

TPM과 RCM의 계획보전 비교

A Comparison Between TPM and RCM on the Planned Maintenance

김정식*, 양인모**, 장중순***

Jung-Sik Kim, In-Mo Yang, Joong-Soon Jang

Abstract

TPM has been widely applied to many industries in Korea, and has greatly contributed to the increase of productivity, quality and safety. Step-by-step approach is usually used in applying TPM : 5S, Self-maintenance and Planned maintenance, Preventive maintenance, Corrective maintenance, Predictive maintenance, However, there are no concrete rules or guidelines to develop a maintenance scheme in the planned maintenance stage. RCM, which is a widely used maintenance scheme for aircrafts or power plants, has a good analysis and decision logic for maintenance planning. In this paper, a similar decision rule is adopted to TPM deployment to get an effective planned maintenance scheme.

1. 서 론

자동화의 확산과 더불어 효율적인 설비보전의 중요성은 더욱 증대되고 있다[Owen, 1994]. 자동화 설비의 생산성을 높이는 방법 중의 하나는 전사적 생산보전체제 즉 TPM(Total Productive Maintenance)이 있다.

TPM은 1950년대 사후보전을 비롯하여 생산보전(계획보전, 자주보전), 개량보전, 보전예방, 그리고 예지보전순으로 발전하였다[2]. 이런 보전활동은 설비종합효율을 증대시킬 수 있도록 전사적 생산보전체제로 개발되어 국내에서도 그 적용기업이 증가하는 추세에 있다.

* 충주산업대학교 산업공학과

** 한국 TPM 컨설팅(주)

*** 아주대학교 기계 및 산업공학부

보전방식중에서 계획보전이 효과적으로 이루어지기 위해서는 계획-실행-비교-조치의 관리활동 단계에 맞추어 체계적으로 이루어져야 하고 보전방식도 합리적인 평가를 통하여 선정되어야 한다.

여기에서 계획보전이란 미리 계획을 세워 행하는 보전이지만, 보전 작업계획을 세운다는 것으로 오해하는 수가 있다. 국내에서 통용되고 있는 TPM 추진 매뉴얼에는 계획보전 체제를 수립하는 체계적인 절차가 미비되어 있어 각 기업의 그 상황에 맞추고 있는 실정이다.

한편, 구미에서 항공기, 발전소, 선박 등의 보전에 효과적으로 적용되었던 신뢰성중시 보전 즉 RCM(Reliability Centered Maintenance)이 있다. Moubray(1991)에 의하면 보전계획 프로그램은 1974년 미국방성이 미항공사(United Airlines)에 의뢰하여 작성된 보고서가 최초로 RCM이라고 명명된 후 유래가 되었다. 그리고 RCM은 안전과 환경 및 생산에 영향을 미치는 결과치를 고려할 수 있는 프로그램으로 발전되었다 [Moubray, 1991].

본 연구에서는 TPM의 계획보전 추진 절차와 RCM의 계획보전 추진 절차를 고찰함으로써 TPM과 RCM을 추진요소별로 비교하고, TPM기반 위에 RCM의 특징 및 장점을 부각시키므로 효과적인 계획보전 추진이 되도록 하고자 한다.

2. TPM 및 RCM의 추진방법

2.1 TPM의 추진 방법

TPM의 계획보전을 추진하기 위해서는 먼저 PM 평가표에 의해서 생산량, 품질, 비용, 납기, 안전, 작업의욕을 평가하여 설비에 대한 고장 등급을 결정하고 있다. 또한 고장 건수, 도수율, 강도율, MTBF, MTTR 등에 대한 현상파악에 근거하여 보전 목표를 설정을 하고 있다.

