

Point Pulsuating Force가 작용하는 Rotating Ring의 동특성 Modeling

김재연 · 허 유 · 장승호 · 김상녕*

경희대학교 공과대학 섬유공학과, 원자력공학과*

rotating ring의 운동 형태는 ring의 구조, bearing 방법, 외부 부하 형태 등에 따라 서로 다르게 나타난다. 이러한 요인들은 링정방 공정의 방적성(spinnability)과 방적된 실의 물성에 작용하게 되므로 이의 개발에는 방적 공정 특성상 요구되는 여러 가지 조건들을 만족시켜야 한다.

rotating ring과 관련되어 영향을 받을 수 있는 방적 공정 변수는

- spindle 회전수
- twist
- yarn tension
- yarn의 선밀도
- 온도 및 습도

등이 있으며 이러한 공정 변수들은

- traveller weight
- yarn balloon 형태
- spin triangle 크기
- twist propagation
- yarn/traveller, ring/traveller의 마찰
- spinning unit 주위의 공기 흐름
- rotating ring의 과도 특성/진동/안정성

등의 요인들에 의하여 영향을 받는다.

본 연구에서는 현재 이용되고 있는 stationary ring을 개선시킨 rotating ring으로써 정방 기구의 큰 변화없이 주어진 초기조건, 경계조건에 의한 ring의 동특성을 모델화 하였다.

고정 좌표계에서의 rotating ring의 중심축 이동과 섭동(precession)에 의한 회전축의 회전을 묘사하는 6자유도 ($X_s, Y_s, Z_s, \alpha, \beta, \gamma$)에 대한 운동방정식을 구하면 다음과 같다.

$$\frac{d^2 x_s}{dt^2} = -\frac{a}{m} x_s \quad \frac{d^2 y_s}{dt^2} = -\frac{a}{m} y_s \quad \frac{d^2 z_s}{dt^2} = -\frac{b}{m} z_s - g$$

$$\frac{d^2 \alpha}{dt^2} = -\frac{I_z}{I_x} r_o \frac{d\beta}{dt} + \frac{Tl \sin \theta}{I_x} \quad \frac{d^2 \beta}{dt^2} = \frac{I_z}{I_x} r_o \frac{d\alpha}{dt} - \frac{Tl \sin \theta}{I_x}$$

$$\frac{dr}{dt} = -\frac{\eta}{I_z} r + \frac{\mu T l - T_o}{I_z}$$

α, β, γ : X, Y, Z축을 회전축으로 회전한 각도

x_s, y_s, z_s : 교란에 의해 이동된 중심점

I_x, I_y, I_z : X, Y, Z축을 회전축으로 하는 관성 모멘트

r_o : 정상 상태에서의 rotating ring의 각속도

T_o : 마찰력에 의한 Torque

T : 정방 장력에 의하여 traveller가 rotating ring에 작용하는 point force

η : 저항 계수

a, b : rotating ring의 translation에 따른 편심 복원력 계수

μ : ring/traveller의 마찰 계수

θ : traveller 회전각도

l : rotating ring의 반경

m : rotating ring의 질량

rotating ring의 동특성 modeling을 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. rotating ring에서 나타나는 중심축의 병진운동, 회전운동 그리고 precession을 6개의 식으로 묘사할 수 있다.
2. 병진운동과 회전운동에서는 각각 독립된 변수의 방정식을 만족시킨다.
3. 병진운동에서 rotating ring의 중심축 수평이동은 정상상태 값을 중심으로 주파수 $(a/m)^{1/2}$ 의 진동을 하게 되며 수직이동은 주파수 $(b/m)^{1/2}$ 의 진동을 하게 된다.
4. rotating ring의 회전운동은 회전속도에 대하여 1차 시스템의 동특성을 지닌다.
5. precession이 일어나는 경우에는 ring의 회전평면이 흔들리는 속도가 $I_z r_o / I_x$ 의 주파수를 가지는 진동운동을 하게 되고 평면 진동수가 traveller의 회전수와 같아지는 경우에는 공명현상이 일어나게 된다.
6. rotating ring의 형상은 $I_x > I_z$ 를 만족시키는 경우 precession에 의한 ring의 불안정한 운동을 억제시킬 수 있다.