

# 탈묵제에 따른 탈묵 펄프의 강도적 성질에 대한 연구

손성민, 김성빈, 김현성

부경대학교 인쇄정보공학과

(2000년 1월 20일 접수, 2000년 2월 20일 최종수정본 받음)

## A Study of strength properties of Deinked pulp according to deinking agents

*Seong-Min Son, Sung-Bin Kim, Hyun-Sung Kim*

Dept. of Graphic Arts Engineering, Pukyong National University

(Received 20, Jan. 2000, in final form 20, Feb. 2000)

### Abstract

This paper presents the second part of a study of deinking using wort. Physical properties of deinked pulps such as tensile strength, bursting strength and tearing resistance were investigated. In order to analyze the properties, the fiber length and coarseness of deinked pulp was also measured.

Results of deinking experiments showed that the deinking efficiency of enzyme treatments was higher than that of chemical treatments in strength properties such as tensile strength, bursting strength and tearing resistance on the the whole. we think that the reason why is that the fiber length and coarseness of deinked pulp with wort are more increased and decreased than those of deinked pulp with chemicals individually.

### 1. 서 론

현 제지산업에서의 주 문제는 원료의 부족과 환경문제이다. 이것의 해결점으로 모색된 것이 바로 고지의 재활용이다. 특히 신문 용지의 경우는 고지 혼합비가 최고 88%까지 사용되고 있기 때문에, 위의 문제점 해결에 많은 공헌을 한다할 수 있다. 그러나 환경보전 차원에서 고지를 재생하지만, 이

공정 중에 사용되는 알칼리제, 표백제, 분산제 등과 같은 화학 약품은 환경에 좋지 못한 영향을 주기 때문에 최근에는 효소를 이용한 탈묵법이 많이 연구되고 있다.

탈묵 공정에서 탈묵제로 사용되는 효소로는  $\alpha$ -아밀라아제( $\alpha$ -amylase), 셀룰라아제(cellulase), 헤미셀룰라아제(hemicellulase), 라파아제(lipase), 펙티나아제(pectinases), 크실라아제(xylanases) 등의 여러 효소가 있다.<sup>1),2)</sup>

Helka<sup>3)</sup> 등은  $\alpha$ -아밀라아제는 종이 섬유 성분에 해를 끼치지 않으며 그리고 그 효소를 탈묵 보조제로 사용하면 더 높은 백색도를 가진다고 보고했으며, Jeffries<sup>4)</sup> 등은 셀룰라아제와 헤미셀룰라아제 또한 탈묵 효율을 증대시킨다고 보고하였다. 그리고 Thomas<sup>5)</sup> 등은 라파아제는 대두 성분의 잉크 색제(ink carriers)를 가수분해하고, 셀룰라아제와 크실라아제는 섬유표면에 있는 잉크를 잘 떨어지게 한다고 보고하였다.

전보에서는  $\alpha$ -amylase를 함유하고 있는 맥아즙을 탈묵제로 사용하여 탈묵 효율을 광학적 특성인 백색도를 알아보았다.

본 연구는 전보에서 발표한 내용의 일련으로서, 화학 약품 탈묵법과 맥아즙 탈묵법을 이용하여 그 효율을 강도적 특성인 인장강도(tensile strength), 파열강도(bursting strength), 인열강도(tearing resistance), 섬유장(fiber length), 조도(coarseness) 등을 측정하여 맥아즙의 효소가 섬유결합에 해를 끼치는가에 대하여 검토하였다.

## 2. 실 험

### 2-1. 수초지 제작

수초지 제작은 KS M 7030에 의거하여 시행했다. 시료 24g을 절건량으로 채취하여, 2000ml의 물과 함께 표준 해리기에 넣어 300 회전시키고, 해리한 시료는 물을 사용하여 0.15%의 농도로 묽게 했다. 묽게된 시료의 필요량을 용기에 주입과 동시에 물을 용기의 기준선까지 넣어 현탁액의 깊이가 금망면 위 350mm가 되게 한 다음, 다공판 교반기를 용기에 넣어 매초 1회의 비율로 6회 움직여 액면이 거의 안정될 때 배수꼭을 완전히 열어 습지가 금망 위에 형성되게 했다. 습지에서 물기가 빠진 후에 용기를 올린 뒤 흡수지(blotting paper)를 금망 위의 습지 위에 겹쳐 올려놓고, 그 위에 카우치 판(couch plate)을 겹쳐놓고, 그 위에 카우치 로울(couch roll)로 상하 왕복 5회 굴렸다. 금망으로부터 습지, 흡수지를 떼어낸 후 습지의 다른 한 면에 흡수지를 붙여 프레스기에서 3.5kg/cm<sup>2</sup>의 힘을 5분간 가한 후 건조기에서 건조시켰다.

