

지종별 특성을 고려한 제지용 펄프의 효율적 선택

원 종 명

강원대학교 제지공학과

1. 종이의 성질에 영향을 미치는 인자

펄프 제조 과정에서부터 최종 종이 제품이 생산되기까지 많은 기계적 화학적 처리 공정이 수반된다. 이러한 제반 공정들은 펄프 자체의 성질에 영향을 미칠 뿐만 아니라 최종 생산되는 종이 제품의 구조적 성질을 결정해주며, 구조적 성질은 관련된 품질과 특성을 결정해준다(Fig. 1). 종이의 성질에 영향을 미치는 인자를 정리하여 보면 아래와 같다. 아래에 나열된 무수히 많은 인자들은 개개의 특성뿐만 아니라 이들 인자들 간의 상호작용에 의한 복합적인 영향을 미치게 된다. 따라서 합리적인 품질 및 공정 관리를 위해서는 종이 제품 생산 시 항상 원료의 선택뿐만 아니라 적용할 장치 및 공정 조건에 대한 세밀한 검토가 필요하다.

- 원료 : 펄프, 충전제, 사이즈제, 보류제, 탈수제, 증강제 등
- 제조 공정 : 펄프화, 지료조성, 지료 유입 시스템, 초지, 습부압착, 건조 등
- 가공 공정 : 안료 도공, 바니쉬 처리, 합침, 라미네이팅 등
- 환경 : 온·습도

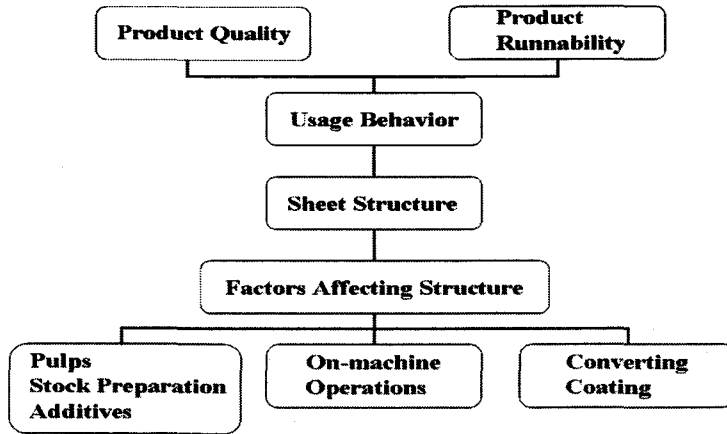


Fig. 1. Factors affecting of paper quality and runnability.

2. 종이 품질 관리에 있어서 펄프의 중요성

전술한 바와 같이 매우 다양한 인자들에 의하여 종이의 성질이 결정되기는 하지만 펄프는 종이 제조 원료 구성상 가장 많은 비중을 차지하며 또한 종이의 성질에 가장 큰 영향을 미치는 단일 인자라 할 수 있다. 그러한 이유로 말미암아 최종 소비자에 의하여 요구되는 종이의 성질을 만족시키기 위하여 가장 먼저 하는 작업이 펄프의 선택이다. 즉 과거에는 종이의 강도적 성질이 중요시되었기 때문에 장섬유인 침엽수 펄프가 주로 사용되었으나, 최근에는 인쇄 품질이 더욱 중요하기 때문에 오히려 활엽수 펄프가 주원료 펄프로 사용되고 있다. 이와 같은 추세는 종이의 품질을 결정하는 여러 가지 인자들 중 펄프의 비중이 가장 큰 점이 반영된 것이다.

지금까지는 단순히 펄프 섬유의 섬유장에 따른 지필도(formation), 벌크 및 불투명도 개선 효과 등에 초점을 맞추었지만 그 외에서 펄프의 적절한 선택의 중요성을 보여주는 예의 하나는 펄프 종류에 따라 고해의 용이성 다르다는 점이다. Fig. 2에 의하면 pulp #11이 일정 수준의 여수도를 얻는데 요구되는 동력 소모가 가장 낮은 것을 알 수 있다. 또한 우리가 일상생활에서 많이 접하고 있는 다양한 종이 종류를 살펴보면 신문 용지, 백상지, 박엽 포장지, 라이너, 크라프트지 등 깊이 생각하지 않더라도 각 지종에 따라 요구되는 성질을 부여하기 위하여 각기 다른 종류의 펄프가 사용되고 있음을 알 수 있다.

