

유기섬유강화 열가소성고분자 복합재료의 충격특성

임 승 순* · 이 승 배 · 이 용 무 · 최 형 기

국립기술품질원 화학부, *한양대학교 공과대학 섬유공학과
(1995년 12월 18일 접수, 1996년 4월 12일 채택)

Impact Properties of Organic Fiber Reinforced Thermoplastic Composites

Seung-Soon Im*, Seung-Bae Lee, Yong-Moo Lee, and Hyeong-Ki Choi

Dept. of Chemistry, Nat'l Institute of Technology and Quality, Kwacheon 427-010, Korea

*Dept. of Textile Eng., College of Engineering, Hanyang Univ., Seoul 133-791, Korea

(Received December 18, 1995, Accepted April 12, 1996)

요 약 : 열가소성 고분자 복합재료 개발을 위하여 매트릭스수지로는 폴리프로필렌(PPF) 섬유를 사용하고 유기계 강화섬유로 비닐론(VF), 아라미드(KF) 및 나일론(PAF) 섬유 등을 사용하여 복합매트릴 얻은다음 압축·성형하여 고분자 복합재료를 제조하였다. 제조한 고분자 복합재료의 충격 특성 및 형태학적 특성 등을 측정하였다. 아이조드충격강도는 VF/PP가 크며, 고속충격특성은 KF/PP계가 약간 크게 나타났다. Ductility Index(DI)는 VF/PP>KF/PP>PAF/PP 순으로 나타났으며 VF/PP의 최대 DI값은 섬유중량분율이 20%일 때 2.43이었다. 유기섬유 충전율은 20~30%가 최적값이었으며 SEM 관찰로 섬유분산상태 및 배향성은 양호함을 확인하였다. 결론적으로 VF/PP 복합재료가 KF/PP 및 PAF/PP 복합재료에 비해 계면접착력이 가장 우수하였다.

Abstract: The fiber reinforced thermoplastic composites(FRTP) were prepared with polypropylene fiber(PPF) as matrix and vinylon(VF), Aramid(KF) or nylon fiber(PAF) as reinforcing materials using the integrated fiber mixing apparatus. The composite sheets were prepared by compression molding and their impact and morphological properties were characterized. VF/PP system showed the maximum value in Izod impact strength, while KF/PP system showed the maximum value in high rate impact properties. Ductility Index(DI) order was VF/PP>KF/PP>PAF/PP. A maximum DI for VF/PP, 2.43, was obtained when the weight fraction of VF was 20%. The optimum amount of the reinforcing organic fiber was found to be 20~30%. As a result, it is concluded that VF/PP system has better interfacial adhesion properties than either KF/PP or PAF/PP.

1. 서 론

고분자 재료는 가볍고 부식성이 없다는 장점으로 인하여 최근 자동차 산업, 전기전자산업, 우주항공산업 등 많은 분야에서 고기능성 공업재료로 이용되고 있다. 이들 고기능성 고분자 재료에서 단일고분자만으로는 요구되는 성능을 만족시키기가 어렵기 때문에

서로 다른 종류의 재료를 복합화하여 새로운 기능과 특성을 갖는 고분자 복합재료의 연구가 활발히 진행되고 있다[1, 2]. 고분자 복합재료의 보강재료는 유리섬유 등의 무기섬유강화계가 많이 사용되어져 왔지만 환경문제의 대두로 건설투자에 의한 에너지 회수나 재생이용에 유리한 유기계강화섬유에 대한 연구가 진행되고 있다[3, 4].

Table 1. Characteristics of Reinforcing Organic Fiber and Thermoplastic Resin Fiber

Reinforcing Fiber	Diameter (μm)	Tensile strength (kg/mm^2)	Tensile modulus (kg/mm^2)	Elongation at tensile fracture(%)	Density (g/cm^3)	Decomposition Temperature ($^{\circ}\text{C}$)
PPF	6.5 denier	3.0	25	100	0.92	--
PAF	3 denier	7.0	45	25.4	1.14	--
VF	14	230	6,100	5.0	1.30	240
KF	12	280	13,000	2.3	1.45	600

열가소성수지를 매트릭스로 한 섬유강화 복합재료 (FRTP)가 어떤 조건하에서는 열경화성수지계 (FRP)보다 물성과 성형상 많은 장점을 가지고 있다 [5-9]. 열가소성 수지 복합재료에 섬유를 강화시키는 방법으로는 연속섬유와 단섬유를 사용하는데 전자의 경우 섬유의 우수한 특성을 최대한 이용할 수 있는 반면 후자의 경우는 강화섬유가 가지고 있는 탄성률이나 강도를 최대한 이용할 수는 없지만 재료변형에서 허용치가 크다는 장점을 가지고 있다. 하지만 이러한 장점에도 불구하고 단섬유 강화계는 매트릭스용 열가소성수지와 강화 섬유를 균일하게 섞는 혼합방법에 많은 문제가 대두되었다. 최근 Kitano[10] 등에 의해 매트릭스로서 열가소성수지 섬유를 사용하고, 여기에 단섬유를 균일하게 혼합시켜 복합매트를 제조하여 성형하는 복합재료의 연구가 진행되고 있다.

