# 공기류에 의한 슬라이버의 분리거동(Ⅱ)

## 5. 분쇄공정으로부터 고찰한 슬라이버의 분리

흡인기류에 의해 분리된 섬유집단의 구성섬유 올수에 대한 분포를 <그림 12>에 나타내었다. 여기서는 슬라이버의 분리를 분쇄공정으로서 고찰한다. 분쇄공정은 광산공업, 화학공업, 식품공업 등에서도 자주 볼 수 있는 공정이다.

일반적으로 분쇄공정에는 분쇄 후 어떤 입자의 직경 $x$보다 큰 것의 누적도수 분포는 식 (1)에 나타낸 Rosin-Rammler 분포에 따른다.

$$R(x) = e^{-kx^n} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (1)$$

또 $x$보다 작은 것의 누적도수 분포 D(x)는 식 (2)에 나타난 Gaudin-Schuhman 분포라고 한다.

$$D(x) = 1 - K(x) = cx^m \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (2)$$

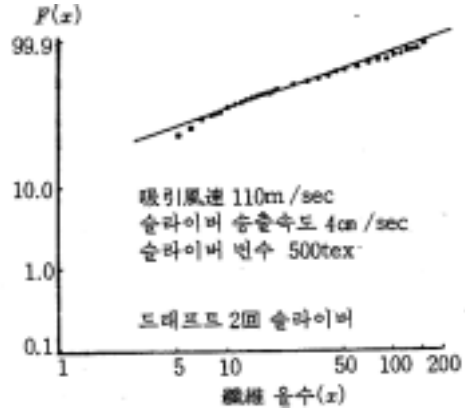
여기에서 $k$, $n$, $c$, $m$은 분체의 성질에 따라 결정되는 상수이다. Rosin-Rammler 분포는 점의 확률분포로부터 이론적으로 유도되고, 제품의 신뢰도 해석에 사용하는 Weibull 분포와 같은 형태이다.

실험결과가 Rosin-Rammler 분포에 따르는가를 결정하는 데는 식 (1)의 양변을 두 번 대수(log)를 취한 식 (3)으로부터 Weibull 확률상으로 누적섬유집단의 구성섬유 올수 x를 플로트하여, 이 관계가 직선으로 표현가능한가를 확인하는 것이 좋다.

$$\log(-\log R) = \log(k \log e) + n(\log x) \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (3)$$

직선 관계가 얻어지면, 직선의 기울기로부터 $n$, 그 위치로부터는 $k$를 구할 수 있다. 드래프트 1회의 슬라이버를 분리하여 얻어진 섬유집단의 구성섬유

올수에 대한 누적도수 분포를 확률상으로 플로트한 것을 <그림 12>에 나타냈다. 그림으로부터 거의 직선 관계를 가지는 것으로 보여지는 $n$과 $k$를 구하면, 각각 0.68, 2.22가 된다. <표 1>은 각각의 슬라이버에 대해 $n$과 $k$를 나타낸 것이다. 5종류의 슬라이버에 대한 결과에서 $n$은 거의 일정치를 나타내고, $k$는 드래프트 횟수가 증가함에 따라 작아지고 있다. $n$이 분포의 형상, $k$가 분포의 범위를 나타내고 있는데, 5종류의 슬라이버를 분리해 얻은 결과를 보면, 분포의 형상은 같고 그 범위는 드래프트 횟수의 증가에 따라 좋아진다는 양상을 인자로 표현할 수 있다.




