



Nomex.

듀폰 노멕스® 방염복





1994년 독일 그랑프리 대회에서 발생한 화재에서 온 몸이 화염에 휩싸였던 베네통 드라이버 Jos Verstappen은 약간의 화상만 입었습니다. 그 당시 그는 듀폰 노멕스® 아라미드 섬유 소재의 방염복을 입고 있었습니다. 현재 석유, 석유화학, 화학, 자동차, 전기, 가스와 같은 다양한 산업에 종사하는 근로자와 소방관, 경주용 자동차 운전자, 군인 및 NASA 우주 비행사들이 노멕스® 방염복을 착용하고 있습니다.

## 화상 위험의 최소화

석유, 석유화학 및 화학 산업에서는 인화물과 폭발물 주변에서 작업하는 일이 일상적입니다. 예를 들어 연료 처리자, 파이프라인 작업자, 해상 석유 굴착 작업자, 공장 설비 운전자, 기술자들은 항상 화염의 위험에 노출되어 있습니다. 해마다 화염으로 인해 수백 명의 산업 근로자들이 사망하거나 심각한 부상을 입습니다.

이러한 심한 부상의 대부분은 작업자가 내화성이 있는 방염복을 입었다면 미연에 방지할 수 있었거나 부상 정도를 최소화할 수 있었을 것입니다. 모든 사람이 화염의 위험으로부터 보호 받아야 합니다.

작업 시 일상복을 입는 경우 잠재적인 화상 가능성이 실제로 더욱 높아질 수 있습니다. 미국 노동청 통계에 따르면 실제로 업무 중 의복과 관련된 화상 사고가 해마다 7,000건이나 발생한다고 합니다. 심한 부상이나 사망 가능성과 더불어 의료 처치와 관련된 비용, 생산성 손실 및 근로자에게 제공되는 보상 비용을 고려하면, 화상의 가능성을 최소화할 수 있도록 만반의 주의를 기울여야 합니다.

### 화염의 위험

#### 강한 열과 화염으로 인한 화상

사람의 피부는 화염과 그 열기에 무방비로 노출되면 화상을 입게 됩니다. 일반적으로 화상은 심한 고통을 수반하며 몸 전체에 화상을 입을 경우 생명이 위태로울 수도 있습니다.

#### 의복에 불이 붙어 입는 심한 화상

가연성 섬유로 만들어진 의복은 화상의 정도를 더욱 심각하게 만들 수 있습니다. 예를 들어, 면, 폴리에스테르 면 혼방, 나일론 또는 모는 강한 열과 화염으로 인한 화재 발생 시 불이 붙을 수 있으며, 이러한 경우 전신이 화염에 노출되게 됩니다.

#### 합성 섬유 원단의 용융으로 인한 화상

화염 시에는 일부 합성 물질, 예를 들어 나일론, 폴리에스테르 및 폴리프로필렌 등으로 만든 의복이 녹을 정도로 강한 열이 발생합니다. 일부 합성 섬유로 만든 속옷은 겉옷에 불이 붙지 않아도 녹을 수 있습니다.



### 화염의 특징

- 800°C (1,400°F) 이상의 고온
- 최대 4.0cal/cm<sup>2</sup>의 열 유속
- 2~5초의 지속시간
- 최대 20cal/cm<sup>2</sup>의 열에너지 노출

### 노멕스® IIIA

40년 이상의 역사를 자랑하는 듀폰 노멕스® 아라미드 섬유 방염복은 화염의 위험으로부터 근로자를 보호해 왔습니다. 노멕스® IIIA 방염복은 석유, 석유화학, 화학 및 전기, 가스 산업 근로자들을 지켜줍니다. 소방관, 경주용 자동차 운전자, 군인 및 NASA 우주 비행사들도 노멕스® IIIA 방염복을 착용하고 있습니다.

본 책자에서는 화염과 관련된 위험을 살펴보고, 면과 면 혼방으로 된 일상 외출복이나 유니폼이 이러한 위험으로부터 신체를 보호하지 못하는 원인을 설명하고, 화염의 위험에 노출되는 근로자들이 듀폰 노멕스® IIIA 방염복을 선택하는 이유를 구체적인 사례를 통해 알려드립니다.

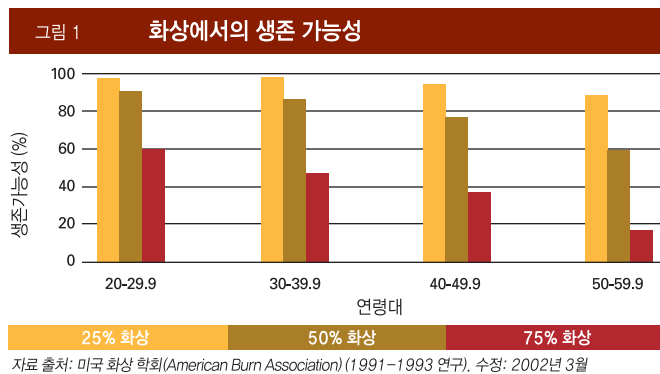
## 열과 화염으로부터의 보호

화염 발생 시 불과 몇 초 차이로 경미한 화상과 생명을 위협하는 치명적 부상이 결정됩니다. 생존 가능성에 가장 큰 영향을 주는 요인은 전신에 2도 화상, 3도 화상이 차지하는 비율입니다. 즉, 전신에 입은 화상의 비율이 낮을수록 생존 가능성이 높아지게 됩니다(그림 1).

듀폰 노멕스® IIIA의 방염복은 화염의 열기와 화염으로부터 착용자를 보호하여 화염 지역을 탈출하는 귀중한 몇 초 동안 화상을 입을 가능성을 낮춥니다.

### 평상복은 왜 안 되는가?

면, 폴리에스테르 면 혼방으로 만든 평상복은 방염성이 없어 화재 발생 시 보호 효과가 없으며, 실제로는 화상의 위험성을 증가시킬 수 있습니다. 그렇기 때문에 100% 면이나, 나일론이나 폴리에스테르 같은 합성 섬유와의 혼방 제품은 불이 붙어 탈 수 있습니다. 일부 합성 원단은 녹아 떨어지기도 합니다.



### 방염 처리된 옷은 왜 안 되는가?

일부 원단은 어느 정도의 방염 성능을 갖도록 섬유에 화학제를 첨가하거나 원단에 화학 처리를 하게 됩니다.

실제 심각한 화염이 발생할 경우, 난연성 가스와 자유 라디칼 스캐빈저에 의해 방염 처리된 옷에서 상당한 후염이 발생하게 됩니다. 고열의 기화 가스, 타르 및 연기는 열 전달과 화상 속도를 높여 착용자에게 부정적인 영향을 미칠 수 있습니다.

