

## 지하 매설 구조물의 부식과 방지 IV. 현장접합부 방식용 피복

이 성 민 · 김 영 근 · 고 영 태

경기도 안산시 일동 277-1, 한국가스공사/연구개발원

### Corrosion and Protection of Underground Structures IV. Protective Coatings for Field Joints and Fittings

Seong-Min Lee, Young-Geun Kim, YoungTai Kho

Korea Gas Corporation/R&D Center 277-1 Ildong, Ansansi, Kyunggido 425-150, Korea

Tel. 82-345-82-5541, e-mail: smlee@kogas.re.kr

#### 1. 서 론

지난 강좌에서는 매설물 중에서도 특히 배관에 적용되는 방식용 피복재에 대하여 종류, 성질 및 기술적 변천과정과 사용경험을 주로 공장에서 이루어지는 피복의 관점에서 살펴보았다. 그런데 배관재를 시공할 때에는 부득이 관로의 연장을 위해서 단위배관을 서로 접합(용접 혹은 조인트플랜지)하게 되는데 이 부위나 돌출부를 갖는 밸브류등은 단순히 공장에서 미리 피복된 상태로만 시공이 이루어지는 것은 아니다. 따라서 이러한 부위를 부식으로부터 보호하기 위한 피복시공은 현장에서 이루어질 수밖에 없으며 이러한 목적의 접합부 방식피복은 종류와 특성 뿐 아니라 특별히 현장에서 시공한다는 측면과 함께 그 중요성을 인식해야 한다. 따라서 이번 강좌에서는 이들 현장접합부용 피복재에 관하여 열수축재의 경험을 중심으로 종류, 특성 및 최신 경향에 관하여 살펴보려고 한다.

#### 2. 접합부 방식용 피복재 관련 기술규격

지하에 매설되거나 수면에 잠기는 금속재 배관체에 사용되는 조인트, 핏팅 및 밸브류의 외부방식피복재에 대한 일반적 선택가이드로는 미국 NACE(National Association of Corrosion Engineers) 코드인 RP-0190, AWWA(American Water Works Association)의 C209, (217 등이, 또 방식성능을 확보하기 위한 기술적 요구수준은 독일의 산업규격인 DIN30672 등이 대표적인 해외 관련 기술규격이며, KS 규격에서는 수도배관용으로 규정된 AWWA C209의 규정인 테이프 도복장 방법만을 KS D 8500에서 인용하고 있다.

##### 2.1 NACE RP-0190

본 기술규격은 피복재의 개발자가 아닌 사용자로서의 기술적 선택기준을 잘 제시하고 있다. 지난 시간에 다루었던 공장피복에서 요구되는 물성과 중복되는 부분도 있겠으나 주요 물성에서부터 살펴 요약하면 아래와 같다.

### 2.1.1 바람직한 피복 성질

현장피복재로서 갖추어야 할 바람직한 피복 성질로는 i) 공기와 수분을 배척하는 능력의 장기적 안정성, ii) 전기절연성의 장기적 안정성, iii) 날카롭게 생긴 면이나 이형상의 표면에 적용되더라도 특정한 피복 두께의 확보 능력, iv) 매설된 상태에서 배관의 운동으로 인해 발생하는 외력을 견디어 내는 적절한 배관과 피복간의 접착력, v) 금속배관면과의 접착뿐 아니라 기존 공장피복층과의 적절한 접착력 유지, vi) 시공, 저장에서 운영 과정에 이르기까지 견제되는 주변 온도범위에서 기계적 취급이 가능할 것, vii) 적절한 마모 저항성 등이며 역시 사용자의 입장에서는 시효에 따른 안정성과 시공 과정과 관련한 접착력의 확보가 중요한 사항임을 알 수 있다.

### 2.1.2 환경적 인자

채움재의 조성이나 외부로부터의 이물질 혼입은 피복재료 선정에 큰 영향을 미칠 수 있다. 그러한 요소로는 i) 시공중 채움재내 바위나 돌에 의해 피복에 손상을 가할 수 있으므로 내충격저항성, ii) 채움재내 이물질과의 화학적 반응 안정성, iii) 노출 환경의 극단적 온도에서의 저항성, iv) 음극박리저항성, v) 미생물부식 저항성 등이다.

