

역설계를 통한 Flip-Flap 밸브형 분리식 커플링에 관한 연구

안희학*, 이종섭**,#

*디케이락(주)기술연구소, **경남과학기술대학교 산학협력단

Flip-Flap Valve-Type Breakaway Coupling through Reverse Engineering

Hee-Hak Ahn*, Chung-Seob Yi**,#

*R&D Center, DK-LOK LTD., CO.

**Industry-Academic corporation foundation, Gyeognam National University of Science and
Technology

(Received 26 January 2016; received in revised form 4 February 2016; accepted 12 February 2016)

ABSTRACT

This study is a structural analysis of 3" Cryogenic Safety Breakaway Coupling using a manufactured product from KLA Company. Breakaway coupling is very important in the pipe system, especially when transporting fuel or gas in the pipeline. For the analysis of the patent infringement target, Dover and KLA Company's technologies (US 08127785, EP 0764809) were analyzed. Finally, the flip-flap valve overlap was measured after combining the breakaway coupling through 3D modeling, and the valve overlap had a 0.7mm measurement value from the height gauge. The safety breakaway coupling consisted of a total of 62 pieces (body: 42, valve module: 21).

Key Words : Breakaway Coupling(분리식 커플링), Revers Engineering(역설계), Flip-Flap(플립 플랩)

1. 서 론

최근 해양플랜트에 대한 수요가 증가하면서 배관과 관련한 여러 안전장치가 개발되고 있다. 특히, 연료나 위험물을 취급하는 배관시스템에서 외부의 충격이나 외력에 의해 끊어질 때 배관 내부에 흐르는 유체가 외부로 유출되는 것을 방지하기 위한 일종의 밸브를 설치하게 된다.

이때 일반적으로 사용하는 방법이 Breakaway coupling을 설치하는 것이다. 이는 고압유체 및 초저온 유체 등 유체자체가 위험물질일 경우 주변 환경에 대한 안전성 검토가 최우선적으로 이루어져야 될 사안인 만큼 아주 중요한 요소부품으로 인식되고 있다.^[1-2]

최근 여러 안전사고와 관련하여 위험물질을 취급하는 산업에서는 안전에 대한 인식이 높아지고 있고, 이와 관련한 요소부품 및 모듈에 대한 관심이 증가되고 있다. 특히 해양플랜트나 육상 정유플랜트 및 LNG 인수기지 등 안전사고에 항상 노출되어

Corresponding Author : csyi@gntech.ac.kr
Tel: +82-55-751-3865, Fax: +82-55-751-3631

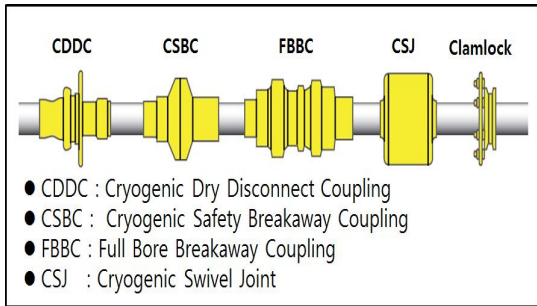


Fig. 1 Components of LNG bunkering system

있는 곳에서는 필수적으로 채택하고 있다. 긴급발생시 인위적으로 배관을 차단하는 Breakaway coupling은 유체 공급라인에서 예상치 못한 외부 하중 (휨, 인장 등)에 의해 시스템 전체 문제발생을 차단하기 위해 공급라인 내 일정 외부 하중에 의해 연결부가 끊어지면서 내부 유체의 흐름을 차단하여 2차 사고를 예방할 수 있는 장점을 가지고 있다.^[3-6]

Fig. 1은 현재 해양플랜트 및 LNG 벙커링 시스템에서 연료 이송장치에 적용되고 있는 커플링의 종류를 나타내고 있다. 시스템 설계사양에 따라 필요한 커플링을 선택하여 LNG 단열호스와 함께 모듈로 공급되고 있다.

