

## 용접용 케이블의 사용주기를 고려한 정격전류와 정격사용률의 검토 Examination of rated current and rated duty cycle considering time period of welding cable

이정현\*, 이진국\*\*, 김정애\*\*, 조상명\*\*\*,

\* 부경대학교 대학원 소재프로세스공학과, (주) 일홍

\*\* (주) 일홍

\*\*\* 부경대학교 신소재공학부 소재프로세스공학전공, pnwcho@pknu.ac.kr

### 1. 서 론

최근 용접 생산성의 향상 수단으로 대전류 용접이 사용되고 대표적인 것으로 탄산가스 아크용접이 있으며 이 경우 사용주기 및 사용 전류와 사용률을 증가시켜 용접 능률향상을 도모하고 있다. 그러나 탄산가스 아크 용접회로 장치인 용접용 케이블의 용량은 증가된 사용범위와 관계없이 동일하게 적용되고 있어 케이블의 저항발열로 인한 전류·전압 강하를 야기하고 이는 용접 전력 손실 및 아크의 불안정을 초래함은 물론이고 가열된 케이블로 인하여 작업자의 안전을 위협한다.

따라서 본 연구는 용접용 싱글 커넥션 케이블을 대상으로 하여 사용주기를 설정하고 케이블의 용량에 따른 전압강하 및 온도특성을 관찰하여 고유 저항 값 및 전력 손실을 계산하였다.

### 2. 사용재료 및 시험 방법

#### 2.1 사용 재료

본 연구에서는 Fig. 1과 같은 구조의 용접용 싱글 커넥션 케이블의 60, 68, 80mm<sup>2</sup> 을 50M로 하여 실험하였다.

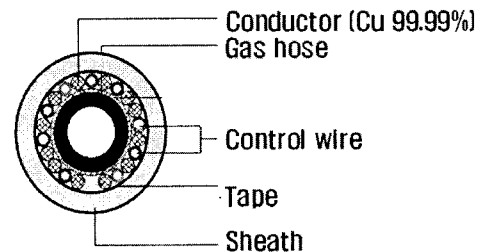


Fig.1 Structure of welding single connection cable

#### 2.2 실험 방법

케이블의 일반적인 발열상태 및 최대 발열상태를 알기 위하여 케이블은 감김이 없는 상태와  $\phi 800$ 로 9회 감은 상태로 하여 출력 단자로부터 3m 떨어진 지점과 케이블의 정중앙의 25m 지점에서 도체 및 절연체의 온도를 측정하였다. 전류는 홀센서를 사용하였고 전압은 멀티테스터를 이용하여 Fig. 2와 같이 측정하였다. 실험조건은 Table 1과 같다.

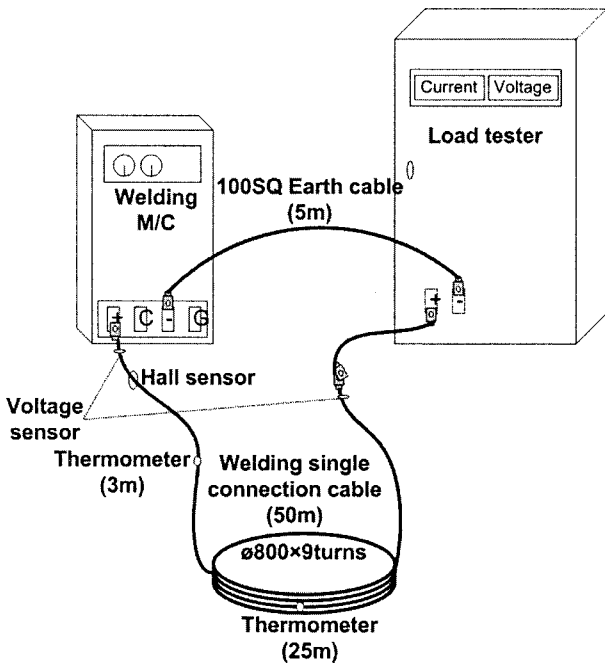


Fig.2 Schematic of electrical load test

Table 2 Condition for electrical load test

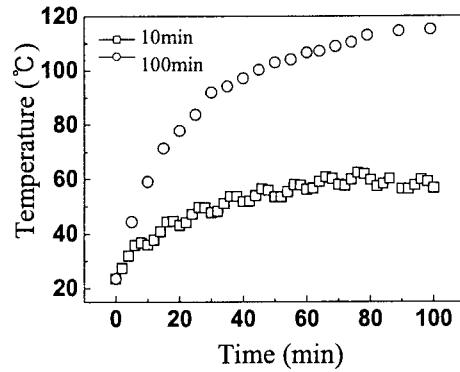
Power source	Thyristor 600A welding power source	
Load tester	Capacity 600A	
Cable	Conductor area	60, 68, 80mm <sup>2</sup>
	Length	50m
Setting current	300, 400, 500A	
Time	10, 60, 100 min	
Room temperature	18~23°C	