국부 방염 처리된 보호복은 방염 처리제의 품질과 지속성에 따라 그 성능이 결정됩니다. 특히 이러한 옷은 시간이 지나면서 여러번 세탁할 수록 더욱 성능이 저하될 수 있습니다. 잘못된 방식으로 강하게 세탁할 경우(예: 염소 표백) 더욱 그렇습니다.

결과적으로, 방염 처리된 옷은 고온 난연성 원단과 달리 작업자와 화염 사이에 믿을 수 있는 차단벽 역할을 해주지 못할 우려가 있습니다.

## 왜 노멕스® IIIA 보호복은 가능한가?

노멕스® IIIA 방염복의 화상 보호 효과는 실험실, 현장 테스트 및 실제 상황에서 입증되었습니다.

노멕스® IIIA 방염복은 강한 화염 및 열에 의한 노출로부터 피부를 보호해 줍니다. 노멕스® IIIA가 녹아 떨어지거나 공기 중에서 연소하지 않는 고유의 방염성을 가진 섬유이기 때문입니다. 이러한 특성은 섬유 고유의 특성이기 때문에 보호 효과는 영구적입니다.

### 열과 화염에 대한 특수한 보호 효과

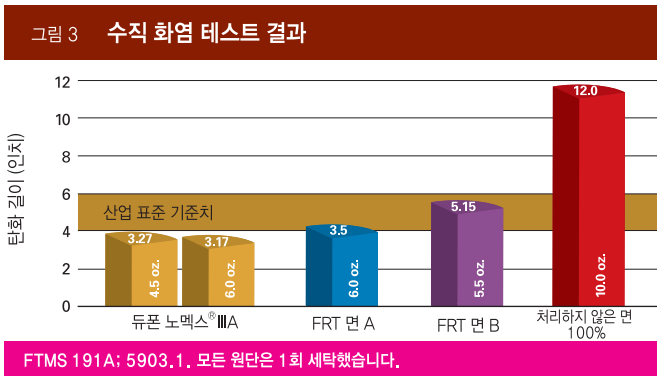
노멕스® 섬유는 강한 열에 노출되면 탄화되고 굽어지기 때문에 열원과 피부 사이에 차단벽을 형성하여 화상을 최소화합니다(그림 2). 이 차단벽은 식기 전까지는 부드럽고 유연하기 때문에 탈출에 필요한 귀중한 몇 초 동안 방염복 착용자를 보호합니다.



두께는 전반적인 평균 두께를 나타냅니다. ASTM D-4108 방염성(TPP)은 단견 원단의 경우, 마운팅 처리를 하도록 권장하고 있습니다.

### 노멕스® IIIA는 수직 화염 테스트를 통과하였습니다.

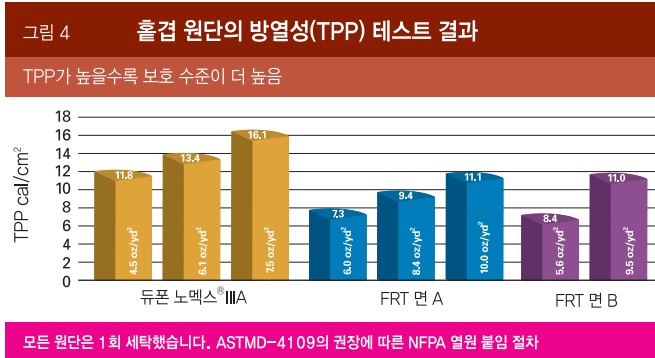
수직 화염 테스트란 12초 동안 화염에 노출시켰을 때 원단이 점화되어 타는지 여부를 결정하는 기본적인 합격/불합격 판단 테스트입니다. 산업 표준은 섬유의 탄화 기준에 따라 최대 4 또는 6인치 이하로 규정되어 있습니다. 대부분의 방염 원단은 이 수직 화염 테스트를 통과하지만 일상복의 소재로 사용되는 면과 폴리에스테르/면 혼방 원단은 점화되기 때문에 테스트에 통과하지 못합니다(그림 3).



## 열 보호 성능 (TPP) 시험의 탁월한 결과

열 보호 성능 (TPP) 시험은 원단이 화염에서 2도 화상을 입지 않도록 얼마나 잘 보호하는지를 측정하는 것입니다. TPP 값이 높을수록 열 보호 성능이 뛰어남을 의미합니다.

수년 간의 TPP 테스트 결과 노멕스® IIIA가 방염 처리된 원단보다 성능이 일관되게 양호했으며 이는 경량의 노멕스® IIIA 원단과 중량의 방염 처리된 원단을 비교할 때도 마찬가지였습니다(그림 4).



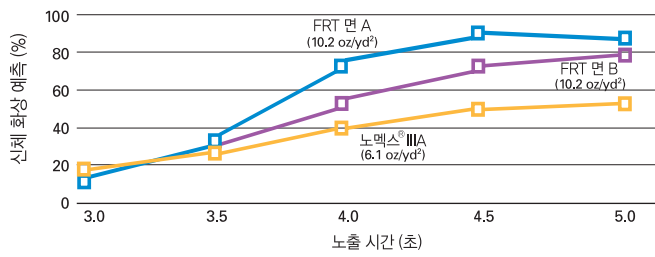
## 듀폰 THERMO-MAN® 테스트

노멕스® IIIA 방염복의 뛰어난 성능을 입증하기 위해 듀폰은 THERMO-MAN®이라는 마네킹 테스트를 실시 하였습니다.

THERMO-MAN® 테스트는 실험실에서 화염의 노출 정도를 제어하여 실시하는 모의 화염 노출 시험입니다. 6피트 1인치(약 185cm) 마네킹의 122개 열 센서에서 얻은 데이터를 통해 인체의 피부로 전달 되는 열을 측정합니다. 그런 다음 첨단 컴퓨터 프로그램을 사용하여 시뮬레이션 화염 환경에서 2도 및 3도 화상의 예측 위치와 정도를 계산합니다.



그림 5 THERMO-MAN® 테스트 결과



2cal/cm<sup>2</sup>의 열 유속에 노출 시켰으며, 각 데이터는 세번 측정값의 평균을 나타냅니다. 모든 시료의 크기는 42R이었으며 테스트 전에 세탁을 5회 실시했습니다. 속옷은 100% 면 속옷을 사용했습니다.

그림 6 열측정 인체 모형 테스트

THERMO-MAN® 테스트에서 노출 이후 찍은 사진을 보면 노멕스® IIIA는 화재 시 안정적인 차단벽을 형성하는 반면, 방염 처리된 옷은 계속 타면서 고온 가스와 타르가 방출되는 것을 알 수 있습니다.



6.1oz/yd<sup>2</sup> 노멕스® IIIA      10.2oz/yd<sup>2</sup> A 브랜드 FRT 면  
2cal/cm<sup>2</sup>의 열 유속에 4초 동안 노출했으며 100% 면 속옷을 사용했습니다.

