

# H 기업 프레스 작업자의 근골격계 질환 실태에 관한 연구

이동형 · 조기훈

한밭대학교 산업경영공학과

## A study on the work-related musculoskeletal disorders of press operators in H company

Lee, Dong Hyung · Cho, Gie Hoon

Department of Industrial Management & Engineering, Hanbat University

### Abstract

Recently, WRMSD(Work-Related Musculoskeletal Disorders) related to simple and repetitious works has been become big issue and has been studying actively by many korean researchers. However, it is true that the researches has been depended on foreign ones because the basic data in each field is short in Korea. In this study, we tried to search the actual conditions and factors on WRMSD of pressing workers. In addition, we examined how the contents of works and postures of workers affected at the disease. Accordingly, these research data will be used for planning the preventive program on WRMSD effectively and implement its program.

keyword : 근골격계 질환, 프레스작업, 산업재해

### 1. 서론

현대 산업구조는 과학기술의 발전으로 인해 많은 생산시설이 자동화되어 가고 있지만, 아직도 많은 부분의 생산현장에서는 사람이 직접 물건을 들고, 옮기고, 조립해야 하는 생산과정이 필요하다. 특히, 우리나라는 지금까지 신발, 섬유, 자동차, 조선, 철강업 등 노동집약형 산업에 많이 의존해 오다보니 상대적으로 산업재해율이 매우 높은 편이었다.

그동안 산업재해는 대부분이 작업자의 실수나 생산 설비의 오작동 등에 의한 순간적인

사고에 기인하는 경우가 많았으나 최근에 와서는 잘못된 작업환경 및 작업방법으로 인한 과도한 작업부하가 작업자에게 누적되어 발생하는 요통, VDT 증후군과 같은 근골격계 질환이 급격히 증가하고 있는 추세이다.

작업환경의 개선은 대체 노동력 확보와 생산성 증대 측면에서도 중요하지만 무엇보다도 작업자들의 안전확보 측면과 산업재해로 인한 불필요한 비용 지출 감소 측면에서 더욱더 중요한 사안이라고 할 수 있다. 육체 노동자의 경우에 작업부담과 과부하로 인해 겪게 되는

가장 대표적인 직업성 질병으로는 요통을 비롯한 근골격계 질환이 있다. 근골격계 질환은 신체의 일부에 외상이 나타나는 산업재해와는 달리 작업시 신체의 일부에 대한 충격이 오랫동안 누적되어 시간이 지난 후에야 증세가 나타나기 때문에 이러한 질환들이 직업과 관련되어 있음을 규명하기가 어렵고, 작업자가 신분상의 불이익을 우려, 이를 밝히는 것을 꺼려하는 등의 이유로 지금까지 정확한 질환자 통계가 잡히지 않고 있다.

미국을 비롯한 선진국에서는 1970년대부터 작업과 관련된 근골격계 질환에 대한 문제가 제기되어 오고 있었으며, 이를 예방하기 위한 인간공학적 대책에 대한 연구가 다양하게 진행되어 오고 있다. 특히 미국에서는 연간 약 500만 명의 작업자에게 요통 증세가 발생하는 것으로 조사되었고, 이로 인해 약 1,000억 달러 이상의 경제적 손실을 가져오고 있는 것으로 나타나고 있다. 이러한 현상은 미국뿐만 아니라 유럽의 여러 선진국에서도 보고되고 있다.

국내의 근골격계 질환자는 매년 급격히 증가하고 있고 2002년 현재 1827명의 질환자가 발생한 것으로 집계되었다. 이는 지속적으로 감소추세에 있는 직업성 질환자의 발생에 비해 폭발적으로 증가하고 있는데 앞으로 이러한 추세는 더욱 가속화되리라 판단되고 있다.[5].

이에 본 연구는 근골격계 질환을 유발시키는 반복작업유형 가운데 대표적인 프레스 작업과 관련된 근골격계 질환의 실태 및 원인을 조사 분석하여 근골격계 질환의 효과적인 예방 대책을 수립하고자 한다.

## 2. 근골격계 질환의 개요

### 2.1 근골격계 질환의 정의 및 원인

작업관련성 근골격계 질환의 정의에 관하여 논란이 있으나 '장기간에 걸친 지속적인 반복 동작 등에 의하여 병리적으로는 근육, 관절, 혈관, 신경 등에 미세한 손상이 발생하고, 이것이 누적되어 나타나는 일련의 증상'을 일컫

는 것이다. 임상적으로는 염좌, 건염, 점액낭염, 인대손상, 포착성 신경병증, 연골 및 골의 손상 등을 포함하며 초기에는 가벼운 통증, 저림, 얼얼함 등의 증상으로 시작하나 계속 진행되면 운동마비, 근육위축 등으로까지 진행되게 된다.

