

電氣材料의 國產化 現況과 展望

(重電機의 絶緣材料를 中心으로)

(1)

辛大承 韓國電氣研究所 電氣開發部長
姜英植 韓國電氣研究所 電力研究室長

1. 序 論

電氣機器에 있어서 絶緣材料는 그 機器의 壽命, 信賴性 및 安全性을 保障하는 가장 重要한 要素이며 最近에는 電氣機器의 輕量化, 高性能化, 大容量化 및 使用環境의 擴大가 急速히 進展됨에 따라 새로운 絶緣材料和 絶緣處理 技術이 要望되고 있다. 이에 따라 最近 數年間 合成化學 技術의 發展과 더불어 高分子 材料를 中心으로 特性이 良好하고 作業性 및 加工性이 좋은 새로운 絶緣材가 開發되어 實用化 되고 있다. 絶緣材는 電氣的, 機械的, 物理的, 化學的으로 優秀한 特性을 갖추어야 하며 또 그 種類가 多樣하므로 國內需要 만으로는 企業化가 어려운 實情으로서, 一部 製品을 除外하고는 大部分 輸入에 依存하고 있다. 우리나라의 絶緣材料 技術은 電氣機器 素材 分野中 가장 落后된 分野의 하나로서 電氣機器의 國產化開發에 가장 큰 障碍 要素가 되고 있다. 우리나라에서 生産되는 絶緣材는 아직 基礎水準을 벗어나지 못하는 纖維質材料和 Mica, 石綿 등 無機質材料의 一部 및 有機質材料의 一部, 變壓器用 絶緣油 등이며 특히 大形變壓器, Cable 등에 必要한 絶緣材는 大部

分 輸入에 依存하고 있다. 이에 本調査研究는 國內外的 絶緣材料의 現況과 國內 需要를 調査하여 向後的 絶緣材料의 需要를 豫測 함으로서 絶緣材 國產化에 도움을 주기 위함이다.

2. 絶緣材料의 基本特性和 物性

回轉機器(電動機, 發電機), 變壓器, 遮斷器, 電力 Cable 및 最近에 急速히 技術開發이 이루어지고 있는 電子機器等 電氣를 에너지로 쓰고 있는 電氣機器에서, 電氣의 通路가 外部로 생기지 않게하는 目的으로 使用되는 材料를 絶緣材料라고 한다. 絶緣體는 電壓이 印加되면 誘電分極이 생기므로, 콘덴서와 같이 이것을 積極的으로 利用하는 경우에는 誘電材料라고도 한다.

絶緣材料의 種類는 매우 多樣하며 특히 合成技術의 發展과 더불어 高分子 材料에서는 새로운 것이 많이 開發되어 實用化 되고 있다.

絶緣材料에는 氣體, 液體, 固體 및 半固體(粘性體)가 있으며 天然材料和 人工材料로 나누어 지고, 使用上 電氣的, 機械的, 熱的 및 其他的 性質이 良好하고 絶緣耐力이 높으며 長時間에 걸쳐서 劣化가 적은 것이 要望된다.

가. 電氣 絕緣材料에 要求되는 特性

1) 電氣의 特性

- 絕緣破壞의 세기, 絕緣抵抗이 클것.
- 誘電正接(Tanδ)이 적을것.
- 比誘電率이 적을것.

2) 機械的 特性

- 壓縮, 引張, 曲耐荷重이 클것.

3) 熱的 特性

- 熱膨脹係數가 주위의 材料와 가까울것.
- 熱傳導率이 클것.
- 耐熱性이 클것.

4) 其他 特性

- 成形時의 收縮이 적을것.
- 吸濕率이 적을것.
- 耐Tracking性, 耐Arc性이 良好할것.
- 難燃性, 耐藥品性, 耐油性이 뛰어들것.

나. 絕緣材料의 劣化

電氣絕緣材料의 劣化 要因은 單獨으로 作用하는 경우가 없고 種種의 條件이 複雜하게 겹쳐서 劣化 要因이 된다. 그 代表的인 要因을 들면,

1) 熱劣化 및 吸濕에 依한 劣化

導體에 電流가 흐르면 Joule熱에 依해 導體溫度가 上昇하고 이것을 둘러싼 絕緣物의 溫度가 上昇한다. 또 交流가 흐르면 絕緣物의 誘電體損에 依한 發熱이 일어나므로 絕緣物은 熱傳導가 좋고 放熱이 容易한 것이 要望된다.

