

반밀폐형 퓨즈의 차단용량 상승을 위한 Fe-Ni 합금 가용체의 형상 및 퓨즈링크 구조 설계

Design of Fuse-Link Structure & Fe-Ni Alloy Element's Shape to Increase an Interrupt Rating of a Semi-Enclosed Type Fuse

김 성 주* · 김 도 훈* · 강 창 룡†
 (Seong-Ju Kim · Doe-Hoon Kim · Chang-Yong Kang)

Abstract - According to a miniaturization and integration of electric device, a little size of fuse satisfying the current carrying capacity as well as an explosive tolerance and current interrupt rating are required. Fe-Ni alloy is applied to decrease an oxidation of fuse elements. A resistance and T.C.R(temperature coefficient of resistance) of a fuse are analyzed by changing a content of Ni. And full rated current I-T curve from 1A to 6.3A has been tested. In order to an explosive energy, a straight wire type is selected to reduce a fuse melting time. An interrupt rating test was conducted by changing a content of Ni and the optimal content of Ni is to be 40%

Key Words : Fuse, Interrupt rate, Breaking capacity, Semi-enclosed fuse, Fuse-links

1. 서 론

최근 이차전지의 용량이 상승되고 입력력 전류량이 증가함에 따라 회로의 완전 단락(Short circuit) 상황에서 유입되는 전류도 상승하게 되었으며, 이로 인해 폭발 화재 등의 2차 피해가 우려되고 있다. 회로의 단락 상황에서 동작하여 이차전지 및 전기기기 시스템의 안전을 책임지는 부품이 퓨즈이며, 완전 단락으로 인한 전기저항이 0Ω에 가까울수록 높은 전류가 유입되는 정전압 송전 특성으로 인하여 퓨즈는 단락의 시간외에 차단용량(Interrupting Capacity)의 신뢰성이 부여 된다. 하지만 IT 네트워크 기반의 휴대용 전자 제품의 시장 성장으로 이차전지 충전기, 제어 시스템 회로 등은 더욱 소형화 되고 있는 추세이고 내부 부품간의 거리가 가까워져, 이로 인한 회로 단락의 우려가 더욱 커지고 있지만 퓨즈의 차단용량을 상승시키기 위한 차단용량 확보 공간은 줄어들고 있는 추세이다[1]-[2].

퓨즈의 차단용량을 상승시키기 위해서는 퓨즈의 내부공간과 크기의 상승이 필요하지만, 현재의 휴대화, 소형화 대응량화 추세인 소형 이차전지를 사용하는 전기 제품에 적용이 어려운 실정이다. 일반적으로 휴대 가능한 SMPS에 적용하는 퓨즈 중 차단용량이 가장 높고 미니어처 퓨즈 군에서 가장 안전한 세라믹 높은 차단용량 카트리지 퓨즈의 경우 최대 유입전류 AC 250V, 1500A

에서도 폭발하지 않고 퓨즈 가용체만 용단할 수 있다[3]. 이는 퓨즈 외부 보호 절연체로 사용되는 세라믹의 강도, 금속 단자와 세라믹 간의 용가재를 이용한 밀폐형 완전 접합, 이로 인한 외부 공기와의 완전 차단, 퓨즈 가용체와 세라믹간의 거리, 비산 방지용 소호제 등 여러 요인 때문이다. 그러나 휴대 가능한 SMPS에 적용되는 메인 퓨즈 중 공간을 가장 적게 차지하는 각종 서브 미니어처 퓨즈의 경우 최대 유입전류 차단용량이 AC 250V 35A로 낮은 차단용량 특성이며, 이는 밀폐되지 않은(산소의 유입이 자유로운) 절연 케이스의 물리적 결합과, 상대적으로 강도가 낮은 사출 재료, 퓨즈 가용체와 절연 케이스와의 거리 등에 의한 것이다[4]. 대표적인 밀폐형 퓨즈인 카트리지 퓨즈와 반밀폐형 퓨즈인 초소형 퓨즈의 구조는 그림 1(a), (b)와 같다.

이차전지 기반의 휴대용 전기기기 중 국내 보급률이 가장 높은 스마트폰의 경우 SMPS 역할을 충전기가 수행 중이며, 그림

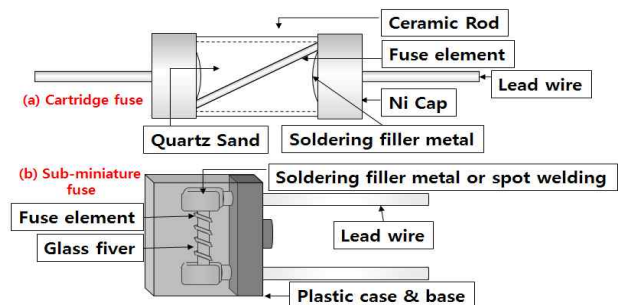


그림 1 밀폐형 퓨즈와 반밀폐형 퓨즈 구조
 Fig. 1 Structure of enclosed fuse and semi-enclosed fuse

† Corresponding Author : Dept. of Metallurgical Engineering, Pukyong National University, Korea.
 E-mail : metkcy@pknu.ac.kr

* Dept. of Metallurgical Engineering, Pukyong National University, Korea.

