is 10°C (50°F).
- ➔ Maximum PWHT temperature shall not exceed the specified minimum temperature by more than 83 °C (150 °F)

# Analyses of Technical Requirements of NPP in Korea

## ❑ Austenitic stainless steels

- ➔ Mainly focused on the prevention of sensitization and control of heat input.
- ➔ **IGC tests** shall be performed in accordance with ASTM A262 Practice A or E when the carbon content of material exceeds 0.03%.
- ➔ For GTAW process, the allowed **maximum heat input** and maximum bead width shall be limited to **60 kJ/inch (23.6 kJ/cm)** and less than 4 times the core diameter of filler metal respectively.
- ➔ **Maximum carbon content** and interpass temperature should be limited to 0.065% and 170 °C respectively.
- ➔ The weld materials with 5~20 FN (**Ferrite No.**) should be used in order to prevent from hot cracking.

## ❑ Construction Code Requirements

- ➔ ASME Section III and KEPIC MN require impact tests for the thickness exceeding 5/8 inch of **ferritic steels**.

# Standard WPSs in AWS

## ❖ The History of Standard WPS

- ❑ **The Beginning of 1980s : American Welding Society (AWS) cooperated with Welding Research Council (WRC) started to issue the SWPS**
  
- ❑ **1991 : A Task Group was formed in ASME**
  - Determine adequacy for the technical requirements of construction Code
  - Determine usability within the Code from an administrative standpoint
    - They were technically adequate and there were no administrative barriers
    - But only two SWPSs were available
  
- ❑ **1995 ~ : A sufficient number of SWPSs were developed**
  
- ❑ **ASME Sec. IX 2000 Addenda, KEPIC MQW 2003 Addenda**
  - ➔ 17 SWPSs were adopted (Now, ASME Sec. IX 2013 Edition: 33)
  - ➔ ASME Sec. IX : Article V, Appendix E
  - ➔ KEPIC MQW : MQW-2900, Appendix I

# Standard WPSs in AWS

## ❖ Classifications of SWPS adopted by ASME/KEPIC

- The permitted SWPSs are listed in Appendix E of Sec. IX and Appendix I of KEPIC MQ
- 33 SWPSs are adopted in 2007 edition of ASME Sec. IX

● <b>Welding Method</b>	<b>GTAW, SMAW, FCAW, GTAW+SMAW</b>
● <b>Material</b>	<b>- Carbon steel (P-No.1) - Austenitic stainless steel (P-No.8) - Carbon steel + Austenitic stainless steel (P-No.1 + P-No.8)</b>
● <b>Typical Thickness Range</b>	<b>- Base metal: 1/8 ~ 1-1/2 inch - Weld metal: Max. 1-1/2 inch</b>
● <b>Heat Treatment</b>	<b>As-Welded or PWHT</b>
● <b>Fracture Toughness</b>	<b>Not qualified</b>

