

TRIZ에서 모순해결전략의 유형 및 적용

최성운*

*가천대학교 산업공학과

Classifying and Implementing Different Types of Contradiction Resolution Strategies in TRIZ

Sungwoon Choi*

*Department of Industrial Engineering, Gachon University

Abstract

The study proposes multiple TRIZ contradiction solution strategies for addressing PC (Physical Contradiction) and TC (Technical Contradiction) by implementing TRIZ cause-and-effect tree. The problem associated with TC of the ends is solved by PC of means which employs a causal relationship between causes and effects.

The TRIZ contradiction solution strategies demonstrated in this research are classified into 3 types of combined strategy as follows: 1. To-Be PC and AS-Is PC, 2.To-Be PC and As-Is TC, 3.As-Is PC and To-Be TC. The combined strategy of To-Be PC and As-Is PC is similar to a divide-and-conquer technique. This strategy adopts parallel strategies using 4 separation principles in time, in space, between parts and the whole, and upon condition of two reversed-PCs. Moreover, its application elucidates the conflict relationship of two TCs from the study. The integrated 4 separation principles and 40 inventive principles present an effective synergy effect from the combination, and further addresses the problems in the TRIZ contradiction resolution strategies. Combined strategy of To-Be PC and As-Is TC implements the 40 inventive principles that To-Be PC of the means resolves the As-Is TC of the ends. Combined strategy of As-Is PC and To-Be TC also uses inventive principles to the As-Is PC of the means to solve the To-Be TC of the ends.

In addition, propositional and logical relationship of necessary and sufficient conditions between TC and PC is used to support the validity of 3 TRIZ contradiction solution strategies. In addition, 3 other strategies of necessary and sufficient conditions validate the contraposition relationship of the truth table.

This study discusses TRIZ case studies from National Quality Circle Contest from the years between 2011 and 2014 to provide the usage guidelines of TRIZ contradiction solutions for quality purposes. Examining analysis from the case studies and investigating combined strategies allows the users to obtain comprehensive understanding.

Keywords: TRIZ, PC, TC, Casual Relationship, Contradiction Solution Strategies, 4 Separation Principles, 40 Inventive Principles, Necessary and Sufficient Conditions, Truth Table, Case Studies

† Corresponding Author : Sungwoon Choi, Email : swchoi@gachon.ac.kr

Received July 18, 2015; Revision Received December 16, 2015; Accepted December 17, 2015.

1. 서론

ICT(Information and Communication Technology) 발전으로 산업간 경계가 무너지고 경쟁자와의 협력과 경쟁이 요구되는 코퍼티션(Copetition)의 역설적인 시장 환경하에서는 경영전략 및 운영에서 상충되는 두 모순 목표를 동시에 추구하는 패러독스 경영을 실천해야 기업경쟁력을 추구할 수 있다[16,24].

TRIZ(Theory of Inventive Problem Solving)에서는 IFR(Ideal Final Result)을 달성하기 위한 목적 및 결과가 딜레마의 갈등관계를 형성할 때 하나의 목적을 선택하면 다른 하나를 희생할 수밖에 없는 양자택일의 모순을 기술적 모순(Technical Contradiction)이라 한다[2,20,23]. 또한 이러한 두가지 딜레마관계의 목적을 갖는 기술적 모순에 대해 상반되는 패러독스의 수단 및 원인의 관계를 양자모두 선택해야 해결할 수 있는 모순을 물리적 모순(Physical Contradiction)이라 한다[2,10,19,21]. TRIZ에서는 4가지 분리원칙과 40가지 발명원리의 두 장점을 모두 활용하기 위해 유형화에 의한 통합원리를 활용하여[2,10,19,20,23] 기술적모순의 결과에 대해 인과관계를 갖는 물리적 모순의 근본적인 원인을 해결한다.

TRIZ의 수학적, 논리적 해석에 대한 연구로는 모순과 이상(Idealization)의 수학적 해결방안[1], 이진정수계획법을 이용한 일반화 물리적 모순추출 알고리즘[15], 발명해법의 충분조건[17], 버터플라이 모순모형의 명제논리학[7,22]에 의한 논리적 해석방안을 다루었으나[12], TRIZ모순트리[2,19,27,28]의 모순해결을 위한 논리적 해석에 대한 연구는 거의 이루어지고 있지 않다.

갈등해결을 위한 TOC(Theory of Constraints) TP(Thinking Process)에 대한 연구로는 학생교육을 위한 사고력향상프로그램[5], 물리학 개념에 의한 TOC사고 프로세스[8,9] 등이 있고, TRIZ와 TOC TP 통합에 대한 연구로는 퍼지 포트랜드에 대한 아이디어 생성방안[14], TRIZ와 TOC의 원리와 체계적 혁신방안[25], 생산에서 TRIZ와 TOC의 혁신프로세스 최적화[21], 물리적 모순과 증발구름[18], 국제공급망에서 상충문제의 해결[26] 등이 있다.

TRIZ인과관계 모순해결에 대한 연구는 증발구름을 이용한 물리적 모순과 기술적 모순의 관계[19], TRIZ 인과관계 모순트리를 이용한 물리적 모순의 해결방안[2,28]이 있고 EC(Evaporating Cloud) 또는 CRD(Conflict Resolution Diagram)의 갈등 해결을 위한 연구로는 상대요구, 자신요구, 모든 요구, 새로운 목적에 의한 4가지 원원해결방안[4,6,13,30]이 있다.

또한 EC와 CRD의 갈등해결방안을 TRIZ에 적용한 연구로는 TOC와 TRIZ 병용방법전개(Dual-Methodological Approach)에 의한 피상적인 목적의 기술적 모순에 대한 해결방안이 있으나[3], 목적과 수단의 인과관계인 기술적 모순과 물리적 모순의 혼합 해결전략에 대해 통합원리[2,10,19,20,23]를 이용한 현장개선사례에 대한 실증연구는 전혀 이루어지고 있지 않다.

따라서 본 연구에서는 TRIZ 모순트리 (TCECT: TRIZ Cause-and-Effect Contradiction Tree)를 이용하여 인과관계의 기술적 모순(TC: Technical Contradiction)과 물리적 모순(PC: Physical Contradiction)을 동시에 해결할 수 있는 모순해법전략과 명제진리표에 의한 전략의 타당성검토방안을 제시한다. 제시된 3가지 모순해결전략으로는 시간, 공간, 전체와 부분, 조건의 4가지 분리원칙에 의한 To-Be PC와 As-Is PC통합 모순해결전략(Combined Solution Strategy of To-Be PC and As-Is PC), 개선안 수단에 기초한 To-Be PC와 As-Is TC 통합모순해결전략(Combined Solution Strategy of To-Be PC and As-Is TC), 현안의 수단에 기초한 As-Is PC와 To-Be TC 통합모순해결전략(Combined Solution Strategy of As-Is PC and To-Be TC) 등이 있고 필요조건(Necessary Condition), 충분조건(Sufficient Condition), 대우(Contraposition)의 명제논리를 이용하여 인과관계의 두 모순을 동시에 해결하는 전략에 대한 타당성을 검증하고자 한다. 또한 본 연구에서는 국가품질본부임조경진대회에 출전한 TRIZ분야 사례를 대상으로 [2,29] 3가지 모순해결전략을 적용하고 40가지 발명원리와 4가지 분리원칙의 올바른 활용방안을 제시한다.