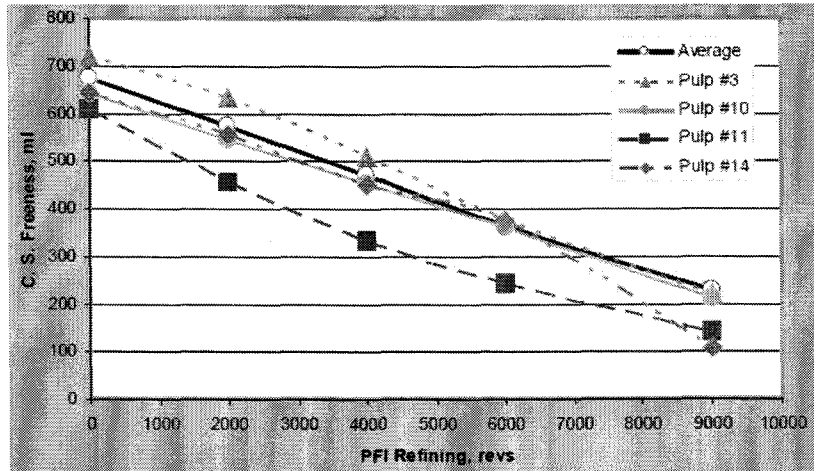
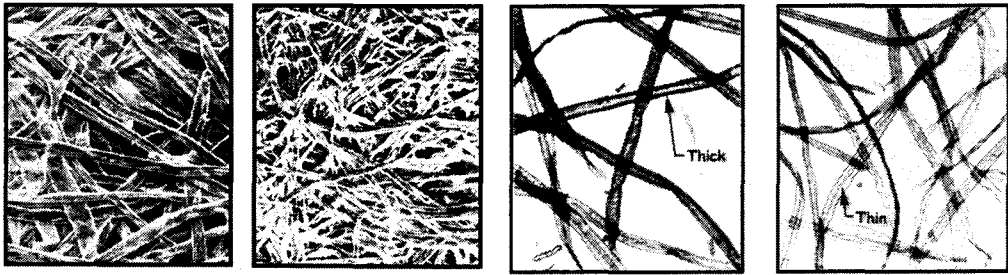


Fig. 2. Freeness of different pulp obtained by refining.²⁾

3. 펄프의 특성

펄프의 특성은 우선 펄프 제조에 사용된 원료에 의하여 크게 영향을 받는다. 원료에 따른 구분을 하자면 우선 목재와 비목재로 구분이 되고, 목재는 다시 침엽수와 활엽수로 나누어진다. 일반적으로 침엽수의 섬유는 평균 섬유장이 3-6 mm에 달하고 장폭비가 약 100에 달하여 활엽수 섬유에 비하여 섬유가 길고 유연하기 때문에 섬유간 결합이 활엽수 펄프섬유에 비하여 수월하게 일어나며 강도적 성질이 우수한 반면, 섬유장이 보통 1.5 mm 이하이며 장폭비가 약 50정도인 활엽수 펄프 섬유의 경우 지필도가 우수하며, 벌크가 침엽수 펄프 섬유로 제조한 종이보다 우수하여 특히 인쇄용지 제조 시 매우 중요한 역할을 한다(Fig. 3). 또한 같은 침엽수 펄프 섬유라 할지라도 수종, 생육조건 등에 따라서도 매우 큰 차이를 나타낸다(Fig. 4).



Pine Sheet

Eucalyptus Sheet

Southern Pine

Thick wall and stiff

Northern Spruce

Thin wall and flexible

Fig. 3. Handsheets made from pine and eucalyptus pulp fiber.

