

# 충전제가 습부 탈수 및 종이 물성에 미치는 영향

원종명<sup>†</sup> · 김흥배

(2010년 11월 4일 접수: 2010년 12월 12일 채택)

## Effect of filler loading on the wet end dewatering and paper properties

Jong Myoung Won<sup>†</sup> and Heung-Bae Kim

(Received November 4, 2010: Accepted December 12, 2010)

### ABSTRACT

The effects of fillers on the wet end dewatering and paper properties were investigated in order to confirm the possibility that the fillers can be used as a means for saving energy in papermaking process. The performance of GCC, PCC and talcs were evaluated. The dewatering in wire and wet press was improved by the increase of filler addition, but it was observed that the dewatering behavior was depended by the filler characteristics. PCC was superior to other fillers in the bulk, opacity, air permeability and stiffness while the lowest tensile and burst index were obtained. We found that the response on the wet end dewatering and paper properties were affected greatly by the filler characteristics including particle shape and size.

**Keywords** : Filler, wet end dewatering, wet pressing, paper properties

### 1. 서론

기후변화 정부간 전문위원회(Intergovernmental Panel on Climate Change)의 4번째 평가보고서에 의하면 장기적인 지구온난화를 최소화하기 위해서는 온실가스 배출 감축을 위한 노력이 절실히 요구된다. 비록 대부분의 온도 상승이 최근 약 50년 동안 일어난 현상

이기는 하지만 인위적인 온실가스 배출을 감축시킬 수 있는 막대한 기반을 구축하기 위해서는 이에 대한 조속한 조치가 이루어져야 한다<sup>1)</sup>. 특히 에너지 집약 산업으로 분류되는 펄프제지산업의 경우에는 이러한 기후변화 전망과 관련하여 심각한 도전에 직면하고 있다. Szabó 등<sup>2)</sup>은 2030년까지 펄프 제지산업에서의 에너지 소비와 이산화탄소 배출의 예측 및 평가를 위하여 이와

• 강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과(Dept. of Paper Science & Engineering, College of Forest Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea)

† 주저자(Corresponding author) : wjm@kangwon.ac.kr

관련된 모델화를 시도하였는데 전 세계 47개 지역에 걸친 기술 현황을 포함시켰으며, 각국의 환경뿐만 아니라 기후 관련 정책을 모두 반영한 결과 펄프 제지산업에서 상당히 온실가스 배출을 감소시킬 수 있는 잠재성을 지니고 있다고 보고하였다.

이와 같이 이미 오래전부터 전 세계의 이목을 끌여왔고 더 이상 온실가스 배출 감소를 미룰 수 없을 정도로 지구 온난화가 심화되어 감에 따라 각국이 스스로 온실가스 배출 감소를 위한 다양한 노력을 하고 있다. 우리나라 지경부에서는 최근 에너지산업부문의 온실가스 에너지 감축을 체계적으로 추진하기 위해 전경련, 대한상의 등 경제단체와 주요 업종별 단체 및 기업, 그리고 전문가 등이 참여한 가운데 「제2차 온실가스 에너지 관리위원회」 회의를 개최하였다. 이 회의에서 지식경제부는 소관분야인 산업·발전분야의 2010년 온실가스 에너지 목표관리 업체로 374개를 지정 고시한다고 발표한 바 있으며, 제지업체도 49개사에 달한다. 따라서 우리나라의 펄프 제지산업계에서도 온실가스 배출 감소를 위하여 보다 적극적인 대처를 하지 않으면 많은 어려움에 직면하게 될 것이다. 이러한 추세에 적응하고 경쟁력을 갖추기 위해서는 온실가스 배출 감축을 위하여 적용 가능한 다양한 방법 중 각 회사의 경제력, 규모 및 특성에 따라 선택적인 노력을 해야 할 것이다.

