

유기물가용체형 온도퓨우즈의 안전성에 관한 연구

A Study on the Safety of Organic Compound Type Thermal Fuse

황 명 환* · 정 영 식**

Myung-Whan Hwang · Young-Sik Chung

ABSTRACT

To protect the damages or the disasters caused by overheating of industrial electric equipments or electric home appliances, a temperature sensitive thermal fuse is generally used in those equipments. Thermal fuses cutoff the current flow when the temperature of the electric equipments are abnormally overheated and over the certain temperature. Therefore thermal fuse is one of the most important elements in the sense of safety.

Thermal fuses are classified into two types according to thermally sensitive materials, a low temperature melting alloy and an organic chemical compound. Domestic products of thermal fuses are now only with an organic chemical compound. Domestic products tested by using cutoff test and aging test etc. are satisfied UL specification. It's shown that the accuracy and the precision of the domestic products are as good as those of the overseas products obtained UL mark. However, some of domestic products show the reclosing problem which is mainly related the safety. This problem should be solved to make the reliable thermal fuses.

In this paper, our interest is to find out the causes of reclosing. In the comparison between thermally sensitive materials occurred reclosing and those occurred no reclosing, the test effects show that the characteristics of emitting heat and absorbing heat are different.

1. 서 론

근년 산업용·가정용 전기기기의 안전성에 대한

요망이 높아져 온도 퓨우즈의 수요가 대폭적으로 증가하고 있다. 퓨우즈의 목적은 과전류 또는 누전에 의한 화재를 미연에 방지하기 위한 것으로서

* 중소기업청 국립기술품질원 전기과

** 인천대학 전기과

온도퓨우즈는 모든 전기전자 제품의 이상 발열을 감지하여 전원을 차단하는 온도 과열 방지용으로서 제품을 과열로부터 보호하고 화재를 방지하며 인명과 재산을 보호한다. 이제까지의 바이메탈 또는 펠라이트 등으로 만들어진 온도 조절기나 복귀형 스위치는 장시간 일정 온도하에서 반복 작동하므로 재질의 변형, 조립상태의 유격, 분진 등으로 감지온도가 변할 수 있고 부하전류에 의해 Arc가 발생하므로서 접점이 녹아붙어 온도 감지를 못할수도 있다. 이러한 동작불량, 고장, 오사용등에 의해 공칭온도 이상으로 온도가 상승하고, 전자기기의 열변형, 발취, 발열, 발화 등의 위험의 염려가 있을때에 온도퓨우즈는 그 온도를 감지해서 용단하여 회로를 차단¹⁾하므로서 안전을 확보하는 2중 안전장치로서 작동하며 복원기능은 갖고 있지 않다. 특히 전기용품 UL안전규격을 취득하려면 온도 조절기가 부착되어 있어도 필히 온도퓨우즈를 부착해야 한다.

퓨우즈는 크게 분류하면 전류퓨우즈(과전류에 의한 단락)과 온도퓨우즈(과열에 의한 단락)을 들 수 있다. 온도퓨우즈는 가용체에 통전되는 것과 가용체에 통전되지 않는 것으로 분류²⁾할 수 있으며 가용체에 통전되는 것으로서는 저융점 합금으로 만들어지는 것으로서 예를 들면 Pb, Sn, In, Zn, Bi, Cd, Mn, Ag 등을 합금하여 최저 46°C에서도 녹을 수 있는 저융점합금이 가능하지만 합금 자체의 고유저항치가 커서 고전류용으로는 적합치 않다.

한편 가용체에 통전되지 않는 것으로서는 유기물가용체에 약간의 무기물을 혼합하여 일정한 압력강도를 갖도록 結晶狀으로 만들어 통전되는 접점을 받쳐주는 구조로 되어 있다. 이것은 대전류(15A)를 흘릴 수 있는 장점이 있다.

본 논문은 후자에 속하는 유기물가용체형 온도퓨우즈에 대해 UL규격 및 IEC규격에 준한 시험을 통해 온도퓨우즈에 대한 국내의 제품의 안전성 등을 비교검토하였기에 그 개요를 서술한다.