Fig. 4. Morphological properties of different softwood fibers.

예를 들면 온화한 기후 덕분에 일 년 내내 성장이 가능한 브리티시 콜롬비아 연안에서 생육된 cedar, douglas fir, hemlock, larch 및 spruce 등의 성숙목은 긴 섬유장과 큰 직경을 지닌다. 반면에 생육기간이 짧고, 매우 추운 겨울 기후의 북부 시베리아 지역에서 자란 pine, spruce 및 larch 등의 섬유는 유럽이나 캐나다 등에서 자란 나무에 비하여 다소 짧고 얇은 특성을 지닌다. 이와 같이 동일한 수종이라 할지라도 지역과 기후에 따라서 다른 특성을 지니는 섬유가 얻어진다.

전술한 바와 같이 수종에 따라서도 섬유의 특성이 매우 다양하게 나타나는데 그 예로써 cedar와 douglas fir를 비교하여 보면, cedar의 경우 섬유막이 매우 얇고 0.28의 낮은 비중을 나타내는 반면, douglas fir는 북부 침엽수 중 가장 두꺼운 섬유막을 지니며 비중은 0.54에 달한다.

또한 동일 수종이라 할지라도 펄프화 방법에 따라서도 매우 다양한 특성을 지닌다. 일반적으로 크라프트 펄프는 강도가 강한 반면에 아황산 펄프는 보다 쉽게 수화되고 고해가 용이하다. 유기용매 펄프(organosolv pulp)는 크라프트 펄프보다는 아황산 펄프의 성질에 더 가까운 특성을 지닌다. Fig. 5는 펄프 종류에 따라 전혀 다른 응력-변형 특성이 얻어질 수 있음을 보여준다. 물론 최종적으로 얻어지는 종이의 성질들은 여러 가지의 인자들이 복합적으로 작용한 결과라 할 수 있으므로 이들이 각기 어떻게 영향을 미치는지에 대한 정보를 확보하는 것이 매우 중요하다.

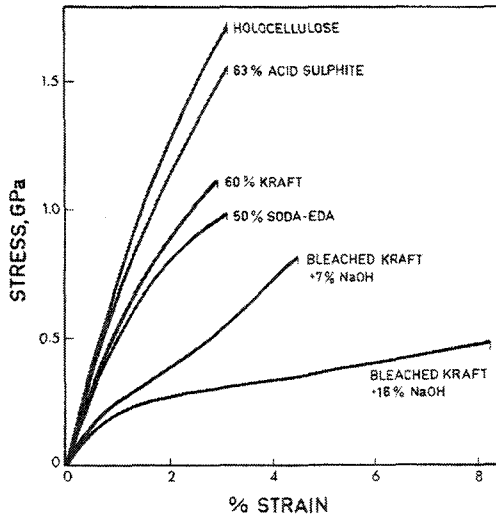


Fig. 5. Stress-strain curve for different pulps.⁴⁾

또한 비목재 섬유는 경우 비교적 목재 섬유에 비하여 가는 특성이 있으나 섬유장 및 화학적 성분은 종류에 따라 역시 다양한 특성을 지닌다. 따라서 비목재 펄프 섬유의 경우도 적절히 선택을 할 경우 목재 펄프 섬유 못지않게 유용한 제지 원료로의 활용이 가능하다.

4. 지종별 펄프 선택

대부분의 종이들은 장섬유인 침엽수 펄프와 단섬유인 활엽수 펄프를 섞어서 만든다. 하지만 침엽수 내에서도 펄프의 종류에 따라 다양한 특성을 지니고 있기 때문에 부여하고자 하는 종이의 성질에 가장 적합한 펄프를 선택함으로써 최적 품질을 유지하면서도 에너지 비용뿐만 아니라 기타 첨가제 비용 등을 포함한 생산 원가를 절감하고, 생산성을 향상시킬 수 있다. Figs. 6-10은 다른 종류의 침엽수 크라프트 펄프를 시험한 결과로써 동일한 여수도에서 얻을 수 있는 광학적 성질 뿐만 아니라 강도적 성질까지도 수준이 다르고, 열단장과 인열지수와의 관계도 다름을 보여주고 있다. 이러한 결과들은 지종별로 요구되는 특성을 경제적으로 만족시키기 위해서는 각 경우에 따라 가장 적절한 펄프를 선택하여 사용하는 것이 중요한 일임을 보여주고 있다.

