

Suitable Use of Volatile Corrosion Inhibitor Materials for the Corrosion Preventive Packaging

방청포장의 지침과 기화성 방청재료의 사용

定家惠實 / 라이온(주) 생산기술연구본부
용기·포장기술연구소

I. 서론

철강제품을 녹으로부터 막는 기술인 ‘방청포장’이 크게 발전한 것은 반세기 이상 전인 제2차 세계대전 말의 일이다. 무기의 부식을 해결하기 위해 미국에서 연구가 추진되었고, 미군과 영국에서 규격이 제정되었다. 반세기 이상의 시간이 흐른 현재에도 계속해서 이어지고 있는 오래된 기술이다.

방청포장을 할 때에는 당연하지만 사용되는 방청재료의 성능을 이해하는 것이 필요하다. 이 글에서는 방청포장의 지침을 바탕으로, 방청포장으로 사용되는 방청지를 비롯해 기화성 방청재료의 최신 동향에 관해 설명한다. 또한 일본의 방청포장 지침인 JIS Z 0303에 관한 요점을 서술한다.

II. 방청포장방법의 규격

1. 포장의 구분

일본의 방청포장 지침은 JIS Z 0303 ‘녹 방지 포장방법 통칙’이다. 이 규격은 미군 사양서 MIL-P-116B를 참고해 1959년에 제정되었다. 2009년 개정을 통해 내용이 크게 변경되었다.

필자는 그 개정작업에 주체로써 참가했다. 이후 지금까지 개정은 없다.

이 규격은 [표 1]에 나타난 것처럼 방습포장·방수포장·일반(방습도 방수도 아닌)포장·제습포장·탈산소포장의 5가지로 나뉘어 있다.

그 가운데 방습, 방수, 일반의 3가지 포장방법의 경우, 이용하는 방청처리재료에 따라 더욱 세밀하게 분류되고 있다. 개정본에서는 건조제와 탈산소제를 방청유 등과 동

[표 1] JIS Z 0303의 분류

포장방법의 종류		방청처리재료 a)		외부포장의 필요성
RP1	방습포장	RP1-P1	방청유	방습재료가 필수
		RP1-P2		강성 용기가 필수
		RP1-V	기화성 방청제	방습재료가 필수
		RP1-W	수용성 방청제, 기화성 수용성 방청제	
		RP1-K1	방청지(기본형)	
		RP1-K2	방청지(배리어형)	
		RP1-F	방청필름	불필요
		RP1-S	가박성 플라스틱	
RP2	방수포장	RP2-P	방청유	방수재료가 필수
		RP2-V	기화성 방청제	
		RP2-W	수용성 방청제, 기화성 수용성 방청제	
		RP2-K	방청지(기본형)	
RP3	일반포장	RP3-P	방청유	비방습, 비방수의 재료가 필수
		RP3-V	기화성 방청제	
		RP3-W1	수용성 방청제, 기화성 수용성 방청제	강성 용기가 필수
		RP3-W2		
		RP3-K	방청지(기본형)	불필요
RP4	제습포장	RP4-1	건조제	방습재료가 필수
		RP4-2		밀봉 강성 용기가 필수
		RP4-3		방습재료가 필수
RP5	탈산소포장	RP5	탈산소제	하이배리어재료가 필수

주 a) JIS에서의 표현은 '방청'을 '녹 방지', '배리어'를 '방습', '기본'을 '비 방습'으로 표현

등하게 취급하고, 건조제를 이용하는 포장을 제습포장, 탈산소제를 이용하는 포장을 탈산소포장으로 명명하고, 방습포장 등과 나란히 위치 부여하고 있다. 더욱이 방청처리 후에 적용된 외장에 따른 분류가 더해져 총 21가지 종류의 포장방법이 다뤄지고 있다.

21가지 종류의 방청포장방법 가운데 무엇을 이용하는 것이 좋은지를 판단하기 위해 '포장방법의 선택 지침'을 정리해 일람표를 만들어 첨부한 것이 특징이다. 실제 표는 A3 크기이지만, 참고하기 위해 일부 내용을 정리해 [표 2]에 나타냈다.

이 규격은 포장 대상을 강철로 한정하고 있는데, 구리 등 비철금속 등의 포장에도 도움이 되는 지침이다.

참고로 JIS가 기본으로 한 미군 사양서의 MIL-P-116은 폐지되었고, 미군 규격 MIL-STD-2073-1으로 이어지고 있다. 해외에서는 MIL을 사용하고 있는 경우가 많기 때문에 주의가 필요하다.

[표 2] JIS Z 0303에 나타난 포장방법의 선택 지침 a) 부속서B로부터 발취

소재	대표적 제품	보관 환경 ^{*)}	방습포장					방수포장			일반포장			
			RP1-V	RP1-W	RP1-K1	RP1-K2	RP1-F	RP2-V	RP2-W	RP2-K	RP3-V	RP3-W1	RP3-W2	RP3-K
탄소강·합금강(열용량대 ^{*)})	공작기계·샤프트·피스톤·실린더·시험기·발동기·압축기, 두께 3mm 이상 또는 적층물	L1	○	△	○	○	○	△	△	×	△	×	△	×
		L2	○	△	○	○	○	△	△	△	△	×	○	×
		L3	○	○	○	○	○	○	△	○	△	△	○	△
		L4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
공구강	칼·공구·지그·베어링	L1	○	△	○	○	○	△	×	△	△	×	△	×
		L2	○	△	○	○	○	○	△	○	△	△	○	△
		L3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○
		L4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
주철	엔진·트랜스미션·클러치·건설기계·농업기계	L1	○	△	○	○	○	△	×	×	△	×	×	×
		L2	○	△	○	○	○	△	△	△	△	△	△	×
		L3	○	△	○	○	○	△	△	△	△	△	○	×
		L4	○	○	○	○	○	○	△	○	△	△	○	△
스테인리스강(열용량소 ^{*)})	프레스제품·파이프·칼·볼트·너트	L1	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△
		L2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		L3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		L4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
각종 도금강(열용량소 ^{*)})	전지·캔·제작용·가전제품	L1	△	△	○	○	○	△	△	○	△	△	△	○
		L2	○	△	○	○	○	○	△	○	○	△	△	○
		L3	○	△	○	○	○	○	△	○	○	△	△	○
		L4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○

