

## 신뢰성 향상을 위한 40 발명원리의 활용

정해성

서원대학교 멀티미디어공학과

### 40 Inventive Principles in Reliability Enhancement

Hai Sung Jeong

Dept. of Multimedia Engineering, Seowon Univ.

#### Abstract

The founder of TRIZ, Genrich Altshuller, discovered forty patterns of inventive solutions, known as 40 Inventive Principles, extracting them from tens of thousands of technical patents. It was found further that 40 Inventive Principles are applicable not only for every technical field, but also for non-technical spheres - finance, business, management, marketing, social relations, education and etc. This paper extends the area of reliability through TRIZ. Enclosed are several examples how 40 Inventive Principles have been used in the reliability enhancement in the literature.

Keywords : 40 Inventive Principles, reliability enhancement, TRIZ

## 1. 서론

최근 ‘창의적 인재’에 대한 사회적 요구가 집중되면서, 트리즈(TRIZ)에 대한 관심이 뜨겁다. 트리즈는 창의적 문제 해결 이론(Theory of Inventive Problem Solving)의 러시아어의 머리글자를 조합한 단어이다. 트리즈의 창시자인 알츠슐러(1926-1998)는 수십만 건의 창의적인 기술 특허를 분석하여, <표 1>과 같은 문제해결의 40가지 패턴을 발견하고, 이를 40 발명원리(Inventive Principles)라 칭하였다. 후에 이 발명원리는 건축학, 소프트웨어, 전자공학, 화학 등을 포함한 기술적 분야 뿐 만아니라 비즈니스, 금융, 마케팅, 교육 및 서비스 부문을 포함하는 비기술적 분야에도 적용가능하다는 것이 밝혀졌다(Mann(2002), Retseptor(2003), Marsh et al(2004), Dourson(2004), Cool(2005) 과 Caplan et al(2010)). 이에 우리는 트리즈를 통해 신뢰성 분야의 사고 영역을 확장해보고자 한다. 품질이나 신뢰성 관련 프로젝트를 하다보면, “평가나 진단만으로 개선이 됩니까?” 라는 말을 종종 듣는다. 우리는 “평가 없이 개선 없다.”란 말만 할 뿐이다. 예를 들면, QFD(Quality Function Deployment)는 고객의 니즈와 제품의 기술적 파라메타간의 관계를 연결시켜주는 도구이다. 실제로 QFD는 고객의 니즈를 만족시키기 위해 무엇을 해결해야하는가에 대한 식별수단으로서는 매우 유용하지만, 문제를 해결하는 도구는 아니다. FMEA(Failure Mode and Effect Analysis)도 마찬가지이다. 이에 창의적인 문제해결 도구인 트리즈를 활용하면 신뢰성의 성과를 높이는 데 기여할 수 있을 것이다. 이 연구를 통해 40 발명원리가 신뢰성 분야에 활용될 수 있는 계기가 되기를 기대한다.

<표 1> 40 발명원리

01. Segmentation	분할	21. Rushing Through	고속처리
02. Extraction	추출	22. Convert Harm into Benefit	해로움을 이로움으로
03. Local Quality	국소 품질	23. Feedback	피드백
04. Asymmetry	비대칭	24. Mediator	매개체
05. Consolidation	병합	25. Self Service	셀프서비스
06. Universality	다용도	26. Copying	복제
07. Nesting	포개기	27. Cheap Short Life	일회용으로 처리
08. Counterweight	균형추	28. Replace a Mechanical System	기계시스템의 대체
09. Prior Counteraction	사전대응조치	29. Pneumatics and Hydraulics	공기나 유압 활용
10. Prior Action	선행조치	30. Flexible Shell and Thin Film	박막
11. Cushion in Advance	사전예방조치	31. Porous Material	다공성 물질
12. Equipotentiality	높이 맞추기	32. Color Change	색상변화
13. Do It in Reverse	반대로 하기	33. Homogeneity	동질성
14. Spheroidality	구형화	34. Rejection and Regeneration	폐기 및 재생
15. Dynamicity	역동성	35. Parameter Change	모수 변화
16. Partial or Excessive Action	과부족 조치	36. Phase Transition	상전이
17. Dimension Change	차원 바꾸기	37. Thermal Expansion	열팽창
18. Vibration	진동	38. Accelerated Oxidation	산화촉진
19. Periodic Action	주기적 조치	39. Inert Environment	불활성환경
20. Continuity of Useful Action	유용한 조치 지속	40. Composite Material	복합재료