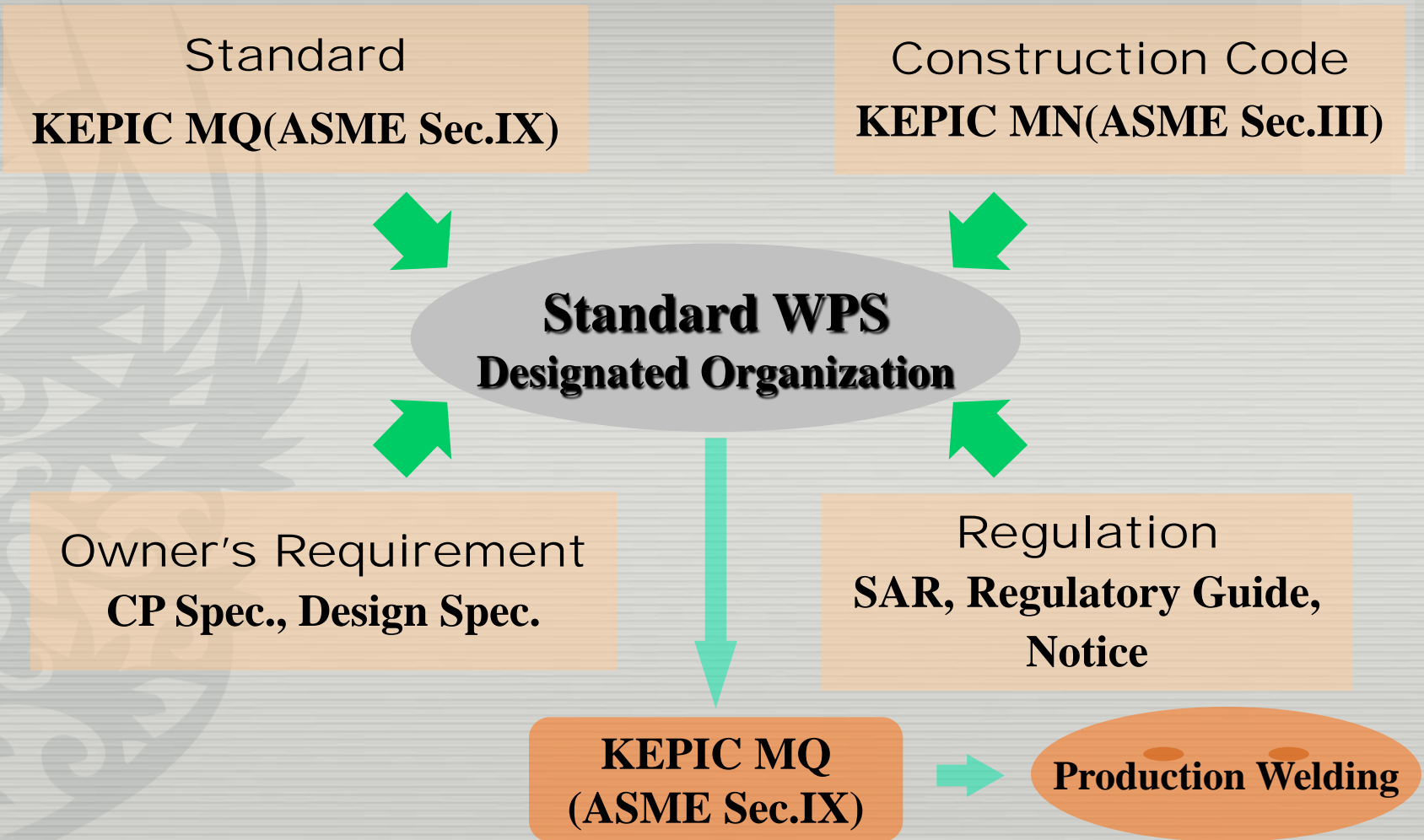
# Technical Conflicts of SWPS in AWS

- ❖ **Some conflicts related to applying SWPSs in AWS to the Nuclear Power Plant in Korea.**
- ❑ **Unsatisfaction of the construction Code requirements**
  - ➔ should not be used for the thickness exceeding 5/8 inch(16mm) of ferritic steels because of fracture toughness requirements.
- ❑ **The discrepancy between technical requirements in plant specifications and SWPS**
  - ➔ IGC test requirements in austenitic stainless steel : there is no SWPS for P-No.8 material qualified with IGC Test
  - ➔ heat input control of sensitization : welding voltage, amperes, speeds and etc. were not specified in the SWPS
  - ➔ many SWPSs were developed with non-low hydrogen type welding materials such as E6010.
  - ➔ Maximum bead width, ferrite No., min. preheat temperature requirement, etc.