<그림 12> Rosin-Rammler 플로트

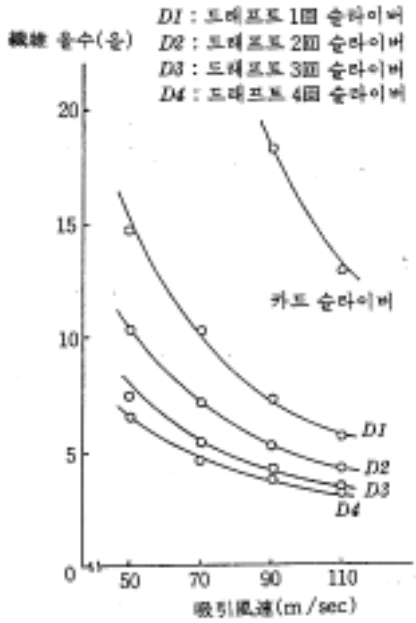
<표 1> 각 슬라이버에 대한 $n, k$

| 係數 / 試料 | n | k |
|---|---|---|
| 카드 슬라이버 | 0.65 | 3.78 |
| 드래프트 1回 슬라이버 | 0.68 | 2.22 |
| 드래프트 2回 슬라이버 | 0.65 | 2.81 |
| 드래프트 3回 슬라이버 | 0.72 | 1.78 |
| 드래프트 4回 슬라이버 | 0.71 | 1.64 |

이렇게 공기류에 의해 분리된 섬유집단의 분포는 분쇄공정에서 자주 사용되고 있는 Rosin-Rammler 분포로 근사가 가능하다. 집합 상태가 다른 슬라이버는 분포의 형상이 다르며, 분포의 범위를 나타내는 상수 $k$의 차로 표현할 수 있다.

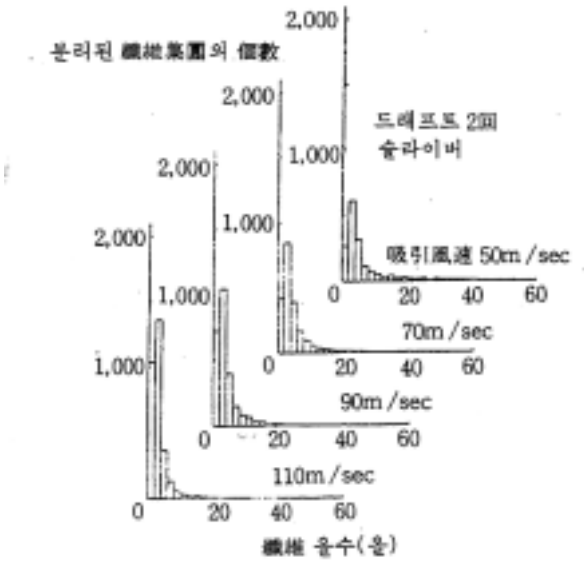
**6. 슬라이버 내부에서 섬유의 집합상태**

이미 4장에서 설명한 것처럼 흡인기류에 의한 슬라이버의 분리를 해석함에 따라 슬라이버에 있는 섬유의 집합 상태를 정량적으로 평가할 수 있다. 슬라이버에 가한 흡인기류의 속도를 변화시키면, 분리거동에 커다란 영향을 미치게 된다. 이런 결과를 상세하게 검토함으로써 슬라이버를 구성하는 섬유의 집합구조를 다시 한번 해명할 수 있다고 생각된다. 여기에서는 이런 시도를 소개하기로 한다. 집합구조가 다른 5종류의 슬라이버에 대해 흡인풍속을 변화시키면서 분리하여 그 거동을 조사하였으며, 이를 <그림 13>에 나타냈다.




<그림 13> 분리된 섬유집단의 크기에 미치는 흡인풍속의 영향

흡인풍속이 같은 경우, 드래프트 횟수가 증가함에 따라 분리되는 섬유집단은 작아진다. 이는 이미 설명한 슬라이버에 있는 섬유의 구성 상태에 차이가 있기 때문이다. 또한 구성 상태가 같은 슬라이버에서도 흡인풍속의 증가에 따라 분리되는 섬유집단의 구성섬유 올수는 감소한다. 프런트 롤러로부터 송출된 플리스(fleece)는 흡인풍속이 빠르게 되면, 공기류가 늦을 때에는 커다란 집단이나 중간 정도로 분리될 수밖에 없었던 집단이 재차 세분화되어 작은 집단으로 분리된다. 이를 다시 상세하게 검토하기 위하여 흡인풍속의 증가에 따라서 분리되는 섬유집단의 구성 올수에 대한 분포를 조사하였으며, 이 결과를 <그림 14>에 나타냈다.




