



# A1-JOINT Coating PROPOSAL

(1차 SCRUBBER 부식배관 개선안)

2008.01.28

세인엔지니어링주식회사

## 1. 회사소개

## 2. 부식의 원인과 분류

2.1 부식의 원인

2.2 부식의 형식

2.3 국부부식의 例

2.4 방식 법

## 3. 1차 SCRUBBER 부식 배관 원인

3.1 부식의 원인

3.2 부식 진행과정

3.3 고려 사항

3.4 용접部 부식유형(국부부식)

## 4. A1-JOINT COATING 기술

4.1 CONCEPT

4.2 작업 FLOW(즉시설치)

4.3 작업방법

4.4 캡핑 방법(PFA Round Bar)

## 5. 현행공법과 COATING

5.1 현행공법의 구조와 코팅

5.2 현행공법의 SPOOL 코팅

## 6. 기대 효과

6.1 현행공법과의 비교

6.2 공기 단축

## 7. 적용 사례

7.1 적용장비 및 공정

7.2 부식발생 POINT 및 발생빈도

## 8. 불소수지 물성 표

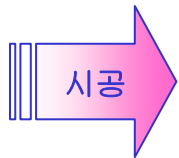


# 1. 회사소개

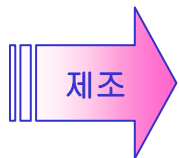


KS A 9001:2001/ ISO 9001:2000

- ◆ 회사명 : 세인엔지니어링(주)
- ◆ 설립년도 : 1997년
- ◆ 대표이사 : 최 종 석
- ◆ 본사 및 공장 : 충북 청주시 상당구 사천동 187-6번지
- ◆ 대표전화 : Tel 043)213-2546 Fax 043)213-9118
- ◆ 업태/종목 : 제조,도매,건설업 / 반도체장비,기계설비
- ◆ 산업재산권 : 특허(9), 실용신안(8), 의장(5), 상표(2)



- LCD, 반도체 Utility
- 산업 Plant Utility
- Clean Room 설비



- A1- Joint
- Damper & Hopper
- House Vacuum Fitting
- Others Flanged



## Exhaust Fittings

- Hynix 반도체
- LG Philips LCD
- BOE Hydis
- MagnaChip

## A1-Joint

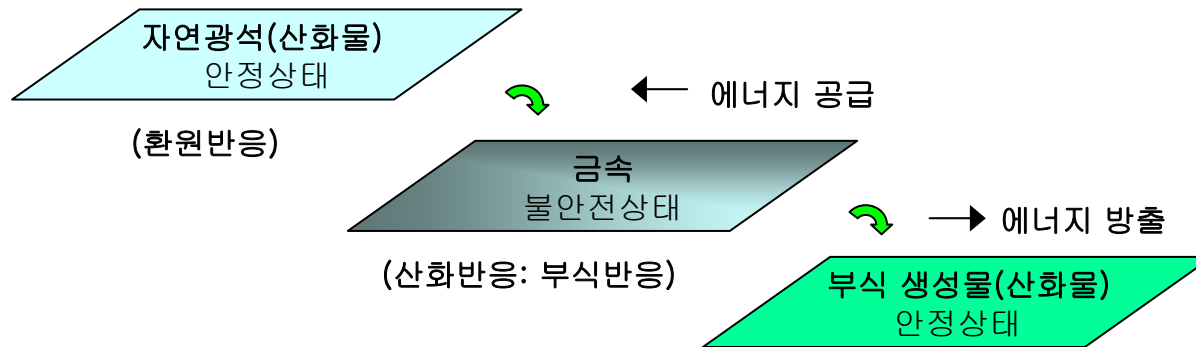
- Hynix 반도체
- LG Philips LCD
- 삼성전자
- BOE Hydis
- MagnaChip



## 2. 부식의 원인과 분류

### 2.1 부식 원인

#### 금속 부식의 원인



#### 부식 인자

- ◆ 금속 인자 : 금속의 순도 및 합금조성, 금속조직, 표면상태, 열처리
- ◆ 환경 인자 : 부식액의 pH, 용존산소, 중성염농도, 농담전지작용, 부식생성물의 성질, 온도, 국부가열
- ◆ 기계적 인자 : 잔류응력, 외부응력, 진동과 반복응력, 열응력, 유속



## 2. 부식의 원인과 분류

### 2.2 부식의 형식

#### 전면 부식(Uniform Corrosion)

- 금속 표면이 일정하게 옥으로 변함
- 시간경과와 더불어 전표면이 균일하게 부식
- 금속자체가 균질하고 기계적인 응력 및 환경도 거의 균일할 때 발생
- 대기중에서의 부식, 고온에서의 부식

#### 국부 부식(Local Corrosion)

- 요철부가 생김
- 금속 조직, 잔류응력 등의 차이, 반복응력, 온도, 유속 및 용존산소 등의 차이에 의해  
공상, 구상, 균열 등 여러가지 양상으로 진행되는 부식

#### 국부 부식의 종류

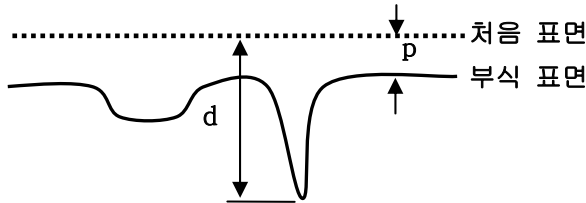
- ① 전지작용 부식    ② 공식과 틈새부식    ③ 미주전류(迷走電流)부식(전식)
- ④ 응력부식 균열    ⑤ 부식피로    ⑥ 침식 부식



## 2. 부식의 원인과 분류

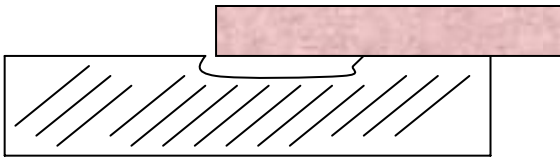
### 2.3 국부 부식 例

#### 공식



- 금속표면의 비교적 좁은 부분이 양극으로 계속 작용함으로써 다른 부분보다 빠른 속도로 부식될 때에 깊은 부분을 공식이라고 함
- 공식의 정도 : 공식계수(Pitting Factor) =  $d/p$   
- d: 가장 깊은 공식의 깊이, p: 평균부식 깊이, 전면부식:  $d/p=1$