Received : November 7, 2017; Accepted : April 16, 2018



그림 2 스마트폰 충전기 내부 구조(단락 시험)
 Fig. 2 Structure of SMPS for smart phone(Open short circuit test)

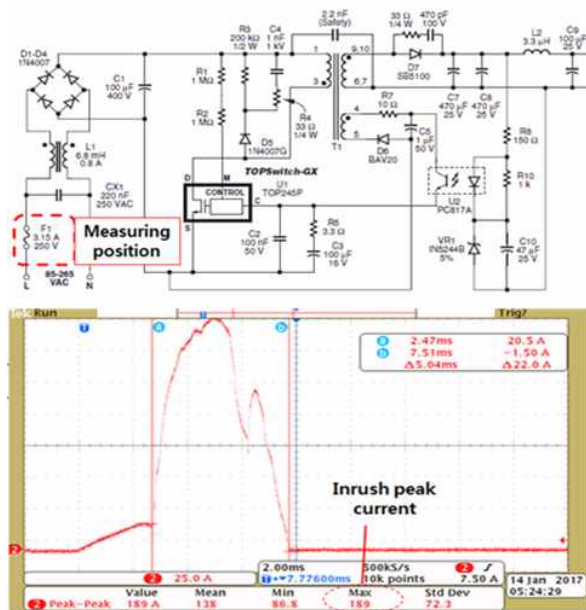


그림 3 스마트폰 SMPS 회로 안전 단락 시험
 Fig. 3 Open short circuit test of smart phone SMPS

2와 같이 내부 공간의 한계로 인해 카트리지 퓨즈의 적용이 불가능하여 초소형 퓨즈가 적용 되고 있지만, 안전 단락 돌입전류 시험 결과 그림 3와 같이 최대 189A의 전류가 유입되었다.

이와 같이 소형 대용량화 된 이차전지 기반의 전기 기기에 밀폐형 카트리지 퓨즈에 비하여 공간을 적게 차지하는 반밀폐형 각형 서브 미니어처 퓨즈가 많이 사용되고 있지만, 차단 용량이 최

대 AC 250V, 35A인 반 밀폐형 퓨즈의 경우 안전 단락 상황에서 화재 및 폭발이 수반되어 화재의 원인이 되는 현상이 발생한다. 때문에 반밀폐형 퓨즈는 차단용량 한계로 인하여 적용이 어렵고 밀폐형 카트리지 퓨즈는 크기의 한계로 인하여 적용이 어려운 실정으로 전기기기용 회로 안전에 필수적인 메인 퓨즈를 사용하지 못하고 보조 퓨즈로 대체 적용 중이다. 이에 본 연구에서는 스마트폰 충전기용 초소형 퓨즈의 정격전류 1000% 이상 높은 전류에서 퓨즈의 동작 시간을 조정하고, 퓨즈 가용체에 대한 폭발 내성 합금 설계를 적용하여 차단용량 동작 시 퓨즈 가용 체의 비산과 폭발 에너지를 감소시켜 좁은 공간에서도 높은 차단용량을 만족하는 반밀폐형 퓨즈의 퓨즈 링크를 설계하고자 한다.

2. 본 론

2.1 차단용량 향상을 위한 한류형 퓨즈의 동작 시간 설계

산업적으로 가장 많이 사용되는 한류형 퓨즈의 경우 매우 느린 동작 특성부터 매우 빠른 동작 특성까지 5가지 동작 특성으로 분류되며, 동작 특성은 정격전류 이상의 과전류에서 퓨즈가 동작하는 시간에 따라 결정 된다[5]. 이중 국제 규격으로 정의되어 메인 퓨즈의 특성으로 사용되는 빠른 동작 특성(Fast acting characteristic)과 지연 동작 특성(Time-lag characteristic)의 퓨즈는 각각 정격전류의 1000%에 해당하는 이상 전류에서 4ms이내, 20ms~150ms 사이에 용단 되어야한다[6].

한류형 퓨즈의 동작 원리에서 회로의 전체 저항 변화로 인하여 유입 전류가 증가하면 온도가 급격히 상승하고 퓨즈의 가용체 중심 부분이 용융되어 증발하면서, 아크가 퓨즈 링크 양단에 발생한다. 그리고 발생된 아크로 인하여 퓨즈의 임피던스는 증가하게 되고 이에 따라 전류 감소와 함께 발생된 아크는 소멸하게 된다. 이런 퓨즈 가용체의 일련의 동작 과정을 그림 4와 같이 나타 내었다. 퓨즈의 한계전류 이상의 전류에서 퓨즈는 용단하게 되고 아크 소멸이 완료되면 회로는 유입전류가 완전히 차단되어 고장 작동을 중지하게 된다[7].

