



We love electric motors

지식자산 나눔 : NAVER cafe "박태용의 전동기 사랑"  
<http://cafe.naver.com/motorpro>

TEL No. : 032-571-0416 (대표전화)  
E-mail : motor\_pro@naver.com  
Mobile : 010-5358-7211

2023.11.14



We love electric motors



일진엠텍서비스는 이러한 회사입니다.

우리는 **전동기의 정비업을 지식기반 업종**으로

자리 매김하기 위해 **실천적 기술력**을 가지고 다음과 같은 일을 하고 있습니다.

**1. 인제 (싸앗업무) : 회전기 보전관련 요소기술의 교육**

- 하나 : 전동기 선정의 기초
- 하나 : 회전기의 고장진단 및 대책과 사례
- 하나 : 윤활관리 및 전동기 윤활
- 하나 : SLIDE BEARING의 분해점검 및 고장대책과 사례
- 하나 : 회전기의 진동, 소음대책 및 사례
- 하나 : 전동기 열화 및 대책과 사례

● 정비 및 유지보수 인력들의 SKILL UP이 필요 하십니까?

**사내에서 전문가의 요소기술 교육은 저 비용으로 많은 직원들에게**

**SKILL UP을 위한 학습기회를** 부여할 수 있습니다.

**2. 발견 (접점업무) : 회전기의 보전관리 지원사업**

- 하나 : LMCS-L1 CARE (2회/年 : 운전상태) → 전문가에 의한 운전상태 점검 → 운전상태 진단
- 하나 : LMCS-L2 CARE (1회/年 : 간이점검) → L1 CARE + 정지상태 점검 → AGING FACTOR발굴제어로 수명연장
- 하나 : LMCS-L3 CARE (1회/2年 : BEARING INSPECTION) → L1 + L2 + BRG INSPECTION → 계속 운전여부 진단
- 하나 : HIGH VOLTAGE MOTOR기술자문 및 유지관리 CONSULTING → LMCS-L1,2,3점검지도 및 진단/교육

**3. 소비 (지원업무) : 예방정비 및 OVERHAUL**

- 하나 : LMCS-L4 CARE (반출점검) → L1 + L2 + L3 CARE결과 반영 + 분해점검에 따른 SOLUTION제공 → 조치
- 하나 : VIBRATION DIAGNOSIS & SHOOTING
- 하나 : TROUBLE SHOOTING 및 문제점 개선
- 하나 : SLIDE BEARING RE-BABBITTING 및 기술지원/상태진단
- 하나 : H.V MOTOR 유지관리 기술자문 및 CONSULTING (직원 SKILL UP교육 및 유지보수 점검 지도)

● **전문가는 현장에 있어야 한다.→ 축적된 경험은 오롯이 "박태용의 전동기 사랑" Naver Cafe에**



# Recommendation for disassembly and inspection of sliding bearings for electric motors



우리들의 최종목표는 고객님의 실현입니다.

## ILJIN MOTOR TECHNOLOGY SERVICE CO.

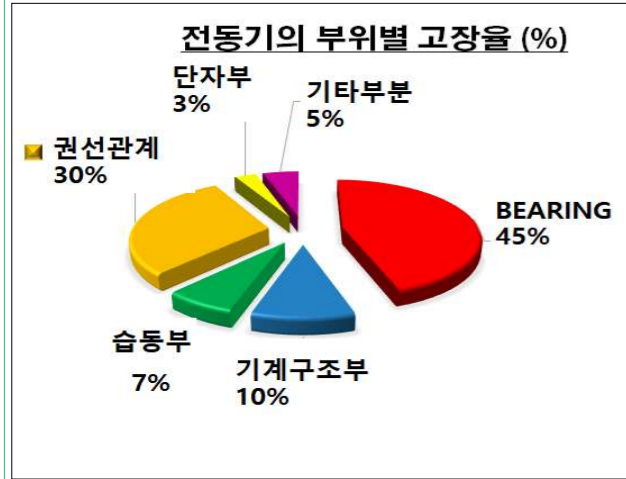
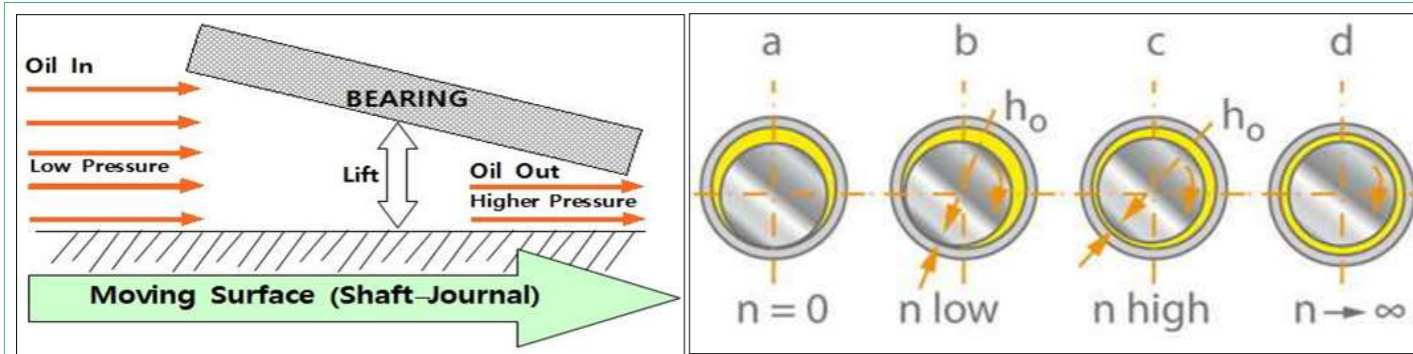
# Slide bearing's failure and lubrication.

