

최근의 고분자 복합재료의 개발동향

Recent Research and Development of Reinforced Polymeric Composites in America

임 승 순

1. 序 論

새로운 機能性을 有하고, 熱的, 物理化學的 및 力學的 特性이 있는 材料에의 要求가 各 産業界에서 漸次 深化되어져가고 있다. 이와 같은 要求에 應하고자 하는 움직임은 이미 1960年 後半부터 始作되어 各 先進工業國에서는 高分子系 複合材料의 開發에 努力을 傾注하게 되었으며, 最近 一連의 石油 危機에 接하여 資源의 節約化 라는 點에서도 強力하게 그의 開發 및 用途分野의 擴大에 拍車를 가하고 있다.

특히 美國에서는 Society of plastics industry 를 中心으로 1970年 以後부터 強化플라스틱에 관한 symposium 을 매년 갖고 있다. 따라서 最近 入手된 1979年 SPI 의 RP/Composite 의 發表 內容과 技術의인 傾向을 간단하게 綜合 整理하여, 美國의 傾向을 알리고자 함이다. 또한 약간의 FRP(FRTP 포함)의 市場調査 data 를 添加하여, 國內 FRP(FRTP 포함)의 現況과 市場에 도움이 되었으면 한다.

2. 發表 內容의 分類

SPI 에서는 發表 內容의 論文을, 設計, 基礎 研究, 成形 加工 및 應用(marketing 을 包含) 등의 24部門으로 分類하고 있다. 이것을 더욱 仔細한 項目으로 分類하면 Table I 과 같다. Table I 은 section 別로 分類한 것이다. 研究發表의 傾

向을 表示하기 위하여, 材料, 成形 加工, 用途

Table I. 발표내용의 분류와 내용

분류	항 목	내 용	건수
재 료	SMC/BMC I	Section 2(2A-2G)	7
	SMC/BMC II	" 7(7A-7D)	4
	Resin 수지	" 6(6A-6E)	5
	충전제 I	" 14(14A-14G)	7
	" II	" 19(19A-19F)	6
	첨가제 I	" 16(16A-16F)	6
	" II	" 24(24A-24E)	5
설 계	내식장치 I (설치와 제조)	" 3(3A-3F)	6
연 구	연구 개발 I	" 17(17A-17F)	6
	" II	" 22(22A-22G)	7
	" III	" 23(23A-23G)	7
성 형 가 공	가공 개발	" 1(1A-1F)	7
	Pultrusion 성형	" 9(9A-9C)	3
	사출성형	" 10(10A-10F)	6
	수송기기—I	" 11(11A-11F)	6
응 용	내식장치—II	" 8(8A-8G)	7
	" III	" 13(13A-13E)	5
	선 박	" 4(4A-4G)	7
	고성능복합재료—I	" 15(15A-15F)	6
	" II	" 20(20A-20F)	6
	수송기기—II	" 18(18A-18G)	7
	" III	" 21(21A-21F)	6
시 조 법 규	시장조사	" 5(5A-5B)	2
	신규규제	" 12(12A-12E)	5
	발표논문 총수		139

Table II. 발표논문의 내용별 빈도

분 류	내 용	진 수		
		내용별	분류별	비 율
재료관계	성형재료 (SMC/BMC)	7	36	25.9%
	수 지	5		
	충 전 제	13		
	침 가 제	11		
성형가공법	Pultrusion 성형	3	14	10.1%
	사 출 성 형	6		
	가 공 개 발	5		
수송기기 관 계	수 송 기 기	19	37	26.6%
	항공기/자동차	12		
	가 공 법	2		
	제 료 (SMC)	4		
내식관계	내 식 장 치	18	18	12.9%
선박관계	선 박	7	7	5.1%
연 구	각종 연구개발	20	20	14.4%
시장조사	시 장 조 사	2	2	1.4%
법령규제	신 규 규 제	5	5	3.6%
발표총계		139	139	100%

研究(輸送機, 耐蝕 容器, 船), 市場 調査, 法令 등으로 나누어 보면 Table II와 같다. 今年度, 發表論文의 內容은 自動車 關係(26.6%)와 高強度 SMC(sheet moulding compound)를 包含한 材料 關係(25.9%)가 제일 많아 中心을 이룬 듯 하였다.

3. 技術的 內容과 傾向

各 section 別로 內容과 傾向을 紹介하는 것이 바람직하나 紙面 關係上 몇가지만 拔萃하여 보기로 한다.

3-1. SMC, BMC 部門

3-1-1. 樹脂를 主로 한 것

1. Celanese(2-A)社는 carbon fiber prepreg 用의 polyester 樹脂에 關하여 報告하고 있다. Carbon fiber 用으로는 通常 epoxy 樹脂가 사용되어 지고있으나 硬化時間이 길고 長期 保管에 冷蔵 施設이 必要한 等, 實際應用時 問題點이 많다. 따라서 polyester 樹脂를 使用하는 것에 着眼하게 되었다. 一般의인 polyester/styrene 架橋劑 system 에 있어서 環境汚染問題, 收縮, Bending 등

Table III. Comparative Mechanical Properties of Celion® 6000 Composites (22°C)¹

			Styrene Polyester	Vinyl Ester	Dap Polyester	"250° F" Epoxy
Tensile ²	Strength, Ksi (Mpa)		229 (1579)	208 (1434) ³	220 (1517)	221 (1524)
	Modulus, Msi (Gpa)		20.1 (139)	18.2 (125)	20.2 (139)	20.0 (138)
	Elongation		1.1	1.1	1.1	1.1
Flex ²	Strength Ksi (Mpa)		303 (2089)	224 (1544) ⁴	272 (1875)	287 (1979)
	Modulus, Msi GP(a)		20.8 (143)	16.9 (117)	17.7 (122)	19.3 (133)
Interlaminar Shear Strength. Psi (Mpa)			10,350(71.4)	8,170(56.3)	13,400(92.4)	14,000(96.5)

1. Compression mold cured at 177°C. 500 Psi (3.5 Mpa) for fifteen minutes

2. Tensile and flex properties normalized to 62.3 fiber volume for all systems except vinyl ester

3. 49.6% fiber volume

4. 53.8% fiber volume

의 문제점을 안고 있으므로 Diallyl phthalate (PAP) 架橋劑에 依한 새로운 polyester system 에 對하여 同社의 6000 carbon fiber 를 使用한 prepreg 材料의 性能을 發表하였다(Table III).