그림 4와 같이 퓨즈의 동작 완료 시간은 pre-arcing 시간과

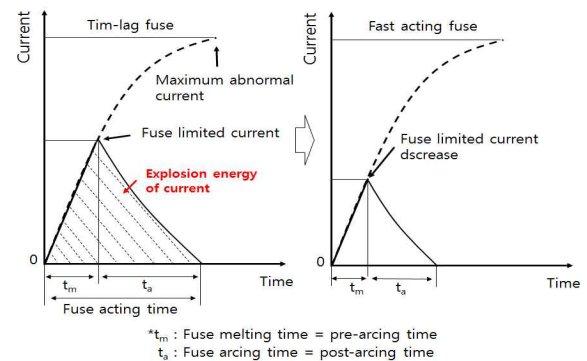


그림 4 이상전류 시 퓨즈의 동작
 Fig. 4 Operation fuse with abnormal current

post-arcing 시간의 합을 의미하며, 이때 pre-arcing 시간은 부하전류(이상전류)에 좌우되고, post-arcing 시간은 전력원의 역할 혹은 사고 회로의 파라미터에 좌우된다. 그리고 폭발에 발생하는 에너지는 한계 전류의 최댓값과 총 용단 시간에 비례하며, 이는 그림 4 그래프 상의 퓨즈 한계 전류의 면적과 같다. 즉 폭발의 힘을 감소시키기 위해서는 해당 면적을 좁게 유지하는 것이 중요하며, 그래서 인가되는 최대 전류 혹은 정격전류의 1000% 이상 높은 전류에서의 용단 시간을 조정해야 한다. 이 중 인가 전류는 회로의 이상에 의한 것으로 조정이 힘들고 때문에 정격전류의 1000% 이상 인가전류에서 동작 시간을 조정하여 폭발의 에너지를 낮출 수 있다. 정격전류의 1000% 이상 전류 인가 영역에서 퓨즈 가용체의 동작시간은 퓨즈링크를 통한 열이동 양과 속도에 영향을 받지 않은 이상적인 동작 영역으로 그림 5와 같다. 즉 퓨즈의 동작시간을 조정하여 폭발 에너지를 감소시키는 것은 퓨즈 정격전류의 1000% 인가 영역에서 동작 시간을 조정하는 것과 같고 이는 퓨즈의 동작 특성에 따라 폭발 에너지가 달라짐을 의미한다.

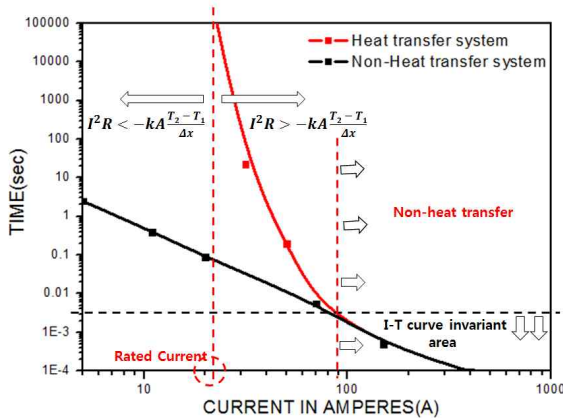


그림 5 열 이동에 의한 퓨즈 동작 시간 변화
Fig. 5 Change of fuse operation time by heat transfer

통상적으로 지연 동작형 퓨즈의 경우 1000% 동작 시간이 0.02초~0.15초(20ms~150ms)이며, 지연동작 퓨즈의 적용이유는 전기기기 및 제품의 전원 On/Off 시 발생하는 돌입 전류에 대한 내구성을 확보하기 위함이다. 때문에 차단용량을 상승시키기 위하여 빠른 동작 특성의 퓨즈를 적용할 경우 퓨즈의 수명하락으로 교체 주기가 증가하게 되고 지연동작 특성 내에서 퓨즈의 차단용량을 상승시키기 위한 설계 방법으로 퓨즈 정격전류의 1000% 동작 시간을 20ms로 근접하게 하여 유지하는 것이 필요하다. 이와 같은 한류형 퓨즈의 특성에 따라 반밀폐형 퓨즈의 차단용량을 상승시키기 위한 첫 번째 방법으로 퓨즈 가용체의 용단시간을 20ms와 근접한 지연 동작형 특성으로 유지하였다.