#### 틈새부식



- 좁은 틈새는 산소공급이 매우 어려워 양극으로 작용하여 부식되고 노출된 금속표면은 음극으로 작용하여 부식가속화
- 스테인리스강이나 티타늄에 민감함

#### 미주전류 부식(전식)



- 전위구배가 있는 전해질중에서 고전위단으로부터 전류가 흘러들어오고 저전위단에서 전류가 유출하면 저전위단의 금속부위에 미주전류부식발생
- 직류일 때 잘 일어나고 전식은 전철궤도에 따라 매설된 배관에서 발생
- 국부에 집중하여 일으키는 것이 특징, 수개월만에 부식에의해 구멍남



## 2. 부식의 원인과 분류

### 2.3 국부 부식 例

#### 응력부식 균열(Stress Corrosion Cracking) SCC

- 국부부식, 재료의 기계적강도 및 정적응력이 복합적으로 작용하여 금속에 일어나는 균열
- 응력은 열응력, 외부에서 가해지는 인장응력 뿐만 아니라 재료내부에 존재하는 고유응력, 용접열사이클에 의한 잔류응력에서도 발생
- 응력부식균열은 응력과 부식이 동시에 작용할 때 일어나지만, 금속재료와 환경의 성질에 따라서는 발생하지 않는 경우도 있다
- 응력부식균열과 유사한 수소균열은 수소에 의해서 취화된 금속이 어떤 임계치 이상의 인장응력을 받으면 균열이 일어나고 경우에 따라서는 수소 그 자신에 의해 인장응력이 생겨서 균열이 발생하는 경우도 있다(응력흡착설)

#### 침식-부식

- 액체 및 가스를 사용하고 있는 각종 설비의 요소에서 속도 등이 빠르게 되면 충격과 액체의 정압저하에 따른 국부적 비등으로 인하여 침식-부식(Erosion-Corrosion)이 발생하면서 성능저하와 손상을 일으킨다.
- 부식환경 중에서 기계적인 충격 침식과 더불어 전기화학적인 부식이 중첩하여 일어나는 경우에는 침식과 부식이 상호간에 가속하는 상승효과 때문에 설비의 수명에 치명적인 영향을 미친다.  
침식-부식은 캐비테이션(Cavitation Erosion), 침식-부식(Erosion Corrosion), 액체의제트, 가스와 증기에 포함된 액적(수적,유적)이 고체표면에 충돌하여 발생하는 충격침식-부식 등이 있다.

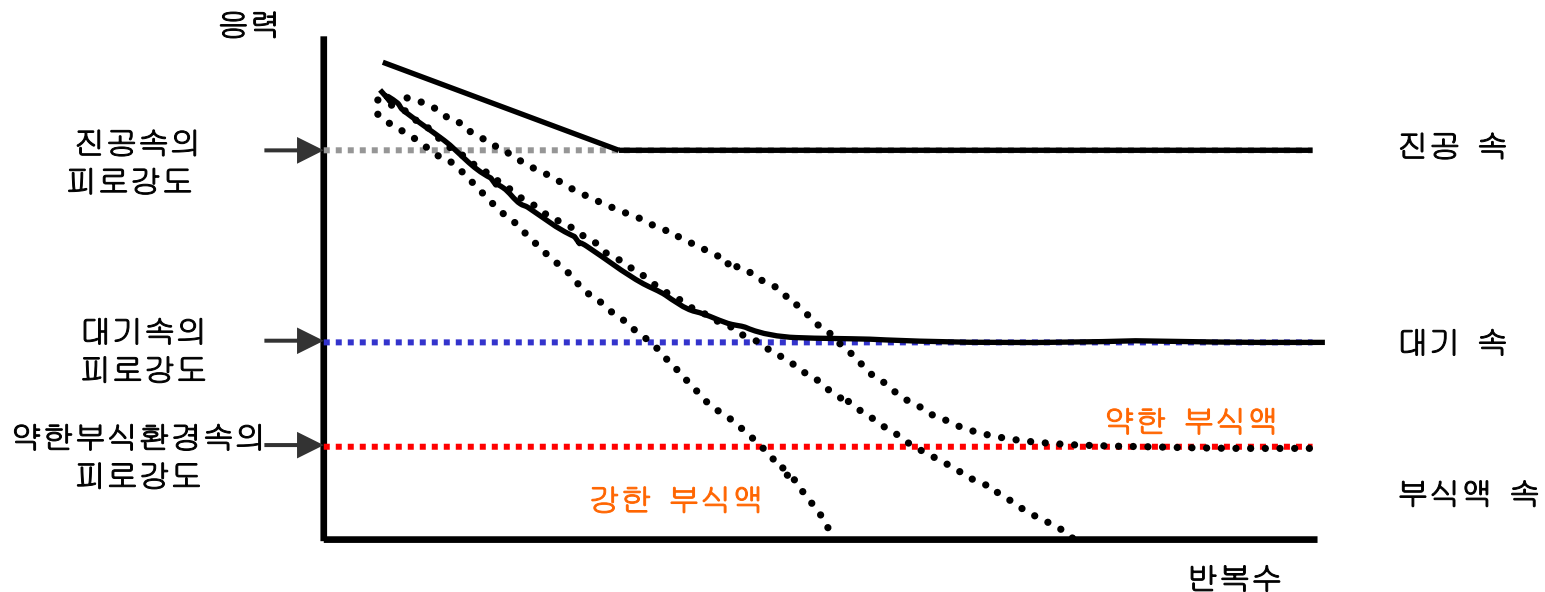


## 2. 부식의 원인과 분류

### 2.3 국부 부식 例

#### 부식 피로(반복응력 피로)

- 금속 재료가 반복응력을 받으면 피로가 발생하고 반복응력의 부가회수를 증가해도 파괴되지 않는 피로한도 및 피로강도(Fatigue Limit or Fatigue Strength)가 존재하지만 그 크기는 환경에 따라 다르다
- 일반적으로 피로강도는 진공중(High), 대기중(Low), 부식액중(Low Low).
- 그러나 환경의 부식성이 강하면 피로강도는 구해지지 않으며, 매우 적은 응력하에서도 발생
- 부식피로는 부식이 피로에 의해서 가속되는 동시에 피로가 부식에 의해서 가속되어 파괴되는 특징이 있다.