**Consequently, most of SWPSs in AWS allowed by ASME and KEPIC were not possible to use directly in the field of plants.**

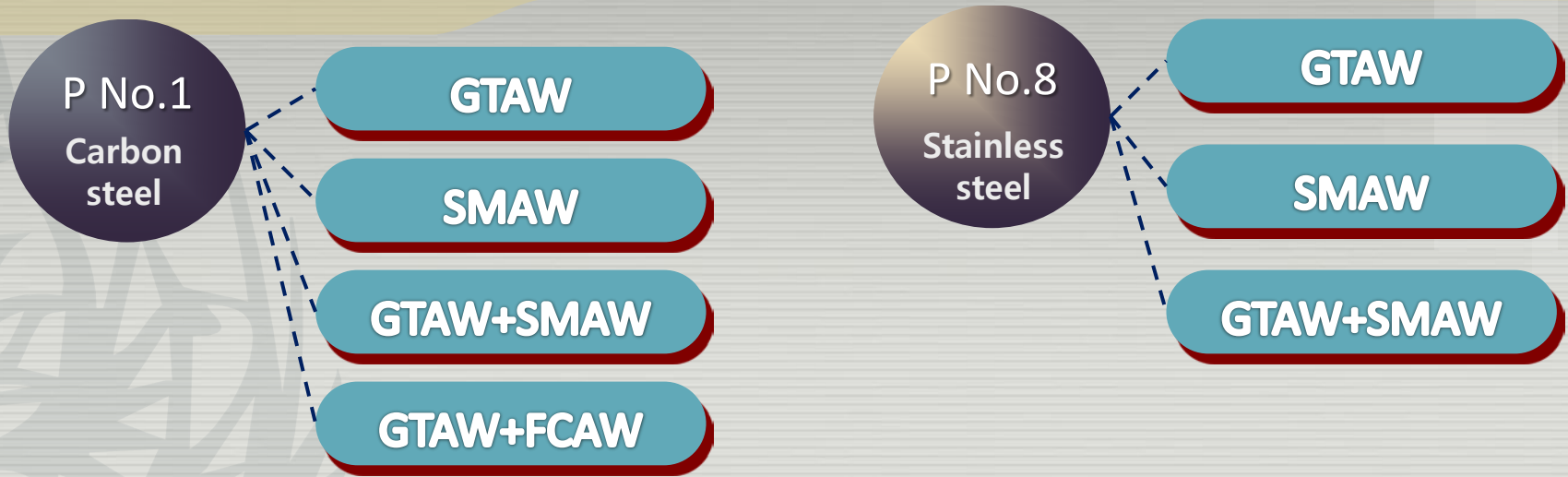
# Scheme for the Development of New SWPS



# Scheme for the Development of New SWPS

<b>Item</b>	<b>Manufacture/construction and repair/replacement of nuclear and thermal power plants</b>
<b>Applicable Code</b>	<b>KEPIC MQ 2010Ed. ~ 2014 Add.</b>
<b>Material</b>	<b>Carbon steel &amp; austenitic stainless steel (P-No.1 &amp; 8) preferentially</b>
<b>Welding Method</b>	<b>GTAW, FCAW, SMAW or its combination</b>
<b>Weld Configuration</b>	<b>Single side weld of butt joint</b>
<b>Number of Qualification Test</b>	<b>- Perform at least 2 PQ tests (Perform PQ test at both minimum and maximum heat inputs)</b>
<b>Code, Specification Requirement</b>	<b>Qualifying with IGC test and fracture toughness requirement etc.</b>
<b>Others</b>	<b>- Narrowing the range of welding variables compared with conventional WPS - Making it available for welder to use the SWPS directly without any specific guides</b>

# Scheme for the Development of New SWPS



No.	Material	Welding method	Qualified thickness range(mm)	PWHT	Other tests
1	P-No. 1 - 1	GTAW	1.5~38	-	Charpy impact test
2	P-No. 1 - 1	SMAW	1.5~38	-	Charpy impact test
3	P-No. 1 - 1	GTAW+FCAW	1.5~38	-	Charpy impact test
4	P-No. 1 - 1	GTAW+SMAW	1.5~38	-	Charpy impact test
5	P-No. 8 - 8	GTAW	1.5~55	-	IGC test
6	P-No. 8 - 8	SMAW	1.5~55	-	IGC test
7	P-No. 8 - 8	GTAW+FCAW	1.5~55	-	IGC test



