

## Maypole Type 편조기의 Guide Track의 동적 모델링 및 해석

정원지\*, 김재량<sup>+</sup>, 최선준<sup>++</sup>, 김임선<sup>+++</sup>

(논문접수일 2003. 1. 17, 심사완료일 2003. 6. 4)

Dynamic Analysis and Modeling of Guide Track for a Braiding Machine of Maypole

Won-Jee Chung\*, Jae-Lyang Kim<sup>+</sup>, Sun-Jun Choi<sup>++</sup>, Im-Sun Kim<sup>+++</sup>

### Abstract

Braiding machines of maypole type have complex guide tracks. It is not easy to speed up drivers while carriers are moving at high speed. This paper presents a new design approach using dynamic analysis and modeling for moving carriers on the guide tracks. The proposed approach will be shown to be effective by using simulation tool, WORKING MODEL 2D<sup>®</sup>, for high speed drivers on new models of braiding machines of maypole type.

**Key Words :** Braiding Machine(편조기), Dynamic Analysis(동적 해석), Modeling(모델링), Guide Track(가이드 트랙), Carrier(캐리어), Tension Control(장력 조절)

### 1. 서론

메이폴 타입(Maypole type)의 편조기는 현재 세계적으로 널리 사용되고 있으며 그 응용분야도 다양하다. Fig. 1은 가장 기본적인 메이폴 타입의 편조기로 중심 축이 되는 기준 봉(실)을 중심으로 다른 여러 가닥의 실들이 일련의 순서를 가지고 회전함으로써 어떠한 Pattern(패턴)을 가진

제품을 연속적으로 생산해 낼 수가 있다<sup>(1)</sup>. 따라서 이러한 여러 가닥의 실들이 이동하기 위해서는 실들이 감겨있는 보빈(Bobbin)을 이동시키는 장치인 캐리어(Carrier)와 이것에 이동경로가 되어주는 가이드 트랙(Guide track)이 필요하게 된다. 하지만 Fig. 1의 편조기처럼 단순한 형태(원형 단면)가 아닌 단면의 패턴이 복잡한 제품을 생산하기 위해서는 가이드 트랙 역시 복잡한 형상을 갖추어야 하며, 이로

\* 주저자, 창원대학교 메카트로닉스공학부 (wjchung@sarim.changwon.ac.kr)  
주소: 경남 창원시 사림동 9번지  
<sup>+</sup> 창원대학교 대학원 기계설계공학과  
<sup>++</sup> (주)TOPS 대표이사  
<sup>+++</sup> (유)알파 대표이사

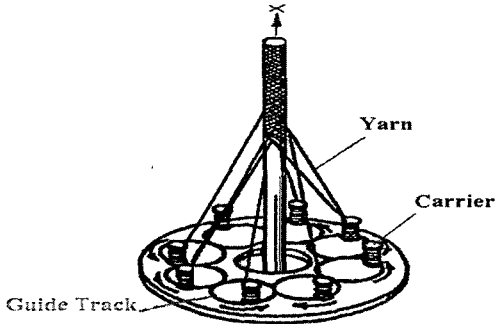


Fig. 1 Braiding machine of Maypole type

인해서 캐리어의 운동은 제한을 받을 수밖에 없다<sup>(2)</sup>.

본 연구는 복잡한 패턴의 제품을 생산하기 위한 메이폴 타입의 편조기에 있어서 효과적인 모델링(Modeling)<sup>(3)</sup>을 통해서 가이드 트랙 상에서의 캐리어의 동적 거동을 관찰하고 특성을 파악함으로써<sup>(4)</sup> 가이드 트랙을 재 설계<sup>(5)</sup>하여 캐리어의 구동을 안정화시키고 편조기의 고속운전을 실현하며 나아가 실제 생산 현장에 적용 시 불량률 감소와 생산속도 증대에 그 목적이 있다.

