

폐합성섬유를 이용한 특수기능지의 개발

이명구¹⁾, 조병목¹⁾, 김길홍²⁾, 현경수¹⁾

1) 강원대학교 제지공학과, 2) 중앙특수제지(주)

1. 서론

인쇄·필기·포장 용도 위주로 사용되던 종래의 종이는 종이 자체의 특성을 유지하면서 다양한 기능을 요구하는 소비자의 욕구에 따라 점차 기능성을 부여한 특수기능성 산업 용지의 발전이 활발히 이루어지고 있다. 본 연구는 산업 용지로서 건물의 도배 작업시 사용되는 건축용 원지를 개발하는데 그 목적이 있다. 현재 건축용 원지는 크게 1) 종이 건축용 원지와 2) 부직포를 이용한 건축용 원지로 구분된다. 종이 건축용 원지의 경우 낮은 강도적 특성과 과도한 약품 처리에 의해 폐수가 다량 발생하는 문제가 있으며, 부직포 건축용 원지의 경우 우수한 강도적 성질은 발현할 수 있으나 작업성이 불량하며 생산단가가 높은 문제점이 있다.

폐합성섬유를 이용한 건축용 원지는 목재펠프와 폐합성섬유를 최적 비율로 혼합하여 제조하므로 산업 용지의 일차적인 특성인 우수한 강도의 발현이 가능하며, 약품을 소량 첨가하여 폐수 발생이 저하되므로 수질 오염 및 기타 환경문제를 해결 할 수 있어 친환경적인 공정이다. 또 폐사의 사용으로 원가 절감과 폐자원의 효율적인 이용효과를 기대할 수 있다.

본 연구에서는 각 폐합성섬유의 성질을 비교 실험하여 물리적 강도면 에서 우수한 합성섬유를 얻는데 주력 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

가. 펄프

본 실험에서는 펄프 시료로 침엽수 표백 크라프트 펄프(SwBKP)를 사용하였다.

나. 합성섬유

건축용 원지 제조를 위한 합성섬유로 polyester, rayon, 및 polypropylene을 사용하였으며 이때 사용된 섬유의 길이는 각각 5mm, 10mm 였다.

다. 바인더

합성섬유와 목재펄프의 결합을 위한 바인더로 용점 60℃ 및 70℃인 섬유상태의 polyvinyl alcohol(PVA)을 사용하였다.

2.2 실험방법

가. 고해

SwBKP는 1%의 농도로 고해 장치인 비터로 고해하여 펄프 슬러리를 제조하였으며, 최종 펄프 슬러리 농도는 0.1%로 조절하였다.

나. 여수도 측정

TAPPI test method의 T-227 om92의 방법에 따라 C.S.F.(Canadian Standard Freeness)를 측정하였으며 고해된 펄프의 여수도는 400ml로 조절하였다.

다. 합성섬유와 펄프의 혼합

합성섬유의 선정을 위하여 0.1%의 합성섬유 슬러리를 제조한 후 앞서 제조된 0.1% 펄프 슬러리와 합성섬유의 비율을 50:50으로 혼합하여 0.1% 혼합 슬러리를 제조하였으며 용점 70℃ PVA 바인더를 합성섬유 절건 무게에 대하여 10%로 첨가하였다. 최적 혼합비 및 바인더 양을 결정하기 위하여 펄프 슬러리와 합성섬유의 비율을

50:50, 60:40, 70:30으로 혼합하여 0.1% 혼합 슬러리를 제조하였으며 바인더의 첨가량을 합성섬유 절건 무게대비 8, 10, 12, 14% 첨가였다. 또한 바인더의 종류를 결정하기 위하여 펄프 슬러리와 합성섬유의 비율을 50:50으로 혼합하고 섬유상태의 용점 60℃ 및 70℃ PVA 바인더를 합성섬유 절건 무게대비 8, 10, 12, 14%로 각각 첨가하였다.

라. 수초지 제조

TAPPI Standard T205 sp-92에 의거하여 각각의 합성섬유와 펄프를 혼합한 슬러리로 평량 60g/m²의 수초지를 제조하였다. 수초지 제조 시 130℃ 실린더 건조기에서 건조를 실시하였다.