주 a) 기호의 의미 ○ : 권장하는 방법, △ : 주의해 사용해야만 하는 방법, × : 이용하지 않는 방법
 다종의 소재가 혼재하고 있는 경우에는 가장 녹슬기 쉬운 소재에 맞춰 방청방법을 선택한다.
 보관환경은 공조가 없는 옥내를 기준으로 해 그것 이상의 가혹한 환경에 있으면 레벨을 하나 올린다.
 주 b) L1 : 1년 이상의 보관이나 수송포장, L2 : 1년 정도의 보관, L3 : 수개월 정도의 보관, L4 : 1개월 미만의 보관
 주 c) 열용량대 : 두께가 있는 중량물로 결로하기 쉬운 제품, 열용량소 : 두께가 얇은 경물질로 결로하기 어려운 제품

2. 청정(포장의 전처리)

JIS Z 0303 : 2009에는 포장 전에 하는 청정에 관해서도 정의하고 있다. 금속표면에 부착하고 있는 이물질이나 오염은 방청처리재료의 작용을 막을 뿐만 아니라 부식성 인자가 되고 있다([표 3]을 참조).

분진 등의 고체가 금속표면에 부착하면 분진과 금속표면 사이에 생긴 작은 틈에서 틈손의 법칙에 의해 결로하기 쉬워지고, 원래라면 결로하지 않을 습도에서도 결로가 생긴다. 또한 염분류가 부착하면 포화수증기압이 저하해 상대습도가 100%에 도달하지 않아도 수증기가 응축해 물이 된다.

[표 3] 대기 부식 인자

환경에 기인한 것	결로(습도), 강수, 기온, 풍속, 먼지, 매진, 도로 결로 방지제, 해염입자(NaCl, MgCl ₂ , CaCl ₂ , 기타), 대기오염물질(SO _x , NO _x , H ₂ S, NH ₃ , 부유입자상 물질, VOC 외)
포장자재에 기인한 것	pH, Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , 개미산, 기타 전해질
금속에 기인한 것	오염(땀, 가공유제, 먼지), 표면의 세공

[표 4] JIS Z 0303의 방청처리재료의 종류

재료명 ^{a)}	종류	기호 ^{b)}	제품규격	참고
방청유	지문제거형	NP-0	JIS K 2246	저점도 유막
		용제회석형		NP-2, NP-3-1
	NP-3-2			중고점도 유막
	NP-1			경질막
	NP-19			투명, 경질막
	페트롤레이텀형	NP-6		연질막
	윤활유형	NP-8, NP-9, NP-10-1		저점도 유막
		NP-7, NP-10-2		중점도 유막
		NP-10-3		고점도 유막
	기화성	NP-20-1		저점도 유막
NP-20-2		중점도 유막		
규격 외, 일반	OP	-	생략	
방청제	기화성	NV	JIS Z 1519	밀봉공간처리, 피복
	수용성	OW-1	-	피복, 침적보관, 충전(탱크 등의 내면)
	기화성 수용성	OW-2	-	
방청지	기화성	NK-1(기본형) ^{c)}	JIS Z 1535	랩핑, 판형 제품의 합지(기본형에 한정), 밀봉공간처리(기본형에 한정)
		NK-2(배리어형) ^{c)}		
	일반	OK-1(기본형) ^{c)}	-	
		OK-2(배리어형) ^{c)}	-	
방청필름	기화성	OF-1	-	랩핑, 파우치로써, 스트레치포장
	일반	OF-2		
가박성 플라스틱	도장형	NS	JIS Z 1708	생략
	열간침적형	OS	-	
건조제	실리카겔	NDC	JIS Z 0701	생략
	기타	ODC	-	
탈산소제		ODT	-	하이배리어필름 등으로 밀봉

주 a) JIS에서의 표현 '방청'을 '녹 방지'로 표현

주 b) 기호의 의미 N : 제품규격에 합격, O : 규격 외 또는 무 규격

주 c) JIS에서의 표현 '배리어형'을 '방습형', '기본형'을 '비 방습형'으로 표현

이러한 이물질이나 염분류의 부착은 방청포장에 있어서 장애가 되기 때문에 세척을 통

[표 5] 방청제 · VCI의 종류^{a)}

대상 금속	방청제 · VCI	주요 사용형태		
		방청지	방청필름	분말 · 정제
철강	디사이클로헥실아민=아질산염(DICHAN)	◎	△	◎
	디소프로필아민=아질산염(DIPAN)	-	-	◎
	아질산나트륨	◎	◎	-
	사이클로헥실아민=사이클로헥실칼바민산염(CHC)	-	-	◎
	아질산나트륨+요소	◎	-	-
	DICHAN+벤조산암모늄	-	-	◎
	각종 아민=카르보산염	◎	◎	◎
	다양한 아민	○	○	△
	다양한 카르보산	○	○	◎
	벤조산나트륨	◎	◎	○
구리/구리 합금	1,2,3-벤조트리아졸(BTA)	◎	◎	◎
	트릴트리아졸(TTA)	◎	-	○
	이미다졸류	-	-	○
	티아졸류	-	-	○
아연	3-메틸-5-피리졸론	◎	-	△

주 a) 기호의 의미 ◎ : 자주 사용된다, ○ : 비교적 자주 사용된다, △ : 사용될 가능성이 있다, - : 사용하지 않는다

해 없앨 필요가 있다.

일부 방청유 등을 제외한 대부분의 방청처리재료는 금속표면에 부착하고 있는 이물질이나 오염을 제거하는 작용을 가지고 있지 않기 때문에 청정이 불충분한 채로는 충분한 방청성능을 기대할 수 없다.