## 2. 시스템 구성 및 모델링

### 2.1 시스템 구성

본 연구의 대상이 된 다각형 단면 패턴을 가진 제품을 생산하기 위한 메이폴 타입 편조기의 시스템 구성은 Fig. 2와

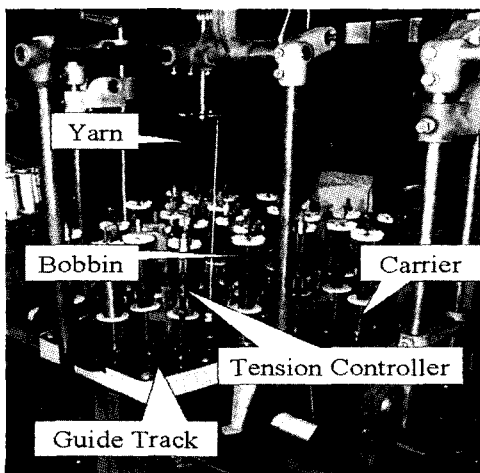


Fig. 2 System of braiding machine

같다. 보빈은 가이드 트랙을 타고 움직이는 캐리어에 장착됨으로써 원료인 실을 연속적으로 공급해 주며, 장력조정장치(Tension controller)는 공급되는 실들이 일정한 장력을 유지하도록 해주는 보조기구이다. 그리고 캐리어는 보빈과 장력조정장치를 하나로 통합해 주는 장치이며 가이드 트랙 아래에서 회전하고 있는 구동기어에 부착되어진 포크(Fork)에 구속되어서 가이드 트랙을 타고 움직인다.

본 시스템에서의 직조의 원리는 Fig. 1에 관한 설명과 같이 중심이 되는 실을 기준으로 여러 가닥의 실들이 교차되면서 제품이 연속적으로 생산되는 것이다. 하지만 다각형 단면 패턴을 형성하기 위해서 가이드 트랙의 형상이 Fig. 1의 그것에 비해 매우 복잡하게 구성되어야 한다. 이로 인해 고속운전시 가이드 트랙을 타고 움직이는 캐리어는 장력조정장치의 한계를 넘어서는 가속도 불연속과 여러 가지 충돌 현상을 일으키게 되고 결국은 제품의 불량률이 발생하게 되는 것이다.

### 2.2 시스템의 모델링 및 방법

복잡한 시스템을 모델링 하기 위해서는 기본적으로 시스템의 단순화와 재구성이 필요하게 된다. 본 연구에서는 복잡한 형상을 가진 가이드 트랙과 그 위를 구동하는 캐리어가 이에 해당된다고 할 수 있다. 하지만 실제 시스템을 고려하지 않은 재구성은 오히려 현실성의 결여를 초래할 우려가 있으므로 이 점에 유의할 필요가 있다. 그렇다고 해서 과도하게 현실에 집착하게 되면 실제 해석에 필요 없는 많은 조건들을 생성하게 되어 오히려 좋지 않은 결과를 초래하게 된다. 본 연구에서 2차원 해석 툴(Tool)을 사용한 것도 이러한 맥락에 의한 것이다. 컴퓨터 상에 모델링된 대상물은 현실 그 자체가 될 수 없으며 3차원해석에서는 많은 파라미터(Parameter)부여를 해줘야 하기 때문에 오히려 현실을 반영하는데 어려움을 겪게된다. 따라서 시스템에 대한 정확한 이해와 고찰을 통해 단순화와 재구성을 이루어 내고 이것을 통해 원하는 결과를 얻어내는 것이 오히려 현실의 반영에 충실하다고 할 수 있을 것이다.

#### 2.2.1 가이드 트랙(Guide Track)의 모델링

가이드 트랙은 캐리어가 이동하는 경로가 된다. 우선, 본 연구에서 수행된 모델링 방법들이 일회성이 아닌 다양한 형태의 가이드 트랙에 적용 가능하도록 하는 것인데, 그 방법이 다음에 제시될 단일 폐루프(Closed loop)의 분리와 파일 변환이다.

복잡한 형상의 가이드 트랙의 동적 해석을 위해 Fig. 3에 서와 같이 캐리어가 이동하는 단일 페루프를 단위로 가이드 트랙을 하부와 측면, 두 가지 경우로 나누어 재구성하였다. 이렇게 하면 기존 시스템의 왜곡 없이 시뮬레이션 속도를 상승시킬 수 있을 뿐만 아니라 단일루프에서의 캐리어의 움직임을 좀 더 세밀하게 관찰 할 수 있게 되어 효과적인 시뮬레이션 환경을 구축할 수 있다. 그리고 여러 가지 재 설계 방안을 적용한 가이드 트랙의 수정작업도 보다 원활하게 이루어질 수 있다.

