

KOSHA GUIDE

E - 111 - 2011

난연성 전기작업복 선정에 관한 기술지침

2011. 12.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 제정자 : 한국산업안전보건공단 최상원
- 개정자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 안전시스템연구실
- 제·개정 경과 및 관련지침
 - 2006년 4월 전기안전분야 기준제정위원회 심의
 - 2006년 5월 총괄기준제정위원회 심의
 - 2011년 12월 전기안전분야 제정위원회 심의(개정)
- 관련 규격
 - KS C IEC 61482-1(활선 작업-작업자 열 보호용 방염재료-시험 방법)
 - IEC 61482-1 : Liver working-Flame-Resistant materials for clothing for thermal protection of workers-Thermal hazards of an electric arc -Part 1 : Test methods
 - NFPA 70E : Standard for electrical safety in the workplace
- 관련 법규·규칙·고시 등
 - 산업안전보건기준에 관한 규칙 제310조(전기기계·기구의 조작 시 등의 안전조치)
- 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈 페이지 안전보건 기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2011년 12월 29일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

난연성 전기작업복 선정에 관한 기술지침

1. 목 적

이 지침은 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 “안전보건규칙”이라 한다) 제310조(전기 기계·기구의 조작 시 등의 안전조치)에 따른 방염 처리된 작업복 또는 난연 성능을 가진 작업복에 대한 선정과 관련하여 필요한 기술적 사항을 규정함을 목적으로 한다.

2. 적용 범위

(1) 이 지침은 600 V 이상의 활선작업 및 활선근접 작업 시에 착용하는 작업복에 대하여 적용한다.

(2) 이 지침은 다음의 설비에서 실시하는 활선작업 및 활선근접작업에는 적용하지 않는다.

(가) 선박, 철도차량, 항공기, 차량 등에 설치된 설비

(나) 광산의 지하 시설물

(다) 철도차량 전용의 발전, 송전, 배전용의 레일 설비

(라) 신호 및 통신전용 설비 등

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “난연성(Flame-resistant; FR)”이라 함은 점화 중 또는 점화 후에 일련의 화염이 진행되는 것을 막거나 종결 또는 억제하는 물질 특성을 말한다.

주) 물질 본래의 특성이 난연성이거나 특수 처리한 것을 말한다.

(나) “아크 정격(Arc rating)”이라 함은 어떠한 물질(또는 물질의 여러 층)에 브레이크오픈(Break-open)이 발생하기 직전 또는 2도 화상을 일으키기 직전 값, 즉 이를 막을 수 있는 최대 입사 에너지를 말하며, 그 단위는 cal/cm^2 로 표시한다.

(다) “아크 에너지(Arc energy)”라 함은 아크 전압과 아크 전류를 일정 시간 동안 적분하여 얻은 에너지 값을 말하며, 그 단위는 J 또는 $\text{kW} \cdot \text{s}$ 로 표시한다.

(라) “아크 열적 성능값(Arc thermal performance value; ATPV)”이라 함은 아크 시험에 있어 직물 또는 재료를 통하여 스톨곡선(단위 ; $\text{kW} \cdot \text{s}/\text{m}^2$)에 근거한 2도 화상을 일으키기에 충분한 열전달을 하는 입사 에너지를 말한다.

(마) “브레이크 오픈(Break-open)”이라 함은 전기아크시험에서, 화염이 재료를 통과하였다는 사실이 하나 또는 그 이상의 구멍으로 확인되는 재료 반응을 말한다.

(바) “브레이크 오픈 문턱 에너지(Break-open threshold energy; E_{BT})”라 함은 시료가 브레이크 오픈을 나타내지 않는 스톨곡선 바로 아래의 값으로서 직물 또는 재료에 노출되는 최대 입사 에너지를 말하며, 그 단위는 $\text{kW} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ 로 표시한다.

(사) “인화성(Ignitability, Ignitable)”이라 함은 전기아크 노출에서, 열 또는 빛에 의한 발화와 관련한 재료의 성질로서 시편 노출면적의 최소 25% 이상이 지속적으로 연소되는 특성을 말한다.

