



KC 60450

(개정 : 2015-09-23)

IEC Ed 2.1 2007-07

전기용품안전기준

**Technical Regulations for Electrical and
Telecommunication Products and Components**

신규 및 열화된 절연지의 평균 중합도 측정

**Measurement of the average viscometric degree of polymerization of
new and aged cellulosic electrically insulating materials**

KATS 국가기술표준원

<http://www.kats.go.kr>

목 차

전기용품안전기준 제정, 개정, 폐지 이력 및 고시현황	1
서 문	2
1 적용 범위 (Scope)	3
2 인용 표준 (Normative references)	3
3 용어와 정의 및 기호 (Terms, definitions and symbols)	3
4 원리 (Principle)	5
5 장치와 시약 (Apparatus and reagents)	5
6 시편 (Specimens)	6
7 시험 절차 (Experimental procedure)	7
8 시험 보고서 (Test report)	12
부속서 A (Annex A)	14
부속서 B (Annex B)	15
부속서 C (Annex C)	17
부속서 D (Annex D)	18
해 설 1	19
해 설 2	20

전기용품안전기준 제정, 개정, 폐지 이력 및 고시현황

제정 기술표준원 고시 제2001-43호(2001. 2.16)
개정 기술표준원 고시 제2002-1280호(2002.10.12)
개정 국가기술표준원 고시 제2014-0422호(2014. 9. 3)
개정 국가기술표준원 고시 제2015-383호(2015. 9. 23)

부 칙 (고시 제2015-383호, 2015.9.23)

이 고시는 고시한 날부터 시행한다.

전기용품안전기준

신규 및 열화된 절연지의 평균 중합도 측정

Measurement of the average viscometric degree of polymerization of new and aged
cellulosic electrically insulating materials

이 안전기준은 2007년 7월 제2.1판으로 발행된 IEC 60450 Measurement of the average viscometric degree of polymerization of new and aged cellulosic electrically insulating materials 를 기초로, 기술적 내용 및 대응 국제표준의 구성을 변경하지 않고 작성한 KS C IEC 60450(2008.11)을 인용 채택한다.

및 열화된 절연지의 평균중합도 측정

Measurement of the average viscometric degree of polymerization of new and aged cellulosic electrically insulation materials

개요

이 표준은 2007년 제2.1판으로 발행된 IEC 60450, Measurement of the average viscometric degree of polymerization of new and aged cellulosic electrically insulating materials를 기초로 기술적 내용 및 대응국제표준의 구성을 변경하지 않고 작성한 한국산업표준이다.

1. 적용범위

이 표준은 신규 및 열화된 셀룰로오스계 전기 절연 재료의 평균중합도(\overline{DP}_V)를 측정하는 표준방법에 대하여 규정한다. 이 표준은 변압기나 케이블, 커패시터 제조에 사용되는 모든 셀룰로오스계 절연 물질에 적용할 수 있다.

화학적으로 변화한 크라프트지 용액이 선택한 용제에 완전히 용해된다면, 이 용액의 고유점성도 측정에도 이 방법을 사용할 수 있다.

이 방법을 적재된 크라프트지에 적용할 경우에는 주의를 기울여야 한다.

비고 재료의 시료 내에서 모든 셀룰로오스 분자는 동일한 중합도를 갖지 않기 때문에 점성도법으로 측정된 평균값은 삼투압이나 초원심분리법 등으로 얻을 수 있는 값과 반드시 동일하지 않다.

2. 인용표준

다음의 인용표준은 이 표준의 적용을 위해 필수적이다. 발행연도가 표기된 인용표준은 인용된 판만을 적용한다. 발행연도가 표기되지 않은 인용표준은 최신판(모든 추록을 포함)을 적용한다.

KS M ISO 287, 종이 및 판지 - 함수율 측정 - 전건법

KS M ISO 3105, 유리제 모세관식 동점성도계 - 규격 및 조작 설명서

IEC 60814, Insulating liquids - Oil-impregnated paper and pressboard - Determination of water by automatic coulometric Karl Fischer titration

3. 용어와 정의 및 기호

이 표준의 목적을 위하여 다음의 용어와 정의 및 기호를 적용한다.

3.1 용어와 정의

3.1.1

셀룰로오스 분자의 중합도 (degree of polymerization of a cellulose molecule)

셀룰로오스 분자 내 수많은 무수- β -D-글루코스 단량체 $C_6H_{10}O_5$

비고 그림 1은 셀룰로오스의 화학구조를 나타낸 것이다.

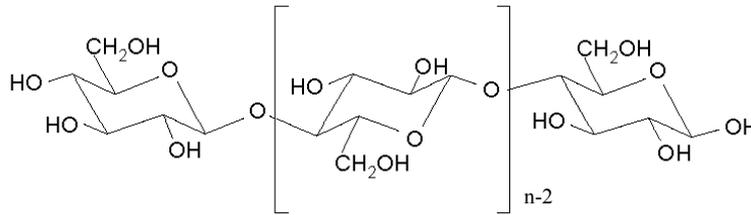


그림 1 - 셀룰로오스의 화학구조

3.1.2

Cuen

bis(ethylenediamine)copper(II) hydroxide의 1 mol/L 수용액
 $\text{Cu}(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2)_2(\text{OH})_2 \cdot [\text{CAS } 14552-35-3]$

비고 일부 국가에서는 bis(ethylenediamine)copper(II) hydroxide 대신 약어 CED를 사용한다.

3.1.3

페이퍼 (paper)

종이, 프레스 페이퍼, 연마지 및 그것으로 만든 성분 등의 셀룰로오스계 전기 절연 재료

비고 이 표준에서는 이와 같은 종이를 “페이퍼”라 한다.

3.2 기호

이 표준에서 사용한 기호는 표 1과 같다.