## 2. 신뢰성에서의 40 발명원리

알츠슐러가 기술적 모순의 해결책으로 제안한 40 발명원리를 신뢰성 분야에서 어떻게 적용할 수 있을지를 정리하였다. 경우에 따라서는 발명원리의 역(inversion)을 활용할 수도 있다. 이 경우는 ↔ 로 표시를 했다.

### 발명원리 1. 분할(Segmentation)

#### ▪ 개념)

- 시스템이나 물체를 독립된 부분으로 나눈다.
- 시스템이나 물체를 조립식으로 만든다. 또는 조립과 분해가 쉽게 만든다.
- 분할 정도를 높인다.

#### ▪ 예시)

- Reliability Block Diagram
- FMEA, FTA
- 보전성 향상, 예를 들면, 천장 마감재나 바닥 타일을 여러 조각으로 나누어 일부가 파손되면 파손된 부분만 교체한다.
- ↔ 신뢰성 향상을 위해 조립형을 일체형으로 바꾼다.

### 발명원리 2. 추출(Extraction)

#### ▪ 개념)

- 방해가 되거나 유해한 부분이나 속성을 시스템이나 물체로부터 추출한다.
- 필요한 부분을 시스템이나 물체로부터 추출한다.

#### ▪ 예시)

- Screening, Burn-in, Debugging
- Root Cause Analysis
- 에어컨에서 실외기를 분리해 본체의 진동을 줄여 신뢰성을 높인다.

### 발명원리 3. 국소 품질(Local Quality)

#### ▪ 개념)

- 물체나 환경을 동일한 구조에서 이질적인 구조로 변환한다.
- 시스템이나 물체의 각 부분이 작동에 필요한 최적의 상태 (최적의 작동조건)에 놓이게 한다.
- 시스템이나 물체의 각 부분이 각각 다른 기능을 수행하게 한다.

#### ▪ 예시)

- 신뢰도 향상(Reliability Enhancement)
- QFD(Quality Function Deployment)에서의 고객니즈의 가중치 부여
- 커브 길에서 타이어의 마모를 줄이기 위해서 타이어의 바깥쪽을 안쪽보다 강하게 만들.
- 사용환경에 따른 맞춤형 제품, 예를 들면 바닷가에서 사용하는 제품은 염기에 의한 부식 방지를 특별히 고려함.

#### 발명원리 4. 비대칭(Asymmetry)

- 개념)
  - 물체나 시스템의 구조를 대칭 구조에서 비대칭 구조로 바꾼다.
  - 물체나 시스템이 이미 비대칭이라면 그 정도를 증가시킨다.
- 예시)
  - 대수정규분포같은 비대칭 분포를 적용함.
  - 사용자 실수를 예방(mistake proofing)하기 위해 비대칭 구조로 함.

#### 발명원리 5. 병합(Consolidation)

- 개념)
  - 유사한 특성을 갖거나 연관된 기능을 수행하는 물체들을 가까이 모아 두거나 병합한다.
  - 물체들이 연속적 또는 병렬로 작동하게 한다.
- 예시)
  - 집적회로(Integrated Circuit)

#### 발명원리 6. 다용도(Universality)

- 개념)
  - 물체나 시스템이 여러 기능을 수행하도록 한다.
  - 하나의 요소가 여러 가지 다른 기능을 수행할 수 있도록 하여, 다른 요소를 제거할 수 있다.
- 예시)
  - 표준화, 국제 표준화(International Standards)
  - 신뢰성 인증제도
  - 표준서식

#### 발명원리 7. 포개기(Nesting)

- 개념)
  - 하나의 물체를 다른 물체 속에 넣는다.
  - 하나의 물체가 다른 물체의 구멍을 통과한다.
- 예시)
  - 겹치기 도장으로 자동차 표면의 내구성을 높임.
  - 'Why, Why, Why?' 연속 질문으로 고장원인 규명.