2. 실험방법

2.1 온도퓨우즈의 구조 및 용단기구

유기물 가용체(1,3-Diphenylurea, $C_{13}H_{12}N_2O=$

212.25m 240°C)형 온도퓨우즈는 가용체가 일정온도에서 녹는 성질을 이용하는 퓨우즈로서 용해된 후 통전이 되지 않아야 하며 장시간 사용하더라도 가용체의 물성변화가 일어나지 말아야 한다.

이러한 온도퓨우즈의 용단시험 및 안정성시험은 Photo. 1에 나타내는 오븐(동양전자(주)제작)을 사용하였으며, 이 오븐의 내부 온도는 내부 어느 장소에서나 설정온도의 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 내에서 유지된다. 이 오븐을 사용하여 용단, 절연저항³⁾ 및 최대온도 시험을 동시에 행할 수 있도록 되어 있다. 온도퓨우즈의 대표적인 용도를 소개하면 Table 1과 같다. 퓨우즈가 갖추어야 할 조건은 부식성, 폭발성, 흡습성, 유해성, 악취성, 자극성 등이 없어야 한다.

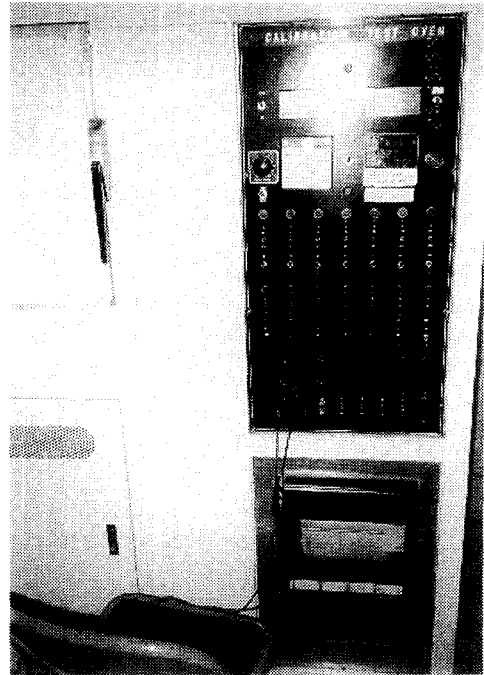


Photo. 1 Test oven

유기물 가용체형은 열적으로 안정한 절연성 화학물질을 가용체로 사용하고, 스프링액션을 이용하고 있다. 구조를 Fig. 1에 나타내고 동작에 대해 설명하면 다음과 같다. Fig. 1의 (a)는 동작전으로

서 정상시에 있어서의 전류경로(리드선 A→가동전극→케이스→리드선 B)를 나타낸다. 압축되어 조립된 스프링 B의 압력이 원판을 사이에 두고 리드선 A를 향해 가동전극을 눌러 가동전극과 리드선 A와의 접촉을 보증하게 된다. 사용도중 주위온도가 정격작동온도(Tf)를 넘어 상승하면 감은 결정상은 케이스 벽면으로부터의 전열에 의해 용융하여 액상으로 된다. 그와 동시에 압축되어 조립되어 있던 스프링 B 및 스프링 A가 동시에 신장되지만 스프링 A의 신장이 커서 가동전극이 리드선 A로부터 멀어지게 되어 그림의 (b)와 같이 회로는 차단된다. 이것을 Photo. 2에 나타낸다.

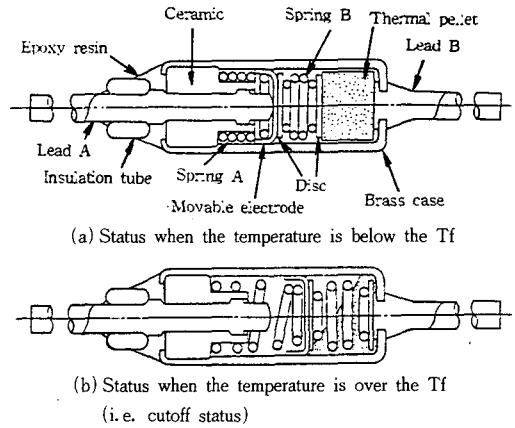


Fig. 1 The structure of thermal fuse

실험은 IEC 691 및 UL 1020의 규격에 따라 다음과 같은 실험을 행했다.