현재 국내의 경우 초 저온용으로 개발된 사례가 없고, 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. 해외 선진사의 경우 Safety Breakaway Coupling을 제조사는 Mann, KLAW, OPW, TODO, RS 등 일부 몇 업체에서 세계시장을 주도하고 있다. 따라서 국산화 개발을 위해 선진제품에 대한 분석을 통해 역설계하여 초 저온용 Safety breakaway coupling에 대한 개발을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 작동방식

Fig. 2는 Flip-Flap 밸브타입의 breakaway coupling의 작동개념을 나타내고 있다. 이 타입의 경우 토션 스프링과 연결될 밸브를 서로 겹쳐 놓은 상태에서 Coupling 열림 상태를 유지하여 작동유체가 이송될 수 있도록 설계되었다. 반면 Coupling이 외력을 받게 되면 Male과 Female 하우징의 플랜지와 체결되어 있는 볼트가 설계상 외력에 의해 파단 될 수 있도록 볼트 중앙부위에 노치가 설치되어있다. 이 볼트가 충격이나 외력에 의해 파단 되면 토션 스프링의 장력에 의해 밸브가 90° 각도로 회전하면서 작동유체의 흐름을 차단하도록 설계되어 있다.

이때 내부에 설치된 밸브는 Fig. 14와 같은 작동하는 단계를 나타낸 것이다. (a)는 당초 Coupling이 조립되어 있을 때 밸브의 위치를 나타내고 있다. 이때 밸브와 회전축이 결합되어 있고, 이 상태에서 Breakaway 볼트가 하중에 의해 파손되면 토션 스프링에 의해 밸브는 90°의 각도로 회전하게 된다. 이때 (b)와 같은