따라서 근골격계 질환이란 작업관련성질환 중 뇌심혈관계 질환을 제외한 요통 및 신체부담작업에 따른 질병을 말한다. 한편 근골격계 질환은 특수건강진단의 대상이 아니어서 그 실체를 파악할 수 있는 일반적인 연구가 없었지만, 노동환경의 변화와 사회적인 관심증대로 인하여 작업관련 근골격계 질환이 보건관리상의 주된 문제로 떠오르고 있고, 국제노동기구(ILO)도 가장 시급한 산업안전보건과제로 근골격계 장애를 들고 있다.

그러나 반복, 지속적으로 힘을 가하는 작업이 일으키는 질병으로 인한 노동자들의 신체적, 경제적 부담은 계속 증가하고 있으나 위와 같은 작업이 야기할 가능성이 있는 신체부위별 모든 근골격계 질환에 대한 객관적이고 명확한 기준이 설정되어 있지 못하다. 또 근골격계 질환의 경우 객관적인 검사에서 이상이 발견되기 이전에 주관적인 증상이 먼저 나타난다는 점 때문에 정확한 조사, 진단과 예방책이 제시되기 어렵다는 특성이 있다.

이러한 근골격계 질환의 일반적 원인으로서는 다음과 같은 것들을 들 수 있다.

- (1) 부자연스러운 자세
- (2) 과도한 힘
- (3) 반복
- (4) 작업의 지속
- (5) 소음, 진동
- (6) 기타 요인들
  - ① 저온
  - ② 날카로운 면과의 반복적인 신체접촉
  - ③ 불충분한 휴식
  - ④ 체격과 체력 등 개인적 요인
  - ⑤ 관절염 등의 개인 질환
  - ⑥ 정신 심리적 요인 및 사회적 요인  
(대인관계, 직무만족도, 스트레스 등)

### 2.2 근골격계 질환의 대표적인 증상 및 용어

## 의 정의

근골격계 질환은 주로 주관적인 자각 증상에 의해서 질환을 파악해야만 하는 단점이 있다. 또한 다양한 원인이 복합적으로 작용하여 발생함에 따라 각 요인별 영향의 계량적 입증이 필요하며, 작업자세, 사용근력, 반복성 등의 전반적인 요인에 대한 종합적인 평가로 작업적 요인의 위해정도를 파악해야 하기 때문에 판명하기 어려운 것이 현실이다. 근골격계 질환은 목, 어깨, 팔꿈치, 손목, 손 부위에서 느끼는 아픔, 뻣뻣함, 후끈거림, 저림 등이 주된 증상이다.

한편 각 분야에서 사용되는 근골격계 질환에 대한 용어는 <표 1>과 같다.

<표 1> 각 분야에서 사용되는 근골격계 질환에 대한 동의어

① WMSD (Work-related Musculoskeletal Disorders) - 근골격계 질환
② CTDs (Cumulative Trauma Disorders) - 누적외상성 질환
③ RSI (Repetitive Strain Injury) - 반복성 질환
④ VDT (Visual Display Terminal Syndrome) - VDT 증후군
⑤ OOD (Occupational Overuse Disorders) - 직업성 과다사용 질환
⑥ 견경완증후군(肩頸腕症候群)

## 2.3 우리나라 근골격계 질환 현황

2002년 노동부가 발표한 우리나라 업종별 작업관련 근골격계질환자 발생현황은 <표 2>와 같고, 이를 작업장 규모별로 보면 <표 3>과 같다. <표 2>의 업종별 발생현황을 보면 1999년 190명, 2000년 1009명 그리고 2001년에는 1598명으로 해마다 기하급수적으로 늘어나고 있으며, 특히 제조업 분야에서 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다. 작업장 규모별로는 <표 3>에서와 같이 “50인 미만”인 사업장이 가장 많이 발생하였으며, 원인은 대부분 “50인

미만”이 영세 사업장으로 근무환경이 열악하여 발생하는 것으로 보여진다.

