

전자빔에 의한 나일론 및 면에 아크릴아마이드의 그래프팅 기술과 그 특성에 관한 연구

김병남 · 이홍승 · 이종우* · 한도홍

영남대학교 응용화학공학부(전자빔 가속기실), * (주) 동양염공

경북 경산시 대동 214-1, TEL: (053)810-2518, E-mail: dhhan@yu.ac.kr

1. 서론

전자빔을 이용하여 수용성 모노머를 섬유상에 그래프팅시키는 기술은 기존의 화학적 방법에 비해 공정이 비교적 간단하고 첨가제의 양 및 종류를 최소화할 수 있다. 또한 모노머와 섬유간의 화학적 결합이 강하여 모노머의 그래프팅으로부터 개선된 직물의 특성을 장기간 유지하고 고에너지 전자빔의 높은 투과성으로부터 섬유 표면과 내부를 동시에 개질할 수 있다.

전자빔을 이용한 수용성 모노머의 그래프팅기술로부터 섬유개질을 증진시킬 수 있는 특성들은 다음과 같다.[1,2]

- 염료의 염착성 및 전도도 증진 · 고흡수성 · 내화학적 및 내구성
- 대전방지성 · 항균성 · 신축성 · 내 오염성 · 내 주름성 · 내열성 및 내염성

전자빔으로 섬유상에 모노머를 그래프팅시키는 방법은 후조사(post-irradiation)와 전조사(pre-irradiation) 방법을 주로 이용하고 있다. 후조사법은 모노머를 섬유에 함침시킨 후 전자빔을 조사하여 그래프팅반응을 수행하는 방법으로 전조사법에 비해 공정제어가 비교적 간단하지만 모노머간의 호모중합반응이 과대하게 일어날 수 있다. 전조사법은 섬유를 전자빔으로 조사한 후 모노머를 섬유에 함침시키는 방법이다. 이 방법은 전자빔에 의해 섬유상에 생성된 라디칼들이 모노머와 결합반응을 하기 때문에 직접조사법에 비해 호모중합은 어느 정도 억제되지만 그래프팅수율은 주위 조건들에 민감하다. 호모중합이 과대하게 일어나면 섬유의 유연성, 촉감 및 균염성이 현저히 감소한다. 호모중합은 그래프팅 과정에서 배제되기는 매우 어렵지만, 금속이온의 첨가는 호모중합에 대한 억제효과가 있다고 밝혀졌다.[3]

본 연구에서는 수용성 모노머인 아크릴아마이드를 나일론 및 면 섬유상에 전자빔을 이용하여 그래프팅반응을 수행하였다. 그래프팅반응에서 실험변수들은 전자빔의 조사선량, 모노머의 농도, 모노머 담지시간 및 온도, 조사분위기 등이었으며, 그래프팅된 섬유의 흡습성, 함수성 및 염착성 등의 물성들을 조사하였다.

2. 실험

실험 장치 및 실험방법

본 실험실에서 보유하고 있는 고전압 전자빔가속기(출력 25kW, 최대 빔전류 40mA)로부터 발생된 전자빔을 에너지원으로 사용하였다. 선형 전자빔밀도 측정장치를 이용하여 전자빔의 조사선량을 측정하였고 섬유상에서 흡수된 전자빔의 조사선량은 빔전류와 콘베이어의 이동속도를 변환시켜서 조절하였다.

그래프팅은 전조사법을 이용하였다. 전자빔을 조사하기 전에 나일론과 면 섬유를 깨끗하게 세척하고 건조시켰다. 전자빔을 섬유 상에 조사한 후 아크릴아마이드 수용액에 일정시간 담지시킨 다음 물로 여러 번 세척하여 미 반응모노머를 제거시키고 50℃에서 1시간 동안 열풍건조시킨 후, 그래프팅 전후의 무게를 정량하여 그래프팅 수율을 조사하였다. 섬유상에 그래프팅된 아크릴아마이드의 결합성을 조사하기 위해서 두 단계의 세척과정을 행하였다. 1단계에서는 물을, 2단계에서는 5000ppm의 중성 비누가루가 용해된 용액에 그래프팅된 섬유들을 넣고 70℃에서 30분간 120 rpm으로 교반시킨 후, 세척과 열풍건조를 거쳐서 무게를 각각 정량하였다. 그래프팅된 모노머의 수율은 다음의 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{그래프팅수율(\%)} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100, \quad (W_0 = \text{원포의 무게}, W = \text{그래프팅된 포의 무게})$$

분석

아크릴아마이드로 그래프팅된 섬유의 형태학적 구조를 전계방사형 주사전자현미경(FE-SEM : S-4100, Hitachi사)를 이용하여 관찰하였다. 전자빔처리로 염색된 섬유의 세탁 견뢰도는 세척액의 색도를 색도정량 투과율법[4]에 준하여 UV-spectrophotometer(UV1201, Shimadzu사)로 측정 후 Adams-Nickeson 색도공식으로부터 계산하여 관찰하였다.

