

트리즈와 브레인스토밍을 이용한 취부용 피스 제거 자동화 시스템의 최적설계에 관한 연구

이성조*, 정원지⁺, 김호종⁺⁺, 김기정⁺⁺⁺, 김정현⁺⁺⁺⁺

(논문접수일 2008. 6. 16, 심사완료일 2008. 8. 28)

A Study on Optimal Design of Piece Removing Automation System Using TRIZ and Brainstorming

Seong-Jo Lee*, Won-Ji Chung⁺, Ho-Jong Kim⁺⁺, Ki-Jung Kim⁺⁺⁺, Jung-Hyun Kim⁺⁺⁺⁺

Abstract

This study includes contents on an effective designing of the outer-wall piece removing equipment of a hull, by applying TRIZ. To remove the piece, gas torch was used. However, the heat source must be shut down since the heat source of gas torch has a bad influence on this system. This is why TRIZ and Brainstorming were used, to solve this problem. First, we analyzed the system using TRIZ, and then presented the direction a solution is expected to follow. And the most suitable scheme was derived from brainstorming which had been conducted based on the direction of a solution. Lastly we conducted an equipment modeling based on the most suitable scheme we made before, and carried out the heat analysis to inspect its effect by comparing pre-existing mechanism with most suited scheme.

Key Words : 취부용 피스, TRIZ(창의적 문제해결), 브레인스토밍, 6SC(6단계 창의성), 가스 토치, Push's Matrix(최적설계 개념선정)

1. 서론

선박 건조는 날개의 많은 판을 용접을 통해 단위 블록을

만들고, 이 단위 블록들을 조립(용접)하여 배를 완성시키는
일련의 과정이다. 선박 건조 공정에서 용접 공정이 가장 많
은 비중을 차지한다. 용접 작업시 국부적인 열전도와 열응력

* 창원대학교 기계설계공학과 대학원
+ 교신저자, 창원대학교 기계설계공학과 (wjchung@chungwon.ac.kr)
주소: 641-773 경남 창원시 사림동 9번지 소나무5길 65
++ Kim's TRIZ
+++ STX 조선(주)
++++ 창원대학교 기계설계공학과 대학원

에 의해 열변형 현상이 일어나기 때문에 조선소에서는 변형을 막기 위해 많은 피스(Piece)를 이용한다. Fig. 1과 같이 선박 건조 공정 중 조립을 위해서는 용접하고자 하는 양쪽 모재에 피스를 용접하는 방법으로 고정시킨다. 그리고 원하는 용접을 하게 되면 사용되었던 피스는 제거하게 된다. 이때, 피스는 Fig. 1과 같이 가스토치를 통해 1차 제거되고 남은 용접 비드는 에어 그라인더를 이용한 사상 작업으로 제거된다. 가스토치를 이용하여 피스를 제거하는 경우 숙련된 작업자에 의해서만 작업이 가능하기 때문에 인력 수급에 어려움이 있고, 높은 인건비가 소요된다. 그리고 가스토치에 의한 화기 작업을 하기 때문에 화재의 위험과 작업자의 안전사고의 위험이 높다⁽¹⁾. 그리고 피스를 제거하고 남은 용접 비드의 사상 작업 역시 수작업으로 많은 시수가 소요되고, 작업 강도 및 피로도가 높기 때문에 작업자가 작업하기를 기피한다. 그렇기 때문에 인력 수급에 많은 어려움이 있고, 작업 품질의 불균일성 및 저생산성 등의 문제가 발생하고 있다.

따라서 작업 피스제거 자동화 시스템 개발이 요구되며, 성공적으로 개발되면 파급 효과가 매우 높고 조선의 생산성 및 작업 품질 향상에 크게 기여 하며 이로 인한 국내 조선 경쟁력은 강화될 것으로 예상된다.

