

強化 Plastics에 있어서 Fiberglass의 表面處理와 그에 따른 物性에 關한 研究

金 源 澤 · 金 商 郁

漢陽大學校 工科大學 高分子工學科

(접수 1975. 10. 30)

A Study on Surface Treatment of Fiberglass and Physical Properties of Fiberglass Reinforced Plastics

Won Taik Kim and Sang Wook Kim

*Department of Polymer Engineering, College of Engineering
 Hanyang University, Seoul 133, Korea*

(Received October 30, 1975)

要 約

FRTP의 경우 Coupling agent로 表面處理한 fiberglass의 含量은 30%일때 가장 좋은 강도를 나타내고 있으며 fiberglass에 있어서 알칼리성분이 적어야 좋은 물성을 나타낸다는 사실을 확인했다. fiberglass를 表面處理할때 coupling agent의 농도는 LDPE와 HDPE는 0.01%, PP는 0.05%일때 물성이 좋음을 알았다.

또한 FRTP에 있어 HDPE는 fiberglass를 表面處理하지 않고 사용했을 경우보다 오히려 fiberglass를 넣지 않았을 때가 물성이 좋았다. 접착메카니즘에 관하여는 coupling agent가 fiberglass에 흡착된 후에 수지의 수소결합 혹은 -OH결합을 형성하여 접착강도가 매우 좋아지는 것으로 해석되며 이러한 현상이 적외선 스펙트럼에 의하여 확인되었다.

Abstract

The Tensile strength of fiberglass reinforced thermoplastics reached the maximum when the content of fiberglass treated by coupling agent was 30%. The physical properties were improved as the alkali

content in fiberglass was decreased. For the surface treatment of fiberglass the optimum amount of coupling agent turned out to be 0.01% for both low-density polyethylene and high-density polyethylene and 0.05% for polypropylene. It was also noticed that the addition of fiberglass caused unfavorable effects on physical properties when the surface was not treated by coupling agent. Concerning the mechanism of adhesion, the coupling agent was understood to adsorb on fiberglass, then form the hydrogen bond or hydroxyl bond with resins, and thereby enhance the adhesive strength. This argument was supported by the Infra-red spectrum.

1. 序 論

작금에 이르러 engineering plastics으로써의高分子材料에 관한 연구는 활발하게 進行되고 있었던바 다른分野에 비해 어떤 면에서는 物性이 뒤졌으나 그것을 補完하기 위해 fiberglass 나 whisker 등의 材料를 利用하는 바 이른바 複合材料에 관한 연구가 큰 注目을 받고있다.

그러기에 이 複合材料는 다른 特質의 材料를 組合시키므로써 새로운 特性과 用途를 가질 수 있게끔하는 工業材料로써 계속해서 開發되어 가고 있다.

安價이고 加工性이 좋으며 輕量이면서 彈性, 自己潤滑性, 耐藥品性 등이 우수한 長點을 갖고 量的으로도 월등하게 熱硬化性樹脂를 능가하면서도 내열성이 낮으며, 열팽창성이 크면서 韌性 안정성이 나쁘며 또 영구 Stress, 기계적물성이 불충분하다는 등의 열가소성수지의 단점을 改良하는 目的에서 다음 두개의 방법이 시도되었다.

하나는 樹脂構造自體를 변화시킨 것인데 그 成果로써 polyphenylene oxide, polysulfone, polyimide, polyparaxylene 등의 특수내열성 plastics가 탄생되고⁶⁾ 또하나의 방법은 現在 使用되고 있는 熱可塑性樹脂에 다른 材料를 複合하는 強化方法으로 樹脂物性を 改良하려는 것으로 이것을 소위 fiberglass reinforced thermoplastics (以下 FRTP 라함)라고 부르게 되었다. 前者는 現在 대단히 高價이어서 特定된 用途만에 使用되며, 또 加工性이 떨어진다는 결점이 있으나 後者에서는 樹脂 本來의 뛰어난 加工性을 그다지 저하시키는 일이 없이 上記와 같은 物性の 缺點을 改良할 수가 있고 또한 前者보다 경제적으로 改良시킬 수 있는 등으로 해서 FRTP가 점차 새로운

工業材料로써 期待되고 연구가 활발히 이루어지고 있는 原因이다.

