

## Mineral Insulated Cable

씨즈열전대·씨즈히터



TREM

## CONTENTS

4	○	1. 원리
4	○	A. 열전대
4	○	B. 히터
4	○	2. MI 케이블 구성
4	○	A. 열전대 도체
4	○	B. 마그네슘 산화물 절연체 (MgO)
5	○	C. 금속씨즈
6	○	3. MI 케이블 종류
7	○	4. 규격 및 두께
7	○	A. MI T/C 케이블 규격 및 두께
7	○	B. 히팅 케이블 규격 및 두께
8	○	5. MI 케이블 특징 및 사용 온도
8	○	A. MI T/C 케이블
8	○	1) 특징
8	○	2) 규격 및 허용 오차
9	○	B. 히팅 케이블
9	○	1) 특징
9	○	2) 씨즈재질
10	○	3) 설계순서
11	○	6. 온도편차와 최대사용온도 (ASTM규격)
12	○	7. 열전대 소선 성분 및 사용 온도
12	○	8. 열전대 소선 굵기와 사용 온도
13	○	9. 씨즈 케이블 사용시 문제점 및 해결
13	○	9.1 전기적 노이즈 (Mv 헌팅)
13	○	9.1.1 노이즈 원인
13	○	9.1.2 노이즈 발생기
14	○	9.1.3 노이즈 제거를 위한 접지 방법
14	○	9.1.4 유의사항
14	○	9.1.5 방지 대책
15	○	9.2 MgO와 습기와의 관계
15	○	9.2.1 온도와 노점관계 (포화수증기압)
16	○	9.2.2 MgO 수분 침투성 시험
17	○	9.2.3 씨즈 케이블 건조
17	○	9.2.4 케이블에 습기가 남아 있을 때 문제점
18	○	9.2.5 문제점 요약

# MI 케이블

## 1 원리

### A. 열전대

서로 다른 금속 한쪽을 접속시키면 그 접점에 온도에 의해 전자가 발생하여 이 회로에 전류가 흐른다. 이로 인해 기전력이 발생하고, 이 기전력은 온도에 비례하므로 기전력을 측정하여 온도로 환산 할 수 있다.

이것을 열전대 (thermocouple)라고 한다. 여기에 사용되는 재료는 여러 가지 있으나, K-type (크로멜/알루미늄), E-type (크로멜/콘스탄탄), N-type (니코실/니실), S-type(백/백금로듐), J-type (철/콘스탄탄) 등이 널리 사용된다.

이는 다른 소재에 비하여 기전력이 높게 발생하여 온도 측정하기가 용이하다.

### B. 히터

히터 도체로는 안정성이 뛰어난 NiCr 80/20 열선이 주로 사용되고 있으며, 경우에 따라서는 FeCr 열선이 사용된다.

열선(저항선)에 전류를 흐르게 하면  $I^2 \times R$ 에 의하여 열이 발생한다.

저항은 열선 굵기에 반비례 하므로, 선의 굵기를 변화하여 저항값을 조절하면, 용량이 변화하여 필요로 하는 전력으로 발열할 수 있도록 한다.

동일 열선에 전압에 변화를 주어도 용량이 변하여 발열량의 변화를 줄 수 있다.

#### 관련공식

$$\begin{aligned} \text{전력 } W &= I^2 \times R = E \times I \quad (\text{w}) & \text{전력: } W \text{ (단위:w). 전류: } I \text{ (단위:A). 전압: } E \text{ (단위 :V)} \\ \text{저항 } R &= \rho \cdot \frac{\ell}{S} \text{ (ohm).} & \rho : \text{고유저항. } \ell : \text{길이. } S : \text{단면적} \end{aligned}$$

## 2 MI 케이블 구성

MI 케이블은 그림과 같이 도체 A, 절연체인 마그네슘 산화물 B 와 보호관인 금속 씨즈 C로 구성이 간단하게 되었다.

### A. 도체

열전대 도체로는 K, J, T, E, N 등 다양한 종류가 있다. 히터 재질로는 안정성이 있는 NiCr 80/20가 주로 사용된다.

### B. 마그네슘 산화물 절연체 (MgO)

화학식으로 MgO이고, 고토(苦土)라고도 하며, 공업적으로는 마그네시아라고한다. 백색의 비결정성 분말이지만, 봉산염과 융해한 용액에서 등축정계(等軸晶系)의 결정이 석출된다.