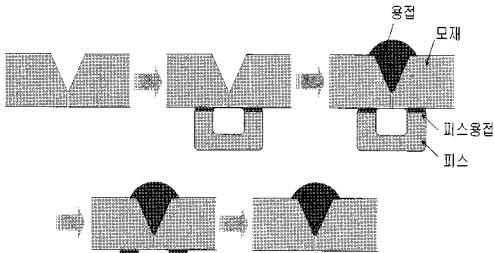


Fig. 1 Assembly process of shipbuilding

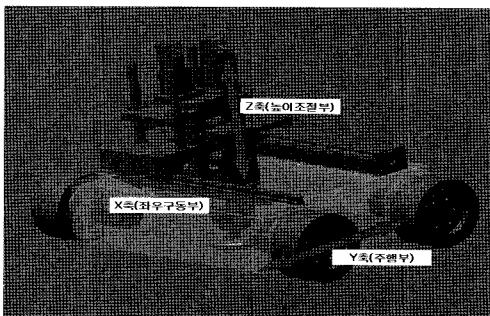


Fig. 2 Composition of the welding bead removing system

본 논문에서는 피스제거 자동화 장비를 개발하는데 있어 피스제거를 위해 사용하는 가스토치에 의해서 발생하는 열에 의해 바퀴 및 본체에 미치는 영향을 최소화 하기 위하여 실용 트리즈 방법을 이용하여 해결책을 찾는것을 목적으로 한다.

즉, Fig. 2와 같이 이동용 장비에 피스제거 툴(가스토치)을 장착시켜 발생하는 문제점을 공학 분야에서 사용되는 대표적인 문제해결 방법인 실용트리즈의 6단계 창의성과 브레인스토밍의 단점을 서로의 장점으로 보완하고 최적화 함으로써 문제해결 과정에서 시행착오를 줄인 효과적이고 실용적인 해결방법을 이용하여 주어진 문제를 해결하는 방안을 설명하고자 한다.

2. 실용트리즈의 창의성

실용트리즈^(2,3)는 기존의 트리즈(TRIZ: Teoriya Reshniya Izobretatelskikh Zadatch)에서 어렵거나 활용도가 낮은 부분을 제거하거나 수정하고 새로운 방법론을 추가한 '6단계 창의성(6SC : 6 Step Creativity)'을 적용한 새로운 트리즈이다. 6SC 방법론은 문제를 창의적인 방법으로 단계적으로 분석하기 때문에 학습하기 쉽고 실용적이다. 우리들이 일상에서 만나게 되는 많은 문제에 대하여 6단계 창의성 방법론을 적용하면, 보다 쉽게 문제를 분석하고 해결책의 방향을 찾아갈 수 있다. 6SC 방법론은 문제를 창의적인 방법으로 단계적으로 분석하기 때문에 학습하기 쉽고, 문제를 새로운 시각에서 바라보게 한다.

이 방법론은 6단계로 문제의 도식화, 시스템 기능분석, 이상해결책, 모순, 요소-상호작용 및 해결책과 평가로 구성되어 있다. 이 방법론은 여러 요소들로 이루어진 복잡한 문제의 핵심을 찾는 데 유용한 수단이 된다. Fig. 3은 6SC의 문제

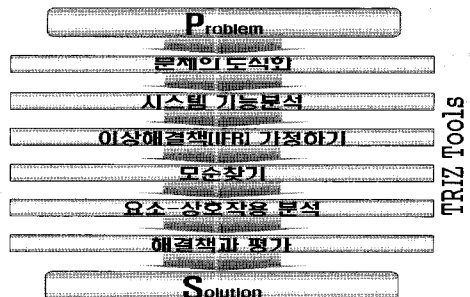


Fig. 3 Flow chart of a 6SC

해결 도구들을 사용한 문제해결의 과정을 Flow chart로 나타낸 것으로 P는 해결해야 하는 문제이고 S는 문제의 해결책이다.

2.1 문제의 도식화

사람의 생각을 구체화시키는 가장 좋은 방법은 그림이나 도표 등을 이용하는 것이다. 특히 두 가지 이상의 관련 요소들이 있을 경우, 서로의 관계를 그림으로 나타내면 문제의 원인을 쉽게 파악할 수 있다.

문제를 해결하기 위하여 문제의 핵심을 도식화하는 것은 매우 유용하다. 만일 문제의 핵심을 연구자들이 같이 볼 수 있다면, 공동연구는 보다 효율적이다. 이 경우 함께 여러 명이 볼 수 있는 어떤 해결책의 모델이 있다는 것은 별도의 설명이 필요 없는 공통의 이해에 해당한다.

