

# 산소 반응 교반기의 진동 특성 분석

## Characteristic Vibration analysis of the Ox-Reactor Agitator

장용석\*·임장익\*·구동식\*·김효중\*·최병근†

Jang YoungSeok, Lim JangIk, Gu DongSik, Kim HyoJung, and Chio ByungGeun

**Key Words** : Diagnosis(진단), Eccentricity(편심), Fluid unbalance(유체 불평형), Ox-Reactor Agitator(산소 반응교반기), Rubbing(접촉)

### ABSTRACT

Recently the agitator are being widely used in the machine plan in order to increase the petrochemical industry. The agitator normally consist of impeller, shaft, hub, reduction gear and the driving motor. It is one of the key design issue to confirm that the vibration caused by the rotation of the shaft should not coincide with the natural frequency of the shaft itself. And petrochemical industry as well as plants have been in operation for long period beyond their original design lives. In this paper the vibration of Ox-Reactor Agitator is measured for check machine condition. The result of diagnosis and solution is discussed in this paper.

## 1. 서론

현대산업의 발전과 더불어 기계의 사용은 더욱 증가 하였고 보다 뛰어난 기계의 등장 속에서 경쟁력 강화를 위해 모든 기계들이 고속화, 경량화 됨에 따라 회전기계의 경우 제작상의 난점에 의한 문제 또한 수반되었다. 회전 기계의 경우 불평형, 정렬 불량 및 균열의 발생, 베어링 결함 등으로 인해 소음이 발생하고 이에 따라서 열악한 작업환경이 조성되어 주변의 설비와 작업자의 인체에 나쁜 영향을 미친다.

또한 진동문제가 발생하여 가동이 중단 될 경우 수리 후 정상 가동 까지 심각한 시간 및 비용 손실이 발생하게 된다. 적절한 시기에 설비의 진단을 수행함으로써 고장 요소를 수정, 보완 또는 교체하여 물적 손실을 줄여야 할 것이다.

본 논문에서는 화학 공장의 생산 현장에 설치되어 생산 현장에서 실가동중인 산소 반응 교반기

(Ox-Reactor Agitator)의 지지 베어링(Steady Bearing) 부분의 이상 마모 현상을 진단하기 위하여 지지 베어링의 분석 및 해결방안에 대해서 논의 하고자 한다.

## 2. 측정 대상

측정 대상인 산소 반응 교반기는 화학 공장의 생산 현장에 설치되어 작동되는 교반기로써 Fig. 1

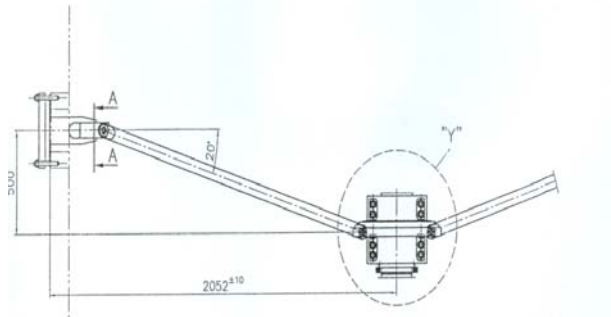


Fig. 1 Drawing of steady bearing in the Agitator

† 최병근; 경상대학교 기계항공공학부  
E-mail : bgchoi@gnu.ac.kr  
Tel : (055) 640-3059, Fax : (055) 640-3188

\* 경상대학교 정밀기계공학과 대학원.

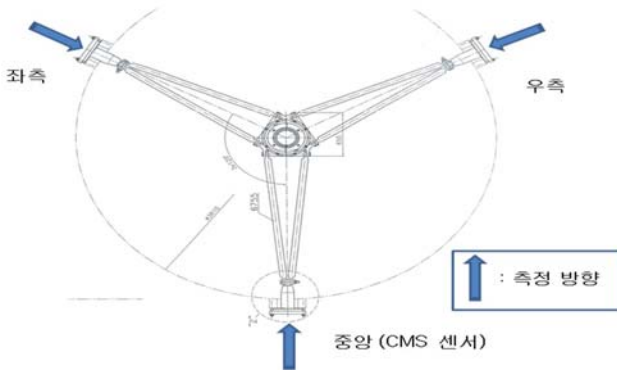


Fig. 2 Measurement point

과 Fig. 2에서 보듯이 대상 교반기 축과 지지베어링의 결합 구조 정면도이며, 3축 지지에 의한 베어링 연결 구조로 Fig. 1에서 보듯이 축 중간 부분을 지지하여 수직방향 축의 회전을 통한 날개의 교반작용을 하는 설비로, 중앙 부분에 있는 지지 베어링 쪽에 CMS센서를 통해서 설비의 상태를 파악하고 있었다. 교반기의 상세정보는 Table 1 과 같으며 정속 운전 시 56~84rpm으로 운전되고 있었다. 그러나 Fig. 2의 좌측 방향 지지 베어링에서 이상 마모 현상이 발생하여 그 원인을 규명하고자 본 연구를 수행하였다.