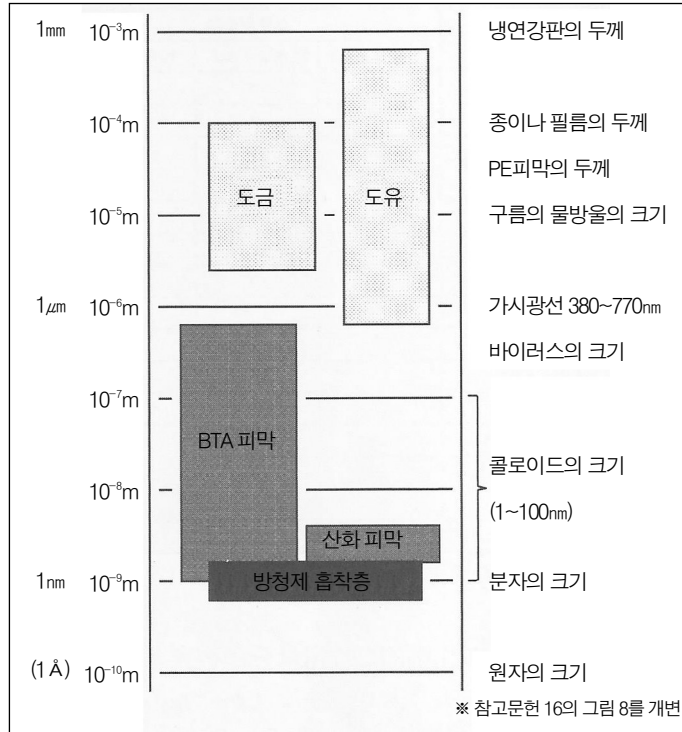
3. 규정되고 있는 방청처리재료

JIS Z 0303 : 2009에 규정된 방청처리재료를 [표 4]에 정리했다. 당연한 일이지만, 철강용 방청제뿐이다. 방청유에 관한 설명을 생략하고, 유막의 딱딱함 등을 나타내는 것에 머물렀다. 상세한 내용은 제품 규격인 JIS K 2246 ‘방청유’를 참고하길 바란다.

한편 방청지 · 기화성 방청제(태블릿이나 분말 등) · 방청필름에 관해서는 어떻게 사용할지에 관해 참고편에서 간결하게 소개하는데, 3가지 방청처리재료의 제품규격은 JIS Z 0303이 개정된 2009년 이후에 개정이나 제정이 이뤄져 JIS Z 0303 : 2009의 분류와는 괴리가 있다. 다음에 설명하도록 한다.

또한 수용성 방청제 · 기화성 수용성 방청제 · 가박성 플라스틱 · 건조제 · 탈산소제에 관한 설명은 지면 관계로 생략한다.

[그림 1] 방청제의 크기



III. 방청제의 종류와 특징

이 글에서 설명하는 ‘방청지’ · ‘기화성 방청제(태블릿이나 분말 등)’ · ‘방청필름’의 3가지에 공통하는 것이 방청제이다. 방청제 중에서 기화성을 가지는 것을 기화성 방청제라고 하는데, 앞에서 설명한 ‘기화성 방청제(태블릿이나 분말 등)’로

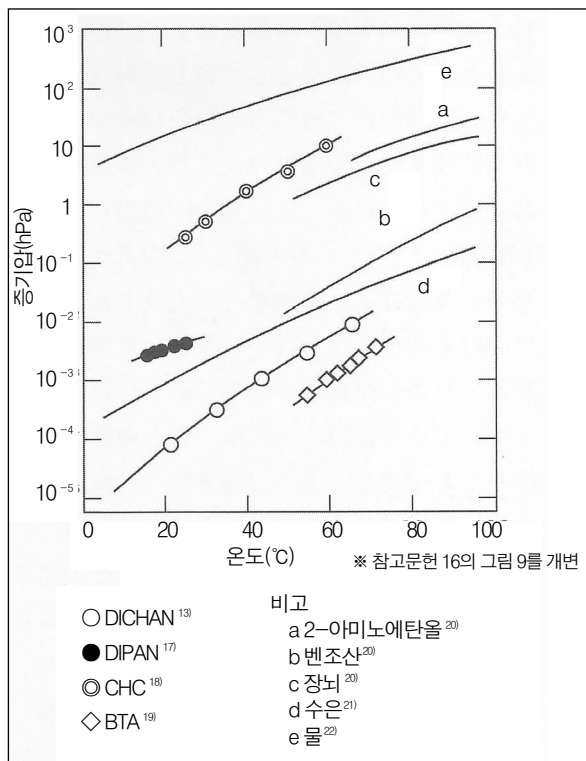
혼동하기 쉽기 때문에 다음에 ‘기화성 방청제’를 일반명으로 사용할 때에는 ‘VCI(Volatile Corrosion Inhibitor)’라고 한다.

방청유와 함께 방청포장에서 중요한 방청처리재료는 방청지, 방청필름, 기화성 방청제이다. 방청지는 방청제나 VCI를 종이에 응용해 사용하기 쉽게 한 것으로, 방청지에 사용할 수 없는 VCI도 존재하고, 반대로 방청지에 특히 적합한 VCI나 방청제도 있다. [표 5]에 주요한 방청제와 VCI의 종류를 대상 금속별로 나타냈다. 또한 그러한 것들이 방청지나 방청필름에 사용될지, 정제나 분말 형태의 기화성 방청제로 이용될지를 나타냈다. [표 5]와 같이 철강을 대상으로 한 VCI에는 아질산염이 적합하다. 즉 디사이클로헥실아민의 아질산염(DICHAN)은 최초로 발명된 VCI이다. 이것을 종이에 응용한 것이 최초의 기화성 방청지이다. 이 물질은 분말인 채로 포장 안에 살포해 사용된다. CHC는 비교적 기화성이 높은 방청제로, 분말로 사용되지만 기화성이 너무 높아 방청지에는 사용되지 않는다. 이와 반대로 아질산나트륨은 분말로 사용되지 않지만, 방청지에는 기본적으로 이용되고 있다. 이들 철강용 방청제 외에 구리용 방청제인 1, 2, 3-벤조트리아졸(BTA)과 아연용 방청제인 3-메틸-5-피라졸론이 있다. 이처럼 포장되는 금속에 따라 방청지는 다르다. 만약 아질산염을 구리나 아연에 사용하면, 효과가 없을 뿐만 아니라 악영향을 미칠 수 있고, 반대로 구리용이나 아연용 방청제는 철에 대한 실용

