

TRIZ를 활용한 LPG 저장탱크의 안전성에 관한 최적화방안

임사환*, 허용정**

*한국가스안전공사 교수실

**한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부

e-mail : gentle@kgs.or.kr

A Study on the Optimum of Safety for a LPG Storage Tank using TRIZ

Sa-Hwan Leem*, Yong-Jeong Huh**

*Institute of Gas Technology Training, Korea Gas Safety Corporation

**School of Mechatronics Engineering, Korea University of Technology and Education

요 약

가스의 수요가 늘어나면서 대량수요처에 대한 위험성과 안전성을 확보하기 위한 노력이 필요한 시점이다. 본 연구에서는 LPG저장탱크의 안전성과 경제성을 고려한 저장탱크를 파악하기 위하여 TRIZ 기법을 활용하였다. 지상형은 화염 등에 의한 위험성이 높으며, 지하매몰형은 부식 등에 의한 경제적 손실이 크다. 따라서 지상형과 매몰형에 대한 문제점을 해결하기 위해 6SC(6 Step Creativity)을 응용하였으며, 그 결과 지하격납형을 도출하였다.

1. 서론

20세기 최고의 발명품으로 알려진 자동차는 인간의 편리성을 위하여 매우 유용한 도구이다. 이러한 자동차를 운용하기 위한 연료원이 최근엔 가스로 조금씩 전향되고 있어, LPG는 운수용으로 사용하는 양이 8.4%씩 증가하고 있다.[1] 또한 가스의 수요증가와 함께 안전사고도 계속하여 발생하고 있으며, 대단위 저장시설에서의 사고는 사회적 피해가 심각하게 나타나고 있다. 특히 LPG충전시설에서의 사고는 1998년에 발생한 익산충전소(UVCE)와 부천충전소(BLEVE)가 대표적이며, 인명피해와 막대한 재산손실을 초래하였다.[2~5]

현재 액화석유가스의 안전관리 및 사업법 시행규칙 제8조[액화석유가스의 충전사업 등의 시설기준 및 기술기준]제1항의 규정에 의한 저장탱크의 설치지는 지상형 및 지하매몰형으로 규정되어 있다.[6] 하지만 현행 법규정에 의해 설치된 저장탱크는 여전히 지상형은 안전성에 노출되어 있으며, 지하매몰형은 부식 등에 의한 위험성과 경제성이 취약하다.[7] 따라서 본 논문에서는 이러한 지상형과 지하매몰형의 위험성과 경제성에 대하여 TRIZ 기법[8,9](실용트리

즈 6단계)을 활용하여 문제점을 해결하고자한다.

2. 이론

트리즈는 모순을 이상적인 설계가 되도록 혁신 프로세스를 체계적으로 구성한 것으로, 누구라도 쉽게 창조적으로 문제를 해결할 수 있도록 하고 있다.[10~13]

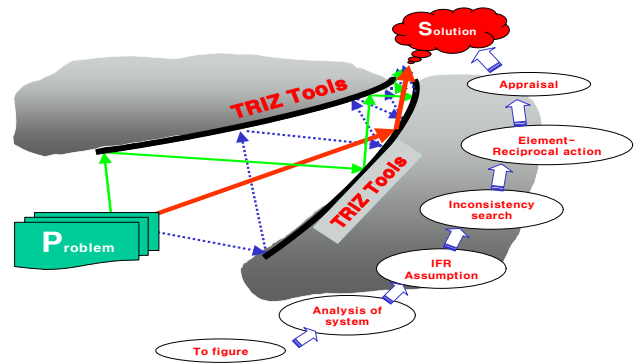


Fig. 1 Application of 6SC method.

실용트리즈의 6단계는 Fig. 1과 같이, 1)그림으로 표현, 2)시스템의 기능분석, 3)이상해결책, 4)모순과

분리원리, 5)요소-상호작용, 6)해결책과 평가 단계를 거치면서 창의성을 하나씩 적용하여, 각 원리에서 문제해결에 대한 다른 해결방법을 찾아봄으로써 좀 더 창의적인 해결방법을 모색할 수 있다.[14]

3. 6SC 적용 및 평가

지상형과 지하매몰형 LPG저장탱크의 문제점을 6SC를 적용하여 단계별로 분석하고 해결책을 찾아 보았다.

