

골판지 고지의 해섬 특성 해석

이학래[†] · 윤혜정 · 이상길 · 강태영 · 허용대
(2004년 7월 5일 접수: 2004년 10월 29일 채택)

Analysis of Disintegration Characteristics of OCC

Hak Lae Lee,[†] Hye Jung Youn, Sang Gil Lee, Tae-Young Kang and Young Dae Heo
(Received on July 5, 2004: Accepted on October 29, 2004)

ABSTRACT

Linerboards and corrugating mediums are being produced using recycled old corrugated containers (OCC) as major raw materials. The utilization rate of recycled fibers is expected to increase further in the future to reduce raw material cost. Use of recycled fibers as raw materials for linerboard, however, causes many problems for papermakers. As the utilization rate of recycled fiber and number of recycling of fibers increases, quality and process problems including strength reduction and deterioration of machine runnability will increase.

To overcome the problem of strength reduction associated with the use of recycled fibrous materials for producing quality linerboards, diverse extensive research efforts and new technological approaches have been taken. In this study, disintegration characteristics of OCC was evaluated by determining the unslushed contents. The amount of unslushed content of KOCC was lower than AOCC. But contaminants content of KOCC was higher than AOCC. As the consistency in disintegration increased, the amount of unslushed fiber content decreased.

Keywords: AOCC, KOCC, recycling, disintegration, contaminants, unslushed fiber

• 서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부 (Department of Forest Sciences, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul, 151-921, Republic of Korea)

† 주저자 (Corresponding author) : E mail : lhakl@snu.ac.kr

1. 서론

국내 제지산업에서 큰 비중을 차지하는 골판지 원지는 주로 국내에서 발생되는 고지를 원료로 하여 생산되고 있어 환경 친화적인 지류의 대명사라 칭할 수 있다. 이는 우리나라의 고지 재활용률이 세계 최고수준으로서 제지산업 규모 상위 10개국 가운데 지류재활용 비율이 72%로 가장 높다는 사실과¹⁾ 골판지 원지는 주로 국산 골판지 고지를 주원료로 제조되고 있다는 사실로부터 확인할 수 있다. 이러한 환경 친화적인 특성을 지닌 골판지 원지는 고지를 원료로 사용함에 따라 많은 기술적, 품질적 문제를 유발시키고 있는 것이 또한 현실인데, 고지를 원료로 사용함에 따라 발생하는 가장 중요한 기술적 난제는 미처 해리되지 못한 고지가 고품 폐기물로서 배출됨에 따른 고품 폐기물 유발과 원가 상승 및 섬유 분급 기술의 취약으로 인한 골판지 고지의 이용 효율저하와 이에 따른 골판지 원지의 강도 및, 공정 악화라 할 수 있다.²⁻⁴⁾

이러한 고지 재활용에 따른 문제를 해결하기 위하여 수많은 연구들이 진행되고 있다.⁵⁻⁷⁾

본 연구에서는 고지에 함유된 다양한 펄프 섬유를 최대한 원료로서 활용할 수 있는 기술을 확립하고 각 원료 펄프의 최적활용을 위한 분급 및 후처리 기술 구축의 기초 자료를 제공하고자 하였다.

이를 위하여 다양한 조성으로 구성된 OCC 고지의 해리에 따른 해섬현상을 파악함으로써 과도한 해섬과정에 의한 섬유의 손상을 방지할 뿐 아니라 미비한 해섬과정에 의한 양질의 섬유의 손실을 방지하는 기술을 모색하였다. 이를 위해 조성이 상이한 원료 물질의 해섬 특성 곡선을 조사하고 혼합 고지의 펄프화 시에 나타나는 해섬 수준을 예측하였으며, 펄프화 공정의 최적화를 위한 공정변수를 조사하였다. 다양한 라이너지 및 골심지로 구성된 OCC의 해섬현상은 구성 지종에 따라 변화될 것임을 가정하여 모델 OCC를 국산 골심지와 국산 표면지로 구성하여 각 지종의 해섬 용이성을 평가하고 이들 함량에 따른 고지의 해섬특성곡선을 조사하였다. 모델 OCC는 현재 가장 널리 사용되는 단층 골판지를 가정하여 골심지와 표면지, 이면지의 비율을 설정하였다. 그리고 표면지와 골심지의 함량 변

화에 따른 해섬현상을 평가하여 혼합 고지의 펄프화 시에 나타나는 해섬 수준을 예측할 수 있는 방안을 구축하고자 하였다. 이 때 표면지와 골심지의 비율변화는 30-70% 수준에서 3단계 (30, 50, 70%)로 변화시켰다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 연구에서 사용된 원료로는 신대양제지(주)에서 분양 받은 원료물질(정대, KOCC, AOCC)과 골판지 원지(표면지, 골심지, 이면지)를 사용하였다.