#### 발명원리 8. 균형추(Counterweight)

- 개념)
  - 시스템이나 물체의 무게를 부력을 가진 다른 물체와 결합하여 상쇄한다.
  - 시스템이나 물체의 무게를 주위 환경이나 역학적인 힘을 이용하여 상호 작용하게 한다.
- 예시)
  - 부하경감(Derating)

**발명원리 9. 사전 대응 조치(Prior Counteraction)**

- 개념)
  - 특정 영향을 줄이거나 없애기 위해 사전 대응을 한다.
  - 유해한 작용을 보정하기 위해 미리 대응 조치를 한다.
  - 물체에 스트레스를 미리 가한다.
- 예시)
  - ESS(Environmental Stress Screening)
  - Preventive Maintenance, Proactive Maintenance
  - FMEA, FMECA, FTA
  - Design Review
  - Field Data Analysis

**발명원리 10. 선행 조치 (Prior Action)**

- 개념)
  - 물체가 겪게 될 변화를 미리 겪게 한다.
  - 시스템이 유용한 기능을 수행하도록 미리 조치한다.
- 예시)
  - Burn-in
  - Stress Screening
  - 환경시험

**발명원리 11. 사전 예방 조치 (Cushion in Advance)**

- 개념)
  - 신뢰성이 낮은 시스템이나 물체에 대해서 미리 비상수단을 준비해 둔다.
- 예시)
  - 백업(Back-up) 기능
  - Redundancy
  - Alarm 기능
  - Fool-Proofing
  - 신뢰성 보험
  - 에어백, 구멍조끼 등 안전장치

**발명원리 12. 높이 맞추기(Equipotentiality)**

- 개념)
  - 물체를 들어 올리거나 내릴 필요가 없도록 작업 조건(환경)을 변화(조정)시킨다.
- 예시)
  - 힘의 평형을 이루도록 설계
  - 연간등가분석

### 발명원리 13. 반대로 하기(Do It in Reverse)

#### ▪ 개념)

- 요구되는 작동 대신 반대의 작동을 가한다.
- 문제를 해결하기 위해서 반대의 조치를 취한다.
- 움직일 수 있는 부분을 고정시키고, 고정된 부분을 움직일 수 있게 한다.
- 물체, 시스템, 공정을 거꾸로 뒤집는다.

#### ▪ 예시)

- 움직이는 부분이 고장이 잦으면, 움직이는 부분을 고정시키고 고정된 부분을 움직이게 함.

### 발명원리 14. 구형화(Spheroidality)

#### ▪ 개념)

- 형태를 직선 대신에 곡선으로, 평면에서 곡면으로, 각이진 입체는 구형으로 바꾼다.
- 직선운동을 회전운동으로 바꾼다.
- 롤러나 볼, 나선형, 돔을 이용한다.

#### ▪ 예시)

- 응력이 집중되는 각을 곡면으로 함.
- 건축물에서 강도를 높이기 위해서 아크나 돔을 사용.

### 발명원리 15. 역동성(Dynamicity)

#### ▪ 개념)

- 물체의 각 부분이 상대적으로 움직일 수 있도록 나눈다.
- 물체가 만일 유연하지 않다면 유연하게 한다.
- 최적의 성능 발휘할 수 있도록 물체를 여러 부분으로 나누어,  
위치를 상대적으로 변경할 수 있게 하던가,  
움직일 수 없는 부분을 움직이게 하던가,  
변형 할 수 있도록 한다.