<그림 14> 각 흡인풍속에 있어서 분리집단의 크기 분포

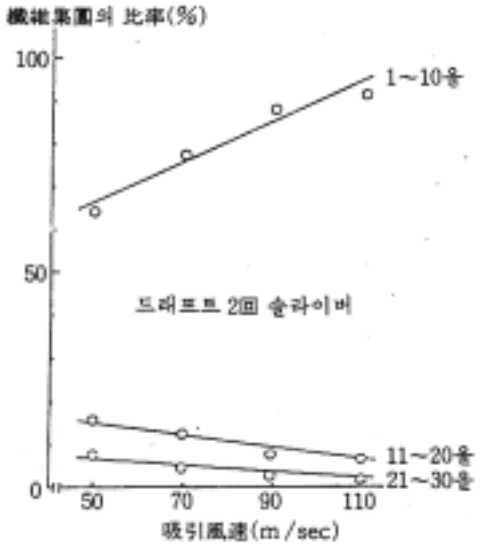
이 그림은 드래프트 2회의 슬라이버에 대해 서로 다른 흡인풍속으로 분리한 결과를 도수분포로 나타낸 것이다. 그림에서 흡인풍속이 50m/sec인 경우에 20올 이상의 큰 집단이 꽤 많이 존재하고, 단위시간에 분리된 전집단의 개수는 고속의 경우보다 적다는 것을 알 수 있다. 풍속의 증가에 따라서 큰

집단은 없어지고 작은 집단이 증가한다. 풍속 110m/sec에서는 20올 이하의 집단이 되고, 10올 이상의 집단이 차지하는 비율이 상대적으로 크게 된다. 이런 경향은 드래프트 횟수에 따라 섬유집단의 올수가 변화하는 것과 유사하다. 그러나 드래프트 횟수의 증가에 따른 도수분포의 변화는 슬라이버 내에 있는 섬유의 구성 상태에 의한 것이지만, 흡인풍속의 상승에 따른 도수분포의 변화는 슬라이버에 가한 자극의 세기에 의한 것으로서 이 경우 슬라이버 내에 있는 섬유의 구성 상태는 변하지 않는다.

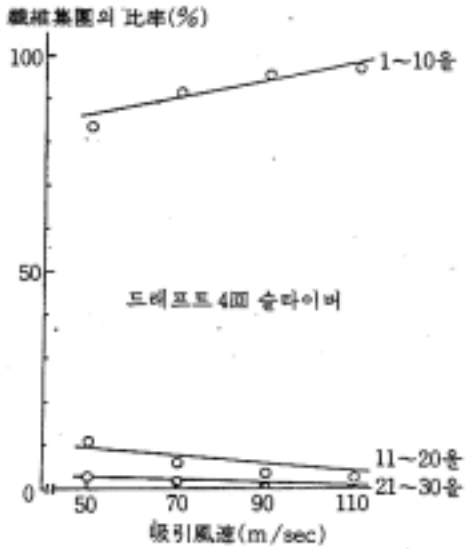
결국, 같은 구성 상태의 슬라이버에서도 슬라이버에 가하는 자극의 세기에 의하는 것으로서 약한 자극에서는 분할할 수 없는 힘으로 결합하고 있던 집단들이 결합력 이상의 강한 자극으로는 분할, 세분화하는 양상을 나타내고 있다.

<그림 14>에 나타난 도수분포를 다시 상세하게 고찰한다. 드래프트 1~4회까지 각 슬라이버에 대해서 분리된 섬유집단의 구성섬유 올수를 1~10올, 11~20올, 21~30올의 구간으로 분할하여 흡인풍속의 변화가 각 구간에 속한 집단의 개수에 미치는 영향을 조사하였다. <그림 15, 16>은 드래프트 횟수가 2회 및 4회인 슬라이버에 대한 결과이다. 두 그림 모두 1~10올로 구성된 집단의 수는 상대적으로 증가하고 있다. 흡인풍속의 증가에 따라서 큰 집단과 중간 정도의 잡단은 이보다 작은 섬유집단으로 세분화되는 경향을 나타내고 있다. 또 1~10올의 구간에 직선의 기울기를 보면, 드래프트 횟수가 증가함에 따라 기울기가 완만하게 나타나고 있다. 드래프트 횟수가 적은 슬라이버에서는 흡인풍속의 증가에 따라 1~10올의 집단은 급격하게 증가하지만 드래프트 4회인 슬라이버에서는 낮은 흡인풍속에서도 작은 집단으로 분리하는 비율은 커지고 직선의 기울기는 작아진다. 따라서, 비교적 약한 결합력의 작은 집단에서 구성되는 섬유의 상태를 이해할 수 있다.

