

# 강관 용접부위에 대한 피복방법 및 피복절차서의 개발



김영규 박사(한국가스안전공사 가스안전시험연구원 연구개발실)

## 1. 머리말

가스에너지는 매년 약 12.6%에 이르는 지속적인 수요증가를 보여왔으며, 이와 더불어 가스배관의 확장건설도 높은 증가추세를 보여왔다. 가스배관은 시간이 경과하면서 자연적인 부식이 발생되며, 상·하수도관이나 지하철에 의한 전기적 간섭 등의 요인에 따른 부식손상을 받게 된다. 이러한 가스배관의 부식손상을 방지하기 위하여 내식성의 배관재료를 사용하거나 또는 수동적인 방법의 배관피복, 능동적인 방법의 전기방식 등을 적용하고 있다.

배관피복재는 토양의 부식환경으로부터 강관을 차단하는 기능을 기본적으로 가져야 하는데, 이러한 기능을 갖는 피복재로서 널리 사용되고 있는 것이 유기 피복이다. 따라서 토양환경에서 장시간 화학적으로 안정한 상태를 유지하여야 하며, 강의 부식을 일으키는데 필요한 가장 기본적인 요소인 토양중의 수분에 대한 저항성이 매우 우수하여야 한다. 현재 사용되고 있는 피복재에는 폴리에틸렌이나 에폭시, 폴리우레탄 수지 등이 있다. 국내 도시가스사에서 주로 사용하고

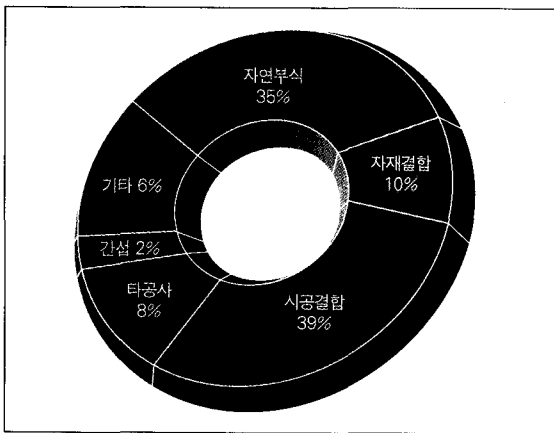
있는 현장 배관피복재는 대부분 미국의 Canusa, Rachem, 일본의 Nitto Denko의 제품이 수입되어 사용되고 있고, 이외에도 네덜란드의 Stopaq 제품 등이 선보이고 있다.

최근 들어 가스배관, 전철, 기타 구조물의 지하매설이 증가하고 있으며, 이에 따른 배관피복이나 전기방식시설 또한 점차 증가하는 추세에 있다. 도심지 및 공장지대에서의 환경변화도 지속될 것이고, 이들 지역에서의 가스누출은 대형사고를 초래할 수 있으므로 가스배관의 용접부에 대한 피복을 철저히 시공하여야 하며, 시공 후에는 방식유지를 위한 보수관리를 철저히 하는 것이 중요하다. 가스배관의 부식사고를 방지하기 위해서는 무엇보다도 강관 용접부에 대한 현장 피복이 적절하게 이루어져야 하며, 작업자는 시방서에 따라서 적절한 피복재의 선정과 피복절차에 맞게 시공하여야 할 것이다.

본 연구의 목적은 가스배관의 부식사례를 수집·분석하여 배관피복 및 방식관련 업무에 필요한 정보를

제공하고자 하며, 현재 도시가스사에서 적용하고 있는 배관피복 관련 시방서의 비교·분석과 현장 피복시 발생하는 문제점을 분석하여 배관피복 현장에서 활용할 수 있는 표준화된 현장 피복절차서를 개발하는 것이다.