# Lubrication method of sliding bearings.

## Slide bearing mechanism

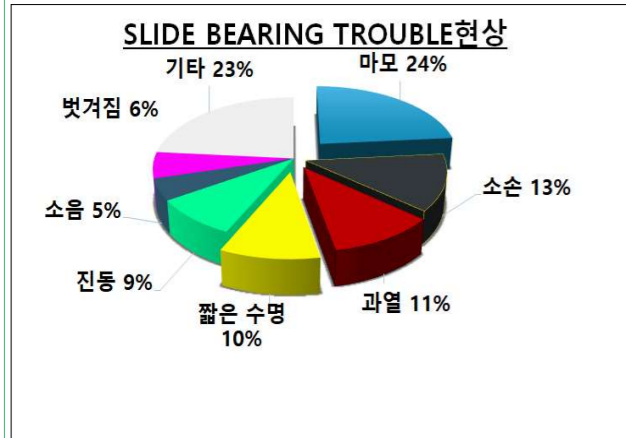
## Shaft motion during startup

5284



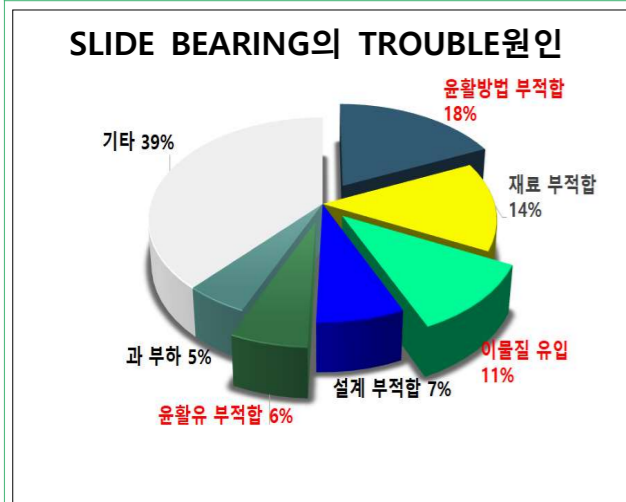
### ● 전동기의 부위별 고장율

우측 그래프는 산업용 전동기의 부위별 고장율에 대한 점유율 나타낸다. 전동기는 전기기계이므로 전기적인 핵심부인 권선과 기계적인 핵심부인 BEARING의 고장이 전체의 75%를 차지하고 있으며, 단연 BEARING의 고장점유율이 가장 높은 45%를 차지하고 있다. 따라서, 전동기 관리를 위해서는 BEARING에 대한 학습이 필요하다



### ● SLIDE BEARING TROUBLE 현상

좌측 그래프는 SLIDE BEARING의 TROUBLE의 원인에 대한 점유율을 나타낸다. SLIDE BEARING 특성에 기인하는 기동,정지시 발생하는 경계윤활에 의한 마모현상이 점유율이 높은 특성을 보이며 이는 정기적인 점검의 필요성을 웅변하고 있다. 운전 중 윤활유의 열화에 의한 성분변화나 윤활유 급유량 부족에 따른 유막형성 불충분 조건에서 발생하는 경계윤활에 의한 온도상승이 원인인자로 확인되는 과열과 소손의 점유율도 높다.



### ● SLIDE BEARING TROUBLE원인

MOTOR의 SLIDE BEARING의 경우는 JOURNAL이 약 6 ~ 15 MICRON 정도의 유막(OIL FILM)위에서 회전하게 된다. 따라서, 유막형성 불충분한 환경이나 조건이 형성되면 경계윤활에 의한 유막파괴(METAL CONTACT)가 발생하여 온도상승을 초래하게 된다. 이 유막형성 불충분이 고장의 출발점이라고 할 수 있다 우측 표에서도 윤활방법 부적합, 이물질 유입, 윤활유 부적합 등의 점유율이 높은 것은 윤활관리의 중요성을 웅변하는 인자이다.



