

고속 Line Center의 ATC 신뢰성 평가

이승우[#], 이화기^{*}, 신동환^{**}

Reliability Evaluation of ATC for High-Speed Line Center

Seung Woo Lee[#], Hwa Ki Lee^{*} and Dong Hwan Shin^{**}

ABSTRACT

Recently, the reliability evaluation and analysis are applied for many industrial products which are required to guarantee in quality and efficiency. The purpose of this paper is to present some of reliability evaluation methodologies that are applicable to machine tools. Especially ATC (Automatic Tool Changer), which is a core component of line center, was chosen as the target of the reliability evaluation and analysis. The scope of research is reliability prediction, reliability test and evaluates their results. The results of reliability evaluation have shown the failure rates, MTBF (Mean Time Between Failure), reliability for those components of ATC and real tests reliability through the constructed reliability test-bed. It is expected that proposed methodologies would increase reliability for a high-speed line center.

Key Words : ATC(공구자동교환기구), High-speed line center(고속라인센터), Reliability evaluation(신뢰성 평가), Failure rates(고장률), MTBF(평균고장간격시간), Reliability test-bed(신뢰성 시험기), Weak parts(취약부)

1. 서론

신뢰성이란 성능이라는 요소에 시간이라는 요소가 합쳐진 하나의 품질척도라고 할 수 있다. 이러한 신뢰성 품질척도가 초기의 전기전자부품 및 방산제품에서 최근에는 전 산업분야에 적용되는 품질기준이 되고 있다. 특히 공작기계와 같은 기계시스템 구조물은 1만 여종의 요소부품들로 구성되어 있으며 이러한 부품들이 유기적으로 연결되어 전체 시스템의 기능을 발휘하게 된다. 따라서 각 부품이

가지는 신뢰성은 전체 시스템의 신뢰성을 결정하는 것이라 할 수 있다.⁶

기계류품의 신뢰성 평가의 종류는 크게 신뢰성 예측과 신뢰성 시험으로 구분할 수 있으며, 신뢰성 예측방법으로는 FMEA(Failure Mode & Effect Analysis), FTA(Fault Tree Analysis), Worst Case Analysis, 고장률데이터 베이스 조합법 및 A/S 데이터의 상용법 등이 있다. 신뢰성 시험방법은 시험시간의 절약을 위하여 가혹 조건에서 수행하는 가속 수명시험, 내구성 및 내환경 시험을 포함하는 동작

접수일: 2005년 9월 7일; 게재승인일: 2006년 4월 14일

교신저자: 한국기계연구원 지능기계연구센터

E-mail lsw673@kimm.re.kr Tel. (042) 868-7147

* 인하대학교 산업공학과

** 대구경북과학기술연구원

시험 등이 있으며 이러한 방법들은 신뢰성 평가방법에 의해 적절히 선택되어 진다.⁴

일반적인 신뢰성 평가는 제품의 사양결정과 설계/제작 후에 내구시험, 환경시험, 가속시험 및 성능시험 등을 통해 나타난 문제점을 보완하고 양산에 착수하게 된다. 이러한 생산단계는 성능시험 후에 양산을 함으로서 신뢰성의 결여 및 결여된 신뢰성에 많은 시간과 자원이 투입된다. 현재 기계류품에 대한 신뢰성 기술은 제작사 및 사용자에서의 품질 및 신뢰도 데이터가 충분하지 않고 시험평가의 기준이 없는 기계류품이 많기 때문에 이러한 부품 및 제품의 신뢰성 평가에는 많은 어려움이 있다.³ 또한 기계류품의 신뢰성 모델링은 많은 경우 실제 실험 데이터를 기반으로 통계적인 모델이 이루어져야 하나 신뢰성이 나타내는 제품의 취약부 및 품질노출 등의 특수성 때문에 기계류 부품에 대한 신뢰성 정보는 전기전자류 부품에 비해 매우 열악한 편이다. 신뢰성 시험에 있어서도 적합한 가속수명 모델을 찾기 힘들고 많은 시간이 소요되기 때문에 제대로 수행되고 있지 않은 실정이다.⁶ 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 설계단계에서부터 신뢰성 개념을 도입하여 신뢰성 예측과 시제품 제작 단계에서 시험을 통한 취약부 규명 등을 통해 피드백이 이루어지는 개발 프로세스의 확립이 필요하다.⁵

본 연구에서는 앞에서 언급한 기계류품이 가지고 있는 신뢰성 평가에서의 문제를 보완하기 위해 설계단계에서부터 신뢰성을 부여를 위한 신뢰성 예측과 신뢰성 시험을 고속 라인센터에서 가장 고장발생빈도가 높은 ATC(Automatic Tool Changer)를 대상으로 실시하였다. 신뢰성 예측을 위해 고장률 데이터베이스 조합에 의한 신뢰도 예측을 실시하고 예측된 결과를 바탕으로 취약부를 분석하였다. 이와 함께 ATC의 내구성 테스트를 위한 신뢰성 시험기를 제작하여 신뢰성을 평가와 신뢰성 향상방안에 대해 연구를 하였다.