## 2. 배관부식 관련 사고사례



〈그림 1〉  
도시가스배관 부식유형

### 2.1 배관부식 사고유형

본 연구에서는 최근 5년간에 경험한 부식사례를 수집하여 분석하였다. 수집된 자료들은, 여러 차례의 협의를 통하여 유형별, 배관종류별, 시설별, 방식방법별로 분류하였으며, 방식시설물의 유지관리자료로 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 유형별 사고발생 점유율은 시공결함, 자연부식, 자재결함, 타공사의 순서로 부식사고가 발생하였다. 이중 자연부식이 약 35%로서 주로 80년대 초반에 매설한 배관에서 발생하였으며, 시공결함, 자재결함 및 타공사로 인한 사고발생율이 57%를 차지하고 있어 배관의 자재관리, 시공관리 및 타공사 관리 등을 철저히 이행하면 부식사고의 발생을 현저하게 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

### 2.2 부식사고 원인분석(피복재 관련)

#### (1) 자연부식

- 노후한 아스팔트피복(ASP)관의 피복열화부집중 부식
- 테이프코팅배관 피복손상부에 국부부식 발생
- 입상관의 시간경과로 인한 도장의 박리

#### (2) 자재결함

- 테이프코팅배관에서 코팅재 결함에 의한 자연부식

#### (3) 시공불량

- 전기방식 미조치된 배관에서 용접부 이음부의 피복방식 불량
- 분기 티(tee) 용접부 코팅 불량에 의한 부식

#### (4) 타공사

- 저압배관 분기관 공사중 중압배관 코팅손상 발생
- 상수도공사시 분기부분의 코팅이 손상되어 국부부식 발생

#### (5) 타시설물의 간섭

- 타시설물에 의한 간섭영향을 받는 지역에서 주로 용접열영향부의 피복불량에 의한 부식사례가 다수 발생
- 배관주변 시설물(통신선, 고압선)의 간섭 영향에 의한 코팅손상 부위의 부식 발생
- 타시설물의 간섭으로 인한 테이프코팅배관 피복손상부에서 부식 발생

## 3. 배관피복 시방서 및 현장 피복실태 분석

### 3.1 배관피복 시방서

국내 6개 도시가스사(수도권 4사, 영남권 1사, 호남권 1사)의 강관 용접부 피복방식 관련 시방서의 주요내용을 배관피복재 구분, 용접부 표면처리, 방식액 도포, 가열기구·예열온도·화염거리, 피복재 겹침길이 등으로 구분하여 분석하였다.

도시가스사의 배관피복 시방서에는 배관피복재 중

류별로 관경 및 적용대상이 구분되어 있기는 하나 도시가스사별로 선정기준이 명확하지 않으며, 일부 포괄적으로 표현되어 있어서 피복작업자의 주관에 의한 작업이 이루어질 가능성이 클 것으로 예상된다. 피복을 실시할 용접부 외면처리와 방식액 도포의 경우는 도시가스사별로 비교적 양호하게 기술된 것으로 볼 수 있으나, 일부 도시가스사의 경우 사용하지 말아야 할 락카계 방식액(W-244, CP-144, CV-440~460 등)에 대하여 구체적으로 명시하지 않은 것으로 나타났다.

가열기구, 예열온도, 화염거리와 피복재 겹침길이는 도시가스사별로 사용피복재에 따른 피복방법이나 절차가 상이한 것으로 나타났고, 특히 강관 용접부의 현장 피복에서 가장 중요한 작업과정이 가열·수축작업임에도 불구하고 가열기구의 용량이나 노즐크기에 대한 세부기준이 명시되지 않았다. 피복할 용접부의 배관표면을 예열하는 목적은 습기제거, 접착성 증진, 작업시간 단축 등을 위한 것이며, 피복할 배관표면에 대하여 이물질 제거 등의 표면처리를 적절하게 실시한 후 여기에 적절한 토치를 이용하여 예열을 한다면 피복효율 뿐만 아니라 작업성도 좋아지게 된다. 그러나 실제 제시된 자료에서 보듯이 가열작업을 위한 토치의 선정이나 예열에 대한 중요성을 간과하고 있는 것으로 생각된다.