이동형 장비에 피스제거 툴(가스토치)을 장착시키고 피스와 선체를 지지해 주는 용접부를 가스토치로 붙어내는 공정시에 가스토치부에서 나오는 열원이 피스와 선체 그리고 피스제거 장비에 어떠한 영향을 미치는지 알기 위하여 ANSYS Workbench[®]를 사용하여 열전달 해석을 하였다^(4,5).

토치부의 끝단에 실제 작업 가스토치 온도인 1000℃의 열을 발생시키면 Fig. 4와 같이 열원이 분포하는 것을 볼 수 있다. 여기서 가스토치부의 열은 주로 앞바퀴와 부착시스템이 있는 피스제거 장비 본체 앞부분에 영향을 주는데 약 100~200℃의 열이 전달되는 것을 볼 수 있다. 이 열로 인하여 우레탄소재로 되어있는 앞바퀴 부분과 부착시스템 부분에 악영향을 끼칠 수 있다. 따라서 장비의 설계 시 모터와 센서부에 해당하는 장비 본체의 앞부분과 앞바퀴(부착시스템)부분의 열전달을 감안한 설계가 필요하다.

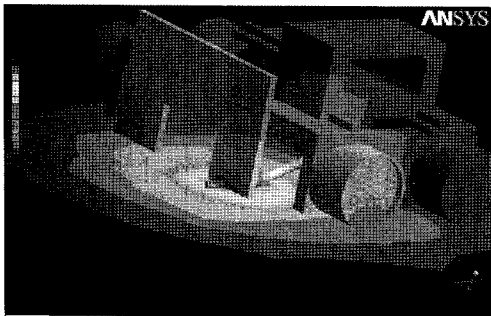


Fig. 4 Heat analysis of piece removing work using welding bead removing system

2.2 시스템 기능분석

시스템 기능분석은 기술시스템이나 공정을 기능의 관점에서 분석하고 모델화 시키는 새로운 방법론이다. 해결해야 할 기술과제가 복잡하게 얽혀있거나 문제가 명확하지 않은 경우 시스템 기능분석은 매우 중요하다. 특히 복잡한 시스템의 부품이나 장비들의 모순 관계를 도식적으로 나타내는데 유용하다.

시스템 기능분석은 기술시스템 및 목표대상, 환경요소로 구성되어 있다. 모든 기술시스템은 사각형으로 목표대상은 등근형, 환경요소는 육각형으로 표현한다. Fig. 5와 같이 문제가 발생하는 장비본체, 가스토치를 기술시스템으로 표현하고 고압의 산소와 불꽃으로 제거할 용접비드와 이에 고정되는 취부용 피스를 목표대상으로 설정하였다.

2.3 이상해결책(IFR)

이상해결책(IFR : Ideal Final Result)의 경우 문제에 대한 고정 관념을 벗어나는 좋은 방법론으로 보여 진다. 특히 모순으로 표현되는 복잡한 문제의 해결에 IFR을 적용하면 심리적인 장벽을 쉽게 넘어 설수 있음을 알 수 있다⁽⁶⁾.

Fig. 5의 주행부의 시스템 기능 분석도를 통해 가장 이상적으로 문제가 해결되는 이상해결책을 아래와 같이 제시하였다.

- (1) 장비에서 열원을 차단시킨다.
- (2) 가스토치에서 열이 발생하지 않는다.

2.4 모순과 분리의 원리

모순은 트리즈의 중요한 개념 중의 하나로서, 시스템의 어느 한 특성을 개선하고자 하면 그 시스템의 다른 특성이 악화되는 상황을 말한다. 트리즈에서는 모순을 근본적으로 해결하는 것이 가장 높은 수준의 문제 해결이라 평가한다. 트리즈의 모순에는 기술적 모순과 물리적 모순의 두 가지가

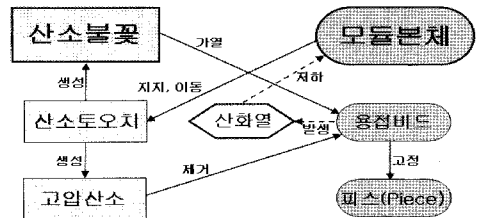


Fig. 5 A system functional analysis of the piece removing system

있는데, 이 논문에서 모순은 실용성이 높은 “물리적 모순”을 의미한다.