그래서 本研究에서는 fiberglass의 含量에 따른 FRTP로써 low density polyethylene (LDPE), high density polyethylene (HDPE) 및 polypropylene (PP), fiberglass reinforced plastics (FRP)로써 unsaturated polyester 등을 취해서 인장강도, 강인성, 내후성, 내피로성 등의 物性を 조사해 보았고 또한 fiberglass의 알칼리함량에 따른 上記 各樹脂의 物性변화를 조사해 보았고 cationic methylmethacrylate계통의 organosilane 化合物의 최적농도범위, 그리고 上記의 樹脂등에 대한 내후성변화, 또한 coupling agent로 표면처리된 fiberglass와 수지와의 접촉메카니즘등을 고찰하였다.

한편 coupling agent로 표면처리한 국산 fiberglass와 日本 日東紡績製品과 比較하였다.

2. 實 驗

2.1 試料 및 試藥

本 實驗에서 使用한 試料과 試藥은 다음과 같다.

LDPE는 韓洋化學製品을 (Lot No. 303, index 3) 使用하였고 HDPE는 Dow chemical company 製品 (Lot No. 50059, Melt index 0.5)을 使用했고 PP는 대한유화제품 (Lot No. 4017, density 0.9)을 使用하였다. 불포화폴리에스테르는 日本觸媒化學製品 (G-550pw, 粘度 1.3ps)을 使用하였다. methylethylketoneperoxide 역시 日本觸媒化學製品 (特級)을 使用하였다. 이형제로써 silicone oil은 Dow corning 社製品 (特級, 粘度 350 cs.)을 그리고 coupling agent 로써 Z-6031 silane 도 Dow corning 社製品 (特級)을 使用했고

fiberglass는 弘進産業社製品으로써 mat (70g/m²) 상태이고 fiberglass의 직경은 8~12 μ 이고 mat의 두께는 0.40~0.48mm의 것을 사용했고 日本産 fiberglass는 日東紡績株式會社製品으로써 fiberglass의 직경은 8~11 μ 이고 mat의 두께는 0.40~0.46mm이고 알칼리함량 ((Na₂O, K₂O)은 7.5% 인 것을 사용했다.

2.2. 器具

本 實驗에서 使用한 器具는 抗張力시험기를 비롯하여 다음과 같다.

항장력시험기 ; Shimadzu Seisakusho Co.
(700kg/cm²)

강인성시험기 ; Shimadzu Seisakusho Co.
(Clash-burg type)

카터(cutter) ; Shimadzu Seisakusho Co.
(No. 51539)

프 레 스 ; Shimadzu Seisakusho Co.
(4ton/cm², 가열판부착)

냉동건조기 ; The Virtis Co. (-20°C)

내후성시험기 ; Shimadzu Seisakusho Co.
(CW-DH 2 type, Source 200V, Arc. 125-145V,
15-17A)

적외선측정장치 ; Perkin-Elmer (Model 700)

2.3 實驗

(1) LDPE plate

Pellet狀態의 LDPE를 135°C에서 3ton/cm²로 3分間 加壓하여 두께가 1.9~2.1mm의 135×135mm²로 만들어 급냉시켜 얻었다.

(2) HDPE plate

Pellet 狀態의 HDPE를 143°C에서 3ton/cm²로 3分間 加壓하여 두께가 1.9~2.1mm의 135×135mm²로 만들어 급냉시켜 얻었다.

(3) PP plate

Pellet狀態의 PP를 190°C에서 3ton/cm²로 3分間 加壓하여 두께가 1.9~2.1mm의 135×135mm²로 만들어 급냉시켜 얻었다.

