

# 複合材料의 技術現況과 展望

바야흐로 複合材料는 各가지 素材의 複合으로 多量의 產品이 발표되고 있다. 各개의 素材는 溫度, 強度, 機能性 등 長短點을 가지고 있으나 이들의 長點을 複合化함으로써 새로운 特性을 가진 材料를 만들 수가 있다. 이제부터의 產品 전개는 基礎材料의 特性이 最善적인 產品의 性能을 결정하는 요인이 된다. 지금까지 일 반화되고 있는 것에 비해 潛在化되어 있는 비 율이 높다고 생각되고 있으며 앞으로 各방면에서 複合化 技術의 확립이 추진될 것으로 전망 되고 있다.

## 1. ACM

複合材料는 素材 各유의 特性을 複合하여 보 다 高性能化, 高機能化를 꾀하기 위해 개발되고 있다. 유리纖維와 金屬, 有機·無機材를 포 함함으로써 새로운 特性이 개발되어 이미 炭素纖維와 아라미드纖維, 纖維強化 플라스틱(FRP), 纖維強化金屬(FRM) 등 새로운 素材가 잇달아

발표되고 있다. 이들 新素材는 종전의 복합재 료보다도 高性能을 가지고 한층 高機能性의 개발이 추진되고 있기 때문에 「ACM」이라 불리우 고 있다. Advanced Composite Material의 약 자로 先進 또는 光端複合材料로 번역되고 있다.

가. 고무系도 개발

ACM은 한 분야에 그치지 않고 FRP 라든지 FRM 등 외에 Ceramics 複合材料, 고무系 複合 材料분야에서도 개발되고 있다.

나. 高強度, 高彈力性을 要求

이 ACM을 유리纖維 強化材와 不飽和 폴리 에스터 樹脂와의 複合에 의한 FRP분야에서 생 각하면 輕量이면서도 高強度, 高彈성이 요구된다. 比強度, 比彈性を 各종 複合材料와 비교하여 圖式化하면 比剛性率에서 炭素 / 나일론66, S 유리 / 에폭시 등 보다 높고 比強度로는 炭素 / 알루미늄, 알루미늄 / 마그네슘보다 높은 범위 에 들어간다.

通産省이 81년도부터 시작한 「次世代 産業基 盤 技術연구개발제도」에 의한 ACM 개발 목표에 서는 FRB에 대해 ① 1方向 強化材의 引張強 度는 常溫에서 2.35GPa(240kg f/mm<sup>2</sup>) 이상(信 賴度 90% 이상) ② 溫度 250℃에서 ①의 強度 의 90% 이상을 유지한다는 두가지 點을 들고 있다.

이와 같이 ACM은 특히 耐熱性을 비롯한 極 限環境에서의 性能 향상 등 폭넓은 사용 환경 에 충분히 耐用 可能한 機能材料로서의 새로운 전개가 이루어지고 있다.

ACM은 이와 같은 상황 속에서 새로운 素材 의 개발을 추진, 高性能化, 高機能化로 새로운 단 계로 이행중에 있다.

다. 두가지 要素 複合

그림에 複合材料의 構成素材를 強化材와 Ma- terics로 나뉘어서 표시했다. 이 두가지 要素의 複合으로 ACM은 各가지 종류가 가능하다. A- CM용 섬유強化材로서는 炭素纖維, 보론纖維 등 各종 無機纖維, 有機纖維, 金屬纖維 등이 60년 대로부터 70년대에 걸쳐 등장했다. 이미 炭素纖維와 아라미드纖維 등이 工業적으로 생산되었고 이외에도 우수한 기계적 特性을 가진 섬유를 總 稱하여 「新纖維(New Fibre)」로 불리우고 있다. 주된 強化材로서는 플라스틱系, 金屬系, Ce-

ramics系 등이 사용되고 있으며 플라스틱系로서는 耐熱性이 우수한 Materics의 개발이 중요한 과제가 되고 있다.

耐熱性 樹脂개발로는 에폭시에 高耐熱性 骨格과 疎水性 骨格을 도입하여 架橋密度를 制御함으로써 耐熱性, 耐水性의 향상과 다른 物性에 대한 向上을 꾀하는 연구도 진행중에 있다. 또 수지의 Formulation에 관한 연구도 진전되어 성과를 올리고 있다.

ACM용의 Materics 材料의 대표적인 樹脂의 特性을 표로 나타내면 FRP에 사용하는 不飽和用 Polyester로는 引張強度가 59~78MPa, 彈性係數가 3.5~4.6MPa로 높은 수치를 나타내고 있다. 이외에 폴리에스터·에터·케톤(PE-EK)을 비롯한 高機能 熱可塑性 樹脂도 왕성하게 적용되고 있다.

