

OCC 펄프의 분급 및 해리 최적화 기술 개발 (Ⅲ)

-분급 섬유분에 대한 최적의 처리 탐색-

안병주 · 류정용 · 송봉근 · 김용환 · 송재광

한국화학연구원 펄프제지센터

1. 서론

골판지 고지의 재활용에는 장, 단 섬유 분급 처리 기술의 미비로 인한 고지 펄프의 이용 효율 저하의 난점 및 분급 펄프 섬유의 선택적 처리 불량으로 인한 종이 품질 저하의 난점이 있다. 골판지 고지의 분급에는 스크린 또는 클리너 등의 정선 설비를 활용한 장단섬유 분급 기술이 적용되어 왔는데 이때 분급된 장섬유분의 경우는 선택적으로 고해하거나 디스퍼징 혹은 니딩 처리를 실시하여 종이의 강도 및 외관을 향상시키는 처리가 일반적으로 적용되어왔다. 그러나 상기한 분급 기술은 다양한 골판지 고지의 종류별로 그 처리기준 및 조절 방안이 아직 성립되어 있지 못한 실정으로서, 실제로 고지의 특성, 종류별로 각각의 분급된 고지 섬유외 물성에 대한 고려 및 이에 따른 분급 섬유의 최적 활용방안에 대한 연구가 선행되지 못한 상태이다. 현재 골판지 고지의 분급 처리는 단지 현장의 생산 계획 및 초지 상황만을 고려하여 실시되고 있으며, 각각의 생산지종에 적합한 분급조건 및 개개 분급 지표의 활용 방안이 미처 연구되지 못한 이유로 분급의 기준과 분급 섬유의 처리 기준이 없이 단지 생산에 급급한 실정이라 할 수 있다.

특히 우리나라와 같이 양질의 골판지 고지를 수입에 의존하고 있는 실정 하에서는 OCC고지의 분급 효율을 극대화시키기 위한 고지 해리 및 정선처리 기준을 세우고, 보다 저급의 골판지 고지를 주원료로 삼는 고품질의 골판지 원지 생산기술로서 분급 섬유의 최적 활용기술과 분급 섬유에 대한 최적 처리 조건 탐색이 절실히 요구되고 있다 하겠다.

이에 본 연구는 분급 섬유의 최적 활용을 통한 라이너지와 골심지의 강도를 향상시킬 수 있는 새로운 분급 섬유분에 대한 최적 처리기술을 탐색하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 분급 섬유 활용 현황 및 분급 섬유에 대한 최적 처리 탐색

실제 라이너지를 생산하는 S제지(주)의 AOCC line에 설치된 장단섬유 분급기 (fractionator)는 slot폭이 200 μ m인 pressure screen으로서 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 세 겹의 라이너지를 생산하도록 단섬유분과 장섬유 분을 6:4의 비율로 분급하고 있다.

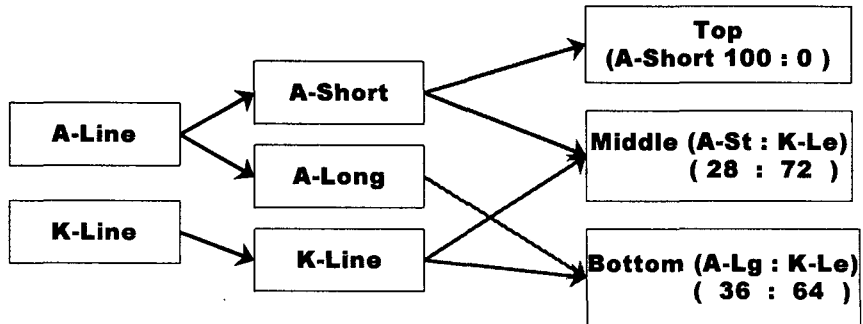


Fig. 1. S제지(주)의 분급섬유 활용현황

본 연구에서는 KOCC를 주원료로 한 K2 지종 생산시에 현장의 분급기로 단:장섬유의 비율이 6:4로 분급된 장,단 섬유분과 분급기 입구 지료(Fig. 2)를 수중펌프로 펌핑하면서 각각 초지하여 파열 강도를 측정하였다.