# SWPS PQ Test for Carbon Steel

No.	PQR No.	Welding method	Base metal			Qualified thickness range(mm)	Remarks
			Specification	Outside diameter (inch)	Thickness (mm)		
1	Q-SWPS-0101-GT-01	GTAW	A106 Gr.B to A106 Gr.B	8	8.2	1.6~15.9	Min. Heat input
2	Q-SWPS-0101-GT-02						Max. Heat input
3	Q-SWPS-0101-GT-03		A106 Gr.B to A106 Gr.C	8	18.3	16.0~36.6	Min. Heat input
4	Q-SWPS-0101-GT-04						Max. Heat input
5	Q-SWPS-0101-GF-01	GTAW+ FCAW	A106 Gr.B to A106 Gr.B	8	8.2	1.6~15.9	Min. Heat input
6	Q-SWPS-0101-GF-02						Max. Heat input
7	Q-SWPS-0101-GF-03		A106 Gr.B to A106 Gr.C	8	18.3	16.0~36.6	Min. Heat input
8	Q-SWPS-0101-GF-04						Max. Heat input
9	Q-SWPS-0101-GS-01	GTAW+ SMAW	A106 Gr.B to A106 Gr.B	8	8.2	1.6~15.9	Min. Heat input
10	Q-SWPS-0101-GS-02						Max. Heat input
11	Q-SWPS-0101-GS-03		A106 Gr.B to A106 Gr.C	8	18.3	16.0~36.6	Min. Heat input
12	Q-SWPS-0101-GS-04						Max. Heat input
13	Q-SWPS-0101-SM-01	SMAW	A106 Gr.B to A106 Gr.B	8	8.2	1.6~15.9	Min. Heat input
14	Q-SWPS-0101-SM-02						Max. Heat input
15	Q-SWPS-0101-SM-03		A106 Gr.B to A106 Gr.C	8	18.3	16.0~36.6	Min. Heat input
16	Q-SWPS-0101-SM-04						Max. Heat input

❖ Conducted tests : Tensile, Bending, Charpy Impact(T:18.3mm)

# SWPS PQ Test for Stainless Steel

No.	PQR No.	Welding method	Base metal			Qualified thickness range(mm)	Remarks
			Specification	Coupon size (mm)	Thickness (mm)		
1	Q-SWPS-0808-GT-01	GTAW	A240 TP304	300x400	5	1.5 ~ 10	Min. Heat input
2	Q-SWPS-0808-GT-02						Max. Heat input
3	Q-SWPS-0808-GT-03		A240 TP304	300x400	55	5 ~ 55	Min. Heat input
4	Q-SWPS-0808-GT-04						Max. Heat input
5	Q-SWPS-0808-GS-01	GTAW+ SMAW	A240 TP304	300x400	5	1.5 ~ 10	Min. Heat input
6	Q-SWPS-0808-GS-02						Max. Heat input
7	Q-SWPS-0808-GS-03		A240 TP304	300x400	55	5 ~ 55	Min. Heat input
8	Q-SWPS-0808-GS-04						Max. Heat input
9	Q-SWPS-0808-SM-01	SMAW	A240 TP304	300x400	5	1.5 ~ 10	Min. Heat input
10	Q-SWPS-0808-SM-02						Max. Heat input
11	Q-SWPS-0808-SM-03		A240 TP304	300x400	55	5 ~ 55	Min. Heat input
12	Q-SWPS-0808-SM-04						Max. Heat input

❖ Conducted tests : Tensile, Bending, IGC test(ASTM A262)