표 1 - 기호

기호	정의
α	셀룰로오스 단량체의 마크 후윅크(Mark Houwink) 상수
c_{Cu}	Cuen 용액에서 구리의 몰 농도
c_{En}	Cuen 용액에서 에틸렌디아민의 몰 농도
C_0, C_1 및 C_2	점성도계 튜브 0, 1, 2에 대한 각각의 상수
c	용액의 농도
\overline{DP}_V	평균중합도
v	용액의 동점성도
v_0	용제의 동점성도
K	중합체/용제의 마크 후윅크 특성 상수
k	마틴(Martin) 공식의 상수
m_D	건조 종이의 질량
m_T	포장용기에서 부풀어 오른 종이의 질량
$m_{\text{H}_2\text{O}}$	첨가수의 질량
$\rho_{\text{H}_2\text{O}}$	물의 밀도
$V_{\text{H}_2\text{O}}$	첨가수의 부피
V_{Cu}	추가한 Cuen의 부피
$[\eta]$	고유점성도
v_s	비점성도
t_{1A}, t_{1B}	용해된 시편 1에서 시험 A와 B에 대한 유출시간
t_{2A}, t_{2B}	용해된 시편 2에서 시험 A와 B에 대한 유출시간
t_{0A}, t_{0B}	순수 용제에서 시험 A와 B에 대한 유출시간
t_0	희석된 Cuen 용제(50% Cuen과 50% 물)의 유출시간
t_s	Cuen 용제 시편의 유출시간

4. 원리

Cuen에서 페이퍼 용액의 비점성도 ν_s 를 측정한다. 이 결과에서 용액의 고유점성도 $[\nu]$ 를 추론하고, 이로부터 중합도를 산출한다.

비고 셀룰로오스 용액은 비뉴턴 유체이다. 그 점성도는 흐름 속도가 증가함에 따라 감소한다(“구조적 점성도”라고도 알려져 있다). 희석 용액의 점성도가 속도 계수의 기울기에 따라 약간 변하더라도 이 표준에서 규정한 것 이외의 조건을 사용하면 허용할 수 없는 오차가 생길 수 있다.

비점성도 ν_s 는 다음과 같이 정의된다.

$$\nu_s = \frac{\text{페이퍼 용액의 점성도} - \text{용제의 점도}}{\text{용제의 점성도}} \quad (1)$$

고유점성도 $[\nu]$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$[\nu] = \lim_{c \rightarrow 0} \left[\frac{\nu_s}{c} \right] \quad (2)$$

여기서 c 는 용액의 농도이다.

평균중합도 \overline{DP}_v (점성도로 나타낸 평균 분자질량 대 단량체 단위의 분자질량의 비율)은 다음 식에 의해 고유점성도 $[\nu]$ 와 관련이 있다.

$$[\nu] = K \cdot \overline{DP}_v^\alpha \quad (3)$$

K 와 α 는 각각 중합체-용제(페이퍼/Cuen)와 단량체의 특성 마크 후윅크 계수이다.

고유점성도 $[\nu]$ 는 마틴의 경험식에 의해 비점성도 ν_s 및 농도 c 로 산출한다.

$$\nu_s = [\nu] \cdot c \cdot 10^{k([\nu] \cdot c)} \quad (4)$$

여기서 k 는 마틴 상수이다. 크래프트지의 경우 $k=0.14$ 이다.

5. 장치와 시약

비고 1 Cuen을 준비하기 위한 장치와 시약은 각각 부속서 A와 B에 명시되어 있다.

분석 중에 별도로 규정하지 않은 경우, 인정된 분석 등급의 시약과 증류수/탈이온수 또는 이에 상당하는 품질의 물만 사용해야 한다.

앞면이 유리로 된 온도제어식 욕조는 점성도계 튜브를 침지하는데 적합해야 하고, 온도 20 °C를 ± 0.1 K 내로 유지할 수 있어야 하며, 튜브를 조명하기에 적합한 수단을 부착해야 한다. 또 ± 0.05 K의 정확도로 온도를 표시하는 수단이 있어야 한다.

비고 2 필요한 온도 안정성을 얻기 위해서는 욕조 히터 외에 냉각장치가 필요할 수도 있다.

KS M ISO 3105에 따라 교정한 모세관형 점성도계 튜브는 0.005 또는 0.01의 모세관 상수를

갖는다. 교정되지 않은 튜브는 Cuen에서 Cuen 용제와 페이퍼 용액의 점성도를 동일한 튜브에서 측정하는 경우에 사용할 수 있다.

타이머/스톱워치는 정확도 ± 0.1 초 내에서 측정할 수 있어야 한다.

적합한 혼합기 또는 연마기는 페이퍼 샘플을 “활성화시켜” 용해시킬 수 있어야 한다.

적합한 유리병(대개 25 mL~50 mL)에는 페이퍼/Cuen 용액을 준비하기 위해 효과적으로 밀봉할 수 있는 마개(페이퍼가 아닌)가 있어야 한다. 대체 유리용기를 사용할 수 있다. 그러나 이 유리용기는 Cuen의 산화분해를 최소화하기 위해 용해중에 밀봉되어야 한다.

Cuen(부속서 A 참조)

증류수 또는 탈이온수

저산소함량 질소 공급(최소 99.9 % 질소)

순도 최소 99.0 %의 아세톤

최소 99.0 %의 펜탄 또는 헥산

20 % 수용성 질산

105 °C ± 2 K로 온도가 제어되는 환기식 건조 오븐

± 0.1 mg 이내까지 20 g을 계량할 수 있는 분석 저울

속슬렛 추출기(soxhlet extractor)

± 0.1 mL를 옮길 수 있는 피펫

페이퍼/Cuen 용액을 준비하는데 사용한 유리병을 고정할 수 있는 기계적 진동기 또는 자기 교반기를 페이퍼/Cuen 용액을 용해하는데 사용할 수 있다.