### 2.1.3 피복재 평가방법

특히 현재 만족스럽게 사용중인 피복재에 대해서는 정확히 동일한 환경조건일 경우 적절한 피복재로서 추천이 가능하다고 하는데 이는 사용경험을 강조한 예이다. 그런데 새로운 피복재를 접하게 될 때에는 다음과 같이 매우 신중한 충고를 하고 있다. 피복의 요구조건은 매우 다양하며 종류도 다양한 반면에 그 값은 적용온도, 운전온도, 토양의 유형, 피도체의 형상, 가사시간(curing time) 및 접착제의 개발적용에 매

우 의존하게 된다. 따라서 어떤 한 종류의 피복재(coating material) 혹은 적용방법(coating method)이 모든 변수를 만족시키리라고 볼 수는 없다. 즉 요구조건 다양성 때문에 피복재(적용방법 포함)는 실제의 현장조건과 근접한 환경하에서 시험되어야 한다.

또 현장 시공 평가에는 i) 저장수명, ii) 적용의 용이성, iii) 불규칙 형상에 적용 적합성, iv) 기존피복 및 배관과의 접착성 및 v) 기타 다른 프라이머와의 접착성을 포함한 육안관찰이 근거하여 수행될 필요가 있다. 이때 육안관찰시에는 향후 참고사항으로 모든 기술적 사항을 기록하여야 한다. 이 때에는 물론 제작자의 표면처리조건과 적용방법을 따라야 한다.

한편 새로운 피복재를 개발한 제작자가 사용의 적합성을 인정할 수 있는 적절한 시험으로부터 데이터의 제공이 가능하면, 추가적인 시험은 생략할 수 있다. 또 피복재의 사용현장에서의 평가는 충분한 평가가 될 수 있으므로 사용경험을 강조하고 있다.

## 2.2 DIN 30672

본 규격과 관련한 DIN 규격은 유럽표준규격의 모체가 되고 있는 것으로 알려져 있으며, 본 기술규격은 사용온도 50℃까지의 배관에 적용할 테이프와 열수축재에 관하여 각 경우별로 요구되는 물성수치와 구체적인 시험방법을 제시하고 있다. 테이프류에는 역청질 테이프(petrolatum tape), 비투멘 테이프(bitumen tape)와 플라스틱 테이프(plastic tape)에 대하여 언급하고 있으며, 다음의 Table 1은 가장 높은 응력등급(stress class)인 C 등급에서 적용 시설물의 항구적 운전온도가 50℃ 까지일 경우에 필요한 요구물성을 예를 들어 나타내고 있다.

## 2.3 AWWA code

본 규격에는 수도용배관에 적용이 가능한 기술기준을 제시하고 있는 바, 코올타르 피복, 액

Table 1. DIN 30672 Requirement(Stress Class C-50℃)

Properties	Unit	Minimum Requirement	Test Specification	Ref.
Tear Strength			DIN 30672	
at 23℃	N/10mm	> 30	200mm/min	
at 50℃	N/10mm		200mm/min	
Elongation at tear	%	> 250	DIN 30672	
			200mm/min	
Tear resistance at 23℃	N/10mm	> 30	DIN 30672	
Heat ageing at 100℃, 100 days				
- change in tensile strength	%	< 25	DIN 30672	product
- change in elongation	%	< 25	DIN 30672	
Brittleness Temperature	℃		DIN 53372	
Water absorption at 23℃				
- after 1 daytemperature	%		DIN 53495	
- after 30 days	%		DIN 53495	
Saponification value(KOH)				
- PE film	mg/g	< 10	DIN 30672	
- Butyl coating	mg/g	< 25	DIN 30672	
- Oruner	mg/g	< 25	DIN 30672	
Adhesion : coating/pipe				
- coating/metal surface(23℃)	N/10mm	> 15	DIN 30672	
- coating/metal surface(50℃)	N/10mm	> 3	DIN 30672	
- coating/metal surface(after 100days)	N/10mm	> 11.25	DIN 30672	
Adhesion : tape/tape				
- innerwrap/innerwrap(23℃)	N/10mm	> 15	DIN 30672	
- innerwrap/innerwrap(50℃)	N/10mm	> 3	DIN 30672	
- innerwrap/innerwrap(23℃)	N/10mm	> 15	DIN 30672	
- innerwrap/innerwrap(50℃)	N/10mm	> 3	DIN 30672	
- innerwrap/innerwrap(after 100days)	N/10mm	> 11.25	DIN 30672	after
- innerwrap/innerwrap(after 100days)	N/10mm	> 11.25	DIN 30672	coating
Lap shear(50℃)				
- coating/metal surface	N/cm <sup>2</sup>	> 5	DIN 30672	
- coating/factory coating	N/cm <sup>2</sup>	> 5	DIN 30672	
Penetration resistance(remained thickness of coating)	mm	> 0.6	DIN 30672	
Electrical resistance of wrapping resistance after 100 days	Ωm <sup>3</sup>	> 10E8	DIN 30672	
Water vapour(permeability)	g/m <sup>3</sup> · 24hr	< 0.2	DIN 52122	
Dielectric strength	kV/mm	> 40	DIN 53481	
Thickness	mm	Vendor	DIN 30672	
Free of porosity 5k+5kv/mm	-	pass		

