



THEME 02

기계류 부품의 신뢰성 향상

김 형 의 | 한국기계연구원 신뢰성평가센터, 센터장 | e-mail : khe660@kimm.re.kr
강 보 식 | 한국기계연구원 신뢰성평가센터, 실 장 | e-mail : kbs668@kimm.re.kr

이 글에서는 기계류 부품의 개발 기간 및 수명주기의 단축과 고성능화를 요구하고 최근의 산업흐름 현실 속에서 신뢰성 향상을 위한 종합적인 품질보증 신뢰성평가 기법과 시험비용 및 평가시간 단축을 위한 가속수명시험법 개발 추진체계 등 기술 현황에 대하여 소개하고자 한다.

기계산업은 설계/평가 기술력에 의해 부가가치의 수준이 결정되고, 기초 소재에서 완성 기계 생산까지 최소 4~5단계의 오랜 개발 기간이 필요한 고부가가치 산업으로 기술개발 후 상용화가 되면 장기간 대외 경쟁력을 확보할 수 있는 핵심 기간산업이라 할 수 있다. 따라서 선·후진국가 간 기술력 격차가 크고, 후발 경쟁국이 단기간에 기술 경쟁력을 확보하기 어려운 산업이다.

기계산업의 선두주자인 일본, 미국, EU 등의 선진국에서는 핵심 기계류 부품을 중심으로 기계 기술에 전자, 정보, 재료 기술을 종합한 기술융합 부품을 전략산업으로 집중 육성하고 있으며, 고효율, 안전성, 친환경성, 고 신뢰성에 대한 소비자의 요구조건을 충족시켜 품질 경쟁력을 높이고 있다. 이들 국가들은 축적된 핵심 설계기술, 가공기술, 평가 기술을 기반으로 세계 기계 산업 시장을 약 65% 장악하고 있으며, 세계 기계류 핵심부품의 공급기지 역할을 담당하고 있다. 또한 중국, 인도, 동남아시아 등의 후발 경쟁국의 성장으로 인하여 저가형 일반 기계류부품의 세계시장 점유율이 점점 증대되고 있는 추세이다.

이러한 기술 환경 및 시장 상황 변화 속에서 우리나라의 기계류부품 산업은 선진국의 핵심 기계류 부품과 개발도상국의 저가형 일반 기계류 부품 사이에서 위협

을 받고 있으며, 내수경기의 침체, 원자재가 상승, 고유가 등으로 인해 많은 어려움에 직면해 있는 상황이다.

기계류 부품 신뢰성 향상의 필요성

산업기술의 고도화 및 중국 등 후발 경쟁국의 추격 등으로 인하여 기계류 부품의 개발주기 및 수명주기는 점점 짧아지고 고급화, 다기능화, 고성능화로 인하여 구조 및 성능은 점점 복잡하고 다양해지고 있다. 이에 따라 시스템 전체 및 이를 구성하는 부품의 품질보증과 규정된 사용조건에서 의도하는 기간 동안 고장 없이 요구된 기능을 수행하기 위한 신뢰성에 관한 중요성이 증