한편, 고분자 복합재료의 물성은 매트릭스와 강화 섬유사이의 계면성질에 의한 결합력에 영향을 받으므로 계면결합력을 증가시키는 방법이 중요한 과제이다 [11-13]. 매트릭스로서 섬유상을 사용하면 펠렛상 또는 분말상을 사용하는 경우보다 강화섬유와의 균일한 분산이 용이하고, 따라서 계면접착력도 양호한 것으로 보고되고 있다[10].

본 연구에서는 유기섬유인 아라미드 섬유, 비닐론 섬유 및 나일론 섬유를 강화섬유로 사용하였다. 이들 유기강화 섬유는 무기강화 섬유보다 매트릭스와의 계면접착성도 좋으며 표면처리도 용이하다. 아라미드 섬유와 비닐론 섬유는 인장강도 및 인장탄성률은 크나 신장률이 작은 섬유이고, 나일론 섬유는 신장률은 크나 인장강도 및 인장탄성률은 작은 섬유이다.

본 연구에서는 폴리프로필렌 섬유를 매트릭스로 사용하고, 매트릭스 수지섬유와 강화섬유를 균일하게 혼합시키기 위하여 원심력을 이용한 복합매트제조장치를 사용해서 복합매트를 제조하고 가열압축 성형하여 복합재료를 제조하였다. 제조된 복합재료의 아이

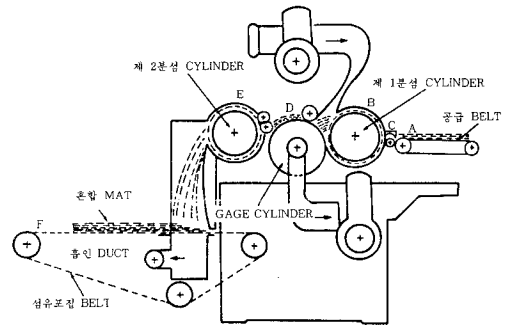


Fig. 1. Scheme of preparation apparatus of mixed mat.

즈드충격강도와 고속충격 시험에 의한 충격에너지를 측정하였으며 주사전자현미경을 이용하여 모폴로지를 관찰하고 섬유의 종류 및 충전비율에 따른 특성을 비교, 검토하였다.

2. 실험

2.1. 재료

강화섬유용 유기섬유로는, 비닐론 섬유(Lot No. 7901, Kuraray, 일본), 나일론섬유(Unitika, 일본) 및 아라미드 섬유(Kevlar-49, Du Pont, 미국)를 각각 사용하였고 매트릭스용 섬유로는 폴리프로필렌 섬유(고려합섬)를 사용하였으며 각 섬유에 대한 특성은 Table 1에 나타내었다. VF 및 KF는 복합매트를 만들기 전에 연속 필라멘트를 약 50mm로 절단하여 Fig. 1과 같은 매트제조장치에 투입하였고, PAF는 연속섬유 그대로 투입하였다.

2.2. 복합재료성형

복합재료의 성형은 강화섬유와 매트릭스용 섬유를

Table 2. Density of PAF, VF, KF/PP Composites

Reinforcing Fiber (wt%)	Matrix Fiber (wt%)	Density (Measured, g/cm ³)		
		PAF	VF	KF
5	95	0.918	0.924	0.938
10	90	0.939	0.957	0.969
15	85	0.940	0.981	0.993
20	80	0.968	1.001	1.032
25	75	0.971	1.013	1.058
30	70	1.003	1.052	1.078
40	60	1.005	1.080	1.142
50	50	1.083	1.136	1.217

균일하게 혼합한 복합매트를 약 150mm×150mm의 크기로 절단하고 약 60g~70g의 매트를 적층하여 90℃에서 24시간 건조시킨 후 크기 약 150mm×150mm, 두께 3mm의 금형내에 넣고 200℃에서 서서히 압력을 가하여 최종압력 100kg/cm²로 가열·압축하여 복합재료를 성형하였다.

2. 3. 특성 측정

2.3.1. 아이조드충격 시험

충격시험은 일본 Yasuda Seiki사의 냉각장치가 부착된 universal impact tester(Model 195-R)를 사용하여 너비 12.5mm, 두께 3mm의 노치부 시험편으로 측정하였다. 이때 햄머의 중량은 1.013kgf, 햄머의 길이는 18.66cm로 하였다.

2.3.2. 고속충격 시험

고속충격시험기는 미국 Rheometrics사의 high rate impact tester(Model RIT-8000)를 사용하였다. ASTM STP 936에 의거하여 고정시킨 시료에 속도를 변화시킬 수 있는 고속충격용 프로브로 충격을 가하여 최대하중, 최대에너지 및 변형거리를 조사하였다. 본 연구에서는 복합재료의 사용조건에 맞게 충격속도를 2m/sec로 하였고, 시험온도는 20±2℃였다.