분자량은 40.32, 녹는점 2,000 °C 이상, 끓는점은 3,000 °C 이상, 비중은 3.2~3.7정도 이다.

절연체, 내화벽돌, 도가니, 마그네시아시멘트, 촉매, 흡착제등으로 널리 사용된다.

MgO는 전기 절연성이 매우 우수하여 대체적으로 절연체로 많이 사용된다.

MgO는 씨즈 재질보다 고온에 견디는 재질을 사용하고 1,100 °C 가혹한 조건에 시험하여도 견디는 특성이 있다. (시험은 에어 분위기, 진공 분위기: N<sub>2</sub>/75% + H<sub>2</sub>/25%. 대기중 산화된 N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> 분위기 등에서 시험)습기가 침투하면 특성의 변화가 있지만 습기를 제거하면 본래의 특성으로 되 돌아와 우수한 절연체 기능으로 돌아간다.

MgO 성분중에 산화철 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)은 전기를 통하게 하는 성질과 절연을 방해하는 성분으로, 산화철 성분만 완전 제거가 어려워, 절연에 문제가 없는 극소량의 산화철이 함유되는 MgO를 사용한다.

MgO내의 산화철은 산화되어 MgO가 붉은빛이 나도록한다.

또한 습기를 흡수하는 경향이 강하여 사용 전 오븐(전기로)에서 충분히 가열한 후 습기 제거하여 사용하여야 한다.

씨즈 열전대의 습기 제거는 상당시간 동안 오븐 안에 정체시켜 놓아야 한다.

습기(H<sub>2</sub>O)는 열을 가하면 증발하여 보이지 않지만 어딘가에 남아있고 사라지지는 않는 성분이다.

전기적으로 절연된 물질 상호간의 전기저항이 감소되어 많은 전류가 흐르게 되는 현상을 절연파괴라 한다.

절연파괴의 원인은 기계적 성질의 열화, 절연거리의 감소와 같이 기계적인 것과, 이상전압 발생에 의하여 허용전류를 초과하는 전류 때문에 과열에 의한 열화등 전기적 원인일 경우가 있다.

즉, 절연 물체가 견디는 전압은, 공칭 회로 전압의 수배로 정해져 있지만, 여러 가지 원인에 의해 그 절연내력이 점차 저하되어 결국은 절연파괴를 일으킨다.

### C. 금속씨즈


금속씨즈는 도체와 MgO 구성성분을 감싸고 있으며, 사용 분위기에 따라 적합한 재질을 선택하여 사용한다.

씨즈 재질로는 304, 310, 316, 321, 347, 446, 600, 601, 625, 750, 800, 825 Hastelloy, Monel 등 여러 종류가 사용된다.



### 3 MI 케이블 종류

#### Mineral Insulated Thermocouple Cable

사양에 따라 모든 종류의 써머커플 케이블 제작이 가능합니다.	
마그네슘 산화물 (MgO)절연	특수 MgO 열전대 케이블
K, J, T, E, N, R, S, B 타입	Heavy wall
싱글, 더블, 트리플, 멀티(최대 16포인트)	티타늄 게터
직경 : 0.5 ~ 19.0mm 까지	도체 병렬 배열 / 교차 배열(더블)
씨즈 재질 : 304, 310, 316, 321, 347 446, 600, 601, 625, 750 800, 825, Hastelloy C&X Monel, Molybdenum	



## 4 규격 및 두께

### A. MI T/C 케이블 규격 및 두께

사양	싱글		사양	더블	
	도체(∅mm)	파이프 두께(mm)		도체(∅mm)	파이프 두께(mm)
0.5 ∅	0.1	0.07			
1.0 ∅	0.2	0.12	1 ∅		
1.6 ∅	0.3	0.22	1.6 ∅	0.25	0.22
2.3 ∅	0.41	0.32	2.3 ∅	0.36	0.31
3.2 ∅	0.57	0.44	3.2 ∅	0.51	0.44
4.8 ∅	0.86	0.67	4.8 ∅	0.76	0.67
6.4 ∅	1.15	0.88	6.4 ∅	1.02	1.88
8.0 ∅	1.44	1.12	8 ∅	1.28	1.12
9.5 ∅	1.8	1.2	9.5 ∅	1.52	1.2
12.7 ∅	2.4	1.6	12.7 ∅	2.0	1.6