상에폭시 피복, 분말용착에폭시 피복 및 고온테이프 피복에 관하여 각각 C203, C210, C213, 및 C214로 규정하고 있으며, 특히 콜드테이프와 관련하여 C209(플라스틱 테이프)와 C217(페트로라툼 테이프)로 규정하고 있다.

### 3. 국내 사용 피복재의 종류

종래로부터 사용되어 온 접합부 방식용 피복재의 종류에는 대표적으로 열수축재(시트, 튜브 및 테이프)와 저온적용용 테이프가 있다. 특히 테이프는 다시 역청제(petrolatum) 테이프, 비

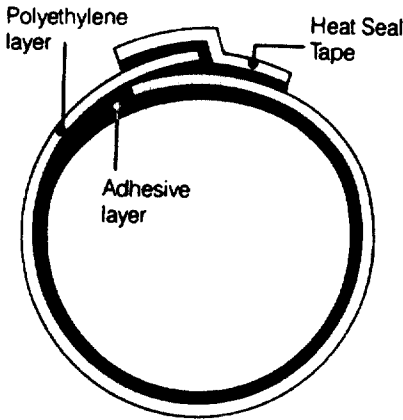


Fig. 1. The structure of heat-shrink sleeve.

투멘(bitumen) 및 플라스틱(plastic) 테이프 등이 있다. 배관용접부에는 열수축재 및 콜드 테이프가 널리 사용된다. 열수축재의 경우 과거에 사용경험이 많으나 최근에는 콜드 테이프의 적용상 안정성이 부각되어 적용범위에 있어서 확대가 이루어지고 있기도 하다. 한편 역청제 테이프는 발브 및 플랜지류와 같이 형상의 변화가 심한 설비의 경우에 주로 적용되고 있다.

3.1 열수축재

열수축재는 Fig. 1과 같이 마스틱(mastic)계 접착층을 안감으로, 가교폴리에틸렌(cross linked PE)을 외층으로 하여 구성되어져 있다. 지금까지 매설 가스배관의 용접부 처리 및 보수용 현장피복 체계로서 널리 사용되어 왔다. 이 열수축재는 다음과 같은 특성으로 인하여 현장피복 방법의 하나로 지금까지도 해외 주요 배관 작업에 널리 사용되어 오고 있다.

- i) 제품의 가격이 저렴하며, 시공비가 싸다.
- ii) 작업 환경이 넓지 않아도 된다.
- iii) 작업방법이 간단하다.<sup>4)</sup>

주) 이러한 사실 때문에 미숙련자에 의한 시공이 이루어지는 경우가 많이 있다. 그러나 열수축재의 시공품질은 작업자의 숙련성에 매우 의존적임을 주지해야 한다.

Table 2. Factors Controlling the Performance of Heat-Shrink Sleeves

Component	Parameter
Cross-Linked PE Layer	▶ degree and uniformity of cross-linking
	▶ tensile property at RT and high temperature
Adhesive Layer	▶ brittleness temperature
	▶ composition
Total Sleeve System	▶ adhesive peeling strength
	▶ resistance to cathodic disbonding
	▶ lap shear strength

열수축재는 완전한 시공의 경우 상당한 방식 성능을 제공할 수 있는 것이 사실이며, 국내에서 뿐 아니라 최근까지 해외에서도 주요 배관공사에서 널리 사용되어 왔다. 열수축재는 높은 방식 성능을 갖기 위하여 투수율, 절연성, 음극박리특성, 배관과의 밀착성 등이 좋아야 하나 이외에도 보관/운송 중의 파손방지를 위한 내한성(저온 유연성), 시공시 가해지는 고온화염에 견디는 내열성, 배관의 사용기간 내내 밀착성을 유지하기 위한 접착력(adhesion strength)과 전단강도(shear strength) 등을 갖추어야 한다. Table 2는 열수축재에 있어서 성능을 결정하는 주요 인자들을 요약하고 있다.