산업용지와 달리 백상지의 경우 인쇄품질 개선뿐만 아니라 종이 생산 원가 절감을 위한 목적으로 다량의 충전제를 사용하고 있다. 충전제 사용 초기에는 단순히 원가 절감이 목적이었으나 사용하는 과정에서 종이의 구조, 감촉, 불투명도 및 인쇄 품질의 개선도 가능함을 확인하게 됨에 따라 그에 대한 관심이 더욱 고조되었다. 그러나 충전제의 도입과 더불어 직면하게 된 문제는 충전제가 섬유간 결합을 방해함으로써 종이의 강도적 성질을 약화시킨다는 점과 보류 및 강도 보완을 위하여 사용되는 첨가제에 의하여 형성되는 섬유-충전제의 응집체로 말미암아 종이의 제반 물성에 영향을 미치는 지필도의 약화도 제약 요소라 할 수 있다. 이와 관련하여 충전제의 입자 크기 감소를 통하여 충전제가 강도 감소에 미치는 영향을 최소화하는 것이 가능함이 밝혀진 바 있다<sup>3)</sup>. 특히 본 연구 과제와 관련하여 Liimatainen 등<sup>4)</sup>은 소나무, 유칼립투스 및 자작나무 크라프트 펄프 현탁액에 경질 탄산칼슘을 첨가하여 비여과저항을 측정하고 결과 탈수 개선 효과가 얻어질 수 있다고 하였으며, 이는

경질 탄산칼슘의 모양 및 표면 특성에서 비롯된 것이라고 한 바 있다. 이러한 결과는 충전제의 특성을 잘 활용할 경우 탈수를 촉진하여 종이 건조에 요구되는 증가 사용량을 감소시키는데 기여할 수 있는 가능성이 있음을 보여주었다.

본 연구에서는 이러한 온실가스 배출 감축을 위한 노력의 일환으로 큰 비용을 들이지 않으면서도 제지산업 현장에서 에너지 소비를 줄일 수 있는 방법의 하나로 이미 사용하고 있는 충전제의 효과적인 적용을 통하여 탈수를 개선하는 방법을 통한 온실가스 배출 감소에 대한 가능성을 평가하고자 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

본 연구의 수행을 위하여 공시재료로는 시판 침엽수 표백 크라프트 펄프(*radiata pine*, Pacifico Pulp, Chile) 및 활엽수 표백 크라프트 펄프(*acacia*, April, Indonesia)가 사용되었으며, 충전제로는 PCC(Omya Syncarb F0474, Omya Korea Inc., d50% 2.85 $\mu$ m), GCC(Hydrocarb 75F, Omya Korea Inc., d50% 1.13 $\mu$ m) 및 2종의 talc(평균 입자경 1 : 6.0 $\mu$ m, 2 : 11.0 $\mu$ m)가 사용되었다. 보류제로는 벤토나이트와 양이온성 PAM을 사용하였다.

### 2.2 실험 방법

공시펄프를 약 1시간 물에 침지시켰다가 실험실용 해리기(L&W pulp disintegrator)로 5분간 해리시킨 후 침엽수 펄프와 활엽수 펄프를 15:85의 비로 혼합하여 450 ml CSF로 고해를 실시하였다. 충전제의 첨가량을 전진펄프 중량 기준으로 10, 20, 30 및 40%로 조절하여 dynamic drainage analyzer를 이용하여 탈수 특성을 조사하였고, 동일한 조건으로 실험실용 수조지에서 시트를 뜬 다음 실험실용 압착기로 TAPPI Standard T205 sp-02에 의거 345 kPa로 압착한 후 습부 압착에 의한 고형분 변화를 측정하였다. 또한 종이 물성에 미치는 영향을 확인하기 위해 건조가 완료된 시트에 대하여 회분 함량, 벌크, 투기도, 불투명도, 인장강도, 인열강도, 파열강도 및 힘강도를 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Figs. 1~2는 펄프 슬러리에 GCC, PCC 및 입자 크기가 다른 3종의 talc를 투입하여 탈수 속도를 측정된 결과이다. 각 충전제 별 탈수시간은 충전제의 종류에 따라 다양하게 나타났다. 즉, 보류제가 투입되지 않았을 경우에는 GCC와 PCC 첨가 시 탈수가 가장 잘 되었으나, 보류제 투입 시에는 입자크기가 약 11 $\mu$ m인 talc 첨가 시 가장 탈수가 잘 되었다. 한편 보류제 첨가 여부에 관계없이 평균 입자경이 6 $\mu$ m인 talc 첨가 시 가장 탈수가 불량한 것으로 밝혀졌다.