2. 고속 Line 센터의 ATC의 구조분석

2.1 ATC의 구성

라인센터는 자동차의 트랜스퍼를 보다 효율적이고 유연하게 생산하기 위한 유연라인(flexible line)을 구성하기 위한 핵심적인 기계라고 할 수 있다. 라인센터의 특징으로는 기존의 머시닝센터와 비교해 폭이 좁고 주축회전수가 높으며 부가장치의

탈/부착으로 쉽게 Fig.1과 같은 가공라인을 구성할 수 있다. 이러한 부가장치중 하나는 빠른 속도로 필요한 공구를 공구보관소(Magazine)에서 추출하여 주축에 있는 기존공구와 교체하여 빠른 가공이 이루어지게 하는 ATC가 있다.¹

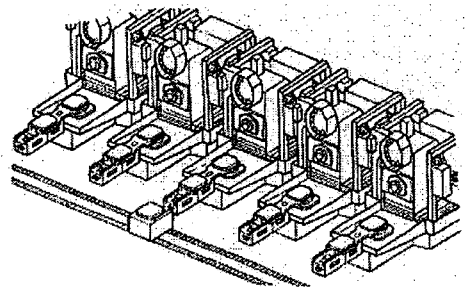


Fig. 1 Flexible line using line center

ATC는 라인센터의 상단 혹은 측면에 설치되어 라인센터의 구성유닛 중 가장 움직임이 많고, 고장이 많이 발생하는 것으로 보고되고 있다. 2001년 한국공작기계협회의 조사 자료에 의하면 수평형 머시닝센터의 구성유닛 중 고장발생 빈도 1순위는 ATC & Magazine으로 조사되었으며 다음이 APC, 주축, 제어장치, 구동부 순으로 나타났다.²

ATC의 종류로는 매거진의 Tool Pocket에 있는 공구를 교환 Arm이 주축에 있는 공구와 동시에 교환하는 Twin Arm Type과 공구의 홀더 측면이 매거진에 직접 장착되어 ATC가 움직이면서 공구를 교환하는 Umbrella Type이 있다. 본 연구에서는 Fig.2에 나타낸 것과 같이 Umbrella Type의 ATC에 대해 신뢰성 평가를 실시하였다. 고속 라인센터에서 Umbrella Type ATC를 사용한 이유는 구조가 간단하기 때문에 경량화와 고속화를 이룰 수 있기 때문이다.¹

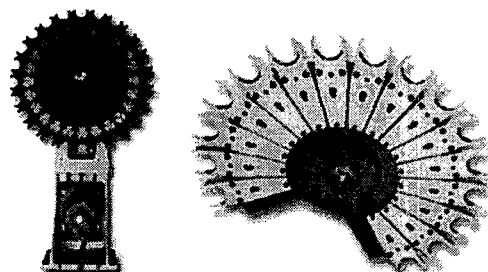


Fig. 2 Umbrella Type ATC

평가에 사용된 ATC는 Fig.3에서 보는 바와 같이 Main부와 Arm부로 구분할 수 있으며 각각은 주요기능에 따라 4개의 서브계와 3개의 서브계로 구성되어 있다. ATC를 구성하는 주요부품 수는 Main부가 40개이고 Arm부가 26개로 구성되어 있다.

로 되어있고 각종 센서나 이를 연결하는 Bracket과 Plate로 구성되어 있다. ATC의 이송과 회전동작을 위해 2개의 서보모터와 각종 기구를 구성하는 스프링, 핀 등이 주요 구성품이다.