2.2 퓨즈 링크 열 이동 및 재료 설계

이상 전류가 발생하는 회로의 저항이 R, 전류가 I 라면, 이상

전류가 발생하여 순간 아크가 발생하고 소멸되는 과정까지 회로에 공급되는 에너지는 식 (1)와 같다. 식 (1)에서 저항이 일정하다면 회로에 공급되는 에너지와 I2t의 값은 비례한다. 따라서 I2t는 통과 에너지로써 퓨즈를 용융되게 하는 에너지의 크기를 나타내며, 용융되는 퓨즈 가용체의 용단 고유에너지와 같다. 퓨즈의 동작은 가용체의 주울 열과 전도, 대류, 복사에 의한 열손실 사이의 에너지 균형 방정식으로 해석할 수 있다. 이때 에너지의 균형 방정식은 식 (2)와 같다[8].

$$W_e = \int R I^2 dt \tag{1}$$

$$m c S \frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{I^2 \rho_0 (1 + \alpha T)}{S} + \kappa S \frac{\Delta T}{\Delta x^2} - D h T \tag{2}$$

m: 밀도(kg/m²) c: 비열용량(J/kg K) T: 온도(K)
t: 시간(s) k: 열전도율(W/mK) D: 직경(m)
s: 단면적(m²) I: 전류(A) ρ₀: 비저항(Ω/m)
α: 저항율의 온도계수(K⁻¹) h: 방사열손실계수(W/m²K)

식으로부터 퓨즈의 동작 특성이 결정되는 영역은 퓨즈 가용체의 고유 에너지를 나타내는 영역으로 적용된 가용체의 단면적 및 재료의 종류가 변하지 않으면 이동시킬 수 없는 영역이다. 즉 식(3)과 같이 열의 이동이 없는 이상적인 계나 열이 이동하기 전 퓨즈의 동작이 발생하는 높은 전류 영역에서의 동작 시간은 가용체 재료의 고유 능력으로 판단할 수 있다.

$$W = I^2 \times R \tag{3}$$

퓨즈의 재료가 선택된 후 동작특성의 설계는 선경을 조정하여 정격전류의 1000%에서 동작 특성이 일치하게 조정 한 후, 열의 이동을 조정하여 정격전류 선을 이동시키는 방법으로 접근할 수 있으며, 이는 I-T 커브의 전체 이동과 정격전류 선의 이동으로 결정된다. 이와 같은 I-T 커브 상에서 퓨즈의 동작 특성 설계 방법은 그림 6과 같다[9].

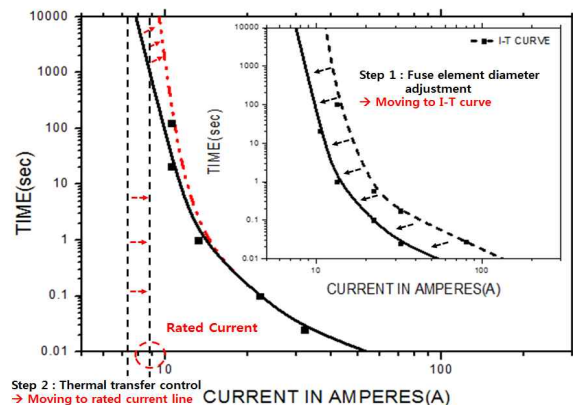


그림 6 퓨즈의 동작 특성 설계 방법
Fig. 6 The method of design fuse acting characteristics type

일반 적으로 퓨즈 정격전류의 1000% 전류에 대한 동작 시간을 빠르게 조정하기 위한 방법으로 퓨즈 가용체의 열전도도를 높이는 방법을 사용한다. 가용체의 열전도도 상승은 실제 용단이 발생하는 퓨즈 가용체 중심부의 온도 상승을 지연시켜 용단에 이르기 까지 더 높은 전류를 요구하도록 한다. 때문에 한류형 퓨즈의 정격전류를 상승시키게 되고 이에 따라 정격전류의 1000% 인가 전류도 더욱 높인다. 퓨즈 가용체 중심부의 온도 상승속도를 지연시키기 위한 방법은 가용체의 열전도도 상승 외에도 퓨즈 링크 간 가용체의 길이를 줄이는 방법을 통해서도 가능하다[10]. 즉, 퓨즈 링크 간 가용체 길이가 짧아지면 전도를 통한 열이동 속도가 상승하여 퓨즈 중심부 온도 상승이 낮아지고, 가용체의 용점까지 도달하는 시간이 지연되어 빠른 동작 특성 방향으로 정격전력선이 이동한다.

일반적으로 빠른 동작 특성을 구현하기 위하여 가장 많이 사용되는 재료는 열전도도가 가장 높은 은(Ag)이다. 하지만 해당 재료는 빠른 동작 특성을 구현할 수 있으나 1차단에서 사용되는 지연동작 특성 구현이 어려우며, 재료의 양이 많이 사용됨으로 차단용량 상승을 기대하기 어렵다. 재료의 전기에 대한 폭발 특성을 결정하는 재료적 요인은 재료의 급격한 산화, 비산하는 금속 재료의 양, 급격한 온도 상승에 대한 원자의 비산 속도 등으로 판단할 수 있으며, 폭발 내성을 위하여 이상의 요인들에 대한 재료 설계가 필요 하다. 이중 높은 전류에 의해 원자 간의 결합이 파괴 되어 분말 형태로 비산하는 금속의 산화를 막기 위해서, 외부 공기와의 차단이 필요 하지만 공기 유입이 자유로운 반밀폐형 퓨즈는 급격한 산화로 인한 폭발 에너지가 상승하게 된다. 때문에 산화도가 높은 순금속 보다는 산화에 의한 폭발적인 반응을 줄일 수 있는 합금의 적용이 필요하고, 합금화에 의한 열전도도의 하락은 퓨즈 링크간의 거리를 짧게 유지하여 비산하는 재료의 양도 감소시킬 수 있게 된다.