**뛰어난 결과**

종합적인 THERMO-MAN® 테스트를 통해 듀폰 노멕스® IIIA 방염복을 다양한 노출 시간 동안 2cal/cm<sup>2</sup>의 열 유속에 노출한 결과, 노출 시간이 길수록 점진적으로 예측 화상의 정도가 증가한다는 것을 알 수 있었습니다(그림 5, 6). 열 전달 속도가 비정상적으로 갑자기 상승하는 경우는 없으며 화상 결과는 전적으로 원단을 통한 열 전달에 의해서만 좌우되었습니다. 이와 달리 FRT 면 A와 FRT 면 B의 경우 짧은 노출에서는 방염 효과가 어느 정도 있지만 노출 시간이 길어지면 예측 화상이 급격히 증가함을 알 수 있습니다. 난연성 화학 약품은 화재에 반응하여 고온 가스와 타르를 방출하는데 이것이 상당량의 후염과 결합되면 열 전달력이 더욱 커지게 됩니다.

### THERMO-MAN® 테스트를 통한 전기 아크 테스트

실물 크기의 인체 모형을 사용하는 실험실 아크 테스트를 실시하여 고에너지 전기 아크에 노출되었을 때 원단이 보여주는 특성을 평가했습니다. 이 테스트는 원단의 내발화성과 파열 저항성(아크 폭발과 피부 사이에 물리적 차단벽을 유지하는 능력)을 측정하는 것입니다.

다양한 중량의 면, 난연 처리된 면 그리고 듀폰 노멕스® IIIA로 만든 셔츠를 테스트 하였으며, 길이 1피트, 아크 폭발 15kV, 8,000amps 발생, 아크 노출 에너지 범위 36~150cal/cm<sup>2</sup>(아크에서 6~15인치 거리), 아크 시간 1/6초의 시험 조건 하에 진행하였습니다. 이 아크 폭발은 대부분의 아크 관련 사고가 발생하는 소비 전력선(4~12kV)에서 나타나는 잠재적 노출 조건과 유사하도록 설계되었습니다.

모든 면 원단은 50cal/cm<sup>2</sup>-sec(아크에서 12인치 떨어진 거리)의 낮은 노출에서 발화되어 파열되었습니다. 듀폰 노멕스® IIIA를 포함한 모든 방염성을 갖는 원단은 같은 조건에서 전기 아크에 노출된 후에 발화되지 않았으며, 저에너지 아크 노출(76cal/cm<sup>2</sup>-sec 이하)에서도 시험한 모든 원단이 파열되지 않았습니다.

그림 7



아크 폭발 이전



아크 폭발 중



아크 폭발 이후

그림 8



듀폰 노멕스® IIIA



방염 처리된 면

그림 7: 일반 100% 면 셔츠는 전기 아크 폭발 시 발화됩니다.

그림 8: 듀폰 노멕스® IIIA 원단은 전기 아크 폭발 시 차단벽 기능을 합니다. 96cal/cm<sup>2</sup>의 아크 에너지에 노출되었을 때 6oz/yd<sup>2</sup>의 듀폰 노멕스® IIIA는 6oz/yd<sup>2</sup>의 FRT 면 원단보다 훨씬 높은 파열 저항성을 보여줍니다.



그러나 고에너지 아크 노출에서는 듀폰 노멕스® IIIA 원단이 동일 중량의 방염 처리된 면 원단보다 상태가 그대로 보존될 확률이 더 큼니다. 96cal/cm<sup>2</sup>-sec의 노출 에너지에서 반복하여 테스트를 실시한 결과 6oz/yd<sup>2</sup>의 듀폰 노멕스® IIIA 원단은 파열되지 않았으나 6oz/yd<sup>2</sup>의 방염 처리된 면 원단은 모두 파열되었습니다.

매우 높은 아크 에너지 노출(150cal/cm<sup>2</sup>-sec)에서는 경량 원단 모두가 파열을 견디지 못했지만 중량의 듀폰 노멕스® IIIA(7.5oz/yd<sup>2</sup>) 원단은 파열되지 않았습니다. 이와 반대로 방염 처리된 면(최대 중량:11oz/yd<sup>2</sup>)은 동일 수준의 아크 에너지에 노출되었을 때 모두 파열되었습니다.

이러한 테스트는 듀폰 노멕스® IIIA 원단이 전기 아크 노출에서 동일한 무게의 방염 처리된 면보다 파열 저항성이 더 크다는 것을 나타냅니다.

전기 위험이 있는 곳에서 작업하는 근로자들은 해당 작업 영역에 명시된 위험 방지 범주를 충족하는 전기 아크 보호복을 제공받아야 합니다. 따라서 노멕스® IIIA 원단으로 만든 전기 아크 방염복은 좋은 투자가 될 것이며, 이 경우 NFPA 70E 표준을 참조하시기 바랍니다.



## 내구성과 비용 효과가 뛰어난 완벽한 특성 패키지

듀폰 노멕스® IIIA 방염복은 뛰어난 내구성과 비용 절감 효과를 통해 40년 이상 다양한 산업 부문의 엄격한 요구 조건에 부합해 왔습니다.

### 뛰어난 내마모성, 강도 및 내화학성

노멕스® IIIA 원단은 100% 면과 폴리에스테르 면 혼방으로 만든 동일 무게의 원단이나, 경우에 따라서는 이보다 훨씬 더 무거운 원단보다 내마모성과 강도가 뛰어납니다. 이러한 특성은 방염복 착용 수명이 더 길다는 장점으로 이어집니다.

또한 노멕스® IIIA 방염복은 광범위한 화학 제품에 매우 강하며 대부분의 탄화수소와 기타 여러 유기 용제<sup>1</sup>에도 매우 강합니다. 산업 작업장에 존재하는 화학 약품에 강하다는 것은 내구성이 좋다는 것이며 유기 용제로 세탁하여 가연성 오염 물질을 제거해도 방염복의 수명에 아무런 영향을 주지 않는다는 것을 의미합니다.

<sup>1</sup> 여기서 내화학성은 특정 화학 약품으로 원단의 품질이 저하되지 않는다는 의미이지, 이러한 화학 용액이 노멕스® IIIA 원단에 침투하지 못한다는 의미가 아닙니다. 위험한 화학 약품의 침투를 막아야 하는 방염복 부문에는 특별하게 디자인된, 라미네이트되거나 코팅된 노멕스® IIIA 원단이 별도로 요구됩니다.