다음으로 제시되는 모델링 방법은 도면 파일의 변환이다. 전술한 바와 같이 여러 가지 재설계 방안을 적용하여 시뮬레이션 즉, 동적 해석을 수행하기 위해서는 많은 시간이 소요된다. 그러므로 시간을 단축할 수 있는 방안이 필요한데 이를 위해서 강구해낸 방안이 바로 파일 변환이다. Fig. 4에서 나타낸 바와 같이 실제 제작에 사용된 도면(AutoCAD® : dwg)을 표준형인 dxf(WORKING MODEL 2D®)로 변

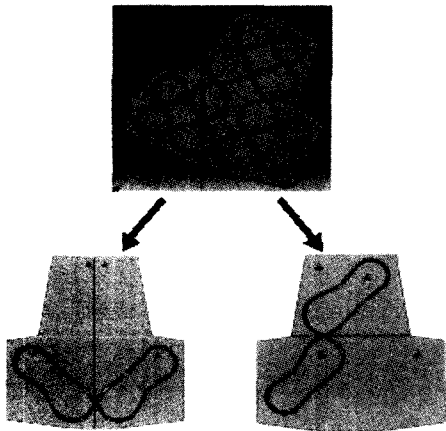


Fig. 3 Remodeling of guide tracks

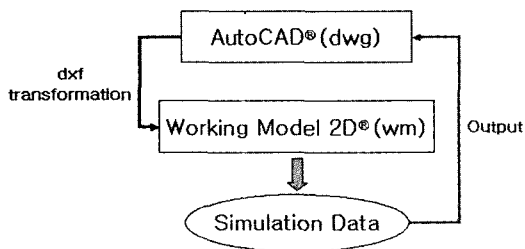


Fig. 4 Data Exchange and dynamic analysis

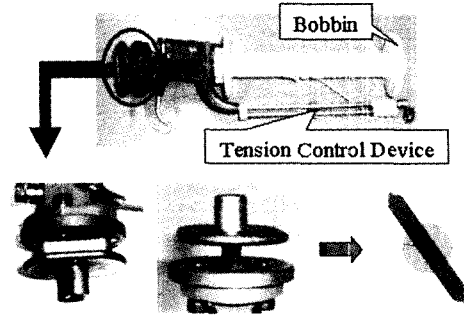


Fig. 5 Modeling of carrier

환하여 시뮬레이션 환경을 구축하고 동적 거동을 관찰한 다음, 문제가 되는 부분을 dwg형식에서 수정하여 다시 파일 변환 과정을 거쳐서 시뮬레이션을 수행하는 방법을 반복하게 된다. 이러한 방법을 사용하면 계속적인 가이드 트랙의 수정이 짧은 시간 안에 이루어 질 수 있을 뿐만 아니라 상대적으로 도형 정의의 기능이 떨어지는 시뮬레이션 툴의 단점을 보완할 수도 있다.

### 2.2.2 캐리어(Carrier)의 모델링

캐리어는 가이드 트랙을 따라 직접 이동하는 메이플 타입 편조기에서 필수적인 요소이다. 일반적으로 장력조정장치와 보빈이 같이 장착되어 제품의 원료라고 할 수 있는 실을 연속적으로 공급해 주는 역할을 한다.

캐리어의 모델링에서 가장 중요한 것은 동적 해석에서 필요한 요소만을 추출해 내는 것이다. 앞에서 열거한 보빈이나 장력조정장치 등은 모두 해석에 반영하는 것은 매우 어려운 것일 뿐만 아니라 정확도 향상에 아무런 도움을 주지 못한다 따라서 실제 가이드 트랙 상에서 캐리어의 움직임을 파악할 수 있는 부분만을 시뮬레이션 환경 속으로 투입할 필요가 있다. Fig. 5는 캐리어에 장착된 나머지 요소를 모두 제외한 가이드 트랙과 직접 접촉하는 부분과 구동력을 전달해 주는 부분만을 실측에 의해서 모델링 한 것을 나타낸 것이다. 우리는 이러한 단순화된 모델링을 통해서 실제로 동적 해석을 수행할 때 캐리어의 속도와 가속도 그리고 움직임을 보다 빠른 시간 내에 세심하게 관찰할 수 있었다.