2.3.3. 형태학측정

주사전자현미경(Model XL-30, Philips)을 사용하였으며 시험편(3mm×3mm)은 액체질소로 급냉하여 파단시켜 그 파단면을 금으로 증착한 다음 형태학적 특성을 관찰하였다. 이때 배율은 200배이며 가속전압은 20KV였다.

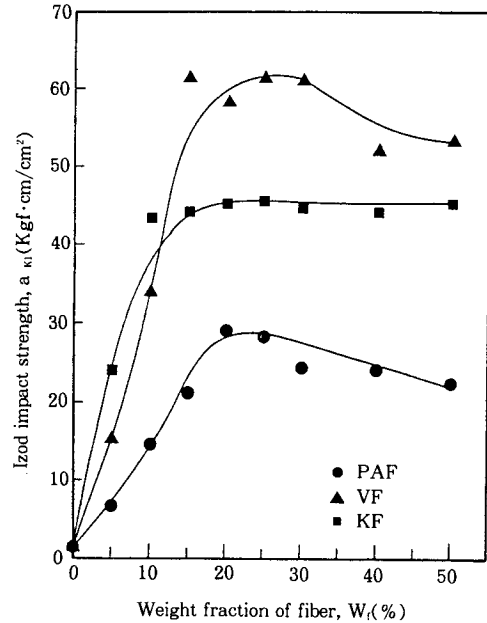


Fig. 2. Relationship of Izod impact strength versus fiber weight fraction(W_f) for various composites.

3. 결과 및 고찰

3. 1. 아이조드충격강도 특성

충격특성을 해석하기 위한 참고자료로 Table 2에 헬름홀츠노메타법으로 측정된 복합재료의 밀도를 나타내었다.

Fig. 2에는 강화섬유인 PAF, VF, KF 섬유증량분률에 따른 PAF/PP, VF/PP 및 KF/PP 복합재료의 아이조드충격강도를 나타내었다. 섬유증량분률의 증가에 따른 충격강도의 경향은 섬유분률 10~20%까지는 급격히 증가하다가 그 이상에서 충격값의 변화가 없거나 약간 감소하였다. 이는 KF, VF, PAF의 섬유분률이 증가할수록 불균일하게 분포되어 있는 다량의 섬유 사이로 용융된 PP의 침입이 어려워 PP 매트릭스와 섬유의 계면특성이 불량하게 되기 때문으로 생각된다.

한편, 최대 아이조드충격강도를 나타내는 섬유체적분률 20% 전후에서의 아이조드충격강도 값을 비교하여 보면 PAF/PP 복합재료는 25kg·cm/cm², KF/PP 복합재료는 45kg·cm/cm², VF/PP 복합재료는 60kg·cm/cm²으로서 PAF 강화계보다 KF 강화계가

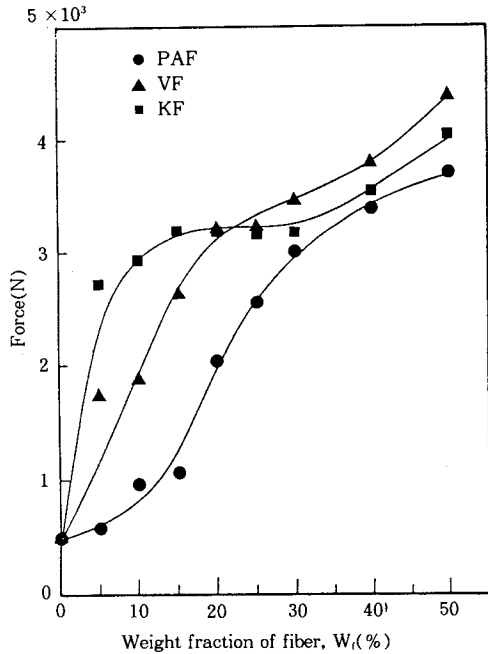


Fig. 3. Relationship of ultimate force versus fiber weight fraction(Wf) for various composites. (Impact rate, V=2m/sec.)

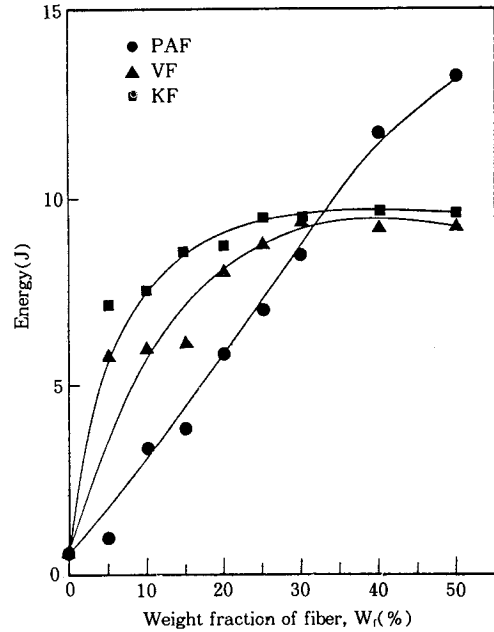


Fig. 4. Relationship of ultimate energy versus fiber weight fraction(Wf) for various composites. (Impact rate, V=2m/sec.)