### 그 어느 것에도 뒤지지 않는 탁월한 내구성

평균적으로 노멕스® IIIA 방염복의 수명은 100% 면, 폴리에스테르 면 혼방, FRT 면을 비롯한 대부분의 보호 원단보다 3배에서 5배 더 깁니다. 산업용 세탁 업체들은 노멕스® IIIA 방염복의 평균 수명을 5년으로 추산하며 최종 사용 환경에 따라 최소 125회 세탁하고 착용할 수 있다고 말합니다. 반면에 FRT 면 방염복은 평균 25~40회<sup>1</sup> 정도 세탁하여 착용할 수 있습니다.

방염복의 내구성과 관련된 다양한 매개변수를 표1에서 살펴 볼 수 있습니다.

**표 1 방염복의 내구성 관련 매개변수**

값이 높을수록 내구성이 큼

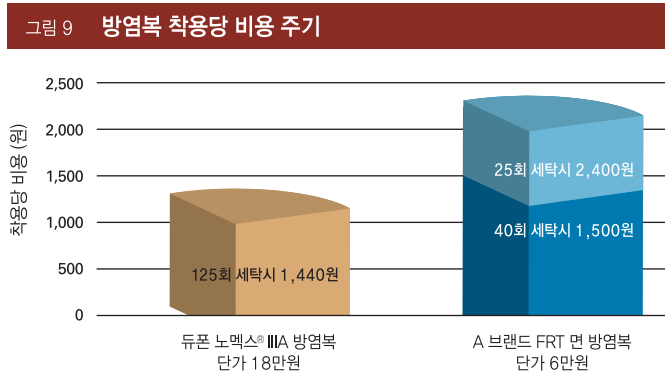
원단	인장 강도 (LB) ASTM D-5034	트랩 인열 강도 (LB) FTMS 191B-5136	엘멘도르프 인열 강도 (LB) ASTM D-1424	테이버 마모 시험 (주기 횟수) ASTM D-3884
4.5 oz/yd <sup>2</sup> 노멕스® IIIA	143	30	8	688
6.0 oz/yd <sup>2</sup> 노멕스® IIIA	212	38	10	1,213
6.0 oz/yd <sup>2</sup> A 브랜드 FRT 면	88	5	4	595
9.0 oz/yd <sup>2</sup> A 브랜드 FRT 면	124	8	7	688
5.5 oz/yd <sup>2</sup> B 브랜드 FRT 면	58	8	5	330
9.0 oz/yd <sup>2</sup> B 브랜드 FRT 면	107	14	7	610

모든 원단은 2회 세탁함



### 현명한 투자

방염복 구매를 투자로 생각해보십시오. 최초 구매 가격이 낮다고 해서 장기적인 가치가 높은 것은 아니며 전반적 이득이 가장 높은 것은 아닙니다. 자주 교체해야 하는 저가 방염복이 실제로는 더 비싼 것입니다. 예를 들어 FRT 면으로 된 전신 작업복은 평균 25~40회 정도만 세탁하여 입으면 수명이 다합니다. 최초 비용이 6만원일 경우 매 착용시 1,500~2,400원의 비용이 추산됩니다(그림 9). 이 착용당 비용 외에도 이후에는 작업복 교체 비용이 발생하게 됩니다.



<sup>1</sup> 출처: ASTM 발행지 STP 1133

## 편안한 방염복, 그 섬세한 균형

착용 수명이 긴 노멕스® IIIA 방염복의 비용 절감 효과는 상당히 큼니다. 노멕스® IIIA 전신 작업복은 적어도 평균 125회 세탁하여 착용할 수 있습니다. 최초 투자 비용이 18만원일 경우 착용당 비용은 1,440원 정도로 낮습니다. 뛰어난 내구성으로 인해 노멕스® IIIA 방염복은 다른 난연성 방염복보다 임대나 대여 비용이 더 저렴합니다. 노멕스® IIIA의 영구적인 내화성은 세탁되어 사라지거나 닳아 없어지지 않는다는 것을 잊지 마십시오.

착용감이 편안한 방염복은 환경 조건, 활동 수준, 착용자의 신체 조건, 원단 중량 등의 여러 가지 요인이 미치는 효과를 균형 있게 잘 맞춰야 합니다. 개인의 느낌 역시 착용감을 평가할 때 중요한 역할을 합니다. 반팔 셔츠에서 팔 전체를 덮는 긴 소매 방염복으로 바꾸는 간단한 일도 큰 일로 받아들여 질 수 있습니다.

섬유 기술의 발전과 듀폰의 고객사 및 원단 공장과의 지속적인 협력 덕분에 듀폰 노멕스® IIIA 방염복이 일반 작업복처럼 편안한 착용감을 제공할 수 있게 되었습니다. 사실 노멕스® IIIA 방염복이 바로 "편안한 작업"을 위한 해결책입니다.

현재 노멕스® IIIA 방염복 착용자들은 쾌적성과 시원함을 개선한 경량 원단, 공기 흐름을 통해 몸 열기를 없애주는 통기성 원단, 습기를 신속하게 원단 표면에 분산시켜 증발 및 냉각 속도를 높여주는 특수 수분 배출 처리 등, 향상된 원단 기술의 장점을 누리고 계십니다.



## 착용감을 높이는 통기성 원단

물리적 착용감을 결정하는 모든 요인 중에서 가장 기본적인 요인은 열 쾌적성, 즉 신체의 열 관리 능력입니다. 체열을 높이는 것과 낮추는 것의 균형은 사람이 느끼는 착용감을 결정합니다. 땀의 발산과 대류는 신체에서 일어나는 가장 중요한 두 가지 냉각 방법이며 착용감에 큰 영향을 끼칩니다. 냉각이 일어나기 위해서는 움직임으로 생긴 열이 소실되거나, 피부와 옷을 통해 밖으로 배출되어야 합니다.

대류는 피부나 옷을 통해 신체보다 시원한 대기로 열이 전달되는 것입니다. 공기의 이동, 환기 및 바람은 대류를 통한 열 손실을 높여줍니다.

발산은 신체에서 이루어지는 가장 효율적인 열 손실 방법입니다. 공기 온도가 신체보다 더 높을 때는 대류를 통해 열기가 신체에서 나가지 못하기 때문에 땀을 흘리게 됩니다. 땀이 증발할 때 피부에서 열기가 나가 체온이 떨어집니다.

통기성을 갖는 원단만이 이러한 열 손실 방법의 이점을 살릴 수 있습니다. 통기가 제대로 되지 않는 원단은 땀을 옷의 안쪽에 머물게 하고 면과 같이 습기를 흡수하는 원단은 신속하게 땀을 스며들게 합니다. 습기를 흠뻑 머금은 옷은 피부에 달라붙어 축축한 느낌과 불쾌감을 조성하게 됩니다.

