

지력증강제 적용을 통한 건식초지 종이의 물성 향상

Improvement of strength properties of dry-formed papers with strength agents

이학래, 윤해정, 김진우, 황민구

서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부

1. 서 론

환경보호와 에너지 절약에 관해 사회적 관심이 증폭되면서 각 산업 분야에서 환경 기술 확보가 미래 생존을 위한 주요 이슈로 부각되고 있다. 이러한 사회적 흐름에서 다른 산업에 비해 다량의 천연원료, 용수, 그리고 화석연료를 사용하는 전통 제지산업은 새로운 친환경적 기술 대안을 마련하는 것이 경쟁력 확보와 산업의 지속적인 발전을 위해서 필수적인 시기에 직면해 있다. 특히 제지산업의 운영에 기본적이고 필수적이라고 여겨지는 물의 사용 억제와 관련된 기술개발은 오늘날 제지 산업이 당면한 환경과 에너지 문제를 해결하기 위한 가장 근본적인 사항이라고 할 수 있다. 물의 사용을 극도로 억제한 건식초지 기술개발은 기술 혁신을 통해 지속적인 제지 산업 발전을 이끌어 낼 수 있는 혁신기술이라 할 수 있다. 그러나 이러한 혁신적인 초지 기술을 현실화하기는 아직 개선되어야 할 많은 문제점을 안고 있다. 특히 건식초지의 가장 핵심적인 문제인 강도 저하의 문제점을 극복하기 위해서는 많은 연구가 요청되고 있다. 본 연구에서는 지력증강제를 사용하여 건식 초지된 종이의 강도 저하를 보완하는 방안을 모색코자하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 재료

2.1.1. 고해된 건식섬유

일반적인 습식고해 섬유에 함유되어 있는 물을 용매치환방법으로 제거하였다. 이를 통하여 날개의 섬유로 해리되었으나 습식고해섬유의 특성을 지닌 펄프를 얻을 수 있었다.

2.1.2. 지력 증강제

지력 증강제는 천연 고분자와 합성고분자를 사용하였다. 천연고분자로는 층간 결합용 양성치환 전분과 산화전분, 그리고 합성고분자로는 지력증강용 C-PAM (Cationic poly acrylamide)을 이용하였다.

2.2. 실험 방법

2.2.1. 분무 조건 설정

건식초지된 지필 상에 효과적인 약품 처리를 행하기 위해 최적의 지력증강제 용액의 분사 조건을 구명하고자 하였다. Table 1은 분사평가 조건을 나타내고 있다. 분사 용액은 PAM을 2%로 희석하여 준비하였고 이를 스프레이를 이용하여 지필 상에 분무처리하였다. 분무 횟수는 양쪽을 번갈아 3회씩 총 6회 분사하였다. 이때, 2%의 PAM 용액의 점도는 4 - 5 cPs 였다. 지필에 분무된 용액의 균일성을 평가하기 위해 용액 안에 잉크를 투입하여 지필에 분무된 모양과 입도를 분석하였다. 예비 실험을 통하여 수평으로 놓여진 지필에 대해 스프레이 건의 각도를 어느 정도 상향으로 조정하는 것이 균일한 분무를 위해 효과적임을 알 수 있었다. 분사 각도가 너무 높을 경우에는 오히려 비산 거리가 짧고, 높은 곳에서 떨어지는 액적에 의해 지필이 손상될 수 있어 본 실험에서는 분사각도를 45도 이하로 하여 비교하였다 (No 1 - No 5). 스프레이 장치와 지필 간의 분사거리가 너무 가까우면 지필에 큰 입도를 가진 액적이 나타나는 경향을 보였으며, 분사 거리가 멀 경우에는 지필에 실리는 양이 적어 분사조건에 적합하지 못하였다. 이러한 과정을 거쳐 균일한 분무처리를 위한 최적 거리로는 70-80 cm 사이에 지필을 위치시키는 것이 필요하다고 판단되었다.

Table 1. Spraying test conditions.

