

설비진단 기술의 최근 동향

김 민 호
 (주나다S&V)

1. 머리말

말 못하는 아기나 동물들과의 대화는 기술이나 능력 보다는 관심과 애정이 우선한다. 아기의 울음소리를 듣는 어머니 동물을 사랑하는 조련사들이 그러하다.

소음, 진동을 기계의 언어라고 한다. 기계는 그들이 병들고 고장 났을 때 소음과 진동을 발생 시킨다. 현장에서 오랫동안 기계와 함께 살아온 경험이 많은 전문가들은 불완전한 것이기는 하지만 기계와의 대화가 어느정도 가능한 사람들이라고 할 수 있다.

우리는 기계를 보다 정확하고 완벽하게 다루기 위해서 그들의 언어를 이해할 필요가 있다고 생각된다.

많은 시간을 기계와 함께 생활하면서 느낀 것은 기계는 순진하고 정직하다는 것이었다. 기계는 고장이 났을 때 대단히 정확하고 정직하게 자신의 상태를 이야기 한다.

이와 같이 기계의 진동을 분석함으로써 기계의 상태를 분석하고 고장을 예측하는 것을 Machinery Condition Diagnosis Technology (기계상태진단 기술)라고 한다.

기계상태진단 기술은 기계공학의 한 갈래로서 100년의 역사를 갖고 있는 기술이며, 선진국의 마지막 남은 원가절감기술이라는 구호와 함께 후진국으로의 기술이전을 가장 꺼리는 기술로 알려져 있었다.

대부분의 후진국은 결국 열심히 노력해서 선진국에 보탬이 되는 매우 불합리한 산업 패턴을 갖고 있으며, 근본적인 대책 없이 이와 같은 구조를 탈피하기 어렵다.

다음은 우리나라의 무역 수지를 나타내는 도표이다.

위 도표에서 알 수 있는 것은 우리나라의 전체 무역수지 적자는 IMF가 진행되어 구매가 동결 되었던 '98년, '99년을 제외하고는 OECD국가로부터 수입되는 기계류에 의해 발생하는 적자가 언제나 전체 무역수지 적자보다 컸다는 것을 알 수 있다.

'98년, '99년의 흑자도 사실 따지고 보면 기계류 수입이 줄어들었기 때문일 뿐 기계

류의 수입이 재개된다면 또다시 적자로 전환될 것이라는 것을 쉽게 짐작할 수 있다.

위 도표를 통해 기계류 수입을 줄이는 것만이 우리나라와 같은 개발도상국이 살길이라는 것을 실감할 수 있다.

하지만 기계류 수입은 산업화 과정에서 필수적인 일이며, 피해갈 수 없는 길이다.

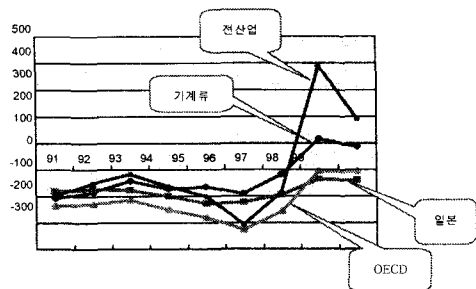
국산화 라는 명제는 이미 더 이상 애국심에 호소하지 말라는 말로 빗을 바래고 있다.

가격대비 기계 수명에서 경제적인 이익이 없다는 것이 국산을 외면하고 기계류를 수입 하는 가장 큰 이유로 대두되고 있기 때문이다.

이제 우리에게 남은 마지막 방법은 수입되어온 기계라도 오래 사용함으로써 최대한 기계류 수입을 억제하는 것이 될 것이다.

산업기계의 수명을 평가할 때 일반적으로는 30년으로 평가하지만 일본이나 독일의 경우 50년~70년을 사용한다고 하는 반면 우리나라의 경우 5~7년을 사용한다고 보고된 것을 보면 이 방법의 가능성은 적은 노력으로 충분한 효과를 거둘 수 있을 것으로 생각되기 때문이다.

몇 년 전에 한국을 방문했던 일본인 전문가의 말이 "한국은 대단히 돈 벌기 쉬운 나라다. 만약 내게 총 설비투자비의 10%를 줄 수 있다면 어떠한 기계이거나 수명을 2~3배 연장할 수 있을 것"이라고 했던 것이 기억에 새롭다.



