

안전조업을 위한 어선기관 운전 (I)

— 어선기관의 특성과 「크랭크」축의 손상 —

(본회 기술부 제공)

1. 어선기관의 특성

'82년 12월말 현재, 관계기관에서 집계한 우리나라 총 어선척수는 86,515 척으로서 이중 동력어선으로 분류된 어선은 67,084 척에 이르러 전 어선의 77.5%에 달한 것으로 나타나 있다.

이 동력어선으로 분류된 어선중에서 이를 다시 기관별로 분류된 것을 보면 「디젤」기관은 29,580 척으로서 전 동력어선의 44%에 달하고 있고 소구기관(燒球機關)이 1,274 척으로서 1.9%, 전기점화기관(석유, 개소린 기관등)이 259 척으로 0.39%, 그리고 나머지 35,971척은 기타기관으로 분류되어 전 동력어선의 53.6%에 이르고 있다.

이중에서 기타기관으로 분류 집계된 어선들은 대개 육상 자동차용과 농. 공업용의 기관을 거치한 어선으로 보이며, 5톤미만의 어선은 관계법 규상 전후진이 가능한 어선만 동력선으로 구분되기도 하는 어선군(群)들이다.

이와는 별도로 어선에 거치된 기관의 마력범위는 정확한 통계는 없으나 업종과 톤급에 따라 광범위한 것으로 나타나 있다.

참고로 최근에 준공된 신조어선의 톤급과 마력범위를 보면, 100톤급 대형어선의 경우 400~600마력 정도를, 30~80톤급어선은 100마력에서 500마력 정도까지를, 그리고 1~5톤급의 소형어선은 대개 30마력 미만의 소형기관을 거치하고 있는 것으로 나타나 있다.

이렇게 어선의 톤급과 업종에 따라 사용기관의 마력범위가 넓은 것은 어선기관의 선택은 선

주의 경험과 기호, 그리고 업종에 따라 사용기관에 요구하는 그 특성이 다르기 때문이다.

이의 특성을 업종별로 대개 구분하여 보면 다음과 같다.

첫째, 안강망어선에 있어서는 근래에 있어 선체의 규모가 커지게 되어 기관에 가하는 부하량이 증가되어 가고 있으나 이 어선의 본래의 임무는 항구에서 어장까지 항해하고, 어장의 이동시 항해의 수단으로 사용하는 것이 많으므로 타 업종보다 선체의 크기에 비하여 비교적 마력수가 적은 기관이 사용되고 있다.

그러나 안강망어선의 기관은 투망과 양망시에 무리한 원치구동과 어장까지의 항해시간 단축을 위하여 기관이 무리하게 가동되는 일이 많아 고장의 원인이 된다.

둘째, 기선권현망에서의 기관은 최근에 와서는 「디젤」기관이 거치되는 경우가 많지만 본선(本船)의 경우는 망(網)을 끄는 힘이 대량 요구되어 기관에 가하는 부하가 크게 되고, 가공선(加工船)은 보일러와의 연료사용상 연료적재의 편리한 점 때문에 아직도 부분적으로 소구기관(燒球機關)이 사용되는 일이 많다.

셋째, 대부분 근해채낚기어선과 겸업되고 있는 유자망어선에서의 기관은, 대부분 발전설비를 갖추고 있고 양망시(揚網時)에는 선수부현측(船首部舷側)에서 양망되어야 하므로 바람이나 해류(海流)의 흐름상태가 적으면 기관의 회전수가 일정하게 유지되지만, 해류의 흐름이 일정치 않거나 바람, 파도에 의해 침로(針路)가 자주 변경되는 상태에서는 어망(漁網)과 어선사이

에 일정한 간격을 유지시켜야 하므로 회전수가 일정하게 사용되지 못하고 전후진 횡수가 많아져 「크랭크」부분과 「클러치」의 고장이 많다.

특히, 2톤미만의 연안 유자망어선에 있어서는 대부분 육상용 기관을 거치하고 있는 실정으로 기관대체가 필요한 어선 군(群)인 것이다.

네째, 연안연승어선의 기관에서는 기관의 회전수가 어장까지의 항해, 투승 및 양승 과정중 침로유지(조류와 풍랑에 의한 침로 변경유지)를 위하여 미속으로 조정되어 사용하는 일이 많으므로 이로 인한 기관고장이 많다.

