

감속기 수명 연장을 위한 오일 순환시스템의 마모분석 해석

The Analysis of an oil circulating lubrication system to extend the lifetime of the Reducer.



글 | 李載根
(Lee, Jae Keun)

기계안전 · 산업기계설비
· 건설기계기술사
남해화학(주) 공무팀장(부장)

E-mail : 2jaekeun@hanmail.net

This analysis introduces a lube oil circulation system for a big reducer in the chemical process industries.

We have been operating the system and found out that the system greatly helped us save the maintenance cost by increasing the lifetime of the reducer.

1. 서론

최근 우리나라의 공업계는 비약적인 발전을 이루어 정밀화학, 중공업계를 비롯하여 자동차 기타 공업 분야에서 우수한 국산품을 생산하여 해외에 수출하여 많은 호평을 받고 있다.

그러나 과거 중화학공업을 도입하면서 중요 설비는 외국의 고가의 설비를 도입하여 현재까지 사용하였다. 하지만 교체 및 수리비용이 과다하게 발생되고 있는 것이 현 우리나라의 실정이다.

그 중에서 대형 감속기의 내부 구성자재는 국산 제조품과 호환성이 떨어져 국산화하는데 있어서 어려움이 많아 부득이하게 고가의 외자품을 구매하여야 한다.

이와 같은 내용으로 인해 본인이 속한 남해화학에서는 근 10년간의 유회관리를 통해서 얻은 기술적인 노하우와 지식을 이용하여 감속기와 관련된 정비 비용을 줄이기 위하여 다양한 방법을 시도하였다. 그 중에서 투자비용이 적게 들어가며 효과가 가장 높은 오일 순환시스템의 활용에 관하여 논하고자 한다.

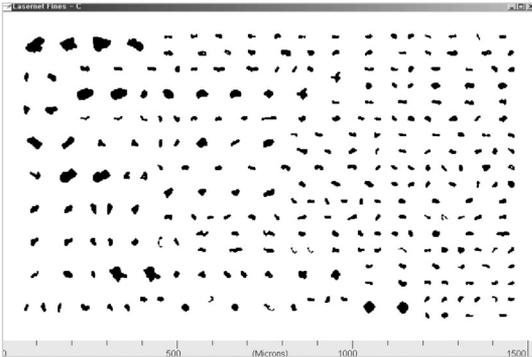
〈표 1〉은 우리공장에서 사용하는 중요감속기의 하 나인 41-A-101A의 7년간 소요된 지출을 나타낸 것이며 1기 기준 연간 2천만원 이상의 수리비용이 지출된 것으로 나타났다.

〈표 1〉 41-A-101A 수리비용

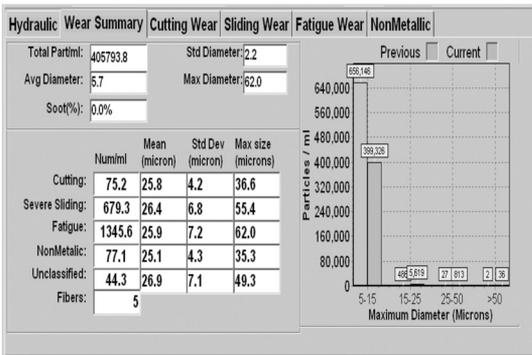
41-A-101A GEAR BOX 연간 수리 비용							
	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년
자재비	₩37,800,000	₩18,000,000	₩12,589,000	₩25,350,000	₩2,500,000	₩11,200,000	₩19,500,000
인건비	₩4,280,000	₩1,258,000	₩858,000	₩2,458,000	₩1,458,000	₩2,258,000	₩987,500
기타	₩150,000	₩480,000	₩65,000	₩150,000	₩150,000	₩150,000	₩150,000
소계	₩42,230,000	₩19,738,000	₩13,512,000	₩27,958,000	₩4,108,000	₩13,608,000	₩20,637,500
총계	₩141,791,500						

이러한 중대형 기어박스의 감속기를 다수 보유하고 있는 당사에서는 수리 및 유지비에 적지 않은 부담을 가지고 있다.

대부분의 기어박스는 Bearing, Bevel Gear, Spur Gear, Helical Gear, Shaft 등으로 구성되어



〈그림 1〉 레이저에 투영된 입자 형상



〈그림 2〉 마모형태별 입자형상의 구분

있으며 외부의 먼지, 흙 및 가스 등으로부터 보호하기 위하여 Case로 Sealing 되어 있다.

