

## 성공적인 TPM 활동을 위한 소프트웨어 시스템

### A Software System for Total Productive Maintenance

갈원모\*, 함효준\*

Won-Mo Kal, Hyo-Joon Hahm

#### Abstract

This paper is to develop a software system for the successful implementation of TPM, based upon an analysis of manufacturing circumstance which are not identical in every company.

Many studies and experiences show that successful implementation of TPM requires an integrated system of various functions of company, which is hardly attainable without top managerial priority in decision-making process.

To the top managers as well as the front line workers, in the earlier stage of TPM, it is usually viewed as waste of time, production and cost and confusion of job definitions. For the purposes of justification of high cost of initial stage and demonstration of improvements of capital productivity, vast amount of data and information concerning about various functions of firm should be identified, retrieved and analyzed, effectively. TPM should show how significantly maintenance can make profit for company. Hidden cost, for example, resulting from various losses should be identified quantitatively and reduced as a corporate level.

This paper contends that TPM should be introduced and implemented as well as an effective software for its evaluation simultaneously. Later part of this paper is to test a suggested software system for a real case.

---

\* 서울보건전문대학교 산업안전과(Dept. of Industrial Safety, Seoul Health Junior College)

\*\* 아주대학교 산업공학과(Dept. of Industrial Engineering, Ajou University)

## 1. 서론

현재, 우리기업은 노동력에 의존하는 생산시스템에서는 기업의 전체목표를 달성할 수가 없기 때문에 공장 자동화(Factory Automation), 산업용 로봇, 컴퓨터 통합 생산 시스템(Computer Integrated Manufacturing), 유연생산 제조 시스템(Flexible Manufacturing Systems) 등의 새로운 자본 또는 기술집약적인 생산방식으로 전환하여 설비생산성을 향상시킴으로써 생산성(Productivity)향상, 품질(Quality), 원가(Cost) 절감, 납기(Delivery date)준수, 안전(Safety) 사고 예방을 함으로써 기업의 경쟁력을 극대화 시키는 실정에 놓여 있다.

그러나 이와같은 상황하에서는 FA(Factory Automation), 산업용 로봇, CIM(Computer Integrated Manufacturing) 시스템의 비용을 상쇄 시킬 수 있는 운영시스템의 문제가 대두 되는데 이에 대한 해결방안으로는 설비의 생산성을 최대한으로 높이는 것이라 할 수 있다[1][4].

국내 기업의 TPM활동을 살펴보면 생산 설비가 고도화·다양화 됨에 따라 이에 대한 보전관리는 더욱 더 복잡해 졌고 설비보전 정보(설비고장자료 및 보전자재의 수명자료 등) 및 설비보전에 관계된 일반업무(보전작업계획, 보전자재관리, 보전기술관리, 보전 효과측정 등)의 양이 급격히 증가되어 이를 적은 인원으로 보다 신속하고 정확하게 실

시하려면 컴퓨터를 적극적으로 활용하지 않을 수 없게 되었다.

따라서 본 소프트웨어 시스템의 개발은 먼저 현재 공장에서 실행되고 있는 설비관리 업무를 분석하고 그 관리의 흐름을 파악한 후 여기에다 개선항목을 추가하여 전반적인 업무의 흐름도를 작성하는 과정을 따르고자 한다. 이 흐름도를 근간으로 하여 설비관리의 전산화 범주를 결정하였으며 이를 효과적으로 처리 할 수 있는 소프트웨어 시스템을 설계한다.

또한, 설계한 소프트웨어 시스템에 국내한 전자업체를 대상으로 보전관리 자료를 입력하여 실제 시스템을 운용한 결과들을 분석·평가하고자 한다.

## 2. 소프트웨어 시스템의 설계

### 2.1 보전업무설계

본 연구에서는 설비의 고도화·전자화가 진전된 설비의존형 현대기업을 대상으로 생산활동에 연결된 설비보전체계를 확립하기 위해 설비고장관리, 보수 및 점검관리, 보전자재관리, 예방보전관리, 설비이력관리, 설비가동을 측정 및 분석 등의 제반 설비관리 업무를 효율적으로 처리할 수 있는 업무흐름을 설계하여야 한다.