그럼에도 불구하고 열수축재는 적용상에 드러나고 있는 문제점과 공장피복품질의 향상(예를 들어 공장피복에 3층 피복체계의 도입 등)에 따라 상대적으로 피복성능이 열세인 열수축재 사용에 대한 개선의 필요성이 부각되고 있다.

산업화된 제품 자체로서는 완성된 품질임에도 불구하고 점차 우수한 물성의 공장피복 체계를 사용하는 추세에 따라 현장에서 이루어지는 피복 체계도 기존방법의 개선이나 대체 등의 보다 적극적인 모색이 이루어지고 있다. 사용경험에 의거하여 보고되고 있는 열수축재의 개선점은 다음과 같다.

- i) 외부 특수 환경, 예를 들어 극고온 및 저

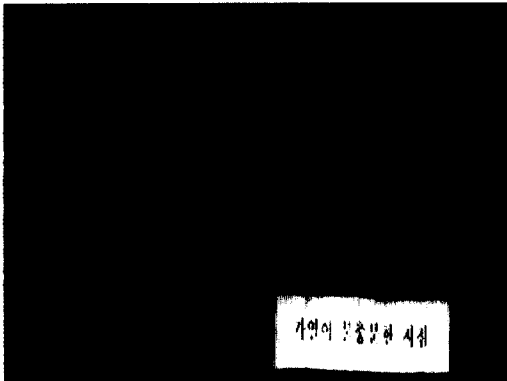


Fig. 2. The formation of cavity channel caused by insufficient heating.

온에서 시공시 취약한 측면이 있다.

ii) 최근 작업속도가 빠른 피복공정법에 비하여 비교적 적용 속도가 느려서 보다 빠른 작업속도가 요구될 때 불리하다.

iii) 고도의 숙련과 인내심이 작업자에게 필요하다.

iv) 접착층이 고열에 의해 용융 응고시 층내에 기공이나 기포가 발생하여 물의 침입이 가능한 통로를 제공할 가능성이 있다(Fig. 2).

v) 원주의 용접선 때문에 접착층이 텐트형태로 존재하여 공기층(air gap)을 형성할 수 있다.

vi) 적용전 배관 예열처리시 기존 공장피복의 용착 등에 상당한 영향을 줄 수 있다.

vii) 토압 등에 의해 대구경 배관에서는 배관 측면에서 상당한 슬라이딩이 일어 날 수 있다.

viii) 결함 존재시 음극방식에 의한 피복박리 및 음극전류차폐 현상이 심하다.

배관의 피복과 관련하여 각국에서는 비교적 향상된 물성을 갖는 공장피복의 새로운 체계를 도입하고 있는 가운데 현장피복의 방법도 꾸준히 개선방향을 모색하고 있는 것이 사실이다.

## 3.2 콜드테이프

### 3.2.1 역청제 테이프(petrolatum tape)

보통 구조는 합성섬유소 carrier에 플라스틱

필름을 한쪽에 대고 양면에 기름성분의 역청제를 도포하여 만들어 진다. 피도체와의 기계적 접착력은 원래 없기 때문에 방식피복의 기능은 이 역청제의 손실을 막음으로써 이루어지므로 주의를 요한다. 그러나 복잡한 피도체의 형상에서는 매우 시공이 편리하므로 벨브류나 플랜지 부위에 많이 활용되고 있다.

### 3.2.2 비투멘 테이프(bitumen tape)

유리질 섬유나 합성섬유소 carrier에 bitumen 화합물을 도포한 것으로서 현장 피복재의 초기 균이라고 할 수 있으나 물론 시공이 완벽하면 훌륭한 방식효과를 기대할 수 있다.

