KIGAS Vol. 15, No. 5, October, 2011
(Journal of the Korean Institute of Gas)

RPS-TRIZ를 활용한 LPG 저장탱크 문제해결

†임사환 · 허용정* · 임주연** · 김인규*** · 정신영****
한국가스안전공사 가스안전교육원, *한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부,
한독미디어대학원대학교 뉴미디어학부, ***한국폴리텍Ⅳ대학 아산캠퍼스 산업설비자동화과, **(주)신영
(2011년 5월 16일 접수, 2011년 10월 24일 수정, 2011년 10월 24일 채택)

Problem Solving for LPG Storage Tank using RPS-TRIZ

†**Sa-Hwan Leem · Yong-Jeong Huh* · Ju-Yeon Lim** · In-Gyu Kim*** and Shin-Young Jeong****
Institute of Gas Technology Training, Korea Gas Safety Corporation, Chungnam 330-841, Korea
**School of Mechtronics Engineering, Korea University of Technology and Education, Chungnam 330-708, Korea*
***School of New Media, Korean-German Institute of Technology, Seoul 157-030, Korea*
****Dept. of Automation of industrial installation, Asan Campus of Korea Polytechnic Ⅳ, Chungnam 336-884, Korea*
*****Shin Young Company, Chungnam 331-957, Korea*
(Received May 16, 2011; Revised October 24, 2011; Accepted October 24, 2011)

요 약

액화석유가스 자동차는 대도시의 대기환경 개선을 위해 적용되고 있으며 대기 오염물질을 저감시키는데 효과적인 것으로 입증되고 있다. 이러한 가스충전소에서 운용하는 저장탱크는 인간의 생명과 재산에 손실을 유발하는 원인으로 안전성이 요구된다. 지상저장탱크는 외부화염에 의하여 폭발의 위험성이 있으며, 지하매몰 저장탱크는 부식에 의한 피해를 유발시킬 수 있으며 검사하는데 어려움이 있다. 이 연구에서는 RPS-TRIZ 기법을 활용하여 저장탱크의 안전성과 검사편리성에 유용한 지하격납 저장탱크를 제안하였다.

Abstract - LPG(Liquefied Petroluem Gas) Vehicles in metropolitan area being applied to improve air quality and have been proven effective for the reduction of air pollution. These gas stations are required to safe the storage tank because of possibility of causing huge loss of life and property. While storage tanks above ground have potential risk of explosion if fire breaks out and those under-ground are difficult to inspect due to poor accessibility neither above nor under-ground tank can serve us well. This study used the RPS-TRIZ (Rapidly Problem Solving-Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch) technique and suggested the use of under-ground containment storage tank as a solution for safety issues and safety inspection.

Key words : LPG, storage tank, TRIZ, RPS

Ⅰ. 서 론

최근 미국, EU(유럽연합), 일본, 중국 등은 2000년도 이후부터 국가발전의 패러다임으로 배출가스 중에 온실가스와 환경오염을 줄이는 녹색성장을 기치로 내세우고 있으며, 자동차의 이산화탄소 배출 허용기준과 연비기준을 크게 강화하고 있다. 이러한 자동차를 운용하기 위한 연료원이 최근엔 가스로 조

†주저자:gentle@kgs.or.kr

금씩 전향되고 있으며, 자동차 연료가 가스로의 변화는 '삶의 질' 향상을 넘어 '생존'의 문제로 환경보존과 경제발전을 조화롭게 추구하는 '지속가능한 발전'이란 새로운 패러다임에 부응하기 위함이다[1-3].

하지만 가스는 물리적 특성상 무색, 무취로 형태가 없어 검지하기가 어려워 대단위 시설에서도 누출로 인한 화재 및 폭발의 사고가 발생하고 있다. 특히 자동차 충전소에서의 안전사고는 1998년에 발생한 익산충전소(UVCE)와 부천충전소(BLEVE)가 대표적이며, 인명피해와 막대한 재산손실을 초래하였다[4-6].