[표 6] 방청지의 종류

종류	이용할 수 있는 주요 방청제	JIS에서의 구분			
		Z 1535		Z 0321	
		최신판	구판		
철강 전용 기화성 방청지	DICHAN	S형	L형	-	
	각종 아민의 카르보산염 및 아질산나트륨+요소 및 벤조산나트륨	H형	H형	-	
구리/구리합금용 기화성 방청지	1, 2, 3-벤조트리아졸(BTA)	-	-	1종이나 2종	
	트릴트리아졸(TTA)				
	이미다졸류				
철/구리 공용 방청지	철강용 VCI(비 아질산) 및 구리용 VCI	EL형, 접촉식	-	1종이나 2종	
주석 도금 강판용 방청지	철강용 VCI(비 아질산)	접촉식	-	-	
아연 도금 강판용 방청지	코일, 절판용	3-메틸-5-피라졸론 및 철강용 VCI(비 아질산)	접촉식	-	-
	자동차 부품 KD 곤포용	고기화성 VCI(비 아질산)	H형	-	-
은용 방청지	-	-	-	-	

[그림 2] VCI의 기화성 크기



적 효과가 없다.

이처럼 방청제나 VCI는 그 성능을 발휘하는 대상금속이 한정되는데, 그 이유는 작용하는 기구에 있다. 즉, 방청제 등은 방청유의 도막과 같은 물리적 배리어효과가 아니라 금속표면에서 화학적 작용을 하고 있다. 화학적 작용이기 때문에 방청의 대상이 되는 금속은 한정된다. 바꿔 말하면 모든 금속에 대해 효과가 있는 방청제나 VCI 등은 존재하지 않는다. 이 화학적 작용은 분자의 크기로 발휘된다. 나노 스케일 세계의 이야기이기 때문에 방청제가 금속에 작용하고

있다는 것은 육안은 물론 현미경을 이용해도 볼 수 없다. [그림 1]에 방청제 흡착층 등의 크기를 도금이나 방청유 등과 비교해 모식적으로 나타냈다. 방청제에 관한 것을 흰 부분으로 나타냈는데, 방청제의 흡착층은 가시광선의 파장보다도 2~3자리 작고, 방청유의 1/1,000에서 1/100만 정도로 작다. 이처럼 방청제의 필요량은 매우 적어도 충분하다. 방청유에 비해 적은 양으로 효과를 발휘하는 것이 최대 특징이다. 사용량이 적다는 것은 자원의 낭비를 피할 수 있을 뿐만 아니라 폐기물이 저감되고 환경에 친절하다는 뜻이 된다.

VCI는 금속 표면에 도달하지 못하면, 그 효과를 발휘하는 것이 불가능하다. VCI는 방청지나 방청필름의 경우에도 정제나 분말로 있어도 대기 중 이동하는 것이 요구된다. 그러나 VCI의 기화성은 매우 작다. 문헌에서부터 모은 데이터를 정리해 [그림 2]에 나타냈다. [그림 2]와 같이 VCI의 증기압은 물보다도 작다. 기화성이 큰 VCI로 유명한 CHC는 장뇌보다 약간 큰 증기압을 가지고 있는데, 그것조차도 물에 비해 1~2자리 작은 레벨이다. 유명한 DICHAN의 증기압은 물의 약 1/10만에 불과하지만, 수은보다도 대략 1자리 작은 레벨이다.

기화성이 없는 것은 말할 것도 없고, 반대로 너무나도 기화성이 크면 실용에 지장이 있어서 VCI에는 적당한 증기압인 것이 요구된다. 그런데 증기압이 알려진 VCI는 조금밖에 안 된다. 기화성의 크기가 실용에 적합한지 어떤지는 JIS나 NACE에서 정해지고 있는 기화성 방청성능을 평가하는 시험에 의해 확인할 수 있다.

IV. 방청지

1. 규격과 대상금속

방청지의 최초 규격은 JIS Z 1519 ‘기화성 녹 방지재’이다. 당시 세상에 존재하던 VCI는 DICHAN뿐이었다. 그래서 DICHAN이 기화성 방청제와 함께하는 형태로 제정되었다. 방청지의 생산 개시로부터 몇 해가 지난 1959년의 일이다. 그 후 1973년에 JIS Z 1535 ‘기화성 녹 방지 종이’로써 분리 독립하고, 나아가 몇 번의 개정을 거쳐 최신판에 이르렀다. 최신판을 개정할 때에는 이 규격이 방청의 대상으로 하고 있는 것이 철강인 것에서부터 규격의 명칭에 ‘철강용’을 더하고, 기화성이 거의 없는 접촉식 방청지까지 커버하기 위해 ‘기화성’을 뺐다.

강철용 방청지 이외에는 구리용 방청지의 규격이 있어서 현재 방청지의 JIS는 이 2가지이다. 그러나 방청지는 이 2가지 종류만 있는 것은 아니다. [표 6]에 나타난 것처럼 대상금속에 따라 다양한 방청지가 개발되고 있고, 철과 구리가 공존하고 있을 때에 사

[표 6] 방청지의 종류

종류	이용할 수 있는 주요 방청제	JIS에서의 구분			
		Z 1535		Z 0321	
		최신판	구판		
철강 전용 기화성 방청지	DICHAN	S형	L형	-	
	각종 아민의 카르본산염 및 아질산나트륨+요소 및 벤조산나트륨	H형	H형	-	
구리/구리합금용 기화성 방청지	1, 2, 3-벤조트리아졸(BTA)	-	-	1종이나 2종	
	트릴트리아졸(TTA)				
	이미다졸류				
철/구리 공용 방청지	철강용 VCI(비 아질산) 및 구리용 VCI	EL형, 접촉식	-	1종이나 2종	
주석 도금 강판용 방청지	철강용 VCI(비 아질산)	접촉식	-	-	
아연 도금 강판용 방청지	코일, 절판용	3-메틸-5-피리졸론 및 철강용 VCI(비 아질산)	접촉식	-	-
	자동차 부품 KD 곤포용	고기화성 VCI(비 아질산)	H형	-	-
은용 방청지	-	-	-	-	