#### ▪ 예시)

- Condition Monitoring
- 고정식을 회전식으로 설계 변경.
- ↔ Reduce Variation
- ↔ 공차 조절

### 발명원리 16. 과부족 조치(Partial or Excessive action)

#### ▪ 개념)

- 원하는 것을 정확히 얻기 힘들다면, 원하는 것보다 많거나 적게 한다.
- 목표를 100% 달성할 수 없다면, '조금 덜' 또는 '조금 더'와 같은 방법을 이용한다.

#### ▪ 예시)

- Robust Design, HALT

- Safety Margin
- Redundancy
- Overhaul
- 예비품 관리
- 파레토법칙
- 소비자위험, Acceptable Reliability Level(ARL)
- Sampling, 통계적 가설검정

### 발명원리 17. 차원 바꾸기(Dimension Change)

#### ▪ 개념)

- 시스템의 구조나 운동을 2차원 혹은 3차원으로 변경한다.
- 단층 배열 대신에 다층 배열을 이용한다.
- 물체를 기울이거나 방향을 전환한다.
- 주어진 영역(또는 시스템)의 반대쪽을 활용한다.

#### ▪ 예시)

- 품질기능전개(Qualty Function Deployment; QFD)
- 가속수명시험(Accelerated Life Test; ALT)
- 신뢰성시험시 시료수 증가를 위한 공간 확보를 위해 시료를 수직으로 배열.

### 발명원리 18. 진동(Vibration)

#### ▪ 개념)

- 진동을 이용한다.
- 진동이 있다면 진동수를 증가시킨다.
- 공진을 이용한다.
- 전기적 에너지를 기계적 진동으로 바꾼다.
- 기계적 진동을 전기적 진동으로 바꾼다.
- 전자기장을 초음파 진동과 함께 이용한다.

#### ▪ 예시)

- Condition Monitoring
- 초음파 진동을 이용해 부품을 청소.

### 발명원리 19. 주기적 조치(Periodic Action)

#### ▪ 개념)

- 연속적인 조치 대신에 주기적인 조치를 취한다.
- 작용이 이미 주기적이라면 주기의 정도를 바꾼다.
- 조치와 다음 조치에 휴지기간을 활용한다.
- 조치와 다음 조치에 정지 상태(pause)를 둔다.

- 예시)
  - Block Replacement
  - Periodic Inspection

#### **발명원리 20. 유용한 조치의 지속(Continuity of Useful Action)**

- 개념)
  - 유용한 작용을 지속적으로 수행하게 한다.
  - 시스템이 항상 최대한으로 작동하게 한다.
  - 휴식 시간 또는 단속 작업을 제거한다.
- 예시)
  - 휴지시간을 활용한 Preventive Maintenance
  - 24시간 서비스 센터 운영.

#### **발명원리 21. 고속처리(Rushing Through)**

- 개념)
  - 유해하거나 위험한 작용을 최고속도로 수행한다.
- 예시)
  - 고속 열처리

#### **발명원리 22. 해로움을 이로움으로(Convert Harm into Benefit)**

- 개념)
  - 바람직한 효과를 달성하기 위해서 유해한 요인을 활용한다.
  - 유해한 요소를 제거하기 위해서 또 다른 유해한 요소를 첨가한다.
  - 유해한 요소를 제거하기 위해서 또 다른 유해한 요소와 결합한다.
  - 더 이상 유해하지 않을 수준까지 유해한 정도를 증가시킨다.
- 예시)
  - SWOT분석
  - 자동차 엔진의 경우, 엔진에서 나오는 열은 열화작용을 일으킴. 그러나 이를 자동차 내부로 끌어들여 히터로 활용할 수 있음.
  - 동일한 파이프에 산성 액체와 염기성 액체를 교대로 통과시켜 부식과 침전을 막음.