## 2. 부식의 원인과 분류

### 2.4 방식법

#### 재료의 선정 및 설계에 의한 방식법

- 재료의 선정 : 내식성, 강도 및 연성 등의 기계적 성질, 성형 및 용접 등의 가공성, 경제성 고려
- 적정설계(유의사항) : 외부의 응력 혹은 잔류응력 제거 및 경감하고 용접부를 고려함  
유속(Cavitation, 난류, 진동), 온도(스케일퇴적, 국부과열, 국부농축, 비등 등) 주의  
Packing, Gasket, Seal부 및 Bolt/Nut의 틈새  
공기 혼입 및 내압상승의 유무 등 고려

#### 환경처리에 의한 방식법

- 부식성분을 제거하는 방법 : 제습하여 노점 이상으로 유지 / 가열  
수용액의 용존산소 제거: 탈기법 (Deaeration) 또는 화학적 탈산소법(Deactivation)
- 부식 억제제를 사용하는 방법 : 양극억제제: 크롬사염, 아질산염, 정인산염, 규산염, 안식향산염  
음극억제제: 중합인산염, 아연염
- 부식 방지를 위한 피복 방법 : 금속표면에 보호피막 형성(불소수지, 폴리에틸렌, 에폭시 분체도장 등)

#### 작업방법에 의한 방식법(스테인리스강)

- 용접부 인접지역의 예민화 : 용접부 경계면으로부터 약5mm, 용접후 냉각조건(급냉) 충족, 잔류응력 제거
- 용접부 열변색부(산화부) 영향 : 산소 친화력이 강한 성분과의 산화 반응 억제(Ar Purge)
- 용접부 열변색부(산화부) 세척 : 저합금강으로 구성된 솔 사용 금지(산세법이 가장우수)
- 불활성 Gas 사용 : Ar 가스 사용시 용접부 델타 페라이트 형성이 억제되어 내식성 향상(Purge Gas는 질소 사용 금지)



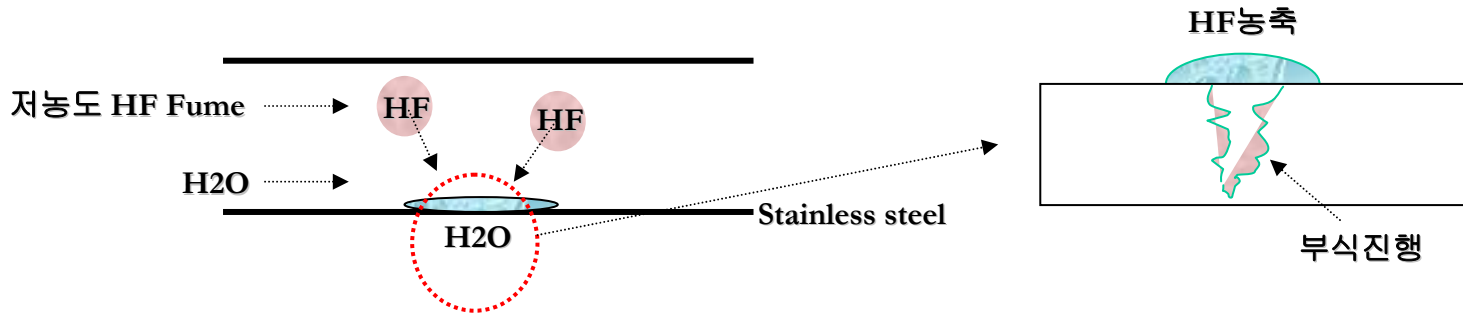
# 3. 1차 Scrubber 배관부식 원인

## 3.1 부식 원인

### ◆ Scrubber Outlet 후단의 부식 Factor

- 1. Outlet에서의 HCl과 HF의 농도
- 2. 배관 및 Duct 결로 현상에 의한 HF 및 HCl의 농축
- ◆ HCl의 농축 → 금속표면부식(전면부식) 발생은 상당한 시간에 걸쳐 진행됨(용접의 영향에 의해 국부부식 양상)
- ◆ HF의 농축 → 침투부식(국부부식)은 내부에서 형성된 HF농축액이 금속입자의 수직방향으로 부식되어 결국 외부로 표출되고 HF 농축이 극대화 되어 가속화됨

## 3.2 부식 진행과정



### ◆ HF 농축액에 의한 부식이 진행(국부부식)

- 1. 배관 재질 및 표면이 균일하지 못한 부분에서 부식 가속화: 공식, 틈새부식
- 2. 용접부위: 용접 등에 의해 Metal 원소의 재배치 부분에서 부식 가속화(용접열영향)
- 용접 후에 발생하는 요인(산화, 틈새, 용접열영향 및 응력 등)에 의해 발생되며 급격히 가속화됨



# 3. 1차 Scrubber 배관부식 원인

## 3.3 고려 사항

### ◆ HCl(전면 부식) : 배관 표면이 균일하게 부식진행

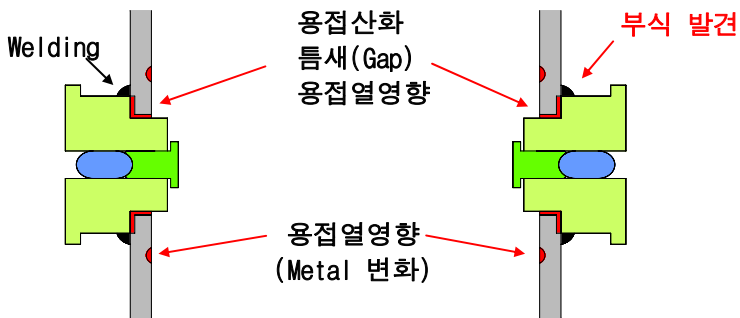
- 1. 부식의 진행 속도는 낮은 편이나 용접 / 공식 및 틈새 등에 의한 영향을 민감하게 받아 진행이 가속화
- 2. Bellows의 피로강도는 부식환경 속에서 이루어지고 살두께(0.25~0.3t)가 얇아 부식 발생율이 상당히 높음
- 3. 용접부 영향으로 국부부식 양상