### B. 히팅 케이블 규격 및 두께

one conductor

직경 (mm)	씨즈 두께 (mm)	도체 굵기 (mm)	저항 (ohm/m at 20 °C)	열선	금속씨즈 종류
1.0	0.10	0.20 - 1.5	0.5 - 30	Ni/Cr 80/20	316 310 321 600 825등 다양
1.6	0.16				
2.3	0.23				
3.2	0.32				
4.8	0.48				
6.4	0.64				

two conductor

직경 (mm)	씨즈 두께 (mm)	도체 굵기 (mm)	저항 (ohm/m at 20 °C)	열선	금속씨즈 종류
1.0	0.10	0.20 - 1.2	1 - 40/1가닥	Ni/Cr 80/20	316 310 321 600 825등 다양
1.6	0.16				
2.3	0.23				
3.2	0.32				
4.8	0.48				
6.4	0.64				

## 5 MI 케이블 특징 및 사용 온도

### A. MI T/C 케이블 (씨즈열전대)

#### 1) 특징

- 제작이 간단하다
- 경제적이다
- 내구성이 좋다
- 측정온도 범위가 넓다.
- 1,500 °C까지 측정가능
- 형태변형이 쉽다.

#### 2) 규격및 허용 오차

IEC규격	Conductor (+)	Conductor (-)	온도(°C)	Class-2	Class-1
K	Ni90/Cr9/Si	Ni93/Si1.3/Al2/Mn1/Co0.5	0~277	± 2.5°C	± 1.5°C
			277~1260	± 0.75%	± 0.4%
N	Ni84/14Cr/Si1.65	Ni95/Si4.4/Mg1.5	0~277	± 2.5°C	± 1.5°C
			277~1260	± 0.75%	± 0.4%
J	Fe99.5	Cu55/Ni45	0~277	± 2.5°C	± 1.5°C
			277~760	± 0.75%	± 0.4%
E	Ni/Cr10	Constantan	0~316	± 1.7°C	± 1.25°C
			316~870	± 0.75%	± 0.4%
T	Cu99.95	Cu55/Ni42	-59~93	± 0.83°C	± 0.75°C
			93~371	± 0.75%	± 0.4%
S	Pt90 /Rh10	Pt100	0~1400	± 1.5°C	± 0.6°C
				± 0.25%	± 0.1%
R	Pt97 /Rh13	Pt100	0~1400	± 1.5°C	± 0.6°C
				± 0.25%	± 0.1%
B	Pt70 /Rh30	Pt94 /Rh6	800~1600	± 0.5°C over 800°C	± 0.6°C
				± 0.1%	

## B. 히팅케이블

### 1) 특징

- 표면적에 대한 표면 부하 밀도가 높다.
- 출력이 일정하다.
- 전압이 최대 600[v]이다.
- 최대 사용 온도는 NiCr 700℃ 이고 FeCr은 500℃이다.
- 보온, 가열, 바닥난방, 스노우멜팅, 동파방지가 필요한 분야에 사용된다.  
정유회사, 화학회사, 화력/수력발전, 원자력발전, 가스공사, 항만, 교량등 다양한 분야에 사용할 수 있다
- 씨즈 재질로는 SUS 316이 많이 사용되며, 이는 내식성이 있으며 특히 고온강도가 우수하다.
- Alloy 825는 부식성에 매우 강하고, 산화/환원 분위기, 황산, 인산, 해수에도 강한 특성이 있다.

### 2) 씨즈 재질

Sheath Material	녹는 점(℃)	연속 사용 가능온도(℃)
310	1,400	1,150
316	1,370	925
321	1,400	870
347	1,425	870
446	1,480	1,100
Inconel 600	1,400	1,150
Hastelloy X	1,285	1,150
Alloy 825	1,400	927



