

카본블랙류 미세입자 포집을 위한 유리섬유 필터백의 고분자 표면처리에 관한 연구

A study on the polymer surface treatment of GF-filter bag for collection of fine particle like carbon black

이 봉 · 최희락 · 문창권

B. Lee, H. L. Choi and C. K. Moon

Key Words : Collection Efficiency(포집율), Fine Particle(미세입자), Glass Fiber-filter(유리섬유필터), Surface Treatment(표면처리), Tensile Strength(인장강도), Initial Modulus(초기 탄성률), Fracture Strain(파단연신율)

Abstract : In this paper, we have investigated on collection efficiency of fine particle of glass fiber-filter bag according to the surface treatment. The solution consisted of polytetrafluoroethylene(teflon), graphite powder, silicon resin and water was used as a basic surface treatment agent. Tensile strength of glass filter-bag increased with up to 3hrs and then decreased with surface treatment time. Tensile strength and initial modulus of the glass fiber-filter bag treated by iodine after basic surface treatment for 3hrs were lower than those of basic surface treatment for 3hrs, however collection efficiency and fracture strain were higher than those of basic surface treatment for 3hrs. Glass fiber-filter bag with lower initial modulus and more strain will be extend the durable period and the one treated by iodine after basic surface treatment for 3hrs is expected high collection efficiency of fine particle. This method makes it possible to manufacture glass fiber-filter bag of the optimum condition.

1. 서 론

선진국에서는 환경 규제치를 강화하여 적극적인 환경보존정책을 실시하고 있으며, 국내에서도 환경오염물 배출량의 지속적인 증가를 억제하고 보다 쾌적한 환경을 유지하기 위한 노력이 진행되고 있다. 점점 강화되고 있는 환경규제에 대응하기 위해 각국에서는 경제적이고 효율적인 집진기술의 개발에 박차를 가하고 있다. 또 각국에서는 선박 및 해양 구조물 등에서도 오염물 배출시 해양환경을 보존하기 위하여 미세입자의 제거기술을 개발하고 있다.

국내 대부분의 산업체에서는 산업공정 및 작업공정에서 발생하는 미세먼지를 포집 제거 및 회수하기 위해 다양한 종류의 여과포 집진기술을 적용하

고 있다. 그러나 대부분의 산업체에서는 배출기체 및 포집먼지의 특성과 여과포 특성과의 적합성 여부를 고려하지 않고 장치 설치 업체의 경험과 여과포 공급업체의 제공 자료에만 의존하여 운전되고 있는 실정이다. 이로 인해 실제로 여과포 집진기술의 중요한 성능인 고효율을 유지하지 못하고 있다¹⁻⁶⁾.

고효율을 유지하기 위한 방법으로 산업체 공정별 배출 먼지특성에 적합한 특정한 필터백(Filter bag)을 제조해서 기술 및 성능 보안을 고려하여 개발되어야 한다. 그리고 보통 필터백으로 사용되는 유리섬유 직물은 표면처리를 통해 유리섬유의 취약점인 마모강도, 굴곡강도, 내화학적 등을 보완해 필터백의 수명을 연장 시킨다^{7,8)}. 일반적으로 유리섬유 필터백의 표면처리에 사용되는 것은 실리콘, 불소수지(Polytetrafluoroethylene), 그라파이트와 물의 혼합이며 액상이다. 여기서 실리콘은 유리섬유의 표면에 극성을 부여하여 수지와 결합 시에 결합력을 증가시키는 역할을 하고⁹⁾, 불소수지는 내열성과 내약품성, 난연성 등이 뛰어나 필터백의 내구성을 높이

접수일 : 2008년 4월 16일, 채택확정 : 2008년 5월 26일
문창권(책임저자) : 부경대학교 신소재공학부
E-mail : moonck@pknu.ac.kr, Tel : 051-629-6356
이봉 : 부경대학교 응용화학공학부
최희락 : 부경대학교 신소재공학부

며¹⁰⁾, 그라파이트는 무수한 기공이 포함된 구조로 필터백의 흡착 성능을 향상시키는 역할을 한다¹¹⁾.

본 연구에서는 미세 입자의 포집 효율을 향상시키기 위해 유리섬유 직물에 여러 가지 표면 처리를 하여 표면상태, 물성 및 여과 성능 등을 관찰하여, 표면처리가 미세 입자의 포집효율에 미치는 영향에 대해서 비교 검토한다.