약 2배, VF 강화계는 약 2.5배의 값을 나타내고 있다. VF 강화계는 10% 이하에서는 KF 강화계보다 낮은 아이조드충격강도를 나타내고 있으나 10% 이상에서는 KF보다 높은 값을 갖는 것으로 미루어 보아 아이조드충격강도는 낮은 섬유분율 영역에서는 강화섬유의 특성에 영향을 많이 받고, 섬유중량분율 10% 이상 강화시킨 영역에서는 섬유와 매트릭스사이의 계면접착성이 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. VF 강화계에서는 우수한 접착성으로 인하여 높은 아이조드충격강도 값을 나타내는데 이는 VF/PP 복합재료의 경우 성형온도 200℃에서 VF와 PP 매트릭스와의 상호작용으로 계면접착성이 커지는 것으로 사료된다. 반면 PA/PP 복합재료의 경우는 PAF 섬유 자체의 강도도 작을 뿐만 아니라 탄성률이 매우 작기 때문에 충격강도에 미치는 섬유강화의 효과가 반감되는 것으로 추측된다.

3.2. 고속충격특성

아이조드충격강도 값은 노치부분의 국부적 결함 즉 섬유의 배향특성, 공극률 등의 영향이 크기 때문에

그 값을 예측하기 어려우나, 고속충격강도는 복합재료의 국부적 결함에 크게 영향을 받지 않으므로 재료가 전체적으로 실제 충격상황에 견디는 내충격특성의 평가에 용이하다.

Fig. 3에는 PAF/PP, VF/PP 및 KF/PP 복합재료의 고속충격과괴시 최대하중을 나타내었다. 복합재료의 최대하중은 섬유중량분율에 비례하여 커지나 VF 강화계 및 PAF 강화계는 섬유중량분율 20%, KF 강화계는 섬유중량분율 15%를 기점으로 하여 그 이상의 높은 충전영역에서는 약간 증가폭이 둔화된다. 전체적으로 PAF/PP 복합재료의 경우보다 VF/PP 복합재료의 경우가 더 큰 값을 나타내어 섬유중량분율 20%인 경우 VF/PP의 최대하중은 3,200N이었고, PAF/PP는 2,150N으로 나타났다. KF/PP 복합재료의 경우 다른 두 가지 복합재료와는 그 경향이 크게 달라서 섬유중량분율 15% 이상에서는 섬유분율이 변화하는데 큰 영향을 받지 않고 그 값은 3,000~4,000N 범위였다. 섬유중량분율 20% 이상인 경우 KF/PP의 최대하중이 VF/PP보다 더 작은 이유는 매트릭스수지와 강화섬유간 계면접착력이 KF 강화

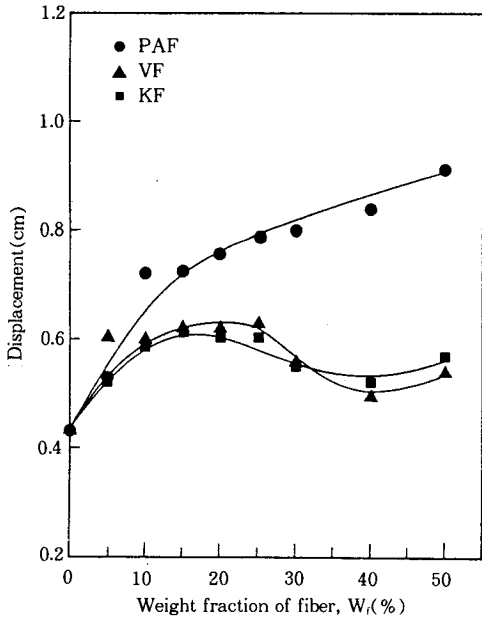


Fig. 5. Relationship of displacement versus fiber weight fraction(Wf) for reinforced composites.(Impact rate, V=2m/sec.)

계가 작기 때문이라고 생각된다.

Fig. 4는 PAF/PP, VF/PP 및 KF/PP 복합재료의 고속충격과괴시 최대하중이 걸릴 때까지의 에너지인 최대에너지(maximum energy at break point)이다. KF/PP 및 VF/PP 복합재료의 경우 섬유중량분률 25%까지는 섬유중량분률의 증가에 따라 커지지만 그 이상의 높은 충전영역에서는 일정하였고, PAF/PP 복합재료는 섬유분률이 증가함과 더불어 직선적으로 크게 증가하는 경향이였다. 특히, 섬유중량분률 35% 이상의 높은 충전영역에서는 PAF 강화계의 최대에너지가 KF 및 VF 강화계보다도 크게 나타났다. 이 영역에서는 PAF의 비중이 상대적으로 낮으므로 강화섬유의 충전밀도가 높고, PAF가 파단되기보다는 연신하기 때문이라고 해석할 수 있다. 이러한 현상은 복합재료 파단면의 형태학적 측정에서도 관찰되었다.