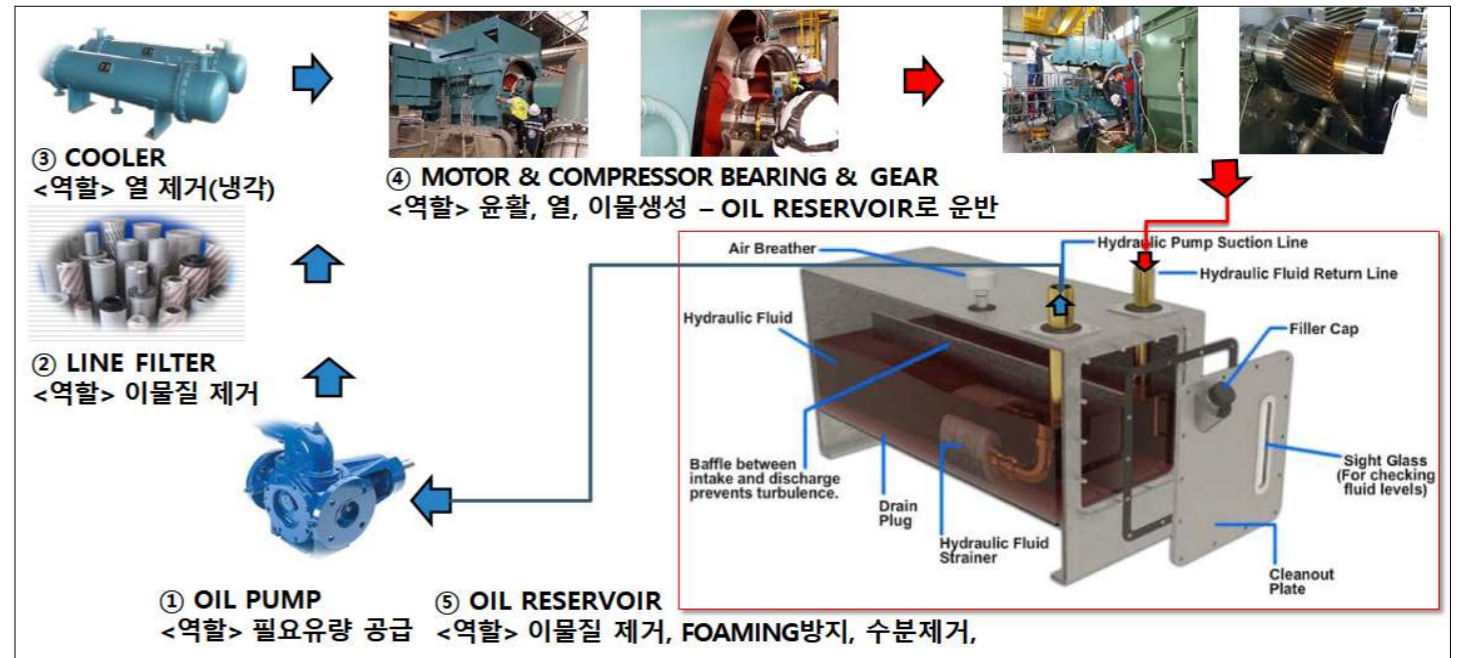
### ● 강제 급유식 (FORCED LUBRICATING METHOD)

- 외부에서 PUMP에 의해 BEARING에 윤활유를 공급하여 윤활유가 OIL RESERVOIR로 순환하는 방식
- 윤활유의 온도제어를 위해 HEATER와 COOLER가 설치되어 있으며
- 운전 중 생성된 이물질의 제거를 위해 FILTER (SECTION, LINE, DISCHARGE)가 설치되어 있다.

### ● 자기 급유식 (SELF LUBRICATING METHOD)

- BEARING HOUSING의 주입된 윤활유를 LOOSE OIL RING이 SHAFT와 마찰력에 의해 회전하면서 공급
- 온도제어 기능 및 이물질의 제거 기능이 없으므로 HOUSING내 윤활유의 열화속도가 빠른 특성. → 따라서, 1회/년 정기적인 HOUSING내 CLEANING작업과 윤활유의 교체작업을 하여야 한다.