### 3.2.3 플라스틱 테이프(plastic tape)

플라스틱테이프는 carrier의 유무 및 종류에 따라 다시 3가지 정도로 분류되는데 첫째는 carrier로서 플라스틱 필름을 갖는 경우, carrier로서 섬유소(fiber) 혹은 섬유망사를 갖는 경우와 carrier가 없는(이 때에는 외부응력에 대한 저항성이 전혀 없는 0.15mm 이내의 얇은 플라스틱 필름 사용) 경우로 분류된다. 특정한 목적의 섬유소 테이프를 사용하는 경우가 아니면 플라스틱 carrier를 갖는 테이프가 일반적으로 많이 사용되고 있다.

이 콜드테이프의 상업적인 전형구조중의 하나는 carbon black이 첨가된 폴리에틸렌층을 중심으로 접착성이 있는 부틸고무(butyl rubber)를 PE carrier film을 중심으로 위와 아래에 걸쳐 있는 구조로서 마치 1층의 테이프 형태를 이룬다. 실제 배관에 적용시에는 배관표면을 먼저 butyl rubber primer로 붓도장하는 경우가 많다. Fig. 3은 부틸고무프라이머를 적용하는 콜드테이프의 구조를 나타낸다.

양면에 상호 접착성(self amalgamization)이 있는 부틸고무(butyl rubber)를 도포함으로써 피복하고자 하는 형상에 큰 관계없이 적용가능한 특성을 보여주기도 하다. 피복층 양면에 부틸 고무

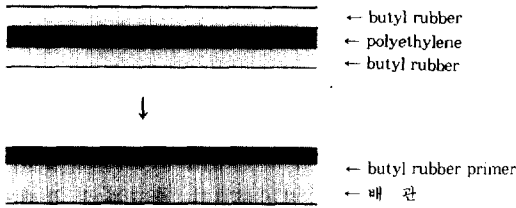


Fig. 3. The typical structure of cold tape.

(butyl rubber) 접착재 층이 도포되어 상호 접착성이 부여된 접이며, 구조는 열수축쉬트와 동일하다. 단지 폴리에틸렌이 가교되지 않은 것이라는 것이 열수축쉬트와 구조상의 차이점이다.

#### 4. 피복기술의 추이

최근 기술 개발의 추이는 열수축 보수재의 단점들을 보완하여 특성을 향상시키는 연구와 열수축재를 대체하는 새로운 피복기술을 개발하는 방향으로 대별된다. 전자의 경우에는 공장피복의 전처리 기본장비를 현장에서도 운용할 수 있도록 하는 노력이 함께 이루어지고 있다. 다시 말해서 현장에서 이루어지는 피복에서도 공장피복과 같이 공정의 균일성, 기계화 및 자동화 등으로 피복품질의 신뢰성을 높이고 있다. 또 이러한 현장피복에서도 중장비의 조달이 필수적인 것으로 인식되면서 열경화성 피복재의 적용도 많이 이루어지고 있다.

##### 4.1 표면전처리 부분

표면전처리는 피복층과 기저와의 접착력을 결정짓는 중요한 인자의 하나로 표면 거칠기를 부여하는 브러싱(brushing)/블래스팅(blasting) 공정과 접착제의 접착/경화를 돕기 위한 예열과정으로 나누어 볼 수 있다. 외국의 경우 브러싱/블래스팅을 자동화하여 균일한 품질을 확보하기 위한 노력의 결과로 자동화 기기가 개발되어 실제 사용되고 있다.<sup>1)</sup> 표면처리를 여러 등급으로 달리하여 현장피복의 종류에 따른 음극박리 정

Table 3. The Effect of Surface Treatment on the Cathodic Disbonded Radius<sup>2)</sup>

Coating System	Surface Treatment			Remark
	A	B	C	
FBE	2.8	6.8	>40	ASTM G-8
Tape	11.3	17.4	29.5	temperature 77°F
Heat-Shrink Sleeve	14.8	14.5	29.5	30 days
Coal Tar Urethane	10.3	14.5	>40	unit in mm

A : white metal, B : near white, C : power wire brush

도를 보고한 문헌에 따르면,<sup>2)</sup> 블래스팅으로 처리한 표면에 FBE를 적용하였을 경우 박리반경이 2.8mm임에 비하여 전동 와이어 브러시로 처리한 표면에 적용한 경우 박리반경이 40mm 이상으로 크게 증가하게 된다(Table 3).