	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5	No 6	No 7
Angle, °	15	30	45	15	30	20	20
Distance, cm	80	80	80	70	70	80	70
Height, cm	10	10	10	10	10	10	10
Spray times	3 / 3	3 / 3	3 / 3	3 / 3	3 / 3	3 / 3	3 / 3

또한 지필의 각도 변화에 따른 영향을 평가하고자 지필의 각도를 변경시키며 분사결과를 분석하였다. 지필의 각도가 30°를 초과할 경우, 지필이 흘러내리는 위험이 있었고 분사 거리 가까울 경우 지필에 직접 대고 분사하는 것과 비슷하기 때문에 20°에서 거리에 따른 분사 상태를 평가 하였다. (No 6 - No 7) Figs. 1은 이러한 조건으로 분무된 용액을 광학적 평가 결과를 나타내고 있다. Fig. 2는

최적 조건인 No 5 조건에서 분무했을 때, 분무된 지필의 상태를 나타내고 있다.

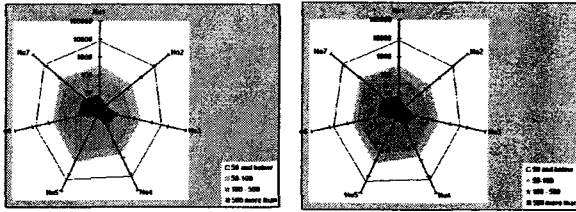


Fig. 1. Ink particle count, loaded weight and distribution on sprayed sheet vs. spray condition.



Fig. 2. Images of sprayed sheet vs. spraying condition of No 5

3. 결과 및 고찰

3.1. C-PAM의 첨가

3.1.1. 압착조건에 따른 인장강도의 변화

고온압착과 상온압착에 따른 PAM의 효과를 평가하였다. PAM 투입량은 섬유대비 0.6%로 하였다. Fig. 3은 상온압착의 경우 PAM의 투입에 따른 인장강도를 비교한 것이다. 보는 것과 같이 상온압착 시 PAM의 투입에 따라 강도가 향상되었으며, 약품 무첨가 시에 비해 최대 인장강도 상승률은 압착압력이 28kgf/cm²와 56kgf/cm²인 경우 각각 19%와 21%로 나타났다.

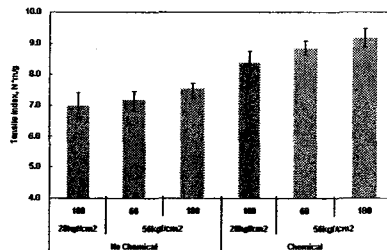


Fig. 3. Tensile strength of dry formed sheet made of dry beaten fibers vs. pressing condition. (Conventional pressing)

Fig. 4는 PAM을 첨가하여 고온압착한 종이의 인장강도 변화를 나타내고 있다. PAM의 분무에 의해 강도 향상 효과를 얻을 수 있었으며, 압착 압력이 28kgf/cm²에서는 28% 가량의 인장 강도 상승 효과를 얻을 수 있었다. 압착압력이 56kgf/cm²인 경우 또한 PAM을 분무하였을 때 강도향상 효과가 있었다. 이 압력

에서는 PAM이 첨가되지 않을 경우 압착시간 30초 부근에서 인장감소의 감소가 관찰되었으나, PAM을 첨가할 경우에는 고온압착 시간이 증가함에 따라 계속 증가하였다. 압착압력이 56kgf/cm²에서는 약품 무첨가 시 64% 가량의 인장 강도의 상승이 가능하였다. 즉 PAM의 분무는 상온압착보다는 고온압착 조건에서 우수한 강도 증가효과를 보였다.

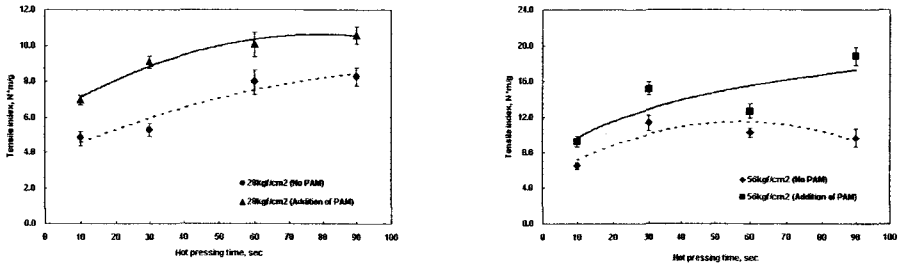


Fig. 4. Tensile strength of dry formed sheet made of dry beaten fibers with PAM addition. (Hot Pressing)