노멕스® IIIA 원단은 통기성을 갖으므로 원단 전체를 통과하는 공기량이 많아 몸의 열기를 신속하게 제거할 수 있습니다. 또한 노멕스® IIIA 원단에는 유명 테니스 선수, 세계 수준의 사이클 선수, 프로 축구 선수들이 입는 고성능 운동복에 사용된 특수 수분 배출 처리 기술이 이용되었습니다. 수분 배출 처리는 피부에 있는 습기를 원단의 넓은 표면으로 내보내 보다 빨리 증발하게 해줍니다. 이 수분 배출 작용은 방염복 착용자가 축축하지 않고 시원한 착용감을 느낄 수 있게 해줍니다.

## 경량이 주는 착용감

병행된 착용 테스트 결과 착용감을 결정하는 가장 큰 단일 요인은 원단의 중량인 것으로 나타났습니다. 노멕스® IIIA 원단은 매우 강하고 내구성이 뛰어나기 때문에 더 가벼운 원단으로 보다 시원하고 쾌적한 방염복의 제작을 가능하게 합니다.

대학의 독립 연구소에서 최근에 실시한 착용 테스트에서 여러 중량의 노멕스® IIIA로 만든 전신 작업복과 A 브랜드 FRT 면으로 만든 전신 작업복을 비교 실험 하였습니다. 참가자들은 온도 조절이 가능한 실내에서 에어로빅 운동을 하였으며, 실험은 상온에서 고온 다습한 기온까지 다양한 환경 조건을 설정하여 진행 하였습니다.

시원함, 가벼움, 부드러움, 유연성을 포함하는 개별 및 전체 쾌적성 매개변수를 평가했을 때, 실험 참가자들은 10 oz/yd<sup>2</sup>의 A 브랜드 FRT 면보다 4.5 oz/yd<sup>2</sup>의 경량 노멕스® IIIA를 더욱 선호하였습니다. 6 oz/yd<sup>2</sup> 노멕스® IIIA 방염복의 전체 착용감은 10 oz/yd<sup>2</sup>의 A 브랜드 FRT 면과 같았습니다. 요약하면, 노멕스® IIIA 방염복이 가벼울수록 작업자들은 다른 일반 작업복을 입었을 때와 같은 편안함을 느끼게 되며, 고온 다습한 환경에서는 무거운 다른 원단보다 더 좋은 성능을 발휘합니다.



## 정전기 방지 특성 - 언제, 어디서나

석유, 석유화학 및 화학 산업 종사자들은 정전기의 위험을 항상 인식해야 합니다. 특정 조건에서는 1밀리줄(mJ) 이하의 에너지(카펫 위를 걸거나 자동차 시트 위를 미끄러져 움직일 때 몸에 쌓이는 정전기보다 훨씬 적은 양)로도 정유 및 재급유 시설에 존재하는 탄화수소 증기와 공기 혼합물이 발화될 수 있습니다. 또한 정전기로 인해 옷이 달라붙어 착용감이 떨어질 수 있습니다.

### 신체와 장비의 접지

인체에 저장된 에너지는 옷에서 발생하는 작은 정전기보다 그 위험성이 훨씬 더 큽니다. 사람의 몸은 거의 전체가 물과 전해질로 이루어져 있기 때문에 최대 40mJ의 에너지를 저장할 수 있는 훌륭한 축전지입니다. 따라서 작업자들은 자신과 장비 모두를 위해 착용하고 있는 옷의 여부에 상관 없이 항상 적절한 접지 절차를 실시해야 합니다.

작업자의 접지가 제대로 이루어진 경우에도 주의해야 할 것이 더 있습니다. 폭발 가능성이 있는 환경, 인화성 환경 또는 민감한 환경에서는 재킷이나 셔츠등 겹옷을 벗으면 안됩니다. 그것이 정전기 방지 의복인 경우에도 마찬가지입니다. 겹옷을 벗을 때 국소적인 위치에서<sup>1</sup> 정전기가 대량 발생할 수 있습니다. 그러나 듀폰과 미국 석유화학 협회 모두 의류에서 방전되는 정전기로 인해 가연성 증기/공기 혼합물이 발화된 경우에 대해서는 들어본 적이 없습니다.

정전기 방지 의복이 인체에 축적되는 정전기를 제거하지 못한다는 점과 양동이나 사물함과 같이 근처에 있는 접지 안 된 사물에 저장된 전기 에너지를 바꿔주지도 못한다는 사실을 기억해야 합니다. 폭발 가능한 환경에 들어가기 전에 정전기를 방전하는 적절한 접지 절차, 접지원에 연결한 손목 가리개(wristlet)의 착용, 전도성 보호화와 바닥재를 사용하는 것 역시 스파크 발생 가능성을 줄이기 위해 중요한 안전 관리 사항입니다.



<sup>1</sup> 겹옷을 벗을 때 발생한 정전기 변화로 인해 착용자의 몸에서 정전기 에너지가 증가하여 몸에서 방전되었을 때 가연성 증기/공기 혼합물이 발화된 실제 사례가 있습니다.

### 정전기 발생 억제

듀폰 노멕스® IIIA에는 P-140이 들어 있으며, 이것은 원단과 원단, 원단과 표면 마찰이 일어날 때 발생하는 정전기를 줄여주는 독자적 정전기 분산 섬유입니다(그림 10). P-140 섬유는 성가신 정전기를 줄여주어 방염복 착용감을 좋게 해줍니다. 또한 방염복으로 인해 정전기가 신체에 축적되는 것도 막아줍니다.

### 습도가 낮을 때도 정전기 방지 성능 발휘

일반적으로 천연 섬유와 합성 섬유는 습기를 흡수하여 정전기 발생을 억제합니다. 이는 물/습기가 정전하를 전도하여 분산시키기 때문입니다. 그러나 습기 함유량에 따라 정전기가 방지되는 울이나 면 같은 천연 섬유와 합성 섬유로 만든 방염복은 습도가 낮을 때는 정전기를 방지하지 못합니다.

노멕스® IIIA는 습도가 낮을 때에도 정전기 방지 특성이 그대로 유지됩니다. 노멕스® IIIA에는 P-140 정전기 방지 섬유가 혼합되어 있어, 습도가 20% 정도로 낮을 경우에도 정전기 방지 효과를 유지하기 때문입니다. 노멕스® IIIA의 탁월한 정전기 방지 특성은 전하 감쇄 테스트를 통하여 입증되었습니다(표 2).