먼저 설비보전관리업무에 많이 사용되는 용어의 정의를 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 금년도 월보전비: 설비보전효과를 측정하려고 하는 월에 사용된 총보전비용

- (2) 전년도 월평균보전비: 설비보전 효과를 측정하려고 하는 바로 전년도 총보전비의 월 평균 금액
- (3) 보전자재비: 설비의 보전을 위해 사용된 부품, 재료 등의 제반 자재비용
- (4) 보전인건비: 설비의 생산보전을 위해 쓰여진 인건비를 말하며 사용된 공수에 임률을 곱한 값
- (5) 소모성 보전자재비: 설비의 내구연수, 성능향상에 영향을 미치지않고 단지 설비의 정상적 가동에 쓰여진 보전자재비
- (6) 자본적 보전자재비: 설비의 내구연수를 늘리기위해 또는 설비의 성능향상을 위해 사용된 보전자재비
- (7) 직접노무비: 제품이 직접적으로 사용되는 원재료, 부품, 부분품 등을 말하며 제품의 생산량에 비례하여 소모되는 자재비용
- (8) 직접경비: 일반경비 중에서 제품생산에 직접적으로 쓰여진 경비
- (9) 작업시간: 잔업, 특근을 포함한 총 작업시간(부하시간 + 기타유실시간)
- (10) 기타유실시간: 모든정지시간 중 설비정지로스시간을 제외한 그외 정지시간
- (11) 부하시간: 설비의 만족한 상태하(설비 정지시간이 없는 상태)에서 생산활동을 위하여 동작 가능한 설비사용시간
- (12) 가동시간: 설비의 전원이 "ON" 되어 있는 상태이며 제품가공을 하든 안하든 간에 설비가 실제로 돌아가는 시간
- (13) 고장시간: 설비고장 및 품질불량에 의

한 정지시간  
위의 용어정의를 기준으로 보전효과의 평가를 위한 수식의 관계는 다음과 같다.

- (a) 설비시간 가동율  
=  $\frac{(\text{부하시간} - \text{설비고장시간})}{\text{부하시간}}$
- (b) 설비고장 도수율  
=  $\frac{\text{설비고장건수의 합}}{\text{부하시간의 합}}$
- (c) 설비고장 강도율  
=  $\frac{\text{설비고장시간의 합}}{\text{부하시간의 합}}$
- (d) 부하시간당 보전비  
=  $\frac{\text{총보전비}}{\text{부하시간}}$
- (e) 제품단위당 보전비  
=  $\frac{\text{총보전비}}{\text{제품생산량}}$
- (f) 시간의 노동비율  
=  $\frac{\text{잔업} \cdot \text{특근시간}}{\text{부하시간}}$
- (g) 보전자재비율  
=  $\frac{\text{보전자재비}}{\text{총보전비}}$
- (h) 보전인건비율  
=  $\frac{\text{보전인건비}}{\text{총보전비}}$
- (i) 생산보전비율  
=  $\frac{\text{보전비}}{\text{총생산액}}$
- (j) 소모성보전자재비율  
=  $\frac{\text{소모성보전자재비}}{\text{총보전자재비}}$

- (k) 직접제조원가비율  

$$= \frac{\text{총보전비}}{(\text{직접노무비} + \text{간접노무비})}$$
- (l) 노동의 유효성  

$$= \frac{\text{표준 MH(Man Hour)}}{\text{실적 MH}}$$
- (m) 작업율  

$$= \frac{\text{부하시간 계}}{\text{작업시간 계}}$$
- (n) 시간 가동율  

$$= \frac{\text{가동시간 계}}{\text{부하시간 계}}$$
- (o) 성능 가동율  

$$= \frac{\text{실가공시간}}{\text{가동시간}}$$
- (p) 양품을  

$$= \frac{\text{양품수}}{\text{생산량}}$$
- (q) 설비종합효율  

$$= \frac{\text{가동시간 계}}{\text{부하시간 계}} \times \frac{\text{실가공시간}}{\text{가동시간}} \times \frac{\text{양품수}}{\text{생산량}}$$
- (r) 현재고량  

