

우스터 균제도 변환기의 동적 감응특성

서 론

편성공정이나 제직공정의 효율은 물론, 천의 외관도 실의 굵기 균제도에 크게 영향을 받는다. 실, 로빙 및 슬라이버의 균제도를 분석하기 위하여 수많은 장치가 개발되었으며, 상업적으로 거래되고 있다. 가장 잘 알려진 장치는 단면의 밀도를 감지하는 정전용량형 변환기를 활용한 것이다. 정전용량 변환기는 재료가 통과하는 변환기의 측정판(plate)들 사이의 정전용량을 변화시키는 재료의 단면밀도 변화에 의하여 작용된다. 가장 많이 사용되는 장치의 하나는 젤베거사가 제작한 우스터 균제도 시험기다. 이 장치는 상업용 실 생산시 품질관리용으로 실의 거래에서 그 품질을 측정하기 위하여 사용되고 있을 뿐만 아니라 연구시 실의 품질에 대한 섬유특성과 방적요인의 영향을 평가하기 위하여도 널리 사용된다. 이러한 여러가지 응용면에서, 그 중에서도 특히 연구에서는, 크게 상이한 형태의 불균제도를 가진 실이나 슬라이버를 비교 측정할 필요가 있으며, 또한 측정조작의 변동에서 오는 외부적 영향을 최소로 하여 불균제도를 신뢰성 있게 파악하는 것이 필요하다.

목 적

우스터 균제도 시험기는 일정한 시험조건 하에서 일정한 형태의 임의(random) 불균제도와 주기 불균제도 특성을 일관성 있게 나타내는 능력만이 있음이 알려져 있다. 슬라이버 또는 실이 측정변환기의 감지부를 통과하는 속도와 불균제도 주기의 길이는 불균제도의 크기를 측정하는데 영향을 미칠 수 있다. 본 연구의 목적은 감지부의 동적 감응특성을 구명하고 여러 가지 실이나 슬라이버에 대하여 행한 불균제도 측정결과들을 신뢰성있게 비교할

수 있는 동적 측정 범위를 구명하는 것이다.

불균제도는 임의 또는 주기적인 것으로 분류할 수 있다. 임의불균제도는 짧은 길이에 걸쳐 임의의 간격으로 발생하는, 굵기에 있어서의 큰 변화로 대표된다. 넓은 임의 불균제도의 한 보기이다. 임의불균제도는 주어진 길이에서 발생하는, 규정된 크기보다 더 큰 불균제도들의 수를 측정하여 나타낸다. 버틀러 등은 우스터 사결함측정장치(imperfection counter)로 측정한 단주기 임의불균제도의 수는 시험 중 선택한 실이나 슬라이버의 속도 그리고 불균제도의 본성과 발생빈도에 의하여 영향을 받는다고 밝혔다.

본 연구의 목적은 변환기가 하나의 불균제를 완전히 감응하도록 변환기 내에 머물러야 하는 시간을 구명하고, 첫번째의 불균제가 두번째의 측정을 방해하지 않도록 불균제들 사이에 존재해야하는 간격을 구명하는 것이었다.

주기 불균제도는 재료 전반에 걸쳐 일정한 길이의 간격으로 반복되는 굵기 변동이다. 이것은 보통 여러 단계의 실 제조공정에서 사용된 기계의 결함 부분에 기인하거나 “드래프팅파”로 불리는 드래프팅공정의 특성에 의한다. 주기 불균제도의 파장을 알면 특정한 공정 단계를 추적하여 원인을 알 수 있으며 결함근원에 대하여 적절한 조치를 취할 수 있다. 드래프팅파는 최적 기계세팅에 의하여 최소화 할 수 있고 기계의 결함부분은 수리 또는 대체할 수 있다.

주기 불균제도를 표시하는 방법은 균제도 변환기의 감지부에서 오는 신호의 주파수를 분석하는 것이다. 주파수 분석에서 각 주기 불균제도는 반복주기 또는 주파수에 따라서 그리고 측정된 주파수대 내에 있는 불균제도의 크기에 따라서 표시된다.

