

제정 기술표준원고시 제200 - 80호 (2001. 2 .20 )  
개정 기술표준원고시 제2003-1060호 (2003. 9. 01)

# 전기용품안전기준

## K 60455-2

[KS C IEC 2003]

---

### 전기절연용 반응성 컴파운드 수지

제1부 : 시험방법

## 목 차

|                                               |   |
|-----------------------------------------------|---|
| 서문 .....                                      | 3 |
| 1. 적용범위 .....                                 | 3 |
| 2. 인용규격 .....                                 | 3 |
| 3. 용어정의 .....                                 | 5 |
| 4. 시험방법상의 일반적인 주의사항 .....                     | 5 |
| 5. 반응성 컴파운드수지와 그 재료에 대한 시험방법 .....            | 5 |
| 5.1인화점(1, 2 and 3) .....                      | 6 |
| 5.2 밀도 .....                                  | 6 |
| 5.3 점도 .....                                  | 6 |
| 5.4 저장 수명 .....                               | 6 |
| 5.5 연화 온도 .....                               | 6 |
| 5.6 회분 함유량 .....                              | 6 |
| 5.7 충전재 함유량 .....                             | 6 |
| 5.8 염소 함유량 .....                              | 6 |
| 5.8.1 불포화폴리에스테르와 에폭시수지의 전체 염소 함유량 .....       | 6 |
| 5.8.2 에폭시수지와 글리시딜에스테르의 무기 염소 함유량 .....        | 7 |
| 5.8.3 에폭시수지와 관련재료의 비누화 용이한 염소 함유량 .....       | 7 |
| 5.9 에폭시 수지의 에폭시 당량(1) .....                   | 7 |
| 5.10 수분함유량(Karl Fischer 방법) .....             | 7 |
| 5.11 수산기가 .....                               | 7 |
| 5.11.1 폴리에스테르 수지 .....                        | 7 |
| 5.11.2 폴리에스테르 이외의 수지 .....                    | 7 |
| 5.12 폴리에스테르 수지의 산가 .....                      | 7 |
| 5.13 불포화 폴리에스테르와 아크릴레이트수지의 이중결합의 양 .....      | 7 |
| 5.14 무수산 경화제의 산과 무수산 함유량 .....                | 7 |
| 5.15 아민가 .....                                | 7 |
| 5.16 작업 시간 .....                              | 7 |
| 5.17 겔 시간 .....                               | 7 |
| 5.17.1 불포화 폴리에스테르 컴파운드 .....                  | 8 |
| 5.17.2 페놀수지 컴파운드 수지 .....                     | 8 |
| 5.17.3 다른 컴파운드 .....                          | 8 |
| 5.18 발열온도상승 .....                             | 8 |
| 5.18.1 불포화폴리에스테르 컴파운드 .....                   | 8 |
| 5.18.2 불포화폴리에스테르 컴파운드 이외의 컴파운드 .....          | 8 |
| 5.19 에폭시와 불포화 폴리에스테르 기본 컴파운드의 전체 부피 수축률 ..... | 8 |
| 6. 경화된 반응성 컴파운드 시험 방법 .....                   | 8 |

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 6.1 시험 시료 .....                                           | 8  |
| 6.1.1 반응성 컴파운드 준비 .....                                   | 8  |
| 6.1.2 시험 시료의 준비 .....                                     | 8  |
| 6.1.3 시험 시료의 수량과 형태 .....                                 | 9  |
| 6.2 밀도 .....                                              | 9  |
| 6.3 기계적 특성 .....                                          | 9  |
| 6.3.1 인장특성 .....                                          | 9  |
| 6.3.2 압축특성 .....                                          | 9  |
| 6.3.3 굴곡특성 .....                                          | 9  |
| 6.3.4 충격 강도 .....                                         | 9  |
| 6.3.5 경도 .....                                            | 10 |
| 6.4 온도 특성 .....                                           | 10 |
| 6.4.1 승온온도에서의 결합세기 .....                                  | 10 |
| 6.4.2 선형 열팽창 .....                                        | 10 |
| 6.4.3 열 전도도 .....                                         | 10 |
| 6.4.4 유리 전이 .....                                         | 10 |
| 6.4.5 가연성 .....                                           | 11 |
| 6.4.6 열충격 .....                                           | 11 |
| 6.4.7 온도 지수 .....                                         | 11 |
| 6.5 화학적 특성 .....                                          | 11 |
| 6.5.1 수분 흡수율 .....                                        | 11 |
| 6.5.2 액체 화학물질의 영향 .....                                   | 11 |
| 6.5.3 주형 성장에 대한 저항 .....                                  | 12 |
| 6.5.4 수증기 투과율 .....                                       | 12 |
| 6.6 전기적 특성 .....                                          | 12 |
| 6.6.1 체적저항률에 대한 물의 침수 효과 .....                            | 12 |
| 6.6.2 유전 손실율( $\tan\delta$ )과 상대유전율( $\epsilon_r$ ) ..... | 13 |
| 6.6.3 파괴전압과 절연 내력 .....                                   | 13 |
| 6.6.4 내 트래킹 지수(proof tracking index : PTI) .....          | 15 |
| 6.6.5 전해부식 .....                                          | 15 |
| <br>그림 1 - 체적 고유저항을 위한 시험 장비 .....                        | 16 |
| 그림 2 - 연질 경화컴파운드에 대한 전극 배열의 예 .....                       | 17 |
| 그림 3 - 경질 경화컴파운드에 대한 전극 배열의 예 .....                       | 18 |
| <br>부속서 A - 참고문헌 .....                                    | 19 |

# 전기 절연용 반응성 컴파운드 수지

## -제2부: 시험 방법

KS  
C IEC 60455-2:2003  
(IEC 60455-2:1998, IDT)

### Resin based reactive compounds used for electrical insulation Part 2: Methods of test

**서문** 본 규격은 1998년에 제2판으로 발행된 IEC 60455-2 (Resin based reactive compounds used for electrical insulation Part 2: Methods of test) 을 번역해서 기술적인 내용 및 규격서의 서식을 변경하지 않고 작성한 한국 산업 규격이다.

#### 1. 적용범위

KS C IEC 60455의 본 부는 전기절연용으로 사용된 반응성 컴파운드 수지, 성분 및 경화된 컴파운드의 시험방법에 대해 다룬다.

#### 2. 인용규격

다음의 규격은 이 규격에 인용함으로서 이 규격의 규정일부를 구성한다. 이러한 인용규격은 그 최신판을 적용한다.