#### **발명원리 23. 피드백(Feedback)**

- 개념)
  - 피드백을 도입한다.
  - 피드백이 이미 존재하면 그것을 변화시킨다.
- 예시)
  - Field Data Analysis
  - Prototype Testing



- 비정기적 검사정책
- 연료, 오일, 타이어 공기압 등에 대한 자동차 계기판의 경고등

#### 발명원리 24. 매개체(Mediator)

- 개념)
  - 작용을 수행하거나 전달하기 위해 중간 공정이나 중간매개체를 이용한다.
  - 쉽게 제거할 수 있는 요소와 임시로 연결한다.
- 예시)
  - 컴퓨터 쿨러(cooler)의 방열판
  - 노트북 방열 패드

#### 발명원리 25. 셀프 서비스(Self Service)

- 개념)
  - 시스템 스스로 보충, 유지, 보수할 수 있게 한다.
  - 버리는 자원이나 에너지를 이용하여 소기(所期)의 목적을 이룬다.
- 예시)
  - Used item을 이용한 Block Replacement Policy
  - 펑크 자동 복구되는 타이어

#### 발명원리 26. 복제(Copying)

- 개념)
  - 비싸고, 깨지기 쉽고, 이용하기 어려운 요소 대신에 간단하고 값싼 복제품을 이용한다.
  - 가지광선 대신 자외선이나 적외선을 이용한다.
  - 측정대상을 이미지화 한다.
- 예시)
  - Simulation
  - 와이블 분석시 형상모수의 추정을 위해 Barringer & Associates Inc.의 와이블 DB 참조함.

#### 발명원리 27. 일회용으로 처리(Change as Cheap and Short-living Objects)

- 개념)
  - 비싸고 오래 쓰는 요소를 값싸고 짧게 사용하는 요소로 교체하고 다른 특성을 양보한다.
- 예시)
  - 군수용 아이টে를 상업용 아이টে를로 대체.

#### 발명원리 28. 기계식 시스템의 대체(Replace a Mechanical System)

- 개념)
  - 기계시스템을 광학, 음향, 열 등의 시스템으로 바꾼다.
  - 물체와 작용하는 전기, 자기, 전자기장을 이용한다.

- 에너지를 다음과 같이 대체한다.
  - ✓ 고정된 에너지를 움직이는 에너지로
  - ✓ 고정된 에너지를 시간에 따라 변하는 에너지로
  - ✓ 불규칙한 에너지를 규칙적인 에너지로
- 예시)
  - 고장발생을 냄새로 알 수 있게 함.
  - 고장발생을 음향으로 알 수 있게 함.

### 발명원리 29. 공기 및 유압의 활용(Pneumatics and Hydraulics)

- 개념)
  - 고체 대신에 기체나 액체를 이용한다.
- 예시)
  - Air cushion 활용. 예를 들면,
    - ✓ 공기주머니를 이용하여 아이টে를 고정시킴.
    - ✓ 에어백으로 충격을 완화시킴.

### 발명원리 30. 유연한 막 또는 얇은 필름(Flexible Shells and Thin Films)

- 개념)
  - 일반적인 구조물을 유연한 껍질이나 얇은 필름으로 대체한다.
  - 물체를 유연한 껍질이나 얇은 필름을 이용하여 (외부환경과) 격리시킨다.
- 예시)
  - 깨지지 않는 실리콘 전구
  - 유연한 막으로 방수처리

### 발명원리 31. 다공성 물질(Porous Materials)

- 개념)
  - 물체를 다공성으로 만들거나 다공성 물질을 첨가한다.
  - 물체가 다공성이라면 구멍을 다른 물질로 채운다.
- 예시)
  - 하중을 줄이기 위해서 구조물에 구멍을 뚫음.

### 발명원리 32. 색상변화(Color Change)

- 개념)
  - 물체나 외부 환경의 색을 변화시킨다.
  - 물체나 외부 환경의 투명도를 바꾼다.
  - 이미 유색 첨가물이 사용되고 있다면 발광 추적이나 추적 원자를 사용한다.
- 예시)
  - 고장징후를 쉽게 판단할 수 있도록 해당 부위 하우스를 투명하게 만듦.