전산업 : 우리나라 전체 무역수지
 기계류 : 우리나라 기계류 전체 무역수지
 일본 : 대일본 기계류 무역수지
 OECD : 대 OECD국가 기계류 무역수지

우리는 더 이상 설비보전에 투자되는 자금을 비용이라고 생각해서는 안 된다. 설비보전에 투자되는 자금은 제2의 투자라고 해야 한다.

과감하게 설비투자를 시도했던 많은 대기업들은 모든 설비가 아무런 노력 없이 일본이나 독일 같이 오래 사용할 수 있을 것이라고 가정했던 것 같다. 이 설비가 노후화되기 시작하는 지금 어려움을 겪는 이유를 다시 한번 곰곰이 생각해 보아야 할 것이다.

2. 설비진단기술의 기존 개념

1940년도 미 해군성에서 적용되기 시작한 진동분석 기술은 1960년대에 이르러서 설비의 중요성이 강조되었던 발전소, 석유화학 공장을 위주로 적용되기 시작했고, 1970년대 컴퓨터의 급속한 발전과 함께 저렴한 가격으로 일반 산업체에 까지 적용되고 있다.

진동을 이용한 설비관리 기술은 기술 발전에 따라 크게 두 가지로 나뉘었다.

첫번째는 상태감시(Condition monitoring)이라고 하는 것으로서 단순히 진동의 크기를 측정하여 기계 상태를 감시하고 일정 크기 이상의 진동을 고장으로 규정함으로써 고장 발생을 미연에 대처할 수 있는 역량을 키우는 것이다.

이와 같은 기술은 현장의 단순 작업자나 Operator를 통해서도 운영할 수 있을 만큼 전문적인 기술이 요구되지 않고 적용하기에 매우 손쉬운 뿐 아니라 그 효과도 대단히 크다는 장점을 가지고 있다.

또 다른 한가지 기술은 정밀진단기술(Precision Diagnosis Tech.)이라고 불리는 고급 기술로서 기계설비로부터 진동을 측정하고 정밀 분석함으로써 현재의 기계상태 뿐 아니라 진동을 발생시키고 있는 근본적인 원인을 찾아 제거하고자 하는 기술이라고 할 수 있다.

이 기술은 단순한 상태 감시와는 달리 진동을 정밀 분석할 수 있는 고도로 훈련된 요원이 필요로 하는 것으로 진동 자체를 저감함으로써 고장의 빈도를 줄일 수 있다고 판단되어지고 있다.

지금까지의 대부분 선진국에서 행해지고 있는 기술은 정밀진단이 라기 보다는 기계의 상태감시에 치중하고 있었다.

이 상태감시 기술은 산업화 초기에서 일본과 미국에서 대단한 효과가 있었다고 분

석되었고, 1970년대에는 이 상태 감시 기술에 생산관리를 접목시킨 TPM 기술이 탄생되는 계기가 되었다.

적용 초기에는 단순진동계를 이용한 off-line 감시가 주로 행하여 졌는데, 그 경비절감의 효과가 뛰어나다는 것이 인정되면서 많은 기업에서 유행처럼 적용하기 시작했고 경비절감이라는 측면에서 큰 효과를 경험했다.

이에 따라 발전소, 철강공장 또는 유화 공장에서는 막대한 자금을 투자하여 On-line 감시가 본격적으로 추진 되었다.

우리나라에서 이와 같은 On-line 감시가 적용되기 시작한 것은 1980년대에 들어서면서 부터로 초기에는 일본으로부터 들여오던 기술이 1990년대에 들어서면서 점차 미국으로 전환되어 가는 느낌이다.

하지만 이와 같은 On-line 감시는 초기에 저렴한 비용으로 실시했던 Off-line에 비해 막대한 자금이 소요되는 일이며, 그 만큼 On-line 감시에 거는 기대도 컸었다.

하지만 On-line 감시 시스템은 Off-line에 비해 그다지 대단한 성과가 있다고 보기 어려울 만큼 기계 고장 발생을 미연에 감지하여 대처할 수 있다는 기본적인 효과 이외에 큰 효과는 나타나지 않았다.

이에 대한 궁금증은 우리나라에서 뿐만 아니라 전세계 모든 선진국에서도 동일하게 경험하고 있는 일이라고 할 수 있다.

