

설비유지 관리에 대한 소고

민 상 기
 (본협회 업무부 대리)

I. 서론

공장은 물론 일반 건물의 모든 설비들은 노후화 등 자연적인 원인 혹은 사용효과등으로 상태가 나빠지거나 고장을 일으키게 된다.

고장이 일어나면 설비 그 자체를 교환 혹은 수리하는데 비용이 들 뿐만 아니라 생산 혹은 용역의 기회손실에서도 비용이 발생할 수 있다. 또한 고장난 장비와 관련하여 인원의 유희에 의해서도 비용은 생긴다. 그러나 비용이 개재되는 모든 생산활동이 그렇듯이 고장비용과 정비비용간에도 비김점(breakeven point)이 존재하며 이 점이 바로 예방정비 수준과 고장의 파급효과간의 균형을 이루는 점이다. 이러한 비김점들을 어떻게 결정하는가를 알아보고 바람직한 유지관리 체계를 계획·설계하는데 고려하지 않으면 안될 정비문제의 특성 및 요소들을 간단히 살펴 보기로 한다.

II. 설비유지관리의 유형

설비정비의 행위는 설비의 고장발생시점을 기준으로 하여 볼 때 크게 예방정비(preventive maintenance)와 수리정비(corrective maintenance)로 분류된다.

1. 수리정비

수리정비라 함은 설비가 고장을 일으키거나 파손되었을 때 신속하게 수리·보수하는 활동을 말

하는 것으로 이 경우 고장의 방지가 곤란하다.

오늘날과 같은 생산의 기계화·자동화의 시기에는 일반적으로 설비고장으로 인한 유희비용이 과대하기 때문에 예방정비활동의 중요성이 더욱 인식되고 있다. 그러나 기업에 따라 서로 상이한 여건을 가지고 있기 때문에 수리정비방법이 효율적이지 아니라고 단정할 수는 없다. 따라서 설비고장으로 인한 유희손실 및 수리비용과 정비활동을 하는 경우의 비용을 고려하여 가장 경제적인 정비정책을 결정해야 할 것이다.

2. 예방정비

예방정비라 함은 계획에 의한 주기적인 검사와 정기적인 분해수리로 사전에 불량요소를 발견함으로써 모든 설비의 불의의 고장을 미연에 방지하고 조사함으로써 수리나 조정을 최소한도로 유지하고자 하는 것을 말한다.

예방정비활동의 업무내용은 크게 두 가지로 분류할 수 있다.

가. 일정간격별 보수

2차대전 전에 널리 사용된 정비활동으로 사업계획화에 일정기간마다, 설비를 분해하여 고도의 안전수준을 유지키 위해 대부분 고장이 날 것이라고 예측되는 부품을 사전에 교체, 보수하는 것을 말한다.

나. 조건보수

이 정비방법은 전술한 방법에 대한 대안으로 2차

대전후에 미 연방항공국에서 사용한 것으로서 간단히 말해서 성능이 우수한 측정기나 검사기기를 이용하여 일정기간마다 반복적으로 기계설비의 물리적 상태를 조사함으로써 사전에 고장위험을 찾아내어 개별적으로 또는 단위별로 수리·보수하려고 하는 정비활동을 말한다. 이 방법이 전술한 방법보다 효율적이라는 것이 실증적으로 알려져 있다.

이 이외에 예방정비활동은 아니지만 조건조사(condition monitoring)와 같이 설비의 부품의 성능을 통계적 방법에 의해 조사하여 허용수준과 비교하여 성능이 만족스러우면 그대로 사용케하여 정비활동의 빈도수를 감소시키는 방법도 있다.

효과적인 예방정비를 위해서는 다른 생산기능과 마찬가지로 훈련된 예방정비담당자, 정기적인 조사 및 보수, 정확한 과거의 정비기록을 필요로 한다. 유지관리활동을 계획함으로써 경영자는 숙련된 담당자를 고용하여 활용할 수 있으며 유희시간도 단축시킬 수 있다. 조사기록에는 설비의 명세, 조사표(check list), 정비 빈도수, 정비비용, 부품품재고이용도 등에 관한 정보가 포함되어야 한다.