또한 피복재의 수축이나 겹침작업시의 시공기준도 전반적으로 매우 상이한 것으로 나타났다. 예를 들어, PE Tape나 Mastic Tape, 열수축 Tape의 감기작업에 있어 피복강관의 피복부와 겹쳐서 감아야 하는 최소한의 길이가 일부 도시가스사의 경우 제시되지 않고 있으며, 열수축 Tube와 Sheet의 경우도 마찬가지로 제시되어 있지 않음을 볼 수 있다. 실제 피복 후 겹침부가 충분하지 못하면 매설시 토하중에 의한 밀림현상으로 피복부가 이탈될 가능성이 크며, 또한 배관피복부가 침수될 경우 수분침입으로 인하여 피복



〈사진 1〉  
열수축Tube의 피복전 현장상태



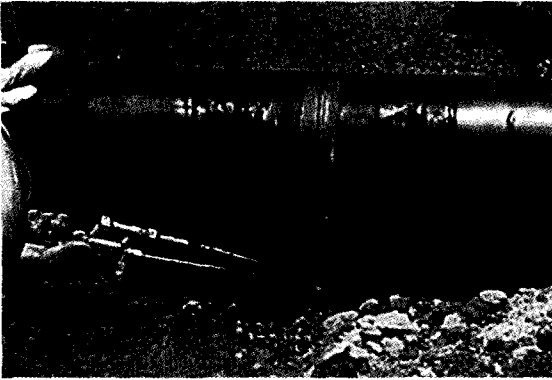
〈사진 2〉  
열수축Tube의 피복부위의 표면처리

성능이 저하되어 결국 배관의 수명에 커다란 영향을 초래하게 될 것이다.

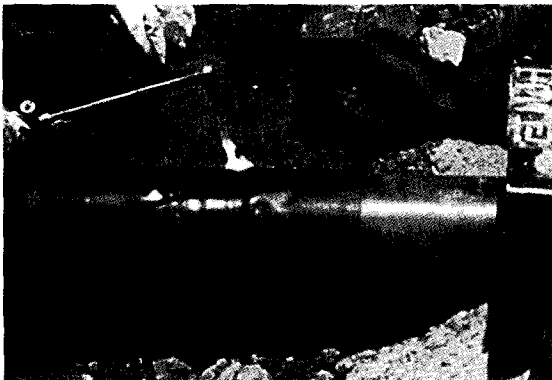
상기의 내용을 종합적으로 검토하여 볼 때 현재 도시가스사의 시방기준은 일부 또는 전반적으로 보완할 필요성이 있는 것으로 보여지며, 현재의 이와 같은 시방기준이 피복현장에 그대로 적용된다면 향후 가스배관의 안전성 확보뿐만 아니라 배관의 장기적 수명을 확보하는데 있어서 많은 문제점이 뒤따를 것으로 보여진다.

### 3.2 배관피복 현장실태

도시가스사에서는 자체 배관방식 시방서에 따라서



〈사진 3〉  
열수축 Sheet 피복부위의 예열작업



〈사진 4〉  
산소용접 토치를 이용한 열수축 Sheet의 가열·수축방법

직관용접부나 분기부 또는 배관말단부에 대한 현장 피복을 실시하고 있다. 실제 작업현장에서 이루어지고 있는 작업자의 피복작업이 도시가스사에서 제공된 시방서에 따라서 이루어지는지를 알아보기 위하여 도시가스사의 작업현장을 조사하였으며, 대표적인 관련 사진을 〈사진 1〉~〈사진 7〉에 제시하였다.

〈사진 1〉과 〈사진 2〉는 배관직관과 엘보의 용접 후 현장상태와 피복할 용접부에 대한 표면처리를 보여주고 있다. 제시된 사진에서 보듯이 용접부 주변에는 하수관에서 누출된 물로 인하여 피복작업을 하기가 상당히 어려운 상태에 놓여 있고, 더구나 배관외면에는

흙 등의 이물질이 잔뜩 묻어 있어 현 상태에서는 도저히 피복작업을 할 수 없는 상태이다.

이와 같은 경우 피복할 용접부에 대한 피복성능과 효율을 높이기 위하여 배관표면에 대한 표면처리를 시방서에 따라 실시하여야 하나 실제 표면처리는 젖은 손장갑으로 닦아내는 정도에 그치고 있어 잔모래나 흙가루의 잔류로 인하여 피복성능이 크게 저하될 것이다.