다섯째, 통발어선은 양승시에 적절한 침로유지와 「사이드롤러」의 구동에 의한 양승문제로 기관의 사용이 빈번하게 되어 기관고장이 잦다.

여섯째, 오징어 채낚기어선의 기관은 주로 어장과 항구간의 항해와, 별도의 발전기용 보조기관이 없는 경우에는 오징어 집어등용(集魚燈用) 발전기와 직결, 또는 「V벨트」로 연결하여 사용하는 경우가 있는데 발전기의 용량으로 보면 주기관의 마력(보통 100톤급의 경우 450마력 내외)이 적은 경우도 있으므로 무리하게 기관이 운전되는 경우도 있다.

일곱째, 연안채낚기 어선의 경우는 2톤미만의 소형선으로 대부분이 육상용 발동기등을 거치하고 있는데, 이런 상황은 선주가 박용기관의 사용을 느끼고 있으면서도 기관구입의 자금부족등으로 쉽게 폐차장이나 철공소등을 통하여 육상용 고속기관을 구입하고 있는 실정이므로 많은 해난사고의 원인이 되고 있다.

여덟째, 대형기선저인망 어선의 경우는 해저(海底)의 지질(地質)이나 고기가 그물에 드는 양의 정도에 따라 기관의 회전수가 다르고 기관사용시간이 비교적 길어 그때의 연료소비량이 부분적으로 많아질 수 있으며 망(網)을 끌때 고기의 양에 따라 장시간의 과부하 운전이 되는 경우가 많아 고장의 원인이 되기도 한다.

아홉째, 연안양식장 어선의 경우는 양식장이 해안선에 따라 연안 가까이 시설되어 있어 종래 무동력으로 운항하던 어선들이 최근에는 기동성을 높이기 위해 육상자동차용, 양수기용, 또는 경운기용 기관을 거치하고 있다.

이런 어선군(群)은 대부분 기관과 축계를

직결하거나 브이-벨트(V-Belt)로 연결하여 전진만 되고 후진은 되지 않아 5톤미만의 어선인 경우 검사 대상어선에서 제외되고 있으며, 또는 기관과 축계를 직결하고 자동차용 클러치(Cultch)를 설치하여 전후진이 가능한 어선이라도 기관의 회전수(RPM)가 보통 800~2,000 정도의 고속이므로 저속운항시나 또는 정선(停船)시에는 회전수도 낮추어야 하므로 자연히 진동도 많고 불완전 연소가 이루어져 2~3년안에 기관을 새로이 대체해야 하는 실정이다.



육상용 기관에 비하여 해상기관이 갖고 있는 많은 결점이 곧 어선기관고장의 원인이 된다.

이상 현재 연근해 어업에서 비교적 대표적인 업종(業種)에서의 기관사용에 관한 특성을 대략 알아 보았으나 어쨌든 어선기관은 육상용에 비하여 좁은 거치장소와 「로링」이나 「피칭」등으로 기관자체가 항상 흔들리는 상태에 있고, 또한 고장 즉시 수리를 위한 공구나 예비품 확보가 어려울 뿐만 아니라 기관자체의 구조에 있어서도 육상용 기관의 청수냉각에 비하여 해상에서는 대형기관을 제외하고는 대부분의 소형기관이 청수의 수급상 해수냉각방식을 채택하고 있어 그 부식도가 높아 정비와 운항상태에 따라 2~3년안에 교체해야 하는 부품이 많으며 이와 같은 해상기관이 갖고 있는 많은 결점이 기관고장의 원인이 되는 것이다.

이들 고장에 대한 보다 근본적인 원인을 분석하여 보면

첫째, 폭발압력 및 관성에 의한 반복적인 응력(應力)이 기계각부에 작용했고

둘째, 연소가스에 의한 열응력(熱應力)이 계속적으로 작용했으며

세째, 진동에 의한 응력이 끊임없이 작용했고 네째, 해수냉각에 의한 부품의 부식(腐蝕)과 다섯째, 재질, 공작, 보수의 불량(不量)이 부분적으로 고장은 근본원인으로 분석되고 있는 것이다.

이밖에도 어선기관의 고장율을 근본적으로 근절시킬 수 없는 외적요인(外的要因)을 보면, 어업의 채산성(採算性)을 맞추기 위한 선주(船主)의 지나친 투자절감의식, 또 기관취급자의 운항기술 부족등으로, 예를 들어 선체의 외부도장(外部塗裝)에는 경비를 많이 지출하고 있으나 기관의 예비품 확보와 철저한 기관정비, 윤활유 교체등에는 다소 인색하여 기관은 구체적으로 어떤 고장이 생겨야만 정비를 하는 사고 방식에도 요인이 있다 하겠다.