6. 시편

6.1 시편의 준비

평가대상인 페이퍼는 장갑이나 핀셋으로만 다루어야 한다. 손으로 만져서는 안된다.

두께가 1 mm를 초과하는 연마지는 1 mm 미만의 층으로 분할해야 한다.

후속 공정을 용이하게 하기 위해 시료를 충분히 작은 조각으로 잘라야 한다. 매우 얇은 페이퍼의 경우, 가위를 사용하여 자를 수 있다.

6.1.1 함침지

함침지는 용액을 계량하고 흡수하기 전에 탈지해야 한다.

최소 5회 세척을 위해 펜탄이나 헥산을 사용하여 속슬릿 추출기에서 약 3 g의 탈지 질량을 제공할 수 있도록 평가에 충분한 양의 페이퍼를 세척한다. 또는 적당한 유리용기에서 신선한 펜탄이나 헥산 다섯 분량을 행군다. 탈지된 재료를 건조하고 이를 대기 습도와 평형에 도달할 때까지 대기 중에 노출시킨다. 페이퍼의 두 분량을 분리한다. 한 분량은 \overline{DP}_V 측정에 사용하기 위한 것이고, 다른 분량은 수분 측정에 사용하기 위한 것이다.

6.1.2 비함침지

질량 약 3 g의 시료를 채취하고 시험절차를 계속한다. 페이퍼의 두 분량을 분리한다. 한 분량은 \overline{DP}_V 측정에 사용하기 위한 것이고, 다른 분량은 수분측정에 사용하기 위한 것이다.

7. 시험절차

7.1 페이퍼의 함수량 측정

KS M ISO 287 또는 IEC 60814에 따라 함수량을 측정한다. 함수량은 Cuen/페이퍼 용액을 준비할 때 동시에 측정해야 한다.

7.2 점성도의 측정

7.2.1 시편의 개수

유효한 시험 기준이 될 데이터를 얻기 위해 예비시험에서 시편 한 개를 사용한다. 달리 규정하지 않은 경우, 각 유효시험에 대해 시편 한 개를 사용한다. 예비시험의 $[v] \cdot c$ 가 0.5~1.5의 범위를 벗어난다면 시편을 두 개 사용해야 한다.

7.2.2 용액의 농도

사용할 용액의 농도는 아래 표에 명시된 예상 \overline{DP}_V 에 따라 달라진다.

표 2 - 시편의 \overline{DP}_V 값

시편 상태	예상 \overline{DP}_V	결과로 생긴 대략적인 농도 g/dl 또는 %
신규	1 000~2 000	0.05~0.15
양호	650~1 000	0.08~0.25
평균	350~650	0.15~0.45
열화	<350	0.25~0.80

비고 이 조작의 목적은 $0.5 \leq [v] \cdot c \leq 1.5$ 범위에 있는 곱의 고유점성도와 농도의 고정값을 얻기 위한 것이다. $[v] \cdot c$ 의 곱이 더 높을수록 그 정밀도는 더 높아진다.

7.2.3 섬유 분리

셀룰로오스 섬유는 Cuen에서 용해를 원활하게 하기 위해 분리되어야 한다. 두 가지 기법을 아래에 설명한다.

7.2.3.1 건조한 보풀 일게 하기

적합한 혼합기나 연마기에서 재료에 보풀이 일게 한다. 일부 시료가 이 과정 중에 손실될 수 있기 때문에 보풀을 일으킨 후에는 충분한 시료가 남아 있는지 확인한다. 보풀을 일게 하는 동안 온도 상승이 시편에 유해한 영향을 일으키지 않아야 한다.

함수량을 측정하기 전에 대기 습도에 적응되도록 보풀이 일어난 시료를 그대로 둔다.

필요한 양의 시료를 표 2에 따라 0.1 mg까지 계량하고, 이를 용해하기 적합한 용기에 놓아둔다. 건조 페이퍼 질량을 m_D 로 산출한다. 물을 첨가하고 섬유가 분산되도록 한다.

7.2.3.2 젖은 덮개 씌우기

필요한 양의 시료를 0.1 mg까지 계량하고 이를 혼합기 컵에 넣는다. 충분한 증류수/탈이온수로 시료를 덮는다. 혼합기를 약 30초 동안 약 18 000 r/min 속도로 동작시키거나 섬유가 잘 분리될 때까지 페이퍼를 덮는다. 덮은 후 원심분리하거나 3등급 소결 유리 필터를 사용하여 여분의 물을 제거한다.

부풀어 오른 페이퍼를 포장용기에 놓고, 이를 ± 0.1 mg까지 계량한다(m_T). 건조한 페이퍼 질량(m_D)과 포장용기 질량을 m_T 에서 빼서 물의 총질량을 산출한다(즉, 원래의 물의 질량에 덮개를 씌운 후에 남아 있는 물의 질량을 더한다).

총함수량이 최대 10.000 g이 되는데 필요한 물의 양을 산출한다. 이 양을 ± 0.5 mg 이내까지 선택할 경우, 충분한 양의 물을 사용하여 남은 페이퍼를 행군다. 나머지 물을 유리병에 넣는다. 다른 방법으로 최대 10.000 g을 만들어 ± 0.5 mg까지 계량한 후 그 농도를 산출한다.

7.2.4 시편의 용해

사용하기 전에 Cuen 용액 시료를 다음과 같이 검사, 개량, 검증해야 한다.

