

## 유해화학물질 차단을 위한 고무약품 배합자동화장치 개발

김재열\*(조선대 메카트로닉스과), 송경석(조선대 대학원 광응용공학과),  
최철준, 곽남수(조선대 대학원 정밀기계공학과)

### Development of Rubber Chemicals Automatic Mixed System for Toxic Chemical Block

J. Y. Kim(Dept. of Mechatronics Eng, Chosun Univ),  
K. S. Song(Dept. of Optic Application Mech Eng, Chosun Univ)  
C. J. Chol, N. S. Kwak(Dept. of Precision Mech Eng, Chosun Univ)

#### ABSTRACT

In process for production of Rubber Scheme Product that have the most inferior Working Environment is Medicine mixture and Scheme processing. Applying automation and Environment Treatment technology to the hazardous chemical and mixture processing, Through developed 'Mixture Automatic Machine for hazardous chemical Interruption type that is occurred at mixing rubber medicines', we try to decline worker's intensity of labour. Also, overcomes solution of work evasion phenomenon and manpower supply and demand's difficulty by forming agreeable working environment and through the automatic scheme and mixture processing by preventing that hazardous chemical had known as disease causes of various importance disease is exposed to worker during the work. and we plan to do so that production of high added value product may be available.

**Key Words :** Environmental pollution(환경오염), Evasion of Duty(직무기피), Musculoskeletal System disorder(근골격계질환), a chest complaint(호흡기질환), Toxic Chemical(유해화학물질)

#### 1. 서론

고무배합제품 생산업체의 경우 작업자가 열악한 작업환경 및 유해물질에 노출되어 있어 산업재해 발생의 빈도가 타 산업에 비하여 높으며 특히 약품들을 평량 및 배합하는 공정에서는 인체에 치명적인 독성과 발암물질에 대한 직접적인 노출로 인하여 직무기피요인 해소의 필요성이 강하게 대두되고 있다.

이에 유해화학물질 차단용 고무약품 배합자동화장치를 설계·개발하여 Table 1과 같은 고무약품 배합공정의 직무기피 요인을 해소하고자 하였다.

Table 1 직무기피 요인별 분석

직무기피 요인별 분석	
노동강도측면	2~4인의 작업자가 유해화학물질(20kg)의 운반 및 저장 조작 후 수작업에 의하여 생산제품 특성에 맞는 배합율을 맞추기 위하여 평량작업을 수행한 후 배합함으로써 1일 최대 2,000회 이상의 작업을 반복수행하여 단순반복작업에 의한 근골격계질환에 노출되어 있다.
유해화학물질	FMB를 생산하기 위한 고무약품 첨가제의 종류가 수십여종으로써 대부분이 인체에 유해한 물질(발암물질 및 흐르면교란물질 등)로 구성되어 있다. 이러한 약품의 평량 및 배합 시 피부 또는 안구에 접촉되거나, 호흡기에 흡입되어 진폐증 및 각종 암 발생의 원인으로 작용되고 있어서 산업재해 중 가장 치명적인 요인으로 지적되고 있는 실정.

#### 2. 연구 개발 목표 및 내용

고무배합제품 생산을 위한 제조 공정중 작업환경이 가장 열악한 직무기피요인 공정은 약품 평량 및

배합공정이다. 따라서 본 연구의 최종 목표는 평량 및 배합공정을 대상으로 하여 자동화 및 환경처리기술을 적용한 "고무약품 배합시 발생되는 유해화학물질 차단용 배합자동화장치"를 개발 적용함으로서 작업자의 노동강도 저하와 작업중 비산되는 유해화학물질의 비산을 방지하여 폐적한 작업환경을 조성하여 줌으로써 작업기피 현상을 해소하여 인력수급의 어려움을 극복하고, 자동화된 평량 및 배합작업을 통하여 균일하고 정확한 품질관리가 가능함에 따라 고부가가치 제품생산이 가능하도록 하고자 한다.

Table 2 Detail item and content

NO	항 목	내 용
1	자동평량장치 개발	•화학물질의 정량적인 계측 •화학물질 부족시 알람 및 비상 정지 기능
2	분진차단 장치개발	•유해화학물질의 비산 방지 •유해화학물질의 외부(작업장)유출 방지
3	자동이송장치 개발	•무인 자동이송 기능 •배합상태의 표시(marking)기능
4	평량-배합-이송작업 제어 컨트롤러 개발	•평량 및 배합작업제어를 위한 제어장치 •배합완료된 화학물질 이송제어 장치
5	컨트롤러용 프로그램 개발	•이송위치, 평량표준치, 배합작업 임력기능 •모터과부하검출, 비상정지 등 고장진단 기능
6	컨트롤러 인터페이스	•통신유닛을 이용한 평량-배합장치제어 •다수 주행대차 컨트롤용 통신유닛장착
7	인터페이스 프로그램 개발	•자율주행이송유닛 제어용 인터페이스 장착 •외부기기(PC) 지령기능 인터페이스부 장착
8	화학배합물질 정보 D/B 구축	•유해화학물질의 특성 및 유해성 •평량 및 배합작업을 위한 화학물질정보

### 3. 구성 및 모델링

고무약품 배합자동화장치 레이아웃은 생산량, 약품종류 및 작업방식을 고려하여 레이아웃을 설정하였다.