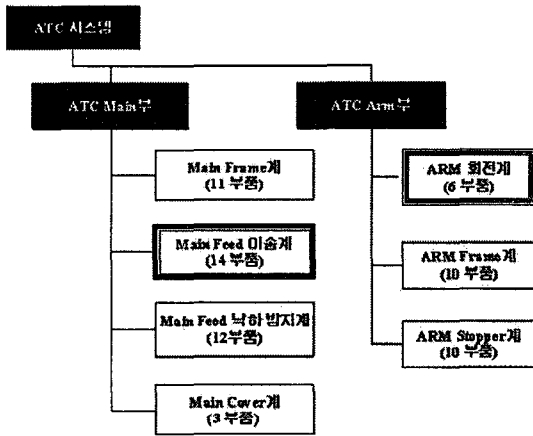


Fig. 3 Classification of sub-assembly of ATC

Table 1 Failure Mode and their causes of ATC

고장현상	고장요인
ATC Gripper 변형	NC 프로그램 에러
공구인식불가	매거진 회전 Relay 불량
공구교환 불가	Motor Gear 파손
매거진 Overload 발생	Gripper Spring 파손
공구 착/탈 불량	Bearing 마모
공구낙하 현상 발생 등	근접스위치 오작동 등

2.2 ATC의 동작 및 고장모드

공구를 교환하기 위한 ATC의 주요동작은 Fig. 4에 나타난 것처럼 Main부의 이동과 Arm부의 회전 작용으로 구분된다. 공구교환 순서로는 라인센터의 주축과 연동하여 ATC Down → Tool Unclamp → Z축 후진 → ATC 회전 → Z축 전진 → Tool Clamp → ATC Up → Tool Check 등의 순으로 이루어지며 하나의 Cycle은 약 5초에서 6초정도가 소요된다.¹

ATC의 고장 현상으로는 ATC 그리퍼 변형 발생, 공구인식 에러, 공구교환 불가, 공구매거진 과부하 발생, 공구 착탈 불량, 공구낙하 현상 등이 있으며, 이에 대한 요인으로 NC 프로그램 에러, 매거진 회전용 릴레이 접점불량, 모터기어 파손, 그리퍼 스프링 파손, 매거진 인텍스 볼트 파손 및 베어링 마모 등이 있다. Table 1에 ATC의 고장모드와 원인을 분석하였다.

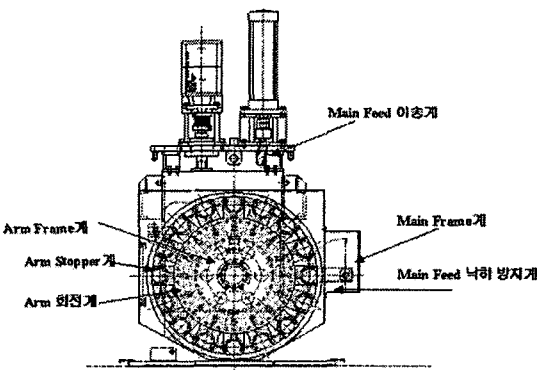


Fig. 4 The mechanism of changing tool

3. ATC의 신뢰성 예측

3.1 예측결과 분석

신뢰성 예측의 목적은 설계한 시스템에 신뢰성을 부여함에 있어 제품의 개발단계에 따라 신뢰성을 확인하고, 문제점을 실제 생산에 앞서 파악하여 시장에서의 제품경쟁력 향상과 돌발 사고에 따른 손해를 미연에 방지하는 것이다.⁷ 이절에서는 설계 단계에서의 신뢰도를 예측하기 위해 ATC의 기본 자료를 바탕으로 고장률 데이터베이스를 이용한 ATC의 정량적 신뢰도(MTBF, Failure rates, 신뢰도 등)를 산출하였다.

고장률 정보를 검색하기 위해 ATC의 구성품에 대해 사양 조사를 하였다. 재질관련 규격으로는 KS D4301 회주철품, KS D3709 니켈 크롬 몰리브덴 강재 규격 집을 참조하였으며, 구성품의 규격은 제조 회사규격 및 KS 규격 등을 바탕으로 하였다. 사용된 고장률 데이터베이스는 기계류부품의 신뢰성 정보를 가지고 있는 NPRD95(Non-electric Part Reliability Data)를 사용하였으며, 고장분포가 지수분포

ATC는 기계제품의 특성상 대부분이 단품구조

인 특징이 있다. NPRD에서의 고장률 정보 검색은 해당부품의 대분류(Part Type)를 구분하고 대분류에 포함된 Part Sub Type을 선정하면 사용 환경에 따른 고장률 리스트가 출력된다. 출력된 고장률에서 품질기준, 환경, 재질 등을 고려하여 설계에 사용된 부품을 선정한다.⁸ Fig. 5에 NPRD/EPRD 기반의 고장률 검색결과를 나타내었다.