2. TRIZ 모순행렬과 해결원리

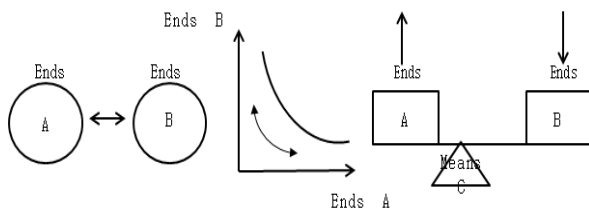
두 목적이 상충되어 둘중 하나의 좋은 결과를 선택(Either~Or)할 경우 다른 하나가 나쁜 결과가 발생하는 [Figure 1.1]과 같은 시소(Seesaw) 형태의 딜레마 문제를 TRIZ에서는 기술적 모순(TC: Technical Contradiction)이라 정의하고, 이를 해결하기 위해 모순행렬(Contradiction Matrix)을 이용한 40가지 발명원리(40 Inventive Principles)를 제시하고 있다. 그러나 기술적 모순 TC의 대상이 되는 두 목적은 모두 장점을 갖고 있어 둘중 하나를 선택(Either~Or)하는 것 보다는 둘다 모두를 선택(Both~And)하는 해결책을 강구하여야 한다. 따라서 양자선택의 기술적 모순을 해결하기 위해서는 추상적이고 일반적인 목적결과(Ends, Effects)에 대한 구체적이고 근본적인 수단원인

(Means, Causes)의 해결책을 고안해야 한다.

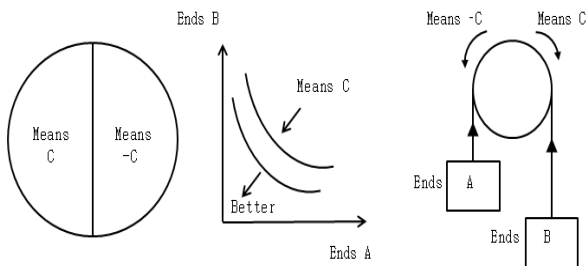
[Figure 1.1]과 같이 상충하는 기술적 모순의 두 목적에 대해 각각 상반되고 공통된 수단을 갖는 [Figure 1.2]와 같은 도르레(Pulley)형태의 패러독스문제를 TRIZ에서는 물리적 모순(PC: Physical Contradiction)이라 정의하고, 이를 해결하기 위해 [Figure 2]같은 4가지 분리원칙(4 Separation Principles)을 제시하고 있다. 4가지 분리원칙은 시간, 공간, 전체와 부분, 조건을 두가지 상반되는 물리적 모순의 원인별로 분리하여 양자를 모두 선택하여 기술적 모순을 해결하는 Divide-and-Conquer방식이다. 그러나 두가지 상반되는 물리적 모순을 모두 수용하는 대신 3장에서와 같이 개선안의 PC와 현안의 TC, 현안의 PC와 개선안의 TC의 혼합전략으로도 모순을 해결할 수 있다.

또한 [Figure 2]와 같은 4가지 분리원칙에 대한 40가지 발명원리의 통합유형화에 의해, 두가지 원리의 장점을 이용하여 IFR(Ideal Final Result)달성을 위한 물리적 모순을 해결할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 인과관계인 기술적 모순 TC와 물리적 모순 PC를 동시에 해결하는 방안으로 TOC(Theory of Constraints) TP(Thinking Process)의 EC(Evaporating Cloud)에서 갈등해결해법[3,4,6,13,30]을 응용한 To-Be PC와 As-Is PC 통합모순해결전략, To-Be PC와 As-Is TC 통합모순해결전략, As-Is PC와 To-Be TC 통합모순해결전략을 3장에서 제시하고자 한다.

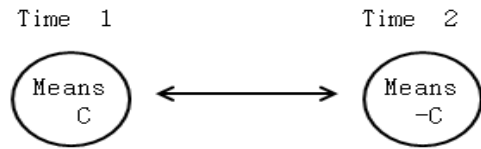


[Figure 1.1] Technical Contradiction [23]

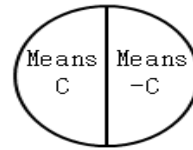


[Figure 1.2] Physical Contradiction [2, 19, 23, 27, 28]

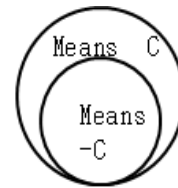
[Figure 1] Technical and Physical Contradictions



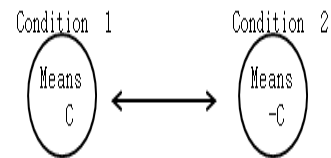
[Figure 2.1] Separation in Time



[Figure 2.2] Separation in Space



[Figure 2.3] Separation Between the Parts and the Whole



[Figure 2.4] Separation Upon Condition

[Figure 2] Separation Principles to Resolve Physical Contradictions [2, 11, 19]

<Table 1> 40 Inventive Principles Based on the 4 Separation Principles [2,10,19,23]

4 Separation Principles	40 Inventive Principles
In Time	#1, #9, #10, #11, #15, #16, #18, #19, #20, #21, #26, #29, #34, #37, #39
In Space	#1, #2, #3, #4, #7, #13, #14, #17, #24, #26, #30
Between the Parts and the Whole	#1, #3, #5, #6, #8, #12, #13, #22, #23, #24, #25, #27, #33, #40
Upon Condition	#1, #2, #8, #13, #26, #28, #29, #31, #32, #35, #36, #38, #39

* #1 Segmentation, #2 Taking Out, #3 Local Quality
 #4 Asymmetry, #5 Merging, #6 Universality, #7 Nested Doll, #8 Anti-Weight, #9 Preliminary Anti-Action, #10 Preliminary Action, #11 Beforehand Cushioning, #12 Equipotentiality, #13 The Other Way Around, #14 Curvature, #15 Dynamization, #16 Partial or Excessive Actions, #17 Another Dimension, #18 Mechanical Vibration, #19 Periodic Action, #20 Continuity of Useful Action, #21 Skipping, #22 Blessing in Disguise, #23 Feedback, #24, Intermediary, #25 Self-Service, #26 Copying, #27 Cheap Short-Living Objects, #28 Mechanics Substitution, #29 Pneumatics and Hydraulics, #32 Color Changes, #33 Homogeneity, #34 Discarding and Recovering, #35 Parameter Changes, #36 Phase Transition, #37 Thermal Expansion, #38 Strong Oxidants, #39 Inert Atmosphere, #40 Composite Materials

3. TRIZ에서 모순해결전략의 유형

IFR(Ideal Final Result)을 특성(Effects)으로 놓고 A, B 목적결과를 1차요인(Primary Causes)으로, C, -C 수단 원인을 2차요인(Secondary Causes)으로 특성요인도를 작성하여 딜레마 갈등관계인 기술적 모순 TC와 패러독스 상반관계인 물리적 모순의 인과관계를 [Figure 3]과 같이 TRIZ 모순트리 TCECT(TRIZ Causes-and-Effect Contradiction Tree)로 나타낸다. 기술적 모순 A의 목적(Ends)을 달성하기 위해서는 물리적 모순 C의 수단(Means)을 수행해야 하고, 또다른 기술적 모순 B의 목적(Ends)을 달성하기 위해서는 상반되는 물리적 모순 -C의

수단(Means)을 실행해야 한다. 두가지 기술적 모순 A, B는 서로의 장점을 갖고 있어 양자택일보다는 양자모두를 선택해야 IFR을 달성할 수 있으며 이를 위해 TRIZ에서는 40가지 발명원리를 적용하기 위해 39가지 파라미터의 모순행렬을 사용한다.

또한 두가지 기술적 모순의 상반적인 원인이 되는 물리적 모순에 대해 [Figure 2]와 같이 시간, 공간, 전체와 부분, 조건의 분리에 의해 양자모두를 해결하려는 4가지 분리원칙을 사용한다. Choi[2]의 연구에서는 이러한 물리적 모순을 해결하기 위해 두가지 원리의 장점을 모두 이용하기 위해 <Table 1>과 같이 4가지 분리원칙에 대해 40가지 발명원리를 통합유형화하여 사례분석에 적용하였다.

