

고기능성 PVA 방호용품의 특징 및 원전 적용성

홍성준, 강덕원, 이봉도, 김효철, 김명호, 배홍익
 하나검사기술(주), 경기도 하남시 초이동 337-10
 sjhong83@naver.com

1. 서론

원전작업자의 방호를 위한 방호복은 다양한 종류가 있으며 또한 여러 종류의 신소재 재질의 방호용품이 개발, 시험 중에 있다. 이 중 PVA(Poly Vinyl Alcohol, 이하 PVA)재질의 방호용품은 약 80% 정도의 미국원전에서 채택, 사용할 정도로 방호성능 및 폐기물 저감효과와 위생 및 작업효율 향상 측면에서 우수한 평가를 받고 있다. PVA 재질의 방호용품은 방호복, 장갑, 덧신, 두건, 가운, 제염지, 누수흡수봉, 걸레, 폐기물 수거버닐, 토드백, 작업 커버 및 시트 등 원전 현장 작업 시 사용되는 거의 모든 작업분야에 활용될 수 있도록 개발되어져 왔다. 이 방호복은 다양한 작업환경에 맞도록 제작이 가능하며 고기능성을 지니고 있어 날로 확대 보급될 것으로 전망된다. 최근 들어서는 멕시코, 중국 및 유럽 원전에서도 시험 적용 중에 있으며 국내에서도 대규모 설비 교체공사 시 이미 사용한 경험이 있다. 본 논문에서는 PVA 재질의 기능성 방호용품에 대한 특성을 소개하고 각 특성에 따른 이점에 대하여 기술하였다.

2. 본론

2.1 PVA 방호용품의 기본 특성

PVA 방호용품의 기본적인 특성은 먼 방호복이나 PVC 재질의 기존 방호용품으로는 대체할 수 없는 물에 녹여 감용시킬 수 있는 수용성 기능을 지니고 있다. 또한 작업시 발생하는 방사성입자의 침투를 막을 수 있는 방호성능과 제품의 다양화로 용도에 맞게 선택, 사용이 가능하다. 특히 Overhaul이나 대규모 공사 시 일시에 발생하는 다량의 세탁물에 대한 처리 부하를 해소시킬 수 있으며 1회 사용품으로 방사능 오염의 전이를 막을 수 있을 뿐 아니라 착용시 땀 배출능력이 뛰어나 작업자들이 보다 심리적으로 안정감있게 작업에 임할 수 있다는 장점을 지니고 있다.

2.2 수용성 효과

PVA 재질은 물에 용해가 가능하기 때문에 방호

용품의 섬유표면에 붙어있는 오염물질의 분리 및 제거가 용이하다. 일반 먼 및 혼방 재질의 방호복은 내부에 침투하여 세탁시 쉽게 오염이 제거되지 않는 경우가 많으나, PVA방호용품은 수용성으로 인해 모든 섬유조직이 용해되기 때문에 입자 및 분자형태의 오염물질이 쉽게 분리 및 제거가 가능하다. 수용성이라 하여 물에 바로 녹는 것은 아니며, PVA 방호용품은 일반적으로 약 90~100℃ 이상의 고온수에서 용해되는 특징을 지니고 있기 때문에 용해과정에서 펜톤 산화반응과 소량의 화학약품 첨가함으로써 완벽한 용해가 가능하다. 또한 방호용품에 부착된 벨크로, 지퍼 등 불용성 물질을 제외하고는 대부분이 수용성 재질의 PVA로 이루어져 있어 폐기물 저감측면에서도 유리한 잇점이 있다. 기 사용한 방호용품을 수거하여 용해·산화처리 공정을 거쳐 처리시 약 1/100로 폐기물이 감용된다. 용해 처리시 유일하게 잔유물로 남는 불용성인 벨크로, 지퍼 등도 전량 용해 처리하기 위해 수용성 벨크로 및 지퍼를 개발 중에 있어 조만간에 사용 방호용품의 폐기물 제로화를 달성할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

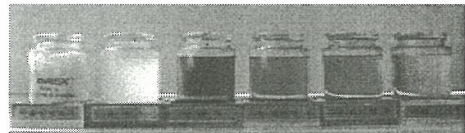


Fig. 1. Dissolving process of PVA garment

2.3 위생적 측면

현재 사용하는 먼 방호복은 세탁하여 재 사용하나 PVA 방호용품은 기본적으로 1회만 사용하기 때문에 보다 위생적이며 각종 피부염 및 알러지의 유발 가능성을 최소화시킬 수 있다.

2.4 방호 기능면

PVA 방호용품의 방호성능을 확인하기 위해 입자투과율, 수분배출능력 및 열스트레스 등을 평가하였다.