### ◆ HF(국부부식) : 배관 전면에 걸쳐 국부적으로 부식(취약한 부분에서 먼저 발견됨)

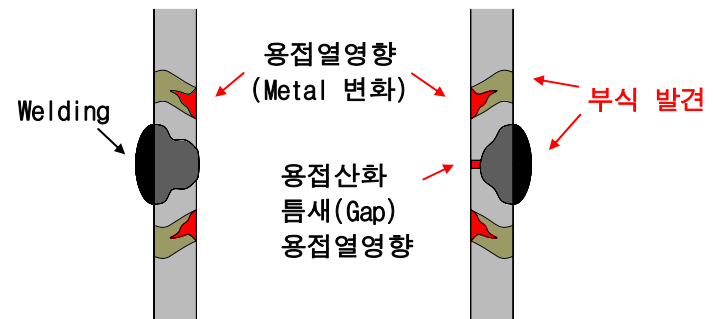
- 1. 부식 진행 속도가 상당히 빠르며 용접 / 공식 및 틈새 등에 의한 영향을 상당히 민감하게 받아 진행이 초가속화
- 2. Bellows의 피로강도는 악부식환경 속에서 이루어지고 살두께(0.25~0.3t)가 얇아 방식대책 없이 사용 불가능함

### ◆ 틈새부식 : Stainless Steel, Titanium 에서 민감함

## 3.4 용접 꺾 부식 유형(국부부식)



D.C Flange 例 (N.W, S.P 모두 동일)

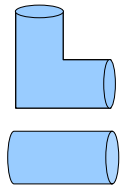


맞대기 용접 例 (Fitting 용접)

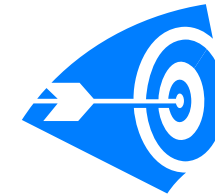
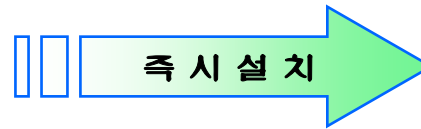
# 4. A1-Joint Coating 기술

## 4.1 CONCEPT

先코팅 後시공하는 조립식 공법으로 非코팅 배관과 동일한 방법으로 시공하여 **품질향상**과 **공기단축**



Coating(ETFE) 後  
Pipe & Fitting 반입



공기단축  
원가절감  
품질향상  
환경 · 안전

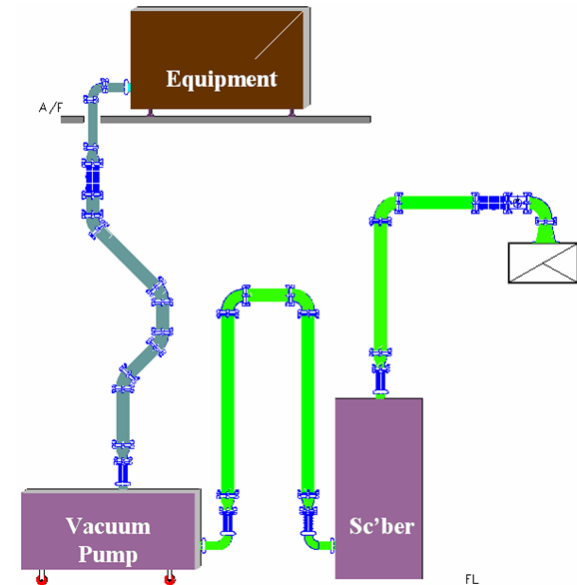
### ◆ 조립식 공법(Module 化)

- 품질향상 : Pipe Life Time 연장, PM 주기연장
- 공기단축 : Spool 제작이 불필요, 현장에서 즉시 시공
- 재 사용 : Revision 및 설계변경 時 100% 재사용

### ◆ 소재의 완벽한 코팅구조/환경

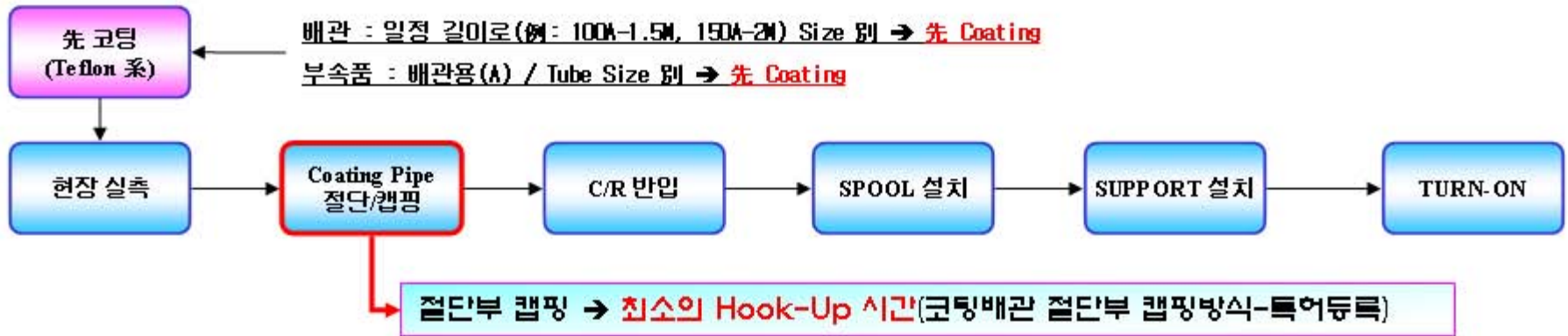
- 소재 틈새나 요철부가 없어 코팅 품질 확보
- Inside AUTO Welding 방식으로 완벽한 Back bead 형성
- Spool 형상이 곧아 코팅 및 Pinhole Test에 좋다
- 용접 後 산세척에 의한 이물질 제거로 코팅 품질 확보