- 운반시 파손을 막기 위해 투명포장을 함.
- 고장발생을 색상변화로 알 수 있게 함.

### 발명원리 33. 동질성(Homogeneity)

- 개념)
  - 기왕이면 같은 재료를 사용한다.
- 예시)
  - 용기와 내용물이 반응하는 것을 방지하기 위해서 내용물과 같은 재료의 용기를 사용함.

### 발명원리 34. 폐기 및 재생(Rejection and Regeneration)

- 개념)
  - 기능을 마치면 폐기하거나 작업 중에 개조한다.
  - 소모되는 부분은 작동 중에 원위치(또는 복원)한다.
  - 기능을 수행했거나 더 이상 필요하지 않은 물체는 버리거나, 녹이거나, 증발시킨다.
- 예시)
  - 신뢰성 향상을 위해 부품수를 줄임.
  - 할로겐전구 내에서의 화학작용에 의한 필라멘트 복원
  - 주행 중에 스스로 튜업되는 자동차 엔진

### 발명원리 35. 모수 변화(Parameter Changes) 또는 속성 변화(Property Changes)

- 개념)
  - 물체의 물리적 상태를 변화시킨다(고체, 액체, 기체).
  - 농도나 밀도를 변화시킨다.
  - 온도를 변화시킨다.
  - 유연성의 정도를 변화시킨다.
- 예시)
  - 실험계획법
  - 열분석(Thermal Analysis)/열설계(Thermal Design)
  - 가속수명시험(Accelerated Life Test; ALT)

### 발명원리 36. 상전이(Phase Transitions)

- 개념)
  - 상태전이시 발생하는 현상(부피변화, 열손실 또는 흡수 등)을 이용한다.
  - 예를 들면, 물은 얼면 부피가 팽창한다.
- 예시)
  - 플라즈마로 표면 코팅처리를 하면, 마모나 부식을 방지할 수 있음.
  - 방열설계

### 발명원리 37. 열팽창(Thermal Expansion)

- 개념)
  - 온도변화에 의한 물질의 팽창 및 수축을 이용한다.
  - (열팽창이 사용되고 있다면) 열팽창 계수가 다른 다양한 물질을 이용한다.
- 예시)
  - 부품을 단단하게 조립하기 위해서 안쪽은 냉각시키고, 바깥쪽은 가열하여 조립함.
  - 기차선로의 탈선을 막기 위해, 레일을 이어 배치할 때, 철도 레일의 간격을 띄어 놓음.

### 발명원리 38. 산화 촉진(Accelerated Oxidation) 또는 상호작용 활성화

- 개념)
  - 한 수준의 산화로부터 더 높은 수준의 산화로 바뀌간다.
  - 공기나 산소를 이온화한 방사선에 노출시킨다.
  - 이온화된 산소를 사용한다.
- 예시)
  - VOC(The voice of the customer)를 품질에 적극반영
  - HALT

### 발명원리 39. 불활성 환경(Inert Environment)

- 개념)
  - 정상적인 환경을 불활성 상태로 만든다.
  - 공정을 진공상태에서 진행한다.
- 예시)
  - 아르곤 기체를 이용하여 금속 필라멘트의 산화를 막음.
  - 부식을 막기 위해, 대형선박의 내부 공간 전체를 질소로 채움.

### 발명원리 40. 복합재료(Composite Materials)

- 개념)
  - 동질의 재료를 복합재료로 대체한다.
- 예시)
  - 자동차의 휠은 주행시의 충격을 흡수해야 하고, 자동차의 무게도 지탱해야 하며, 연비를 위해서 자체의 무게도 줄여야 함. 이에 대한 해결책으로 복합재료가 사용될 수 있음.

## 3. 적용 사례

40 발명원리가 신뢰성 향상에 활용된 사례를 확인하고자, 2005년 3월부터 2012년 3월까지 '신뢰성 응용연구'에 게재된 172개의 논문과 신뢰성 기반기술확산사업 등에서 제안된 사업계획서 및 연차보고서를 분석하였다. 이로부터 신뢰성 향상에 40 발명원리를 활용한 사례를

다음과 같이 추출하였다.

