

면과 OE방적과의 관계

1. 서 론

본고는 원면의 개발 및 정면효율을 높이기 위해 혼타면기를 새롭게 고안하여 뒤에서 언급될 여러가지 방법에 따라 실험을 한 내용이다. 원면에는 식물성 불순물 외에도 먼지나 미세먼지가 포함되어 있다. OE정방기의 로터 내에 불순물과 먼지가 쌓이면 이로인해 정방기의 작동상태가 나빠지고 로터의 표면이 쉽게 마모될 뿐만 아니라 실의 품질이 떨어지게 되고 사절율도 증가한다. 따라서 원면의 정면효율을 높일 목적으로 혼타면기내의 여러 기구의 효율을 증진시키기 위해서 수년 동안 이에 관한 연구가 행해져 새로운 개발품이 많이 나왔다.

2. 본 론

혼타면기는 비이터 하나와 그리드 하나로 구성된 소위 정섬조작단위(cleaning point)들로 이루어졌는데, 섬유몽치(fibre tufts)가 이러한 정섬조작단위들의 작동구역 내로 공급되면 고정되어 있는 그리드에 의해 섬유몽치의 흐름이 늦추어진다. 이때 비이터와 그리드의 작용과 원심력으로 인해 섬유몽치 속에 포함되어 있는 보다 큰 불순물의 일부가 그리드 아래로 떨어져 폐설물(waste)을 만들게 된다. 이렇게 해서 면섬유몽치의 질량은 변하게 되는 것이다.

어떤 시점 t 에서 혼타면기 내에 존재하는 면섬유의 질량을 m , 밀도를 J , 부피를 v 라 하면, 일정기간 dt 후 면섬유의 질량은 $m - dm$ 으로 줄어들고 밀도도 dJ 만큼 감소되는 반면, 부피는 dv 만큼 증가하게 된다. 이것을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$v + dv = \frac{m - dm}{\int -d\int} \dots\dots\dots(1)$$

그리고 혼타면기 내에서 면섬유의 상대질량은 밀도에 비례한다는 사실도 알게 되어었다.

$$\text{즉, } \frac{dm}{m} = \frac{dv}{a \cdot v} \text{ (a는 비례상수)} \dots\dots\dots(2)$$

식(2)를 식(1)에 대입하여 식(3)을 얻는다.

$$\frac{dm}{m} d\int (1+a)\int \dots\dots\dots(3)$$

d_t 동안 면섬유의 밀도는 개면드럽(비이터)의 블레이드(blade)수와 그 회전수에 비례하여 상대적으로 감소한다. 즉,

$$\frac{d\int}{\int} = -bkn \, dt \dots\dots\dots(4)$$

여기서, b = 비례상수

k = 블레이드 수

n = 비이터의 회전 수

식(4)를 식(3)에 대입하여 식(5)를 얻는다.

$$(1+a) \frac{dm}{m} = -bkn \, dt \dots\dots\dots(5)$$

$$(1+a) \ln \frac{m}{m_0} = -bkn \, dt \dots\dots\dots(6)$$

여기서, m_0 = 면섬유의 초질량($t=0$ 에서의 질량)

식(6)에서 다음의 식(7)을 유도할 수 있는데, 식(7)은 잡물이 제거됨으로써 혼타면기 내에서 면섬유의 질량변화가 있음을 보여주며, 시간이 경과할수록 면섬유의 질량이 점차적으로 감소하는 것을 알 수 있다.