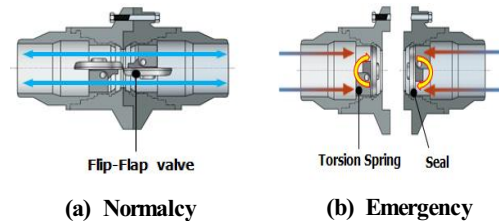


Fig. 2 Operating concept of breakaway coupling

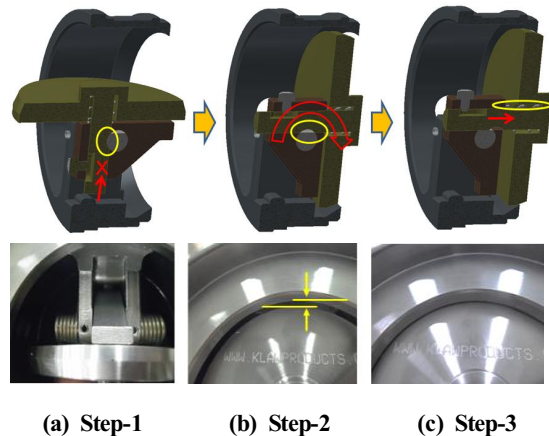


Fig. 3 Operation steps of flip-flap valve

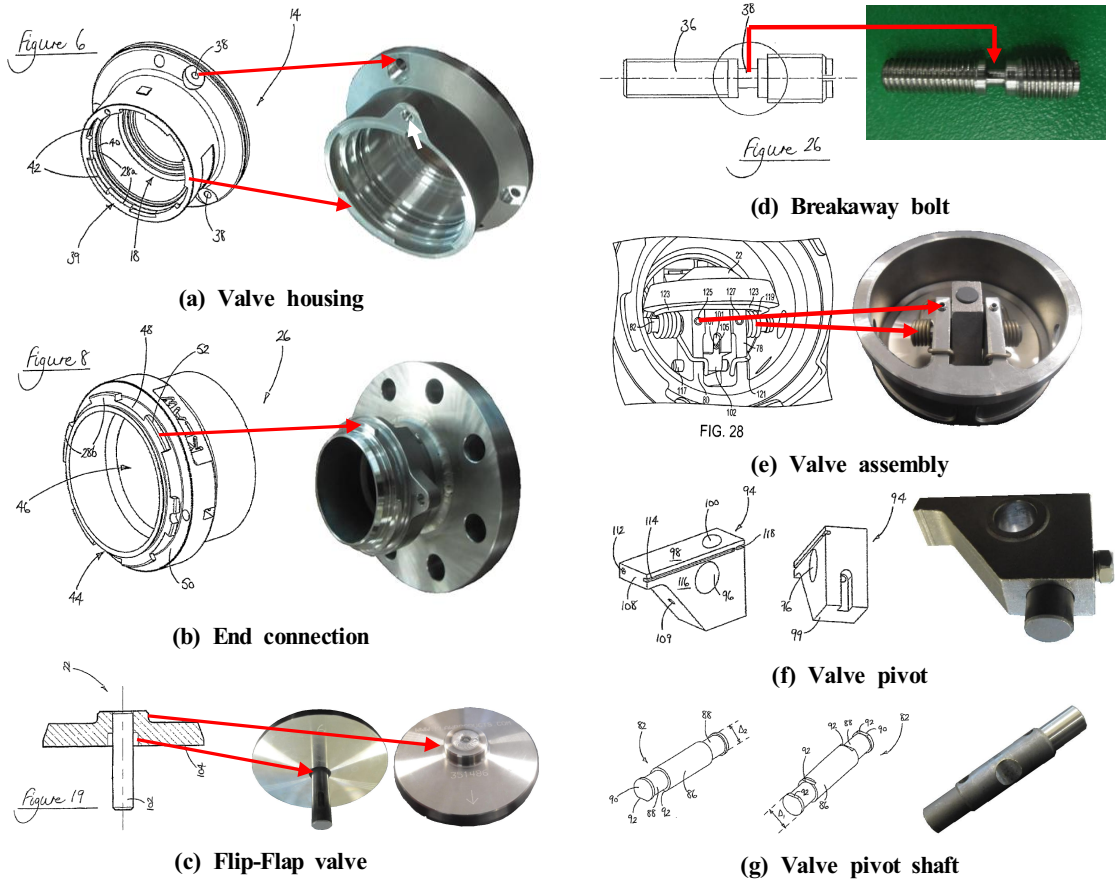


Fig. 4 Comparisons of patent and manufacture product

단계가 된다. 그리고 이때 밸브와 암 사이에 설치되어 있는 압축된 스프링에 의해 밸브는 (c)와 같이 시트 쪽으로 이동하게 되면서 밸브는 밸브 회전축에서 이탈하게 되어 더 이상 회전이 불가능하게 되는 구조로 설계되어 있다. 다시 밸브를 원 위치 시키기 위해서는 밸브를 뒤로 민 상태에서 밸브와 밸브 회전축이 결합되어야만 밸브가 회전할 수 있는 구조로 되어 있어 Breakaway 된 이후 내부 영향에 의해 밸브가 열리는 것을 원천적으로 차단한 구조로 되어 있었다.

3. 특허분석

KLAW사의 특허 US 8,127,785 B2(2012년 3월 6일) “PIPELINE BREAKAWAY COUPLING”에 대한 특허와 실제 제품을 Fig. 4와 같이 비교하였다. (a)와 (b)의 경우 Breakaway coupling의 외형부인하우징을 나타내고 있다. KLAW사의 하우징은 2-piece로 구성되어 있으며, (b)의 실제 제품과 같이 사용 목적에 따라 플랜지를 설치할 수 있도록 되어 있다. 또한 이들 하우징의 연결은 Sloped engagement 방식으로 체결할 수 있도록 고안되어 있었다. 체결 후 특허기술의 경우 Retaining mechanism을 채택하여 이탈을 방지할 수 있도록 고안된 반면 실제 제품의 경우 (a)의 실물 그림과 같이 체결 후 볼트를 체결하여 이탈을 방지할 수 있도록 설계된 점이 특허기술과 차이가 남을 확인할 수 있었다

(c)의 경우 Flip-Flap 밸브의 형상을 나타내고 있으며, 특허에 명시된 도면과 동일한 형상으로 제품이 제작되었음을 확인할 수 있었다. 또한 Breakaway coupling이 이루어지는 (d)의 볼트의 경우 또한 동일한 것으로 나타났다.