(아) “발화(Ignition)”라 함은 연소의 시작을 말한다.

(자) “스톨 곡선(Stoll curve)”라 함은 열에 대한 피부조직이 견디는 한계를 표시하는 데이터(열속 또는 총열량)로부터 만들어진 곡선으로서 이를 이용하여 2도 화상을 추정하는데 사용한다. 열속은 열을 받고 있는 물질에서 단위시간당 입사 또는 통과하는 열을 말한다.

(차) “섬광보호한계(Flash protection boundary)”라 함은 아크 섬광에 의한 재해위험으로부터 작업자를 보호하기 위한 한계를 말한다(안전보건기술지침 “활선작업 및 활선근접작업에 관한 기술지침” 참조).

(2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에서 특별히 규정하는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 안전보건규칙에서 정하는 바에 따른다.

4. 난연성 전기작업복의 착용

전기 불꽃 또는 아크에 의한 화상 우려가 높은 600 V 이상의 충전전로 또는 그 인근에서 작업하는 근로자는 안전보건규칙 제310조에 따라 방염 처리된 작업복 또는 난연 성능을 가진 작업복(이하 “난연성 작업복”이라 한다)을 착용하여야 한다.

5. 작업종류에 따른 위험등급의 분류

사업주는 전기 작업을 하는 경우에는 작업종류에 따라 그 위험을 등급별로 분류하고 이를 난연성 작업복 선정 시에 활용하여야 한다. 작업종류에 따른 위험등급의 선정 예는 <부록>과 같다.

6. 난연성 작업복의 선정방법 및 선정기준

6.1 일반 사항

<부록>에서 규정한 섬광보호한계 내에서 작업하는 근로자는 제4항에 따라 난연성 작업복을 착용한다.

6.2 이동 및 가시성

작업자를 보호하기 위하여 난연성 작업복을 착용시키는 경우, 모든 인화성 옷을 덮을 수 있어야 하며 시야확보는 물론 작업자의 동작에도 불편이 없도록 하여야 한다.

6.3 몸체 보호

- (1) 2도 화상의 발생에너지 문턱수준(5 J/cm^2 (1.2 cal/cm^2)) 이상의 전기아크섬광 노출의 우려가 있는 경우, 작업자는 전기화염에 견딜 수 있는 난연성 작업복을 착용하여야 한다. (예외 : 노출에너지가 8.36 J/cm^2 (2.0 cal/cm^2) 이하의 경우, 작업자는 다음

<표 2>에 있는 위험등급 0에 규정되어 있는 화염에 녹지 않는(Non-melting) 작업복을 착용할 수 도 있다.)

주) 이와 같은 작업복에는 셔츠 및 바지, 멜빵 바지형 작업복 또는 재킷 및 바지 형태의 조합착용 등이 있다. 다양한 무게의 섬유 사용이 가능하나, 일반적으로 보호의 정도는 보다 무거운 것 및/또는 하나 이상의 난연성 작업복을 겹쳐 입을수록 그 보호정도는 높아진다. 경우에 따라, 한 겹 이상의 난연성 작업복을 인화성 옷 위에 비용해성 작업복으로 착용할 수 있다. 한 겹을 사용하는 비용해성, 인화성 작업복은 $8.36 \text{ J/cm}^2 (2.0 \text{ cal/cm}^2)$ 이하의 에너지수준에서만 작업자를 보호할 수 있다.

6.4 난연성 작업복의 요구사항

- (1) 전기 작업을 하고자 하는 경우에는 <부록>에 따라 위험등급을 결정하여, 작업에 요구되는 난연성 작업복을 선정하는데 사용한다.
- (2) 위험등급 0 에서 4까지를 기초로 한 난연성 작업복의 요구사항은 <표 1>에 따른다.
- (3) 이 난연성 작업복은 섬광보호한계내의 충전전로에서의 활선작업 또는 활선근접작업을 할 때에 사용한다.