주기 또는 주파수가 서로 다른 불균제도의 상대적인 크기를 확실하게 비교하는데는 측정기구가 불균제도의 주파수에 의하여 영향을 받게 되는 불균

제도 크기를 측정치 않고 변동의 크기만을 감지하는 것이 필요하다. 여기에 보고한 연구 목적의 하나는 불균제도의 주파수 변화에 따라 불균제도 크기 측정에 영향을 미치지 않는, 여러 가지의 실 또는 슬라이버 이동속도에서 우스터 균제도 변환기가 감지 할 수 있는, 불균제도 주파수 범위를 결정하는 것이다.

조 작

우스터 균제도 시험기 GGP-A 형은 감지회로부터의 균제도 신호가 고속 레코더와 주파수 분석기를 사용하여 기록되고 분석될 수 있도록 개조되었다. 실 또는 슬라이버 이동속도는 5에서 230yd/min 까지의 변동에 적응하도록 만들어져 있다.

균제도 변환기의 순간 감응을 조사하기 위하여, 단계적인 두께 변화를 가진 시료를 사용하였는데 이것은 표준카세트 녹음테이프의 길이를 따라 뒷면에 접착제를 붙인 여러 개의 테이프를 붙여서 1야드 길이의 루프를 만든 것이다. 굵은 곳(thick places)으로 나타나는 불균제를 모의하기 위하여, 0.4~2.9cm 길이 범위의 짧은 접착테이프들을 붙였다. 가는 곳(thin places)을 모의하기 위하여서는 두 개의 긴 테이프를 간격이 1.5~6.0cm 되도록 짧은 공간을 두고 붙였다.

대부분의 시험에서 접착테이프 조각은 실 균제도에서 약 50%의 변화를 일으키는 크기로 하였다. 대략 15~60% 범위의 두께 변화를 일으킬 수 있는 크기의 다른 접착테이프 조각을 붙인 것에 대하여도 분석했다. 불균제도에 있어서 두께 변화의 크기는 변환기의 순간감응능력에 유의하게 영향을 미치지 않는 것을 알았다.

우스터 균제도 시험기 제작자는 기계의 작용을 점검하는데 사용할 캘리브

레이션 테이프를 시험기와 함께 공급한다. 캘리브레이션 테이프는 단면의 밀도가 테이프 길이를 따라 사인(sine)형 입력을 가한다. 이 테이프는 두께의 급변에 대한 변환기의 단계 감응(step response)을 분석하는데는 쓸모가 없는데 그것은 캘리브레이션 테이프의 단면변화가 단계 변화라기 보다 사인형이기 때문이다. 또한 캘리브레이션 테이프는 4인치의 고정된 주기로 되어 있어 이것을 이용하여 얻는 정보가 제한 된다. 따라서 균제도 변동에 대한 감응과 관계되는 정보를 얻기 위하여, 본 연구에서는 여러가지 특수한 시험용 테이프를 만들어 사용했다.

결 과

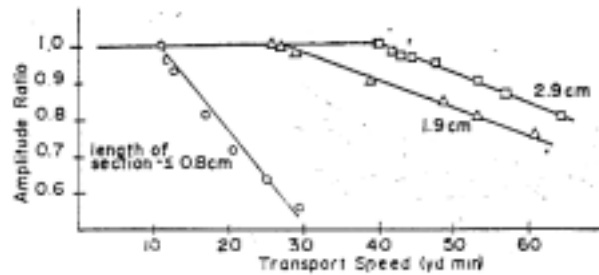
균제도 변환기에 의하여 측정된 신호의 크기는 고속 차트 기록장치를 사용하여, 그 길이에 따라 대표된 “굵은 곳”들을 각각 기록했다. 개개의 “굵은 곳”에 대하여 넓은 범위에 걸친 이동속도를 변경 시험했다. 변환기에서 나오는 신호의 크기는 저속에서는 이동속도와 무관한 것이 발견되었다. 일정한 한계 속도를 넘어서 이동속도가 증가됨에 따라 변환기에 의하여 나타나는 그 크기는 감소되었다. 이 효과는 그림 1에 굵은 부분의 길이 0.4, 0.8, 1.9 및 2.9cm 별로 보인다. 크기 비율(amplitude ratio)은 측정이 테이프 이동속도에 영향을 받지 않을 때 나타나야 하는 신호의 크기에 대한, 실제 변환기에서 보내진 신호 크기의 비율이다.