이와같은 안일한 기관운항자세는 기관의 운전시간이 많으면 많을수록 기관각부에 영향을 미쳐, 기관이 정지하고 있을 때는 각 부재(部材)에 누르는 힘을 지지해야 되고, 운전중에는 연료의 연소열과 마찰열, 기계각부의 마모와 실재없는 부품(部品)의 피로로 기관의 상태는 점점 나빠져 가고 있는 상태가 되는 것이다.

이와 같은 무리한 어선기관의 사용으로 생기는 사고의 추세는 '78~'82년의 5개년간 발생된 해난사고만 보더라도 총 해난사고 척수 477 척중 54%인 224 척에 달하고 있으며, 이 기관에 의한 해난사고중 약 40% 이상이 「크랭크」축과 관련된 사고라는 점을 감안하여 어선기관의 「크랭크」축의 손상에 대하여 간단히 기술(記述)하여 보기로 한다.

2. 「크랭크」축의 손상(損傷)

「크랭크」축의 손상은 「핀」이나 「자날」부분의 마모와 소손, 또는 이들 부분과 「아암」본체 부분의 「필렛」부근에 있어서의 균열(龜裂)이나 소손(燒損), 「핀」 및 「자날」의 기름구멍 부분의 균열과 절손, 조립형 「크랭크」축의 구위끼인 맞춤부분의 미끄러짐 등이 많은

데, 일체형(一體型) 「크랭크」축의 강도상 취약점부는 「핀」 및 「자날」과 「아암」의 「필렛」부분으로 이 부분에서의 균열 및 절손이 제일 많다.

「크랭크」축에 작용하는 하중으로는 반복하중으로서 굴곡과 비틀림의 2가지로서 최종적인 파괴는 이들 응력의 합성(合成)에 의해 일어나게 되고 「필렛」부분의 응력집중은 비틀림보다도 굴곡에 의한 것이 크게 되며 이것은 「크랭크」의 개폐작용(開閉作用)이 있는 경우에는 흔히 더욱 크게 된다.

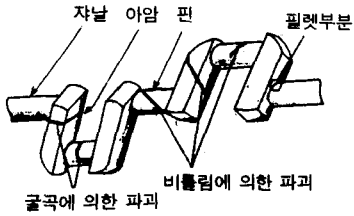
또 운전중에 이상폭발(異狀爆發)로 응력이 작용하는 경우에는 비틀림보다도 굴곡의 쪽으로 더 많이 작용을 하게 된다.

비틀림응력은 대체로 그 대책이 강구될 수 있지만 굴곡응력은 극한응력(極限應力)을 억제치 않고는 근본적인 해결이 어렵다.

축수(軸受)의 마모로 큰 영향을 미치는 것은 굴곡응력으로 보수상 주의를 요하며 균열이나 절손(切損)이 비틀림응력이나, 굴곡응력때문이나 하는 것은 그 끊어진 표면을 보면 쉽게 판별할 수 있다.

「핀」이나 「자날」부의 기름구멍은 「필렛」부분 다음으로 응력집중(應力集中)현상이 생기는 곳으로 굴곡응력보다도 비틀림응력이 더 큰 문제가 된다. 이 비틀림응력은 「아암」과 「자날」의 「필렛」부분에 있어 집중적으로 작용하는데 이 경우 비틀림진동이 두개소나 발생하게 된다.

즉 한개는 「크랭크」축에, 다른 한개는 「프로펠라」근처에 생기는 것이 보통인데 「프로펠라」쪽의 진동은 그 폭이 작아 위험성이 적지만 「크랭크」축에서의 진동은 최대응력이 발생하게 되므로 주의를 요하고 이것이 기관자체의 고유진동(固有振動)과 공진(共振)을 일으키게 되면 파괴의 위험이 한층 더 크게 되어 축심(軸心)과 45°각도로 두줄의 대칭인 균열을 일으키는 것이 특징이며, 기름구멍에서 좌우대칭으로 축심과 45°방향의 균열을 진행한다. 경우에 따라서는 비틀림에 의한 파괴가 다음 그림과 같이 「아암」부분에 진행되어 축심과 직각인 굴곡 파괴면으로 변하는 수도 이다.

