

정소면공정 해석을 위한 측정시스템 개발

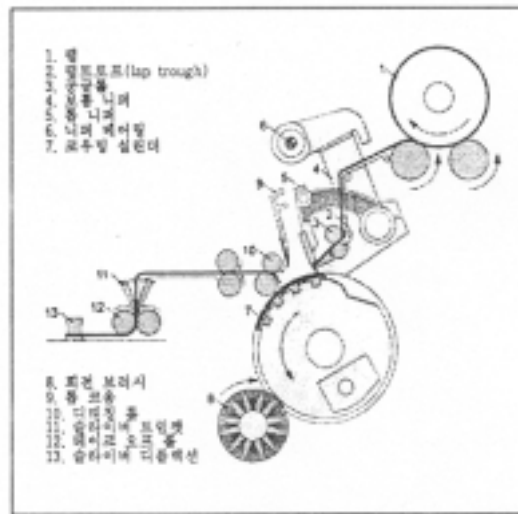
1. 서 언

落綿을 처리하기 위해서는 정소면공정에 대한 일반적인 지식 외에도 보다 자세한 공정분석이 중요하다. 독일에서는 코우머 낙면으로 새로운 제품을 생산하는 것이 더욱 중요시되고 있다.

정소면기 니퍼에서 작용하는 힘을 측정하기 위하여 특수한 측정시스템을 개발, 설치하였다. 니퍼, 코우밍 실린더, 톱 코움 등 정소면기 주요 부품의 동작과정과 섬유 移住(fiber migration)현상을 시각화하는데 카메라 시스템(고속 비디오와 CCD)이 사용된다. 또한 DELA(doppler effect laser anemometer) 시스템은 코우밍 실린더에 의해 코우밍될 때 니퍼영역, 그리고 디태칭 및 코우밍되는 동안 공급로울러에서의 섬유 미끄러짐(fiber slippage)을 감지한다. 이를 위해 DELA시스템은 섬유 속도차를 측정한다.

정소면기는 공간이 좁기 때문에 복잡한 측정시스템을 설치하기가 쉽지 않다. 또한 니퍼가 닫힐 때 피크 하중의 출현 및 정소면기의 일시 정지현상 때문에 정소면기의 要素기구들은 속도와 가속도가 높은 상태에서 움직이므로 측정시스템은 높은 하중을 견뎌내야 한다.

이 측정시스템을 CSM사의 1534/1 정소면기에 사용하였다(그림 1 참조).



<그림 1> 정소면기 작동 원리

2. 니퍼 동역학(nipper kinetics)

광학측정기의 감도와 광량에 따라 설치지점의 속도와 가속도를 파악하는 일이 매우 중요하며, 이는 니퍼의 동역학적 시뮬레이션에 의해 결정된다. 이런 시뮬레이션에 의해 측정시스템에 작용하는 하중이 계산되고, 그 결과 측정시스템이 사용될 수 있는지 여부와 측정시스템이 사용될 때의 최대 생산속도를 결정할 수 있다. 어떤 경우에는 측정시스템에 영향을 주는 하중을 최소화하기 위해 기계장치가 개조되므로 더 높은 생산속도에서 측정이 가능하게 된다.

3. 니퍼에 작용하는 하중의 결정

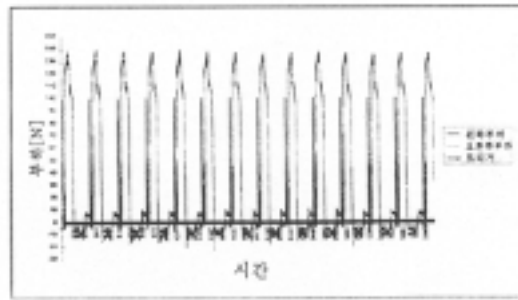
니퍼에 섬유가 균일하게 파지되면 균일한 정소면 효과를 얻을 수 있다. 초기하중과 니퍼 폭에 걸쳐 작용하는 하중분포를 결정하기 위한 측정기술이 발전되어 왔다. 니퍼 전폭에 걸쳐 섬유 파지가 확실하게 이루어져 있는가를 평가하기 위해서는 압축영역의 하중분포를 반드시 알아야 한다. 또한 압축영역의 하중분포는 니퍼의 기하학적 형태가 다른 경우(즉, 톱 니퍼에 플라스틱 요소의 유무 등)의 영향 파악에도 사용될 수