2.2 안정성시험(Ageing)

퓨우즈는 용도에 따라 각각 정해진 용단온도가 있는데 이를 작동온도(functioning temperature(이후 Tf로 표시))라 한다.

우선 안정성 시험은 IEC규격⁴⁾ 및 UL규격⁵⁾에 따라 각 단계별로 나타내면 Fig. 2와 같다.

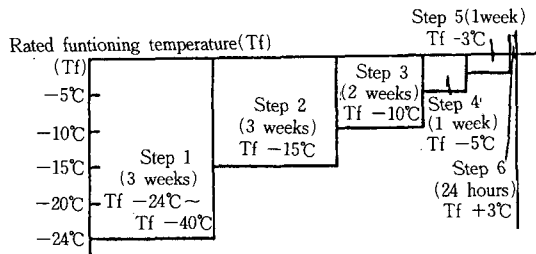


Fig. 2 Each step of the aging test

위의 각 단계의 시험후 최종단계에서는 반드시 용단되어야만 한다. 즉 위의 각단계의 시험 도중 물성변화를 일으켜 만에 하나라도 최종단계에서 용단에 실패하는 일이 있어서는 안된다.

2.3 정격 Tf시험

Tf -10°C에서 2시간동안 시험조(oven)가 온도평형이 되도록 방치한 후 0.5°C/min의 비율로 온

Table 1 Applications of thermal fuses

Sorts of goods	Name of goods
Heater	Electric stove, Electric iron, Hair drier, Electric blanket, Electric foot warmer, Electric hotplate, Bed clothes drier, Electric range, etc.
Motor	Air-conditioner, Compressor, Washing machine, Electric fan, Electric pencil sharpener, Sewing machine, Copying press, Vacuum cleaner, Various small-sized motor, etc.
Electric goods	Color TV, Desk lamp, Fluorescent lamp, Storage shaver, Stereo Tape recorder, Various transformation, etc.
Kitchenware	Refrigerator, Electric kettle, Electric jar, Microwave oven, Electric pot, Toaster, Coffee maker, Juicer, Frying pan, Tableware drier, etc.
Others	Gas boiler, Car, Gas stove, Oil stove, Anti-theft observation camera, Bidet, etc.

(a) Status when the temperature is below the Tf

(b) Status when the temperature is over the Tf (i.e. cutoff status)

Photo. 2 X-ray photo of the thermal fuse

도를 상승시켜 퓨우즈가 용단될 때의 온도를 기록한다.

2.4 최대온도시험

가용체가 고체로 있을때는 높은 절연성을 유지하지만 용해되면 특수 처리를 하지 않은 가용체는 절연성을 잃어 통전하게 되는데 이 경우 온도퓨우즈로서의 기능을 상실하게 된다. 이를 reclosing이라 한다.

Tf까지 온도를 상승시켜 용단시킨 후 그 상태에서 3분 이내에 절연저항을 측정하고 10분동안 그 용단 최대온도로 유지시켜 reclosing의 유무를 확

인한다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 가용체의 안정성(Stability)

이 시험은 퓨우즈를 장시간 사용(aging)했을 경우 유지(사용)온도와 온도 사이클 사이에 있어서 가용체의 안정성에 어떤 영향을 미치는지를 확인하기 위한 것으로서 수명은 얼마나 유지되며 사용중 가용체에 물성변화는 일어나지 않는지를 단기간에 파악하기 위하여 유지온도보다 높은 온도에서 측정된 것이다.