열수축 보수재와 같이 끈끈한 접착층을 사용하는 경우에는 FBE와 같이 극적인 차이는 보이지 않는다. 이러한 결과로 볼 때 새로운 현장피복을 적용할 시에는 반드시 전처리 공정도 이에 부합하도록 개선해야 한다는 결론을 얻을 수 있다.

한편 표면 예열을 균일하게 수행하기 위해서 가스 토치를 대신하여 유도가열식(induction heat) 예열장치가 개발되어 정확하고 균일한 예열을 도모하고 있다. 예열이 불충분한 경우 열수축재의 접착제가 배관표면의 굴곡을 따라 밀봉되지 못하여 틈새를 만들게 되며 배관 표면의 수분이 잔류할 수도 있으므로 예열과정은 아주 중요한 부분이다. 따라서 반드시 예열을 해주어야 하며 과도한 예열 역시 주의하여야 한다. 적정예열 온도는 접착제의 종류에 따라 다르겠지만 60~70℃의 범위인 것으로 알려져 있다.

자동화 기기의 운영은 시공품질의 안정화, 작업의 신속성 면에서 유리한 점이 많지만 비용의 상승, 작업공간 확보 등이 선결되어야 하는 문제점이 따른다고 하겠다. 특히 주로 도로를 따라 배관을 매설하는 우리나라의 현실을 고려할 때 좁은 공간에서의 블래스팅 기기의 적용성은 그다지 높지 않을 것으로 판단되나 유도가열식 예열장치는 고려해 볼만하다고 하겠다.

## 4.2 열수축재의 개선 부분

열수축재는 점착층과 가교 PE 쉬트(sheet)로 나누어 볼 수 있다. 가교 PE 쉬트의 제조 공법은 가교방법에 따라 화학가교, 수가교, 조사가교로 대별되는데 우수한 품질의 제품을 생산하는 데는 조사가교가 가장 적합한 것으로 알려져 있으며 외국의 경우에는 쉬트의 제조기술이 이미 완성에 이른 기술로 보여지나 국내에서는 현재까지 화학가교에 의한 제품들이 주류를 이루어 양질의 시트 제조가 불가능하여 왔다. 그러나 최근들어 국내에서도 이러한 조사가교법에 의한 제품이 개발 중에 있다.

열수축재의 점착층은 주성분에 따라 마스틱(mastic)계와 핫멜트(hot-melt)계로 대별된다. 마스틱계는 탄성체(elastomer) 계통의 물질로 끈적한 성질을 가지고 있어서 표면전처리가 불충분한 경우에도 높은 접착력을 보여주나 핫멜트 계의 물질은 용점 이하에서는 점착성을 갖지 않으므로 용점에 도달하기 위한 충분한 예열과 접착력 확보를 위한 표면 전처리(블래스팅에 의해 생겨난 표면 돌기 만들기)가 필수적이다. 핫멜트계는 높은 온도에서도 접착력이 유지되고, 높은 토하중하에서도 열수축재의 밀림(shearing)이 일어나지 않는다는 점에서 유리하나 음극박리층면에서는 마스틱계에 비하여 불리하고 수중에서의 특성도 마스틱계에 비하여 떨어지는 단점이 있다. 최근에는 현장피복재의 음극박리 특성 및 피복성능을 높이기 위하여 에폭시 계통의 하도(primer)에 핫멜트계 열수축재를 사용하는 3층 개념의 피복재가 개발되어 사용되고 있다.

## 4.3 열경화성 상업적 피복 체계

### 4.3.1 현장적용용 용융접착에폭시 피복 체계 (field applied FBE)<sup>3)</sup>

현재 3층 피복의 첫 번째 층으로 사용되고 있는 FBE층은 그 자체만으로도 상당한 방식성능을 지니고 있다. 특히 음극박리층면에서는 3층

피복과 견주어도 떨어지지 않을 정도의 성능을 가지고 있어 미국 및 유럽의 파이프라인 중에서는 FBE만을 피복하여 건설되는 경우가 대부분이다. 최근에는 이러한 피복을 공장 밖에서도 할 수 있도록 표면 블래스팅기, 예열기기는 물론 피복기기 등이 차량에 탑재된 형태로 개발되어 용접부위에도 동등한 품질의 FBE를 적용하기에 이르렀다.<sup>4)</sup> FBE는 기본적으로 3층 피복과 동일한 수준의 음극박리 특성(2~3mm)을 보이며 높은 접착력을 가지므로 그 특성이 매우 우수하나 블래스팅과 유도가열기 등을 현장에 적용해야 하는 것을 전제로 한다.

