

Maypole Type 편조기 Guide Track의 동적해석 및 설계

김재량*(창원대 학부4 기계설계공학과), 정원지(창원대 기계설계공학과),
최선준(비지테크 주식회사), 김임선(유한회사 알파)

Design and Dynamic Analysis of Guide Track for Braiding Machine of Maypole

J. L. Kim(Mech. Design & Eng. Dept., CNU), W. J. Chung(Mech. Design & Eng. Dept., CNU)
S. J. Choi(BUSI-TECH), I. S. Kim(ALPHA)

ABSTRACT

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

Key Words : Braiding machine(편조기), Dynamic analysis(동적 해석), Guide track(가이드 트랙), Carrier(캐리어), Tension control(장력 콘트롤)

1. 서론

Maypole type(메이폴 타입)의 편조기는 현재 세계적으로 널리 사용되고 있으며 그 응용분야도 다양하다. 본 연구는 maypole type의 다각형 끈을 생산하는 편조기의 개발에 있어서 그것의 고속화에 기본 목표를 두었다.

기존 maypole type의 편조기는 속도를 증가시키는데 한계가 있었다.⁽¹⁾ 그 이유는 끈을 짜는 실들이 장착되는 carrier(캐리어)의 이동경로인 guide track의 형상이 끈의 모양에 따라 매우 복잡하게 형성되어 있고, 이러한 복잡한 guide track에서의 carrier의 운동은 제한적일 수밖에 없기 때문이다. 편조기의 구동속도를 상승시키에 따라 carrier의 guide track에서의 움직임은 불균형적으로 나타났으며, 결과적으로 carrier에서의 tension control을 어렵게 만들어 불량율을 증가시켜 생산성이 저하되었다.⁽²⁾ 따라서 이 복잡한 형상의 guide track에서의 carrier의 움직임을 동역학적 해석을 통하여 문제 부분을 파악하고 각종 이론을 적용하여 재 설계하는 작업이 필요하게 되었다. 이를 위해서 기존 설계를 동역학 해석 tool(툴)인 WORKING MODEL 2D*를 이용하여 모델링 하였고 simulation(시뮬레이션) 환경을 만들어 편조기 구동속

도 증가에 따른 guide track에서의 carrier의 움직임을 해석하였다. 이것으로 기존 guide track의 문제점은 carrier의 이동시 실제 구동력을 전달해 주는 fork와 충돌이 일어난다는 것과 guide track의 전체적인 설계가 불연속적인 곡선과 직선의 조합으로 이루어져 있어서 가속도 변화가 매우 크다는 것을 알 수 있었다. 그러나 guide track은 carrier사이의 간섭과 다각형 끈모양을 형성하기 위한 궤적형성 등으로 인해서 많은 구속조건을 가지고 있으므로⁽³⁾ 기존의 캠 이론과 수학적 해석을 적용하는데 한계가 따를 밖에 없으며 따라서 우리는 적용이 간단하면서 제약조건이 적은 각속도와 반경, 그리고 벡터 이론 등을 접목함과 동시에 굴곡이 심한 부분들은 구속점을 기준으로 하여 반경이 매우 큰 연속적인 곡선을 추가하여 guide track을 재 설계하였다.⁽⁴⁾ 그 결과 기존의 guide track에서 발생하던 carrier의 불안정한 움직임이 현저히 감소되는 것을 확인 수 있었다. 따라서 이러한 결과를 실제 적용시 편조기의 고속화와 생산성 향상에 많은 기여를 할 것으로 기대 되며 maypole type의 다른 응용분야의 편조기 guide track에서도 적용이 가능할 것으로 보인다.

2. 본론

carrier와 guide track은 maypole type의 편조기에서 빠질 수 없는 중요한 요소이다. 우선 carrier는 끈을 가공하는데 필요한 실 등을 이송하는 장치로써 일반적으로 tension control을 담당하는 보조장치가 같이 부착되어 있다. guide track은 이러한 carrier가 구속되어 움직이는 경로를 제공한다. 하지만 원하는 끈의 모양이 복잡해짐에 따라 guide track도 역시 복잡하게 변해서 고속 운전시 carrier가 원활 하게 움직이지 못하게 되므로 가속도의 불안정한 변화를 초래하게 된다. 결국 많은 무게의 실을 장착하고 있는 carrier는 불연속적인 충격력을 받게 되어서 고속운전이 어렵게 되고 생산성이 저하되게 된다. 그러므로 guide track에서의 carrier의 움직임을 관찰하여 원하는 모양의 끈을 생산 할 수 있으면서 고속운전이 가능하도록 guide track의 최적화가 필요하게 되었다. carrier의 guide track에서의 움직임을 관찰하기 위해서는 system에 대한 모델링이 선행되어야 한다. 그러기 위해 구동부인 기어와 guide track, 그리고 carrier가 track에 구속되는 부분의 단면을 이용하여 동역학적 거동을 관찰함과 동시에 simulation 환경을 매우 간략하면서 실물을 잘 반영하도록 구축하였다. 그리고 효율적인 관찰을 위해서 총 3개의 폐경로로 (closed path) 이루어져 있는 guide track에서 대칭부분을 제외한 2개의 경로를 각각 따로 분리하여 모델링하였다.

