

# 선박 윈치용 유압모터 속도제어 밸브레이터의 저온 적용성에 관한 연구

## A Study on the Low Temperature Application for the Speed Control Regulator of Hydraulic Motor used in Marine Winch

#박원호<sup>1</sup>, \*최지환<sup>1</sup>, 김재실<sup>1</sup>, 이원배<sup>2</sup>

\*\*W. H. Park(pwh@flutek.co.kr)<sup>1</sup>, J. H. Choi<sup>1</sup>, C. Kim<sup>1</sup>, W. T. Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 창원대학교 기계공학과, <sup>2</sup>홀루테크(주)

Key words : Winch, Regulator, Hydraulic motor

### 1. 서론

선박용 윈치는 선박의 계선 및 계류를 위한 장치로 갑판상에 설치되며, 크게 유압식과 전동식으로 구분된다. 최근 북극해 항로(NSR)개발 및 북극해 연안의 석유와 천연가스 등의 자원개발로 극지 운항용 선박이 증가되고 있다. 북극해 항로를 이용하는 경우 극동지역에서 유럽으로 가는 선박의 항로가 40% 단축될 수 있으며, 수송시간을 1/3 정도 단축시킬 수 있는 경제적 효과가 있어 향후 지속적으로 극지운항용 선박이 증가될 전망이다.

유압식 윈치에 적용되는 유압 모터는 주로 저속, 고토크의 레이디얼 피스톤 모터가 사용되며 이 유압모터의 가변 속도조절을 담당하는 장치를 모터 레귤레이터라 부른다. 현재 모터 레귤레이터의 기술 보유국은 국외 5개 미만이며 전량 수입에 의존하고 있다. 유압식 윈치가 저온환경에서 사용될 경우 작동유 점도 및 소재의 특성변화(취성) 등의 문제로 열선 및 히팅(heating) 장치를 구비하는 방법을 이용하여 저온환경에 적용시키고 있다.

본 연구에서는 국외 K사의 모터 레귤레이터를 역설계 개발하여 상온환경에서 개발품 및 수입품의 특성을 비교하고, 검증된 결과를 바탕으로 저온 적용성 평가를 통하여 저온환경에서 적용 가능성을 파악하였다.

### 2. 모터 밸브레이터의 역설계 및 상온 성능시험

#### 2.1 유압회로 해석

모터 레귤레이터는 유압모터의 드럼 편심량을 자동으로 조절하여 고하중일 때는 저속으로 회전하도록 유압모터의 대편심측으로 압력을 전달하고 저하중일 때는 고속으로 회전하도록 소편심측으로 압력을 전달하여 유압모터의 무단변속을 가능하게 하는 기능을 하며 모터 레귤레이터와 유압모터의 유압 회로도들 Fig. 1에 나타내었다.

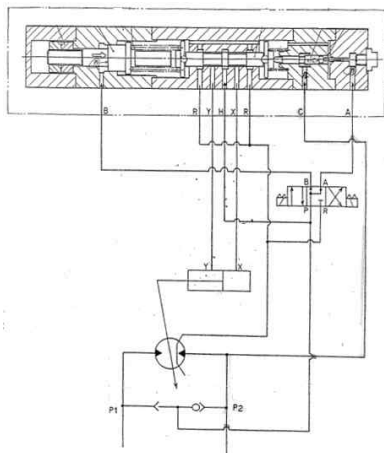


Fig. 1 Schematic diagram of motor regulator and hyd. motor

3차원 측정을 통하여 역설계를 위한 치수 및 형상정보를 확보하였고, 이를 바탕으로 전용 3D 프로그램인 Inventor를 이용하여 3D 모델을 만들어 간섭 및 작동원리를 파악하였다.

유압회로 해석은 상용 유압해석 프로그램인 LMS사의 AMESim을 이용하여 모델링 및 해석을 수행하였다. Fig. 2와 3에 모델링 및 해석결과를 각각 나타내었다.