### 2-2. 섬유장과 조도

섬유장과 조도 측정은 Kajaani FS-200으로 측정하였다. 섬유가 절단되지 않도록 조심하여 절건 시료를 약 7mg을 채취하여 물 300ml와 함께 원통형 교반기에 넣어 섬유를 완전히 해리시킨다. 해리

된 시료를 비이커에 넣어 시험기에 장착한다. 그 후 장착된 비이커에 교반봉과 모세관이 내려와 앉아, 교반봉이 시료를 혼합하고 회석하는 사이에 모세관으로 섬유들이 빨려 들어간다. 섬유가 모세관을 지나는 동안 레이저 광을 갖는 측정부가 섬유의 길이, 조도 등을 측정하고 검출기 신호는 확대되어 microprocessor가 계산할 수 있는 계수 형태로 전환된 후 분석기는 측정된 결과를 자동적으로 보여준다.

### 2-3. 인장강도

인장강도는 Büchel사의 수평타입의 기기를 사용하였다. 전처리된 시험용지에서 접힌 금 및 주름 등의 이상한 부분은 피하고 종이의 같은 방향으로 150mm×15mm로 자른 시험편을 집게에 끼워 평행을 맞춘 후에, 인장을 걸어 시험편이 파단되었을 때의 인장 지시값을 읽었다. 시험중 시험편이 미끄러지거나 집게 내부나 끝에서 절단 또는 시험편의 폭방향에 걸쳐서 일정하지 않는 하중이 걸린 흔적이 있을 때는 그 시험편의 시험은 제외하였다.

### 2-4. 파열강도

파열강도는 Mullen 타입의 기기를 사용하였다. 60mm×60mm의 평방으로 자른 시험편을 조임판에 놓고 고무 격막 아래에서 가해지는 압력으로 인해서 시험편이 파열될 때의 압력으로 기록했다. 이때 시험편의 조여지지 않은 부분이 움직이지 않았는가를 잘 주시하고 미끄러지는 일이 있을 경우에는, 그 시험의 결과는 무효로 처리하였고, 다시 조임압력을 증가시켜 잔여 시험편을 완전히 조인 다음에 시험하였다.

### 2-5. 인열강도

인열강도는 Büchel사의 기기를 사용하였다. 전처리된 시험용지를 정확하게 76mm×63mm로 자른 시험편을 집게에 조이고 나서 나이프를 움직여 절단한 후, 흔들이를 끌어올려 지침을 정지쇠에 맞춘 후 흔들이를 진동시켜 시험편을 인열하여 그때의 지침을 읽어 기록했다.

### 2-6. 투기도

투기도는 Gurley S-P-S형 기기를 사용하였다. 전 처리된 시험용지를 50mm×50mm로 잘라 안통을 올린 상태에서 조임판 사이에 시험편을 끼워 원통이 뜰 때까지 천천히 내려 안통의 움직임이 안정되면 0에서 100ml까지의 눈금이 바깥통의 모서리를 지날 때의 시간을 측정했다.

### 2-7. 공극률

잉크의 수용성(受容性)의 원인이 되는 종이의 공극률은 유공도라고도 불리워지며 종이 내부에 차

지하는 공기 용적 비율로 나타내면 식 (1)로 표시된다.

$$\text{Porosity} = 1 - \frac{\text{Apparent density}}{\text{True density}} \dots\dots\dots (1)$$

겉보기 밀도는 종이의 밀도에서 평량과 두께로 구해지지만 실제 밀도는 섬유 자체의 전료등이 포함된 밀도를 말한다. 이것은 비중병 속에 시료를 넣어 공기를 뺀 후 비중을 알고 있는 액체를 채워 측정할 수 있다.<sup>6)</sup>

### 3. 결과 및 고찰

#### 3-1. 각 탈묵된 시료의 물리적 특성

Fig. 1은 전보에서 발표한 것으로, 각 탈묵제를 사용하여 탈묵 실행한 시료의 반사율을 보여주고 있다. 준비된 샘플 시료의 반사율은 44.9%, 탈묵제로써 증류수, 화학약품, 맥아즙, 맥아즙과 계면활성제를 사용한 탈묵 펄프의 반사율은 각각 52.1%, 59.4%, 59.0%, 59.3%이다. 화학약품을 사용한 것과 맥아즙을 사용한 탈묵 펄프의 반사율은 거의 같았다. 이것은 맥아즙에 함유된  $\alpha$ -아밀라아제 성분이 종이에 첨가된 전분계 지력 증강제를 액화시켜, 물리적 힘이 주어질 때 섬유간의 분리를 더욱 촉진시킨 결과라 사료된다.