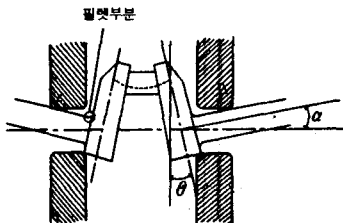


「크랭크」축의 굴곡에 의한 재질의 피로로 일어나는 사고의 원인은 보통 주축수(主軸受) 중심선 불량에 의해 일어나게 된다.

바르게 설치된 「크랭크」축은 「실린더」 중심선과 직각으로 지지되어야 하나 만약 주축수와 「자날」부와의 간격이 달라져 있거나 축수 아래측에 밀려 공간이 많게 되면 「피스톤」의 폭발압력에 의해 「자날」부와 눌러 회전하게 되므로서 굴곡「모멘트」가 크게 된다.

반복되는 굴곡응력은 다른 부분보다 한층 더 심하게 되며 최후에는 재료의 피로도를 증가시켜 「핀」이나 「자날」, 「아암」의 「필렛」부분에서 축심과 직각방향의 균열을 발생시켜 파괴되는 것으로 위험회전수(Critical Speed)에서 계속 운전되는 것을 절대 삼가해야 한다.

또한 조립형 또는 반조립형 「크랭크」축에는 구워기인 부분에서 미끄러져 빠져 나오는 수가 많은데 이 부분에서는 공작상 상당히 큰 안전율을 갖고 있지만 재질이나 공작불량, 또는 과부하운전에 의하여 큰 비틀림진동이 있을시 미끄러짐, 즉 이완(弛緩)을 발생시키게 된다.



주축이 각을 이루면 크랭크핀과 아암과의 필렛부분은 변형을 빚어지고 필렛부분에는 강한 인장응력이 집중하게 된다.

이상에서 보면 「크랭크」축에는 비틀림과 굴곡의 힘이 복합적으로 작용하여 그 힘이 과다하게 미치는 부분이나 또는 그 축적(蓄積)된 부분에서 균열이 생기고 마침내는 절손하게 되는

것이다.

대부분의 해상용기관은 2~6기통, 또는 그 이상의 「실린더」를 갖고 있으므로 180°~60° 정도의 각도를 원주상(圓周上)에서 활당하여 「크랭크」축에 연결봉이 설치되고 거기에 회전력을 더욱 원활히 하기 위해 「프라이 휠」이 거치되어 각 기통(氣筒)의 폭발순서를 균등히 분배하여 놓았지만 정지하는 물체는 항상 정지하고자 하고, 운동하는 물체는 항상 운동하려고 하는 「뉴턴」의 관성(慣性)의 법칙이 감지(感知)하기 곤란한 지극히 짧은 순간에 계속되고 있어 각 축수부분과 「크랭크 핀」에는 끊임없이 비틀림응력이 생겨 「메탈」에 이상마모등을 증가시켜 그 축수와 축과의 사이에 기름통로가 커지게 되고 아울러 축의 개폐도(開閉度)가 한층 더 증가하게 되는 것이다.

축의 개폐도가 증가하게 되면 축이 받는 진동이 커지고 그 진동때문에 축이 축수(軸受)를 두드리는 힘이 증대하여 주축수의 중심선이 불량해지고, 심하면 회전하는 축이 축수를 파고 들어가 축수의 두께를 다르게 하고 따라서 부하가 증대하는 쪽의 온도도 높아짐에 따라 메탈의 재질의 경도(硬度)를 경감시키므로서 축의 절손에 큰 영향을 미치게 되는 것이다.

또한 진동과 기름간격의 증대는 서로 인과적(因果的) 관계를 갖고 악순환을 계속하여 기계수명을 단축시키며 활동부분에도 충격적인 힘이 작용하여 마모의 속도가 빨라져 기계각부의 고장도 빨라지게 된다.

다시 이 「크랭크」축의 절손의 원인에 대하여 요약하여 보면, 재료상의 결함과 설계공작상 결함, 취급상의 결함이 있다.

이를 더욱 세부적으로 분석하여 보면

첫째, 축수중심선의 편위(偏位)에 의해 「크랭크」축의 개폐작용이 증대하여 축수가 과열하여 마모되고, 더욱 축수중심선의 편위를 초래하는 경우에는 「크랭크」축의 개폐작용에 영향을 미치게 되어 축이 국부적으로 피로하여 절손하게 된다.

