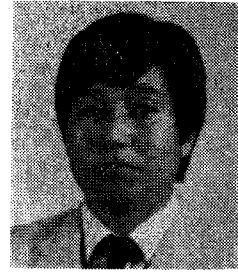


尖端技術 어디까지 왔나

본드 磁石 篇(完)



金 弘 球
(KIET 責任研究員)

◇ 目 次 ◇

- I. 머리말
- II. 고무磁石
 - 1. 成形方法
 - 2. 着磁方法
 - 3. 等方性 고무磁石과 加工
 - 4. 異方性 고무磁石과 用途
- III. 플라스틱 磁石
 - 1. 特 性
 - 2. 製造方法
- IV. 맺는말

〈고딕은 이번號, 명조는 지난號〉

〈前號에서 계속〉

III. 플라스틱 磁石

1. 特 性

플라스틱 磁石의 特性은 크게 4가지로 분류된다. 즉 磁氣特性, 手法精度, 物理的 性質, 化學的 性質이다.

磁氣特性은 이용하는 粉末의 飽和磁束密度값, 磁性粉末의 充填率, 磁性粉末의 配向度에 비례한다. 즉, 페라이트의 飽和磁束密度는 4,770G이며, 充填率에 있어서는 最密充填에서 74Vol. %가 이론적으로 가능하지만 페라이트系 플라스틱 磁石을 製造할 때 物理的 性質 配向度의 노화 등을 고려하면, 70Vol. %가 한계점으로 생각된다.

따라서 페라이트系 플라스틱의 磁氣特性 향상을 충분히 검토해 볼 때 最大에너지積 (BH)max=2.0MGOe가 한계라고 생각된다.

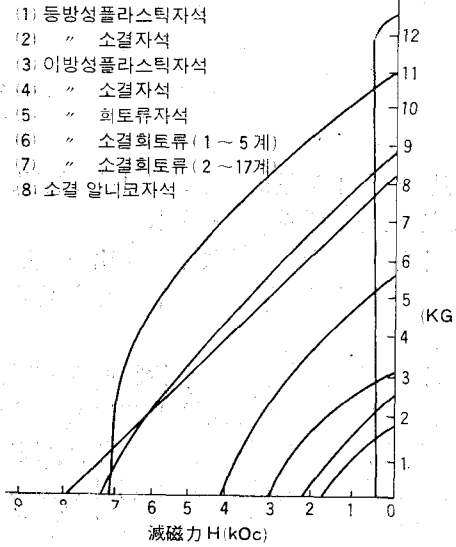
手法精度에 있어서는 燒結磁石과 다르다. 즉, 經時變化, 樹脂의 結晶化에 기인하여 나일론-12, PPS樹脂 등과 같은 吸收성이 적은 樹脂를 結合劑로 이용한 플라스틱 磁石에 대한 개발을 진행하고 있다.

物理的 特性에서는 結合劑 종류에 의해 크게 변화한다. 즉, 磁性粉末의 高充填量에 의해 樹脂의 物理的 特性을 유지시키는 것은 불가능하다. 그러므로 페라이트粉末과 結合劑의 結合력을 높이기 위하여 페라이트粉末에 실란系, 티타네이트系와 같은 커플링劑로 表面處理를 행하며, 射出成形時 樹脂의 軟化를 방지하기 위하여 老化防止劑, 酸化防止劑를 첨가하여 樹脂의 初期特性을 유지한다.

化學的 性質에서는 結合劑의 종류에 따라 결정되는 것이 대부분이다. 즉, 冷藏庫用 가스켓에 이용되는 結合劑로는 염화비닐, 염소화 폴리에틸렌 등이 있지만, 마이크로 모터나 자동차에 사용되는 것은 耐油性과 耐熱성이 요구되기 때문에 고무磁石이 사용되었으나, 최근에는 結合劑로서 나일론 11, 12를 이용한 磁石이 개발되었다. 또한 자동차 部品에 이용할 때는 -40°C에서 130°C까지의 범위에서 耐熱衝擊성이 요구되기 때문에 플라스틱 磁石에서 글라스 화이버로 강화시킨 磁石도 광범위하게 사용된다(圖 5)는 플라스틱 磁石의 磁氣特性을 나타내고 있으며, 〈表 5〉는 모터에 이용되고 있는 플라스틱 磁

石에 대한 종래의 것과 새로 開發된 磁石에 대한 特性比較를 나타내고 있다.