<표 2> 업종별 작업관련 근골격계 질환자 발생현황

(단위 : 명)

구 분	1999년	2000년	2001년
광업	-	6	2
제조업	129	457	1003
전기가스 및 상수도업	-	4	4
건설업	6	32	37
운수보관	13	61	126
기타산업	42	158	426
임업	-	1	2
어업	-	-	-
농업	-	2	3
금융보험업	1	26	27
기타산업	41	129	394
계	190	1009	1598

[출처 : 노동부 2002]

<표 3> 작업장 규모별 발생현황

(단위 : 명)

구 분	1999년	2000년	2001년
50인 미만	55	285	695
50-299인	46	143	322
300-999인	29	57	164
1000인 이상	49	233	147
계	190	1009	1598

[출처 : 노동부 2002]

## 3. H기업 프레스작업의 근골격계 질환 실태 분석

### 3.1 H 기업 프레스작업의 현황

H 기업은 자동차 부품품을 만드는 제조업체로 직원은 약 200여명 정도이며, 다양한 메탈 성형작업부터 완제품에 이르는 작업 공정을 가지고 있다. 대부분의 공정이 프레스의 이용률이 많은 메탈 성형작업을 기본으로 이루어지고 있어, 35톤에서부터 400톤의 프레스가 다양하게 현장에 배치되어 있다. 배치된 프레스들은 대부분은 CAM type 프레스로 SLIDE가 하강할 때 램을 급정지시킬 수가 없

는 PIN CLUCH type 보다는 안전성이 좋다. 그러나, 프레스 작업자들은 주로 서서 작업을 하고 있으며, 공구를 사용하여 프레스의 STRIP을 교체하는 단순·반복작업을 주로 실시하고 있기 때문에 근골격계 질환에 대한 예방대책을 시급히 세워야 할 입장이다.

### 3.2 설문조사 분석

본 연구는 국내 H 기업(자동차 부품품 제조업)의 프레스 작업자 총 46명을 대상으로 설문지를 배포하여 조사를 실시하고 SPSS 통계 패키지를 이용하여 설문자료를 분석하였다.

설문은 응답자의 기초 인적사항과 작업시간, 근무년수, 작업내용, 보호구착용, 작업조명상태, 사용공구 등과 같은 작업조건 그리고 불편/아픔의 정도, 아픔/불편의 신체부위 등과 같은 근골격계질환 등을 알 수 있도록 구성하였다.

특히 근골격계질환을 나타내는 불편/아픔 부위와 정도를 없음을 1점, 참을 수 없음을 6점으로 <그림 1>과 같이 나타내었다. 그리고 <표 4>와 <표 5>는 설문에 임한 프레스 작업자의 설문내용을 정리하여 나타낸 것이다.

① 없음 ② 아주 조금 ③ 약간 ④ 보통 ⑤ 심함 ⑥ 참을 수 없음

각 부위에 아픔의 정도를 위 번호를 보고 빈칸에 적어주세요

부위	좌	우
어깨	( )	( )
목	( )	( )
허리	( )	( )
팔/팔꿈치	( )	( )
허벅지	( )	( )
손/손목	( )	( )
어깨	( )	( )
손가락	( )	( )
허벅지	( )	( )
어깨	( )	( )
목	( )	( )
허리	( )	( )
팔/팔꿈치	( )	( )
허벅지	( )	( )
손/손목	( )	( )
어깨	( )	( )
손가락	( )	( )
허벅지	( )	( )
어깨	( )	( )
목	( )	( )
허리	( )	( )
팔/팔꿈치	( )	( )
허벅지	( )	( )
손/손목	( )	( )
어깨	( )	( )
손가락	( )	( )
허벅지	( )	( )
어깨	( )	( )
목	( )	( )
허리	( )	( )
팔/팔꿈치	( )	( )
허벅지	( )	( )
손/손목	( )	( )

<그림 1> 작업자의 근골격계질환 설문

(가) 연령별, 작업년수별

조사에 응한 프레스 작업자 46명을 연령별<표 4>로 보면 30대가 32.6%(15명)로 가장 많고, 40대 28.3%(12명), 50대 21.7%(10명), 20대 17.4%(8명) 순이었다. 작업년수별 분포<표 4>를 보면 10년 이상이 26.1%(12명)로 가장 많고, 1~3년 21.7%(10명), 4~6년 19.6%(9명), 7~9년 17.4%(8명), 1년 미만이 15.2%(7명) 순이다.