2. 실험

2.1 재 료

본 연구에서 사용한 유리섬유 직물은 (주) 한울 화이바에서 생산한 것으로 표면처리는 되어 있지 않은 상태였다. 기본 표면처리제로 사용된 것은 Teflon AD-1과 Graphite aquadag 22%, Silicon LS 4535 PL과 물이 2:3:15:80의 비율로 배합된 수용액을 사용했으며, 요오드 용액은 한국 산업 규격 KS M ISO 1304에 명시된 것을 제조하여 사용했다.

2.2 기본필터 제작

유리섬유 직물을 210×297 mm(두께 0.46 mm)의 크기로 절단한 후 Fig. 1에 명시된 온도와 시간으로 1차 열처리 하여 섬유 표면의 불순물을 제거한다.

1차 열처리 후 기본 표면처리 용액에서 침지시간 (Immersion time)을 0, 1, 3, 5, 10 시간동안 달리하여 5 종류의 시험편을 제작하였다. 이 후 시험편을 꺼내어 상온에서 24시간 자연 건조시킨 후에 1차 열처리와 같은 조건으로 2차 열처리를 하여 표면처리 된 유리섬유 필터를 제조한다.

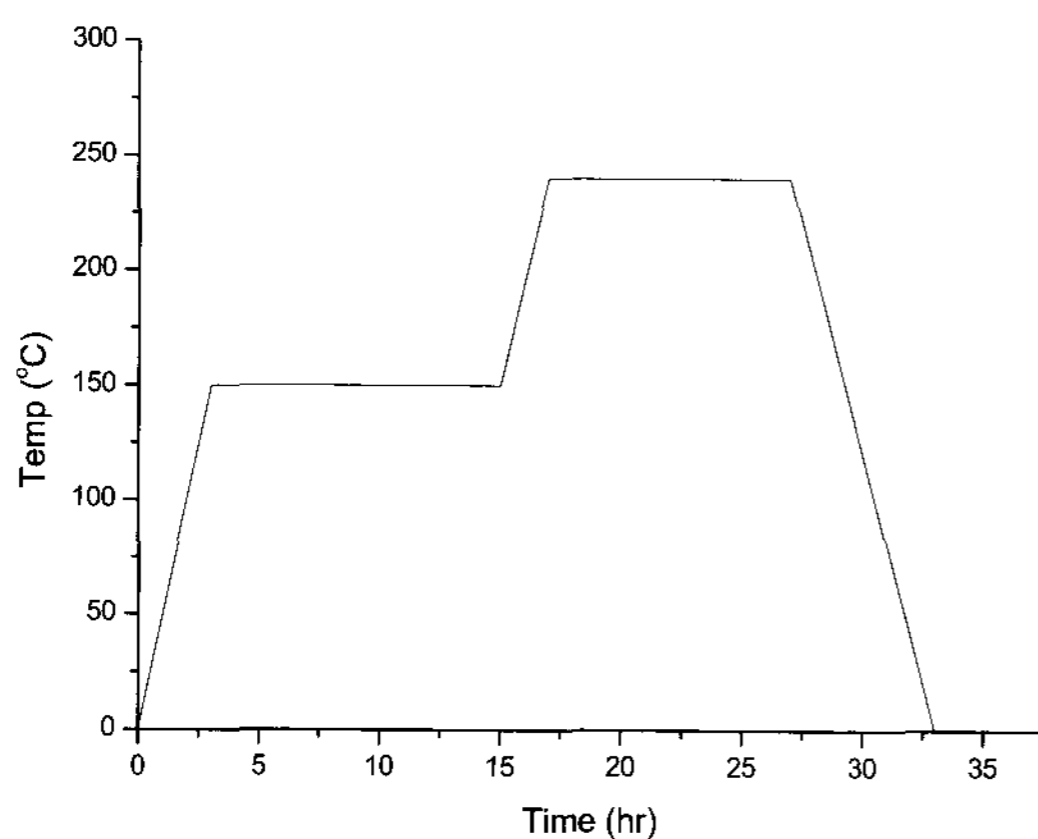


Fig. 1 Schematic of heat treatment

2.3 점도측정

초기점도를 같게 한 각각 독립된 용기의 표면처

리 용액에서 유리섬유 직물을 0, 1, 3, 5, 10시간 침지시킨 후에 용기에 남은 용액의 점도를 측정하였다.

