

디젤기관 실린더 블록의 보수용접법에 대한 연구

김종호⁺·조상명⁺⁺

A Study on the Repair Welding Methods for Cylinder Block of Diesel Engines

Jong-Ho Kim⁺ and Sang-Myung Cho⁺⁺

Abstract : Cracks on the cylinder block of diesel engines will often happen due to cyclic load and thermal stress. According to the Classification Societies' rules, welding repairs of cylinder block made of cast irons are generally not permitted. However, such welding repairs became inevitable taking enormous cost and time for their renewal into consideration. In this study repair welding methods for the cylinder blocks, made of gray cast irons were reviewed and the tests of their welds were carried out in order to purpose the repair welding methods of packing seat and o-ring seat of cylinder block and apply them to the practice. It is concluding remarks that the suspected crack by a magnetic particle test due to different magnetic permeability can be identified, which are not associated with a mechanical discontinuity.

Key words : ylinder block(실린더 블록), Cast iron(주철), Repair welding(보수용접), Built up welding(육성용접), Magnetic particle test(자분탐상검사), 의사균열(Suspected crack)

1. 서론

선박용 디젤기관을 장시간 사용하는 경우 반복적인 하중과 열응력으로 인하여 여러 곳에서 균열이 발생하는 사고가 발생할 수 있고 특히 주철로 제작되는 중소형 디젤기관의 실린더 블록은 낮은 피로강도로 인하여 피로균열이 발생하는 경우가 적지 않다. 이러한 균열에 대한 보수용접은 주철용접의 특성을 고려하여 대부분의 선급1)~3)에서 일반적으로 인정하지 않고 있지만 이러한 부품을 교환할 때 소요되는 막대한 경비와 시간을 고려하면 보수용접의 필요성은 절실하다. 특히 중소형 디젤기관을 탑재한 국내 원양어선은 노령선이 많고 또 디젤기관은 대부분 외국에서 제작된 것이 많기 때문에 실린더블록을 교환하기 위해서는 외국제품을 수입하지 않을 수 없는 형편이고 이 또한 경비와 시간적인 측면에서 쉽지 않은 현실이다. 따라서 주철재 부품에 추가되는 하중조건과 사용조건을 고려한 용접법을 개발하고 이를 실용화하는 것은 선박의 안전운항과 수리경비 절감 측면에서 매우 중요한 과제이다.

본 연구에서는 디젤기관의 주철제 실린더 블록을 대상으로 실용적으로 적용 가능한 용접법을 제안하기 위하여 현장에서 실린더 블록에 적용하고 있는 용접법을 검토하고 그 용접성을 확인하기 위하여 용접부에 대한 시험을 수행하였다. 또한 최종검사 단계에서 용접부에 대한 자분탐상시험 결과를 판정할 때 의사균열(擬似龜裂)과 용접균열을 판정하는 기준을 제시하였다.

2. 보수용접법의 제안

2.1 실린더 블록 패킹시트의 보수용접법

소형 디젤기관의 경우 실린더 라이너와 물재킷을 일체형으로 제작하는 경우도 있지만 대부분의 중소형 디젤기관은 물재킷에 실린더 라이너를 끼우는 구조를 채택하고 있다. Fig.1은 본 연구의 대상인 실린더 블록의 전형적인 구조를 보여주고 있다. 그림에서 구리패킹과 오링은 실린더 블록과 실린더 라이너의 기밀을 유지할 목적으로 삽입되는 것이고 물재킷은 연소실을 냉각할 목적으로 설치되어 있다.

경험과 사고 보고4)~5)에 의하면 주철제 실린더 블록의

패킹시트에 자주 발생하는 피로균열은 주로 원주방향으로 전파하면서 성장한다.

Fig.2는 이러한 균열을 용접으로 보수하기 위해서 본 연구에서 제안하는 보수용접법을 보여 주고 있다. 먼저 Fig.2(a)와 같이 패킹시트를 보링 머신으로 절삭 가공하여 완전히 균열을 제거한다. 그리고 액체침투탐상시험을 실시하여 균열이 없음을 확인한 후 약 200℃로 예열을 행하고 나서 니켈계 용접봉(55%Ni, 45% Fe)을 사용하여 수동 피복 아크용접을 실시한다. 용접 중 용접전류와 용접전압은 낮게 유지하면서 비드를 단속적으로 형성시키며, 초층 용접은 120-140A, 28V로 하고 그 이후의 적층은 90-110A, 25V로 한다.