**표 2 정전기 방지 전하 감쇄 테스트 결과**

원단	세탁 횟수	하용 kV	최초 하용 kV 10%까지 걸린 시간(초)
듀폰 노멕스® IIIA	0	3.95	0.01
	25	3.75	0.02
	50	3.45	0.01
	75	3.15	0.02
	100	3.10	0.01
	150	3.10	0.02
100% 난연 처리 면	0	3.25	>10
	25	2.00	>10
	50	1.60	>10
100% 비처리 면	0	4.31	2.2
	25	2.50	>10
	50	2.33	>10
65% / 35% 폴리에스테르/면 혼방	0	4.90	4.3
	25	2.20	>10
	50	2.25	>10

미연방 테스트 방법 표준 191A, 방법 5931. 이 테스트에서는 원단을 병렬 전극 두 개 사이에 놓습니다. 그리고 5kV를 적용할 때 최소 3kV의 전하를 받아야 합니다. 그런 다음 접지 후 0.5초 이내에 원단에서 최초 하용 전하의 10%까지 방전해야 합니다. 70°F (21°C), 20% 상대습도 조건 하에서 시험한 결과입니다.

# 듀폰 노멕스® 전신 방염복

## 원단

듀폰 노멕스® 산업용 방염복은 듀폰 노멕스® IIIA 원단으로 만듭니다. 이 원단은 고유의 방염성이 있으며 노멕스® 93%, KEVLAR® 5%, 정전기 방지 섬유 2%로 이루어진 독특한 분자 구조를 갖습니다.

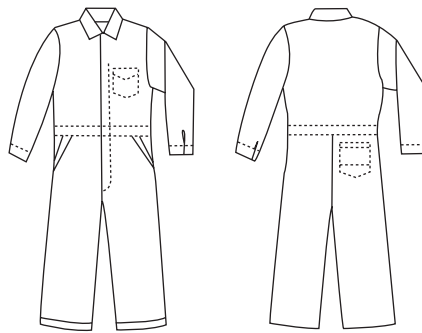
## 원단 옵션

색상 : (예시용입니다. 원단 견본을 요청하시면 제공해드립니다)

4.5oz/yd<sup>2</sup> (150g/m<sup>2</sup>) 평직(plain)  
Royal Blue/Red

6.0oz/yd<sup>2</sup> (200g/m<sup>2</sup>) 능직(twill)  
Royal Blue/Red/Black/Navy Blue

## 특징



### 전면

- 좌측 가슴 포켓
- 양방향으로 열리는 지퍼
- 안쪽 옷을 쉽게 만질 수 있는 넓은 구멍
- 조절식 손목밴드(단추)

### 후면

- 허리 양쪽의 신축성 있는 주름
- 조기 마모를 방지하기 위해 원단을 이중으로 덧댄 후면 패치 포켓
- 왼쪽 포켓에는 숨김형 스냅 버튼

### 적용 부분

석유, 석유화학, 화학 및 가스 장치 산업에서 발생하는 전기 아크와 화염으로부터 작업자의 안전을 지켜주는 다목적 보호 기능을 제공합니다.

### 규격

M / L / XL / XXL / XXXL / XXXXL

(대형 사이즈 가능)

롱/쇼트 같은 특수 사이즈는 요청 시 옵션으로 가능합니다.



# Nomex.

## 듀폰 노멕스® 방염복-셔츠

### 원단

듀폰 노멕스® 산업용 방염복은 듀폰 노멕스® IIIA 원단으로 만듭니다. 이 원단은 고유의 방염성이 있으며 노멕스® 93%, KEVLAR® 5%, 정전기 방지 섬유 2%로 이루어진 독특한 분자 구조를 갖습니다.

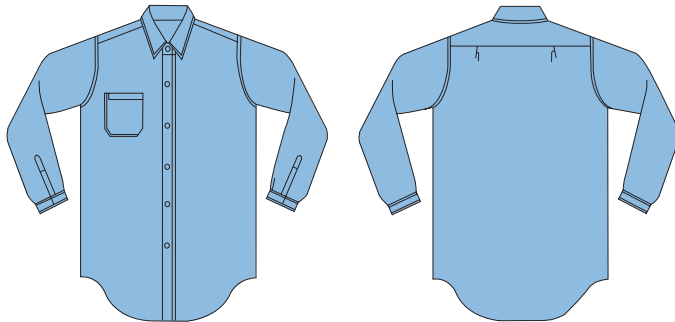
### 원단 옵션

색상 : (예시용입니다. 원단 견본을 요청하시면 제공해드립니다)

4.5oz/yd<sup>2</sup> (150g/m<sup>2</sup>) 평직(plain)  
Light Blue



### 특징



- 더블 니들 방식 봉제로 내구성 강화
- 좌측 가슴 포켓
- 조절식 버튼 커프스

### 적용 부문

석유, 석유화학, 화학 및 가스 장치 산업에서 발생하는 전기 아크와 화염으로부터 작업자의 안전을 지켜주는 다목적 보호 기능을 제공합니다.

### 규격

M / L / XL / XXL / XXXL / XXXXL

(대형 사이즈 가능)

롱/쇼트 같은 특수 사이즈는 요청 시 옵션으로 가능합니다.



# Nomex.



## 듀폰 노멕스® 방염복-바지

### 원단

듀폰 노멕스® 산업용 방염복은 듀폰 노멕스® IIIA 원단으로 만듭니다. 이 원단은 고유의 방염성이 있으며 노멕스® 93%, KEVLAR® 5%, 정전기 방지 섬유 2%로 이루어진 독특한 분자 구조를 갖습니다.

### 원단 옵션

색상 : (예시용입니다. 원단 견본을 요청하시면 제공해드립니다)

6.0oz/yd<sup>2</sup> (200g/m<sup>2</sup>) 능직(twill)  
Navy Blue/Black



### 특징



- 내구성이 뛰어난 고급 양주름 스타일
- 전면 쿼터 포켓, 후면 플랩 포켓
- 록 단추와 지퍼 덮개

### 적용 부문

석유, 석유화학, 화학 및 가스 장치 산업에서 발생하는 전기 아크와 화염으로부터 작업자의 안전을 지켜주는 다목적 보호 기능을 제공합니다.

### 규격

26인치 ~ 36인치

(대형 사이즈 가능)

롱/쇼트 같은 특수 사이즈는 요청 시 옵션으로 가능합니다.



**Nomex**®

듀폰 노멕스® IIIA 방염복은 직업의 전문성과 어울리는 스타일과 기능성이 결합되어 있습니다. 따라서 여러분은 업무 수행에 적합하며 그 만큼 보기도 좋은 방염복을 선택하실 수 있습니다.

### 넓은 선택 폭

노멕스® IIIA 방염복은 재킷, 파카, 진, 셔츠, 전신 작업복을 포함해 다양한 색상과 스타일로 제작 가능합니다. 또한 노멕스® IIIA 방염복은 모든 기후에 적합하도록 다양한 원단 중량으로 제공됩니다.

### 간편한 관리

노멕스® IIIA 방염복은 일반 가정용 또는 상업용 세탁과 드라이 클리닝 방식으로 세탁할 수 있습니다. 방염성은 영구적이며 원단 자체의 특성이므로, 세탁으로 인하여 방염 성능이 씻겨 나가거나 닳아 없어지지 않습니다.