6.5 난연성 작업복의 특성

- (1) 다음 <표 2>는 다양한 의류의 의복 및 보호정도를 포함하는 대표적인 특성을 나타낸다.
- (2) 위험등급 번호에 따라 선정된 보호복은 최소한 <표 2>의 마지막 행에 목록화된 아크 정격값을 가져야 한다.

주) 특수 복장의 아크정격은 난연성 작업복 의류제조사로부터 구할 수 있다.

<표 1> 난연성 작업복 등의 선정기준

작업복		위험등급에 따른 보호시스템					
위험등급 번호		-1 ²⁾	0	1	2	3	4
비용해 (ASTM F 1506-00) 또는 미처리 천연섬유	a. 티셔츠(짧은 소매)	○			○	○	○
	b. 티셔츠(긴 소매)		○				
	c. 바지(긴)	○	○	○ ³⁾	○ ⁵⁾	○	○
난연성 작업복 ¹⁾	a. 긴소매 셔츠			○	○	○ ⁷⁾	○
	b. 바지			○ ³⁾	○ ⁵⁾	○ ⁷⁾	○
	c. 외투(또는 겉옷)			⁴⁾	⁶⁾	○ ⁷⁾	⁴⁾
	d. 재킷, 파커 또는 우의			△	△	△	△
난연성 보호장비	a. 방염 재킷(여러 겹)						×
	b. 방염 바지(여러 겹)						×

비고 ; ○ : 최소요구, △ : 필요시

주) 1) 표 2 참조, 외투의 아크정격은 cal/cm²로 표시

2) 위험등급 번호 -1은 <부록>의 주) 3 또는 주) 6의 경우에만 적용

3) 공칭 중량(최소 12 oz/yd² 섬유 중량)이고 방염처리되지 않은 데님 면청바지는 난연성 바지의 대용으로 사용가능. 위험등급 1용 난연성 바지는 최소아크정격 4를 가져야 한다.

4) 난연성 셔츠 및 난연성 바지 대신에 난연성 외투(최소아크정격 4)를 착용한다.

5) 최소아크정격 8의 난연성 바지라면, 비용해 또는 미처리 천연섬유의 긴바지는 내부에 난연성 바지를 요구하지 않는다.

6) 비용해 또는 미처리 천연 섬유 바지 및 티셔츠 위에 난연성 외투(최소아크정격 4)를 착용한다.

7) 비용해 또는 미처리 천연섬유 의복 위 난연성 셔츠 및 난연성 바지 위에 난연성 외투를 착용하는 대신에 비용해 또는 미처리 천연섬유 의류 위에 난연성 외투(최소 아크정격이 5인 외부 외투와 그 정격이 4인 내부 외투) 2벌을 착용할 수 있다.

<표 2> 난연성 작업복의 특성

위험 등급	대표적인 보호복 시스템	난연성 작업복의 요구최소아크정격 (J/cm ² (cal/cm ²))
	의복 상태 (대표적인 옷 겹의 수는 ()안에 주어짐)	
0	최소 4.5 oz/yd ² 인 비용해성, 인화성 재료(예; 미처리 솜, 모, 인견, 견, 이들 재료의 합성) (1)	해당 없음
1	난연성 셔츠 및 바지 또는 외투 (1)	16.74(4)
2	면내복-일반적인 짧은 슬리브 및 짧은 팬츠 위에 난연성 작업복 셔츠 및 난연성 바지 (1 또는 2)	33.47(8)
3	면내복 위에 난연성 셔츠, 난연성 바지 및 난연성 외투, 또는 면내복 위에 2개의 난연성 외투 (2 또는 3)	104.6(25)
4	면내복 위에 난연성 셔츠, 난연성 바지 및 여러 겹(3겹 이상)의 섬광복 (3 이상)	167.36(40)

주) 아크정격은 스톨곡선을 기초로 하여 2도 화상을 일으키는 섬유 또는 천을 통하여 전이되기에 충분한 인가에너지로서 ASTM F 1959-99에 규정되어 있는 ATPV 또는 E_{BT} . ATPV로 할 수 있다(용어정의 참고). E_{BT} 는 브레이크 오픈이 나타나지 않는 시편에서 스톨곡선 아래에서 가장 높은 인가에너지 노출값의 평균으로 ASTM F 1959-99로 정의된다. E_{BT} 는 난연성 작업복 섬유 브레이크오픈으로 인해 ATPV를 측정할 수 없을 때 사용한다.