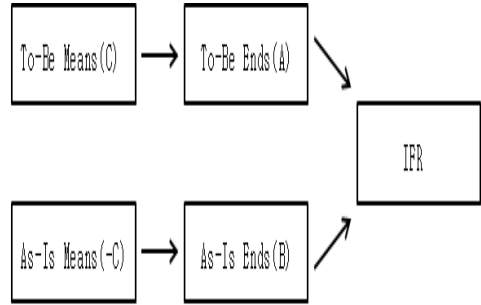
이러한 IFR 해결전략을 [Figure 3.1]에서는 To-Be PC(Physical Contradiction)와 As-Is PC 통합모순해결전략(Combined Strategy of To-Be PC and As-Is PC)이라 하며, 이는 양자택일의 딜레마 갈등관계를 갖는 개선안 목적 A, 현안 목적 B를 모두 충족하기 위해, 4가지 분리원칙을 이용하여 상반관계인 패러독스의 개선안 수단 C와 현안 수단 -C 양자모두를 결합하여 해결하는 통합전략이다. [Figure 3.2]는 To-Be PC와 As-Is TC(Technical Contradiction) 통합모순해결전략(Combined Strategy of To-Be PC and As-Is TC)이라 하며, 이는 양자택일의 딜레마 갈등관계를 갖는 개선안 목적 A, 현안 목적 B를 동시에 충족시키기 위해, 40가지 발명원리를 이용하여 개선안 C 하나로 모순을 해결하는 통합전략이다. [Figure 3.3]은 As-Is PC와 To-Be TC 통합모순해결전략(Combined Strategy of As-Is PC and To-Be TC)이라 하며, 이는 양자택일의 딜레마 갈등관계를 갖는 개선안 목적 A, 현안 목적 B를 충족하기 위하여, 40가지 발명원리를 이용하여 현안의 수단 -C 하나로 모순을 해결하는 통합전략이다.

[Figure 4.1]과 같이 고속주행시 연비향상의 현안 목적과 저속주행시 연비향상의 개선안 목적은 상충하는 두 기술적 모순으로 양쪽모두를 만족시키기 위해서는 각각 가솔린 엔진을 구동하는 현안 수단과 가솔린 엔진을 구동하지 않는 개선안 수단의 상반되는 양쪽모두의 물리적 모순을 해결해야 한다. 이를위해 [Figure 4.2]와 같이 저고속주행시 연비가 향상된 Full Hybrid 차량 개발[31]의 IFR 충족을 위해 고속주행시 연비향상을 위해 가솔린 엔진을 구동하고 저속주행시 연비향상을 위해 전기모터를 구동하는 [Figure 3.1]의 To-Be PC와 As-Is PC 통합모순해결전략을 실행하여야 한다. 이는 물리적 모순을 해결하기 위한 [Figure 2], <Table 1>의 4가지 분리원칙중 조건분리에 의해 양쪽모두를 수

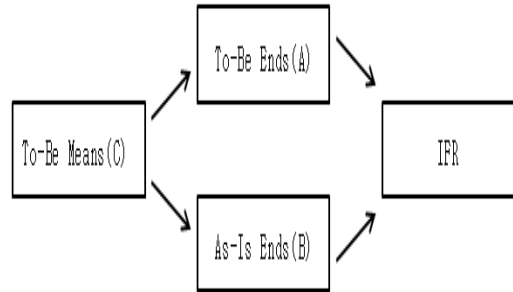
용하는 모순해결전략(Divide and Conquer)이다.

[Figure 4.3]과 같이 출력향상의 개선안목적을 달성하기 위해서는 배기량이 큰 차량인 개선안 수단을 달성하면 되는 반면에, 연비가 향상되는 현안 목적을 달성하기 위해서는 배기량이 작은 차량인 현안 수단을 충족하면 된다. 이를위해 [Figure 4.4]와 같이 주행성능과 환경이 겸비되면서 환경연비가 우선순위의 엔진다운사이징 차량개발[31]의 IFR충족을 위해서는 배기량이 작으면서 출력이 향상되는 [Figure 3.2]의 As-Is PC와 To-Be TC의 통합모순해결전략을 실시하여야 한다. 배기량이 작은 차량이 현안의 수단으로 채택된 이유는 자동차는 환경규제산업으로 출력주행성보다 이산화탄소를 배출하는 연비환경성이 더욱 중요하기 때문이다. 결국 배기량이 작으면서 연비와 출력의 상충되는 기술적 모순을 모두 만족하기 위해서는 차가운 연료가 실린더안에 직접 분사, 혼합되는 GDI(Gasoline Direct Injection)방식과 고회전의 출력이 분출되는 터보엔진의 다운사이징개발[31]을 위해 <Table 1>의 40가지 발명원리를 적용해야 한다. 예를 들어 GDI 다운사이징엔진은 기존의 PFI(Port Fuel Injection)방식과 거꾸로 차가운 연료를 직접분사하여 실린더 내부에서 혼합하여(#13 The Other Way Around), 엔진의 열을 식혀주어(#37 Thermal Expansion의 Reverse) 내구성 여유마진(#9 Preliminary Anti-Action)이 더 강하게 압축하는데 사용되고(#16 Partial of Excessive Actions) 그 외에 차가운 연료가 공기를 차갑게 해 산소가 많아져(#38 Strong Oxidants) 폭발력(#35 Parameter Change)이 커져 엔진의 힘이 좋아진다. 그러나 연비가 크기도 해야 하고 출력도 커야 하는 상충되는 두 기술적 모순을 해결하는 근본적인 수단으로 배기량이 작은 다운사이징된 GDI엔진을 사용해야하기 때문에 카본슬래리에 의한 노킹의 단점을 극복하기 위한 TRIZ 40가지의 발명원리 적용이 연구개발프로세스에서 요구된다.

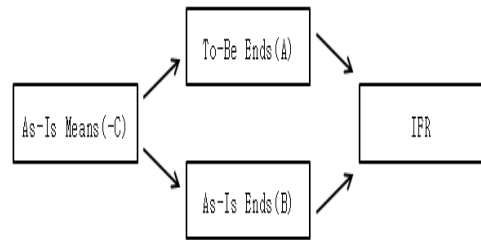
명제논리학에서는 개선안 수단의 충분조건 C 이면 개선안 목적의 필요조건 A 라는 $C \rightarrow A$ 의 조건부관계와, 상충되는 딜레마 갈등관계인 두 기술적 모순인 개선안 목적 A 와 현안 목적 B 를 모두 충족하는 $A \wedge B$ 의 AND 관계를 이용한다. 또한 상반되는 패러독스 관계인 두 물리적 모순인 개선안 수단 C 또는 현안 수단 $-C$ 의 4가지 분리원칙에 의해 양자 모두를 선택, 해결하는 $CV - C$ 의 OR 관계들을 이용한다. 본 연구에서 [Figure 3]과 같이 제시한 3가지 통합모순해결전략의 타당성을 검토하기 위하여 <Table 2>와 같이 진리표(Truth Table)를 이용하여 전제(Ancedent, Hypothesis)가 참(Truth)인 경우 결론(Consequence, Conclusion)이 참(Truth)인 즉 모든 행(Row)이 참(Truth)인 경우로 증명한다.