[표 7] 방청지의 JIS

JIS	종류	대상금속	기화성 방청성능	접촉 방청성능	PE에 대한 영향	배리어성(투습도)
JIS Z 1535	기화성	표준형	기본형	표준	있음	없음
			배리어형			-
		속효형	기본형	속효		없음
			배리어형			-
		완효형	기본형	완효		없음
			배리어형			-
	접촉식	기본형	거의 없음	-		
		배리어형		50g(m ² ·d) 미만		
JIS Z 0321	1종	구리	있음	있음	없음	
		황동	없음	없음		
		인청동				
	2종	구리	있음	있음	없음	
		황동				
		인청동				

용할 수 있는 철/구리 공용의 방청지나 도금 강판용 방청지가 있다. 이들 방청지에 관해서는 개별 JIS는 제정되지 않았다.

[표 6]에는 각각의 방청지가 어떠한 방청제를 이용하고 있는지를 나타내고, 더욱이 JIS

에서의 분류에 관해서도 기재했다. [표 7]과 함께 보길 바란다.

시판하고 있는 철강 전용의 기화성 방청지는 DICHAN을 이용하고 있는 S형 또는 기화성 방청성능이 높은 H형이 있는데, H형으로 분류되는 방청지에는 아질산나트륨을 이용하는 것이 많다.

철/구리 공용 방청지는 JIS Z 1535와 JIS Z 0321의 두 가지 규격에 의해 규정되고 있고, JIS Z 1535에 의한 분류에서는 기화성 방청성능이 느린 EL형이, 기화성 방청성능이 거의 없는 접촉식 방청지가 된다. 또한 도금 강판용 방청지는 접촉식 방청지가 된다. EL형과 접촉식 방청지의 기화성 방청성능이 미약한 것은 구리에 대한 악영향을 회피하기 위해 기화성 방청성능이 큰 아질산계의 철강용 방청제가 사용되지 못하는 것에 따른다.

한편, 은용 방청지는 부식성 인자인 유황 화합물을 트랩하는 작용으로 은을 보호하는 방법이 주류이지만, VCI에 의한 방법도 가능성이 있다.

참고로 JIS Z 1535와 JIS Z 0321의 내용을 정리해 [표 7]에 나타냈다. JIS Z 1535에 관해서는 이미 서술했기 때문에 JIS Z 0321에 관한 설명만을 덧붙인다. 구리용 방청지는 구리 전용인지, 황동이나 인청동에도 사용할 수 있는지에 따라 1종과 2종으로 분류되는데, 기화성 방청성능과 접촉방청성능이 함께 요구된다.

어느 쪽의 JIS에도 방청성능 이외의 규정이 있지만, 지면 관계로 상세한 해설은 생략한다. JIS 이외의 규격으로는 JIS Z 1519의 제정 시에 참고한 미군 규격(사양) MIL이 유명하지만, MIL의 체계 안에서는 구리용 방청지의 규격은 없다. 또한 국제 규격인 ISO에는 철용 방청지를 비롯해 방청지의 규격은 제정되지 않았다.

2. 구성과 품질

[표 4]에 나타낸 것처럼 방청지의 사용법에는 포장재료로써 랩핑으로 사용하는 것 외에 합지로써의 사용법과 밀봉공간처리(JIS Z 0303에서 만든 용어)의 사용법이 있다. 밀봉공간처리란, 폴리에틸렌 파우치나 플라스틱 케이스 등의 밀봉공간 안에서 금속제품과 동거하는 사용방법이다. 랩핑으로 사용하는 것보다 소량의 방청지로 완성할 수 있어서 최근 이 사용법이 많이 적용되고 있다. [표 8]에 나타낸 것처럼 밀봉공간처리로 사용되면, 방청지는 크래프트지 등에 VCI를 도포하거나 함침하면 되고, 방습성이나 특별한 강도는 필요하지 않다.

이 사용법에서 주의가 필요한 것은 금속과 기화성 방청지의 거리이다. 기화성 방청지가 발명된 당시부터 ‘30cm 이내’라고 했지만, 필자가 실시한 최근 연구에서 가로방향과 세로방향에서는 상황이 다르고, 특히 가로방향에서는 꽤 단거리로 한정된다는 것을 알

[표 8] 방청지의 구성

용도	형태	구성	방청제 양
밀봉공간처리	기본형	미표백 크래프트지(40~80g/m ²)	8~15g/m ²
중포장용	배리어형	미표백 크래프트지+보강재(75~100g/m ²)	10~20g/m ²
일반포장용	배리어형	미표백 크래프트지+PE 래미네이트(60~100g/m ²)	8~15g/m ²
	기본형	미표백 크래프트지(60~100g/m ²)	8~15g/m ²
경포장용	기본형	미표백 크래프트지, 순백 롤지(40~80g/m ²)	8~15g/m ²
스파이럴포장용	기본형	크레이프지(단층, 2층, 실들이)	8~15g/m ²
금속합지용	기본형	금속합지 베이스	수 g/m ²

수 있었다.

철강제품의 합지로 사용하는 경우에는 평활성이나 평면성이 필수이기 때문에 방청지에는 일반 크래프트지가 아니라 품질이 뛰어난 특수한 종이 사용된다. 또한 철강에 접촉해 사용되기 때문에 기화성 방청성능은 필요 없지만, 앞뒤 차이가 생기지 않도록 방청제는 종이 내부까지 충분히 함침되고 있다. 당연히 배리어층이 없는 기본형은 안 된다.

또한 랩핑으로 사용하는 경우에는 포장되는 금속제품의 크기에 따라 다양해진다.