- IEC 60050(212):1990, 국제 전자기술 용어(IEV)- 제212장: 절연성을 지닌 고체, 액체 그리고 기체
- IEC 60068-2-10:1988, 환경 시험 - 제2부: 시험. 시험J 및 지시사항: 주형 성장
- KS C IEC 60093:1980, 고체전기절연재료에 대한 체적저항과 표면저항의 시험방법
- KS C IEC 60112:1979, 습한 조건에서의 고체절연재료의 비교와 내 트래킹 지수 측정법
- KS C IEC 60216-1:1990, 전기절연재료의 내열성 측정에 관한 가이드-제1부:에이징 과정과 시험 결과의 평가에 관한 일반적 가이드라인
- KS C IEC 60216-2:1990, 전기절연재료의 내열성 측정에 관한 가이드-제2부:시험기준의 선택
- KS C IEC 60216-3-1:1990, 전기절연재료의 내열성 측정에 관한 가이드-제3부:내열특성 계산을 위한 지시사항-제1절:정상분포된 완전한 데이터의 평균값을 사용한 계산
- KS C IEC 60216-3-2:1993, 전기절연재료의 내열성 측정에 관한 가이드-제3부:내열특성 계산을 위한 지시사항-제2절:불완전한 데이터에 대한 계산: 메디안타임 이하까지의 끝점까지 시험결과 계산
- IEC/TR 60216-4-1:1990, 전기절연재료의 내열성 측정에 관한 가이드-제4부:에이징오븐-제1절:단식챔버오븐
- IEC 60216-5:1998, 전기절연재료의 내열성 측정에 관한 가이드-제5부:열내구성 특성 적용에 대한 지침서
- KS C IEC 60243-1:1998, 절연재료의 절연내력 시험방법-제1부:상용주파수 시험
- IEC 60250:1969, 미터파장을 포함한 상용, 가청, 무선주파수에서 전기절연재료의 유전율, 유전체 손실을 측정방법
- IEC 60296:1982, 변압기와 차단기용 미사용 미네랄 절연유에 대한 규정
- KS C IEC 60426:1973, 절연재료의 전식 측정방법

KS C IEC 60455-1:1998, 전기 절연용 무용제 중합 수지질 컴파운드에 대한 규정 -제2부: 시험 방법

KS C IEC 60455-3(전 부분), 전기절연용 무용제 중합할 수 있는 수지질의 컴파운드에 관한 규정-제3부:개별재료에 대한 규정

IEC 60707:1981, 화원에 노출되었을 때 고체 전기절연재료의 가연성 측정 시험방법

IEC 60814:1997, 절연유-오일함침 종이 및 프레스보드-자동 전량분석 Karl Fischer 적정에 의한 물의 측정

KS C IEC 61006:1991, 전기절연재료의 유리전이온도를 측정하기 위한 시험방법

KS C IEC 61033:1991, 에나멜선 기관에의 함침제의 접착강도 측정방법

IEC 61099:1992, 미사용 전기절연용 유기합성 에스테르에 대한 규정

ISO 37:1994, 고무, 벌크나이즈드 또는 열가소성물질-인장 스트레스-스트레인 특성의 결정

ISO 62:1980, 플라스틱- 수분 흡수율 결정

ISO 75(전 부분), 플라스틱 및 에보나이트-부하하에서 편차의 온도의 결정

ISO 175:1981, 플라스틱- 물을 포함한 액체 화학물질의 영향 결정

ISO 178:1993, 플라스틱- 굴곡특성 결정

ISO 179:1993, 플라스틱- Charpy 충격강도 결정

ISO 306:1994, 플라스틱- 열가소성물질- Vicat 연화온도(VST) 결정

ISO 527(전 부분), 플라스틱- 인장축성 결정

ISO 584:1982, 플라스틱- 불포화 폴리에스테르 수지-80°C에서의 반응성 결정

ISO 604:1993, 플라스틱- 압축특성 결정

ISO 868:1985, 플라스틱 및 에보나이트- 듀로미터(Shore 경도)법에 의한 톱니 경도 결정

ISO 1183:1987, 플라스틱- 비 다공질 플라스틱의 밀도 및 상대밀도 결정

ISO 1512:1991, 페인트 및 바니시- 액체나 페이스트 형태 제품의 샘플링

ISO 1513:1992, 페인트 및 바니시- 시험을 위한 샘플의 검사 및 준비

ISO 1523:1983, 페인트, 바니시, 석유 및 관련제품- 인화점 결정- 차단 컵 평형 방법

ISO 1675:1985, 플라스틱- 액체 수지-pyknometer방법에 의한 밀도 결정

ISO 2039-1:1993, 플라스틱- 경도 결정-제1부: 볼 톱니 방법

ISO 2114:1996, 플라스틱- 불포화 폴리에스테르 수지-부분산가와 총산가 결정

ISO 2431:1993, 페인트 및 바니시- 유동컵을 사용한 유동시간 결정

ISO 2535:1997, 플라스틱- 불포화 폴리에스테르 수지-25°C에서 겔 시간 결정

ISO 2554:1997, 플라스틱- 불포화 폴리에스테르 수지- 수산기가 결정

ISO 2555:1989, 플라스틱- 액체상태 수지 또는 유제, 산포-Brookfield시험방법에 의한 겔보기 점도의 결정

ISO 2592:1973, 석유제품- 플래시와 발화점의 결정-클리브랜드 개방 컵 방법

ISO 3001:1997, 플라스틱- 에폭시드 컴파운드-에폭시당량 결정

ISO 3219:1993, 플라스틱- 액체생태나 유제, 산포에서의 폴리머/수지-정의된 절단률의 순환 점도계를 사용한 점도 결정

ISO 3451-1:1997, 플라스틱- 회분 결정-제1부:일반적 방법

ISO 3521:1997, 플라스틱- 불포화 폴리에스테르 및 에폭시 수지-전체적인 체적 수축의 결정

ISO 3679:1983, 페인트, 바니시, 석유 및 관련제품- 플래시포인트의 결정-빠른 평형 방법

ISO 4583:1998, 플라스틱- 에폭시 수지 및 글리세릴계 에스테르- 무기 염소의 결정

ISO 4615:1979, 플라스틱- 불포화 폴리에스테르 및 에폭시 수지-총 염소함유량

ISO 4625:1980, 플라스틱- 페인트 및 바니시에 대한 바인더-연화점의 결정-링 및 볼 방법

ISO 7327:1994, 플라스틱- 에폭시 수지를 위한 경화제 및 촉진제-산 무수물에서 자유산의 결정  
ISO 9396:1997, 플라스틱- 페놀수지-자동장치를 사용한 주어진 온도에서 겔 시간의 결정  
ISO 9702:1998, 플라스틱- 아민계 에폭시 경화제-1차, 2차, 3차 아민계 질소 함유량의 결정

### 3. 용어 정의

KS C IEC 60455의 본 부에 대해 다음의 정의뿐만 아니라 KS C IEC 60455-1와 IEC 60050(212)의 용어 정의도 적용한다.