마. 물성측정

각각의 합성섬유와 펄프를 혼합한 슬러리로 제조된 수초지의 물성을 측정하기 위하여 TAPPI Standard T402 om-93에 따라 23.0±1.0℃, 관계습도 50.0±2.0%로 조절되는 항온·항습실에서 24시간 동안 조습처리한 후 두께(TAPPI Standard T411 om-89)를 측정하였고, 종이의 물성은 TAPPI Standard에 의하여 인장강도(T494 om-88), dry zero-span tensile strength(T-231 cm-96), 파열강도(T403 om-91), 인열강도(T414 om-88)를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 SEM 관찰

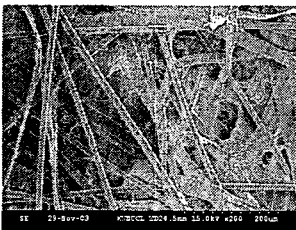


Fig. 1. SEM micrograph of Polyester-handsheet

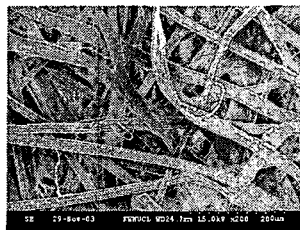


Fig. 2. SEM micrograph of rayon-handsheet

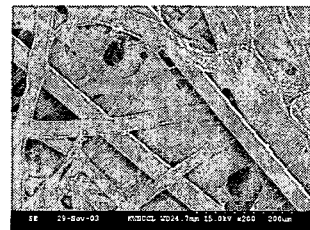


Fig. 3. SEM micrograph of Polypropylene-handsheet

Fig. 1에서 Fig. 3까지는 목재 펄프와 각각의 합성 섬유를 혼합하여 제조한 수초지의 전자현미경(SEM : Scanning Electronic Microscope) 사진을 나타낸 것이다. Fig. 1은 polyester, Fig. 2는 rayon, Fig. 3은 polypropylene을 사용하여 제조한 수초지이다.

SEM 사진을 살펴보면 원형으로 강직한 형태를 나타내고 있는 것이 합성 섬유이고, 외에 서로 얽혀 그물 형태를 나타내고 있는 것이 목재 펄프를 나타낸다.

3.2. 합성섬유의 선정

3.2.1. 합성섬유의 물리적 강도의 측정

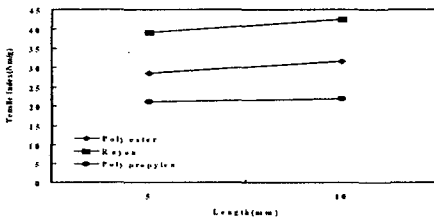


Fig. 4 Tensile strength of paper

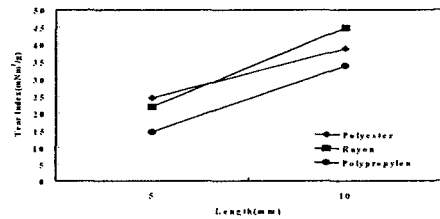


Fig. 5 Tear strength of paper

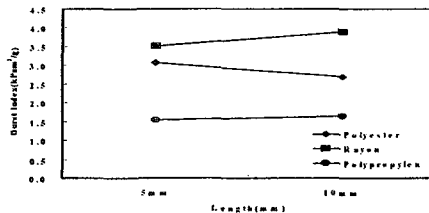


Fig. 6 Burst strength of paper

Fig. 4는 합성 섬유 길이에 따른 인장강도를 나타낸 것이다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 합성섬유의 길이가 길수록 인장강도는 소폭 증가하고 합성 섬유의 종류에 따라서는 rayon, polyester 및 polypropylene 순으로 높은 것을 알 수 있었다. Rayon의 경우 천연고분자 물질로 α -셀룰로오스분이 많은 섬유로 펄프간의 결합이 다른 섬유에 비해 강하여 인장강도가 우수하게 나타났고 polyester나 polypropylene의 경우 각각의 탄성체를 사슬모양으로 연결하여 소정의 고분자 물질로 조립한 합성섬유이므로 레

이온에 비해 강도가 약하게 나타났다.