有機絕緣材料는 高溫이 되면 炭素를 遊離하여 絕緣耐力를 잃으나 無機絕緣物은 耐熱性이 좋다. 絕緣物의 壽命과 溫度間에는 實驗의 結果 다음 關係가 있다.

$$t = Ae^{-mT}$$

t = 壽命(年)

T = 溫度(°C)

A = 定數

m = 材料에 따른 定數

例로 A種絕緣物에서 m은 0.087로 上式에 依해 溫度가 8°C 上昇하면 壽命이 半減하는 것이 된다.

溫度가 높은 環境에서 纖維와 같이 水分을 吸收하거나 吸收는 많지만 表面에 吸着層을

만드는 絕緣材料는 絕緣抵抗이 低下되며, 또 表面에 吸着이 일어나면 大氣中의 炭酸 Gas가 吸着層에 녹아 들어가거나 汚損物質이 溶解, 附着하여 현저하게 絕緣抵抗이 低下한다.

이러한 경우에는 油浸式 또는 含浸處理를 할 必要가 있다. 珪素樹脂는 表面이 젖기 어려운 材料로서 高壓碍子의 表面에 塗布하여 水分의 吸着에 依한 汚損을 防止하는데 쓰인다.

2) 電界劣化 및 其他

○ 코로나 劣化: 大形電氣機器, Cable 등의 絕緣體中에 void가 있으면 그 部分의 電界 E_v 는

$$E_v = \epsilon_r E$$

ϵ_r , E는 各各 絕緣體의 比誘電率, 電界를 表示한다. 上記式에서 $\epsilon_r > 1$ 이므로 $E_v > E$ 가 되어 電界가 커지면 Void中에서 部分放電이 일어나 絕緣物의 侵蝕이 생긴다.

○ 電氣 Tree: 導體의 突起部나 Void 등 異物의 電界가 $10^5 - 10^6 V/cm$ 程度가 되면 일어나는 樹枝狀의 電氣破壞로서 有機絕緣材料에서 볼수있다; Tree는 外部에서 注入되는 電子에 依한 空間電荷에 支配되므로 DC보다는 AC에서 進展하기 쉽다.

○ 水 Tree: 架橋 Polyethylene Cable(CV 또는 XLPE)에서 發見되는 現象이며 周圍에 물이 많은 경우 $10^3 \sim 10^4 V/cm$ 의 比較的 낮은 電界에서 發生하며 Void, 異物에 依해서도 發生한다.

○ Tracking: 有機絕緣材料의 表面이 濕潤, 汚損되면 表面에 微小電流가 흘러 이 漏洩電流가 커지면 Joule熱에 의해 材料가 解離하여 炭化한 痕跡을 만든다. 炭化가 促進되면 最終에는 Flashover가 일어나며 이 現象은 海岸地方, 工業地帶에서 생기기 쉽다.

○ 其他: 紫外線에너지에 의한 酸化에 의한 紫外線劣化, 化學藥品의 Gas, 蒸氣에 의한 化學藥品劣化 등이 있으며 冷凍機 關係의 回轉機에는 Freon 劣化가 현저하다.

3. 電氣絕緣材料의 發達過程 및 開發動向

가. 纖維質材料

纖維質材料는 絶緣材料의 基本 素材로 綿絲, 絶緣紙等 天然纖維質材料가 卷線形機器의 素線絶緣 및 層間絶緣等 主絶緣材로 使用되어 왔으며 合成技術의 發達로 Polyester, Teflon等 合成纖維質材料가 開發됨에 따라 점차적으로 代置 使用되고 있다. 그러나 變壓器等에는 아직도 天然纖維質材料가 量的으로 많이 使用되고 있는 實情이다. 最近에는 Polyvinylalcohol系(비니론)의 경우 耐熱, 耐濕性, 耐放射線特性 등이 뛰어난 纖維製品이 開發되어 順次的으로 實用化되고 있고 耐熱合成纖維는 새로운 合成纖維材料로서 最近 期待되는 電氣絶緣材料로 芳香族 Polyamid의 Staple, Yarn 등이 있다. 한편 防火纖維, Carbon纖維도 開發되어 實用化 되고 있다. 특히 原子力 및 高 Energy放射線裝置類의 利用 擴大에 있어서 β 線, γ 線 및 X線에 의해 劣化를 일으키지 않는 纖維의 必要性에 따라 美國의 Nomex社는 耐放射線特性이 아주 優秀한 製品을 開發 實用化하였다.