### ◆ 설치 개념도

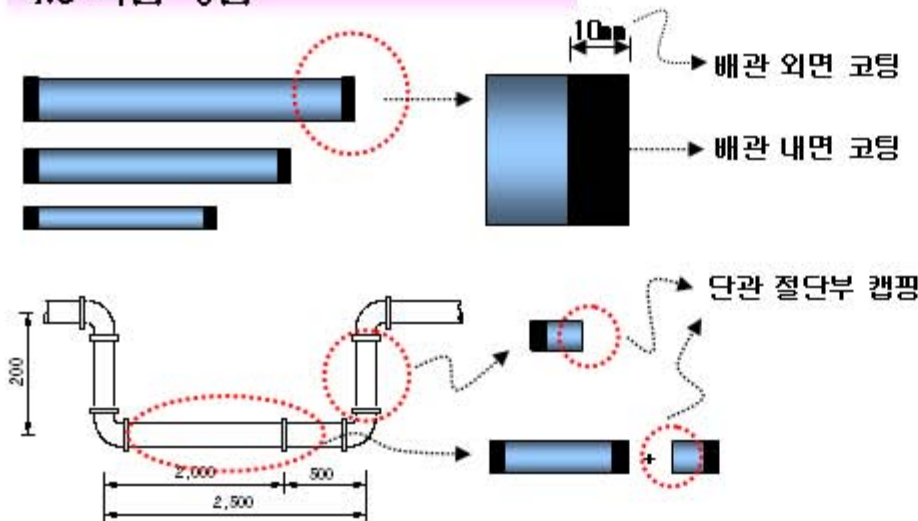


# 4. A1-Joint Coating 기술

## 4.2 작업 Flow (즉시설치)



## 4.3 작업 방법

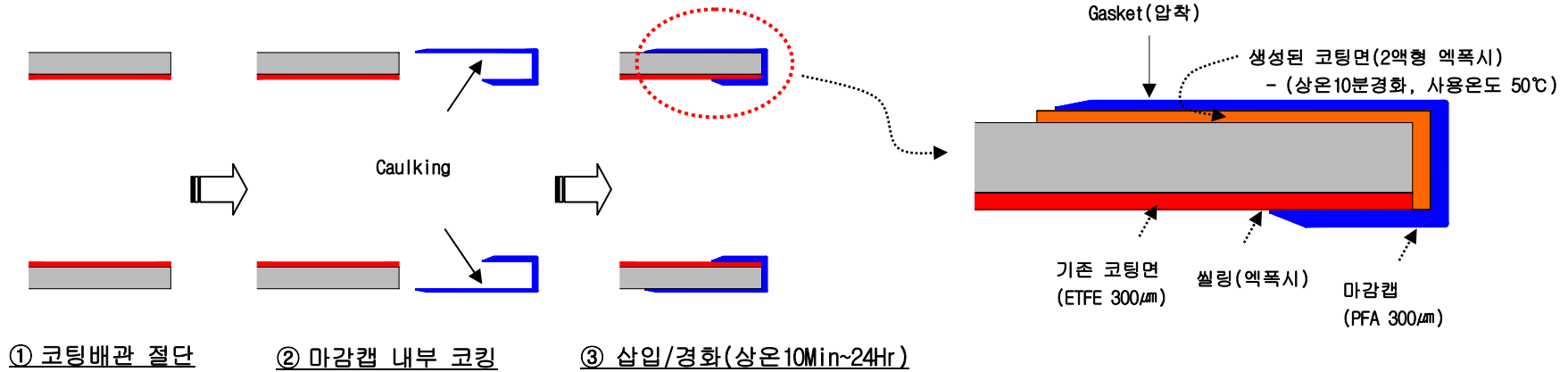


- ◇ Module 化(Fitting)
    - Inside AUTO Welding 방식으로 최적의 Coating 환경
  - ◇ 실측 後 현장에서 즉시 절단하여 사용
    - 최대 공사시간 90% 단축
  - ◇ Revision, Modify 時 : 100% 재사용
- ※ 코팅 배관 길이(ETFE Coating 300 $\mu$ m)
- 2" ( $\phi$  50.8) ~ 2 1/2" ( $\phi$  63.5): 1M
  - 3" ( $\phi$  76.3) ~ 4" ( $\phi$  101.6): 1.5M
  - 5" ( $\phi$  127)이상: 2M

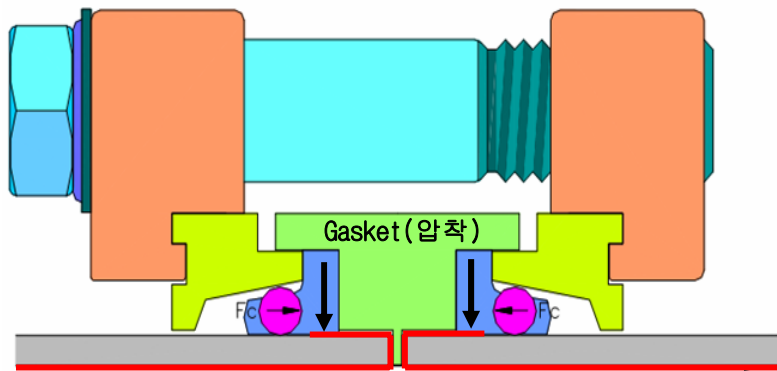


# 4. A1-Joint Coating 기술

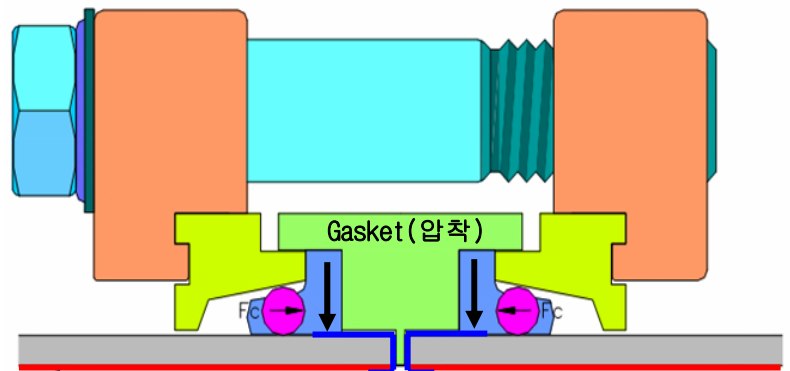
## 4.4 캡핑 방법 (PFA Round Bar)



### ◆ 조립 단면도(기존 코팅면)



### ◆ 조립 단면도(마감 캡핑)



기존 코팅면  
(ETFE 300µm)

마감캡  
(PFA 300µm)