유해화학물질을 저장하는 호퍼는 고정용 대형호퍼(400ℓ) 2개, 교체형 소형호퍼(200ℓ) 6개로 결정하였으며, 대형호퍼의 경우 바이브레이터를 설치하여 염김성이 강한 미세분말 형태의 화학약품 전용으로 사용하도록 하였다. 또한, 6개의 소형호퍼는 알갱이와 파립 형태의 화학약품 전용으로 저장 사용하도록 하였다. 특히 대형호퍼의 경우 바이브레이터와 함께 방진블트 설치 및 작업자로부터 이격시켜 진동 및 소음이 작업자에게 전달되지 않도록 하였다.

고무약품 배합자동화장치는 크게 화학약품 이송을 위한 진공흡입장치, 약품저장호퍼, 프레임, 주행대차, 주행대차컨트롤러, 주행레일, 전원 및 데이터 송수신부, 메인컨트롤 판넬부로 구성하였다. Fig. 11과 Fig. 12는 생산량, 화학약품 종류, 배합량과 비율을 고려하여 최종적으로 설계된 고무약품배합자동화장치의 3차원 모델링 및 레이아웃을 나타내고 있다.

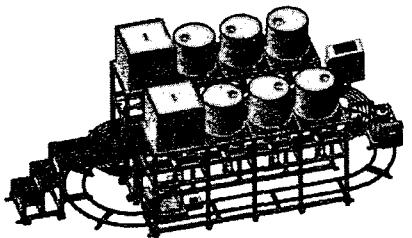


Fig. 1 3D Modeling of 고무약품 배합자동화장치

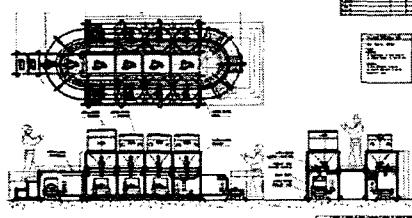


Fig. 2 고무약품 배합자동화장치 레이아웃



Fig. 3 고무약품 배합자동화장치

### 4. 개선 효과 분석

#### 4.1 노동강도 측정

대상 작업의 작업관련성 근골격계질환 유해요인을 파악하기 위하여 대상 작업자들의 작업모습을 비디오 및 카메라로 촬영하고 이를 분석하였다. 사용한 도구는 SI(Strain Index), RULA(Rapid Upper Limb Assessment), OSHA-A(Occupational Safety

and Health Administration)이다. 이러한 측정도구를 활용하여 작업자세 평가를 통한 진단결과는 Table 3과 같다.

Table 3 개선 전후 작업자세 분석

개선전 작업자세 분석결과		
평가구분	평가결과	결과분석
STRAIN INDEX	50	상체부위의 근골격계질환에 노출된 작업으로 평가
RULA	11	계속적 관찰과 빠른 작업개선요함. 정밀조사와 즉각적인 개선 요구됨.
OSHA-A	17	즉시 개선 요함.
개선후 작업자세 분석결과		
평가구분	평가결과	결과분석
STRAIN INDEX	0.3	근골격계질환에 안전한 작업으로 평가
RULA	2	안전한 작업
OSHA-A	3	안전한 작업

#### 4.2 유해환경 측정

유해화학물질을 측정하기 위하여 평량공정 작업자와 협의를 통하여 1일 동안 유해환경측정을 실시하였다.

각 유해화학물질에 대한 개선 전후의 측정결과를 Table 4에 나타내었다.

Table 4 유해환경 측정 결과

	개선전	개선후	노출기준(TLV)
총분진	3.3529 mg/m³	0.5000 mg/m³	10 mg/m³ 카본블랙-(5 mg/m³)
산화아연흡( ZnO )	34.4904mg/m³	0.1502 mg/m³	3mg/m³ 이하
연-무기분진및흡(Pb)	20.0847 mg/m³	0.0042 mg/m³	10mg/m³ 이하
톨루엔(Toluene)	215	45	150ppm 이하
벤젠(Benzene)	18	7	10ppm 이하
페놀(Phenol)	15	3	10ppm 이하
포름알데히드(HCHO)	27ppm	11	20ppm 이하
암모니아(NH3)	85	21	100ppm 이하

\*노출기준(TLV) : 노동부고시 제2003-62호 “작업환경측정 및 정도관리규정”

산업안전보건법 제42조에 의거 유해인자(분진, 금속류, 유기화합물, 가스상물질 등)를 측정하였다.

### 5. 결 론

1. 고무배합제품 생산을 위한 평량공정에 “고무약품 배합시 발생되는 유해화학물질 차단용 배합자동화장치”를 적용한 결과 작업자에게 발생하는 호흡기질환 및 폐질환을 예방하고, 피부병과 근골격계질환 등의 직업병 발생 원인을 차단하는 효과를 가져왔다.

2. 본 연구 통하여 생산성이 기존대비 200% 증가하였으며, 자동화된 계량장치로 인하여 기존 수작업에 따른 평량 불량으로 인한 불량률 발생이 현저하게 줄어들어 제품 품질이 향상되며 컨트롤러 및 출력장치를 통하여 제품 이력관리가 가능하므로 생산현장의 생산관리가 가능하였다.

### 후 기

본 연구는 산자부와 중기청에서 지원하는 “2004년도 직무기피요인해소 사업”의 지원으로 연구개발된 것으로 이에 감사드립니다.