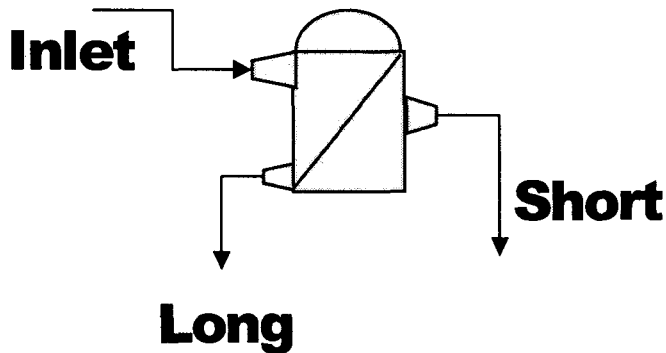


Fig. 2. S제지(주)의 현재 KOCC 분급 현황

2.2 저농도 펄퍼를 활용한 장섬유분 처리

본 연구에서는 분급된 장섬유분에 대해 저농도 펄퍼를 활용 시간대별 강도 및 여수도의 변화를 측정하였으며 slot폭이 75 μ m인 Sommerville screen을 이용하여 Flake unslushed portion), Fiber, Fines의 변화를 측정하였다.

2.2.1 Flake, Fines의 함량 변화에 따른 물성 측정

Flake, Fines은 종이의 강도에 영향을 미치는 인자로서 본 연구에서는 장섬유분에 slot폭이 75 μ m인 Sommerville screen에 의해 얻어진 Flake와 200mesh체를 활용하여 얻어진 Fines의 함량 변화에 따른 강도를 측정하였으며, Fines의 유무에 따른 종이의 강도변화를 측정하기 위하여 Vibration screen을 이용하여 미세분을 수세하는 방법으로 decripled stock을 구하고 이것을 다시 저농도 펄퍼를 활용하여 pulping한 지료 및 pulping후 재차 decripled한 지료로 나누어 초지 한 후 종이의 강도 변화를 측정하였다.

2.2.2 저농도 펄핑 전 후 섬유율의 변화

분급된 장섬유분에 대한 저농도 펄핑 전 후 섬유율의 변화를 측정하기 위해 다음과 같은 실험을 하였다. pulping 전 후의 지료를 활용 양성 전분의 첨가량을 변화시켜 원심분리 후 상등액의 전분 함량을 측정 pulping 전 후의 Fiber의 전분 흡착량을 측정하였으며, DS한 지료와 DS후 저농도 펄핑한 지료를 Freeze dry(동결건조)하여 섬유율의 비표면적 변화를 측정하였다.

2.2.3 장섬유분에 대한 LC Pulping과 Beating의 비교

장섬유분의 강도회복을 위한 방안으로서 시간대별로 LC Pulping과 Beating한 후 종이의 강도 변화 및 이때 여수도의 변화를 측정하였다.

2.3 섬유율의 재활용 공정시 수화의 영향

저농도 펄핑 단계를 거치면서 섬유율의 WRV, 평균길이의 변화없이 종이는 밀도가 증가하고 강도가 15%가량 향상되었다. 이때 여수도의 변화는 30-50mL CSF에 불과하였으며 RDA탈수성 역시 현저한 차이를 보이지 않았다.

2.3.1 재활용 섬유의 수화

LC pulping후 제타 전위 및 백수의 품질(COD, PCD)변화를 측정하였으며, 리파아제1%를 첨가하고 처리하여 재활용 섬유분에 흡착된 이물질을 제거 장섬유분의 강도 변화를 측정하였다.

2.3.2 Mild한 기계적 처리시 재활용 섬유의 수화에 영향을 미치는 인자

장섬유분에 대하여 LC Pulping시 섬유의 수화에 영향을 미치는 인자로서 Rotor의 속도, 농도, 온도를 변화시켜 각각의 강도, 여수도, 투기도, 지합의 변화를 측정하였다. 또한 각각의 지료에 대한 75 μ m인 Sommerville screen을 활용 3F(Flake, Fiber, Fines)의 변화량을 측정하였다. Drum 펄퍼를 활용 분급된 장섬유분의 농도를 8%로 높여 Drum pulping후 상기한 종이의 물성을 측정 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 저농도 펄퍼를 활용한 장섬유분 처리

Fig. 3은 세 종류의 분급된 지료를 수중 펌프로 펌핑하면서 처리 시간 별로 각각 초지하여 파열 강도를 측정한 결과로 펌핑 시간에 따라 강도가 증가하는 것을 알 수 있다. 더욱이 장섬유분은 다른 분급 섬유분에 비해 초기 10분 처리에 따른 강도 향상 폭이 큰 것을 알 수 있다.

