

프레스 작업의 위험분석 및 작업안전관리 체계연구

- Building The Safety Management System of The Press Machine -

김 병 석 *
Kim Byung Suk

Abstract

There are much dangerous machine in worksite. These make the rate of accidents increase. Specially, among them, the Press work has the highest rate of accidents. Therefore, it has been managed by industrial safety-health law.

It is very important to make a special study of work using the dangerous machine. In press work, it is also important to develop safety system program to improve productivity and work safely. In this reaserch, the safety mangement system is built for the work improvement of the Press.

This paper showed method about dangerous machine.

Keyword : safety management system of the Press machine

1. 서 론

프레스 작업의 효율적 안전관리 시스템 구축을 위해서는 다음 2지 방안이 호환성 있게 실행되어야 한다.

첫번째 방안은 작업현장에서 안전하게 작업할 수 있는 안전장치의 개발과, 두 번째 방안은 안전관리 프로그램이 잘 운영 될 수 있는 제도화이다.

프레스 안전장치 등 하드웨어 시스템이 최적으로 개선 및 개발되기 위해서는 정확한 안전 점검과 안전 진단을 통해 현상의 문제점을 분석하고 개선방안을 수립해야만 한다. 프레스 작업에 있어서 보다 생산성을 증진시키고 안전하게 작업을 하기 위해서는 현재의 작업과정을 개선하는 방법과 새로운 작업방법을 설계하여 개발하는 방법으로 분

* 충주대학교 안전공학과 교수

류 할 수 있으며 이러한 문제를 해결하기 위한 절차로서는 분석적 접근법(problem solving procedure)과 설계적 접근법(design approach)이 있다.

첫째, 분석적 접근법은 프레스 작업에서 현상분석을 통해 대상 작업이나 대상공정의 구성을 명백히 정하고 정확한 목표를 설정한 후 검토를 통하여 정확한 문제(software 시스템) 해결대책을 수립하고자 하는 접근법으로서 개선이나 개량을 위해 쓰이는 기법이다. 두 번째는 설계적 접근법으로 프레스 위험기계 작업에서 사고의 문제를 좀더 근본적인 시각에서 바라보자는 것으로서 새로운 생산시스템, 작업시스템 또는 신제품개발에 있어서 각각의 세부 기능을 명확히 하고, 먼저 제약조건을 제거하여 이상적인 대안을 만들어 이를 기초로 하여 필요한 최소한도의 제약조건을 만족시킬 수 있는 현실적인 해결안을 만들자는 hardware 시스템이다.

Hardware 시스템에서는 실제 시스템이나 대상물이 존재하지 않아도 해결이 가능하므로 주로 새로운 방법을 설계하는 데 많이 사용한다.

이상의 두 절차 중에서 어느 한 가지 방법만을 고집하는 것은 바람직하지 못하며, 주어진 시스템의 목표와 제약조건에서 이 두 가지를 효과적으로 선택, 적용해야 한다.

프레스 위험기계를 이용한 작업에서 가장 알맞은 안전성과 생산성 시스템 모델을 개발하고 적극적으로 활용할 수 있도록 하기 위해서는 그에 맞는 가장 적합한 안전관리 시스템을 구축하는 것이 먼저 선행되어야 할 것으로 판단된다.

많은 위험기계 들은 기업에서 재해율을 증가시키는 중요한 원인이 되고 있으며, 또한 산업 안전보건법에서는 이러한 위험 기계들을 특별히 분류하여 법적 규제를 통해 관리하고 있다.

본 논문에서는 법으로 규정한 위험기계 중에서 기업에서 가장 많이 사용하고 재해율을 높이는 데 원인이 되는 프레스 위험기계작업을 선정하여 총체적인 안전 시스템 구축을 시도하였다.

2. 연구범위 및 방법

본 논문에서는 많은 사고원인의 위험기계 중 기업에서 가장 많이 활용하고 재해를 많이 일으키는 프레스를 중심으로 연구하였다.

본 논문을 연구하기 위한 방법으로는 미국의 국방성 DOD(Dept. Of Defense)의 기존 시스템의 이론과 제도를 분석, 검토하고 새로운 시스템을 구축하였다.