(e)의 경우 KLAWS사 특허의 핵심기술인 밸브 어셈블리에 대한 형상이다. 특허기술과 실제 제품 형상은 거의 동일한 것으로 보여 진다. 그러나 자세히 비교해본 결과 밸브 피봇과 샤프트의 형상이 다르게 고안되어져 있음을 확인할 수 있었다. 밸브 피봇의 경우 밸브의 위치를 고정시켜 주기 위해 (h)의 그림에서 보는 것과 같이 와이어 멤버가 설치되어 있었다.

실제 제품의 경우 와이어 멤버의 기능을 대신할 수 있도록 (g)의 피봇 샤프트의 실제 형상과 같이 샤프트에 홈을 만들어 이 기능을 대신할 수 있도록 설계되어 제품이 생산되고 있었다.

KLAWS사 특허의 핵심은 Valve cassette라 명명하는 밸브 어셈블리가 핵심특허라 할 수 있다. 나머지 Breakaway되는 방식은 기존 Breakaway coupling에서 일반적으로 채택하는 노치가 만들어진 볼트를 사용한다는 것이고, 원형의 밸브에 의해 열림 상태에서 닫힘 상태로 변환할 때 작동메커니즘에 대한 내용으로 함축할 수 있다.

KLAWS사에서 채택하고 있는 밸브 작동방법에 대한 메커니즘과 같은 방법은 이미 DOVER사에서 1997년 특허가 등록된 기술을 응용 설계하여 특허를 회피한 기구학적 설계임을 확인할 수 있었다.^[7-8] 따라서 KLAWS사의 특허 이전에 등록된 DOVER사의 기술적 차이를 비교할 필요가 있어 특허비교를 통해 기술적 차이점을 확인하고자 한다.

분석 대상인 KLAWS사의 Breakaway coupling 작동방식인 Flip-Flap 방식의 밸브를 적용하는 기술은 이미 DOVER사에 1996년 특허가 등록된 기술이다. 기본적으로 밸브를 닫는 기구학적 메커니즘은 동일한 반면 작동에 대한 구현이 기구학적으로 차별성이 보이고 있었다.

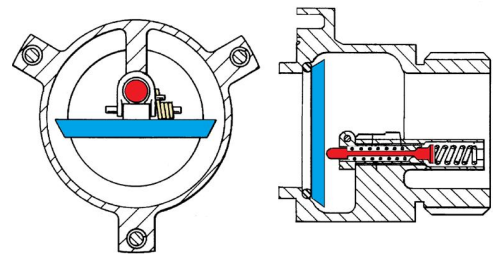
같은점으로는 Breakaway 볼트에 노치를 설치하여 하중에 의해 파단되는 방식이며, Flip-Flap 밸브를 채택하였다. 그리고 Breakaway coupling이 열려

있을 때 Flip-Flap 밸브 가장자리부에 중첩되어 설치되어 있고, Breakaway coupling 작동시 Flip-Flap 밸브가 90°의 각도로 회전하며 Flip-Flap 밸브가 회전한 후 스프링의 장력에 의해 시트에 밀착되어 있다.

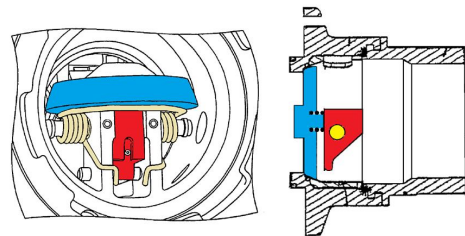
차이점으로는 KLAWS사의 경우 Flip-Flap 밸브가 모듈형태로 제작되어 삽입되어 있고, 밸브 모듈 때문에 Housing이 KLAWS사의 경우 2개로 조립되어 있다. 또한 KLAWS사의 경우 밸브 자체에 스프링을 설치하여 시트에 밀착시키는 방식으로 설계되어 있다.

DOVER사의 Breakaway coupling의 작동방식을 보면 최초 열림 상태에서 작동할 때 밸브가 토션 스프링에 의해 90°회전한 후 푸시로드는 코일 스프링에 의해 밸브를 시트로 밀어주어 기밀하는 방식으로 설계되어 있다. Fig. 5는 DOVER사와 KLAWS사의 작동 전-후 형상을 비교한 것이다. 밸브의 회전은 두 회사 동일하게 토션 스프링에 의해 90°회전하는 방식이고, 최종 시트에 밸브를 밀착시키는 방법에서 기술적 차이가 발생한다.