Table III.에 의하면 polyester/styrene, vinylester, epoxy 와 比較하여 引張, 屈曲強度는 거의 差 가 없으나 層間 shear strength 가 epoxy 와 同等 의 強度를 얻고 있다.

Table IV. Electrical Property Advantages of ITPTM Resin in 30% Glass/ 40% ATH Filler/ 30% Resin SMC

		A	B	C	
Composition Resin Thickener		XPL-1050 Urethane	ISO. Polyester* MgO	Commercial Iso Polyester MgO	ASTM Test Method
Surface Resistivity (ohm/square)	Initial	7.66×10^{15}	2.29×10^{16}	1.45×10^{15}	D-257
	2Weeks	1.41×10^{14}	2.10×10^{14}	1.55×10^{12}	
	4Weeks	1.90×10^{14}	1.39×10^{14}	6.77×10^{12}	
	8Weeks	1.05×10^{14}	1.83×10^{14}	1.64×10^{10}	
Volume Resistivity (o. m-cm)	Initial	1.05×10^{15}	1.10×10^{15}	1.32×10^{15}	D-257
	2Weeks	1.55×10^{14}	2.00×10^{14}	7.98×10^{12}	
	4Weeks	2.30×10^{14}	1.16×10^{14}	5.26×10^{12}	
	8Weeks	1.58×10^{14}	5.87×10^{13}	1.13×10^{12}	
Arc Resistance (sec)	Initial	181	182	181	D-495
	2Weeks	168	167	139	
	4Weeks	181	161	138	
	8Weeks	162	154	135	

All data are based on 1/8 thick plaques

* Same polyester used in the XPL-1050 resin system

Table V. Mechanical and Physical Property Advantages of ITPTM Resin in 30% Glass/40% ATH Filler /40% Resin SMC

		A	B	C	
Composition Resin Thickener		XPL-1050 Urethane	Isophthalic Polyester* MgO	Commercial Isophthalic MgO	ASTM Test Methods
Toughness					
Gardner Impact. Joules. (in/lb)		0.47(4.2)	0.31(2.7)	0.09(0.8)	NA**
Tensile Elongation Crazing Test Before 0.5% Strain		No Cracks	No Cracks	No Cracks	NA
After 0.5% Strain		Few Cracks	Many Cracks	Many Cracks	
Tensile Modulus GPa (psi $\times 10^6$)		14.5(2.11)	14.8(2.15)	13.0(1.88)	D-638
Shear Strength Short Beam Shear. Mpa(Psi)		24.97(3620)	20.14(2920)	14.70(2131)	D-2344
Water Absorption(Methoda, %)					D-570
24 Hours, 23°C		0.09	0.15	0.21	
2 Weeks		0.33	0.57	0.79	
8 Weeks		0.56	1.00	1.55	
13 Weeks		0.64	1.13	1.84	

*Same resin used in the XPL-1050 resin system

**Not available

All data are based on 1/8" thick plaques

2. ICI Americans Inc., (2E, G)는 高强度 SMC 用樹脂로서 isophthal 酸系 polyester 및 vinylester 系樹脂를 發表하고, B stage 劑로서는 polyester 樹脂의 末端基인 carboxyl 基 ($-\text{COOH}$)에 作用하는 MgO 를 利用하는 方式과 hydroxyl 基 ($-\text{OH}$)에 作用하는 urethane 系 B-stage 劑를 利用하는 2가지 方式을 채택하고 있음을 나타내었다.

또한 isophthal 酸系 polyester base 의 SMC 는 電氣 特性, 耐衝擊性, 耐水性이 우수함을 보이고 이들을 Table IV, V에 나타내었다. 한편

vinylester base 의 SMC 는 耐熱, 耐衝擊 type의 2 種類가 開發되었음을 밝히고, 耐熱 type 은 性能保持率이 93°C 에서는 75~90%, 150°C 에서 50% 以上이며, 耐衝擊 type 은 層間 shear strength 를 包含한 強度가 높고, 耐熱性 또한 높은것을 보여, 이들의 特性을 Table VI에 나타낸다.