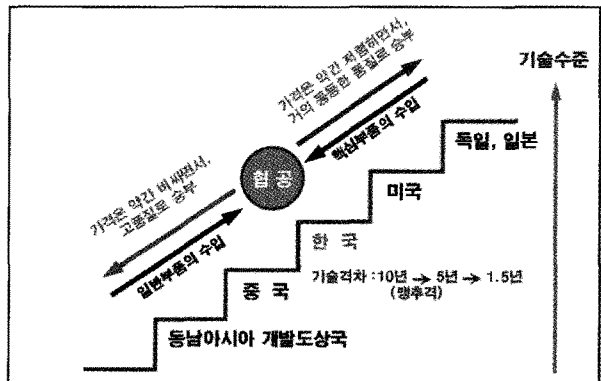


그림 1 위협을 받고 있는 국내 기계 부품 산업

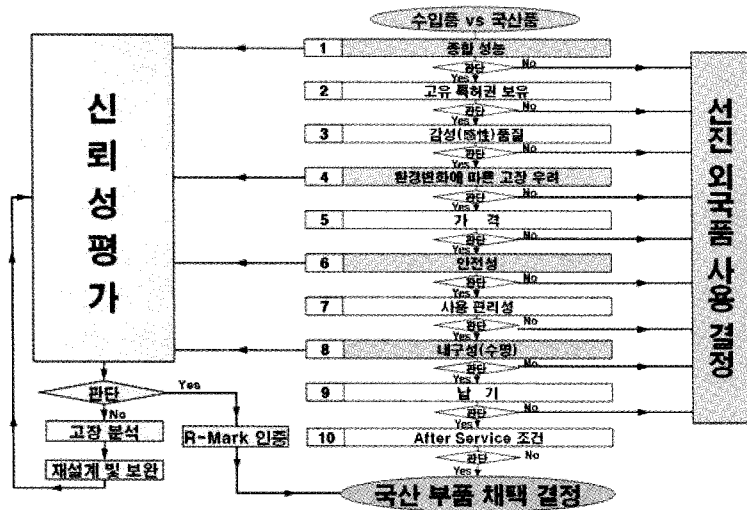


그림 2 국내 기계류 부품의 경쟁력과 신뢰성평가

대되고 있다. 또한 고장발생으로 인한 경제적 손실 발생의 대처, 제품책임(PL) 법의 시행에 따른 안전성 확보, 제품개발 일정의 단축, 시험비용 감소, 보증수명의 증대를 통한 시장의 확대 등을 위하여, 수명관련 특성과악과 고장분석을 위한 합리적인 신뢰성 평가방법이 절실히 필요하다.

하지만 국내 기계류 부품 생산업체는 경제·기술적으로 열악한 중소기업들이 대부분을 차지하고 있어 신뢰성에 대한 인식과 신뢰성을 평가할 수 있는 신뢰성 평가 인프라(평가 장비, 전문 기술인력 등)가 매우 취약한 실정이다. 따라서 독



그림 3 KIMM 신뢰성평가센터의 구축 장비(총 251종)

자적인 설계기술 개발보다는 선진국의 설계기술에 의존하는 경우가 많아 신제품 개발 과정의 신뢰성 평가에서 획득할 수 있는 수명정보, 고장메커니즘 등의 신뢰성 관련 정보가 거의 없고, 제조과정의 단순한 품질 확인시험만을 수행하므로 신뢰성을 확보하지 못하여 잔 고장, 짧은 수명과 같은 신뢰성관련 문제들이 계속 야기되고 있다. 이러한 문제들은 제품의 신뢰성을 인정받지 못하고 소비자들로부터 외면당하는 이유가 되고 있다.

따라서 기계류 시스템을 구성하는 부품의 개발기간 단축에 따른 미지의 고장 발생 요소의 해결, 수요자의 신뢰성 데이터 요구, 선진국의 신뢰성 보증 시스템에 대응할 수 있는 표준화된 신뢰성 평가 및 인증제도의 인프라가 필요하다.

한국기계연구원(이하 'KIMM') 신뢰성평가센터는 기계류 부품의 신뢰성 향상을 위하여 건설기계, 방산장비, 항공기, 선박, 철도차량, 자동차, 자동화기계 등 20개 핵심 부품의 고장 및 수명 미달 부품의 분석을 통한 설계 및 성능 개선을 지원하는 종합건강검진센터와 같은 역할을 수행하고 있다. 현재 우리 센터에서는 국내 기계류 부품의 신뢰성 향상을 위하여 종합성능 및 수명 시험장비 168종과 환경시험장비 41종, 계측장비 42종 등 총 251종의 신뢰성 평가장비를 구축, 운영 중에 있으며, 2010년 기준 329업체를 지원하였으며, 2011년 현재 약 200여 업체의 지원을 진행 중에 있다.

