

머시닝센터의 신뢰성 분석 사례 - A Case Study on Reliability Analysis of Machining Center -

이현용, 박종권, 송준엽
한국기계연구원 자동화연구부

Abstract

For insuring and guaranteeing the quality and efficiency of machine tool from design phase, we studied the reliability analysis and design review method. We researched the feasibility study machining center with the proposed procedure and described the analysis outputs. From this study will contribute to guide and introduce the reliability design in developing and producing phase of high quality product.

1. 서론

WTO 체제 및 수입 자유화에 의한 기업간 무한 경쟁체제로의 돌입에 따른 신뢰성을 바탕으로 한 제품보증요구가 증대되고 있으며, 거래 양식도 수량·납기·가격 중심이 기본계약에서 제품품질, 제조품질 및 보상중심의 보증계약으로 바뀌고 있어 대응전략이 시급하다.

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 입장에서 국산화된 제품의 신뢰성을 믿지 못하고 있을

뿐더러 수출시에도 외국의 구매업체가 요구하는 신뢰성 데이터를 충족시키지 못하므로 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. 공작기계제품의 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.

본 연구에서는 공작기계의 신뢰성 향상을 위해 대표적인 공작기계인 머시닝센터에 대한 신뢰성을 분석하였다.

2. 대상제품의 분석

본 연구에서는 A사의 Horizontal Machining Center를 대상으로 연구를 수행하였으며 대상품목의 사양, 부품구성등은 다음과 같다.

2.1 대상제품의 사양

테이블 작업 면적(mm)	450 x 450
각축 이송량(X,Y,Z:mm)	660 x 550 x 550
주축 회전수(rpm)	30~8,000
공구 부착수(분)	60
급이송 속도(mm)	X-24,000
	Y-24,000
	Z-20,000
주축 모터(Kw)	15/11

2.2 대상제품의 구조분석

대상제품의 설계도면과 Part List를 참조하여 구성정보와 품목정보를 정리하였다. 대상제품의

구성은 920개 구성정보(50개 유니트)로 이루어져 있고, 부품은 625종(총 부품수는 3,215개)이었다.

대상품목이 많기 때문에 작업을 간소화 하기 위해 체결부품(Bolt, Nut, Pin, Washer, Key..) 단순부품(Ring, Spring, Bush..), 기타부품(Cover, Collar, Bracket, Housing류)등 신뢰성과 고장에 영향이 적은 부품을 대상에서 제외하고, 세분류된 Unit의 통합하여 최종적으로는 제품구성정보 138개(24개 유니트), 품목정보 136개를 대상으로 하여 신뢰성을 분석하였다.

- 품목정보, BOM정보의 DB화 및 관련 프로그램 개발
- Relx7.0를 이용하여 분석
- 부품정보리스트, 부품구성정보 리스트를 이용하여 Tree 정보 입력
- Part Data의 입력
- 신뢰성 Data는 기존자료가 없어 NPRD 95 Data를 이용하였음
- Unit에 대한 RBD(Reliability Block Diagram)를 작성, 신뢰성 계산

<표 1> 주요 Unit의 구성정보

Unit	Sub Unit	구성부품
Head Ass'y	Head 구동 Ass'y	8
	Head 외관 Ass'y	6
	Head 배관 Ass'y	8
	Head Cooling Ass'y	2
이송계	X축 Ass'y	8
	Y축 Ass'y	10
	Z축 Ass'y	10
Table Ass'y	Index Table Ass'y	9
	Table Wiper Ass'y	5
	Table 외관 Ass'y	8
	Base Ass'y	4
주변장치	ATC(공구 교환장치)	10
	APC(팔렛 교환장치)	13
	유압장치 Ass'y	3
	윤활장치 Ass'y	9
	Coil Conveter Ass'y	2
전 장 부	R-Side Duct Ass'y	3
	GI GI Box Ass'y	-

3. 신뢰성 분석

3.1 주요 신뢰성 용어

- Availability : 가용도
- Maintainability : 보전성
- Predication : 예측
- Repairable : 수리성
- RBD(Reliability Block Diagram) :
- MTBF(Mean Time Between Failures) :고장율, 평균고장간격, 고장사이의 평균시간
- MTTR(Mean Time to Repair) :평균정비시간
- FMEA(Failure Mode Effect Analysis) : 고장원인분석

3.2 Tree 구조의 작성

Relx 7.0을 이용하여 신뢰성 분석하기 위해 먼저 부품정보리스트, 부품구성정보 리스트를 이용하여 Tree 정보를 입력하였다(그림 1 참조).