### 사례 1)

LED 램프의 광원은 열에 취약하여, 램프 내부온도가 상승할수록 수명이 단축된다. 이를 해결하기 위하여 열에 강한 광원을 개발하는 것이 바람직하나, 현재 기술력으로는 열에 강한 광원개발이 어려운 실정이다. 따라서 램프 내부에서 발생하는 온도를 외부로 최대한 방출할 수 있는 방열판 개발이 필요하다. 그러나 방열판을 많이 붙이면 온도는 내릴 수 있지만, 무게가 증가해 LED 램프 낙하시 안전에 문제가 발생된다(현대엘이디, 2012).

#### 해결책)

① 발명원리 40. 복합재료

마그네슘 합금재료에 대한 성형기술 확보로 경량화 달성.

② 발명원리 24. 매개체

방열효과를 높이기 위해 방열부가 커지지 않게 방열도료를 적용.

### 사례 2)

가스계량기용 다이어프램과 다이어프램 플레이트 조립시 초음파 용착 방법을 사용하고 있다. 이때, 다이어프램에 약 1200℃의 열이 가해져 물성변화를 일으켜 내구성능의 저하를 일으킬 수 있다. 또한 분리과정에서 다이어프램과 다이어프램 플레이트에 서로의 재질이 붙어 있는 형태가 됨으로써 재활용 또한 불가능하게 되고, 초음파 용착 과정에서 안전성 문제가 발생하고 있다(지텍산업, 2007).

#### 해결책)

① 발명원리 14. 구형화

② 발명원리 15. 역동성

열에 의한 성능저하 방지를 위해 어셈블리 고정구조를 초음파 용착 방식에서 나사 체결 방식으로 변경함.

### 사례 3)

최근의 정보·통신기기는 디지털 IC를 이용해 고속화, 고집적화, 저전력화를 이루고 있다. 이러한 저전력의 고밀도 집적회로기기일수록 상대적으로 정전기에 대한 약한 내성을 보이고 있다(강인호와 오사무후지와라, 1997).

#### 해결책)

① 발명원리 24. 매개체

저잡음 증폭기(Low Noise Amplifier; LNA)의 경우, 정전기 대책의 가장 근본적인 방법은 웨이퍼의 정전기 내성을 증가시키는 것이겠지만, 이는 물성의 특성상 어려운 점이 있다. 차선책으로 LNA 내부회로에 보호용 다이오드를 추가하는 회로적인 개선을 실시했다. 그 결과 정전기 내성을 갖게 됨을 확인했다(황순미 외, 2011).

#### 사례 4)

금속소재 부품인 크랭크 축의 균열은 고주파 열처리 시 부피 팽창에 의해 인장응력이 최대 로 형성되는 경화층 하부에 형성된 물결무늬 층상조직에서 발생한다(송진화 외, 2006).

#### 해결책)

##### ① 발명원리 16. 과부족 조치

경화층의 깊이를 증가시켜 인장응력에 의해 균열이 쉽게 발생하는 물결무늬 층상조직을 제거한다.

#### 사례 5)

우주용 하이브리드 DC-DC 컨버터의 분석결과 트랜스포머가 가장 치명적인 요소 부품으로 나타났다. 발열 부위 온도의 크기가 트랜스포머의 높은 고장률의 원인이다(김기태 외, 2010).

#### 해결책)

##### ① 발명원리 24. 매개체(Mediator)

##### ② 발명원리 36. 상전이 (Phase Transitions)

발열 온도를 최소로 할 수 있는 방열 설계.

#### 사례 6)

현재의 펠릿 보일러는 불완전연소, 과량의 재발생, 연료공급라인을 통한 역화에 의한 화재 위험, 슬래그에 의한 막힘 등으로 인한 고장문제, 불꽃의 강·약을 송풍으로 조절함에 따른 연료과다투입 등의 여러 가지 문제점이 있다(정찬홍과 박민철, 2012).