6.6 난연성 작업복의 선정요소

- (1) 전격이나 아크섬광 위험으로부터 작업자를 보호하기 위하여 작업복을 준비하고 활용한다. 전기 위험 노출의 정도에 따라 작업복은 비용해성 의류를 단독 또는 조합하여 착용한다.
- (2) 만약 난연성 의류가 요구되는 경우에는, 그 의류는 이동성과 가시성이 좋을 뿐만 아니라 모든 인화성 의류와 몸 전체를 덮을 수 있어야 한다.
- (3) 모든 작업복은 위생적이고 기능적으로 유효한 상태를 유지하여야 한다.

주) 작업자가 통상 착용하는 셔츠, 바지, 외투, 재킷, 파카 등의 보호복은 일상 작업 중에 순간 전기아크 및 열 위험에 노출될 수 있다. 굿은 날씨에 착용하는 방염우의는 이 등급에 포함된다.

6.6.1 옷 껴입기(Layering)

- (1) 비용해성의 인화성 섬유는 추가적인 보호를 위하여 여러 겹 중에서 난연성 옷의 내복으로만 사용한다.
- (2) 비용해성 인화성 섬유의류를 내복으로 착용 한다면 복장의 아크정격은 인화성 내복의 인화를 방지하기 위하여 예측되는 아크노출에너지수준에서 가장 안쪽의 난연성 층에 블레이크오프가 발생하는 것을 방지하기에 충분하여야 한다.

주) 전형적인 옷 껴입기는 면내의, 면셔츠 및 바지, 그리고 난연성 외투가 될 수 있다. 특정 작업에서는 필요한 보호등급을 맞추기 위하여 추가적인 난연성 층이 요구된다.

6.6.2 겹옷

재킷이나 비옷 등과 같이 난연성 의류 위에 입는 겹옷도 난연성 재료로 만들어야 한다.

6.6.3 속옷

아세테이트, 나일론, 폴리프로필렌 및 스판덱스와 같은 아크열에 녹아내리는 용해성 재질은 피부와 접촉하는 속옷으로 착용하여서는 아니 된다. (예외; 비용해 섬유내의 또는 양말 위에 신축섬유의 일시적인 사용은 허용된다.)

주) 전기아크 및 그 열에 노출되는 중에 점화, 용해 및 녹아내려서는 안 되는 내복으로 입는 난연성 작업복 의류(셔츠, 바지, 외투 등)는 일반적으로 비용해 인화성 섬유 내복 보다 높은 고아크 정격을 갖는다. 내복으로 사용하는 난연성 작업복 내복은 일반적으로 내복으로 착용하는 비용해 인화성 섬유 내복보다 높은 고아크 정격을 갖는다.

6.6.4 보호

- (1) 의류는 가능한 한 노출되는 모든 부분을 덮을 수 있어야 한다.
- (2) 셔츠 소매는 손목에서 묶고 셔츠와 재킷은 목에서 잠그도록 하여야 한다.

6.6.5 착용

- (1) 꼭 끼는 옷차림은 피하는 것이 바람직하다.
- (2) 느슨한 옷차림은 공간을 통한 열전달을 차단해 준다.
- (3) 난연성 의류는 작업에 방해가 되지 않도록 적당히 맞아야 한다.

6.6.6 방해

- (1) 선정된 난연성 작업복은 요구되는 보호를 하면서도 불편함은 최소화한다.
- (2) 작업방법, 위치 및 업무종류에 따라 선정된 난연성 작업복이 작업을 방해할 수도 있다.