### 3) 히팅 케이블 설계 순서

내용	항목	스노우 멜팅	동파 방지
1. 설계 조건 결정		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 환경, 위치</li> <li>· 도로재질 (아스팔트, 콘크리트)</li> <li>· 공사 규모 및 배치</li> <li>· 표면 배수</li> <li>· M 히팅 케이블 종류</li> <li>· 정선 박스</li> <li>· 콘트롤러, 센서</li> <li>· 전력 분포등</li> </ul>	파이프 굵기 재질, 단열 형태 및 두께, 유지 온도, 최저 주위 온도, 공급 전압, 파이프 길이등 자료 준비
2. 표면 부하밀도 계산		표면 부하밀도는 지역과 재질에 따라 다르다	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 표면 부하밀도는 유속과 재질, 단열에 따라 계산된다.</li> <li>· 열손실 등을 감안하여 케이블 추가 연장한다.</li> <li>· 프랜지, 엘보등에 대해 5-10% 길이를 가산을 한다</li> </ul>
3. 보호해야할 면적 선정		보호 하여야 할 도로나 노면을 선정하고, 파이프의 길이 위치를 선정한다	
4. 히팅 케이블 선정		도체수, 씨즈 재질, 발열 저항 선정 전원 공급 방식 등 현장에 맞게 설계 한다	
5. 히팅 케이블 간격 결정		효율적으로 이용될 수 있도록 설계한다	
6. 전기 파라미터 결정		회로수, 브레이커, 변압기등 선정한다	
7. 제어시스템 전력 분포		on off 제어, 자동제어 시스템 220 volt, 380 volt, 600 volt등이 사용된다.	
8. 악세사리 선정		정선박스, 콜드 리드, cold/hot 조인트등 선정한다	
9. 전체 소요자재 계산		공사에 사용되는 전체 소요 자재를 계산한다.	

## 6 온도편차와 최대사용온도 (ASTM 규격)

사양	Special grade(CI-1)	Standard grade (CI-2)	최대연속 사용 온도	최대 사용 온도
K	± 1.1°C or 0.4%	± 2.2°C or 0.75%	- 200 ~ + 1250°C	- 270 ~ + 1372°C
N	± 1.1°C or 0.4%	± 2.2°C or 0.75%	0 ~ + 1250°C	- 270 ~ + 1300°C
J	± 1.1°C or 0.4%	± 2.2°C or 0.75%	- 210 ~ + 750°C	- 210 ~ + 1200°C
T	± 0.5°C or 0.4%	± 1.0°C or 0.75% (0°C이상) ± 1.0°C or 1.5% (0°C이하)	- 200 ~ + 350°C	- 270 ~ + 400°C
E	± 1.0°C or 0.4%	± 1.7°C or 0.5% (0°C이상) ± 1.7°C or 1.0% (0°C이하)	- 200 ~ + 900°C	- 270 ~ + 1000°C
R	± 0.6°C or 0.1%	± 1.5°C or 0.25%	0 ~ + 1450°C	- 50 ~ + 1768°C
S	± 0.6°C or 0.1%	± 1.5°C or 0.25%	0 ~ + 1450°C	- 50 ~ + 1768°C
B	± 0.5 °C	(800°C이상)	0 ~ + 1700°C	0 ~ + 1820°C
G(W)	± 4.5°C : 425°C까지 ± 1.0% : 2320°C까지		0 ~ + 2320°C	
C(W5)	± 4.5°C : 425°C까지 ± 1.0% : 2320°C까지		0 ~ + 2320°C	
D(W3)	± 4.5°C : 425°C까지 ± 1.0% : 2320°C까지		0 ~ + 2320°C	

## 7 열전대 소선 성분 및 사용 온도

Thermocouple	Conductor + (positive)	Conductor - (negative)	사용 온도 °C
K	Ni-Cr 10%	Ni-Co2,2%-Silicium	- 200 ~ + 1250°C
N	Ni 84,4%-Cr 14,2%- silicium 1,4%	Ni 95,6%-silicium 4,4%	- 200 ~ + 1250°C
J	Iron	CuNi 44	- 40 ~ + 750°C
T	Cu	CuNi 44	- 200 ~ + 350°C
E	Ni-Cr 10%	CuNi 44	- 200 ~ + 900°C

## 8 열전대 소선 굵기와 사용 온도

Thermocouple Type	Diameter 3,25mm	Diameter 1,63mm	Diameter 0,81mm	Diameter 0,51mm	Diameter 0,33mm	Diameter 0,25mm
T	350	350	260	200	200	150
J	750	590	480	370	370	320
E	900	650	540	430	430	370
K 및 N	1250	1090	980	870	870	760

## 9 씨즈 케이블의 사용시 문제점 및 해결

### 9.1 전기적 노이즈 (Mv 헌팅)

노이즈는 전자기기나 기계 운용시 발생하는 잡음으로 전자기기나 기계의 동작을 방해하는 전기 신호를 말한다. 노이즈는 사전적으로 잡음이나 소음을 나타내지만, 여러 분야에서 다양한 의미로 사용되고 있다. 전자기기나 기계운용에서는 기기의 동작을 방해하는 전기신호를 가리킨다. 주로 직류 모터의 브러시부분에서 불꽃이 발생하거나 인버터 회로에서 고주파 전류가 발생하여, 노이즈가 발생하는 원인이 된다.