(4) Coupling agent

cationic methylethylketoneperoxide 계통의 organosilane化合物을 증류수를 사용하여 0.01%, 0.05%, 0.1%, 0.5% 및 1%의 농도의 수용액으로 각각 만들어 사용했다.

(5) Fiberglass의 表面處理

Virgin fiberglass로써 MAT를 엮은 직경이 약 10 μ 의 알칼리분이 적은 무색의 fiberglass와 알칼리분이 비교적 많은 fiberglass를 각기 농도가 다른 coupling agent 수용액에 一夜 침지시켰다가 꺼내어 105°C에서 10分~15分間 건조시킨 다음 수지량에 대해 함량을 모두 30%로 하여 사용하였다.

(6) Fiberglass reinforced LDPE의 製造

농도가 각각 다른 0.01, 0.05, 0.1, 0.5 및 1%의 coupling agent 수용액으로 表面處理한 각각의 fiberglass를 각기 12점으로 하여 LDPE 사이에 적층시켜 165°C에서 4ton/cm²으로 加壓하여 10分間 接着反應시킨다. 이때 140°C에서 가압하지 않고 수지가 용융되어 fiberglass 사이로 고루 침투하게끔 3分間 豫熱을 해주었다.

接着이 끝난후 냉수로 급냉을 시켜 얻었다.

(7) Fiberglass reinforced HDPE의 製造

LDPE의 경우와 마찬가지로 방법으로 농도가 각각 다른 coupling agent로 表面處理한 각각의 fiberglass를 HDPE 사이에 적층시켜 173°C에서 4ton/cm²으로 가압하여 10分間 接着反應시켰다. 이때도 역시 豫熱을 시켰다.

(8) Fiberglass reinforced PP의 製造

上記의 方法들과 마찬가지로 豫熱을 하여 용융침투시키고 똑같은 方法으로 210°C에서 10分間 接着反應을 시켜 얻었다.

(9) Fiberglass reinforced unsaturated polyester의 製造

경화제로 methylethylketoneperoxide를 1%첨가한 unsaturated polyester를 fiberglass에 침투시켜 25°C에서 4ton/cm²의 壓力下에서 20分間 硬化시켜 얻었다.

이때 수지를 fiberglass에 침투시킬 때 물성을

약화시켜주는 기포가 생기지 않도록 roller로 반복해서 rolling을 하여 기포를 거의 제거한 후에 加壓을 시켰다.

(10) Tensile strength test

引張強度를 측정기 위하여 test piece를 3個씩 만들어 tensile strength tester를 이용하여 값을 얻어 계산, 평균하여 얻었다. (ASTM D 638-64T)

(11) Stiffness test

水溶液과 glycerin中에서 50, 70, 90 및 120°C에서 3個씩 꼬임에 의한 각도를 측정하여 계산 그 값을 얻었다. (ASTM D1043-61T)

(12) Fatigue test

test piece를 -20°C에서 1시간, 상온에서 10分, 80°C에서 1시간을 1 cycle로 하여 50 cycle을 연속적으로 해서 그 인장강도를 측정했다.

(13) Weatherability

Weather ometer에서 자외선조사와 물을 분무하는 상태에서 200시간을 하였다.

(14) Analysis of fiberglass

Fiberglass의 화학적인 조성은 KS L 3120 분석방법에 의해 그값을 얻었다.

3. 結果 및 考察

3.1. Fiberglass의 含量과 物性

Fiberglass로 강화한 플라스틱에 있어서 fiberglass의 含量은 매우 重要な 要因으로써 LDPE, HDPE 및 PP를 가지고 實驗해 보았다. 이때 0.05%-coupling agent (cationic methyl methacrylate 系 silane 化合物)로 fiberglass를 表面處理하였다.

Fig. 1에서 볼 수있는 바와 같이 fiberglass의 含量이 많아짐에 따라 그 강도는 向上되어 30% 일때 가장 좋은 결과를 보여준다. 30% 이상이 되면 오히려 그강도가 떨어지는 현상을 보여준다.