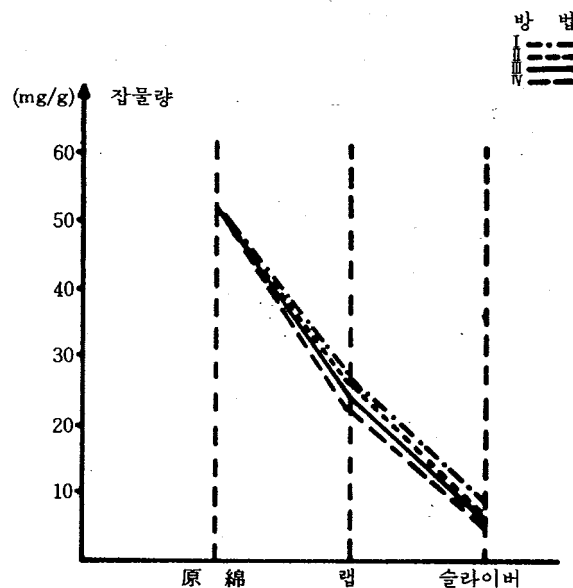
$$m = m_0 \exp\left(\frac{bknt}{1+a}\right) \dots\dots\dots(7)$$

또, 정섬조작단위의 수를 3~6개 까지로 변경시켜 다음에서 언급되는 4가지 방법으로 실험을 하여, 러시아산 원면 2등급, 3등급, 4등급에 대한 정면효율을

조사하였다. 기본적인 정섬조작단위는 다음과 같다.

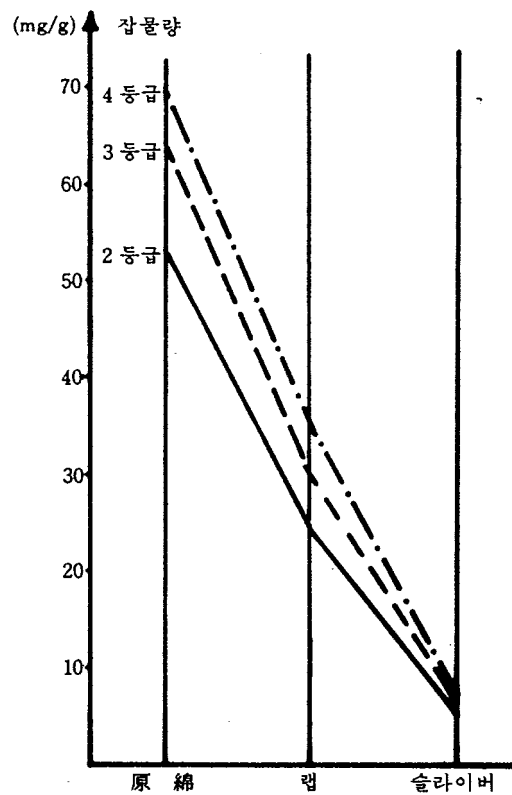
- 스텝 클리너(step cleaner)
- 수평형 개면기(horizontal opener)
- 3종 날 비이터(three-blade beater)
- 핀이 부착된 커슈너 비이터(pinned kirschner beater)

방법 I 은 정섬조작단위 중에서 스텝 클리너가 제외되었고, 방법 II 는 수평형 개면기가 빠졌으며, 방법 III 에는 4개의 정섬조작단위가 모두 포함되었다. 그리고 IV의 방법에서는 면섬유몽치가 혼타면기로 공급되기 전에 먼저 스텝 클리너와 수평형 개면기를 거치게 된다. 즉, 면섬유몽치는 6개의 정섬조작단위의 작용을 받게 되는 것이다. 정섬조작단위 수의 변동은 랩과 슬라이버 속에 포함되어 있는 잡물량에 커다란 영향을 미친다. 이 사실은 원면, 랩 그리고 슬라이버 1g 속에 존재하는 경질의 잡물량(mg으로 표시)을 측정함으로써 확인된다.



<그림 1> 원면, 랩 및 슬라이버에 존재하는 잡물량

<그림 1>은 정섬조작단위의 수를 다르게 했을 때 2등급 원면에 포함되어 있는 잡물량을 나타내고, <그림 2>는 방법Ⅲ에 따라 처리된 세 등급의 원면 내에 존재하는 경질의 잡물량을 나타내는데, 세곡선의 형태가 서로 유사함을 알 수 있다. 그리고 <그림 1>에서 스텝 클리너가 제외된 방법 I 을 보면 특히 잡물량이 더 많이 존재함을 보여준다.