## Composition and role of forced lubricating system.



### ● SYSTEM 구성 부품

- 1 : HEATER THERMOMETER → 기동조건 온도로 가열
- 2 : SUCTION STRAINER (FILTER) → 이물질 유입차단
- 3 : SWITCH SETTINGS → 기동, 운전조건 온도 SETTING
- 4 : AIR BREATHER CAP → OIL RESERVOIR내 압력개방
- 5 : HIGH TEMPERATURE SWITCH → 운전조건 온도제어
- 6 : HEAT EXCHANGER → 윤활유의 냉각

# Slide bearing and lubrication management.

## LUBRICANTS 역할을 알면 관리 POINT가 보인다

- BEARING에서 JOURNAL하중을 받을 수 있는 OIL FILM(유막)을 형성.
- 유막(OIL FILM)에 의한 ROTOR하중의 분산작용.
- BEARING과 JOURNAL의 냉각작용.
  - OIL FILM두께가 얇아지면 METAL CONTACT에 의한 JOURNAL 표면온도가 먼저 상승하여 팽창에 따라 BEARING CLEARANCE가 감소하게 되어 BEARING TEMP.가 상승하게 된다.
  - 특히 2P MOTOR나 초대형 전동기는 설계과정에서 충분히 검토되어야 한다.
- 마찰 및 마모제어
- BEARING과 JOURNAL주변에서 생성된 이물질과 마모분의 운반.



5089 SPARE BEARING 교체하고 고생사례

## 윤활유와 수분

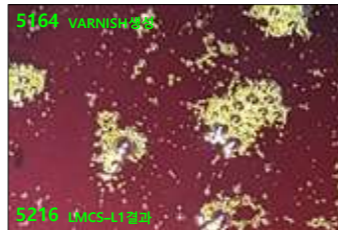
- 윤활유에 수분은 항상 존재하며, 물은 용해 혹은 유화되며 윤활유가 가열되면 분리된다.
- 물(수분)은 다양한 경로로 유입된다
  - 신유에도 수분과 미립 물질을 포함하고 있으며 OIL RESERVOIR 내에도 윤활유에 용해될 수 있는 습기를 포함하고 있다.
  - 물의 점도는 유압 윤활유의 2.3%정도이며 BEARING부에 유입, 파괴시 IMPACT가 매우 강하며 FATIGUE원인이 된다.
  - 수분은 BABBITT면에 SLUDGE를 만들며 BEARING표면에 축적되면, OIL FILM형성을 저해하고 BEARING의 부하능력을 감소 시킨다.



●수분의 혼입된 윤활유



●윤활제의 보관관리



● 윤활유 열화(FOAM)



● 윤활유 열화

## Slide bearing maintenance schedule

항 목	정비시기 (권고)
BEARING 주변청소	매 100 ~ 1,000시간마다 BEARING주변청소 및 CLEANING작업 → 윤활유로 유입되는 DUST 고형이물의 유입을 차단할 수 있는 가장 중요한 관리항목
윤활유 교체주기	자기 급유식 (SELF LUB.) 8,000시간 운전 후 (HOUSING내 CLEANING 및 윤활유 교체) → 기동빈도, 운전온도, 주변환경 (DUST유.무, 주위온도) 등에 따라 윤활유 교체 주기를 단축하여 관리하여야 한다.
	강제 급유식 (FORCED LUB.) 20,000시간 운전 후 (BEARING INSPECTION & 윤활유 교체) → 정기적인 유분석 관리 및 운전조건 및 상태에 따라 교체시간 단축권고
BEARING INSPECTION	1. 20,000 시간 운전 후 혹은 2년 주기로 BEARING INSPECTION 2. 운전 중 다음과 같은 현상이 발생하면 BEARING INSPECTION 권고 <ul style="list-style-type: none"> <li>평소와 달리 LOOSE OIL RING이 심하게 좌,우로 흔들리며 회전하는 경우</li> <li>BEARING TEMPERATURE가 NORMAL TEMP.보다 5K이상 상승 TREND를 보이는 경우                             <ul style="list-style-type: none"> <li>시운전 과정이라면 설계 추정온도 보다 10 K 이상 높은 경우</li> </ul> </li> <li>평소와 달리 이상소음이 발생하거나 소음이 증가하는 경우</li> <li>윤활유의 색상이 진하거나 혼탁한 상태 등 열화된 상태로 보여지는 경우,</li> <li>OIL LEVEL이 상승하거나 BUBBLE이 많이 생성되는 경우</li> </ul>