〈圖 5〉 磁氣特性比較(材質別)



〈表 5〉 磁氣特性比較(모터實用테스트)

成 型 品	플라스틱磁石		燒結磁石
	從來그레이드 FMG-4118	新그레이드 FMG-41182	
成型品比重	3.65	3.85	5.00
成型品質量(g)	12.68	13.37	17.37
磁氣特性 (BH) _{max} HGoe 軸異方性	1.8	2.2	3.8
래디알異方性	1.4	1.9	1.8
逆起電力(V)	6.2	7.0	6.9

2. 製造方法

(1) 混練

플라스틱 磁石의 製造方法은 일반적인 플라스틱 製造방법에 金型技術, 着磁技術, 材料의 配合混練, 組立加工技術이 첨가된다. 이 磁石의 성능은 앞서 서술한 바와 같이 磁性粉末의 高充填率과 配向度에 比喩한다. 즉, 結合劑로 사용하는 樹脂의 量은 적고, 磁性粉末을 보다 많이 투입하게 될 경우에는 材料配合技術이 필요하다.

우선 플라스틱 磁石에 이용되는 異方性 페라이트 粉末(SrO·6FeO)의 성질은 다음과 같다.

平均粒徑: 1.0~1.2(μ)

壓縮密度: 3.2~3.3(g/cm³)

高密度: 0.6~0.7(g/cm³)

磁氣特性: (BH)_{max}=1.7~2.0 MGOe이다.

한편 結合劑로 이용하는 나일론 6, 12의 성질은 다음과 같다.

구 분	나 이 론 6	나 이 론 12
상 대 점 도	2.6	2.45
용 점	215-225	176-180
비 중	1.14	0.25

이와 같이 wt. % 88 페라이트 磁性粉末과 나일론을 混練시켜 다음과 같은 手法으로 製造하였을 때 비중은 다음과 같다.

重 量: 103g

體 積: 31.6cm

比 重: 3.26g/cm

그리고 磁性粉末의 이론치는 앞서 서술한 바와 같이 Vol. % 74%이며, 이때의 磁性粉末 형태는 〈圖 6〉과 같다.

페라이트 磁性粉末에 樹脂를 混練하기 전에 필요한 조건은 다음과 같다.

④ 磁性粉末에 커플링材로 表面處理한다.

⑤ 樹脂의 선택은 分散效率이 높은 粉末狀으로 사용한다.



⑥ 磁性粉末과 樹脂를 미리 선택한다.

이와 같은 조건에 의해서 선정된 페라이트 磁性粉末과 樹脂를 섞는 과정으로 첫번째는 Wetting 즉, 외부에 있는 히터(Heater)에 의해 용융되어진 樹脂가 페라이트 磁性粉末에 흡착된다. 두번째는 페라이트 磁性粉末의 덩어리를 機械的인 방법으로 분리하여, 그 분리된 입자 사이에 樹脂를 섞는다. 세번째는 分散에 의한 방법인데 이것은 Grinding을 반복하여 樹脂분포를 均일하게 하는 방법이다.

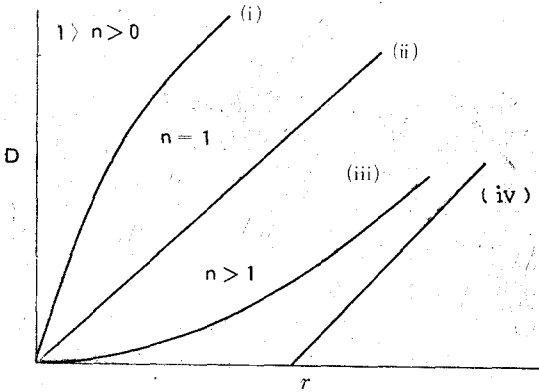
그리고 플라스틱 磁石에 대한 磁性粉末의 流動性은 Non-Newtonian 흐름이 나타난다.