크기 비율 1.0은 정확한 측정을 나타낸다. “굵은 곳”들에 대한 한계이동속도(크기의 손실이 시작되는 속도)는 다음과 같이 관찰되었다.

0.8cm 이하 ; 11.0 yd/min

1.9cm ; 26.0 yd/min

2.9cm ; 40.0 yd/min



<그림 1> 굵은 부분에 대한 순간감응

이들 한계속도를 넘어서면, “굵은 곳”들은 변환기 감지부 내에서 완전한 감응을 일으킬 수 있는 충분한 시간 여유를 갖지 못하게 된다.

“굵은 곳”이 변환기의 감지부 내에 있는 시간은 다음과 같이 계산된다 :

$$\text{측정시간} = \frac{\text{불균제의 길이(cm)}}{\text{이동속도(cm/sec)}} \text{ ----(1)}$$

한계이동속도에서 0.8, 1.9 및 2.9cm 길이의 “굵은 곳”들에 대한 측정시간은 각각 0.0478, 0.0480 및 0.0475 초로 계산 될 수 있다. 위의 특정 길이들의 중간치나 2.9cm 보다 더 긴 길이의 “굵은 곳”이 그 길이에 관계없이 변환기의 감지부 내에 약 0.048초 동안 머물러 있어야 한다는 것이 결정되었다.

본 연구에서 분석된 변환기는 0.8cm길이의 측정구역(measuring zone)을 가지고 있다. 측정구역의 길이보다 짧은 불균제에 대하여 그 불균제가 이 구역 내에서 소비하는 시간은 측정구역의 길이를 시료속도로 나누어 줌으로써 구할 수 있다. 따라서 측정구역(0.8cm)보다 짧은 불균제에 대한 측정시간은 다음과 같이 표현된다:

$$\text{측정시간} = \frac{0.8(\text{cm})}{\text{이동속도(cm/sec)}} \text{ ----(2)}$$

어떤 정해진 길이의 “굵은 곳”을 신뢰성 있게 측정하기 위한 최대 이동속도는 다음과 같이 계산 할 수 있다:

- 굵은 곳의 길이가 0.8cm 이하인 경우,

$$\text{최대 이동속도} = \frac{0.8}{0.048} = 16.7 \text{ cm/sec} = 10.9 \text{ yd/min} \text{ ---(3)}$$

○ 굵은 곳의 길이가 0.8cm를 초과하는 경우,

$$\text{최대 이동속도} = \frac{\text{굵은곳의 길이(cm)}}{0.048(\text{sec})} \text{ ---(4)}$$

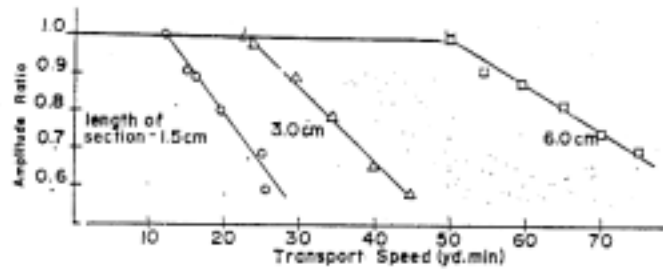


그림 2. 가는 부분에 대한 순간 감응

“가는 곳”(thin places)들에 대한 반응 시간은 굵은 곳들에 대한 것과 다른 것이 발견되었다.