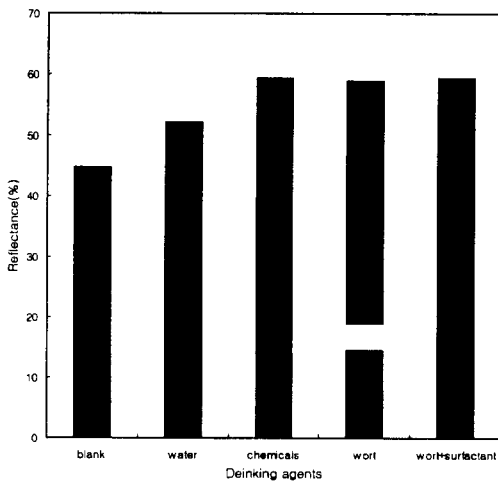


Fig. 1. Effect of deinking effectance.

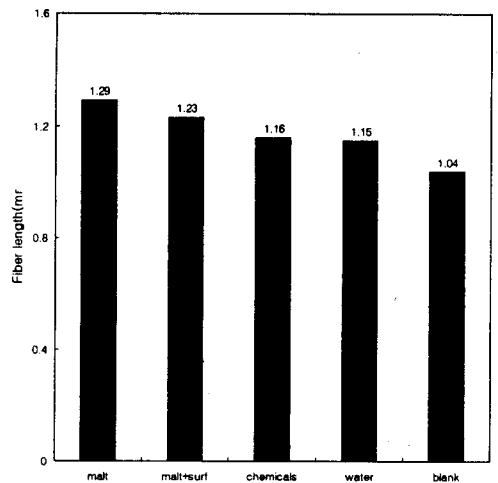


Fig. 2. Fiber length of deinked

Fig. 2, Fig.3에서는 각 탈묵된 시료의 섬유장과 조도 측정 결과 값을 보여주고 있다.

섬유장 및 조도 결과 값에서는 탈묵제로 맥아즙, 맥아즙과 계면활성제, 화학약품, 증류수, blank 순으로 섬유장 값이 높았으며, 조도는 위의 순서대로 낮았다. 섬유장 값은 특히 인장강도와 인열강도에 큰 영향을 미치는데, 화학약품보다는 섬유장 값이 큰 맥아즙으로 탈묵한 시료의 인장 및 인열강도 값이 높았다. 이것은 섬유길이 길면, 인장력이 주어지더라도 주위의 다른 섬유에 인장력을 전달하기가 쉽기 때문이며, 또 종이에 인열이 가해지더라도 마찰저항이 커지기 때문이라 사료된다.

조도 또한 화학약품보다 맥아즙을 탈묵제로 사용한 시료가 낮았는데, 이것은 단위 길이당 무게가 적었다는 것으로, 즉 단위 무게당으로 섬유의 표면적이 많아졌기 때문에 섬유간의 결합정도를 증가시킬 것으로 사료된다.

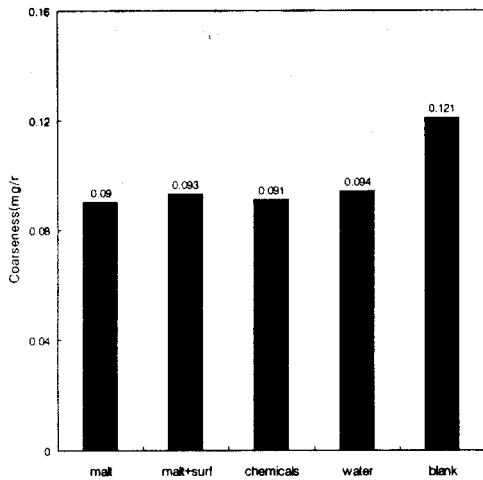


Fig. 3. Coarseness of deinked pulps.