일반적으로 충전제가 혼입된 펄프 슬러리의 탈수는 펄프 섬유와 충전제가 어떤 형태의 응집체를 형성하는

가에 의하여 영향을 받게 되는데, GCC의 경우 입자경이 매우 작으면서 불규칙한 입자의 형태 및 광범위한 입도 분포를 지니고 있기 때문에 비교적 탈수가 용이한 것으로 판단된다. PCC의 경우에는 GCC와 달리 입도 분포가 좁고 방추형을 지니고 있어서 보다 용이하게 공극을 형성하기 때문에 역시 탈수에 도움이 되는 것으로 판단된다. 하지만 talc의 경우는 판상의 형태로 되어 있어 입자 크기가 작을 경우 공극 형성이 어렵기 때문에 보류제 첨가 여부에 관계없이 탈수가 불량한 것으로 판단된다. 따라서 특히 입자경이 작은 talc의 경우 단독 사용 시와 이어 탈수에 불리할 것으로 생각되지만 GCC 또는 PCC와 혼합 사용할 경우에는 오히려 상승효과가 얻어질 수 있을 것으로 기대된다.

충전제 첨가량에 따른 탈수 속도를 보면 보류제가 투입되지 않았을 때는 GCC와 PCC의 첨가량이 증가됨에 따라 탈수가 더 용이한 것으로 나타났으나, 보류제 투입 시에는 별 차이가 확인되지 않았다. 이와 같은 현상은 펄프 섬유 및 미세분과 충전제와의 응집체 형성으로 각 충전제의 특성에 따른 영향이 감소된 것으로 추론된다.

Fig. 3은 수초지 후 지필을 표준 조건으로 압착한 후 압착 전후의 중량을 측정하여 탈수량을 백분율로 표시한 것으로 충전제의 종류와 관계없이 회분량이 증가됨에 따라 모두 탈수가 증가되었다. 충전제의 종류 및 입자 크기에 따른 습부 압착부에서의 탈수 특성을 살펴보면 본 연구에 사용된 충전제 중 GCC가 가장 높은 탈수율을 나타내었고, 입자크기가 11 $\mu$ m인 Talc 2가 다음으로 탈수가 잘 되었다. 그러나 회분 함량이 30%를 넘을

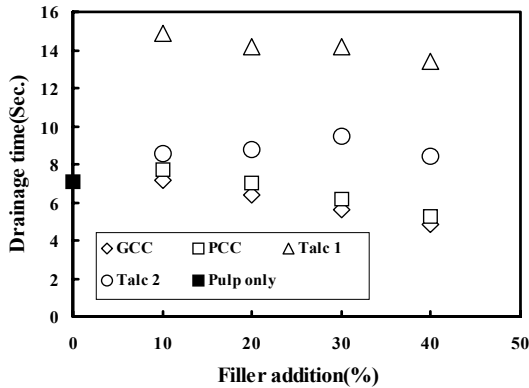


Fig. 1. Effect of filler addition on the drainage of pulp slurry (without retention aid).