2.3 실험 방법

인가 전류에 의해 용단이 용이한 재료의 특성은 온도 상승에 의한 저항의 상승이 수반되는 재료이다. 이와 같은 재료의 특성은 저항온도 계수(Temperature Coefficient of Resistance, 이하 : T.C.R)로 확인 가능하며, 보통 순금속의 T.C.R은 모든 금속에서 3000ppm/°C이상이지만 합금이 될수록 감소하는 경향이 있어 순금속이 퓨즈의 재료로 더욱 적합하다. 하지만 순금속의 경우 급격한 산화로 인한 폭발에 대한 내성이 부족하여 차단용량 상승을 기대하기 어렵기 때문에 합금화 되어도 T.C.R이 하락하지 않는 재료의 선정이 필요하고 이와 같은 특성을 지닌 금속이 Fe-Ni 계열 합금이다. Fe-Ni합금은 니켈 함량이 36%~43%일 때 원자간 선팅창 계수가 낮아 내열 합금으로 많이 쓰이며, 온도 상승에 따른 체적 상승률이 가장 낮은 합금으로 알려져 있어 본 연구의 특성 목표와 일치한다. 이에 따라 차단용량을 높이기 위한 가용체 설계를 위하여 실험에 사용된 합금의 조성과 특성은 표 1과 같고 각각의 정격에 해당하는 가용체 체적의 10%에 해당하는 주석(Sn) 도금을 실시하였다. 그리고 가용체의 제작과정은 그림 7

표 1 실험 합금 조성

Table 1 Alloy composition of experiment

조성	성분(wt%)		저항률 (Ωmm ² /m)
	Fe	Ni	
Fe-90Ni	10	90	0.13
Fe-65Ni	35	65	0.33
Fe-40Ni	60	40	0.59
Fe-25Ni	75	25	0.35
Fe-10Ni	90	10	0.14

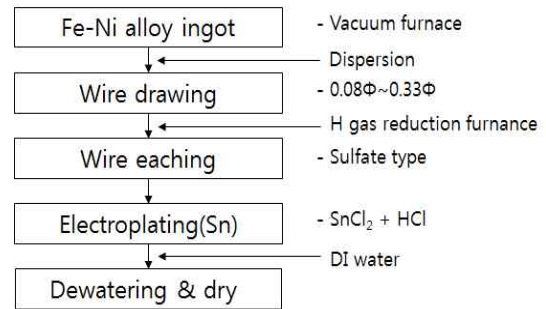


그림 7 퓨즈 가용체 제작 과정

Fig. 7 Manufacturing process of fuse elements

의 모식도와 같다.

실험은 250V 각형 초소형 퓨즈의 대표 정격으로 3.15A를 제작하여 실험 후 정격전류를 확장 하는 방법으로 시험을 진행하였고, 금속 와이어의 선경은 0.20φ, 세부 특성조정을 위하여 표면에 주석 도금을 실시하여 샘플을 제작하였다. 초소형 퓨즈 제작 시 접합 용가재와 글라스 파이버의 열 이동 영향을 최소화하기 위하여 퓨즈링크에 퓨즈 가용체를 직접 용접하는 방법으로 샘플을 구성하였고 링크간의 거리는 그림 8과 같이 4.0 mm~4.1 mm로 유지하여 제작 기존의 제작 방법과 차별화하였다.

실험은 IEC60127-3에 제시된 표준 기판에 샘플 번호 1~63번까지 제작 실장 후, 모든 시료의 불량 단선 여부 등을 저 저항 측정기를 사용하여 확인하였다. 각 시료군은 최소 20개 이상의 예비 시료를 확보하고 모든 시료의 전기저항을 측정하고 표준 PCB 기판에 저항측정 값을 주기하였다. 이후 모든 시료는 Sorensen社 직류 전원 공급 장치를 사용하여 전류에 따른 용단 실험을 실시하였고, 각 전류에 따라 용단되는 시간을 분석하여 시험 결과를 도출하였다. 용단 실험간 전류는 ICE60127-1에 정의된 DC 정전류 모드에서 전류변화 량을 1% 이내로 유지하고, 변동 전압이 30V 이내 있도록 하였다. 실험은 전원 공급 장치 BOB社 SGI 330/150, 오실로스코프 Tektronix社 DPO 3022, 저항계측기 HIOKI社 3227mΩ hi-tester를 사용하였다.