#### 3.1 체적 저항 (volume resistance)

표면 전류를 제외한 체적을 통한 전도에 기인하는 절연 저항

#### 3.2 체적 저항률 (volume resistivity)

단위체적 당 값으로 환산한 체적 저항

#### 3.3 유전 손실율 (dielectric dissipation factor : $\tan\delta$ )

복소 유전률의 실수부에 대한 허수부의 비율을 숫자로 나타낸 값.

#### 3.4 상대 유전율(relative permittivity : $\epsilon_r$ )

전기적 상수에 대한 절대 유전율의 비율

비고 - 실제 공학 상에서 보통 상대 유전율을 언급할 때 '유전율'을 의미한다..

### 4. 시험 방법상의 일반적인 주의 사항

관련된 규격 또는 측정방법에서 명시되지 않는 한, 모든 시험은 21°C~29°C 온도범위, 상대습도는 45%~70% 범위의 대기상태에서 수행된다. 측정 전에는 이러한 대기상태 하에서 샘플 또는 시험 시료가 안정화 되도록 충분한 시간동안 전 처리한다. 액체나 페이스트 형태에서 샘플을 얻는 경우, ISO 1512가 적용된다. 시험을 위한 샘플 준비에 대해서는 ISO 1513이 적용 된다.

비고 - 표준대기에 대한 용어정의는 ISO 558을 보면 된다. 위에 명시된 시험 대기는 ISO 291에 명시된 두 표준 대기중 어느 것에도 부합되지 않고 그들의 허용오차를 포함하는 범위 모두를 포함하는 것이다.

일반적으로, 모든 시험 방법에 대한 요구 사항은 설명서에 주어져 있다. 그리고 그림은 시험의 수행에 있어 하나의 가능한 장치를 설명하기 위한 것이다. 본 규격과 KS C IEC 60455-3의 내용이 다를 경우 후자를 따른다.

다른 규격이 시험 방법에 적용될 때, 그 규격의 기준이 보고서에 포함된다.

### 5. 반응성 컴파운드와 그 성분 에 대한 시험방법

경화 전의 물질들은 수지(1), 그 밖의 반응성 또는 비반응성 성분들(2)(예를 들어 경화제, 촉진제, 안정제, 충전제), 그리고 즉시 사용할 수 있는 반응성 컴파운드(3)이다. 1, 2, 3이란 숫자는 아래 설명된 시험 방법의 적용가능 여부를 나타낸다.

#### 5.1 인화점 (1, 2, 3)

79°C이상의 인화점에 대해서, ISO 2592에 주어진 방법이 사용된다. 79°C미만 인화점의 경우, ISO 1523의 부속서 A에 설명된 closed-cup 장치와 함께 ISO 1523에 주어진 방법을 사용한다. ISO 1523과 더불어 ISO 3679를 참고한다.

두 측정은 각각 두 개의 다른 시료에서 이루어지며, 인화점의 두 결과는 적용된 규격과 함께 기록된다.

## 5.2 밀도(1, 2, 3)

ISO 1675에서 주어진 방법이 사용된다. 두 번 측정하고, 밀도의 두 결과를 기록한다.

## 5.3 점도 (1, 2, 3)

점도는  $(23 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 에서 알맞은 장비로 측정된다. 만약 회전형 장비가 사용된다면, ISO 2555 (Brookfield type) 또는 ISO 3219 (정의된 전단 응력률에서 작업되는 형태)에 따른다. 만약 유출형태의 장비가 쓰인다면, 시험 방법과 플로우 컵(flow cup)은 ISO 2431에 따른다. 두 번 측정하고, 점도에 대한 두 결과를 적용된 규격과 함께 기록한다.

## 5.4 저장수명(Shelf life) (1, 2, 3)

저장수명은 일정 저장시간과 온도 후에 규정된 특성의 변화를 측정함으로써 결정된다. 경험적으로 5.3의 점성과 5.17의 겔 시간이 적절한 특성을 보여준다. 저장 수명을 평가하기 위해, 점성과 겔 시간은 각각 5.3과 5.17에 따라 공급자와 구매자의 합의에 따른 종말점과 온도에서 결정된다. 두 측정은 공급자와 구매자가 동의한 시간과 온도에서 신선한 물질과 저장된 물질에 대해 실행된다. 저장수명의 두 결과는 적용된 규격과 함께 기록 된다. 결과는 저장하기 전·후의 점성과 겔 시간, 저장시간과 온도, 시험 온도를 포함한다.

## 5.5 연화온도(1, 2)

ISO 306 또는 ISO 4625에 주어진 방법이 사용된다. 두 번의 측정과 연화온도에 대한 두 결과가 적용된 규격과 함께 기록된다.

## 5.6 회분 함유량(1, 2)

ISO 3451-1에 있는 방법 A가 사용된다. 두 번의 측정이 행해지고 두 회분 함유량의 결과를 기록한다.

## 5.7 충전재 함유량(1, 2)

시험 방법은 요구되나, 유용하지 않다.

## 5.8 염소함유량

### 5.8.1 불포화 폴리에스테르와 에폭시 수지의 전체 염소 함유량

ISO 4615에 주어진 방법이 사용된다. 두 번의 측정이 행해지고, 그 두 전체 염소함유물 결과를 기록한다.

### 5.8.2 에폭시 수지와 글리시딜 에스테르의 무기염소 함유량(1)

ISO 4615에 있는 방법이 사용된다. 두 번의 측정이 행해지고, 그 두 무기염소함유의 결과를 기록한다.

### 5.8.3 에폭시수지와 관련재료의 비누화(감화) 용이한 염소의 함유량

ISO 4583에 있는 방법이 사용된다. 두 번의 측정이 행해지고, 그 두 감화 염소함유물 결과를 기록한다.

### 5.9 에폭시 수지의 에폭시 당량(1)

ISO 3001에 있는 방법이 사용된다. 두 번의 측정이 행해지고, 그 두 에폭시 당량 결과를 기록한다.

### 5.10 수분함유량(Karl Fischer 방법) (1 그리고 2)

ISO 4583에 있는 방법이 사용된다. 두 번의 측정이 행해지고, 그 두 수분함유량을 기록한다.

### 5.11 수산기가

#### 5.11.1 폴리에스테르 수지(1)

ISO 2554에 있는 방법이 사용된다. 두 번의 측정이 행해지고, 그 두 수산기기의 결과를 기록한다.

#### 5.11.2 폴리에스테르 이외의 수지(1)

시험방법은 필요하나 유용하지 않다.

### 5.12 폴리에스테르 수지의 산가(1)

ISO 2114에 있는 방법이 사용된다. 두 번의 측정이 행해지고, 그 두 산가의 결과를 기록한다.

### 5.13 불포화 폴리에스테르와 아크릴레이트 수지의 이중결합의 양(1)

시험방법은 필요하나 유용하지 않다.