〈圖 7〉은 Non-Newtonian을 나타낸 것이며, 여기서 γ =剪斷應力, η =粘度, D=剪斷速度均排, n=係數이다. 이와같이 混練중에 나타나는

〈圖 6〉 자성분말의 형태

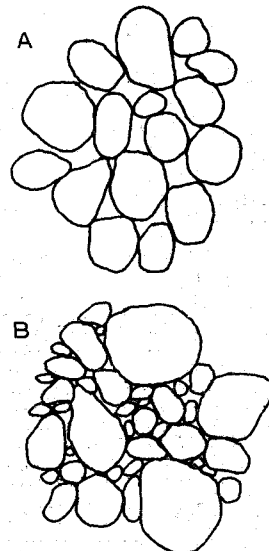
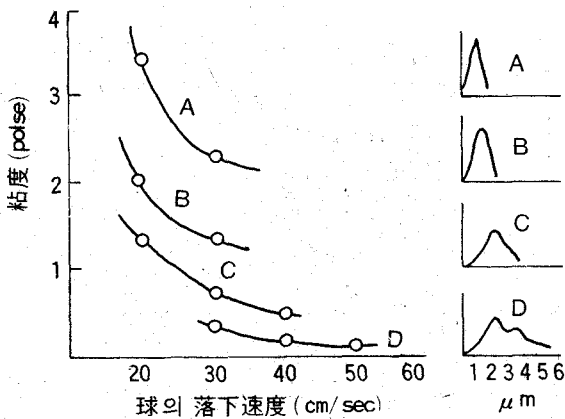
	詰 方	粉의 體積	歲間의 體積
	立 方 充 填	$(\pi/6)$ 52.4%	47.6%
	六 方 最 密 充 填	$(2\pi/6)$ 74.0%	26.0%

〈圖 7〉 Non-Newtonian-flow



流動特性에서 樹脂는 壓縮充填된 磁性粉末의 間격을 메우고 있는 연속상을 이루고 있다. 그러

〈圖 8〉 에멀존의 粒度分布와 粘度



므로 磁性粉末의 壓縮密度를 크게 하면 磁氣特性 및 流動特性을 향상시킬 수 있다.

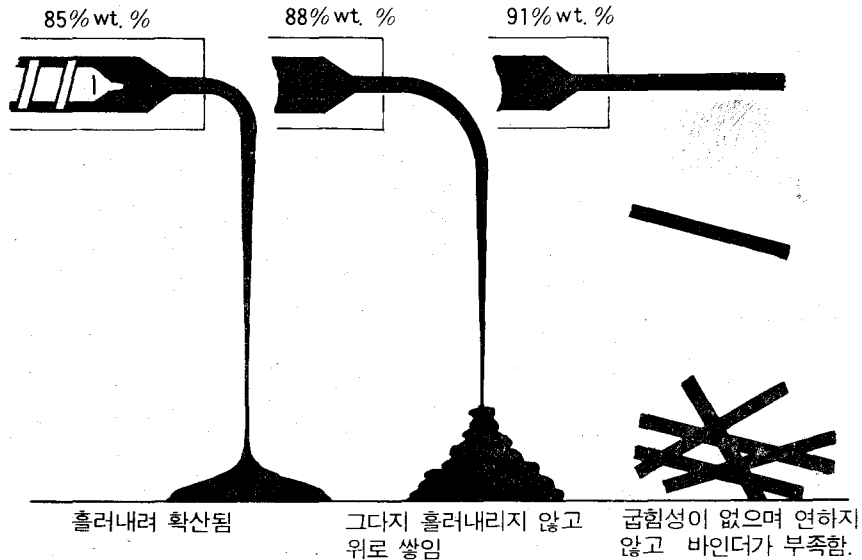
〈圖 8〉은 分散媒와 分散狀의 體積比를 일정하게 하였을 때 粒度分布와 粘度의 關係를 나타내고 있다.

〈圖 9〉는 磁性粉末의 配合比率에 따른 流動特性을 나타내고 있다. 混練되어 壓出機 노즐에서 나오는 分散體가 wt. % 88의 경우 磁性粉末이 壓縮密度에 가까운 배합비율로서 材料가 流動하려는 臨界點이고, wt. % 91에서는 樹脂가 부족하기 때문에 끊어지는 현상이 발생된다.