이러한 안전사고를 예방하기 위하여 액화석유가스의 안전관리 및 사업법 제3조제1항[액화석유가스 충전사업중 자동차연료용 용기에 액화석유가스를 충전하여 공급하는 사업의 시설 · 기술 · 검사 · 정밀안전진단 및 안전성평가 기준]의 1.3.2 "저장탱크"란 액화석유가스를 저장하기 위하여 지상 또는 지하에 고정 설치된 탱크로 규정되어 있다[7]. 하지만 현행 법규에 의해 설치된 저장탱크는 여전히 지상저장탱크는 안전성에 노출되어 있으며, 지하매몰 저장탱크는 부식 등에 의한 위험성과 경제성이 취약하다[8,9].

따라서 이 논문에서는 지상저장탱크와 지하매몰 저장탱크의 위험성과 경제성에 대하여 현장에 접목하기 위한 쾌속문제해결기법(RPS-TRIZ)을 활용하여 저장탱크의 문제점을 해결하였다.

II. RPS(Rapidly Problem Solving)-TRIZ

TRIZ는 모순을 이상적인 설계가 되도록 혁신 프로세스를 체계적으로 구성한 것으로, 누구라도 쉽게 창조적으로 문제를 해결할 수 있도록 하고 있다[10,11].

쾌속문제해결은 기존의 실용 TRIZ로 많이 사용되었던 6SC(6 Step Creativity) 기법[12]과 비즈니스 TRIZ와 유사한 Q(Quick)-TRIZ 기법[13]을 복합적으로 활용하여 가장 빠르고 쉽게 공학적인 문제뿐만 아니라 경영학적인 실무형 문제를 해결하기 위하여 창안된 문제해결기법으로 Fig. 1과 같다.

쾌속문제해결 기법은 다음과 같은 4단계의 절차에 의하여 문제를 해결하도록 구성되어 있다.

1. 그림으로 표현하기

TRIZ 기법을 이용하여 문제를 해결하기 위해서 가장 중요한 첫 번째 관문으로는 문제에 대한 명확한 정의가 필요하며, 누구나 쉽고 빠르게 문제를 정의하기 위해서는 그림으로 표현하는 방법이 가장 효과적이다.

그림으로 표현하면 해결하고자 하는 문제에 대한 원인요인과 문제요인을 쉽게 파악할 수 있다.

2. 조건 매트릭스 활용하기

조건 매트릭스에 적용하는 방법은 가로축에는 원인요인(제거하고자 하는 파라미터)과 세로축에는 문제요인(개선시키고자 하는 파라미터)에 해당하는 요인을 대상으로 Fig. 2와 같이 교차하는 지점의 번호를 축축하여 40가지 발명원에 적용하는 것이다.

가로축에 해당하는 원인요인과 세로축에 해당하는 문제요인은 39가지로 구성되어 있다. 39개의 모순요소(Parameter)는 하나의 요소를 강화시키려고 할 때, 또 다른 요소는 약화되는 경우가 발생한다. 이러한 모순요소와 발명의 원리를 활용하여 기술적 문제를 해결할 수 있다.

기술적 모순은 알트슐러의 제자들이 40가지 발명원리를 잘 사용하지 못하는 것을 보고, 이를 안타깝게 여긴 알트슐러가 고심하여 만든 방법으로 40가지 발명원리를 좀 더 쉽고 논리적으로 적용할 수 있도록 만든 것이다[14].