### 2.2.3 구동 기어의 모델링

구동기어는 Fig. 6에서와 같이 포크가 장착되어 있어서 캐리어가 가이드 트랙을 따라 움직이도록 이끌어 주는 역할을 한다. 그리고 정밀도가 요구되므로 기본적으로 앞의 가

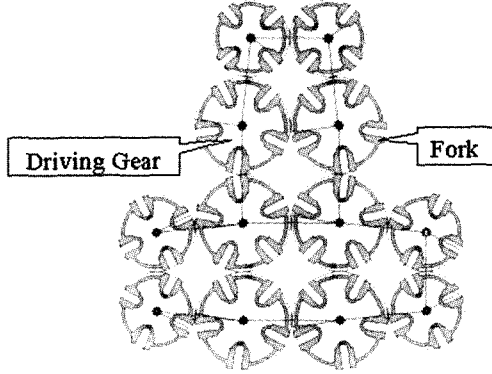


Fig. 6 Modeling for driving gear and fork

이드 트랙의 모델링 방법인 파일 변환으로 생성한다. 다만 구동기어는 가이드 트랙처럼 계속해서 바뀔 필요가 없으므로 한 번의 파일 변환 과정만을 거치게 된다. 하나의 모터로부터 전달받은 구동력으로 전체 기어가 서로 맞물려 회전하고 포크는 기어에 부착되어 있으므로 기어와 같은 비율로 회전하게 된다.

### 3. 동적 해석(Dynamic Analysis)

#### 3.1 시뮬레이션(Simulation) 환경

캐리어의 동적 거동을 관찰하기 위한 시뮬레이션 환경은 Fig. 7에 나타난 바와 같다. 위치 데이터(Position data)는 캐리어의 시뮬레이션 환경 상에서의 절대 좌표를 실시간으로 나타내어 주며, 속도(Velocity)와 가속도 데이터(Acceleration data)는 캐리어의 속도와 가속도 변화를 그

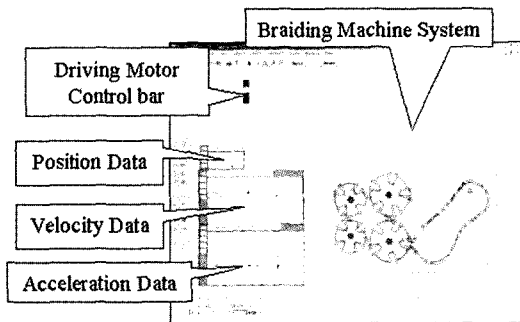


Fig. 7 Dynamic analysis of braiding machine

Table 1 Simulation Setting

Body Setting	Carrier	Guide track	fork
Body type	Plastic	Steel	Plastic
Friction coeff.	0.3	0.2	0.3
Elastic coeff.	0.1	0.1	0.1
Sampling time	1/100 [sec]		
Integration	Kutta-Merson(5th-order Runge-Kutta)		

래프로 나타내어 준다. 우리는 여기서 각각의 경우(하부와 측면 가이드 트랙)에서 필요한 기어부만 시뮬레이션에 삽입함으로써 시뮬레이션의 효율을 극대화 할 수 있었다.

시뮬레이션을 수행에 앞서 설정된 파라미터들은 Table 1에 나타난 바와 같다.