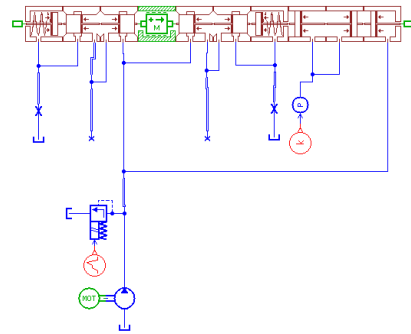


Fig. 2 AMESim model of motor regulator

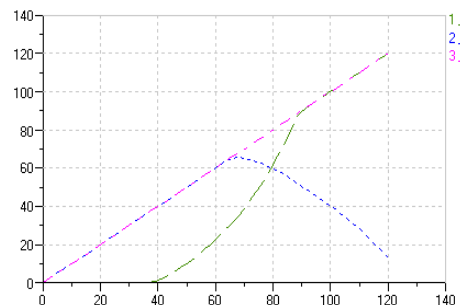


Fig. 3 Simulation result of motor regulator

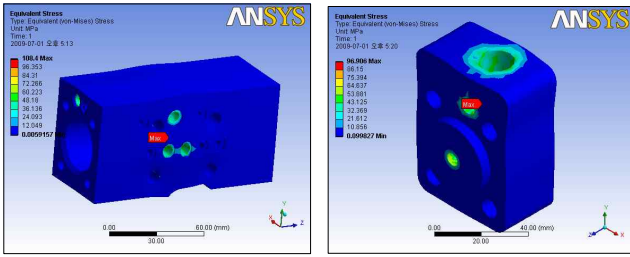
#### 2.2 유한요소 해석

모터 레귤레이터에 고압유가 흐르는 바디와 엔드캡에 대한 구조적 안정성 평가를 상용 유한요소 해석프로그램인 ANSYS Workbench를 이용하여 해석하였으며 해석에 적용된 재료의 물성치를 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Material property

Property	Value
Material	FCV350
Young's modulus	200GPa
Poisson's ratio	0.3
Yield strength	300MPa

해석조건으로는 양단 각 4곳의 볼트 취부 홀을 고정지대로 설정하고 P 포트, X 포트, A 포트에 내압시험의 기준과 동일한 조건인 사용압력의 1.5배에 해당하는 350kg/cm<sup>2</sup>의 압력을 적용하였다. 결과로 최대응력은 바디가 108MPa, 엔드 캡이 97MPa로 이는 재료의 항복강도 대비 2.7 및 3.1의 안전율을 가지는 것으로 나타났다.

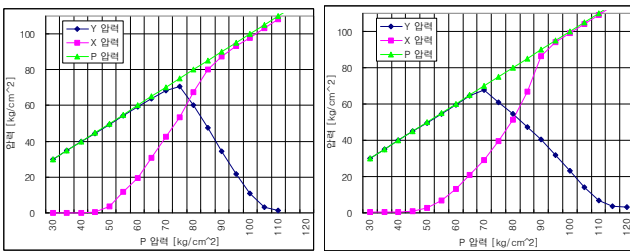


(a) Body (b) End cap

Fig. 4 Von-mises stress of Body and End cap

2.3 모터 레귤레이터의 상온 성능시험

저온 시험에 앞서 상온(유온 30℃)에서 무단 변속에 따른 압력전환 특성을 시험하여 수입품과 역설계품의 성능 차이를 비교한 결과를 Fig. 5에 나타내었다.

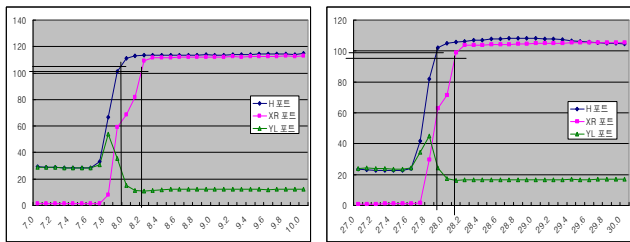


(a) Sample(K) (b) Developed product

Fig. 5 Comparison of pressure characteristic in sample and developed product

압력전환 특성시험에서 시작점-교차점-종지점의 압력을 상호 비교한 결과와 동등한 결과를 얻었으며 이것은 Fig. 3의 유압회로 해석 결과와도 일치함을 알 수 있었다.