2.2 원료의 해리

조성이 다양한 원료 물질(정대, KOCC, AOCC)의 해섬 특성 곡선을 조사하였다. 해섬특성곡선의 조사는 일반 해리기 내에서 농도 수준 2가지 (2, 5%)에 있어서 해리시간에 따른 미해리물의 함량평가를 통하여 분석하였다.

해리 특성 평가를 위하여 실험용 저농도 해리기를 사용하였고, 각 원료는 가로 3cm, 세로 3cm 크기로 찢어서 사용함으로써 균일성을 유지하였다. 해리에 사용된 용수는 이온성 물질의 영향을 최소화하기 위하여 증류수를 사용하였다. 온도는 상온을 유지하고, soaking time을 20분간 부여하였다.

2.3 해섬특성평가

각원료의 해섬 특성은 미해리분 함량으로 평가하였다.

저농도 해리기를 통해 나온 지료를 농도 0.5%로 희석하여 전건펄프 10 g이 되도록 지료를 채취한 후 TAPPI Test Methods T275 sp-98에 근거한 Somerville-type 스크린을 이용하여 정선을 실시하였다. Slot size는 현장에서 적용되는 0.3mm 크기를 사용하였고 100 kg의 청수를 이용하여 20분간 정선을 실시하고 스크린 상에 잔류된 지료 조성분을 채취하여 무게를 측정함으로써 미해리분(Unslushed contents)을 결정하였다. 미해리분 함량은 아래와 같은 식[1]에 의해 값을 구하였다.

Unslushed contents(%)
 = (Reject 전건양 / 투입된 전건섬유양) × 100 [1]

Fig. 1은 미해리분 함량을 구하기 위한 실험방법의 모식도이다.

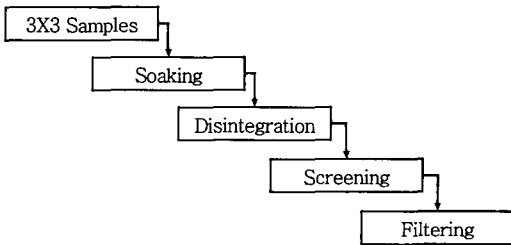


Fig. 1. The diagram of the experimental procedure.

3. 결과 및 고찰

3.1 원료물질의 해섬 특성 평가

다양한 조성의 OCC 고지의 해리에 따른 해섬현상을 파악하기 위해 골판지 원지의 원료로 사용되는 정대, KOCC, AOCC의 해섬 특성 곡선을 조사하였다. Fig. 2는 농도가 2%일 때 revolution에 따른 원료물질의 해리특성곡선을 나타낸 것이다. 우선 전체적인 곡선을 확인하여 보았을 때 초기 control 조건으로 가정 한 2,000 rev.에서는 상당히 많은 미해리분이 발생하였고 이후로 미해리분 함량이 급격하게 떨어지다가 20,000 rev. 수준을 기점으로 미해리분 함량의 감소폭이 거의 없음을 알 수 있다. 이는 고지의 해리가 너무 작게 일어날 경우 미처 해리 되지 못한 양질섬유의 손실이 일어날 수 있으며 반면에 과도하기 해리가 진행된다면 미해리분이 감소하는 것이 아니라 섬유 자체가 손상 받을 수 있게 됨을 보여준다.

