

# 고효율 염색가공용 Flexible Padder에 관한 연구

## A Study on the Flexible Padder of High Efficiency Dyeing Machine

\*조순욱<sup>1</sup>, #이부윤<sup>2</sup>, 사공표<sup>3</sup>, 전두환<sup>4</sup>, 박시우<sup>1</sup>, 조경철<sup>1</sup>

\*S. O. Jo<sup>1</sup>, #B. Y. Lee(bylee@kmu.ac.kr)<sup>2</sup>, P. Sagong<sup>3</sup>, D. H. Chun<sup>4</sup>, S. W. Park<sup>1</sup>, K. C. Cho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(재)한국섬유기계연구소, <sup>2</sup>계명대학교 기계자동차공학과, <sup>3</sup>(주)미광기계, <sup>4</sup>영남대학교 섬유패션학부

Key words :Dyeing Machine, Flexible Padder, Roll, Contact Pressure

### 1. 서론

염색가공 분야는 섬유소재가 요구하는 성능을 최종적으로 부여하는 섬유산업의 중요한 기술 분야로서, 핵심공정은 포(원단)에 묻은 염료 및 약제를 침지 및 짜내는 공정이다. 이러한 공정에 사용되는 설비를 망글(mangle) 또는 패더(padder)라 칭하며, 이것은 포에 염료 또는 약제의 수용액을 연속적으로 균일하게 부여하는 장치로 침지액에 포를 침지하기 위한 침지조와 고무가 피복된 2개의 압착롤러로 구성되어 있다.

포는 확보된 상태로 침지액을 흡수하여 압착롤러 사이를 통과하게 되는데, 이때 공기 또는 유압으로 롤러를 압착하여 여분의 수용액은 제거하고 적정 염액 및 약제를 침지시킨다. 이를 위해서 포 전체에 균일하면서도 적절한 압력을 가하도록 설계하는 것이 패더의 핵심기술이다.

최근 들어 섬유기계의 광폭화로 인하여 포의 폭이 넓어지는 추세인데, 확보된 포의 전폭에 대하여 균일한 압력을 가하는 것은 쉬운 일이 아니며, 대표적으로 압착롤러 표면의 고무 피복부에 크라운(crown)을 주는 방법, 다중롤러를 사용하는 방법, 압착롤러 내부에 압력을 가하는 방법, 자석을 이용하는 방법 등이 있다.

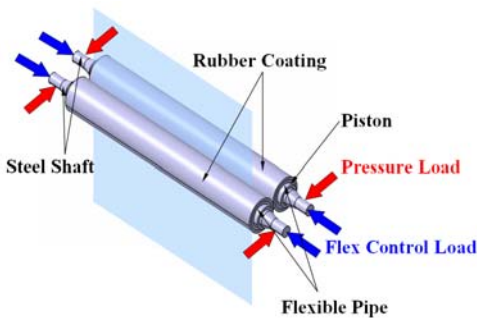


Fig. 1 Flexible padder

### 2. Flexible Padder

기존 방식 패더의 압착롤러가 가지는 어려움인 균일한 압력 제어 구현을 위하여, 본 연구에서는 압착롤러 중심부에 주름관을 삽입하여 구조적인 형상변경을 실시하였다. 이로 인해 압착롤러에 압력을 가하였을 때 주름관의 형상 특성으로 인하여 압착롤러가 탄력적으로 변형되면서 압력분포를 균일하게 유지시켜 줄 수 있으며, 이를 플렉시블 패더(flexible padder)라 칭하였다. 본 연구에서는 주름관 삽입을 통한 새로운 방식의 플렉시블 패더에 대한 구조적인 특성을 하중(주압 및 췌기압) 변화에 따른 유한요소해석을 통해 확인하였다.

본 연구에서 대상이 된 플렉시블 패더의 압착롤러는 Fig. 1과 같이 샤프트(steel shaft), 주름관(flexible pipe), 고무(rubber coating), 췌기관(piston)으로 이루어져 있다. 샤프트는 압착롤러의 주축을 구성하는 것으로, 샤프트의 양단은 베어링에 의해 회전이 가능하며 수직방향으로의 주압(pressure load)이 가해진다. 주름관은 샤프트 외경으로 끼워지는 것으로, 중앙부의 주름에 의해 압착롤러가 탄력적으로 변형되어진다. 샤프트 양단에 장착되어지는 원뿔 모양의 췌기관에는 수평방향의 췌기압(flex control pressure)을 줄 수 있으며, 압력의 조정을 통해 주름관의 탄력적인 변형을 제어할 수 있다.

