

고농도 지료에서의 PCC 충전이 종이 물성에 미치는 영향

원종명[†] · 조병욱 · 이용규

접수일(2012년 7월 31일), 수정일(2012년 8월 9일), 채택일(2012년 8월 14일)

Effects of PCC Loading at Thick Stock on the Paper Properties

Jong Myoung Won[†], Byoung-Uk Cho and Yong Kyu Lee

Received July 31, 2012; Received in revised form August 9, 2012; Accepted August 14, 2012

ABSTRACT

This study was carried out to evaluate the effect of PCC loading at thick stock on the physical properties of paper. The effect of starch addition(2, 4 and 6%) and mixing time(5, 10 and 20 min.) on the filler retention and paper properties were investigated. Optimum dosage of cationic starch as a fixing agent was 4%, and mixing time did not showed any significant effect on the filler retention. PCC loading at thick stock was more effective to improve bulk and opacity than PCC loading at thin stock, although their improvement was not so significant. It was also found that the strength properties could be improved by the loading at thick stock. PCC loading method at thick stock could be considered as one of potential approaches for further improving of paper properties, although further research works are required in order to apply the PCC loading at thick stock in the paper mill.

Keywords : Thick stock, PCC loading, cationic starch, ash, bulk, opacity, strength properties

1. 서론

이미 오래전부터 종이 제조 시 용도에 따라 요구되는 특정 성질을 만족시키기 위하여 주원료인 펄프뿐만 아니라 부원료의 경우에도 특성이 다른 다양한 소재를 혼합사용해 왔다. 그러나 최근 기후온난화 및 오존층 파

괴가 더욱 심각해지고, 온실가스 배출감축을 위한 강력한 조치와 노력에 대한 압력이 가중됨에 따라 다양한 형태의 노력이 더욱 활발하게 이루어지고 있고, 요구되는 종이의 제반 성질을 만족시키면서도 환경오염을 최소화할 수 있는 노력이 절실히 요구되고 있다. 따라서 제지산업에서도 에너지 소비 절감 및 탄소배출 저감을 위

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

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

하여 다양한 시도가 이루어지고 있으며, 그 대표적인 예로 기존 사용하고 있던 비효율적인 제지설비를 에너지 효율이 우수한 새로운 제지설비로 대체하거나, 폐에너지 및 저열량 에너지의 회수 및 재사용, 제지원료 및 공정의 합리화를 통한 에너지 소비의 감소 등을 들 수 있다. 본 연구팀에서도 충전제의 함량을 증가시키는 방법을 통하여 펄프 섬유 사용량을 줄이고, 또한 에너지 소비 감소 및 탄소저감을 위한 연구를 진행하고 있다.