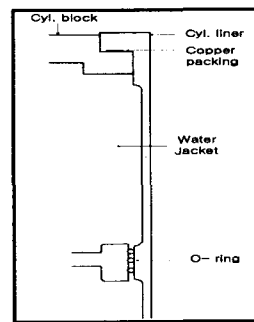


Fig.1 A structure of cylinder block of diesel engines

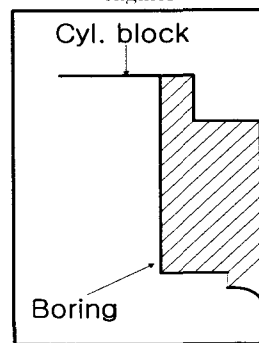


Fig.2 The repair welding method

Fig.2(b)는 실린더 블록의 동패킹 시트에 대한 보수용접을 위하여 적용하는 대표적인 적층방법을 보이고 있다.

2.2 실린더 블록 오링 시트의 보수용접법

선박용 디젤기관의 실린더 블록에 있어서 오링 시트(o-ring seat) 부위는 부식환경에서 장기간 사용되기 때문에 두께의 감소와 부식의 발생 등에 의하여 오링 시트의 기밀이 유지되지 못함에 따라 누설되는 냉각수가 시스템 오일에 함유됨으로써 각 윤활부에 치명적인 손상을 초래하는 경우가 적지 않다. 이 경우도 동패킹 시

+ 김종호(한국해양대학교 기관시스템공학부), E-mail:kjh@mailhhu.ac.kr, Tel: 051)410-4251

++ 조상명, 부경대학교 공과대학 신소재공학부

트의 보수용접과 같이 오링 시트를 보링 머신으로 절삭 가공하여 부식된 부위를 완전히 제거하고 보수용접을 실시할 수 있다.

Fig.3은 이러한 균열을 용접으로 보수하기 위해서 본 연구에서 제안하는 보수용접법을 보여 주고 있다. 먼저 보링 머신을 이용하여 실린더 블록 내부의 부식된 부위를 절삭가공하여 완전히 제거하고 액체침투탐상시험을 실시하여 균열 등이 없음을 확인한다. 이어서 토오치를 이용하여 200℃ 정도로 예열하면서 용접할 면에 부식생성물, 불순물 또는 산화물 등이 제거되었음을 확인하고 나서 수동 피복 아크용접으로 육성용접을 실시한다.

3. 용접부 실험방법 및 결과

3.1 실험방법

본 연구에서는 중소형 디젤기관의 실린더 블록의 재료로 널리 사용되는 회주철 FC25를 시험재로 사용하였다. 회주철은 잘 알려진 바와 같이 연성이 매우 부족하고 취성이 강하기 때문에 용접시의 열응력으로 인하여 용접 도중 또는 용접 후에 용접균열이 생기는 수가 많고 저온 균열의 발생 경향은 두께가 커질수록 모재의 치수가 클수록 두드러진다. 문헌(6)~(7)에 의하면 후판으로서 비교적 치수가 큰 맞대기 용접을 실시하는 경우는 양쪽 모재 홈의 면에 스타드(stud)를 여러 개 적절한 간격으로 박아서 용접 시에 서로 구속할 수 있도록 조치하면 저온 균열을 방지할 수 있는 것으로 보고하고 있다. 본 시험재에서도 이와 같은 조치를 취하여 용접하였고 그 후에 인장 시험편을 채취할 때는 이 스타드가 박힌 부분을 제외하였다.

3.2 단면마크로 시험

Photo 1은 본 시험재의 단면을 절단하여 경면 연마한 후 5% 나이탈용액으로 마크로 부식을 실시하여 접사 사진을 촬영한 것이다. 전체적으로 융합 불량이나, 균열과 같은 결함이 없음을 확인할 수 있고 용접부의 베벨각도도 거의 15°로 나타나 있음을 볼 수 있다.