### 3. 유한요소해석

유한요소모델은 Fig. 2와 같으며, 핵심 구성 부품 간의 다중접촉이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 유한요소해석에 있어서 비선형 접촉해석은 수렴성을 저하시키고, 해석시간을 증가시키게 된다. 따라서 췌기관의 접촉부를 별도의 유한요소해석을 통하여 주름관과 샤프트에 전달되어지는 등가힘으로 환산

하여 경계조건을 설정하였다.

유한요소해석에 적용된 재료물성은 샤프트와 주름관은 스테인레스 스틸이고, 피복된 고무는 NBR이다. 경계조건으로 작용되는 하중은 압착롤러에 가해지는 주압과 췌기압이 있으며, 이 두 하중의 변화(주압 0~2.5kg/cm<sup>2</sup>, 췌기압 0~3kg/cm<sup>2</sup>)에 따라 압착롤러의 응력, 변형 및 접촉압력 특성을 확인하였다.

유한요소해석 결과를 살펴보면 응력분포는 Fig. 3과 같으며 최대응력은 샤프트와 췌기관의 접촉부에서 발생하였다. 변형분포는 Fig. 4와 같으며, 최대 변형은 주압이 가해지는 샤프트 베어링 지지부에서 발생하였다.

플렉시블 패더의 핵심 기술은 포 전체에 걸쳐 균일하면서도 적절한 압력을 가하는 것이다. 유한요소해석의 결과인 접촉압력은 이러한 균일한 압력이 가해지는 유무를 확인할 수 있는 결과이며, 접촉압력분포는 Fig. 5와 같다. 접촉압력은 압착롤러 폭 방향으로 일정한 접촉폭을 가지고 접촉하되, 롤러의 끝단부에서 접촉압력이 증가하는 결과를 얻었다. Fig. 6에서 볼 수 있듯이, 췌기압의 크기가 증가할수록 압착롤러 중심부에 비해 끝단부의 접촉압력값이 증가하며, 중심부와 끝단부의 접촉압력차이가 커지는 결과를 확인하였다.

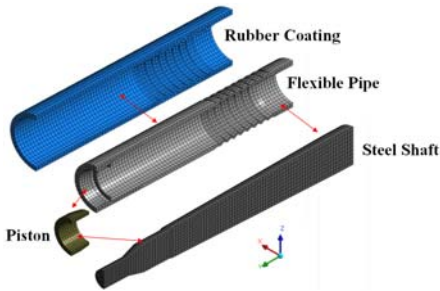


Fig. 2 Finite element model

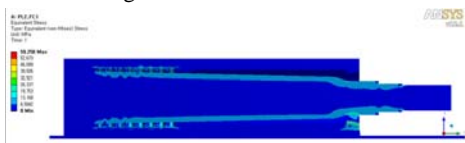


Fig. 3 Equivalent stress

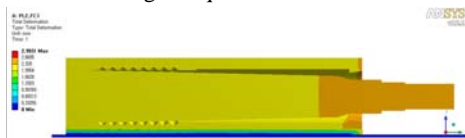


Fig. 4 Total deformation



Fig. 5 Contact pressure

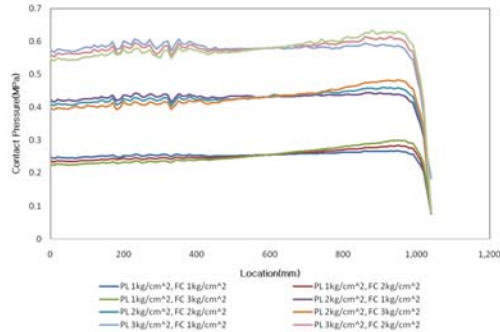


Fig. 6 Contact pressure according to load variation

#### 4. 결론

본 연구에서는 주름관 및 췌기압 적용을 통해 압착롤러의 탄력적인 변형을 제어할 수 있는 플렉시블 패더에 대해 유한요소해석을 실시하였다. 그 결과 압착롤러 전단에 걸친 접촉압력 특성을 확인할 수 있었으며, 향후 염색가공기의 패더 개발시 주름관의 탄력적인 특성을 고려하여 높은 압력에서도 압착롤러의 휨을 최소화하여 균일한 접촉압력분포를 구현할 수 있는 압착롤러 개발에 기여할 수 있으리라 판단된다.

#### 후기

본 연구 결과는 2009년 산학연 국제협력 공동기술 개발지원사업의 기술개발 결과이다.

#### 참고문헌

1. 임문혁, 신현명, 조순욱, 김영규, "맹글롤의 성능향상을 위한 고무롤 최적설계," 한국섬유공학회지, **41**, 62-71, 2004.
2. 진두환, 김병욱, 김삼수, "균압 롤로구조를 가진 맹글시스템 설계에 관한 연구," 한국섬유공학회지, **38**, 130-134, 2001.
3. 이춘길, "직물수세기의 맹글 압력 및 구동 특성," 산업기술정보연구소논문집, **7**, 141-152, 2000.