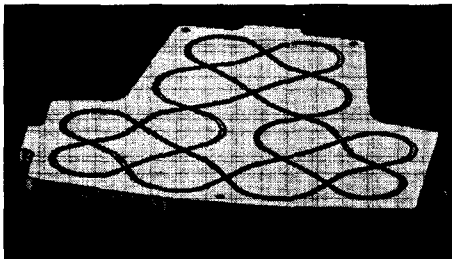


Fig. 1 Guide tracks

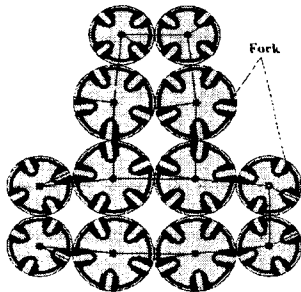


Fig. 2(a) Modeling for driving gear and fork

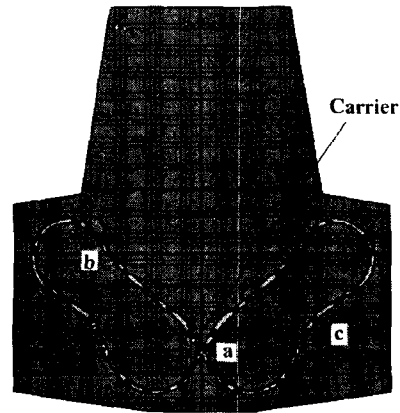


Fig. 2(b) Modeling for guide track(1)

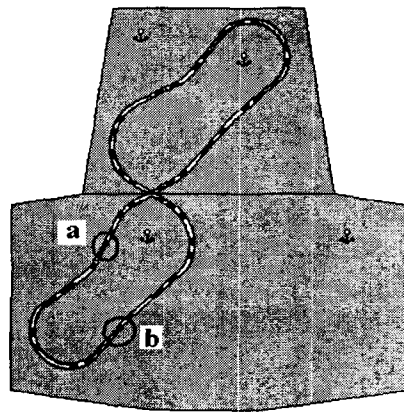


Fig. 2(c) Modeling for guide track(2)

2.1 동역학적 해석

구축된 simulation 환경을 바탕으로 동역학 해석을 실시하였다. 구동모터의 속도를 20rpm과 120rpm의 두 가지 경우로 하였고 guide track에서의 carrier의 속도와 가속도를 측정하였으며 Fig. 2(b)와 Fig. 2(c)에서 볼 수 있듯이 계산 속도를 빠르게 하기 위해서 경로를 둘로 나누어서 simulation하였다.

2.2 기존 설계 편조기에서의 simulation 결과

simulation에서 carrier의 가속도 변화를 관찰하는 것은 중요한 의미를 가진다. 가속도가 급변하는 곳은 바로 carrier가 급격한 힘의 변화를 겪고 있다고 유추해 볼 수 있으며 이것은 바로 tension control의 불안정화를 초래하고 편조기의 고속 운전시 제품 불량으로 이어지게 된다. 기존 Guide track에서의 문제