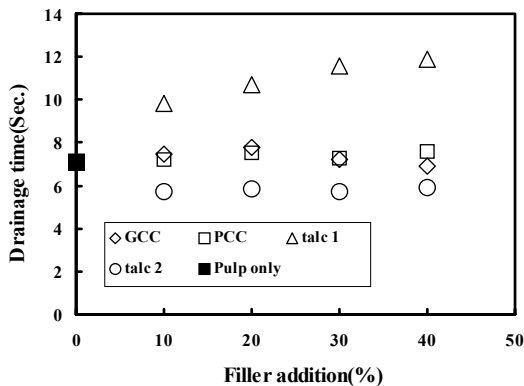


Fig. 2. Effect of filler addition on the drainage of pulp slurry (with retention aid).

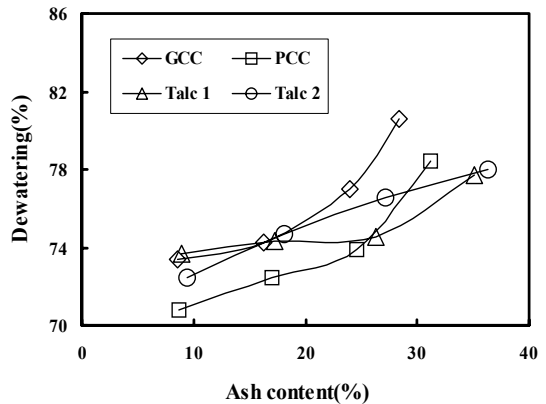


Fig. 3. Effect of filler content on the dewatering during wet pressing.

경우에는 충전제의 종류에 의한 영향이 감소되어 거의 비슷한 수준을 나타내었다.

충전제의 종류 및 함량 변화에 따른 물성 변화는 Figs. 4~10에 도시되었다. 수초지의 벌크는 충전제 함량이 증가됨에 따라 이미 예상했던 바와 같이 감소되었으나, PCC의 경우 다른 충전제에 비하여 높은 벌크와 우수한 투기도를 제공하였다. 이와 같은 결과는 PCC의 경의 방추형을 지니고 있어서 다른 충전제에 비하여 훨씬 벌키한 구조뿐만 아니라 공극을 제공할 수 있기 때문인 것으로 판단되었다. 벌크의 경우 PCC이외의 다른 충전제 첨가 시에는 거의 비슷한 수준을 나타내었으나, 투기도의 경우에는 GCC와 평균 입자경이 11.0 $\mu$ m인 talc 2가 비슷한 수준을 나타내었고, 얇은 판상구조를

지니며 평균 입자경이 6.0 $\mu$ m인 talc 1이 가장 낮은 투기도를 나타내었다. 하지만 불투명도의 경우 비록 PCC가 가장 높은 값을 나타내기는 하였지만 입자 크기가 11 $\mu$ m인 talc 2가 가장 낮은 값을 나타낸 것을 제외하고는 거의 비슷한 수준의 불투명도를 제공하였는데 이상의 결과로부터 빛의 산란 정도에 크게 영향을 받는 불투명도의 경우 입자 모양뿐만 아니라 입자 크기에 의하여도 영향을 받음을 확인할 수 있었다. 한편 충전제의 함량이 증가는 충전제의 종류, 평균 입자경 및 모양에 관계없이 불투명도의 증가를 가져왔다.

충전제가 첨가된 종이의 강도적 성질은 Figs. 7~10에서 보는 바와 같이 충전제 함량 증가와 더불어 제반 강도적 성질이 감소되는 경향을 나타내었으며, 사용된

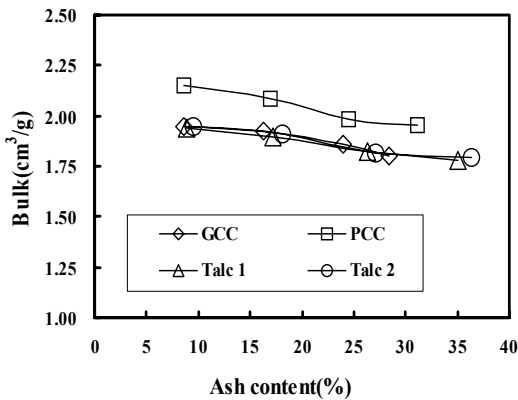


Fig. 4. Effect of filler content on the bulk of handsheet.