#### 해결책)

##### ① 발명원리 15. 역동성

기존 고정화격자식 버너를 회전원판식 연소버너와 회전식 연료공급장치를 이용하여 효율이 높고 재발생이 적게 함.

#### 사례 7)

유압펌프와 같이 내부의 주요부품들이 상대운동을 갖는 회전체 그룹에서는 주요 고장모드가 효율저하이다(정동수, 2011).

#### 해결책)

##### ① 발명원리 12. 높이 맞추기

상대운동부에 힘의 평형이 반영되도록 설계 개선

## 4. 결론

본 연구에서는 40 발명원리의 신뢰성 향상을 위한 활용방안을 제시하였다. 트리즈에서는 모순을 통해 문제를 정의한다. 또한 트리즈에서는 양자를 절충하여 적절히 만족시키는 타협이나 최적화 대신 양자를 모두를 만족시키는 해결안을 제시한다. 그러나 본 연구에서 언급된

적용 사례를 살펴보면 이제까지 이루어진 신뢰성 향상은 타협이나 최적화를 이룬 것이지 문제 해소를 통한 신뢰성 향상이라고 할 수 없다.

창의적인 문제해결 도구인 트리즈를 활용하면 신뢰성의 성과를 높이는 데 기여할 수 있을 것이다. 이 연구를 통해 40 발명원리가 신뢰성 향상에 활용될 수 있는 계기가 될 수 있을 것이다. 향후에는 신뢰성 향상을 위해 트리즈를 적용하는 구체적인 방법에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 강인호, 오사무후지와라(1997), 정전기 방전에 의한 전자계 복사의 특성 해석, 전자공학 회논문지, 34권, D편 12호, 1-7.
- [2] 김기태, 김달석, 박부희, 안정진, 김종만, 장중순(2010), 우주용 Hybrid DC-DC Converter 신뢰성 예측, 신뢰성응용연구, 10권, 3호, 171-182.
- [3] 송진화, 홍기정, 장창환, 김영섭(2006), 금속소재 부품의 고장분석 사례, 신뢰성응용연구, 6권, 1호, 51-61.
- [4] 정동수(2011), 압력보상형 유압펌프 신뢰성 시험평가 기술, 신뢰성응용연구, 11권, 4호, 371-385.
- [5] 정찬홍, 박민철(2012), 안전성을 고려한 고효율 목재펠릿 보일러 개발, 신뢰성응용연구, 12권, 1호, 35-46.
- [6] 지텍산업(2007), 가스미터 다이어프램의 가속수명시험 및 신뢰성향상, 부품·소재 신뢰성기반기술확산사업, 지식경제부.
- [7] 현대엘이디(2012), 절전형 스마트 LED 실내조명의 신뢰성 향상, 부품·소재 신뢰성기반기술확산사업, 지식경제부.
- [8] 황순미, 정용백, 김철희, 이관훈(2011), 통신용 증폭기의 ESD 고장분석과 대책, 신뢰성응용연구, 11권, 3호, 251-265.
- [9] Caplan, S., Tschirhart, M. and Hipple, J.(2010), 40 Principles with Examples: Human Factors & Ergonomics, The TRIZ Journal, February.
- [10] Cool, J.P.(2005), Maeketing TRIZ in the global marketplace: A primer, The TRIZ Journal, July.
- [11] Dourson, S.(2004), The 40 Inventive Principles of TRIZ Applied to Finance, The TRIZ Journal, October.
- [12] Mann, D.(2002), Disruptive Advertisement: TRIZ and the Advertisement, The TRIZ Journal, October.
- [13] Marsh D.G., Waters, F.H. and Marsh, T.D. (2004), 40 Inventive Principles with Applications in Education, The TRIZ Journal, April.
- [14] Retseptor, G.(2003), 40 Inventive Principles in Quality Management, The TRIZ Journal, March.