또한, 이 프레스 작업의 안전시스템 프로그램을 구축하기 위하여 기존에 개발한 국내 총체적 농업안전 시스템 구축 모델을 적용하였으며 국내 자료는 본인이 기존에 연구한 “산업안전과 생산성” 및 “시스템안전공학” 저서와 외국자료로는 “시스템 안전 2000”의 기법들 중에서 선택·적용하였다.

3. 문제해결 분석방법의 기본적 이론

기본적으로 과학적 접근법을 이용하여 작업의 생산성과 안전에 대한 문제를 해결하기 위하여 < 그림 1 >과 같은 절차와 방법으로 간단히 현재의 문제점에 대한 개선안의 입안사항을 도출할 수 있다.

1) 개선안 검토

프레스 위험기계 작업 중 각 작업공정을 검토하여 전 작업과의 조건을 고려하여 목표를 달성 할 수 있는 아이디어를 찾아내는 것이다. 이와같은 연유는 작업공정에서 생산량 저해요인과 사고의 발생 원인이 관련되는지를 철저히 분석하는 것이 중요하기 때문이다.

프레스 위험기계 작업에서 개선의 착안점은 작업자의 직접면담법과 < 표 1 >과 같이 간단한 예비 체크리스트 방법 사용할 수 있으며 또한 기타 설문방법, 사내 전문가의 지식정보 등이 있다.

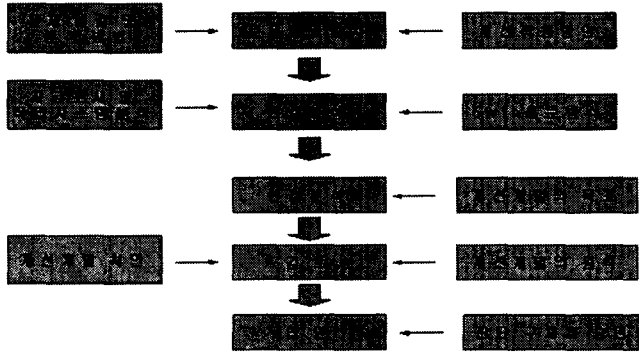
< 표 1 > 간단한 예비 체크리스트

위험 사고	원인 요소	재 고

이런 방법은 해결하기 위한 여러 가능한 방법들을 최종 검토하기 위한 방안이다. 가능한 가장 좋은 아이디어들을 착안하기 위해서는 여러 사람들의 아이디어와 다양한 방법들을 활용해야만 한다.

2) 문제해결 입안

검토단계에서 도출된 아이디어들을 정리해서 구체적으로 입안하는 것이 이 단계이다. 여기에서는 전체의 작업공정 중에서 현재 문제점을 어떻게 개선해야 좋은 대안이 될 수 있는지를 구체적으로 찾아내는 것이다.



< 그림 1 > 프레스 위험기계작업 안전시스템의 문제해결 과정

4. 프레스 위험기계 작업의 총체적 안전시스템의 구축방안

4.1 작업에서의 안전공학과 안전관리 적용 우선순위 결정안

위험기계 작업에서 사고를 발생시킬 수 있는 사상들은 대단히 많이 있다. 이를 크게 두 가지로 분류하면 첫째는 작업자의 작업방법 잘못으로 사고가 발생 할 수 있으며, 둘째는 기계의 결함으로 사고가 발생할 수가 있다. 전자의 작업자 에러를 줄일 수 있는 방법으로 훈련과 교육이 있으나 이 방법은 작업자가 인간이기 때문에 아무리 많은 훈련과 교육을 시키더라도 재해율을 어느 한계이상 줄일 수 없다는 문제점이 있다. 따라서 작업자의 실수를 줄이기 위한 방법보다 우선적으로 작업자가 실수를 범하더라도 기계시스템에서 제어를 할 수 있는 적극적 시스템 개선 및 혁신(개발)이 더 중요하다고 볼 수 있다. 그리고, 동시에 작업자의 교육과 훈련이 같이 공조된다면 더 많은 재해율을 줄일 수 있다고 판단된다. < 표 2 참조 >