$$= \text{입고수량} - \text{정기점검 작업 소요량} - \text{돌발고장 작업 소요량}$$
- (s) 자재발주량  

$$= \text{기준재고량} - \text{현재고} - \text{정기점검에 필요한 소요량} - \text{발주 미입고량}$$

- (t) 보전비  

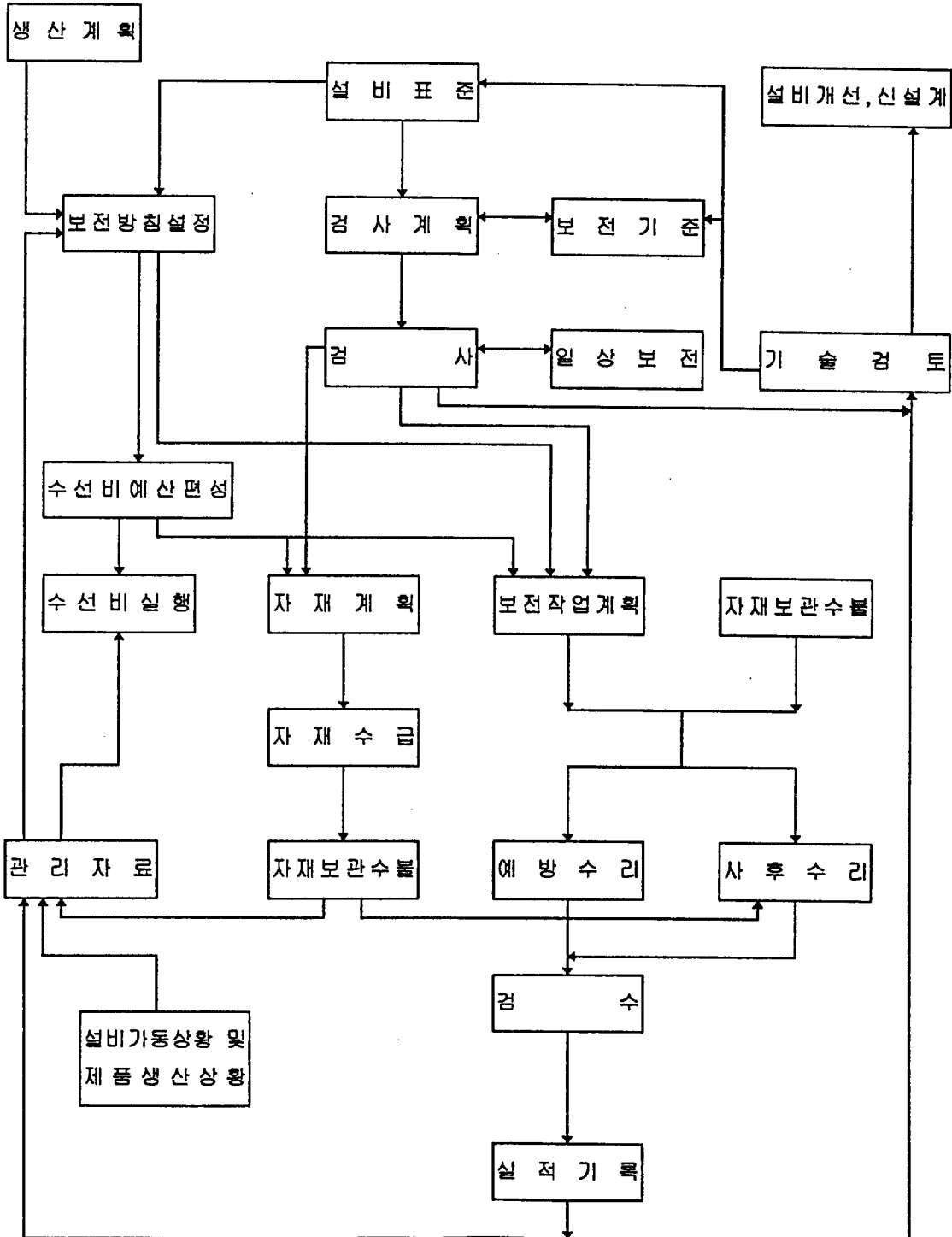
$$= \text{자재비(정기점검 자재비} + \text{돌발고장 자재비)} + \text{인건비(정기점검 인건비)} + \text{외주수선비}$$

설비관리시스템을 구축하기 위해 그 내용을 살펴보면 크게 보전자재관리, 보전작업관리, 예방보전관리, 보전기록관리, 보전효과의 평가로 분류할 수 있는데 먼저 생산계획과 설비표준을 근거로 하여 보전방침이 결정되며 이 방침을 토대로 설비검사계획과 보전작업계획이 수립된다.

