

오일 미스트 유회의 원리와 특징 및 효과

김병욱* · 이안성* · 최명기**

1. 서 론

대부분의 기계장치 부품은 접촉 마찰 운동부를 가지며, 운동부의 반복적인 구속운동으로 인한 트라이볼로지(tribology) 문제를 해결할 수 있도록 다양한 유회기술이 적용되어 왔다. 최근의 프로세스 생산기술은 기계설비 시스템이 아무리 복잡하여도 고속과 고하중에서 장기간 사용을 요구하고 있다. 현대의 기계장치들은 접촉 마찰운동 면적을 크게 줄여서 소형 또는 극소형으로 제작되기 때문에 이들의 간극에 유회유를 공급하기는 대단히 어렵고, 또한 공급한 유회유를 효율적으로 관리하기가 쉽지 않다. 유회관리 실수는 곧바로 제품의 생산성과 품질, 생산설비 시스템의 안정성과 효율성 등에 큰 영향을 끼칠 수 있기 때문에 마찰 운동면의 접촉형태, 미끄럼 마찰방향, 하중의 경중과 특성, 마찰속도, 사용온도와 환경 등 모든 작동조건을 엄밀히 고려한 최적의 유회 급유장치를 결정하여야 한다⁽¹⁾.

본 해설에서는 유회관리에 많은 장점을 가진 분무식 급유법(이하 오일 미스트)의 원리와 특징 및 효과를 소개하고자 한다.

2. 오일 미스트 생성원리⁽²⁾

오일 미스트 유회는 오일을 미립자로 만들기 위하여 압축공기를 사용한다. 압축된 공기는 벤트리(venturi)를 통과할 때 속도가 높아지면서 동시에 압력이 낮아진다. 압력이 낮아지는 지점에서 오일 흡입이 발생되며, 속도가 빠른 공기와 혼합된 오일은 배플판(baffle plate)을 통과하면서 오일 미스트가 생성된다.

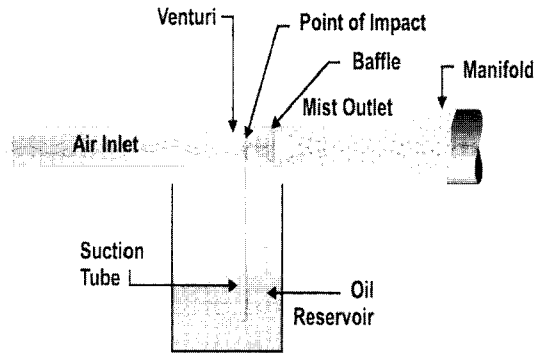


그림 1 오일 미스트 생성원리

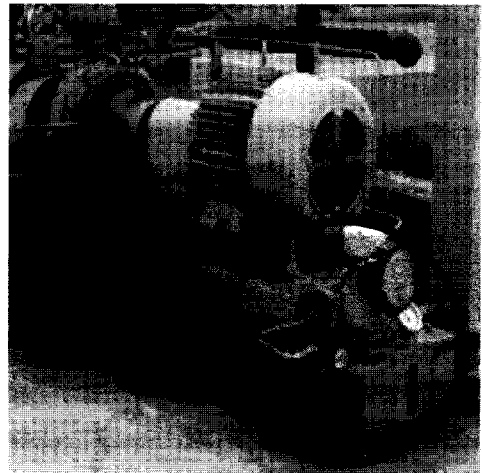


그림 2 오일 미스트 적용사례

개략적인 작동원리를 그림 1에 나타내었다. 생성된 오일 미스트내의 오일입자는 직경이 1~3 μ m이며, 공기와 오일의 체적비가 200,000 : 1의 체적비를 갖는다. 오일량이 극소량(약 5ppm)이기 때문에 화재 및 폭발의 위험성은 전혀 없다.