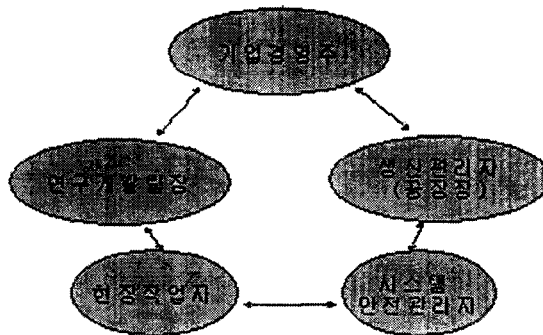
< 표 2 > 위험기계 작업에서의 안전공학과 안전관리 적용우선순위

적용방법	적용우선순위	적용내용	적용해설
안전공학 적용	1	위험상태의 존재를 최소화	페일세이프 등 2중 3중 위험상태를 제어할 수 있는 장치 개발
	2	안전장치 부착	기계의 내부 및 외부에 부착(가급적 기계내부 부착 중점)
	3	경보장치 의 채용	기계에 안전장치 부착이 어려울 때 위험경보신호 발생장치부착
안전관리 적용	4	교육 훈련	기계제조 방법상 안전 공학적 미해결시 실시
	5	대 피	사고 발생시 응급상황 피난시설

4.2 프레스 위험기계 작업의 안전 프로그램을 개발하기 위한 팀 구성방안

총체적 안전 시스템을 구축하기 위한 프로그램 개발을 위해서는 기업경영주, 연구개발 팀장, 공장장, 현장 작업자 및 시스템 안전 프로젝트 개발 전문가 등 팀을 구성하여 정확한 정보를 획득하여야 한다. 이와 같은 팀의 구성은 각 파트별로 업무 영역이 다르게 느껴지지만 총체적 안전 프로그램 개발목적 하나로 통합되기 때문에 각각 서로의 밀접한 관계를 가지고 진행되도록 한다.

여기에서 각 영역 담당별 에러가 발생되면 총체적 시스템구축에 있어서 문제가 발생되기 때문에 팀구성은 대단히 중요한 역할을 한다. 특히 시스템 안전프로젝트개발자는 전체의 위험작업시스템을 여러 분석 기법들을 활용하여 위험의 문제점을 체계적이고 정확하게 분석하여야 한다.



< 그림 2 > 기업의 최적 안전시스템 개발을 위한 그룹

4.3 프레스 작업 안전관리체계 연구를 위한 기본구상

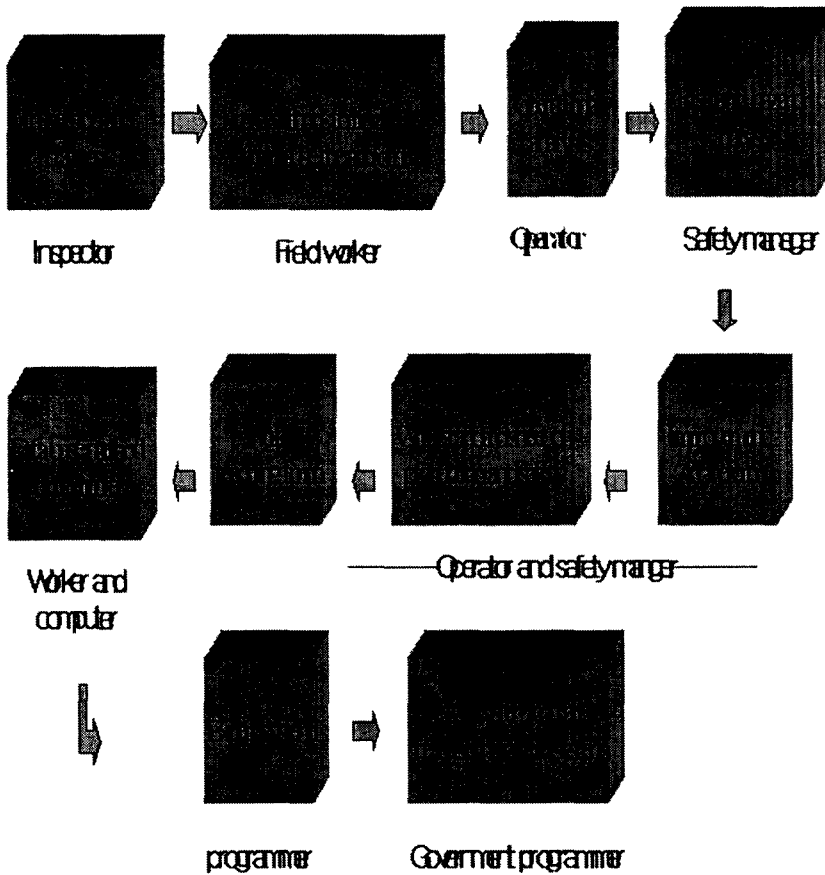
총체적 안전 시스템프로그램을 구축하기 위해서는 다음과 같은 사항들을 인지하고, 작업에 대한 기본구상을 검토하고 분석하여야 한다.