다음은 응답성 시험 결과를 Fig. 6에 나타내었으며 수입품의 응답성이 0.4초이고 역설계품이 0.5초로 응답성 또한 수입품과 동등한 결과를 얻었다.



(a) Sample(K) (b) Developed product

Fig. 6 Comparison of time response in sample and developed product

3. 저온 적용성 평가

모터 레귤레이터가 저온 환경에서 적용 가능성을 판단하기 위한 평가 항목으로 응답성 및 압력 전환 특성을 실시하였다. 적용성 평가 시험을 위하여 시험장비는 외부(상온)에서 압력과 유량을 공급하고 평가 대상품인 모터 레귤레이터는 저온 챔버(경남 TP/통영)에 넣고 액화질소를 이용하여 -20℃까지 천천히 떨어뜨린 후 약 20분간 유지한 다음 시험을 실시하였다.

저온으로 인한 모터 레귤레이터의 압력전환 및 응답특성에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 바디와 스폴의 틈새량과 저온으로 인한 작동유의 점도 저하로 볼 수 있다. 본 연구에서는 G사의 상온용 작동유를 사용하였으며 그 특성을 Table 2에 나타내었고,

바디와 스폴의 틈새량이 28μm, 36μm, 56μm의 3종류에 대한 압력전환 및 응답성 시험을 실시하였다.

Table 2 Property of hydraulic oil

Property	Value
비중(kg/ℓ)	0.861(15℃)
동점도(cst)	63.9@40℃
점도지수	68
유동점(℃)	-30

Fig. 7은 틈새량이 가장 적은 28μm의 Spool을 적용하여 -20℃에서 압력전환 시험을 한 결과이며 시작점-교차점-종지점의 압력특성이 상온에서의 결과와 큰 차이가 없음을 확인하였다.

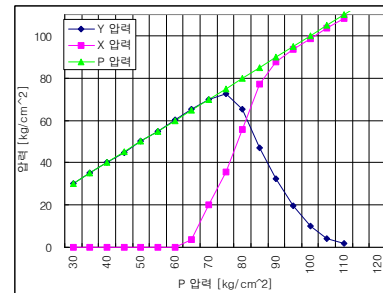


Fig. 7 Pressure characteristic in low temperature(-20℃)

같은 조건에서 -20℃에서 응답성 시험을 한 결과 약 7초의 응답 지연이 발생하여 정상적인 동작이 어렵다고 판단되어 틈새량이 28μm, 36μm, 56μm 3종에 대하여 0℃에서 응답성 시험을 실시한 결과 4.3초, 1.8초, 0.4의 응답시간이 측정되었으며 Fig. 8은 틈새량이 36μm일 때의 결과를 나타내고 있다.

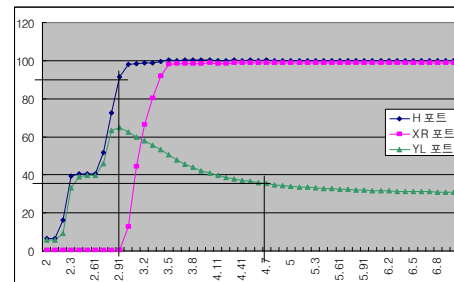


Fig. 8 Time response in low temperature(-20℃)

4. 결론

본 연구에서는 국의 K사 레귤레이터를 역설계하여 개발품과 수입품의 특성을 비교한 결과 압력전환 및 응답성이 동등한 결과를 얻었다. 또한 이를 바탕으로 저온에서의 적용성 평가를 실시한 결과 바디와 스폴의 틈새가 36μm 일 경우 0℃까지 사용 가능함을 확인하였다.

후기

본 연구는 (재)경남테크노파크에서 시행한 기술인프라 연계 연구개발 사업에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김형훈, 한근조, 한동섭, “극저온 밸브의 구조안전성 분석에 관한 연구”, 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, 569-570, 2008
2. LMS AMESim User's Manual