2.3 연구계획

- 기술사양 조사
- 제품구성정보 작성
- A/S Data 조사 및 분석
- HMC의 고장원인 분석
- 신뢰성에 영향을 미치는 주요 Unit 및 부품을 선정
- 선정된 Unit 및 부품에 대한 신뢰성 조사
- 신뢰성 평가 및 결과를 설계에 반영
- 대상제품의 신뢰성 향상

2.4 현재까지의 연구수행 내용

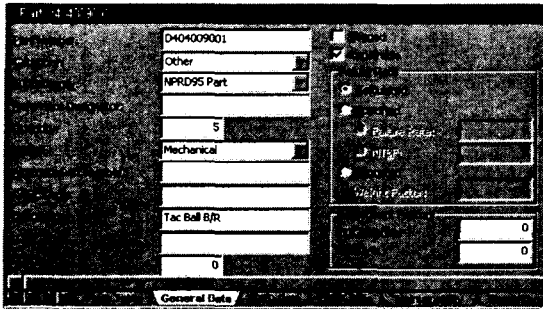
- 대상품목의 구조분석(Part List, BOM)

Name	Part Number	Description	Failure Rate
HMC 450	HMC 450	Top-level ass.	503 563000
Head Ass'y	110000		68 104200
구동 Ass'y	540401		9 354110
외관 Ass'y	540402		40 223600
배관 Ass'y	540403		12 634300
Cooling Ass'y	540491		5 852200
이송계	120000		115 193700
X축 Ass'y	121000		76 069600
Y축 Ass'y	122000		24 042100
Z축 Ass'y	123000		13 067900
Table Ass'y	130000		196 735900
외관 Ass'y	540307		68 103900
직관 Ass'y	540308		73 952000
Index Ass'y	540301		63 685900
Base Ass'y	540601		2 056300
주변장치	140000		116 394200
ATC(공구 교환장치)	141000		80 495200
APC(팔렛 교환장치)	142000		37 363000
유압장치 Ass'y	143000		2 816400
Coil Conveter Ass'y	540951		11 859900
윤활장치 Ass'y	145000		13 930900

<그림 1> HMC의 Tree 정보

3.3 Part Data의 입력

Tree 정보를 입력한후 Unit를 선택하면 하단에 해당되는 Part Table이 나타내며 여기에서 해당품목을 선택한후 General Data(그림 2 참조)에서 품목번호, 품목명칭, 구성수량등을 입력하고 카테고리, 서브 카테고리를 선택한다.

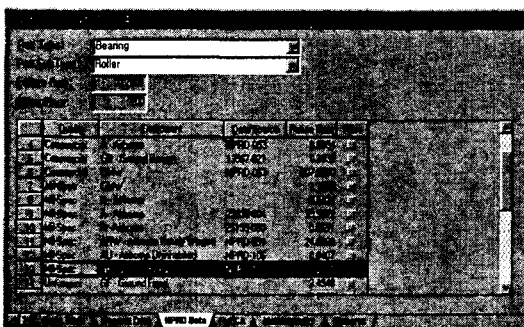


<그림 2> D4004009001/Tac Ball B/R Part의 General Data 정보 입력

3.4 부품의 고장을 입력

대상제품을 구성하고 있는 부품에 대한 고장율 Data가 없어 고장율 NPRD95을 이용하여 고장율을 입력하였다. NPRD95는 1970년 초부터 1994년 5월까지 다양한 회사에서 개발한 부품과 어셈블리등 전기,전자,기계,전자기계,마이크로 웨이브 부품들의 필드데이터를 종합하여 만든 데이터베이스로서 현재 기계파트에서 시스템 고장율 계산에 자주 응용하고 있다.

이러한 이유는 기계부품의 고장율 예측이 난해하기 때문이며, 장점으로는 이용하기가 간편하다는 점이 있고 단점으로는 환경이나,재질,등급등에 대한 유사품목을 임의로 설정하기 때문에 개인에 따라 지정 부품이 다를 수 있다는 점이다.

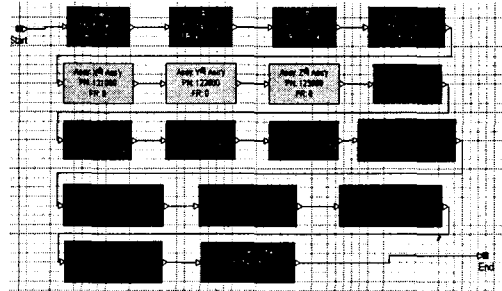


<그림 3> NBRD95를 이용한 고장율 선택

NPRD95를 이용하기 위해서는 먼저 General Data에서 Category Other, Subcategory는 NPRD95 Part로 선택한후 하단 메뉴에서 NPRD Data를 선택하면 그림 3과 같이 화면이 나타난다. 그림에서와 같이 Part Type와 Part-Subtype를 선택한후 고장율 자료 리스트에서 가장 근접한 값을 선택하면 된다.

3.4 Unit에 대한 RBD 작성

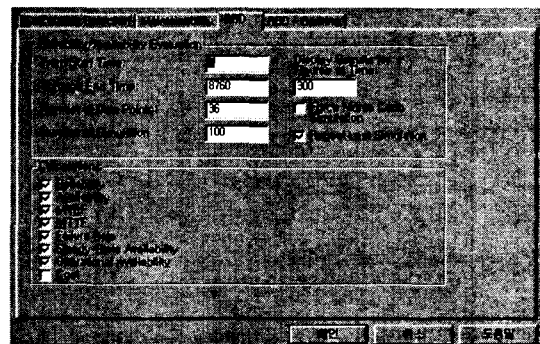
신뢰성 분석을 위해 제품구성정보를 기초로 하여 Unit에 대한 RBD(신뢰성블록선도)를 그림 4와 같이 작성하였다.