노이즈는 기기의 운용에 지장을 주기도하고 기기의 주변에도 나쁜 영향을 주기 때문에 이를 적절하게 차폐, 접지 또는 필터를 설치하지 않으면 안된다.

무선통신 기기에서 노이즈로 인하여 잡음이 발생하여 수신을 어렵게 하거나 감도를 저하시킨다.

노이즈는 온도센서를 포함하여 측정 기기에서는 측정기에 혼입되어 데이터 전달의 오류나 수신을 방해하여 데이터 값을 왜곡시키기도 한다.

따라서 노이즈는 씨즈 열전대의 Mv값을 교란시켜 측정값을 왜곡시키므로, 원인을 추적하여 차단 차폐시키도록 한다.

#### 9.1.1 노이즈 원인

- 1) 전원노이즈 : 전압이상
- 2) 시그널노이즈 : 측정센서의 간섭
- 3) 방사 노이즈 : 전자파영향 (워키토키/핸드폰/스마트폰등 영향)

#### 9.1.2 노이즈 발생기

고주파기기, 초음파기기, 용접기등



### 9.1.3 노이즈 제거를 위한 접지 방법

- 1) 전원 접지 : 건물등에 접지
- 2) 계측기 프레임접지 : 계측기 접지
- 3) 시그널접지 : 센서등 시그널 접지

### 9.1.4 유의사항

- 1) 계측기 접지와 시그널 접지는 같이하여 사용할 수도 있다.
- 2) 전원 접지와는 별도 접지하여야한다.  
노이즈 발생기 사용시 전원접지를 통하여 노이즈를 발생할 수 있다.

### 9.1.5 방지 대책

- 1) 전원과 온도센서 연결선인 보상도선과의 거리를 두고, 동시에 같은 덕트안에 설치하는 것을 지양한다.  
전원의 전기장은 보상도선에 영향을 주어 측정 온도 데이터 값에 교란을 발생시킨다.
- 2) 전선, 전원, 계측기 및 시그널 선을 접지 한다.  
전선 실드 접지, 전원 접지, 계측기 접지, 시그널 접지등을 한다.
- 3) 보상도선은 외부잡음을 차폐하는 실드선을 이용한다.
- 4) 노이즈 발생시키는 원인 기계에 대하여 접지를 시키거나. 차폐실을 만들어 완전 차단 시킨다.
- 5) 노이즈 필터를 기기 사이에 설치한다.  
필터는 콘덴서를 이용하고, 콘덴서 용량이 크면 시그널 mV가 작아지고, 콘덴서 용량이 작으면 노이즈 제거 효과가 감소한다.

## 9.2. Mgo와 습기와의 관계

### 9.2.1 온도와 노점관계 (포화수증기압)

온도 °C	H <sub>2</sub> O %	온도 °C	H <sub>2</sub> O %	온도 °C	H <sub>2</sub> O %
-60 °C	0.0011%	14 °C	1.58%	37 °C	6.20 %
-50 °C	0.0037 %	16 °C	1.79%	38 °C	6.54 %
-40 °C	0.013 %	18 °C	2.03%	39 °C	6.89 %
-30 °C	0.038 %	20 °C	2.30%	40 °C	7.28 %
-25 °C	0.063 %	21 °C	2.45%	42 °C	8.09 %
-20 °C	0.103 %	22 °C	2.61%	44 °C	8.99 %
-15 °C	0.17 %	23 °C	2.77%	46 °C	9.96 %
-10 °C	0.23 %	24 °C	2.95%	48 °C	11.01 %
-5 °C	0.40 %	25 °C	3.13%	50 °C	12.17 %
-4 °C	0.44 %	26 °C	3.32%	55 °C	15.54 %
-3 °C	0.48 %	27 °C	3.51%	60 °C	19.66 %
-2 °C	0.52 %	28 °C	3.71%	65 °C	24.78 %
-1 °C	0.56 %	29 °C	3.95%	70 °C	30.76 %
0 °C	0.61 %	30 °C	4.18%	75 °C	38.05 %
2 °C	0.70 %	31 °C	4.43%	80 °C	46.82 %
4 °C	0.8 %	32 °C	4.70%	85 °C	57.05 %
6 °C	0.92 %	33 °C	4.96%	90 °C	69.19 %
8 °C	1.06 %	34 °C	5.26%	95 °C	83.42 %
10 °C	1.21 %	35 °C	5.55%		
12 °C	1.38 %	36 °C	5.87%		