점은 우선, 굴곡부분의 가속도의 급변에 있다. Fig. 2(b, c)와 Fig. 3(a, b)에서 확인할 수 있듯이 가속도의 급변현상은 모두 굴곡부분 즉, 구동기어가 carrier를 전달받는 전·후로 나타난다. 이것을 토대로 해서 구동기어가 carrier를 전달해주고 또 전달받는 과정을 면밀하게 관찰해본 결과 carrier가 다음 기어로 이동시 fork와 충돌하는 현상을 발견할 수 있었으며 이러한 현상이 굴곡 부분에서 발생하는 이유는 바로 carrier가 이러한 굴곡 부분에서 다른 기어로 옮겨가기 때문이다. 그러므로 굴곡 부분에 대한 재 설계가 필요하게 되었다. 다음으로 나타나는 문제점은 Fig. 2(b)의 a부분, 즉 교차점 부분에서의 가속도 급변현상이다. 교차점 부분은 굴곡 부분에서처럼 carrier가 다른 기어로 옮겨가는 부분임과 동시에 guide track의 궤적 조건 등의 복잡한 구속 조건이 얽혀 있는 부분이기도 하다. Fig. 2(b)의 a부분에서 나타나는 가속도의 변화는 앞서 언급한 carrier와 fork의 충돌 현상 외에 guide track 자체의 문제도 같이 연관되어 있다. 왜냐하면 Fig. 2(b)의 a부분 전·후로 해서 guide track의 형태가 곡선과 직선이 불규칙 적으로 연속되어 있고 구조상으로 볼 때도 반지름이 큰 guide track상에서 진행하던 carrier가 교차점 직후 반지름이 작은 곳으로 이동하게 되어 있으므로 carrier는 가속도 방향의 급변으로 인해서 충격력을 받게된다. 따라서 교차점에서의 guide track의 수정도 불가피 하지만 이 부분은 많은 제약조건이 존재하는 곳이기 때문에 복잡한 이론의 적용보다는 간단하면서 보편적인 방법을 사용하여 track을 재 설계하도록 한다.

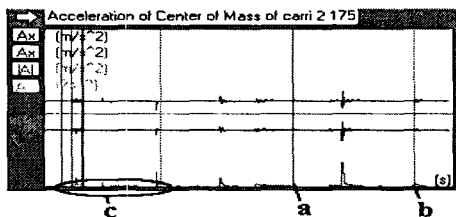


Fig. 3(a) Acceleration graph of carrier at 120rpm on track(1)

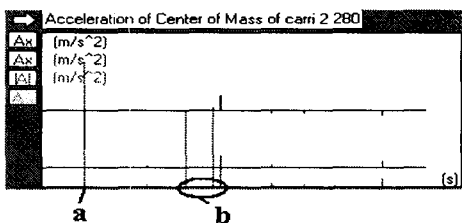


Fig. 3(b) Acceleration graph of carrier at 120rpm on track(2)

2.3 개선된 guide track의 모델링 및 해석

앞의 simulation 결과를 바탕으로 guide track을 재 설계하기 위해서 몇 가지 간단한 방법들을 사용하기로 한다. 우선 불연속 적인 곡선 부분들은 driving gear사이의 통과점을 기준으로 반지름이 큰 연속된 곡선으로 대체 하였다. 이것은 기존 설계에서 직선과 곡선의 불연속 조합으로 인해 일어나는 가속도의 급변 현상을 방지하기 위해서 이며 캠 이론의 연장 선상에 있다. 다음으로 교차점 부분에서는 반지름과 각속도의 관계를 이용하였다.

$$V = r_1\omega_1 = r_2\omega_2$$

여기서 V 는 원주 속도이고 $r_{1,2}$ 는 guide track상에서 어떤 점을 기준으로 했을 때 그 점 직전·직후의 track의 반경을 의미한다. 그리고 $\omega_{1,2}$ 은 $r_{1,2}$ 에서의 각 속도를 의미한다. 여기서 gear는 서로 맞물려 있으므로 아래의 식이 성립하게 된다.

$$\omega_1, \omega_2 = constant$$

위의 조건에서 원주 속도를 변화시키는 것은 반경 $r_{1,2}$ 이므로 교차점 전·후에서 반경만 유지하면 원주 속도를 일정하게 만들 수 있다. 따라서 원주 속도가 일정하면 가속도의 급변 또한 막을 수 있으므로 교차점 부분에서 carrier의 움직임은 안정적으로 변할 수 있게 된다.

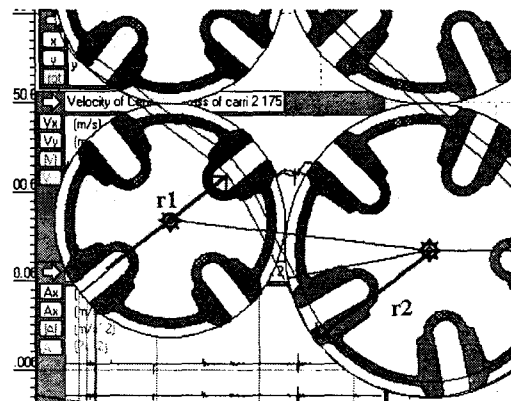


Fig. 4(a) r_1, r_2 on guide tracks

마지막으로 굴곡부분 즉, carrier가 다음 gear로 전달되는 과정에서 발생하는 carrier와 fork의 충돌현상은 carrier의 가속도 방향과 gear에 장착된 fork의 가속도 방향, 그리고 carrier의 fork에 대한 입사각과 연