섬유의 흡습성은 아질산나트륨으로 실온에서 포화된 수용액이 들어있는 데시게이트(상대습도 약 65%)에 그래프팅된 섬유를 넣고 48시간 후 무게변화로부터 측정하였다. 함수율은 그래프팅된 섬유를 12시간 증류수에 담지시킨 후, 원심분리기를 이용하여 5분간 2000rpm으로 탈수시키고 남아있는 수분의 무게와 원포의 무게 차로부터 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

전자빔에 의한 그래프팅 율

전자빔으로 조사한 나일론 천을 10% 아크릴아마이드 수용액에 담지시킨 결과, Fig.1에서 보듯이 조사선량이 증가함에 따라 그래프팅율이 거의 선형적으로 증가하였다. 수용액의 온도에 따른 그래프팅율의 영향은 낮은 조사선량에서는 큰 차이를 발견할 수 없었으나 조사선량이 증가함에 따라 온도의 영향이 뚜렷하게 나타났다. 조사선량 50kGy에서 40℃, 60℃, 24℃순으로 그래프팅율이 높았으며 각 온도에서 약 10% 정도의 차이를 보였다.

Fig.1과 동일한 조사조건에서 전자빔으로 처리한 면에서 아크릴아마이드의 그래프팅율을 Fig.2에 나타내었다. 나일론과 유사하게 조사선량이 증가함에 따라 그래프팅율이 증가하지만 20kGy이하의 조사선량에서는 그래프팅반응이 거의 일어나지 않았다. 아크릴아마이드 수용액의 온도에 대한 영향은 나일론과는 달리, 24℃에서 가장 높은 그래프팅율을 나타내고 온도가 증가할수록 그래프팅율은 감소하였다. 24℃, 100kGy에서 약 70%의 그래프팅율을 나타내어 나일론보다 면에서 다소 높은 그래프팅반응이 수행되었음을 알 수 있다.

Fig.3은 전자빔으로 조사된 나일론 천을 아크릴아마이드 수용액에 담지시켰을 때, 그래프팅율에 대한 담지시간의 영향과 그래프팅의 결합강도를 보여주고 있다. 20kGy의 조사선량으로 조사된 나일론 천을 10%의 아크릴아마이드 수용액(24℃)에 담지시켰을 때, 담지시간이 5

분에서는 그래프팅율이 2% 미만이지만 30분의 담지시간에서는 15%를 나타내고 120분에서는 약 20%를 나타내어 담지시간에 대한 영향이 30분 이상부터는 약해짐을 알 수 있다. 나일론상에 그래프팅된 아크릴아마이드의 결합강도를 두 단계의 세척과정을 통하여 조사하였다. 70℃의 물에서 30분간 세척하면(1차 세척) 약 5%정도의 그래프팅율이 감소하지만 비누가 5000ppm 용해된 수용액에서의 세척과정(2차 세척)에서는 그래프팅된 모노마의 탈리가 전혀 일어나지 않았다. 반면에 면에 그래프팅된 아크릴아마이드는 1차 및 2차 세척과정에서 모노마의 탈리가 약간 일어났다(Fig.4).

그래프팅된 섬유의 흡수성 및 함수율

65%의 상대습도에서 10%정도 그래프팅된 나일론은 순수한 면 수준의 흡수성을 나타내고 그래프팅율이 증가함에 따라 면 보다 더 높은 흡수율을 나타내었다.(Fig.5). 함수율은 그래프팅된 나일론이 면보다 훨씬 낮았다(Fig.6).

그래프팅된 면 섬유의 형태학적 구조

전자현미경에 의한 면 원포의 형태는 섬유다발 사이에 비교적 큰 공극을 보이지만(Fig.7-a) 그래프팅된 면은 큰 공극이 존재하지 않았으며 그래프팅된 실의 형태는 그대로 유지되었다(Fig.7-b). 이는 그래프팅된 아크릴아마이드에 의해서 섬유들이 팽윤되기 (swelling) 때문인 것으로 판단된다. 5000배로 확대된 섬유가닥에서 보듯이 아크릴아마이드가 비교적 균일하게 섬유와 결합하였다(fig.7-c,d).

