

신형 탈묵용 잉크제거 분리기의 성능에 관한 연구

A Study on the Performance of the Newly Developed De-inking Machine

김 홍* · 강영구* · 한지원* · 박형주**

Hong Kim · Young-Goo Kang · Ji-Won Han · Hyung-Ju Park

(1996년 8월 31일 접수, 1996년 12월 14일 채택)

ABSTRACT

This paper examines the De-inking characteristics of mechanical methods using the newly developed De-inking machine along with experiments to enhance the manufacture of recycled kraft pulp with the addition of newspaper. This study concluded that : First, the De-inking ratio was affected by shear stress and friction resistance operating in the stainless steel net. Second, the brightness improvement ratio was raised by 6.2% under the following conditions : 120rpm rotor speed, 2.18% concentration, using two treatment cycles. Third, it was shown that the tearing strength was improved by about 10 to 20%, and the tensile strength remained the same when recycled kraft pulp was added with 20% wasted paper. In sum, by these experiments we have proven that the performance of the newly developed De-inking machine can be improved.

1. 서 론

각종 종이류는 문명의 발달과 함께 전세계적으로 그 수요가 날로 증가하고 있는 추세이다. 그러나 우리나라는 부족한 산림자원으로 인해 섬유 펄프와 종이류의 대부분을 수입에 의존하고 있어 외화 손실 및 종이의 제조원가 상승으로 인한 국제

경쟁력의 약화와 경제적 부담을 지니고 있으며 폐지류에 의한 새로운 환경 문제가 대두되고 있는 실정이다.

이러한 문제를 해결하기 위한 일환으로 고지 재활용이 점차 증가하고 있다. 1990년 전세계적으로 제지업계에서 사용된 원료중 약 1/3이 다양한 종류의 고지로부터 얻은 재생 원료였으며, 1990년의

* 호서대학교 안전공학부

** 호서대학교 산업안전공학과 대학원

Pulp and Paper International(PPI)에 의하면 전 세계의 고지 소비량은 83.5백만톤이고 83.7백만톤이 회수 되었으며, 2001년까지 고지 회수는 150백만톤으로 증가될 전망이다¹⁾. 최근 우리나라도 1985년~1990년 5년동안 고지의 소비는 120% 증가했으며 1990년에 3.3백만톤에 달했다.

현재 세계적으로 고지 재활용 기술은 수집된 폐지류를 화학적인 방법으로 재처리하여 펄프 섬유에 부착된 잉크입자를 미립자화 시킨 후 분리, 펄프를 재생시키는 방법을 사용하고 있다²⁾.

선진국의 재생 펄프 공정을 보면 UPM kaipola mill은 15단계의 공정으로 이루어져 있으며, 신문고지를 첨가할 수 있는 IHI사의 공정은 12단계, AIKAWA사의 오프셋 인쇄를 포함한 신문 탈묵 공정은 10단계, San-Ei Regulator의 Colored ledger 처리 공정은 13단계로 이루어져 있는 대규모 시설로 생산 line이 50~100m의 길이로 되어있다^{3,4)}. 따라서 이와 같은 10~15단계 공정과 50~100m길이의 plant의 운전에서 따라 많은 안전 사고를 유발하고 있다.

이들 설비의 위험요인으로는 기계설비의 가동시 발생하는 noise와 미세한 종이 분진등의 비산, 탈묵 처리시 첨가되는 화학약품에 의한 중독, 고습도와 고온등으로 인한 복부 경련과 오심 구토 현상을 나타내는 열경련과 탈진 및 피부화상, 그리고 콘베어 벨트와 펄퍼, 탈수기등 회전부가 노출된 부위에 접촉하는 등 여러가지의 안전사고가 발생하고 있는 실정이며, 이런 종류의 안전사고는 계속 발생할 수 있는 가능성이 높다^{5,6)}.

또한 화학적 처리방법으로 재생된 펄프는 탈잉크입자 제거의 한계성으로 백색도 저하, 약품에 의한 섬유손상으로 강도저하, 기타 이 물질등의 문제점으로 인해 그 사용에 한계가 있다⁷⁾. 특히 최근 늘고 있는 컴퓨터 용지와 FAX 용지등의 인쇄에 레이저 방법등이 사용되고 있어 이 경우 화학적 방법에 의한 탈묵이 거의 불가능한 상태이며, 화학약품의 사용으로 인한 난분해성 폐수의 발생으로 환경오염의 심각성을 더해 주고 있다.