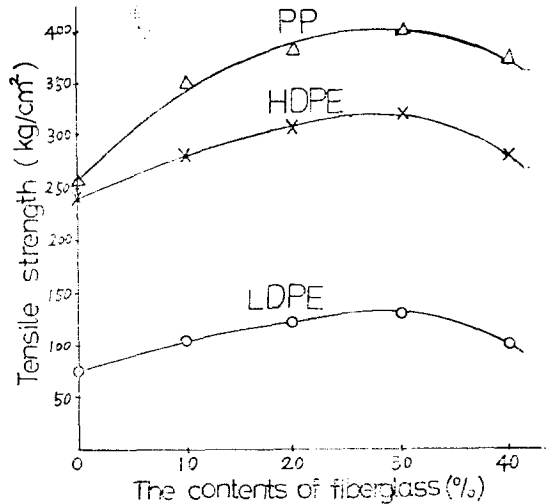


Fig. 1. Tensile strength according to the contents of fiberglass in FRTP.

3.2. 알칼리含量에 따른 物性

FRTP에 있어서 fiberglass의 含量은 그 物性에 큰 영향을 미칠 것으로 생각하고 걱정이 같고 알칼리함량만이 다른 증점유를 가지고 0.05%의 coupling agent로 表面處理하여 그 物性を 조사해 보았다. Table 1에서 볼 수있는 바와 같이 Na₂O K₂O의 알칼리함량이 비교적 적은 A와 알칼리함량이 비교적 많은 B를 갖고 실험을 해보았는데 Table 2에서 볼 수있는 바와 같이 fiberglass에 있어 알칼리성분함량은 物性에 매우 큰 영향을 끼치는 바 LDPE나 HDPE 및 PP의 경우도 모두 현저한 차이를 나타내 주는 것을 알수가 있다.

Table 1. The composition of fiberglass (%).

Item	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	B ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	BaO
Sampl		Fe ₂ O ₃						
A	52.1	14.6	16.4	0.3	9.0	6.9	0.33	0.3
B	59.9	4.7	11.8	3.3	4.7	13.4	1.32	0.8

Table 2. Tensile strength according to the alkaline contents of fiberglass treated by 0.05% coupling agent.

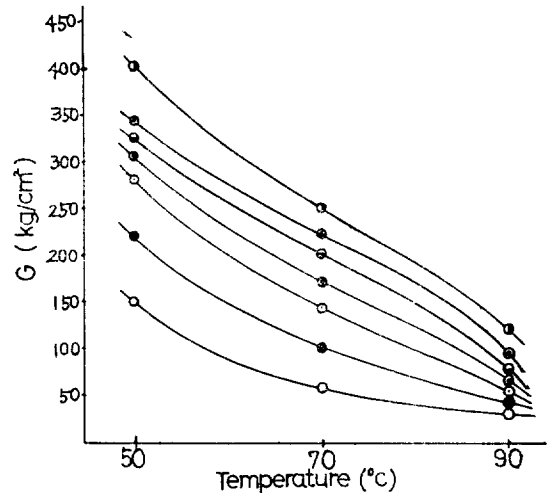
(unit: kg/cm ²)				
Fiberglass	F RTP	LDPE	HDPE	PP
A		111.25	286.70	393.92
Weather durability		103.71	236.58	252.32
B		71.13	258.01	279.80
Weather durability		54.08	171.72	230.49

Fiberglass의 알칼리함량이 7.23%인 경우 1년을 屋外에 방치해도 알칼리함량이 14.72%일때보다 좋은 강도를 나타내주고 있다. 또한 알칼리함량이 많을경우 1년을 옥외에 방치한 것과 차이는 알칼리함량이 적은 경우보다 현저하게 크게 나타나고 있음을 알 수가 있다. 이것은 自然의 風化作用을 받으면 劣化하기때문인데 알칼리함량이 많으면 공기중의 수분과 탄산가스가 glass의 표면에 작용해서 glass의 分解를 일으켜 風化에 의한 劣化가 급속하게 일어나 강도를 저하시키고 있다고 생각된다. 그렇기때문에 풍화작용을 막고 耐久性이 큰 fiberglass를 만들기 위해서 알칼리함량이 적은 fiberglass를 사용해야 할 것이다.