3. Dow Chemical (11E)社는 vinylester base 의 고강도 SMC 의 各種 性能 data 를 發表하고 있다.

自動車에의 SMC 適用은 3年前頃부터 glass

Table VI. Physical Properties-Plaques Molded from 65% Glass/35% Resin SMC

Resin Thickener	Conventional Isophthalic MgO	XPL-1050 Isophthalic ITP	Conventional Vinyl Ester MgO	XPL-1054 High Temp. Vinyl Ester ITP	XPL-1056 High Impact Vinyl Ester ITP
Flexural Strength psi MPa	52,000 359 (42) ^①	55,000 379 (43)	60,000 414 (60)	61,000 421 (80)	64,000 441 (65)
Flexural Modulus psi $\times 10^6$ Gpa	2.0 13.8 (65)	2.1 14.5 (64)	2.4 16.6 (60)	2.2 15.2 (80)	2.1 14.5 (70)
Tensile Strength psi MPa	32,500 224 (50)	33,000 228 (52)	33,000 228 (70)	34,500 238 (90)	38,000 262 (45)
Tensile Modulus psi $\times 10^6$ GPa	2.0 13.8 (60)	2.2 15.2 (60)	2.3 15.9 (80)	2.5 17.2 (80)	2.3 15.9 (50)
Elongation at Break, %	2.0	2.1	1.8	1.8	2.2
Izod impact Notched Ft-Lb/in J/Cm	20 10.7	36 19.2	25 13.6	31 16.8	30 16.0
Short Beam Shear psi Mpa	3,300 22.8 (40)	3,600 24.8 (50)	4,000 27.6 (70)	3,950 27.2 (85)	6,000 41.4 (50)
Interlaminar Tensile ^② psi	500	530	590	>1500	>1500
Strength at 150°C MPa	3.45	3.66	4.07	> 10	> 10

^① Numbers in parentheses show percent retention of property when measured at 93°C (200°F)

^② ASTM C297

content 35% 以下の 通常의 SMC로부터 50~60%의 고강도 SMC로 전개되어 가고있다. Dow社는 일찍부터 vinyl ester SMC를 開發하고 있는데 그 利點으로서는

1. Epoxy resin base 이므로 耐衝擊性, 耐熱性이 좋다.
2. 末端 vinyl 基에 의하여 radical 反應이 可能하다.
3. Carboxyl 基 數에 따라 MgO 와의 增粘反應

을 制御할 수 있다.

4. filler로서 CaCO_3 의 使用이 可能하여 特性 向上效果도 좋으며 cost 面에서도 有利 등을 들고 있다. CaCO_3 의 效果例를 Fig.1에 나타낸다.

金屬材料의 代替材料로서 使用하여야 할 경우에 考慮해야 할 特性中에 우선 熱膨脹係數가 있다. 普通의 FRP의 特性은 glass content에 依存하나 熱膨脹 係數는 거의 glass content에는

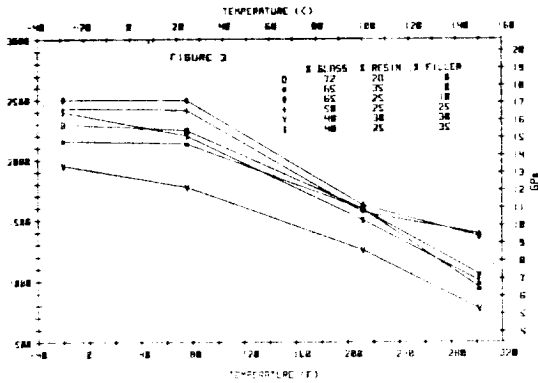


Figure 1. Effect of glass level and temperature derakane 790.

關係없이 오히려 溫度依存性이 크다. 다음에 耐衝擊性이 있는데 從來의 Izod, Sharpy 등의 Test로는 構造設計에의 適用에는 不充分하여 高速衝擊 test (rheometrics high rate impact test)가 좋다고 생각된다. 1.6~16km/hr의 속도에서의 test 結果에서 energy 吸收의 크기는 glass content에 比例하나 어떠한 glass content에서도 8~11 km/hr에서 極大를 나타내어 耐衝擊變動은 elastic에서 brittle한 樣相을 나타낸다. 直接衝擊을 받는 部品の 設計에는 充分히 考慮할 必要가 있다. 耐衝擊性的 data를 Fig.2에 표시하였다.

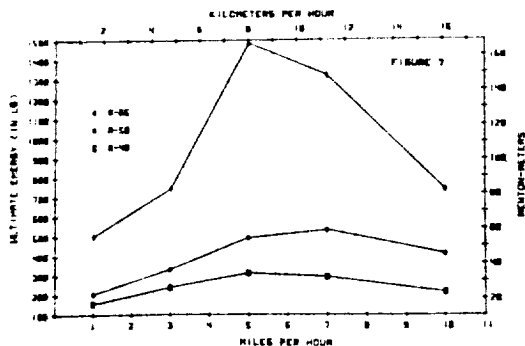


Figure 2. High rate impact study derakane 790.

3-1-2. 強化劑를 주로 한것

1. Owens corning fiberglass(11F)社에서는 폴리머 제4권 제1호 1980년 1월

SMC-R50의 機械特性에 關하여 $-40^{\circ}\text{C} \sim 121^{\circ}\text{C}$ 의 範圍에서 많은 特性 data를 수록하고 있다. 그들 중에서 2가지 例에 關하여 Fig. 3, 4에 나타낸다.

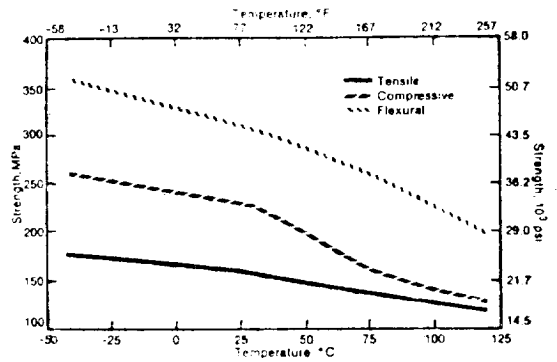


Figure 3. Tensile compressive and flexural strength vs. Temperature.