보전작업계획이 수립되면 이에따라 외주작업을 맡기든가 아니면 자체내에서 예방수리작업과 사후수리작업을 실시한다. 그 다음에 예방수리 및 사후수리 실적을 기록하여 이의 자료가 보전기술검토에 피이드백되어 최종적으로 설비표준이나 설비개선·신설계에 반영되는 것이다. 그리고 보전작업실적과 자재보관수불실적, 설비가동상황 및 제품생산상황의 실적이 관리자료로 집계되어 보전효과의 측정과 보전비 집계가 이루어진다. 이러한 관리자료는 보전방침설정과 수선비 실행에 다시 피이드백 되어진다.

이러한 보전관리 업무의 흐름도를 세부적으로 도시한 것이 [그림 2-1]이다.

[그림 2-1] 보전관리 업무 흐름도



## 2.2 소프트웨어의 설계

설비관리 업무의 합리화를 이룸과 동시에 보전관리의 질적 향상을 도모하기 위하여 우선적으로 고려 해야 할 사항은 전산화 분야를 설정하는 것이다. 따라서 전산화 분야는 크게 5가지 분야로 구분하였다.

첫째, 예방보전 활동의 관리 및 작업원 관리에서는 사전에 지시와 점검을 함으로서 인건비를 절약한다.

둘째, 보전자재 관리에서는 각 자재별로 이를 사용하고 있는 설비들을 알 수 있게 하여서 자재의 호환성 검토에 이용 할 수 있도록 한다.

셋째, 설비 및 자재의 이력관리에서는 자재의 수명주기, 최적 자재교환주기의 결정에 기초자료를 제공하기 위함이며 설비의 고장에 따른 사후보전비를 집계하도록 한다. 또한, 설비의 고장시간, 수리시간 등의 보전기록들을 축적·유지 토록 함으로서 추후에 이들 자료를 근거로하여 MTTR(Mean Time Between To Repair), MTBF(Mean Time Between Failure) 등의 계산을 가능하게하여 점검주기의 결정, 예방보전에 반영토록 한다.

넷째, 보전비 자료의 수집 및 보전효과의 평가에서는 자재비, 인건비, 설비의 외주 수선비 등을 수집하여 기간별 총 비용을 산출하며 보전효과의 평가는 기간별 설비의 가동실적, 고장건 수, 고장시간, 제품생산수량을 수집·누계하여 여러가지 보전평가의 지표 값이

계산·보고되게 함으로 인하여 설비의 사용 및 관리부서의 보전효과의 측정자료가 단시간 내에 피이드백 할 수 있게 한다.

다섯째, 일일 Data관리에서는 매일 설비의 가동실적 및 제품생산수량을 입력토록하며 보전효과 측정의 계산자료로 활용되도록 한다.

전산화 체계를 설계하는 데는 코드(Code)의 설계와 관리가 선행 되어져야 하고 입력, 출력의 표준화가 이루어져야 하며, 코드의 표준화가 이루어져야 한다. 본 소프트웨어의 전산화 체계의 내용을 도식화하면 [그림 2-2]와 같다.