라. 뛰어난 機械의 特性

일반적으로 複合材料는 뛰어난 기계적 特性을 기초로 高機能性에 더하여 치수安全性의 向上 등과 같은 多機能化, 그리고 용도에 맞춘 설계를 할 수 있는 材料로서도 뛰어난 특징을 갖고 있다.

이하에 ACM으로서의 特性을 살리기 위한 주요사항을 든다.

- ① 輕量構造材로서의 活用
- ② 比強度, 比剛性의 向上
- ③ 耐衝擊性의 向上
- ④ 耐疲労性, 耐크리브性의 向上
- ⑤ 耐摩耗性의 向上
- ⑥ 耐蝕性의 向上

⑦ 炭素纖維의 사용에 의한 導電性의 賦与

⑧ 하이브리드化의 活用

현재 일부에서 실용화되고 또한 응용이 검토되고 있는 분야로서는 항공, 우주, 스포츠, 레저, 醫療機器, 自動車 등, 산업기기와 電氣관계로는 電波反射性이 뛰어난 炭素纖維를 無線機室의 遮蔽에 사용하는 방법과 일반 가정용 안테나로의 응용이 주목되고 있다.

또 炭素纖維를 사용한 FRP(CFRP)로는 電氣的 特性으로서 通電發熱, 帶電防止, 傳導性 등을 들 수 있으며 直流모터 브러시, 電極, 電池, 帶電防止롤러, 靜電塗裝對壁 등의 용도가 생각되고 있다.

ACM의 成型法을 보면 가장 많이 사용되고 있는 와인딩成型法을 비롯하여 프레스 成型法, 오토크레이브 成型法, 射出成型法 등이 있으며 電子部品用으로서 射出成型法이 중심이 되고 있다. 오토크레이브法은 減壓에 의한 脫泡에 加熱加壓에 의한 硬化를 가미한 것이다.

마. 公式統計는 없다.

ACM은 현재까지 新分野로서 알려지고 있어 공식 통계자료가 없다. 다만, CFRP 관련 주요 생산국 동향에 대해 推定 수요 추이가 약간 있을 뿐이지만 앞으로 複合材料분야가 보다 명확해지면 시장에 널리 침투함에 따라 통계로 정비될 것으로 생각된다. 또 이에 따라 ACM의 용어도 일반에게 알려져 현재 新素材라고 애매하게 표현되고 있는 用語 대신 보다 구체화된 형태로 받아들여질 것이다.

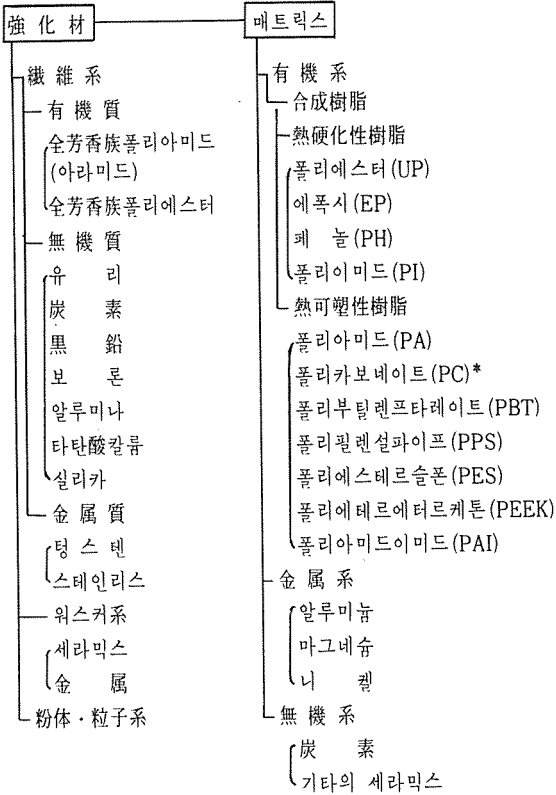
(자료제공=強化플라스틱協會)

ACM用 매트릭스의 種類와 그의 物性

種 類	密 度 (g/cm <sup>3</sup> )	引 張 強 度 (kgf/mm <sup>2</sup> )	彈 性 係 數 (MPa)
不飽和 폴리에스터	1.14~1.23	6~8	{59~78}
에폭시	1.15~1.35	5~7	{49~67}
비스말레이미드	1.29	5~6	{49~59}
폴리이미드	1.40	10	{98}
PEEK	1.30	16	{157}
PAI	1.38	12	{118}
폴리아미드	1.14	8	{78}