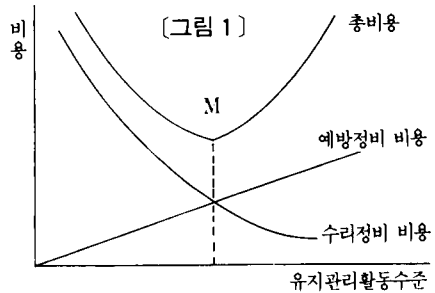
최근에는 computer 자료 file을 이용하여 보다 효과적인 예방정비활동이 가능하게 되었다.

Ⅲ. 설비 유지관리비용

〈그림1〉은 유지관리활동에 관련된 두 가지 중요한 비용요소의 관계를 나타낸다. 보수활동을 강화하면 예방정비비용은 커지며 고장을 사전에 예방할 수 있기 때문에 상대적으로 수리비용은 작아지게 된다.

설비고장으로 인한 수리비용은 일반적으로 M점에 이르기까지 예방정비 비용보다 많게 된다. 여기서 M은 수리비용과 예방정비 비용의 합이 최소가 되는 활동수준을 말한다. 이 최적점 M을 초과하면 예방정비비용이 수리비용보다 크기 때문에 수리를 하기 위해서는 고장이 발생될 때까지 기다려야 한다. 최적점 M은 이론적인 면에서는 두 비용의 합을 미분하여 쉽게 구할 수 있지만 실제로 이것을 구하기 위해서는 예방정비활동과 수리활동에 관련된 제비용 및 고장발생확률, 소요수리시간에 관한 정보를 알아야만 한다. 비록 이런 자료가 실제로 쉽사리 구해지지는 않지만 과거활동에 대한 기록은 고장 및 수리시간에 대한 확률분포를 추정하는데 상

당한 도움을 준다. 전술한 유지관리활동에 관한 두 가지 비용요소는 다음 항목으로 구성되어 있다.



가. 예방정비 비용 :

- 설비조사비용
- 부품대체(수리)비용
- 예방정비 기간 동안의 유희비용

나. 수리정비 비용 :

- 수리행위와 관련된 노무비, 부품대체비
- 고장으로 인한 유희비용
- 수리 후 목표달성을 위한 초과 작업비용

Ⅳ. 설비의 유지관리정책에 관한 결정

일반적으로 예방정비와 수리정비는 서로 상관관계에 있기 때문에 예방정비를 강화하면 설비고장의 빈도수가 감소하게 되어 수리회수는 감소하게 되나 반면에 수리정비만 실시할 경우 예방정비보다 고장회수가 증가하게 된다. 따라서 예방정비활동과 수리정비활동은 적절한 수준에서 결정되어야 한다.

유지관리정책을 결정할 경우 고장예측의 가능성, 보수시간, 고장으로 인한 손실과 수리비용을 고려하여 결정하여야 한다. 특히 예방정비활동의 최적수준은 고장으로 인한 손실과 수리비용 및 예방정비 비용의 합계가 최저가 되도록 결정되어야 한다.

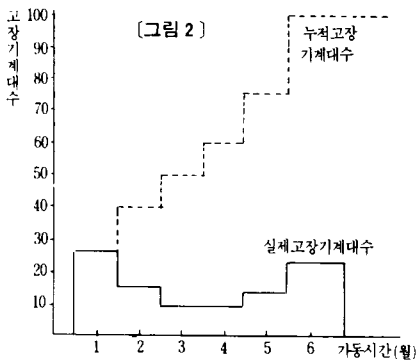
〈예-1〉 모 전자회사는 100대의 기계를 보유하고 생산활동을 하고 있다. 이 회사의 관리자들은 이 기계에 대해 예방정비를 할 것인가, 수리정비를 해야 할 것인가 결정하고자 하며 만약에 예방정비를 실시해야 한다면 가장 경제적인 수준은 얼마인가를 알고자 한다. 이 기계들이 고장을 일으키는 경우 고장으로 인한 손실액은 수리비용을 포함해서 대당 10만원의 비용이 든다고 한다. 고장을 막기

위해 예방정비를 실시하고 있는데 대당 예방정비 비용은 2만원이 소요된다고 한다. 그리고 이들 기계에 대한 고장특성에 대한 자료는 <표1>과 같다.

<표 1> 기계의 고장특성

수리후의 가동시간	고 장 확 률
1개월	0.25
2개월	0.15
3개월	0.10
4개월	0.10
5개월	0.15
6개월	0.25

위의 고장특성에 대한 자료를 히스토그램으로 작성하면 <그림2>와 같이 된다.



위의 자료를 이용하여 기계의 평균가동기간을 계산하면 다음과 같다.