〈사진 3〉과 〈사진 4〉에는 피복할 용접부에 대한 예열작업과 열수축 Sheet의 가열·수축작업을 하고 있는 모습을 보여주고 있다. 〈사진 3〉의 배관예열은 배관표면의 습기를 제거하고, 피복재의 접착성을 향상시켜 줄 뿐만 아니라 작업시간을 단축시켜 주는 이점 등이 있기 때문에 매우 필요한 과정중의 하나이다. 그러나 이때에는 적절한 불꽃과 온도를 유지하기 위하여 가열전용의 기구를 사용하여야 하는 전제조건 상태에서 예열작업이 실시되어야 하나 앞에서도 언급하였듯이 이에 대한 중요성을 간과하고 있음을 제시된 사진으로부터 여실히 보여주고 있음을 알 수 있다.

〈사진 4〉는 일반 산소용접용 토치를 이용하여 열수축 Sheet의 가열·수축작업을 보여주고 있다. 일반 산소용접용 토치의 경우 노즐이 작고 국부적으로 가열온도가 매우 높기 때문에 열수축 Sheet의 표면에 왜곡변형(distortion)이 발생되거나 또는 타게(burning) 되므로 배관방식 피복재로서의 기능을 상실하게 된다. 위와 같은 작업이 이루어지고 있는 것으로 볼 때 도시가스사 시방서의 포괄적인 언급에 그 원인이 있고 피복 작업자에 대한 전문교육이 실시되지 않고 있으며, 또한 작업자 사후관리를 소홀히 하고 있기 때문인 것으로 판단된다. 또한 피복할 배관용접부 위치의 땅파기를 충분히 하여 가열불꽃이 용접부 하단에도 적정하게 전달되어야 하나 그렇지 못한 경우도 많았다.

한편, 열수축 Sheet의 경우 배관구경에 따른 폭과



〈사진 5〉  
압력조정기에 지시된 가스압력



〈사진 6〉  
열수축 Tape의 엘보 감기작업



〈사진 7〉  
Mastic Tape의 배관말단 감기작업

길이를 갖는 Sheet를 사용하여야 하나 길이가 작은 Sheet를 사용하여 PE피복강관의 노출부와의 접침길이가 작게 시공되고 있다. 이것은 배관매설시 또는 매설후 토하중에 의하여 피복재가 밀려나 피복성능을 저하시키게 되며, 혹은 피복부가 침수가 발생할 경우 수분침입으로 배관의 수명이 현저하게 단축될 것이다.

〈사진 5〉는 가스용기에 장착된 압력조정기의 사용압력을 보여주고 있다. 열수축 피복재에 대한 가열·수축작업의 적정성을 기하기 위해서는 적절한 가스압력과 불꽃길이가 필요하다. 도시가스사별로 상이하지만 일부 지방서에는 압력조정기의 사용압력을 0.7kg/cm<sup>2</sup>으로 제시하고는 있으나 실제 작업현장에서는 사진에서 보는 바와 같이 약 4kg/cm<sup>2</sup>의 높은 압력에서 가열토치를 그대로 사용하고 있었다. 이와 같은 경우 불꽃의 길이가 짧은 파란 불꽃으로 가열되는 피복재에 국부적인 온도상승이 발생되므로 피복재에 악영향을 주게 된다.

〈사진 6〉은 배관직관부와 엘보 용접부에 방식액을 도포한 후 열수축 Tape를 감기하는 작업과정을 보여주고 있다. 도시가스사에서 제시된 지방서상에는 열수축 Tape의 경우 방식액을 도포하지 않는 것으로 되어 있다. 일반적으로 피복등급이 낮은 경우에 배관외면을 Primer 등으로 도포하여 피복성능을 향상시켜 주기 위한 목적으로 방식액을 도포하고 있으나 열수축 피복재의 경우 피복재 제조사의 매뉴얼에서 방식액 도포는 필요치 않다고 제시하고 있듯이 그 자체만으로도 충분한 접착성과 피복성능을 가지고 있다.