<그림 4> HMC의 RBD 구성

3.5 고장율 및 MTBF 계산

관련정보를 모두 입력한후 고장율 및 MTBF를 계산하기 위해 계산조건(그림 5 참조)을 입력하였다. 주요 입력항목으로는 Start Time과 End Time이 있다. 기간은 1년, Start Time=0, End Time(8,760시간을 입력하였다. 계산조건 입력후 계산을 하였으며 계산결과는 고장율·503.5653/백만, MTBF(평균고장간격) 1,985.8시간 이었다.



<그림 5> 계산조건 입력

Time	Availability	Reliability	Failure Rate	Unreliability
0	1.00000000	1.00000000	503.56529751	0.00
250.29	1.00000000	0.98158381	503.56529751	0.00
500.57	1.00000000	0.97719002	503.56529751	0.00
750.86	1.00000000	0.96519814	503.56529751	0.00
1001.14	1.00000000	0.94024232	503.56529751	0.00
1251.43	1.00000000	0.92249807	503.56529751	0.00
1501.71	1.00000000	0.94344166	503.56529751	0.00
1752.00	1.00000000	0.41365219	503.56529751	0.00
2002.29	1.00000000	0.36464539	503.56529751	0.00
2252.57	1.00000000	0.32164129	503.56529751	0.00

<그림 6> 계산결과

4. 향후 연구계획

HMC의 신뢰성에 대한 기초 데이터가 거의 없는 상태에서 조립도면과 Part List를 자료를 기초로 하여 제품을 구성하고 있는 제품 Tree를 작성하고, Relx Software 7.0를 이용하여 신뢰성을 분석하였다. 이는 신뢰성 분석절차 및 과정을 이해하는데에는 도움이 되지만 데이터의 정확도는 없는 자료임을 먼저 이야기 하고자 한다.

향후 수행하고자 하는 연구내용은 기술자료, AS/자료, 시험검사자료등을 조사하고 이를 현장의 기술진과 검토하여 입력 데이터의 정확도를 향상시켜 정확한 신뢰성을 산출하고자 하며 향후 주요 연구계획은 다음과 같다.

4.1 제품구성정보의 재작성

Controller, 전장품에 대한 구성정보가 없어 이의 보완이 요구되고, 조립도면 중심으로 작성한 Tree 구조를 A/S 단위(분야) or 고장내역등을 고려하여 기능중심으로 재작성하고자 한다.

4.2 A/S Data의 조사

HMC의 고정요인을 코드화 한후 A/S Data를 이용하여 고장빈도수를 체크하여 부품의 고장율을 작성하여 NPRD 95 Data와 비교하고자 한다.

4.3 Data의 검증

설계부서, A/S부서의 담당자와 Unit별 고장율에 대한 검증을 하고자 한다. 검증방법은 유니

트별 가중치를 이용할 계획이며, 검증시 문제가 제기된 부품에 대해서는 고장율에 대한 재조사를 수행할 계획이다.

4.4. 고장원인 분석

고장의 빈도수가 많은 Unit을 대상으로 고장의 원인을 조사하고 고장이 미치는 영향을 조사/분석할 계획이다. 또한 Unit를 구성하고 있는 부품의 고장율에 대해서도 집중분석하고 데이터를 구하기 어려운 경우에는 시험장치를 제작하여 고장을 정보를 얻고자 한다.

4.5 분석결과를 설계에 반영

신뢰성 분석결과를 설계부서에 제공하여 설계에 반영함으로써 대상제품의 신뢰성을 향상시키고자 한다.

5. 결론

본 연구에서는 공작기계의 신뢰성 향상을 위해 대표적인 공작기계인 머시닝센터에 대한 신뢰성을 분석하였다. 1차 분석결과 고장율 503.5653/백만, MTBF(평균고장간격) 1,985.8시간이라는 계산 결과와 나왔으며, 이는 HMC의 신뢰도가 부족한 것을 의미한다.

이것은 NBRD 95의 자료를 기준으로 입력한 것이며 데이터 선택시 충분한 검토를 하지 못한 부분이 많이 있기 때문에 계산결과가 정확한 것은 아니다. 또한 NBRD에 없는 자료가 있는등 상당히 보완할 부분이 있다.

차기년도에는 HMC의 고장요인을 코드화 한후 A/S Data를 이용하여 고장빈도 및 고장요인을 분석할 계획이다. 또한 고장요인이 많이 발생하는 슬라이드 커버, ATC, 리니어 모터등에 대한 가속시험장치를 개발하여 신뢰성 테스트를 하고자 한다.

A/S Data, 신뢰성 실험 결과등을 이용하여 주요 유니트 및 부품에 대한 신뢰성 Data를 작성할 계획이다. 또한 HMC의 고장원인분석(FMEA)을 하여 이를 설계에 반영함으로써 대상제품인 HMC의 신뢰성을 향상시킬 계획으로 있다.