신뢰성 인증을 위한 신뢰성평가기법

KIMM 신뢰성평가센터는 신뢰성평가의 의문을 해결하고 각종 어려움을 극복할 수 있는 방향을 제시하기 위하여, 독창적으로 개발한 "13단계의 한국적 신뢰성

Step 1	신뢰성평가 품목에 대한 세계유명 품질인증규격 조사
Step 2	보증수명(Qualification Life) 결정
Step 3	신뢰성 척도(Reliability Measure) 결정
Step 4	주요 고장모드 및 시험항목 도출
Step 5	형상모수(Shape Parameter) 결정
Step 6	샘플수(Sample Size) 결정
Step 7	신뢰수준(Confidence Level) 결정
Step 8	합격판정기준(Failure Acceptance Rule) 결정
Step 9	가속수명시험(Accelerated Life Test) 방법 결정
Step 10	수명시험 시간의 계산
Step 11	시험 효과성(Test effectiveness) 분석
Step 12	내환경성 시험항목(Environment Test Items) 결정
Step 13	안전성 시험항목(Safety Test Items) 결정

그림 4 기계류 부품의 신뢰성 인증기법 13 step

인증 기법"을 정립하였다. 13단계 인증 기법은 기계류 부품의 종합적인 품질보증을 위한 신뢰성평가를 설계하고 수행하는 데 있어서 보증수명은 어떻게 결정하는지, 신뢰성 척도는 어떻게 표현하는 것인지, 몇 개의 샘플로 어떠한 시험항목을 선정하고 시험할 것인지, 신뢰수준은 얼마로 할 것인지, 합격판정기준은 어떻게 결정할 것인지, 수명시험시간은 어떻게 계산할 것인지 등에 대한 방법론으로 요약된다.

아울러, 새롭고 고도의 기술을 지닌 제품들의 개발기간은 짧아지고 있는 반면 오랜 기간 동안 고장없이 사용 가능하도록 고 신뢰도 제품 제조에 대한 필요성이 증대되고, 보다 빨리 고객의 요구에 대응하기 위해서는 짧은 기간 내에 부품과 재료의 신뢰도에 대한 정보를 신속히 획득해야 한다. 따라서 사용조건보다 가혹한 조건에서 시험을 실시하여 시험시간을 단축시키고, 제품의 고장 메커니즘을 촉진하여 가속한 조건에서의 시험 결과로부터 사용조건 수명을 추정하는 앞서 언급한 신뢰성 인증기법 중 Step9의 가속수명시험(Accelerated Life Test)법이 요구되고 있다.