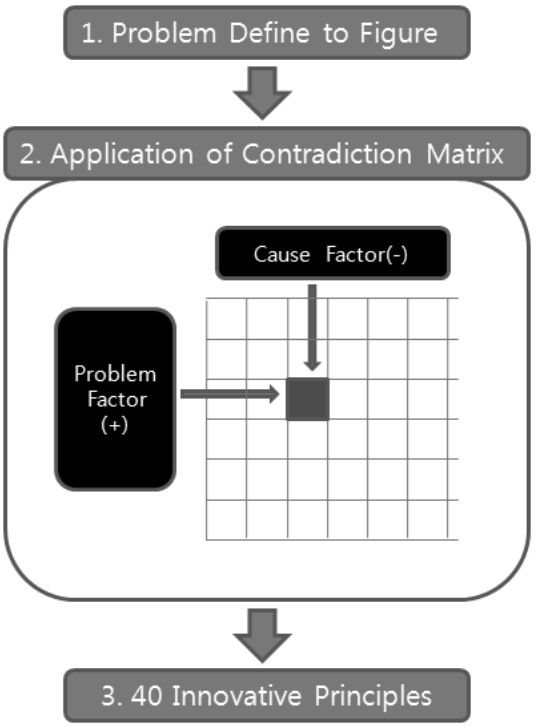

Fig. 1. RPS-TRIZ process.

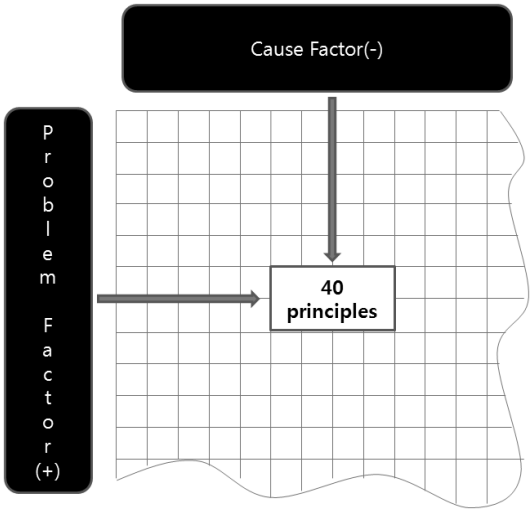

Fig. 2. Matrix.

Fig. 3. 40 principles.

3. 40가지 발명원리에 적용하기

조건 매트릭스를 활용하여 문제의 모순을 명확히 도출하였다면 다음 단계로는 40가지 발명원리에 적용하여 아이디어를 얻는 것이다. 40가지 발명원리는 1970년대 초반 알트슐러와 그의 동료들에 의해 특허 검색을 통하여 동일한 해결책이 반복적으로 사용된 예를 수집하여 심혈을 기울인 연구 끝에 수 만개의 우수한 해결책들의 정보를 종합하여 요약하여 개발한 것이다[15].

40가지 발명원리는 효과적이고, 사용하기 쉽고, 모든 사람이 쉽게 접근할 수 있는 문제해결 기법에 해당한다. 지금까지는 “40가지 원리”가 표준이었지만, 미래에는 새로운 사례와 발명원리를 사용하여 확장하거나 추가되어 40가지 원리보다 많아지거나 적어질 수도 있다.

Fig. 3은 40가지 발명원리를 그림으로 표현한 것으로 해결하고자 하는 문제에 쉽게 접근할 수 있다.

4. 문제해결

문제해결은 RPS 기법의 마지막 단계로서 주어진 문제에 대하여 그림으로 표현하여 문제에 대한 요인을 분석하여 조건매트릭스에 접목하여 발명원리를 선택하고 선택된 40가지 발명원리를 활용하여 해결책을 도출하여 문제를 해결하는 RPS-TRIZ의 마지막 단계에 해당된다.

III. RPS-TRIZ 적용

3-1. 그림으로 표현하기

RPS 기법의 첫 번째 단계는 해결하고자 하는 문제를 빠르고 쉽게 누구나 이해할 수 있는 간단한 방법으로 그림을 통하여 표현하는 방법을 사용하고 있다.

저장탱크에 대한 문제점을 파악하기 위하여 Fig. 4, Fig. 5와 같이 나타내면 문제점을 쉽게 도출할 수 있다.

Fig. 4는 지상에 설치하는 저장탱크의 형태로서 외부 화염에 노출되기 쉬우며 또한 외부 충격에 의한 피해를 유발하는 구조이다. 따라서 외부화염이나 충격에 의한 피해가 발생함을 그림으로 도시하면 쉽게 문제점을 파악할 수 있다.