[Figure 3.1] TCBCT of Combined Strategy of To-Be PC and As-Is PC

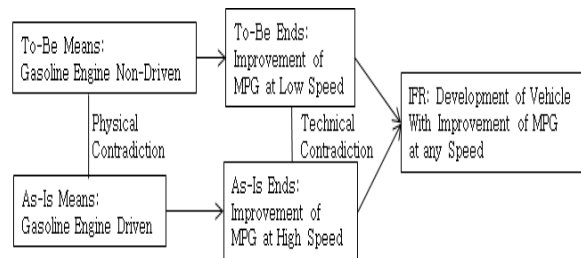


[Figure 3.2] TCBCT of Combined Strategy of To-Be PC and As-Is TC

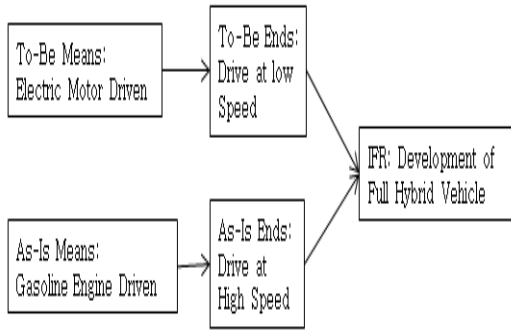


[Figure 3.3] TCBCT of Combined Strategy of To-Be PC and As-Is TC

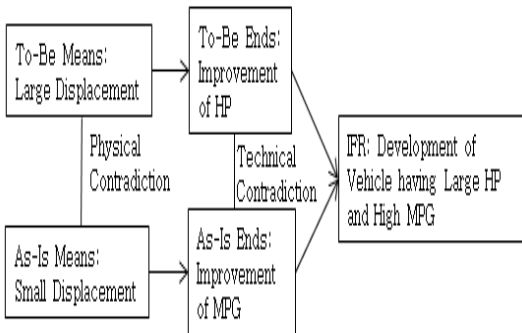
[Figure 3] TRIZ Cause and Effect Contradiction Trees(TCBCT) Based on the Types of Contradiction Resolution Strategy(CRS) [2, 4, 6, 13, 19, 28, 30]



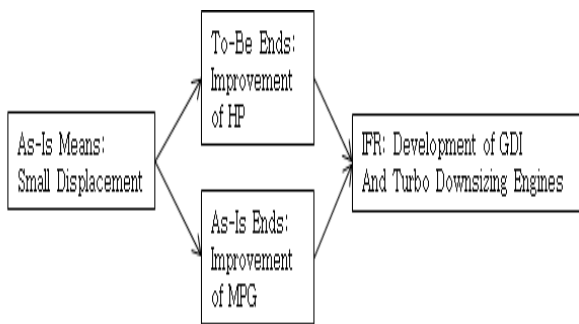
[Figure 4.1] Technical and Physical Contradictions in Consideration of Development of Full Hybrid Car



[Figure 4.2] Combined Strategy of To-Be PC and As-Is PC for Full Hybrid Car



[Figure 4.3] Technical and Physical Contradictions in Consideration of Development of Engine Downsizing Car



[Figure 4.4] Combined Strategy of As-Is PC and To-Be TC for Engine Downsizing Car

[Figure 4] Examples of Contradictions Resolution Strategies(CRSs)

과 현안의 물리적 모순에 대해 4가지 분리원칙을 사용하여 $(C \vee -C)$, IFR을 해결하는 통합전략이다. <Table 2.2>에서 양자택일의 두 목적 A, B 가 개선안 수단 C 하나밖에 선택할 수 없는 조건부 명제 논리관계를 가지고 있을 경우 $((C \rightarrow A) \vee (C \rightarrow B))$, 두가지 목적인 기술적 모순 모두를 충족시키기 위해 $(A \wedge B)$, 개선안의 물리적 모순에 대해 40가지 발명원리를 사용하여 (C) , IFR을 해결하는 통합전략이다. <Table 2.3>에서 양자택일의 두 목적 A, B 가 현안 수단 $-C$ 하나밖에 선택할 수 없는 조건부 명제 논리관계를 가지고 있을 경우 $((-C \rightarrow A) \vee (-C \rightarrow B))$, 두가지 목적인 기술적 모순 모두를 충족시키기 위해 $(A \wedge B)$, 현안의 물리적 모순에 대해 40가지 발명원리를 사용하여 $(-C)$, IFR을 해결하는 통합전략이다.

논리학의 전건긍정의 명제(Proposition) $(p \rightarrow q)$ 에서 전건부정의 이(Inverse) $(-p \rightarrow -q)$ 와 후건긍정의 역(Converse) $(q \rightarrow p)$ 은 연역논증의 오류가 발생하나 후건부정의 대우(Contraposition) $(-q \rightarrow -p)$ 와는 [Figure 5]와 같은 동치(Logically Equivalent, Bidirectional)의 관계를 가져, <Table 2>와 같이 [Figure 3]의 통합모순해결전략의 타당성검증을 위한 또 다른 용도로 사용된다. <Table 2.1>에서 $C \rightarrow A$ 와 $-C \rightarrow B$ 의 두가지 충분조건 $C, -C$ 에 의해 두가지 필요조건 A, B 를 만족하는 논리적 관계는 [Figure 5.1]의 대우관계와 같이 $-A \rightarrow -C$ 와 $-B \rightarrow C$ 에서 두가지 충분조건 $-A, -B$ 에 의해 두가지 필요조건 $-C, C$ 를 충족하는 논리적 관계로 모순의 통합해결전략 유형1의 타당성을 검증할 수 있다. <Table 2.3>에서 $C \rightarrow A$ 와 $C \rightarrow B$ 의 한가지 충분조건 C 의 수단에 의해 두가지 A, B 필요조건을 만족하는 논리적 관계는 [Figure 5.2]의 대우관계와 같이 $-A \rightarrow -C$ 와 $-B \rightarrow -C$ 에서 두가지 $-A, -B$ 의 충분조건에 의해 한가지 $-C$ 필요조건을 만족하는 논리적 관계로 모순의 통합해결전략 유형2의 타당성을 검증할 수 있다. <Table 2.3>에서 $-C \rightarrow A$ 와 $-C \rightarrow B$ 의 한가지 충분조건 $-C$ 에 의해 두가지 필요조건 A, B 를 만족하는 논리적 관계는 [Figure 5.3]의 대우관계와 같이 $-A \rightarrow C$ 와 $-B \rightarrow C$ 에서 두가지 충분조건 $-A, -B$ 에 의해 한가지 필요조건 C 를 만족하는 논리적 관계로 모순의 통합해결전략 유형3의 타당성을 검증할 수 있다.

<Table 2.1>에서 양자택일의 상충되는 두 목적 A, B 가 상반되는 개선안 수단 C 와 현안 수단 $-C$ 양자모두 선택할 수 없는 조건부 명제 논리관계를 가지고 있을 경우 $((C \rightarrow A) \vee (-C \rightarrow B))$, 두가지 목적인 기술적 모순 모두를 충족시키기 위해 $(A \wedge B)$, 개선안

<Table 2> Propositional Truth Tables(PTTs)
 Based on the Type of Contradiction Resolution
 Strategies(CRSs)

<Table 2.1> PTT of Combined Strategy of
 To-Be PC and As-Is PC

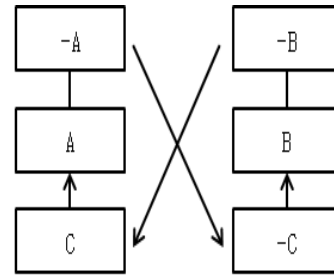
ABC	$(C \rightarrow A) \vee (-C \rightarrow B) \wedge (A \wedge B) \rightarrow (C \vee -C)$
TTT	T T T T T T T
TTF	T T T T T T T
TFT	T T T F F T T
TFF	T T F F F T T
FTT	F T T F F T T
FTF	F T T F F T T
FFT	F T T F F T T
FFF	T T F F F T T