Fig. 5에는 시험편이 고속충격과괴 후 프로브가 관통할 때까지의 변형거리를 나타내었다. 전반적으로 섬유의 신장률이 큰 PAF 강화계의 변형거리가 가장 크게 나타났으며, 이 계에서는 섬유중량분률이 증가할 수록 변형거리는 점점 커지는 결과로 나타났다.

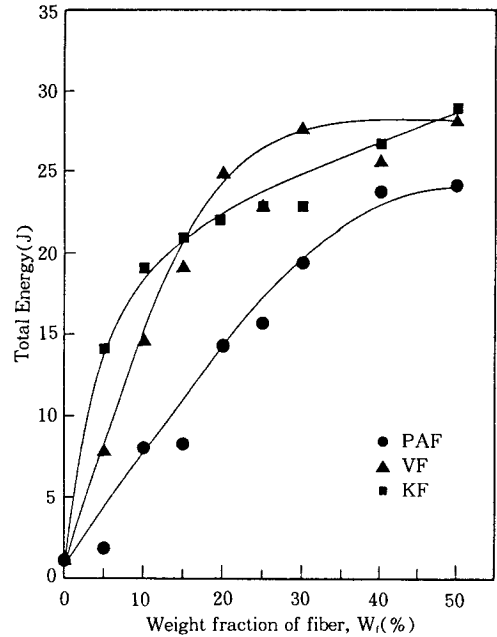


Fig. 6. Relationship of total energy versus fiber weight fraction(Wf) for reinforced composites.(Impact rate, V=2m/sec.)

반면에 KF/PP 및 VF/PP 복합재료에서는 변형이 매우 작았으며 섬유중량분률 20%까지는 비례하여 변형도 커졌으나 그 이상의 높은 충전영역에서는 오히려 작아졌다. 이로써 KF 및 VF강화계의 변형에 있어서는 섬유중량분률 20~25% 정도가 최대값의 섬유중량분률임을 알 수 있었으며 그 이상의 충전계에서는 PP 매트릭스에 대한 섬유의 분산이 불충분할 뿐만 아니라, PP 수지가 정착되지 않은 섬유부분이 존재함을 유추할 수 있다.

Fig. 6에는 프로브가 시험편에 관통하였을 때의 전에너지(total energy)를 섬유중량분률에 따라 나타내었다. 각 복합재료의 프로브가 관통할때까지의 에너지는 섬유중량분률에 비례하여 증가하고 그 경향은 거의 유사하였다. PAF 강화계의 전에너지가 낮은 이유는 고속충격시 PAF섬유의 인발과 연신때문이라고 판단되며, 최대에너지와 그 변화경향이 상이한데, 특히 최대 에너지의 경우 섬유중량분률 20% 이상에서는 거의 변화가 없었으나 전에너지의 경우는 섬유중량분률이 증가하면서 계속 커진다. 그 이유는 VF 강화계의 경우는 섬유의 강도와 우수한 계면특성이, KF의 경우는 섬유자체의 강도가 영향을 미치지 때문

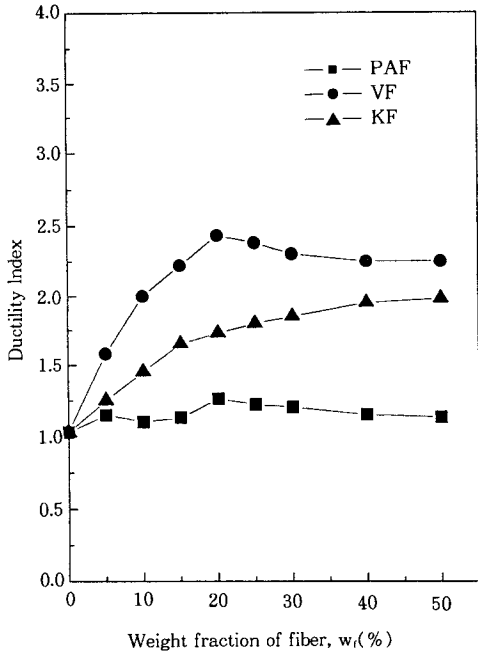


Fig. 7. Ductility index for various composites.

이라고 해석된다.

3. 3. Ductility Index

고분자 복합재료가 우수한 내충격성을 갖기 위해서는 강화섬유와 매트릭스 수지간 계면접착력이 양호하고, 아울러 ductility를 확보해야 한다. Ductile한 정도를 나타내는 ductility index는 파단시까지 적분한 에너지(E_i)와 파단후 적분한 에너지(E_p)를 비교하여 다음과 같이 정의된다[14, 15].

$$DI \text{ (ductility index)} = \frac{E_p}{E_i}$$

여기에서 E_p : propagation energy

E_i : initiation energy

Fig. 7에서 DI는 대체로 VF/PP>KF/PP>PAF/PP 순으로 나타났으며 VF충진계에서는 섬유중량분률 20%까지는 섬유중량분률에 비례하여 증가하여 20%인 경우 2.43으로서 매우 ductile하며 20% 이상의 고충진영역에서는 점차 감소하였다. 그러나, 강화섬유 자체의 강도가 큰 KF/PP는 섬유중량분률의 증가에 따라 DI값이 계속 커져서 50% 섬유강화계의