있다. 그 외에도 섬유원료 차이 또는 기계 인자가 압축영역에서의 하중분포에 미치는 영향도 일반적으로 평가할 수 있다. 결과적으로 최적화된 기계요소 개발 및 하중분포와 관련된 최적의 기계 세팅 설정이 가능하게 된다.

니퍼영역내 초기하중은 스트레인 게이지(strain gauge)를 이용하여 측정한다. 하중을 초기화하는 로드(rod)는 낮은 강연도의 알루미늄으로 만들어져 있기 때문에 초기하중이 웹의 신장 및 상하 요동거동에 미치는 영향을 명확하게 측정할 수 있다. 스트레인 게이지에서 생성된 전압은 증폭기로 전달되고, 500Hz의 주파수를 가진 측정시스템에 의해 기록된다. 트리거신호(trigger signal)는 近似센서에 의해 발생되는데, 이 센서는 코우밍 실린더 샤프트로부터 임펄스를 받아들인다. 트리거신호 역시 측정시스템에 의해 기록된다.

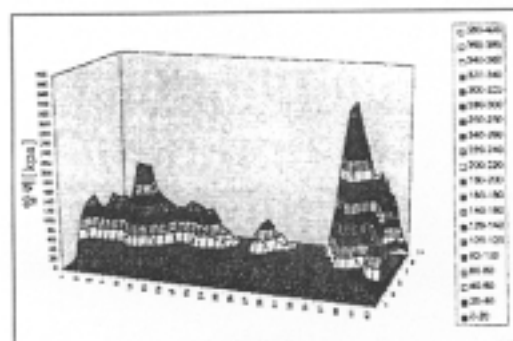
압축영역에서의 하중분포는 Tekscan 압축센서 시스템(Tekscan사)으로 결정된다. 이 시스템은 센서, 센서 링크(sensor link), 작동 소프트웨어, 자료수집 카드 및 PC로 구성되어 있다. 얇은 센서는 가로와 세로로 배열되어 있는 전도성 및 반전도성 잉크로 이루어져 있고, 전도성 잉크의 가로와 세로가 교차되는 지점이 측정지점들이다. 측정 중에 니퍼 압축영역에서는 가로 11개, 세로 44개의 전도성 잉크가 작동한다.

<그림 2 4>에 몇가지 측정결과가 나타나 있다. <그림 2>는 초기하중의 측정결과이다. 코우밍 실린더가 작동되는 동안 최대하중이 발생하고, 코우밍 실린더의 간섭이 심할수록 더욱 커진다. 0 N으로 갑작스럽게 하중이 감소됨에 따라 니퍼가 열리게 된다.