<Table 2.2> PTT of Combined Strategy of
 To-Be PC and As-Is TC

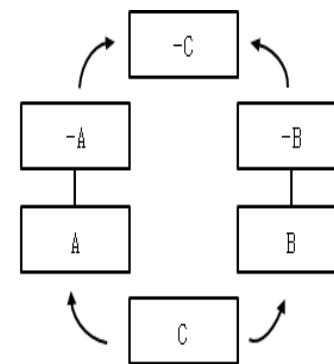
ABC	$(C \rightarrow A) \vee (C \rightarrow B) \wedge (A \wedge B) \rightarrow C$
TTT	T T T T T T T
TTF	T T T T T T F
TFT	T T F F F T T
TFF	T T T F F T F
FTT	F T T F F T T
FTF	F T T F F T F
FFT	F T F F F T T
FFF	T T T F F T F

<Table 2.3> PTT of Combined Strategy of
 As-Is PC and To-Be TC

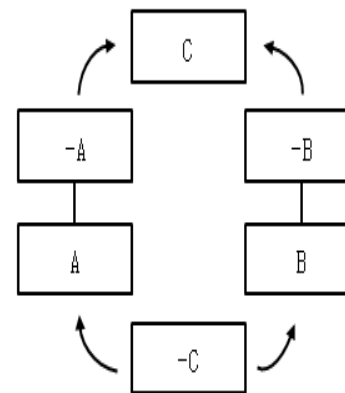
ABC	$(-C \rightarrow A) \vee (-C \rightarrow B) \wedge (A \wedge B) \rightarrow -C$
TTT	T T T T T T F
TTF	T T T T T T T
TFT	T T T F F T F
TFF	T T F F F T T
FTT	T T T F F T F
FTF	F T T F F T T
FFT	T T T F F T F
FFF	F F F F F T T



[Figure 5.1] Contraposition Conditional
 Relationship of Combined Strategy of To-Be PC
 and As-Is PC



[Figure 5.2] Contraposition Conditional
 Relationship of Combined Strategy of To-Be PC
 and As-Is TC



[Figure 5.3] Contraposition Conditional
 Relationship of Combined Strategy of As-Is PC
 and To-Be TC

[Figure 5] Contraposition Conditional Relationship
 According to the Type of CRS

4. TRIZ 모순해결전략의 적용사례분석

4.1 To-Be PC와 As-Is PC 통합 모순해결 전략의 적용사례분석

이 전략은 패러독스의 상반관계인 To-Be PC(Physical Contradiction)와 As-Is PC의 수단(Means)에 대해 [Figure 2], <Table 1>과 같이 시간, 공간, 전체와 부분, 조건 분리에 따라 서로 다른 2가지 개선을 수행할 경우, 딜레마 갈등관계인 To-Be TC(Technical Contradiction)와 As-Is TC의 목적(Ends)을 동시에 충족하게 되어 최종적으로 IFR을 달성하는 통합모순해결전략의 첫 번째 유형이다.

Case #1의 첫 번째 모순해결전략은 To-Be TC인 PCB가 원활하게 작동되어 작업생산성의 목적(Ends)이 충족되도록, 수단(Means)인 To-Be PC에 대해 발명원리 #3 Local Quality를 적용하여 Pin직경의 끝단이 0.95mm로 작게 되도록 개선한다. 두 번째 모순해결전략은 As-Is TC인 PCB안착후 유동이 발생하지 않는 목적(Ends)이 충족되도록 수단(Means)인 As-Is PC에 발명원리 #3 Local Quality를 적용하여 Pin직경이 1.63mm로 크게 되도록 개선한다. 이 전략은 Pin사이즈를 공간분리에 의해 다르게 설계하는 수단으로 개선할 경우, 생산성향상과 유동방지의 두 목적을 모두 충족하게 되어 최종적으로 모듈분리공정 커팅부적합품감소와 장착생산성향상의 IFR을 달성하게 된다.

Case #2의 첫 번째 모순해결전략은 To-Be TC의 목적(Ends)인 제품충격이 없도록, To-Be PC의 수단(Means)에 발명원리 #3 Local Quality를 적용하여 클립오프너 최대높이와 길이가 각각 6.00mm, 3.00mm로 높게 개선한다. 두 번째 모순해결전략으로 As-Is TC의 목적(Ends)인 체결작업생산성이 향상되도록 As-Is PC의 수단(Means)에 발명원리 #3 Local Quality를 적용하여 클립오프너 끝부분의 최소높이와 최소길이가 각각 3.5mm, 1.00mm로 작게 개선한다. 이 전략은 클립오프너 높이를 공간분리에 의해 다르게 설계하는 수단으로 개선할 경우, 제품충격감소와 체결작업생산성향상의 두 목적을 모두 충족하게 되어, 최종적으로 저비용 반도체 모듈 방열판 체결공정 부품파손 부적합품감소와 체결생산성향상의 IFR을 달성하게 된다.

Case #3의 첫 번째 모순해결전략은 To-Be TC의

목적(Ends)인 이물질 흡착이 되지 않도록, To-Be PC의 수단(Means)에 발명원리 #3 Local Quality와 #30 Flexible Shells and Thin Films를 적용하여 칩 접촉면에만 폴리머 증착코팅으로 개선한다. 두 번째 모순해결전략은 As-Is TC의 목적(Ends)인 칩압착성이 높아지도록 As-Is PC의 수단(Means)에 발명원리 #3 Local Quality를 적용하여 적정탄성도가 유지되도록 부드러운 고무재질의 칩접촉면으로 개선한다. 이 전략은 칩접촉면을 공간분리에 의해 다르게 설계하는 수단으로 개선할 경우, 이물질흡착감소와 칩압착성향상의 두 목적을 모두 충족하게 되어 최종적으로 낸드칩 패키지 접착공정 칩깨짐 부적합품감소와 압착생산성향상의 IFR을 달성하게 된다.

Case #4의 첫 번째 모순해결전략은 To-Be TC의 목적(Ends)인 내부핀이 파손되지 않도록, To-Be PC의 수단(Means)에 발명원리 #3 Local Quality를 적용하여 소켓핀 접촉면의 직경을 0.40mm로 크게 개선한다. 두 번째 모순해결전략은 As-Is TC의 목적(Ends)인 제품삽입이 수월하도록 As-Is PC의 수단(Means)에 발명원리 #3 Local Quality를 적용하여 소켓핀의 직경이 0.20mm로 작게 개선한다. 이 전략은 소켓핀 동작부위의 직경을 공간분리에 의해 다르게 설계하는 수단으로 개선할 경우, 내부핀파손방지와 제품삽입성향상의 두 목적을 모두 충족하게 되어, 최종적으로 모듈안착부적합품감소와 삽입생산성향상의 IFR을 달성하게 된다.

Case #5의 첫 번째 모순해결전략은 To-Be TC의 목적(Ends)인 플렉스핀홀더강도가 높아지도록 To-Be PC의 수단(Means)에 발명원리 #40 Composite Materials를 적용하여 플렉스핀홀더의 재질사이에 작은 알맹이가 들어있는 복합재료로 밀도를 높이는 개선을 한다. 두 번째 모순해결전략은 As-Is TC의 목적(Ends)인 형상변경방지가 되도록 As-Is PC의 수단(Means)에 발명원리 #40 Composite Materials를 적용하여 플렉스핀홀더의 복합재료로 밀도를 낮추는 개선을 한다. 이 전략은 플렉스핀홀더의 밀도를 복합재료의 전체와 부분분리에 의해 다르게 설계하는 수단으로 개선할 경우, 플렉스핀홀더강도와 형상변형방지의 두 목적을 모두 충족하게 되어, 최종적으로 플렉스핀홀더 파손부적합품감소의 IFR을 달성하게 된다.