나. 布管絶緣材料

絶緣材料의 代表的인 것으로 纖維質材料에 Varnish 含浸한 Varnished cloth, Varnished Paper, Tube類等 가장 널리 使用되고 있으며 最近에는 絶緣의 信賴性 向上 및 無公害 對策으로 Varnishless prepreg材料의 開發이 活潑히 進行되고 있으며 특히 Epoxy樹脂의 開發에 따라 Epoxy樹脂를 使用한 prepreg材料의 實用化가 이루어져 電子機器 分野에도 擴大 使用되고 있다.

다. Prepreg材料

機器絶緣의 技術動向中에는 無公害絶緣方式, 絶緣의 省力化, 省資源對策이 重要視되고 있어 특히 低壓回轉機, 乾式變壓器, 各種 弱電機器의 電源變壓器, 制御器의 Coil等에 있어서 Varnishless prepreg絶緣方式의 開發을 들 수 있다. 從來의 絶緣方式으로는 處理 또는 未處理의 各種 基材(Glass, 纖維質基材, Mica製品, 各種 耐熱 Film類 또는 組合物)

에 各種의 含浸 Varnish로서 浸漬, 眞空含浸等에 의해 Coil絶緣의 強化와 固着이 행하여졌다. Prepreg材料는 Varnishless로 機械的, 電氣的機能을 單純한 加熱 壓縮工程만으로 發揮할 수 있게 하므로써 無公害 省力化에 貢獻할 수 있을 뿐만 아니라 高信賴性을 지닌 均一한 材料로 安全衛生上의 點까지도 最近 進展이 크게 期待되고 있는 材料이다.

라. Film 및 Film 加工品

1936年 Nylon發明 以來 새로운 合成樹脂의 研究開發이 繼續되어 왔고 耐熱性이 뛰어난 樹脂가 實用化되었으며 第二次 世界大戰에 의해 Silicon樹脂와 弗素樹脂의 重要한 2種類의 樹脂가 實用化되었다. Silicon樹脂는 Varnish, Rubber의 形態로 弗素樹脂는 成形品, Sheet의 形態로 耐熱絶緣材料로 使用되어 왔으며 電氣絶緣用의 各種 耐熱 Film도 上記의 耐熱 合成樹脂의 開發과 같이 耐熱 樹脂 Film化라 일컫는 形으로 開發되어 實用化되어왔다. 그 技術的인 動向은 電氣機器의 小形化, 輕量化에 따른 耐熱性의 向上이 要求되어왔고 얇고 높은 誘電特性이 Film에 있어서는 뛰어난 特性이 發揮되기 때문이다. 또한 Film單體의 使用分野 뿐만 아니라 Film單體만으로는 機械的強度(引張力, 耐摩耗性等)가 不足한 경우에는 여러種의 材料와의 組合 複合等の 二次加工 技術의 應用에 의해 使用分野가 擴大 되어가고 있다.

1959年 以來 Dupont社에 의해 耐熱特性을 비롯해 各種 特性이 向上된 Polyimid樹脂의 研究開發이 이루어져 1965년에 Kaptan 商標로 Polyimid Film이 市販되었다.

電氣機器의 小型輕量化, 高性能化 大容量化에 따른 絶緣 System의 信賴性 向上과 機器 絶緣에 使用되는 各種 Film加工品(耐熱複合材料)에 對하여도 耐熱性의 向上, 絶緣處理 技術의 省力化, 無公害 對策 등이 要求되어 最近 耐熱複合 絶緣材料가 크게 注目받고 있다. 汎用 低壓回轉機는 現在 E種絶緣이 그 主流이지만 小型輕量化, 高性能化를 背景으로 各 電氣機器 Maker는 B~F種 絶緣 回轉機의

開發이 進行되어 特히 直流 電動機 및 發電機에는 오래 前부터 實用化되어 今後 이 分野에서 耐熱 薄葉材料의 開發 進展이 期待된다.