3.2. 산화전분의 사용효과

고온압착과 상온압착 시 산화전분의 강도 향상 효과를 평가하였다. 전분의 투입량은 섬유 대비 6.0%였다. Fig. 5는 상온압착 시의 인장강도를 비교한 것이다. 상온 압착 조건에서 강도 향상이 발생되어 60초 압착한 경우에는 18% 가량 인장강도의 상승이 나타났다. 압착시간을 180초로 증가시키면 50%의 인장강도의 상승이 가능하였다. 56kgf/cm²에서의 상온압착은 PAM의 첨가 시보다 큰 폭의 강도 상승을 유발하였다. 이는 PAM과 달리 상대적으로 많은 양이 투입된 전분이 많은 섬유 결합을 유도함에 따라 나타난 현상이라 판단된다.

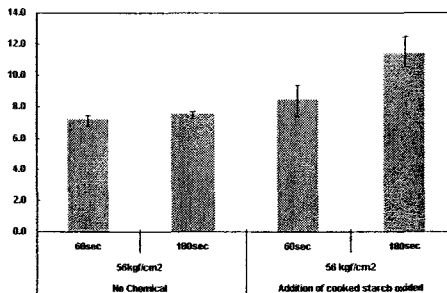


Fig. 5. Tensile strength of dry formed sheet made of dry beaten fibers vs. pressing condition. (Conventional pressing).

Fig. 6은 전분 분무시 고온압착에 의한 인장강도 변화를 나타내고 있다. 전분을 첨가하였을 때, 고온압착 압력이 28kgf/cm²인 경우 전분의 분무에 의해 강도가 소폭 증가했으나 압착시간이 60 sec 이상인 경우 인장강도 수치가 대등하였다. 압착압력이 56kgf/cm²인 경우 28kgf/cm²와 마찬가지로 전분을 첨가하였을 때 강도가 증가 하였으나 PAM에 비해 증가 폭이 작았다. 또한 산화전분이 첨가된 경우에는 PAM과 달리 30초 이후부터 대등한 강도를 나타내었다. 산화전분을 첨가한 경우 56kgf/cm²에서 약품 무첨가 시 최대 강도 발현 결과를 비교 했을 때 16% 가량의 인장강도 상승을 유도하였다.

산화전분의 첨가는 상온 압착 시 높은 강도 증가 효과를 보였다. 이는 고온압착 시 전분의 과도한 건조에 의해 섬유 결합 증가 효과가 감소된 때문이라고 판단된다.

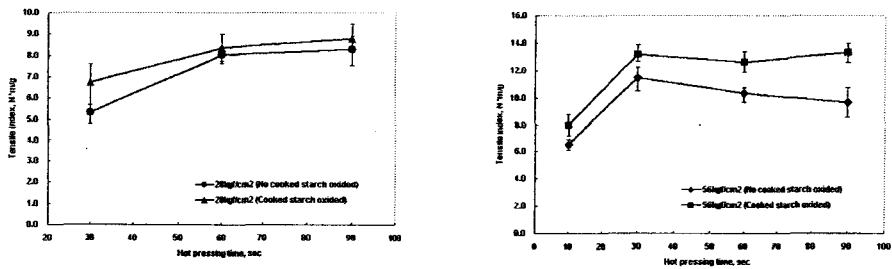


Fig. 6. Tensile strength of dry formed sheet made of dry beaten fibers vs. pressing condition. (Hot-pressing).

3.3. 양성전분의 첨가

양성전분의 투입량은 섬유 대비 1.25%로 하고 압착조건에 따른 강도향상 효과를 비교하였다. Fig. 7은 상온압착 시의 인장강도를 비교한 것이다. 양성전분을 분무하였을 때 상온 압착 시 강도 향상효과가 얻어짐을 알 수 있다. 압착시간이 60초인 경우 10% 가량 인장강도가 증가하였으며, 180초에서는 28%가량의 인장강도 상승효과가 있었다. 상온 압착 시의 강도증강 효과가 산화전분에 비해 적었는데 이는 상대적으로 적은 양이 전분이 사용되었기 때문이라고 판단된다.