3.3 용접부 미세조직

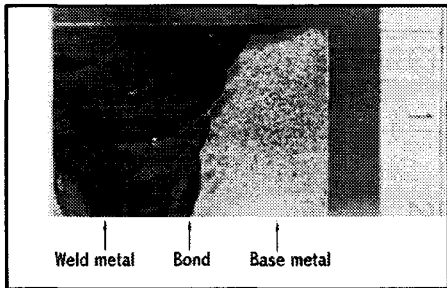


Photo 1 The macro structure of weld (5% nital etch)

있는 바와 같이 가늘고 긴 흑연이 본드부 근방에서는 유리된 상태로 존재하지 않고 고용된 형태로 존재하여 시멘타이트 즉 백선화 되어 있음을 알 수 있다. 시멘타이트는 극히 취약한 것으로서 수축량이 크기 때문에 수축응력에 의한 저온균열을 발생시킬 수 있다. 그러나 앞에서 밝힌 바와 같이 용접 중 실시한 예열과 층간 온도 유지를 통한 슬래그 혼입 방지, 피닝, 스타드에 의한 시험재의 구속 등의 효과에 의해서 용접부의 인장 강도가 모재의 그것보다 높은 것을 고려할 때 본 연구에서 제

니켈계 용접봉에 의한 회주철의 용접부 단면중에서 인장시험시 주로 파단되는 곳은 본드부의 모재쪽 백선화된 부분으로 알려져 있다

11). Photo 2에서 알 수

안한 용접법을 적용한 용접부에는 용접 결함이 내재될 가능성이 적은 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 디젤기관의 실린더 블록을 대상으로 실용적으로 적용 가능한 용접법에 대한 검토와 용접부에 대한 시험 등을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 일반적으로 주철 용접부는 모재 이상의 인장강도를 얻기 어려운 것으로 알려져 있으나 예열과 층간 온도 유지를 통한 슬래그 혼입 방지, 피닝, 스타드에 의한 시험재의 구속 등을 적용하여 용접결함이 없는 용접부에서는 모재와 동등하거나 그 이상의 강도를 얻을 수 있다.

또한 본 연구를 통하여 제안한 보수용접법은 향후 피로강도에 대한 평가를 통하여 주철재 실린더 블록의 보수용접에 실제적으로 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

2) 주철용접부에 대한 자분탐상시험의 결과를 판정하는 기준을 제시하였다. 즉 주철용접부에 대한 자분탐상시험 시에 용접 접합부(bond)를 따라가면서 자분이 모임에 따라 나타나는 의사균열(擬似龜裂)은 용접봉과 모재의 용융 시 발생하는 휘석에 의해서 자분의 투자율이 달라지기 때문에 나타나는 현상이므로 이것은 용접균열과는 구분되어 판정되어야 한다.

참고문헌

1. (사) 한국선급, 선급 및 강선규칙 제 2편 1장, p. 45, (사) 한국선급, 1998
2. Nippon Kaiji Kyokai, Rules for the survey and Construction of Steel Sships, Part K Material, p.55, NK, 1998
3. American Bureau of Shipping, Materials and Welding, 2/2.25.3, ABS, 1996
4. 이스타나미츠헤크柱式會社, “主機 Cylinder block Crack發生”, 事故速報 そのI(機關部關係), E48-12, 1973
5. 이스타나미츠헤크柱式會社, “主機 No.4 Cylinder block의 Crack”, 事故速報 そのI(機關部關係), E49-20, 1974
6. 仁熊賢次 외 1인, 鑄鋼-鑄鐵溶接技術大系 第25卷, pp.128-140, 産報出版, 1980
7. 仁熊 외 1인, 鑄鋼-鑄鐵溶接のかんどころ, pp.162-163, 産報出版, 1980
8. (사) 한국선급, 선급 및 강선규칙 제 2편 1장, pp. 58-59, (사) 한국선급, 1998
9. 日本鑄物協會, 鑄物使覽, pp510-511, 日本鑄物協會, 1987
10. 仙田 외 1인, 溶接部の非破壊. 検査, p.196, 産報出版, 1986
11. 仁熊賢次 외 1인, 鑄鋼-鑄鐵溶接技術大系 第25卷, pp.162-163, 産報出版, 1980