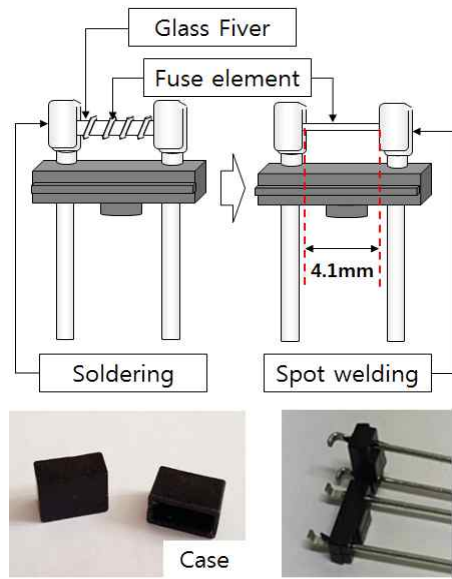


그림 8 실험 샘플 제작
Fig. 8 Structure of test sample

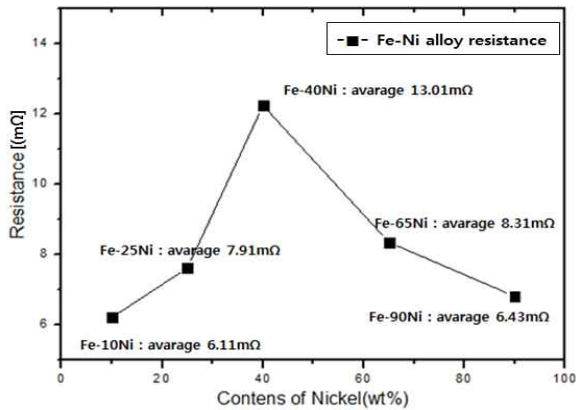


그림 9 합금 함량에 따른 저항 변화
Fig. 9 Resistance for each metal alloy fuse

2.4 실험 결과

그림 9에는 제작된 퓨즈에 동일 선경 적용 시 합금 조성에 따른 저항 값을, 그리고 그림 10에는 저항온도 계수 값을 나타낸다. 실험 결과 Fe-40wt%Ni의 저항은 13.01mΩ으로 가장 높았고, T.C.R은 2376ppm/°C로 가장 낮았다. 그리고 모든 합금이 2000ppm이상의 높은 T.C.R을 유지하여 퓨즈 가용체로의 특성 구현에 적합하였으며, 지연 동작 특성을 만족하기 위한 저항은 합금 함량이 높은 25wt%Ni, 40wt%Ni, 65wt%Ni 합금에서 구현되었다.

이와 같은 결과로부터 전기전도성은 열전도성과 비례하기 때문에 상대적으로 짧은 퓨즈링크의 길이에 대하여 퓨즈 가용체의 저항이 높을수록 가용체 중심에서의 열 집중이 효율 적임을 확인

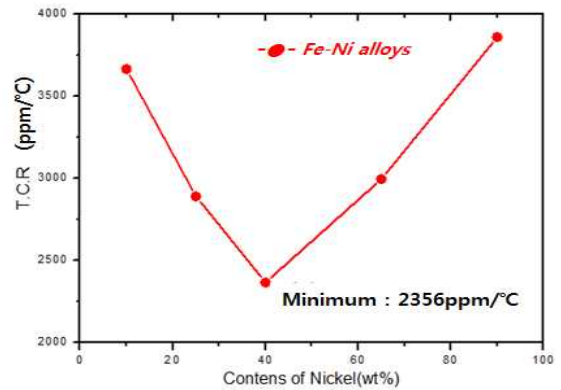


그림 10 합금 함량에 따른 T.C.R 변화
Fig. 10 Trend of changes in the T.C.R due to a change in composition

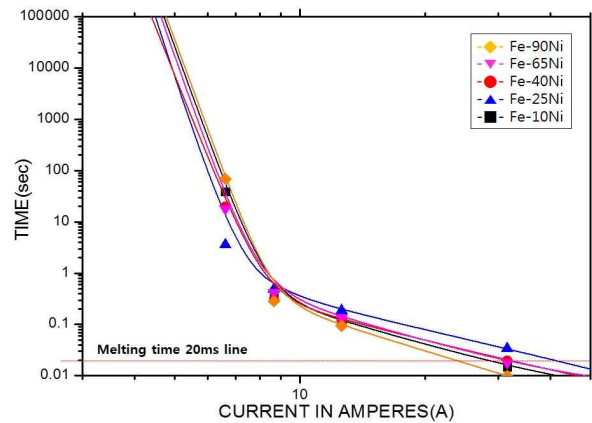


그림 11 합금 함량에 따른 퓨즈 3.15A 제작 결과 I-T 커브
Fig. 11 Production results of 3.15A fuse due to a change in composition (I-T curve)

할 수 있고 이로 인해 퓨즈의 정격전류 선이 낮은 전류 방향으로 이동하게 된다. 한정된 퓨즈링크 거리에서 회로 1차측 메인 퓨즈로 적용되기 위한 지연동작 특성은 정격 전류의 100%에서 20ms~150ms의 동작 시간을 가져야 하며, 폭발의 에너지를 최소화하기 위해서 20ms 이상이며 최대한 근접한 동작 시간 조정이 필요하다.