그러나 충전제의 사용량이 증가는 지필도를 악화시키고, 강도적 성질을 저하시킬 뿐만 아니라¹⁻⁴⁾ 사이징 효과도 감소시키는 등의 부작용이 발생됨에 따라 충전제 사용량의 증대에는 한계가 있음이 확인되었다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위한 시도로 몇 가지 방안이 제안되었다. 그 중의 한 가지 시도는 입자 크기나 모양이 다른 충전제를 적절히 혼용함으로써 물성의 악화를 최소화하는 것이고,⁵⁾ 또 다른 시도의 하나는 루멘 충전을 통하여 섬유간 결합의 방해와 관련된 문제를 해결하고자 하는 것이었다.⁶⁻⁷⁾ 보다 적극적인 방법으로는 충전제들을 응집시켜 입자크기를 증가시킴으로써 섬유간 결합의 방해를 최소화하는 것으로 이미 오래전부터 이에 대한 연구가 이루어지기는 했으나 최근 들어서 다시 관심을 끌고 있다.⁸⁻¹⁵⁾ 이와는 달리 충전제 자체를 처리하여 표면 특성을 변화시키는 방법으로 충전제 입자 표면을 천연 또는 합성 고분자로 처리하여 섬유간 결합 감소를 최소화하는 시도가 있었는가 하면¹⁶⁻¹⁷⁾ 충전제와 섬유 사이에 네트워크를 형성함으로써 종이의 물성을 개선하고자 하는 시도도 있었다.¹⁸⁾ 그 외에도 제지공정에서 투입되는 충전제의 일부를 고농도 지료에 투입함으로써 섬유간 결합 방해를 줄이는 방법도 시도되었다.¹⁹⁾ 본 저자는 GCC, PCC 및 talc가 습부압착 탈수 및 종이 물성에 미치는 영향에 대한 연구에서 PCC가 압착 탈수 및 벌크 향상에 유리하지만, 강도적 성질 측면에서는 특히 GCC보다 불리한 것을 확인하였다.²⁰⁾ 따라서 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 고농도 지료에서 충전을 실시할 경우의 PCC 거동을 조사한 결과 저농도에서 충전을 실시하는 기존 방식과 달리 PCC 입자가 응집된 형태로 많이 정착되었고, 특히 섬유 사이에 형성된 공간, 또는 피브릴에 의하여 감싸지는 형태로 정착됨으로써 섬유간 결합의 방해 및 강도의 저하가 감소될 수 있는 가능성을 보여주었다.²¹⁾ 따라서 본 연구는

선행 연구에서 밝혀진 현상들이 실제로 종이의 물성에 어떻게 영향을 미치는 가를 조사하기 위하여 실시되었으며, 저농도 지료에서 충전을 실시한 종이의 물성을 비교하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 연구의 수행을 위하여 시판 침엽수 표백 크라프트 펄프(Spruce, radiata pine, Ilimsk, Russia), 활엽수 표백 크라프트 펄프(Eucalyptus, Cenibra, Brazil) 및 표백 화학열기계 펄프(Aspen, Tembec, Canada)를 사용하였으며, PCC는 H사에서 분양받아 사용하였다. PCC의 정착을 위하여 양성전분(치환도 0.06, 삼양제넥스)을 사용하였다.

2.2 실험방법

실제 현장에서 사용하는 조건과 유사하게 하기 위하여 활엽수 표백 크라프트 펄프, 표백 화학열기계 펄프 및 침엽수 표백 크라프트 펄프를 7:2:1의 비율로 혼합하여 지료로 사용하였다. 이때 침엽수 표백 크라프트 펄프와 활엽수 표백 크라프트 펄프는 각각 450 mL CSF로 고해를 실시한 후 상기의 비율로 혼합하고 200 mesh 망을 이용하여 농축시켜 펄프 농도를 3.5%로 조절하였다. 고농도 지료에서의 충전 실험을 하기 위하여 지료의 농도를 3.5%로 조절할 경우 일반 교반기로는 균일한 혼합 및 교반이 이루어지지 않기 때문에 나선형으로 바(bar)가 부착되어 있는 펄프 해리기의 통을 이용하여 1,000rpm으로 교반을 실시하였다. PCC는 전건 펄프 중량에 대하여 30%를 투입하고 정착제로 사용된 양성전분의 투입량은 2, 4 및 6%로 조절하였고, 교반시간은 각 조건에서 5, 10 및 20분을 적용하였다. 각 조건별로 처리한 지료를 200 mesh 망을 이용하여 물로 세척하여 정착되지 않은 PCC를 제거한 후 평량 60g/m²의 수초지를 제조하였다. 또한 고농도 지료에서의 충전 효과를 비교하기 위하여 기존 충전방식에 따라 충전 및 초지를 실시하되 회분량을 조절하기 위하여 전건 펄프 중량 대비 20, 30 및 40%의 PCC를 투입하고, 정착제로 양이온성 전분을 각각 2, 4 및 6% 투입하여 평량 60g/m²의 수초지를 제조하였다. 고농도 지료에서의 충전이 종이 물