관하여 해결한다. 기어는 맞물려 돌아가기 때문에 fork는 항상 같은 부분과 만나도록 되어 있다. 그러므로 기어와 기어의 경계점에서 guide track이 fork를 바로 통과하도록 track을 설계하면 carrier는 자신이 가지고 있는 가속도에 의해서 fork와 충돌하게 된다. 따라서 track을 기어의 회전방향 쪽으로 조금 당겨서 설계하여 carrier를 바로 인계 받지 않고 조금 늦추어 인계 받게 되면 fork에 carrier가 진행하는 방향의 각 가속도가 생기므로 충돌에 의한 충격력을 완화시킬 수 있다. 그리고 추가적으로 carrier의 fork에 대한 입사각도 동시에 줄어들게 되어서 두 가지 잇점을 동시에 취할 수 있게된다.

재 설계된 guide track에 대한 simulation을 수행하여 Fig. 4(b, c)의 결과를 얻게 되었다. 우선 Fig. 4(b)에서 보면 재 설계된 track 상에서의 가속도의 급변 현상이 현저히 감소했다는 것을 확인 할 수 있었다. 이것은 굴곡부분과 교차점 그리고 불연속점 등에 대한 재 설계 이론이 적용되었다는 증거이다. 다음으로 Fig. (c)의 그래프는 Fig. 3(b)의 그래프와 크게 다르지 않다 전체적으로 기존 설계에 비해서 크게 급변하는 가속도 값이 사라진 대신 작은 변화들이 나타났다. 이러한 가속도 변화에 의해 carrier가 어떠한 영향을 받을 수 있는지는 재 설계에 의한 시제품을 제작하여 의해서 시험 가동 결과를 살펴보는 것이 좋을 듯 하지만 급격한 가속도 변화가 줄어들었으므로 carrier에 미치는 충격력은 작을 것으로 예상된다.

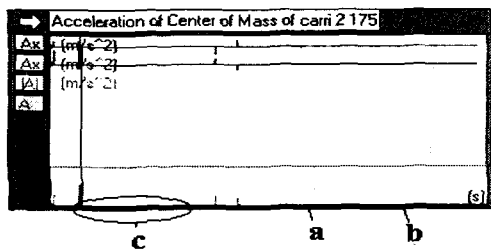


Fig. 4(b) Acceleration graph of carrier at 120rpm on modified track(1)

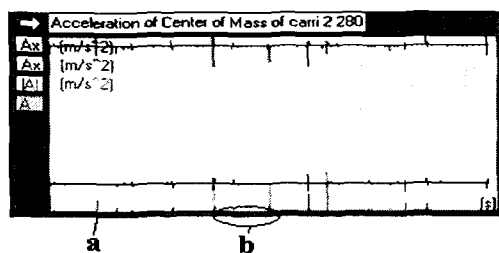


Fig. 4(c) Acceleration graph of carrier at 120rpm on modified track(2)

3. 결론

본 연구에서는 maypole type 편조기의 guide track 상에서의 carrier의 움직임을 동역학적 해석을 통하여 파악하고 문제점을 찾아내어 각 부위에 대한 해결책을 기존의 복잡한 조건의 이론이 아닌 적용하기 간편하면서도 현재의 상황에 적합한 이론을 제시하여 해결하도록 하였다. 이러한 방법 등은 다른 guide track이 있는 편조기에도 응용가능 할 것으로 보이며 모양이 복잡할수록 더 효과적일 것이라고 예상된다.

후기

본 연구는 한국 과학재단 지정 창원대학교 공작 기계기술연구센터 및 유한회사 알파의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. Jones, John Rees, Ricketts, John Peter "Improvement in braiding machine" EUROPEAN PATENT APPLICATION 0-256-646, 1987.
2. Hyde, Michael, Barker, Rosemary Anne "Yarn tensioning device, particularly for a braiding machine carrier" EUROPEAN PATENT APPLICATION 0-526-168, 1993.
3. Vincent A. Iannucci, Rudolf H. Haehnel "Rotary braiding machine" UNITED STATES PATENT 4-372-191, 1983.
4. Robert L. Norton "Design of Machinery" McGraw-Hill, 1999, p.345 ~ 431.