밸브의 회전력을 담당하는 토션 스프링의 경우 DOVER사는 싱글 토션 스프링이 설치된 반면 KLAWS사는 더블 토션 스프링이 설치되어 있었다.



(a) Dover Co.(1996)



(b) Klaw Co.(2012)

Fig. 5 Comparison of operating method

이는 설계조건에 따라 스프링이 선정되는 요소이며, 단지 특히 도면상만 분석하였을 경우 밸브에 힘이 전달될 경우 KLAWS사의 더블 토션 스프링이 보다 균일하게 작용할 것으로 판단된다.

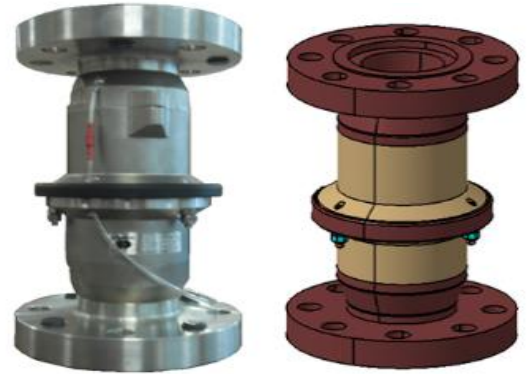
밸브가 90°회전 후 시트로 밀착할 수 있는 역할과 Resetting시 밸브를 원위치 시키기 위해서는 밸브자체가 시트에 간섭을 받기 때문에 구조적으로 밸브를 후진시킨 후 원위치 시켜야 된다. 따라서 Flip-Flap 밸브방식으로 유로를 차단시키는 방법의 경우 밸브 시트를 이동시킬 수 있도록 설계하지 않는 이상 모두 동일한 메커니즘을 사용해야 됨을 확인할 수 있었다.

KLAWS사의 경우 DOVER사의 작동 메커니즘은 동일한 상태에서 밸브 회전과 전진 방법에서 기구학적 차별성을 두어 설계되었음을 알 수 있었다. 따라서 KLAWS사의 Breakaway coupling에 대한 역설계를 수행하여 Fig. 6과 같이 하우징 부분에 대한 3D 모델링과 Fig. 7과 같이 밸브어셈블리에 대한 3D 모델링을 수행하였다. 또한 각 부품에 대한 재질을 Table 1.과 같이 확인할 수 있었다. 극저온용이므로 금속재질은 SUS316과 SUS316L을 주 소

Table 1 Material of breakaway coupling

| Housing parts | |
|----------------|--------------|
| Component | Material |
| Body part | SUS 316L |
| Valve seat | Teflon |
| Stop ring | SUS316 |
| Packing gland | Teflon |
| Packing seal | PFA + SUS304 |
| Flange part | SUS 316L |
| O-ring | Polymer |
| Valve module | |
| Valve | SUS 316L |
| Spring | SUS 304 |
| Arm | SUS 316L |
| Bolt & Washer | SUS 316L |
| Shaft | SUS 316L |
| C-pin | SUS 316 |
| Torsion spring | SUS 304 |
| Valve hosing | SUS 316L |

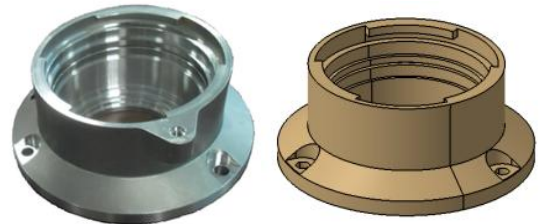
재료 적용함을 확인할 수 있었다. 또한 기밀을 유지 시키는 시트나 패킹은 테프론이 적용되었음을 확인할 수 있었다. 이 소재는 일반적으로 극저온용 밸브에 사용되는 재료로 KLAWS사 역시 현장에서 이미 검증되었다고 할 수 있는 소재를 선택하여 설계되었음을 알 수 있었다.^[9]