염착성

전자빔으로 그래프팅된 나일론포를 산성염료로 염색한 후 그 염착성을 모회사 제품과 비교한 결과(Fig.8), 전자빔으로 처리한 섬유를 비눗물로 세척한 세척액의 색도는 기존 제품에 비해 매우 낮았고 세척시간이 2시간 후에도 색도 변화는 매우 작은 반면에, 기존 제품은 세척시간이 증가함에 따라 세척액의 색도가 급격히 증가하였다. 즉 전자빔으로 처리된 섬유의 염착성은 매우 우수함을 알 수 있었다.

4. 결론

- 전자빔의 조사선량이 증가함에 따라 아크릴아마이드의 면 및 나일론상에서 그래프팅율은 증가하였고 그래프팅 결합강도도 매우 높았다.
- 전자빔으로 그래프팅된 나일론의 흡수성은 매우 높은 반면에 함수율은 낮게 유지되었고, 면보다 흡수성이 더 높았다.
- 그래프팅된 섬유는 팽윤하여 볼륨감이 증대되었다.
- 전자빔으로 처리된 나일론의 염착성은 매우 우수하였다.

5. 참고문헌

1. I.M. Trivedi, P.C. Mehta and K.N. Rao, *J. Appl. Polym. Sci.*, pp1, 19(1975).
2. P.L. Nayak, S. Lenka and A. Basak, *Angew. Makromol. Chem.*, pp9, 161(1988).
3. A. Wirsen and A.C. Albertsson, *J. Polym. Sci.*, pp2049, 33(1995).
4. 김남천, "환경공학실험(수질편)", 동화기술, pp499-524,(1989)

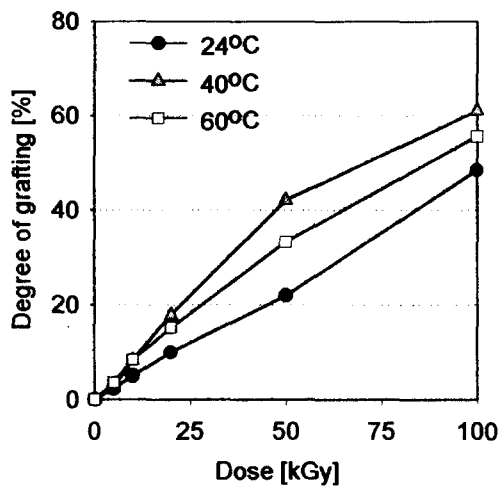


Fig. 1. Dependence of grafting of acrylamide(AAm) to nylon fabric on dose and temperature.

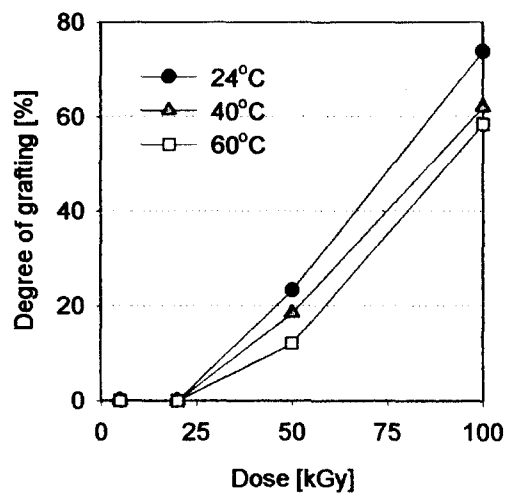


Fig. 2. Dependence of grafting of AAm to cotton fabric on dose and temperature.

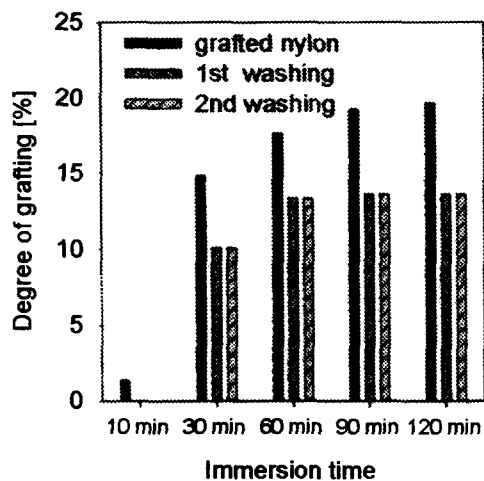


Fig. 3. Dependence of grafting of AAm to nylon fabric on immersing time and washing condition.