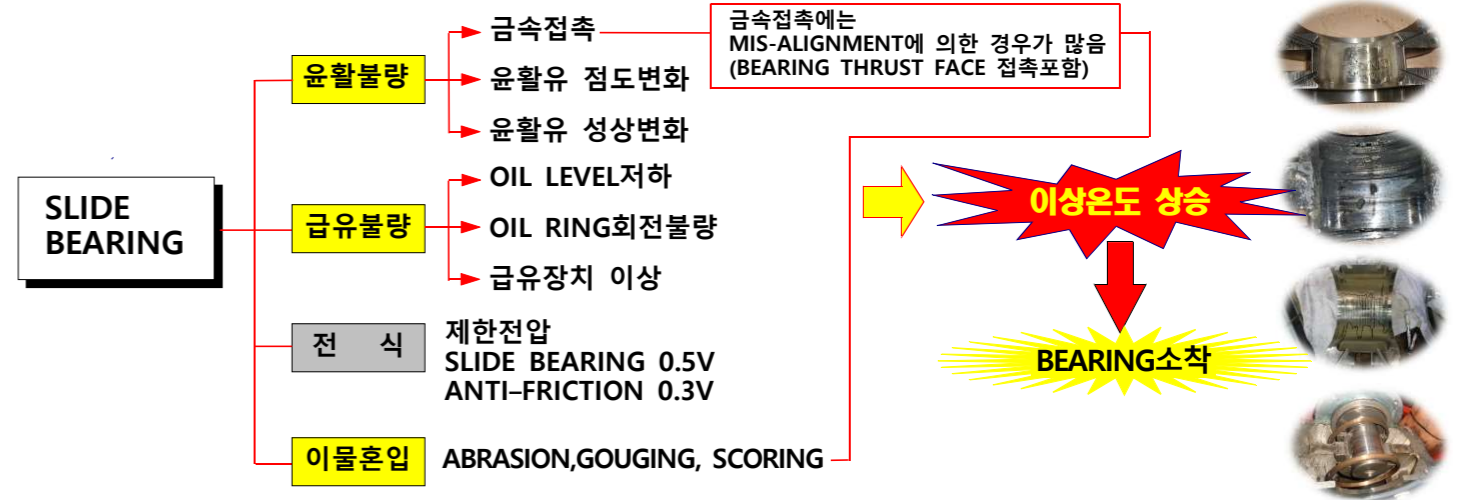
● 전문가의 30분은 30년 축적된 시간의 30분입니다.

전동기 전문/박태용 ☎010-5358-7211

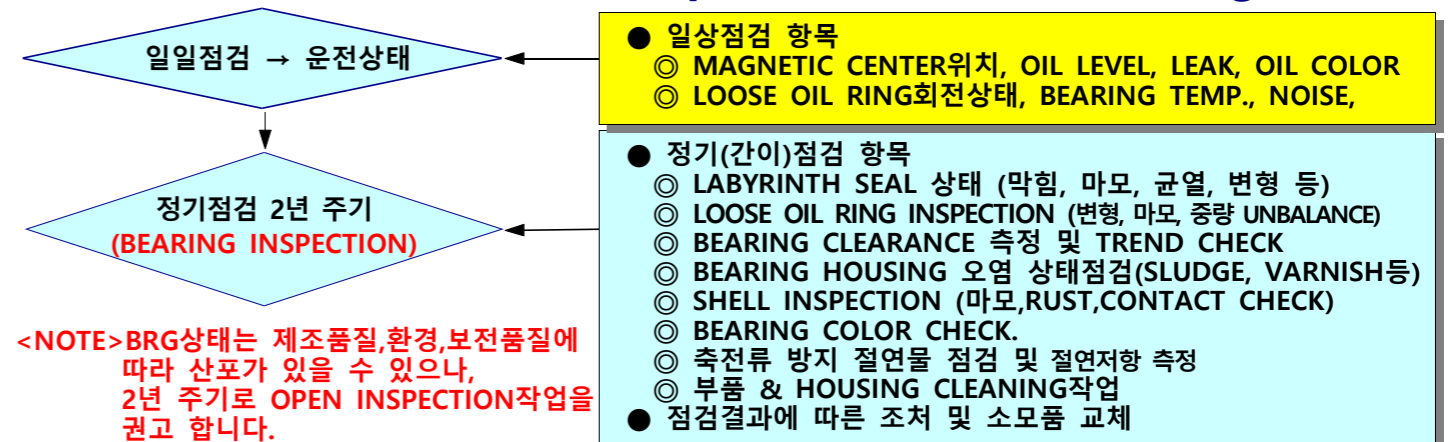
# Sliding bearing terminology and management points