그 것은 상태감시와 정밀진단의 차이라고 할 수 있다.

앞으로 설비진단과 관련한 기술발전 방향은 어떻게 될 것인가?

최근 이와 관련한 세계적으로 저명한 인사들의 주장을 들어 봄으로써 앞으로 우리가 나아가야 할 방향에 대해 예측해 보기로 한다.

3. Toyota교수의 Keynote Lecture

금년 7월에 일본에서 개최되었던 일본 기계학회의 설비진단에 관한 International Symposium에서 밝힌 Toyota 교수의 의견은 다음과 같다. (일본 나고야 Meijo 대학에서 개최된 본 심포지움은 2000 일본 기계학회 중 기계상태감시 및 진단을 테마로 독립되어 진행 되었다.)

초청 연사는 TC108 SC5 의장인 호주의 Joseph Mathew교수, 인도의 J.S Rao교수, 미국 버지니아 Polytechnic의 Kirk교수와

GE의 전문가 등 세계적인 유명 인사들이 초청되었다.

발표된 내용을 종합해 보면 주로 On-line monitoring system에 관한 내용의 발표가 가장 많았고, 최근 이슈가 되고 있는 remote control system(원격진단) 그리고 expert system에 관한 기초적인 개념들이 주로 소개 되었다.

이들 내용 중 개인적으로 가장 관심있었던 부분은 일본에서 기계진단 기술의 역사와 발전방향에 관한 Toshio Toyota교수의 발표 내용이었다.

이 내용을 간단히 요약해 보기로 한다.

Toshio Toyota교수는 1869년 위험속도가 있음을 발견하여 Rotor-Dynamics의 아버지라고 불리게 된 Rankine이 그의 제자로 하여금 일본 동경대 출신의 젊은 공학도를 미국에 불러 가르치게 했고, 그가 일본에 돌아간 후에도 두 번이나 제자를 보내 교육했다고 하는 Rotor-Dynamics의 역사에 등장하는 인물이다.

그는 현재 일본 Rotor-Dynamics를 이끌고 있으며, 일본 기계산업에서 가장 영향력이 있는 사람 중에 하나라고 할 수 있다.

젊은 Toyota교수는 1970년 일본 기계공업의 발전을 위해 두 가지 커다란 Project를 기획하고 실천에 옮겼다.

1970년대 초반에 설비보전과 관련된 Machine Condition Diagnosis Tech.(CDT)와 Total Preventive Maintenance (TPM)라고 불리는 두 가지 큰 연구 project가 그것이다.

이들 maintenance Technology(CDT)와 strategy (TPM)는 그 방법이 탁월하고 경제적인 이익 때문에 일본과 전세계에 유명해 지고 일반적이 되었다.

일본에서 설비보전에 관한 기술의 역사는 2차 대전 이전부터 있었다.

- (1) 1950년 정적인 것을 기본으로 하는 Preventive Maintenance (PM) 시스템이 미국으로부터 소개되어 일본의 철강회사와 석유화학 공장 및 중공업 회사에 적용되기 시작했다.
- (2) 1960년에는 고전적인 PM 방법은 생산성 증가에 초점을 맞춘 Productive Maintenance system으로 개선되었다.
- (3) 1970년대는 두개의 큰 project가 시작되었고, Machine Condition Diagnosis Technology(CDT)라고 불리는 연구는

철강회사를 중심으로 Total Preventive Maintenance Strategy (TPM)이라고 불리는 연구는 같은 시기에 자동차 회사에 적용되기 시작했다.

- (4) 1980~2000 maintenance management를 위한 TPM과 Predictive maintenance(PDM)를 위한 CDT가 많은 회사들에 적용되었던 시기라고 할 수 있다.

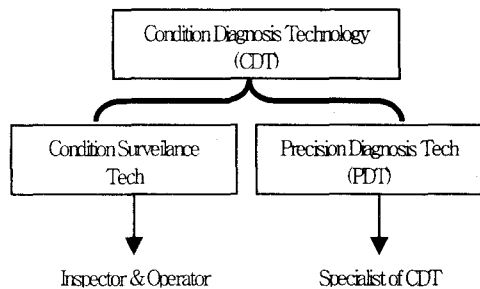
TPM의 가장 중요한 개념은 공장의 모든 종업원이 보전활동에 참여해야 하는 것이라고 할 수 있다.