7. 난연성 작업복의 관리

- (1) 난연성 작업복은 안전하고 신뢰성 있는 상태로 관리되어야 하며, 이를 위하여 사용하기 전에 육안검사를 실시한다.

주) 난연성 작업복의 정기시험에 관한 사항은 ASTM F 1506-02a, Standard Performance Specification for Textile Material for Wearing Apparel for Use by Electrical Workers Exposed to Momentary Electric Arc and Related Thermal Hazards를 참고한다.

- (2) 난연성 작업복은 착용 전에 검사하여 오염되었거나 보호성능이 저하되었을 때에는 착용해서는 아니 된다.
- (3) 보호부분이 그리스, 기름, 인화성 물질 등으로 오염되었을 때에는 착용해서는 아니 된다.
- (4) 난연성 작업복의 보관이나 손질은 제조자의 지침에 따른다.

<부록>

위험등급의 분류

작업 종류(섬광보호한계 내에서의 작업)	위험 등급
240 V 이하 패널 보드 주) 1, 3 참조)	
커버나이프 스위치 또는 차단기 투입 시	0
커버나이프 스위치 또는 차단기 차단 시	0
전압측정을 포함한 충전부에서의 작업 시	1
커버나이프 스위치 또는 차단기 설치/제거 시	1
볼트로 죄어진 커버 제거 시(나 충전부에 노출된 경우)	1
힌지로 된 커버 개방 시(나 충전부에 노출된 경우)	0
240 V 초과 600 V 이하의 패널보드 또는 스위치보드 (몰드 케이스 또는 절연 케이스 차단기) 주) 1, 3 참조)	
커버나이프 스위치 또는 차단기 투입 시	0
커버나이프 스위치 또는 차단기 차단 시	1
전압측정을 포함한 충전부에서의 작업 시	2*
600 V급 전동기제어센터(MCCs) 주) 2(*제외), 3 참조)	
보호문이 닫힌 상태에서 커버나이프 스위치 또는 차단기 투입 시 또는 기동기 기동 시	0
미터 스위치가 동작하고 있는 동안 패널 미터 검측 시	0
보호문이 열린 상태에서 커버나이프 스위치 또는 차단기 차단 시 또는 기동기 기동 시	1
전압측정을 포함하는 충전부에서의 작업 시	2*
120 V 이하 충전부에 노출된 제어회로 작업 시	0
120 V 초과 충전부에 노출된 제어회로 작업 시	2*
전동기제어센터에서의 기동기 버킷 삽입 및 제거 시 주) 4 참조)	3
전압측정 후 안전 접지 설치 시	2*
볼트로 죄어진 커버 제거 시(나 충전부에 노출된 경우)	2*
힌지로 된 커버 개방 시(나 충전부에 노출된 경우)	1
600 V급 스위치 기어(전력차단기 또는 커버나이프 스위치 부착) 주) 5, 6참조)	
보호문이 닫힌 상태에서 커버나이프 스위치 또는 차단기 투입 시	0
미터 스위치 동작 중의 패널 미터 검측 시	0
보호문이 열린 상태에서 커버나이프 스위치 또는 차단기 투입 시	1
전압측정을 포함한 충전부에서의 작업 시	2*
120 V 이하의 노출된 충전부에서의 제어회로 작업 시	0
120 V 초과에 노출된 충전부에서의 제어회로 작업 시	2*
보호문이 열린 상태에서 큐비클로부터 차단기 제거 또는 설치 시	3