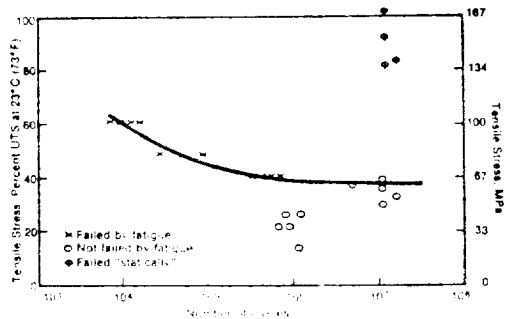


Figure 4. Tensile stress vs. number of fatigue cycles at 23°C (73°F).

2. PPG(21D)社로부터는 XMC의 新 type과 그 製造方法에 關하여 紹介되고 있다. XMC-1은 最初로 開發되어진 것으로 roving을 使用한 것이며 XMC-2는 strand로부터 製造되었다. 新 type의 XMC-3는 連續 glass는 XMC-2와 同一하나 그 외에 chopped glass를 포함한 것이다. 그 特性은 連續 glass 50wt%, chopped glass 25wt%의 경우 從來의 XMC에 比하여 纖維方向強度는 20~25% 減少하나 纖維와 直角方向의 強度는 4~5倍로 增加한다. XMC-3에

어서 全 glass 量의 chopped glass 의 比率과 강도 타낸다.
의 關係를 TableⅦ 에, 製造裝置를 Fig.5 에 나

Table Ⅶ. XMC® Composites~Physical Properties

R Chopped	Tensile Strength psi	Flexural Strength psi	Flexural Modulus psi×10	Short Beam Shear psi	Transverse Tensile Strength psi	Transverse Flexural Strength psi	Transverse Flexural Modulus psi×10
0%	100,009	173,600	6.83	9609	3582	5197	1.64
5%	97,152	168,215	6.71	9352	3715	9284	1.52
10%	95,257	164,831	6.58	9106	3996	13,090	1.43
15%	94,012	152,935	6.49	8519	4423	13,631	1.05
20%	89,961	150,270	6.39	8428	5778	16,670	0.99
25%	87,871	146,773	6.27	7910	7436	19,895	1.09
30%	83,033	141,958	6.01	7887	8651	22,365	1.07
35%	79,289	131,977	5.84	7646	10,229	22,428	1.08
40%	78,724	123,014	5.34	7478	11,566	26,569	1.25
45%	74,307	119,111	5.23	7397	11,843	26,957	1.29
50%	72,492	117,654	5.13	7307	13,963	29,155	1.38
55%	66,184	107,025	5.10	7152	16,286	33,027	1.63
60%	59,166	98,875	5.08	6968	18,163	37,475	1.92

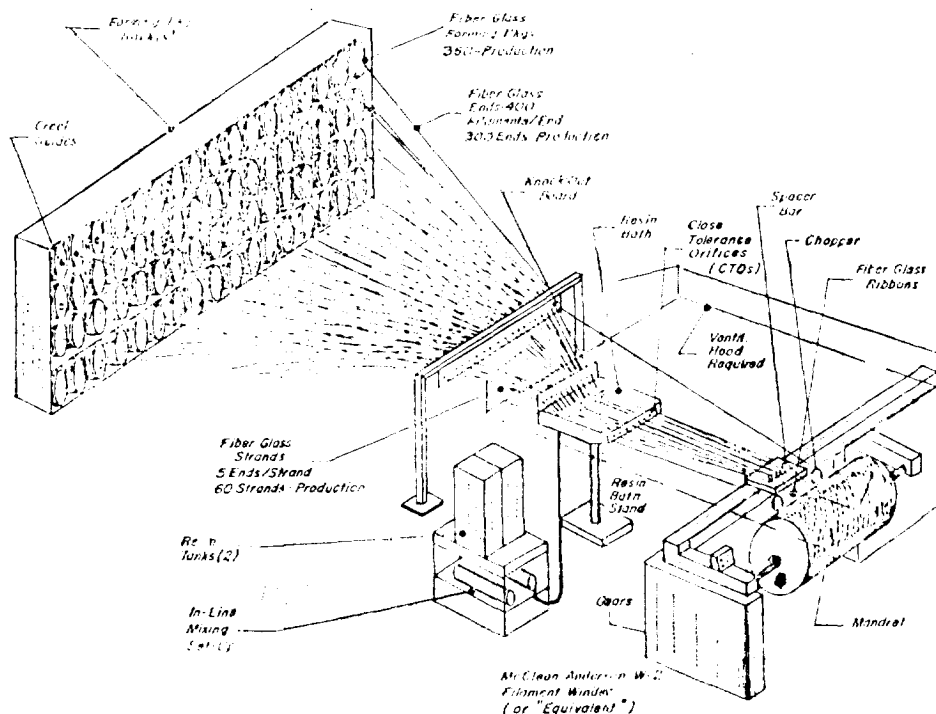


Figure 5. PPG XMC composite manufacturing equipment.

3-1-3. 碩化劑 · 添加劑를 주로한것

1. Lucidol(14F, 16B)社는 polyester의 硬化劑에 關於하여 發表하고 있는데 4種類의 diperoxyketal과 그 改良 方法으로 AZO系 開始劑의 混合系에 대하여 報告하고 있다. 그 內容은 diperoxyketal TBPB(t-butyl perbenzoate)에 比하여 硬化가 빠르며 pot life는 길어지는 特徵이 있는데 다른 開始劑와 同一하게 clay와 같은 酸性充填材와 併用하면 硬化가 늦어지며, pot life도 짧아지게 된다. TBPB와 TBPO를 併用하는 方法도 있으나 硬化가 빨라지기는 하

Table VIII. Polyester Curing Activity and Pot-life Data

NO	1phr Initiator	SPI Exotherm Data at 121°C			32°C Pot Life (days)
		Gel (min.)	Cure (min.)	Peak (°C)	
1	t-Butyl Perbenzoate	4.20	5.60	217	40
2	t BPO/tBFB ^(a)	2.30	3.13	209	12
3	LUPERSOL 331-80B	2.71	3.71	209	81
4	t BPO/LUP.331-80B ^(b)	2.20	3.07	204	40
5	LUAZO-70/LUP 331-80B ^(c)	1.85	2.79	199	56

(a) 17 Wt. % t-Butyl Peroctoate.