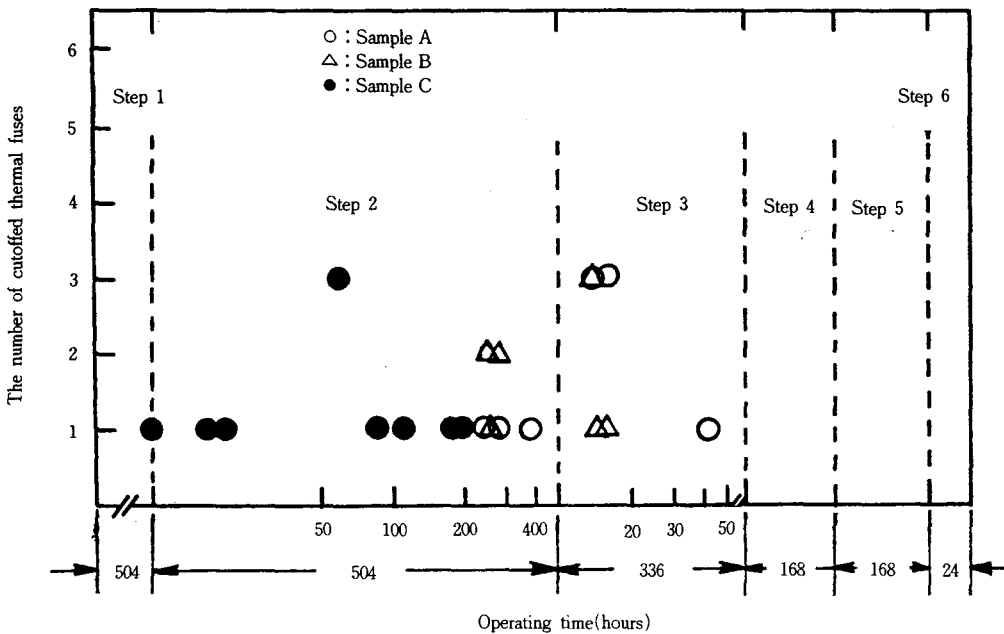


Fig. 3 The number of cut-off thermal fuse at each step

Fig. 3에 그 결과를 나타냈다. 결과를 살펴보면 그림에서 나타내듯이 2단계에서 2시료는 50% 이상 남아있으나 C 시료는 전부 용단되었다. 6단계 까지 이른 시료는 아무것도 없었다. Fig. 3의 결과는 240℃인 경우인데 현재 국내에서는 개발완성 단계에 있는 제품으로서 IEC규격 및 UL규격을 완전히 만족시키기에는 아직 충분치 못한 실정이나 240℃이하의 시료인 경우에는 두 규격을 충분

히 만족한다.

3.2 용단온도특성

Fig. 4는 2.3절에서와 같은 방법으로 온도를 상승시킨 경우의 용단온도를 조사한 것으로서 236℃ ~ 239℃ 사이에서 용단되지만 일부제품은 용단되었다 다시 reclosing되거나 전혀 용단되지 않는 것도 있었다. 위와 같은 불용단이나 reclosing이 가져