Fig. 5는 합성 섬유 길이에 따른 인열강도를 나타낸 것이다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 합성섬유 길이가 5mm일 때, 섬유 자체의 인열강도는 polyester가 가장 우수하지만 합성 섬유의 길이의 증가에 따라서는 rayon, polypropylene, polyester 순으로 인열강도가 증가하는 것을 알 수 있었다. 이는 섬유 길이가 증가 할수록 목재 펄프와 결합 할 수 있는 기회가 증대되고 바인더와 합성 섬유간의 결합을 증가시켜 종이의 같은 물성이 증가한 것으로 생각된다.

Fig. 6은 합성 섬유 길이에 따른 파열강도를 나타낸 것이다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 합성섬유 길이가 5mm일 때, 합성섬유의 파열강도는 rayon, polyester, polypropylene 순으로 높게 나타났지만 섬유 길이 차이에 따른 파열강도의 변화는 거의 없었다.

3.3. 합성섬유와 목재펄프의 최적 혼합비 결정 및 바인더 투입량 결정

3.3.1. 혼합비와 바인더 양에 따른 물리적 강도의 측정

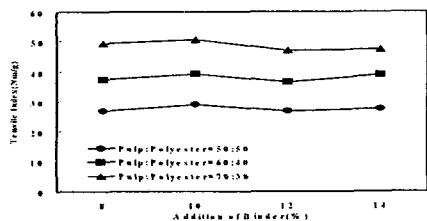


Fig. 7 Tensile strength of polyester-added paper

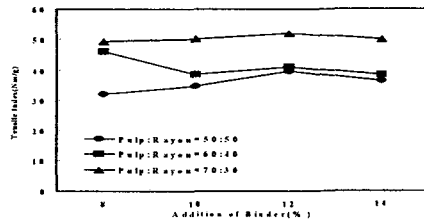


Fig. 8 Tensile strength of rayon-added paper

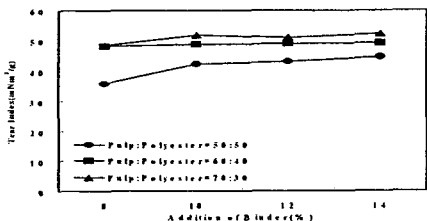


Fig. 9 Tear strength of polyester-added paper

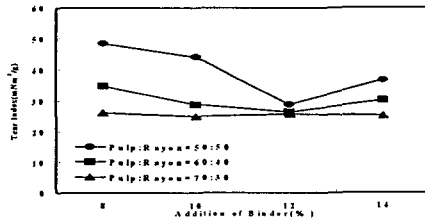


Fig. 10 Tear strength of rayon-added paper

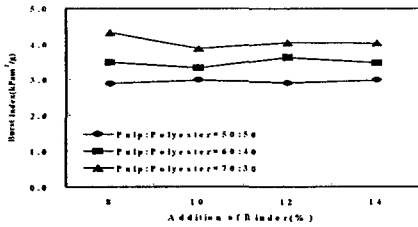


Fig. 11 Burst strength of polyester-added paper

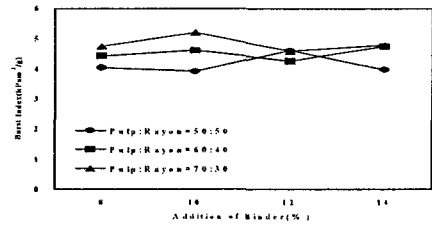


Fig. 12 Burst strength of rayon-added paper

Fig. 7 및 Fig 8은 polyester와 rayon을 목재펄프의 혼합비와 바인더 투입량을 변화시켜 제조한 수초지의 인장강도를 나타낸 것이다. Fig. 7에서 바인더 첨가량 변화에 따른 인장강도의 큰 변화는 없었지만 바인더 첨가량 10%에서 인장강도가 가장 우수하게 나타났다. Fig. 8의 경우 펄프와 rayon의 혼합비가 70:30일 때 바인더의 첨가량 변화에 따라 인장강도의 큰 변화가 없는 것을 알 수 있지만 rayon의 첨가량이 많아질수록 rayon 자체의 신축성으로 인하여 바인더 첨가량 변화와 무관하게 인장강도가 불안정하게 나타났다. Fig. 7 및 Fig. 8에서 목재 펄프 함유량이 증가할수록 인장강도는 증가하는 것을 알 수 있었다. 이것은 목재 펄프 함유량이 증가할수록 셀룰로오스의 섬유 간 수소결합의 수와 결합 면적이 증가하여 나타난 것으로 생각된다.