(b) 10Wt. % t-Butyl Peroctoate.

(c) 10Wt. % LUAZO-70

지만 pot-life가 짧아진다. 따라서 AZO系의 開始劑를 混合함에 의하여 이들을 改良할 수 있음을 나타내었고 그 例를 TableVIII에 表示하였다.

2. Armco Inc., (16D)社는 clay添加 SMC에 있어서의 wetting agent의 效果에 關於하여 報告하고 있다. Clay는 吸濕性이 좋으며, 吸濕量이 많으면 初期粘度가 높아져 增粘이 늦어지는 缺點이 있다. Clay의 表面을 疎水性으로 하는 添加劑 14種類중 初期粘度低下의 效果가 있는 6種類에 關於하여 檢討하였다.

Titanate Coupling Agents; KR-55, KR-46B

Silane Coupling agents; A-174, A-187

Proprietary Wetting Agents; LP-139, LP-133

상기 어느 것도 初期粘度低下는 15~35%의 效果가 있으나 增粘에 關하여서는 顯著한 效果는 나타나지 않는다. 다만 2시간 boiling後의

強度保持率은 Silane Coupling Agents 以外는 모두 低下하였는데 이는 化學構造的으로 反應基가 없기 때문이라 생각된다.

3-2. 輸送機器 部門

自動車를 中心으로 한 輸送機關係의 1978年度 實績은 約 25萬 ton 程度로 그중 約 18萬 ton이 polyester樹脂를 中心으로 한 FRP이다. 이와같이 輸送機用 FRP의 開發에 強力한 힘을 쏟는 이유로는 1985年度 自動車型을 最終目標로 하는 美政府의 燃料規制 때문이다.

Table K. 乘用車 燃料規制

형 식 년	1978	1980	1981	1985
규제치 km/l	7.7	8.5	9.4	11.7

또한 FRP의 高強度 構造材로서의 位置를 보다 높이기 위한 開發意欲과 그 目標을 達成하기 위한 目的으로 하는 部材의 要求性能을 組合하여 樹脂, 強化材, compound 및 그의 製造機, 成形機械 全部를 재 定立하려는 作業이 進行되어가며, 또 實用化를 爲한 研究가 촉진되는 듯한 느낌이다. 以下 各 部門別로 要約하여 보겠다.

1. 強化 RIM(Reaction Injection Moulding)

Urethane elastomer—自動車工業用의 新材料 urethane elastomer의 RIM process는 1975年 처음으로 實用化된 이래 1979年 22車種에 520萬個의 部品이 使用되었다. 用途는 計器板, bumper cover, air spoiler, air dam fender 등의 外裝部材이다.

當初에는 鋼鐵의 8배도 넘는 熱膨脹係數때문에 外裝材로의 適用에 制限이 있었으나 1975年에 GM, OCF, UCC 3社의 協力에 의해 1/16 inch의 milled fiber를 20% 混入하여 熱膨脹係數를 1/2로 減少시켜 屈曲彈性率을 2배로 올리는 데 成功하였다. 이 強化 RIM 즉 RRIM은 大型이면서 複雑한 形狀이 成形可能하며 物體와 부딪쳤을 때 形狀의 變化가 거의 없으며, 또한 耐食性도 優秀하다.

2. RRIM—自動車工業을 위한 新 Process

Ford 社內의 RRIM 成形의 開發內容을 詳細하게 發表 하였다.

現行의 射出能力은 0.5~5 kg/sec 이나 5~10 kg/sec 까지는 必要하여 short size 라도 1~25kg 은 必要하다. 纖維는 milled glass 외 많은 種類가 檢討의 對象이 되고 있다. 物理的 性能에 關하여서는 自動車用 class 의 A表面, 열에 의한 變形, 衝擊強度, 熱膨脹係數, 纖維의 配向, 屈曲彈性率, 塗裝性등에 대하여 論하고 있다. 新規開發에서는 非우레탄系 材料 즉 polyester, epoxy, vinylester 나 強化材로서 chopped fiber 를 利用하여 檢討되었다.

結論으로서 RRIM 은 自動車用 class A 表面을 갖는 外裝 panel 에 가장 有望한 素材임을 밝히고 있으나 問題點으로서 內部離型劑, 光安定性 204°C 에서의 熱安定性, chopped fiber 의 磨耗性을 갖는 slurry 를 위한 mixing head, bulky 한 纖維의 取扱을 위한 system 開發등이 있다(11-B).

3. Elastic Reservoir Molding Process (ERM)

굳이 번역을 하면 彈性體樹脂의 저장식 成形 process 로서 특이한 成形方法으로 open cell 의 軟質 urethane foam 의 兩側에 epoxy, vinylester,

polyester 등의 熱硬化性 樹脂를 含浸시키고 未含浸의 glass fiber 를 兩側에 놓고 press 하는 方法이다.

ERM 製品의 比重은 SMC 의 1.8~1.9에 비하여 0.9~1.3이나 表面의 glass 含量은 60~70% 에 達하므로 耐衝擊性이 뛰어나다. 例를 들어 2輪 trailer 의 경우 通常의 成形法으로 54kg 의 것이 ERM process 에서는 36kg 이었다. Press 壓力은 3.5~7.0kg/cm² 으로 매우 낮으므로 低價格의 簡易型이 使用可能한 利點이 있다.