2.4.1 입자투과율

PVA 방호용품은 각 제품별로 성능이 다르지만,

높은 입자투과 방지성능을 지니고 있다.(그림 2참조)
ASTM 시험법으로 원전에서 오염입자 크기와 유사한 0.690um 사이즈의 활성탄 입자(평균: 23um)를 각 섬유별 필터를 사용하여 낙하 시험하였을 때, 그림 2와 같이 개선된 PVA 방호복에서는 거의 모든 입자가 투과되지 않아 우수한 방호성능을 나타낸다.

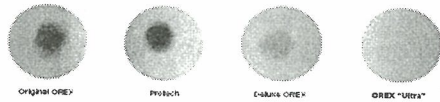


Fig. 2. Particulate pass-through

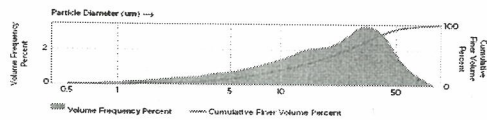


Fig. 3. Graphite size distribution

2.4.2 수분 배출능력

PVA 방호복의 수분 배출능력 평가를 위해 MVTR(Moisture Vapor Transmission Rate)을 ASTM E96-05, Procedure B water method at 73.4°F(23°C)와 50% RH 조건하에서의 시험법으로 종이방호복과 비교하였을 때, 높은 수분 배출능력을 나타내며 이러한 수분 배출능력을 통해 작업자들은 훨씬 더 쾌적한 기분을 유지한 상태로 작업을 수행함으로 작업효율을 향상시킬 수 있다.

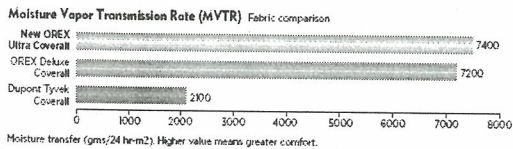


Fig. 4. Moisture vapor transmission rate

2.4.3 열스트레스 저감

앞에서 기술한 MVTR 외에 장점은 열스트레스 저감 측면이다. 수용성 방호복은 속옷만을 착용했을때와 거의 비슷한 열스트레스 수준을 보여주고 있다.(그림 5. 참조)

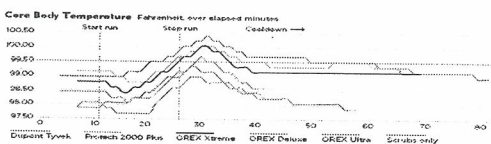


Fig. 5. MVTR comparison between various fabrics

2.4.4 재질의 기능성

일반 면 방호용품 등은 직포(Woven) 타입으로

직물의 형태를 띠고 있기 때문에 어쩔 수 없이 씨줄과 날줄사이에는 구멍이 생긴다. 그러나 PVA 방호용품은 부직포(Non-woven) 타입으로 구멍이 없다. 면 방호용품을 약 10회 세탁할 경우, 그 구멍은 더욱 커지며, 이를 통해 입자가 침투할 가능성이 높아지게 된다. 하지만 PVA 방호용품의 경우는, 부직포 형태를 띠고 있어 초기부터 거의 구멍이 없으며 1회만 사용하고 폐기되기 때문에 보다 나은 방호측면의 기능성을 제공한다.

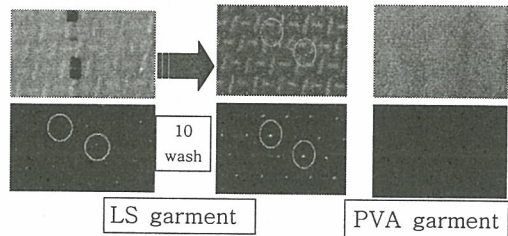


Fig. 6. Variation of hole size for brand-new to after 10 washes in LS garment(L), PVA(R) garment

3. 결론

PVA 재질의 방호용품은 물에 녹는 수용성 특성을 지니고 있어 폐기물이 거의 발생되지 않고 착용감이 좋으며 위생적이어서 우수한 방호성능을 기대할 수 있는 사용효율성이 뛰어난 방호용품이다. 그러나 1회용이기 때문에 비용 측면에서 볼 때는 기존 면 방호용품과 비교해 단가가 비싸다는 단점도 지니고 있다. 하지만 압력관 및 증기 발생기 교체 등의 대규모 공사 시와 정기보수작업 등의 고 오염지역이나 고 오염이 우려되는 작업환경에서는 기존 면 방호용품 또한 재사용이 불가능하다는 점을 고려해 PVA 방호용품을 적재적소에 채택, 사용한다면 방호측면과 폐기물 감용 측면에서 높은 효율을 기대할 수 있을 것이다. 이러한 최적의 방호성능 제공 및 폐기물 저감 등의 이점을 살리기 위한 각 방호용품별 특성을 고려해 적절히 적용된다면 작업효율의 향상과 폐기물 감용화에 따른 처분비 절감 등의 경제적 이득도 함께 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

4. 참고문헌

- [1] EPRI Report 1003435."Emerging LLW Technologies Dissolvable Clothing", pp.32-35,2002
- [2] Eastern Technologies, "OREX application guide".