원료물질의 해리에 있어 최적 시점이 존재함을 확인하고자 좀더 구체적으로 살펴보면 주로 사용되어지는 AOCC와 KOCC의 경우 AOCC가 KOCC보다 전체적으로 높은 값을 나타내었음을 알 수 있다. 다시 말해 recycling과정을 상대적으로 작게 겪

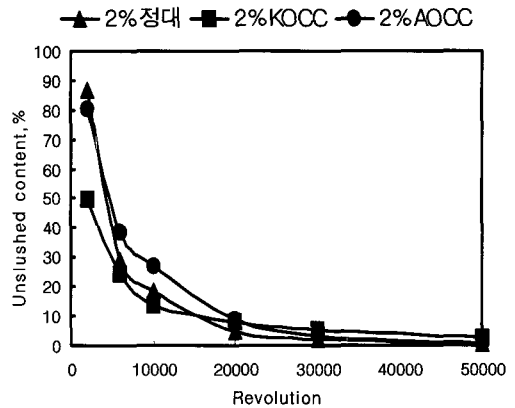


Fig. 2. Effects of revolutions on unslushed content for raw materials at 2% consistency.

은 AOCC가 recycling과정을 많이 반복한 KOCC에 비해 미해리분이 다량 발생하는 것을 알 수 있었다.

하지만 20,000 rev. 수준 이상으로 가혹하게 해리된 경우는 KOCC가 AOCC보다 다소 높은 미해리분 함량을 나타내었다. 이는 정선공정의 리젝트로서 배출되는 물질의 총칭이라는 미해리분의 정의와 관련하여 그리고 정선공정의 목적을 생각할 때 섬유를 제외한 이물질에 의한 것으로 생각된다. 즉 상대적으로 저급원료인 KOCC가 AOCC에 비해 이물질을 다량 함유하고 있는 것으로 생각되어진다.

또한 정대의 경우도 KOCC와 마찬가지로 AOCC에 비해 해리가 용이한 것으로 나타났다. 그리고 20,000 rev. 수준이상에서 KOCC보다 낮은 미해리분 함량을 나타내었다.

이로서 원료물질인 정대, KOCC, AOCC 중 AOCC가 미해리분의 원인이 될 수 있음을 확인하였으며 과도한 해섬공정에 의한 섬유의 손상은 revolution에 의해 조절되기는 어려움을 확인하였다.

Fig. 3은 농도 5%일 때 revolution에 따른 원료물질의 해리특성곡선을 나타낸 것이다. 농도 5%에서도 앞선 2%에서와 같이 AOCC가 다른 원료에 비해 미해리분이 다량 발생하는 것을 알 수 있었다. 그리고 KOCC의 경우 revolution이 올라갈수록 다른 원료에 비해 미해리분이 많이 발생함으로써 앞

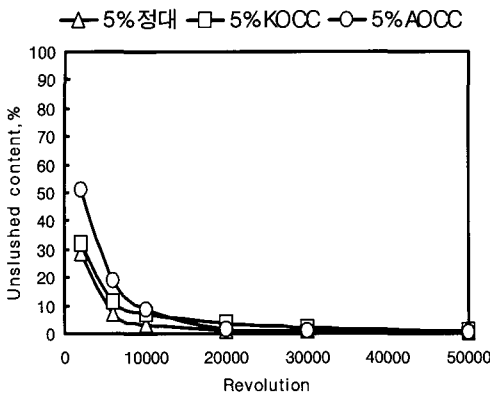


Fig. 3. Effects of revolutions on unslushed content for raw materials at 5% consistency.

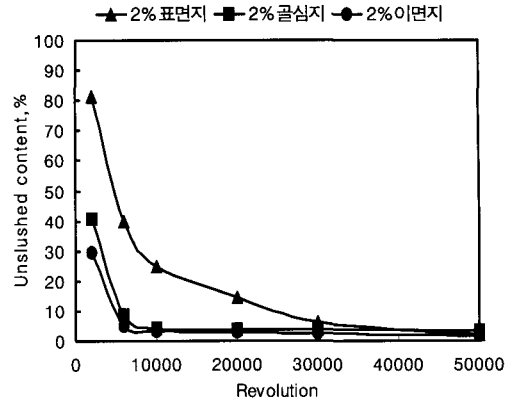


Fig. 4. Effects of revolutions on unslushed content for linerboard at 2% consistency.

선 내용과 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

농도 2%일 때의 결과와 비교해 볼 때 농도 5%일 경우가 섬유해의 해섬과정 초기에 미해리분 함량이 급격히 감소하였고 동일 해리 조건에서 미해리분 함량이 작았다. 다시 말해 농도가 높을수록 해리 용이하였다.