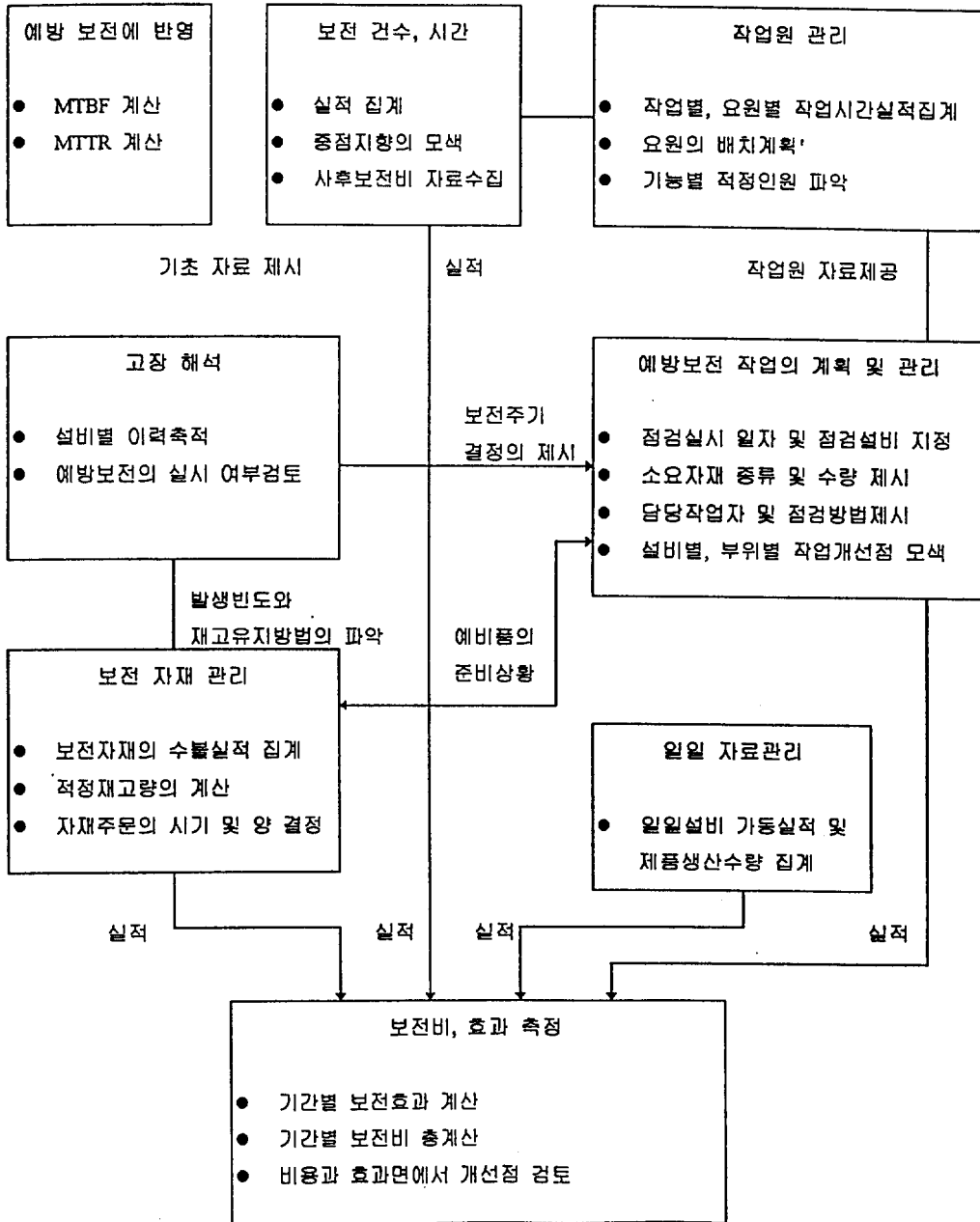
자료의 입력요소는

- (1) 설비 및 자재 기본 자료
- (2) 자재주문자료
- (3) 자재입고자료
- (4) 자재출고자료
- (5) 생산보전 평가표
- (6) 설비 관리자 자료
- (7) 정기점검자료
- (8) 정기점검 완료자료
- (9) 설비고장 이력
- (10) 일일 생산수량 및 가동시간
- (11) 무소속 자재
- (12) 설비 관리자 자료가 입력된다.

출력결과는

- (1) 전 설비 리스트
- (2) 전 보전자재 리스트
- (3) 보전설비별 보전자재 현황 리스트
- (4) 보전자재별 보전설비현황 리스트

[그림 2-2] 전산화체계의 Block Diagram



- (5) 보전자재 주문 점검 리스트
- (6) 보전자재 입고 현황 리스트
- (7) 보전자재 주문 현황 리스트
- (8) 보전자재 미입고 현황 리스트
- (9) 정기점검 지시서 리스트
- (10) 정기점검 완료 리스트
- (11) 생산보전 평가표 리스트
- (12) 자재별 고장이력 리스트
- (13) 설비별 고장이력 리스트
- (14) 보전효과 측정 리스트
- (15) 설비 관리자 리스트
- (16) 보전자재 출고실적 현황 리스트
- (17) 일일 라인별 입력자료 리스트가 출력된다.

본 연구의 소프트웨어 시스템은 설비관리에 관계된 모든자료를 사용자의 목적에 따라 손쉽게 입력·출력·수정·삭제 등의 모든 내용을 마우스로 클릭한 후 해당항목을 키보드를 통해 입력하도록 하여 화면상으로 처리할 수 있도록 설계하였다.