Fig. 5는 지하에 매몰하여 설치하는 저장탱크의 형태로서 수분의 접촉에 의하여 부식 환경이 조성되어 부식의 위험성에 노출되기 쉬우며 또한 부식이 발생하지 않도록 방식조치를 취하여야 한다.

지하에 매몰하여 설치하는 저장탱크의 형태는 외부에서 쉽게 검사나 점검을 실시하기 어려운 구조로 그림으로 표현하면 쉽게 문제점을 파악할 수 있다.

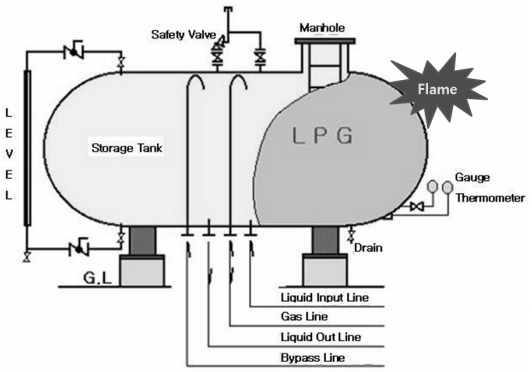

Fig. 4. Aboveground storage tank.

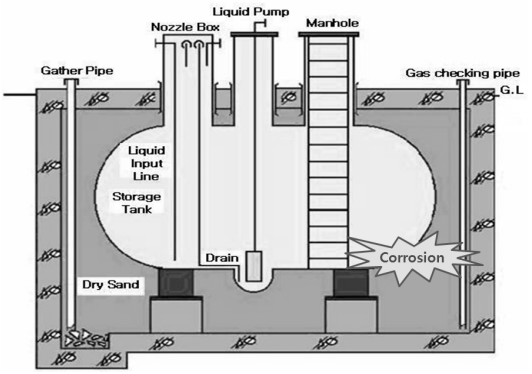

Fig. 5. Buried storage tank.

3-2. 조건 매트릭스 활용하기

모순 매트릭스는 기술적 변수를 39개로 패턴화하여 가로와 세로로 구성하여, 해결하고자 하는 문제에 대한 문제요인은 세로축으로 원인요인은 가로축으로 하여 가로와 세로를 찾아서 대입하면 가로축과 세로축에 일치하는 발명원리의 번호를 파악하는 할 수 있다.

Fig. 6은 저장탱크의 문제에 대하여 39가지 모순요소의 6번 정지한 물체의 면적, 8번 정지한 물체의 부피, 13번 물체의 안정성, 17번 온도, 27번 신뢰성, 31번 해로운 부작용, 32번 제조의 용이성, 33번 사용의 편리성, 34번 수리 용이성을 가로축과 세로축에 대입한 결과 40가지 발명원리의 2번, 6번, 7번, 17번, 22번을 찾을 수 있다.

39개의 X축과 39개의 Y축으로 구성되어진 기술용 매트릭스에는 1,521개의 셀(cell)이 있으며, 각각의 셀마다 4~5가지의 해결원리를 제시하고 있다. 모순 매트릭스에는 7,500개 정도의 해결 아이디어가

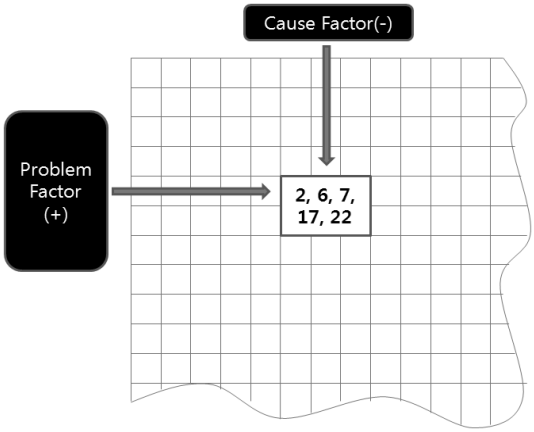

Fig. 6. Contradiction matrix.

들어가 있다.

3-3. 40가지 발명원리 적용하기

조건 매트릭스에 의하여 찾은 번호를 40가지 발명원리에 적용하여 LPG 저장탱크에 대한 안전성 향상 문제를 정리하면 다음과 같다.