(a) Breakaway assembly



(b) End connection



(c) Body



(d) Breakaway bolt

Fig. 6 Comparisons of original and 3D modeling at body component

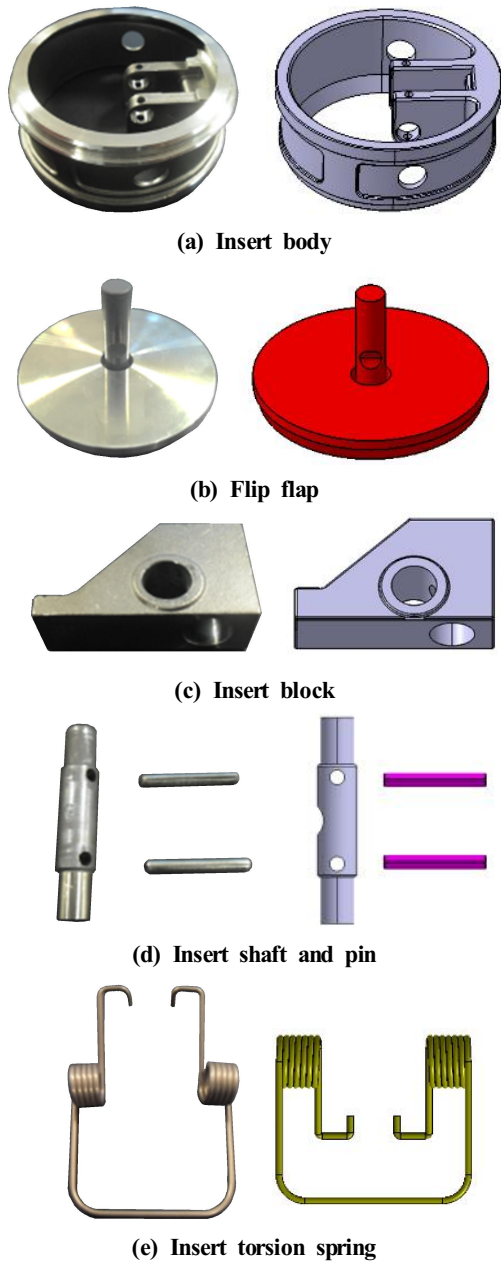
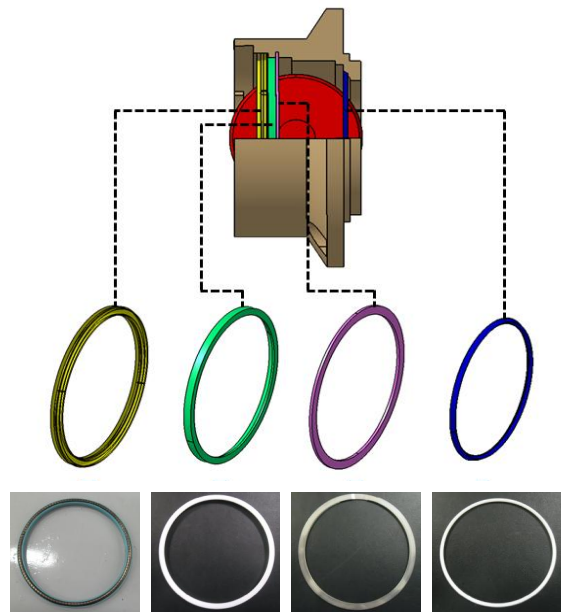


Fig. 7 Comparisons of original and 3D modeling at flip-flap valve module

Fig. 8은 바디 내부에 밸브 어셈블리 설치되기 때문에 이에 대한 기밀유지를 위해 설치된 각종 Sealing류를 모델링한 것이다.