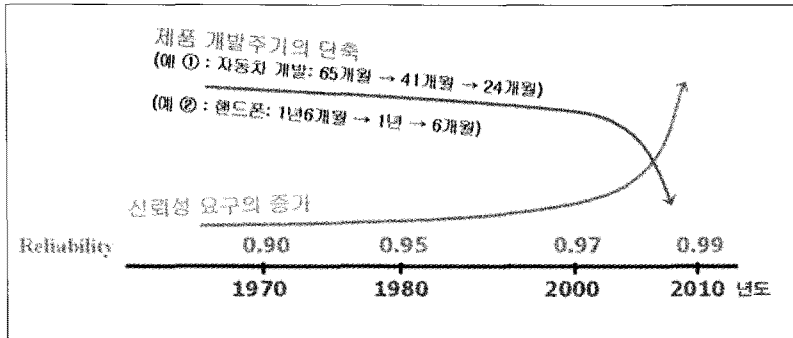


그림 5 가속수명시험법의 필요성

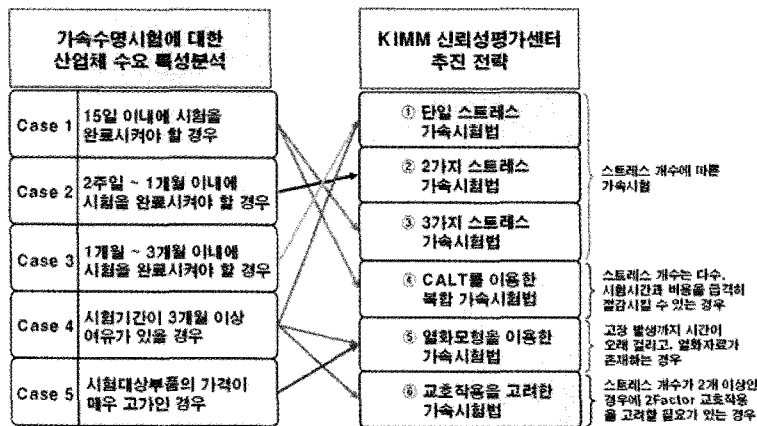


그림 6 가속수명시험법 추진 전략

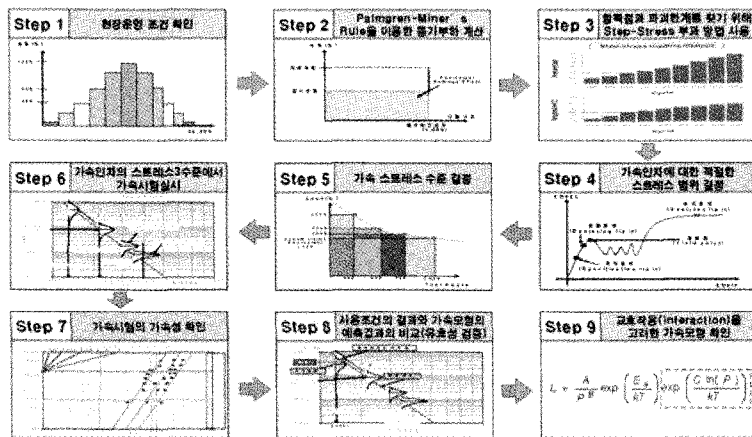


그림 7 가속수명시험법 추진 체계

기계류 부품의 가속시험법

현재 국내 기계류 부품에 대한 신뢰성 시험은 상기 내용과 같이 정상수명 시험의 한계점으로 인해 가속수명시험의 필요성이 대두되고 있지만 시험장비, 가속시험관련 전문기관의 부족 등으로 인해 현실적으로 국내 연구원, 중소기업에서 가속수명시험을 수행하는데 많은 어려움이 존재하고 있다. 이러한 가속수명시험의 한계 및 어려움을 극복하기 위해 부품의 고장과 관련된 성능 특성치가 시간에 따라 열화되는 정도, 즉 열화량을 측정하여 열화모형으로부터 사용조건에서의 수명을 예측하는 가속열화시험 (Accelerated Degradation Test)을 시도하기도 한다. 이는 미리 설정한 시험시간까지 시험을 종결할 수 있고 이 시점에서 고장이 발생하지 않았더라도 열화모형을 통해 수명자료를 예측할 수 있다. 국내에서는 한정된 개발 기간으로 인해 가속수명시험에서 가속열화시험을 시도하는 연구원 및 업체들이 증가하고 있는 실정이다.

KIMM 신뢰성평가센터에서는 기계류 부품 가속시험과 관련하여 산업체의 수요와 시험비용, 소요시간 등의 시험환경 분석을 바탕으로 단일스트레스 가속시험에서 CALT를 이용한 복합가속시험, 교호작용을 고려한 가속시험까지 대상품목에 가장 적합한 가속시험법을 그림 6과 같이 선택하여 진행하고 있으며, 핵심 기계류 부품에 대한