둘째, 축수중심선의 편위에 의해 굴곡「모멘트」가 증대한다.

축심(軸心)이 바른 경우는 굴곡「모멘트」

가 적어지지만 축심이 편위(偏位)한 경우에는 축의 굴곡「모멘트」가 증대하며 반복응력(反復應力)도 다른 부분보다 심해져 재료의 피로도를 증대하여 균열(龜裂)을 생기게 하고 심하게 진행되면 파손된다.

세째, 기관을 위험회전수(Critical Speed)로 계속 운전하는 경우에는 비틀림「모멘트」에 의한 축의 전단응력이 축의 허용응력(許容應力)을 넘게 되어 피로를 급격히 증대시켜 축을 파괴, 절손하게 된다.

네째, 주축수(主軸受)와 「크랭크 핀 베어링」의 파열, 「베어링」의 조정불량, 주유불충분으로 과열되는 경우 냉각수를 주입하여 갑자기 냉각하는데 「자날」 및 「핀」의 재료를 피로케 하여 절손된다.

다섯째, 각 기통(氣筒)의 발생마력이 불균일하여 최고연소압력의 과대, 장기적인 과부하 운전, 축수간격의 과대 및 과소로 재질이 피로, 쇠약(衰弱)하여 절손케 되므로 주의하여야 하나 절손은 급히 발생하는 것이 아니고 수개월전부터 계속되는 취금상의 결함에 의한 것이 많아 기관취급자는 항상 운동부의 발열, 운전상태, 기관의 작동상태, 각 축수부 간격의 조정, 기름통로의 간격상태와 「크랭크」축의 개폐작용등에 사전 주의하면 「크랭크」축의 절손을 사전에

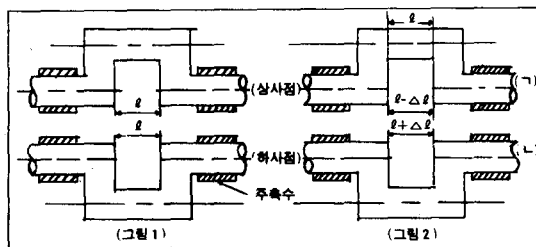
방할 수 있을 것이다.

특히 이 「크랭크」의 개폐작용(開閉作用)은 「크랭크」축의 절손에 많은 원인이 되고 어선건조시(漁船建造時)나 검사시(檢査時) 필히 측정해야 하는 중요한 계측사항이므로 간단히 설명코저 한다.

일반적으로 「크랭크」축의 개폐작용이란 「크랭크 아암」의 개폐작용을 말하며 이는 곧 「크랭크」전후의 각 「아암」사이의 거리가 확대(擴大)하든가 또는 축소(縮少)하므로써 발생하게 된다.

즉 다음(그림 1)과 같이 「크랭크」축의 휘임이 없이 축심(軸心)이 완전하다면 「크랭크」축이 상사점(上死點)위치에서의 「크랭크 아암」의 벌어진 간격이나 「크랭크」축이 180도 회전하여 하사점(下死點)에서의 「크랭크 아암」의 벌어진 간격은 같아야 한다.

그러나(그림 2)와 같이 「크랭크」축에 휘임이 작용했을 때는 「크랭크 아암」의 개폐량은(그림 2)의 (가)와 같이 상사점에서의 「크랭크 아암」은 「크랭크 핀」부분의 ℓ 보다 $\Delta\ell$ 만큼 좁아지며(혹은 벌어지며), 또 「크랭크」축이 180도 돌려서 하사점 위치에 오면(그림 2)의 (나)와 같이 「크랭크 아암」은 「크랭크 핀」의 ℓ 보다 $\Delta\ell$ 만큼 벌어지는(혹은 좁아지는) 것이다.



이런 상태로 「크랭크」축이 계속 회전할 경우 「크랭크 아암」은 벌어졌다 좁아졌다 하여 반복되므로 「크랭크 핀」부나 「크랭크 아암」과 「자날」부에 균열이 생기고 이것이 더욱 진행되면 「크랭크」축은 절손(切損)하게 되는 것이다.