여러가지 길이의 가는 곳들에 대하여 변환기에 의하여 나타나는 불균제들의 크기는 그림 2에 보인다. 가는 부분에 대한 한계 이동속도들이 1.5cm길이는 12.5yd/min, 3.0cm에는 25.5yd/min 그리고 6.0cm에는 50.0yd/min 인 것을 알았다. 한계이동속도로 이동될 때, 가는 곳이 감지부 내에 머무르는 시간은, 식 (1)을 사용하여, 각각 0.079, 0.077 및 0.079가 됨을 알 수 있다. 따라서 가는 곳이 변환기에 의하여 완전히 감지되는 최대 이동속도는 0.8cm보다 긴 길이의 가는 곳들에 대하여는 다음의 식으로 계산될 수 있다:

$$\text{최대 이동속도} = \frac{\text{가는곳의 길이(cm)}}{0.078(\text{sec})} \text{ ---(5)}$$

0.8cm이하의 가는 곳들에 대한, 완전한 측정을 위한 최대 이동속도는 식 (2)를 사용하여 다음과 같이 결정할 수 있다:

$$\text{최대 이동속도} = \frac{0.8(\text{cm})}{0.078(\text{sec})} = 10.3 \text{ cm/sec} = 6.7 \text{ yd/min} \text{ ---(6)}$$

식 (3)에서 (6)까지 설명한 결과는 그림 3에 요약된다. 이들 직선은 어떤 불균제가 변환기에 의하여 완전하게 나타나게 되는 최대 이동속도를 설명한다.

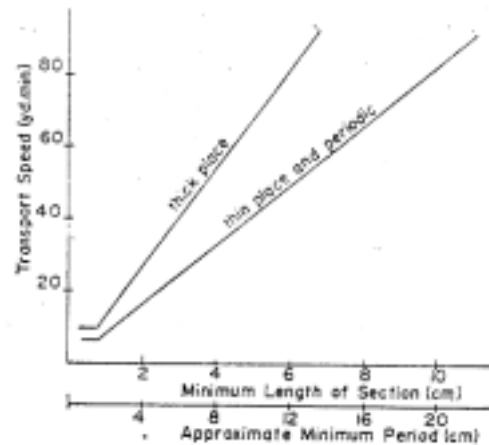


그림 3. 여러가지 이동속도에서 완전히 측정되는 최소 결함부분 길이

또 다른 조사가 행하여졌는데 이것은 연속적인 불균제들 사이에 하나의 측정이 다른 측정을 방해하지 않기 위하여 필요한 유지거리를 측정하는 것이었다. 두 개의 굵은 곳 사이의 가는 부분에 대한 변환기의 감응은 비슷한 길이의 가는 곳에 대한 감응과 유사함이 발견되었으며 두 개의 가는 곳들의 사이의 보다 굵은 부분에 대한 감응은 실제의 굵은 곳에 대한 감응과 마찬가지로였다. 따라서 두 개의 굵은 곳 또는 가는 곳 사이에 유지되어야 하는 간격은 그림 3의 그래프를 사용하여 얻어진 최소 결함부분 길이보다 길어야 한다. 실 또는 슬라이버의 길이를 따라 임의의 간격으로 배열된 불균제들에 대하여, 불균제들 간의 평균 간격은, 사이 간격이 너무 가까워 완전히 측정하기 힘든 불균제들이 너무 가까워 완전히 측정하기 힘든 불균제들이 매우 적은 비율로 존재함을 보증하기 위하여, 최소의 결함부분 길이보다 길다고 보아야 한다.