### 5.14 무수산 경화제의 산과 무수산 함유량(2)

시험방법은 필요하나 유용하지 않다.

### 5.15 아민가(2)

시험방법은 필요하나 유용하지 않다.

### 5.16 작업 시간(Pot life)(3)

작업 시간은 혼합한 후에 지정된 특성의 변화를 측정함으로써 결정된다. 작업 시간을 평가하기 위해 서, 점성과 겔 시간은 각각 5.3과 5.17에 따라 공급자와 구매자의 합의에 따른 종말점과 온도에서 결정된다. 두 측정은 공급자와 구매자가 동의한 온도에서 신선한 물질과 저장된 물질에 대해 실행된다. 작업 시간의 두 결과는 적용된 규격과 함께 기록한다. 결과는 저장하기 전 ·후의 점성과 겔 시간, 저장시간과 온도, 시험 온도를 포함한다.

### 5.17 겔 시간

#### 5.17.1 불포화 폴리에스테르 컴파운드(3)

겔 시간은 반응 컴파운드가 겔 상태로 된 후의 기간이다. ISO 2535에 있는 방법은 공급자와 구매자 사이에 합의된 시험 온도에서 사용된다. 두 번의 측정을 행하고 겔 시간의 두 결과를 시험온도와 함께 기록한다.

#### 5.17.2 페놀컴파운드 수지(3)

ISO 9396에 주어진 방법을 사용한다. 두 번의 측정을 행하고, 그 두 겔 시간의 결과를 기록한다.

### 5.17.3 다른 컴파운드(3)

시험방법은 필요하나 유용하지 않다.

## 5.18 발열온도상승

### 5.18.1 불포화 폴리에스테르 컴파운드(3)

ISO 584에 있는 이 방법이 사용된다. 두 번의 측정을 행하고, 그 두 발열온도상승의 결과를 기록한다.

### 5.18.2 불포화 폴리에스테르 컴파운드 이외의 컴파운드

시험방법은 필요하나 유용하지 않다.

## 5.19 에폭시와 불포화 폴리에스테르 컴파운드의 전체 부피 수축률

ISO 3521에 있는 방법이 사용된다. 두 번의 측정이 행해지고, 그 두 전체 부피 수축률의 결과를 기록한다. 보고서는 시험 온도, 시험 온도에서 컴파운드의 밀도, 그리고 경화된 컴파운드로 만들어진 시료의 밀도를 포함한다.

## 6. 경화된 반응성 컴파운드에 대한 시험 방법

경화된 반응성 컴파운드는 자체적으로 지지되므로 경질과 연질 시험 시료의 준비를 미리 고려해둔다.

### 6.1 시험 시료

“시험 시료”란 용어는 관련된 시험 방법에서 요구되는 모양상태로 경화시킨 재료의 고체 부분을 의미한다.

#### 6.1.1 반응성 컴파운드 준비

반응성 컴파운드는 공급자가 정해놓은 성분의 균일한 혼합물이어야 한다. 또한 조성과 컴파운드들의 처리를 위한 건조, 공기차단, 열처리와 다른 측정은 공급자에 의해 주어진 지침을 따른다. 컴파운드들에 충전제가 들어있을 때는 침전 가능성도 고려될 필요가 있다.

#### 6.1.2 시험 시료의 준비

시료들은 KS C IEC 60455-3의 관련된 요구사항에서 특히 시험 방법에서 언급된 조건하에서 준비되거나, 공급자와 구매자 사이의 동의에 의해서 준비된다. 이러한 것은 온도와 진공에 관한 주조 공정, 온도에 관한 경화조건 그리고 시간 또는 시간-온도 프로그램, 몰드에서의 제거, 가열냉각과 냉각 과정을 포함한다.

공급자에 의해서 주어진 지침을 따르는 반응성 컴파운드들은 대기 온도에서 경화하고 일반적으로 몇 일 혹은 몇 주 후에 주위 대기 온도에서 최종 상태로 이른다. 이런 상황에서 정의된 경화정도를 알기 위해 컴파운드들은 대기 온도에서 24시간동안 경화시키고, 그 후에 즉시 80°C에서 24시간동안 놓아두거나 또는 공급자와 구매자사이의 합의한 바대로 한다.

시료들은 시험 방법에서 주어진 치수에 따라 적절한 모양으로 주조되거나 주조물로부터 얻어진다. 이들은 기공, 기포, 흠, 굽힘이 없어야 한다. 기계가공 중, 기계 가공된 표면의 과도한 가열은 물을 이용한 냉각이나 그 밖의 방법에 의해 방지한다.

비고 - 몰드에서 경화컴파운드의 제거는 방출제를 사용하거나, 크롬판이나 다른 적절한 물질로 만들어진 몰드를 사용함으로써 쉽게 떼어낼 수 있다.

### 6.1.3 시험 시료의 수량과 형태

특별하게 요구되어진 시험 방법에 있어서 시료의 수량과 형태는 **KS C IEC 60455-3**에 설명되어져 있다. 또는 공급자와 구매자의 동의에 의하는 수도 있다.

## 6.2 밀 도

**ISO 1183**에서 주어진 A방법 또는 B방법을 사용하고 두 번의 측정을 행한다. 시료의 준비의 형태와 치수, 사용된 방법과 밀도의 두 결과값을 기록한다.

## 6.3 기계적 특성

### 6.3.1 인장특성

#### 6.3.1.1 경질 재료

(60±15)초 내에 시료를 깨는 시험 속도로 **ISO 527**에서 주어진 방법이 사용된다. 시료의 형태는 **ISO 527**로부터 선택된다. 다섯 개의 시료를 시험한다. 준비의 형태, 시료의 치수와 종류, 시험 속도, 그리고 다섯 가지의 인장 특성 결과를 기록한다. 보고서에는 적용가능 하다면 항복점과 최대 하중 그리고 파열점에서의 인장응력, 항복점과 파열점에서의 신장률(%), 그리고 탄성계수를 포함한다.

#### 6.3.1.2 연질 재료

**ISO 37**에 주어진 방법은 아령 형태의 시료에 사용된다. 다섯 개의 시료를 시험한다. 아령형태의 시료의 타입과 준비의 형태 그리고 인장특성의 다섯 가지 결과가 기록된다. 보고서는 인장강도, 파열점에서 신장률(%), 그리고 탄성계수를 포함한다.

### 6.3.2 압축특성

**ISO 604**에 명시된 방법이 사용된다. 다섯 개의 시료를 시험한다. 준비의 형태, 시료의 치수, 변형률 그리고 압축 특성의 다섯 가지 결과를 기록한다. 보고서는 적용가능 하는 한은 최대하중에서의 압축 강도, 압축항복응력, 그리고 파열될 때의 압축 변형율(%)을 포함한다.