3.2 골판지 원지의 해섬 특성 평가

앞선 실험을 통해 알게된 원료물질의 해섬특성을 바탕으로 다양한 조성의 원료로 만들어진 골판지 원지의 해리공정에 따른 해섬현상을 파악하기 위하여 신대양제지(주)에서 분양받은 골판지 원지(표면지, 골심지, 이면지)의 해섬특성곡선을 조사하였다. Fig. 4는 농도 2%일 때 revolution에 따른 골판지 원지의 해섬특성곡선을 나타낸 것이다.

Revolution에 따른 평가에서는 골심지와 이면지의 경우 해리가 용이하여 낮은 revolution수준에서도 일정한 낮은 비율의 미해리분이 발생하였다. 하지만 표면지의 경우 30,000 rev.수준 이상이 되어야 충분히 해리됨을 알 수 있었다.

골심지와 이면지의 경우 골심지가 약간 많은 양을 나타내었지만 차이는 미비하였다. 그러나 표면지의 경우 골심지, 이면지와 상당한 차이를 보였다. 이는 앞선 원료 물질의 결과와 연관지어 생각해 볼 수 있을 것이다. 다시 말해 KOCC를 100%사용하

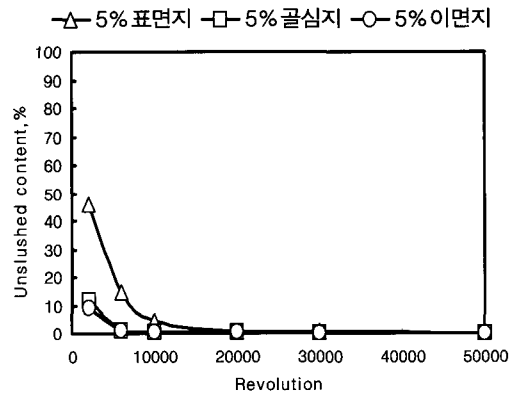


Fig. 5. Effects of revolutions on unslushed content for linerboard at 5% consistency.

는 골심지, 이면지와는 달리 원료로 UKP, AOCC, KOCC가 일정비율로 혼합되어 제조되기 때문에 골심지, 이면지에 비해 해리가 잘 되지 않는 것으로 판단된다. 그것은 AOCC가 KOCC에 비해 상대적으로 미해리분이 많이 발생한 것과 같은 결과이다. Fig. 5는 농도 5%일 때 revolution에 따른 골판지 원지의 해섬 특성 곡선을 나타낸 것이다. Revolution에 따른 평가에서는 농도 2%와 동일하게 미해리분의 발생량이 표면지가 가장 많이 발생하였고, 골심지, 이면지 순으로 미해리분이 발생하였다. 하지만 농도 2%와 달리 표면지의 미해리분

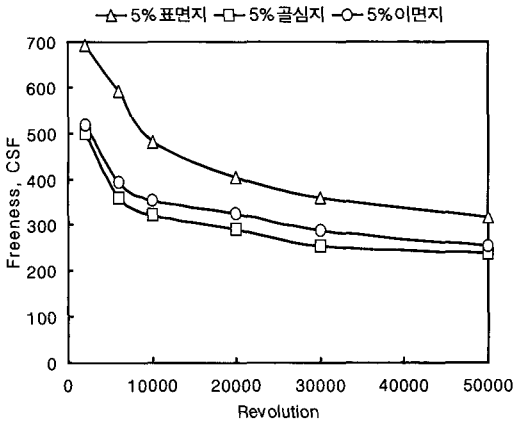


Fig. 6. Effects of revolutions on CSF for linerboard at 5% consistency.

발생량이 현격히 줄어들었음을 알 수 있다. 이는 원료물질에서의 결과와 같이 농도가 증가할수록 해리가 용이해짐을 골판지 원지에서 다시금 확인시켜 주는 결과였다. 즉 해리 최적화를 위하여 농도는 매우 중요한 인자였다. Fig. 6은 농도 5%일 때 revolution에 따른 골판지 원지의 여수도 곡선을 나타낸 것이다. 미해리분 함량의 결과와 유사하게 revolution이 증가할수록 해리가 많이 이루어지고 여수도는 떨어지는 경향을 나타내었다. 이는 해리가 진행됨에 따라 미세섬유가 생성되고, 섬유 표면적 증가 등의 여러 요인에 의해 시험기의 스크린 위에 형성되는 섬유 패드의 탈수저항성이 높아졌기 때문이다.