그러나 적정하지 못한 방식액을 도포할 경우, 방식액과 피복재의 이질재료로 인한 접착성 저하로 박리(separation)되거나 또는 내부에 기공현상을 일으켜 피복성능을 오히려 저하시키게 된다. 또한 열수축 Tape의 경우도 적절한 토치를 사용하여 가열·수축작업을 하여야 양호한 피복성능을 얻을 수 있으나 사진에서 보듯이 산소용접용 토치의 사용에 따른 과도

한 가열온도로 인하여 피복재가 손상되거나 피복성능이 저하되게 된다.

따라서 배관피복 작업자의 작업절차와 피복방법에 대한 기술내용을 숙지시켜 이와 같은 문제점이 발생되지 않도록 유의하여야 할 것이다. 특히 가열전용의 토치를 구비하여 적절한 압력의 불꽃상태하에서 열수축 피복재의 가열·수축작업이 이루어질 수 있도록 시방서에 관련 기술적 내용을 명확히 해줄 필요가 있다.

〈사진 7〉은 배관말단부의 방식을 위한 Mastic Tape의 감기작업을 보여주고 있다. 시방서에는 방식액(primer)을 도포하는 것으로 규정하고 있으나 본 사진에서 보듯이 피복할 배관말단부에는 방식액을 도포하지 않았고, 또한 Tape면이 주름진 상태로 Tape 감기작업을 진행하고 있었다. Tape면이 주름지지 않도록 완전히 펴서 Tape에 인장력을 적정하게 주면서 Tape면이 완전하게 펴지도록 하여 배관면과의 밀착성을 높여 주어야 한다. 이와 같이 하여 잔류공기 등을 제거시켜 부식의 원인이 되는 물질을 사전에 차단시켜야 할 것이다. 상기와 같은 문제점의 해결방안으로는 작업자에게 방식액 도포의 필요성과 중요성을 인식시켜 주기 위한 정기교육을 실시하고, 특히 피복성능에 악영향을 미치지 않도록 사용금지 락카계 방식액(예 : W-244, CP-144, CV-440~460 등)에 대해서 관련 시방서에 구체적으로 제시해 주어야 한다.

지금까지 현장 배관피복에 관한 전반적인 실태를 파악하기 위하여 도시가스사의 가스배관 작업현장을 관찰하였으며, 제반 문제점과 현황을 분석하여 위에서 언급하였다. 따라서 배관방식을 위한 현장 피복에 대한 실태를 종합적으로 검토한 결과에 따르면 피복할 용접부의 표면처리, 예열, 방식액 도포, 가열·수축작업, 감기작업, 피복재 접침길이 등은 개선의 여지가 충분히 있는 것으로 판단된다. 이것들은 배관피복시 피복성능에 직접적인 영향을 미치는 가장 중요한 요소들이므로 이를 해결하기 위한 1차적 방안으로는

시방서에 관련 내용을 명확하게 제시해 주는 것이며, 2차적 해결방안에는 실제 피복작업을 행하는 작업자에 대하여 피복여건에 따라 배관수명이 크게 좌우됨을 상기시키고, 피복절차 등을 반드시 준수하도록 전문교육과 사후관리를 철저히 하여야 할 것이다.

#### 4. 맺음말

본 연구에서는 국내 도시가스사에서 발생된 가스배관의 부식사례를 수집·분석하여 배관피복 및 방식관련 업무에 필요한 정보의 제공과 아울러 도시가스사에서 적용하고 있는 강관 용접부에 대한 피복시방서의 비교·분석과 현장실태에 대한 분석자료를 토대로 현장 피복시의 문제점 개선과 피복 효율의 향상을 위한 표준화된 『강관 용접부 현장 피복절차서』를 개발하였다.

개발된 절차서에는 피복재 종류별(열수축 Tube, 열수축 Sheet, 열수축 Tape, PE Tape, Mastic Tape 등)로 적용범위, 준비공구, 작업절차 및 방법에 관하여 구체적으로 기술하였고, 피복성능을 고려한 최소한의 기준치를 제시하였다. 본 연구를 통하여 현장 피복재별 피복시공사의 중요 문제점에 대한 개선방안을 정리하면 다음과 같다.

##### (1) 강관 피복재 종류별 준비공구

피복재 종류별 작업시 준비하여야 할 공구를 명시하였으며, 특히 온도측정기를 이용하여 배관에 열시정온도 여부의 확인이 필요하다.