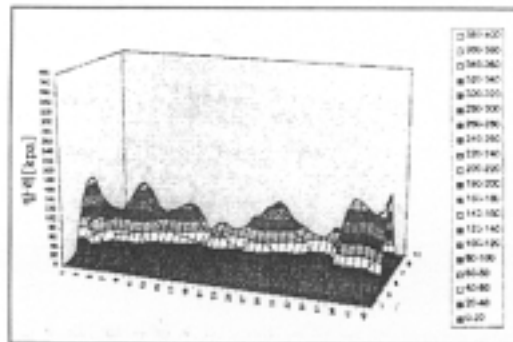


<그림 2> 14회 코우밍 사이클에 대한 초기하중

<그림 3>과 <그림 4>는 2가지의 서로 다른 톱 니퍼가 압축영역내 하중분포에 미치는 영향을 나타낸 것으로서 주파수 100Hz에서 측정하였다. 톱 니퍼는 순수 금속 톱 니퍼(그림 3 참조)와 플라스틱 성분이 삽입된 톱 니퍼(그림 4 참조) 등 2종류가 사용되었다. 플라스틱 성분 삽입에 의해 양의 하중분포가 나타남을 알 수 있다. 니퍼 전폭에 걸쳐 가해지는 힘은 100 ~ 180N 정도로 다양하게 나타난다. 니퍼 중앙에는 100N의 하중이 작용한다. 순수 금속 톱 니퍼의 경우 파지영역(clamping zone)에서 거의 하중이 작용하지 않는다. 니퍼 표면의 흠에는 최대 320 ~ 360N의 과도한 하중이 작용하며, 이 부분에서 섬유 손상의 우려가 커진다. 기계 인자, 섬유원료 및 초기하중 크기 차이에 의한 영향이 하중분포와 관련되어 조사되었다.



<그림 3> 순수 금속 톱 니퍼



<그림 4> 플라스틱 성분이 삽입된 금속 톱 니퍼

4. 섬유 이동 및 이주현상의 가시화

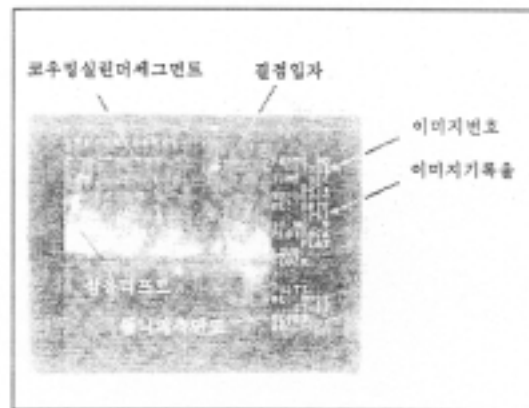
니퍼, 코우밍 실린더 및 톱 코움과 같은 정소면기 주요 요소에 대한 공정해석을 통해 정소면공정에서의 섬유이동(fiber movement)을 시각화하고, 정소면공정 최적화 조건을 찾을 수 있다. 낙면이 정소면되는 동안 섬유거동에 대한 분석이 이루어진다. 정소면공정을 통해 불순물, 낱(nops)이나 殘糸 등을 제거하는 것은 매우 중요하다. 잔사가 코우밍 실린더에 의해 分纖을 받아 앞으로 운반되어 노일로 분리되었는지, 또는 정소면된 슬라이버에 포함되었는지 여부에 대해 조사하여야 한다.

낙면을 처리할 경우 정소면기 인자를 최적으로 세팅하기는 어려운데, 가시화 작업을 통해 최적 세팅을 해야 한다. 예를 들어 톱 코움과 코우밍 실린더의 침수/cm를 정하기는 어려운데, 이는 낙면의 경우 섬유종류와 섬도가 매우 다양하기 때문이다. 나아가 니퍼에서 섬유 미끄러짐이 발생하는지, 만약 잔사와 같은 입자가 섬유의 톱 코움 통과를 방해한다면 그와 같은 입자들이 정소면 거동에 얼마만큼 영향을 미치는지에 대해서도 시험해야 한다.

고속 비디오 측정시스템을 이용하여 코우밍 실린더와 니퍼에서의 섬유거동을 분석하였다. 이 비디오 카메라를 사용하여 초당 최대 40,500개 이상의 이미지를 디지털화하여 기록할 수 있다. 조명은 주파수 70kHz에서

작동하는 無熱光 램프를 사용하였다. 이 램프는 熱발생으로 인한 문제점 없이 측정영역 가까이 부착된다. 트리거신호는 근사센서(approximation sensor)에 의해 발생하고, 이 센서는 코우밍 실린더의 샤프트로부터 임펄스를 받아들인다.

카메라는 그 무게 때문에 니퍼에 설치할 수 없고, 만일 부착한다하더라도 카메라의 가속도가 대단히 클 것이므로 카메라는 정지된 상태로 설치한다. 니퍼운동은 니퍼에 고정된 거울시스템(mirror system)을 따르므로 설치된 카메라로 측정부분과 직각을 이루는 사진을 찍을 수 있다.