각 합금을 적용한 퓨즈의 정격전류를 3.15A로 제작하여 전류에 따른 용단 시간을 측정하였고, 결과로부터 각각의 I-T 커브를 그림 11에 나타내었다.

실험결과 Fe-40wt%Ni과 Fe-60wt%Ni이 퓨즈 지연동작 특성의 합격 기준인 정격전류의 100%인가전류에 대한 용단 시간 20ms~150ms를 만족하였고, 이중 Fe-40wt%Ni는 정격전류의 100% 인가 전류에 21ms~26ms로 20ms이상이며 근접하여 설계 특성과 일치하였다.

그림 12는 합금 함량에 따른 최대 차단용량 전류와 폭음(dB) 측정 결과 이다. 결과와 같이 모든 합금에서 반밀폐형 퓨즈 낮은

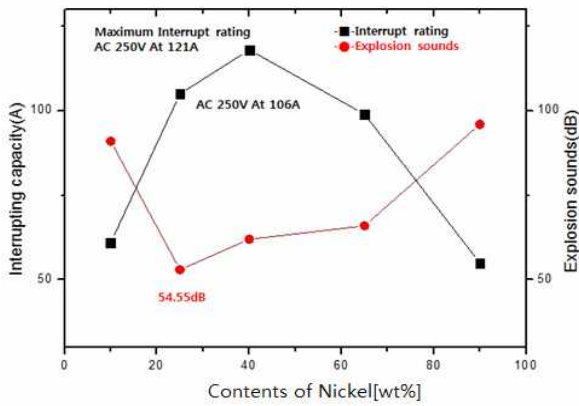


그림 12 합금 함량에 따른 차단용량 및 폭음 변화
 Fig. 12 Change in the explosion sounds and interrupt rating due to a change in composition

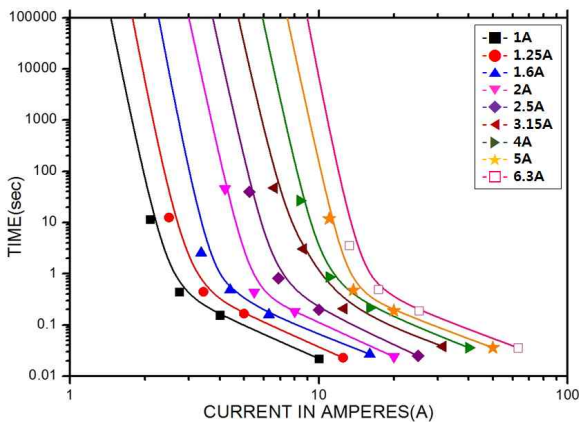


그림 13 Fe-420t%Ni 적용 퓨즈 전체 정격전류 I-T 커브
 Fig. 13 Full rated currents fuse I-T curve with Fe-42wt%Ni elements

차단용량 제품의 특성인 AC 250V, 35A 이상의 폭발 특성을 확인할 수 있었고 Fe-40wt%Ni의 경우 최대 AC 250V, 121A의 돌입 전류에도 퓨즈의 외관이 손상되거나 표기 인식에 문제가 없었다.

이와 같은 결과는 서론에 정리한 것과 같이 정격전류의 100% 인가전류에 대한 용단시간 조정을 통한 폭발 에너지 감소와, 퓨즈 가용체의 급격한 산화를 막기 위한 최소량의 가용체 적용, 반응성 감소를 위한 합금화, 비산을 최소화하기 위한 금속 팽창계수 조정 등, 퓨즈 폭발에 영향을 미치는 여러 요인에 대한 내폭발성 설계를 한 결과이다. Fe-40wt%Ni과 Fe-65wt%Ni은 모두 차단 용량 100A 이상의 높은 차단 용량 특성을 만족하였으며, 폭음 특성도 약 60dB 이하로 만족하였다. 하지만 정격전류의 100%인가 전류에서 동작시간이 Fe-40t%Ni가 약 20ms로 설계에 부합하였고, 돌입전류에 대한 폭발 비산 에너지가 더 적다고 판단할 수 있어 최적의 합금 설계로 판단할 수 있다.

Fe-40wt%Ni을 적용하여 제작한 미니어처 퓨즈의 모든 정격 전류 I-T 커브는 그림 13 같다. 퓨즈의 모든 정격전류에서 차단용량과 용단특성을 만족하였고 기타 퓨즈 성능 특성도 만족하였다.