주기 불균제도의 발생과 결함 원인의 식별은 변환기에서 나오는 신호의 주파수 분석을 행함으로써 조사되었다. 젤베거사는 우스터 스펙트로그래프라는 주파수 분석장치를 만들고 있다. 보다 세밀한 분석을 할 수 있는 주파수 분석장치는 다른 시험기 제작자로부터 얻을 수 있다. 높은 정밀도를 갖고 좁은 범위의 주파수대를 분석하는 주파수 분석장치를 사용하여 우스터 균제도 변환기에서 나오는 신호를 분석하면, 우스터 스펙트로그래프를 사용하여 관찰할 수 없었던 부가적 정보를 제공하는, 보다 세밀한 스펙트럼을 얻을 수 있다. 이 보기는 그림 4의 그래프들로 비교하여 보인다. 결함있는 정방기에서 생산된 실에 대하여 그림 4A는 좁은 밴드의 주파수 스펙트럼을 보이며 그림 4B는 우스터 스펙트로그램을 보인다. 이 정방기의 프론트 톱 롤러와 프론트 보텀 롤러들이 손상되었다. 보텀 롤러의 원 둘레는 3.14인치, 톱 롤러의 원둘레는 3.38인치였다. 주파수 스펙트럼(그림 4A)은 이들 결함의 각각에 의한 피크들을 분명히 보이는 반면 스펙트로그램(그림 4B)은 두 개의 피크들을 분해하지 못하고 있다. (1.89인치의 피크는 3.36인치 피크의 하모닉(harmonic)이며 양쪽 스펙트럼에 나타났다.)

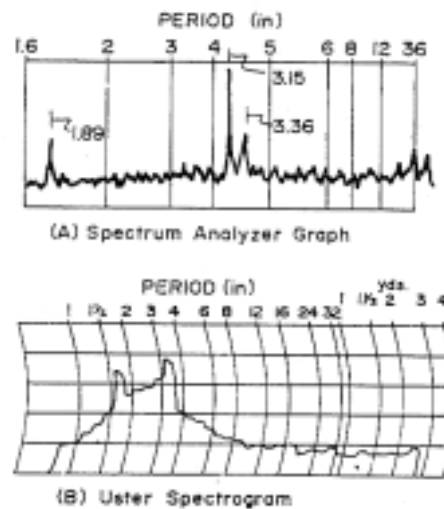


그림 4. 실에 대한 주파수 스펙트럼들

확실한 주파수 분석은 우스터 균제도 변환기의 주파수 감응보다 더 큰 범위의 주파수를 가진 주기 불균제도에 대하여 이루어질 수 있다. 주기 불균제도의 각 사이클이 굽은 곳과 가는 곳의 조합으로 구성된다는 가정에 의하여, 주기 불균제도의 크기가 완전히 측정되는 최대 주파수를 대강 추정할 수 있다. 이러한 불균제도의 주기는 대강 가는 부분 길이의 두 배로 짐작될 수 있다. 그림 3의 그래프에 보인 수평축 아래 스케일은, 여러가지 실의 이동속도에서 불균제도의 크기가 변환기에 의하여 완전히 측정되도록, 어떤 불균제도가 가진 최소 주기를 추정하는데 사용될 수 있다. 보통의 이동속도인 25 및 100yd/min에서 변환기에 의하여 완전히 감지될 수 있는 최소 주기 불균제도는 각각 약 6cm(2.4in)와 24cm(9.4in)이며 더 짧은 주기 불균제도를 분석하기 위하여는 사용하는 주파수 분석장치에 관계없이 보다 느린 이동속도를 사용해야 한다.

결 론

우스터 균제도 시험기를 사용하는 분석 중 실이나 슬라이버의 이동속도는 불균제의 길이와 불균제 간의 간격에 의하여 결정되어지는 어떤 한계속도보다 낮아야 한다. 주파대가 좁은(narrow band) 주파수 분석장치를 사용하여 균제도 시험기의 변환기에서 오는 신호를 분석하므로써 주기적 불균제의 원인을 구명할 수 있는 정보를 얻을 수 있을 것이다.

그러나 이러한 분석을 행하는데는, 분석에 관심있는 가장 짧은 주기적 불균제도의 측정을 완전히 보증할 수 있도록 실의 이동속도를 충분히 낮게 하여야만 한다.