### 3. 실험 결과 및 고찰

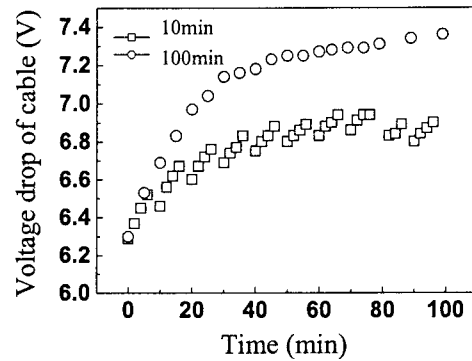
#### 3.1 케이블의 사용률을고려한 사용주기

총 용접 시간 대비 아크 시간의 비를 나타내는 사용률에서 총 시간을 사용주기라 하며 주로 10min을 기준으로 하고 있다. Fig.3은 500A, 60% 사용률에서 사용주기에 따른 케이블 온도(a)와 전압강하(b)를 나타낸 것이다. 사용주기 10min을 사용률 60%로 하였을 경우 최초 10min 후 케이블의 온도는 36.0°C, 6.46V로 측정되었으나 10회 반복 후 56.7°C, 6.9V로 증가하였다. 반면에 사용주기가 100min 경우, 사용률 60%에서 케이블의 온도는 106.5°C이고 전압강하는 7.27V

를 측정되었으며 100% 사용 시 115.1°C, 7.36V로 측정되었다. 이 경우 80min 이후 케이블의 온도와 전압강하가 일정한 경향을 나타내었다. 즉 같은 사용률에서도 사용주기에 따라 전류 전압 특성 및 온도 특성이 크게 변동하였다. 따라서 본 연구에서는 사용주기 100min대해서 검토하였다.



(a) Temperature of cable

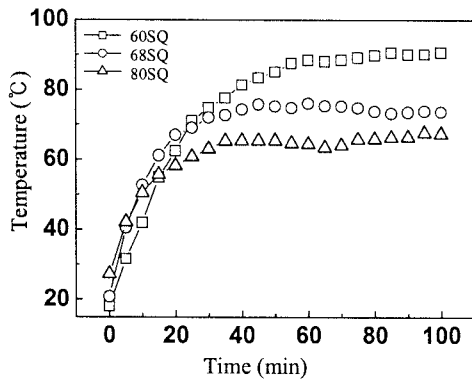


(b) Voltage drop of cable

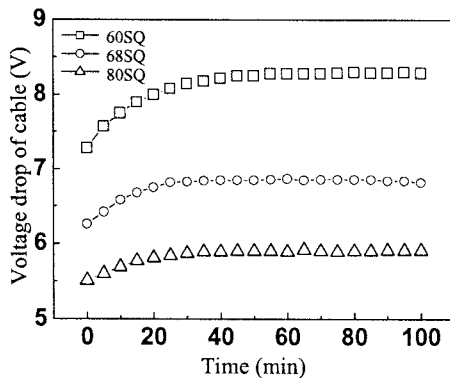
Fig.3 Temperature and voltage drop of cable at 500A, 60% duty cycle

#### 3.2 케이블 용량에 따른 전압 강하 및 발열량

Fig. 4는 500A, 100%사용률, 사용주기 100min에서 케이블 용량에 따른 케이블 온도(a)와 전압강하(b)를 나타낸 것이다. 100min후 케이블의 온도와 전압강하는 60mm<sup>2</sup>의 경우 90.7°C, 5.91V이며 80mm<sup>2</sup>의 경우 67.3°C, 8.29V를 나타내었다. 이는 60mm<sup>2</sup>과 같이 단면적이 작으면 케이블의 저항이 증가하여 저항 발열로 인한 케이블의 과열 및 큰 전압 강하를 초래한 것으로 판단된다.