DI값이 1.98로 최대값이었다. VF 강화계와 KF 강화계의 DI 패턴이 다른 이유는 VF는 계면접착성이 양호한 영역, 즉 섬유중량분률 20%까지의 낮은 충진영역에서는 계면접착성이 큰 요인으로 작용하여 섬유체적분률이 증가함에 따라 ductility가 커지지만 그 이상의 높은 충진영역에서는 재료 전체에서 섬유분포의 불균일성에 기인하여 약간 감소하는 것으로 해석할 수 있다. 그러나, KF 강화계는 계면접착성이 좌우하는 낮은 충진영역에서는 계면접착성이 상대적으로 좋지 않으므로 VF 강화계보다 낮았다. 그러나 높은 충진영역에서는 섬유의 분산이 불균일하더라도 섬유중량분률이 높으므로 강인한 KF섬유 자체의 특성때문에 섬유체적분률이 증가할수록 ductility가 커지는 것으로 판단하였다. 한편, PAF/PP 복합재료의 DI값은 섬유중량분률이 20%일 때 1.26으로 최대였으며 그 이상의 섬유중량분률에서는 오히려 작아졌다.

이상의 고속충격특성과 DI측정결과로부터 유기섬유로 강화시킨 복합재료는 고속충격시 무기섬유강화계와는 다르게 유기섬유가 파단되지 않기 때문에 고속충격특성을 크게 향상시키는 결과를 나타냈다. 특히 강화섬유자체의 강도가 큰 KF보다도 PP와 계면접착성이 양호한 VF 강화계가 강화효과는 더 우수하였으며, 신장률이 크고 강도가 약한 PAF섬유는 강화효과가 그다지 좋지 않았다. 또한 강화섬유가 균일하게 분포된 영역에서는 강화하는 섬유의 종류보다도 매트릭스와 강화섬유간의 계면접착력이 고속충격특성의 향상에는 더욱 중요한 요소임을 확인하였다.

3. 4. 형태학적 특성

PPF를 매트릭스로 한 유기섬유강화 복합재료를 제조하기 위하여 각각 성질이 다른 세 종류의 섬유를 강화섬유로 사용하였을 때 이들 강화섬유가 복합재료 내에서 어떤 상태로 존재하는가 하는 것은 복합재료의 물리적 특성을 이해하는데 매우 중요한 데이터이다. PAF와 KF는 분자내에 모두 아미드기(-CONH-)를 갖고 있으나 그중 PAF는 지방족계로서 강도가 약하고 신장률이 대단히 큰 반면 방향족계인 KF는 신장률이 작고 강도는 크다. 또한, VF는 분자내에 아세탈기가 있어 KF보다는 약간 작지만 강도가 크고 신장률은 KF보다 2배 이상이다.

Fig. 8에서는 각각의 섬유중량분률 25, 30%로 강화한 복합재료 파단면의 SEM 사진으로서 이들 보강섬유가 매트릭스내에 어떻게 존재하며 파단시 어떠한