# Development of SWPS

❖ P-1 to P-1 : 8 cases , P-8 to P-8 : 6 cases

→ From autonomously conducted PQ test and PQRs donated from nuclear industry

SWPS No.	Material	Welding method	Qualified thickness range(mm)
SWPS-0101-GT-01	P-1 to P-1	GTAW	1.5 ~ 16
SWPS-0101-GT-02			16 ~ 36.6
SWPS-0101-SM-01		SMAW	1.5 ~ 16
SWPS-0101-SM-02			16 ~ 36.6
SWPS-0101-GF-01		GTAW+FCAW	1.5 ~ 16
SWPS-0101-GF-02			16 ~ 36.6
SWPS-0101-GS-01		GTAW+SMAW	1.5 ~ 16
SWPS-0101-GS-02			16 ~ 36.6
SWPS-0808-GT-01	P-8 to P-8	GTAW	1.5 ~ 10
SWPS-0808-GT-02			5 ~ 55
SWPS-0808-SM-01		SMAW	1.5 ~ 10
SWPS-0808-SM-02			5 ~ 55
SWPS-0808-GS-01		GTAW+SMAW	1.5 ~ 10
SWPS-0808-GS-02			5 ~ 55

# The Flow of SWPS development and adoption Process in Korea

(\*Funded by Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning)

**Development of Standard WPSs**

**SUNG IL (SIM) Co., Ltd. (Certificate Holder)  
& KIMS (Government funded institute)**

**Review and approval of SWPS**

**KEA (Korea Electric Association)**  
- **KEPIC SWPS Committee**  
- **KEPIC MQ Committee**

**Determination of suitability  
for its Section**

**KEA (Korea Electric Association)**  
- **KEPIC MN Committee**

# Suggested SWPS Form (1/2)

KEPIC SWPS-0101-GT-02:Rev.1  
Page 1/6

## KEPIC 표준용접절차시방서 KEPIC STANDARD WELDING PROCEDURE SPECIFICATION

표준용접절차시방서 번호 : SWPS-0101-GT-02  
개정번호 : 1  
작성(개정)일자 : 2018.02.20

탄소강(P-번호 1, 그룹 번호 1 또는 2) 가스텅스텐아크용접  
Gas Tungsten Arc Welding of Carbon Steel(P-No.1, Group No. 1 or 2)

모재두께 16 ~ 36.6mm  
Base Metal Thickness 16 ~ 36.6mm

노치-인성시험(샤르피 충격시험) 인정(시험온도 : 0°C)  
Qualified for Notch Toughness Applications(Test temperature : 0°C)

용접후열처리 미수행  
Not Qualified for Post Weld Heat Treatment

절차인정기록서 번호  
Supporting PQR No.  
Q-SWPS-0101-GT-03, Q-SWPS-0101-GT-04, Q-070-D-422-326-Q/028-Q, Q-076-D-422-082,  
QA-TM-0101-65, QA-TM-0101-062, 9-070-D-422-301-Q, 9-070-D-422-312-Q,  
9-070-D-422-355-Q/658-Q

KEPIC SWPS-0101-GT-02:Rev.1  
Page 3/6

### 표준용접절차시방서 적용 요건

#### 범위

본 표준용접절차시방서에 표시된 조건 및 변수 범위 밖의 사용은 유효하지 않다. 사용자는 본 표준용접절차시방서를 사용함에 있어 용접인정과 관련된 충분한 지식, 인정된 용접사 및 적절한 장비를 갖추어야 한다.

#### 적용

본 표준용접절차시방서는 적용 제작문서(기술기준, 사양서 또는 계약문서 등)에서 허용된 경우에 한해 사용가능하다. 제작문서는 해당 제품에 대한 설계, 열처리유무, 제작공차, 품질보증, 시험 및 검사요건 등을 명시하여야 한다.

#### 사용자 책임사항

본 표준용접절차시방서는 기술기준, 사양서 또는 계약문서를 대체할 수 없다. 사용목적에 부합하는 물성을 가진 생산용접부를 만들기 위해서는 본 표준용접절차시방서와 더불어 적절한 용접사 자격인정시험 및 건전한 공학적 판단이 요구된다. 사용자는 제작문서의 조항들을 만족하는 최종제품의 품질 및 성능에 대한 책임이 있다.