<그림 5> 고속 비디오 시스템

<그림 5>는 한번의 코우밍 사이클 동안 찍은 6개의 이미지이다. 이 이미지들은 針밀도가 증가함에 따라 코우밍 세그먼트가 잔사에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 이 경우, 잔사의 한쪽 끝은 코우밍 실린더에 의해 풀려지지 않았다. 분석된 모든 섬유에 대해 정소면되는 동안 코우밍 실린더에서 섬유 미끄러짐은 입증될 수 없었다.

다른 낙면과 원면 자체를 처리할 때의 톱 코움의 개입에 대해서도 조사하였다. 針밀도와 톱 코움의 침투깊이는 섬유상태에 따라 변화하였다. 어떤 섬유는 가장 작은 침밀도를 사용하더라도 디태칭되는 동안 톱 코움

앞에서 섬유가 막혀 있는 것이 감지된다. 공정을 중단하지 않고 수행하기 위해서는 이러한 섬유원료에 맞는 특별한 니들을 사용해야 한다.

5. 속도측정에 의한 섬유거동 분석

가시화 작업과는 별개로 섬유거동은 섬유속도를 결정, 비교함으로써 분석할 수 있다. 섬유 미끄러짐은 코우밍 실린더에 의해 코우밍되는 동안 니퍼부분, 그리고 공급로울러들 사이에서 발생할 수 있다. 또한 섬유 미끄러짐은 디태칭되는 동안 공급 로울러들 사이에서 발생할 수 있고, 그와 같은 코우밍단계가 유일한 파지영역으로서 파지영역에 위치한 잔사가 섬유 미끄러짐발생의 한 원인이 된다.

본 연구목적 중 하나는 코우밍 실린더에 의해 정소면되는 동안 니퍼에서의 원료 거동을 분석하는 것으로서, 이는 가시화작업에 의해 측정된 결과를 보완하는 역할을 한다. 만약 미끄러짐이 발생하지 않고 섬유접촉불량(fiber wedging)이 일어나면 니퍼 뒤에서의 섬유속도는 0이다.

또 다른 목적은 디태칭과정 중 공급로울러에서의 섬유거동을 분석하는 것으로서, 이 영역에서 속도측정을 이용하여 분석하는 것은 섬유 미끄러짐을 증명하는 유일한 방법이다. 이는 공급되는 섬유속도와 섬유 미끄러짐에 의해 생긴 부수적인 결과로서 공급되는 섬유속도와 다를 수도 있는 기존의 섬유속도와의 차이를 측정할 필요성이 있기 때문이며, 이런 상대속도는 可視化 시스템으로는 감지할 수 없다.

섬유속도를 측정하는 데 적합한 시스템은 DELA시스템이다. 이 시스템의 측정원리를 이용하기 위해서는 정소면기 주요부품의 작동메커니즘과 그에 따른 DELA-센서에 작용하는 하중을 고려해야 한다. 정확한 측정을 위해서 정소면기 주요부품의 작동에 따라 센서를 이동시켜야 한다. 가시화 측정시스템과 비교될 수 있는 거울 시스템과 같은 방안은 사용할 수 없다. 이 경우 센서와 측정지점 사이의 거리가 변화하기 때문에 레이저의 초점을

맞출 수가 없다.

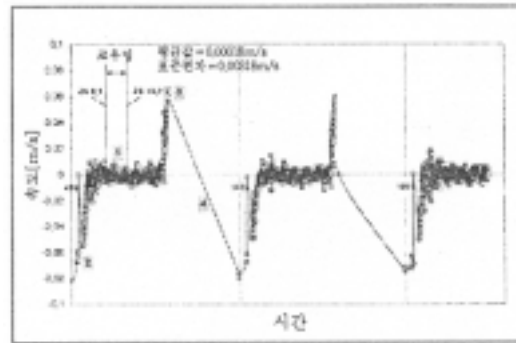
따라서 DELA-센서에 기초하여 최대 가속도를 결정하기 위한 측정시스템이 개발되었다. 코우밍 사이클동안 니퍼의 개폐 때문에 두번에 걸쳐 주기적으로 최대 가속도가 발생한다. 기계를 적절하게 개량함으로써 최대 가속도는 최소화되어 왔다. 결과적으로 DELA시스템에 의한 섬유속도측정은 니퍼에서는 최대 240 코우밍 사이클/분, 피드 로울러에서는 최대 360 코우밍 사이클/분에서 이루어질 수 있다.