* 한국기계연구원 회전기계연구팀
E-mail : kbo2612@kimm.re.kr
** 루솔(LUSOL) 대표

2. 오일 미스트 윤활 특징

오일 미스트 윤활은 저압의 압축공기를 사용하고, 회전이나 운동부가 없어 고장확률이 매우 낮다. 오일의 소모량이 적고 냉각효과가 크기 때문에 고속으로 회전하는 구름베어링, 고온에서 운전되는 체인, 공작기계의 고속 스핀들, 압연기 베어링 등에서 많이 사용되고 있다. 윤활 오일량이 소량이기 때문에 교반저항이 작아 고속회전에 적합하며, 베어링에서 누출되는 유량 인한 설비와 제품에 대한 오염도가 매우 낮으며, 마찰 운동부에 항상 신유를 공급할 수 있어 베어링 수명을 길게 유지할 수 있다. 표 1은 오일 미스트 윤활 적용 위치 예를 보이고 있다. 특히, API 610⁽³⁾에서는 설비 retrofit 시 프로세스 펌프 혹은 모터⁽⁴⁾의 베어링 윤활로 오일 미스트 윤활을 적극 권장하고 있다.

오일 미스트 윤활 적용 시 설비 건전성 향상에 관한 조사분석 자료가 국내 뿐만 아니라 국외에서도 많이 보고되고 있으며⁽⁵⁾, 주요특징은 다음과 같다.

표 1 오일 미스트 윤활 적용 예⁽²⁾

Rolling bearings	
Tapered roller bearings	
Journal bearings	
Gears	
Slides	
Chain drives	

- 오일 미스트 윤활은 내압으로 인해 외부로부터 수분이나 먼지 침입이 원천적으로 불가능하다.
- 베어링표면으로부터 떨어져 나온 마모·피로입자가 세척되는 효과를 가진다.
- 고점도 오일을 사용할 수 있어 고 유막 강도가 유지된다. - 마모예방 및 수명연장
- 발열원인이 제거되어 베어링 자켓으로 냉각수 공급이 불필요하다.
- 금속표면에 지속적인 오일 코팅막이 형성되어 부식 방지 효과가 있다.
- 오일교환·보충·점검할 필요가 없다. - Dry sump

3. 오일 미스트 적용 효과

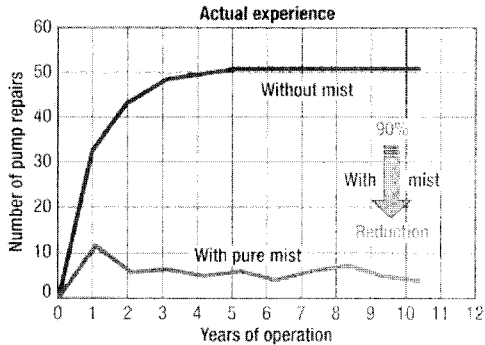
오일 미스트 윤활 시스템이 최근 국내는 물론 국외의 석유정제 및 화학업체, 제철소 등 대형 설비에 적용되고 있다. 이 윤활 시스템 적용 전·후의 효과 및 구체적인 사례도표⁽⁵⁾⁽⁶⁾를 제시한다.

- 펌프와 모터 베어링의 파손율의 감소
 - 펌프 베어링 파손율이 80~90% 감소
 - 모터 베어링 파손율이 90% 이상 감소
- 시일 파손이 감소
 - 시일 파손이 30~50% 감소
 - 시일의 평균수명이 두배로 증가
- 특수장비의 파손율이 감소
 - 로타리 브로워, 케미컬 믹서, 쿨링타워 팬 기어 박스 등
- 펌프, 구동기 등의 MTBR의 향상
- 펌프 유지보수 비용의 급격한 감소
- 유지·인력의 감소
- 윤활유 소비의 급격한 감소
 - 평균 40%의 윤활유 소비 감소
- 에너지 소비율 감소
 - 약 1~2% 감소
- 생산성 향상
 - 7~8%의 가동률 향상