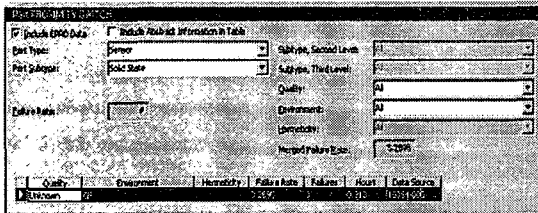


Fig. 5 Searching failure rates based on NPRD/EPRD (Part Type: Sensor, Part Subtype: Solid State)

본 연구에서는 품질기준과 사용 환경을 바탕으로 적정 고장률을 선택하였다. 품질 기준은 대부분 상용 혹은 Unknown을 기준으로 하였으며, 사용 환경은 GF(Ground Fixed)를 선택하였으나 취약부품이라 생각되는 부품은 설계자와 협의를 하여 GM(Ground Mobile)환경을 선택하였다. 예측조건으로는 Duty Cycle 100%(24시간 운전기준), 운전온도 상온(30℃), 운전조건 Ground Begin Controlled로 설정하였다.

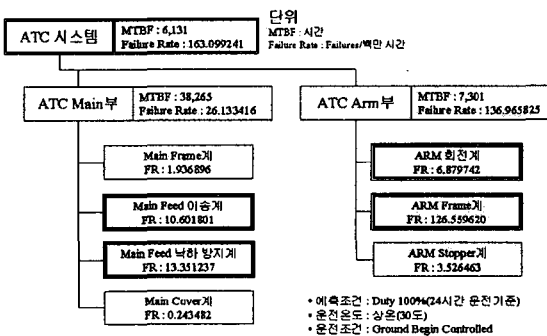


Fig. 6 The results of reliability forecasting for ATC

예측결과로는 MTBF 6,131시간, Failure rates: 163.009241 Failures/백만 시간 및 신뢰도 0.983822로 분석되었다. 일반적인 머시닝센터의 시스템 레벨의 MTBF가 약 4,000에서 5,000시간 정도임을 고려하면 분석된 ATC 시스템의 MTBF 6,131시간은

상당히 양호한 것으로 판단된다.

3.2 예측결과를 이용한 취약부 분석

ATC의 부품 구성표를 기준으로 분석된 ATC 시스템의 서브계별 신뢰성 예측치를 Fig. 6에 나타내었다. ATC의 상하운동을 하는 Main부는 MTBF 38,265시간, 매거진을 회전시켜 공구를 교환하는 Arm부는 MTBF 7,301시간으로 분석되어 Arm부가 고장이 많이 발생하는 것으로 나타났다. Arm부에서 고장이 많이 발생하는 서브계는 Frame계로서 Failure rates 126.559620 Failures/백만 시간으로 분석되었으며 이는 Arm부 전체 Failure rates의 약 92% 이상을 차지하는 것이다. 회전계는 Failure rate 6.879741 Failures/백만 시간으로 Frame계에 비해 Failure rates이 높지 않으나 공구를 장착하고 있는 매거진의 취약부분 분석을 위해 구조해석을 실시하였다.

신뢰도는 시간의 흐름에 따라 변화하는데 Fig. 7에 ATC 서브계의 신뢰도 변화를 나타내었다. MTBF 6,131시간까지의 신뢰도는 Arm부가 Main부에 비해 신뢰도 저하가 빨리 일어나며 그 중에서도 Frame계가 가장 빠르게 신뢰도 저하가 발생하는 것으로 나타났다. 이는 ATC의 대부분의 고장이 Arm부 Frame계에서 나타난다는 것을 의미한다. 이와 같은 현상은 ATC의 고장발생 이력과 A/S 자료 분석에서도 비슷한 결과를 나타내고 있다.

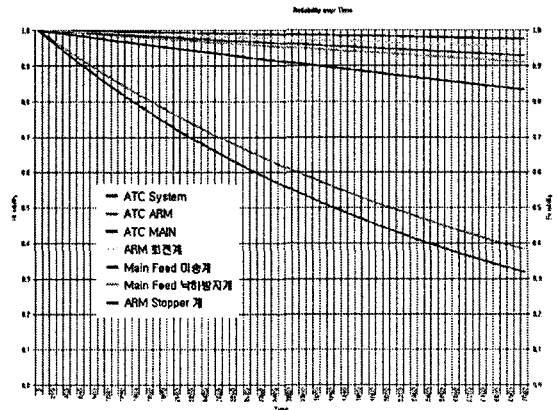


Fig. 7 Change of reliability over time

Arm부 Frame계의 부품별 고장률 및 share percentage를 Table 2에 나타내었다. Share percentage는 assembly의 고장률을 100으로 하였을 때 이 부

품이 해당 assembly에서 차지하는 고장률 비율을 나타내는 것으로 이 숫자가 높으면 높을수록 신뢰도에 많은 영향을 미치게 된다.