<그림 2> 원면의 등급에 따른 잡물량

정섬조작단위의 수를 적게하면 소면공정에서 잡물이 충분히 제거되지 않아 슬라이버의 정면도가 저하된다. 따라서 정면효율을 높이기 위해서는 혼타면기보다 소면기에서 더욱 충분한 정면작용이 행해져야 한다. 물론 잡물을 많이 함유하고 있는 원면은 소면기의 정면효율을 감소시키게 된다. <표 1>에

는 원면의 등급과 앞에서 언급된 4가지 방법에 따라 달라지는 소면기의 정면효율이 나타나있고, 이 정면효율은 다음의 식(8)으로 구해진다.

$$\eta = \frac{z - z_w}{z} \cdot 100 \dots \dots \dots (8)$$

여기서, η = 정면효율(%)

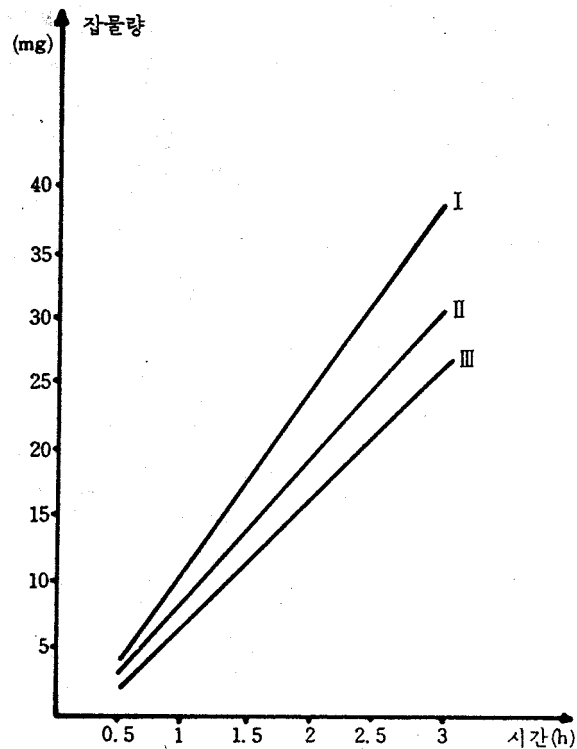
z = 랩의 잡물량

z_w = 슬라이버의 잡물량

<표 1> 소면기의 정면효율

실험방법	원면의 등급		
	R 2	R 3	R 4
I	68.3	73.2	75.2
II	75.7	74.0	76.3
III	76.5	76.9	78.6
IV	79.1	79.7	80.1

<표 1>에서 볼 수 있듯이 소면기의 정면효율은 대개 70~80% 정도이다. 30tex(약 20's)의 실을 각 방법을 거쳐서 방적인 후 분석해봄으로써 순면공정은 랩과 슬라이버에 존재하는 잡물량뿐 아니라 실의 정면도에도 커다란 영향을 미친다는 사실을 알 수 있었다. 이것은 또한 클래시메트분석 결과로도 확인되었다. 정섬조작단위에서 스텝 클리너가 제외된 방법 I에 따라 방적된 실에서 가장 많은 결점이 발견되었고 이는 방법IV에서보다 두배나 높은 수치였다. 정섬조작단위의 효과를 평가하기 위해 사용된 BD200형 정방기를 주기적으로 정지시켜 로터 내에 쌓이는 잡물을 수거하였다. 정방기의 가동시간을 30분으로 하고 정방기를 정지시킨 후 관찰시간을 3시간으로 정하여 방법 I, II, III에 따라 실험하였을 때 로터 내에 쌓이는 2등급 원면의 잡물량이 그림3에 나타나 있다.