마. Plastics

Plastics는 有機高分子 材料로 그 特性이 가볍고 絶緣性이 좋으며 成形性이 뛰어나 特히 成形製品의 絶緣材로 많은 開發이 이루어졌다. Cable, 電線과 包裝用途로 널리 使用되는 Polyethylene은 Naphtha를 分解하여 얻어지는 原料로 製造法에 따라 低密度, 中密度, 高密度 Polyethylene으로 分類되며 高密度 Polyethylene은 機械的 強度나 使用溫度가 높다. 또한 Polyethylene에 電子線(β 線)을 照射하여 얻어진 架橋 Polyethylene의 開發로 Cable의 絶緣材는 많은 發展을 이룩하였다. 또한 1955年 Italy의 Montecachini社가 “꿈의 纖維”로 Polypropylene을 發表한 以來 世界의 有力한 化學工業會社가 다루어 技術導入 및 技術開發을 서둘러 特性이 가볍고, 機械的 強度, 耐摩耗性, 耐熱變形性이 뛰어난 材料를 開發하여 Condenser, PP band 및 成形材料로 使用되었다. 飽和 Polyester樹脂는 1969년에 Telephthalic Acid와 1.4Buthandiol에서 PBT가 合成되어 結晶化가 빠르고 成形性이 뛰어난 PET와 同一한 特性의 成形材料가 開發되었으며 Oxybenzoyl에서 全芳香族系 Polyester도 開發되어 耐熱性, 耐腐蝕性, 耐摩耗性 및 耐電壓特性이 높아 電氣機器의 成形品에 많이 使用되고 있다. 第二次 世界大戰中에 主로 美國에서 軍事目的을 中心으로 開發된 弗素樹脂는 耐熱性, 耐藥品性, 電氣的 特性이 대단히 뛰어나 Almighty Plastic이라고도 하였으며 1953年 3 弗化樹脂, 1956년에는 4 弗化樹脂가 開發 生産되었다. Phenol樹脂는 20世紀初에 plastic의 개척자로 工業化되어 제일 오래된 材料로 成形品, 積層板, 接着劑, 塗料等의 絶緣材料로써 제일 多量 使用되고 있다. 또한 電氣機器의 省力化에 따라 耐熱性이 뛰어난 絶緣材料의 必要性이 要求되어 Silicon樹脂 및 Silicon Glass樹脂의 開發이 이루어져 H種絶緣의 電氣機器의 開發이 이룩되

었다. 1959年 Dupont社가 發表한 Polyimid樹脂는 耐熱性이 뛰어 났으며 美國의 GE社는 耐熱性的 熱可塑性 plastic으로 Polyphenylenoxide樹脂를, 英國의 ICI社는 TPX를 開發 生産하였다. 또한 Union Carbite社는 強度, 安定性, 難燃性이 뛰어난 耐熱性 熱可塑性樹脂로 Polysulfone樹脂를 開發하는等 壓縮成形 및 射出成形 材料의 開發이 活潑이 進行되어 왔다.

바. Epoxy樹脂

Epoxy樹脂는 1個의 分子中에 2個 以上の Epoxy基($\begin{matrix} -C-C- \\ \diagdown \diagup \\ O \end{matrix}$)를 가지는 化合物로써 그 配合 內容에 따라 그 特性이 극히 多樣한 熱硬化性樹脂이다.

1936年 Switzerland의 CIBA社의 Dr. Pierre Castan이 Eprichlorohydrin과 Bisphenol A에서 Epoxy Resin을 合成한 以來 1939年 美國에서도 開發을 着手하여 1948年 Shell Chemical社에 의해 Bisphenol A에서 商業生産되었다.

Epoxy는 그 特性이 耐機械的 衝擊性이 높고 絶緣耐力이 높으며 熱的으로 安定되어 있고 耐Arc性이 우수하여 大形 發電機의 絶緣材料 및 最近에는 乾式 變壓器의 成形材料 및 Insulator에까지 널리 使用되고 있으며 向後에도 그 合成技術의 開發에 따라 使用分野가 擴大될 것으로 期待되는 有望한 材料이다.

사. 絶緣 Varnish

Varnish란 卷線形 電氣機器의 Coil에 含浸 硬化하여 絶緣의 強化(補強), 絶緣物의 結着에 의해 機械的 電氣的 衝擊에 對한 保護, 水分, 藥品에 對한 保護等의 目的으로 使用되는 絶緣材料로 合成技術의 發達에 따라 많은 發展을 이룩하였다. Varnish는 Phenol樹脂系의 Varnish부터 機器의 耐熱性 및 接着性에 따라 Epoxy, 不飽和 Polyester, Silicone, 耐熱 Alkid(Imid變性) Varnish等이 開發 實用化되었고 最近에는 無溶劑 Varnish로 加熱乾燥가 必要없이 低壓力 常溫에서 含浸 또는 造型 加能한 Varnish가 實用化 되었다.