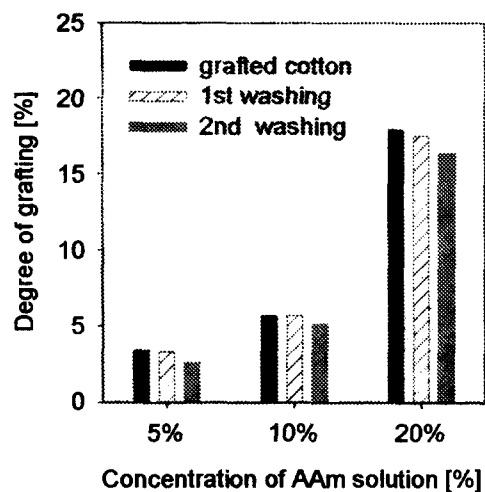


Fig. 4. Dependence of grafting of AAm to cotton fabric on monomer concentration and washing condition.

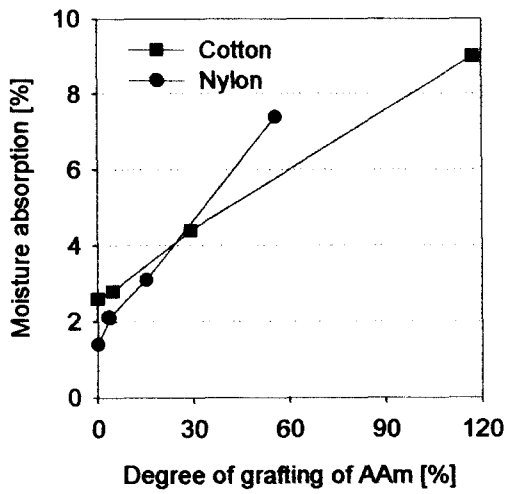


Fig. 5. Moisture absorption of grafted fabrics with various grafting yields.

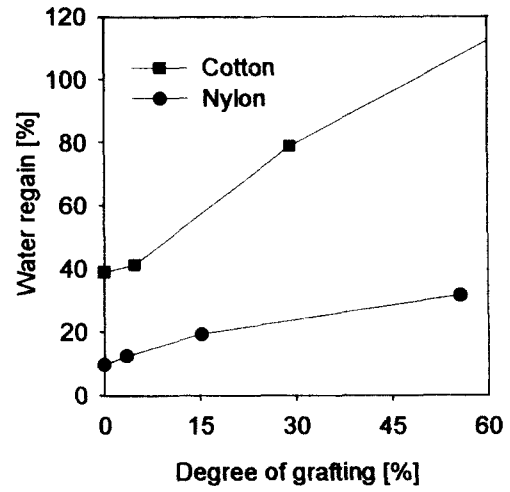


Fig. 6. Water regain of grafted fabrics with various grafting yields.

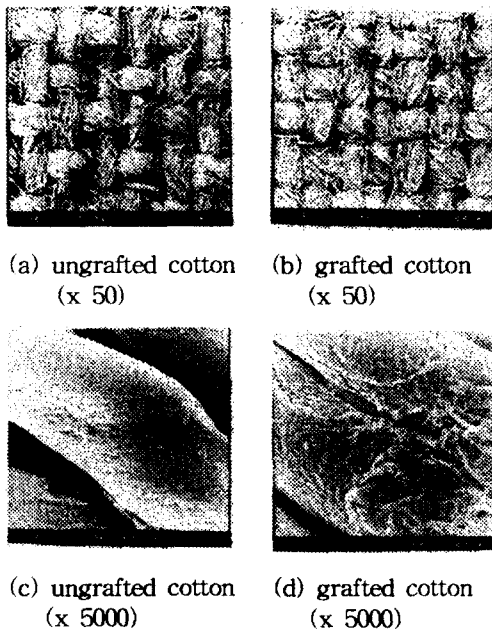


Fig. 7. SEM micrographs of cotton fabric

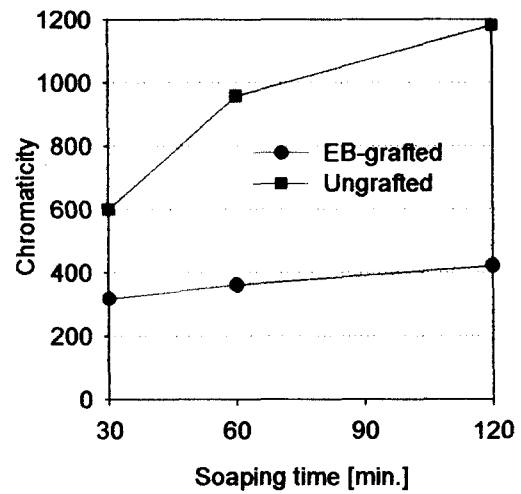


Fig. 8. Comparison of dye-fastness of grafted nylon with ungrafted one.