

Remote Control Valve의 공차설계를 위한 통계적 접근방법에 관한 연구

A Study on Statistical Approach for Tolerance Design of Remote Control Valve

*조민기¹, #양혜경¹,

*M. G. Cho¹, #H. J. Yang(yhj@kpu.ac.kr)¹

¹한국산업기술대학교

Key words : Tolerance design, statistical approach, hysteresis

1. 서론

기존의 지게차는 Main Control Valve(MCV)를 직접 조작하여 장비를 구동 하였지만, 배치의 편리함과 크기, 조작의 용이성 등으로 인해 점점 Remote Control Valve(RCV)를 이용한 제어로 바뀌는 추세이다. 이러한 RCV는 밸브 고유특성인 히스테리시스(hysteresis; 이력현상)현상이 나타나는데, 이는 밸브의 성능을 좌우한다. 때문에 히스테리시스는 RCV의 성능지표로 사용이 가능하다⁽¹⁾.

본 논문에서는 RCV의 히스테리시스에 영향을 미치는 각 인자의 정규분포를 확인하고, 그에 따른 스프링상수 K와 스프링의 초기 압축력 F₀를 계산하였다.⁽²⁾ 또한 K와 F₀값을 Crystal ball 소프트웨어에 적용하여 RCV의 초기 제어압인 P₂와 최대압력인 P₃을 계산하였으며, 이때 각각 P₂와 P₃의 불량률을 확인하였다.⁽³⁾ 향후 P₂와 P₃의 정규분포가 5σ를 만족시키기 위해 각 설계인자의 민감도를 측정하여 영향력이 큰 설계인자의 공차 값을 제시하고자 한다.

2. 유의인자 선별

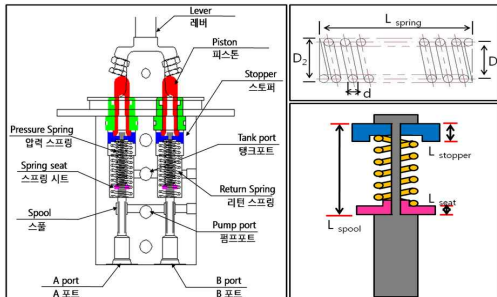


Fig. 1 RCV, Spring, Spool

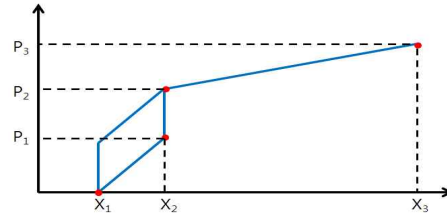


Fig. 2 Hysteresis of RCV

RCV의 구조와 히스테리시스는 각각 Fig.1 및 Fig.2와 같다. X₁은 스푼의 Underlap에 의해 결정이 되며 X₂와 X₃는 각각 Pump port hole의 크기와 스토퍼의 행정거리에 의해 결정이 된다. P₁은 스푼의 면적A와 X₂에 따라 결정이 되며 P₂는 초기 압축력 F₀, P₃는 스프링 상수K에 의해 영향을 받는다. 하지만 X₂이하의 범위는 실제 사용되지 않는 구간이므로 본 논문에서는 X₂~X₃구간의 P₂~P₃의 값만을 고려하였다. 이때 P₂, P₃에 영향을 미치는 인자는 크게 스프링 상수 K와 스프링의 초기 인장력F₀ 두 개로 나눌 수 있다. K를 결정하는 스프링 선경d와 외경D₂, F₀를 결정하는 스프링의 길이L_{spring}, 스푼의 길이L_{spool}, 스토퍼의 길이L_{stopper}, 스프링시트의 높이 L_{seat} 등 총 6개의 설계인자를 주요인자로 선정하고 부품을 정밀 측정하여 각 치수의 정규분포를 확인하였다.

3. 주요인자의 정규분포

각 인자의 정규분포는 Fig. 3과 같이 나타났으며 이를 토대로 K와 F₀를 계산한 그림은 Fig. 4에 나타내었다. 각 인자의 평균값은 설계값과 5%이내의 오차를 보이며 대부분 제시된 공차 범위 내에 들어오는 것을 확인할 수 있다. K와 F₀의 평균은 각각 0.42[kgf/mm]와 1.02[kgf]이며 표준편차는 0.46과

0.25임을 확인할 수 있다. 이는 설계치와 5%이하의 오차를 갖는다.