2.4 인장 시험

KS L 2513에 의하여 유리섬유 직물 인장 시험편은 직물의 위사방향(weft direction)으로 10개씩을 제작하였다. 표면처리 및 열처리가 끝난 유리섬유 직물을 30×250 mm의 크기로 절단한 후 표점거리 (Gauge length)를 150 mm로 하여 2.0 mm/min의 인장 속도로 시험을 행하였다. 인장시험결과 5종류의 표면처리 직물 중에 가장 물성이 좋은 것을 선택해 다음 실험에 사용했다.

2.5 요오드 처리된 필터 제작

0.05M 요오드 용액의 제조를 위해 요오드화칼륨 25 g을 증류수 30 ml에 녹이고, 요오드 13 g을 가하여 녹인 후 증류수로 1000 ml가 되게 희석시킨다. 인장시험 결과에서 물성이 가장 좋은 조건에서 표면처리 된 유리섬유 직물을 요오드 용액에 10분 동안 함침(Infiltration) 시킨 후 상온에서 건조한다. 건조 후 Fig 1과 같이 2차 열처리를 하여 요오드 처리된 유리섬유 필터를 제조하였다.

2.6 표면 관찰 및 분석

전자 현미경(SEM)을 사용하여 열처리 및 표면처리 전후의 유리섬유 직물의 표면을 관찰하였다. 표면 관찰용 시험편은 각각의 유리섬유 필터에서 20×20 mm의 크기로 임의의 위치에서 5개씩 채취하여 사용하였다. 표면 처리된 수지의 성분 분석을 위하여 EDX(Energy dispersive X-ray spectrometer)로 측정하였다.

2.7 통기도 측정

유리섬유 필터의 여과 성능을 미세 입자 포집 효율과 관계가 있는 통기도 측정을 통해 분석하였다. KS K 0570에 의거하여 완성된 유리섬유 필터의 통기도 테스트는 Air permeability tester for textile (HS-223)를 사용하여 행하였다.

3. 결과 및 고찰

Table 1은 침지시간에 따른 표면처리 용액의 점도변화를 나타낸 것으로 침지시간이 증가 할수록 점도의 감소를 알 수가 있다. 이는 침지시간의 증

가에 따라 용액 속에 표면 처리제가 유리섬유 직물 표면에 많이 흡착되어 용액 속에 잔류하는 표면 처리제의 양이 감소한 결과인 것이다.

Table 1 Viscosity changes according to treating time in solution

Treating time	Viscosity(cP/25 °C)
non	5.34
1h	5.08
3h	4.48
5h	4.19
10h	3.01

3.1 인장 시험

Fig. 2는 유리 섬유 직물의 50 °C에서 침지시간에 따른 인장시험의 결과를 나타낸 것으로 침지시간에 따라 인장강도, 연신율 및 초기탄성계수가 다른 것을 알 수 있다. 처리한 것은 미처리한 것에 비해 인장강도는 크지만 연신율은 작은 것을 알 수 있다.