3.3 Fiberglass reinforced LDPE

0.01%, 0.05%, 0.1%, 0.5% 및 1% 농도의 coupling agent로 表面處理된 fiberglass를 수지사에 적층시켜 얻은 것을 Stiffness tester, Tensile strength tester 등에 의해 물성을 측정했다. Fig. 2에서 볼 수있는 바와 같이 coupling agent로 fiberglass를 表面處理 했을 때와 안하였을 때, 또 fiberglass를 넣지 않았을 때와는 많은 차이를 나타내고 있음을 보여준다.

表面處理를 하였을 때는 안했을 때보다 농도에 關係없이 G 값이 큰을 알 수있다. Coupling agent의 농도는 0.01%일때 가장 좋은 값을 나타내주고 있고 그 값은 fiberglass를 전혀 넣지 않았을 때보다 3배의 값을 나타내고 있음을 알 수가 있다.



- LDPE without fiberglass
- LDPE containing virgin fiberglass
- ① LDPE containing treated fiberglass by 0.01% coupling agent solution
- ② LDPE containing treated fiberglass by 0.05% coupling agent solution
- ③ LDPE containing treated fiberglass by 0.1% coupling agent solution
- ④ LDPE containing treated fiberglass by 0.5% coupling agent solution
- ⑤ LDPE containing treated fiberglass by 1% coupling agent solution

Fig. 2. Apparent modulus of rigidity by stiffness tester.

Table 3. Tensile strength of LDPE with fiberglass treated by different concentration of coupling agent.

(unit: kg/cm ²)			
Fiberglass	Item	Tensile strength	Weather durability
① control		81.80	71.67
② virgin		101.59	76.39
③ 0.01% solution		116.32	105.52
④ 0.05% solution		111.25	103.71
⑤ 0.1% solution		107.57	90.08
⑥ 0.5% solution		109.84	91.78
⑦ 1% solution		113.21	96.44
⑧ Already treated		103.43	94.08

- ① with fiberglass
- ②~⑦ Made by Hong-Chin
- ⑧ Made by IL-Dong

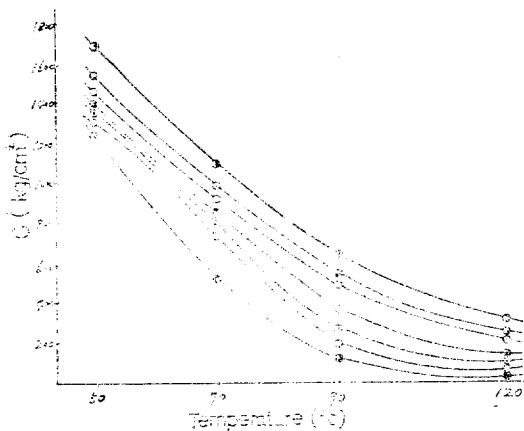
또한 Table 3에서 보는 바와 같이 tensile strength tester에 의한 인장강도값에서도 마찬가지로 값을 보여주고 있다.

강도는 coupling agent의 농도가 0.01% > 0.05% > 0.1% 순에 따라 강도가 높음을 알 수 있다. 또한 fiberglass를 넣지 않았을 때는 Fatigue test에서 별로 차이가 없으나 fiberglass를 넣었을 때는 다소 차이가 있음을 알 수 있는데 이것은 온도변화에 따라 열팽창계수가 틀린데 그 원인이 있다고 생각된다.

그러나 coupling agent로 처리한 것과 안한 것은 비교할만큼 차이가 있음을 보여준다.