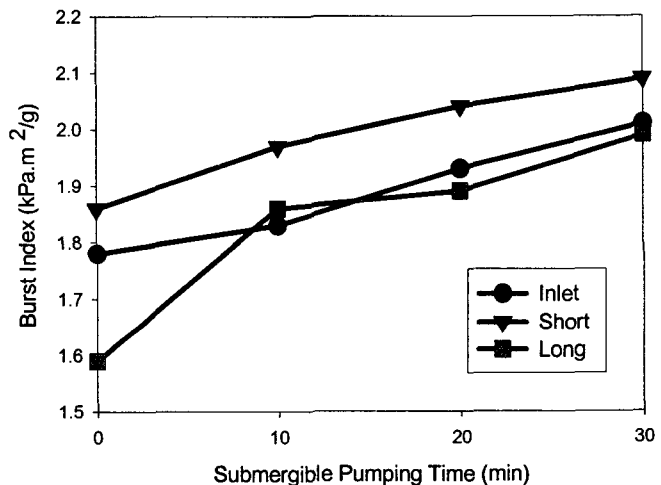


Fig. 3. Submergible pumping time에 따른 파열강도

Fig. 4와 Fig. 5는 분급된 장섬유분에 대하여 저농도 펄퍼를 활용하여 시간대별 처리한 결과로서 pulping 시간이 증가할수록 종이의 강도는 증가하나 이때 여수도의 변화는 미미함을 알 수 있다. 이때 Flake(unslushed portion)함량은 처리시간에 따라 감소하며, Fines의 함량은 증가함을 알 수 있으나 10분 이후의 증가폭은 매우 미미한 것을 알 수 있다.

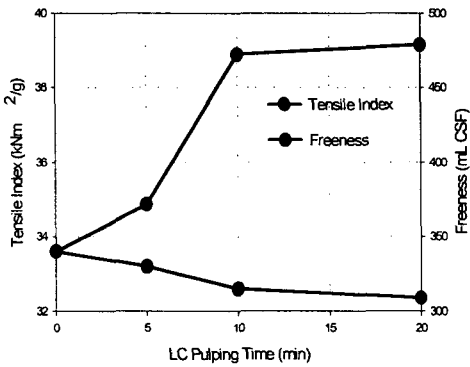


Fig. 4. 저농도 펄퍼를 활용 시간대별 강도 및 여수도 변화

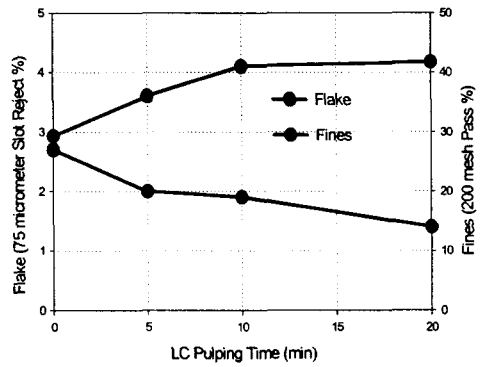


Fig. 5. 저농도 펄퍼를 활용 시간대별 Flake 및 Fines의 함량 변화

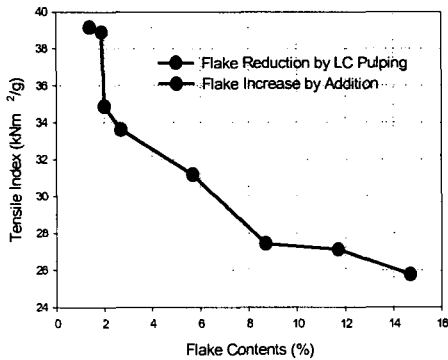


Fig. 6. 저농도 펄핑 후 Flake의 함량변화에 따른 종이의 강도변화

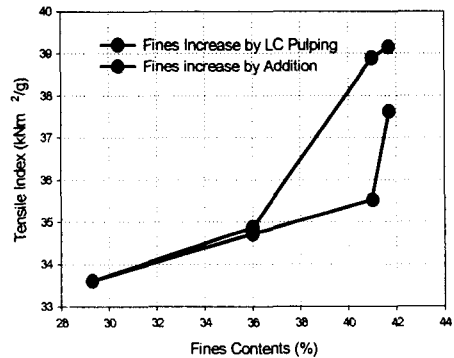


Fig. 7. 저농도 펄핑 후 Fines의 함량변화에 따른 종이의 강도변화

Fig. 6은 저농도 펄핑 후 Flake(unslushed portion)와 Fines의 함량을 변화시켜 종이의 강도를 측정된 결과, Flake의 함량이 증가 할 수록 종이의 강도가 감소함을 알 수

있다. 이에 반해 Fines의 함량이 점점 증가 할수록 종이의 강도는 증가하는 것을 알 수 있다. 즉, Flake는 종이의 강도에 악영향을 주지만 약 40%전후의 Fines은 종이의 강도에 도움을 주는 것을 알 수 있다. 그러나 Fig. 7에 나타난 바와 같이 장섬유분에 대한 선택적 처리 결과 비롯된 강도 개선 효과는 단순히 미세분이 형성하는 것만으로 설명할 수 없었다.