Fig. 9 및 Fig. 10은 polyester와 rayon을 목재 펄프의 혼합비와 바인더 첨가량을 변화시켜 제조한 수초지의 인열강도를 나타낸 것이다. Fig. 9에서 보는 바와 같이 큰 변화는 없었지만 바인더 첨가량 8%보다 10%에서 더 높은 인열강도를 나타냈으며 10% 이상에서는 큰 변화가 없는 것을 알 수 있었다. 또한 목재펄프의 혼합비율이 증가할수록 인열강도가 향상되는 것을 알 수 있었다. Fig. 10에서는 펄프의 혼합비가 증가할수록 인열강도가 보다 안정된 것을 확인 할 수 있었으며, polyester를 첨가한 수초지와 다르게 rayon의 신축성으로 인하여 인열강도가 불안정하게 나타난 것으로 생각된다.

Fig. 11 및 Fig. 12는 polyester와 rayon을 목재 펄프의 혼합비와 바인더 첨가량을 변화시켜 제조한 수초지의 파열강도를 나타낸 것이다. Fig. 11 및 Fig. 12에서 보는

바와 같이 바인더 첨가량과 목재 펄프 혼합비율에 따른 파열강도의 큰 변화는 없는 것을 알 수 있었다.

3.4. 바인더의 종류 결정

3.4.1. 바인더 종류에 따른 물리적 강도의 측정

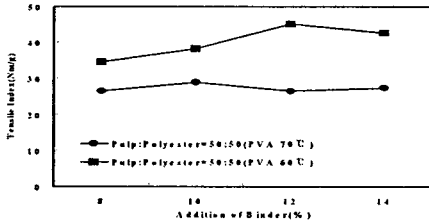


Fig. 13 Tensile strength of polyester-added paper

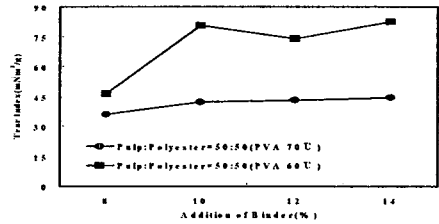


Fig. 14 Tear strength of polyester-added paper

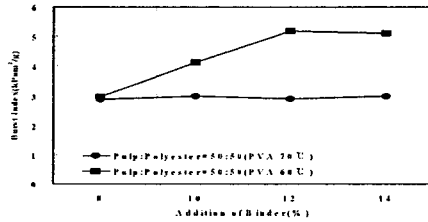


Fig. 15 Burst strength of polyester-added paper

Fig. 13, Fig. 14 및 Fig. 15는 용해점이 다른 두 가지 바인더를 사용하여 제조한 수초지의 인장강도, 인열강도, 파열강도를 각각 나타낸 것이다. Fig. 13, Fig. 14 그리고 Fig. 15 에서 보는 바와 같이 70°C에서 용해되는 바인더의 경우 바인더 첨가량에 따른 물성의 큰 변화를 발견할 수 없었으나 수온 60°C에서 용해되는 바인더를 사용하였을 때 물성 변화 및 인장강도, 인열강도 그리고 파열강도가 70°C에서 용해되는 바인더 보다 높게 나타나는 것을 알 수 있었다. 이것은 PVA 바인더의 경우 열융착에 의해 목재 섬유와 합성 섬유의 결합이 일어나는데, 실린더 드라이어 통과 시 펄트 면에 닿는 부분의 융착이 완전히 이루어지지 않기 때문에 60°C에서 용해되는 바인더 보다 70°C에서 용해되는 바인더가 상대적으로 녹는 양이 적기 때문으로 생각된다.