- 여과하거나 옮겨 부어 용액에 침전물이 없는지 확인한다.
- **부속서 C**에서 설명한 방법을 사용하여 비율 $\frac{C_{En}}{C_{Cu}} = 2.0 \pm 0.1$ 을 검증한다.
- 부적합한 경우에 이 용액을 불합격시키고 새 시료를 준비한다.

동일한 유리병에 셀룰로오스 섬유에 이미 첨가한 물의 양과 동일한 Cuen 부피(피펫을 사용하여 ± 0.1 mL)를 옮긴다.

이 용액과 유리병의 대기가 약간 접촉하는 경우, 유리병을 질소로 씻고 손으로 흔들어 성분이 잘 혼합되도록 한다. 유리병을 다시 질소로 씻고 이를 밀봉하여 저산소 환경이 되도록 한다. 유리병은 전체 용해시간 동안 질소로 씻는 것이 바람직하다.

비고 1 이 용액은 질소 환경에 놓아두고, 유리병을 밀봉해둔다. 알칼리성 용제는 산화분해에 영향 받기 쉽기 때문이다.

용해가 완료될 때까지 시편을 기계적 방법으로 흔들거나 섞는다.

비고 2 소요 시간은 페이퍼 유형과 분해 정도에 따라 달라진다.

- a) 심하게 열화된 페이퍼($\overline{DP}_V < 350$)의 경우, 1~2시간 교반하면 충분하다.
- b) 대부분의 페이퍼($\overline{DP}_V > 350$)의 경우, 16시간(밤새) 교반하면 대개 완전히 용해된다.
- c) 일부 유형의 새 것 또는 거의 새 것인 페이퍼는 실온에서 쉽게 용해되지 않는다. 밤새 냉장고에 넣고 4 °C에서 자기 교반기를 사용하여 시편을 교반하면 용해 속도가 증가할 수 있다. 몇 개의 유리공을 사용하면 셀룰로오스 섬유를 분산시키는데 도움이 될 수 있다.

심하게 분해된 페이퍼($\overline{DP}_V < 150$)를 시험할 때는 용해 후 즉시 시험하는 것이 바람직하다.

7.2.5 점성도 측정

7.2.5.1 점성도계 튜브의 선택과 충전

점성도계 튜브를 선택하여 20 °C ± 0.1 K의 항온조에서 이 튜브를 지지하게 한다.

점성도계 튜브가 건조한 상태이고 먼지가 없으며 질소로 완전히 세척되었는지 확인한다.

제조자의 지시사항에 따라 점성도계를 채운다. **그림 2**는 점성도계의 예를 나타낸 것이다.

채우고 다음의 측정절차를 실시하는 동안 그 용액을 육안으로 관찰하여 용해되지 않은 물질이 있는지 결정한다. 용해되지 않은 물질을 발견한 경우에는 이 용액을 불합격 처리하고 실험을 반복한다.

점성도를 처음 측정하기 전에 이 용액이 온도 평형에 도달할 때까지 5~10분 기다린다.

7.2.5.2 측정절차

한 예로 우베르도 점성도계를 사용한다(**그림 2** 참조). 다른 점성도계의 경우 KS M ISO 3105와 제조자의 지시사항을 참조한다.

환기 튜브(1)를 손가락이나 마개 또는 플라스틱 필름으로 밀봉하고, 아래쪽 저장기(10), 작용 모세관(6), 시한 유리구(5), 위쪽 저장기(4)가 채워질 때까지 모세관 튜브(2)를 진공으로 만든다.

진공 상태를 풀고 밀봉한다.

액체가 모세관 아래쪽 끝에서 분리되어 있는지 확인한다.

시한 유리구(5)에 있는 두 개의 시한 표시 M_1 과 M_2 사이에서 위쪽 메니스커스가 움직이는 시간간격(t_{1A} , 유출시간)을 ±0.5초 정확도로 측정하여 기록한다.

동일한 시편에서 측정을 반복하고, 이를 t_{1B} 로 기록한다. 두 결과의 백분율 차를 기록한다.

그 결과를 검사하여 유출시간이 허용 범위 내에 있는지 그리고 두 결과가 서로 1 % 내에 있는지 평가한다.

사용한 튜브 상수와 유출시간(C_1 , t_{1A} , t_{1B})을 기록한다.

점성도계 튜브를 7.2.5.3에 따라 세척한다.

첫 번째 실험결과를 기록하여, 다음을 제공하기 위해 선택한 두 번째 시편을 사용하여 이 절차를 반복한다.

- 정확히 알고 있는 원래 함수량을 토대로 한 최적의 페이퍼 질량
- 유출시간이 허용범위에 있게 하는 최적의 점성도계 튜브

두 번째 실험으로 얻은 두 결과가 서로 1 % 내에 있지 않은 경우에, 점성도계 튜브를 세척하고 같은 용액의 새 시편으로 반복한다.

두 결과가 서로 2 % 내에 있지 않은 경우에, 가장 근접하게 놓인 두 결과를 수용하고 사용한 튜브 상수를 C_2 , t_{2A} , t_{2B} 로 기록한다. 시험보고서에는 결과의 일치가 부족하다는 사실을 표시해야 한다.

7.2.5.3 점성도계 튜브 세척

점성도계 튜브는 다음 방법으로 세척한다.

- a) Cuen/페이퍼 시료를 적당한 방법으로 처리한다.
- b) 점성도계 튜브를 증류수로 깨끗하게 헹군다.
- c) 가능하다면, 두 시험 중간에 최소 30분 동안 20 % (수용성) 질산에 담그거나, 또는 다른 방법으로 두 시험 중간에 점성도계를 먼저 물로 씻은 다음 아세톤으로 씻고, 작업일이 끝나면 이를 20 % (수용성) 질산에 담근 후 하룻밤 동안 그대로 놓아둔다.
- d) 증류수로 헹군다.
- e) 튜브를 건조하는데 도움이 되도록 아세톤으로 헹군다.
- f) 마지막으로 깨끗한 압축공기로 건조시키거나 적당한 오븐에서 건조시킨다.