Table 1 R 1301B-Agitator specification

Agitator	Modification of an existing Ox-Reactor Agitator
Mixing Task(s)	Suspend, Gassing
Parallel Helical Gearbox	Solid output shaft, reduction(i) = 21.25, output speed n2=56/84 rpm, Rotation viewing from drive impeller : clockwise.
Agitator Shaft	Diameter W=180 mm, length L=8168 mm
Intermediate steady bearing	Type :EKATO A-Frame design. Including connecting elements to the vessel wall. Bearing bushing made of carbon FH82, shaft sleeve made of Titanium grade 2, dry running is not permissible. Material :Titanium grade 2 DIN no. 3.7035.

### 3. 측정 및 분석

측정 및 분석을 위해 사용된 장비는 Table 2와 같으며 B&K사의 Pulse 3560C와 가속도 센서를 사용하였으며, 소프트웨어는 Pulse Labshop 10.1으로 데이터를 수집 및 분석하였다.

진동 측정은 2회에 걸쳐 하였으며, 1차 측정은 지지 베어링의 교체직전, 2차 측정 1차 측정 후 베어링의 교체 20일 후에 동일한 위치에서 측정 하였다.

진동 신호는 1차 측정 시에는 1분씩 10회 저장 하였으며, 2차 측정 시에는 15분씩 4회에 걸쳐 Raw 신호 상태로 측정하였다. 교반기는 정속 운전 시의 회전수가 56~84rpm인 것을 고려하여 주파수 범위를 0~20Hz, 800 Line, Averaging 10회로 분석을 수행 하였다.

측정 위치는 Fig. 2에서 보듯이 분석 대상이 되는 지지 베어링에 가장 가까운 위치로 3축 지지대의 끝단에서 각 방향으로 측정되었으며 좌측, 중앙, 우측으로 구분하여 3개의 신호를 동일한 시간, 동시에 측정하였다. 그리고 2차 측정 시 이와 별도로 축의 궤적을 그려 보았다.

Table 2 Measurement equipment

장비명	측정 방법	
	총진동 값 설정	스펙트럼 설정
B&K PULSE 3560	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unit :m/s<sup>2</sup></li> <li>Signal detection: rms</li> <li>Measurement range: 0Hz~ 20Hz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unit : m/s<sup>2</sup></li> <li>Signal detection: p(0-peak)</li> <li>No. of lines : 800</li> <li>Window type: Hanning</li> <li>No. of averaging : 10</li> <li>Average types: Frequency domain</li> </ul>

### 4. 측정 데이터 분석

#### (1) 스펙트럼 분석

1차 측정과 2차 측정시의 데이터는 이상 마모 현상이 발생하는 좌측 지지대 베어링에서 측정된 데이터로 Fig. 3, Fig. 4의 스펙트럼과 같으며 운전 주파수(1X, 85rpm, 1.4Hz)는 어느 방향에서도 나타