4. 결 론

초배지 제조를 위해 합성섬유(polyester, rayon, polypropylene)와 목재펄프를 혼합하여 수초지를 제조하여 인장강도, 인열강도 그리고 파열강도의 물리적 강도를 확인한 결과 rayon, polyester, polypropylene 순으로 강도의 우수성을 나타내었으며 합성섬유의 길이를 5mm보다 10mm로 제조한 수초지의 경우 더 우수한 물리적 강도를 나타냄을 알 수 있었다. 섬유의 길이에 따른 물리적 강도의 변화는 섬유의 길이가 증가할수록 목재펄프와 결합할 수 있는 기회를 증가 시키고 바인더와 합성섬유 간의 결합을 증가시켜 종이의 물리적 강도를 증가시킨 것으로 사료된다.

물리적 강도가 뛰어난 polyester와 rayon으로 합성섬유와 목재 펄프와의 최적 혼합비를 확인한 결과 polyester의 경우 70:30, 60:40, 50:50순으로 물리적 강도가 우수하게 발현되었으나, rayon의 경우 섬유 자체의 신축성으로 인하여 바인더 첨가량 변화와 무관하게 물리적 강도가 불안정하게 나타났다.

또한, rayon의 경우 비중(1.23)이 높아 분산이 쉽게 이루어지지 않고 함수율도 polyester에 비해 50% 정도 높아 수초지 제조 시 추가되는 합성섬유의 양이 1.5배 정도 증가하였으며 분산시간도 증가하는 문제점이 발견되었다.

바인더 첨가량의 경우 polyester의 경우 첨가량 10~12%에서 우수한 강도가 발현되었고, rayon의 경우도 10~12%에서 우수한 강도가 발현되었으나 각각의 물리적 강도 특성에 맞는 적절한 바인더의 양을 찾는 것이 중요하다고 사료된다.

마지막으로 바인더의 종류를 비교하는 실험에서는 polyester의 경우 용점 60℃의 PVA가 70℃ PVA 보다 인열강도, 인장강도, 파열강도의 물리적 강도 발현성에서 더 우수한 것으로 확인되었고, 목재 펄프와 합성 섬유간의 결합력을 증대시키는 것으로 유추 되었다.

합성섬유의 성질 실험에서는 rayon 과 polyester가 뛰어난 물리적 강도를 나타내었

다. 그러나 rayon은 신축성을 지니고 있어서 초배지가 가장 중요시하는 인열강도 부분이 불안정하게 나타남으로 물리적 강도에서 그리고 가격 경쟁력 면에서 더욱 우수한 polyester를 이용한 건축용 원지의 활용도에 대해 생각해 보아야 할 것이다.

5. 참고문헌

- 1) Frank, C., David, A., Ian, B., etc., Guidelines for Life-Cycle Assessment : A'Code of Practice', SETAC, 1993.
- 2) T.E Graedel, B.R.Allenby, DESIGN FOR ENVIRONMENT, 1996, AT&T.
- 3) Sang-Hak Lee, Bum-Mok Son, Jong-ho Lee : Physical and Mechanical Properties of Panels Fabricated with Wasted Fiber and Thermosetting Resins (1999)
- 4) Myung Ja Park : Effect of Graft Copolymerization Conditions on Grafting Yield of AA and MA onto Polyester Fiber. The International Journal of Costume Culture, 134:147 (2003)
- 5) A Study on Paper Sludge - Synthetic Fiber Wood Fiber Composites
- 6) Hannu Oinonen, Nie Xiaorong : China : Finding the right fiber mix. Pulp & Paper Asia (2001)
- 7) Microwave Heat Dyeing of Polyester Fabric. Fibers and Polymers (2003)
- 8) 박연흠, 박종래, 남성우, 박학수 : 방전성 폴리에스테르 소재의 제조와 성질. 한국섬유공학회지(1992)
- 9) Young-soo Yi ,Yong Sang Chang and Zae-Ik Shin: Effects of Tempering and Time on the Slip Melting Point of Fats : Korean J.Food SCI. TECHNOL , 19:23 (1991)
- 11) 김성훈, Amad Tayebi : 폴리에스테르 부직포의 니들펀칭 및 열융착 효과. 한국섬유공학회지(1995))

사 사

본 연구는 청정생산 사업의 지원에 의해 수행되었습니다.