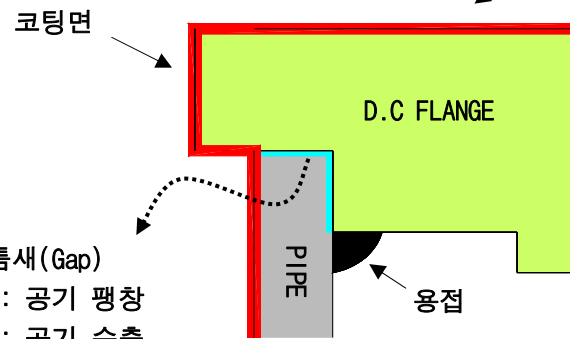
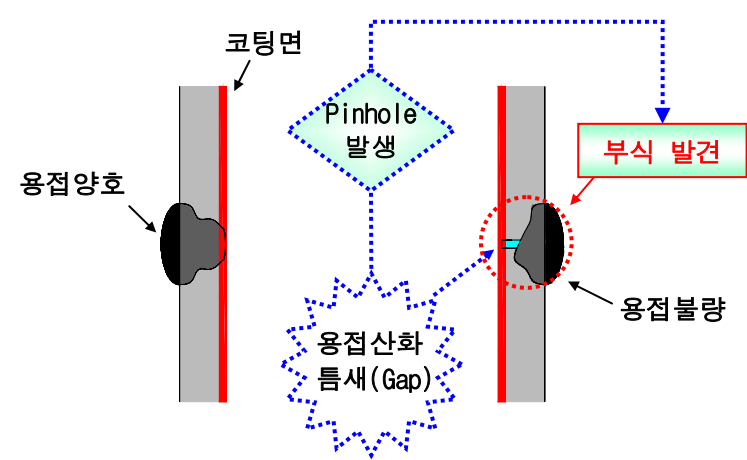
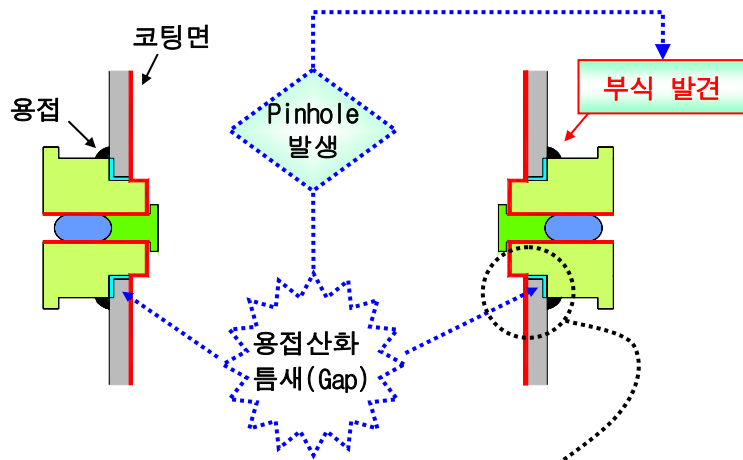


# 5. 현행 공법과 코팅

## 5.1 현행 공법의 구조와 코팅

### ◇ D.C FLANGE WELDING(N.W, S.P 동일)

### ◇ PIPE BUTT WELDING



※ 틈새 (Gap)  
가열: 공기 팽창  
냉각: 공기 수축  
→ 틈새의 넓이에 반비례하고  
깊이, 길이에 비례하여 Pinhole 발생

### ◇ 소재의 구조적 결함(Flange 형상 및 용접)

#### ◇ 외경용접 영향(외부용접)

- 배관 내경보다 Flange 내경이 작아 내면 용접 난이함
- 내부 용접부 산화 및 틈새형성으로 코팅시 Pinhole
- 틈새는 코팅공정에 치명적 결함원인

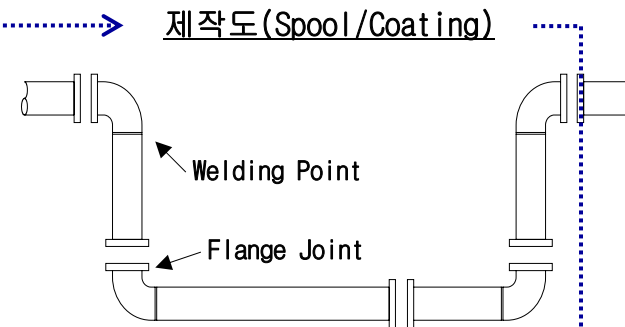
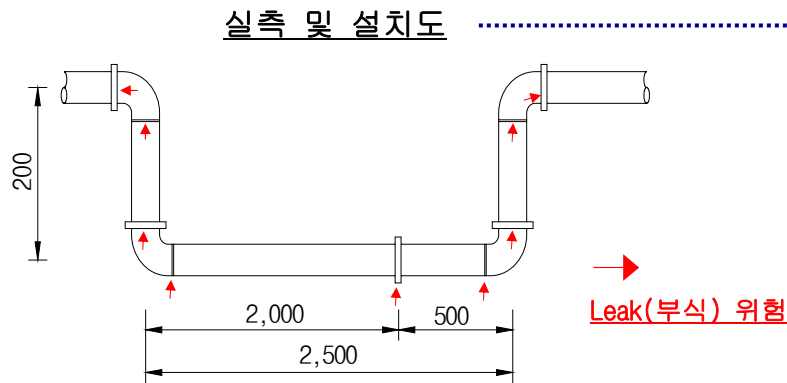
#### ◇ 틈새가 코팅에 미치는 영향(틈새는 코팅이 불가함)

- 도막 두께에 따라 여러 번의 가열과 냉각과정이 이루어지며 틈새안의 공기는 수축의 팽창과 수축과정을 거치게 된다.
- 이때, Teflon Coating 층이 쉽게 파괴되어 Pinhole이 발생된다.