성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 상기 제조된 수초지의 물성(벌크, 불투명도, 인장지수, 인열지수, 파열지수, 힘강도)을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

고농도 지료에서의 충전을 실시하기 전에 먼저 PCC의 정착에 적절한 조건을 찾기 위하여 정착제의 투입량

및 교반시간을 변화시켜 본 결과 Table 1에서 보는 바와 같이 전분 투입량 4%에서는 단지 5분 동안의 교반만으로도 최대 12%의 회분 함량에 나타내었으며, 교반시간이 증가됨에도 불구하고 회분 함량의 증가에는 도움이 되지 않은 점으로 보아 PCC의 응집 및 정착이 매우 짧은 시간 내에 이루어짐을 확인할 수 있었다. 또한 정착제의 투입량에 있어서도 6%의 경우 2%와 거의 비슷한 수준의 회분 함량을 나타내었고, 4% 투입 시보다 현저히 낮은 값을 나타내어 고농도 지료에서의 충전 시 4%

Table 1. Effect of starch addition and mixing time on the PCC retention

Starch addition (%)	2			4			6		
Mixing time (min.)	5	10	20	5	10	20	5	10	20
Ash (%)	4.39	3.01	3.18	11.45	2.92	9.29	3.75	4.29	2.7

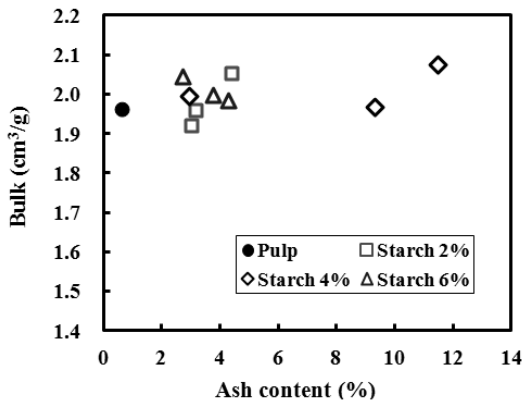


Fig. 1. Effect of starch addition on the bulk of paper.

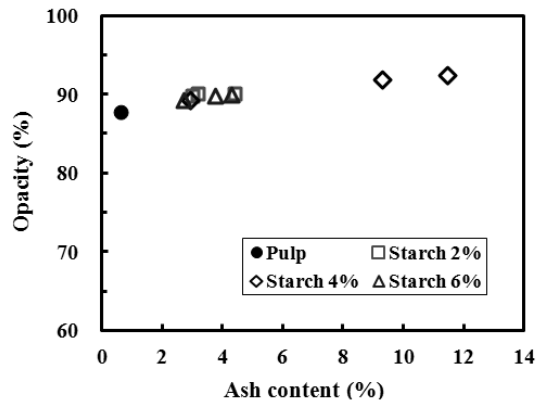


Fig. 2. Effect of starch addition on the opacity of paper.

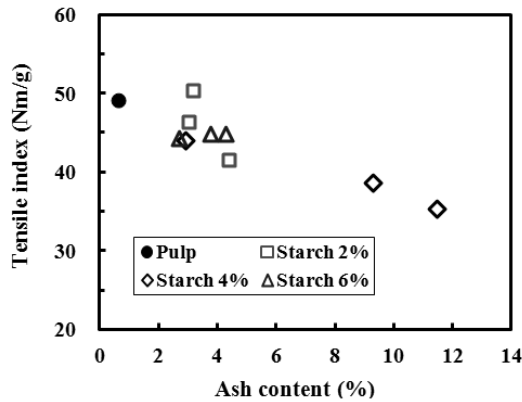


Fig. 3. Effect of starch addition on the tensile index of paper.