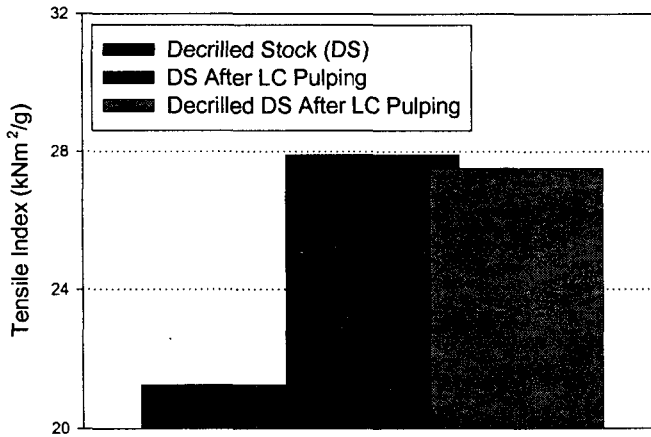


Fig. 8. 저농도 펄핑 전후 Fines이 종이에 미치는 영향

Fig. 8은 Fines이 종이의 강도에 미치는 영향을 분석하기 위해 Fines을 제거(DS) 저농도 펄핑하여 Fines의 유무에 따른 종이 강도 변화를 측정된 결과로서 저농도 펄핑 후지료의 강도가 크게 증가하는 것을 볼수 있으며 Fines에 따른 종이의 강도 변화는 미미함을 알 수 있다. 이는 Fig. 7에서 보듯이 적당한 Fines의 함량은 종이의 강도에 악영향을 주기보다는 강도향상에 도움을 준다는 것을 알 수 있다.

Fig. 9-10은 저농도 펄퍼를 활용하여 장섬유분에 대한 처리 전후 비표면적의 변화를 측정된 결과로서 처리전보다는 처리후의 장섬유분에 전분이 많이 흡착되며, 전분의 투입량이 증가할수록 전분 흡착량의 차가 큼을 알 수 있다. 이는 저농도 펄핑 전후 섬유 비표면적이 크게 변화함을 의미한다. 즉 mild한 기계적 처리는 섬유의 비표면적(외부 피브릴)을 증가 시켜 섬유간의 수소결합을 향상시켜 종이의 강도향상에 도움을 준다고 생각된다.