피스제거 시스템 기능분석과 이상해결책으로부터 문제의 상황을 모순으로 표현하면 다음과 같다.

“가스토치에서 발생하는 열원은 피스를 제거하기 위해서는 있어야 되고 장비에 영향을 주지 않기 위해서는 없어야 한다.”

위의 모순의 해결책을 찾기 위하여 전체와 부분의 분리를 적용하면 다음과 같다.

전체와 부분분리: 전체적으로 열이 없어야 하지만 제거를 하기 위해서 용접비드 부분은 열원이 있어야 한다.

3.5 요소 상호작용

요소-상호작용 분석은 시스템과 관련된 문제를 모델링하기 위한 핵심적인 도구이다. 모든 시스템은 특정한 기능을 수행하기 위해서 만들어진다. 시스템에 의해 수행되는 기능은 최소한 세 개의 구성요소를 포함한다. 두 요소와 하나의 상호작용은 시스템을 구성하기 위한 최소한의 단위로 볼 수 있다. 이와 같은 방법을 이용하여 시스템을 분석하는 방법을 요소-상호작용(트리츠의 물질-장과 유사)이라 부른다.

Fig. 6은 가스토치의 열원과 이에 영향을 받는 장비본체에 대한 요소상호작용 그림이다. 장비본체와 이 장비본체에 직접적인 영향을 주는 가스토치의 열원에 대한 특징을 나열하였다.

장비본체에 산화열의 영향을 최소화 시키는 것이 본 논문의 목적이므로 산화 열이 장비본체에 주는 열 영향을 감소시키기 위한 가장 큰 특징과 성질이 장비본체의 형상 및 재질에 있는 것을 알 수 있다.

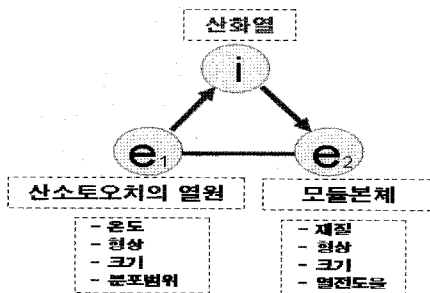


Fig. 6 Element-Interaction of gas torch and welding bead removing system

2.6 해결책과 평가

6SC의 5단계를 통하여 도출된 문제에 대한 여러가지 해결책을 최종적으로 선택하고 평가하는 단계이다. 하지만 여러 가지 해결책을 제시하고 이 해결책들 중 최적의 해결책을 선택하고 평가하기 위해서는 트리츠이론의 오랜 학습시간과 많은 사고의 습득이 필요하기 때문에 초보자들이 사용하기에는 많은 어려움이 있다. 따라서 “해결책과평가” 과정에서 아이디어 발상법인 브레인스토밍을 수행하고 이 브레인스토밍을 통해 나온 여러 가지 아이디어들을 아이디어 도출법 중 하나인 “Push’s Matrix”를 이용하여 최적의 해결책을 선정한다.

3. 브레인스토밍

3.1 브레인스토밍의 개요

브레인스토밍(Brainstorming)은 1941년 Alex F. Osborn이 광고관계의 아이디어를 내기위해 제창한 아이디어 발상법이다. 브레인스토밍은 소수의 사람이 팀을 이루어 일정한 주제에 관하여 회의를 진행하고 팀원의 자유발언을 통해 다수의 아이디어를 찾아내는 방법으로 일종의 자유연상법이다. 이 방법은 아이디어의 발상과 평가를 철저히 분리하기 위한 것으로, 제안된 아이디어에 대한 비판 없이 “열린 마음” 혹은 “자유로운 사고”를 사용할 것을 강조한다. 브레인스토밍은 다양한 사람들이 참여하는 그룹회의를 통하여, 아이디어의 연쇄반응을 불러일으켜 가능한 한 많은 아이디어를 생성함으로써 문제에 대한 해결책을 찾기 위해 사용된다⁽⁷⁾.

3.2 브레인스토밍 수행방법

브레인스토밍은 다음 세 가지 원리를 통해 이해되어질 수 있다.