시뮬레이션에서 설정된 마찰계수와 탄성계수는 매우 중요한 요소를 차지하고 있으므로 실물에서 얻은 실측값을 바탕으로 시뮬레이션 상에서 반복실험을 통해 설정되어 최대한 실물에 가깝도록 하였다. 또한 Sampling time은 충돌시의 정확도 향상을 위해 1/100초로 설정하였다. 그리고 데이터 획득을 위한 Integrator 즉, Numerical Method는 5차 Runge-Kutta Method를 사용하였다. 이 Method는  $y'(t) = f(y, t)$ ,  $y(0) = y_0$ 로 문제가 정의된다면, 상미분 방정식의 적분법을 적용하여 구현할 수 있다. 그리고 여기서  $y_{n+1}$ 과  $y_n$ 의 관계식은 다음과 같다.

$$y_{n+1} = y_n + \int_{t_n}^{t_{n+1}} f(y, t) dt, \quad t_{n+1} = t_n + h \quad (1)$$

이러한 식이 성립될 수 있는 것은

$$\int_{t_n}^{t_{n+1}} f(y, t) dt = y(t_{n+1}) - y(t_n) \quad (2)$$

이 성립하기 때문이다. 그러므로

$$(y_n)_1 = y_n + \frac{1}{3} hf(y_n, t_n)$$

$$(y_n)_2 = y_n + \frac{1}{6} hf(y_n, t_n) + \frac{1}{6} hf\left((y_n)_1, t_n + \frac{1}{3} h\right)$$

$$(y_n)_3 = y_n + \frac{1}{8} hf(y_n, t_n) + \frac{3}{8} hf\left((y_n)_2, t_n + \frac{1}{3} h\right)$$

$$(y_n)_4 = y_n + \frac{1}{6} hf(y_n, t_n) - \frac{3}{2} hf\left((y_n)_2, t_n + \frac{1}{3} h\right)$$

$$\begin{aligned}
 & + 2hf\left(y_n\right)_3, t_n + \frac{1}{2} h \\
 \left(y_n\right)_5 & = y_n + \frac{1}{6} hf\left(y_n, t_n\right) + \frac{2}{3} hf\left(y_n\right)_3, t_n + \frac{1}{2} h \\
 & + \frac{1}{6} hf\left(y_n\right)_4, t_n + h \\
 y_{n+1} & = \left(y_n\right)_5 \quad (3)
 \end{aligned}$$

5차 Runge-Kutta Method는 계산식이 복잡해서 다른 Method에 비해 시간이 많이 소요되는 단점이 있지만 정확도가 높아서 연속적인 충돌조건에 의한 결과 값의 발산을 방지할 수 있다.

### 3.2 문제점 도출 및 해결방안

동적 해석에 의해서 도출된 가이드 트랙의 문제점은 총 3가지로 축약될 수 있으며 이렇게 축약되어진 문제점들을 해결하는 과정의 반복을 통해서 가이드 트랙의 최적화 설계를 이루어 나가는 것이다. 하지만 복잡한 형태의 가이드 트랙에서는 이러한 문제를 해결할 방법으로 적용할 수 있는 이론의 범위는 그렇게 넓지 않다. 왜냐하면 가이드 트랙을 설계하기 위해서는 트랙이 반드시 지나야 하는 수많은 구속 조건과 실제 구동 시에 발생하는 캐리어 사이의 충돌회피, 그리고 장력조절 등의 사항들을 반드시 고려해야 하기 때문이다. 이에 우리는 가이드 트랙에서 발생하는 세 가지 문제를 도출함과 동시에 적절한 해결방안을 제시 하고자 한다.

#### 3.2.1 가이드 트랙(Guide track)의 불연속성

가이드 트랙의 불연속성이란 Fig. 8(a)에서 볼 수 있듯이 본 연구의 대상이 된 편조기의 가이드 트랙을 구성하는 선들의 조합이 불연속적이란 뜻으로 최적화 이전의 가이드 트랙은 패턴의 형성과 구조의 안정화가 목적이었기 때문에 불