이와같이 페라이트 磁性粉末과 樹脂를 混練시킬 때에 필요한 장치는 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

③ 最高 370°C까지 高温으로 加熱할 수 있게

〈圖 9〉 磁性粉末의 配合비율에 따른 流動特性



야 한다.

- ⑤ 그라인딩 효과 및 비틀림이 커야 한다.
- ⑥ 分散 효과가 커야 한다.
- ⑦ 出力이 큰 모터장착이 필요하다.
- ⑧ 混練部의 部品이 耐마모性이 커야 한다.
- ⑨ 마모된 部品의 交換비용이 저렴하여야 한다.

(2) 射出成形

射出成形에 의한 플라스틱磁石 제조방법은 다음과 같은 장점이 있다.

- ① 成形 사이클이 빠르고 대량생산에 적합하다.
- ② 複合形狀, 薄肉製品의 생산이 가능하고, 자유로운 形狀의 磁石에 대한 설계가 가능하다.
- ③ 각종 分體成形技術, 新 세라믹스, 金屬 등에 대한 응용이 가능하다.
- ④ 치수 정밀도가 높고, 표면상태가 좋은 磁石의 생산이 가능하다.
- ⑤ 多品種, 小量생산에 대응할 수 있다.
- ⑥ 自動化·無人化 조작이 쉽다.

이와같이 射出成形에 의한 플라스틱磁石은 塑性工程, 後加工工程이 필요 없고, 인서트, 아웃서트成形, 다른 樹脂와 동시에 두 材質 射出成

形法을 이용함으로써 조립공정의 삭감, 附加價値가 높은 제품을 생산함으로써 射出成形法에 의한 제조방법이 점차 확대되는 추세다.

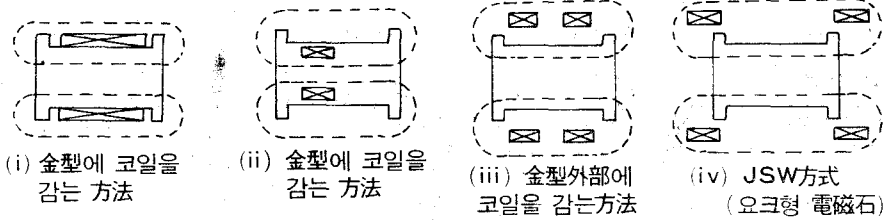
1) 磁場中的 射出成形法

射出成形機의 金型에 電磁石을 설치하는 것이 구조상 중요한 요소이다. 실제 사용에서는 漏泄磁束을 고려해야 하는데, 그렇지 않으면 원하는 磁場을 얻을 수가 없다. 〈圖 10〉은 현재 사용되고 있는 磁場中 射出成形方法이다.

〈圖 10〉에서 (i), (ii)는 金型에 직접 코일을 감는 방식으로써, 취급이 곤란하고 成形品의 수가 적다는 결점이 있어도, 일반 射出成形機를 이용하여 간단히 磁場에서 射出成形할 수 있기 때문에 오래전부터 사용되고 있다. (iii), (iv)는 射出成形機에 코일을 장치하는 방법으로서 기계 조작상의 문제 때문에 (iv)방식이 많이 사용되고 있다.

日本製作所(JSW)는 1984년에 (iv)방식을 이용한 專用機를 개발하였으며, 그 특징은 非磁性體 코일커버를 장착한 점으로서 金型 附着面의 同一平面化를 실현하고, 베드를 이용하여 磁氣回路를 형성한 점이다. 즉, 有效磁場面積의 有效利用과 더불어 外部漏損이 적어 效率이 좋은 磁氣回路로 되어 있다.