이렇게 「크랭크」축의 개폐작용이 일어나는 원인은 재질과 공작불량등 여러가지 원인이 있

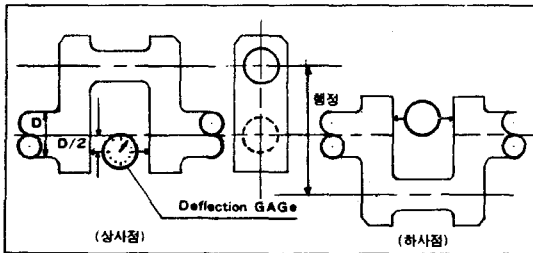
졌으나 기관 취급상의 원인으로는 주축수(主軸受, main bearing)의 부동마모 및 조정불량(調整不良), 드러스트 베어링(thrust bearing)의 마모 및 조정불량, 주축수 및 「크랭크 핀 베어링」의 틈의 과대, 기관베드(bed)의 변형, 「크랭크」축의 중심의 부정(不正)과 과부하 운전 등 여러가지 복합적인 요인이 있는 것이다.

따라서 「크랭크」축의 개폐량은 정기적으로 측정하여 운전에 참고하여야 한다.

측정방법은 계측기와 방법을 알면 기관을 취급하는 사람이면 누구나 할 수 있는 것이다.

즉 다음 그림과 같이 양「크랭크 아암」의 안쪽으로서 「크랭크 핀」과는 반대쪽에 「편치」로 우선 「마이크」를 하고 「아암」사이의 거리를 「디플렉션 게이지」등으로서 재어보면 되는 것이다.

측정하는 위치는 「크랭크」의 위치를 상사점(上死點), 중간, 그리고 하사점(下死點)의 순(順)으로 1회전 재고, 반대로 회전시키면서 같은 위치에서 다시 측정하여 그 평균차(平均差)를 구하면 된다.



여기서 참고적으로 개폐량(開閉量)의 허용 한도(許用限度)는 「크랭크」의 길이, 즉 행정(stroke)에 의하여 차이가 있지만 공통적으로 쓰이는 대략의 수치는 다음과 같다.

S는 「크랭크」의 행정(行程)

① 공장 시운전에서 한도 = $\frac{1}{20,000} \times S$

② 안전하게 운전할 수 있는 한도 = $\frac{1}{10,000} \times S$

③ 수정을 권고해야 할 한도 = $\frac{2}{10,000} \times S$

④ 수정을 강요해야 할 한도 = $\frac{2.8}{10,000} \times S$

그러나 이러한 수치는 절대적인 것이 아니며 기관취급자는 항상 「크랭크」축의 개폐도에 관심을 갖고 이상이 있으면 즉각 대책을 강구해야 할 것이다.

특히 기관을 설치할 때는 기관대의 경사각도와 「크랭크」축과 「프로펠라」축의 중심선 맞추기 등에 특히 주의하여야 하며, 만일 이의 중심(軸心)이 어긋난 상태에서 계속 운전을 행할 때는 「클러치」의 온도가 급상승함과 동시에 축계의 무리가 생겨 절손하는 사고가 발생되기도 하는 것이다.

또한 기관대(機關台)의 재목(材木)은 완전 건조된 상태에서 이음매가 없이 견고하고 튼튼한 재목을 사용해야 한다.

만일 기관대 재목이 약할 때라든지 끊어진 것을 사용했을 때와 재목이 건조되지 않은 상태에서 기관을 거치(據置)했을 때는 기관의 심한 진동과 기관베드(bed)가 휘어져 「크랭크」축의 개폐량이 증가함으로써 「크랭크」축의 절손, 「클러치」의 손상, 축(軸)의 절손등이 올 수 있다.

따라서 기관을 거치하기 전에 기관대(機關台)의 재목을 반드시 점검해야 할 것이며 기관 거치후에도 「크랭크」실의 「베드」가 휘어짐이 없는가를 측정하여 교정토록 한 후에 반드시 「크랭크」가 휘어짐이 없는가를 측정하여 교정토록 한 후에 반드시 「크랭크」축의 개폐량도 측정해야 할 것이다.

이상에서 안전조업을 위한 어선기관의 특성과 해상에서의 대형사고의 원인이 되는 「크랭크」축의 손상에 대하여 대강 알아 보았다.

어쨌든 기관취급자는 자기가 취급하는 기관의 특성과 운전법을 잘 습득하여 기관과장으로 인한 해난사고를 최소한으로 줄여야 하겠다.

(유호길記) (다음호에 계속)