

공작기계의 신뢰성 분석에 관한 연구

- A Study on Reliability Analysis of Machine Tool -

이현용, 송준엽, 이승우
한국기계연구원 자동화연구부

1. 서론

기계공업은 산업화, 산업구조의 고도화, 선진화에 절대적으로 필요한 산업이며 전체 산업에 대한 연관 효과가 매우 크기 때문에 제조업의 경쟁력 강화, 고용창출, 무역수지 개선 등에서 매우 중요한 분야이다. 기계산업이 선진외국과 비교하여 발달하지 못한 이유는 기계류 제품의 생산 기반이 취약하여 범용 기계 위주의 단순 조립 가공생산 위주로 진행되어 고부가가치이고 첨단제품인 기계시스템의 대부분을 해외에 의존할 수밖에 없는 상황이었기 때문이다.

최근 모든 산업 분야에 최첨단의 신기술의 사용이 증가함에 따라 기존의 단순한 안전 계수를 바탕으로 한 제품의 설계·생산보다는 신뢰성(Reliability) 개념을 도입한 생산기법이 사용되고 있다. 특히, 신제품 또는 첨단제품을 개발할 경우 시스템 및 구성부품의 신뢰성 부여 문제는 해당 기술 분야의 선도적 역할과 제품 사용의 안전성 측면에서도 대단히 중요한 부분을 차지하고 있다.

국내에서 개발된 국산화 제품이 국내기업에서 조차 사용을 기피하는 가장 큰 이유중의 하나는 국산 개발 제품의 신뢰성에 대한 불확실성(Uncertainty) 때문이다. 제품 개발과정은 제품 Spec.을 결정하고, 설계, 제작 및 조립 후에 내구, 환경, 가속 및 성능 등의 각종 시험을 수행하고 이러한 과정 중에서 나오는 각종 기술적인 문제점을 수정 보완하는 피드백 사이클(Feedback Cycle)을 거친 후에야 최적의 설계도면이 그려지고 완성도면을 기준으로 대량생산에 착수한다.

그러나 국내의 대부분 기계제작 업체들은 규정 검사를 거치지 않고 단순히 개략적인 Test를 하거나 검사를 하더라도 과학적인 절차를 통해 얻어진 수치가 아니기 때문에 수요자의 입장에서는 국산화된 제품의 신뢰성을 믿지 못하고 있을 뿐더러 수출시에도 외국의 구매업체가 요구하는 신뢰성 데이터를 충족시키지 못하므로써 수출을 못하고 있다.

공작기계 제품과 같은 기계시스템 및 구조물은 다수의 요소 부품 등으로 구성되어 있다. 개개 부품의 기능이 서로 관련되어 전체 시스템의 기능을 발휘하게 되며, 각 부품의 신뢰성이 곧 전체 시스템의 신뢰도를 결정하게 된다. 공작기계 제품의 신뢰성을 향상하기 위해서는 개발된 제품에 대한 신뢰성을 평가하고 신뢰성 향상을 위한 분석기법 및 신뢰성 분석 데이터를 Feedback 하여 제품생산에 적용할 수 있는 시스템을 구축되어야 한다.

2. 개발제품에 대한 신뢰성 분석

A사에서 개발하고자 하는 제품은 아직 설계중이기 때문에 개발제품과 가장 유사한 제품에 대해 설계도면과 NPRD95 Data를 이용하여 MTBF를 계산하였으며 주요 연구 내용은 다음과 같다.

- 개발시스템의 구조분석(Part List, BOM)
- 품목정보, BOM정보의 DB화 및 관련 프로그램 개발
- 기존 Horizontal Machining Center의 고장상태 코드화
- Relex를 이용하여 개발품(HMC 450II)의 신뢰성 분석

2.1 제품의 구조분석(Part List, BOM)