No.	용 어	설 명	관리기준
1	MAGNETIC CENTER	전동기는 고정자와 회전자의 자기중심에서 회전자가 회전하게 되며, 회전하는 중심을 MAGNETIC CENTER라 한다, 일반적으로 부하측에 GAUGE가 부착되어 있다.	SHAFT의 LINE 과 GAUGE가 일치하고 좌,우로 HUNTING하지 않을 것
2	OIL LEVEL	BEARING HOUSING내에 윤활유의 량을 판단할 수 있는 것으로 LEVEL이 낮아지면 급유량의 감소와 LEAK를 의심할 수 있으므로 일상점검 및 TREND관리가 요구된다.	COW EYE TYPE은 중앙에서 ±5 mm, BAR TYPE은 기준 표시에서 ±5 mm
3	BEARING TEMPERATURE	이상현상에 의해 BEARING온도가 상승되면 W.M의 초기 용융온도 부근에서 초기 용융으로 BEARING과 JOURNAL이 소착 된다. 일상점검 및 TREND관리가 요구됨	일반적으로 65 °C 이하 권장 허용 최고온도 110 °C
4	LOOSE OIL RING	RING은 SHAFT에 걸쳐진 상태로 하부의 약 1/5d 정도는 윤활유에 잠겨진 상태에서 SHAFT가 회전하면 마찰에 의해 회전하면서 BEARING에 윤활유를 공급한다.	운전시 회전상태 점검 분해하여 마모, 변형, 중량감소 등
5	BEARING SHELL	미끄럼 베어링은 상하 분할식으로 되어 있으므로 조개와 같은 형상으로 되어 있다고 하여 BEARING SHELL이라고 하며 BACK METAL에 W.M이 부착된 상태이다.	SPARE PARTS확보 → RISK MANAGEMENT
6	LABYRINTH SEAL	BEARING부의 윤활유가 SHAFT를 타고 유출되지 않도록 제작된 미로형태의 SEAL (COVER)이며 마찰에 의한 마모 및 조립 부적합 발생시 LEAK가 발생할 수 있음	GAP측정 TREND관리, LEAK시 교체 → 소모품으로 SPARE 확보권고
7	END PLAY	SHAFT가 축 방향으로 움직일 수 있는 편측 거리를 "END PLAY"라 하며 양측으로 움직일 수 있는 거리를 END FLOAT라 한다. COUPLING 선정 및 설치작업시 이를 고려하여야 한다.	COUPLING에서 발생하는 추력 주의 → COUPLING END FLOAT는 MOTOR의 ROTOR END FLOAT보다 작아야 한다
8	BEARING CLEARANCE	축의 주축, 하중의 크기, CRITICAL SPEED 등 특성에 따라 다르다. 일반적으로 고속기는 발열량이 높으므로 냉각유량 공급을 위해 큰 CLEARANCE가 필요하고, FLEXIBLE SHAFT, 대형 고속기의 경우는 OIL WHIP에 대한 안정성 확보를 위해 CLEARANCE를 크게한다. 하지만 과도한 CLEARANCE는 회전하는 축 중심의 궤적의 편차가 크게 되므로 진동상승 및 BEARING부하능력이 저하되므로 주의를 요한다. 위와 같이 SLIDE BEARING의 CLEARANCE는 ANTI-FRICTION BEARING과 같이 획일적이지 않으므로 전동기의 특성에 따라 CLEARANCE설정하여야 한다	일반적으로 0.8/1,000 ~ 1.3/1,000 D (D : BEARING DIA.(mm) )  전동기의 특성 및 SLIDE BEARING의 동특성을 고려하여 결정 하여야 한다.
9	GROUND STRAP	순환전류에 의한 BEARING의 전식을 방지하기 위해 일반적으로 반부하측에 절연을 하여 차단하는데 BEARING SHELL과 EARTH를 연결한 CABLE를 말한다. 해체 후 절연저항을 측정하여 절연물의 건전성을 평가한다.	절연저항 0.1 MΩ 이상 (500V MAGGER)

## Failure pattern of sliding bearings



## Basic flow chart of the maintenance inspection of slide bearings



● 시선의 높이가 관리수준이며 정비품질이 됩니다. .

전동기 전문/박태용 ☎010-5358-7211

# 현상으로 발견하여 조치한 Slide Bearing Care 사례

일진엔텍서비스의 대형전동기의 수명관리 SYSTEM인 LMCS(Large Motor Care System)입니다

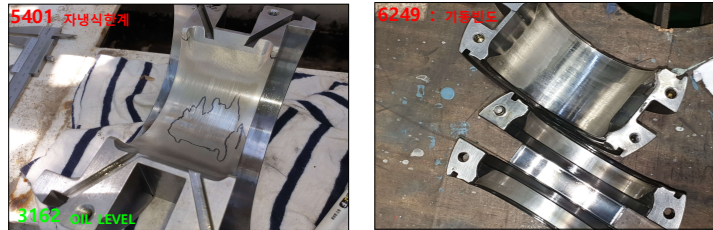
- 1.LMCS-L1(전문가-운전상태 진단) → MOTOR SPEC., 설비이력의 확인 : 운전상태 점검 및 진단에 따른 특성(DNA)파악
- 2.LMCS-L2(정지상태 간이점검) → LMCS-L1결과 반영 : 기내 VISUAL CHECK, OFF LINE절연진단 (수명예측) 등
- 3.LMCS-L3(SLIDE BRG INSP.) → LMCS-L1 & L2 반영 : SPARE BEARING 사전준비 : BEARING INSPECTION.
- 4.LMCS-L4(반출점검/OVERHAUL) → L1 + L2 + L3 이력반영 : 분해점검 및 열화부품 교환 및 절연보강, 절연진단 등