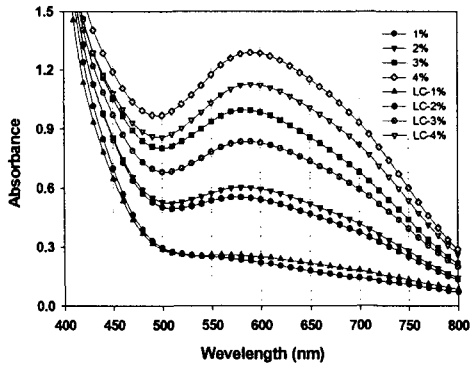


Fig. 9. 장섬유분에 대한 저농도 펄핑 전후 전분 흡착량 평가

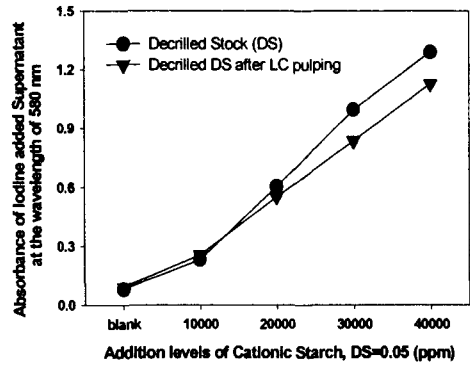


Fig. 10. 장섬유분에 대한 저농도 펄핑 전후 비표면적의 변화

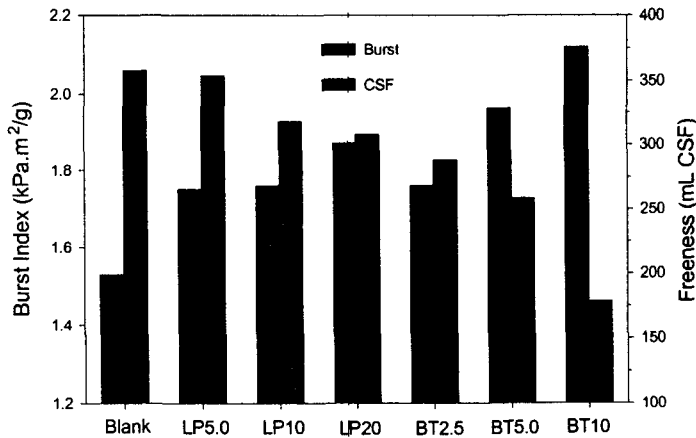


Fig. 11. 저농도 펄퍼와 Beater를 활용한 장섬유분 처리에 따른 강도 및 여수도의 변화

3.2 섬유 재활용 공정시 수화의 영향

Fig. 12-14는 장섬유분에 대한 저농도 펄핑후 제타 전위 및 백수의 품질변화를 측정 한 결과로서 저농도 펄핑후 제타 전위는 감소하고 PCD와 COD는 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 섬유의 표면을 감싸고 있는 오염 물질들이 기계적 처리를 통해 떨어져 나왔기 때문이라 생각된다. 이에 Fig. 15와 같이 장섬유분에 리파아제 1%를 첨가하여 종이의 강도를 측정 한 결과 약간의 강도 향상 효과를 보았다.

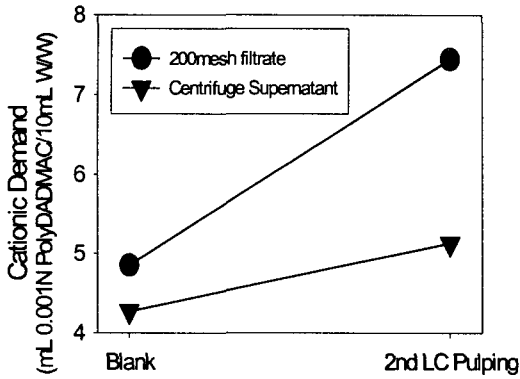


Fig. 12. 저농도 펄핑후의 PCD 변화

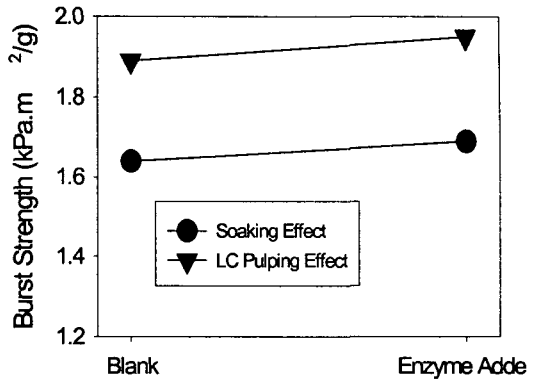


Fig. 13. 리파아제 첨가(1%)에 따른 종이의 강도변화

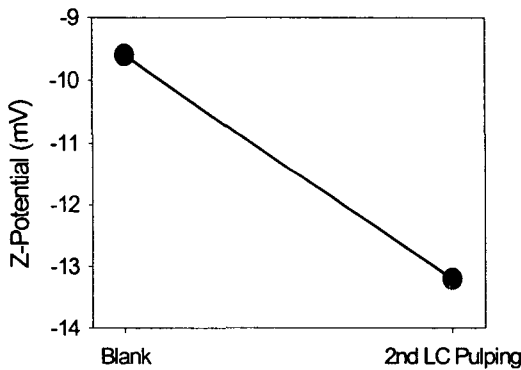


Fig. 14. 저농도 펄핑후의 제타전위 변화

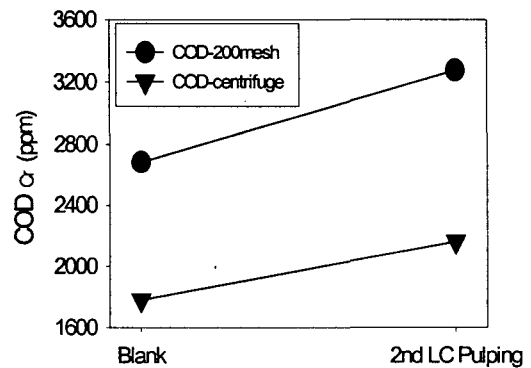


Fig. 15. 저농도 펄핑후 COD 변화

Fig. 16-17은 저농도 펄퍼를 활용 Roter speed에 따른 종이의 물성을 측정된 결과이다. speed가 증가할 수록 종이의 강도가 증가하며 이때 여수도가 감소하는 것을 볼 수 있다. 또한 투기도가 증가하며 지합이 좋아지는 것을 볼 수 있다.

Fig. 18-19은 Roter의 speed가 증가함에 따라 저농도 펄핑 시간을 감소 시켜 섬유가 받는 물리적인 영향을 같게 하였다. Fig. 16-17과 같이 종이의 여러 물리적 성질이 향상되는 것을 볼 수 있다.