〈圖 10〉 磁場中 射出成形方法



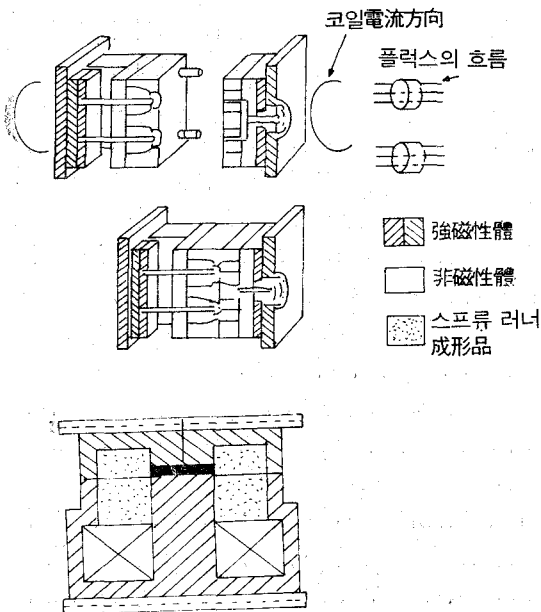
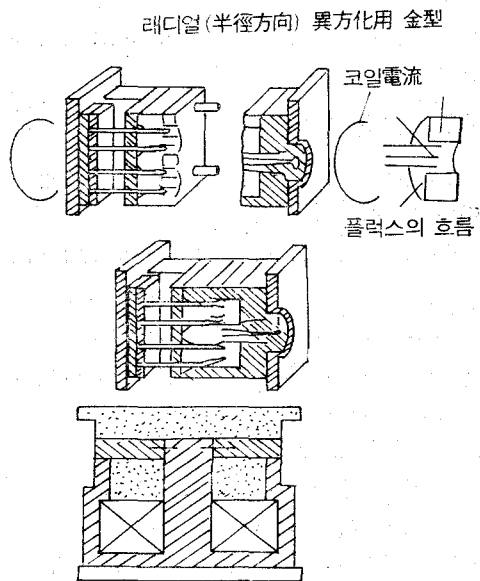
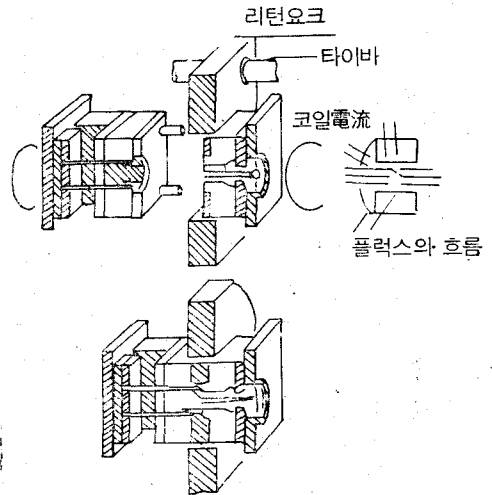
2) 金 型

기본적 金型構造를 〈圖 11—a〉와 〈圖 11—b〉에 나타냈다. 이 金型은 磁性粉末의 配向效率를 좋게 하기위해 磁氣回路를 구성하는 중요한 요소이다. 磁場은 非磁性體와 強磁性體의 차를 이용하여 방향과 크기가 정해진다. 통상 強磁性體와 非磁性體는 $1:10^{-3} \sim 10^{-4}$ 의 비투자율의 차이가 있으며, 이것을 金型構造에 장착하여 金型을 만든다. 軸方向 配向用 金型은 強磁性體를 이용하여 磁場配向이 上下로 配向되며 〈圖 11—a〉에 나타나 있다.

半徑方向 配向用 金型은 두종류가 있는데 〈圖

〈圖 11—a〉 軸綫(軸方向) 異方化用 金型

〈圖 11—b〉 래디얼(半徑方向) 異方化用 金型



(a) 円版狀 (上下方向配向)

(b) 링狀 (放射狀配向)

11-a)는 反撥磁場을 이용한 것이며, <圖 11-b)는 非透磁率을 이용하여 변화시키는 방법의 金型을 나타냈다. 전자는 磁場의 配向이 半徑方向으로 향함에 비해, 후자는 방향이 약간 散亂되는 결점이 있다. 일반적으로 이용되고 있는 金型材料를 다음과 같이 분류된다.

(a) 非磁性體 材料

高 Mn鋼(加工성이 나쁘다.)

Be鋼(加工성은 좋으나 強度가 낮다.)

스테인리스鋼(현재 가장 많이 이용되고 있다.)

(b) 強磁性 材料

페라이트系 플라스틱磁石은 일반 金型用 鋼으로 충분하나, 稀土類系 플라스틱磁石은 SKD11로 사용하여야 한다.