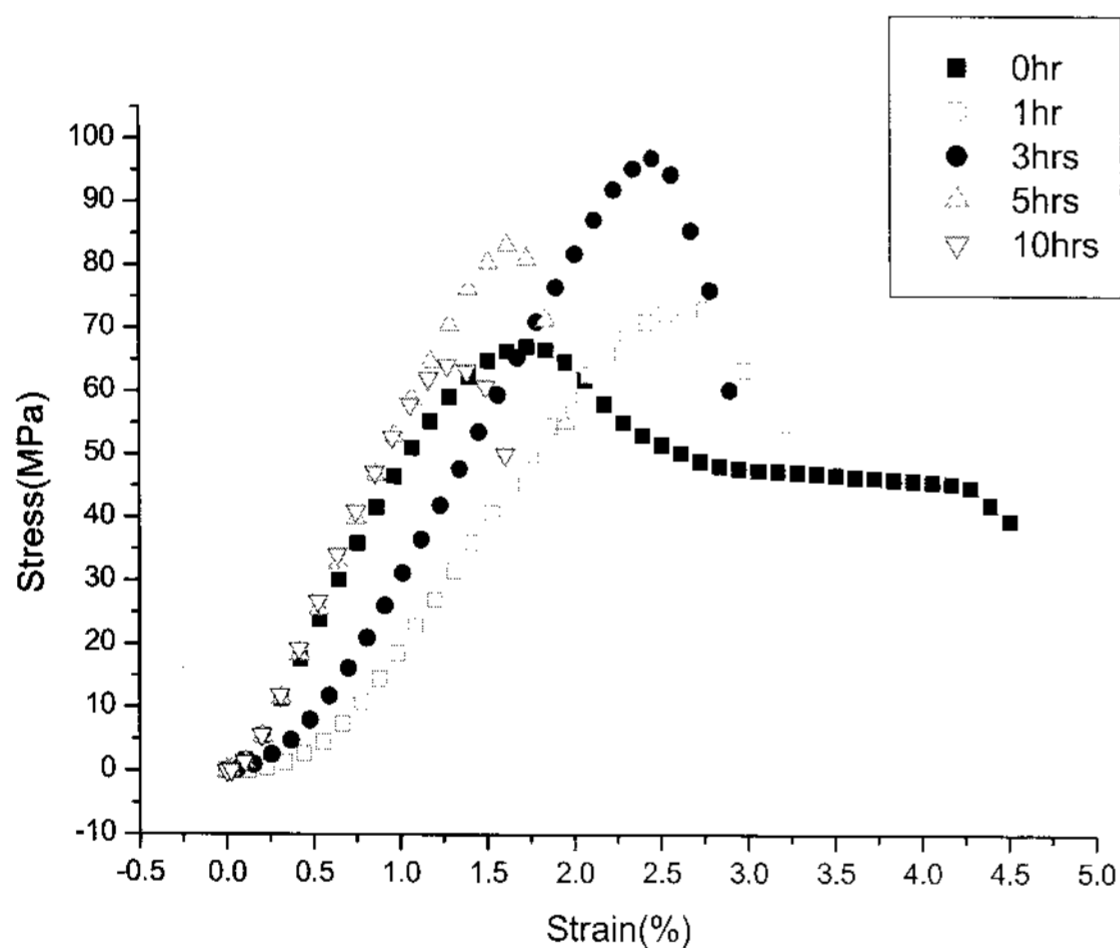


Fig. 2 Tensile test results of glass fiber fabric according to treating time in tri-component solution

Fig. 3은 유리 섬유 직물의 50 °C에서 침지시간에 따른 인장강도 변화를 나타낸 것으로 처리시간이 3시간 까지는 인장강도가 증가하다가 그 이상에서는 오히려 감소하는 경향을 보이고 있다. 이것은 앞의 Table 1에서 처리시간이 길어지면 용액의 점도가 낮아지는 것으로 표면 처리제의 부착량이 많아지는 것을 알 수 있고, 섬유표면에 일정량의 부착까지는 인장강도를 증가키지만 과부착을 하면 섬유와 수지

계면의 전단강도의 감소로 인하여 인장강도가 감소하는 것을 알 수 있다.

Fig. 4는 Fig. 3에서 인장강도가 가장 우수한 표면처리 용액에서 3시간 처리한 시험편과 그 시험편을 요오드 처리한 시험편을 비교한 인장시험의 결과이다. Fig. 4에서 기본 표면 처리 후 요오드 처리한 시험편은 기본 표면 처리한 시험편보다 인장강도는 조금 낮지만 파단 연신율은 더 크고 초기 탄성계수가 적은 것을 알 수 있다. 여기서 요오드 처리한 필터백이 더 연성적이어서 기본 처리한 것보다 더욱 실용적인 것으로 생각된다.