<그림 3> 로터 내에 쌓이는 잡물량

개면 및 정면작용에서 스텝 클리너의 영향이 크다는 점 때문에 정방기를 더 분석해 볼 필요가 있었다. 즉, 비이터의 회전수를 다르게 하여 스텝 클리너에 면섬유를 세번 통과시켜 웨이스트 챔버(waste chamber) 내에 쌓이는 폐설물을 보다 정확히 분석하기 위해 스텝 클리너의 웨이스트 챔버를 네개의 작은 방으로 구분하였다. 첫번째 방부터 세번째 방까지는 각 비이터 아래로 폐설물이 쌓이고, 네번째 방은 네번째와 다섯번째 비이터 아래로 폐설물이 쌓이게 된다. <그림 4>에 면섬유의 이동 경로가 나타나 있다.

매 방법마다 각 방에서 폐설물을 수거하여 분석한 후, 식(9)와 식(10)을 사용하여 다음 사항을 구하였다.

- 면섬유에 포함된 폐설물의 총비율(P_c)
- 각 방으로부터 수거된 폐설물의 총 폐설물에 대한 비율(p)

○ 폐설물에 포함되어 있는 면섬유량

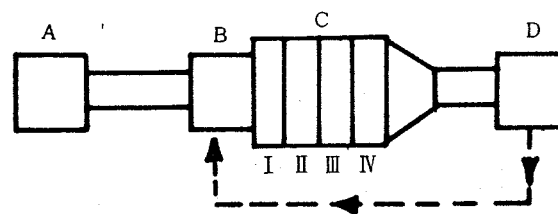
$$P_c = \frac{m_o}{m} \cdot 100(\%) \dots \dots \dots (9)$$

$$p = \frac{m_k}{m_o} \cdot 100(\%) \dots \dots \dots (10)$$

여기서, m = 면섬유의 질량

m_o = 총 폐설물량

m_k = 각 방에서 수거된 폐설물량

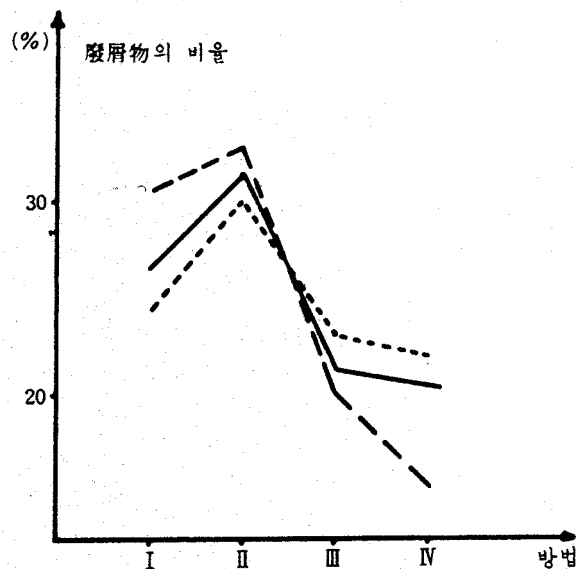


<그림 4> 면섬유의 이동경로

- A = 베일 오프너(Bale opener blenders)
- B, D = 호퍼 피이더(Hopper feeder)
- C = 스텝클리너(Step cleaner)
- I, II, III, IV = 웨이스트 챔버

면섬유가 스텝 클리너를 거듭 통과할수록 웨이스트 챔버로부터 수거된 폐설물량은 점차로 감소하게 된다. 예를 들어 3등급 원면은 폐설물의 비율이 2.5%에서 1.5%로 줄어들었다. 각 방으로부터 수거된 폐설물의 비율은 <그림 5>에 나타나 있다. 각 방법마다 두번째 방에 제일 많은 양의 폐설물이 쌓이는데, 이 이유는 첫번째 비이터가 빠른 작동으로 섬유몽치를 개면시켜 잡물을 털어내고, 이 잡물이 두 번째 비이터 아래에 위치한 그리드를 통해 두번째 방으로 떨어지기 때문이다. 그리고 이 두 번째 방으로부터 수거된 폐설물 내에는 가장 적은 양의 면섬유가 포함되어 있는 것으로 나타났다. 또 폐설물