<Table 3> Type of Contradiction Resolution Strategies(CRSs)
 <Table 3.1> Type 1: Combined Strategy of To-Be PC and As-Is PC [2,29]

Case #	TCECT of CRS Type 1
Case #1	<p>Flowchart for Case #1: To-Be Means (pin직경이 작으면(C)) leads to To-Be Ends (PCB가 원활하게 장착되어 작업생산성 증대 (A)). As-Is Means (pin직경이 크면(-C)) leads to As-Is Ends (PCB 안착 후 유동이 발생하지 않음 (B)). PC connects the means, and TC connects the ends. IFR: 모듈분리공정 커팅 부적합품 감소와 장착생산성향상.</p>
Case #2	<p>Flowchart for Case #2: To-Be Means (클립오프너높이가 높아지면 (C)) leads to To-Be Ends (제품충격가해지지않음(A)). As-Is Means (클립오프너높이가 낮아지면(-C)) leads to As-Is Ends (체결작업생산성향상(B)). PC connects the means, and TC connects the ends. IFR: 서버용 반도체모듈 방열판 체결공정 부품파손 부적합품 감소와 체결생산성향상.</p>
Case #3	<p>Flowchart for Case #3: To-Be Means (고무재질을 사용하지 않으면(C)) leads to To-Be Ends (이물질 흡착되지 않음(A)). As-Is Means (고무재질을 사용하면 (-C)) leads to As-Is Ends (칩압착성개선(B)). PC connects the means, and TC connects the ends. IFR: 낸드칩패키지접착공정 칩깨짐 부적합품 감소와 압착생산성향상.</p>
Case #4	<p>Flowchart for Case #4: To-Be Means (소켓 핀동작부위 두께가 두꺼우면(C)) leads to To-Be Ends (내부핀이 파손되지 않음 (A)). As-Is Means (소켓 핀동작부위 두께가 얇으면(-C)) leads to As-Is Ends (제품삽입이 잘됨(B)). PC connects the means, and TC connects the ends. IFR: 모듈안착부적합품 감소와 삽입생산성향상.</p>
Case #5	<p>Flowchart for Case #5: To-Be Means (플럭스 핀 홀더밀도가 높으면(C)) leads to To-Be Ends (플럭스핀 홀더 강도가 높아짐(A)). As-Is Means (플럭스 핀 홀더밀도가 낮으면(-C)) leads to As-Is Ends (모양변형이 안됨 (B)). PC connects the means, and TC connects the ends. IFR: 플럭스핀홀더 파손 부적합품감소.</p>

4.2 To-Be PC와 As-Is TC 통합모순해결 전략의 적용사례분석

이 전략은 To-Be PC 수단(Means)에 40가지 발명원리에 의한 개선을 통해, 상충되는 As-Is TC 목적(Ends) 충족으로, IFR을 달성하는 통합모순해결전략의 두 번째 유형이다.

Case #6에서 To-Be PC 수단(Means)에 발명원리 #13 The Other Way Around에 의해 하우징내부횡폭을 66.00mm에서 65.10mm로 축소, 하우징나사삽입홀사이즈를 2.8mm에서 4.3mm로 확대하는 개선을 통해 As-Is TC 목적(Ends)인 나사조이기용이성을 충족한다. 이 전략은 기존의 핸들고정방식을 거꾸로 소켓고정수단으로 개선할 경우 고정위치도 맞고 나사조이기도 쉬어지는 두 목적을 모두 충족하게 되어 모듈실장공정 놀림부적합품감소의 IFR을 달성하게 된다.

Case #7에서 To-Be 수단(Means)에 발명원리 #4 Asymmetry, #9 Prevent Negation에 의해 와이어의 간섭부분의 사전반대조치인 비대칭위치 개선을 통해 As-Is TC 목적(Ends)인 데이터저장능력을 충족한다. 이 전략은 와이어간섭을 비대칭위치의 사전반대수단으로 개선할 경우 칩파손검출의 용이성과 데이터 저장능력의 두 목적을 모두 충족하게 되어 패키지낸드칩개집미검출률감소의 IFR을 달성하게 된다.

Case #8에서 To-Be PC 수단(Means)에 발명원리 #7 Nested Doll, #35 Parameter Changes에 의해 재질보강된 배관접착부를 스윙암안에 연결하는 개선을 통해 As-Is TC 목적(Ends)인 변형방지를 충족한다. 이 전략은 배관접착강도를 높이기 위해 재질변경과 파손방지를 위해 스윙암안의 연결수단으로 개선할 경우 배관접착강도증가와 변형방지의 두 목적을 모두 충족하게 되어 식각공정 배선파손 안전사고감소의 IFR을 달성하게 된다.

Case #9-1에서 To-Be PC 수단(Means)에 발명원리 #35 Parameter Changes에 의해 기판이 휘지 않도록 열에 강한 용융점17℃의 High Tg 재질변경 개선을 통해 As-Is TC 목적(Ends)인 재료비감소를 충족한다. 이 전략은 많은 기판을 적층해도 기판이 휘지 않는 재질변경수단으로 개선할 경우 납인쇄밀립감소와 재료비감소의 두 목적을 모두 충족하게 되어 서버용제품 부품실장공정미납땜부적합품감소의 IFR을 달성하게 된다. Case #9-2는 Case #9-1의 추가대책으로 To-Be PC 수단(Means)에 발명원리 #23 Feedback에 의해 기판과 마스크의 위치제어 개선을 통해 As-Is TC 목적(Ends)인 생산속도향상을 충족

한다. 이 전략은 기판과 마스크일치를 위한 위치제어수단으로 개선할 경우 납인쇄밀립거리축소와 생산성향상의 두 목적을 모두 충족하게 되어 저비용제품 부품실장공정 미납땜부적합품감소와 생산성향상의 IFR을 달성하게 된다.

Case #10에서 To-Be PC 수단(Means)에 발명원리 #7 Nested Doll, #16 Partial or Excessive Action에 의해 틸새가 극도로 밀폐되도록 덕트를 매치플레이트안으로 포개지는 개선을 통해 As-Is TC 목적(Ends)인 미는 압력감소를 충족한다. 이 전략은 새어 나오는 공기가 극도로 밀폐되도록 매치플레이트안으로 덕트를 포개는 수단으로 개선할 경우 고온공기방지와 미는 압력감소의 두 목적을 모두 충족하게 되어 패키지정밀고온도제어 동작검사장비에서 온도이탈시간감소의 IFR을 달성하게 된다.

Case #11에서 To-Be PC 수단(Means)에 발명원리 #29 Pneumatics and Hydraulics, #23 Feedback에 의해 압축공기를 제어하는 개선을 통해 As-Is TC 목적(Ends)인 인접플럭스와 연결증가를 충족한다. 이 전략은 압축공기 사용유무를 자동제어하는 수단으로 개선할 경우 플럭스밀어냄과 인접플럭스연결의 두 목적을 모두 충족하게 되어 반도체패키지 불접합공정 플럭스틀클리닝 정비시간 단축의 IFR을 달성하게 된다.

<Table 3.2> Type 2: Combined Strategy of To-Be PC and As-Is TC [2,29]

Case #	TCECT of CRS Type 2
Case #6	
Case #7	
Case #8	
Case #9-1	
Case #9-2	
Case #10	
Case #11	

4.3 As-Is PC와 To-Be TC 통합모순해결 전략의 적용사례분석

이 전략은 As-Is PC 수단(Means)에 의해 40가지 발명원리에 의한 개선을 통해, 상충되는 To-Be TC 목적(Ends) 충족으로, IFR을 달성하는 통합모순해결 전략의 세 번째 유형이다.