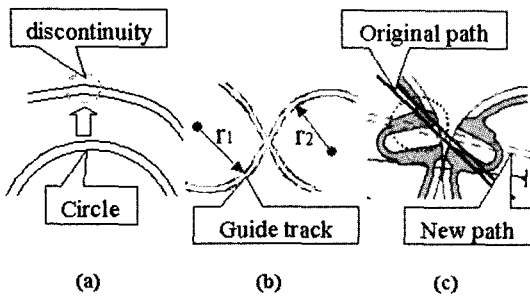


Fig. 8 Solutions for track design

연속적인 곡선과 직선의 조합으로 구성되어 있다. 따라서 이러한 트랙 상에서 고속으로 이동하는 캐리어는 가속도의 급변현상을 겪을 수밖에 없었으며 이러한 현상은 편조기의 운전 속도를 증가시킴에 따라 더욱 더 심각하게 나타났다. 가이드 트랙의 불연속성을 해결하기 위해서는 전술한 불연속적인 선들의 조합대신 다양한 반지름의 원들의 조합을 사용하였다. 기본적으로 동일 원주 상에서 운동하는 물체는 외력이 주어지지 않는 한 가속도의 변화가 없다. 따라서 우리는 불연속 문제가 발생하는 부분들을 선별하여 그 위치의 구속조건에 적합한 반지름을 가진 원으로 대체하여 설계하였다.

#### 3.2.2 교차점 부근에서의 문제

가이드 트랙의 교차점이란 Fig. 8(b)에서처럼 가이드 트랙이 서로 교차하는 곳을 말한다. 편조기에서 실을 직조하기 위해서는 실의 교차가 반드시 필요하게 되는데 본 시스템에서는 이러한 실의 교차를 생성하기 위해서 가이드 트랙 자체가 교차하게 된다. 문제는 이 부분의 설계의 난해함이 있다. 기존 설계에서는 많은 시행착오를 통하여 여러 개의 캐리어가 동시에 교차점을 통과하면서 서로 충돌이 일어나지 않는 부분에만 너무 치중한 결과 캐리어가 교차점을 통과하는 전·후에는 급격한 가속도 변화를 겪는다는 사실을 알지 못하였고 이로 인해 교차점 부근에서는 캐리어가 가이드 트랙과 연속적으로 충돌하는 현상이 발생하였다.

교차점 부근에서의 문제를 해결하기 위해서 기어의 원리와 반지름과 각 속도의 관계를 이용한 간단한 방법을 사용하였다.

$$V = r_1 \omega_1 = r_2 \omega_2 \quad (4)$$

여기서  $V$ 는 원주 속도이고  $r_1$ 과  $r_2$ 는 가이드 트랙 위의 어떤 점을 기준으로 했을 때 그 점 전·후의 트랙의 반경을 의미한다. 그리고  $\omega_1$ 과  $\omega_2$ 는  $r_1$ 과  $r_2$ 에서의 각속도를 의미한다. 여기서 기어는 서로 맞물려 있으므로 아래의 식이 성립하게 된다.

$$\omega_1, \omega_2 = \text{constant} \quad (5)$$

위의 조건에서 원주 속도를 변화시키는 것은 반경  $r_1$ 과  $r_2$ 이므로 교차점 전후에서 반경만 유지하면 원주 속도를 일정하게 되므로 가속도의 급변현상을 방지할 수 있다.

### 3.2.3 포크와의 충돌

전술하였던 2가지 문제점들이 가이드 트랙의 형상변화에 의한 영향이라면 포크와의 충돌 문제는 다른 원인에서 기인한 것이다. 캐리어의 구동력은 기어 위에 장착된 포크의 구속력에 의한 것이다. 즉, 포크가 캐리어를 이끌어서 다음 포크로 전달해 주는 것인데 이러한 전달과정에서 캐리어의 포크에 대한 충돌현상은 필연적인 것이다. 편조기가 저속으로 운전할 때에는 이러한 현상은 큰 문제로 작용하지 않지만 고속일 때에는 상대적으로 무게가 큰 보빈이 장착되어 있는 캐리어에 큰 충격력이 가해지게 되며 장력조정에까지 영향을 미치게 된다. 따라서 고속운전 시에 포크에 충돌하여 캐리어가 받게되는 충격력을 완화할 방안을 마련해야 한다.

캐리어의 포크에서의 충돌에 의한 충격력 완화의 방안으로 Fig. 8(c)에서처럼 가이드 트랙 설계의 수정을 통한 입사각 변화를 모색하게 되었다. 여기서 입사각이란 가이드 트랙을 따라 캐리어가 포크에 진입하는 각도를 말하는 것으로 가이드 트랙과 포크 평탄면과의 각으로 대변될 수 있다. 따라서 이 입사각을 최소화하는 방향으로 가이드 트랙을 재 설계하면 캐리어가 포크와 충돌하는 충격력을 감소시킬 수 있다.