다음은 LMCS - L3 CARE (SLIDE BEARING INSPECTION)과정에 현상으로 발견하여 조치한 사례들입니다.

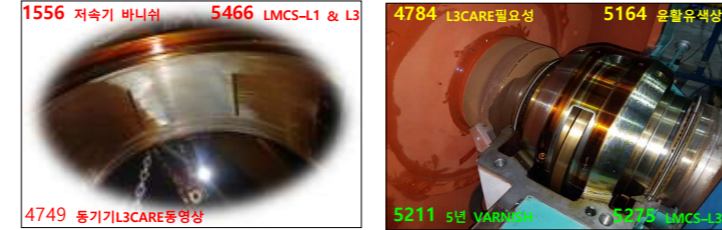
● ABRASION(마모), GOUGING, SCORING포함 : 고형이물질의 유입에 의한 손상



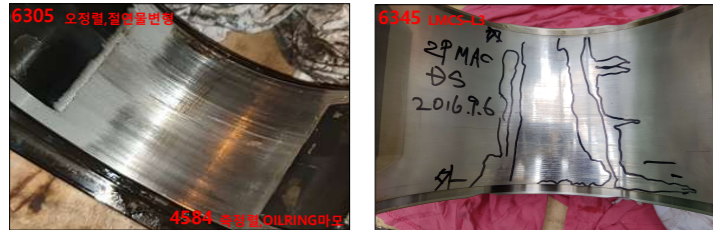
● INSUFFICIENT LUBRICANTS(윤활 불충분)



● VARNISH생성에 의한 유막형성 불충분



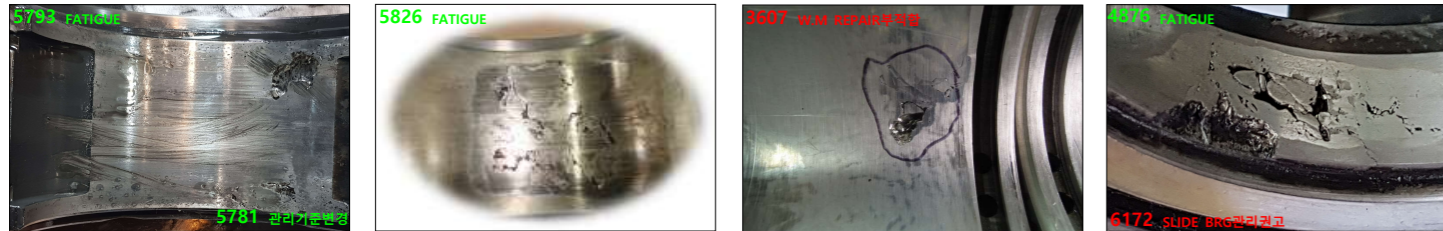
● MIS-ALIGNMENT(축 정렬 부적합)



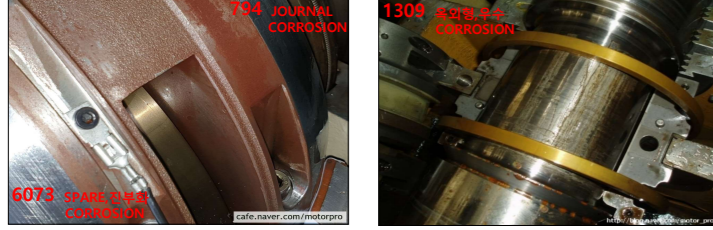
● BEARING CLEARANCE 부적합



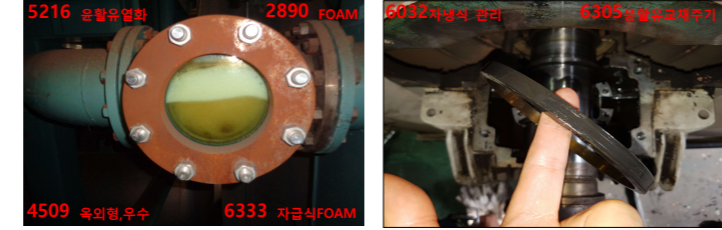
● FATIGUE (피로) → 반복응력이 재료의 피로한도를 초과하여 발생하는 균열 및 부서지는 현상