### 6.3.3 굴곡특성

**ISO 178**에 명시된 방법이 적재 노우즈와 지지대의 상대 이동률에 비례해서 사용되고, 그 결과 (60±15)초 내에 시료는 파열되거나 최대 부하에 이른다. 준비의 형태, 시료의 치수, 상대 이동률 그리고 굴곡특성의 다섯 가지 결과를 기록한다. 보고서는 적용가능 하는 한은 파열 시 또는 최대하중에서의 굴곡응력, 대응 편차 그리고 탄성계수를 포함한다.

### 6.3.4 충격 강도

#### 6.3.4.1 비틀니형 시료

**ISO 179**에 명시된 방법이 사용된다. 10개 시료를 시험한다. 준비의 형태, 시료의 치수와 형태, 10개의 충격강도 결과를 기록한다.

#### 6.3.4.2 톱니형 시료

ISO 179에 명시된 방법이 사용된다. 10개 시료를 시험한다. 준비의 형태, 시료의 치수와 형태, 10개의 충격강도 결과를 기록한다.

### 6.3.5 경도

#### 6.3.5.1 경질재료

ISO 2039-1에 명시된 방법(ball indentation 방법), 또는 ISO 868에 명시된 방법(Shore D hardness)이 사용된다. 다섯 번의 측정은 하나 또는 그 이상의 시료에서 수행된다. 준비의 형태, 시료의 치수, 적용된 하중, 그리고 다섯 개의 경도 결과들을 기록한다.

#### 6.3.5.2 연질재료

ISO 868(가압적 Shore A hardness)에 명시된 방법이 사용된다. 다섯 번의 측정은 하나 또는 그 이상의 시료에서 수행된다. 준비의 형태, 시료의 치수, 사용된 경도계(durometer)의 형태(A 또는 B), 그리고 다섯 개의 압송경도(Indentation Hardness) 결과들을 기록한다.

### 6.4 온도 특성

#### 6.4.1 승온온도에서의 결합세기

KS C IEC 61033에서 주어진 방법 A-트위스트 코일 시험 또는 방법 B-나선형 코일 시험이 사용된다. 시험 온도는 KS C IEC 60455-3을 따르거나 공급자와 구매자의 합의에 의한다. 다섯 개의 시료를 시험한다. 방법, 기관으로 사용된 에나멜 권선의 형태, 다섯 개의 결과를 기록한다.

#### 6.4.2 선형 열팽창

시험방법은 필요하나 유용하지 않다.

#### 6.4.3 열 전도도

시험방법은 필요하나 유용하지 않다.

#### 6.4.4 유리 전이

##### 6.4.4.1 유리 전이 온도

KS C IEC 61006에 명시된 방법들 중 하나를 사용한다. 두 번 측정한다. 준비의 형태, 시료의 치수, 그리고 사용된 방법(A:DSC or DTA, B1:TMA, 팽창모드, or B2:TMA, 침투모드)과 유리 전이온도의 두 결과가 보고된다.

##### 6.4.4.2 하중 시 열변형 온도(하중하 열변형 온도)

ISO 75 에 명시된 A방법 또는 B방법이 사용된다. 두 개의 시료를 시험한다. 준비의 형태, 시료의 치수, 사용된 방법, 그리고 그 두 하중시의 열변형온도 결과를 기록한다.

비고 - 하중시 열변형온도는 유리 전이온도와 성질이 같다, 그러나 ISO 75에 명시된 방법은 40°C 이하 온도는 다루지 않는다. 따라서 6.4.4.1에 명시된 방법을 추천한다.

#### 6.4.5 가연성

IEC 60707에 명시된 FH방법과 FV방법이 사용된다. 각 방법에 대해 다섯 개의 시료가 시험된다. FH방법은 FV방법에 따른 결과가 FV2 카테고리보다 나쁠 때 적용된다. 준비의 형태, 시료의 치수, FV법과 적용 가능하다면 FH법으로 측정된 인화성 결과를 기록한다.

#### 6.4.6 열충격

시험방법은 필요하나 유용하지 않다.

#### 6.4.7 온도 지수

비고 - 온도 지수는 시험 기준의 선택과 종말점(end-point) 기준에 의존한다. 그렇기 때문에 하나의 같은 물질에 대해서 온도 지수의 결과는 80K 또는 그 이상 변할 것이다.

##### 6.4.7.1 과 정

KS C IEC 60216에 주어진 방법을 사용한다. 시험과 종말점 기준은 KS C IEC 60455-3을 따르거나 공급자와 구매자 사이의 동의에 의한다. 두 개의 시험 기준이 사용된다. 각각의 시험 기준에 대해, 적어도 3개의 노출 온도가 적용된다. 이어지는 두 노출 온도의 차이는 20K를 초과하지 않아야 한다. 만약 연관 계수가 0.95보다 작으면, 시료 하나 이상의 세트는 원래 선택된 온도가 아닌 다른 노출 온도에서 시험한다.

비고 - ISO 2578은 KS C IEC 60216의 원칙에 근거한다. 온도지수 시험을 계획하고 진행하는데 또는 결과를 계산하는데 필요하지 않은 모든 정보를 삭제했기 때문에 ISO 2578은 실험실에서 사용하기에 간단하고 실용적이다.

##### 6.4.7.2 결 과

각각의 시험 기준에 대해, 준비의 형태, 시료의 치수와 종류, 각 시험에 대한 시료의 개수, 노출 온도, 그리고 결과를 적용된 규격과 함께 기록한다. 각각의 시험 결과는 시료의 종말점 시간과 각 노출온도에 대한 종말점까지의 시간, 종말점까지의 시간을 로그 함수로 나타내어 그 특성값을 보여주는 그래프, 열 내구성 그래프 종이 상의 열 내구성 그래프(first order regression), 온도 지수, 상호 계수를 포함한다.

#### 6.5 화학적 특성

##### 6.5.1 수분 흡수율

ISO 62에 명시된 방법1(23℃ 물)과 방법3(끓는물)이 사용된다. 각 방법에 대해 3개의 시료를 시험한다. 준비의 형태, 시료의 치수, 방법1과 방법3 각각에 의해서 얻어진 3개의 수분 흡수율 결과를 기록한다. 처리되지 않은 하나의 시료는 기준비교를 위해 보관한다.

##### 6.5.2 액체 화학물질의 영향

ISO 175에 주어진 방법이 사용된다. 만약 언급이 없으면, 시험 용액의 온도는 (23±2)℃로 하고, 침수 시간은 (168±1)시간(7일)로 한다. 각각의 시험 용액에 대해 3개의 시료를 시험한다. 그 준비의 형태, 시료의 치수, 시험 용액의 종류와 각 시험 용액에 대한 3개 결과를 기록한다. 각 시험 액체에 대해서 결과는 3개 시료 각각의 치수, 질량, 외관의 변화를 포함한다. 처리되지 않은 시료 하나는 기준비교를 위해 보관한다.