7.2.5.4 용제 측정

동일한 방법으로 단독으로 희석된 용제, 50 % Cuen, 50 % 증류수/탈이온수의 유출시간을 측정한다. 사용한 튜브 상수와 시간(C_0 , t_{0A} , t_{0B})을 기록한다.

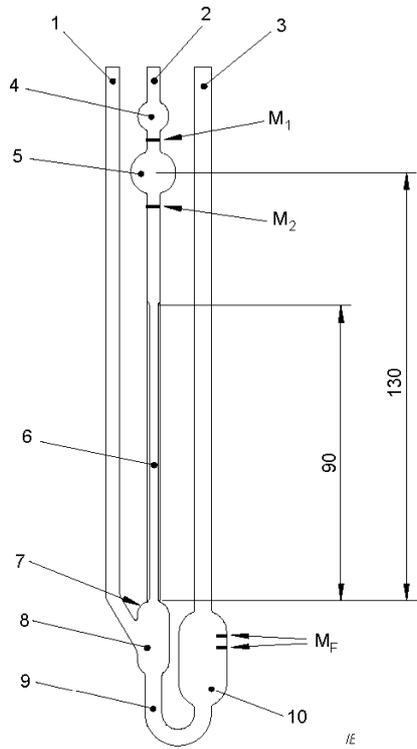


그림 설명

- 1 환기 튜브
- 2 모세관 튜브
- 3 부착 튜브
- 4 위쪽 저장기
- 5 시한 유리구
- 6 작용 모세관
- 7 등화 튜브
- 8 레벨링 유리구
- 9 등화 튜브
- 10 아래쪽 저장기
- M₁ 시한 표시
- M₂ 시한 표시
- M_F 시험액의 채움 표시

그림 2 - 우베르도 점성도계 튜브

산출

용액의 농도를 산출한다.

건조한 보풀 재료의 경우,

$$c = \frac{m_D}{V_{H_2O} + V_{Cu}} \text{ [g/dl]} \dots\dots\dots (5)$$

젖은 덩개 재료의 경우,

$$c = \frac{m_D}{\frac{m_T - m_D + m_{H_2O}}{\rho_{H_2O}} + V_{Cu}} \text{ [g/dl]} \dots\dots\dots (6)$$

t_{1A}와 t_{1B}에서 페이퍼 용액의 시편에 대한 평균 유출시간을 t로 산출한다.

t_{0A}와 t_{0B}에서 희석된 용제에 대한 평균 유출시간을 t₀로 산출한다.

아래 식으로부터 용액의 동점성도 ν와 용제의 동점성도 ν₀를 산출한다.

$$\nu = C_1 \cdot t \text{ [mm}^2/\text{s]} \quad \nu_0 = C_0 \cdot t_0 \text{ [mm}^2/\text{s]} \dots\dots\dots (7)$$

여기에서 t와 t₀는 평균유출시간이고 C₀와 C₁은 튜브 교정 상수이다.

식(1)에 따라 아래와 같이 비점성도 ν_s를 산출한다.

$$v_s = \frac{V - V_0}{V_0} \dots\dots\dots (8)$$

다른 방법으로, 동일한 점성도계 튜브를 사용하여 Cuen/페이퍼 용액의 유출시간 t_s 와 Cuen 용제의

$$v_s = \frac{t_s - t_0}{t_0} \dots\dots\dots (9)$$

유출시간 t_0 를 산출한 후 다음과 같이 비점성도를 산출할 수 있다.

마틴의 경험식을 사용하여 고유점성도를 산출한다.

$$v_s = [\nu] \cdot c \cdot 10^{k \cdot [\nu] \cdot c} \dots\dots\dots (10)$$

크라프트지의 경우 마틴 상수 $k=0.14$ 이다.

비고 1 $[\nu] \cdot c$ 값은 뉴턴의 근사법을 이용하여 0.000 1 이내까지 산출할 수 있다. 다른 방법으로, 곱 $[\nu] \cdot c$ 값을 v_s 의 함수로 명시한 표를 **부속서 D**에 나타내었다. 따라서 v_s 의 측정값과 그 농도로부터 $[\nu]$ 를 산출할 수 있다.

\overline{DP}_V 는 다음 식에 의해 고유점성도 $[\nu]$ 와 관련되어 있다.

$$[\nu] = K \cdot \overline{DP}_V^\alpha \dots\dots\dots (11)$$

여기서 K 와 α 는 마크 후윅크 상수, $\alpha=1$ 이고 $K=0.0075$ 이다.

개별값과 \overline{DP}_V 평균값을 산출한다.

개별값의 최대값과 최소값의 차를 평균 \overline{DP}_V 백분율로 산출한다.

비고 2 열화된 페이퍼의 분해 단계를 추정할 때, 원점이 거의 동일한 새 페이퍼 \overline{DP}_V 값을 기준으로 사용할 때는 항상 주의해야 한다. 새 페이퍼의 \overline{DP}_V 는 비중의 함수이면서 제조공정의 함수이다.