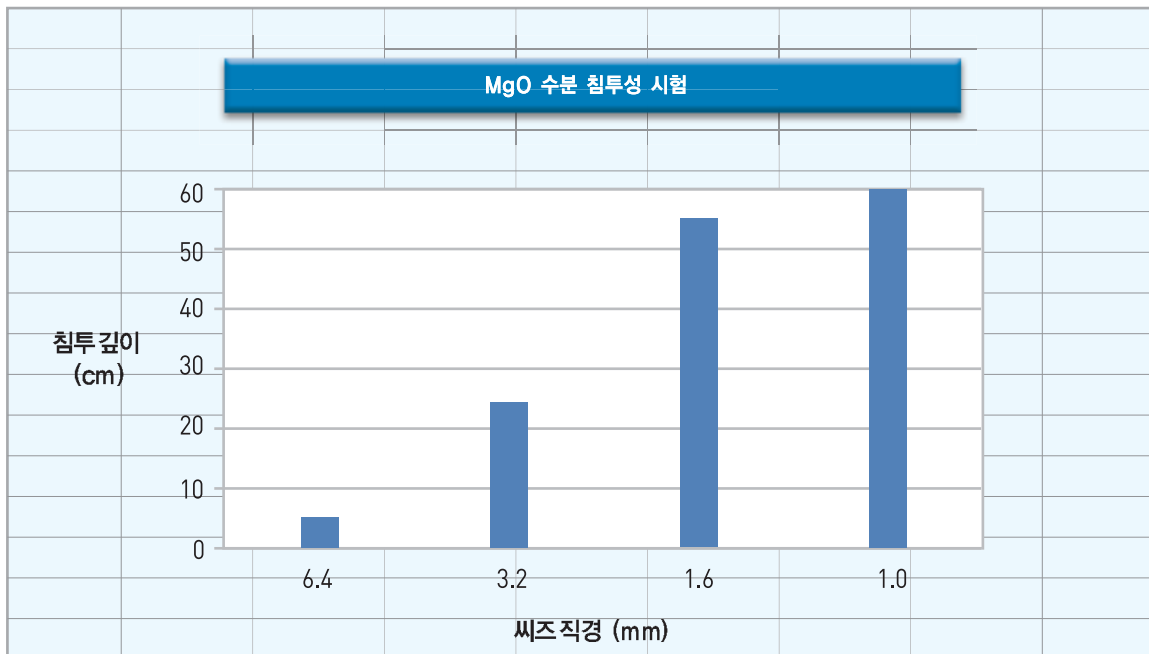
상기 표와 같이 대기 중 모든 온도에는 수분이 함유 되어 있다.

온도가 높으면 수분함량이 높고 온도가 영하로 내려가면 대기중 수분의 양이 획기적으로 감소한다.

통상 대기온도 20°C 정도에서는 2.30%의 수분이 존재하고 있음을 알 수 있다.

## 9.2.2 MgO 수분 침투성 시험

시험조건 • 물에 투입 6시간 • 수위 7cm



국내외 여러 연구 기관 실험에 의하면 습기는 씨즈 케이블 끝단에서 30cm 이상 침투하기가 어렵다. MI 케이블 제작시 일정 길이를 절단하여 제작하면 습기를 제거하는데 도움이 된다. 다만, 씨즈내에 습기가 남아있는 상태에서 밀봉되면 온도 상승과 하락을 반복하면서 습기가 내부에서 퍼져 나갈 수 있으므로 유의하여야 한다.

- 상기 시험에서 MI 케이블의 굵기가 굵으면 물의 침투 깊이가 깊지 않다.
- 씨즈 굵기가 가늘면 물의 침투가 빠르다.
- MI 케이블 6.4φ 굵기는 6시간동안 5cm 정도 침투하였다.  
반면 MI 케이블 3.2φ 굵기는 24.5cm 침투하였고, MI 케이블 1.6φ 굵기는 55cm 정도 침투 하여 굵기가 가는 씨즈는 물의 흡수가 빠른 것을 확인할 수 있다.