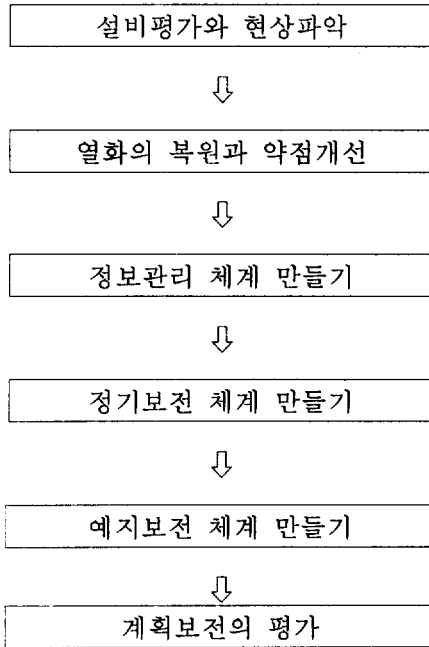
보전 목표를 달성하기 위해서는 열화복원, 기본조건 정비, 강제열화를 방지하기 위한 자주보전 활동을 효과적으로 실시하고 있으며, 설비의 열화나 불합리점 개선을 위해서 FMEA나 PM분석을 통해 고장의 재발 및 유사 고장의 발생대책으로 개별개선 방법을 선택하고 있다. 그리고 보전 분석을 위해서는 고장 Data 관리, 설비이력, 공사관리 보전자재관리 등을 위한 설비보전관리, 설비예산 관리 등의 정보관리 시스템의 구축을 하고 있다.

이와 같은 자료를 바탕으로 중점설비별, 설비중점부위별로 부품의 MTBF에 따라 정기보전 업무체제를 만들고 카렌다를 작성하여 보전작업을 시행하고 있으며, 설비진단 기술, 진단기기, 진단기술 개발을 통해 예지보전 체제도 구축하고 있다.

이와 같은 계획보전체제를 구축한 후 계획보전에 대한 평가를 실시하고 있다.

TPM의 계획 보전 추진 방법은 <표 1>와 같다.

<표1> TPM의 계획보전 추진방법



이와 같은 TPM의 추진방법을 설비전체를 대상으로한 보전방식별로 관리주기를 갖고 행하고 있으나 설비전체를 한 구성으로 누가 무엇을 어떻게 할 것인가에 대한 계획 부분이 미비하며 보전방식을 결정하는 절차가 체계적이지 못하고 실행가능성 및 경제성이 충분히 고려하지 않고 보전 방식이 결정되고 있다.

2.2 RCM의 추진 방법

설비 가동률을 향상시키기 위한 RCM은 부품 중심으로 보전계획을 세우는 과정이

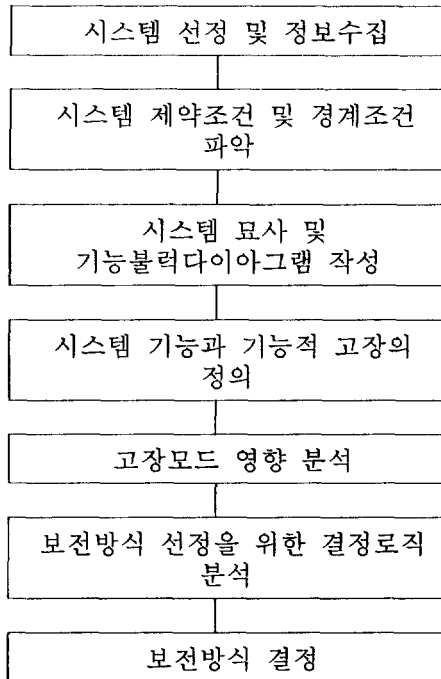
다. 보전계획을 세우는데 필요한 부품, 시스템, 공장등의 분석수준을 결정하기 위해서는 고장률과 수리비용에 영향을 미치는 대상을 조사한 후 선정한다. 대상선정을 위해서는 시스템 편성도, 블럭다이어그램, 설비 구입에 따른 매뉴얼, 설비이력카드의 정보를 우선적으로 수집해야 한다.

그리고 고장의 정의 및 기능을 명확히 하기 위하여 시스템의 사용조건, 환경조건과 같은 제약조건 및 입·출력중심으로 경계조건을 설정하여야 한다. 이런 제약조건과 경계조건 파악으로 시스템의 정확한 묘사와 설계의 작동변화 및 갱신(Up-grade)할 때에 기초가 되어 포괄적인 이해와 고장의 원인도 명확히 할 수 있어 시스템 묘사와 기능블럭다이어그램을 그릴 수 있다.