노멕스® IIIA 방염복은 내구성이 매우 뛰어나기 때문에 반복되는 세탁과 착용에도 잘 견딩니다. 노멕스® IIIA 원단은 거의 수축되지 않아(1~3%) 방염복의 수명 기간 동안 크기와 모양이 그대로 유지됩니다. 실제로 노멕스® IIIA 방염복은 다림질할 필요 없이 건조기에서 바로 꺼내 입어도 됩니다.

### 흙이나 오염 물질의 간편한 제거

노멕스® IIIA의 많은 유기 용제에 대한 강력한 내화학성은 방염복에 묻은 윤활유, 기름 섞인 흙 및 기타 가연성 오염물을 쉽게 제거할 수 있도록 합니다. 하지만 가연성 오염물은 방염성을 저하시킬 수 있으므로 가급적 신속하고 깨끗하게 제거해야 합니다.



### 노멕스® IIIA는 무엇입니까?

노멕스® IIIA는 오직 듀폰에서만 생산되는 고유의 방염성을 갖는 아라미드 섬유와 정전기 방지 섬유로 구성된 원단입니다. 노멕스® IIIA는 화염 및 전기 아크로부터 착용자를 보호해주는 방염복으로 사용됩니다.

### 누가 노멕스® IIIA를 입습니까?

다양한 산업 종사자들이 노멕스® IIIA 방염복을 착용하여 생명을 지켜가고 있습니다. 소방관, 경주용 차량 운전자, 미국 삼림청 직원, 석유화학 근로자, 군인, 우주 비행사들도 노멕스® 방염복을 착용합니다.

### 왜 노멕스® IIIA를 입어야 합니까?

면과 폴리에스터 혼방을 비롯한 일상 작업복은 방염성이 없어서 화염이나 전기 아크의 위험으로부터 작업자를 보호해주지 못합니다. 면과 울 같은 천연 섬유와 나일론과 폴리에스테르 같은 합성 섬유 모두 발화를 촉진시킵니다. 면은 발화되어 계속 탈 수 있으며 나일론과 폴리에스테르는 발화되어 타면서 녹아 작업자의 피부에 달라붙습니다. 그리고 전기 아크의 폭발력은 면이나 폴리에스테르/면 혼방으로 된 방염복을 파열시킬 수 있어서 작업자가 아크의 강한 충격과 더불어 그로 인한 모든 화재에 직접 노출되게 됩니다.

모든 원단이 파열될 정도로 강한 아크에 노출될 수도 있지만, 아크에 강한 원단이 있습니다. 노멕스® 방염복은 파열에 매우 강합니다. 화염이나 전기 아크에 노출되었을 때 노멕스® 방염복을 입고 있으면 생명을 지킬 수 있습니다. 노멕스® 방염복은 차단벽 역할을 하며, 타거나 녹아 내리지 않습니다. 이러한 뛰어난 보호 능력은 작업자가 위험한 상황에서 대피할 시간을 벌 수 있게 해주며 화상의 위험으로부터 보호해 줍니다.



### 방염성 원단과 방염 처리된 난연성 원단의 차이는 무엇입니까?

노멕스® 자체가 방염성 물질이며 불이 붙지 않는 구조를 갖고 있습니다. 다시 말해 방염성이 영구적이라는 뜻입니다. 섬유 자체에 방염성이 있으므로 닳아 없어진다거나 세탁으로 씻겨나가지 않습니다. 노멕스® 아라미드 섬유는 화염에 노출되면 부풀어 오르면서 점점 두꺼워져 열원과 피부 사이에 차단막을 형성합니다. 이 차단막은 식기 전까지는 부드러운 상태를 유지하기 때문에 방염복 착용자가 대피할 수 있는 귀중한 몇 초를 더 벌어줍니다.

인듀라® 난연 처리 면 및 FR 레이온 같은 방염 처리된 원단은 보호 특성이 다르며, 원단의 화학 첨가제나 방염 처리를 통하여 일정 수준의 방염성만을 제공합니다. 화염이 발생했을 때 방염 처리된 원단은 화학 반응을 통해 불을 끄게 되며, 이 반응은 원단이 화염에 노출되는 시간과 열기에 의해 시작됩니다.

시간과 열에 대한 노출이 증가할수록 난연성 화학 물질의 반응이 촉진되면서 열 전달과 그로 인한 방염복 착용자의 화상 정도가 급격하게 심해집니다. 이러한 화학 물질과 원단은 방염복 착용자에게 악영향을 줄 수 있는 심한 후염, 고온 가스, 연기 및 타르를 발생시킵니다.

### 노멕스® IIIA에 내화학성이 있습니까?

노멕스® 원단은 유기 화합물, 산, 염기 같은 여러 가지 화학 물질에 매우 강합니다. 기술 안내서에 다양한 화학 물질에 노출되었을 때의 노멕스® 특정 반응이 기술되어 있습니다.

노멕스® 원단 자체는 화학 안정성이 매우 뛰어나지만 화학 물질의 침투를 방어하도록 설계되지는 않았습니다.

### 노멕스® IIIA 방염복이 정전기 누적의 위험으로부터 착용자를 보호하나요?

그렇습니다. 노멕스® IIIA에는 정전기 방지 섬유가 함유되어 있습니다. 습도가 낮은 경우에도 노멕스® IIIA는 원단과 원단, 원단과 표면 마찰에서 생성되는 정전기를 분산시켜줍니다. 원단의 정전하를 분산시키면 정전기와 관련된 위험과 불편이 줄어들고 방염복에 의해 인체에 정전하가 축적되는 양도 현격히 낮아집니다.

특정 작업 환경에서는 1밀리줄(mJ)의 에너지(카펫 위를 걸을 때 인체에 쌓이는 소량 정전기보다 적은 양)로도 탄화수소 증기 혼합물을 발화시킬 수 있습니다. 스파크를 발생시킬 수 있는 주요 원인은 방염복이 아니라 인체에 축적된 정전기입니다.



### 폭발 가능성이 있는 환경에서 근무하는 작업자가 노멕스® IIIA 방염복을 입어도 접지해야 하나요?

그렇습니다. 작업자 접지는 정전기로 인한 폭발을 막는 최초 방어선이어야 합니다. 노멕스® IIIA는 다음과 같은 적절한 접지 절차를 대신하지는 않습니다.

- 폭발 가능성이 있는 환경에 들어갈 때는 먼저 접지된 금속 물체를 만져 인체에서 축적된 정전기를 방전합니다.
- 접지된 장비나 비품과 같은 접지원으로 연결된 손목 가리개를 착용합니다.
- 전도성 보호화와 바닥재를 사용합니다.

적절한 접지 절차와 함께 노멕스® IIIA 방염복을 착용하면 습도가 낮은 경우에도 원단과 원단 마찰로 인한 스파크를 막을 수 있습니다.