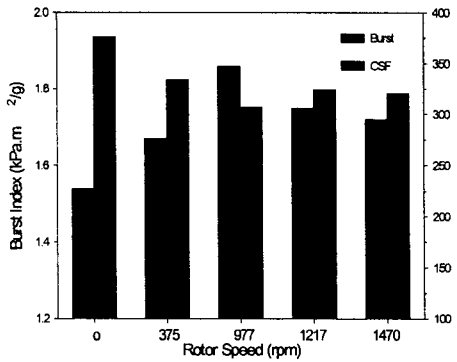


Fig. 16. 저농도 펄퍼를 활용 Rotor speed에 따른 강도 및 여수도 변화

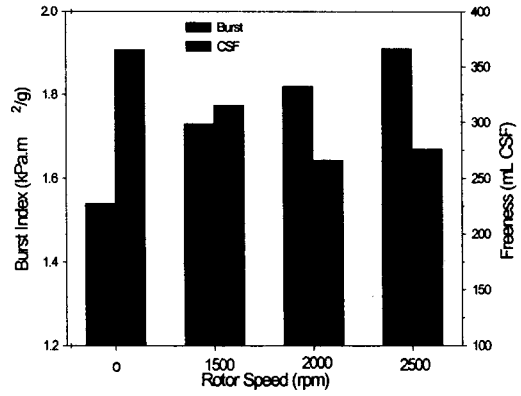


Fig. 17. 저농도 펄퍼를 활용 Rotor speed에 따른 강도 및 여수도 변화

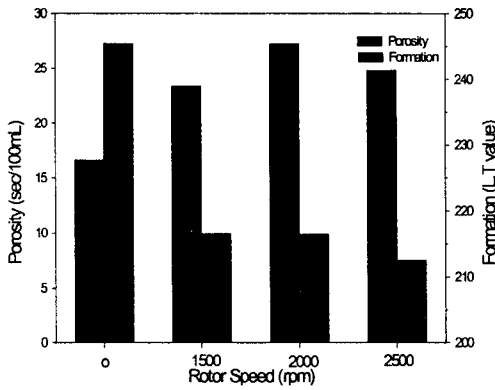


Fig. 18. 저농도 펄퍼를 활용 Rotor speed에 따른 투기도 및 지합 변화

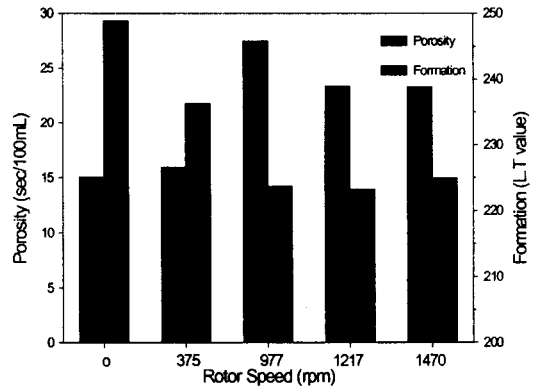


Fig. 19. 저농도 펄퍼를 활용 Rotor speed에 따른 투기도 및 지합 변화

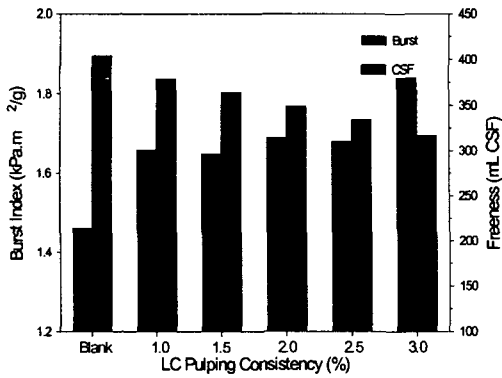


Fig. 20. 저농도 펄퍼를 활용 농도에 따른 강도 및 여수도의 변화

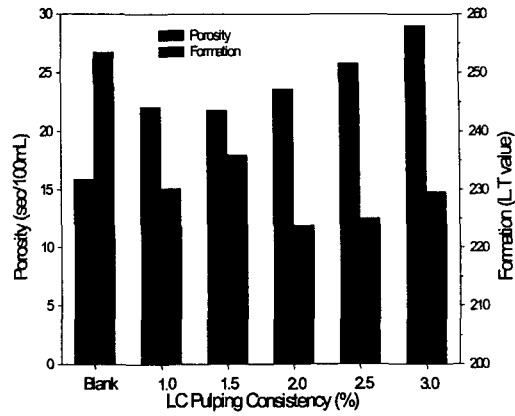


Fig. 21. 저농도 펄퍼를 활용 농도에 따른 투기도 및 지합 변화

Fig. 20-21은 저농도 펄핑 농도에 따른 장섬유분의 물리적 성질 변화를 측정된 결과 농도가 높아짐에 따라 종이의 강도, 투기도, 지합이 향상되며 이때 여수도의 변화 폭이 미미함을 알 수 있다. 이때 장섬유분의 구성비를 보면 Fig. 22와 같다. 농도가 증가할수록 저농도 펄핑하였을 때 Flake의 함량이 감소하며 Fiber, Fines의 함량 변화는 크지 않다. 이는 농도가 높을수록 섬유들이 서로 접촉하여 미세화된 Flake분의 해섬을 돕기 때문이라 생각된다.