Table 2 Failure rates and share percentage of Arm's frame of ATC

품명	수량	Failure rates	Share Percentage
Name Plate	1	0.123800	0.098
Sub Cap	32	9.244800	7.30
Disk	1	0.041300	0.033
DU Bush	1	0.414900	0.33
Snap Ring	16	8.990135	7.10
Spring	16	7.282000	5.75
Finger	16	0.145942	0.12
Spring	16	95.380800	75.36
Pusher	16	4.800000	3.79
Key	16	0.145942	0.12

Arm부 Frame계의 기능은 umbrella type ATC에서 공구를 잡고 있는 기능을 하는 것으로 압축, 복귀용 스프링과 그리퍼의 조합에 의해 공구를 잡고 이러한 부품들이 매거진 디스크에 부착되어 있는 형태로 되어있다.

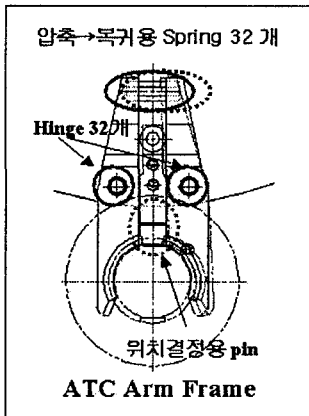


Fig. 8 The core components and structure of Arm Frame

가장 고장률이 높은 부품은 공구를 잡는데 사용되는 스프링의 고장률이 가장 높은 것으로 분석되었다. 특히 압축/이완용 스프링 중에서 압축용 스프

링의 고장률이 더 높은 것으로 나타났으며 전체의 75%이상 고장이 압축용 스프링에서 발생하는 것으로 분석되었다. 특히 매거진에 부착되어 지는 공구의 무게와 이를 지지하기 위한 구성부의 무게에 의한 매거진 디스크의 휨 현상도 A/S 결과 분석되고 있다. Fig. 8에 Arm부 Frame계의 구조 및 핵심부품을 나타내었다. 이외에도 서보모터, 근접스위치, 커플링 등의 부품이 고장률이 높은 것으로 분석되었으며 Table 3에 나타내었다.

Table 3 Analysis of weak parts using reliability prediction

서브계	취약부품
Arm Frame	압축/이완용 Spring
	Hinge Type Snap Ring 및 Sub Cap
	위치결정용 Pin
Arm 회전	Magazine Disk 변형
	Index용 Servo 모터
	Index 결정 근접스위치
Feed 낙하방지	회전축용 Drive Shaft
	상/하 운동 위치 결정 근접스위치
Feed 이송	Oil Seal
	Feed용 Servo 모터
기타	Coupling
	Sensor Mounting용 Bracket

4. Magazine Disk 구조해석

설계단계에서 수행된 신뢰도 예측의 취약부 분석과 A/S 분석에서 나타난 매거진 디스크의 변형에 의한 공구 착탈 불량원인을 알아보기 위해 매거진 디스크의 구조해석을 실시하였다.

평가대상 ATC는 16개의 공구를 장착할 수 있으며, 공구 1개당 무게는 조금씩 차이가 나지만 평균적으로 약 8kg 정도이다. 따라서 장착된 공구무게로 인한 편하중 때문에 디스크의 변형을 초래할 것으로 예상된다.

매거진 디스크의 소재는 SM45C이며 탄성계수 (Gpa) 210, 포아송비 0.3이다. 경계조건은 축 끝단을 고정하는 방식이며 하중조건은 매거진 디스크의 회전속도(Max. 35rpm)에 의한 원심력으로 설정하였다. 해석조건은 공구를 전부 장착한 경우와 Fig. 9와 같이 8개의 공구를 한 방향으로 장착한 경우로 하였다.

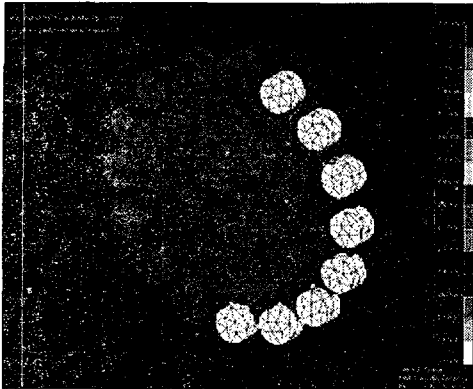


Fig. 9 Distribution of displacement - Half

구조해석의 결과로서 최대응력은 공구를 전부 장착한 경우에도 6.22MPa로서 디스크의 소재인 SM45C의 항복강도 279MPa 보다 매우 작으므로 디스크의 변형의 관점에서는 문제가 없는 것으로 분석되었다. 공구를 편심지게 장착한 경우에는 3.91MPa로 계산되었다.