따라서 본 연구에서는 상기에 기술한 바와 같은 화학적 처리방법의 문제점을 해결하기 위해 신기정밀(주)와 공동으로 개발한 2단계 공정 처리방식인 전단 및 마찰력을 이용한 compact한 기계적 처리방법⁸⁾에 의한 고지 탈묵설비의 성능 평가 및 운

전조건도출 등의 특성 분석을 통하여 고지 재활용설비의 효율적인 높은 안전성의 사용방법을 모색하고자 한다.

2. 실험

2.1 실험시료

- 1) 백상지 인쇄물 70%와 매트지 인쇄물 30%의 비율로 혼합한 원료와 폐신문지 원료 두 종류를 사용하였으며, 각 원료에 대한 시료는 Pulper에 60kg을 넣고 30분 동안 교반시켜 해리시킨 펄프를 사용하였다.
- 2) 잉크제거 분리기에 의해 처리된 폐신문지 펄프와 크라프트지의 원료인 펄프가 같은 농도가 되도록 한 후 일정 혼합비(0~80%)로 혼합하여 사용하였다.

2.2 실험방법

동일한 형태의 공정처리 방식인 전단 및 마찰력을 이용한 compact한 기계적 처리방법인 잉크제거 분리기 2대를 직렬로 연결하여 공정 시스템을 구성하였으며, 고지 탈묵 공정도는 Fig. 1과 같다.

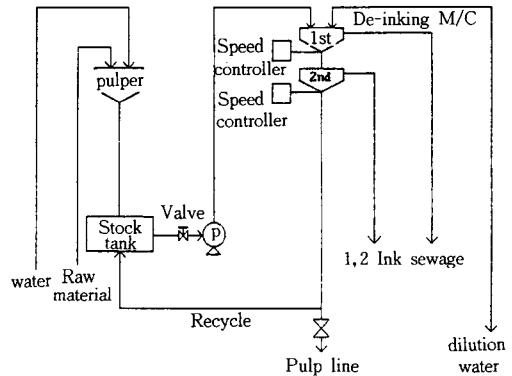


Fig. 1 Flow chart of continuous De-inking process for the wasted paper

실험전 잉크제거 분리기에 물을 공급하여 일정 시간 동안 공회전시켜 기계내의 불순물을 제거한 후 다음과 같은 조건하에서 실행하였다.

- 1) 잉크제거 분리기의 사용횟수
: 1회, 2회, 3회

- 2) 잉크제거 분리기의 회전수 : 100rpm~140rpm
- 3) 펄프의 농도 : 1%~4%

한편, 이 실험에 사용된 잉크제거 분리기의 구성도는 Fig. 2와 같다.

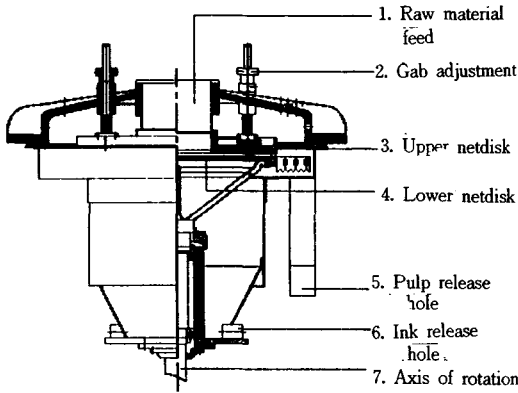


Fig. 2(a) Simplified cross section diagram of the De-inking head

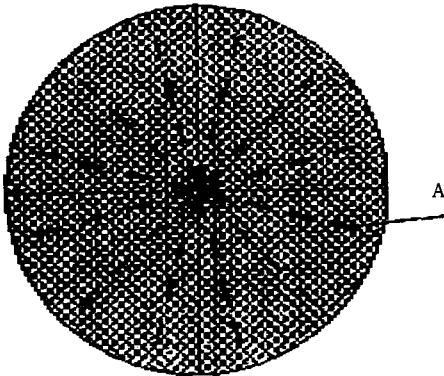


Fig. 2(b) Arrangement of the Baffle on the disk

(a) Pulper에서 해리된 원료를 2~3%의 농도로 투입하고 100~140rpm의 감속기와 회전축이 풀리로 연결되어 있어 일정속도로 회전시켰으며, 상부망 디스크와 하부망 디스크 사이에서 운동에너지와 마찰에너지에 의해 발생한 전단력과 마찰력에 의해 섬유질과 결합된 잉크 입자는 파괴되고, 분리 과정을 거쳐 망디스크 하부로 물과 함께 잉크 배출구로 배출된다. 처리된 원료는 펄프 방출구를

통하여 배출되어 초지 공정으로 이송, 이때 효율적인 처리를 위하여 원료 투입구에 회석수를 보충할 수 있으며 보다 많은 잉크 제거를 위하여 잉크 분리 장치를 2단으로 설치하였다.