연포장 분야에서는 표백 크래프트지나 순백 롤지의 사용도 일부 보이지만, 비교적 큰 강도를 가진 미표백 크래프트지가 주류이다. 조금 더 큰 제품을 포장하는 일반포장에서는 오로지 60~100g/m²의 미표백 크래프트지가 사용된다. 부식성 인자가 되는 염화물 이온이나 황산이온을 적게 만들도록 컨트롤한 펄프를 이용해 종이를 만들고(抄造) 있다. 외국에서는 고지 펄프를 이용하는 케이스도 있는데, 고지 펄프는 버진 펄프에 비해 강도가 작고, 염화물 이온이나 황산이온 등의 부식성 인자를 컨트롤하기 어렵기 때문에 랩핑으로 사용하는 것을 피하는 것이 리스크가 줄어든다.

미표백 크래프트지 등에 방청제를 함침 또는 도포한 것이 기본형 방청지이다. 이것에 폴리에틸렌(PE)수지를 용융 압출 및 코팅해 방습성을 부여하면, 배리어형(JIS Z 0303이라는 방습형)이 된다. 배리어형이 되는지, 기본형이 되는지는 투습도로 판별하는데, JIS Z 0208 '방습포장재료의 투습도시험방법'으로 측정한 값이 50g/(m²·d) 이하면 배리어형이 된다. PE 피막의 두께의 경우, 15~20μm가 배리어형과 기본형의 경계에 있다.

실제로는 50g/(m²·d)라는 투습도 수치는 방습성으로써 보면 결코 높지 않다. JIS Z 0303에서는 방청지 이외의 방습포장재료에 관해 투습도를 15g/(m²·d) 이하로 정하고 있다. 방청지로 랩핑하면 포장의 외부에서부터 다소 수분이 침입해도 방청제의 작용으로 녹 발생을 막는 것이 가능하기 때문에 방습성은 작아도 좋다.

[표 9] 방청지의 품질

품질		관련하는 주요 구성요소	관련하는 기타 구성요소
대상 금속에 대한 방청성능	접촉방청성능	방청제의 종류, 방청제의 도포량	베이스종이의 부식성 인자 ^{a)} , 가공 시의 부식성 인자 ^{b)} , 접착제(도공타입)
	기화성 방청성능	방청제의 종류, 방청제의 도포량	접착제(도공타입)
공존하는 다른 금속에 대한 영향		방청제의 종류	베이스종이의 부식성 인자 ^{a)} , 가공 시의 부식성 인자 ^{b)} , 접착제(도공타입)
공존하는 비금속에 대한 영향		방청제의 종류	접착제(도공타입)
배리어성	방습성	복합화의 내용	-
	방수성		
	내유성		
포장적성	기계적 강도	베이스종이의 품질, 복합화의 내용	방청제의 종류, 수분
	적당한 강성		
	평면성	복합화의 내용, 가공조건	베이스종이의 품질, 방청제의 종류 · 수분
	컬		
냄새		방청제의 종류	베이스종이의 품질
리사이클성		복합화의 내용	-
유해성		방청제의 종류	-

각주 a) pH · 염화물이온량 · 황산이온량 등

PE 피막으로 생기는 최대 이점은 방습성의 부여이지만, 기화한 VCI를 포장 밖으로 산일(散逸)하지 않는 것도 놓칠 수 없다. 또한 PE 피막은 방청지의 강도 상승에 기여하지 않는다.

강도는 오로지 종이의 두께(평량)와 종이를 구성하는 펄프의 종류로 결정된다.

이러한 단순한 구성의 방청지에 대해 철강 제조사에서 철강제품(도금 강판도 포함)의 코일을 포장할 때 등 중포장에 사용되는 방청지에는 기계적 강도를 크게 하기 위해 방청제를 함침시킨 종이에 1장 더 종이를 겹치는 가공이나 수지 크로스나 필름을 접착시키는 등 다양한 복합화가 이뤄져 강도 상승이 도모되고 있다.

또한 일반 랩핑이 아니라 스파이럴 포장되는 면재료나 슬리터 코일용 방청지에는 제품에 접촉하기 쉽도록 크레이프종이가 이용된다. 즉 가로방향으로 인열하기 어려운 환망 크래프트지가 사용되는 경우가 많고, 크레이프지의 제법에서부터 종이는 2층으로 하는 것이 일반적이다. 2층 종이 사이에 실을 끼워 넣는 것으로 강도 상승을 도모하는 연구도 이뤄지고 있는데, 포장형태를 밀봉포장으로 하는 것이 불가능하기 때문에 방습성 부여는 무의미하다.

방청지에는 방청성능을 비롯한 여러 가지 품질이 요구된다. 그 개요를 간략하게 [표 9]에 나타냈다.

[표 10] 기화성 방청제의 JIS

JIS	종류		대상금속	기화성 방청성능	폭로 후의 기화성 방청성능	PE에 대한 영향	비철금속에 대한 악영향		접촉 시의 악영향	
							구리	알루미늄	강판	
JIS Z 1519	분말형 기화성 방청제	S형	철강	직접 산포	있음	없음	없음	없음	없음	
							있음	있음		
		L형		없음			없음			
				있음			있음			
		H형		없음			없음			
				있음			있음			
	성체형 기화성 방청제	S형		완호(효력 저)	있음		없음	없음	없음	없음
				있음			있음			
		L형		완호			없음	없음	없음	
				있음			있음			
		H형		속효			없음	없음	없음	
				있음			있음			
JIS Z 0320	1종	구리	있음	-	없음					
		황동	없음							
		인청동								
	2종	구리	있음	-	없음					
		황동								
		인청동								

V. 기화성 방청제

1. 규격과 품질

VCI의 일부 종류는 파우치에 충전하거나 정제로 가공하거나 카트리지가 안에 밀봉한 형태로 금속제품에 공존시켜 사용된다. 분말형태의 경우, 금속제품에 직접 산포하는 사용법도 있다. 이처럼 사용법에 따라 철강용 제품을 규정하는 것이 JIS Z 1519으로, 2013년에 개정되었다. 그 후 명칭을 변경한 것이 최신판이다. 또한 구리용 기화성 방청제의 규격으로써 JIS Z 0320이 있다.