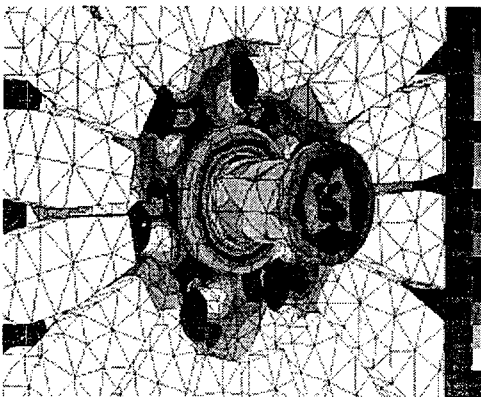
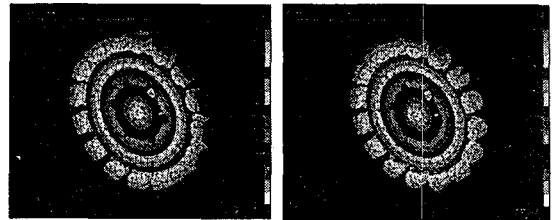


Fig. 10 Weak point of magazine disk

디스크에서 응력이 가장 크게 발생하는 취약부위는 Fig.10에서 보듯이 매거진 디스크와 축이 연결되는 부위이다.

최대 변위는 공구를 전부 장착한 경우 0.00653 mm로서 ATC의 위치정밀도에 영향을 주지 않을 것으로 판단된다. 두 경우의 결과로 판단해 보면 공구장착의 편심 유무보다는 장착된 공구의 개수가 원심력에 대한 매거진 디스크 전체의 강도나 강성에 영향을 미칠 것으로 판단된다. Table 4에 매거진 디스크의 구조해석 결과를 나타내었다.



(a)Full (b)Half

Fig. 11 Distribution of displacement

Table 4 Results of FE analysis for Magazine Disk

CASE	최대 주응력	최대 등가응력		최대 변위	
	크기(MPa)	크기(MPa)	위치	크기(mm)	위치
Full	6.22	1.04	축과 판의 연결부위	6.53e-3	공구 끝단
Half	3.91	0.613	축과 판의 연결부위	3.77e-6	공구 끝단

5. ATC 신뢰성 평가

5.1 신뢰성 평가 장치 개발 및 방법

앞에서 분석한 신뢰성 예측의 취약부와 구조해석결과를 바탕으로 ATC Arm Frame계와 Main Feed계의 내구성 측면의 고장모드를 평가, 분석할 수 있는 신뢰성 시험기를 ISO 표준을 바탕으로 Fig.12와 같이 제작하였다.

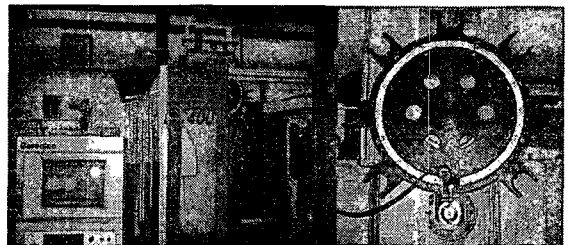


Fig. 12 Reliability test-bench for endurance

제작된 시험기는 실제 라인센터에서 운영되는 ATC를 대상으로 근접센서와 가속도 센서를 이용하여 공구의 유무와 횡수를 감시하고 진동에 의한 근접센서의 고장유무를 감시할 수 있도록 구성되어 있다. 또한 각 구동부에는 근접센서와 Dog를 장착

하여 설계 의도된 Stroke 범위를 이송하는지와 운영시간 및 횟수를 감지할 수 있도록 하였으며 Over Travel시 NC에서 Alarm이 작동되도록 구성하였다.