3-1. 그림으로 표현

사람의 생각을 구체화시키는 가장 좋은 방법은 그림이나 도표 등을 이용하는 것이며, 그림으로 표현하면 문제의 상황을 쉽게 분석하고 문제의 원인을 정확히 파악할 수 있다.[15]

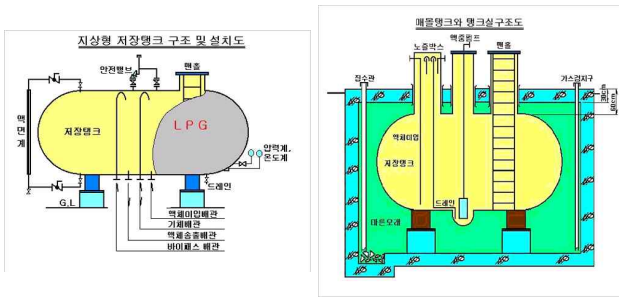


Fig. 2 The form of existing storage tank

기존의 LPG저장탱크는 Fig. 2와 같이 지상형은 화염에 노출되면 폭발의 위험이 있으며, 지하매몰형은 부식 등으로 폭발에 대한 안전성은 확보되었으나 경제적 손실이 발생된다.

3-2. 시스템의 기능분석

시스템의 기능분석은 해결해야 할 기술과제가 복잡하게 얽혀있거나 문제가 명확하지 않은 경우 매우 중요하게 작용한다. 특히 복잡한 시스템의 부품이나 모듈들의 모순 관계를 도식적으로 나타내는데 유용하다. Fig. 3은 지상형과 매몰형 저장탱크의 문제점과 모순관계를 도식한 것이다.

3-3. 이상해결책

이상성(ideality)은 유용한 기능들의 합을 유해한 기능들의 합으로 나눈 값이라고 정의한다. 모든 시스템은 유용한 결과와 유해한 결과를 동시에 유발시키는 기능들을 수행하며, 유용한 기능은 시스템에서 원하는 모든 기능이고 유해한 기능이란 시스템의 비용, 공간, 각종 공해, 에너지 소모같이 시스템이 유

발시키는 원하지 않는 결과를 말한다. 이상해결책(IFR : Ideal Final Result)은 문제에 대한 고정 관념을 벗어나는 좋은 방법론으로 이상적인 시스템은 요구되는 기능을 수행하면서도 존재하지 않는 시스템인 것이다.[16,17]

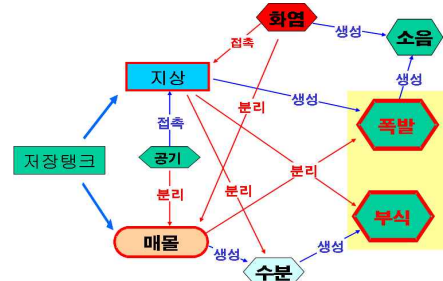


Fig. 3 Function analysis of the system.

3-4. 모순과 분리원리

모순은 트리즈의 중요한 개념 중의 하나로서, 시스템의 어느 한 특성을 개선하고자 하면 그 시스템의 다른 특성이 악화되는 상황을 말하며, 트리즈의 모순에는 기술적 모순과 물리적 모순의 두 가지가 있다. 여기서는 실용성이 높은 '물리적 모순'을 해결함으로써 문제를 해결하였다.

저장탱크는 가스를 저장하기 위하여 있어야 하고 안전성을 위해서는 저장탱크는 없어야 한다.

지상에 설치되어 있는 저장탱크는 화재로 인한 폭발의 위험성이 있으므로 지상에는 없어야 하고, 지하 매몰하여 설치되어 있는 저장탱크는 부식 등으로 인한 경제적 손실이 발생하므로 매몰하여서는 안 된다. 따라서 저장탱크는 지상에는 없어야 하고, 매몰하여서도 안 된다.

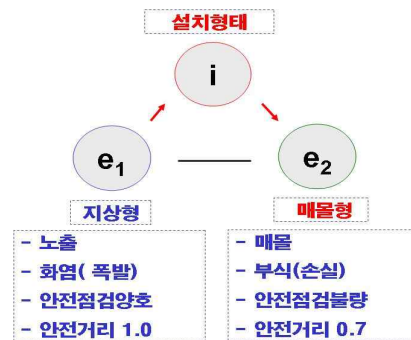


Fig. 4 Elements-Interaction.

3-5. 요소상호작용

요소-상호작용은 문제를 일으키는 각 요소의 성질을 깊이 있게 분석할 수 있는 새로운 방법론이며, 잘 활용하면 기존의 기술과는 다른 새로운 신기술을

찾을 가능성이 높다. Fig. 4는 지상형과 매몰형 저장 탱크의 요소-상호작용에 대한 요소들이다.