기계대수	대당가동기간(월)	가동기간(월)
25	1	25
15	2	30
10	3	30
10	4	40
15	5	75
25	6	150

기계100대의 총가동기간=350(월)

기계의 평균가동기간=350/100=3.5(월)

따라서 1개월내에 100/3.5=28.57대가 고장난다고 할 수 있다.

첫번째 예방정비 내지 수리정비의 실시여부의 문제는 그것에 따른 비용을 비교함으로써 결정할 수 있다.

1. 수리정비정책시의 비용

$$TC_R = \frac{N \cdot C}{\sum_{i=1}^n i \cdot p_i}$$

C : 대당 수리비용

i : 가동기간

P_i : 고장확률

TC_R : 총비용

N : 기계대수

$$TC_R = \frac{100 \times (100)}{1(0.25) + 2(0.15) + 3(0.10) + 4(0.10) + 5(0.15) + 6(0.25)}$$

$$= \frac{10,000}{3.5} = 2,857.14 \text{천원}$$

2. 예방정비정책시의 비용

예방정비를 실시할 경우 총비용은 예방정비 비용에 고장으로 인한 손실과 수리비용을 포함하고 있다. 아울러 예방정비의 실시간격별로 제비용을 고려해야 한다. 매월 예방정비를 실시하는 경우, 고장회수 $B_n = N(P_i) = (100) \times (0.25) = 25$

B_n : 예방정비 실시간격(n)별 고장회수

N : 기계대수

P_i : 예방정비 실시간격(n)별 고장 발생확률

2개월마다 예방정비를 실시하는 경우 고장발생회수 B₂는

$$B_2 = N(P_1 + P_2) + (N \times P_1) \quad P_1 = N(P_1 + P_2) + B_1 P_1$$

여기서 N(P₁+P₂)는 예방정비후 1개월 이내에 고장나는 회수(N×P₁)와 2개월째에 고장나는 회수(N×P₂)의 합계이며 (N×P₁)P₁은 예방정비후 1개월 이내에 고장을 일으켜서 수리를 하고 그 다음 달에 다시 고장이 일어날 회수를 나타낸다. 따라서 B₂ = 100(0.25+0.15) + 25(0.25) = 46.25회가 된다.

n개월마다 예방정비를 실시하는 경우에 일어날 수 있는 고장회수 B_n은

$$B_n = N(P_1 + P_2 + \dots + P_n) + B_1 P_{n-1} + B_2 P_{n-2} \dots + B_{n-1} P_1 \text{이 된다.}$$

이런 식으로 계산하면 B₃=64.31, B₄=85.52가 된다. 다음은 이들 예방정비 간격별로 구해진 고장회수와 고장으로 인한 손실액과 월간 예방정비 비용을 계산한다. 이상과 같은 요령으로 예방정비 실시 간격별로 고장으로 인한 손실액과 예방정비 비용을 계산하면 <표-2>와 같다.

<표-2> 예방정비실시 간격별 제 비용

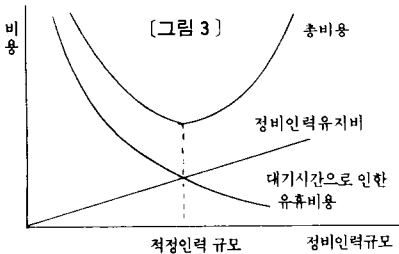
예방정비 실시간격(월)	간격별 고장발생회수	월간 평균고장회수	월간 고장손실액(c)×100천원	월간 예방정비 비용 (1/M)×200천원×100	월간 제비용합계(d+e)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(d+e)
1	25	25	2,500천원	2,000천원	4,500천원
2	46.25	23.12	2,312	1,000	3,312
3	64.31	21.44	2,144	666	2,810
4	85.52	21.38	2,138	500	2,638
5	113.16	22.63	2,263	400	2,663
6	160.75	26.79	2,679	333	3,012

이들 자료를 보면 4개월마다 예방정비를 실시하는 것이 경제적이다. 4개월마다 예방정비를 실시하면 수리정비정책을 실시하는 것보다 219.14천원

(2,857.14-2,638)만큼 비용이 덜 든다. 따라서 이 경우 예방정비정책을 실시하는 것이 유리하며 예방정비정책을 실시하는 경우 4개월마다 예방정비를 실시하는 것이 유리하다.