### 4.3.2 현장적용용 타르폴리우레탄 피복 체계 (field applied tar-polyurethane)<sup>5)</sup>

3층 피복수준의 용접부위 및 밴드부 피복으로 최근 개발된 기술로는 고온 스프레이(hot spray) 방식으로 적용되는 폴리우레탄-타르 피복을 들 수 있다. 앞선 강좌에서 언급한 바와 같이 폴리우레탄이 배관 방식용으로 사용될 때에는 주로 용매를 사용하지 않고 수지와 경화제가 동시에 고압으로 이송되어 스프레이 건을 통하여 100% 고체피복(solid coating) 된다.

폴리우레탄은 매우 다양한 열경화성 수지로서 1930년대에 개발되었으며, 단순히 이소시아네이트(isocyanate)와 폴리올(polyol)이 반응하여 생성되며, 자체가 발열반응을 일으키므로 영하의 저온에서도 사용될 수 있다. 폴리우레탄은 파이프의 내외부 방식용으로 사용될 때에는 주로 용매(solvent)를 사용하지 않고 주재(resin)와 경화제(hardener)가 동시에 고압으로 이송되어 스프레이 건을 통하여 핫에어리스 스프레이(hot airless spray) 방식으로 소지에 적용된다. 이러한 작업방식을 100% 고상피복(solid coating)이라 한다. 고압으로 작업되므로 내압 이송 호스, 안전 공구, 설비 등을 충분히 갖추고 작업이 진행되어야 한다. 물성 향상보다는 단순히 경제성 측면에서 타르(tar)를 15내지 30% 첨가

하기도 하며, 일반적으로 첨가 성분이 많을수록 물성은 저하된다. 방식을 목적으로 사용할 경우, 폴리우레탄은 딱딱하게 높은 정도로 가교시키고, 접착력과 화학적 저항성, 내습성이 큰 것을 사용하게 된다. 반면에 탄성(elastomeric) 폴리우레탄은 직선성의 구조 때문에 접착력이 저하되고 충격저항성은 크게 향상되어 방식용으로 사용되기에는 적절하지 못하다.

폴리우레탄의 적용은 적절한 가사시간(setting time)을 갖는 다양한 종류가 있기 때문에 가사시간이 늦은 경우에는(1시간 이상) 붓이나 로울러를 이용하여 이형부위 등에 작업이 가능하고, 빠른 경우에는(10분 혹은 수초 이하) 용접부에 주조(casting) 형태로 적용할 수 있다. 탄성체 폴리우레탄은 낮은 접착력과 음극박리 특성으로 인하여 배관에 사용되기 어려우나, 나머지는 모두 사용될 수 있는 것으로 추천되고 있다. 그러나 배관의 사용환경 온도가 높은 경우 첨가제가 없는 비개질된(non-extended) 것만이 사용될 수 있다.

배관 방식용 폴리우레탄 피복은 에폭시 피복과 특성상 비슷하다고 볼 수 있다. 즉 배관면과 화학적인 결합을 통하여 접착력이 특히 우수하고, 화학적 저항성이 뛰어난 특징을 갖고 있다. 그러나 에폭시와 마찬가지로 충격저항성이 낮아서 건설시 기계적 충격에 특히 유의하여 사용될 필요가 있다. 또한 주체와 경화제의 결합반응으로 폴리우레탄 피복층이 형성되는 만큼 반응에 참여하지 못한 반응기가 남게 될 경우 수분의 흡수를 용이하게 할 수 있다. 현장 또는 공장에서 적용할 때 분말 에폭시 적용시와 마찬가지로 특히 표면전처리를 확실히 확보하는 것이 고품질을 얻는데 관건이 된다고 볼 수 있다.

이 방법은 최근에 건설된 Trans-Magreb Gas Pipeline 프로젝트에서 적용되어<sup>6)</sup> 시공속도와 품질면에서 만족스러운 결과를 보여준 것으로 소개되고 있다. 이 피복 체계는 용접부위 이외에 밴드부위 및 밸브부위 등의 돌출부위에도 적용이 가능하여 응용의 폭이 넓다.