#### 추가지시서

본 표준용접절차시방서를 특정한 목적으로 사용하기 위하여 사용자는 추가지시서를 발행할 수 있다. 이러한 지시서는 깃입 간격의 축소, 최소예열온도의 증가 또는 제작문서 요건을 만족시키기 위해 필요한 기타 지시사항들을 포함할 수 있다. 이러한 지시사항들은 본 표준용접절차시방서에서 제시한 범위보다 완화되어서는 안된다.

#### 안전

본 표준용접절차시방서의 사용은 위험한 재료, 작업 및 장비를 수반할 수 있다. 적절한 안전 및 보건 수칙을 수립하는 것은 사용자의 책임이며, 사용자는 본 표준용접절차시방서 사용 전에 규제사항들에 대하여 검토하여야 한다.

# Suggested SWPS Form (2/2)

KEPIC SWPS-0101-GT-02:Rev.1  
Page 4/6

용접 방법, WELDING PROCESSES	
용접 방법, Welding Processes	가스텅스텐아크용접, GTAW(Gas Tungsten Arc Welding)
적용 방법, Method of Application	수동, Manual
이음, JOINTS	
홈 형상, Groove design	사용자가 참조기술기준 및 기술시방서 요건을 반영하여 첨부할 것 User shall attach groove design according to requirements of referenced standards and technical specifications
루트 간격(mm), Root spacing(mm)	1.6 ~ 3.2
받침, Backing	<input checked="" type="checkbox"/> 있음, <input checked="" type="checkbox"/> 없음 <input checked="" type="checkbox"/> Yes, <input checked="" type="checkbox"/> No
받침재료, Backing material	<input checked="" type="checkbox"/> 금속, <input type="checkbox"/> 비용융금속, <input type="checkbox"/> 비금속, <input type="checkbox"/> 기타 <input checked="" type="checkbox"/> Metal, <input type="checkbox"/> Nonfusing metal, <input type="checkbox"/> Nonmetallic, <input type="checkbox"/> etc.
모재, BASE METALS	
모재분류, Base Metal Classification	P-번호 1, 그룹번호 1 또는 2 에서 P-번호 1, 그룹번호 1 또는 2 P-No. 1, Gr. No. 1 or 2 to P-No. 1, Gr. No. 1 or 2
두께범위(mm), Thickness Range(mm)	홈 : 16 ~ 36.6 Groove : 16 ~ 36.6 필릿 : 제한없음 Fillet : Unlimited
용가재, FILLER METALS	
F-번호, A-번호, F-Number, A-Number	6, 1
용접재료 분류 Filler metal classification	MDW 5.12 - ER70S-2, ER70S-6, ER70S-7, E70C-6X
용가재의 제품 형태, Filler metal product form	무피복, bare
치수(mm), Size(mm)	Ø2.4, 3.2
용착금속두께(mm), Weld deposit thickness(mm)	홈 : 최대 36.6 Groove : Max. 36.6 필릿 : 제한없음 Fillet : Unlimited
소모성 삽입물, Consumable inserts	허용하지 않음, Not permitted