원리2(분리), 원리6(다기능성), 원리7(포개진 인형), 원리17(차원 바꾸기), 원리22(전화위복)의 원리들이 해당된다.

3-4. 문제해결

LPG 저장탱크의 문제를 40가지 발명원리에 의해 지상에는 존재하지 않아야 하고, 저장탱크가 있어야 하는 물리적 모순 문제를 해결하였다.

원리 2. 분리. 대상물 또는 시스템에서 필요한 부분만 분리하거나 방해되는 부분이나 성질을 제거한다. 우리는 대개 시스템의 일부분이나 어떤 성질이나 특성만을 필요로 하고 있다.

문제해결 : 우리는 가스가 필요한 것이지 가스 저장탱크가 필요한 것은 아니다.

원리 6. 다기능성 또는 다용도. 대상물 또는 시스템의 부분이 여러가지 기능을 할 수 있도록 만든다. 다른 부분의 필요성을 제거하여야 한다. 부품과 작업 횟수를 줄이고 유용한 특성과 기능은 유지해야 한다.

문제해결 : 격납하여 설치하는 저장탱크는 폭발위험성이 없으며, 시공이 용이한 장점이 있다. 또한, 점검이 편리하며, 안전성이 향상된다.

원리 7. 포개진 인형. 한 개의 대상물을 다른 것 안에 넣는다. 각 대상물을 차례로 다른 것 안에 넣는다. 한 부품이 다른 부품 안에 있는 빈 공간을 통과

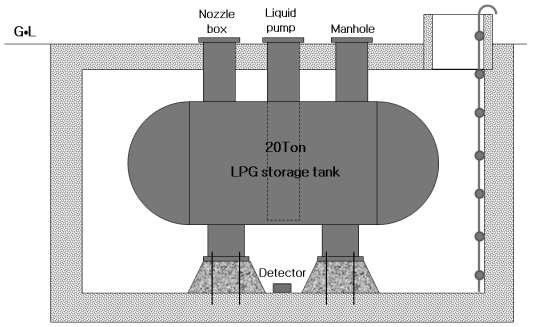

Fig. 7. Improved storage tank.

하게 만든다.

문제해결 : 땅과 접촉하지 않게, 지상의 저장탱크를 땅속에 넣어야 한다.

원리 17. 차원 바꾸기. 2차원 또는 3차원 공간으로 대상물 또는 시스템을 이동시킨다. 대상물을 단층으로 배열하는 대신에 다층으로 배열시켜야 한다. 대상물을 기울이거나 또는 새로운 방향으로 해서 대상물을 가로 눕히고서 다른 쪽 면을 사용한다.

문제해결 : 지상에 저장탱크가 존재하지 않으나 가스는 공급되어야 한다.

원리 22. 전화위복. 긍정적인 효과를 얻기 위해서 해로운 인자를 사용해야 한다. 주 해로운 작용에 다른 해로운 작용을 부가함으로써 주 해로운 작용을 제거하여 문제를 해결할 수 있다. 더 이상 해롭지 않을 정도까지 해로운 인지를 확대한다.

문제해결 : 지하에 격납하여 저장탱크를 설치하면 지상저장탱크에 비하여 온도변화가 적으며, 습도가 높아 폭발 억제력이 증대하게 된다.

개선된 저장탱크로서 Fig. 7은 땅과 접촉하지 않고 땅속에 넣는 형태로서 한 개의 대상물이 다른 것 안에 들어가 포개진 형태를 나타내고 있다.

그림으로 표현된 개선된 저장탱크의 형태를 살펴보면 지하격납 공간에 저장탱크를 설치하여 외부의 화염에 의한 저장탱크의 폭발에 대한 위험성을 배제하였으며, 지하에 매몰하여 설치되지 않아 부식에 대한 위험성을 사전에 제거하였다. 또한 지하격납 공간에 저장탱크를 설치하여 수시로 안전점검을 실시할 수 있다.

Ⅳ. 결 론

이 논문에서는 LPG저장탱크의 문제해결을 위하여 쾌속문제 해결기법을 사용하였다.