(a) Rip seal (b) Packing gland (c) Stop ring (d) Set
Fig. 8 3D modeling of sealing in valve module

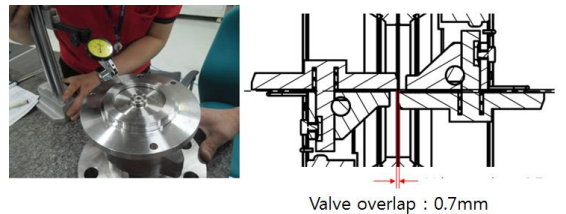


Fig. 9 Verification of reverse engineering

여기서 Rip seal과 Packing gland는 바디와 밸브 조립체와 기밀을 위해 설치된 것이고, Stop ring은 바디에 삽입되어 있는 밸브 조립체가 뒤로 빠지지 않도록 잡아주는 역할을 수행하는 일종의 Locking ring이 설치되어 되어 있다. 마지막으로 Seat는 Breakaway 될 때 밸브가 Seat에 밀착되어 기밀을 유지하도록 설계되어 있었다.

실제 제품을 분해하고 모델링을 수행한 결과 바디 42개, 밸브모듈 21개로 총 62개의 부품으로 구성되어 있었다.

Fig. 9는 3D 모델링을 통해 최종 Breakaway coupling을 결합시켜 Flip-flap 밸브의 오버랩 구간을

측정한 결과 Height 게이지로 측정한 값과 동일한 0.7mm의 밸브 오버랩을 확인하여 3D 모델링 구현에 대한 검증을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

KLAW사 Breakaway Coupling에 대하여 다음과 같은 분석결과를 얻을 수 있었다.

- (1) Breakaway coupling을 구성은 Male과 Female 양단으로 구성되어 있으며, 각각의 바디 내부에 밸브 조립체가 삽입되어 설치되는 구조로 설계되어 있었다.
- (2) Breakaway coupling을 구성하는 전체 부품수는 총 62개로 구성되어 있었고, 각각의 바디 측에 21개 그리고 밸브 조립체에 10개의 부품이 조립되어 있었다.
- (3) 밸브가 한번 작동되어 유로를 막을 경우 Breakaway coupling 내부 유체의 영향에 의해 밸브가 움직이지 않도록 안전장치를 마련되어 있었다.
- (4) KLAW사의 특허등록 도면과 실제 제품에 대한 형상을 비교한 결과 상당히 유사하였고, 특히, 밸브 어셈블리인 경우 특허등록할 당시에 비해 실제 제품에서 기구학적으로 성능이 개량되었다.
- (5) DOVER사와 KLAW사의 특허를 비교한 결과 DOVER사의 기술이 우선하였고, KLAW사의 경우 DOVER사의 기술을 응용하여 특허권을 획득한 것으로 나타났다. 또한 2016년 특허권이 만료되는 DOVER사의 기술을 최대한 응용할 경우 국산화 개발에 특허권리에 대한 침해는 해결될 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 2015년 “산업통상자원부 경제협력권산업육성사업(비즈니스협력형 R&D)”으로 수행된 연구결과입니다.(과제번호 : R0003964)

REFERENCES

1. McGuire, G. and White, B., Liquefied gas handling principles on ships and in terminals, SIGTTO, England, pp 112-146, 2000.
2. Park, C. and Han, C., "Case Study on Optimization of Send-out Operation in Liquefied Natural Gas Receiving Terminal", Korean Chemical Engineering Research, Vol. 53, No. 2, pp. 150-155, 2015.
3. Kim, C. G. and Kim, T. H., "Finite Element Analysis on the Strength Safety of a Hybrid Alarm Valve", Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Vol. 21, No. 2, pp. 221-224, 2012.
4. Lee, J. H. and Sung, J. K., "A Comparative Study on the Improvement of the Performance of Swivel Valve Tube Couplers", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 9, No. 5, pp. 20-27, 2010.
5. Kim, T. G., Kim, T. H., Park, J. H., and Park, Y. C., "Selection and Verification of Press Forming Pipe Model using Pipefitting", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No. 3, pp. 43-49, 2015.
6. Jang, S. C., Park, T. S., Hur, N. S., and Kim, I. W., "CAE/CFD Analysis and Design of High-Pressure Drop Control Valve for Offshore Project", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No. 5, pp. 42-49, 2015.
7. Webber A. J., Pipeline breakaway coupling, US Patent : 08127785, 2012.
8. Dover Corporation, EP Patent : 0764809, 1996.
9. "Breakaway Couplings Flip-Flap technology", (2016) <http://www.klawproducts.com> (accessed 1. Aug., 2016)