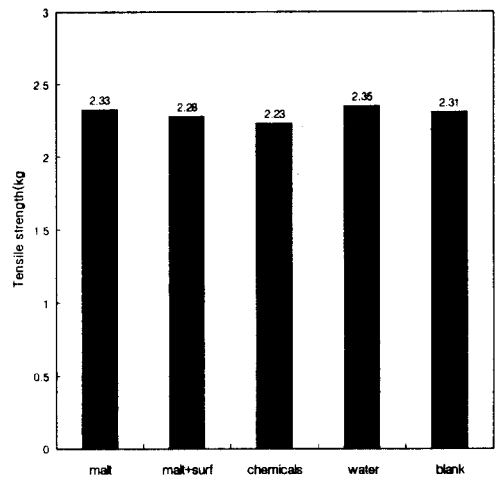


Fig. 4. Tensile strength of deinked

Fig. 4에서는 각 탈묵된 시료의 인장강도 측정 결과 값을 보여주고 있다. 인장 강도에서는 화학약품 보다 맥아즙을 사용하여 탈묵한 시료의 인장강도 값이 높았다. 이것은 화학약품보다 맥아즙으로 탈묵한 시료의 섬유장 값이 크고, 조도 또한 낮아 섬유의 표면적이 증가했기 때문에 인장강도가 높았다고 사료된다.<sup>7),8)</sup> 그리고 탈묵제로서 증류수를 사용한 것과 blank 시료의 인장강도 값은 섬유장 값이 낮고 조도가 높음에도 불구하고 높은 인장값을 갖는데 이것은 제거되지 않은 많은 잉크입자가 섬유에 고착되어 있어 인장력이 주어지더라도 마찰 작용을 하기 때문에 인장값이 높다고 사료된다.<sup>10)11)</sup>

Fig. 5에서는 각 탈묵된 시료의 파열강도 측정 결과 값을 보여주고 있다. 파열강도 결과에서는 화학약품으로 탈묵한 시료의 강도값이 가장 크다. 그러나 맥아즙으로 탈묵한 경우도 이와 비슷한 값을 가지고 있다. 파열강도에 큰 영향을 주는 인자는 섬유 길이와 섬유간의 결합력이다. 이들 중 파열강

도에 더 큰 영향을 미치는 것은 섬유간의 결합력이다. 그래서 맥아즙과 계면활성제 보다 화학약품을 탈묵제로 사용한 경우의 과열강도 값이 큰 것은 맥아즙과 계면활성제 보다 화학약품으로 탈묵한 시료의 조도가 낮기 때문이라 사료된다.

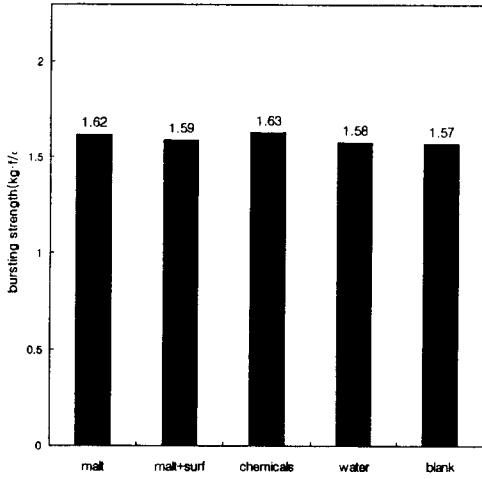


Fig. 5. Bursting strength of deinked

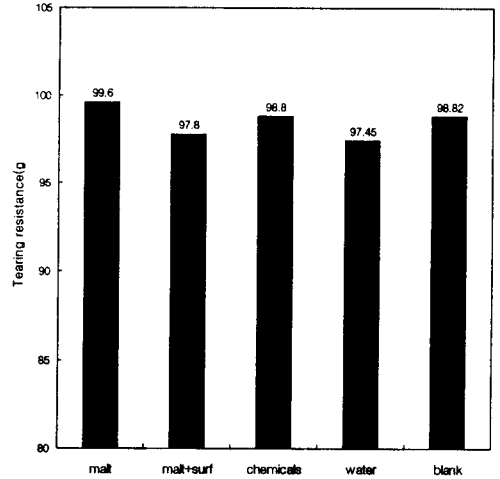


Fig. 6. Tearing resistance of deinked

Fig. 6에서는 각 탈묵된 시료의 인열강도 측정 결과 값을 보여주고 있다. 인열강도에서는 탈묵제로 맥아즙을 사용했을 때 높은 인열값을 가졌다. 그리고 탈묵제로 화학약품을 사용했을 경우가 맥아즙과 계면활성제, 증류수를 사용한 것 보다 높은 인열값을 가지는데, 이것 또한 탈묵제로서 맥아즙과 계면활성제, 증류수 보다 화학약품을 사용한 시료의 조도가 낮았기 때문이라 사료된다.