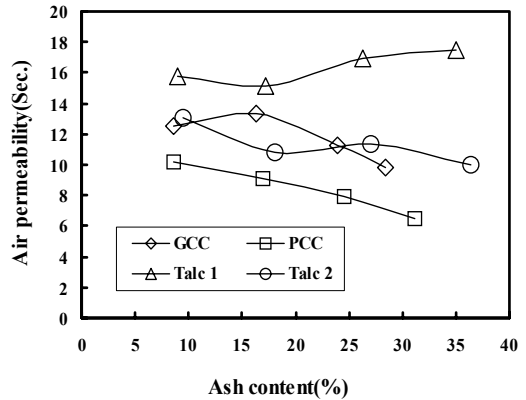


Fig. 5. Effect of filler content on the air permeability of handsheet.

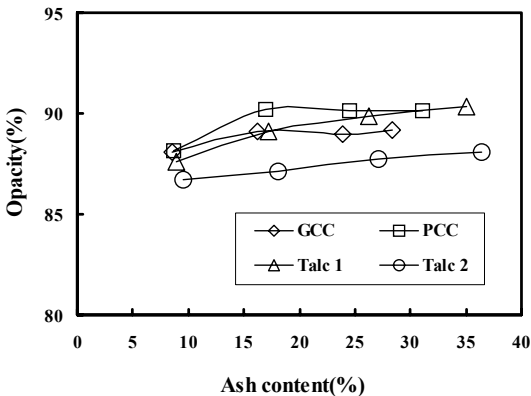


Fig. 6. Effect of filler content on the opacity of handsheet.

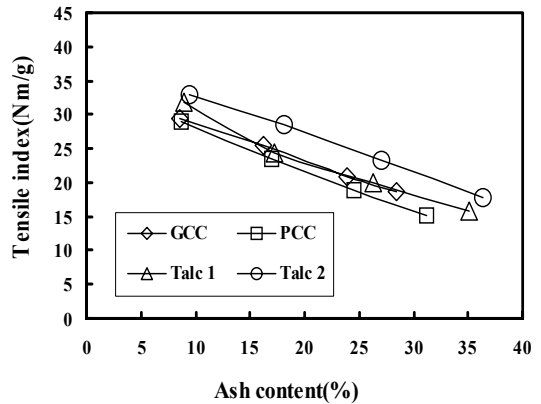


Fig. 7. Effect of filler content on the tensile index of handsheet.

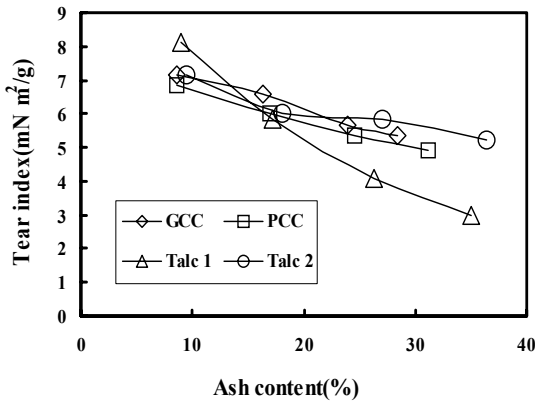


Fig. 8. Effect of filler content on the tear index of handsheet.

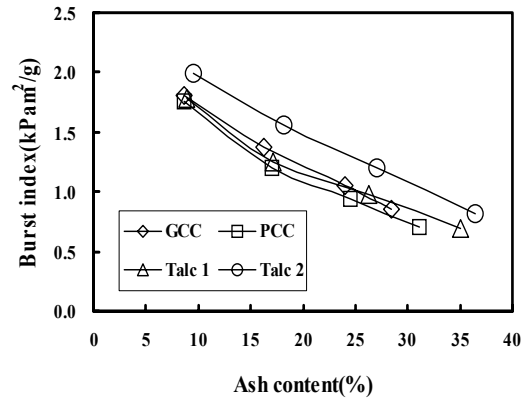


Fig. 9. Effect of filler content on the burst index of handsheet.