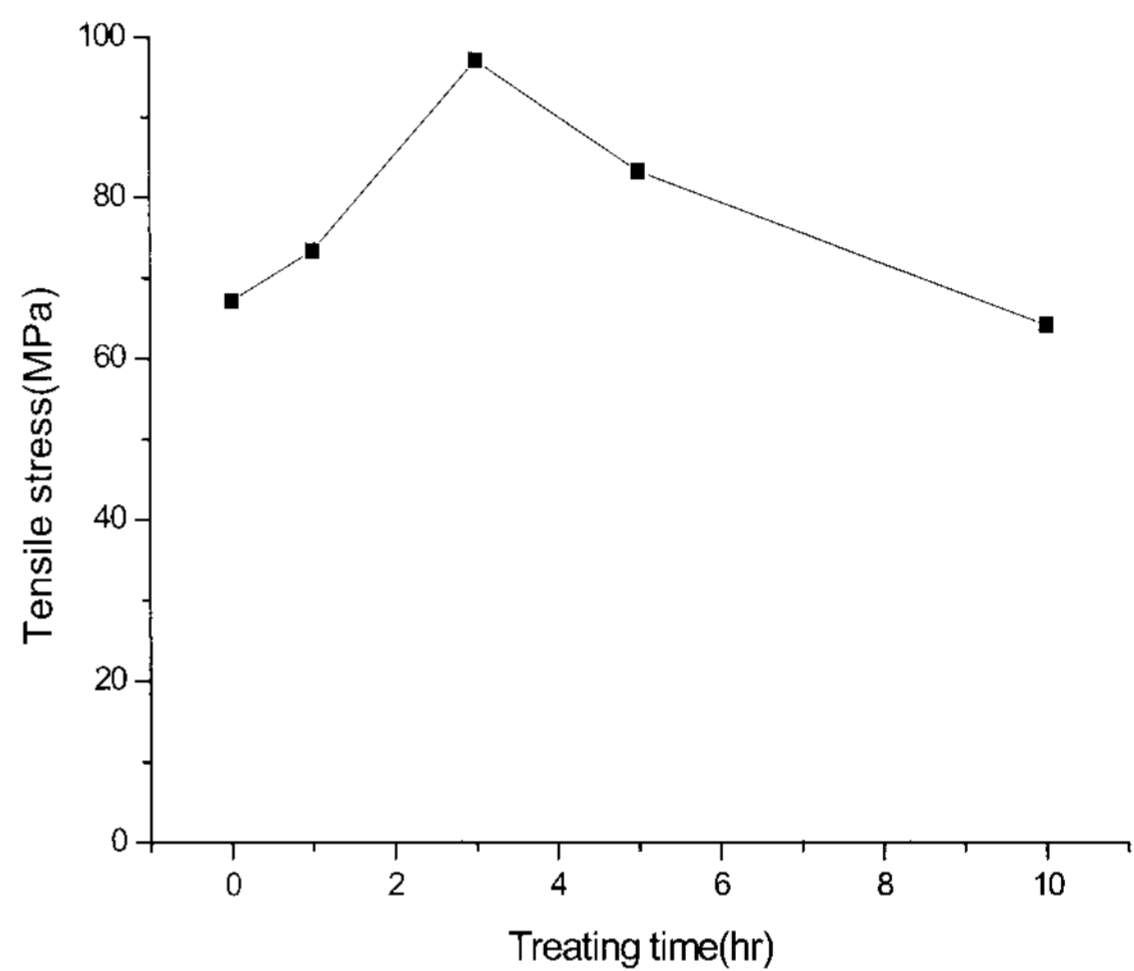


Fig. 3 Tensile strength of glass fiber fabric according to treating time in tri-component solution

3.2 표면관찰 및 분석

Fig. 5는 유리섬유 직물의 표면처리와 열처리에 따른 전자현미경 사진을 나타낸 것이다. (a)는 표면 처리 하지 않은 것으로 섬유 가닥 사이에 불순물이 존재함을 알 수 있다. (d)는 (a)를 1차 열처리한 것으로 불순물이 제거된 상태를 볼 수 있다. (b)는 배합 수지로 3시간 처리한 표면으로 수지 층이 두껍고 불균일하게 형성된 것을 볼 수 있고 (e)는 (b)를 3시간 처리 후에 2차 열처리한 표면으로 수지 층이 (b)에 비해서 균일하게 분산된 것을 알 수 있다. 그리고 (c)는 (b)에 요오드 처리를 한 유리섬유의 표면으로 처리제가 (b)에 비해 덜 부착된 것을 볼 수 있고 (f)는 (c)의 2차 열처리 후 표면을 나타낸 것으로 (c)에 비해 균일하게 분산되었고 섬유에 잘 부착된 것을 볼 수가 있다. Table 2는 유리섬유 직물에 부착된 처리제에서 측정된 각 성분의 값을 상대적인 비율로 나타내었다.