속에 섞여 있는 면섬유양은 면섬유뭉치가 스텝 클리너를 거둬 통과할수록 증가하고 이는 주로 세 번째 방에 쌓이게 된다. 면섬유를 스텝 클리너로 거둬 통과시키는 것은 바람직하지 못하는데, 그 이유는 면섬유의 손실이 커진다고 해서 개면이 더 잘 된다고 볼 수 없기 때문이다. 또 섬유뭉치의 질량은 감소되지 않았고 오히려 비이터의 작용에 의해 섬유가 뭉쳐짐으로써 약간 증가하는 것으로 나타났다.



<그림 5> 각 방에 쌓인 폐설물의 비율

다음은 비이터의 회전속도가 정면효율에 미치는 영향에 대해 알아보기로 한다. 이 실험은 아홉 가지 방법으로 실시되었다. 처음 다섯 방법은 매 방법마다 비이터의 회전 수를 일정하게 하고, 방법이 바뀔 때마다 비이터의 회전 속도를 조금씩 빨라지게 조정하였다. 각 방법의 비이터의 회전 수는 다음과 같다.

방법1 : 14회/초, 방법2 : 16회/초, 방법3 : 18회/초, 방법4 : 22회/초, 방법5: 26회

/초

방법6에서부터 방법9까지는 각 비이터의 회전 수를 서로 다르게 하였는데, 방법6과 7에서는 표2에서 볼 수 있듯이 비이터의 회전 수를 점점 빠르게 하였고, 8과 9의 방법에서는 이와 반대로 점점 느리게 조정하였다.

<표 2> 비이터의 회전 수(회/초)

方 法	비이터 속도 (회/초)					
	속도 범위	I	II	III	IV	V
6	13 / 20	13	14	15	17	20
7	15 / 24	15	16	18	20	24
8	22 / 14	22	18	16	15	14
9	20 / 12	20	16	15	13	12

이러한 실험은 12%의 잡물을 함유하고 있는 러시아산 2등급 원면을 원료로 해서 하프-오픈 그리드(half-open grid)를 사용하여 실시되었고, 각 방법마다 정면효율과 제거된 폐설물의 비율이 측정되었다. 비이터의 회전속도가 빠를수록 폐설물이 많아지고 이에 따라 확실히 개면 및 정면효과가 더 좋아지는 것으로 나타났다. 물론 비이터의 회전수가 빨라질수록 폐설물 속에 섞여 있는 면섬유량이 더 많아지는 것도 사실이다.

또, 앞서 실시된 실험에서와 마찬가지로 웨이스트 챔버의 두 번째 방에 폐설물이 가장 많이 쌓이게 된다.

<표 3> 슬라이버 내의 잡물량

方法	비이터의 회전수 (회/초)	z_0 (%)	z_1	m_{z1} (mg)	z_m
1	14	2.15	290	6.3	87
5	26	1.95	245	4.0	84
6	13 / 20	1.50	227	3.7	80
8	22 / 14	1.55	233	3.9	80

그리고 <표 3>의 방법1, 5, 6 그리고 8을 택하여 실험을 더 해보았는데, 우선 BD200형 정방기를 사용하여 3.3ktex의 연조 슬라이버로부터 30tex의 실을 방출하였다. 이때 소면기로부터 송출된 슬라이버 속에 포함되어 있는 잡물량은 표3에 나타나 있듯이, 잡물분석장치로 얻은 슬라이버 내의 잡물량 “ z_0 ”수동적으로 분리하여 구한 경질의 잡물량 “ z_l ”경질 잡물의 질량 “ m_{zl} ”그리고 경질의 잡물량 “ z_m ”으로 구분되었다.