또한 작업자가 폭발 가능성이 있는 환경에서 옷을 입거나 벗어서는 안됩니다. 정전기 방지 방염복도 마찬가지입니다.

폭발 가능성이 있는 환경에서의 작업의 경우 안전 전문가에게 적절한 정전기 방지 예방조치 및 절차에 대해 반드시 문의하시기 바랍니다.

### 노멕스® IIIA 방염복은 비용 효과가 뛰어납니까?

그렇습니다. 노멕스® IIIA 방염복은 뛰어난 가치를 지니며 시간이 지날수록 다른 원단보다 비용 효과가 더 뛰어납니다. 사실 노멕스® IIIA의 뛰어난 착용 수명은 방염복 수명 기간 동안 회사의 재정 부담을 덜어줄 수 있습니다.

노멕스® IIIA 방염복은 내구성이 매우 뛰어나며 일반 방염복이나 방염 처리된 원단으로 만든 보호복보다 세 배에서 다섯 배 더 오래 갑니다. 산업용 세탁업체들은 노멕스® IIIA 방염복을 125회 이상 세탁하고 착용할 수 있다고 말합니다. 18만원 방염복의 경우 착용당 비용은 1,440원 이하입니다. ASTM STP 1133 보고에 따르면 FRT 면 방염복은 25~40회 세탁하고 착용한 후 수명을 다한다고 합니다. 따라서 6만원 FRT 면 방염복의 착용당 비용은 1,500~2,400원입니다.

### 노멕스® IIIA 방염복은 착용감이 좋습니까?

그렇습니다. 노멕스® IIIA 원단은 화염이나 전기 아크에 노출 시 뛰어난 방염 효과와 더불어 일상적인 용도에서 필요한 통기성도 갖추고 있습니다. 현재 노멕스® 방염복은 습기를 방출하여 증발시키는 특수 수분 배출 처리기술이 사용되어 냉각 속도가 더욱 빠릅니다. 그리고 노멕스® IIIA 방염복은 가볍기 때문에 착용했을 때 다른 일반 작업복만큼이나 편안한 착용감을 느끼실 수 있습니다.

### 노멕스® IIIA 방염복은 여러 가지 스타일로 나오니까?

노멕스® IIIA 방염복은 재킷, 파카, 진, 셔츠 및 전신복을 포함해 광범위한 색상과 스타일로 나옵니다. 노멕스® IIIA 방염복은 모든 기후에 적합한 광범위한 원단 중량으로 제공되며 입었을 때 다른 작업복만큼이나 편안합니다.

### 노멕스® IIIA는 특별한 세탁 기법이 필요합니까?

일반 가정용, 상업용 및 산업용 세탁과 드라이 클리닝 방식 모두 적합합니다. 방염 특성이 노멕스® IIIA 섬유의 고유 특성이기 때문에 세탁이나 착용으로 인하여 방염성이 사라지지 않습니다. 권장 세탁 방법이 지정되어 있으며, 대부분의 기업은 산업용 세탁 프로그램을 통해 방염복을 깨끗하게 세척하고 관리하고 있으며, 대부분 자체 세탁관리 프로그램을 시행하고 있습니다.

노멕스® IIIA 방염복은 내구성이 매우 뛰어나 반복되는 세탁과 착용에도 잘 견딩니다. 노멕스® IIIA 원단은 거의 수축되지 않아(1~3%) 방염복이 수명을 다 할 때까지 크기와 모양이 그대로 유지됩니다. 노멕스® IIIA 방염복은 다림질할 필요 없이 건조기에서 바로 꺼내 입으셔도 됩니다.

노멕스® IIIA 방염복에 염소 표백제를 사용하면 안됩니다. 염소 표백제나 기타 첨가제는 방염 처리 원단의 성능을 저하시키는 것처럼 노멕스® IIIA 원단의 고유 방염성을 제거하지는 못 하지만, 방염복의 강도를 보존하고 수명을 오래 유지시키려면 염소 표백제를 사용하지하면 안됩니다.

주의 : 노멕스® IIIA 방염복에 묻은 윤활유, 기름 석인 흙 및 기타 가연성 오염물을 완전히 제거하십시오. 가연성 오염물은 연료 역할을 하여 방염복의 방염 특성을 저하시킵니다. 찢어졌거나 헤진 부분은 실, 지퍼 테이프 및 패치 등 노멕스® 또는 케블라®로 만든 구성 요소로 수선하셔야 합니다.



## 책임 제한

이 정보는 듀폰이 신뢰할 수 있다고 생각하는 기술 데이터를 기초로 한 것입니다. 이 정보는 추가 지식과 전문 지식이 필수될 경우 개정될 수 있습니다. 듀폰은 이 정보와 관련된 결과를 보증하지 않으며 그에 대한 의무나 책임을 지지 않습니다.

위험의 수준과 필요한 개인 보호 장비를 결정하는 책임은 사용자에게 있습니다. 이 정보는 최종 사용 조건에서 평가를 수행할 전문 기술을 보유한 사람이 자체적으로 판단하고 위험 부담을 인식한 가운데 사용하도록 마련되었습니다.

이 정보를 이용할 사람은 선택한 방염복이 소기의 용도에 적합한지 먼저 확인해야 합니다. 최종 사용자는 원단이 찢어지거나, 닳았거나, 구멍이 난 경우에는 화학 노출의 가능성을 피할 수 있도록 방염복 사용을 중단해야 합니다. 듀폰은 사용 조건을 통제할 수 없으므로 시판 가능성 또는 특정 목적에 대한 적합성에 대한 보증 사항을 포함하여, 명시적 또는 암묵적인 보증 사항을 일체 인정하지 않으며 이 정보의 사용과 관련하여 그 어떤 책임도 지지 않습니다.

이 정보는 이 내용 또는 그 사용을 다루는 제3자나 듀폰의 특허나 기술 정보 침해를 조정하는 근거로 사용될 수 없습니다.

듀폰은 이 카탈로그에 나오는 제품을 변경할 수 있는 권리가 있습니다.

Copyright © 2012 DuPont. All rights reserved.

듀폰의 타원형 로고, 듀폰™, The miracle of science™ 및 노벡스® E, I, du Pont de Nemours and Company 또는 그 계열사의 등록 상표 또는 상표입니다.

[personalprotection.ap.dupont.com](http://personalprotection.ap.dupont.com)

## 듀폰코리아(주)

### 듀폰 개인 안전 사업부

서울특별시 강남구 역삼동 726번지

아세아 타워 3~5층, 135-719

Tel : (02)2222-5330

Fax: (02)2222-5469

고객상담 무료전화 : 080-222-5235

**DuPont**  
**Personal Protection**



*The miracles of science*