KEPIC SWPS-0101-GT-02:Rev.1  
Page 5/6

자세, POSITION				
자세, Position	홈 : 모든 자세, Groove : All 필릿 : 모든 자세, Fillet : All			
수직자세 진행방향, Vertical progression	상향, Uphill			
예열, PREHEAT				
최저 예열온도(°C), Preheat temp. Min.(°C)	P-번호 1, 그룹번호 1 : 10 P-No. 1, Gr. No. 1 : : 10 P-번호 1, 그룹번호 2 : t≤25mm→10, t>25mm→93 P-No. 1, Gr. No. 2 : t≤25mm→10, t>25mm→93			
최대 패스간 온도(°C), Interpass temp. Max.(°C)	250			
예열 유지, Preheat maintenance	적용하지 않음, None			
용접후열처리, POST WELD HEAT TREATMENT				
용접후열처리, Post Weld Heat Treatment	적용하지 않음, None			
가스, GAS				
	종류	순도/혼합비(%)	유량(l/min)	
차폐가스, Shielding gas	Ar	99.99	7 ~ 20	
뒷면보호가스, Backing gas	N/A	N/A	N/A	
트래일링가스, Trailing gas	N/A	N/A	N/A	
전기적 특성, ELECTRICAL CHARACTERISTICS				
입열, Heat input	암페어범위 (A)	전압범위 (V)	속도범위 (cm/min)	최대입열량 (kJ/cm)
루트, Root(용가재 직경 : Ø2.4) (Filler metal size : Ø2.4)	90 ~ 120	8 ~ 9	4 ~ 7	16.20
채움, Fill (용가재 직경 : Ø2.4) (Filler metal size : Ø2.4)	180 ~ 190	17 ~ 19	11 ~ 12	19.69
채움, Fill (용가재 직경 : Ø3.2) (Filler metal size : Ø3.2)	100 ~ 240	9 ~ 20	10 ~ 13	26.80
채움, Fill (용가재 직경 : Ø3.2) (Filler metal size : Ø3.2)	190 ~ 210	14 ~ 16	6 ~ 10	33.60
전류 또는 극성, Current or Polarity	DCEN			
텅스텐전극, Tungsten electrode	MDW 5.12 EWL <sub>a</sub> -1/1.5/2, EWTh-1/2 Ø2.4, 3.2			

KEPIC SWPS-0101-GT-02:Rev.1  
Page 6/6

기법, TECHNIQUE	
직선/위브, String/Weave	<input checked="" type="checkbox"/> 직선, <input checked="" type="checkbox"/> 위브 <input checked="" type="checkbox"/> String, <input checked="" type="checkbox"/> Weave
가스컵 크기(mm), Gas cup size(mm)	8-15
청소 방법, Method cleaning	<input checked="" type="checkbox"/> 브러싱, <input checked="" type="checkbox"/> 치핑, <input checked="" type="checkbox"/> 그라인딩 <input checked="" type="checkbox"/> Brushing, <input checked="" type="checkbox"/> Chipping, <input checked="" type="checkbox"/> Grinding
뒷면 가공 방법, Method back gauge	기계적 또는 열적 공정, Mechanical or thermal
다중패스/측에서 단일패스/측, Multi to single pass/side	<input type="checkbox"/> 단측, <input checked="" type="checkbox"/> 다측, <input type="checkbox"/> Single, <input checked="" type="checkbox"/> Multi
단일전극에서 복수전극, Single to multi electrodes	<input checked="" type="checkbox"/> 단극, <input type="checkbox"/> 다극, <input checked="" type="checkbox"/> Single, <input type="checkbox"/> Multi
피닝, Peening	허용하지 않음, Not permitted
기타, OTHERS	
패스당 최대 폭(mm), Max. width per pass(mm)	13

인증업체명, Certificate Holder's Name :	
상기 인증업체는 본 표준용접절차시방서의 사용에 있어 모든 책임이 있음을 밝힙니다. In the name of the Certificate Holder stated above, I accept full responsibility for the application of this Standard WPS for use with:	
적용 제작문서(기술기준, 사양서 또는 계약문서 등) (문서번호, 개정번호, 일자 등)	
날짜, Date :	승인, Approved by :

# Use of SWPSs by manufacturer (1/2)

## QW-510 표준용접절차시방서의 채택

사용 전에, 생산용접에 대해 책임이 있고 작업상의 관리를 하는 조직은 QW-520에 기술된 것을 제외하고, 사용하고자 하는 각각의 표준용접절차시방서에 대하여 다음 사항을 따라야 한다.

- (a) 표준용접절차시방서에 조직명을 기재한다.
- (b) 해당 조직의 피고용인이 표준용접절차시방서에 서명하고 날짜를 기록하여야 한다.
- (c) 용접 중 준수하여야 하는 해당 KEPIC 기술기준(KEPIC-MGB, KEPIC-MGE 등) 및/또는 기타 제작 문서(계약서, 시방서 등)를 표준용접절차시방서에 기재하여야 한다.
- (d) 조직은 해당 표준용접절차시방서에 따라 1 개의 흡용접 시험쿠폰을 용접하고 시험하여야 하며 다음 정보를 기록하여야 한다.