3.4. Fiberglass reinforced HDPE

Fig. 3에서 볼 수 있는 바와 같이 Stiffness tester에 의한 G 값은 fiberglass를 넣지않은 HDPE



- HDPE without fiberglass
- HDPE containing virgin fiberglass
- ① HDPE containing treated fiberglass by 0.01% coupling agent solution
- ② HDPE containing treated fiberglass by 0.05% coupling agent solution
- ③ HDPE containing treated fiberglass by 0.1% coupling agent solution
- ④ HDPE containing treated fiberglass by 0.5% coupling agent solution
- ⑤ HDPE containing treated fiberglass by 0.1% coupling agent solution

Fig. 3. Apparent modulus of rigidity by stiffness tester.

가 coupling agent로 表面處理를 하지 않은 fiberglass를 넣은 것보다 오히려 좋은 값이 나오고 있다.

이것은 HDPE의 밀도가 크고 화학결합에 의한 접착이 안되어 수지와 fiberglass의 면에서 격리가 일어나 낮은 값을 나타내고 있다고 생각된다. Coupling agent로 처리했을 때는 LDPE의 경우와 마찬가지로 그 농도가 0.01% 일때 가장 좋은 값을 나타내주고 있음을 알 수 있다.

한편 Table 4에서도 0.01%의 coupling agent로 처리했을 때 가장 좋은 강도를 나타내 주고 있고 coupling agent로 表面處理된 日本産 fiberglass를 사용했을 때보다 국산 fiberglass에 0.01%, 0.05% 및 0.1%의 coupling agent로 처리하여 사용했을 때가 좋은 강도를 나타내고 있음을 알 수가 있다.

Table 4. Tensile strength of HDPE with fiberglass treated by different concentration of coupling agent.

(unit: kg/cm ²)			
Fiberglass	Item	Tensile strength	Weather durability
① control		250.57	178.78
② virgin		238.61	108.25
③ 0.01% solution		323.05	255.54
④ 0.05% "		312.54	246.58
⑤ 0.1 % "		278.30	235.39
⑥ 0.5 % "		252.41	182.30
⑦ 1 % "		253.79	183.10
⑧ already treated		265.24	220.32

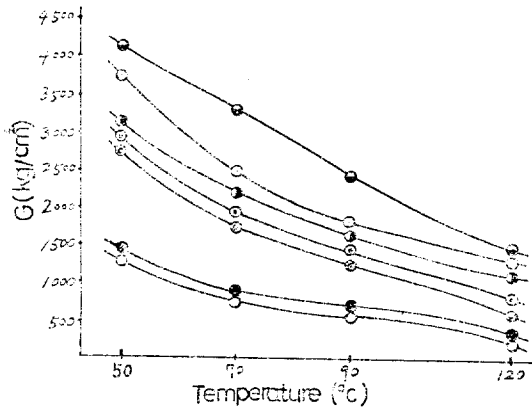
- ① without fiberglass
- ②~⑦ Made in Hong-Chin
- ⑧ Made in IL-Dong

LDPE의 경우보다 강도가 2.5배~3 배의 값을 나타내고 있다.

3.5 Fiberglass reinforced PP

Fig. 4에서 볼 수 있는 바와 같이 coupling agent의 농도가 0.05%일때 가장 큰 값을 나타내고 表面處理를 하지않은 fiberglass를 사용했을 때가 fiberglass를 안 넣었을 때보다 G 값이 조금 밖에 크지 않음을 알 수 있다. 그리고 0.05%의

coupling agent로 表面處理 했을 때가 表面處理 를 전혀 하지 않았을 때보다 약 3 倍쯤 큰값을 나타내주고 있음을 알 수있다.



- PP without fiberglass
- PP containing virgin fiberglass
- ⊙ PP containing treated fiberglass by 0.01% coupling agent solution
- PP containing treated fiberglass by 0.05% coupling agent solution
- ⊙ PP containing treated fiberglass by 0.1% coupling agent solution
- ⊙ PP containing treated fiberglass by 0.5% coupling agent solution
- ⊙ PP containing treated fiberglass by 1% coupling agent solution

Fig. 4. Apparent modulus of rigidity by stiffness tester.