신뢰성 실험방법은 ISO/TS 21748, ISO 10791-4를 기준으로 하였으며, ATC에서 고장의 정의는 고장모드가 가장 빈번한 공구의 낙하(Lost)로 정의하였다. 공구교환은 ATC가 주축으로부터 공구를 Catch하여 135° 정방향 회전을 하고, 다시 역 방향 회전을 한 후 주축에 공구를 Clamping하는 것을 한 Cycle로 하였다. 그리퍼에 사용되는 공구 Shank는 HSK63A Type으로 최대 공구경 100mm, 최대 공구길이 300mm를 선정하여 그리퍼용 핑거(Finger) 크기를 선정하였다. 공구의 낙하 감지는 매거진에 장착한 근접센서가 공구의 유/무와 함께 탈착 횟수를 기록하고 모니터링 하는 것으로 하였다.

실험조건은 그리퍼가 공구를 잡은 채 무부하 연속운전을 하는 것으로 하고 회전속도는 최대 35rpm, 시험의 편의를 위해 8개의 그리퍼와 1개의 공구만을 사용하였다.

5.2 결과 분석 및 설계개선

일반적으로 라인센터가 하루 8시간 필드에서 운영될 경우 ATC는 하루 평균 약 500회 정도의 공구교환이 발생될 것으로 예상된다.

개발된 시험기에서 최초 고장이 발생한 것은 공구 교환 횟수가 170만회 (약 7초/cycle; cycle(공구 Catch→135° 정방향 회전→역 방향 회전→공구삽입) 정도에서 공구낙하가 발생하였다. 공구낙하의 원인은 반복된 공구 탈착으로 그리퍼가 마멸된 것이 원인으로 분석되었다.

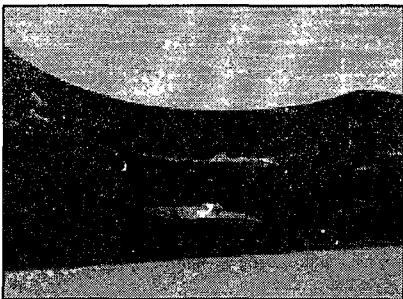


Fig. 13 Wear of Gripper's Finger

Fig. 13은 그리퍼 핑거의 마멸 부위를 나타낸 것으로 약 200만회 부근에서 공구낙하가 발생하였다.

이 역시 그리퍼 핑거의 마멸 Failure에 의한 것으로 분석되었다. 실제 ATC의 연속사용 시간은 약 6,500시간을 상회하나 신뢰성 내구시험에서는 이보다 훨씬 미치지 못하는 2,900시간 정도에서 그리퍼의 핑거가 마모되는 결과를 낳고 있다. 이는 기계 구조 및 구성부품의 성능저하라기 보다는 부품의 소재 및 조립 등에 의해 영향을 받는 것이 지배적이라 할 수 있다. 또한 그리퍼의 마멸분석을 하는 과정에서 예측결과에서 나타난 것처럼 압축용 스프링의 강성과 소재 문제로 인하여 Fig. 14와 같이 변형된 것을 알 수 있었다.

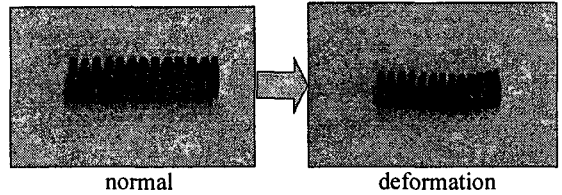


Fig. 14 Deformation of spring for compression

신뢰성 시험에서 나타난 문제점을 해결하기 위해 마멸이 빨리 발생하는 그리퍼 핑거의 재질을 경도와 내마모성이 우수한 소재로 개선하였으며, 공구 그리퍼 압축용 스프링의 강성이 우수한 부품으로 교체하였다. 그리퍼 핑거의 소재를 SM45C(경도 H_RC 45, 인장강도 70kgf/mm²)에서 SCM435(경도 H_RC 50, 인장강도 95kgf/mm²)로 개선하였다.

또한 스프링의 강성개선을 위해 스프링 내경, 스프링 부하, 형상, 길이 등을 고려하여 강성을 40 kgf/mm 에서 52kgf/mm 로 향상된 제품을 Arm Frame에 적용시켰다. Fig. 15는 강성이 개선된 전/후의 스프링 모습을 나타낸 것이다.

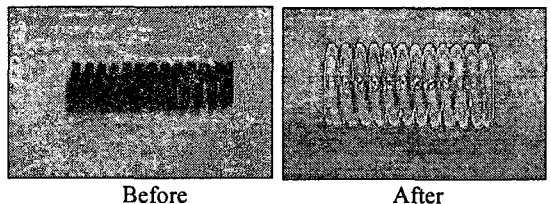


Fig. 15 Improved stiffness of spring

현재 개선된 그리퍼 핑거와 스프링을 적용하여 신뢰성 시험을 계속하고 있으며, 기존의 마멸된 그리퍼 핑거의 분석에서 공구 접촉부위의 마멸뿐만

아니라 Fig. 16에 나타낸 것 같이 그리퍼 핀의 휨 현상까지 발생한 것으로 나타났다.