- (1) 용접되는 모재의 규격번호, 타입 및 등급
- (2) 흡 형상 및 치수
- (3) 초기 청소방법
- (4) 받침의 유무
- (5) 사용되는 전극이나 용가제의 KEPIC-MDW, ASME 또는 AWS 규격번호 및 AWS 종류와 제조자명
- (6) GTAW용 텅스텐 전극의 크기와 종류
- (7) 소모용 전극 또는 용가제의 크기
- (8) GTAW 및 GMAW용 보호가스 및 유량
- (9) 예열온도
- (10) 흡용접 자세와 용접방향(해당되는 경우)
- (11) 용접법 또는 전극이 2 종류 이상일 경우 각각의 용접법 또는 전극 종류에 대한 대략적인 용착금속 두께
- (12) 최대 패스간온도
- (13) 유지시간 및 온도범위를 포함한 용접후열처리
- (14) 육안검사 및 기계시험 결과
- (15) QW-304에 의해 기계시험 대신 방사선투과검사가 허용될 경우 체적검사의 결과

(e) 시험재는 QW-302.4에 따라 육안검사를 하고 QW-302.1에 따라 기계시험을 수행하거나 QW-302.2에 따라 체적검사를 해야 한다. 만약 육안검사, 체적검사 또는 임의의 시험편이 요구된 합격기준에 불합격될 경우 그 시험재는 불합격으로 간주하며, 공급자는 표준용접절차시방서를 사용하기 전에 새로운 시험쿠폰을 용접하여야 한다.

# Use of SWPSs by manufacturer (2/2)

## QW-520 별개의 입증이 없는 표준용접절차시방서의 사용

표준용접절차시방서가 한번 입증되었다면, 입증된 표준용접절차시방서와 유사한 추가 표준용접절차시방서는 별개의 입증을 하지 않고 사용할 수 있다. 이러한 추가 표준용접절차시방서는 입증에 사용된 표준용접절차시방서와 대등하여야 하고 다음의 제한사항이 준수되어야 한다.

(a) 용접법의 변경. 단일 용접법의 표준용접절차시방서가 입증된 경우 복수 용접법의 표준용접절차시방서를 준용할 수도 있지만 입증된 해당 용접법만 사용될 수 있다.

(b) P-번호의 변경

(c) 용접그대로의 상태에서 열처리된 상태로의 변경. 이 제한사항은 양쪽 상태에서 사용을 허용하는 표준용접절차시방서에 대해서도 적용한다(예를들면, 표준 용접절차시방서 B2.1-1-021은 열처리 유무에 관계없이 생산용접을 허용한다. 만약 열처리를 하지 않고 입증이 수행된 경우에는 열처리가 있는 생산용접은 허용되지 않는다). 어떤 표준용접절차시방서에 대해 한번 열처리의 적용이 입증된 경우 이러한 제한사항은 더 이상 적용되지 않는다.

(d) 가스보호 플럭스코어드 와이어 또는 솔리드 와이어에서 자체보호 플럭스코어드 와이어로의 변경 혹은 그 반대로의 변경

(e) 입상, 스프레이 또는 펄스 스프레이 이행 용접에서 단락 이행 용접으로의 변경 또는 그 반대로의 변경.

(f) 용접봉의 F-번호의 변경

(g) 주위온도를 초과하는 예열의 추가

(h) 박판용으로 구별되는 표준용접절차시방서에서 박판용이 아닌 표준용접절차시방서로의 변경 및 그 반대로의 변경



# Conclusion

- ❑ SWPSs in AWS adopted by ASME/KEPIC have some technical and administrative conflicts to apply to the nuclear power industries in Korea.**
- ❑ New 14 SWPSs related with P-No.1 and 8 are being developed**
- ❑ A lot of economic effects by reducing the overall cost of qualifying welding procedures in whole electrical power industries are anticipated.**
- ❑ The new SWPS in KEPIC can improve the reliability of the welding processes of manufacturing, construction, repair and replacement industries.**

**Thank You !**