<圖 12)에는 強磁性體로 이용되고 있는 일반 鋼에 대한 磁化特性을 나타내고 있는데, 여기서 알 수 있듯이 탄소량이 적을수록 磁化가 용이함을 알 수 있다.

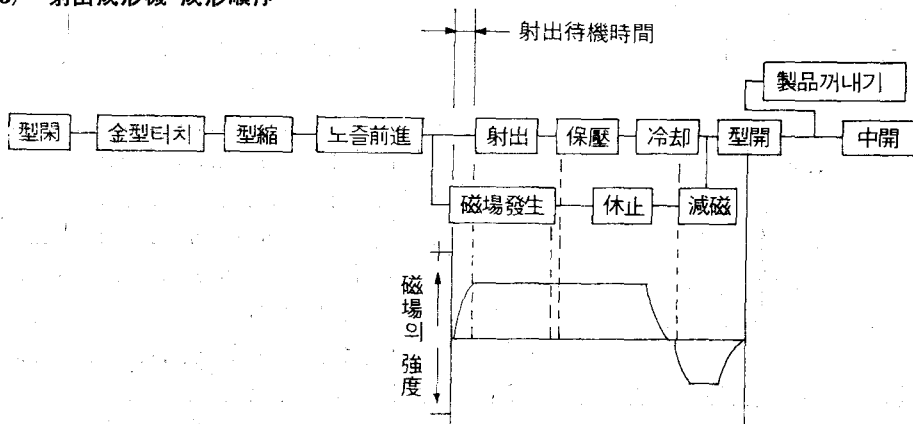
3) 成形技術

플라스틱磁石의 射出成形 순서를 <圖 13)에 나타냈다. 여기서 알 수 있는 바와 같이 플라스틱磁石의 射出成形 사이클 타임은 磁場의 응답성 즉, 磁場이 가해질 때까지의 시간이 플라스틱磁石으로서 로스(Loss) 타임이 된다. 또한 바인더 이외에 可塑劑 등이 다량 들어가면 플라스틱磁石의 流動性이 좋지 않으며, 다량의 가스가 발생한다.

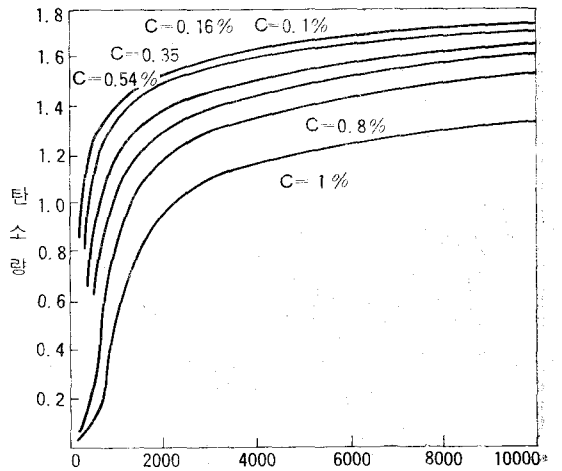
(3) 壓出成形

플라스틱磁石의 壓出成形은 射出成形에 비해 Linear의 손실이 없고, 連續成形이 가능해서 긴 제품을 얻을 수 있으며, 일반적으로 壓出成形에

<圖 13) 射出成形機 成形順序



<圖 12) 탄소량에 따른 Steel의 磁化特性



의해 제조되는 磁石은 플렉시블 고무磁石이 대부분이며, 형상은 테이프狀의 제품이 많다.

IV. 맺는 말

OA器機의 급속한 발전에 따라 본드 磁石의 需要가 현저하게 증가되고 있다. 이것은 高性能의 磁場配向用 射出成形機와 磁性粉末의 개발로 인하여 복잡한 形狀의 磁石을 용이하게 대량생산할 수 있기 때문이다. 즉, 본드磁石은 기존의 燒結磁石과 金屬磁石에 비하여 磁氣特性은 떨어지지만 製造가 곤란한 小形, 薄形 및 복잡한 形狀의 部品를 제조하는데 유리하다. 또한 본드磁石은 기존의 燒結磁石 보다도 製造방법이 간단하기 때문에 가격도 저렴하다. 이에 따라 급속伸長性이 높을 것으로 思料된다. <㉞>