앞에서 서술한 것처럼 JIS Z 1519는 1959년에 기화성 방청지와 함께 제정되었고, 그 후의 개정작업도 방청지의 규격과 동일하게 하였는데, 가장 최근에 개정할 때에는 방청지와 분리해 추진되었다. 그 결과, 방청지의 규격은 미세하게 다른 내용이 되버렸지만, 혼란을 초래하지는 않는 정도이다. JIS의 요점을 정리해 [표 10]에 나타냈다.

기화성 방청제는 분말형 기화성 방청제와 성체형 기화성 방청제로 구분된다. 분말형 기화성 방청제는 글자 그대로 분말로 사용되는 것이고, 성체형 기화성 방청제는 정제로 성형하거나 개장 용기에 충전하는 등의 가공을 해 세어서 사용할 수 있는 형태의 것이다. 각각 기화성 방청성능의 크기에 따라 S형, L형, H형으로 세분된다. DICCHAN의 분말은 분말형의 S형으로 분류된다. 또한 같은 S형이라도 성체형 기화성 방청제의 S형은 분말형 기화성 방청제의 것과는 정의가 다르기 때문에 주의가 필요하다.

더욱이 개정 전의 규정을 파악해 구리와 알루미늄에 악영향이 없는 것을 1종, 있는 것을 2종으로 하고 있는데, 매우 약한 변색은 악영향으로 보지 않는 등 판정기준이 엄밀하지 않기 때문에 주의가 필요하다. 즉, 이 종류로 나눈 것은 개정 전 방청지 규격에도 있었지만, 2014년 개정에서 폐지한 경위가 있다. 동일 보조로 개정작업이 이뤄지지 못했던 폐해의 한 예이다. 구리용 기화성 방청제(JIS Z 0320)는 구리용 방청지와 마찬가지로, 구리 전용인지 황동이나 인청동에도 사용할 수 있는지에 따라 1종과 2종으로 분류되고 있다. 같은 1종이라고 해도 철강용 기화성 방청제는 의미가 다르기 때문에 주의가 필요하다.

품질은 사용되는 VCI에 따라 결정되고, 앞에서 서술한 '방청제의 종류와 특징'에서 이미 서술했기 때문에 해설은 생략한다.

VI. 방청필름

1. 종류와 특징

방청필름은 그 제법에 따라 혼련타입과 도공타입의 2가지로 분류할 수 있는데, 현재 시장에서는 혼련타입만 사용되고 있다.

혼련타입은 폴리에틸렌 수지 등 올레핀계 수지에 VCI를 혼련하는 마스터배치를 만들고, 이것을 기재 수지에 첨가해 용융압출 등으로 시트 모양으로 성형하는 것이다. 수지에 대한 VCI의 농도를 높이면 필름 강도가 저하하기 때문에 저절로 VCI 농도에는 한계가 있다. 그래도 필름 내부에서부터는 VCI가 기화하기 어렵기 때문에 존재하고 있어도 기능하지 않는 VCI를 만들어버리게 된다. 그 결과, 어느 정도의 두께로 만드는 것으로 강도를 확보하고, 낮은 방청성능에 만족하게 된다.

한편 도공타입은 폴리에틸렌 필름 등의 표면에 접착제를 이용해 VCI를 고정한 것이다. 방청지와 마찬가지로 기화성이 높은 VCI도 사용할 수 있는 등 혼련타입과 같은 제약이 없기 때문에 방청지와 동등한 기화성 방청성능을 나타내는 것도 제조 가능하다. 그러나 도공 시에는 물이나 유기용매 등에 접착제와 VCI를 용해 또는 분산시킬 필요가 있고, 더욱이 그러한 용매를 제거하기 위한 건조장치를 필요로 하는 등 혼련타입과 비교하면

[표 11] 방청필름의 JIS

종류	대상금속	기화성 방청	접촉방청	약제 함유	구리에	PE필름에	강판 접촉	인장강도 (MPa)
		성능	성능	확인	대한 악영향	대한 영향	시의 악영향	
포장전용형	1종	없음	없음	있음	없음	-	없음	16.7 이상
	2종				있음			
기화형	1종	극미	있음	-	없음	없음	없음	
	2종				있음			
기화강화형	1종	미	-	-	없음	없음	없음	
	2종				있음			

제조설비가 많이 필요해 제조 원가가 높아진다. 그 결과, 비용 경쟁에 져서 시장에서 사라지게 되었다.

2. 규격과 시험방법

방청필름의 제품규격은 이전부터 미군 사양서 MIL에 있고, 기화성 방청성능의 평가는 방청지와 같은 시험으로 평가하도록(판정기준은 방청지보다 완화) 하고 있다.

앞에서 서술한 것처럼 일본에서는 JIS Z 0303의 2009년 개정 시에 방청처리재료의 일종으로써 취급하고, [표 4]에 나타난 것처럼 기화성이 있는 것을 ‘기화성 방청필름’, 없는 것을 ‘일반 방청필름’으로 했다. 기화성 방청성능은 방청지와 동등한 것을 요구하고 있지만, 이 기준은 MIL보다 엄격한 것이다. 시판 제품에서 ‘기화성 방청필름’으로 분류할 수 있는 것은 없고, 개정 후에도 시장에 나오는 것은 없었다.

이처럼 시장에 있는 방청필름에 적합한 시험방법을 규정할 규격은 일본에 없었는데, 6년 몇 개월이 지난 2015년에 제품 규격이 탄생했다.

이 JIS에서는 방청필름을 3가지로 분류하고, 기화성 방청성능이 있는 것을 기화형과 기화강화형(후자 쪽이 기화성 방청성능이 뛰어나다)으로 나누고, 기화성 방청성능이 없는 것을 포장전용형으로 하고 있다. [표 11]에 그 내용을 나타냈다.