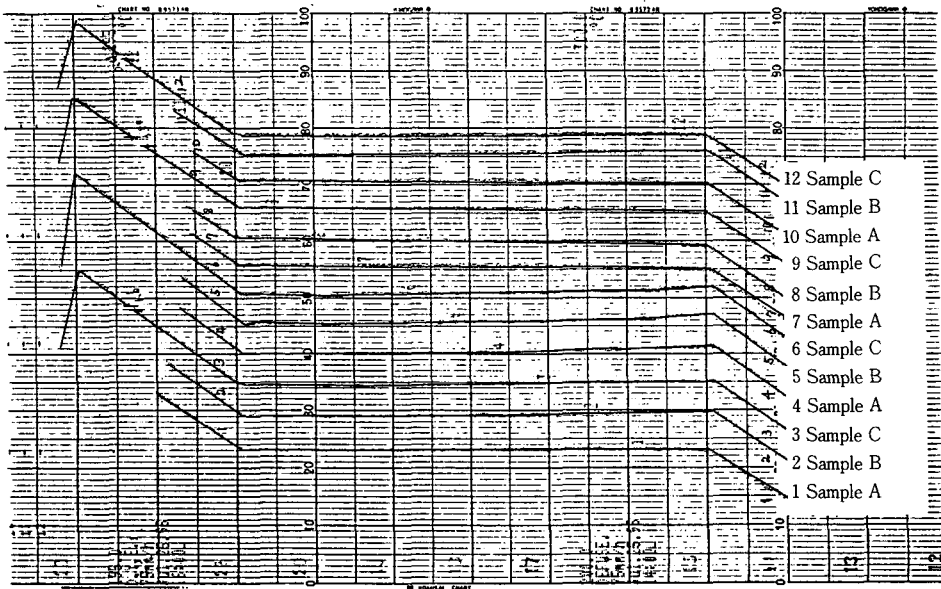


Fig. 4 The graph of operating temperature

을 수 있는 사건으로 Photo. 3에 나타내는 것과 같이 가정용 전기제품에서 화재를 일으킨 사례를 들 수 있다.

Fig. 5는 용단온도특성을 용단온도의 분포로서 나타낸 것이다. 결과를 살펴보면 용단온도 및 정밀도가 국내제품의 경우 세계에서 제일 우수한 제품과 동등수준임을 알 수 있었다. UL규격 및 IEC 규격에서는 $T_f - 10^{\circ}\text{C}$, $+0^{\circ}\text{C}$ 로 되어 있으나 본 실험을 통해 조사해 본 결과 일부 국내제품은 $T_f - 4^{\circ}\text{C}$, $+0^{\circ}\text{C}$ 로 개량했고, 용단온도의 분포범위를 3°C 로 조절했음을 알 수 있다.

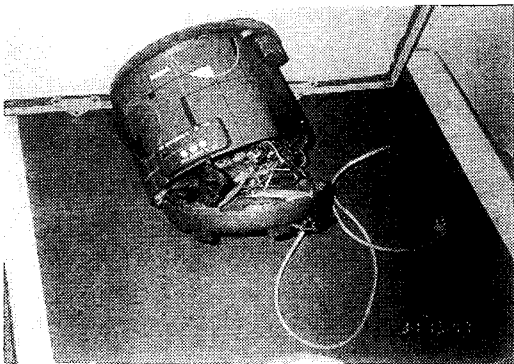


Photo. 3 Burned kettle

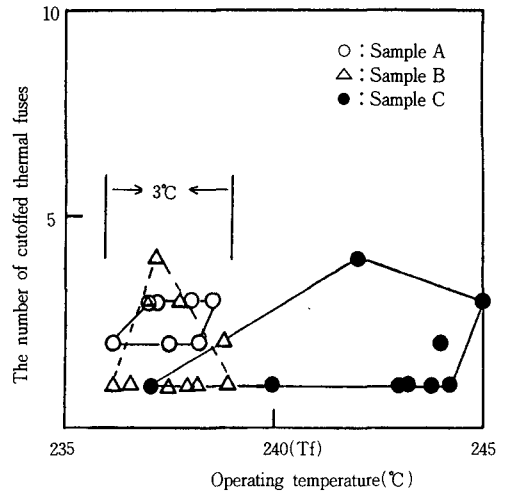


Fig. 5 The distribution of the cutoffed thermal fuses at Tf

2장의 각절에서 밝힌 실험방법으로 구한 각시료의 최대, 최소, 평균치의 값들을 Table 2에 나타냈다. 표에서 살펴보면 리드선 A와 가동전극사이의 접촉저항이 각 시료마다 약간의 차이를 보이고 있다. 여기에 10A의 전류를 흘렸을 때 발생하는 열을 측정해 본 것이 온도상승시험인데 온도상승치는 퓨우즈의 사용온도가 200°C 인 것을 고려한다면 이

정도의 접촉저항에 의한 온도상승의 크기 및 차이는 사용온도에 아무런 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다. 다음으로 최대온도시험은 25개의 시료로 측정된 결과 표에 나타내고 있다. 표에서 알 수 있듯이 A시료, B시료 모두 reclosing현상이 발생하지 않지만 C시료에서는 용단되지 않거나 reclosing을 일으키는 시료가 80%나 나타났다. 이것은 기기의 안전문제상 대단히 심각한 문제로서 반드시