이러한 기능이 어떻게 연관되어 있는가를 알 수 있는 기능 블럭 다이어그램은 시스템의 기능과 기능적 고장의 정의를 명확히 할 수 있다. 이런 작업후에 부품별로 고장모드를 찾아 원인을 규명하고, 고장이 어디까지 영향을 미칠 것인가를 파악하여 분석함으로써 잠재적 고장원인도 찾고 중요 아이টে를 선정할 수 있다. 다음 순서로서, 부품별로 고장발생을 방지하기 위한 보전방식 선정을 결정해야 한다. 보전 방식 선정을 위한 결정기준으로 운전자 및 기기의 고장검색 능력, 안전성, 경제성, 고장으로 인한 결과치를 이용하여 결정로직을 작성하면 합리적인 보전 방식 선정이 가능해진다. 이런 과정을 수립함으로써 합리적인 보전계획을 정립

할 수 있다. 따라서 RCM의 추진방법은 <표 2>와 같이 설명할 수 있다[Smith, 1993].

<표 2> RCM의 추진 방법



이와 같은 RCM 추진방법은 한 설비를 분해하여 부품단위로 보전방식과 보전주체를 결정할 수 있는 결정로직이 있어 합리적으로 보전계획을 할 수 있다. 그러나 이러한 보전활동이 원활히 이루어지기 위해서는 우선적으로 설비평가에 대한 중점설비 선정이 이루어져야 함에도 불구하고 구체적으로 되어있지 않다.

3. TPM과 RCM의 보전계획비교

3.1 보전목표에 관한 비교

TPM은 설비의 작동을 목표로 하여 보전하는 것으로 설비의 모든 부품에 대한 동일한 보전방식을 사용하고, 고장이 발생에 따른 각 보전 업무는 실행가능성과 경제성이 충분히 고려되지 않고 있다.

그러나 RCM은 시스템의 기능을 보전하는 것으로 기능과 관련된 중요부품에 대한 고장모드의 중요도에 따라 실행가능성과 경제성을 동시에 고려하여 보전업무를 선정하고 있다. 또한 예산과 자원을 중요 고장모드에 따라 순차적으로 할당할 수 있다.

<표 3>은 보전목표에 대한 TPM과 RCM을 비교한 내용이다.

<표 3> 보전목표에 대한 비교

구분	TPM	RCM
· 추진목표	- 설비의 작동을 보전함	- 부품의 기능을 보전함
· 적용방식	- 망라주의적	- 중점주의적
· 예산 및 자원의 할당	- 일률적으로 할당	- 고장모드의 중요도에 따른 할당

3.2 보전대상에 관한 비교

TPM은 설비작동을 보전하는 것으로 보전대상이 각각의 부품에 대하여 하나의 보전방식이 대응된다. 그러나 RCM에서는 보전대상이 기능과 관련된 부품에 대한 다수의 고장모드중 중요고장모드별로 보전방식을 선정하여 다수의 보전방식으로 대응한다.

다. 일반적으로 TPM에 비하여 RCM은 보전 업무의 수는 일반적으로 중요고장모드별로 대응하므로 보전 항목의 수는 감소한다. 그리고 기능블럭다이어그램 및 시스템요소 고장구조를 통해 기능고장과 관련된 중요부품을 선별하고, 고장모드의 영향분석, 결정로직 분석 및 예방보전업무의 선정단계를 통해 중요부품에 대한 중요고장모드만을 선별하여 상태보전, 개별개선, 정기보전 및 사후보전 등으로 보전방식을 선정할 수 있다. 따라서 보전업무의 수가 증가하더라도 중요고장모드별로 선별하여 보전방식을 선정함으로써 효율적인 대응과 함께 중복된 보전 활동을 줄일 수 있어 총체적인 예방보전 비용을 감소시킬 수 있다. <표 4>는 보전대상에 관한 TPM과 RCM이 비교 내용이다.