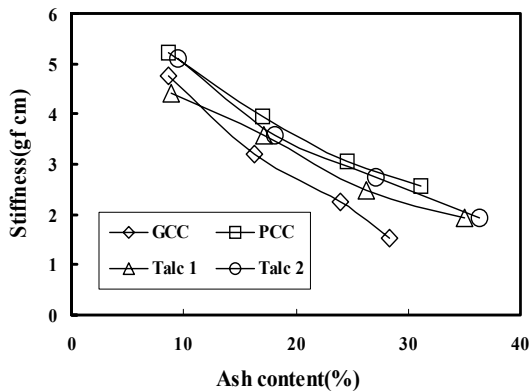


Fig. 10. Effect of filler content on the stiffness of handsheet.

충전제의 종류에 따라 각 강도적 성질에 대하여 다양한 반응을 나타내었다. 비록 충전제의 종류가 미치는 영향이 그다지 크지는 않았지만 인장지수와 파열지수의 경우 PCC가 가장 낮은 수치를 나타낸 반면 평균 입자경이 11 $\mu$ m인 talc 2가 가장 높은 값을 나타내어 강도적 성질이 중요한 경우에는 입자경이 큰 충전제의 사용이 바람직함이 확인 되었다. 나머지 충전제의 경우는 충전제 함량이 증가됨에 따라 비슷한 강도 감소 경향을 나타내었는데, 특히 평균 입자경이 작고 얇은 판상 구조를 지니는 talc 1의 경우 충전제 함량 증가와 더불어 인열지수가 심하게 저하되었다. 휨강도의 경우에는 PCC 사용시 가장 높은 값을 나타낸 반면 GCC가 가장 불리한 것으로 나타났다. 이상의 결과를 종합적으로 분석하여 본

결과 각 충전제의 특성에 따라 와이어 및 습부 압착 시의 탈수뿐만 아니라 제반 물성에 대하여 다양한 형태로 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.

## 4. 결론

충전제 사용을 통하여 습부에서의 탈수 개선 가능성 검토 및 종이 물성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 PCC, GCC 및 입자 크기가 다른 2종의 talc에 대하여 연구를 실시하였다. 충전제의 사용을 통하여 탈수 개선에 도움이 되는 것으로 확인되었으나, 충전제의 종류와 입자 크기 및 모양 등의 특성에 따라 와이어부, 압착부에서 탈수 특성이 다르게 나타났을 뿐만 아니라 종이 물성에 대한 영향도 다양한 형태로 반응을 보인다는 사실을 확인할 수 있었다. 따라서 생산하고자 하는 지종 및 초지 조건에 따라 충전제를 적절히 선택 및 혼용함으로써 충전제 사용에 따른 문제를 최소화하면서 원하는 품질의 종이를 생산할 수 있을 것으로 기대된다.

## 5. 참고문헌

1. IPCC, An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2007: Synthesis Report(2007).
2. Szabó, L., Soria, A., Forsström, J., Keränen, J.T. and Hytönen, E., A world model of the pulp and paper in-

- dustry: Demand, energy consumption and emission scenarios to 2030, *Environmental Science & Policy* 12:257 - 269(2009).
3. Li, L., Collis, A. and Pelton, E., A new analysis of filler effects on paper strength”, *JPPS* 28(8), pp.267-273(2002).
  4. Liimatainen, H., Kokko, S., Rousu, P. and Niinimäki, J., Effect of PCC filler on dewatering of fiber suspension, *Tappi Journal* 5(11):11-17(2006).