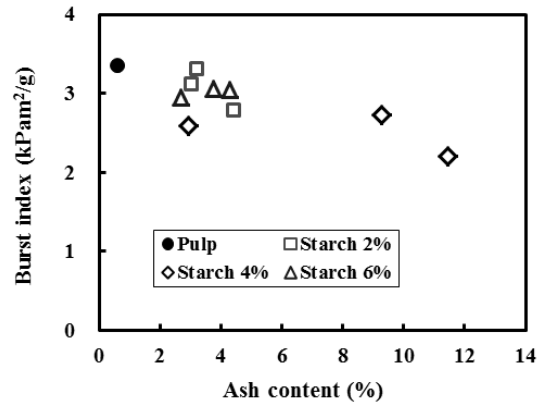


Fig. 4. Effect of starch addition on the burst index of paper.

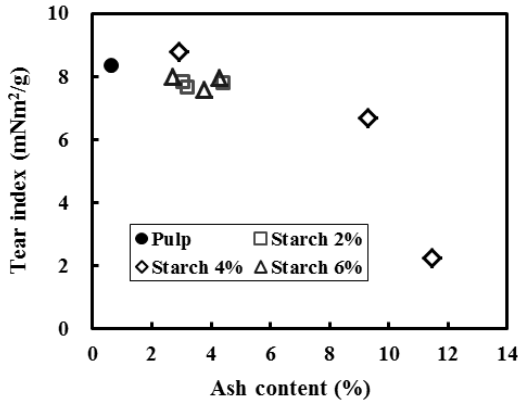


Fig. 5. Effect of starch addition on the tear index of paper.

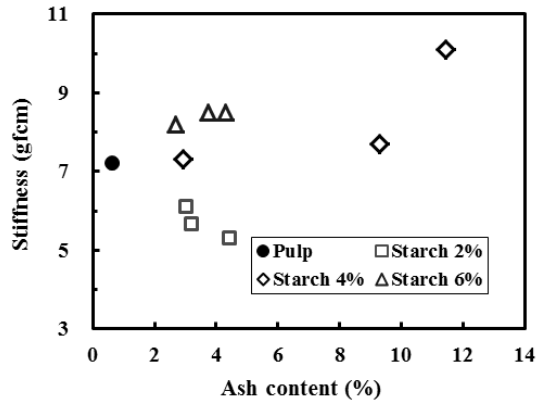


Fig. 6. Effect of starch addition on the stiffness of paper.

의 정착제 사용이 적절한 것을 확인할 수 있었다.

종이의 물성이 일반적으로 회분 함량에 의하여 영향을 받는다는 사실이 이미 잘 알려져 있는 점을 감안하여 세 수준의 정착제 투입 결과 얻어진 종이의 물성을 회분 함량에 대하여 도시한 바 Figs. 1-6에서 볼 수 있는 바와 같이 벌크와 불투명도는 펄프만 원료로 사용했을 때에 비하여 매우 미미한 개선 효과를 나타내었다. 이와 같이 기존 연구 보고²⁰⁾와는 달리 벌크의 개선 효과가 충분하지 못한 것은 고농도 지료에서 충전을 할 경우 PCC가 섬유간 결합을 방해하는 정도가 현저히 감소되기 때문인 것으로 사료된다.²¹⁾ 횡강도가 예외적으로 증가된 것을 제외하고, 제반 강도적 성질들이 회분 함량 증가와 더불어 감소되는 경향을 나타내었다. 전체적으로 이와 같은 결과는 정착제인 전분의 효과를 나타내었다기보

다는 회분의 영향으로 판단된다. 횡강도의 경우 전분 2% 투입 시 펄프 단독 사용 시에 비하여 예외적으로 낮은 값을 나타내었는데, 그 원인이 분명치 않다.