### 4.3.3 현장적용용 2층 및 3층 폴리올레핀(polyolefin) 피복 체계<sup>7)</sup>

폴리프로필렌(polypropylene: PP)계 피복 배관의 경우 폴리에틸렌 피복과 마찬가지로 FBE가 없는 PP의 2층 혹은 FBE가 하도로 도입되는 3층으로 피복된다. 즉 공장피복과 동일한 재질로 용접부위를 피복하는 공법이 최근 개발되어 이용되고 있다. 이 공법은 용접부위를 불래스팅한 후 4.3.1.에서 소개한 FBE를 피복하고 이 위에 PP계 접착제 층을 마찬가지로 분사 피복한다. 최종적으로 PP 시트를 감거나(3층 PP) 이를 생략할 수 있다(2층 PP). 이때 공장피복과 시트의 겹치는 부위는 플라스틱 용접기기로 용접하여 공장피복과 겹치는 부위를 처리한다. 고온에서의 물성이 폴리에틸렌보다 우수한 폴리프로필렌의 사용은 주로 외국에서 원유수송배관에 사용되고 있다.

### 4.3.4 열용사 폴리에틸렌 피복 체계(thermal-spray PE coating)

최근 열용사 방법에 의한 폴리에틸렌 피복방법이 새로운 방법으로 개발되어 현재 교량이나 선박 등에서 활용되고는 있으나 배관피복재로서 사용된 예가 그리 많지 않다. 그러나 열용사 피복은 이론적으로 피복재료의 제한없이 적용이 가능하므로 가능성이 매우 높은 기술이다. 한편 피복재료가 열가소성 수지로서 물리적인 결합만을 하게되므로 높은 접착력을 얻기 위해서는 프라이머의 도입이 필요하며 본 기술의 적용확대 및 안정화를 위해서는 적지 않은 연구개발이 필요하리라 생각된다. 국내에서는 RIST에서 이미 상당수준의 기술을 확보하고 있으므로 향후 추이가 주목된다.<sup>8)</sup>

## 5. 요약 및 제언

용접부위 피복 분야는 공장피복 못지 않은 중



요도를 갖으며 지속적인 연구개발 및 검토가 필요한 분야이다. 국내에서 배관재에 주로 사용되는 마스틱계 열수축보수재는 현재의 여건에서 경제적이면서도 최소한의 성능을 확보할 수 있는 보수방법이다. 그러나 최근에는 피복 공정이 고가임에도 불구하고 보다 개선된 피복 성능을 확보하기 위하여 많은 노력들이 이루어지고 있다.

따라서 최근에는 용접부 피복재의 종류도 다양하여 선택의 폭이 넓어져 있다. 그러므로 적용대상물의 환경조건에 적합한 기술 평가 및 경제적인 고려를 통하여 적합한 소재를 선택 사용하여야 하겠다.

## References

1. S. A. Taylor, "Surface Preparation Equipment Developed for Short Repair Work", Pipeline & Gas Industry, p.33, July, 1997.
2. D. Neal, Pipeline & Gas Industry, p.36, February, 1997.
3. D. Gray, A. Brown, C. J. Argent, "Corrosion Control on High Pressure Gas Pipelines", 5th Intern. Conf. on the Internal and External Protection of Pipes, Paper G1, Innsbruck, Austria, 25-27 October, 1983.
4. D. Norman, "Fifteen Years Experience of Fusion Bonded Powder Coatings", British Gas Report, October, 1994.
5. R. H. Rogers, "Tar-Polyurethane Joint Coating for the 3-Layer Polyethylene Pipeline Coating", in Proceedings of 1st International Pipeline Conference held in Calgary, Canada during May in 1996, pp. 223, vol. I, ASME, Canada, 1996.
6. R. H. Rogers, Private Communication, Bechtel Inc., 1997.
7. La Lancaster, Private Communication, Pipeline Induction Heat, 1997.
8. B. I. Min, Y. H. Park, "Adhesion and Resistance to Cavitation of Modified Polyethylene Coatings Using Thermal Spray Technique", presented at the 1997 Spring Meeting of The Corrosion Science Society of Korea, 1997.