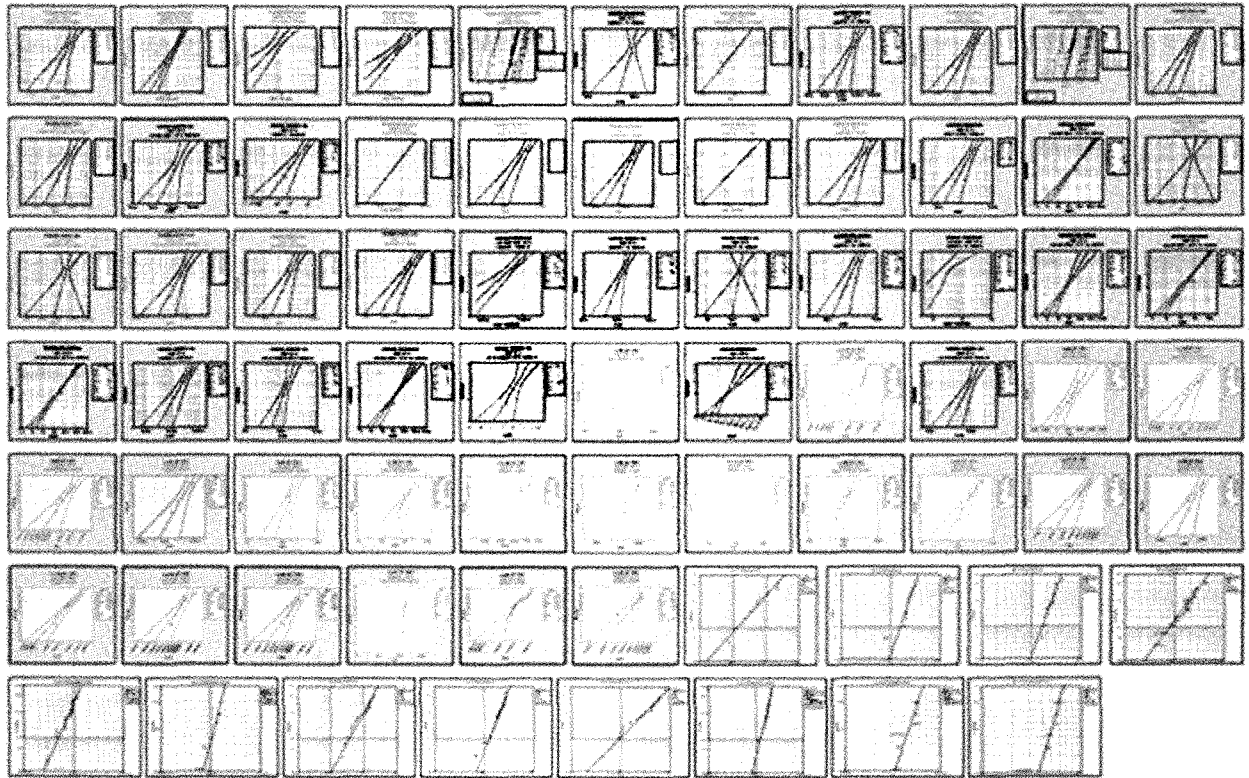


그림 8 KIMM 신뢰성평가센터의 형상모수 도출

가속시험법 개발 방법론은 현장 운영조건 확인에서부터 등가부하 계산, 가속스트레스 수준 결정, 가속성 확인 및 교호작용을 고려한 가속모형을 확인하는 총 9단계의 체계로 그림 7과 같이 정립하여 가속시험법 개발 시 적용하고 있다.

KIMM 신뢰성평가센터에서는 일련의 이러한 과정 속에서 기계류 산업분야의 주요 부품에 대한 가속수명 시험을 진행하여 총 62개 부품에 적용할 수 있는 26건의 가속 모델을 개발하였으며, 또한 총 73개 부품의 수명시험 설계를 위한 형상모수를 도출하고 있으며, 다른 기계류 부품에 대하여도 지속적인 형상모수 도출을 진행하고 있다.

맺음말

기계류부품의 신뢰성 향상을 위한 종합적인 품질보증을 위하여 신뢰성평가를 설계하고 수행하는 데 있어서 보증수명의 결정과 신뢰성척도 표현, 시험항목의 선정, 수명시험시간의 산출 등에 관한 13단계의 신뢰성평가 기법 중 가속수명시험법에 대한 필요성 및 추진 체계, KIMM 신뢰성평가센터에서 개발한 주요 가속모델 등에 대해 소개하였다. 이 글에서 소개한 이러한 신뢰성평가 추진절차 및 기법들이 국내 기계류 부품관련 기업의 신뢰성 향상을 위한 유용한 도구로 활용되길 기대하며, 현재 구축된 인적·물적 인프라를 바탕으로 체계적인 연구, 분석을 통하여 좀더 발전된 내용의 시험평가 및 가속기법이 개발될 수 있도록 지속적인 연구를 수행할 계획이다.