<표 4> 보전대상에 관한 비교

구분	TPM	RCM
· 보전대상	- 부품중심	- 중요고장모드 중심
· 보전방식의 수	- 부품에 대한 하나의 보전방식	- 부품에 대한 여러 가지 보전방식
· 보전업무의 량	- 많음	- 적음
· 예방보전비용	- 많다	- 적다

3.3 보전조직에 관한 비교

TPM의 보전활동은 분해조립 및 비계획적인 사후보전 업무를 중심으로 기계, 전기, 보수, 보전, 기술 등의 전문가들로 구성된

보전(공무)부서가 주관이 되어 추진함으로써 운전원과 보전원간의 대한 부문의 벽이 있었다. 그러나 RCM은 기존의 분해조립을 가능한 상태보전, 개별개선으로 전환하기 위해서 보전시스템 구축을 보전부문뿐만 아니라 운전, 기술, 설계, 품질, 간접부문 등의 각 부문이 참여하는 총체적인 보전활동을 함으로써 통합된 예방보전 업무로 추진할 수 있다. 이러한 사고방식은 운전요원들이

<표 5> 보전조직에 관한 비교

구분	TPM	RCM
· 업무의 주체	- 보전 및 공무부서	- 보전생산 기술 및 간접부서
· 조직구성원	- 기계, 전기, 보수, 보전, 기술 등의 전문가들로 구성됨	- 상태보전, 개별개선을 위한 운전, 기술부문 등으로 할당
· 운전부문과 보전부문의 관계	- 계획에 따른 보전업무 수행 또는 보전요원의 요청에 의함 - 부문간의 벽이 있음	- 통합된 예방보전에 따른 업무 분담

큰 어려움없이 초기고장의 상태를 예측할 수 있어 경향을 파악을 용이하게 함으로 상태보전업무를 실행할 수 있다. <표 5>는 보전조직에 관한 TPM과 RCM을 비교한 내용이다.

3.4 분석기법에 관한 비교

TPM은 MTBF를 파악한 후 설비수명 향상을 위해 PM분석 FMEA, FTA 등을 통하여 설비의 약점을 개선하고 중요설비에 대한 모든 부품에 대해 정기보전 또는 상태보전을 결정하는 방법에 대한 절차가 명확하지 않거나 체계적이지 못하다. 그러나 RCM에서는 기능블럭 다이어그램을 통하여 기능과 관련된 부품만을 선별한 후, 시스템요소 고장구조 작성에 의해서 기능고장과 관련이 있는 중요부품들을 다시 선별한다. 그리고 FMEA를 통해 국부적인 영향을 주는 고장모드는 제외하고 시스템 및 공장의 영향을 주는 고장모드만을 대상으로 중요고장모드를 선별하고, 결정로직 분석을 통해 안전, 고장에 따른 결과치, 경제성으로 분류하여 중요한 고장모드를 만을 대상으로 예방보전 업무를 선정한다. 이때 실행가능성 및 경제성을 고려하여 적용 가능한 적절한 예방보전업무가 없는 경우에는 재설계 및 사후보전 업무를 실시한다. 그리고 TPM은 모든 부품에 대한 망라주의적 분석이며, 적용가능성 및 경제성을 충분히 고려하지 못한 채 보전방식을 결정하는 반면 RCM은 중요부품 및 중요고장모드만을 다단계에 걸쳐 선별하고, 실행가능성 및 경제성을 충분히 고려하여 보전방식을 선정함으로써 효과적으로 보전활동을 할 수 있다. <표 6>은 분석기법에 관한 TPM과 RCM의 비교한 내용이다.