<표 4> 피실험자의 연령 및 작업년수

연령	인원(명)	년수	인원(명)
20~29	8(17.4)	1년미만	7(15.2)
30~39	15(32.6)	1~3	10(21.7)
40~49	13(28.3)	4~6	9(19.6)
50~59	10(21.7)	7~9	8(17.4)
-	-	10년이상	12(26.1)
계	46(100.0)	계	46(100.0)

<표 5> 피실험자의 설문 결과

1일작업시간	인원(명)	주작업시간	인원(명)
4시간 미만	5(10.0%)	오전 8~12시	7(15.3%)
5~6	11(23.8%)	오후13~18시	8(17.4%)
7~8	18(39.1%)	심야23시이후	2( 4.3%)
8시간 이상	12(26.1%)	특정시간에 관계없음	29(63.0%)
계	46(100.0%)	계	46(100.0%)

휴식시간	인원(명)	안전교육시간/월	인원(명)
5분 미만	28(60.9%)	1시간 미만	19(41.3%)
5~10분	14(30.4%)	1~2시간	21(45.7%)
10~15분	3( 6.5%)	2시간 이상	4( 8.7%)
없다	1( 2.2%)	전혀없다	2( 4.3%)
계	46(100.0%)	계	46(100.0%)

작업 만족도	인원(명)
불만족	11(23.9%)
보통	25(54.3%)
만족	10(21.8%)
계	46(100.0%)

(나) 1일 작업시간별 및 주작업시간별

설문조사에 응한 프레스 작업자 46명 중 1일 프레스 관련작업에 대한 근무시간별 분포<표 5>를 보면 7~8시간이 39.1%(18명)로 가장 많았으며, 8시간 이상이 26.1%(12명), 5~6시간이 23.9%(11명), 4시간이내가 10.9%(5명) 순이다. 작업자의 주작업시간별 분포를 보면 특정시간에 관계없음이 63.0%(29명)로 가장 많았으며, 오후13~18시가 17.4%(8명), 오전 8~12시가 15.2%(7명), 심야 23시 이후가 4.3%(2명) 순이었다.

(다) 휴식시간별 및 안전교육시간별

휴식시간에 관한 항목에 응답한 46명의 분포를 보면, 5분 미만이 60.9%(28명)로 가장 많았으며, 5~10분이 30.4%(14명), 10~15분은 6.5%(3명), '없다'가 2.2%(1명) 순이었다. 이는 프레스 작업 중 10분 이하의 휴식시간이 93.5%나 차지하고 있어, 작업 중 휴식시간의 부족이 매우 심각한 상황임을 알 수 있다.

또한 프레스 작업자의 1개월 당 안전교육시간을 보면 1~2시간이 45.7(21명)%로 가장 많았으며, 1시간 미만이 41.3%(19명), 2시간 이상이 8.7%(4명), '전혀 없다'가 4.3%(2명) 순으로 나타났다. 산업안전보건법상 정기안전교육 법정교육시간이 2시간(제조업) 이상임을 고려하면, 2시간 이하가 전체응답자의 91.5%나 차지하고 있어, 안전교육도 거의 실시되지 않음을 알 수 있다.

(라) 작업에 대한 만족도

설문조사에 응한 프레스 작업자 46명 중 작업에 대한 만족도는 보통이 54.3%(25명)로 가장 많았으며, 불만족이 23.9%(11명), 만족이 21.8%(10명) 순이었다. 이는 보통과 만족이 전체 75.1%라는 응답 수치를 고려해 볼 때, 대체적으로 만족도가 높은 편이라고 볼 수 있지만, 이는 안전교육의 미실시로 프레스 작업상 발생할 수 있는 재해를 알지 못하기 때문이라고 생각된다.

3.3 근골격계 질환의 원인 분석

1) 작업내용과 질환의 상관분석

위에서 실시한 작업내용에 대한 빈도분석을 기초로 하여, 근골격계질환과 작업내용에 관한 설문항목인 작업자의 1일 작업시간, 주작업시간대, 근무년수, 1시간당 휴식시간, 1개월당 안전교육시간, 작업에 대한 만족도 등의 상관관계를 SPSS Program을 이용하여 분석하였다.

가) 개인별 근골격계질환 총계 점수와 1일 작업시간과의 상관관계 분석.

프레스 작업자 46명(결측 1명) 중 45명의 프레스 작업자의 개인별 근골격계질환의 총계 점수와 1일 작업시간과의 상관관계를 분석결과는<표 6>과 같다.