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 동적 해석 결과

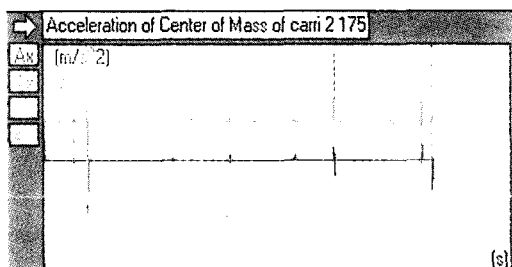


Fig. 9-1 Acceleration of carrier at 20rpm (a)

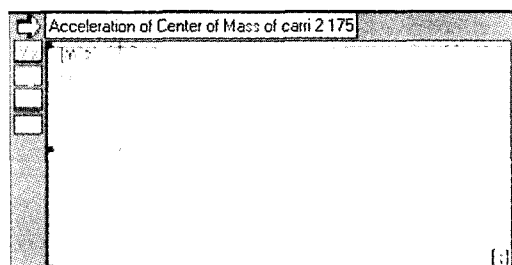


Fig. 9-2 Acceleration of carrier at 20rpm (b)

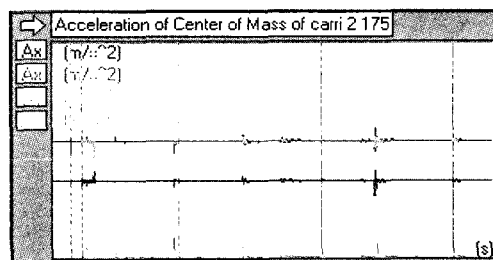


Fig. 10-1 Acceleration of carrier at 120rpm (a)

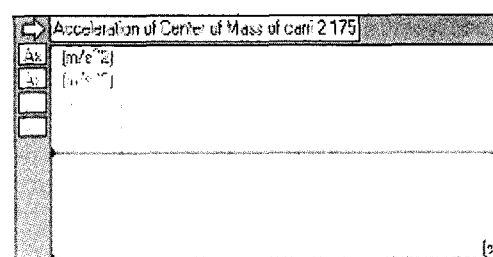


Fig. 10-2 Acceleration of carrier at 120rpm (b)

Fig. 9와 10은 구동모터의 속도가 각각 20rpm과 120rpm 일 때 하부 가이드 트랙에서 이동하는 캐리어의 가속도를 나타낸 것이다. 여기서 (a)는 개선전의 상황을 (b)는 개선후의 가속도 변화를 보여주고 있다. 각각의 그래프에서 확인 확인되어지는 것처럼 구동모터의 속도 20rpm과 120rpm 모두에서 개선 전에 비해 개선 후의 캐리어의 운동이 안정되었다는 것을 알 수 있다. 즉, 편조기의 저속운전에서는 물론이고 고속운전시에도 캐리어는 충격력으로 대변될 수 있는 가속도의 급격한 변화를 겪지 않는다는 것을 시뮬레이션으로 확인할 수 있었으며 이것은 곧 복잡한 형상의 편조기 가이드 트랙의 동적 최적화를 위해 앞서 적용된 3가지 방법이 적절하였다는 것을 증명해 주는 것이다. 그리고 실제 편조기의 가이드 트랙 제작 시 동적 해석에서 사용된 설계도면을 사용하면 개선된 성능을 얻을 수 있을 것이라는 예상을 할 수 있다.

### 4.2 편조기의 소음측정 결과

앞서 보여진 캐리어의 가속도 개선결과가 이론적인 적용에 의해서 이루어진 것이라면 편조기의 소음측정 결과는 지금까지 수행되어진 결과를 바탕으로 가이드 트랙을 제작했을 때의 실제 편조기의 성능 개선 결과를 보여주는 것이다. 즉, 개선 전·후의 소음 수준의 비교를 통해서 편조기의 구

Table 2 Spec. of noise measurement equipment

Frequency range	Resolution	Model
8~12.5kHz	-30dB ref 1V/Pa	B&K 2236

Table 3 Result of noise measurement(1)