4. 新次元에서의 自動車部品の 製造

自動車用 大型外裝部品の polyester 射出成形法이 開發되어 生産가동중이다.

이 process (Fig. 6)는 壓縮成形에 비하여 많은 特徵이 있는데, 그중 몇가지를 列舉하면 다음과 같다.

- A. class A 의 우수한 表面이 얻어진다.
- B. Rib, boss 의 變形이 없고 塗裝前에 sanding 이 必要하다.
- C. 輕量이다(比重 1.6).
- D. 치수 精度가 좋다.
- E. 強度가 均一하다.
- F. Rib 를 多用하므로 얇게 成形可能하다 등이다.

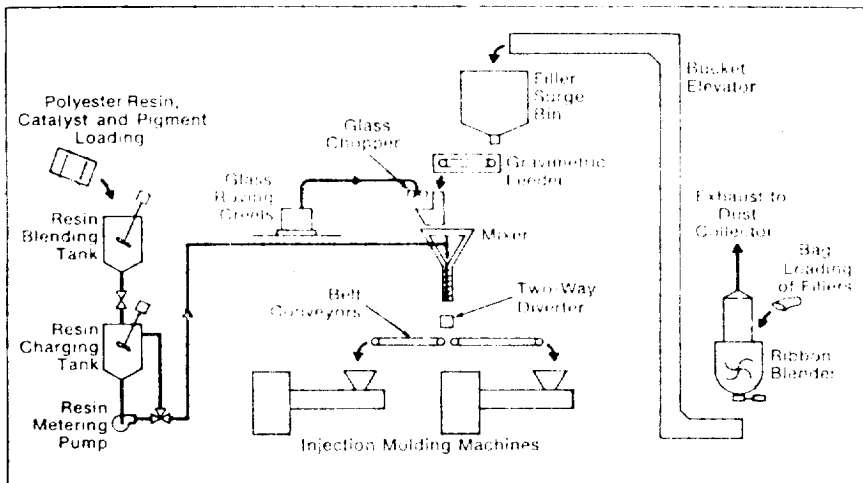


Figure 6. Schematic of Bailey's "total system" for mixing and molding polyester.

또 工程面에서의 特徵은 壓縮成形에 비하여 硬化 cycle이 20~25% 短縮可能하다는 것과 計量, 混合부터 全工程을 自動化할 수 있다는 점이다.

現在 Ford社의 Mustang의 grill opening panel을 비롯하여 8車種의 外裝部材로 사용되고 있음을 밝혔다(18-C).

이 밖에 많은 報文이 있으나 紙面關係上 2~3의 題目만을 列擧하여 보면 section 21-A의 強化複合材 wheel關係의 輕量 wheel과 section 21-B의 乘用車用 高强度 plastic bumper와 21-C의 構造用 SMC製 車輪 cover 등이 있다.

3-3. 耐食部門

耐食部門의 發表는 設計와 成形, 應用製品, 耐食試驗, 設計基準에 關하여 행하여졌는데 2~3개 紹介하겠다.

1. Uranium 製鍊工程에의 FRP 利用

uran 鑛石으로부터 yellow cake로 불리우는 粗製鍊의 段階와 yellow cake로부터 金屬 uran을 얻는 精製鍊의 2段階 製鍊이 있는데, FRP 機器는 粗製鍊의 段階에 應用되고 있다. Uran 鑛石의 採鑛方法中 溶液에 의한 方法을 Fig. 7에

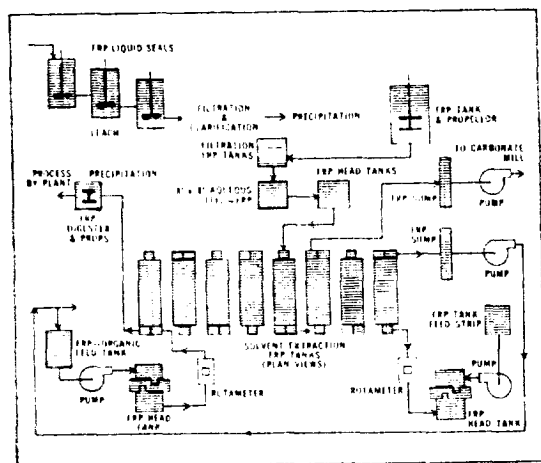


Figure 7. Flow sheet for solvent extraction process showing very extensive use of fiberglass reinforced plastic (FRP) equipment(units and lines are shaded).

나타내어 工程中 FRP를 使用하는 部分을 표시한다.

Table X은 bisphenol系 polyster 樹脂(Atrac 382)의 ASTM C-581에 의한 試驗結果로 耐食條件을 充分히 만족시켜 耐食機器分野에 使用할 수 있음을 밝혔다.