<표 6> 개인별 근골격계질환 총계 점수와 1일 작업시간과의 상관관계

상관 관계		1일 작업시간(y)
개인별 근골격계질환 총계 점수(x)	Pearson 상관계수	0.716**
	유의 확률 (양쪽)	0.000
	N	45

\*\* 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의.

<표 6>에서 개인별 근골격계질환 총계 점수(x)와 1일 작업시간과(y)의 상관관계는 유의수준 0.01에서 유의함을 알 수 있었다. 즉, 1일 작업시간과 개인별 근골격계질환 사이에는 상관관계가 있으며, 근골격계질환이 많은 작업자일수록 1일 작업시간이 많은 것으로 나타났다.

나) 개인별 근골격계질환 총계 점수와 근무년수의 상관관계 분석

프레스 작업자 46명(결측 1명) 중 45명의 프레스 작업자의 개인별 근골격계질환의 총계 점수와 근무년수의 상관관계를 분석한 결과는<표 7>과 같다.

<표 7> 개인별 근골격계질환 총계 점수와 근무년수와의 상관관계 분석

상관 관계		근무년수( y )
개인별 근골격계질환 총계 점수( x )	Pearson 상관계수	0.568**
	유의 확률 (양쪽)	0.000
	N	45

\*\* 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의.

<표 7>에서 개인별 근골격계질환 총계 점수와 근무년수와의 상관관계는 유의 수준 0.01에서 유의함을 알 수 있었다. 즉, 근무년수가 긴 작업자일수록 개인별 근골격계질환 총계 점수가 높은 것으로 나타났다.

다) 개인별 근골격계질환 총계 점수와 1시간당 휴식시간과의 상관관계 분석.

프레스 작업자 46명(결측 1명) 중 45명의 프레스 작업자의 개인별 근골격계질환의 총계 점수와 1시간당 휴식시간과의 상관관계를 분석하면 <표 8>과 같다.

<표 8> 개인별 근골격계질환 총계 점수와 1시간당 휴식시간과의 상관관계 분석

상관 관계		1시간당 휴식시간
개인별 근골격계질환 총계 점수	Pearson 상관계수	- 0.649**
	유의 확률 (양쪽)	0.000
	N	45

\*\* 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의.

<표 8>에서 개인별 근골격계질환 총계 점수와 1시간당 휴식시간과의 상관관계는 유의 수준 0.01에서 유의함을 알 수 있었다. 즉, 휴식시간이 짧을수록 개인별 근골격계질환 총계 점수가 높은 것으로 나타났다.

### 3.4 예방대책

설문결과 프레스 작업자의 휴식시간이 절대적으로 부족하므로, 1시간 작업 후 최소한 10분 이상의 휴식시간을 주어 반복작업 후 근육이 충분히 쉴 수 있도록 하여야 한다. 그러나 근본적인 예방은 자동화공정을 구축하여 이러한 위험요인을 차단하는 것이다. 이 방법은 회사의 사정상 쉽게 이루어지는 단계가 아니므로 신중한 검토가 필요할 것이다. 또한 충분한 안전교육의 실시로 근로자들에게 근골격계 질환의 원인 및 예방, 사후관리 방법 등을 교육시키고, 근로자들이 직접 근골격계 질환예방 활동에 적극적으로 참여할 수 있도록 해야 하며, 또한 위험설비에 대한 안전작업방법도 주시시켜야 한다.

상관관계분석 결과 개인별 근골격계질환과 1일작업시간, 근무년수 그리고 1시간당 휴식시간이 유의적 상관관계가 있으므로, 긴 작업시간과 근무년수가 오래된 근로자들에게는 작업 부서를 바꾸어 프레스 이외의 다른 작업을 시키거나, 프레스 작업에 대해서 시간대별로 교대근무를 시켜야 한다.

또한 사내 TPM 활동 등을 실시하여 주위의 작업환경을 스스로 정리, 정돈, 청소, 정결, 생활화하여 깨끗한 작업환경을 만들어야 하며, 이러한 깨끗한 작업환경은 작업자들의 스트레스를 한층 더 감소시킬 것이라 생각한다. 불편한 작업공구에 대해서는 작업자들의 근육에 부담을 주지 않고, 편리하게 사용하게 사용할 수 있도록 인간공학적 설계가 이루어져야만 한다.