그림 3은 오일 미스트 윤활 시 펌프 수리 사례를 보이고 있다. 오일 미스트를 적용 시 펌프 수리율이 90%로 감소하였으며, \$132,000의 비용이 절감 사례를 보이고 있다. 그림 4는 모터 베어링에 오일 미스트 윤활 적용 시 수리비용 절감사례를 보이고 있다. 모터

오일 미스트 순환의 원리와 특징 및 효과

고장의 90%는 윤활과 관련이 있으며, 오일 미스트 적용 후 고장률을 80% 감소시켰다. 그림 5는 오일 미스트 적용 후 시일의 파손 감소 사례를 보이고 있다. 펌프 고장의 30%는 기계적 시일과 관련이 있으며, 오일 미스트 적용 후 시일 파손이 35% 감소하였음을 알 수 있다.



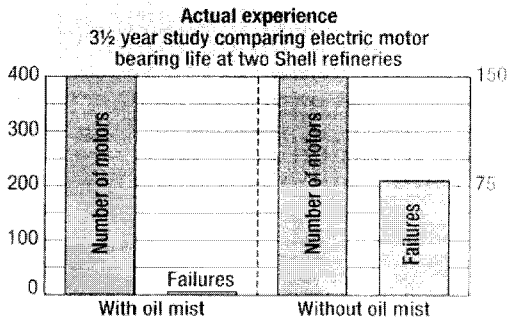
* Two similar olefin plants each with 200 pumps

Without oil mist: 200 pump population with 45 failures/yr = 4.5 yr./MTBF

Savings with oil mist: 600 pumps equals 135 failures/yr.
10% of all failures are bearing related.
Oil mist eliminates 90% of all bearing failures.
Average cost for API pump repair is \$12,000.

10% of 135 = 13 x 90% = 11 @ \$12,000 ea. = **\$132,000**

그림 3 펌프 베어링 사례 (Shell Oil 제공)



Without oil mist:

150 motors with 75 failures/3.5yr = 21 failures/yr.

Savings with oil mist:

600 motors equates to 84 failures/yr.

90% of all motor failures are lubrication related.

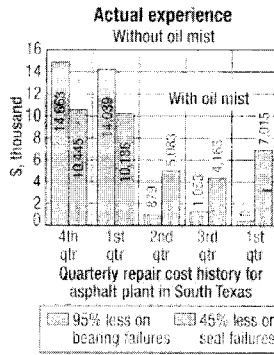
Oil mist eliminates 80% of lube related failures and average motor repair cost is \$6k.

90% of 84 = 75 x 80% = 60 @ \$6,000 ea. = **\$360,000**

20% of the 84 motor failures result in pump seal failures.

20% of 84 = 16 pumps @ \$8,000 ea. = **\$128,000**

그림 4 모터 베어링 사례



Savings with oil mist:

30% of all pump failures are mechanical seal related.

Oil mist indirectly reduces seal failures by 35%.

Assume \$8,000 for seal and bearing repairs per pump:

30% of 135 = 40 x 35% = 14 @ \$8,000 ea. = **\$112,000**

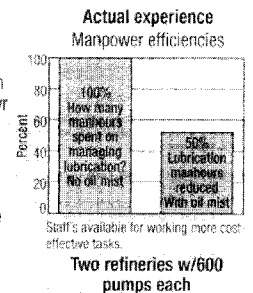
그림 5 펌프 시일 사례

Actual experience

- 180 oil sumps
- Oil changes 2/yr
- Oil fills/checks 4/month
- Time per sump 4.5 hr/yr
- Cost \$67/hr
- Manpower credit: \$55,000/yr

Maintenance staff no longer changes oil or regreases. 0.25 hr semiannual for each motor regreasing task.

810 hours available for other tasks!



W/O oil mist 100% of man hours is required.

600 oil sumps at 4.5 hrs/yr = 2,700 man hrs yr.

600 greasing of motors at 0.25 hr = 300 man hr year.