- (1) 그룹을 구성함으로써 한사람보다는 다수가 제시하는 아이디어가 많아진다.
- (2) 제시된 아이디어 수가 많을수록 질적으로 우수한 아이디어가 나올 가능성이 많다.
- (3) 우수한 아이디어는 비판을 가하지 않으면 더 많이 제시된다.

그러므로 브레인스토밍에서는 어떠한 내용의 발언이라도 그에 대한 비판을 해서는 안되며, 오히려 자유분방하고 엉뚱하기까지 한 의견을 출발점으로 해서 아이디어를 전개시켜 나가도록 하고 있다. 회의에는 리더를 두고, 구성원 수는 10명 내외를 한도로 한다. 브레인스토밍은 다음의 4가지 원칙

에 입각하여 회의를 진행한다.

- (1) 가능한 많은 아이디어를 제안하라.
- (2) 원한다면 다른사람의 아이디어에 편승하라.
- (3) 절대로 비판하지 않는다.
- (4) 엉뚱한 의견이 환영 받는다.

3.3 Push's Matrix

실용트리츠 6SC 방법을 적용하여 피스제거 자동화 장비 본체의 형상 및 재질의 변형을 통한 문제해결을 위한 아이디어들을 브레인스토밍을 수행하여 도출하였다. Table 1은 브레인스토밍을 수행하여 나온 아이디어를 나타낸다.

Table 1의 아이디어들 중 Table 2와 같이 Push's Matrix를 이용하여 기준(DATUM)을 선정하고 각 아이디어들을 기준과 비교하여 점수를 내고 평가해 본 결과 3번째 대안이 가스토치의 열원에 의해 발생하는 장비본체의 열 영향 문제를 해결하기 위한 최적의 해결책으로 선정하였다.

Fig. 7은 Table 2의 Push's Matrix를 통하여 얻은 최적의 해결책을 토대로 장비를 모델링 한 형상이다. 피스 제거 장비의 열 변형 문제를 해결하기 위해 피스 제거 시 틀(가스토

치)을 그림과 같이 본체 밖으로 이동시키고 틀 끝단이 피스 뒤에 위치하여 가스토치에서 생성되는 열원의 대부분이 제거되는 피스에 의해 차단이 될 수 있게 설계를 하였다.

4. 성능 검증

트리츠와 브레인스토밍을 적용하여 제시된 최적방안의 증명을 위해 Fig. 7의 최적의 해결책을 토대로 모델링 한 것을 ANSYS Workbench[®]를 이용하여 열전달 해석을 수행하였다. Fig. 8은 기존의 피스제거 장비 형상을 일부 변형시킨 장비의 열전달 해석결과이다.

앞서 Fig. 4와 같은 방법으로 토치부의 끝단에 실제 작업 가스토치 온도인 1000℃의 열을 발생시켜본 결과 Table 3과 같이 장비를 개선시키기 전의 바퀴와 장비본체 부분의 온도분포가 각각 약 93.27℃, 133.38℃에 비해 개선후의 바퀴 및 모터부분의 온도분포가 각각 약 37.5%, 57.1% 감소된 58.32℃, 76.20℃이며 이는 실제로 모둘에 영향을 주지 않고 정상 작동할 수 있는 온도이다. 이는 가스토치가 취부

Table 1 Ideas by Brainstorming

설계개념	대안			
	재질의 변화		형상의 변화	
	1안	2안	3안	4안
바퀴의 재질을 열 변형이 적은 금속으로 바꾸고 배선부에 덮개를 씌운다	바퀴의 형상을 탱크바퀴형상인 캐터필러를 사용하고 배선부에 덮개를 씌운다.	산소 토치와 모듈 사이에 열 변형이 적은 막을 만들어 준다.	산소 토치의 작업이 피스 뒤에서 작업할 수 있도록 한다.	