일본에서의 상태감시 및 진단기술 (CDT)과 예측설비보전 기술은 1970년대 중반 철강회사와 같은 중공업 공장에 소개되어 설비보전비용을 감소시키고 설비 신뢰도를 극적으로 향상시키는데 큰 공헌을 했다.

이렇게 산업현장에 CDT가 소개되는 목적은 설비보전비의 절감이며, 일본식 CDT는 비용을 효과적으로 절감할 수 있도록 설계되었다.

그림 1에서 보는 바와 같이 CDT는 상태감시기술 (CST)과 정밀진단기술 (PDT)의 두가지 기술로 구분할 수 있다.

CST는 모든 종류의 공장에 운전자와 기능요원에 의해서 매우 저렴한 가격에 적용할 수 있으며, 정밀진단 기술인 PDT는 기계의 상태를 정밀하게 알고 있으며, 잔여수명의 예측과 손상의 심각성을 판단할 수 있는 소수의 설비진단 전문가에 의해 수행되어야 한다.



[그림1] 기계상태 진단기술 (CDT)

상기 내용에서 주목할 만한 것은 Toyota교수가 초기에 이 project를 수행하기 시작할 때 (1970년대) 만 해도 위 두 가지 기술 중에 일본의 기술력이 부족한 관계로 정밀진단기술(PDT)을 발전시키기에는 역부족이

있고, 따라서 손쉬운 상태감시기술(CST)을 보급하기 시작했다고 한다.

하지만 상태감시기술(CST)은 시간이 지남에 따라 TPM으로 변질되어 가기 시작했고 나중에는 진동을 분석하는 기술은 약해지면서 단순 생산관리 기술로 변했다.

이제 일본은 정밀진단기술 (PDT)을 실시할 만큼 충분한 기술이 있다고 인정되며, 본격적으로 전문가를 양성 함으로서 정밀진단기술 (PDT)을 보급해야 한다는 것이 Toyota교수의 주장이라고 할 수 있다.

4. James I. Taylor

James I. Taylor 박사는 미국 Vibration Institute의 Board of Director이며, Vibration Consultants, Inc.이라는 컨설팅 회사의 사장으로 재직하고 있는 진동 전문가로서 37년간 회전 기계의 결합 진단에 대한 기술을 보급하고 있는 인물이다.

서론

회전 기계의 결합 진단에 대한 기술과 예측 보전 기술은 지난 20여년 동안 급격히 발전되어 왔다.

지금은 예측설비보전의 개념을 뛰어넘어 장비의 보전성과 신뢰성을 발전시켜나가야 할 때이다. 세계적이라든가 즉각적이라든가 선행적이라는 쓸데없는 단어들에 올바른 관리 원칙을 대신하여 쓰여지고 있으나 이제 다시 기본 원칙으로 돌아가야 한다.

보전경비를 절감하고자 한다면 반드시 설비의 보수성과 신뢰성을 높여야만 한다. 설비의 고장이 줄어들수록 수리비용이 절감될 것이며 적절한 수리 작업이 시행된다면 설비 수명의 연장이 가능하다.

신규 설비와 예비 부품들의 구매를 적절히 관리하는 것도 회전기계의 결합 진단을 정확히 하는 것과 마찬가지로 설비의 보수성과 신뢰성을 높이는 데 중요한 역할을 한다. 경영진은 생산량과 같은 단기적인 목표보다는 설비수명연장이라는 장기적인 목표에 초점을 맞춰야 한다.

..... 중략

정확한 진단

잘못된 진단으로 엄청난 비용을 허비할 수가 있다. 만약 발생하지도 않은 고장을 진단한다면 Down-time, 인력 그리고 자재

가 낭비될 것이다.

반대로 실제로 발생한 고장을 진단하지 못한다면, 치명적인 결함이 발생되어 설비가 고장에 이르게 된다. 결과적으로 부정확한 진단에 의해서 자재, 인력, 그리고 잘못된 방법으로 수리를 시도하는 동안의 시간 낭비의 원인이 된다.

최악의 경우는 기계가 진동을 하게 되면 무조건 밸런싱 해야 한다고 생각하는 밸런싱 신드롬이다.

밸런싱을 위해서 회전자의 여기 저기에 교정 중량을 부착하여 놓은 것은 불평형이 문제가 되는 것이 아닌데도 밸런싱으로 진동 문제를 해결하려 한다는 것을 의미한다.