資料: 強化플라스틱協會

## ACM用の素材



## 2. 플라스틱磁石

複合材料 가운데 FRP, FRM 등과 마찬가지로 일반화되고 있는 것이 플라스틱磁石이다. 플라스틱樹脂粉에 웨라이트라든지 稀土類의 磁粉을 섞어서 成型하기 때문에 加工性이 플라스틱과 동등하게 射出成型法으로 대응할 수가 있으며 燒結磁石 수준의 磁力를 갖고 있다. 電子部品の 「輕薄短小」 욕구에 적합하고 加工성이 뛰어나기 때문에 燒結磁石에 대신하여 사용되는 케이스가 증가, 모터를 비롯한 電子部品, 複寫機, 팩시밀리, VTR 등에서 사용이 늘어나고 있다.

플라스틱磁石의 연구개발은 20년 이상이나 이전에 행해지고 있었으나 精度와 磁氣特性면에서 문제가 남아 대량의 수요 개척을 못해 실용화되지 못했다. 그후 일부 시트部品이 실용화되어 플라스틱/고무磁石의 시장이 탄생했다.

가. 生産量은 不明確

현재 磁性材料의 生産통계는 電子材料工業會가 매월 집계하고 있으며 동향을 명확하게 파악할 수 있으나 플라스틱磁石에 대해서는 ① 複合材料이기 때문에 素材別의 통계를 종합할 필요가 있으며 ② 모터메이커가 内装용으로 생산하는 경우도 있기 때문에 材料단계의 量이 불투명하고 ③ 통계를 집계하는 공적인 기관이 없는 등 복잡한 사정이 있다. 또 成長中인 분야이기 때문에 각사가 모두 판매전략상의 이유로 自社の 生産량을 밝히지 않은 경향이 있으며 신규 참가를 예정하고 있는 메이커를 견제하는 뜻도 있다고 한다.

시장규모는 일반적인 견해로는 연산 2,000톤, 금액으로 60억~100억엔이 된다. 메이커가 試算한 바로는 마그엑스社의 경우 同社만으로도 시트磁石을 연간 1,000톤 생산하고 있으며 인젝션 등을 포함한 전체 규모는 5,000톤 전후로 보고 있다. MG社의 試算에 따르면 84년에 웨라이트系 고무/플라스틱磁石이 1만 1,000톤, 약 100억엔, 稀土類 플라스틱磁石이 50톤, 약 20억엔이 된다. 分類범위가 다르기 때문에 비교할 수가 없으나 新素材로서는 이미 충분한 시장을 형성하고 있다고 한다.

각 메이커의 対応 형태를 보면 ① 磁粉메이커, 樹脂메이커가 原材料를 出荷하고 ② 이를 구입하여 練混, 페렐로 만들어 판매하고 있으며 ③ 페렐을 구입하여 成型品으로 出荷하는 3단계로 大別할 수가 있다. 이 가운데 全部를 만드는 메이커로부터 成型加工만의 메이커까지 다양 각색의 형태가 있다. 가공에는 다시 後処理를 추가할 뿐만 아니라 自社製品에 부품으로서 사용하는 다음과 같은 단계가 계속되는 때도 있다.

나. 40~50社가 판매

成型品을 판매하고 있는 메이커는 40~50社에 이르고 있는 것으로 보이는데 磁性材 메이커에 한하지 않고 다른 분야로부터의 参加가 활발하다. 樹脂, 非鉄金屬, 纖維의 각 메이커에 더하여 建材, 석유 등도 잇달아 진출하고 있으며 바야흐로 磁性材 메이커와 互角의 시장개발을 하고 있으며 전문메이커가 없는 것도 특징이다.

플라스틱磁石은 燒結磁石과 마찬가지로 웨라

이트系와 稀土類로 분류할 수 있으며 稀土類로는 대부분이 서머롭 코발트 합금이 차지하고 있다.

일반적인 특성을 異方性 磁石을 例로 最大에너지積(MGOe)으로 비교하면 燒結로는 웨라이트가 3.0~4.5, 稀土類의 2~17系가 24~28, 동 1~5系가 16~24이다. 플라스틱 磁石으로는 웨라이트가 1.2~1.9, 稀土類의 2~17系가 6~10(모두 射出成型)이다. 稀土類의 플라스틱 磁石은 射出成型에서 8~10이 現단계로서는 實用수준이지만 작년 가을에 東北金屬工業이 11까지의 제품을 발표했다. 기술적으로는 15가 한계라고 하는 만큼 제품수준으로는 거의 全性能을 끌어냈다고 할 수가 있다.