(b) ① 10~20mesh의 스테인레스망을 사용하였고 보다 큰 전단력을 얻기 위해 Baffle을 설치하였다.

② 일반적으로 상부-하부의 망의 구조와 크기는 같은 것을 사용하여, 펄프의 종류에 따라 상부망과 하부망의 간격을 조절할 수 있도록 설계 제작되었다.

2.3 sheet 제작 및 백색도 측정

잉크제거 분리기에 의한 처리 전, 후의 펄프를 이용하였으며, 잉크제거 후 펄프와 크라프트지의 원료인 펄프를 농도에 따라 평량을 결정한 후 같은 농도가 되도록 하여 10% 간격으로 0%~80% 범위 내에서 혼합하여 사용하였다.

시료에 Aluminium sulfate 3%(0.15g)와 Rosin 1%(0.05g)를 넣고 약 400rpm에서 5분간 교반을 시킨 후 Sheet 제조는 SQUARE TYPE SHEET MACHINE [KRK SERIAL NO 9303048-50] (Sheet machine, press, dryer로 구성됨)⁹⁾ 사용하여 25cm×25cm 크기의 sheet를 만들었다. 제조된 sheet에서 백색도 측정은 sheet 앞면의 3부위(상, 중, 하)를 측정한 평균값으로 백색도를 나타냈다¹⁰⁾.

$$\text{백색도 향상율}(\%) = \frac{B-A}{A} \times 100$$

A : 잉크제거 전 백색도(%)

B : 잉크제거 후 백색도 (%)

2.4 인열강도 및 인장강도 측정 방법

2.4.1 인열강도 측정¹¹⁾

폭 76mm, 길이 63mm인 시험편 16매를 사용한다. 시험편 1매를 인열하는데 소요되는 힘은 1/16g 이므로 인열강도는 16매를 기준으로 환산한 값으로 정한다. 시험수치는 정수로 하고, 단위는 Kg/mm으로 표시한다.

$$T = \frac{A}{S} \times 16$$

T : 인장강도 [kg/mm]
 A : 눈금의 평균치
 S : 시험편의 매수

2.4.2 인장강도¹²⁾

폭 15m, 길이 200mm인 시료 4매를 사용하여, 각 한매씩 인장강도를 측정하고 4매의 평균으로서 인장강도를 결정한다. 시험편의 방향에 따라 가로, 세로, 방향으로 인장강도를 정한다.

3. 결과 및 고찰

탈묵용 잉크제거 분리기를 이용한 실험결과는 다음과 같다. Fig. 3은 백상지 70%, 메트지 30%에 대한 펄프의 농도 변화에 따른 백색도 향상율의 관계를 나타냈다. 여기에서 농도는 시료만의 건조무게를 펄프상태의 전체무게로 나누어 백분율한 값이다. 이 그래프의 경우 1.21%의 농도에서 백색도 향상율이 1.22%로 가장 높게 나타났다.