Speed (rpm)	Noise(dB)		
	(a)	(b)	(c)
610	78.2	75.5	63
640	79.1	76.6	64
740	81.2	78.4	64.6
790	82	79.5	65.7
930	83.7	82.6	67.5
1050	85.8	84.6	68.5

Table 4 Result of noise measurement(2)

Speed (rpm)	Noise(dB)	
	(a)	(b)
610	67.8	67.7
640	70.5	68.6
740	73.0	70.4
790	73.7	71.9
930	75.8	73.5
1050	77.4	76.0
2000	85	84.2

동이 얼마나 안정되었는가를 단적으로 보여주는 것이라고 할 수 있다.

소음 측정은 편조기에서 나타나는 여러 가지 소음원의 규명을 위해 완제품 상태(a)에서와 장력조절장치 제거후(b), 그리고 캐리어 제거후(c)의 세 가지 경우에 대해서 가이드 트랙의 재설계 전(암소음:41dB)·후(암소음:63dB)의 변화에 대해 정면 1m의 거리에서 실시하였다.

측정결과는 Table 3, 4에 나타난 바와 같으며 Table 3은 재설계 전의 결과를, Table 4는 후의 결과를 각각의 경우(a, b, c)에 대해서 나타낸 것이다. 그리고 Table에 표시된 speed는 편조기의 주축 속도로서 이것의 2000rpm은 기어비에 의해 시뮬레이션에서의 120rpm과 같은 의미를 가진다. 그리고 캐리어 제거후의 장치(기어, 포크)의 변화가 없으므로 재설계 후에 (c)의 경우는 따로 측정하지 않았다. 이러한 소음측정 결과에서 주목할만한 점은 Table 3에서 나타나듯이 캐리어를 제거한 후의 소음이 크게 감소한다는 것이다. 이것은 개선전의 편조기 가이드 트랙과 캐리어 사이

에 많은 충격력이 발생한다는 것을 의미한다. 그리고 Table 4의 결과에서 나타나듯이 개선후의 편조기의 소음은 크게 감소했으며 안정 상태(제품을 정상적으로 생산할 수 있는 상태)에서 주축 최대속도가 1050rpm에서 2000rpm으로 크게 향상되었다.

## 5. 결론

메이플 타입의 편조기에 있어서 복잡한 형태의 가이드 트랙을 동적으로 최적화하기 위해 본 연구는 가공도면의 효과적인 모델링 방법을 이용해 시뮬레이션 환경구성 시간을 최소화 할 수 있었을 뿐만 아니라 이것을 통해 동적 해석을 실시함으로써 좀 더 정확한 결과를 얻을 수 있었다. 이렇게 얻어진 결과와 이것에 의해 파악된 문제점들은 복합적인 구속조건을 만족하는 최적화 방안을 반복적으로 적용함으로써 시뮬레이션 상에서 최적화된 결과를 낳았으며 이것을 변환하여 만들어진 도면을 바탕으로 제작된 편조기는 안정된 상태에서 최대 운전 속도가 1050rpm에서 2000rpm으로 크게 향상되었다. 그리고 부가적으로 소음 감소를 통한 작업 환경 개선도 이를 수 있었다.

## 후 기

이 논문은 유한회사 알파의 지원 및 한국과학재단 지정 창원대학교 공작기계기술연구센터(RRC)의 지원에 의한 것입니다.

## 참 고 문 헌

- (1) Jones, J., Rees, R. and John P., 1987, *Improvement in Braiding Machine*, European Patent Application 0-256-646.
- (2) Sciavico, L. and Siciliano, B., 2000, *Modeling and Control of Robot Manipulators*, Springer, pp. 14~16.
- (3) Cho, S. R., Lee, C. M. and Chung, W. J., 2001, "A Study on the Modeling of Roller Gear Cam", *KSMTE*, Vol. 10, No. 3, pp. 31~37.
- (4) Ko, T. J., Baek, D. K. and Kim, H. S., 2002, "Digital Manufacturing and Virtual Machine Tool", *KSPE*, Vol. 19, No. 6, pp. 15~22.
- (5) Robert L. N., 1999, *Design of Machinery*, McGraw-Hill, New York, pp. 345~431.