생산성향상을 위한 설비안전평가 시스템 설계 - A study on Design of Plant Safety Evaluation for Increasing Productivity -

양 광 모*·서 장 훈**·조 용 욱***·이 공 섭****

Abstract

This study's purpose centers plant management activities that is management system for total plant efficiency's maximization, plant evaluation system that production and safety management activities factor that is enforcing in manufacturing industry can develop evaluation model that can evaluate quantitative activities in process that maximize productivity and safety efficiency wishes to do design.

1. 서 론

설비관리는 효율적인 관리를 위한 것으로만 그치는 것이 아니라 그 설비를 사용하는 생산라인의 생산성 및 안전 등에 직접적인 영향을 미치게 되어 결과적으로 기업의 이윤과 직결되기 때문에, 최근에는 많은 생산현장에서 과거의 설비관리시스템 개념 보다는 의사결정을 상황에 맞게 동적으로 내릴 수 있는 설비관리시스템을 요구하고 있다. 따라서 본 연구에서는 현재 예방보전의 실태를 문헌을 통하여 고찰하고 효율적인 예방 보전을 위하여 생산성과 안전을 고려하여 설비를 평가하고 관리 할 수 있는 시스템을 개발하고자 한다.

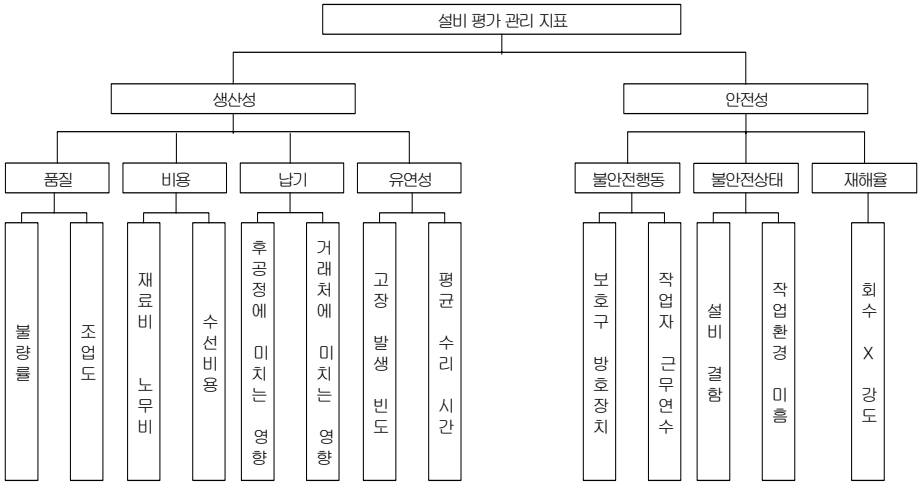
* 유한대학 산업경영과 전임강사
** 중소기업진흥공단 연구원
*** 인덕대학 산업시스템경영과 조교수
****유한대학 산업경영과 교수

2. 설비안전평가의 구조설계

2.1 기호정리

설비안전 평가를 위한 구조도와 기호는 다음과 같이 정의한다.

P = 생산성
PW = 생산성 가중치
PQ = 생산성의 품질요소
PQW = 생산성의 품질요소 가중치
PQW_i = 생산성의 품질 항목 i 의 가중치
PQD_i = 생산성의 품질 항목 i 의 정규화 값
PC = 생산성의 비용요소
PCW = 생산성의 비용요소 가중치
PCW_i = 생산성의 비용 항목 i 의 가중치
PCD_i = 생산성의 비용 항목 i 의 정규화 값
PD = 생산성의 납기요소
PDW = 생산성의 납기요소 가중치
PDW_i = 생산성의 납기 항목 i 의 가중치
PDD_i = 생산성의 납기 항목 i 의 정규화 값
PF = 생산성의 유연성요소
PFW = 생산성의 유연성요소 가중치
PFW_i = 생산성의 유연성 항목 i 의 가중치
PFD_i = 생산성의 유연성 항목 i 의 정규화 값
S = 안전성
SW = 안전성 가중치
SB = 안전성의 불안전 행동요소
SBW = 안전성의 불안전 행동 요소 가중치
SBW_i = 안전성의 불안전 행동 항목 i 의 가중치
SBD_i = 안전성의 불안정 행동 항목 i 의 정규화 값
SS = 안전성의 불안전 상태요소
SSW = 안전성의 불안전 상태 요소 가중치
SSW_i = 안전성의 불안전 상태 항목 i 의 가중치
SSD_i = 안전성의 불안정 상태 항목 i 의 정규화 값
SS = 안전성의 재해 요소
SSW = 안전성의 재해 요소 가중치
SSW_i = 안전성의 재해 항목 i 의 가중치
SSD_i = 안전성의 재해 항목 i 의 정규화 값



[그림 1] 설비평가를 위한 구조모형

2.2 변수에 대한 가중치 선정

[그림 1]과 같은 계층구조모형에서 각 변수들의 가중치를 결정하기 위하여 Thomas Saaty[8,9]가 제안한 AHP 기법을 활용하였으며, 그 절차는 다음과 같다.