### 9.2.3 씨즈 케이블 건조

습기는 제거가 쉽지 않아 아래 표와 같이 케이블을 노내에 넣어 상당시간 건조 시켜야 한다. 습기는 열에 의하여 제거가 되지 않고, 열에 의하여 이동이 되어 어딘가에 다시 존재한다. 아래 표는 노내온도가 200℃일 때 씨즈 열전대내의 수분을 제거하는데 소요되는 시간이다.

길이	씨즈직경 2.0mm 까지	씨즈직경 2.0mm 이상
1m	30분 이상	2시간 이상
10m	1시간 이상	4시간 이상
one coil	4시간 이상	4시간 이상

\* 상기 자료는 경험상의 수치이므로, 필요시 보다 많은 시간을 정체시켜 건조하여야 한다.

상기 자료와 같이 씨즈 외경이 굵거나 씨즈 길이가 길면 보다 많은 시간을 오븐에 넣어야 한다, 씨즈 굵기와 길이를 고려하여 충분한 시간을 두어 습기 제거를 하여야 한다. 습기는 절연저항을 낮추어 측정값을 왜곡시키므로, 많은 주의가 필요하다.

### 9.2.4 케이블에 습기가 남아 있을 때 문제점

- 1) 측정 온도 값의 변화가 심하다.
- 2) 충분한 시간 오븐에 씨즈 열전대가 건조되지 않아도, 열기로 인해 습기가 한곳에 집중되어 있지 않고 분포 되어있으면, 절연 저항값은 상당히 높은값을 나타낼 수 있다. 씨즈 씰링 작업 후 시간이 지나 습기가 한 곳으로 집중이 되면 절연저항 값은 서서히 떨어지는 경향이 있다.
- 3) 측정에 따라 절연저항이 높았다 낮았다하는 현상이 반복될 수 있다.
- 4) MgO의 절연이 파괴되면 원상 회복이 되지 않으므로, 절연저항이 다시 좋아지는 현상은 나타나지 않는다.





### 9.2.5 문제점 요약

MI 케이블의 문제는 크게 습기문제, 절연파괴, 전기적 노이즈 3가지로 요약된다.

구성 요소중 MgO는 수분을 흡수하는 경향이 있다.

여러 실험실에서의 실험 결과에서는 상온에서 MI 케이블에 30cm 이상 침투하기가 어렵다. 그러나 고온과 저온이 반복될 때 수분이 씨즈 열전대 내에 존재하면 수분은 넓게 분포될 수가 있다.

상기 9.2.2 실험에서와 같이 MI 케이블이 굽으면 수분 침투가 오히려 어렵지만, MI 케이블 굽기가 가늘면 가늘수록 수분 침투 깊이가 깊어진다.

수분은 열에 의하여 분해되거나 없어지는 성분이 아니고 열에 의하여 이동되어 다른 곳에 존재하므로, 습기를 제거하기 위하여 주의를 요하여야 한다.

수분이 남아 있을 시에는 측정값의 오류가 반복적으로 발생한다.

수분은 충분히 제거하기 위하여 케이블을 오븐내에 상당시간 넣어 두어야 한다.

절연파괴는 MgO가 파괴되면 절연 저항값이 항상 낮게 나오므로, 절연 저항값이 높았다 낮았다하지 않아 확인이 쉽다.

또한 전기 노이즈는 여러 원인이 있을 수 있으므로 원인을 찾아내기가 쉽지 않다.

이를 찾아 내어 차단하고, 보상도선과 전원을 분리 설치하고, 실드선을 사용하고, 접지를 하고, 노이즈 필터를 설치하여, 온도센서에 영향이 없도록 하여야 한다.

[www.trem.co.kr](http://www.trem.co.kr)

TREM

 **트렘貿易商社**  
Trem Trading Co

서울시 금천구 가산동 481-10번지 벽산디지털밸리 II 812호  
TEL. 02-2113-2351(代) FAX. 02-2113-2355  
E-mail. [trem@trem.co.kr](mailto:trem@trem.co.kr) [www.trem.co.kr](http://www.trem.co.kr)