Table 2 Push's Matrix

평가항목	1안	2안	3안	4안	가중치
경량성	-	-	D	+	2
비용	-	-	A	+	1
정밀성	S	S	T	S	1
신속성	-	S	U	S	2
+값 합계	0	0	0	3	
-값 합계	5	3	0	0	
s값 합계	1	2	0	2	
합계	-5	-3	0	5	

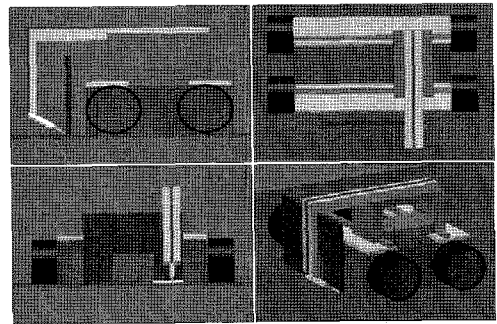


Fig. 7 Development of piece removing system based on optimum solution

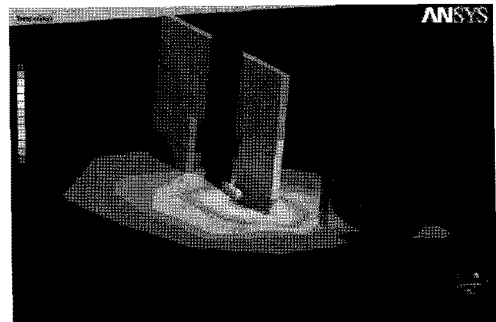


Fig. 8 Heat analysis of optimum solution

Table 3 Comparison temperature of improve after with before

	개선전의 온도(°C)	개선후의 온도(°C)	감소효과 (%)	개선 후 작동여부
바퀴	93.27	58.32	37.5	작동가능
장비본체	133.38	76.20	57.1	작동가능

용 피스의 뒤로 감으로 취부용 피스에 의해 가스토티부 열원이 차단되어 장비본체에 주는 영향을 최대한 줄일 수 있기 때문이다. 따라서 장비의 열영향 문제가 근본적으로 해결됨을 볼 수 있다.

5. 결론

이 논문에서는 가스토티부의 열원에 의한 장비의 열 영향 문제를 실용트리즈의 6단계 창의성 방법(6SC)과 브레인스토밍을 수행하여 최적의 해결책을 선정하였다. 그리고 이 두 가지 방법에 의해 도출된 최적의 해결책을 토대로 장비를 모델링 하여 실제작업 환경과 같은 조건으로 열 해석을 수행하여 개선 전의 방법보다 향상된 성능을 보임으로써 트리즈와 브레인스토밍의 실용성을 증명 할 수 있었다.

트리즈와 브레인스토밍은 공학적인 문제해결 과정에 있어서는 서로 다른 성격을 갖고 있는 방법들이다. 하지만 이 두가지 방법은 방향성의 유무와 공학문제의 공식화된 해결 과정, 다양한 아이디어의 수용이라는 점에서 연계되어 사용할 수 있었다. 따라서 트리즈의 단점을 브레인스토밍을 수행하여 보완하는 이러한 과정은 공학적인 문제뿐만 아니라 일상적인 문제들을 시행착오 없이 체계적으로 해결하는 효과적인 방법으로 사용할 수 있다.

후 기

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

이 논문은 2008년도 창원대학교 연구비에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- (1) Lee, S. J., 2007, "A Study on a Selection of the Optimal Welding -Bid grind Working Condition Using Design of Experiment," *KSPE Autumn Conference*, pp. 289~290.
- (2) Kim, H. J., 2006, Practical TRIZ and Originality Science for a New Product Development, *Duyangsa*, Korea.
- (3) Jhon, T., Alla, Z., and Boris, Z., 2003, Systematic Innovation, *KTA*, Russia.
- (4) Lawrence, K. L., 2005, ANSYS Workbench Tutorial, *Schroff Development Corp*, USA.
- (5) Suh, S. W. and Park, K., 2004, "The Credible Design Method for Solving Engineering Problems Using TRIZ and Brainstorming," *Journal of the Korea Safety Management & Science*, Vol. 6, No. 3, pp. 287~302.
- (6) Lee, S. Y. and Yun, B. S., 2001, "Heat Transfer Analysis of Friction Welding of A2024 to SM45C," *Journal of the KSMTE*, Vol. 10, No. 1, pp. 65~70.
- (7) Lee, K. S., Yoo, B. C., and Choi, J. H., 2007, "A Study on the Development of a Continuously Variable Transmission for Bicycles by Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ)," *Journal of the KSPE*, Vol. 24, No. 7, pp. 75~82.