8. 시험보고서

시험보고서에는 다음의 정보를 기재해야 한다.

a) 시험 시료에 관한 정보

- 1) 원인 : 신규 또는 열화(사용한 것에서 채취한) 여부, 필요한 경우 시료를 제거한 정확한 위치
- 2) 상태 : 침지 또는 비침지, 침지 특성

b) 7.1에서 설명한 방법으로 수행한 시험 과정 중에 결정한 페이퍼의 함수량(이 결정은 충분히 큰 시료가 부족하여 할 수 없을 때를 나타낸다.)

c) Cuen 용액의 특성 : 유래, 비율 $\frac{C_{En}}{C_{Cu}}$

d) 시편의 질량

e) 점성도계 튜브를 통과하는 용제와 용액의 평균 유출시간

- f) 두 시험에서 각 \overline{DP}_V 값과 평균 \overline{DP}_V 값
- g) 평균 \overline{DP}_V 백분율로서 두 값의 차
- h) 점성도를 측정한 온도
- i) **7.2.5.2** 요구사항의 충족 여부

부속서 A (규정)

Cuen 용액

Cuen 용액 :

- 1.0 mol/L의 몰 농도를 가진 수용액으로 시중에서 구입할 수 있다. 이 농도에서, 질소 상태로 보관할 경우 냉장고에 6개월 동안 보관할 수 있으며 또는 다른 방법을 선택할 수 있다.
- **부속서 B**에서 언급한 방법에 따라 1.0 mol/L의 사용 농도로 시험소에서 만들 수 있다.

부속서 B (규정)

Cuen 용액의 준비

B.1 시약

- 1) 결정화된 황산구리($\text{CuSO}_4, 5\text{H}_2\text{O}$) : 시약 등급
- 2) 암모니아, 밀도 $d_{20}^c = 0.925 \text{ g/cm}^3(\text{NH}_3)$
- 3) 8 % 수산화나트륨 용액(NaOH)
- 4) 염화바륨 용액 : 증류수 1리터당 7 g의 $\text{BaCl}_2, 2\text{H}_2\text{O}$ 를 용해한다.
- 5) 아세톤(CH_3COCH_3)
- 6) 무수황산나트륨(Na_2SO_4)
- 7) 1 mol/L 염산(HCl)
- 8) 10 % 요오드화칼륨 용액(KI)
- 9) 표준 티오황산나트륨($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0.05 mol/L 용액
- 10) 녹말지시제 : 0.2 % 용액
- 11) 상용 에틸렌디아민 용액(약 70 %)($\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$)
- 12) 0.5 mol/L 황산(H_2SO_4)
- 13) 메틸오렌지 지시제

B.2 수산화구리의 준비

끓인 증류수 1 L에 결정화된 황산구리(1) 200 g을 용해시키고 40 °C ~ 50 °C 온도로 냉각시킨다. 청보라색이 나타날 때까지 암모니아(2)를 서서히 첨가한다. 청보라색은 침전물이 나머지 시약에 용해되는 순간을 나타낸다(암모니아 약 100 mL가 필요하다). 염기성 황산구리의 녹색 침전물을 차가운 증류수로 옮겨 부어 무색이 될 때까지 세척한다.

수산화나트륨 용액(3) 640 mL를 한 방울씩 염기성 황산구리의 습한 침전물에 첨가한다. 살살 젓는다. 온도는 20 °C를 초과하지 않아야 한다.

비고 1 온도는 10 °C 이하를 유지하는 것이 바람직하다.

10분 동안 대기한다. 수산화구리 침전물을 증류수로 씻는다. 염화바륨 용액(4) 몇 방울이 BaSO_4 침전물을 생성하지 않을 때까지 세척한다. 습한 수산화물을 1 000 mL 아세톤(5)과 함께 흔든다. 이것은 건조한 황산나트륨(6)을 통과하면서 탈수되었다. 부흐너(Buchner) 깔때기로 여과하고, 100 mL 아세톤(5)으로 필터에서 다시 세척한다. 실온에서 공기 중이나 진공 상태에서 건조한다.

마개가 달린 갈색유리병에 수산화구리를 담아 빛이 들지 않는 곳에 보관한다.

비고 2 이 방법으로 준비한 청색 수산화구리는 검정 산화구리가 없어야 하며 이론식 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 와 일치한다. 불용성 잔여물을 남기지 않고 염산, 농축 암모니아, 에틸렌디아민에 용해시키는 것이 바람직하며, 황산 및 나트륨 이온이 없는 것이 좋다.

B.3 구리 함량 측정

200 mL 부피 플라스크에서, 염산(7) 1 mol/L 50 mL에 수산화구리 2 g을 용해시킨다. 같은 산을 표시선까지 채운다. 이 용액에서 25 mL를 피펫으로 적정 플라스크에 옮기고, 10 % 요오드화칼륨 용액(8) 25 mL를 첨가한다.

녹말 용액(10)을 지시제로 사용하여 티오황산나트륨(9)으로 적정한다(적정이 거의 끝날 때 녹말 용액 1 mL~2 mL를 첨가한다).

수산화물 100 g당 그램으로 표현되는 구리 함량은 다음과 같다.

$$(0.02) \cdot (63.5) \cdot n \dots\dots\dots (B.1)$$

여기에서 n 은 적정에 사용된 0.05 mol/L 티오황산나트륨 용액의 밀리미터 수이다.

B.4 에틸렌디아민 용액의 준비

에틸렌디아민 $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ 는 70 % 용액(11)으로 시중에서 구입할 수 있다. 그러나 순수 시약에서 시작하여 페이퍼를 용해시키는데 사용할 Cuen 용액의 안정성을 보장할 필요가 있다.

대기압 바로 아래 압력에서, 그렇지 않은 경우 대기압에서 증류하여 정확한다.

보관하는 동안 이 용액이 황색으로 변하면 사용하기 전에 재증류한다.

B.5 에틸렌디아민 함량의 측정

에틸렌디아민 (25.0±0.1) mL를 취하여, 250 mL 부피 플라스크로 옮긴 후 증류수를 표시선까지 채운다. 이 용액에서 (20.0±0.1) mL를 피펫으로 계량하여 메틸오렌지를 지시제(B.2)로 사용하여, 0.5 mol/L 황산 용액(B.1)로 이를 적정한다. 원래 용액 g/100 mL에 있는 에틸렌디아민 함량은 다음과 같다.

$$(1.5) \cdot n \dots\dots\dots (B.2)$$

여기서 n 은 사용한 0.5 mol/L H_2SO_4 (B.2)의 밀리미터 수이다.

