

제지공정의 지료 응집 상황에 대한 실시간 정량을 위한 새로운 방법

김동호* · 류정용 · 김용환 · 송봉근
한국화학연구원

1. 서 론

본 연구는 지료 조성부에서 floc size가 실시간으로 변화하는 상황을 분석하기 위해 실시간 분석 설비인 활용하고자 할 때 펄프의 고해도와 농도, 약품의 첨가량 등에 따라 각 응집되는 정도를 측정하여 실제 종이의 지합과 보류, 탈수에 어떠한 영향을 주는지 살펴보고 이를 통해 새로운 실시간 측정법의 측정 기준을 제시하고자 하였다.

floc size를 결정하는 인자로써 섬유장과 지료의 농도, 유동특성에 따라 다르게 변화하며 지료 조성부의 floc 크기를 변화시키는 기작으로 다섯 가지를 분류할 수 있다.

첫 번째는 단순전해질에 의한 응집으로 단순 양이온이 지료 조성부 주위에 형성된 전기이중층을 압축함으로써 입자 사이의 정전기적 반발력을 저하시키며 이에 따라 반데르 바알스 힘에 의한 응집이 유발되는 경우로서 이렇게 형성된 응집체는 그 결합력이 약하기 때문에 전단력이 증가할 경우 매우 쉽게 파괴되는 특징이 있다. 두 번째는 패치기작에 의한 응집으로 분자량이 낮고 전하밀도가 높은 고분자 전해질이 입자의 표면에 흡착되어 패치(patch)를 형성하는 경우로서 이때의 응집체는 단순이온에 의해 형성되는 응집체와는 달리 정전기적 인력이 입자를 응집시키는 힘으로 작용하기 때문에 결합력이 상대적으로 강하다. 물론 이러한 응집체도 어느 정도 이상의 전단력에 노출되면 파괴되지만 패치에 의해 형성된 응집체는 전단력에 의해 파괴되더라도 전단력이 제거되면 단순전해질과 마찬가지로 전단력을 가하기 전과 거의 동일한 정도로 재응집이 되는 특징이 있다. 세 번째는 가교결합에 의한 응집으로서 고분자전해질의 분자량이 크고 전하밀도가 낮은 경우에 입자에 흡착된 고분자의 일부분이 전기이중층의 외부로 노출되어 다른 입자에 흡착됨으로써 한 고분자가 두 개의 입자 사이에 가교를 형성하여 이루어진다. 이러한 응집체로 전단력에 노출되어도 쉽게 파괴되지 않는 특성이 있지만 일단 강한 전단력에 의해서 응집체가 파괴되면 다시 원상태로 회복되지 못하는데, 이것은 강한 전단력에 의해 고분자가 한 입자의 표면에 달라붙는 변화가 발생하여 패치기작에

의한 응집효과만을 나타내기 때문이다. 네 번째로 이중고분자에 의한 응집은 강한 양이온성의 저분자량의 고분자전해질을 지료에 먼저 투입하여 음전하를 띤 입자 표면에 패치를 형성시키고, 고분자량의 음이온성 고분자전해질을 다시 투입함으로써 가교결합을 형성시켜 응집력을 향상시키는 방법이다. 이 응집체는 전단력에 대한 저항성이 특히 강하여 고속 초지시에도 응집체가 파괴되지 않는 장점이 있지만 과도한 응집에 의해서 지합이 저하되는 단점도 있다. 다섯 번째는 마이크로파티클에 의한 응집으로서 양이온성 고분자를 첨가하여 지료를 응집시키고 다시 강한 전단력을 가해 응집을 파괴시킨 다음 다시 강한 음전하로 하전된 미립의 마이크로파티클을 가함으로써 지료 조성부의 순간적인 재응집을 유도하는 것이다. 이 경우 응집력이 입자에 의해서 발생하므로 비록 전단력에 의해 응집이 파괴되더라도 신속히 다시 형성될 수 있다는 장점과 보류도 향상 및 종이의 지합 개선이라는 상반되는 효과를 동시에 거둘 수 있는 장점이다.

이와 같이 Floc의 사이즈를 결정하는 것은 섬유의 길이, 농도, 유속, 및 약품의 첨가량과 첨가방식에 달려 있다고 할 수 있는데, 이러한 Floc의 크기를 실시간으로 측정하는 것은 첨가제의 평가 및 제품의 품질관리 측면에서 매우 중요하나 지금까지 그러한 분석의 기준이 보고된바가 흔치 않다. 특히 고속으로 초지되는 제지 회사에서는 이러한 문제점이 언제 일어날지를 실시간으로 확인하는 것이 중요하다 할 수 있다.