V. 정비담당자의 적정규모결정

유지관리에 대한 최적실시기간, 최적정비정책, 작업량이 결정되면 기업의 관리자들은 정비담당자를 어느 정도 보유하는 것이 가장 적절한 것인가를 결정하여야 한다. 설비의 정비인력의 규모를 적게 하면 고장에 충분히 대처하지 못하기 때문에 설비의 유희시간(대기시간)이 길어져 유희비용이 커지게 되나 반면에 불필요한 인력때문에 발생하는 비용은 줄어들 것이다. 따라서 정비인력유지비와 설비의 대기시간으로 인한 유희비용의 합을 최소로 하는 적정인력규모의 결정이 필요하게 된다. 이 관계를 도표화하면 <그림-3>과 같다.



유지관리를 위한 인력의 적정 크기를 결정하는데에는 대기행렬이론(queueing theory)이 적용될 수 있다. 이해를 돕기 위하여 다음의 예를 들어보자.

<예-2> 어느 회사가 보유하고 있는 기계설비가 시간당 4회의 고장이 발생하며 고장발생분포는 Poisson 분포를 이루고 고장으로 인한 손실비용은 기계당 · 시간당 50,000원이며 정비담당자에 대한 시간당 노무비는 10,000원이라고 한다. 1명을 고용할 때 시간당 6개의 고장을 수리한다면(수리시간분포는 지수분포를 이룬다고 한다) 몇 명을 고용하는 것이 비용을 최소화할 수 있을까?

1. 정비자 고용규모에 따라 서비스시설에 도착되어 정비를 위해 대기하고 있는 평균기계대수

$$N_t = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \quad \begin{array}{l} \lambda : \text{평균도착률} \\ \mu : \text{평균서비스율(보수자 고용규모에 따라 변화)} \end{array}$$

2. 총비용(고장으로 인한 유희비용+정비인력유지비용)의 계산

i) 1인의 경우

$$\begin{aligned} \text{유희비용} &: \left(\frac{4}{6-4}\right) \times (50,000 \text{ 원/시간}) \\ &= 100,000 \text{ 원/시간} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{보수인력유지비} &: 1 \text{ 인} \times 10,000 \text{ 원/시간} \\ &= 10,000 \text{ 원/시간} \\ \text{계} &: 110,000 \text{ 원/시간} \end{aligned}$$

ii) 2인의 경우

$$\begin{aligned} \text{유희비용} &: \left(\frac{4}{6 \times 2 - 4}\right) \times (50,000 \text{ 원/시간}) \\ &= 25,000 \text{ 원/시간} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{보수인력유지비} &: 2 \text{ 인} \times 10,000 \text{ 원/시간} \\ &= 20,000 \text{ 원/시간} \\ \text{계} &: 45,000 \text{ 원/시간} \end{aligned}$$

iii) 3인의 경우

$$\begin{aligned} \text{유희비용} &: \left(\frac{4}{6 \times 3 - 4}\right) \times (50,000 \text{ 원/시간}) \\ &= 14,290 \text{ 원/시간} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{보수인력유지비} &: 3 \text{ 인} \times 10,000 \text{ 원/시간} \\ &= 30,000 \text{ 원/시간} \\ \text{계} &: 44,290 \text{ 원/시간} \end{aligned}$$

iv) 4인의 경우

$$\begin{aligned} \text{유희비용} &: \left(\frac{4}{6 \times 4 - 4}\right) \times (50,000 \text{ 원/시간}) \\ &= 10,000 \text{ 원/시간} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{보수인력유지비} &: 4 \text{ 인} \times 10,000 \text{ 원/시간} \\ &= 40,000 \text{ 원/시간} \\ \text{계} &: 50,000 \text{ 원/시간} \end{aligned}$$

따라서 3명의 보수담당자를 고용하는 것이 가장 경제적인 수준이다.

VI. 결론

이상과 같이 간략하게 경제적인 측면에서 설비 유지관리에 대하여 알아 보았다. 설비의 유지관리에 있어서 breakeven point(손익분기점, 또는 비김점)을 어느 선에서 결정할 것이냐는 각종 설비의 물리적, 자연적, 인위적인 고장 가능성을 정밀하게 조사 측정하여 고장의 파급범위, 빈도 등을 분석 평가하는 것이 선행되어야 하겠다. 이때 최고경영자의 관심과 지원이 뒤따라야 함을 물론이고, 실무관리책임자는 경제성과 기업실정이 고려된 균형있는 유지관리체제를 계획, 실시하여야 하겠다. ■