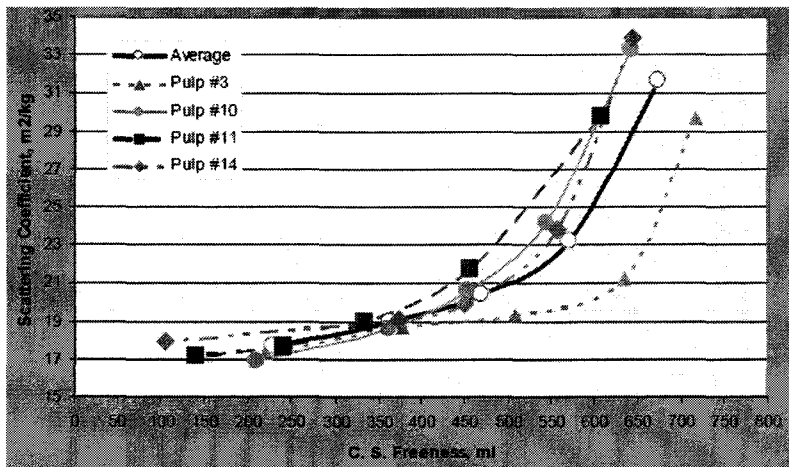


Fig. 6. Light scattering coefficient of different pulps.²⁾

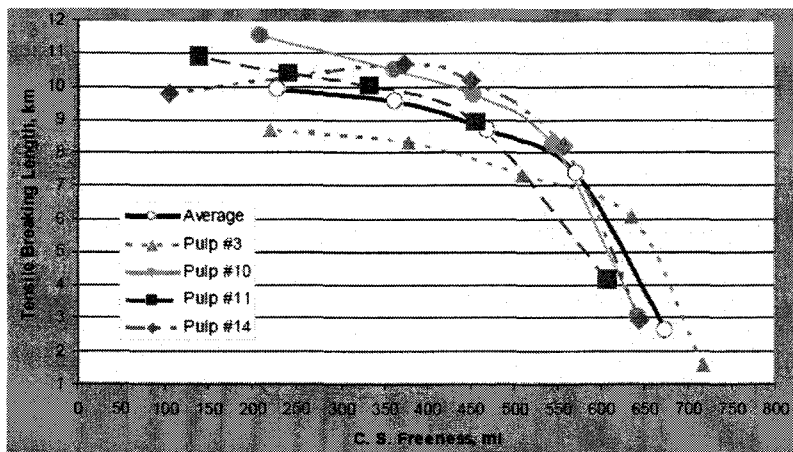


Fig. 7. Tensile properties of different pulps.²⁾

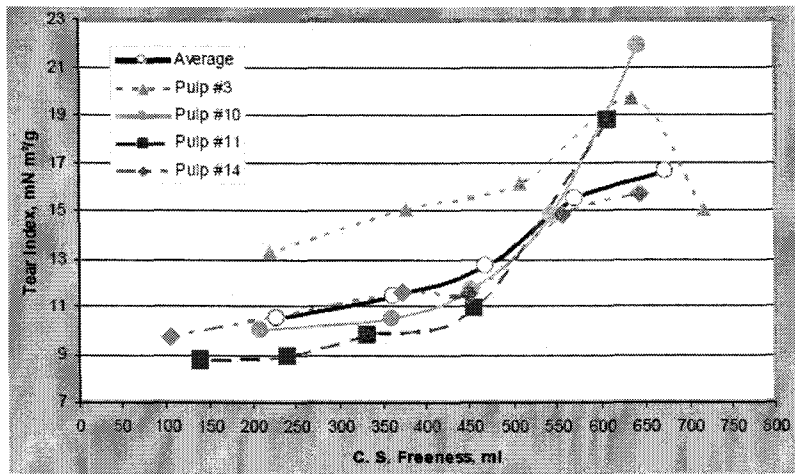


Fig. 8. Tear index of different pulps.²⁾

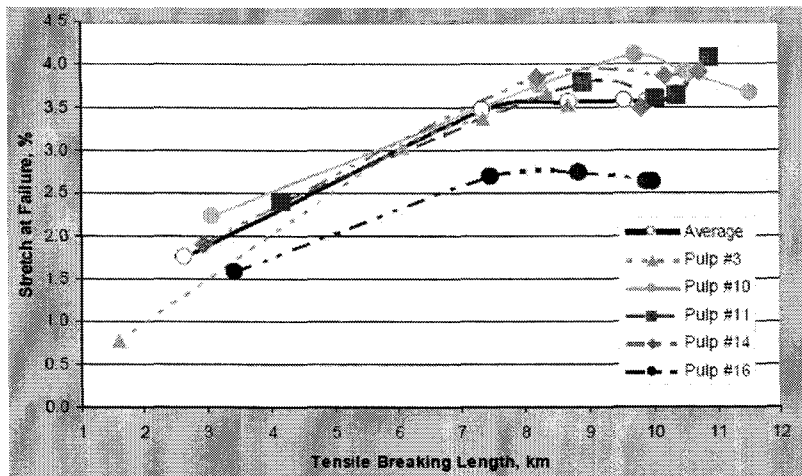


Fig. 9. Stretch-tensile strength relationship of different pulps.²⁾

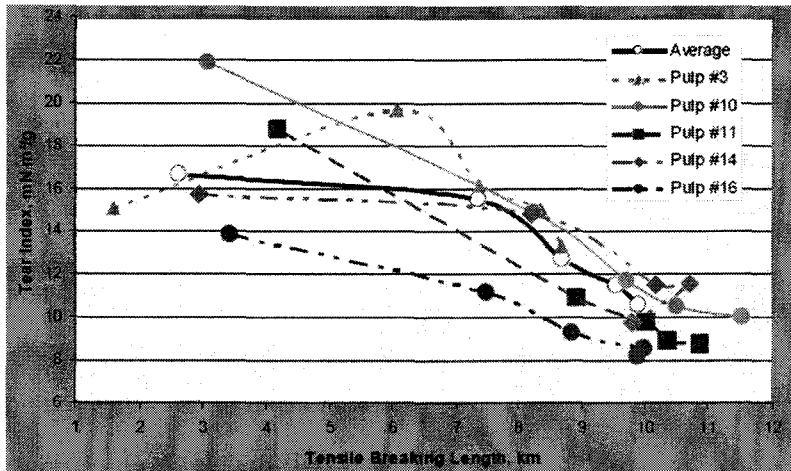


Fig. 10. Relationship between tear index and breaking length of different pulps.²⁾

결 론

사관되고 있는 펄프들은 원료의 수종, 생육환경, 펄프 제조법 등 다양한 인자들에 의하여 전혀 다른 특성을 지니게 되며, 종이 제조 시 요구되는 품질에 따라 이에 가장 적합한 펄프를 선택함으로써 경제적으로 종이를 생산할 수 있을 뿐만 아니라 생산성의 향상이 가능하다.

참고문헌

1. Raymond A. Young, Comparison of the properties of chemical cellulose pulps, Cellulose 1:107-130(1994).
2. Alan Button, Hiroki Nanko and David Hillman, The myth of commodity pulps, Proceedings of TAPPI Engineering, Pulping and Environmental Conference(2005).
3. Hiroki Nanko, Alan Button and David Hillman, The World of Market Pulp, WOMP, LLC(2005).
4. D.H. Page, The origin of the differences between sulphite and kraft pulps, JPPS 9(1):TR15-TR20(1983).