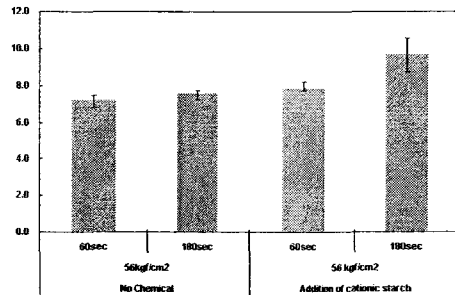


Fig. 7. Tensile strength of dry formed sheet made of dry beaten fibers vs. pressing condition. (Conventional pressing).

Fig. 8은 고온압착 시 양성전분의 첨가에 인장강도 변화를 나타내고 있다. 고온 압착압력이 28kgf/cm²인 경우 강도 증가효과가 나타났으나 60초 이후부터는 다소 그 증가율이 둔화되었다. 최대 강도 발현 결과를 비교 했을 때 약 50% 가량의 인장강도 증가 효과가 있었다.

56kgf/cm²에서도 역시 전분의 분무에 의해 강도가 증가하였으나 압착시간이 30초 이상인 경우에는 강도가 감소하는 경향을 보였다. 산화전분과 비교해 보면 지력증강용 전분은 열압 조건에서 강도 향상이 상대적으로 높았다.

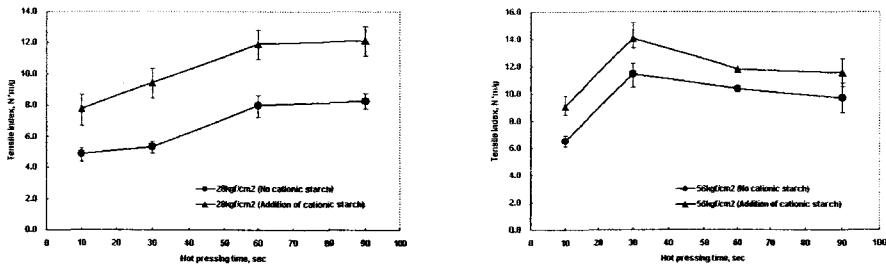


Fig. 10. Tensile strength of dry formed sheet made of dry beaten fibers vs. pressing condition. (Hot-pressing)

4. 결 론

건식초지된 종이의 강도향상을 위해 PAM과 전분의 분무효과를 평가하였다. 이를 위해 우선 균일한 첨가제의 분무가 가능한 조건을 설정하고 이를 잉크 용액을 분무하여 확인하였다.

분무 약품으로 사용된 PAM, 산화전분 및 양성전분 모두 강도 증강 효과를 나타내었으나 그 경향은 약품별로 또 압착압력, 시간, 온도 별로 다르게 나타났다.

특히 PAM의 첨가는 고온압착 시 압착시간이 증가함에 따라 계속 인장강도가 증가하였으나, 전분은 압착시간이 일정 수준 이상으로 증가하면 오히려 감소되는 경향을 보였다.

사 사

본 연구는 환경부에서 시행한 차세대 핵심환경기술개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Hiroki, nanko., Bond strength enhancement mechanisms of cationic starch and cationic polyacrylamide, proceedings of 2003 International paper physics Conference, pp. 127-136, (2003).
2. Hiroki, nanko., and Pan. S., Visualization of polymer adsorption on pulp fiber I : polyacrylamide Part 2, Proceedings of 5th international paper and coating symposium 2003, pp. 16 - 19, (2003).
3. Hans W. Maurer., starch and starch products in surface sizing and paper coating, Tappi press, pp. 3 - 15, 92 - 95.
4. Mousa M. Nazhad, Emma J. Harris, Christopher T. J. Dodson, Richard J. Kerekes., The influence of formation on tensile strength of paper made from mechanical pulps, 2000 Tappi Journal peer reviewed paper., pp. 1-9, (2000).