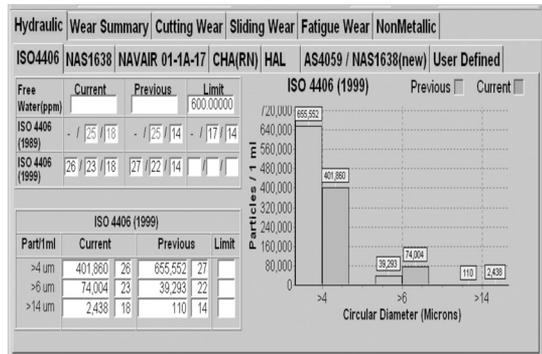
여기에 운전되고 있는 Gear Box의 하중 및 사용 온도 등에 따라 적절한 점도와 화학적 성능을 가지고 있는 윤활유가 Oil Film을 형성하여 Bearing과 Gear 치면의 Metal과 Metal의 직접적인 접촉을 막아주어 마모손상을 방지하는 역할을 한다.

중요 구성품 중 Bevel Gear, Spur Gear, Helical Gear, 등은 기어에 의해 두 축 사이에 회전과 토크를 전달하는 동력 전달장치이며 마찰전동과는 달리 톱니가 맞물려 있으므로 운동전달이 확실하나 불안정한 윤활관리가 이루어 질 경우 두 마찰면의 경계 윤활(Boundary Lubrication)이 형성되어 Gear와 Bearing의 피로마모가 진행되기 시작하여 장기간 진행될 경우 System의 Vibration의 증가와 과열을 불러 일으킨다.

〈그림 1〉은 과도한 발열증상을 보인 감속기의 Lube Oil을 Sampling하여 Laser입자 형상기를 통해 분석한 사진이며 〈그림 2〉은 Lube Oil 내부의 오염입자의 형상을 종류별로 분류한 내용이다.

〈그림 2〉와 〈그림 3〉에 보듯이 Lube Oil 내부에 다량의 오염입자가 형성되어 있으며 상대적으로 작은 4-Micron Size의 입자의 수는 401,860 Particle/1ml를 나타내며 중간크기의 6-Micron Size의 입자 수는 74,004개, 14-Micron Size 이상의 큰 입자는 2,438 Particle/1ml를 나타내어 당사 기준치의 100배 이상의 과도한 마모가 진행되고 있음을 알 수 있다.

〈그림 3〉에서 보듯이 Severe Sliding Wear와 Fatigue Wear의 입자수 또한 다량으로 증가되어 Gearbox 내부의 Gear 치면과 Bearing의 급격한 마모의 진행을 알 수 있다.



〈그림 3〉 오일 내부의 오염입자 수량(ISO-4406)



〈그림 4〉 시험기종 LIGHTNIN : 800Q THRU 875Q

2. Compulsion Oil Circulation System의 제작

2.1 실험 장치

이 실험에서는 Bath Type Lubrication을 통하여 내부 윤활이 되고 있는 Gearbox에 외부의 Compulsion Oil Circulation System과 Lube Oil Filtering System을 장착하여 내부의 마모 입자의 형태별 증가분과 마모입자수의 판독을 3회이상 실시하여 측정오차 2% 이내로 나오는 Data를 활용하여 신뢰성을 높였다.

〈그림 4〉는 Bath Type Lubrication을 활용하고 있는 Gearbox이며 〈그림 5〉은 Bath Type Lubrication이 되고 있는 Gearbox에 외부의 Compulsion Oil Circulation System과 Lube Oil Filtering System을 장착한 Gearbox의 사진이다.



〈그림 5〉 순환시스템을 적용한 기어박스

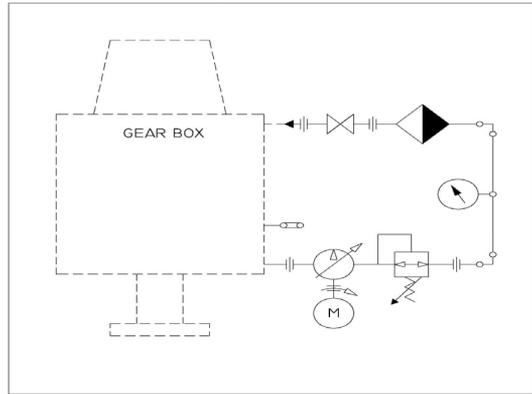
2.2 장치의 구성

외부 Gear Oil Pump를 강제순환식으로 적용하였으며 유량을 조절할 수 있도록 Relief Valve를 장착시켰다. System의 구성은 〈그림 6〉과 같다.