앞선 결과들에서 표면지가 골심지와 이면지에 비해 특별히 미해리분이 많이 발생함을 보았다. 그것의 주원인은 원료물질로부터 기인한 것이지만 또 다른 이유로 사이징 처리를 고려할 수 있다. 즉 표면 사이징으로 인해 섬유간 및 섬유내부로의 수분 침투가 상대적으로 어려워 낮은 revolution에서 해리가 용이하게 이루어지지 않은 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구에서 사용된 각 골판지 원지에 대해 Cobb size test를 실시하였으며, 그 결과가 Fig. 7에 제시되어있다. 표면지의 경우 표면 사이징 처리가 되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 표면 사이징 처리가 된 표면지가 사이징 처리되지 않은 골심지, 이면지보다 미해리분이 많이 발생한 결과와

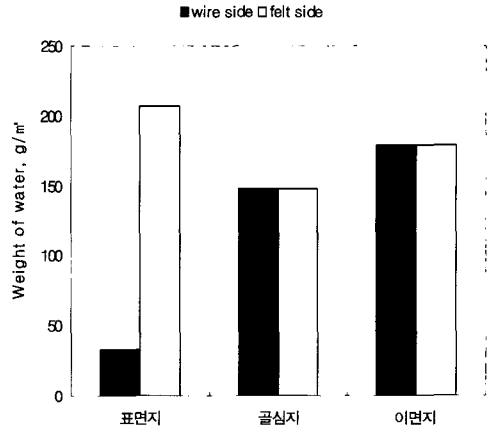


Fig. 7. Cobb value for linerboard at 5% consistency.

관련해서 사이징 처리 유무 및 강약 정도가 해리 최적조건을 찾는 데 고려되어야 할 사항으로 판단된다.

3.3 모델 OCC의 해섬 특성 평가

다양한 라이너지 및 골심지로 구성된 OCC의 해섬현상은 구성 지종에 따라 변화될 것임을 가정하여 모델 OCC를 국산 골심지와 국산 표면지로 구성하여 각 지종의 해섬 용이성을 평가하고 이들 함량에 따른 고지의 해섬특성곡선을 조사하였다. 모델 OCC는 현재 가장 널리 사용되는 단층 골판지를 가정하여 골심지와 표면지, 이면지의 비율을 설정하였다. 그리고 표면지와 골심지의 함량 변화에 따른 해섬현상을 평가하여 혼합 고지의 펄핑 시에 나타나는 해섬 수준을 예측할 수 있는 방안을 구축하고자 하였다. 이 때 표면지와 골심지의 비율변화는 30-70% 수준에서 3단계 (30, 50, 70%)로 변화시켰다. 다음 그래프들에 나오게 되는 A, B, C는 각각 표면지의 함량 비율을 말하며 각각 30, 50, 70%를 뜻한다. Fig. 8은 revolution에 따른 OCC의 해리특성곡선을 나타낸 것이다. 앞선 실험을 통해 이면지, 골심지, 표면지 순으로 해리가 용이함을 알 수 있었고 따라서 표면지와 골심지의 함유를 달리하여 단층골판지를 예측할 수 있다는 가정 하에 실험을 진행하였다. 결과적으로 표면지의 함유량이 많은 C경우가 골심지의 함유량이 많은 A경우에 비해 미해리분이 다량 발생하였다. 이는 표면지가 미해리분

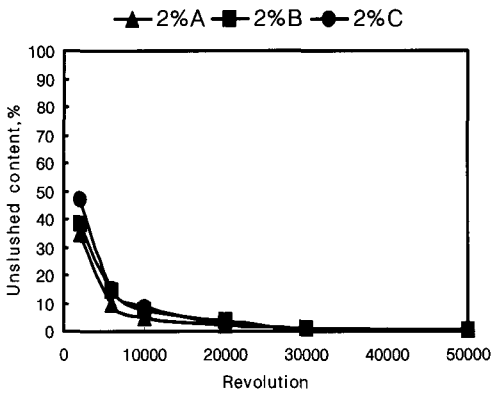


Fig. 8. Effects of revolutions on unslushed content for model OCC at 2% consistency.