- ① 설계도면을 참조하여 Part List 및 제품구성정보 작성
 - Part List정보 : 625 부품(구매품 255, 생산품 370) 3,215개
 - 제품구성정보 : 920개 구성정보 (50개 유니트)
- ② 신뢰성, 고장에 영향이 적은 부품을 대상에서 제외
 - 체결부품 : Bolt, Nut, Pin, Washer, Key...
 - 단순부품 : Ring, Spring, Bush...
 - 기타부품 : Cover, Collar, Bracket, Housing류
- ③ Part List 및 제품구성정보의 재작성
 - Part List정보 : 625 -> 211(가공품 141, 구매품 22, 유니트 48)
 - 제품구성정보 : 920 -> 218
- ④ Part List 및 제품구성정보의 확정
 - 동일 유니트내에서의 동일, 유사부품의 통합
 - Part List정보 : 136품목(가공품 88, 24, 유니트 24)
 - 제품구성정보 : 138

2.2 품목정보, BOM정보의 DB화 및 관련 프로그램 개발

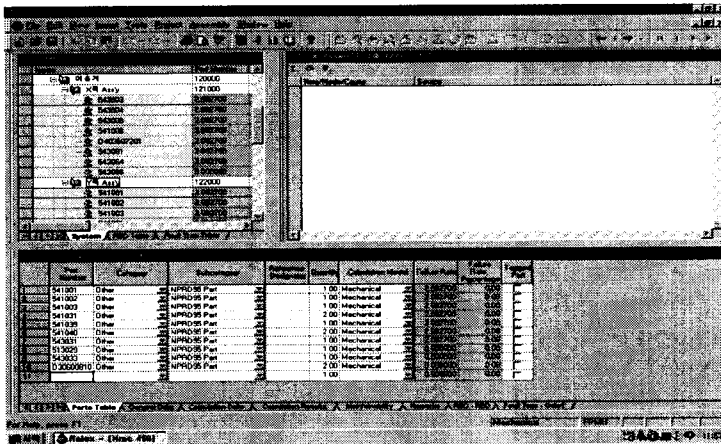
대상제품의 Data를 효율적으로 입력하고 관리하기 위해 다음과 같은 프로그램을 개발하였다.

- o Text Data를 DB로 변환하기 위한 변환프로그램 개발
 - 품목정보 변환 프로그램 : CHITEM.EXE
 - 제품구성정보(BOM)정보 변환 프로그램 : CHBOM.EXE
- o 품목정보관리 프로그램 개발(HCITEM.EXE)
 - Data 입력, 검색, 리스트 출력
- o 제품구성정보관리 프로그램 개발(HCBOMD.EXE)
 - BOM Data 입력, 검색, 리스트 출력
- o BOM Processor 프로그램 개발(HCBOMP.EXE)
 - LLC 계산 및 Loop Check 기능
 - 정전개/역전개(일단계, 다단계, 집합) 기능

2.3 대상제품의 MTBF 계산

- Relex7.0를 이용하여 분석
- 부품정보리스트, 부품구성정보 리스트를 이용하여 Tree 정보 입력
- Part Data의 입력
- 부품의 신뢰성 Data는 기존자료가 없어 NPRD95 Data를 이용하였음
- Unit에 대한 RBD(Reliability Block Diagram)를 작성, 신뢰성 계산

① Relex 7.0을 이용하여 신뢰성 분석



② 부품정보리스트, 부품구성정보 리스트를 이용하여 Tree 정보 입력

③ Part Data의 입력

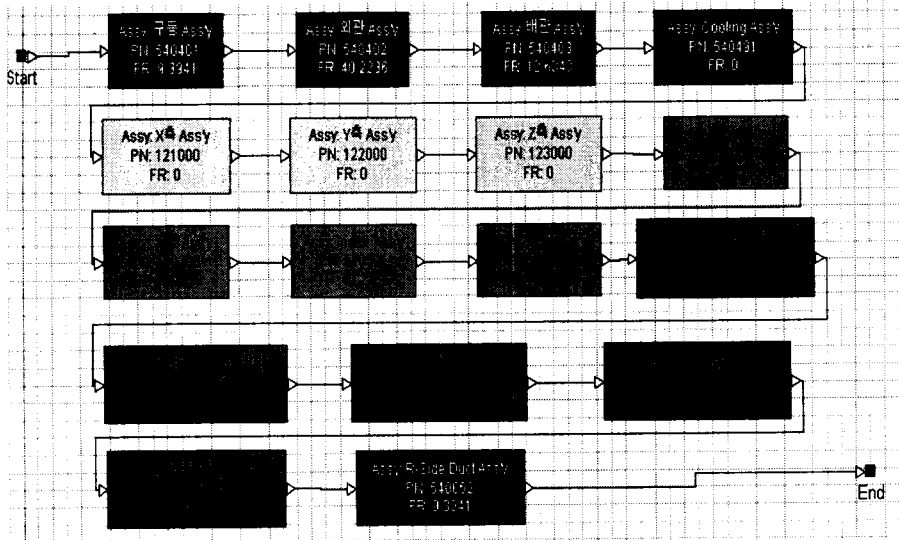
- 해당 Assembly의 부품을 입력한다.
- Part Table은 해당 조립품의 품목정보를 나타내며 여기에서 해당품목을 선택한 후 General Data에서 품목번호, 품목명칭, 구성수량등을 입력하고 카테고리, 서브카테고리를 선택한다. NPRD95를 선택하면 하단 메뉴에 NPRD Data가 나타난다.