Fig. 7, Fig. 8에서는 각 탈묵된 시료의 투기도 및 공극률 측정 결과 값을 보여주고 있다. 투기도는 탈묵제로 맥아즙, 맥아즙과 계면활성제, 화학약품, 증류수, blank순으로 높았으며, 공극률 또한 맥아즙으로 탈묵한 시료가 높은 경향을 보였다. 맥아즙을 탈묵시 사용한 시료의 투기도가 높은 이유는 종이에 첨가된 전분과 같은 효료 물질이 맥아즙으로 가수분해되어, 제거되었기 때문이라 사료되며 탈묵시 화학약품, 증류수를 사용한 것과 blank는 효료 물질과 잉크 입자가 섬유사이에 끼여 있기 때문에 낮은 공극률과 투기도를 가졌다고 사료된다.

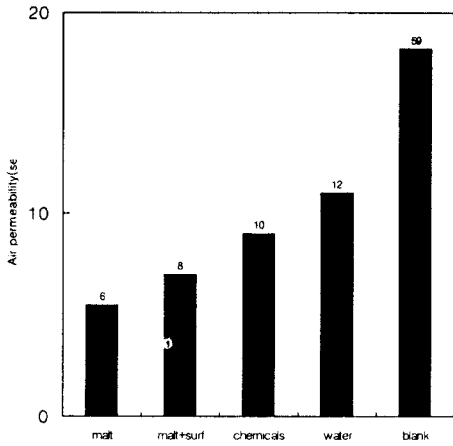


Fig. 7. Air permeability of deinked

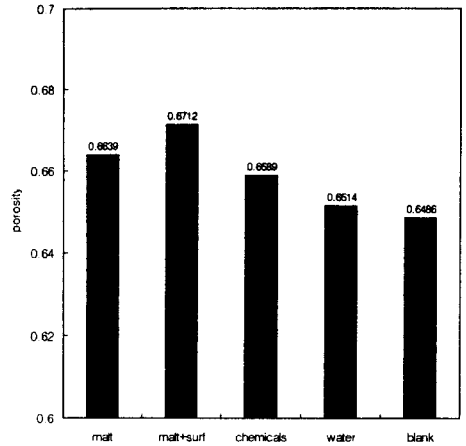


Fig. 8. Porosity of deinked pulps.

## 4. 결 론

탈묵제로써 맥아즙, 맥아즙과 계면활성제, 화학약품 그리고 증류수를 사용하여 강도적 특성을 실험한 결과, 맥아즙을 탈묵제로 사용한 것이 우수하였다. 이것은 맥아즙으로 탈묵한 시료의 섬유간 결합력이 크기 때문에 강도적 특성이 우수하였다고 사료되며, 또 이 결과로서 맥아즙은 섬유에 어떠한 해도 끼치지 않았다고 사료된다.

결과적으로 전보에 발표했던 탈묵 시료의 광학적 특성과 본 연구 내용인 강도적 특성을 통해 알아본 결과, 화학약품보다 맥아즙으로 탈묵한 시료의 효율이 비슷하거나 높았기 때문에 탈묵 현장에서 맥아즙을 탈묵제나 탈묵보조제로 사용할 수 있다고 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. C. Zeyer, T. W. Joyce, J. A. Heitmann, J. W. Rucker, "Factors influencing enzyme deinking of recycled fiber", *Tappi Journal*, Vol.77(10).(1994), p.149.
2. Viesturs U, Leite M, Eisimonte M, Eremeeva T, Treimanis A, "Biological deinking technology for the recycling of office waste papers", *Bioresource Technology Journal*, Vol.67(3).(1998), p.255.
3. H. K. Zollner and L. R. Schroeder, "Enzymatic deinking of nonimpact printed white office paper with  $\alpha$ -amylase", *Tappi Journal*, Vol.81.(3).(1998), p.166.

4. Jeffries. T. W., Klungness. J. H. and Sykes, M. S., Tappi 1993 Recycling symposium Proceedings(Atlanta : Tappi Press, 1993), P.183.
5. T. W. Jeffries, J. H. Klungness, M. S. Sykes and K. R., Rutledge-cropsey, "Comparison of enzyme-enhanced with conventional deinking of xerographic and laser-printed paper", *Tappi Journal*, Vol.77(4).(1994), p.173.
6. 市川家康, わかりやすい紙・イソキ・印刷の科學(東京:印刷局朝陽會, 昭 53年), p.50~51
7. J. D. Clark, *Paper trade Journal*, Vol.115(26).(1942), p.328.
8. J. D. Clark, *Paper trade Journal*, Vol.110(9).(1940), p.122.