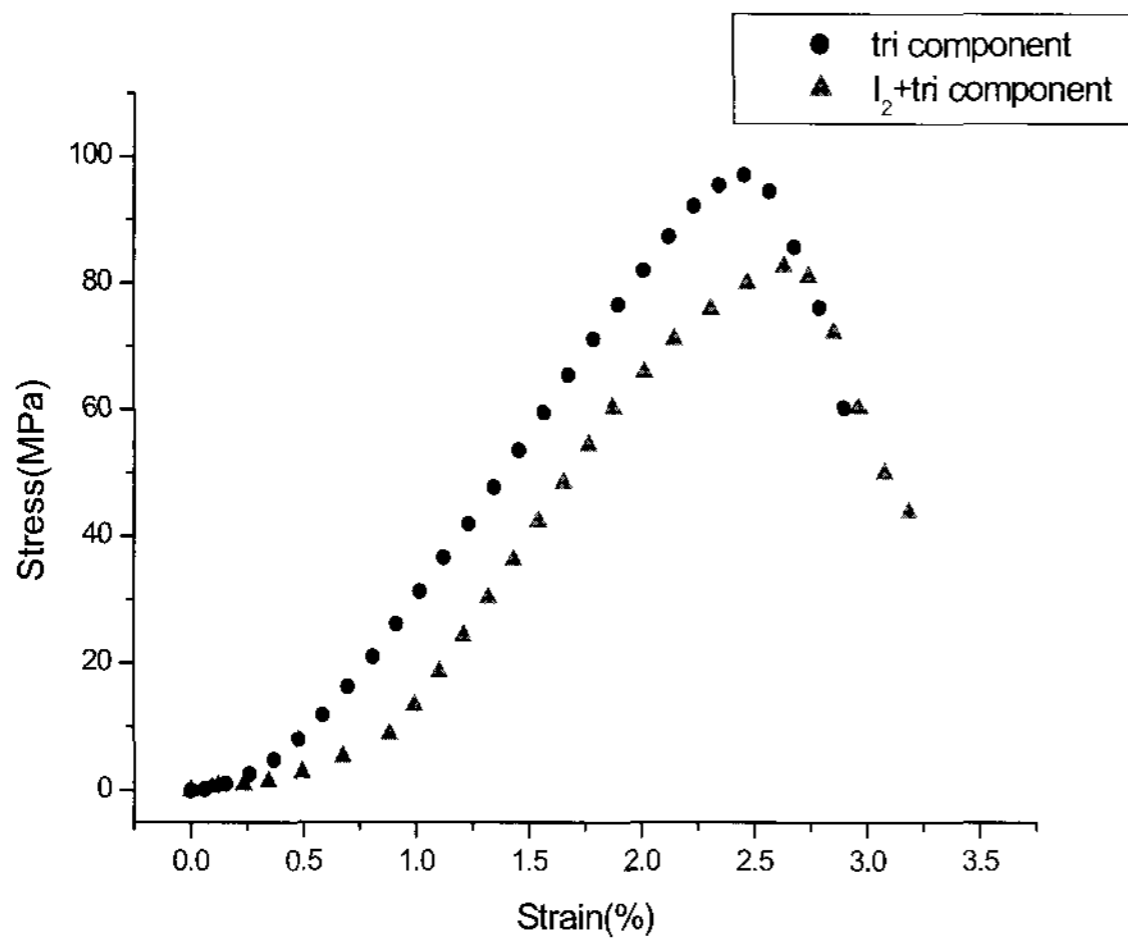


Fig. 4 Tensile test results of glass fiber fabric treated tri component and tri component and iodine