3. 결 론

전기 기구의 회로가 완전 단락하여 높은 돌입 전류가 유입될 때, 안전 부품인 퓨즈는 폭발 없이 가용체만 용단하여 전류를 차단할 수 있어야 하며, 이런 특성을 판단하는 기준이 차단용량 특성이다. 퓨즈의 차단용량을 상승시키기 위한 방법은 실험의 결과로부터 다음과 같다.

(가) 퓨즈에 이상 전류가 유입하여 용단에 이르기까지 유입되는 전류 에너지량을 최소화하기 위하여 정격전류의 10배 이상에 해당하는 돌입전류 유입 시 퓨즈의 동작 시간을 조정하는 퓨즈링크를 설계한다.

(나) 퓨즈 가용체의 전기에 대한 폭발 특성을 결정하는 재료적 요인은 재료의 급격한 산화, 비산하는 금속 재료의 양, 급격한 온도 상승에 대한 원자의 비산 속도 등으로 판단할 수 있으며, 폭발 내성을 위하여 이상의 요인들에 대한 재료 설계가 필요하다.

Fe-Ni 합금은 합금화 되어도 T.C.R이 하락이 적은 재료이고 니켈 함량이 36%~43%일 때 원자간 선폽창 계수가 낮아 내열 합금으로 많이 쓰이며, 온도 상승에 따른 체적 상승률이 가장 낮은 합금으로 알려져 있어 차단용량 상승이 필요한 가용체 재료 특성을 가진다. 특히 Fe-40wt%Ni을 적용한 퓨즈는 최대 차단용량이 AC 250V, 100A 이상으로 반밀폐형 미니어처 퓨즈의 일반적 차단용량인 AC 250V, 35A보다 3배 이상의 성능이 향상하였다.

감사의 글

본 연구는 한국전력공사의 2017년도 착수 사외공모 기초 연구(개별)에 의해 수행되었으며 이에 감사를 드립니다.(과제 번호 : R17XA05-53)

References

[1] Eun-Min Kim, Seung-Hwan Lee, Dea-Kweon Cho, Shin-Hyo Kim "Design of very fast acting fuse element using the Ag-Cu alloy" The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 63, No. 8, pp. 1070-1074, 2014.
 [2] Lee Chun-Ha, Kim Shi-Kuk, Ok Kyung-Jae "A Study on the causal analysis of electrical fire by using fuse," Seoul, Korea, Journal of Korean institute of fire science & engineering. Vol. 22, No. 1, pp. 24-28, 2008.
 [3] C. K. Ji and K. O. Kim, "Miniature fuses-Part2 :

Cartridge fuse-links”, Korea, Standards, KS C IEC-60127, 02. 07, pp. 16-26, 2005.

- [4] A. Wright, P. G. Newbery “Electric fuses” London, United Kingdom, The Institution of Engineering and Technology (IET), 3th ed. pp 14-15, 2004.
- [5] C. K. Ji and K. O. Kim, “Definitions for miniature fuses and general requirements for miniature fuse-links” Korea, Standards, KS C IEC-60127, 02. 07, pp. 1-18, 2005.
- [6] Kook-Hee Cho, Moon-Soo Cho “Reliability test technology of current limiting fuse.” Seoul, Korea, Journal of Korea electrotechnology research institute, pp. 2232-2234, 2005.
- [7] Sei-hyun Lee, Eung-bo Shim and Sang-Ok Han, “Interrupting Model of Current Limiting Fuse using EMTP”, Proc Korea-Japan symposium on electrical discharge and high voltage engineering, pp. 55-58, 1996.
- [8] P. O. Leistad, H. Kongsjorden and J. Kulsetas, “Simulation of Short-Circuit test of High Voltage fuse”, INT. Conf. om Electric fuses and their Applications, pp. 220-226, 1984.
- [9] Eun-Min Kim, Chang-Yong Kang, “Design of fast acting fuse characteristics using a precision multi-layer thin film plating,” The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 65, No. 3, pp 445~451, 2016.
- [10] David. R. Gaskell “An introduction to transport phenomena in materials engineering,” Englewood cliffs, New Jersey, USA, Prentice-Hall, Inc. 1th ed, pp. 298-300. 1997 .



김도훈 (Doe-Hoon Kim)

1991년 4월 22일생. 2017년 부경대학교 금속공학과 학사졸업. (현) 부경대학교 금속공학과 석사과정

Tel : 010-3324-8927

E-mail : 3ehf4ehf@naver.com



강창룡 (Chang-Yong Kang)

1954년 6월 29일생

1983년 동아대학교 금속과 학사졸업

1985년 동아대학교 금속과 석사졸업

1991년 동아대학교 금속과 박사졸업

(현) 부경대학교 금속공학과 교수

Tel : 051-629-6346

E-mail : metkcy@pknu.ac.kr

저 자 소 개



김성주 (Seong-Ju Kim)

1991년 4월 13일생. 2017년 부경대학교 전기공학과 학사졸업. (현) 부경대학교 금속공학과 석사과정

Tel : 010-3424-5651

E-mail : kimsj5651@naver.com