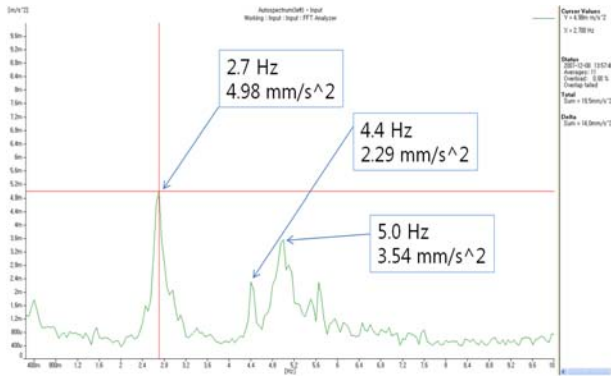


Fig. 3 Spectrum of 1st result in left side

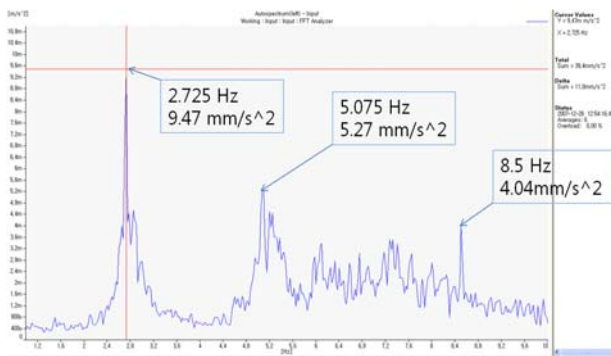


Fig. 4 Spectrum of 2nd result in left side

나지 않고 있으나 2X 성분인 2.7Hz와 3X 성분인 4.4Hz가 공통적으로 나타나고, 2X의 경우 중앙과 우측보다 다소 높은 레벨을 보이고 있다.

또한 1차와 2차 측정시의 데이터를 비교하면 진동 가속도 값이 1차에 비하여 증가하였음을 알 수 있고, 3방향 모두 1차에서는 볼 수 없었던 1BPF(Ball Passing Frequency, 8.4Hz) 있고 좌측 방향에서 가장 강하게 나타나고 있음을 확인 할 수 있다.

## (2) 축계적 분석

2차 측정 시에 관찰된 축 중심의 운동 모습을 나타내는 것이다. Fig. 5에서와 같이 모터 DE측에서 측정된 축 궤적을 살펴보면 축 중심이 진원을 그리는 것이 아니라, 한 방향으로 심하게 일그러진 타원을 보이고 있다. 이는 유체의 불균일한 압력분포에 의하여 타원의 좁은 반경 방향으로 외력을 강하게 받고 있어 외력과 수직 방향으로만 이동하면서 회전하는 것으로 사료된다.

## (3)진동 경향 분석

1차 측정과 2차 측정 결과는 Table 5와 같다. 진동값의 경우 2차에서 약 2배 가량 증가하였으며, 전체 RMS 값은 2.5배 가량 증가하였다. 그리고 Fig. 6은 진동 경향을 예측해 본 것으로 지지 베어링이 교체된 직후에 발생하는 진동이 일정시간이 지난 후의 진동에 비해 월등히 높은 값을 보이는 것을 알 수 있다.

이는 이번 측정 결과에서 보듯이 베어링의 교체로 운전 중에 축의 날개에서 유체 압력의 차이에 의해 한 방향으로 더 많은 힘을 받기 때문에 축과 지지 베어링 사이 과도한 접촉을 하면서 운전되기 때문인 것으로 사료된다.

그러므로 초기에 베어링의 중심과 축의 회전 중심의 불일치에 의해서 축이 베어링을 마모시키는 힘의 작용에 의해서 진동값이 높아지는 경향을 보이며, 시간이 흐른 뒤 베어링의 마모로 그 간극이 더욱 넓어져 베어링을 마모시키는 힘의 접촉 면적이 줄어들며 진동값이 초기에 비해서 낮아지는 것으로 사료된다.