Case #12에서 As-Is PC 수단(Means)에 발명원리 #12 Equipotentiality, #3 Local Quality의 Reverse에 의해 소켓하중을 2군데 누름에서 4군데 전면누름의 개선을 통해 To-Be TC 목적(Ends)인 소켓렛치파손 감소를 충족한다. 이 전략은 소켓쇠의 분산하중수단으로 개선할 경우 소켓렌치버튼파손감소와 소켓렌치오픈 증가의 두 목적을 모두 충족하게 되어 초박형제품 번인 공정 들뜸 부적합품감소의 IFR을 달성하게 된다.

Case #13에서 As-Is PC 수단(Means)에 발명원리 #12 Equipotentiality, #33 Homogeneity에 의해 칩의 압력이 가장자리와 중앙에 균등하중누름의 개선을 통해 To-Be TC 목적(Ends)인 칩들뜸 감소를 충족한다. 이 전략은 칩누름방식을 전면누름수단으로 개선할 경우 주변압력증가에 의한 칩들뜸감소와 가운데 압력증가에 의한 칩중앙기포감소의 두 목적을 모두 충족하게 되어 고용량반도체 패키지 접착공정의 두 목적을 모두 충족하게 되어 고용량반도체 패키지 접착공정 칩들뜸 부적합품감소의 IFR을 달성하게 된다.

Case #14에서 As-Is PC 수단(Means)에 발명원리 #5 Merging에 의해 여러 핀의 블록화 교체개선을 통해 To-Be TC 목적(Ends)인 근접핀손상방지를 충족한다. 이 전략은 핀간 간격의 대소로 인한 부작용을 없애기 위해 여러 핀을 블록화한 교체수단으로 개선할 경우 근접핀손상방지와 Test특성향상의 두 목적을 모두 충족하게 되어 낸드플래시 웨이퍼테스트 프로브카드 분해공정 수리시간단축의 IFR을 달성하게 된다.

Case #15에서 As-Is PC 수단(Means)에 발명원리 #3 Local Quality에 의해 슬로터 전체가 웨이퍼를 들어 올리는 대신에 나이프를 설치하여 웨이퍼만 들어 올리는 국부적 방법의 개선을 통해 To-Be TC 목적(Ends)인 슬로터와 웨이퍼 접촉방지를 충족한다. 이 전략은 나이프에 의해 웨이퍼만 들어 올리는 국부적 접촉수단의 개선을 통해 슬로터와 웨이퍼 접촉방지와 웨이퍼안전성향상의 두 목적을 모두 충족하게 되어 CIS제품 FAB제조 세정공정 번인 부적합품감소의 IFR을 달성하게 된다.

Case #16에서 As-Is PC 수단(Means)에 발명원리 #38 Strong Oxidants, #9 Preliminary Anti-Action, #21 Skipping에 의해 압력변화의 사전

반대조치로 가스를 신속하게 충전하는 개선을 통해 To-Be TC 목적(Ends)인 불순물배출증대를 충족한다. 이 전략은 압력변화 방지를 위해 고속 청정 가스추진수단으로 개선할 경우 불순물배출증대와 불필요한 압력복원시간 배제로 인한 생산성향상의 두 목적을 모두 충족하게 되어 반도체 반막공정 실드 준비교체 정지로스시간감소의 IFR을 달성하게 된다.

Case #17-1에서 As-Is PC 수단(Means)에 발명원리 #3 Local Quality에 의해 플렉스핀 아래부분만 얇게 하여 플렉스 이동을 방지하는 개선을 통해 To-Be PC 목적(Ends)인 핀상부건인방지를 충족한다. 이 전략은 플렉스핀 아래부분의 국부적 면적변경수단으로 개선할 경우 핀상단부건인방지와 솔더불접합부로 플렉스핀반증대의 두 목적을 모두 충족하게 되어 플렉스핀 클리닝 정비시간단축의 IFR을 달성하게 된다. Case #17-2는 Case #17-1의 추가대책으로 As-IS PC 수단(Means)에 발명원리 #3 Local Quality의 Reverse에 의해 Case #17-1의 얇은 아래부분을 직사각형의 접촉면을 확대하는 개선을 통해 To-Be PC 목적(Ends)인 플렉스양증대를 충족한다. 이 전략은 밀이 원형인 얇은 국부면적을 직사각형의 접촉면의 확장수단으로 개선할 경우 플렉스양증대와 홀더로의 플렉스 이동용이의 두 목적을 모두 충족하게 되어 홀더불 접착부에 플렉스소량도포의 IFR을 달성하게 된다.

<Table 3.3> Type 3: Combined Strategy of As-Is PC and To-Be TC [2,29]

Case #	TCECT of CRS Type 3
Case #12	
Case #13	
Case #14	
Case #15	
Case #16	
Case #17-1	
Case #17-2	

4.4 모순해결전략사례별 40가지 발명원리의 유형

<Table 4>에서 국가품질분임조 경진대회의 TRIZ분야에 출전한 17개 사례중 To-Be PC와 As-Is PC의 통합모순해결전략유형(Type1)의 사례는 5개, To-Be PC와 As-Is TC의 통합모순해결전략유형(Type2)의 사례는 7개, As-Is PC와 To-Be TC 통합모순해결전략유형(Type3)의 사례는 7개로 모든 전략이 고루 활용되고 있다는 것을 보여주고 있다.

17개 사례에서 사용된 40가지 발명원리는 28번으로, Type1전략에서 #3 Local Quality가 4번, #40 Composite Materials 1번이, 4가지 분리원칙중 공간분리와 전체와 부분 분리와 더불어 모순해결전략에 적용되었다. Type2전략에서는 #7 Nested Doll, #23 Feedback, #35 Parameter Changes가 각각 2번씩, #4 Asymmetry, #9 Preliminary Anti-Action, #13 The Other Way Around, #16 Partial or Excessive Action, #29 Pneumatics and Hydraulics 각각 1번씩 모순해결전략에 활용되었다. Type3 전략에서는 #3 Local Quality가 4번, #12 Equipotentiality 2번, #5 Merging, #9 Preliminary Anti-Action, #21 Skipping, #33 Homogeneity, #38 Strong Oxidants가 각각 1번씩 사용되었다.

발명원리 #4의 Local Quality는 Type1, Type3에서 각각 4번씩 사용되었는데 From Uniform to Nonuniform의 원리로 공간분리와 전체와 부분분리와 함께 모순전략을 목표로 하는 대상에 차별성있게 해결할 수 있는데 기인한다. 또한 발명원리 #9가 Type2, Type3에서 각각 1번씩 사용되었는데 이는 모순해결전략유형에 관계없이 Prevent Negative 원리는 사전에 문제점을 예방개선하는데 Mistake-Proofing같이 효과적으로 적용하는 기법이기 때문이다.

<Table 4> 40 Inventive Principles Based on the Contradiction Resolution Strategies(CRSs) for 17 Cases

Type of CRSs	Case #	40 Inventive Principles
Type1: Combined Strategy of To-Be PC and As-Is PC	Case #1	#3
	Case #2	#3
	Case #3	#3
	Case #4	#3
	Case #5	#40
Type 2: Combined Strategy of To-Be PC and As-Is TC	Case #6	#13
	Case #7	#4, #9
	Case #8	#7, #35
	Case #9-1	#35
	Case #9-2	#23
	Case #10	#7, #16
Type 3: Combined Strategy of As-Is PC and To-Be TC	Case #11	#23, 29
	Case #12	#3, #12
	Case #13	#12, #33
	Case #14	#5
	Case #15	#3
	Case #16	#9,#21,#38
	Case #17-1	#3
	Case #17-2	#3

5. 결론

본 연구에서는 TRIZ 모순트리를 이용하여 인과관계의 기술적 모순(TC: Technical Contradiction)과 물리적 모순(PC: Physical Contradiction)을 동시에 해결할 수 있는 3가지 통합모순전략유형을 제시하고 적용사례를 다음과 같이 실시하였다.