이와 같은 설계 및 부품개선 작업을 통하여 라인센터의 ATC의 신뢰성 목표인 MTBF 6,500 시간을 달성할 수 있으리라 생각된다.

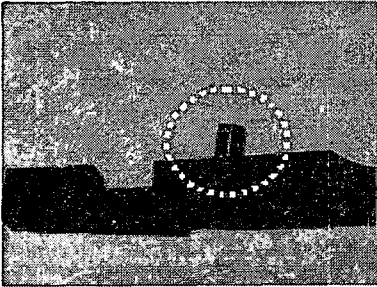


Fig. 16 Bending of gripper pin(hinge type)

6. 결론

본 연구에서는 라인센터의 신뢰성 향상을 위해 고장발생빈도가 가장 높은 ATC를 신뢰성 평가 대상으로 정하고, 고장률 데이터베이스를 이용한 신뢰성 예측 및 취약부 분석, 매거진 디스크 변형검증을 위한 구조해석 및 내구성 실험을 통한 신뢰성 개선방안을 제시하고 개선작업을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 설계된 ATC의 신뢰성 예측을 고장률 데이터베이스를 기반으로 한 신뢰성 예측작업을 실시하여 MTBF 6,131시간 정도의 정량적 신뢰도를 산출하였다. 일단 설계도 및 부품정보만을 기준으로 한 신뢰도는 목표 설계치를 만족하고 있으며, 이를 기반으로 ATC 서브계의 신뢰도 및 취약부위를 분석하였다.

2) 공구 편심장착에 따른 매거진 디스크의 구조해석을 실시하여 최대응력은 정적강도 면에서 크게 문제가 없는 것으로 분석되었으며, 매거진 디스크와 축이 연결되는 부위가 응력이 가장 크게 발생하는 것을 확인하였다.

3) 신뢰성 시험을 통하여 Arm Frame계의 그리퍼 마멸 Failure 및 압축용 스프링의 Failure를 확인하여 재질변경, 인장강도, 강성 등을 개선하여 설계 변경하여 적용하였으며, 신뢰성 예측에서 분석된 취약부품과 실제 시험에서의 고장분포를 비교/확인

할 수 있었다. 이러한 과정을 통해 ATC의 신뢰성 개선이 이루어지리라 사료된다.

개선된 부품을 적용하여 보다 많은 신뢰성 실험과 이를 통한 신뢰성 정보를 확보함으로써 ATC에 대한 정확한 신뢰성 평가와 향상에 대한 기본 자료로 사용되기를 기대한다.

후 기

본 연구는 부품-소재 신뢰성 기반 기술 확산사업의 일환으로 진행되었음.

참고문헌

1. Lee, S. W., Lee, H. K. and Shin, D. H., "Reliability Evaluation of ATC for High-Speed Line Center," A Report of Research, BSM 528-1114.M, MOCIE/KIMM, 2005.
2. Kim, B. S., Kim, J. S., Lee, S. H., Song, J. Y. and Lee, S. W., "A Study on Failure Mode Analysis of Machining Center," J. of KSPE, Vol. 18, No. 6, pp. 74-79, 2001.
3. Lee, S. W. and Lee, H. K., "Reliability Prediction for VDI Turret," J. of KISE, Vol. 28, No. 1, pp. 49-54, 2005.
4. Lee, S. W., Song, J. Y. and Lee, H. K., "A study on Reliability Evaluation for core units for Machine Tools," J. of Applied Reliability, Vol. 3, No. 1, pp. 41-58, 2003.
5. Lee, S. W., Song, J. Y., Hwang, J. H. and Park, H. Y., "Method and Application of Reliability Evaluation for Core Units of Machine Tools," Proc. of KSPE, pp. 43-46, 2001.
6. Song, J. Y., Lee, S. W., Kang, J. H. and Park, H. Y., "Quality Function Deployment of Core Unit for Reliability Evaluation of Machine Tools," Proc. of KSPE, pp. 59-62, 2001.
7. Blanton, H. E. and Jacobs, R. M., "A Survey of Technique for Analysis and Prediction of Equipment Reliability," Trans. of IRE RQC, 1961.
8. MoaSoft Inc., "A Guide Book for Reliability Prediction," KyoWooSa, pp. 351-365, 2002.