# 5. 현행 공법과 코팅

## 5.2 현행 공법의 Spool 코팅



Coating (Spray Gun)

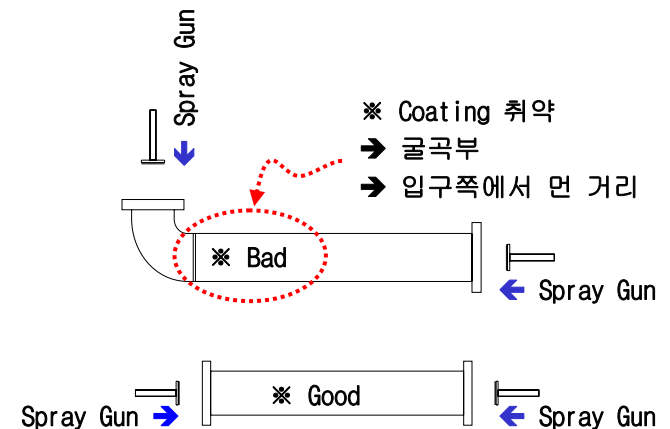
### ◆ Spool 형상과 Coating 품질

#### ◇ Spool 제작 → Coating 방식

- Spool이 길고 불규칙하여 Spray 분사 방식의 코팅에 부적합함
  - ※ Coating Spray Gun 진입이 어려움
  - ※ Pinhole Test 자체가 어려움
- Coating 품질 확보에 어려움

#### ◇ Module 제작 → Coating 방식(All Flange 접합방법)

- 배관과 부속품 끝단에 제작 Flange를 취부/용접하여 시공함
  - ※ Coating 품질 향상을 기대할 수 있으나 공사비가 최고임
- 현장 제작/용접 방식: 작업자에 의한 품질 결정(起伏 심함)
- 공사비에 비해 재사용성이 떨어짐(부속품만 재사용)
- 공사기간이 최고로 길어 Hook-Up 접근이 현실적으로 어려움



# 6. 기대효과

## 6.1 현행 공법과의 비교

구분	Welding + Flange				ALL Flange				A1-JOINT			
개념도												
품명	단위	수량	단가	소계	단위	수량	단가	소계	단위	수량	단가	소계
Elbow	EA	2	17,550	35,100	EA	2	17,550	35,100	SET	2	248,809	496,618
Flange	EA	4	14,484	57,736	EA	8	14,484	115,472	-	-	-	-
Gasket	EA	2	16,824	33,648	EA	4	16,824	67,296	-	-	-	-
Welding Point	P/T	10	56,000	560,000	P/T	18	56,000	1,008,000	-	-	-	-
Flange 취부	개소	4	26,000	104,000	개소	8	26,000	208,000	개소	4	40,000	160,000
[ 합 계 ]	790,484				1,433,868				656,618			
경제성	<b>B</b>				<b>C</b>				<b>A</b>			
공 기	<b>B</b>				<b>C</b>				<b>A</b>			
품 질	<b>C</b>				<b>B</b>				<b>A</b>			
장단점	- 초기 투자비는 다소 저렴하나 공사시간이 가장 길고 품질이 가장 나쁘다 - 재사용이 불가능 Modify, Revision에 대처가 힘들다				- 품질은 신뢰할 수 있으나 공기 및 공사비가 가장 많이 투입됨 - 일부 재사용이 가능 부속품은 재사용이 가능하나 배관(직관)은 재사용이 어렵다				- 매우 경제적이며 공기가 가장 짧고 품질이 매우 우수함 - 재사용성이 뛰어나다 부속 및 배관(직관)부 100% 재사용 - 투자된 자재의 자산화 가능			



# 6. 기대효과

## 6.2 공기단축

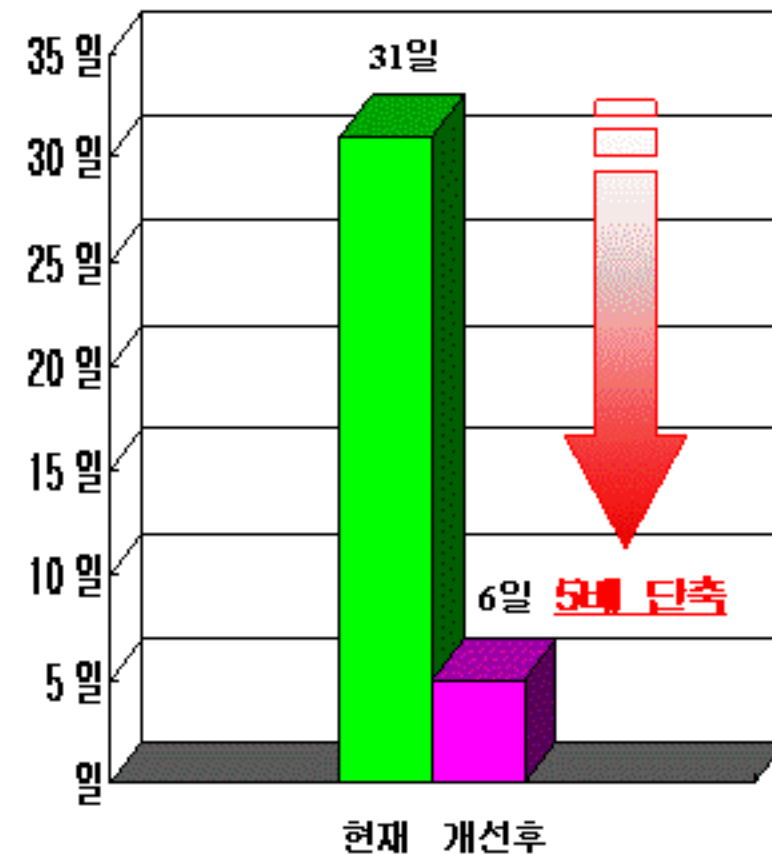
◆ A1-JOINT → Teflon Coating 배관의 시공법은 非 Coating 배관과 동일함 (절단부 캡핑 방식)

구분	작업순서	소요일	
		현재공법	개선공법
C/R 작업	현장실측	1	1
Shop 작업	SPOOL 제작	5	2
C/R 작업	SPOOL 설치	15	15
	SPOOL 철거	1	-
사외 작업	COATING	17	-
	PINHOLE TEST	1	-
C/R 작업	SPOOL 반입	1	-
	SPOOL 재 설치	2	-
	SUPPORT 설치	1	1
	TURN-ON	0.5	0.5
총 소요기간(日)		31	6