Table X. Results of Atrac 382 by ASTM C-581

Environment	Test Temp.	% Ret. Flex.	% Ret. Mod.	Barcol	Appearance
Diethyl hexyl-phosphate/20% in Kerosene	Ambient	110	101	36-42	Good
25% Na ₂ CO ₃	150°F	85	104	39-42	Good
0.05M diethyl-hexyl phosphoric acid and 0.125M trioctyl phosphine oxide in Kerosene	Ambient	99	101	40-42	Fair
20% NH ₄ NO ₃	200°F	73	93	32-35	Good
Sat. FeSO ₄ /10% H ₂ SO ₄	175°F	89	98	33-37	Good
0.5M dioctyl phenyl phosphoric acid in Kerosene	Ambient	107	102	38-42	Fair
20% Na ₂ CO ₃ /15% NaHCO ₃	175°F	95	98	32-38	Good
15% Ca(OH) ₂	150°F	92	96	37-39	Fair
25% Molybdic acid	150°F	88	96	33-36	Good
5% NaOH	175°F	53	83	23-31	Fair
25% H ₂ SO ₄	175°F	90	100	30-38	Good
15% HCl	200°F	79	87	34-38	Good

2. 耐蝕改良 Type 樹脂에 관한 報文

새로운 brominated novolac base vinyl ester 樹脂에 關하여 各種 uranium 再生法(磷酸法, 銅探鑛法)의 有機藥品, 水性藥品에 關해서 6個月 동안의 data를 나타내고, FRP 機器로서, 充分한 特性이 있음을 밝혔다. 또 160°C 以上の 溫度에서 長時間 處理했을 때의 屈曲強度, 彈性係數 保持率을 나타내고 있다(Table XI). (8-B)

또 premix用 高特性 vinyl ester 樹脂의 BMC는 高强度이고 20% NaOH, 165°F에서 6개월간의 浸漬結果가 뛰어난을 밝혔다.

3-4. 其 他

強化型 熱硬化性 樹脂 以外에도 強化型 熱可塑

Table XI, Heat Aging Continuous Exposure Flexural Modulus Retention Flexural Modulus PSI $\times 10^{-5}$

	Original	3 Months	6 Months	9 Months	12 Months
400°F					
Derakane* 470	12.7	11.4	10.0	8.3	—
Derakane 510N	11.4	F	F	—	—
Derakane 510A	11.9	F	F	—	—
Chlorendic Acid Polyester	10.4	F	F	—	—
380°F					
Derakane 470		10.9	12.3	12.7	12.5
Derakane 510N		9.2	3.7	—	—
Derakane 510A		3.6	—	—	—
Chlorendic Acid Polyester		—	—	—	—
360°F					
Derakane 470		10.6	11.5	11.6	11.5
Derakane 510N		13.1	11.9	13.1	F
Derakane 510A		10.7	1.4	—	—
Chlorendic Acid Polyester		8.6	F	—	—
320°F					
Derakane 470		13.2	12.0	11.7	11.0
Derakane 510N		12.7	13.0	12.6	12.6
Derakane 510A		11.0	12.7	13.2	12.1

*Trademark of The Dow Chemical

Table XII. 美國 FRP 의 市場別出荷量(SPI 에 의한 集計)

市 場	1977 實 績	1978 推 定		1979 豫 測	
	MIL (千 ton) Lbs	MIL (千 ton) Lbs	對前年比 增加率(%)	MIL (千 ton) Lbs	對前年比 增加率(%)
航 空 · 宇 宙	21 (9.5)	22 (10.0)	4.8	23 (10.4)	4.5
機 械 裝 置	112 (50.9)	123 (55.8)	9.8	130 (59.0)	6
建 設	286 (129.8)	323 (146.6)	12.9	342 (155.3)	6
消 費 材	107 (48.6)	116 (52.7)	8.4	125 (56.8)	8
耐 食	192 (87.2)	216 (98.1)	12.5	233 (105.8)	8
電 氣	147 (66.7)	170 (77.2)	15.6	180 (81.7)	6
船 舶 · 舟 艇	400 (181.6)	430 (195.2)	7.5	451 (204.7)	5
陸 上 輸 送	475 (215.7)	532 (241.5)	10.1	580 (263.3)	9
他	70 (31.8)	74 (33.6)	5.7	77 (35.0)	4
計	1,813 (823.1)	2,006 (910.7)	10.6	2,141 (972.0)	6.7

(注) 熱硬化性樹脂, 熱可塑性樹脂, 補強材, filler 를 포함

性樹脂(一般的으로 FRTP 라 稱하고 있다)의 製法 및 物性에 관한 報告가 있으나 例年에 比하여 그 發表數는 적은 편이었다. 이는 各製造會社가 技術保護를 위하여 秘密로 取扱하는 경

우가 많기 때문이라고 생각된다.

以下 參考로 美國 및 Europe 의 FRP 와 FRTP 의 出荷量을 提示하면 Table XII, XIII 과 같다.

Table XII 의 SPI 의 推定은 1978 年의 美國 FRP

Table Ⅲ. Europe 各國의 FRP 市場

		1977 千 ton	1978 千 ton	對前年比 伸長率 (%)
FRP	船 舶 · 舟 艇	83	87	4.8
	建 築 · 建 設	114	120	5.3
	消 費 材	47	49	4.2
	電 氣 · 電 子	62	64	3.2
	工 業 機 械	26	27	3.8
	pipe 容 器	80	85	6.3
	陸 上 輸 送	72	77	6.9
	他	8	8	0
	計	492	517	5.1
FRTP	計	81	85	4.9

Table Ⅳ. 不飽和 Polyester, Epoxy 樹脂의 出荷(MPI의 推計)

樹 脂	1977 (千ton)	1 9 7 8	
		千 ton	對前年 伸長率 (%)
Polyester (RP 用)	370	412	11.4
波 板 · 平 板 用	(60)	(72)	—
FRP 一 般 用	(310)	(340)	—
Epoxy (RP 用)	20	23.7	18.5
電 絕 積 層 板 用	(9)	(10.2)	—
F W 用	(8)	(9.5)	—
他	(3)	(4)	—

(注) 補强材, filler 는 不포함

Table Ⅴ. FRTP의 出荷量 (SPI의 集計에 의한)

1 9 7 7	1 9 7 8 推 定		1 9 7 8 豫 測	
MIL Lbs (千 ton)	MIL Lbs (千 ton)	前 年 比 伸長率 (%)	MIL Lbs (千 ton)	前 年 比 伸長率 (%)
187 (84.8)	214 (97.1)	14.5	242 (10.48)	13.1

Table Ⅵ. FRTP의 出荷

	1977	1978	
	千 ton	千 ton	對前年比 伸長率 (%)
Nylon	17	16	11.8
PBT, PET	16	22	37.5
PP	30	34	13.3
PS, AS, ABS, SAN	13	14	7.6
其 他	9	11	22.2
計	85	100	17.6

市場은 907,000 ton 에 達하여 이는 前年の 823,000ton 에 對하여 10.6%의 伸張을 보이고 있다.