10%의 불량률을 가진다.

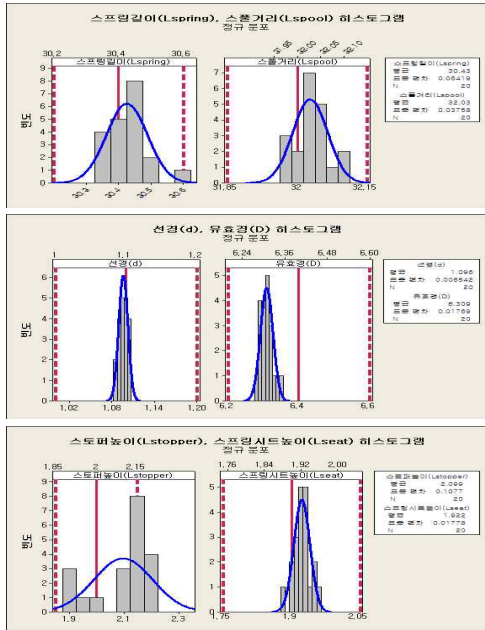


Fig. 3 Histogram of d, D, Lspring, Lspool, Lstopper, Lseat

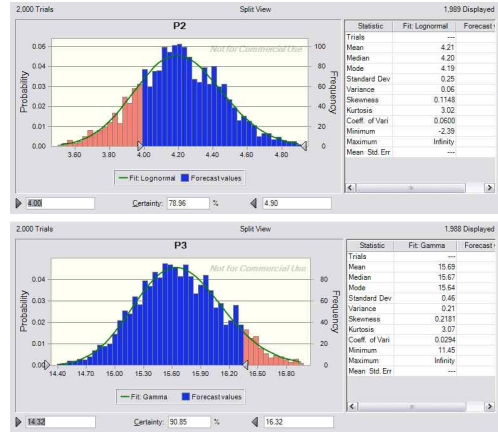


Fig. 5 Histogram of P₂, P₃

5. 결론

RCV의 히스테리시스의 형상에 영향을 미치는 인자를 분석하고 각 인자의 정규분포를 제시하였으며 K와 F₀의 계산을 통해 P₂, P₃의 불량률을 확인하였다. K는 평균 약 0.421[kgf]로 실제 설계값인 0.4[kgf]에 비해 약 5.2%의 오차를 보이며, F₀ 또한 평균이 1.018[kgf]로 설계값 1.077[kgf]와 약 5.5%의 오차를 보였다. P₂는 평균 4.235[bar]로써 설계값인 4.448[bar]와 약 4.8% 오차가 발생하였으며 공차범위인 ±0.5[bar]의 불량률이 21%임을 확인하였다. P₃는 평균이 15.781[bar]로써 설계값인 15.32[bar]와 약 3.0% 오차를 보였으나 불량률은 약 10%임을 확인할 수 있었다.

추후 공정관리 기법을 통해 P₂와 P₃의 값이 5σ의 정규분포를 갖도록 설계인자의 민감도를 확인하고 영향력이 큰 인자의 공차역을 수정, 보완하여 제시할 예정이다.

참고문헌

1. Cho, M.G., Shin, D.Y., Yang, H.J., Lim, D.H., “A Study on Hysteresis of Remote Control Valve”, Korean Society for Precision Engineering, pp. 485~486 (2 pages) 2009.
2. 이레테크 미니탭 사업팀 “새 Minitab실무완성”, 2005.
3. 이레테크 소프트웨어사업부 “Crystal ball 7 Getting started guide”, 2005.

Fig. 4 Histogram of K, F₀

4. 압력분포와 불량률

Fig. 5는 P₂와 P₃의 정규분포를 나타낸다. 설계상 P₂는 약 4.4[bar]이며 ±0.5[bar]이외의 값은 불량일 때 약 21%의 불량률을 가진다. P₃는 설계상 15.32[bar]이며 ±1[bar]이외의 값은 불량일 때 약