- 1) 사고를 발생시킬 수 있는 사상들을 찾기 위한 다양한 예비점검 및 진단
- 2) 예비위험을 확증 할 수 있는 정확한 작업분석 및 위험분석
- 3) 사고 예방을 하기 위한 작업장에 대한 최적의 개선 및 혁신
- 4) 안전작업을 하기위한 안전작업표준안 작성
- 5) 작업자가 안전작업을 할 수 있도록 작업지도서 작성
- 6) 어떤 장소에서나 어떤 작업자들이 모두 사용할 수 있도록 안전하고 활용하기 쉬운 DB 구축

- 7) 신규 비전문가도 사고를 예측하고 활용할 수 있도록 시스템 구축
- 8) 어떤 작업장에서도 서로 정보를 공유 활용할 수 있도록 프로그램 구축

5. 프레스 작업을 위한 총체적 안전시스템 프로그램 구축안

프레스 작업을 위한 총체적 시스템을 분석하기 위한 프로그램 방법을 다음 < 그림 3 > 과 같은 흐름도를 만들어 제시하고 각 부분 역할담당을 세부적으로 설명하였다.



< 그림 3 > 총체적 안전 시스템 프로그램 과정

또한 각 부분 역할 담당별로 총체적 안전시스템 프로그램을 구축하기 위한 담당내용 들을 < 표 3 >에 제시하였다.

< 표 3 > 프레스 작업을 위한 총체적 안전관리 프로그램 해설

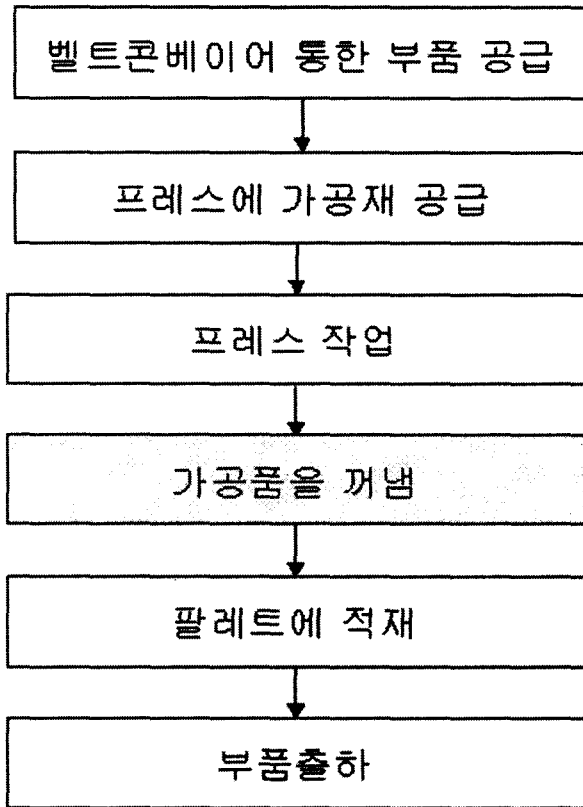
Contents	Explain
1.Inspection and diagnos	1) have th know how the accident happened, where happened. 2) select the largest accident event or frequent event. 3) decide to search different kinds of methods. (I have studied two methods)
2.Methods to find what cause the accident	1) making a note. 2) meeting workers and have a discussion. 3) have to know the work process or the operational process of the machines
3.Operational analysis	1) record total process about problem at work place (where) you want to study. 2) select an extent of the largest accident or many accident. 3) record detail analysis of work process or operational process of the machines. 4) this is operational analysis. 5) that is process of work.
4.Risk and hazard analysis	1) decide one event of operational analysis to risk and hazard analysis. 2) must know one accident event which the accient happened. 3) must study technique of hazard analysis. 4) there are many technique for hazard analysis. 5) must select one technique and apply them.
5.Improvement and reform	1) I can not decide the idea of improvement and reform from myself. 2) have to decide the idea all together. 3) I studied technique to solve the problem. 4) it is two method.
6.Work standard sheet of production and safety	1) have to make work standard to do new work. 2) record total of the large or many dangerous at work place. 3) record dangerouse process to do safety work. 4) select one of the most dangerous department in dangerous process. 5) adhere to understand in work place.
7.Work teaching form	1) have to make a safety teaching method for worker to do without anyaccident. 2) worker has to be touched (by) using work teaching form.
8.Data base method of computer	1) have to input in computer to do new work. 2) can search the problem to easy. 3) so we can solve new accident and past accident.
9.Expert system	1) have to make a know-how(expert knowledge) to prevent the accident. 2) have to save the know-how(expert knowledge) in the computer. 3) user can use know-how(expert knowledge) anywhere to prevent the accident.
10.CAL system contact manage the whole system	1) know-how(expert knowledge) has to be contacted in the other workplace. (we can use know-how together) 2) always have to save the accident data in the computer.