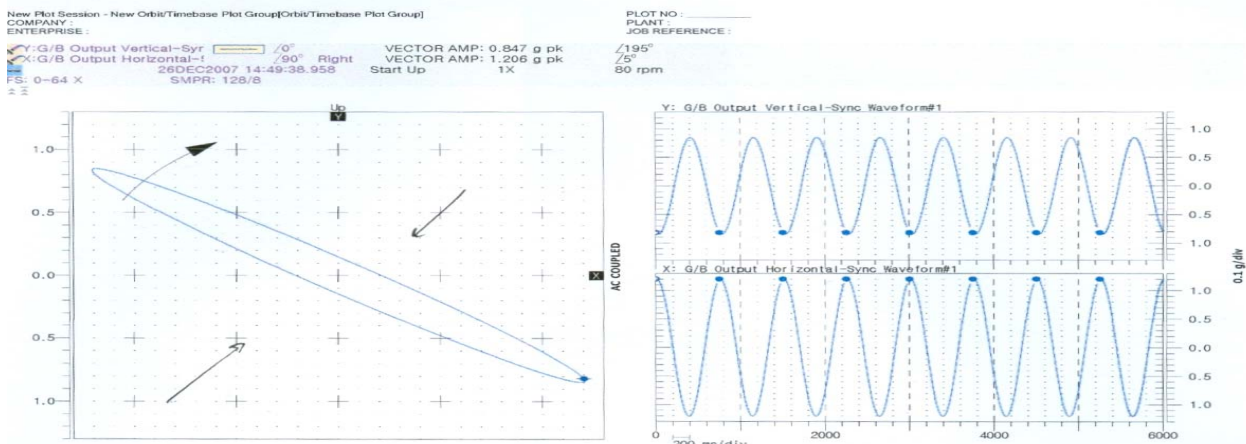


Fig. 5 Shaft orbit spectrum

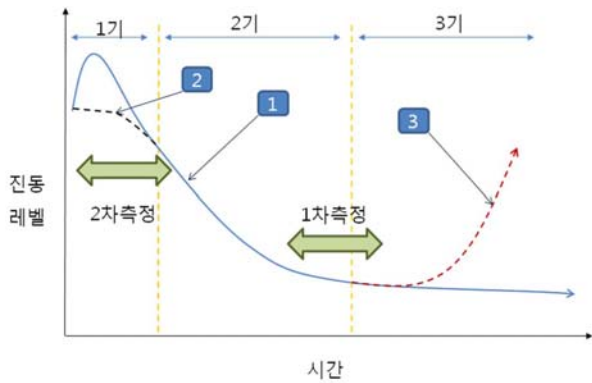


Fig 6. Vibration Time trend

## 6. 분석 결과

현재 교반기의 지지 베어링에서 발생하는 진동은 2X성분이 탁월하며, 1차에 비하여 2차 측정시의 진동 값이 전체적으로 높으며, 축이 수평이 아닌 수직으로 서 있는 형태이기 때문에 일반적인 저널베어링에서 확인 할 수 있는 기동시의 축 중심 궤적은 나타나지 않지만 현재 상태로 보아 베어링 내의 압력이 고르게 분포되지 못하여 축 중심과 베어링의 중심이 일치하지 못하고 Fig. 5와 같이 한 방향으로 휘어져 운전 되는 것으로 사료된다.

Table 5. 2X value of the Agitator

	좌		중		우	
	진동값 (mm/s)	RMS	진동값 (mm/s)	RMS	진동값 (mm/s)	RMS
1차	5.581	12.8	5.321	14.14	3.195	15.85
2차	10.45	29.35	8.86	33.5	7.93	36.83

## 7. 결론

본 논문에서는 생산 현장에서 구동중인 산소 반응 교반기의 지지 베어링의 이상 마모 현상을 규명하기 위하여, 베어링을 지지하는 3축의 끝단에서 진동 신호를 측정 및 분석했으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

진동 분석 결과 2X성분의 값이 가장 탁월하고 2

차 측정 시에는 BPF가 나타났다. 그리고 축 궤적 선도에서와 같이 축이 구동시에 유체의 불균일한 압력에 의해 한 방향으로 휘어진 상태로 운전되고 있음을 확인 하였다. 그러므로 축에 가해지는 유체의 압력으로 인하여 발생하는 접촉이 가장 주된 원인으로 사료되며, 이를 해결하기 위해서는 날개의 각을 변화시키는 것이 요구되나 정확한 유체의 압력분포를 고려하기 위해서 유체유동 해석 역시 필요한 것으로 사료된다. 또한 CMS시스템을 통해 좌측의 진동레벨경향을 통해서 대상 설비의 상태를 관찰하는 것이 중요할 것으로 사료된다.

## 후기

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업, NURI(첨단기계산업기술혁신인력양성사업단) 및 2단계 BK21의 지원으로 진행 되었다.

## 참고문헌

- (1) R. B. Randall., B Tech, BA 1987, "Frequency analysis", Brüel & Kjaer.
- (2) Yang, B. S., 2002, "Vibration of Rotating Machine," Intervision Publishing company.
- (3) Yang, B. S., 2006, "Vibration Condition Monitoring & Diagnostics", Intervision Publishing company.
- (4) Harris, C. M., and Crede, C. E., "Shock and Vibration Hand Book", McGraw-Hill, New York.
- (5) Gu, D. S., Kim, H. J., Jeong, H. E., Kim, H. E., Choi, B. K., 2006, "The Analysis of Structural Vibration induced by Pipeline" Proceedings of the KSME Spring Meeting(Gyeong Nam), pp.209~214.