작업 종류(섬광보호한계 내에서의 작업)	위험 등급
보호문이 닫힌 상태에서 큐비클로 터 차단기 설치 또는 제거 시	2
전압측정 후 안전접지 설치 시	2*
볼트로 죄어진 커버 제거 시(나 충전부에 노출된 경우)	3
힌지로 된 커버 개방 시(나 충전부에 노출된 경우)	2
기타 600 V급(공칭 277 V~600 V) 설비 주) 3 참조)	
조명 또는 소형 전력 변압기(최대 600 V)	-
볼트로 죄어진 커버 제거 시(나 충전부에 노출된 경우)	2*
힌지로 된 커버 개방 시(나 충전부에 노출된 경우)	1
전압측정을 포함한 충전부에서의 작업 시	2*
전압측정 후 안전 접지 설치 시	2*
전력계(kW-hour, 1차 전압 및 전류)	-
삽입 및 제거 시	2*
케이블 전조 또는 트레이 커버의 제거 또는 설치 시	1
기타 설비 커버 제거 및 설치 시	1
NEMA E2 전동기 기동기(퓨즈 접촉기), 2.3 kV~7.2 kV	
보호문이 닫힌 상태에서 접촉기 투입 시	0
미터 스위치 동작 중 패널 미터 검측 시	0
보호문이 열린 상태에서 접촉기 투입 시	2*
전압측정을 포함한 충전부에서의 작업 시	3
120 V 이하 노출된 충전부의 제어회로 작업 시	0
120 V 초과 노출된 충전부의 제어회로 작업 시	3
보호문이 열린 상태에서 큐비클로부터 기동기 삽입 및 제거 시	3
보호문이 닫힌 상태에서 큐비클로부터 기동기 삽입 및 제거 시	2
전압측정 후 안전접지 설치 시	3
볼트로 죄어진 커버 제거 시(나 충전부에 노출된 경우)	4
힌지로 된 커버 개방 시(나 충전부에 노출된 경우)	3

작업 종류(섬광보호한계 내에서의 작업)	위험등급
금속 외장 스위치 기어, 1 kV 이상	
보호문이 닫힌 상태에서의 커버나이프 스위치 또는 차단기 투입 시	2
미터 스위치 동작 중의 패널 미터 검측 시	0
보호문이 열린 상태에서의 커버나이프 스위치 또는 차단기 투입 시	4
전압측정을 포함하는 충전부에서의 작업 시	4
120 V 이하 나 충전부에서의 제어회로 작업 시	2
120 V 초과 나 충전부에서의 제어회로 작업 시	4
보호문이 열린 상태에서 큐비클로부터 차단기 삽입 및 제거 시	4
보호문이 닫힌 상태에서 큐비클로부터 차단기 삽입 및 제거 시	2
전압측정 후 안전 접지 설치 시	4
볼트로 죄어진 커버 제거 시(나 충전부에 노출된 경우)	4
힌지로 된 커버 개방 시(나 충전부에 노출된 경우)	3
전압 변압기 또는 전력제어 변압기 칸막이 개방 시	4
1 kV 이상 기타 설비	
커버나이프 스위치 부착 또는 미부착된 금속 외장 부하차단기	-
보호문이 닫힌 상태에서 스위치 투입 시	2
전압측정을 포함한 충전부에서의 작업 시	4
볼트로 죄어진 커버 제거 시(나 충전부에 노출된 경우)	4
힌지로 된 커버 개방 시(나 충전부에 노출된 경우)	3
옥외 단로 스위치 투입 시(혹-스틱 투입 시)	3
옥외 단로 스위치 투입 시(등급별 Gang-operated 투입 시)	2
맨홀 또는 기타 제한 구역에서의 절연 전선 검사 시	4
개방된 지역에서의 절연 전선 검사 시	2

비고) 표에서 2*는 <표 1>의 위험등급 2 요구사항에 추가하여 이 작업에서 요구되는 2중 개폐후드 및 청력 보호를 의미한다.

- 주) 1. 단락전류 25 kA, 지속시간 0.03초(2사이클)
 2. 단락전류 65 kA, 지속시간 0.03초(2사이클)
 3. 단락전류 < 10 kA, 위험등급은 한 등급 낮출 수 있다.
 4. 단락전류 65 kA, 지속시간 0.33초(20사이클)
 5. 단락전류 65 kA, 지속시간 1초(60사이클)까지
 6. 단락전류 < 25 kA, 위험등급은 한 등급 낮출 수 있다.