1 단계 : AHP가중치를 결정하기 위한 위원회를 구성하였다. 본 연구에서는 각 항목에 대한 가중치를 결정하기 위하여 생산관리 담당자 10명과 안전관리 담당자 10명에게 각각의 항목에 대한 항목 비교를 위한 설문을 진행하고 분석하였다.

2 단계 : 각각의 위원들의 설문결과는 계층구조에서 만들어진 행렬들에 주관적으로 n개의 대안을 갖는다고 가정하고 상대적 중요도를 평가하였다.

3 단계 : 상대적 중요도를 합성하고 일관성 지수 (C.I ; Consistency Index), 비일관성 지수(I.I ; Inconsistency Index), 그리고 일관성 비율 (C.R ; Consistency Rate)을 구한다.

$$C.I = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \qquad (1)$$

최종 수준의 행렬에서

$$C.R = \frac{C.I}{R.I} \leq 0.1 \qquad (2)$$

4 단계 : AHP 가중치 결정의 절차는 매우 복잡하여 본 연구에서는 AHP 프로그램을 개발하여 활용하였다.

3. 설비평가측정 기법 산정

모든 평가 요소를 i라 표시하고 i=1,.... s이다. 각 안전 요소(j = 1,..., l)의 정규화는 다음과 같이 표현한다[4, 5]. 만일 요소가 요소값이 클수록 좋은 경우에는 NOV (Nomalized Objective Attribute Value)는

$NOV_{ij} = OV_{ij}/(OV_{i1} + OV_{i2} + \ldots + OV_{il})$ (3) 이고, 요소값이 작을수록 좋은 경우는 아래와 같다.

$NOV_{ij} = (1/OV_{ij})/[(1/OV_{i1}) + (1/OV_{i2}) + \ldots + (1/OV_{il})]$ (4)

3.1 생산성 항목의 계산

생산성의 항목은 생산관리의 품질, 비용, 납기, 유연성의 항목을 설비관리에 맞게 구성하였다.

품질의 경우는 조업도와 불량률, 비용은 손실비용과 수선비용, 납기는 후공정 및 거래처와의 관계 마지막으로 유연성은 고장발생빈도와 평균수리시간으로 하였다.

또한 이들 변수를 동일한 기준으로 환산하기 위하여 정규화 과정을 거쳐야 하는데 이때 식(3)과 (4)를 사용하며, 그 값이 높은 것이 좋을 때는 식(3)을 사용하고, 그 반대

인 경우는 식(4)를 사용한다. 따라서 생산성의 항목에서는 조업도의 경우만 식(3)을 활용하여 정규화를 시키고 나머지는 식(4)를 활용한다. 따라서 각각의 품질, 비용, 납기, 유연성에 대한 값은 다음 식(5)(6)(7)(8)을 사용하여 구할 수 있다.

$$PQ = PW[\sum_{i=1}^{n} PQW \times PQD] \quad (5) \qquad PC = PW[\sum_{i=1}^{n} PCW \times PCD] \quad (6)$$

$$PD = PW[\sum_{i=1}^{n} PDW \times PDD] \quad (7) \qquad PF = PW[\sum_{i=1}^{n} PFW \times PFD] \quad (8)$$

또한 생산성 변수의 값은 식(9)와 같이 나타낼 수 있다.

$$P = PW[PQ \times PC \times PD \times PF] \quad (9)$$

3.2 안전 항목의 계산

안전에 대한 항목은 불안전 행동과 불안전 상태로 구분할 수 있지만 지금까지의 재해 발생 실태를 반영하기 위하여 배해의 변수를 추가하였다.

불안전한 행동의 경우는 보호구와 방호장치, 작업자의 근무연수, 불안전 상태의 경우는 설비와 방호장치의 결함과 작업환경 결함, 마지막으로 재해의 경우는 횟수×강도로 하였다. 이또한 식(3)과 식(4)를 통하여 그 값을 정규화 시킨다.

따라서 각각의 불안전 행도, 불안전 상태, 재해에 대한 값은 다음 식(10)(11)(12)를 사용하여 구할 수 있다.

$$SB = SW[\sum_{i=1}^{n} SBW \times SBD] \quad (10) \qquad SS = SW[\sum_{i=1}^{n} SSW \times SSD] \quad (11)$$

$$SI = SW[\sum_{i=1}^{n} SIW \times SID] \quad (12)$$

또한 안전 변수의 값은 식(13)과 같이 나타낼 수 있다.

$$S = SW[SB \times SS \times SI] \quad (13)$$

3.3 설비평가 적용

위의 항목들과 항목에 대응되는 가중치를 적용하기 위한 설비평가 관리 체계의 평가표를 정리하면 다음 <표 1>과 같은 결과를 도출할 수 있다. 따라서 기업에서는 각 단계에 맞는 운영방안을 설정하여 기계설비에 대한 관리를 하게 된다. 또한 평가표에서 확인된 값을 종합설비지수로 계산하려면 종합재해지수의 공식[1]을 활용하여 다음과 같이 정의 할 수 있다.