6. 프레스 작업의 안전시스템 프로그램 구축

6.1 작업공정분석으로 생산저해요소와 위험부분 선택 < 표 4, 5 참조 >

프레스 작업공정 중 생산저해요소와 위험부분중 사고를 발생시킬수 있는 개선대상의 공정도와 핵심작업 과정을 다음과 같이 안전점검자는 발견하고 기록한다.

< 표 4 > 작업공정도



< 표 5 > 문제되는 핵심과정

작업공정	생산저해요소 및 위험부분
프레스기계작업	프레스기계 작업중 가공품을 꺼내려다 금형 사이에 손이 끼임

6.2 작업시스템 분석

작업 개선을 위하여 작업의 모든 생산적 또는 비생산적 요소들을 분석하는 절차로서 개선요소 발견을 중점목표로 하여 분석한다.< 표 6 참조 >

< 표 6 > 작업시스템 분석

구분단위	공정	단위작업	요소작업	동작요소
내용	벨트컨베이어를 통한 부품공급 ↓ 프레스에 가공제 공급 ↓ 프레스 작업 ↓ 가공품 꺼냄 ↓ 팔레트에 적재 ↓ 부품출하	가공제를 프레스에 공급 ↓ 프레스 가공작업 ↓ 가공품 꺼냄	재료를 공급한다 ↓ 절단한다 ↓ 재료를 꺼낸다	가공을 벨트컨베이어로 공급한다 ↓ 팔레트에 적재한다
분석기법	공정분석	작업분석		동작분석

6.3 위험분석(위험식별과 위험평가)

프레스 작업의 예비 위험식별을 위한 예비위험 분석은 작업시스템 분석에 의한 개선 중 사고발생에 대한 예측을 다음과 같이 실행하였다.< 표 7, 8, 9 참조 >

6.3.1 위험식별

< 표 7 > 예비위험 리스트

preliminary hazard list(PHL)				
작업명 프레스		작업날짜 2004. 1. 10		
준비자 성명		xxx페이지 2		
사용된 방법 : ㉠비공식적인 면담 ㉡체크리스트 검토 ㉢ETBA ㉣기타				
hazardous event (위험사건)	casual factors (위험요소)	system effects (시스템 효과)	rac (범주)	comments (제언)
프레스의 금형에 손이 끼임	광전식 안전장치 고장 누름단추스텐을 적당하게 사용할 수 없었음	피해자는 자기담당 위치에서 가공품을 꺼내고, 하형에 남아 있는걸 보고 꺼내려다가 하강한 상형에 손이 끼임, 시스템 중대 피해, 근로자도 증상	II (중대)	안전장치 고안 및 안전교육 고려