##### (2) 피복재 종류별 적용범위

- 열수축 Tube : 호칭지름 80A 이상 피복강관의 직관 용접부의 외면
- 열수축 Sheet : 호칭지름 80A 이상 피복강관의 직관 용접부의 외면
- 열수축 Tape : 호칭지름 100A 미만 피복강관의 직관 또는 이형관(엘보 등 포함) 용접부의 외면

- PE Tape : 호칭지름 80A 미만 피복강관의 직관 또는 이형관(엘보 등 포함) 용접부의 외면

- Mastic Tape : 호칭지름 80A 미만 피복강관의 직관 또는 이형관(엘보 등 포함) 용접부의 외면

(3) 공장 피복재 절단부위의 가공

열수축 Tube의 밀착성을 증진시키기 위하여 공장 피복층의 절단부위(cut off)는 그라인더 등으로 20°~45°의 경사(taper)지게 가공하는 것이 필요하다.

(4) 피복할 위치의 표면처리

피복할 위치의 돌기물과 비드면 가공을 위해 그라인더나 와이어 브러쉬를, 오일 등에는 유기용제를, 진흙, 수분 등에는 건조한 천을 사용하는 등 포괄적인 표면처리방법을 구체적으로 규정할 필요가 있다.

(5) 방식액의 도포

피복재 종류별 방식액의 도포여부를 명시하였으며, 또한 사용금지 방식액에 대한 구체적인 규정이 필요하다.

- 사용금지 방식액 예 : W-244, CP-144, CV-440~460 등

(6) 배관의 예열온도

피복할 부위의 수분 제거, 접착성 증진 및 작업시간의 단축을 위하여 가열전용 가스토치(가스압력 0.7kg/cm<sup>2</sup>, 화염 거리 20cm 이상의 황색불꽃)로 가열하여 배관표면의 온도가 60℃~80℃ 정도로 예열되었는지 확인이 필요하다.

(7) 가열전용 토치의 크기(용량)

배관외경에 따른 가열전용 가스토치의 튜브직경(tube diameter)에 대한 크기(용량)를 배관외경에 따라 구분하여 규정하는 것이 필요하다.

- 배관외경이 400mm(16") 이하 : 토치의 튜브직경은 20mm~40mm(3/4"~1 1/2")

- 배관외경이 400mm(16") 이상 : 토치의 튜브직경은 40mm~80mm(1 1/2"~3 1/4")

(8) 공장피복층과 피복재와의 겹침부 길이  
피복재별 공장 피복층과의 겹침길이를 구체적으로 규정하는 것이 필요하다.

- 열수축 Tube : 양단쪽 겹침길이는 공장 피복층과 최소 50mm(2") 이상

- 열수축 Sheet : 겹침부(over-lap)는 10cm 이상, 양단쪽 겹침길이는 공장 피복층과 최소 50mm(2") 이상

- 열수축 Tape : 양단쪽 겹침길이는 공장 피복층과 최소 75mm(3") 이상

- PE Tape : 양단쪽 겹침길이는 공장 피복층과 최소 75mm(3") 이상

- Mastic Tape : 양단쪽 겹침길이는 공장 피복층과 최소 75mm(3") 이상

(9) 열수축 피복재의 가열·수축작업

열수축 피복재의 가열·수축 진행방법과 절차, 가열시 주의사항 및 확인검사(양끝단의 접착제 흐름, 균열이나 기공 여부) 실시와 가열·수축작업 완료 후 피복작업 부분이 완전히 식을 때까지 방치하도록 구체적으로 규정하는 것이 필요하다.

(10) Tape 피복재의 감기작업

직관부, 엘보, 티, 레듀서에 대한 감기작업 진행방법과 절차규정, 주의사항 및 확인검사(균열이나 들뜬 부분의 존재 여부)를 실시해야 한다.

(11) 피복재 방식 후의 외형처리

피복재 방식후 배관에는 다음의 표시사항을 명시하도록 하였다.

- 중압이상 : 적색의 비닐 테이프(혹은 폴리머 테이프) 감음

- 저압 : 황색의 비닐 테이프(혹은 폴리머 테이프) 감음