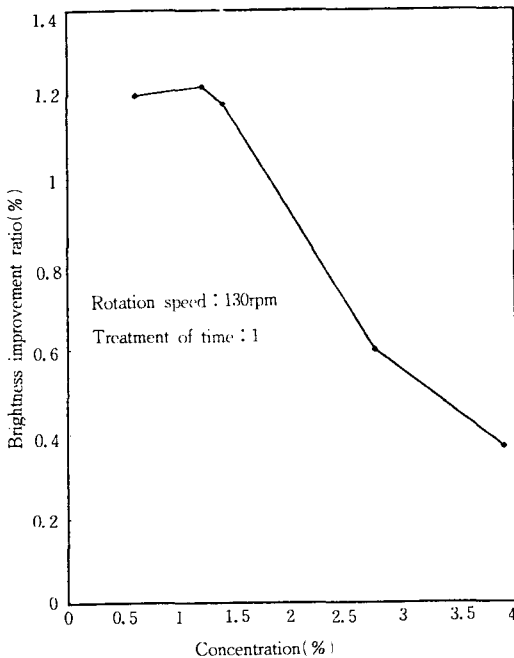


Fig. 3 Brightness improvement ratio versus pulp concentration

Fig. 4는 폐신문지의 농도 변화에 따른 백색도 향상율의 관계를 나타낸 것으로 2.18%의 농도에

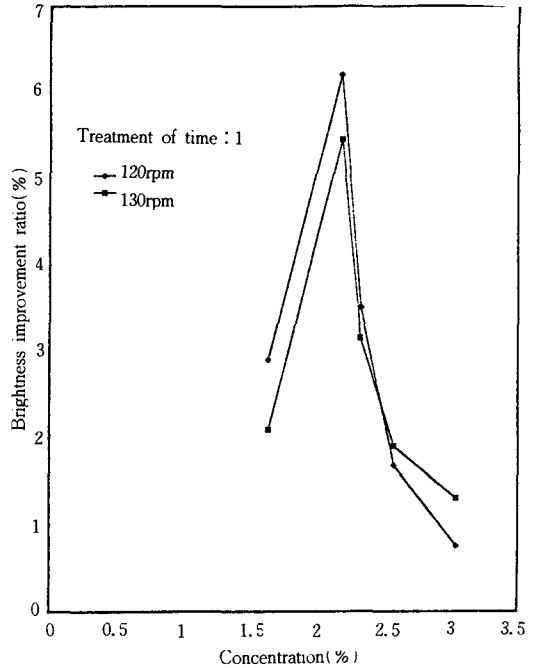


Fig. 4 Brightness improvement ratio versus concentration (wasted newspaper)

서 백색도 향상율이 6.20%로 가장 높게 나타내고 있다. 시료 A와 B 모두 펄프 농도가 증가함에 따라 백색도 향상율이 현저하게 저하되고 있음을 알 수 있는데 이는 농도가 높을 수록 펄프의 양이 많아지므로 잉크제거 분리기의 회전판에 의한 폐지의 잉크입자 부위에 작용하는 전단 및 마찰력 작용 확률이 낮기 때문이다.

Fig. 5, 6은 잉크제거 분리기의 회전판 회전수 변화에 대한 백색도 향상율을 나타냈다. 그림에서 회전수 증가에 따라 백색도 향상율이 점차 증가함을 보이며 회전수 120~130rpm 부근에서 최고치를 나타내다가 차츰 감소되는 경향을 나타내었다. 이는 회전수가 저속인 경우 펄프가 회전판상에 체류하는 동안 전단 및 마찰력의 작용 횟수가 적어지며, 회전수가 한계속도 이상인 경우 펄프가 원심력에 의해 회전판을 벗어나기 때문이다.

Fig. 7은 잉크제거 분리기의 1, 2차를 통과했을 때 경우를 1회 처리로 보고, 처리횟수에 따른 백색도 향상율을 나타내었다. 처리 횟수가 증가함에 따라 백색도가 향상되나 경제성과 생산량을 고려할때 2회 처리가 가장 효율적인 것으로 사료된다.