Figs. 7-12는 고농도 지료에서의 충전이 종이 물성에 미치는 영향을 분석하기 위하여 저농도 지료에서 충전을 실시한 결과를 함께 도시한 것이다. 벌크의 경우 저농도 지료에서 PCC 충전을 실시하여 얻어진 결과는 회분 함량 증가에 다른 변화가 관찰되지 않았으며, 고농도 지료에서의 충전에 비하여 회분 함량이 높음에도 불구하고 큰 차이를 나타내지 않아 충전제 투입위치 이원화의 일환으로 충전제의 일부를 고농도 지료에서 투입할 경우 저농도 지료에서 충전제를 투입 처리한 경우에 비하여 종이의 벌크가 0.2 포인트 정도 낮게 나온다고 한 기 연구보고²²⁾와는 다른 결과를 나타내었다. 이와 같

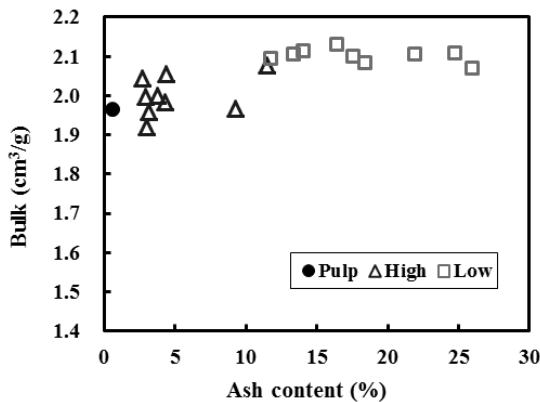


Fig. 7. Effect of PCC loading at thick stock on the bulk of paper.

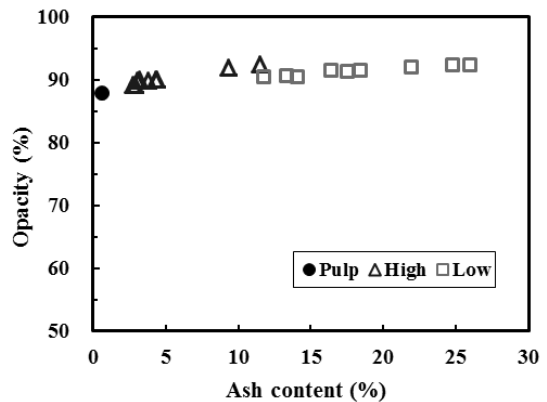


Fig. 8. Effect of PCC loading at thick stock on the opacity of paper.

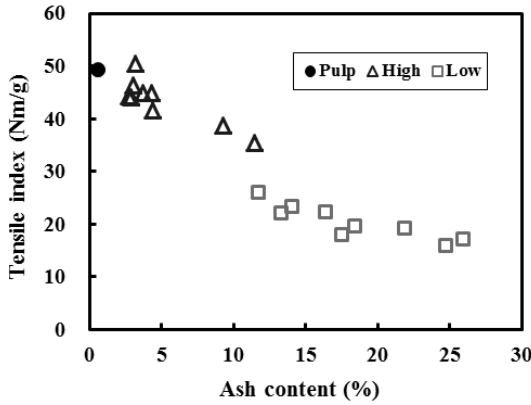


Fig. 9. Effect of PCC loading at thick stock on the tensile index of paper.

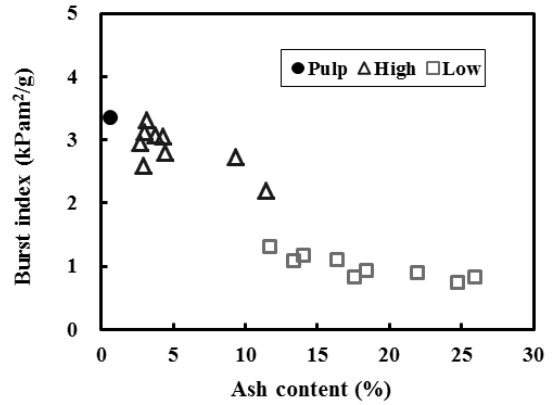


Fig. 10. Effect of PCC loading at thick stock on the burst index of paper.