Modern plasticis international 에 의하면 複合材料用樹脂의 出荷量은 Table Ⅳ와 같다. 高分子系複合材料의 大部分은 熱硬化性樹脂에 의한 것이나 熱可塑性樹脂도 着實하게 伸長되고 있다. 1978년에는 全 FRP 907,000 ton 중 10.7%에 해당하는 97,000 ton 이 FRTP 로 前年比 14.5%의 伸長率을 보이고 있다. FRTP 의 市場은 陸上輸

Table Ⅶ. 1978年 西獨의 FRP 市場

	千 ton	比 率 (%)
船 舶 · 舟 艇	7	4
建 築 · 建 設	27	16
消 費 材	11.6	7
電 氣 · 電 子	42	25
工 業 機 械	18.7	11
pipe · 容 器	22	13
陸 上 輸 送	27.2	16
其 他	14.5	8
計	170	100

(但, FRTP 42 千ton 을 포함)

送部門의 發展이 顯著하며 그 중에서도 自動車分野에의 應用에 있어 重量輕減을 위하여 material performance 가 우수한 材料로 代置하려는 움직임이 서둘러지고 있음을 나타낸다. TableⅤ와 Ⅵ에 FRTP 의 出하량과 樹脂別 出荷量을 나타낸다.

한편 Europe 에 있어서 TableⅦ의 modern plastic 의 集計는 全體로서 完만한 成長 (77年比

約 5%의 伸長率)을 하였으나 1979년 以後는 이 伸長率을 크게 웃돌아 成長할 것이라고 豫測되고 있다. 끝으로 Table VIII에 서독의 FRP 市場만을 用途別로 나타낸다.

4. 結 論

以上과 같이 高分子系, 즉 플라스틱계의 複合材料에 關한 關心度는 매우 높아 廣範圍한 分野에서 실제로 多用되고 있으며 그의 研究活動도 多樣하게 이루어지고 있다. 특히 이제까지의 2次副材로서의 用途에서 構造的用途로 進展하고 있어 新規材料나 새로운 process 보다는 從

來開發되어진것의 修正 내지는 補完 혹은 基礎 data의 철저한 검토에 重點을 두고 있는 것이 傾向인것 같다. 따라서 構造設計를 위한 長期疲勞, creep 등의 data가 重要하게 處理되어진 느낌을 받았으므로 材料特性의 紹介에 力點을 두었다.

現在의 韓國과 같이 이제 高分子系 複合材料의 시대에 첫 발을 내딛는 순간에 있어 많은 研究投資가 있어야 함은 물론이며 先進 諸外國의 技術的, 學問的 Data를 조사 檢討하여 蓄積하여 두는 것이 先行되어야 한다고 생각한다. 그러한 의미에서 본 원고가 의미를 갖는다고 여겨진다.

— 폴리머 기술 뉴스 —

建 築 用 플 라 스 틱

現在 建築分野에 사용되고 있는 폴리머材料는 10種類에 달하고 있는데 소련에서 광범위하게 사용되고 있는 것은 PVC, 아크릴이나 메타아크릴로 만든 製品이다.

PVC는 建材, 裝飾, 斷熱材, 파이프類, 家具類等 廣範圍한 分野에 응용되고 있으며 아크릴이나 메타아크릴을 이용한 製品도 PVC 보다는 가격이 비싸지만 많이 응용되고 있다.

最近에는 폴리아크릴레이트를 基材로 하는 混合處方物이 製造되고 있는데 즉 폴리아크릴레이트에 珪矽을 수용성에珪矽塗料를 原料로 사용하면 耐熱性, 透明性이 우수한 塗膜을 얻을 수 있다.

소련의 理化學研究所에서는 建築에 利用이 가능하다고 생각되는 20여종의 폴리머材料를 이용하여 耐衝擊性, 耐候性, 耐熱性, 耐磨耗性이 우수하고 製造 및 加工技術이 용이하며 또 라이나를 配合하여 物性的 向上, 製品코스트의 引下등을 복합적으로 研究한 結果, 폴리아크릴 올리고머配合物이 우수하다고 발표하였다.

이 材料에 라이나를 配合하면 耐熱性이 120°C에서 140°C로 上昇하며 유리와 같은 表面을 가지고 各種의 色으로 着色이 가능하다. 또 耐熱性, 耐腐蝕性이 우수하여 建築工業에 광범위하게 이용할 수 있다.

비닐樹脂사이에 구멍이 뚫린 金屬製 시이트나 網을 壓着하여 製造한 強化비닐建材도 開發되었다. 이는 特殊鋼에 필적하는 것으로 汚物處理, 建築등에 사용하면 使用期間이 길고 重量도 감소시킬 수 있다.

또 輸送파이프用 注型材料로 사용할 경우 이 材料의 物性은 다음과 같다.

切斷抗張力	400kg/cm ²
切斷伸度	10%
Notch 耐衝擊強度	20°C에서 40 kg·cm ²
Bika 耐熱準度	60~80°C

〈IIACCT, MACC, No. 9, 1978〉