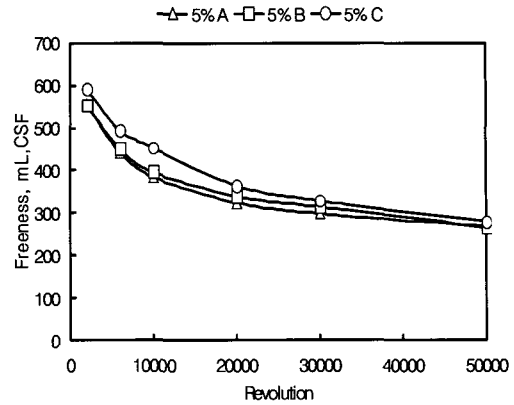


Fig. 10. Effects of revolutions on CSF for model OCC at 5% consistency.

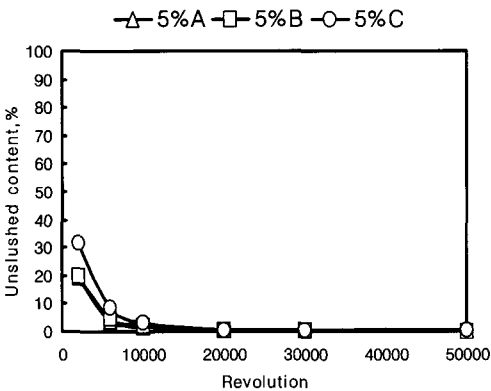


Fig. 9. Effects of revolutions on unslushed content for model OCC at 5% consistency.

발생에 영향이 가장 큼을 다시 한번 확인시켜주는 결과라 하겠다. 또한 그래프의 값으로부터 농도 2%에서는 20,000 revolution 수준까지는 미해리분 발생이 revolution 증가에 따라 급격하게 감소하지만 그 수준 이상에서는 거의 변화가 없었다.

Fig. 9는 5% 농도 조건에서 revolution에 따른 OCC의 해리특성곡선을 나타낸 것이다.

해리공정에 있어 농도의 영향을 파악한 결과 농도가 높을수록 해리가 용이한 것을 알 수 있었다. 다시 말해 미해리분 함량이 거의 미미해지는 수준이 10,000 rev. 이상이었으며 농도가 높아질수록 더

낮은 revolution에서 대부분 해리되었다.

Fig. 10은 해리 농도 5%일 때 revolution에 따른 OCC의 여수도 곡선을 나타낸 것이다. 미해리분 함량의 결과와 유사하게 revolution이 증가할수록 해리가 많이 이루어지고 여수도는 떨어지는 경향을 나타내었다. 또한 표면지가 많이 포함된 C의 경우가 상대적으로 A, B경우에 비해 높은 여수도 값을 보였다. 이는 표면지가 미해리분 발생에 가장 크게 영향한다는 앞선 결과를 뒷받침하는 결과라 할 수 있겠다.

3.4 공정변수에 따른 해리 효율 변화

앞선 결과들을 통해 다양한 조성의 OCC 고지의 해리에 따른 해섬 현상을 파악할 수 있었다. 현장에서는 지료의 해리를 위해 일반 상수 및 백수를 사용하게 된다. 공정의 폐쇄화에 따른 용수의 온도 상승, 혹은 어떠한 첨가제를 사용하느냐에 따라 용수의 pH는 변화가 있게된다. 이에 실험실적으로 용수의 온도, pH를 변화시키며 해리 정도를 파악하고 현장 적용 시 나타날 수 있는 문제를 예측하고자 하였다.

Fig. 11의 결과로부터 온도가 높을수록 미해리분의 발생이 감소하는 것을 알 수 있었다. 이는 용수의 온도가 높은 경우 섬유간 및 섬유내부로의 수분 침투가 용이하기 때문이라고 생각된다. 하지만 50°C와 70°C에서 미해리분의 차이가 크지 않은 것으로 보아 온도 상승을 통한 해리 개선에 한계가 있음을

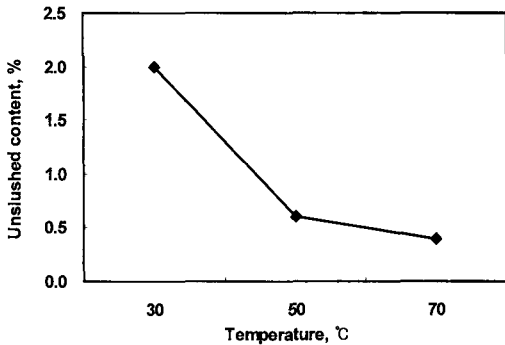


Fig. 11. Effects of Temperature on unslushed content of UKP.