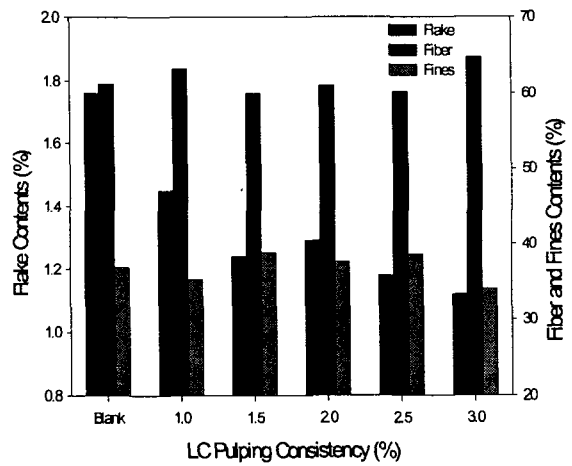


Fig. 22. 저농도 펄퍼를 활용 농도에 따른 Flake, Fiber, Fines의 구성비

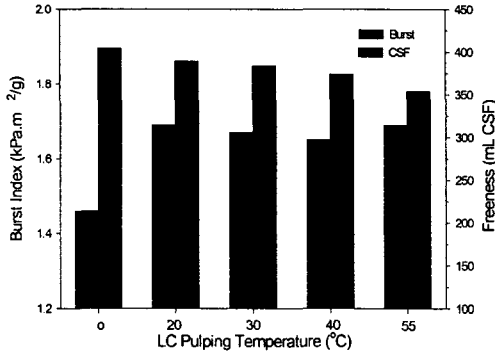


Fig. 23. 저농도 펄퍼를 활용 온도에 따른 강도 및 여수도 변화

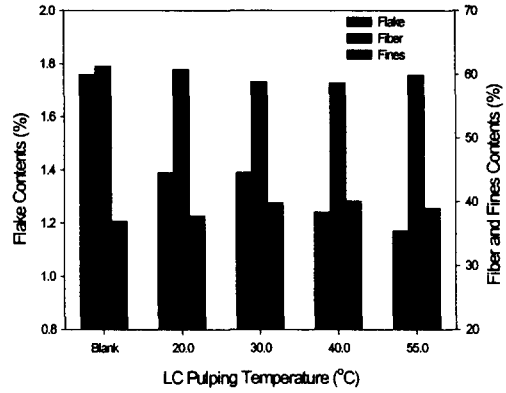


Fig. 24. 저농도 펄퍼를 활용 농도에 따른 Flake, Fiber, Fines의 구성비

Fig. 23-24는 온도에 따른 장섬유분의 물리적 성질 변화를 측정된 결과로서 20°C에서 종이의 강도가 향상되며 그 후 온도 증가에 따른 강도 향상과 여수도 변화는 작게 나타났다. 또한 Flake함량의 감소 폭은 온도가 증가 할수록 감소하는 경향을 나타냈으며 Fines, Fiber의 변화는 적었다. 상기한 결과는 다음과 같이 해석할 수 있다. 분급된 장섬유분에 대한 mild한 기계적 처리는 섬유 표면의 오염물질을 떨어내며 여수도의 큰 변화 없이 섬유의 비표면적을 증가 시켜준다. 즉, 재활용 섬유의 수화(hydration)를 도와 섬유간의 수소결합을 향상 시켜 종이의 강도개선 효과를 나타낸다 할 수 있다.

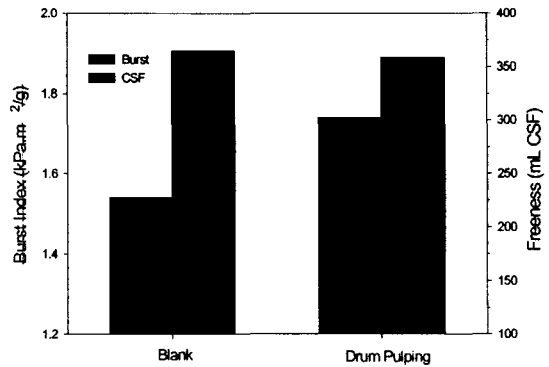


Fig. 25. Drum 펄핑에 따른 종이의 강도 및 여수도 변화

Fig. 25-26은 분급된 장섬유분의 농도를 높여 Drum 펄핑한 결과로서 여수도의 변화는 없으며 강도가 크게 향상한 것을 볼 수 있다. 이 역시 상기한 저농도 펄퍼를 활용한 결과와 같은 현상이라 생각된다.