에틸렌디아민 용액을 마개가 달린 갈색유리병에 담아 빛이 안 드는 곳에 보관한다.

B.6 Cuen 용액의 준비

1 mol/L Cuen(217.50 g Cuen/l)으로 시험을 실시한다. (63.5±0.5) g 구리에 해당하는 수산화구리 침전물 양을 계량한다. 1 L 부피 플라스크로 옮겨서 약 50 mL 증류수로 적신다.

뷰렛을 사용하여, 온도를 10 °C 이하로 유지하면서 무수 에틸렌디아민 (120.0±0.5) g을 함유한 에틸렌디아민 용액의 부피를 플라스크에 넣는다. 이 용액을 실온에서 1시간 동안 방치하고, 간간히 흔들어준다. 증류수를 표시선까지 채우고 다시 흔든다. 약 24시간 동안 침전시켜 미세한(4등급) 소결 유리 필터로 여과한다.

부속서 C (규정)

Cuen 용액의 비율 $\frac{c_{En}}{c_{Cu}}$ 의 검증 절차

C.1 시약

- a) 10 % 요오드화칼륨 용액(KI)
- b) 표준 0.1 mol/L 티오황산나트륨 용액($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)
- c) 0.5 mol/L 황산(H_2SO_4)
- d) 2 mol/L 황산(H_2SO_4)
- e) 메틸오렌지 지시제

C.2 구리 함량

250 mL 부피 플라스크에서, 1 mol/L Cuen 용액 25 mL를 증류수로 250 mL로 희석한다. 25 mL를 피펫으로 계량하여 적정 플라스크에 옮긴다. 10 % 요오드화칼륨 용액(a) 50 mL를 첨가한다. 2 mol/L 황산(d) 100 mL로 산화한다. 이 용액이 탁해질 때까지 티오황산나트륨 용액(b)로 적정한다. 이 용액의 구리 몰 농도는 다음과 같다.

$$p = (0.04) \cdot n \dots\dots\dots (C.1)$$

여기서 n 은 사용한 티오황산나트륨 용액의 밀리미터 수이다.

C.3 에틸렌디아민 함량

희석된 용액 20 mL를 취하여, 지시제로 사용한 메틸오렌지(e)가 연한 분홍색으로 변할 때까지 0.5 mol/L 황산(c)로 적정한다.

사용한 산의 일부는 수산화구리와 반응한다.

이 용액의 에틸렌디아민 몰 농도는 다음과 같이 주어진다.

$$(0.25) \cdot (q - 4p) \dots\dots\dots (C.2)$$

여기에서 q 는 사용한 0.5 mol/L H_2SO_4 (c)의 밀리미터 수이고, p 는 이전에 결정한 수산화구리 몰 농도이다. 기호 c_{Cu} 와 c_{En} 을 구리와 에틸렌디아민 몰 농도에 사용할 때 그 비율은 다음과 같이 된다.

$$\frac{c_{En}}{c_{Cu}} = 2.0 \pm 0.1 \dots\dots\dots (C.3)$$

부속서 D
(참고)

마틴 공식에 따라 v_s 의 함수로서 곱 $[v] \cdot c$ 의 수치값

표 D.3 - v_s 의 함수인 $[v] \cdot c$
($k=0.14$)

		[v].c									
v_s	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	
0.0		0.010	0.020	0.030	0.039	0.049	0.059	0.068	0.078	0.087	
0.1	0.097	0.106	0.116	0.125	0.134	0.143	0.152	0.161	0.170	0.179	
0.2	0.188	0.197	0.206	0.215	0.223	0.232	0.241	0.249	0.258	0.266	
0.3	0.275	0.283	0.291	0.300	0.308	0.316	0.324	0.332	0.340	0.349	
0.4	0.357	0.365	0.372	0.380	0.388	0.396	0.404	0.412	0.419	0.427	
0.5	0.435	0.442	0.450	0.457	0.465	0.472	0.480	0.487	0.495	0.502	
0.6	0.509	0.516	0.524	0.531	0.538	0.545	0.552	0.559	0.566	0.574	
0.7	0.581	0.588	0.594	0.601	0.608	0.615	0.622	0.629	0.636	0.642	
0.8	0.649	0.656	0.662	0.669	0.676	0.682	0.689	0.695	0.702	0.708	
0.9	0.715	0.721	0.728	0.734	0.740	0.747	0.753	0.759	0.766	0.772	
1	0.778										
v_s	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
1	0.78	0.84	0.90	0.96	1.01	1.06	1.12	1.17	1.22	1.26	
2	1.31	1.36	1.40	1.44	1.49	1.53	1.57	1.61	1.65	1.68	
3	1.72	1.76	1.79	1.83	1.86	1.90	1.93	1.96	2.00	2.03	
4	2.06	2.09	2.12	2.15	2.18	2.21	2.24	2.26	2.29	2.32	
5	2.35	2.37	2.40	2.43	2.45	2.48	2.50	2.53	2.55	2.57	
6	2.60	2.62	2.64	2.67	2.69	2.71	2.73	2.76	2.78	2.80	
7	2.82	2.84	2.86	2.88	2.90	2.92	2.94	2.96	2.98	3.00	
8	3.02	3.04	3.06	3.08	3.10	3.11	3.13	3.15	3.17	3.19	
9	3.20	3.22	3.24	3.26	3.27	3.29	3.31	3.32	3.34	3.36	
10	3.37										

해설 1 전기용품안전기준의 한국산업표준과 단일화의 취지

1. 개요

이 기준은 전기용품안전관리법에 따른 안전관리대상 전기제품의 안전관리를 수행함에 있어 국가표준인 한국산업표준(KS)을 최대한 인용하여 단일화한 전기용품안전기준이다.