● CORROSION (부식) : 부식성 유기산에 의한 부식



● 윤활유 열화 및 SLUDGE 등 오염관리



● ELECTRICAL DISCHARGE (전식)



● LOOSE OIL RING 이상마모

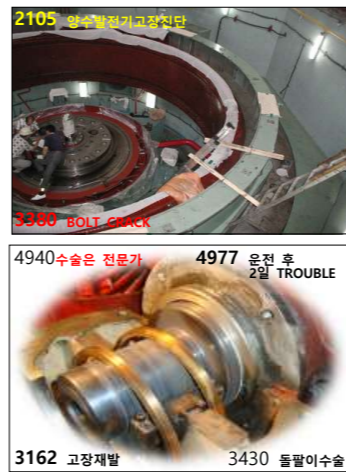


# Bearing Failure Cased

산업용 전동기용 SLIDE BEARING은

1. 1,000HP 이상의 고속 대형 전동기에 채택되며, 윤활 방식은
  - ◎ 별도의 PUMP로 윤활유를 공급하는 강제 급유식 (FORCED LUBRICATING METHOD)과 LOOSE OIL RING에 의해 윤활유를 공급하는 자기 급유식(SELF LUBRICATING METHOD)이 있다
2. 구름 베어링과 같이 **국제적으로 표준화 되어 있지 않다** → 제조사별 가격차가 심하고, 고가이며, DELIVERY도 길다.
3. MANUAL정도의 자료 외 설계적인 자료가 미흡하다. → 체계화된 기술적 정보가 미흡하다
4. 제작사 전동기에 특화된 SLIDE BEARING의 DESIGN 및 제작 경험자 부족 → 국내 제작사 대부분 외산 BEARING적용. 이러한 점을 인지하고, 고객님들께서 미끄럼 베어링을 채택한 대형 전동기의 잘 관리할 수 있도록 지원하기 위해 LMCS(대형 전동기 관리시스템)에 의한 "MOTOR CARE과정에 경험한 진단 및 실패사례"를 공유합니다.

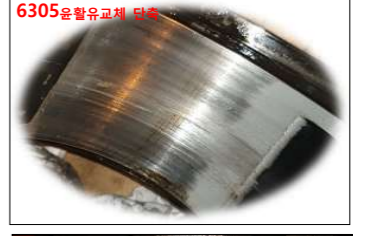
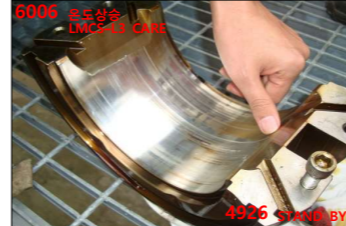
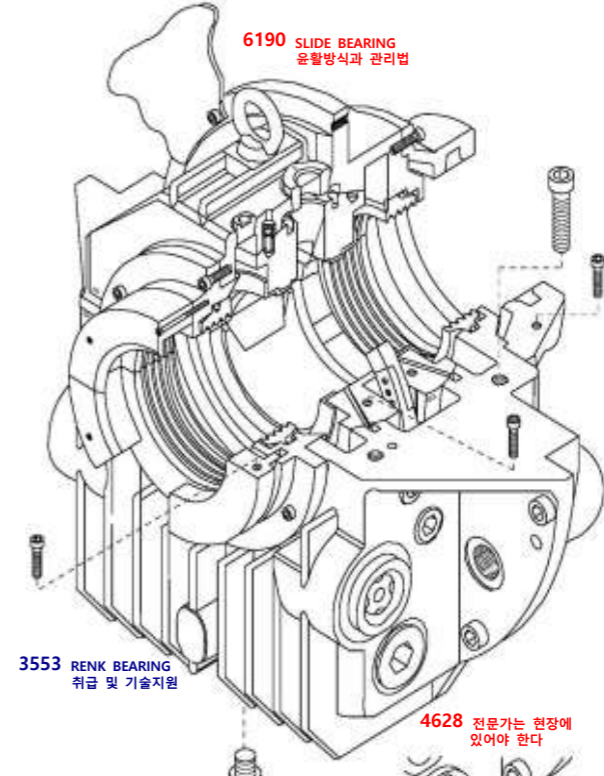
● SLIDE BEARING고장진단 영역



● TILTING PAD BEARING REPAIR



● 축 전류 절연부 점검



● BEARING TEMP.상승-INSP.

● LUBRICANT의 VARNISH

● UNSUITABLE ASSEMBLY

● 들은 것은 잊어버리고, 본 것은 기억하고 직접 해본 것은 이해한다. - 이해한 것이 나의 지식이다.