RPS-TRIZ를 이용하여 안전성과 경제성의 문제를 해결하였으며 다음과 같은 효과가 기대된다.

1. 경제적 관점에서 살펴보면, 기존의 지하매몰 저장탱크에 비하여 모래를 부설하지 않아도 되기 때문에 경제적 이익이 발생한다. 또한, 시공성이 향상되어 공사기간이 단축될 것으로 판단한다.

2. 안전성 관점에서 살펴보면, 기존의 지하매몰 저장탱크에 비하여 안전점검을 수행함에 있어 편리하게 운용할 수 있어, 사전에 안전사고를 예방할 수 있다고 판단된다.

3. 안전거리 관점에서 살펴보면, 현행 법 규정에 의한 지상 저장탱크 보다 안전거리를 줄일 수 있어 충전시설에서 대지면적의 축소로 저장용량 20ton을 계산하면 지상 저장탱크에 비하여 지하 저장탱크는 토지 면적을 49%까지 절감이 가능하여 경제적 효과가 있다.

4. 지하격납 저장탱크는 외피검사 등으로 인한 경제적 손실이 발생하지 않으며, 부식에 대한 위험성을 배제할 수 있다.

5. 기존 지하격납 저장탱크는 격납 공간에 펌프 등 가스가 누출할 가능성 부위가 상존하여 폭발의 위험성이 있었지만, 본 논문에서 제안한 지하격납 저장탱크는 가스누출 부위를 모두 지상에 설치하는 것을 기준으로 설정하였으며 외부 기계실에서 가스누출에 의한 위험성을 경감하기 위하여 출입구를 지상 기계실 바닥보다 30㎝ 이상 설치하여 관련법에 의하여 누출된 가스가 격납 공간으로 유입되지 않도록 제안하였다.

추후 지하격납 공간에서 가스누출에 의한 피해영향평가는 관계기관 및 연구기관에서 지속적인 연구가 필요하다 사료된다.

참고문헌

[1] 에너지경제연구원, “환경규제와 에너지부문 환경변화에 따른 자동차산업의 대응방안”, 에너지경제연구원, 한국자동차산업연구소, (2000)

[2] http://www.energy-news.co.kr, 택시 연료 LPG ‘명불허전’, 에너지 신문, (2011)

[3] Korea Gas Safety Corporation, Technical Inspection & Advisory Service Division, “High-pressure Gas Statistics”, (2009)

[4] In-Tae Kim, In-Won Kim, Hee-Oeul Song, “A Study on the Overpressure Estination of BLEVE”, KIGAS, 4(1), 69-76, (2000)

[5] CCPS, “Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosion, Flash Fire and

BLEVE", AIChE, New York, (1994)
[6] Reid, R. C., "Some Theories on Boiling Liquid Expanding Vapor Explosions", Fire, 525-526, (1980)
[7] KGS Code, KGS FP332, (2011)
[8] 임사환, 허용정, "LPG자동차충전소에서 증기운 폭발로 인한 인명피해예측에 관한 연구", 한국가스학회지, 14(2), 15-21, (2010)
[9] Sa-Hwan Leem and Yong-Jeong Huh, "A Study on the Damage of Flame caused by the Vapor Cloud Explosion in LPG Filling Station", J. of the KOSOS, 25(3), 53-60, (2010)
[10] Altshuller, G. S., "Creativity as an Exact Science", Gordon and Breach, NewYork, 17, (1988)
[11] 김호종, "6단계 창의성을 적용한 실용트리즈", 두양사, 서울, (2006)
[12] 임사환, "LPG 저장탱크의 안전성 및 경제성분석과 TRIZ 응용 설계에 관한 연구", 한국기술교육대학교 박사학위 논문, 95, (2010)
[13] 한국트리즈협회, 비즈니스 트리즈, 교보문고, 서울, (2009)
[14] http://blog.daum.net/mindpark-기술적모순
[15] E. Domb and Altshuller, G. S., "40 Principles", TIC, Worcester, (1997)