그리고 근로자의 아픔/불편 부위에 대해서는 사후관리를 할 수 있도록 주기적인 검진 및 치료가 필요하며, 작업 전, 중, 후에 간단한 스트레칭을 실시하도록 지도해야 한다. 또한 회사차원에서는 가능한 건강 관리 자원을 효과적으로 이용할 수 있도록 노·사 모두가 합심하여 근골격계질환 예방 위해 노력해야만 한다.

#### 4. 결 론

본 연구는 근골격계 질환을 유발시키는 반복작업유형 가운데 대표적인 프레스 작업과 관련된 근골격계 질환의 실태 및 원인을 조사 분석하였다. 작업내용과 근골격계질환과의 상관관계분석결과 근골격계질환과 1일작업시간, 근무년수 그리고 1시간당 휴식시간이 유의적 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 즉 1일작업시간과 근무년수가 많으면 그리고 1시간당 휴식시간이 적으면 근골격계질환이 많은 것으로 나타났다. 원인은 <표 5>의 피실험자의 설문결과에서 보듯이 산업안전보건법상 정기안전교육 법정교육시간이 2시간(제조업) 이상임에도 불구하고, 전체응답자의 91.5%가 안전교육을 2시간 이하 또는 전혀 받지 않음을 알 수 있다. 또한 1시간 작업 후 최소한 10분 이상의 휴식시간을 주어 반복작업 후 근육이 충분히 쉬 수 있도록 하여야 함에도 불구하고, 작업 중 10분 이하의 휴식시간을 갖는 작업자가 93.5%나 차지하고 있어, 작업 중 휴식시간의 부족이 원인이 됨을 알 수 있다.

이러한 근골격계질환의 근본적인 예방은 자동화공정을 구축하여 질환발생요인을 차단하는 것이나, 근골격계질환 발생요인을 갖고있는 산업체의 경우 영세사업체로 공정의 자동화는 사실상 어려운 실정이다. 그러나 충분한 안전교육의 실시와 근로자들에게 근골격계질환의 원인 및 예방, 사후관리 방법 등을 교육시키고, 근로자들이 직접 근골격계질환 예방 활동에 적극적으로 참여할 수 있도록 사업체가 유도를 한다면 근골격계질환 발생을 크게 줄일 수 있다고 본다.

본 연구는 H 기업의 프레스 작업자들을 대상으로 제한된 범위와 인원 내에서 설문 조사를 실시하였기 때문에 대상 사업장에서 얻어진 설문결과를 일반화하여 확대해석 하기에는 부족한 면이 많이 있다. 그러므로 근골격계 질환의 발생원인을 작업환경 외에도 작업자 특성, 체질 등의 감성적으로 분류하여 직업별, 작업작별, 성격별 그리고 체질별로 질환의 원인과 예방대책을 수립하는 연구가 계속 이루어

어진다면 산업재해를 해결하는데 큰 도움이 되라고 본다..

#### 참 고 문 헌 (수정)

- [1] 이진명, "화학공정의 위험성 평가를 위한 HAZOP 분석 전문가 시스템의 구축," 부산대학교 대학원 석사학위 논문, 1998.
- [2] 한국산업안전공단, "공정안전관리제도," 1997.
- [3] 한국산업안전공단, "공정안전관리업무편람," 1999. 2.
- [4] 한국산업안전공단, "공정안전보고서 작성(예시)," 1996. 2.
- [5] 노동부, "2001 산업재해분석" 2002.
- [6] D. P. Nolan, "Application of HAZOP and What-If Safety Reviews to the Petroleum, Petrochemical and Chemical Industries," Noes Publications, New Jersey, 1994.
- [7] V. Venkatasubramanian, R. Vaidhyathan, "A Knowledge-Based Framework for Automating HAZOP Analysis," AIChE Journal, 40, 496-505, 1994.
- [8] V. Venkatasubramanian, R. Vaidhyathan, "Experience with an Expert System for Automated HAZOP Analysis," Comput. chem. Engng, 20, 1589-1954, 1996.
- [9] Y. Shimada, K. Suzuki, H. Sayama, "Computer-Aided Operability Study," Comput. Chem. Engng, 20, 905-913, 1996.
- [10] Horacio Leone, "A Knowledge-Based System for HAZOP Studies," Comput. chem. Engng, 20, 369-374, 1996.
- [11] H., G. Lawley, "Operability Studies and Hazard Analysis," Chemical Engineering Progress, 70, 45-55, 1974.