##### 6.5.3 주형 성장에 대한 저항

IEC 60068-2-10에 명시된 방법이 사용된다. 아래의 6.6.1.2에 따라 3개 시료를 시험하고, 3개의 주형 성장에 대한 저항을 기록한다. 처리되지 않은 시료 하나는 기준비교를 위해 보관한다.

##### 6.5.4 수증기 투과율

시험방법은 필요하나 유용하지 않다.

## 6.6 전기적 특성

### 6.6.1 체적 저항률에 대한 물의 침수 효과

KS C IEC 60093에 명시된 방법이 사용된다. 만약 시험 하의 물질에 대해 KS C IEC 60093이 적합하지 않으면, 아래의 방법이 사용된다.

#### 6.6.1.1 장비

아래의 장비가 사용된다.:

- 상업적으로 이용되는  $\pm 10\%$ 의 정확도를 가지는 테라-저항계(tera-ohmmeter)
- 약 0.015MPa의 압력을 시료에 제공할 수 있는 질량을 가지고 있고, 적어도 60mm 직경의 전압 전극(상부 전극)으로 사용되는 금속 실린더
- 상부전극과 같은 직경을 가지고, 1000 $\Omega$ 의 최대저항에 3mm~5mm 두께를 가지고, 65~85 shore A 경도를 가지는 두 전도성 고무 디스크
- 약 70mm의 높이이며 상부 전극과 같은 직경을 가진 메탈실린더(하부 전극)

#### 6.6.1.2 시험 시료

시료는 상부전극 직경을 최소한 10mm 정도 초과하는 모서리 길이 또는 직경을 가지는 사각형 또는 디스크 형태가 된다. 두께는 3mm를 초과하지 않으며 납작한 표면은 평행해야 한다. 그렇게 3개의 시료를 준비한다.

#### 6.6.1.3 과 정

시험 장치는 두 금속 실린더 사이에 중재층 역할의 고무 디스크를 놓은 시료로 구성된다. 그림 1을 보면 시험을 위한 장치를 볼 수 있다. D.C. 시험 전압은 1000V/mm 보다 크지 않는 전기장 세기를 제공할 수 있도록 조정해야 한다. 시료는 탈염( )수에 담그기 전과 후에 시험한다. 언급되지 않는 한, 물의 온도는  $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 이고 침수 시간은  $(168 \pm 1)$ 시간(7일)이다.

물에 담근 후 시료를 물에서 꺼내어 여과지 사이에 넣어 과도한 물기를 제거한 후 즉시 시험 장치를 설치한다. 저항 측정은 시험 장치를 설치한 후  $(15 \pm 1)$ 분에 행한다. 측정값은 대전( ) 후  $(60 \pm 5)$ 초에 읽는다.

예를 들어, 상부전극의 직경이 60mm인 경우의 저항률 계산은 아래와 같다

$$\rho = (2.83 \times R) / d$$

$\rho$ : 저항률( $\Omega\text{m}$ )

$d$ : 시료 두께(mm)

$R$ : 측정 저항( $\Omega$ )

다른 상부전극 직경 D에 대한 값은 2.83대신 아래를 넣으면 된다.

$$2.83D^2/3600 \text{ (D의 단위는 mm)}$$

#### 6.6.1.4 결 과

3개의 시료를 시험하고 준비의 형태, 전극의 직경, 시험 시료의 치수, 사용된 시험 전압과 침수 전 · 후로 3개의 결과를 적용된 규격과 함께 기록한다. 결과는 체적저항과 체적저항률을 포함한다.

#### 6.6.2 유전 손실율( $\tan\delta$ )와 상대 유전율( $\epsilon_r$ )

IEC 60250에 명시된 방법이 사용될 것이고 만약 시험 상에 물질에 대해 IEC 60250이 적용되지 않는다면 아래의 방법이 사용된다.

##### 6.6.2.1 장 비

유전 손실율( $\tan\delta$ ), 상대 유전율( $\epsilon_r$ )을 측정할 수 있는, 상업적으로 사용하며 적절한 임피던스미터를 사용한다.

##### 6.6.2.2 시험 시료

6.6.1.2을 따르는 시료

##### 6.6.2.3 과 정

상부전극은 적어도 40mm의 직경을 가져야 하고 차폐 전극에 의해 둘러 쌓이거나 그렇지 않을 수 있다. 하부전극은 상부전극의 직경을 적어도 20mm정도 초과하는 직경을 가지며 상부전극과 중심이 같도록 한다.

전극들은 흑연 또는 은과 같은 전도성 물질을 칠함으로써 만들어지거나 0.005mm 이하 두께의 금속 박을 오일 방울이나 다른 적당한 과정에 의해 접착시켜 만든다.

명시되어 있지 않는 한, 시험은 1kHz 주파수의 정현파 시험전압으로  $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 실행한다. 시료의 연결은 시험장치의 매뉴얼을 따른다.

##### 6.6.2.4 결 과

두 개의 시료를 시험한다. 준비의 형태와 시험 시료의 치수, 시험온도, 사용 전극, 시험전압, 사용된 주파수와 두 결과를 적용된 규격과 함께 기록한다. 보고서는 유전 손실율과 상대 유전율을 포함한다.

#### 6.6.3 파괴전압과 절연 내력

파괴전압은 KS C IEC 60243-1에 의해서 측정된다. 만약 시험 상의 재료에 KS C IEC 60243-1을 적용할 수 없다면 4항과 6항은 아래처럼 수정된다.

##### 6.6.3.1 전 극

전극 배열은 구상-판상(ball-to-plate)전극 형태가 된다. 고압전극은 경질재료에 대해서는 반경( $3\pm 0.0005$ )mm, 연질 재료에 대해서는 ( $10\pm 0.0005$ )mm의 반경을 가진 잘 연마된 강철 구로 이루어진다. 볼 베어링(classⅢ)에 사용하는 것처럼 0.001mm 보다는 작은 표면 거칠기를 지닌 연마된 강철 구는 쉽게 응용할 수 있고 목적에도 적합하다. 접지 전극은 반경( $3\pm 0.1$ )mm의 둥근 가장자리를 지니고 ( $75\pm 1$ )mm의 직경을 가진 판이다. 연질 재료에 있어서 완전한 시험배열은 그림 2를 보면 된다. 경질 재료의 경우, 상부전극과 시료는 그림 3에서 보여주고 있다.

**비고 1** - 구상-판상 전극 정렬은 판상-판상으로 설치된 전극과 비교해서 구 전극의 반경과 시료의 두께에 따라 약간 증가

된 전계의 세기를 보일 것이다.