해결되어야만 하는 것이다. 실제로 시료가 용단된 후 오븐 내에서 3분이내에 용단된 시료의 절연저항을 측정해 본 결과 표에서 나타내듯이 C시료의 경우는 대단히 낮은 저항치를 나타냈다. 절연저항의 경우 미세하지만 외국제품보다도 국내제품이 더 균일한 분포를 보였다. 작동온도 및 작동시간은 3.1절 및 3.2절에서 그림으로 나타낸 것을 Table 2에 정리했다.

Table 2 The value of each test

Item of test	Unit	Sample A			Sample B			Sample C			
		Max	Min	Ave	Max	Min	Ave	Max	Min	Ave	
Contact resistance	mΩ	0.80	0.80	0.67	0.90	0.80	0.83	1.00	1.80	0.87	
Rising of temperature	℃	4.5	3.9	4.2	5.9	3.5	4.7	5.0	3.1	4.2	
Temperature of cutoffed	℃	238.8	236.1	237.6	239.0	236.1	237.4	245.0	237.0	243.3	
Operating time	Step 1	Hours	504	504	504	504	504	504	504	504	
	Step 2		504	254	442	504	254	385	182	0	80
	Step 3		41	14	19	16	14	15	-	-	-
Rate of reclosing	%	0			0			80			
Insulation resistance	MΩ	500	15	234	500	20	152	20	0	5	

Where Max : Maximum, Min : Minimum, Ave : Average

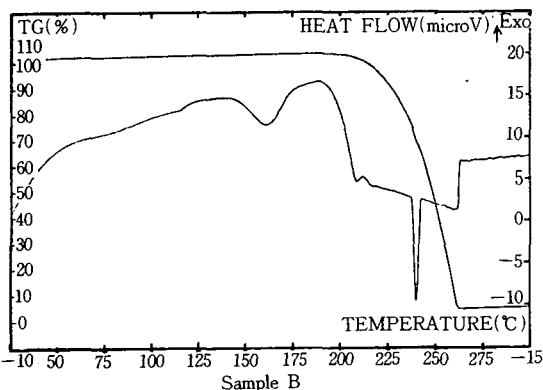
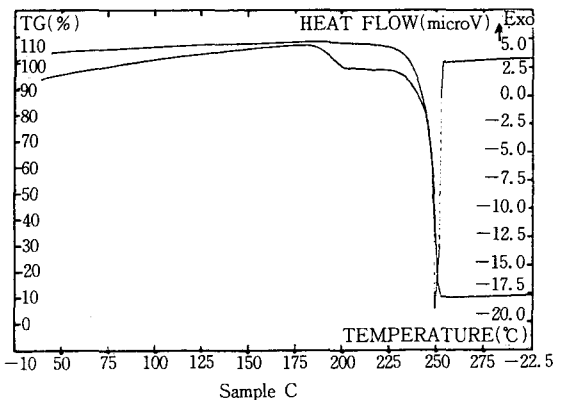
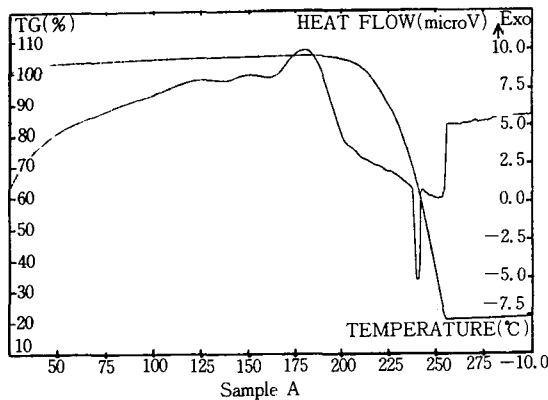


Fig. 6 Heat flow of the sample measured by thermal analyzer(TG-DTA)