< 표 8 > 예비위험분석

preliminary hazard analysis(PHA)				
서브-시스템 요소				시스템 페이지
고장 또는 바람직하지 못한 사상	단계	원인	영향	분류
프레스의 금형에 손이 끼임	부품을 공급 ↓ 부품을 꺼냄 (사고위험성 가장 큼) ↓ 제품을 출하	· 안전표준작업 미숙지 · 안전장치 미비 · 누름단추가 적정하게 사용될수 없게 했음	· 시스템 중대피해 · 근로자 증상	범주II (중대)

a. 위험의 4가지 카테고리

- 범주 I(파국적) : 시스템 손실, 인원사망, 다수의 부상자
- 범주 II(중대) : 시스템 중대 피해, 인원 중대 피해
- 범주 III(한계) : 시스템 경미 피해, 인원 경미 피해
- 범주 IV(무시) : 시스템 인원 피해 없음

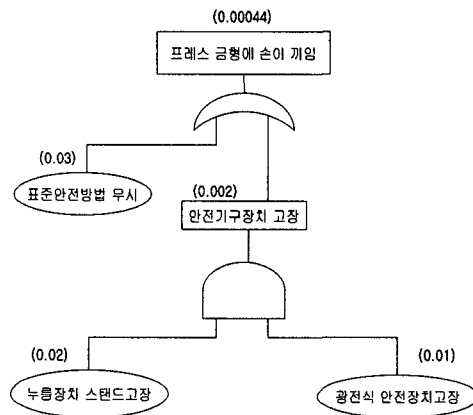
PHA에서의 범주II(중대) 피해를 확인하였다.

< 표 9 > 상세위험분석

상세위험분석(SSHA)						
서브-시스템 요소			시스템 페이지			
고장 또는 바람직하지 못한 사상	단계	원인	영향	분류	수정조치 및 최소화 대책	
프레스 기계의 금형에 손이 끼임	부품을 공급 ↓ 부품을 꺼냄 (사고위험성 가장 큼) ↓ 제품을 출하	· 안전표준작업 미숙지 · 안전장치 미비 · 누름단추가 적정하게 사용될 수 없게 했음.	해당작업에 대해 두려워하고 소심하게 일함	범주 II 중대	범주 IV 무시	위험수준최소화 대책 근원적 설계변경, 안전장치 고안 및 교육

PHA의 범주II(중대) 피해를 SSHA에서 개선 및 혁신의 설계변경 등을 통하여 무시수준으로 위험수준을 낮추도록 한다.

6.3.2 FTA를 이용한 프레스 재해의 분석 < 그림 4 참조 >



< 그림 4 > FT도 작성

위험을 예측하는 정성적, 정량적 평가방법들이 많이 있으나 여기에서는 FTA기법 1가지만 간략하게 예를 들었다(수치는 재해 발생확률을 가정한 Date임).

결론적으로 위험을 효과적으로 제어할 수 있는 수단은 OR Gate를 AND Gate로 전환할 수 있도록 개선하여야 위험수준을 감소시킬 수 있다.

6.4 개선과 개발

프로젝트개발팀을 구성하여 새로운 아이디어를 토출하고 새로운 방법을 제시하며, 새로운 작업방법 및 장치에 관한 그룹토의를 실행한다.

6.5 안전작업표준서와 안전작업지도서 작성 < 표 10, 11 참조 >

새로운 작업방법 및 장치가 개선 및 개발이 성공적으로 완수 되었을 경우에는 다음과 같이 안전작업 표준서와 안전작업지도서를 작성하여 지도 및 교육 훈련을 하도록 한다.

< 표 10 > 안전작업표준서

번호	공장	계	설비	프레스	작업	프레스 기계작업
작업 목적	프레스 작업을 통하여 가공품 생산		작업 조건	프레스 안전담당자를 선임하고 작업 지휘		
작업개시 전에 할 일			작업종료 후에 할 일			
<ul style="list-style-type: none"> · 안전장치 기능점검 실시 · 작업자에게 표준안전작업 숙지 · 위험예지훈련 실시 			<ul style="list-style-type: none"> · 정리정돈 철저 · 프레스 설비의 점검이나 보수 			
작업순서		작업의 급소		지그·공구사용		
No.	내용	급소	이유			
1	벨트 컨베이어를 통한 부품공급	가공품을 꺼내는 공정	가공품을 꺼내는 과정에서 상형이 내려와 재해가 발생할 수 있으므로 주의			
2	↓					
3	프레스에 가공재 공급					
4	↓					
5	프레스 작업					
	↓					
	팔레트에 적재					
	↓					
	부품 출하					

※ 안전작업을 할 수 있도록 작업장 앞에 '가공품을 꺼낼 때 주의'라는 안전표지를 부착하여 사고를 감소시킴.