예 - 10mm의 반경과 0.1mm의 두께에 대해, 판상-판상전극 배열과 비교하여 전계 세기의 증가는 약 10% 이다.

**비고 2** - 만약 충분한 크기의 둥근 유리 용기에 시험 장비와 유체(fluid)를 넣고 밑에 접지전극을 놓으면, 전압을 인가했을 때 용기는 시각적으로 시험 과정을 관찰할 수 있도록 해 준다. 또한, **그림 2**에서와 같이 하부전극을 통한 접지연결과 유체공급이 가능하여 용기의 상부에서 유체가 넘치도록 한다. 만약 시험 온도의 상승이 필요하다면, 가열의 목적으로 유체를 사용할 수 있다.

### 6.6.3.2 시험 시료

절연 파괴되는 부분의 두께는 1mm를 초과하지 않는다. 한 세트의 두 시료 중 어느 하나의 두께도 10%이상 달라지지 않아야 한다.

비고 - 80℃ 이상의 유리 전이 온도에서 경화 반응성 컴파운드에 대한 전계의 세기는 일반적으로 50kV/mm에서 100kV/mm 이고, 예를 들어 열경화 싸이클로아리페틱 에폭시 컴파운드에 대해서는 이상일 수 있다. 결과적으로 예를 들어 **KS C IEC 60243-1**에 설명된 25/75mm의 전극 배열을 지니고, 1mm보다 상당히 큰 두께의 시험 시료는 200kV 이상의 전압수 준을 요구한다. 이것은 전극 외곽의 절연 파괴를 동반하는 섬락 또는 부분 섬락을 피할 수 없는 조건을 야기 시킬 수 있다.

#### 6.6.3.2.1 경질 재료

시료는 직경이 약 30mm이고 절연 파괴전압 값으로 추정되는 수(kV단위)의 두 배의 길이(밀리미터 단위)를 가지는 주형컴파운드의 원통형 막대 형태를 가진다. 막대는 한쪽 끝이 리드선과 붙고 반대쪽 끝과는 달리 주형컴파운드에 완전히 파묻혀 있는 강철 볼이 부착되어 있는 리드선을 중앙에 포함한다.

몰드가 제거된 후에, 볼 전극에 근접해 있는 시료의 끝은 지정된 두께로 깎아 연마한 후에 전도층으로 코팅한다. 예로 접지 전극으로 사용되는 흑연 또는 은의 산포를 들 수 있다. 연마하는 동안 두께는 두께를 재는 투수시험기(permeameter) 형태 장치를 사용하여 조절된다. **그림 3**을 보면 시료 설치의 예를 볼 수 있다. 이런 설치는 **그림 2**에서의 유리 컨테이너에도 할 수 있다.

비고 - 주형의 경우 유리 튜브는 적당한 방법으로 적절하게 중앙에 위치된 리드선과 볼 전극을 지닌 몰드로서 알맞다. 예를 들면, 한쪽 끝에 볼 전극이 접합된 지름 3mm의 용접용 선의 조각이 사용될 수 있다.

시험 후에, 경화된 컴파운드는 연마된 표면과 볼 전극사이의 공간 측정을 위해서 파괴전압 지점에서 제거한다. 그 공간은 마이크로미터 탐사침을 이용할 것이고 두께를 기록한다.

#### 6.6.3.2.2 연질 재료

6.6.1.2를 따르는 시료를 사용한다.

#### 6.6.3.3 과 정

전압상승 비는 500V/s보다 크지 않아야 한다. 명시되어 있지 않는 한, 시험 온도는 (23±2)℃로 한다. 시험은 특정 시험 온도로 계산되고 유지되는 유전 유체 내에서 전극과 시료를 가지고 행한다. 다른 명시가 되어 있지 않다면, **IEC 60296**의 사용하지 않은 미네랄 절연 오일, 또는 **IEC 61099**의 사용하지 않은 컴파운드 유기 에스테르를 사용한다.

#### 6.6.3.4 결 과

5개의 시료를 시험한다. 그 시료의 준비방법과 종류, 시료의 치수, 시험 온도, 볼 전극의 반경, 사용된 유전 유체의 종류 그리고 5개의 결과를 기록한다. 그리고 결과는 적용된 규격과 함께 기록된다. 그 결과는 절연 파괴점에서의 시료의 두께, 절연파괴전압, 그리고 전계의 세기를 포함한다.

#### 6.6.4 내 트래킹 지수(proof tracking index : PTI)

KS C IEC 60112의 6.3에서 주어진 방법이 사용된다. 세 개의 시료는 관련 규격에 명시된 내 전압으로 시험하거나, 공급자와 구매자 사이의 동의에 의한 내 전압으로 시험한다. 준비의 방법과 시료의 치수뿐만 아니라 PTI의 3개 결과를 기록한다. 결과는 적용된 내 전압과 얻어진 적하의 수를 포함한다.

#### 6.6.5 전해부식

KS C IEC 60426에서 주어진 가시적인 방법이 사용된다. 3개 시료를 시험한다. 전해 부식의 3가지 결과를 기록한다.