문제는 부정확한 진단이다. 많은 진동의 전문가'라고 불리는 사람들도 헐거움, 축 휨, 정렬불량, 장착면 불량, 회전자 바 파손 그리고 부하 걸림(loading)과 불평형을 구분하지 못한다. 이 모든 문제들은 운전 속도에서 큰 진동이 발생되지만 밸런싱에 의해서 해결되지는 않는다.

..... 중략

결론

만약 올바른 측정장비와 소프트웨어 그리고 새로운 기술들로 기술인력을 양성할 수 있다면 투자회수 기간은 더욱 단축될 것이며 오늘날의 그 어떤 투자에 비해서도 큰 투자가치가 있는 것으로 생각된다.

절감효과는 생산성 향상과 설비보전비의 절감으로 나타나게 된다. 경영진은 실시간 FFT 분석기와 센서로 구성된 장비를 구매하여야 하고, 설비보전 계획에 최고의 기술을 갖도록 훈련된 인력을 양성해야 한다. 유지 보수에 대한 태도는 단순한 상태 감시와 경향관리에서 정확한 진동 분석과 진단으로 바뀌어야만 한다.

위 목표가 달성된다면, 중간 정도 크기의 공장에서 이익 증가는 적어도 한 해에 백만 달러 이상은 되어야 한다.

James I. Taylor 박사가 이야기 하고 있는 것도 역시 일본의 Toyota 교수가 말하고 있는 것처럼 정밀진단의 중요성에 관한 것이라고 할 수 있다.

이와 같이 최근 대부분의 전문가들이 주장하는 설비진단기술에 관한 화두는 정밀진단에 관한 것이다. 그 이유는 무엇일까 알아보기로 한다.

5. 설비진단기술의 진정한 효과

단순히 진동을 측정하여 증가하는 추세를 분석함으로써 기계의 고장을 조기에 발견할 수 있는 상태감시기술은 그 자체로 설비를 관리하는 데 대단히 효과적이라 할 수 있으나 자체적인 한계를 극복할 수 없다.

· 자체적인 한계라 함은 Off-line 이나 On-line 이나를 떠나서 측정된 정지 자료에 의해서는 전문가라 할 지라도 기계를 정밀진단하기가 어렵다는 것이다.

모든 기계에 수 많은 센서를 부착한다 하더라도 정보를 전송하는데 따른 한계를 극복하지 못하기 때문에 전문진단장비를 가지고 현장에서 실시간으로 진동을 분석하는 현장 정밀진단과 비교하여 완벽한 진단은 불가능 하다고 할 수 있다.

그것은 애초에 상태감시 기술이 특별한 기술을 요구하지 않는다는 데서 시작했다는 데 문제의 핵심이 있다고 할 수 있다.

설비보전비의 지출은 공장 규모에 비례하지 않는다. 그 것은 고장 빈도에 비례한다고 할 수 있다. 전혀 고장이 발생하지 않는 공장에 설비보전비가 투자될 이유가 무엇이 있겠는가?

그렇다면 고장을 미리 발견함으로써 비용을 절감하는 것보다는 고장의 발생가능성을 낮추는 것이 보다 적극적이며, 효과적인 방법이라고 할 수 있을 것이다.

고장은 진동의 세제곱에 비례한다는 말이 있다. 한 설비가 다른 설비에 비해 진동이 두 배가 높다면 고장 발생가능성은 8배가 높다는 것이며, 만약 진동이 10배가 높다면 고장 발생 가능성은 1,000배가 높다고 할 수 있다.

진동을 낮추기 위해서는 정밀진단 이외에 다른 해법이 없다. 그리고 정밀 진단은 전문가에 의해서 이루어진다고 할 수 있다.

우리나라의 많은 유화 공장에서 막대한 자금을 투자하여 On-line monitoring system을 설치 했으나 그 효과가 기대에 미치지 못하고 있음은 전문가의 부재 때문이라 할 수 있다.

한 사람의 전문가는 100명의 단순작업자에 필적한다고 한다.

우리는 지금 심각한 상태에 처해 있다고 할 수 있다. 그리고 기계의 언어를 이해할 수 있는 한 사람의 진정한 전문가가 진정 필요한 시기라고 할 수 있다.