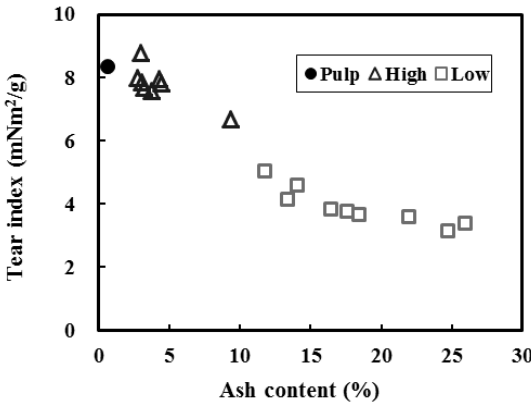


Fig. 11. Effect of PCC loading at thick stock on the tear index of paper.

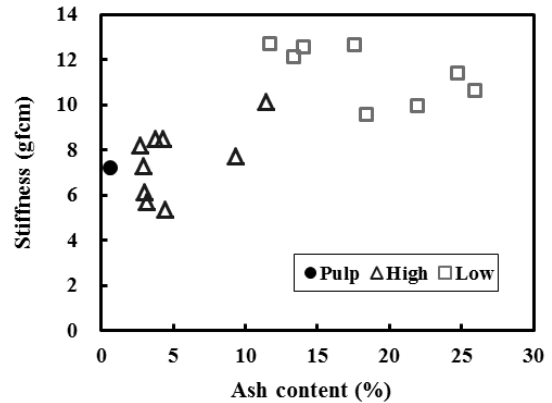


Fig. 12. Effect of PCC loading at thick stock on the stiffness of paper.

은 다른 경향을 나타낸 이유는 본 연구에서는 PCC만을 충전제로 사용한 반면에 기 보고²²⁾에서는 GCC와 혼합 사용함으로써 다른 지층 구조를 형성하였기 때문인 것으로 사료된다. 고농도 지료에서 PCC 충전을 실시한 종이의 불투명도는 회분 함량의 증가와 더불어 완만한 증가 경향을 나타내었으나, 저농도 지료에서 PCC 충전을 실시한 경우에는 회분 함량 증가에 따른 변화가 매우 미미하였다. 따라서 PCC를 충전제로 사용할 경우 고농도 지료에서의 충전을 통하여 벌크뿐만 아니라 불투명도 개선에도 유리할 것으로 판단된다. 동일 수준의 회분 함량에서 비교할 수 없기 때문에 직접적인 비교는 어려우나, 도시된 자료에 의하면 고농도 지료에서의 PCC 충전을 통하여 회분 함량 증가에 따른 강도적 성질의 감

소를 최소화하는 것이 가능할 것으로 기대된다. 휨강도의 경우에는 저농도 지료에서의 충전 시 더 높은 값을 나타내었는데, 이는 충전제 함량이 높았을 뿐만 아니라 Fig. 7에서 도시된 바와 같이 벌크가 다소 높게 나온 데서 비롯된 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구는 종이의 품질을 유지하면서 충전제 투입을 늘리기 위하여 충전제 투입 이원화의 일환으로 고농도 지료에서의 PCC 충전에 따른 종이 물성 변화를 조사하였다. 고농도 충전 시 정착제로서의 양이온성 전분 투입량은 4%가 적합하였으며, 교반시간은 5분만으로도

충분한 것으로 확인되었다. 고농도 지료에서 PCC 충전 시 벌크 및 볼투명도의 개선 효과가 크지는 않았으나 저농도 충전 시보다는 유리할 것으로 판단되었다. 또한 종이의 강도적 성질 측면에서는 고농도 지료에서의 충전을 통하여 섬유간 결합 저하를 저농도 지료에서의 충전 시보다 감소시킴으로써 동일 수준의 회분 함량에서 보다 우수한 강도적 성질이 얻어질 수 있을 것으로 기대되었다. 그러나 PCC의 충전량 증가 및 종이 물성 개선에 대한 추가적인 연구가 요구되며, 본 연구와 관련된 일련의 연구 결과를 감안할 때 충전 방법의 변형을 통하여 보다 개선할 수 있는 가능성이 있음을 확인할 수 있었다.