3-6. 해결책과 평가

6SC의 5단계를 통하여 도출된 문제에 대한 여러 가지 해결책을 최종적으로 선택하고 평가하는 단계이다.

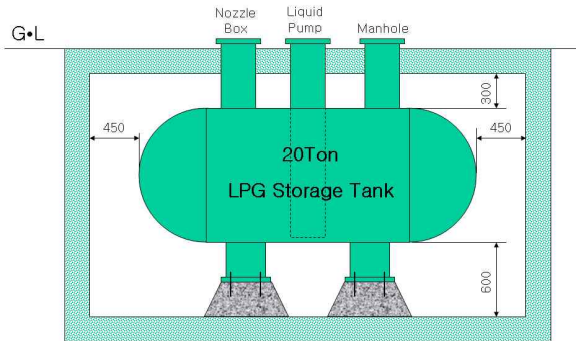


Fig. 5 The form of improving storage tank

Fig. 5는 Fig.2의 문제점을 상층 보완한 최적화된 형태로서 지상형의 문제점은 화기에 노출될 위험성을 배제하였으며, 지하매몰형의 부식에 대한 위험성과 외피검사에 대한 경제성 문제를 모두 해결한 모습을 볼 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 LPG저장탱크의 문제해결을 위하여 실용트리즈 6단계를 실시하였다. 6SC를 이용하여 안전성과 경제성의 문제를 해결하였으며 다음과 같은 효과가 기대된다.

1. 현행 법 규정에 의한 지상형 보다 안전거리를 줄일 수 있어 경제적 효과가 기대되며, 안전관리를 효과적으로 수행할 수 있겠다.
2. 지하매몰형에 대한 외피검사 등으로 인한 경제적 손실을 최소화 할 수 있으며, 부식에 대한 위험성을 배제할 수 있겠다.

참고문헌

[1] Korea Gas Safety Corporation, Technical Inspection & Advisory Service Division, "High-pressure Gas Statistics", 2007.
 [2] In-Tae Kim, In-Won Kim, Hee-Oeul Song, "A Study on the Overpressure Estimation of BLEVE", *Journal of the Korean Institute of Gas*, Vol. 4, No. 1, March, pp.69~76, 2000.

[3] Seung-Lim Lee and Young-Soon Lee, "A Study on the Probability of BLEVE of Above-ground LP Gas Storage Tanks Exposed to External Fire", *Journal of the Korean Institute of Gas*, Vol. 7, No. 1, March, pp.19~23, 2003.
 [4] CCPS, "Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosion, Flash Fire and BLEVE," *AICHE*, New York, 1994.
 [5] Reid, R. C., "Some Theories on Boiling Liquid Expanding Vapor Explosions", *Fire*, March, pp.525~526, 1980.
 [6] Korea Gas Safety Corporation, "Liquefied Petroleum Gas Safety Control and Business Law", 2007.
 [7] 임사환, 허용정, "가스 저장탱크 안전거리의 지적 결정 시스템 개발", *한국산학기술학회논문지* 제7권, 제4호, pp.721~726, 2006.
 [8] 이홍석, 이경원, "창의적 문제해결 기법의 물리적 모순 해결에 의한, 초절수형 양변기 시스템의 설계", *한국CAD/CAM학회 논문집*, 제6권, 제3호, pp.193~197, 2001.
 [9] 박성균, "40가지 원리'그림으로 보는 발명과 문제해결법", *아이디어브레인*, 2002.
 [10] 김호중, "실용트리즈의 창의성 과학", *두양사*, 2006.
 [11] 한국표준협회, "창의적 문제해결 이론", 2005.
 [12] Altshuller, G. S., "Creativity as an Exact Science", *Gordon and Breach*, New York, 17, 1988.
 [13] 김호중, "신제품 개발을 위한 실용트리즈의 창의성 과학", *두양사*, 2006.
 [14] 김호중, "6단계 창의성을 적용한 실용트리즈", *김스트리즈*, *두양사*, 2006.
 [15] 오재준, 임사환, 허용정, 김호중, "트리즈 기법을 활용한 LCD 이송장치용 우레탄 휠의 문제해결에 관한 연구", 2007 *한국CAD/CAM학술 발표회 논문집*, pp.333~336, 2007.
 [16] John Terninko 외 2인, "체계적인 이노베이션 - 창의적 문제해결 이론(TRIZ)소개 (System Innovation)", (사)한국트리즈협회 역, 초판.
 [17] 서승우, 박강, 김병재, "TRIZ 도구를 이용한 유리병 표면부식장치 홀더 설계", *한국CAD/CAM학회 논문집*, 제10권, 제5호, pp.365~374, 2005.