지료 조성부에서 지료의 농도와 약품의 첨가에 따른 floc의 크기를 실시간으로 화상 분석하여 확인 할 수 있다면, 균일하지 않은 원료에 따른 약품량의 조절과 농도에 따른 초지 조건을 미연에 조절하여 균일한 지합과 보류, 탈수를 나타낼 수 있어 최종 제품의 균일성을 개선하고 그 품질을 향상시킬 수 있을 것이다.

초지시 농도와 지종의 변화에 의한 섬유장의 변화가 Kerekes와 Schell의 Crowding Factor $N=5C_mL^2/\omega$ 에서 보듯이 Floc size의 변화를 야기하게 되는 주된 요인이 된다는 것을 알 수 있다. 이렇듯 주원료인 고지의 농도와 약품 첨가에 따른 Floc size가 크게 변화되고 있는 상황에서 일정한 처리 공정을 그대로 적용한다면 고지의 품질이 변화되는 만큼 제품의 품질과 생산 효율이 함께 변동하는 문제점이 야기되기에 주원료의 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 공정운영 기술의 개발이 시급한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 기존의 ink spec, dirt 및 shive의 측정을 위해 개발된 기기를 활용하여 섬유의 floc의 크기를 실시간으로 화상 분석하여 지종에 따른 약품투입과 농도 변화에 따른 공정 트러블을 미리 예측하는 새로운 제지기술을 도모하고자 할 때 필

수적인 분석의 기준을 탐색하고자 하였다.

향후 약품 투입과 지료 농도에 의한 floc size를 실시간 화상분석하여 지합과 보류, 탈수를 예측할 수 있는 설비를 개발하고 우리 현실에 맞는 그 적용방법을 확립하게 된다면 이를 활용하여 고지 재활용 공정의 지료 조성단계를 분석, 평가함에 따라 보다 효율적인 제지공정 관리가 가능하리라 기대된다.

2. 재료 및 방법

2.1 재료

본 연구에 사용된 공시재료는 Soft Wood BKP를 사용하였으며 약품으로는 PAM과 bentonite를 사용하였다.

2.2 실험방법

Soft Wood BKP를 Beating하여 여수도 600CSF, 500CSF, 400CSF, 300CSF, 200CSF의 지료를 조성 하였다.

2.2.1 Morfi를 활용한 여수도별 섬유장 분석과 Crowding Factor 측정

TEHPAP社의 섬유장분석기(Morfi, Techpap社)를 사용하여 여수도별 Fibers의 Weighted in length와 Width, Coarseness, Kinks angle, 및 Curl을 측정하였다. Crowding Factor 값을 활용하여 Fiber length와 Coarseness가 pulp flocculation에 미치는 영향을 측정하였다.

$$\text{Crowding Factor} : N = 5C_m L^2 / \omega$$

C_m = fiber mass concentration, %
 L = fiber length, m
 ω = fiber coarseness, kg/m.

2.2.2 실시간 화상분석 설비를 활용한 여수도별 Floc 측정

여수도 별로 조성된 Soft Wood BKP를 실시간 화상분석 설비(SIMPATIC, Techpap社)의 Chest에 넣고 측정기의 Sensitivity를 60%에 고정하고 농도를 1%, 0.75%, 0.5%, 0.25%로 변화시키면서 Floc size의 변화를 측정하였다. 또한 유속을 달리

하여 전단력에 의해 파괴되기 쉬운 Floc의 크기변화를 측정하였다.

2.2.3 실시간 화상분석 설비를 활용한 여수도별 약품투입량에 따른 Floc 측정

2.2.2에서와 같은 BKP 지료를 조제한 후 약품 투입량을 달리하여 Floc의 변화를

Crowding factor N	Concentration	Type of fiber contact
N<1	Dilute	Rare collisions
1<N<60	Semi-concentrated	Frequent collisions
N>60	Concentrated	Continuous contact

측정하고 PAM과 Bentonite를 활용한 마이크로파티클 시스템을 적용하여 Floc size의 변화를 측정하였다.

2.2.4 Soft Wood BKP에 약품 투입별 Formation 측정

여수도가 다른 BKP 지료에 약품 투입량을 달리하여 평량 100g/m²으로 초지하였다. 초지된 종이를 Formation tester(2D F-sensor, Techpap社)를 활용하여 지합을 측정하였다.

2.2.2와 2.2.3에서 측정된 Floc size와 Formation 측정값을 서로 비교하였다.