1) 본 연구에서는 상충하는 두 기술적 모순을 근본적으로 해결하기 위한 물리적 모순의 해결방법에 따라 3가지 전략으로 유형화하였다. 첫 번째 유형(이하 Type1)은 상반되는 두 물리적 모순을 서로 다른 분리조건으로 나누고 결합하는 통합모순해결전략(Combined Solution Strategy of To-Be PC and As-Is PC)이고, 두 번째 유형(이하 Type2)은 현안의 기술적 모순을 충족하기 위한 개선안의 물리적 모순의 통합모순해결전략(Combined Solution Strategy of To-Be PC and As-Is TC)이며, 세 번째 유형(이하 Type3)은 개선안의 기술적 모순을 충족하기 위한 현안의 물리적 모순의 통합모순해결전략(Combined Solution Strategy of As-Is PC and To-Be TC)이다.

2) 기술적 모순, 물리적 모순의 필요조건, 충분조건, 진리표와 대우(Contraposition)관계를 이용하여 3가지 통합모순해결전략의 타당성을 검토하였다.

3) 국가품질분임조 경진대회에 출전한 17개 TRIZ적 용사례[2,29]를 통합모순해결전략형태로 유형화하면 Type1의 모순해결전략사례는 5개, Type2와 Type3 모순해결전략사례는 각각 7개씩 모든 전략이 고루 활용되고 있었다. 특히 Type3에 7개 사례가 활용되었다는 것은 자동차 다운사이징 엔진개발의 예처럼 새로운 개선안의 목적을 달성하기 위해서는 새로운 수단이 아닌 비용과 시간이 효율적인 현안의 창의적인 수단의 해결 방안으로도 IFR(Ideal Final Result)을 달성할 수 있다는 것을 보여주고 있다.

4) 17개 TRIZ 통합모순해결전략사례에서 40가지 발명원리는 28번 적용되었으며, Type1의 모순해결전략사례에서는 6번, Type2와 Type3 모순해결전략사례에서는 각각 11번씩 사용되었다. 특히 #3 국부적품질(Local Quality)은 공간분리, 전체와 부분분리와 함께 소수중점(Vital Few)대상에 개별화되고 차별화된(Customized and Focused) 개선이 가능해 Type1과 Type3전략에서 각각 4번씩이나 많이 활용되고 있다. #9 사전 반작용(Preliminary Anti-Action)이 Type2, Type3에서 공통으로 사용된 이유는 이 원리가 예방적 차원에서 부작용을 최소화하는 Fool-Proof(Poka-Yoke)와 같은 사전관리의 가장 효과적인 개선방법에 기인한다.

6. References

- [1] Ariyur K.B. (2011), "A Mathematical Foundation for TRIZ Methods : Resolving Contradictions and Idealization", 2011 IEEE International Systems Conference, April : 409-411.
- [2] Choi S. (2015), "Review and Application of Creative Problem-Solving Processes for Technical and Physical Contradictions Using Cause-and-Effect Contradiction Tree and Integrated Principles of TRIZ", Journal of the Korea Safety Management and Science, 17(2) :215-228.
- [3] Conradie I., Consultores I., Chile S. (2005), "TOC and TRIZ : Using a Dual-Methodological Approach to Solve a Forest Harvesting Problem", The TRIZ Journal, March.
- [4] Cox III J., Schleier J. (2010), Theory of Constraints Handbook, McGraw Hill Professional.
- [5] Ean K. C. (2005), Thinking Smart : Applying the Theory of Constraints in Development Thinking Skills, Coronet Books Inc.
- [6] Feduko J. (2014) Behind the Cloud : Enhancing Logical Thinking, 2 Edition, TOC Strategic Solutions.
- [7] Gensler H. J.(2012), Introduction to Logic, 2 Edition, Routledge.
- [8] Goldratt E.M. (1994), It's Not Luck, North River Press.
- [9] Goldratt E.M., Goldratt - Ashlag E. (2012), The Choice, Revised Edition, The North River Press Publishing Corporation.
- [10] Hipple J. (2012), The Ideal Result, Springer.
- [11] Hynix Learning Center (2010), TRIZ User, Hynix Semiconductor.
- [12] Hyun J., Park C. (2014), " Logical Interpretation about Problem Types and Solution Strategies of the Butterfly Model for the Automation of Contradiction-based Problem Solving", 2014 International Conference of Teaching, Assessment and Learning, December : 236-241.
- [13] Kishira Y. (2008), TOC Thinking Process, Diamond Inc.
- [14] Li G., Tan R., Liu Z., Zhang H.(2006), "Idea Generation for Fuzzy Front End Using TRIZ and TOC", 2006 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology, June : 590-594.
- [15] Lin L., Dubois S., Guio R. D., Rasovska I. (2014), "An Algorithm to Extract the Generalized Physical Contradiction", 2014 International Conference on Innovative Design and Manufacturing, August : 129-135.
- [16] Lucas J. (2005), Broaden the Vision and Narrow the Focus : Managing in a World of Paradox, Praeger.
- [17] Maimon O., Horowitz R. (1999), Sufficient Conditions for Inventive Solutions", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part : Applications and Review, 29(3) : 349-361.
- [18] Mann D., Stratton R. (2000), "Physical Contradictions and Evaporating Clouds", The TRIZ Journal, April.

- [19] Mann D. (2007), Hands on Systematic Innovation for Business & Management, IFR Press.
- [20] Orloff M. A. (2006), Inventive Thinking Through TRIZ, 2 Edition, Springer.
- [21] Pfeifer T., Tillmann M. (2004), "Innovative Process Chain Optimization – Utilizing the Tools of TRIZ and TOC for Manufacturing", The TRIZ Journal, February.
- [22] Pospesel H. (1999), Introduction to Logic : Propositional Logic, 3 Edition, Pearson.
- [23] Rantanen K., Domb E. (2007), Simplified TRIZ, 2 Edition, Auerbach Publications.
- [24] Shroeder-Saulnier D. (2014), The Power of Paradox : Harness the Energy of Competing Ideas to Uncover Radically Innovative Solutions, Career Press.
- [25] Stratton R., Mann D.(2003), "Systematic Innovation and the Underlying Principles Behind TRIZ and TOC", Journal of Materials Processing Technology, 139 : 120–126.
- [26] Stratton R., Warburton R.D.H.(2003), "Managing the Trade-off Implication of Global Supply", International Journal of Production Economics, 103 : 667–679.
- [27] <http://ebooks.narotama.ac.id/filesmechanical%20Engineers%20Handbook%20>
- [28] <http://www.osaka-gu.ac.jp/php/nakagawa/TRIZ/eTRIZ/eforum>
- [29] <http://www.q-korea.net>
- [30] <http://tocforcollege.com/downloads/TOC%20tp%20in%Academia.pdf>
- [31] <http://www.google.co.kr>

저자 소개

최성운



현 가천대학교 산업공학과 교수. 한양대학교 산업공학과에서 공학사, 공학석사, 공학박사 학위를 취득하고, 1994년 한국과학재단 지원으로 University of Minnesota에서 1년간 Post-Doc을 수행했으며, 2002년부터 1년반 동안 University of Washington에서

Visiting Professor를 역임하였음.

주요 관심분야는 BCM, 자동화 생산 및 장치 산업에서의 품질관리이며, 통신, 정보시스템의 보안, 신뢰성 설계 및 분석, 서비스 사이언스, 재무금융공학, Wavelet, Business Dynamics & Analytics, TRIZ에도 관심을가지고 있음.