Plant Evaluation Index = $\sqrt{\quad}$ (14)

본 연구에서 제시하는 평가하는 체계를 활용하면 생산성과 안전성을 모두 고려하는 지표를 구할 수 도 있지만 생산성과 안전성애 대한 각각의 위치를 파악하고, 이들에 대한 관계까지도 규명할 수 있다.

<표 1> 설비평가 관리 작성(안)

	생산/안전	요소	항목	내용	정규화 값
설비평가	생산(P) 0.58	품질(PQ) 0.42	불량률(PQ1) 0.45	설비가 발생한 불량	
			조업도(PQ2) 0.55	가동시간/근무시간	
		비용(PC) 0.24	손실액(PC1) 0.39	자재비, 노무비, 에너지 등	
			수선비용(PC2) 0.61	모든 수리비용	
		납기(PD) 0.09	후공정 영향(PD1) 0.51	지연시간	
			거래처 영향(PD2) 0.49	지연일	
		유연성(PF) 0.26	고장발생빈도 (PF1) 0.27	MTBF	
			평균수리시간 (PF2) 0.73	MTTR	
	안전(S) 0.42	불안전행동 (SB) 0.10	보호구 방호장치 (SB1) 0.82	보호구 방호장치 결함 수	
			작업자 근무연수 (SB2) 0.18	작업자 근무연수	
		불안전상태 (SS) 0.41	설비결함(SS1) 0.63	설비 방호장치 결함 수	
			작업환경(SS2) 0.36	작업환경 상태가 미흡 부분 수 측정된 공정 작업역 위험 건수	
		재해(SI) 0.49	재해지수(SI1) 1.00	회수×강도 강도 - 사망 : 4점/건 중상 : 3점/건 경상 : 2점/건 무재해 사고 : 1점/건	

4. 결론 및 향후연구과제

21세기의 설비진단이란 고객의 측면과 작업자의 측면을 모두 고려한 생산성 향상과 재해로부터의 손실을 최소화하기 위하여 행하여지는 것으로 생산과 안전은 항상 밀접한 관계를 가지고 있다고 볼 수 있다. 현재 국내 기업들은 기업의 이윤 때문에 안전보다는 생산을 더 중요시 하고 있지만 안전에 대한 중요성을 부각시키고 있는 실정이다. 이는 기존의 설비진단의 경우가 생산성 측면에만 중점되어 있는 것으로 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 설비보전의 개념에 안전관리의 효율성을 높이기 위하여 제조라인에서 운용되고 있는 설비에 대한 생산성과 안전을 고려한 평가기법을 제안하고자 한다.

본 연구에서 제시하고 있는 설비에 대한 생산 및 안전관리를 제조업에서 실시하기 위해서는 각 공정에서 운영되고 있는 설비에 대한 평가방법을 적용하는 것이 효율적인 방법이다. 또한 이러한 사전 예방을 실시하여 제조업의 많은 사고를 줄이고 최적의 생산성을 올릴 수 있는 것이다.

본 연구는 제조업에 일반적으로 적용할 수 있는 생산성과 안전을 고려한 설비평가 관리 시스템을 제안하였다. 하지만 계속되는 연구로 인해서 평가변수의 확립과 사례기업에 적용에 따른 평가방법의 효율성에 대한 증명도 이루어져야 할 것이다.

5. 참 고 문 헌

[1] 강경식 외 23인(2005) 『안전경영과학론』, 청문각
[2] 양광모, 전현정, 강경식, “불확실한 환경하에서의 생산성 증대를 위한 설비시스템 설계”, 한국 보전경영학회지, 제9권, 제1호, pp217-229, 2004
[3] 이영상, 권기수(2003), 『이론과 실무를 접목시킨 하이브리드 TPM』, 한국 표준협회
[4] 조용욱(1999), “다수의 주관적요소와 객관적 요소를 고려한 다특성치 강건설계” 명지대학교 박사학위 논문
[5] 조용욱, 박명규, 김용범,(1999) “로봇선택을 위한 의사결정 모델 개발”, 안전경영과학회지 제1권 제 1호
[6] M. S. Jones, C. J. Malmborg and M.H. Agee(1985), " Robotics: decision support systems used for robot selection" Ind. Engng 20, pp66-73.
[7] P. Y. Huang and P. Ghandforoush(1984), "Robotics: procedures given for evaluating selecting robots," Ind. Engng Apr, pp44-48.
[8] Saaty Thomas L.(1994), "Highlight and Critical Points in the Theory and Application of the Analytic Hierarchy process, Eur. J. Operational Research (74)3, pp.426-447
[9] Saaty T.L.(1980), “The Analytic Hierarchy Process”, Mcgraw-Hill