<표 6> 분석기법에 관한 비교

구분	TPM	RCM
· 분석 기법	- PM평가표, PM분석, 고장모드 영향분석, 고장나무 분석	- 시스템요소고장구조, 기능블럭다이어그램, 고장모드 영향분석, 결정로직분석
· 분석 절차	- 명확하거나 체계적이지 못함	- 명확하고 체계적임
· 보전 방식 결정 기준	- 실행가능성과 경제성을 고려하지 못함	- 실행가능성 및 경제성 고려

3.5 보전방식의 관한 비교

TPM은 욕조곡선(Bath-tub-curve)을 근거로 고장률을 해석하며, 일정시간이 지나면 습관적으로 예방보전하는 보전방식이다. 그러므로 파국고장인 경우에는 불필요한 예방보전활동을 하여 보전비용 및 생산비용이 과대하게 발생되며, 분해조립시에 보전의 오류로 인해 설비의 고장이 발생되기도 하므로 보전비용, 생산비용의 추가발생 및 2차손실비용도 초래하고 있다. 그러나 RCM은 부품의 여러 가지 고장률 형태에 따라 보전방식을 선정한다. 실질적으로 시간에 따라 고장률이 크게 증가하는 마모고장의 경우는 약 32%정도이다 [11]. 이런 결과로서 마모고장이 아닌 경우에는 예방보전의 의미는 없어지고 상태보전을 중요시 다루고 있다. 또한 고장 결과치가 중요하지 않거나, 적용가능한 보전업무가 없거나, 자주사용하

지 않는 설비, 경제적으로 무의미한 고장모드에 대해서는 사후보전을 하며, 고장의 결과에 따른 영향이 크거나 긴급보전을 요하는 부품에 대해서는 개별개선을 하거나 재설계를 실시한다. 따라서 RCM에 있어서는 상태보전 및 사후보전이 큰 비중을 차지하며 정기보전의 비중은 매우 낮게 된다. <표 7>은 보전방식에 관한 TPM과 RCM을 비교한 내용이다.

<표 7>보전방식에 관한 비교

구분	TPM	RCM
· 보전 방식	- 정기보전, 상태보전, 비계획적인 사후보전, 개량보전	- 상태보전, 재설계, 계획적인 사후보전, 정기보전, 개량보전
· 보전 방식의 특징	- 일정시간에 따른 시간계획 보전 중심	- 시간계획보전을 가능한 상태보전, 사후보전, 재설계 등으로 전환

3.6 보전주기결정의 비교

TPM은 부품단위로 MTBF를 산출하여 보전주기를 결정한다. 그러나 RCM에서는 고장모드의 수준에 정량적인 자료가 없는 경우가 많기 때문에 기존의 경험과 정성적인 분석을 바탕으로 보전주기를 설정하고 AE(Age Exploration)에 의해 최적의 보전주기를 결정할 수 있다. 그리고 RCM적용은 초기단계부터 고장모드별로 자료를 수집하

여 더욱 효과적으로 보전주기를 설정할 수 있다. <표 8>은 보전주기결정에 관한 TPM과 RCM을 비교한 것이다.

<표 8> 보전주기결정에 관한 비교

구분	TPM	RCM
· 보전주기의 결정기준	- MTBF	- MTBF 및 AE
· 보전주기의 결정대상	- 부품	- 부품의 고장모드

3.7 표준화 및 효과파악에 관한 비교

TPM은 보전방식을 결정하기까지 절차가 체계화되어 있지 않아 보전기록을 체계적으로 할 수 없기 때문에 고장에 대한 근본원인을 추적하여 대책을 세우는데 한계가 있고 또한 효과를 측정하는데도 한계가 있다. 그러나 RCM에서는 보전방식을 결정하기까지의 모든 절차가 체계화 및 표준화되어 있기 때문에 시스템의 분석 정보는 부품 수준의 정의를 정점으로 피라미드구조 형태로 해석함으로써 체계적으로 표현할 수 있다.

서비스시스템	: X
기능	: .XX
기능 고장	: .XX
부품	: .XX
고장모드	: .XX
고장원인	: .XX
예방보전 업무:	.XX

따라서 시스템의 정보가 결국 공장이나 설비의 정보가 된다는 것을 시각적으로 이해하기 쉬우며, 정보는 추적하기 쉽고 또한 효과를 파악하기도 용이하다[15].