Fig. 6은 열분석기에 의해 질소가스 분위기 속에서 구한 가용체의 TG-DTA분석 결과를 보여준다. 그림에서 보듯이 어느시료나 200℃ 부근에서 흠을 발생하며 용융의 단계에 돌입하는 것을 보이고 있다. 여기서 A, B시료는 중량의 감소가 넓은 온도 범위에 걸쳐 완만하게 이루어지는데 반해 C시료는 좁은 온도 범위에 걸쳐 중량감소가 이루어지고 있다. 또한 시료 A, B 모두 3개의 glass전이

점을 가지고 있지만 시료 C의 경우는 1개의 glass 전이점을 가지고 있다. 그림에서 가장크게 진동하는 점을 전체 전이라고 한다면, 전체 전이 이외의 glass전이점을 갖는 것은 1,3-Diphenylurea 이외의 첨가물질에 의한 것으로 사료된다.

열흐름의 감소와 증가는 용융과정에서 일어나는 흡열과 용융이 끝난후의 발열현상을 나타내는 것인데 A, B시료의 경우는 240℃에서 큰 흡열현상을 보이고 240℃를 전후로 해서 흡열과 발열의 평형상태를 30여분동안 유지한다. 그러나 C시료의 경우는 250℃에서 큰 발열현상을 보일 뿐 평형상태를 유지하지는 않았다. 이러한 현상은 가용체에 첨가물의 첨가 여부에 따른 것으로, 첨가물질의 유무에 따라 절연물의 온도에 미묘한 영향을 미쳐, 온도퓨우즈가 작동후에 10여분 이상의 잠열에도 열평형 상태를 유지하여 완전용융상태에 이르기전의 절연저항을 유지하는 것으로 여겨진다. 이러한 현상이 절연저항의 크기 및 reclosing현상을 좌우하는 것으로 판단된다.

4. 결 론

아무리 강조해도 지나치지 않는 안전문제를 생각해 볼때 온도퓨우즈의 2중 안전 장치로서의 역할은 지대하다고 볼 수 있다.

- 1) 각종 실험결과 온도퓨우즈의 각 부품은 케이스에 수납되어 있어 외적인 충격의 영향을 받지 않는다.
- 2) 유기물 가용체에 따른 정확한 용단특성으로 고온의 경우 10℃의 분포 범위를 3℃로 조절했다.
- 3) 240℃의 고온 퓨우즈는 세계 어느제품이나 IEC규격 및 UL규격의 안정성을 충족시키지

못하고 있으나 240℃이하의 퓨우즈는 모든 규격을 충분히 만족시킨다.

- 4) 특성의 열화, 경시변화가 거의 없으며 외기의 영향을 거의 받지 않는다.
- 5) 실험결과 퓨우즈의 역할인 안전성과 관련된 reclosing의 문제는 반드시 해결되어야 한다. 이 문제를 해결하기 위해서는 主材에 副材인 첨가물을 첨가할 필요가 있다.
- 6) 열적으로 안정하고 절연성이 뛰어난 유기물질(가용체)을 사용한 퓨우즈의 개발을 통해 정밀도 및 정확도를 갖는 고객지향적인 그리고 안전성⁶⁾이 보장되는 전기제품을 생산할 수 있다. 끝으로 본 연구를 수행함에 있어 개스분석 및 열분석과 유익한 토론을 아끼지 않으신 국립기술품질원 종합물성과 이용무박사, 유기화학과 이석우 박사께 謝意를 표한다.

참 고 문 헌

- 1) 佐藤利之, 堀越常信, 石田富雄, 岸 修一郎, 山村淳一, 佐藤邦夫, 過熱保護素子, National Technical Report, Vol. 26, No. 2, pp. 301~308, 1980.
- 2) 筒井賢次郎, 佐佐木 明, SF, SM型温度フューズ, NEC技報, Vol. 39, No. 11, pp. 106~109, 1986.
- 3) KSC 1302, 1990-05.
- 4) IEC 691, 1993-03.
- 5) UL 1020, 1983-03.
- 6) 青島賢司, 安全管理者のための安全工學, オーム社, 1974.