### 3. 사례연구

본 장에서는 설계한 설비관리 소프트웨어 시스템을 이용하여 국내기업의 설비생산성 향상에 기여 할 수 있는 실천방안을 모색하기 위해서 국내 전자업체 중에서 대표적인 기업체를 대상으로 사례연구를 수행하여 분석·평가하고자 한다.

A기업은 수원근교의 전자업체로서 자동 부품삽입기, Transfer Machine (M/C),

Sequencer, Soldering M/C, Hoist, Lifter, Conveyor 등의 고도화, 자동화 설비들을 사용하여 다종, 다량의 제품을 생산하고 있다. 따라서 A기업의 자동화 설비들은 설비별로 정기점검표에 점검주기를 기입하고 이를 토대로하여 주간 및 월간보전계획을 세워 이에 관한 실시사항을 설비보수·점검보고서에 기록하고 있으며 설비보전에 대한 정확한 자료와 정보의 기록 및 보관실적이 미비한 실정이다. 그러므로 다종다양한 설비정보를 수집·분석하고 생산활동에 연결된 설비관리 체계를 확립하기 위해서는 수작업의 관리로는 한계가 있으므로 정보파악이나 신속한 대처능력을 갖추기 위해 A기업의 실정에 적합한 전산시스템을 구축·운영 해야 할 필요성이 있기 때문에 본 소프트웨어 시스템을 적용하려 한다.

본 연구의 소프트웨어 시스템을 적용하기 위해서는 사례공장에 부합되는 코드의 설계가 선행 되어져야 한다. 따라서 본 시스템을 적용하기 위해서는 다음과 같은 코드들이 필요하다.

- (1) 설비코드는 그 종류에 따라 숫자 7자리로 부여한다.
- (2) 설비등급코드는 중요도를 파악하기 위하여 설비등급 (A,B,C,D)별로 코드를 부여한다.
- (3) 설비점검표준 코드(Inspection Standard Code)는 설비별로 점검방법 및 내용을 모두 입력 할 수 없으므로 내용별로 구분하여 영자로 5자리로 부여한다.



- (4) 설비의 설치장소 코드는 설비의 정확한 위치를 파악하기 위하여 설비의 설치장소를 과, 라인, 설치부서 별로 숫자 6자리로 부여한다.
- (5) 설비 메뉴얼 코드는 설비 메뉴얼이 보관 되어있는 장소를 파악하기 위하여 숫자 6자리로 부여한다.
- (6) 자재 코드는 자재의 유형에 따라 숫자 7자리로 부여한다.
- (7) 자재보관 장소 코드는 숫자 6자리로 부여한다
- (8) 자재등급 코드는 보전자재를 A,B,C 등급에 따라 분류하며 영문자 1자리로 부여한다.
- (9) 자재구분 코드는 자재의 용도에 따라 숫자 1자리로 부여한다.
- (10) 단위 코드는 자재의 측정단위(lb, kg, EA 등)가 무엇인가를 파악 할 수 있도록 영문자 2자로 부여한다.
- (11) 작업자 구분 코드는 작업자의 보유기능을 알 수있도록 영문자 1자리로 부여한다.
- (12) 작업자 코드는 보전작업을 수행할 작업자 개인 별로 고유의 숫자 3자리로 부여한다.
- (13) 고장원인(Cause of Failure)는 설비의 고장원인을 내용 별로 구분하여 숫자 6자리로 부여한다.

실제로, 회사내 한 개 사업부를 선정하여 2175종의 기계장치류를 대상으로 본 소프트웨어를 적용한 결과를 요약하면, <표 3-1>과 같다.