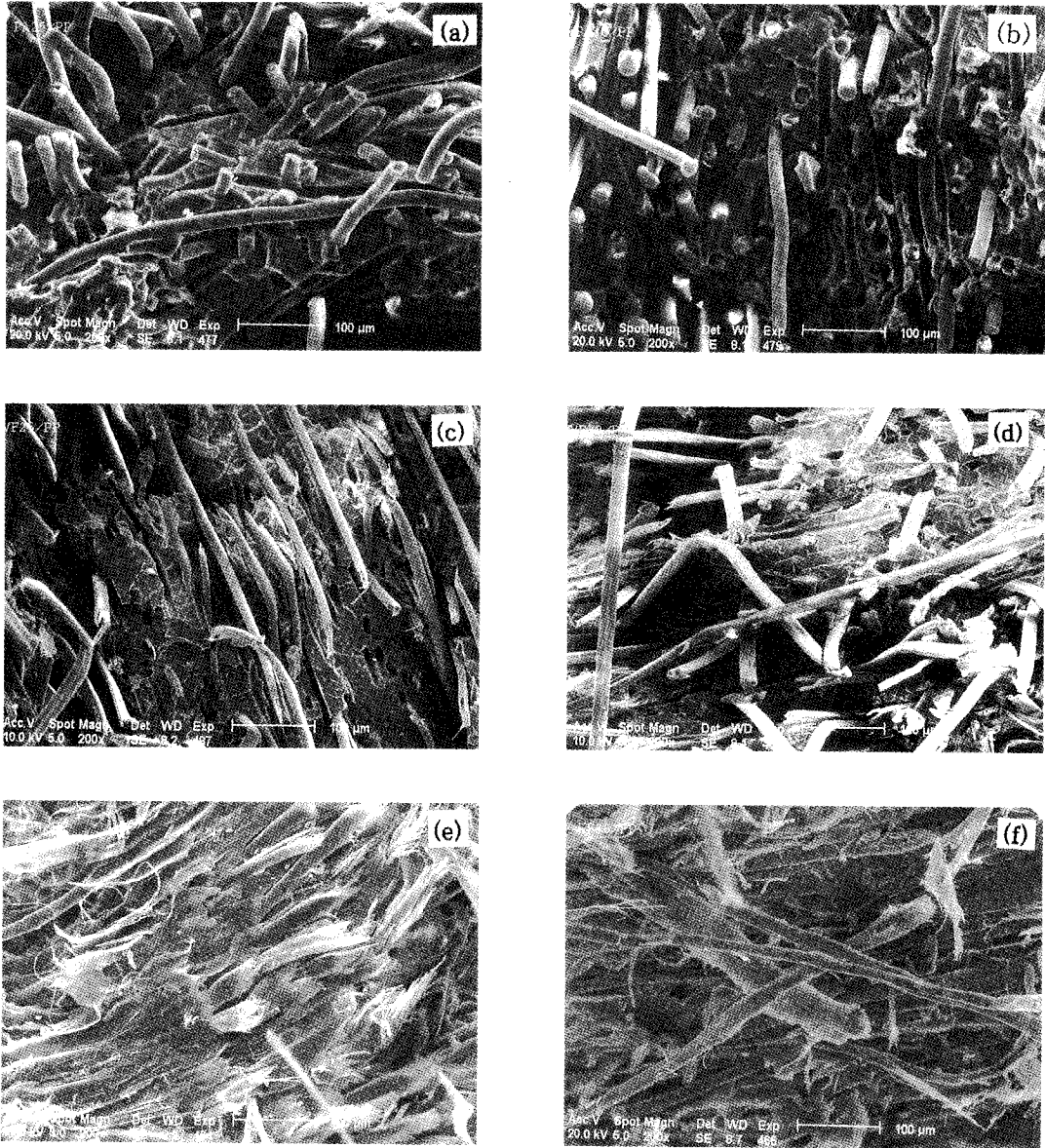


Fig. 8. SEM of the fracture surface of various composites.

(a) PAF25%/PPF (b) PAF30%/PPF (c) VF25%/PPF (d) VF30%/PPF (e) KF25%/PPF
(f) KF30%/PPF

상태로 변화하는지를 관찰하였다.

Fig. 8의 (a)와(b)에서 PAF/PP 복합재료인 경우 강화섬유인 PAF는 대체로 매트릭스인 PP내에 고르게 분산되어 있으며 복합매트 제조설비에서 고속으로 회전하여 배열시켰는데도 불구하고 섬유끝의 손상이

전혀 없었다. 그러나 시료를 액체질소에 냉각하여 파단시킬 경우 섬유가 연신됨을 확인할 수 있으며, 특히 연신되어 가늘게 된 섬유가 매트릭스로부터 인발 현상이 발생하였다. 전반적으로 섬유중량분율 25%까지는 각 방향으로 섬유가 잘 배향되어 있으나, 30

% 이상에서는 섬유가 한쪽방향으로만 주로 배향되어 있음을 확인할 수 있었다. 이 결과로부터 $100\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 압력하에서 성형할 경우 PA섬유는 프레스의 판과 평행하게 배향하려는 경향이 강해짐을 알 수 있었다. 이때 섬유중량분률 30% 이하에서는 교차상태인 PA섬유간 틈새로 용융된 PP수지가 충분히 침적될 수 있으나 섬유중량분률 30% 이상의 고충전 영역에서는 용융된 PP가 PA섬유간 공극을 충분히 채워주지 못하여 접촉상태가 좋지 않게 된다. 따라서 PA섬유의 고충전 영역은 물리적 특성 특히 충격강도의 강화효과에 그다지 기여할 수 없다고 판단된다. 그러나 고속충격강도는 전술한 바와 같이 재료 전체적인 충격특성을 나타내 주므로 강섬유의 충전률이 높을수록 섬유의 얽힘현상이 많아져서 고충격을 흡수하므로 그 값이 증가하는 것으로 판단된다. 그러나 강화섬유의 강도가 약하고 연신되기 때문에 강도가 약하여 내충격성 재료로서의 응용성은 작으나 유연성이 요구되는 부품 등에 이용할 수 있다. 또한 보강섬유의 비중(1.14)이 다른 섬유보다 작으므로 경량화가 요구되는 부분에 적용될 수 있을 것으로 생각된다.