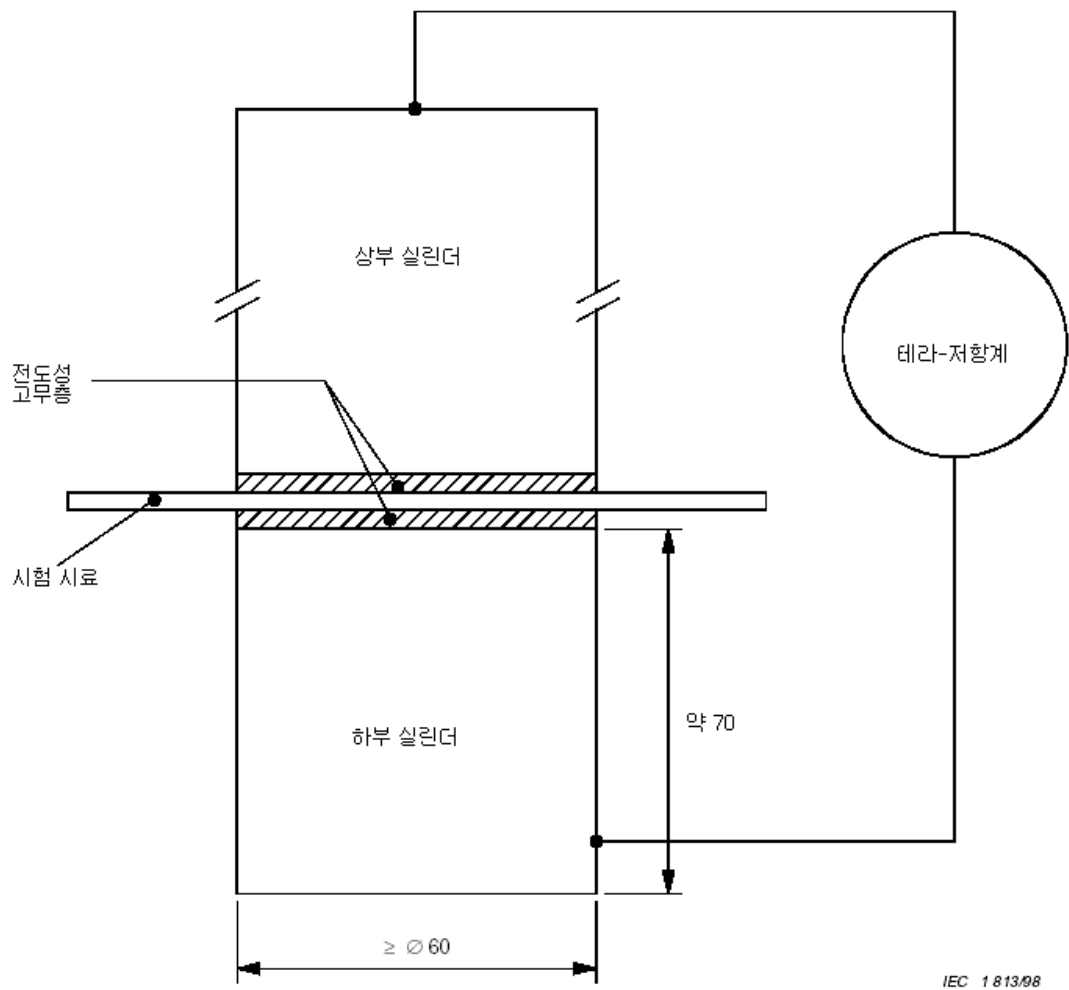


그림 1 - 체적 저항률 측정을 위한 시험 장비

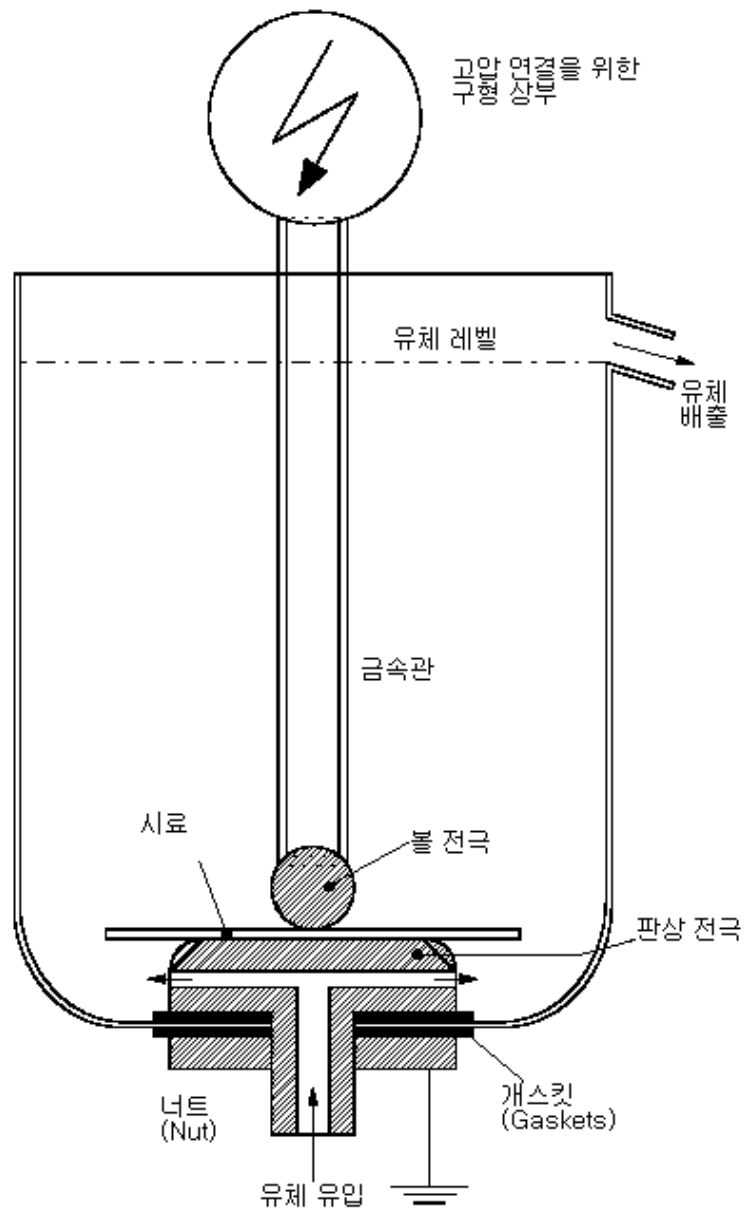


그림 2 - 연질 경화 컴파운드에 대한 전극 배열의 예

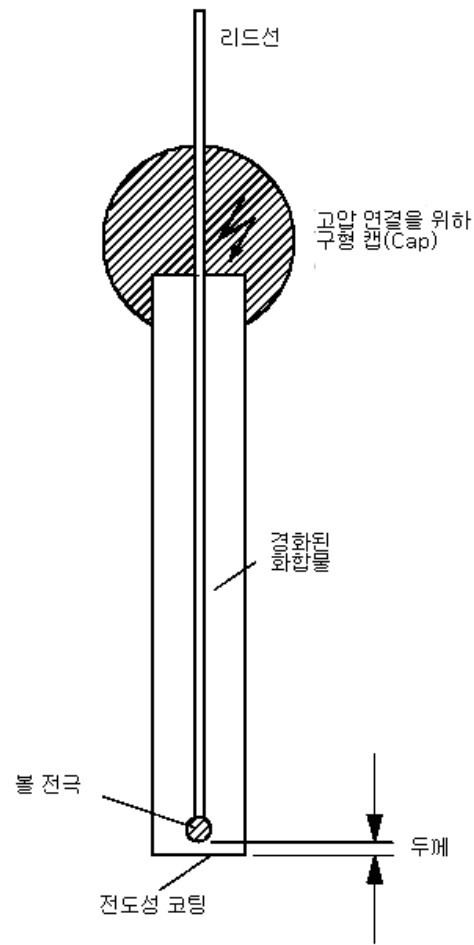


그림 3 - 경질 경화된 컴파운드의 전극  
배열의 예

## 부속서 A

### 참고문헌

- [1] ISO 291 : 1977, 플라스틱-조건 및 시험을 위한 표준 대기
- [2] ISO 558 : 1980, 조건 및 시험-표준 대기-정의
- [3] ISO 2578 : 1993, 플라스틱-열에 노출한 후 시간-온도한계의 결정