< 표 11 > 안전작업지도서

No	요소작업	작업조건	작업요령	· 가공도
			품질, 안전, 능률과 이유	
1	재료 공급			· 작업영역 레이아웃
2	절 단			
3	재료 꺼냄			
				· 표준시간

※ 안전작업을 지도 및 교육할 수 있도록 가능한 안전작업표준서에 발생될 수 있는 위험의 급소내용을 세분화하여 지도하는 것이 효과적임.

7. 결 론

위험기계인 프레스작업의 안전관리 시스템구축은 세분화된 기계설비, 공기구, 작업방법, 작업환경, 근로자의 안전활동 등에 대한 잠재위험요인을 정확히·분석 하여 그와 같은 개선요인에 대하여 적절하고 신속한 조치를 실행하는 것이 보다 적극적·예방적 측면의 프레스작업 안전프로그램이다.

이러한 작업 안전관리 체계연구는 흔히 물적 조건에 중점을 두고 개선을 시도하는 경우가 많다. 그러나 기업이 안전관리 활동을 계획대로 추진하기 위해서는 인적, 물적, 환경적 요인등 작업 전반의 위험요인을 상세히 조사·검토하는 것이 중요하다. 물적 요소의 개선에만 치우치다 보면 결함사항만 나열하는 결과만 가져올 수 밖에 없다. 또한 물적 시설의 현황분석만으로는 프레스작업의 재해원인을 파악하기가 어렵다.

따라서 본 논문에서는 산업안전보건법상 위험 기계로 분류된 프레스작업의 안전관리 체계 연구를 위해 PHA, SSHA 등의 위험분석 기법을 활용하여 위험 Point를 분석하고 그 개선방안을 다음과 같이 제시하였다.

첫째 : 재해예방을 위한 프레스 작업의 점검 및 진단

둘째 : 예비 위험 분석 및 상세 위험 분석 실시

셋째 : 작업표준화 시스템 구축

넷째 : 작업방법 등의 사용 및 작업지침서 작성 및 교육훈련 체계 구축

다섯째 : 위험기계 위험부문 사전점검 예측을 위한 전문가 시스템 개발

상기와 같은 방법으로 위험기계의 전체 공정도 인식과 각각의 세부 서브 시스템 분석으로 위험 중요 포인트를 확인하였으며, 작업현장 실무적용에 있어서 안전교육 및 안전지도에도 중요한 지침이 될 수 있다고 판단된다.

8. 참고 문헌

- [1] 이순요, 작업관리, 상조사, 1992. pp 223~237
- [2] 이진식, 설비관리, 형설출판사, 1997. pp 39~42
- [3] 김병석, “국내 총체적 농업안전 시스템 구축모델”, 안전경영과학회지 제5권 제3호, 2003
- [4] Hammer Willie, 1972. Handbook of System and product Safety. Englewood Cliffs. NJ: Prentice-Hall
- [5] Johnson William G, 1980. MORT Safety Assurance System. New York: Marce Dekker
- [6] National Aeronautics and Space Administration. 1970. System Safety. NHB 1700.1 (V3). Washington, DC: Safety Office. NASA.
- [7] Queensland Government, Department of Employment, Training and Industrial Relations (DETIR) Workplace Health and Safety Act 1995, 2000, available URL: <http://www.whs.qld.gov.au/whsact/act95v1.pdf> (Accessed on 20 April 2002).
- [8] McCormic, E. J 1976. Human Factors in Engineering and Design. New York: McGraw Hill.

저 자 소 개

김 병 석 : 건국대학교 졸업하고, 연세대학교 대학원에서 식품공학, 동국대학교 대학원에서 안전관리 석사학위와 명지대학교 대학원에서 산업공학 (산업안전전공)으로 박사학위를 취득하였다.

현재 충주대학교 안전공학과 교수, 충주대학교 안전과학 연구소장, 안전경영과학회 부회장, 한국기업정책 연구소 책임연구위원
관심분야는 안전관리, 시스템 안전분석, 생산안전 운영시스템, 안전심리 분야이다.