기화성 방청성능은 방청지의 규격 등과 같은 수법으로 평가는데, 방청지에 비해 시료의 양을 많게 하는 등 다소 완화된 평가가 이뤄지고 있다. 또한 접촉방청성능을 평가하는 시험법은 방청유의 규격에 규정되고 있는 습윤시험이 적용되고, ‘포장방청성능시험’의 이름으로 규정되고 있다. 접촉방청성능을 평가하는 데에는 이 JIS 해설로 할 수 있도록 접촉부식성시험의 방법을 사용해 방청필름과 철강이 접촉하고 있는 부분의 부식이 없는지를 조사하는 방법도 있다.

이 규격에는 이들 외에도 몇 가지 시험이 정해지고 있다. 그 하나가 구리와와의 공존성이 있는가이다. JIS Z 1519에서 구리에 대한 영향이 없는 것을 1종, 악영향이 있는 것을 2

[표 12] 방청필름과 방청지의 비교

성능	방청필름	방청지
기화성 방청성능	△	○
접촉방청성능	○~○	○
방청성능 유효기간	○~○	○~△
기계적 강도	○~x	○~x
방습성	○	○~x
내수성	○	○~△
내유성	○~○	○~x
흡수성	x	○
히트실성	○~△	△~x
포장작업성	x	○
무취성	○~△	○~x
발진성	○~○	x
사용 후 리사이클성	x	x
소각하기 쉬움	x	○~△

중으로 구분하고 있다. JIS Z 1519와 마찬가지로 약간의 악영향은 무시하고 있기 때문에 구리가 공존하는 경우에는 철강용 방청필름을 사용하는 것은 신중해야만 한다. 또한 이 규격 독자의 시험으로써 사용되는 VCI 이외의 공존물에 의한 악영향이 없는 것을 확인한다, 접촉부식성시험이 정해지고 있다. 이것 이외에도 정해진 시험이 있지만, 지문 관계상 생략한다.

3. 방청기구

시판 제품 가운데 JIS Z 0303 : 2009의 ‘기화성 방청필름’으로 분류할 수 있는 것이 지금도 과거에도 없다는 것은 시장에서 그 정도 기화성 방청성능이 요구되지 않는 것이라 말할 수 있다. 그 큰 이유는 방청필름이 가지고 있는 방습성의 높음이다. 앞에서 서술한 것처럼 배리어형 방청지의 PE 피막의 두께가 고작 20 μ m인 것에 대해 방청필름의 두께는 얇은 것도 60 μ m로 배리어형 방청지의 PE 피막 두께의 3배이다. 금속을 방청필름으로 밀봉포장하면, 그 높은 방습성으로 잘 보호해 녹으로부터 벗어나게 된다. 따라서 VCI의 기여는 한정적으로 해도 지장이 없을지도 모른다.

4. 방청필름의 특징과 방청지와의 비교

[표 12]에 방청필름과 방청지의 특징을 비교했다. 방청지에는 없는 방청필름의 특징은

투명성이 있고, 히트실하기 쉽다는 것이다. 또한 최근 유럽을 중심으로 스트레치필름타입이 철강업계에서 사용되고 있다. 이러한 사용방법은 방청지로는 구사할 수 없는 수법으로, 방청필름의 특징을 잘 살린 상품이라고 할 수 있다.

그런데 방청필름의 이점으로써 재이용하기 쉬움을 드는 경우가 많은데 의문이 있다. 플라스틱 재이용의 이상적 방법은 재생 펠릿으로 돌아가 다시 같은 플라스틱 생산에 제공하는 것이다.

그러나 재생 펠릿으로 만들기 위해서는 오염이나 이물질들을 완전히 제거하는 것이 필요한데, 사용이 끝난 방청필름으로부터 방청제나 오염 등을 제거하는 것은 불가능하다. 따라서 방청필름의 재이용의 길은 재생 펠릿화가 아니라 건축자재 등으로 재이용할지, 제철소에서 코크스를 대체해 연료로 사용할지 등이다. 후자의 경우, 어떻게 효율 좋게 회수하는가가 과제로, 회수 루트의 정비가 필요하다. 그것이 정비되고 있지 않은 상태에서는 일반 소각로에서 태워져 열에너지로 회수하거나 매립할 수밖에 없다. 만일 건축자재로 재이용된다 해도 그 제품의 사명이 끝나면 폐기물이 돼 매립할지 소각처분할지 둘 중에 하나일 것이다.

방청지의 경우에도 재이용은 불가능하고, 사용해 오염한 것은 고지가 되지 못하고 소각 처리되고 있다. 종이는 고지의 이용이 추진돼 리사이클 우등생이라고 말할 수 있지만, 그 중에서도 방청지는 이단아이다.

VII. 결론

방청포장방법과 그 세계에서 활약하고 있는 방청지, 기화성 방청제(상품으로서의), 그리고 방청필름의 3가지 재료의 특징과 결점을 해설했다. 철강이 널리 사용되고 있는 한, 방청포장은 필수이다. 그리고 사용되는 방청처리재료가 활약하는 장소는 사라지지 않는다. 따라서 올바른 해석을 바탕으로 방청지를 비롯한 기화성 방청재료를 사용할 필요가 있다. 이 글이 그것에 도움이 되길 바란다.

또한 지면 관계로 시험방법 등에 관한 상세한 설명을 하지 못했지만, 공통 토양으로 사용되는 이들 3가지 종류의 제품에서 담당하고 있는 방청성능의 시험법이 미세하게 다르다는 것을 인지하길 바란다. 방청성능의 시험법이 제품별로 다른 것은 방청포장에 관련한 입장에서는 매우 불편한 일이다. 다소 늦었지만 제조사들이 시험법의 통일을 목표로 그 가능성을 찾고 있다.

아울러 기화성 방청재료가 올바르게 사용되기 위해서라도 밀봉공간처리에서의 사용법에 한한 평가방법이 필요할 것이다. 도움이 될지 모르지만 새로운 시험방법을 개발 중으로, 제조사들과 협력해 더욱 연구를 추진해나갈 것이다. 