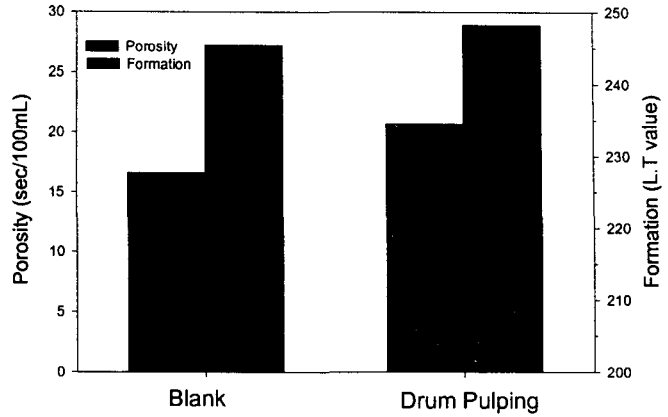


Fig. 26. Drum 펄핑에 따른 종이의 투기도 및 지합 변화

3.3 KOCC 치료의 새로운 처리 방법

Conventional

Short : Long = 6 : 4

Short 100%
Short : KOCC = 2 : 8
Long : KOCC = 4 : 6

Treatment 1

Short : Long = 6 : 4

Short 100%
Short : KOCC = 2 : 8
T-Long : KOCC = 4 : 6

Treatment 2

Short : Long = 6 : 4

Short 100%
KOCC 100%
T-Long:Short:Inlet = 4 : 1 : 5



Fig. 27. 새로운 각 층의 치료 조성 방법 모식도

현재 국내 S제지(주)는 위 그림의 좌측과 같이 각 층의 치료를 구성하고 있다. top 층은 종이의 외관이 중요하기 때문에 100%의 단섬유로 구성하며 현재 middle line을

구성하고 있는 단섬유분을 bottom층으로 보내고 bottom층을 채우고 있는 장섬유분에 기계적 처리를 첨가 하여 bottom 층을 채운다면 I- beam 구조에 의해 종이의 강도 개선 효과가 있을 것이라 판단되어 Fig.28의 실험을 수행한 결과 투기도가 저하되며 종이의 강도가 개선되는 것을 확인하였다. 이는 장섬유분에 대한 적절한 기계적 처리에 따라 섬유 유연성이 회복되며 섬유간 결합 면적이 증가하였기 때문이라 판단된다.

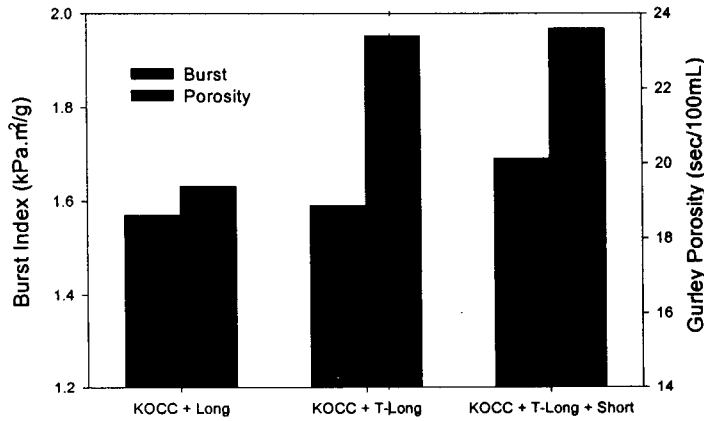


Fig. 28. 분급지료의 선택적 처리 및 지료 배합에 따른 Bottom층의 강도, 투기도 변화

4. 결론

재활용 공정시 분급된 장섬유분에 대한 적절한 기계적 처리는 종이의 강도에 악영향을 주는 Flake(unslushed portion)의 해섭을 도우며 Fines 함량과 여수도의 큰 변화 없이 종이의 강도를 개선시킬 수 있었다. 상기한 기계적 처리는 섬유의 표면에 작용하여 섬유의 표면을 활성화시키고 섬유 표면의 오염 물질들을 제거하는 등, 섬유의 수화를 촉진하는 것으로 여겨진다. 따라서 섬유간 결합 면적의 증가로 종이의 강도가 향상되었다고 판단된다.