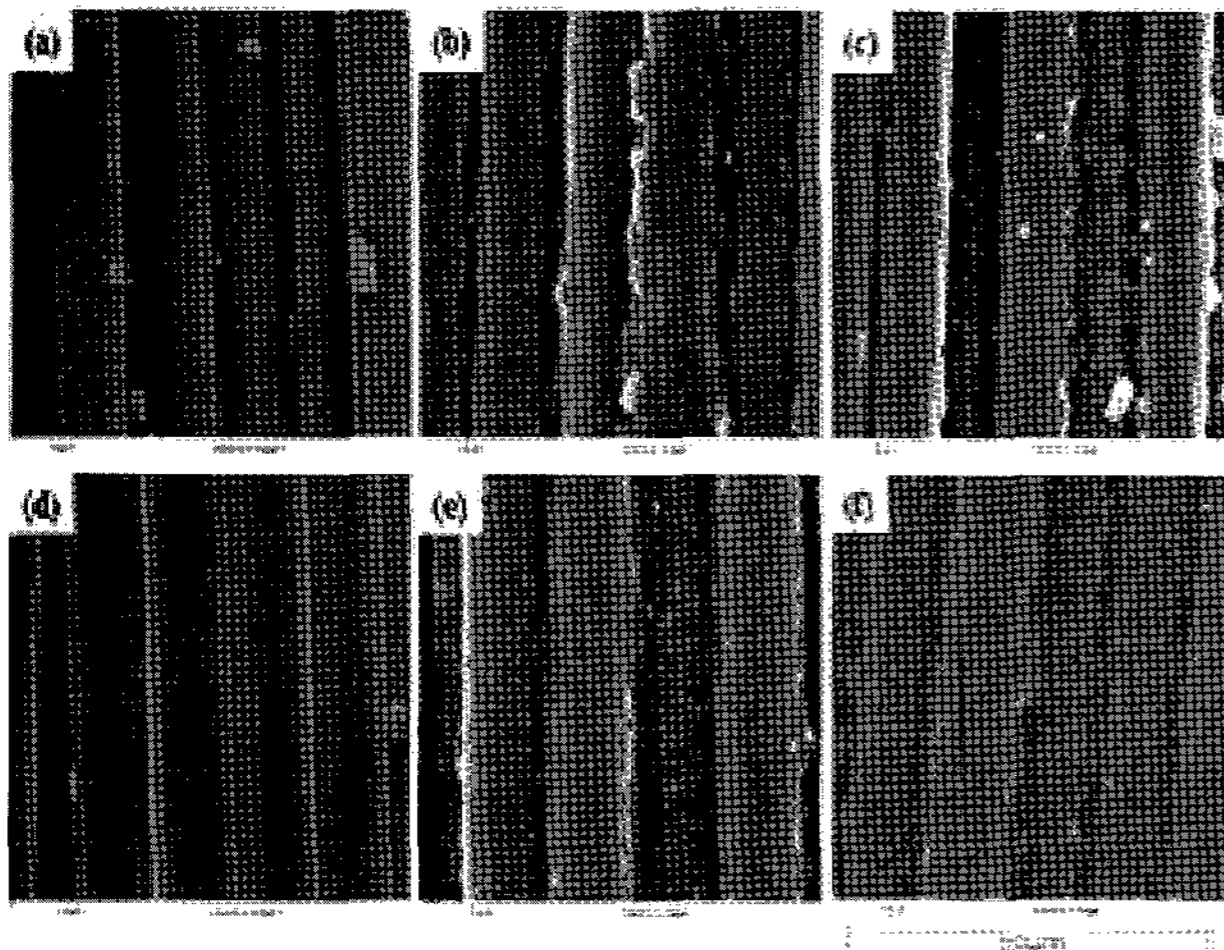


Fig. 5 SEM photos of glass fiber treated with (a) non (b) tri-component for 3hrs (c) tri-component for 3hrs and iodine (d) first heat treatment (e) tri-component for 3hrs and second heat treatment and (f) tri-component for 3hrs, iodine and second heat treatment

Table 2 EDX components rate after tri-component and second heat treatment

Element	Weight%	Atomic%
C	45.47	58.76
O	27.04	26.24
F	2.09	1.71
Mg	0.00	0.00
Al	2.66	1.53
Si	17.85	9.87
Ca	4.88	1.89
Totals	100.00	100.00

Table 2에서 수용액의 성분인 Si, C, F의 함량이 나타난 것으로 사용된 처리제가 유리섬유 표면에 2차 열처리에 의해 확산되어 Fig. 5의 (e)에서 볼 수 있듯이 고르게 부착되었음을 알 수 있다.

Table 3은 기본 처리 후 요오드 처리를 한 유리섬유 직물의 부착된 처리제에서 측정된 성분 값을 나타낸 것으로 수용액의 성분인 Si, C, F를 비롯해 I의 성분이 검출된 것으로 보아 요오드가 유리섬유 표면에 존재하고 있는 것을 확인 할 수 있었다.

Table 3 EDX component rates after tri-component, iodine and second heat treatment

Element	Weight(%)	Atomic(%)
C	24.23	38.69
O	26.72	32.03
F	5.13	5.18
Al	5.35	3.80
Si	20.39	13.93
K	2.67	1.31
Ca	8.27	3.96
I	7.24	1.09
Totals	100.00	100.00

3.3 통기도

미처리, 기본 표면처리 및 기본처리 후에 요오드 처리한 시험편의 통기도를 Table 4에 나타내었다. 기본 표면 처리 후에 요오드 처리한 시험편의 통기도가 가장 우수한 것을 알 수 있다. 그리고 현재 상용화 되어있는 유리섬유 필터의 통기도 범위는 43 ± 10 cc/sec/cm²이다.