사 사

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 2010T100200471).

인용문헌

- Singh, M.M. and Mukerjee, H.K., Effect of China-clay as filler on strength properties of printing paper, *Indian Pulp and Paper*, June, pp. 708-719(1961).
- Alince, B., Performance of pigments in filled sheets, *TAPPI Papermakers Conference*, pp. 31-34(1985).
- Li, L., Collis, A. and Pelton, R., A new analysis of filler effects on paper strength, *JPPS* 28(8):267-273(2002).
- Stuman, F.J., The influence of filler content and process additives on wet web strength and runnability, *PaperCon 2011*(2011).
- Fairchild, G.H., Increasing the filler content of PCC-filled alkaline papers, *Tappi Journal* 75(8):85-90 (1992).
- Green, H.V., Fox, T.J. and Scallan A.M., Lumen-loaded paper pulp, *Pulp & Paper Canada* 83(7):T203-T207 (1982).
- Klungness, J.H., Sykes, M.S., Tan, F., Abubakr, S. and Eisenwasser, J.D., Effect of fiber loading on paper properties, *Tappi Journal* 79(3):297-301(1996).
- Riddell, M.C., Jenkins, B., Rivers, A. and Waring, I., Three developments at Wolvercote paper mill. 1. Modification of fillers to allow higher retained ash content, *Paper Technology and Industry* 17:T47-T51 (1976).
- Hayey, A.J., 40% filler loaded paper. Dream or reality?, *Paper Technology and Industry* 26(3):129-132 (1985).
- Bobu, E., Poppel, E. and Petreus, O., Preflocculated calcium carbonate for filling paper, *Cellulose Chem. Technol.* 20:559-566(1986).
- Stark, H., Novak, J. and Eichinger, R., Einfluß der Füllstoffvorbehandlung auf Papierfestigkeiten und Retention, *Das Papier* 41(5):209-215(1987).
- Wiik, S., Pre-flocculation of fillers. Evaluation of different flocculation conditions. Master's thesis, Luleå University of Technology(2010).
- Cheng, W. and Gray, R.T., Method of increasing filler content in papermaking, *U.S. Patent* 226433A1(2011).
- Cheng, W., Broadus, K. and Ancona, M., New technology for increased filler use and fiber savings in graphic grades, *PaperCon 2011*(2011).
- Petersson, M., The effect of pre-flocculation of fillers on paper strength, Master's thesis, Chalmers University of Technology(2011).
- Zhao, Y., Hu, Z., ragauskas, A. and Deng, Y., Improvement of paper properties using starch-modified precipitated calcium carbonate filler, *Tappi Journal* 4(2):3-7(2005).
- Yan, Z., Liu, Q., Deng, Y. and Rafauskas, A., Improvement of paper strength with starch modified clay, *Journal of Applied Polymer Science* 97:44-50 (2005).
- Menard, S., Sutman, F. and Yu, A., Increasing ash without compromise. A comprehensive approach, *PaperCon 2011*(2011).
- Haller, T.M., Stryker, L.J. and Janson, J.A., PCC application strategies to improve papermaking profitability. Part 1. Thick stock precipitated calcium carbonate addition, *TAPPI Papermakers Conference*(2001).
- Won, J.M. and Kim, H.B., Effect of filler loading on the wet end dewatering and paper properties, *J. of Korea TAPPI* 42(42):33-38(2010).
- Cho, B.U. and Won, J.M., Behavior of PCC during at high consistency pulp slurry, *J. of Korea TAPPI*

- 43(5):43-48(2011).
22. Cho, B.U., Kim, H.J. and Won, J.M., Production of high loaded paper by dual flow additions of fillers(I). Effects of filler addition at thick stock on paper properties and papermaking process, J. Korea TAPPI 43(4):23-30(2011).