

자동이송 및 혼합장치를 가진 분진제거형 고무혼합설비 개발

Development of rubber mixing system to reduce dust in mixing process

*# 문광섭¹, 김성욱¹, 송현수¹

*#K. S. Moon(ksmoon@kiflt.re.kr)¹, S. O. Kim¹, H. S. Song¹

¹ 한국신발피혁연구소

Key words : Dual induction , Dust, Rubbing, Working environment

1. 서론

고무 및 탄성체는 금속, 섬유, 콘크리트, 나무와 같은 물질로 분류되며, 천연고무가 인디언들에 의하여 발견된 이래로 현재 약 1300만 톤이 전 세계적으로 소비되며, 매년 4% 이상 성장 및 소비되어지는 현대 산업에서 없어서는 안 될 물질이다. 고무가 사용되는 주요 용도를 살펴보면 그 절반정도가 타이어 산업에서 사용되며, 나머지는 벨트, 호스와 같은 자동차 부품과 신발 같은 경공업 및 건축자재로 사용된다. 2차대전 이후 급격하게 합성 플라스틱 산업이 발전하였음에도 불구하고 여전히 고무가 차지하는 비중이 높은 것은 플라스틱과는 달리 압축 및 신장 변형을 위한 응력이 제거되면 다시 원위치로 돌아오는 탄성(elastic)력과 정적 또는 동적 응력 및 마모에 대하여 금속보다도 높은 비파괴력(toughness)을 갖고 있기 때문이다. 그러나, 이러한 많은 용도를 가지고 있는 고무산업이 3D업종으로 분류되고 직무기피의 대상산업이 되는 것은 가공시에 발생하는 분진, 약취와 성형시에 발생하는 열 때문이다. 고무는 그 특성상 필수적으로 가공(컴파운딩)공정을 필요로 하며, 가공 중에는 순고무뿐만 아니라 고무 보강제로 사용되는 보강성 충전제, 가교제, 가교촉진제, 커플링제, 노화 방지제 등이 투입된다.

따라서 고무 가공시의 분진을 감소시킬 수 있는 보강제 또는 충전제의 자동 계량 투입 시스템과 약취제거 장치가 갖추어 진다면 작업환경 및 환경오염이 크게 개선되고, 작업자의 질병 유발요인이 크게 감소하기 때문에 직무기피의 근본 원인을 제거할 수 있으며, 고무산업의 고질적인 문제점인 인력난을 해소할 수 있는 대안이 될 것이다.

2. 배합공정 분석 및 고무혼합설비 설계

고무보강성 충전제로 카본 블랙이나 실리카의 투입량이 점점 증가하고 있으며 보강성 충전제의 입자크기도 점점 작아지고 있다. 그리고 복합기능화 경향에 따라서 이러한 보강제 외에 난연성, 열전도성을 향상시키기 위한 기능성 충전제 등이 다량 투입되기 때문에 이에 따른 분진이 매우 심각하며, 고무의 고물성화를 위하여 투입되는 가황 촉진제 및 가황제로 인하여 약취도 심각한 실정이다.

또한, 이를 해소하기 위하여 열가소성 고무 등이 미국, 일본 등지에서 많이 상업화 되었지만, 극히 제한된 부분에만 사용되고 있으며 대부분이 보강제 및 가황제의 고충진을 통한 고성능 고무를 사용되고 있다.

고기능, 고성능화를 위하여 투입되는 충전제 중 실리카 및 오일의 특성을 살펴보면, 실리카(SiO2·xH2O : Amorphous Precipitated Silica)의 경우 성상은 백색의 그레놀 타입이며, 다진 밀도(Tap Density)는 0.25-0.30 g/cc, 표면적 150-200m²/g, 비중은 1.95 - 2.05의 특성을 가지고 있어, 에어 분사 또는 일정 높이에서의 자유 낙하 시 미립자(수 μm)에 의해 많은 분진이 발생함을 알 수 있다. 또한 프로세스 오일은 흑갈색의 액상형이며, 동점도는 55 cST (40 ℃) / 1,200 cST (0 ℃), 인화점 및 유동점은 220 ℃ / -15 ℃로 포화탄화수소로 형성되어 있는 배합유이다.

고무가공 공정을 가지고 있는 신발 공장의 예를 살펴보면, 고무가공 공정은 원료 적재 시 많은 분진과 약취가 발생하며, 수작업을 통한 계량 작업 시 작업자는 항상 분진에 노출되어 있다. 적정량의 고무원료를 계량하는 과정에서 고무원료를 도구를 이용해 떠내어 담을 경우 분진이 다량으로 발생하는 것을 확인 할 수 있었다. 오일을 첨가한 고무원료를 혼련기에 투입하는 과정에서도 많은 분진이 발생되며, 기계내에서 혼련되는 과정 중에도 다량의 분진이 발생하는 것으로 나타났다.



Fig. 1 The process of rubber mixing

분진 발생의 주된 요인인 실리카 투입에 있어, 실리카의 포장을 개봉하여 공정에 투입되는 동안 발생하는 분진을 최소화 하기 위한 분진 이송 장치를 설계하였다.

Fig 2는 링브로어와 인라인 필터를 이용한 진공 실리카 이송 장치로, 정교하게 가공된 링식 임펠러(Impeller)와 Casting으로 구성된 브로어 모터의 한 종류이며, 임펠러가 회전하면서 흡입구의 공기는 임펠러의 원심력으로 인해 압력이 상승하게 되며, 토출구로는 공기가 캐스팅에 눌러 임펠러 날개와 날개 사이에서 강력한 와류가 발생하게 된다.

실리카포장에 실리카 흡입 파이프를 설치하고 실린더 외부에서 링 브로어를 작동 시키면 실리카는 믹싱 실린더 내로 토출되고, 공기 및 일부 분진은 인라인 필터를 통해 외부로 빠져 나가게 된다. 이때, 인라인 필터에 포집된 미세 분진 및 실리카는 다시 역회전에 의해 실린더 내로 떨어지게 된다.