비이터의 회전 수를 달리한 방법으로 실험했을 경우 소면공정에서 제거된 폐설물량이 가장 많았고 플랫 웨이스트(flat waste)의 비율도 제일 높게 나타났다. 특히 비이터의 회전 수를 점차 빠르게 한 방법6의 경우에 경질의 잡물 및 연질의 잡물량이 최소로 되었다.

비이터의 회전 수를 느리게 한 방법8에서도 비슷한 결과가 얻어졌다. 또 개면 비이터의 회전 수를 모두 제일 낮은 초당14회로 동일하게 했을 때는 가장 바람직하지 못한 것으로 나타났다.

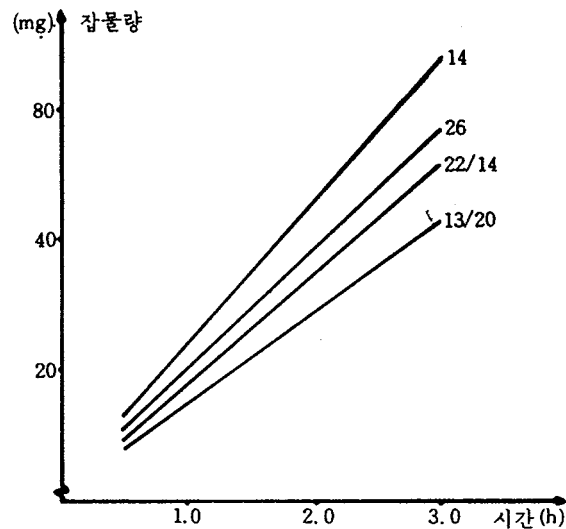
식(8)을 이용하여 각 방법마다 원면, 랩 그리고 슬라이버 내에 포함되어 있는 잡물량으로부터 혼타면기의 정면효율 η_r 와 η_z 를 계산해 내고 다시 다음의 식(11)로부터 혼타면기의 총 정면효율 η 을 산출하였다.

$$\eta = 1 - [(1 - \eta_r)(1 - \eta_z)] \cdots \cdots \cdots (11)$$

방법6으로부터 가장 바람직한 결과가 얻어졌고, 방출된 실의 품질도 제일 좋은 것으로 나타났다. 오픈엔드 정방기의 로터 내에 쌓이는 잡물량은 앞의 4가지 방법에 따라 현저한 차이가 있음을 <그림 6>에서 알 수 있다.

모든 방법에서 로터내에 쌓이는 잡물량이 많은 것으로 나타나는데 이는 혼타면공정에서 정면작용이 충분치 못함에 기인하는 것이다. 그 결과 우리는 4등급 원면에는 특히 더 많은 정섬조작단위가 필요하다는 것을 짐작할 수 있다. 그리고 의도적으로 정섬조작단위의 수를 줄여 실험하기도 했는데 이는

비이터의 회전 수에 따른 정면효과가 다른 정섬조작단위들의 영향에 의해 둔화되는 것을 막기 위함이었다.



<그림 6> 로터 내에 쌓이는 잡물량

3. 결 론

- ① 혼타면공정에서 스텝 클리너가 제외되면 랩 내에 잡물량이 현저히 증가해서 실의 정면도가 저하된다.
- ② 랩 속에 포함되어 있는 잡물량이 각 방법마다 다르게 나타났음에도 불구하고 소면기의 정면효율은 대체적으로 같은 것으로 평가되었다.
- ③ 정섬조작단위의 수를 적게 함으로써 증가되는 잡물을 소면기의 제한된 정면능력으로는 충분히 제거할 수 없다.
- ④ 면섬유를 스텝 클리너에 거둬 통과시키는 것은 개면효과를 증진시킬 수 없고 단지 폐설물 내의 면섬유량만 많아지는 결과를 초래한다.
- ⑤ 비이터의 회전속도를 점차 빠르게 하거나 느리게 할 경우 정면효과가 더 좋아진다.