<표 3-1> 수작업과 소프트웨어에 의한 보전관리결과 비교표

종 류	수작업에 의한 설비보전관리	소프트웨어 시스템에 의한 설비보전관리
설비가동율	84 %	90 %
총 노동비	249,000,000 원	276,000,000 원
총 자본비용	1,249,000,000	1,638,000,000 원
고장 도수율	5.8 %	2 %
고장 강도율	1.6 %	0.5 %
설비 유실액	36,000,000 원	21,000,000 원
에너지 절감액	120,000,000 원	108,000,000 원
칼라 자동삽입기의 시간 가동율		85.9 %
칼라 자동삽입기의 성능 가동율		70.5 %
칼라 자동삽입기의 양품율		99.9 %
설비종합효율		60.5 %
설비생산성효과금액	773,000,000 원	852,000,000 원

결론적으로, 설비가동율은 6%의 향상효과를 나타내어 고장시간의 감소에 의한 설비이용능력을 극대화 할 수 있으며, 총 자본비가 점진적으로 상승하는 것은 관리를 효율적으로 수행하기 위해서는 소프트웨어 시스템을 적극적으로 도입해야 하는 것을 보여주고 있다. 설비 유실액과 에너지 절감액은 각각 41.67%, 10%로 감소됨으로 인하여 설비유지보존관리에 합리화를 도모하였으며, 설비종합효율은 60.5%인 것은 상당히 우수한 종합효율을 나타내고 있으나 일본의 전자 메이커 종합효율이 80% 이상인 것을 감안하면 설비종합효율 향상을 위하여 보다 적극적이고 지속적으로 TPM활동을 추진해야 할 것이다.

총 설비생산성은 10.2% 향상되어 기업의 경쟁력 강화에 막대한 영향을 줄 수 있는 것으로 파악되었다.

#### 4. 결 론

다종다양한 보전정보를 수집하여 분석을 행하고 효율적인 보전체제를 확립하기 위해서는 수작업에 의한 보전관리 만으로는 신속성, 정확성, 양적으로도 한계가 있으므로 컴퓨터를 이용하여 보전정보를 조직적으로 관리하고 정보의 호환성에 신속하게 대처할 수 있는 설비관리 소프트웨어 시스템을 개발하였다. 따라서 본 연구에서는

첫째, 공장자동화(FA), 산업용 로봇, CIM시스템의 도입 등을 통한 생산방식의

변경으로 인한 막대한 설비투자에 대하여 매우 능동적이고 효율적인 설비관리 체제를 이룰 수 있게 하였으며,

둘째, 자재의 현재고, 발주해야 할 자재, 미입고자재 등의 정보를 즉시 파악할 수 있어 효율적인 보수자재관리가 가능해짐에 따라 자재품질의 위험성이 감소하였고,

셋째, 설비의 정기점검 이력 및 수리이력, 보전자재의 불출실적 등의 보전정보를 추적·관리 할 수 있어 정보의 조직적 관리 및 안전성이 확보되었으며,

넷째, 보전자료를 누구라도 즉시 살펴 볼 수 있게 하여 증진된 보전정보서비스를 제공하였으며, 보전효과 측정자료를 즉시 검색할 수 있게함에 따라 허술했던 보전관리를 철저히 점검·확인할 수 있게 되었다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 강영식, 함효준, 공장자동화를 위한 FMS의 경제성 평가에 관한 연구, *한국품질관리학회지*, Vol. 19, No. 1, p. 142, 1991.
- [2] 이순요, *신설비관리론*, 박영사, 1986.
- [3] 함효준 외, 삼성전자 TPM 추진 결과, *삼성전자(주)*, 1986.
- [4] 함효준, TPM과 그 추진내용, *자동제어계측사*, pp.16~17, 1989. 11.
- [5] A. Kelly & M. J. Harris, *Management of Industrial Maintenance*, *Newnes-Butterworths*, 1978.

- [6] A. Kelly & M. J. Harris, Simulation an Aid to Maintenance Decisions, *The Plant Engineer*, 15 11, 43, Nov., 1971.
- [7] E. Turban , The Complete Computerized Maintenance System, *Industrial Engineering*, pp.20~27, 1969.
- [8] Goldman, A. & Slattery, Maintainability, *John Wiley & Sons*, 1964.
- [9] J. H. Davis, Maintenance Scheduling System, *Industrial Engineering*, pp.40~43, 1975.
- [10] Richard G. N., Mrp where M = Preventive Maintenance, *Production and Inventory Management*, 2nd Quarter, p.21, 1985.
- [11] S. B. Blanchard, Logistics Engineering and Management, *Prentice-Hall*, 1974.
- [12] Tombari, H. A., Designing a Maintenance Management System, *Production and Inventory Management*, 4th Quarter, p.139, 1979.
- [13] Wyder, L. C. Morrow, Maintenance Engineering HB, *McGraw-Hill*, Chap. 8, 1947.