DELA-센서를 니퍼와 공급로울러에 설치할 때 진동에 의한 문제점 없이 측정이 잘 되면서 센서가 섬유束의 전폭에 걸쳐 이동될 수 있도록 하였다. 더구나 섬유원료 또는 니퍼에 초점을 맞출 수 있도록 레이저 초점을 다양하게 조정할 수 있다.

속도측정은 직선적으로 행해졌다. 두번째 DELA채널은 트리거신호를 기록하는 데 사용된다. 버스트 제너레이터(burst generator)를 이용함으로써 DELA시스템에 의한 해석이 가능하도록 트리거신호가 변환될 수 있다. 두 채널을 모두 선택함으로써 시간-속도곡선에서 기계의 특정한 위치를 나타낼 수 있다.

3,000개의 측정점에 대해 측정시간은 측정량의 입자밀도에 따라 달라지지만 최대 5초로 설정하였다. 측정량이 니퍼나 공급로울러의 把持線 뒤 1mm 지점에 위치되도록 레이저의 초점은 고정된다. 음의 속도는 섬유원료 공급방향에서의 상대운동을 의미한다. 섬유속도를 측정하는 동안 기계요소와 섬유원료가 변화할 수 있다.

<그림 6>은 니퍼 뒤에서 측정한 DELA결과로서 원면(中섬유장)에 대해 표준 조정으로 행해졌다.



<그림 6> 니퍼 파지선 뒤에서의 DELA 측정결과

니퍼가 닫혀진 경우 두 레이저 빔의 초점확률은 높은 측정률을 나타내기에 충분하다. 코우밍 실린더의 코우밍영역에서 얻어진 측정값(1)의 평균은 0이 되는 경향이 있으므로 DELA-센서와 섬유원료 사이의 상대속도는 0이다. 첫번째 피크(2)는 니퍼가 닫히는 과정을 보여준다. 톱 니퍼가 닫힐 때 톱 니퍼에 고정되어 있는 센서는 보텀 니퍼에 놓여있는 섬유 이동방향과는 반대방향으로 이동한다. 이 현상은 측정 시스템에 의해 공급방향으로의 이동으로 해석된다. 두번째 피크(3)는 톱 니퍼가 열리는 동안의 과정을 나타낸 것으로 (2)와 반대의 피크가 발생한다. 코우밍 사이클의 두번째 절반기간(4)에서는 니퍼의 운동 때문에 레이저의 초점을 맞출 수 없다.

서로 다른 섬유원료 및 톱 니퍼처럼 다른 기계요소에 대해서도 앞에서 소개된 측정기술에 따라 섬유거동을 분석할 수 있다. 모든 원료에 대해 미끄러짐 없이 섬유접촉불량과 공급조건을 결정할 수 있고, 그 결과 정확한 공정관리가 가능할 것으로 예상된다.

6. 요약

정소면공정 해석을 위해서 두가지의 온라인 측정시스템이 개발되었다. 첫번째 시스템은 니퍼 사이에 작용하는 힘을 감지하는 것으로서 카메라 시스템은 코우밍 실린더와 톱 코움에 의한 섬유 이동 및 이주현상을

가시화한다. 또한 DELA센서 시스템은 속도측정에 의한 섬유거동을 해석한다.

이러한 측정시스템은 정소면공정에서 서로 다른 기계 세팅 및 섬유원료 인자에 대한 영향 분석뿐만 아니라 기계 및 공정 최적화를 위해 사용된다. 측정시스템을 개량하면 정소면기의 다른 부품들에 대해서도 관찰할 수 있을 것이다. 결론적으로 본고에서 소개된 온라인 측정시스템을 이용하여 전체적인 정소면공정 해석 및 최적화를 이룩할 수 있다.♣

(Development of measuring systems to analyse the cotton combing process : Melliand 2000. 4.)