Table 4 Air permeability of each sample

	Air Permeability(cc/sec/cm ²)
None	42.1
Tri-component	38.2
Tri-component + I2	45.0

4. 결 론

본 연구에서는 미세 입자의 포집 효율을 향상시키기 위해 유리섬유 직물에 여러 가지 표면 처리를 하여 표면상태, 물성 및 여과 성능 등의 변화를 비교 검토한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 유리 섬유 직물 필터의 50 °C에서 침지시간에 따른 인장시험의 결과는 3시간 까지는 인장강도가 증가하다가 침지시간이 5시간 이상에서는 오히려 감소하는 경향을 보이고 있는데 이것은 표면처리제 과다부착의 결과로 생각된다.

(2) 인장강도가 가장 우수한 3시간 침지한 시험편과 그 시험편을 요오드 처리한 시험편을 비교한 인장시험의 결과에서 수지 처리 후 요오드 처리한 시험편은 수지 처리한 시험편보다 인장강도는 조금 낮지만 파단 연신율은 더 크고 초기 탄성계수가 많이 적은 것을 알 수 있다. 이것으로 요오드 처리한 필터백이 더 연성적이어서 처리전의 것보다 더욱 실용적인 것으로 생각된다.

(3) 열처리 전에 요오드 처리를 한 유리섬유의 표면은 기본처리만 한 표면에 비해 덜 부착된 것을 볼 수가 있고, 열처리 후에는 기본처리와 기본 처리 후에 요오드 처리한 것 모두 열처리 전과 비교해서 표면에 수지가 균일하게 분산되었고 섬유에 잘 부착된 것을 알 수가 있다.

(4) 기본처리와 기본처리 후 요오드 처리를 한 유리섬유 직물의 부착된 수지에서 측정된 성분 값은 기본 처리제의 성분인 Si, C, F를 비롯해 I의 성분이 검출된 것으로 보아 표면처리는 잘 된 것으로 확인 할 수 있었다.

(5) 기본처리 후에 요오드 처리한 시험편의 통기도가 가장 우수한 것을 알 수가 있었다.

후 기

이 논문은 2006학년도 부경대학교 기성회 학술연구비에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.
(PK-2006-069)

참고문헌

1. 윤이록, 강일, 1987, "집진공학", 일간공업신문사, p. 231.
2. 손재익 외 6인, 1987, "유연탄 활용과 환경공해 방지 대책 연구(Ⅲ)", 한국동력자원연구소, 연구보고서, KE-87-189, pp. 164.
3. 손재익 외 9인, 1987, "산업용 고효율 여과포집진기술 개발", 환경처, 과학기술처, 제2차년도 연차보고서, 9-1-2, pp. 147.
4. 박영옥 외 4인, 1987, "Pulse-Jettlr 여과포집진

장치의 여과포 성능시험 연구(Ⅱ)", 과학기술처, pp. 201.

5. 박영옥 외 5인, 1987, "충격기류 탈진방식 여과포집진장치에 의한 먼지 제거특성 연구", J.Korea Solid Wastes Engineering Society, Vol. 13, pp. 603~615.
6. 박영옥 외 3인, 1987, "유리섬유 여과포에 의한 석탄회 포집(I. 분진층 형성과 압력손실 특성)", J. Korean Ind. Eng. Chem, Vol. 29, pp. 463~469.
7. 문창권, 구자삼, 1997, "Study on the Durability of Fiber Reinforced Plastics by Moisture Absorption", J. of Ocean Engineering and Technology, Vol. 11, pp. 48~56.
8. 문창권, 김영대, 노태영, 1998, "Change of Interfacial Properties by the Fiber Reinforced Composites", J. of Ocean Engineering and Technology, Vol. 12, pp. 31~41.
9. 박수진 외 3인, 1987, "실란처리가 유리섬유강화 복합재료의 계면특성에 미치는 영향", J. Korean Ind. Eng. Chem, Vol. 11, pp. 285~289.
10. 여상영, 김숙래, 정성훈, 1987, "Polytetrafluoroethylene 코팅 처리된 백필터 여재의 여과성과 물리적 특성", 한국섬유공학회지, 제42권 제5호.
11. 김태영 외 4인, 1987, "리섬유를 이용한 활성탄 소섬유복합체 필터제조 및 흡착능", J. Korean Ind. Eng. Chem, Vol. 14, pp. 61~68.