	Part Number	Category	Subcategory	Reference Designator	Quantity	Calculation Model	Failure Rate	Failure Rate Percentage	Logged Part
1	545003	Other	NPRD95 Part		1.00	Mechanical	4.549500	34.78	<input type="checkbox"/>
2	545004	Other	NPRD95 Part		1.00	Mechanical	1.100000	8.42	<input type="checkbox"/>
3	D40400900	Other	NPRD95 Part		5.00	Mechanical	4.375000	33.48	<input type="checkbox"/>
4	545016	Other	NPRD95 Part		2.00	Mechanical	0.016000	0.12	<input type="checkbox"/>
5	545017	Other	NPRD95 Part		1.00	Mechanical	0.032000	0.24	<input type="checkbox"/>
6	545022	Other	NPRD95 Part		2.00	Mechanical	0.016000	0.12	<input type="checkbox"/>
7	543080	Other	NPRD95 Part		2.00	Mechanical	0.639500	4.89	<input type="checkbox"/>
8	545034	Other	NPRD95 Part		1.00	Mechanical	0.006000	0.06	<input type="checkbox"/>
9	545051	Other	NPRD95 Part		1.00	Mechanical	2.272700	17.39	<input type="checkbox"/>
10	545055	Other	NPRD95 Part		2.00	Mechanical	0.064000	0.49	<input type="checkbox"/>
11					1.00		0.000000	0.00	<input type="checkbox"/>

④ NPRD95 Data의 이용

- 대부분 Category는 Other, Subcategory는 NPRD 95 Part를 선택하였음 .
- NPRD 95는 기계분야에 대한 고장을 자료로서 List에서 가장 근접한 값을 선택

⑤ Unit에 대한 RBD 작성



⑥ 계산결과

관련 정보를 모두 입력한후 고장을 및 MTBF를 계산하기 위해 계산조건을 입력하였다. 주요입력항목으로는 Start Time과 End Time가 있다. 기간은 1년, Start Time=0, End Time(8760시간:1년)을 입력. 또한 Number of Data Points는 데이터의 분할을 하는 것으로 30기간으로 분할하도록 데이터를 입력하였으며 계산 결과는 다음과 같다.

- 고장을 : 503.5653/백만
- MTBF(평균고장간격) : 1,985.8시간

3. 결론

본 연구에서는 대표적인 공작기계중의 하나인 HMC(수평형 머시닝센터)에 대한 신뢰성 분석을 하였다. 고장을 503.5653/백만, MTBF(평균고장간격) 1,985.8시간이라는 계산 결과는 HMC의 신뢰도가 부족한 것으로 나타났다.

그러나 이러한 결과는 NPRD 95의 자료를 기준으로 입력한 것이며 데이터 선택시 충분한 검토를 하지 못한 부분이 많이 있기 때문에 계산결과가 정확한 것은 아니다. 또한 NPRD에 없는 자료가 있는등 상당히 보완할 부분이 많이 있다.

차기년도에는 고장요인이 많이 발생되는 ATC, 슬라이드 커버, 리니어 모터등에 대한 가속시험장치를 개발하여 신뢰성 테스트를 하고, AS Data를 이용하여 주요 부품에 대한 신뢰성 Data를 작성할 계획이다. 또한 HMC의 고장원인분석(FMEA)을 하여 이를 설계에 반영함으로써 개발제품의 신뢰성을 향상시킬 계획으로 있다.