2. 배경 및 목적

전기용품안전관리법에 따른 안전관리대상 전기제품의 인증을 위한 시험의 기준은 2000년부터 국제표준을 기반으로 안전성 규격을 도입·인용하여 운영해 왔으며 또한 한국산업표준도 2000년부터 국제표준에 바탕을 두고 있으므로 규격의 내용은 양자가 거의 동일하다.

따라서 전기용품안전관리법에 따른 안전기준과 한국산업표준의 중복인증이 발생하였으며, 기준의 단일화가 필요하게 되었다.

전기용품 안전인증기준의 단일화는 기업의 인증대상제품의 인증시 시간과 비용을 줄이기 위한 목적이며, 국가표준인 한국산업표준과 IEC 국제표준을 기반으로 단일화를 추진이 필요하다.

또한 전기용품 안전인증기준을 한국산업표준을 기반으로 단일화 함으로써 한국산업표준의 위상을 강화하고, 우리나라 각 부처별로 시행하는 법률에 근거한 각 인증의 기준을 국제표준에 근거한 한국산업표준으로 일원화할 수 있도록 범부처 모범사례가 되도록 하였다.

3. 단일화 방향

전기용품안전관리법에서 적용하기 위한 안전기준을 동일한 한국산업표준으로 간단히 전기용품안전기준으로 채택하면 되겠지만, 전기용품안전기준은 그간의 전기용품 안전관리제도를 운용해 오면서 국내기업의 여건에 맞추어 시험항목, 시험방법 및 기준을 여러번의 개정을 통해 변경함으로써 한국산업표준과의 차이를 보이게 되었다.

한국산업표준과 전기용품안전기준의 단일화 방향을 두 기준 모두 국제표준에 바탕을 두고 있으므로 전기용품안전기준에서 한국산업표준과 중복되는 부분은 그 내용을 그대로 인용하는 방식으로 구성하고자 한다.

안전기준에서 그간의 전기용품 안전관리제도를 운용해 오면서 개정된 시험항목과 시험방법, 변경된 기준은 별도의 항을 추가하도록 하였다.

한국산업표준과 전기용품안전기준을 비교하여 한국산업표준의 최신판일 경우는 한국산업표준의 내용을 기준으로 전기용품안전기준의 내용을 개정기로 하며, 이 경우 전기용품안전기준의 구판은 병행 적용함으로써 그간의 인증받은 제품들이 개정기준에 맞추어 개선할 시간적 여유를 줌으로써 기업의 혼란을 방지하고자 한다.

그리고 국제표준이 개정되어 판번이 변경되었을 경우는 그 최신판을 한국산업표준으로 개정 요청을 하고 그리고 전기용품안전기준으로 그 내용을 채택함으로써 전기용품안전기준을 국제표준에 신속하게 대응하고자 한다.

그리고 전기용품안전기준에서만 규정되어 있는 고유기준은 한국산업표준에도 제정요청하고, 아울러 필요시 국제표준에도 제안하여 우리기술을 국제표준에 반영하고자 한다.

4. 향후

한국산업표준과 전기용품안전기준의 중복시험 항목을 없애고 단일화 함으로써 표준과 기준의 이원화에 따른 중복인증의 기업부담을 경감시키고, KS표준의 위상을 강화하고자 한다.

아울러 우리나라 각 부처별로 시행하는 법률에 근거한 각 인증의 기준을 국제표준에 근거한 한국산업표준으로 일원화할 수 있도록 범부처 모범사례가 되도록 한다.

또한 국제인증기구인 국제표준 인증체계를 확대하는 추세에 있으며, 표준을 활용하여 자국 기업의 경쟁력을 강화하는 추세에 있다. 이에 대응하여 국가표준과 안전기준이 국제표준에 신속히 대응함으로써 우리나라의 수출기업이 인증에 애로사항을 감소하도록 한다.

해설 2 전기용품안전기준의 추가대체항목 해설

이 해설은 전기용품안전기준으로 한국산업표준을 채택함에 있어 추가대체하는 항목을 적용하는 데 이해를 돕고자 주요사항을 기술한 것으로 규격의 일부가 아니며, 참고자료 또는 보충자료로만 사용된다.

심 의 :

구 분	성 명	근 무 처	직 위
	(위 원 장)		
	(위 원)		

(간 사)

원안작성협력 :

구 분	성 명	근 무 처	직 위
	(연구책임자)		
	(참여연구원)		

전기용품안전기준의 열람은 국가기술표준원 홈페이지(<http://www.kats.go.kr>), 및 제품안전정보센터(<http://www.safety.korea.kr>)를 이용하여 주시고, 이 전기용품안전기준에 대한 의견 또는 질문은 산업통상자원부 국가기술표준원 제품안전정책국 전기통신제품안전과(☎ 043-870-5441~9)으로 연락하여 주십시오.

이 안전기준은 전기용품안전관리법 제3조의 규정에 따라 매 5년마다 안전기준전문위원회에서 심의되어 제정, 개정 또는 폐지됩니다.

KC 60450 : 2015-09-23

**Measurement of the average viscometric
degree of polymerization of new and aged
cellulosic electrically insulating materials**

ICS 25.040.40

Korean Agency for Technology and Standards
<http://www.kats.go.kr>



산업통상자원부 국가기술표준원

Korean Agency for Technology and Standards

Ministry of Trade, Industry & Energy

주소 : (우) 369-811 충북 음성군 맹동면 이수로 93

TEL : 043-870-5441~9 <http://www.kats.go.kr>