좀 더 부연한다면, 앞으로의 개발전망으로는 燒結의 稀土類 磁石에서는 41MGOe에 達하는 제품도 개발되어 곧 50의 壁을 돌파할 것으로 예측되고 있고 이들의 기술을 도입하면 鉄, 네오뎀 등과 같은 材料에 의한 超高性能 稀土類 플라스틱 磁石의 개발도 꿈만은 아니다.

다음 MG의 濱野正昭 取締役 開發本部長(工學博士)이 집계한 자료에서 앞으로 기술면에서 두드러진 전개가 예상되는 稀土類 플라스틱 磁石의 現황과 시장전망을 소개한다.

▲稀土類 플라스틱 磁石의 特徵과 位置 = ① 磁氣特性面에서는 燒結 웨라이트 磁石과 燒結 稀土類 磁石의 중간에 있으며 使用製品의 磁氣設計上의 폭이 넓어지며 ② 通常의 플라스틱 成型法으로 제조할 수 있기 때문에 燒結 磁石으로는 불가능했던 복잡한 형태와 얇은 형태로 가공할 수가 있으며 ③ 또한 인서트와 아웃서트 등에 의한 다른 부품과의 1체成型이 가능하며 ④ 이에 따라 組立工程의 감소와 코스트 다운이 가능하며 ⑤ 量産性·치수精度가 뛰어나 재료 이용률이 좋기 때문에 低코스트로 생산성이 좋으며 ⑥ 래디얼 異方性의 多極着磁를 쉽게 할 수가 있으며 ⑦ 海外에서는 2~3社밖에 제조하지 않기 때문에 市場擴大가 가능하다.

▲成型法 = 圧縮成型法과 射出成型法이 있다. 熱硬化, 圧縮成型에 의한 磁石은 2液性의 에폭시 樹脂와 稀土類 磁粉인 混合物을 磁場中에서 圧縮成型·加熱硬化하여 제조한다. 이 방법은 磁粉의 充填密度를 높게 할 수 있어 磁束密度

가 큰 磁石을 얻을 수가 있다. 그러나 한편에서는 연속 양산하기가 어려우며 樹脂分이 적기 때문에 제품이 잘 부러지는 결점을 갖고 있다.

다. 磁場中에서 射出成型

熱可塑性, 射出型에 의한 磁石은 前述한 바와 같이 미리 稀土類 磁粉과 樹脂를 熱練混하여 페렐을 만들어 이를 磁場中에서 射出成型한다. 결점으로서의 페렐의 流動 限界가 있기 때문에 磁粉의 充填率을 높일 수 없음을 들 수가 있다. 실질적으로는 燒結 磁石의 절반의 最大에너지積이 射出成型 플라스틱 磁石의 最高値로 예상된다.

▲射出成型 磁石의 課題(磁氣特性和 製品單價) = 磁氣特性의 向上에서는 磁場中에서의 射出成型이라는 조건으로 봐서 磁性의 固有保磁力은 中程度의 것이 좋다고 할 수가 있다. 너무 크면 粉體粒子를 配向시키기 위한 磁場을 크게할 필요가 있다. 磁粉의 保磁力으로서 8 MGOe前後가 적절하다. 保磁力이 지나치게 적으면 최대 에너지積이 적은 磁石이 되어 적당치가 않다.

配向度의 문제로는 異方性和 等方性이 있다. 等方性 磁石은 磁場을 걸지 않고 成型하며 特定 方向에 磁力을 갖지 않은 랜덤 方向의 粒子로부터 되어 있다. 異方性 磁石은 等方性 磁石에 비해 최대 에너지積이 약 3분의 1로 低下한다. 이 때문에 配向度(異方性化)의 검토가 중요하며 구체적인 수단으로서는 ① 適當한 保磁力의 磁粉을 사용한다. ② 配向用의 磁場을 크게 낼 수 있도록 設計하는 것 등을 들 수가 있다.

가격면에서는 燒結 웨라이트 磁石에 비해 수십배 높고 코스트 퍼포먼스의 면에서는 燒結 稀土類 磁石보다도 뒤진다. 개선방법으로는 ① 플라스틱 磁石用 磁場을 양산하는 등 材料의 가격低減 ② 自動化·省力化和 金型의 耐用性 向上 등 工程 코스트의 低減 등이 생각된다.

▲射出成型 稀土類 磁石의 展望 = 앞으로의 用途擴大로는 燒結 웨라이트 磁石과 燒結 稀土類 磁石분야의 置換이 첫째로 생각된다. 전자에 대해서는 보다 소형 고성능화의 메리트가 있으며 後者에 대해서는 低코스트와 사용하기 쉬운 것이 메리트가 된다. 그러나 금후의 方向으로서는 1 体型과 複雜形狀 등 加工性이 좋고 래디얼 異

方化의 多極着磁 등 정밀성을 살리는 新分野로  
의 전개가 유망하다.