Fig. 8의 (c)와(d)는 VF/PP 복합재료로서 강화섬유인 VF는 각 방향으로 배향이 잘 이루어져 있으며 고배율로 확인한 결과 강화섬유와 매트릭스인 PP와의 계면접착상태가 PAF/PP 복합재료보다 양호하여 계면접착력에 의한 충격보강효과도 어느정도 나타날 것으로 예측할 수 있다. 또한 매트제조장치에 의해서 섬유의 말단만이 일부 손상될 뿐 대부분 섬유원형 그대로 존재하고 있으며 섬유분포상태도 균일한 편이다. 그러나 고충전영역의 강화계에서는 매트릭스수지가 보강섬유 전체를 침적시키지 못하여 강화섬유와 매트릭스섬유인 PP가 분리되어 있는 상태를 확인할 수 있어 최대 섬유충전분률은 30%정도라고 생각된다. 대체로 VF/PP 복합재료는 강화섬유의 강도도 우수한 편이고 섬유와 매트릭스와의 계면접착력도 우수하여 고강도의 내충격성재료로 응용성이 클 것으로 생각된다.

Fig. 8의 (e)와(f)는 KF/PP계로서 전반적으로 KF가 강직하고 유연성이 작아 매트제조장치의 고속회전에 의해 갈라진 형태였으며 섬유가 주로 일축방향으로만 배향되어 있으나 그 분산상은 균일함을 알 수 있었다. 또한, 매트릭스수지가 KF계면을 고르게 침적시키지 못하여 보강섬유인 KF의 강도에 의한 내충격효과는 어느정도 나타날 수 있으나 분섬효과와

계면접착에 의한 강도보강효과는 PA/PP 및 VF/PP 복합재료보다 작음을 예측할 수 있었다. KF계 역시 KF 섬유중량분률 30% 이상에서는 매트릭스수지가 복합재료내에서 고르게 분포되어 있지 않음을 알 수 있었다.

결과적으로 각종 복합재료의 섬유중량분률은 20~30%가 최적값이었으며 세 종류의 복합재료 중에서 VF/PP 복합재료가 강화섬유의 강도도 양호하고, 매트릭스 내에서의 섬유의 분포상태와 계면접착력이 우수하여 내충격성 재료로서의 응용성이 비교적 클 것으로 사료된다.

4. 결 론

PP를 매트릭스로 하고 재활용성(Recycle성)이 큰 유기강화섬유계를 사용한 열가소성 고분자 복합재료를 개발하여 충격특성 및 형태학적 특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Izod 충격강도는 VF/PP 복합재료가 매우 크게 나타났고, 전반적인 경향은 섬유중량분률 20%까지는 급격히 증가하나 그 이상 충전하면 약간 감소하였다.
 2. 고속충격특성은 KF/PP 및 VF/PP 복합재료가 특성값의 크기와 변화경향이 유사하였으나 섬유중량분률이 낮은 경우 최대하중 및 에너지는 KF 강화계가 약간 크게 나타났다.
 3. Ductility Index는 VF/PP > KF/PP > PAF/PP 순으로 나타났고, VF/PP의 DI값은 섬유중량분률 20%일 때 2.43으로서 전시료중 가장 ductile하였다.
 4. 충격특성측정과 형태학적 특성의 고찰 결과 유기섬유 충전률은 20~30%가 최적값이었다.
- (본 논문은 통상산업부의 공업기반개발과제로 수행한 결과입니다)

참고문헌

1. A.B.Strong, "Fundamentals of Composites Manufacturing: Materials, Methods, and Application", SME(1989).
2. L.George, ed "Handbook of Composites" Van Nostrand Reinhold, N.Y. (1982).
3. I. Gawin, 31st National SAMPE Symp., 1204 (1986).
4. 北野 武, 化學工學, 48, 912(1982).

5. M. G. Bader and W. H. Bowyer, *Composites*, July, 150(1973).
6. J.B.Myhre and J.A.Baumann, 37th Annual Conf., Reinforced Plast./Compo. Lnst., SPI, Jan., 11-15, Session 25-D, 1(1982).
7. 長塚惟宏, 青木榮次, 北野 武, 平在興彦, “日本纖維高研 研究發表會 資料”, 157(1991).
8. 長塚惟宏, 青木榮次, 北野 武, “日本纖維機械學會 第44回 年次大會 研究發表 論文集”, 77(1991).
9. 長塚惟宏, 北野 武, “日本纖維機械學會 第45回 年次大會 研究發表 論文集”, 20(1992).
10. T.Kitano, Y.Nagatsuka, M.W.Lee, Y.M.Lee, H. K.Choi, and H.S.Kim, The Eleventh Annual Meeting the Polymer Processing Society, Seoul Korea, March 1995.
11. R. Dave and L. Lorenzo, *Polym. Compos.*, **10**, 199(1989).
12. C. K. Moon, *Polym. Sci. Tech.*, **2**, 284(1991).
13. L. Cercione, *Polym. Compos.*, **12**, 81 (1991).
14. P.W.R.Beaumont, R.G.Riewald, and C.Zweben, “Methods for Improving the Impact Resistance of Composite Materials”, ASTM STP 568, Philadelphia 1973.
15. S.L.Kessler, G.C.Adams, S.B.Driscoll, and D.R. Ireland, “Instrumented Impact Testing of Plastics and Composite Materials”, ASTM STP 936, Philadelphia 1987.