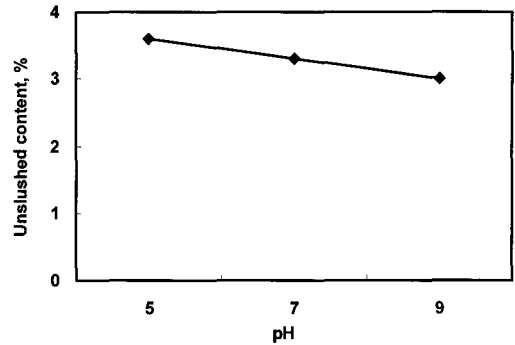


Fig. 12. Effects of pH on unslushed contents of UKP.

알 수 있었다. 따라서 일반적으로 현장의 용수 온도가 50~60 °C 근처이기 때문에 용수의 온도 조건 자체는 해리 조건에 있어 최적이라고 판단하였다.

Fig. 12에서 보는 바와 같이 pH가 알칼리 쪽으로 진행할수록 미해리분의 발생이 감소하였다. 이는 알칼리 조건에서 섬유유리의 팽윤성이 증대하기 때문이라고 생각된다. 하지만, 그 감소 폭이 크지 않은 것으로 보아 해리 효율에 있어서 큰 영향을 주지 못하는 것으로 판단되었다.

3. 골심지가 표면지에 비해 해리가 잘되었는데 이는 표면지의 원료 및 사이징 처리가 원인으로 판단되었다.

4. pH가 알칼리 쪽으로 진행할수록 미해리분의 발생이 감소하였으나 그 차이는 미미하였고, 온도가 올라갈수록 해리가 잘되었다. 하지만 50 °C와 70 °C에서 미해리분의 차이가 크지 않은 것으로 보아 온도 상승을 통한 해리 개선에 한계가 있음을 알 수 있었다.

4. 결론

골판지 원지를 제조함에 있어 원료물질로 사용되는 AOCC, KOCC, 정대를 사용하여 해섬 특성 곡선을 조사하고 혼합 고지의 해리시에 나타나는 해섬 수준을 평가하였으며, 펄프화 공정의 최적화를 위한 공정변수를 조사하였다.

1. 5% 농도로 해리를 하였을 경우 2% 때보다 미해리분이 함량이 적게 발생하였다. 즉 고농도의 해리 시 미해리분이 적게 발생하였다.

2. KOCC가 AOCC에 비해 초기 해리가 용이하였다. 이는 AOCC가 초기 미해리분 발생의 원인이 됨을 의미한다. 반면에 미해리분이 발생하지 않는 20,000 revolution 이상으로 오랜 시간 해리한 경우 KOCC가 AOCC보다 높은 미해리분 함량을 보여 주었다. 이는 KOCC가 AOCC에 비해 이물질 함량이 높기 때문으로 판단되었다.

사 사

본 연구를 수행함에 있어 BK-21사업의 지원이 있었음.

인용문헌

1. Vital Signs 1998.
2. Howard, J. M. and Doshi, M. R., The contribution of different types of fines to the properties of handsheets made from recycled paper, In Recycled Paper Technology, TAPPI Press, pp. 253-262 (1994).
3. 골판지포장 물류, 47(1) : 53-68 (2003).
4. Parel, M. and Trivedi R., Variations in strength and bonding properties of fines from filler, fiber and their aggregates, Tappi J., 77(3) : 185 (1994).
5. Mancebo, R. and Krokoska, P., The Concept, Properties and Papermaking Role of Fines, Papier a Celuloza, 36(11) : V75 (1985).

6. Edward, L. S., Evaluating methods to increase the compressive strength of recycled linerboard, 1993 TAPPI Recycling Symposium, TAPPI Press, Atlanta, pp. 163-171.
7. Minor, J. L., Scott, C. T., and Atalla, R. H., Restoring bonding strength to recycled fibers, 1993 TAPPI Recycling Symposium, TAPPI Press, Atlanta, pp. 379-385.