Table 5. Tensile strength values of PP with fiberglass treated by different concentration of coupling agent.

(unit: kg/cm ²)				
Fiberglass	Item	Tensile Strength	Weather Durability	Fatigue Test
① control		266.56	100.78	167.74
② virgin		288.42	219.74	233.84
③ 0.01% solution		381.72	236.45	333.84
④ 0.05% "		393.92	252.32	348.36
⑤ 0.1% "		358.83	213.32	304.80
⑥ 0.5% "		330.99	240.47	295.78
⑦ 1% "		328.23	231.38	289.32
⑧ Already treated		380.76	240.31	332.73

- ① without fiberglass
- ②~⑦ Made by Hong-Chin
- ⑧ Made by IL-Dong

한편 인장강도, 내후성, 내피로성면에서도 Table 5에서 보는 바와 같이 큰 차이는 없으나 0.05%의 coupling agent를 사용했을 때가 가장 좋은 것을 알 수있고 PE때와 마찬가지로 coupling agent로 表面處理를 안하고 사용했을 경우 내열내후성이 안좋음을 나타내준다.

3.6 Fiberglass reinforced unsaturated polyester

Table 6에서 볼 수있는 바와 같이 FRTP 보다 강도면에서는 3~4 倍의 값을 나타내고 있고 fiberglass를 넣지 않은 것과는 현저한 차이를 나타내 주고 있다.

Table 6. Tensile strength of unsaturated polyester with fiberglass treated by different concentration of coupling agent.

(unit: kg/cm ²)				
Fiberglass	Item	Tensile Strength	Weather Durability	Fatigue Test
① control		630.25	528.26	586.45
② virgin		964.70	904.04	948.36
③ 0.01% solution		1191.73	1117.33	1167.45
④ 0.05% "		1174.43	1100.88	1143.25
⑤ 0.1% "		1256.11	1177.44	1223.45
⑥ 0.5% "		1104.32	1035.17	1096.73
⑦ 1% "		985.86	924.11	965.49
⑧ Already treated		1035.31	963.50	982.96

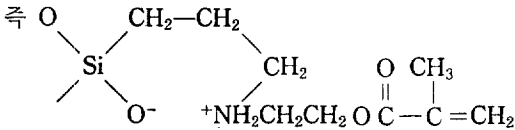
- ① without fiberglass
- ②~⑦ Made by Hong-Chin
- ⑧ Made by IL-Dong

coupling agent의 농도가 0.01%에까 0.05%, 0.1%지는 강도가 상승하다가 0.5, 1%에 이르러서는 급격히 떨어진다. 역시 日本産보다는 대체로 우수한 값을 나타내고 있다.

3.7 接着메카니즘 (수지와 coupling agent)

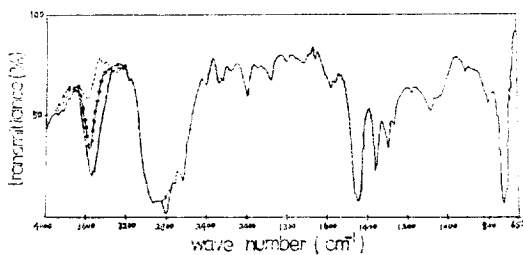
Coupling agent로 사용한 cationic methacrylate

系化合物은 水溶液狀에서는 環化合物을 형성하여 안정해진다¹⁷⁾



이 안정된 상태에서 수지와 접착반응하여 hydroxyl bond 혹은 hydrogen bond를 형성하여 접착이 좋아 진다고 생각되고 있다^{17~19)}

그래서 FRTP (HDPE)를 만들때와 같은 조건으로 coupling agent와 수지를 처리한다음 그 film 을 sampling하여 적외선측정장치로 시험해 보았다 (Fig. 5)



— — — treated in weather ometer for 100 hrs
—○—○— treated in weather ometer for 50 hrs
———— control

Fig. 5. Comparison of infrared spectra.

key band 3600 CM^{-1} 근방과 2800 CM^{-1} 근방에서 peak가 나타나 hydroxy bond 혹은 hydrogen bond를 형성하는 것으로 생각된다.