4. 결 론

본 연구에서는 TPM과 RCM을 구조적으로 고찰하고, 추진요소별로 비교하였다. 비교한 결과로서 TPM은 설비의 작동을 보전하는 목표로 하여 보전부서가 주축이 되어 부품의 MTBF를 산출하고 부품별로 보전방식을 결정한다. 그러나 보전방식을 결정하기까지 추진 체계가 명확하지 않으며, 각 보전방식이 실행가능성 및 경제성의 결정요소가 고려되지 않고 있으며, 불필요한 중복된 보전활동으로 인해 보전비용손실을 초래한다. 한편 RCM은 기능을 보전하는 것으로서 보전원과 운전원의 업무분담으로 체계적인 절차에 따라 중요고장모드별로 선별한 후, 중요고장모드를 대상으로 순차적으로 실행가능성 및 경제성을 충분히 고려하여 보전방식을 결정한다. 그리고 예산과 자원을 순차적으로 할당할 수 있기 때문에 보전의 효과 및 비용에 절감의 효과를 충분히 얻을 수 있다.

따라서 TPM에서 사용하는 계획보전과 RCM을 보완하여 효과적인 계획보전을 설계할 수 있다. 효과적인 계획보전은 우선적으로 기업의 현상파악 및 데이터 조사에 따른 기업진단이 필요하다. 그리고 RCM에서

사용된 체계적인 절차를 이용하여 설비 선정, 부품선정, 보전방식선정, 보전방법선정, 보전주체선정을 결정하는 총체적인 보전계획을 수립한다. 총체적 보전계획은 실행 가능성을 검토하여 합리적인 보전계획을 세울 수 있다. 이런 계획활동 후에 좀더 실행에 가까운 운전원별계획, 보전자재계획, 공구계획, 정도계획, 윤활계획, 유틸리티계획, 외주계획, 도면 및 규격관리계획으로 총별하여 상세계획을 함으로써 실제 활동에 효율적으로 실행 가능하게 된다.

따라서 계획보전에 대한 추진방법은 고장진단, 고장분석, 신뢰도, 보전도 그리고 가용도 등과 같은 정보들이 필요하다.

따라서 계획보전에 대한 추진방법은 체계적이고 합리적이 관리체계를 만들 수 있으며 이러한 정보들을 이용하여 필요한 대상, 시기, 분석기술, 보전정보와의 유기적 관련성을 조사하여 계획보전의 목적에 맞추어 설계되어야 한다.

참 고 문 헌

- [1] 국립기술품질원과 한국 표준협회(1996), 96 품질경영상 포상 심사기준.
- [2] 일본 플랜트 메인テナンス 협회(1982), 일본 설비관리.
- [3] 한국공업표준협회, 설비보전 실천과정.
- [4] 한국공업표준협회, TPM 실천과정.
- [5] 한국공업표준협회, 오퍼레이터를 위한 설비보전 과정.

- [6] 현대 자동차(주)와 한국생산성 본부 (1993), 설비관리 전문가.
- [7] Anderson, R.T. and Neri, L.(1990) , *Reliability-Centered Maintenance : Management and Engineering Methods*, Elsevier Applied Science.
- [8] Benjamin, W.N.(1985) , *Engineering Maintenance Management*, Marcel Dekker.
- [9] Douglas, C.B. and Greg, D.B.(1987) , "Reliability-Centered Maintenance", *IEEE Transactions on Reliability*, vol.R-36, No.1, pp. 18-24.
- [10] Lyonnet P.(1991) , *Maintenance Planning Methods and Mathematics*, Chapman & Hall.
- [11] Moubray, J.(1991), *Reliability-Centered Maintenance*, Butterword Heinemann, ltd.
- [12] Owen, J.V.(1994) , "Next-Generation R & M", *Manufacturing Engineering*, pp.45-49.
- [13] Patton and Jose(1980), *Maintainability and Maintenance Management*, Instrument Society of America.
- [14] Sandtrov, H. and Rausand, M.(1992) , *RCM-Closing the Loop between Design and Operation Reliability*, Reliability Data Collection and Inc.
- [15] Smith, A.M.(1993) , *Reliability-Centered Maintenance*, McGraw-Hill, Inc.