\* PE-CVD 장비 기준

구분	현재	개선 후	증감	비율
총 소요기간	31일	6일	-25	-80%

\* 공사기간 : 현행 대비 5배 단축

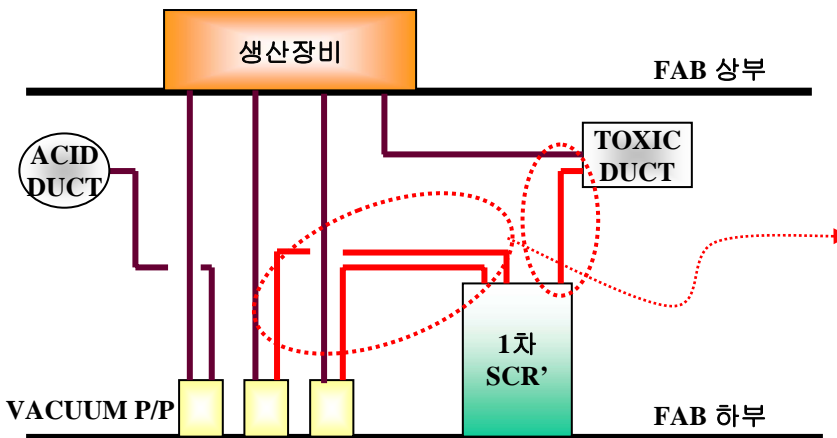


# 7. 적용 사례

## 7.1 적용 장비 및 공정

공정명	MAIN 장비명	Process GAS	Cleaning GAS	END-USER	적용 FAB	비고
CVD	CENTURA-5200(WxZ)	WF6, SiH4	NF3	Hynix / MagnaChip	M3~M11 / M4,6	
	P-5000W	WF6, SiH4	NF3	Hynix / MagnaChip	M3~M11 / M4,6	
	MBB-730	WF6, SiH4	ClF3	Hynix / MagnaChip	M3~M11 / M4,6	
	HDP-CVD	SiH4, O2	NF3	Hynix / MagnaChip	M3~M11 / M4,6	
	W-CVD	SiH4, WF6	NF3	Hynix / MagnaChip	M3~M11 / M4,6	
	C-5200 Wxz	SiH4, WF6	NF3	Hynix / MagnaChip	M3~M11 / M4,6	
	Unity-EP	TiCl4, NH3	ClF3	Hynix / MagnaChip	M3~M11 / M4,6	

## 7.2 부식 발생 POINT 및 발생 빈도



구분		발생빈도	비고
IN-LINE	BELLOWS	3	
	PIPE	4	
SCRUBBER		Other Scope	
OUT-LINE	BELLOWS	1	
	PIPE	2	
	DAMPER	5	
	HOPPER	6	



# 8. 불소수지 물성 표

항 목		단 위	PVDP	FEP	ECTFE	PTFE	ETFE	PFA	ASTM 시험법
물리적 성질	비 중	℃	1.75 ~ 1.78	2.12 ~ 2.17	2.1 ~ 2.2	2.1 ~ 2.2	1.73 ~ 1.75	2.12 ~ 2.17	D792
	응 점		168 ~ 171	265 ~ 285	210 ~ 212	327	265 ~ 270	302 ~ 310	
기계적 성질	인장 강도	kg/cm <sup>2</sup>	450 ~ 525	190 ~ 220	300 ~ 400	280 ~ 350	410 ~ 470	320	D638
	압축 강도	kg/cm <sup>2</sup>	475 ~ 670	130 ~ 150	320 ~ 520	120 ~ 160	190 ~ 220	-	"
	신 율	%	50 ~ 100	250 ~ 330	80 ~ 250	200 ~ 400	420 ~ 440	280	"
	인장탄성율	10 <sup>3</sup> kg/cm <sup>2</sup>	8.0 ~ 8.5	3.5	10 ~ 20	4	5 ~ 8	-	"
	굽힘탄성율	10 <sup>3</sup> kg/cm <sup>2</sup>	14 ~ 15	6.7	17.6	3.5 ~ 6.3	27	6.7	D790
	경 도	로크웰	R110	R25	R75 ~ 95	R18	R50	R30	D785
	마찰 계수	對銅	0.14~0.17	0.04 ~ 0.05	0.08	0.04	0.20	-	
열적 성질	열전 도율	Kcal/mh℃	0.20	0.21	0.15	0.20	0.18	0.22	C177
	열팽창계수	10 <sup>5</sup> /℃	12 ~ 15	9	10	10	9.4	12	D696
	연 소 성		자기소화	불연	불연	불연	불연	불연	D635
	연속사용온도	℃	150	200	180	260	180	260	
	비 열	Cal/g/℃	0.33	0.28	0.22	0.25	0.46	0.25	
	온도 변형	4.6kg/cm <sup>2</sup> 18.5kg/cm <sup>2</sup>	℃ ℃	149 90	72 50	115 76	121 55	104 74	- -
화학 적 성질	내약품성		양호	우수	양호	우수	우수	우수	D534
	흡수율	%	0.03	0.01>	0.001>	0.01>	0.01>	0.03	D570
	가스투과계수 O <sup>2</sup>	Co·mil	3.3 ~ 4.0	300 ~ 900	4 ~ 90	1050	148	-	D1434
" N <sup>2</sup>	100in <sup>2</sup> ·2 4hr·atm	0.9 ~ 21	150 ~ 170	1.5 ~ 22	390	45	-	"	
전기 적 성질	체적고유저항	Ω-cm	2~6 x 10 <sup>14</sup>	10 <sup>18</sup>	>10 <sup>18</sup>	10 <sup>18</sup>	10 <sup>17</sup>	10 <sup>18</sup>	D257
	유전율(60Hz~10 <sup>9</sup> Hz)		3~11	2.1	-	2.1	2.4 ~ 2.6	2.1	D150
	유전정접60Hz		0.05	0.0003	0.015	0.0001>	0.0001>	0.0002>	"
	" 10 <sup>3</sup> Hz		0.018	0.0002	0.023	0.0001>	0.0005	0.0002>	"
	" 10 <sup>6</sup> Hz		0.16	0.0007	0.012	0.0001>	0.0032	0.0003>	"
	" 10 <sup>9</sup> Hz		0.11	0.0005	0.01	0.0004	0.01	-	"
	내전압(short time)	Kv/0.1mm	9	12 ~ 13	12 ~ 13	8 ~ 10	12	15	D149
내아크성	Sec	50 ~ 70	>300	>360	>300	120	>300	D495	

출처 : 산업자원부 (불소수지계 코팅열교환기의 개발, III)