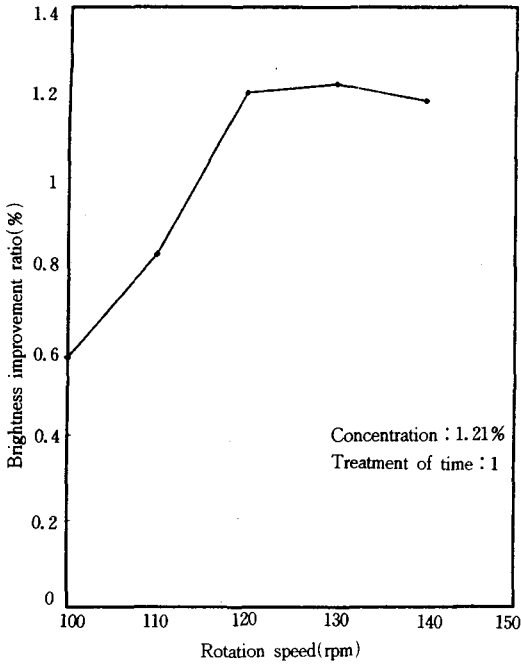


Fig. 5 Brightness improvement ratio versus rotation speed

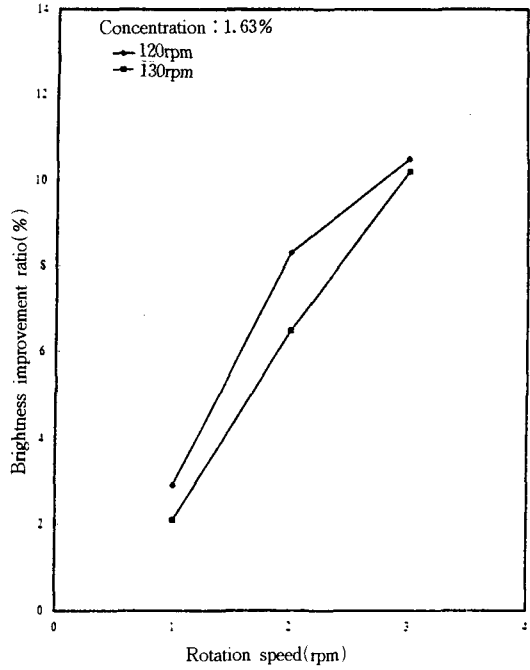


Fig. 7 Brightness improvement ratio versus treatment of time

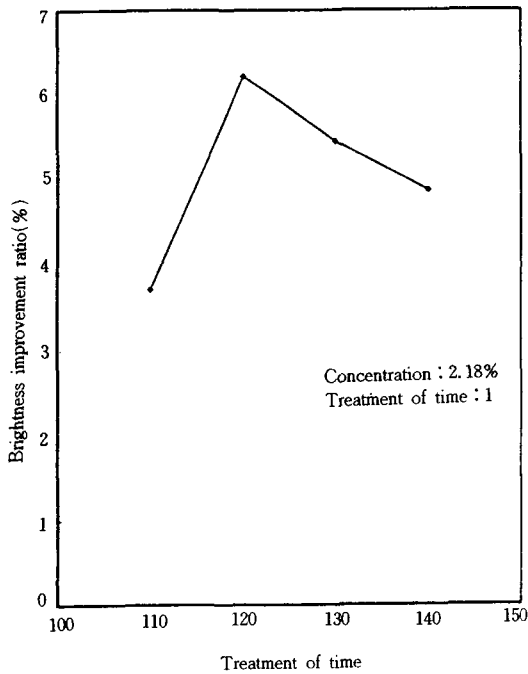


Fig. 6 Brightness improvement ratio versus rotation speed

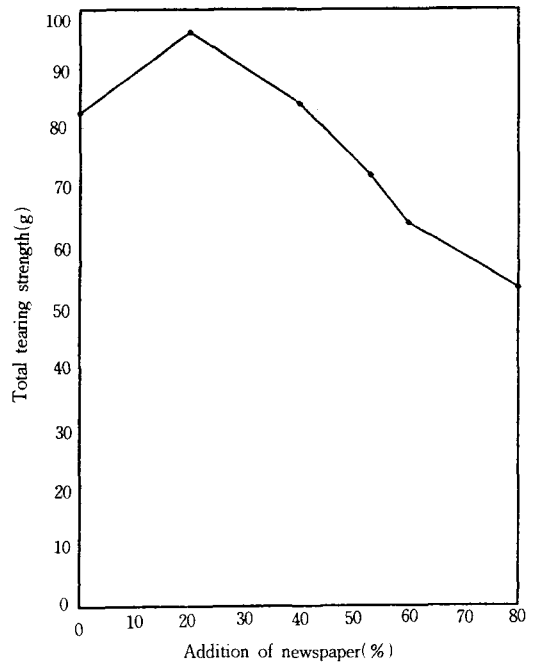


Fig. 8 Total tearing strength versus addition of newspaper

Fig. 8은 신문고지의 첨가량에 따른 재생 크라프트지의 총인열강도 변화를 나타낸 것으로 신문고지 20% 첨가한 경우 실험적으로 인열강도는 10~20%정도 증가한 것으로 나타났다.