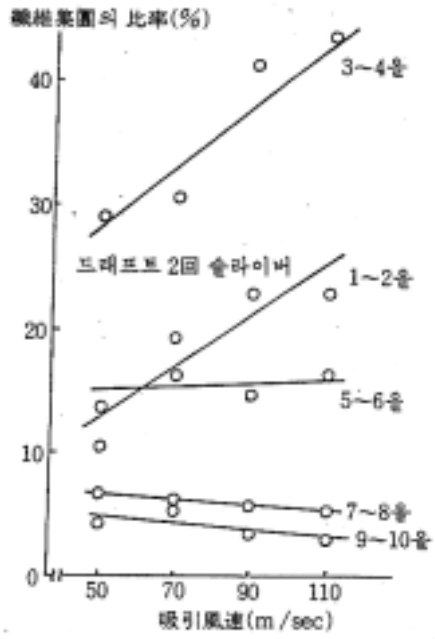
1~10올의 구간을 다시 5구간으로 세분화하여 풍속에 의한 각 구간의 변화를 나타낸 것이 <그림 17,18>이다. 이 그림에서 5~6올 이하의 집단은 증가하고 있으나, 그 이상의 집단은 감소하고 있다.



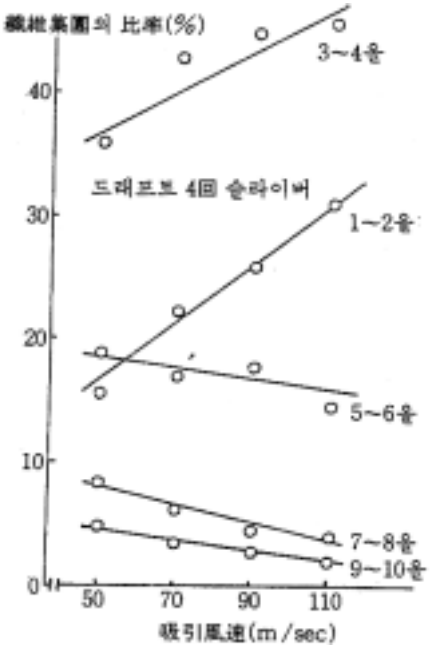

<그림 15> 흡인풍속에 대한 섬유집단의 비율 변화




<그림 16> 흡인풍속에 대한 섬유집단의 비율 변화




<그림 17> 흡인풍속에 대한 섬유집단의 비율 변화




<그림 18> 흡인풍속에 대한 섬유집단의 비율 변화

이와 같은 결과로부터 슬라이버를 구성하고 있는 섬유의 집합 상태는 복

잡하고, 슬라이버내의 섬유집단은 단섬유가 집단을 이루고 있을 뿐만 아니라, 집단끼리도 결합하여 다시 커다란 집단을 형성하는 다중 구조를 하고 있는 것으로 추측된다.

## 7. 결 언

슬라이버에 흡인기류를 작용시키게 되면, 섬유집단은 연속성을 잃고 단섬유나 여러가지 크기의 섬유집단으로 분리된다. 분리거동은 흡인풍속, 슬라이버의 송출풍속, 분리되는 섬유부의 형상과 같은 기계적인 조건 및 슬라이버의 굵기, 슬라이버를 구성하는 섬유의 집합 구조 등에 영향을 받는다. 본고에서는 특히 분리거동으로부터 슬라이버의 구조를 규명한다는 입장에서 설명하였다.

슬라이버의 분리와 운반에 공기류가 이용되고 있는 오픈엔드 정방기에서 이상적인 섬유의 분리라면, 섬유의 절단과 손상을 적게 하고 섬유를 한 올씩 분리하는 것이다. 그리고 이것을 똑바른 상태로 운반하여 그대로 재집속하고 가연하여 실로 만드는 것이 바람직하다. 그러나 이러한 문제에 대해서는 본고에서 다루지 않았다.