Savings with oil mist:

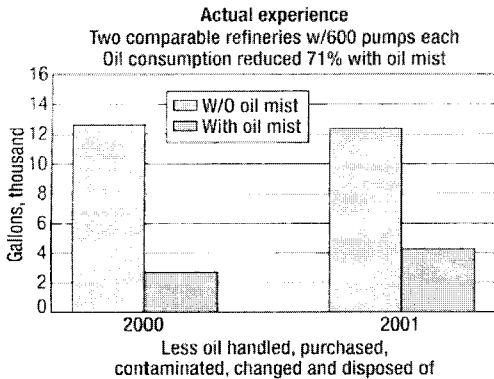
Oil: 2,700 hr x \$67/hr x 53% = **\$95,877**

Grease: 300 hrs x \$67/hr = **\$20,100**

Oil mist saves 3,000 man hr yr.

그림 6 Manpower efficiencies

그림 6은 오일 미스트 적용 후 윤활관리를 위한 노동시간이 50% 감소한 것을 보이고 있으며, 그림 7은 오일 절감에 따른 비용감소를 나타내고 있다. 그림 8은 설비 화재로 인한 손실액 절감 사례를 나타내고 있다. 오일 미스트는 윤활을 위한 오일공급량이 극소량이기 때문에 화재위험으로부터 절대 안전하다. 그 외에 스페어(spare) 부품에 대한 비용절감과 화재예방을 위한 설비 비용절감 등이 포함하면 막대한 비용절감 효과가 있음을 본 자료로부터 알 수 있다.



Without oil mist:

1,800 Gal. or 33 drums of oil consumed with the 600 pumps.
Assume 2 oil changes per year at 1.5 gal.
Assume ISO 68 synthetic oil at \$1,600 per drum.

Savings with oil mist:

33 drums/oil--71% saved = 23 drums @ \$1,600 = **\$36,000**

그림 7 오일 절감 사례



Without oil mist:

Bearing and seal-related failures only. Assume 1,000 pump failures result in one significant fire.
Assume \$10 million for fire damage.

Assume \$1,000,000/day for lost production and 12 days to return to full-scale operations.

Savings (or cost-avoidance) with oil mist:

25 bearing-related pump failures; Figs. 1 and 2 <> 84 motor-related pump failures; per Fig. 4

109 avoided potential fire possibilities.

1,000 failures/109 failures/yr = 1 fire possibility in 9.2 yrs.

\$10 million/9.2 years = **\$1,087,000/yr**

\$12 million/9.2 years = **\$1,304,000/yr**

그림 8 잠재적 화재 예방 사례

4. 결론

본 해설서에서는 오일 미스트 윤활 시스템의 기본적인 원리와 특징 및 그 효과에 관하여 언급하였다. 최근 환경에 관한 관심이 고조되면서 극소량의 오일 소모로 최대의 윤활효과를 달성하는 것이 이슈로 대두되고 있다. 오일 미스트 윤활은 이러한 요구를 만족시킬 수 있는 하나의 대안이 될 수 있으며, 최근 국내 석유정유·화학 업체(GS-Caltex, 삼성토탈, YNCC, S-Oil, SK에너지, 현대 Oil Bank 등)들도 retrofit 시 기존 윤활시스템을 오일 미스트 윤활시스템으로 도입·적용하고 있다.

참고문헌

- (1) 김청균, 2006, “트라이볼로지,” 형설출판사.
- (2) Bloch, H. P., 1987, “Oil Mist Lubrication. Handbook,” Gulf Publishing Company, Houston.
- (3) API 610, 2004, “Centrifugal pumps for petroleum petrochemical and natural gas industries”
- (4) Bloch, H. P., 2005, “Oil mist lubrication for electric motors,” Hydrocarbon Processing.
- (5) Bloch, H. P. and Ehlert, D., 2008, “Get the facts on oil mist lubrication,” Hydrocarbon Processing.
- (6) Bloch, H. P., 2005, “Applying oil mist,” Lubrication and Fluid Power.