(a) Temperature of cable



(b) Voltage drop of cable

Fig. 3 Temperature and voltage drop depending on sectional area of cable at 500A, 100% duty cycle and 100min time period

### 3.3 케이블 발열에 따른 고유저항과 전력 손실

Fig. 5는 케이블 용량에 따른 고유저항을 아래의 식 (1)을 이용하여 계산한 그래프이다.

$$\rho = R \cdot \frac{A}{L} \tag{1}$$

여기서  $\rho$ 는 고유저항,  $R$ 은 도체 저항,  $A$ 는 케이블 단면적 그리고  $L$ 은 케이블 길이를 나타낸다.  $60\text{mm}^2$ 경우의 고유 저항은  $22.17 \mu\Omega\text{mm}$ 이고  $80\text{mm}^2$ 경우는  $21.06 \mu\Omega\text{mm}$ 으로 이는 작은 단면적으로 인한 저항이 증가하여 저항 발열을 야기하고 그 결과 고유 저항이 상승한 것으로 판단된다.

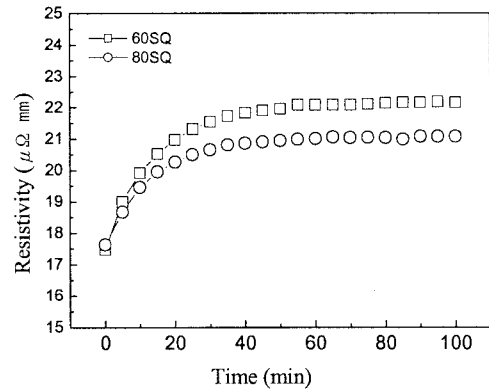


Fig.5 Resistivity depending on sectional area of cable at 500A, 100% duty cycle and 100min time period

Fig.6은 케이블의 전압 강하 증가로 인한 전력 손실을 아래의 식으로 계산한 그래프이다. 용접 전압은 식(2)와 같이 아크에 의한 전압과 아크를 제외한 회로에 의한 전압의 합으로 나타낼 수 있으며 케이블의 전압과 전류의 곱으로 케이블의 전압강하로 인한 전력손실 PL을 식 (3)과 같이 계산 할 수 있다.

$$V_{total} = V_{arc} + V_{cable} \tag{2}$$

$$PL = I \cdot V_{cable} \tag{3}$$

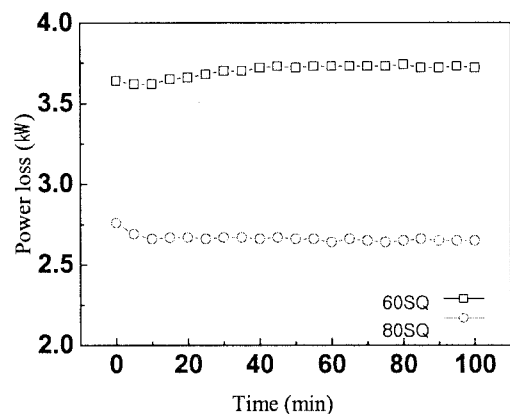


Fig. 6 Power loss depending on sectional area of cable at 500A, 100% duty cycle and 100min time period

Fig. 6과 같이 100min후 케이블의 용량에 따른 전압 강하 차이로 인하여  $80\text{mm}^2$ 의 경우 전력 손실은  $2.65\text{kW}$ 인 반면  $60\text{mm}^2$ 의 경우  $3.72\text{kW}$ 로 더 큰 전력 손실을 나타내었다.

#### 4. 결 론

사용주기를 고려한 용접용 케이블의 발열 상태에 따른 정격전류 및 정격 사용률의 검토에 관한 전압 강하 및 전력 손실을 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 케이블의 사용주기가 10min인 경우 초기 10min의 케이블의 온도와 전압강하보다 10회 반복 후의 값이 크게 증가함으로 사용주기를 온도와 전압강하가 일정한 경향을 보이는 100min으로 한다.

2) 케이블의 단면적이 작으면 케이블의 온도와 전압강하가 증가함으로 사용전류 및 사용률에 따른 적절한 케이블 용량 선택이 필요하다.

3) 부족한 케이블의 용량은 저항 발열로 인한 고유저항 상승을 초래하고, 케이블 전압강하 상승으로 아크 전압이 감소하며 이는 전력 손실을 야기한다.

#### 참 고 문 헌

1. Modern welding technology, Howard B. Cary, Prentice Hall, 317-364
2. KS : KS C IEC 60245-6:2002, Rubber insulated cables of rated voltages up to and including 450/750V-Part 6: arc welding electrode cable
3. Choosing the right welding cable, Ed Gatfield, Welding engineering, July(1972), 22-24