그런데 내후성장치속에서 자외선을 照射함에 따라 그 peak가 또한 약해감을 알수 있다. 즉100시간의 자외선 照射후에는 2800 CM^{-1} 근방의 peak가 완전히 없어지고 3600 CM^{-1} 근방의 peak도 거의 없어져 원래 HDPE 만의 적외선 peak로돌아가고 있음을 알 수있다.

이로 미루어 FRTP나 FRP는 장시간 옥외에 폭로되면 이러한 화학결합이 약화되어 접착과 물성이 떨어지는 것으로 생각된다.

4. 結 論

- ① FRTP의 경우 coupling agent로 處理한 fiberglass의 含量은 30%일때 가장 좋은 강도를 나타내고 있으며
- ② Fiberglass에 있어서 알칼리함량이 적어야 좋은 물성을 나타낸다는 사실을 확인했으며
- ③ Fiberglass를 表面處理할 때 coupling agent의 농도는 LDPE의 경우를 빼고 0.01~0.05% 정도 일 때 효과가 크고 그이상일 될 때는 오히려 물성이 떨어 진다는 사실을 알았으며
- ④ FRTP에 있어 HDPE의 경우 fiberglass를 表面處理하지 않고 사용했을 때보다 오히려 fiberglass를 넣지 않았을 때가 물성이 좋았으며
- ⑤ 접착메카니즘은 coupling agent가 fiberglass에 흡착된 후에 수지와 hydroxy bond 혹은 hydrogen bond를 형성하여 접착강도가 매우 좋아지는 것으로 생각된다.
- ⑥ 또한 coupling agent로 表面處理한 弘進産業의 fiberglass가 대표적인 日本의 日東紡績産보다 우수한 물성을 나타내는 것이 있음을 알았다.

謝 辭

味元 FRP의 柳濟雲專務와 弘進産業의 崔翰燮社長, 그리고 昭光産業의 姜仁喆部長의 協助에 感謝를 드린다.

引用文獻

- 1) 渡邊武美, 工業材料, **21**, (1973), 48.
- 2) 荒木邦夫, 工業材料, **21**, (1973), 23.
- 3) L. E. Cessna, J. B. Tomson and R. D. Hanna, *SPE J.*, **25** (1969), 35.
- 4) J. G. Marsden, *SPE J.*, **26** (1970), 46.
- 5) H. A. Clark and E. P. Plueddemann, *Modern Plastics*, **40** (1963), 133.
- 6) 吉岡浩, 工業材料, **22** (1974), 10.
- 7) Y. L. Fan and R. G. Shaw, *Modern Plastics*, **47** (1970), 104.

- 8) 土屋昭夫, 上村廣一, 井上利夫, 磯具時男, 工業材料, **18** (1970), 65.
- 9) 島珪次, 工業材料, **21** (1973), 23.
- 10) 佐久間勝, 工業材料, **21** (1973), 94.
- 11) 宮西德雄, 工業材料, **21** (1973), 81.
- 12) 植田義夫, 工業材料, **21** (1973), 80.
- 13) 尾崎晶子, 中村邦雄, 工業材料, **23** (1975), 45.
- 14) 宮村丈夫, 強化プラスチック, **13** (1967), 6.
- 15) 瀬川淨一郎, 強化プラスチック, **13** (1967), 3.
- 16) 井上凱夫, 工業材料, **23** (1975), 49.
- 17) E. P. Plueddemann, 27th Annual Technical Conference, Sec. 11-B (1972), 1.
- 18) R. C. Hartlein, *Amer. Chem. Soc.*, **10** (1971), 92.
- 19) E. P. Plueddemann, *J. of Paint Tech.*, **42** (1970), 1.