表 1 稀土類 플라스틱 磁石의 応用分野

応用分野	用途
回轉機器	각종 小型精密모터(스텝핑모터, 코어레스 모터, 브러시레스모터 등), 小型 發電機, 타이머 回轉子, 磁氣 베어링 등.
音響機器	스피커, 헤드폰, 이어폰, 마이크로폰, 픽 업, 電磁부저 등.
計測·通信機器	센서, 릴레이, 라인 프린터, 리드 스위치, 미터類(스피드, 타코, 암페어, 볼트 등), 進行波 등.
기타機器	磁氣 스프링, 마그네틱 룰, 液面센서, 磁氣 서터, 오일 크리너, 磁氣 카플링 등.
日常用品	도어록, 玩具, 磁氣治療, 裝飾品, 스포츠 用品 등.

表 2 稀土類系 磁石의 特徵 比較(84年度)

對17系磁石	燒結磁石	圧縮成型磁石	射出成型磁石
最大磁氣에너지積	24~28MGOe	13~17MGOe	6.5~8.5MGOe
磁石코스트(円/9)	40~55	35~50	30~45
量産性	小(燒結工程必要)	中	大
치수精度	惡(아무리加工必要)	良	優(±0.03mm)
脆弱性	大(단단하고관부스러기)	中	小
複雜形狀	不可	可	충분히可
輕量性(g/cm <sup>3</sup> )	小(d=8.4)	中(d=7.2)	大(d=5.7)
一體成型	不可	可	충분히可
래디얼異方性	不可	可	충분히可
使用限界溫度	~250℃	~130℃	~150℃
1cm 당 코스트 퍼포먼스	1	1.0~1.3	1.4~1.7

燒結磁石은 市販品の 平均의 數值, 圧縮成型磁石은 세이코 엔  
스의 SAM-17, 射出成型磁石은 MG의 RN-8을 對象으로 했다.  
또, 磁石코스트는 推定. 資料: MG

P. 42에서 계속

금년의 예측으로는 작년과 거의 같은 수준에서  
추이, 3월경부터는 상향 커브를 그릴 것이라

는 전망이 나와 있다.

磁性材料生産推移

單位: 重量(톤)  
金額(100만엔)

部門	製 品	75 年	76 年	77 年	78 年	79 年	80 年	81 年	82 年	83 年	84 年
軟 質 金 屬		6,670	10,117	8,482	10,405	11,568	11,512	10,895	8,396	10,509	11,393
		5,470	9,850	8,421	9,599	11,052	12,572	13,247	11,938	14,690	17,161
軟 質 燒 結	소프트헤라이트	12,867	19,565	17,762	19,762	21,428	24,911	23,616	19,545	26,708	37,642
		35,000	52,106	46,583	46,357	49,916	57,716	63,392	59,062	76,187	91,247
小 計	圧粉磁心	64	102	114	214	70	45	59	78	78	115
		420	671	753	785	653	625	662	762	791	1,171
小 計		12,931	19,667	17,876	19,976	21,398	24,956	23,675	19,623	26,786	37,757
		35,420	52,777	47,336	47,142	50,569	58,341	64,054	50,824	76,978	92,418
永 久 磁 石	鑄造磁石	6,129	8,260	6,163	5,102	4,179	3,521	3,053	2,561	2,545	2,616
		12,434	19,452	16,817	15,830	20,918	21,433	18,783	13,739	12,193	12,794
	헤라이트磁石	15,400	24,898	32,034	35,769	41,787	51,488	52,663	48,731	58,838	70,120
		10,864	17,051	22,597	24,222	27,699	35,515	39,113	36,758	42,862	54,193
小 計	稀土類磁石		5	13	37	52	83	152	180	281	430
			710	1,457	2,730	3,234	5,226	9,010	9,022	12,013	17,961
小 計	기타의磁石		14	28	12	11	4	4	4	4	5
			156	219	188	249	215	171	211	157	213
小 計		21,529	33,177	38,238	40,920	46,029	55,096	55,872	51,476	61,668	73,171
		23,298	37,369	41,090	42,970	52,100	62,389	67,077	59,730	67,225	85,161
合 計		41,130	62,961	64,596	71,301	79,095	91,564	90,442	79,495	98,963	122,321
		64,188	99,996	96,847	99,711	113,721	133,302	144,378	131,492	158,893	194,740

資料: 電子材料工業會