〈그림 6〉에서 보듯이 Relief Valve는 2Kg/cm²

으로 조절하여 Pump 용량을 10Liter/Min, 으로 용량을 조절하였으며 Relief Valve 후단에 Beta Coefficient 99%의 성능을 가진 Glass Fiber Type 6 Micron Filter Element를 설치하였다.

System의 정확한 효과검증을 하기 위하여 Gearbox 내부 Oil의 Turbulence가 활발한 지역인 Oil Level의 높지점에 Oil Sampling Port를 설치하였다.



〈그림 6〉 Lubrication 개통도

3. 실험 및 실험 결과

3.1 실험 장비

실험 장비와 도구는 다음과 같은 제품을 사용하여 이용하였다

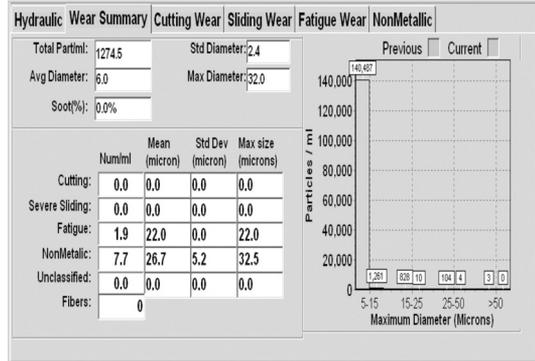
- * 분석장비 : Lockheed Martin의 Laser Net Fines
- * Sampling Port : Minimass SPM1/4
- * Sampling Probe : SPBM162P

3.2 실험 결과

상기와 같은 Circulation 장치를 설치하여 24일간 System을 가동 후 Sampling Port를 통하여 입자오염의 증가를 확인하였다.



〈그림 7〉 입자 개수 장비



〈그림 11〉 마모형태별 입자형상 구분



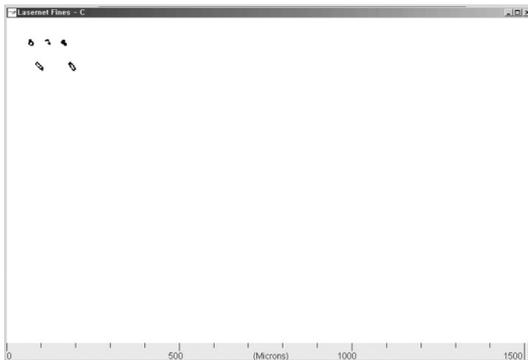
〈그림 8〉 Mini-mass SPM1/4



〈그림 9〉 SPBM162P

〈그림 10〉은 오일 순환시스템 통과후 레이저에 투영된 입자 오염물들이다.

순환시스템을 적용하기 전의 〈그림 1〉과 비교해서 보면 내부의 입자오염물이 크게 줄어든 것으로 확인된다. 〈그림 11〉은 Wear Summary의 감소분을 측정한 것으로 적용하기 전의 〈그림 2〉와 비교하면 상당량 감소하였다.



〈그림 10〉 레이저에 투영된 입자형상

각각의 입자오염물의 감소량은 〈표 2〉와 같다. 마모입자 분석을 통한 〈표 2〉에서 보듯이 순환시스템을 장착 후 Gearbox의 입자마모분의 감소량은 99% 이상 감소된 것으로 나타났다.

〈표 2〉 적용 전후의 마모입자별 비교

	장착 전(Num/ml)	장착 후(Num/ml)	감소율(%)
Cutting Wear	75.2	0.0	100.0
Severe Sliding Wear	679.3	0.0	100.0
Fatigue Wear	1345.6	1.9	99.0
Non Metallic Wear	77.1	7.7	99.0
Unclassified	44.3	0.0	0.0
합계	2221.5	9.6	99.0

4. 결론

Oil Circulation과 Filtering System을 Gearbox에 적용했을 경우 각 부분의 중요 윤활 개소에 나타나는 마모분은 현격히 줄어든 것으로 나타났으며, 이로 인해 설비의 수명 및 고장율이 현격히 줄어들 것으로 추론 할 수 있다. 또한 정비비용의 절감효과 뿐만 아니라 기업의 생산성 향상에 이바지 할 수 있을 것이라 사료된다.

(원고접수일 2010년 2월 17일)