Fig. 9는 신문고지의 첨가량에 따른 재생크라프트지의 총 인장강도의 변화를 나타낸 것으로 신문고지를 20% 첨가한 경우 인장 강도는 같게 나타났다. 그러나 신문고지의 양이 30%이상인 경우에는 오히려 인장강도는 감소하였다. 이는 각각의 펄프 섬유유의 특성이 상호보완적 효과에 의해 결합력이 증가하는 범위를 넘어서 신문 펄프 자체의 특성이 뚜렷하게 나타남으로서 오히려 강도가 감소한 것으로 사료된다. 재생지의 강도 증가 원인은 신문용지의 펄프 섬유가 부드럽고 긴 특징을 갖고 있고, 크라프트지의 펄프 섬유는 경직성을 나타내고 길다. 따라서 이 두 가지의 섬유가 잘 조화되어 재생지중에 배향되므로 서로의 결합력이 증가되고 질감이 좋게 되는 결과를 나타내기 때문이다.

또한 폐지폐의 값보다 신문고지의 가격이 저렴하고 구하기 쉬우므로 원가 절감면에서도 장점이 있다.

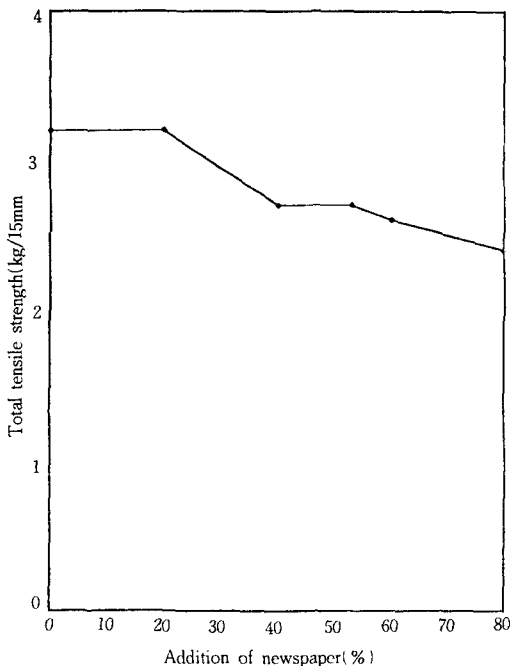


Fig. 9 Total tensile strength versus addition of newspaper

4. 결 론

잉크제거 분리기를 이용한 기계적 방법에 의한 잉크제거 분리 특성과 신문고지를 첨가한 재생 크라프트지의 제조에 대해 실험한 결과는 다음과 같다.

- 1) 잉크제거 분리기의 잉크 제거율은 스테인레스 스틸망 사이에 작용하는 전단력과 마찰력에 가장 큰 영향을 받는다.
- 2) 잉크제거 분리기의 최적 운전은 회전수 120rpm, 농도 2%, 처리횟수 2회의 조건이 가장 경제적인 것으로 사료된다. (rpm 120, 농도 2.18%에서 6.20% 향상)
- 3) 재생 크라프트지에 신문고지를 20% 첨가했을 때 인열강도는 10~20% 정도 증가하고, 인장 강도는 같게 나타났다.

참 고 문 헌

- 1) 신동수, "세계 고지자원 현황 및 그 확보 전략", 한국펄프 종이 공학회, pp. 3~17, 1992.
- 2) 이연길, "고지 탈묵실무", 한국펄프 종이 공학회, pp. 47~63, 1992.
- 3) Pulp Mill Process : Development since 1977, Halpern, M. G., Noyes. Park Ridge. 1981.
- 4) Shreve's Chemical Process Industries, fifth edition; George T. A. ; McGraw-Hill. pp. 613~632, 1984.
- 5) "사고 방지를 위한 재해 사례와 대책", 안전문화사, pp. 169~176, 1991.
- 6) In-Plant Practices For Job Related Health Hazards Control, L. V. Cralley, L. J. Cralley JHON WILEY & SONS, pp. 529~543, 1989.
- 7) 김태준, "고지 탈묵", 한국종이공학회, pp. 17~32, 1992.
- 8) 고지 탈묵 펄프의 제조방법, 특허공보 제1072호, pp. 151~154, 1985.
- 9) KRK SERIAL No. 9303048-50, manual
- 10) Standard Test Method for Brightness of Pulp, Paper, and Paperboard; ASTM D 985-92(15. 09)

김홍·강영구·한지원·박형주

11) 인열강도 측정방법, 한솔파텍 연구실 기술자료집, 1994.

12) Tensile Breaking Strength-Paper, Paperboard, test; ASTM D 828(15.09).