아. FRP

電氣機器 分野에서 FRP製品の 出現은 最近 電氣機器의 小型 輕量化, 高性能化에 많은 기여를 하였다. 耐熱性, 耐濕性, 高强度, 耐化學藥品性 및 耐Arc性, 耐Tracking性이 좋은 FRP는 電氣機器의 發展에 높은 成果를 보였다. 絶緣材料 製造 Maker는 이 分野에 對하여 電氣絶緣 用途와 電氣構造 用途로 分類하여 開發을 促進하여 왔으며 最近의 電氣機器用 FRP製品の 動向은 主力製品으로 Filament Winding (FW品), 方向性 Rod製品, Voidless製品 등이 있고 大形에서 小形까지 各種 形狀의 것이 生産되고 있다. 材料의 構成面으로 보면 電氣用 無 Alkali Glass Roving, 各種의 Cloth와 Epoxy樹脂 配合體의 組合이 主流지만 用途面으로 天然纖維와 合成纖維 基材의 FRP製品 開發도 行하여 지고 있다. 結着用 樹脂에 있어서도 不飽和 Polyester樹脂, Silicon, Polyimid等 範圍가 擴大되고 있다.

자. Mica 製品

Mica는 電氣絶緣성과 耐熱성이 우수하여 오래 전부터 電氣絶緣에 利用되어 왔다. Mica 에는 天然產 Mica와 合成 Mica로 分類되어 天然產 MICA에는 工業用으로 利用되는 것은 電氣의 性質이 우수한 Muscovite와 耐熱性, 柔軟성이 풍부한 Phlogopite등 二種類가 있다. 그러나 最近에는 天然產 Mica의 使用이 적어지고 合成 Mica의 開發로 大形 電動機 및 乾式 變壓器의 主絶緣材料로 使用되고 있다.

차. 氣體 絶緣材料

氣體 絶緣材料는 學術적으로 오래 전부터 研究되어 主로 空氣, 窒素, 炭酸Gas 등이 Condenser, Cable, 遮斷器 등에 使用되어 왔다. 近年에는 高氣壓 氣體를 絶緣媒體로 하는 Gas絶緣方式이 各種 送配電機器에 適用되었고 特히 絶緣性能, 消弧性能이 뛰어난 高氣壓 負性氣體의 利用이 急速히 進展되었으며 또한 高眞空을 消弧, 絶緣媒體로한 眞空遮斷器도

實用化되어 電動力應用과 受配電設備에 널리 使用되고 있다. 電氣機器의 高壓化, 輕量小型化를 目的으로 高壓絶緣에 使用되는 Gas에 要求되는 特性은 絶緣耐力이 클것, 液化溫度가 낮을것, 不燃性일것, 毒性이 없을것, 共存하는 材料에 對해 熱的 化學적으로 安定할것, 熱傳導率이 클것 등으로 이에 關한 꾸준한 研究가 進行되어 SF₆ Gas의 開發이 이루어졌다. SF₆ Gas는 現在 特高壓 遮斷器 및 開閉器 등에 가장 많이 利用되고 있으며 超高壓 Cable 및 Bus Duct에도 實用化 되고 있다. 最近에는 SF₆ Gas에서의 液化溫度를 낮추기 위한 研究로 窒素와 弗素 化合物과의 混合體에 對한 研究가 進行되고 있다.

카. 液體 絶緣材料

液體 絶緣材料는 石油系 原油를 蒸留 精製 處理한 鑛油系 絶緣油와 合成絶緣油로 나누어지며 變壓器, 油入遮斷器, 開閉器, Condenser, Cable 등에 使用되는 絶緣油는 鑛油가 使用되고 있다. 그러나 鑛油의 引火點이 140°C 程度로 火災의 危險이 있어 不燃性絶緣油의 開發이 要望되고 있다. 從來에는 合成絶緣油로서 不燃性인 鹽素化合物油로 PCB가 使用되었으나 公害가 크므로 現在는 世界的으로 使用되지 않고 있다. 難燃性 絶緣油로 高壓 Cable 등에 Silicone油, 또는 Polybutene油 등이 開發 實用化되고 있다. 最近에는 可燃性 絶緣油(鑛油等)에 冷媒로 使用되는 Freon Gas를 溶解, 混合하여 自己 消化性を 높이는 研究가 進行되고 있다.

4. 各種 絶緣材料의 分類

가. 絶緣材料의 固有性에 의한 分類

絶緣材料는 實際로 電氣機器에 使用되는 絶緣材料의 機能에 의한 分類를 생각할수 있다. 즉 回轉機用, 變壓器用, Cable用, 開閉器用 등으로 나눌수 있다. 또한 絶緣材料가 構成되고 있는 固有性(Originality)으로 分類하는 方法도 있다. 먼저 固有性에 따라 分類하면,

- 氣體絕緣材料
- 液體絕緣材料
- 固體 無機絕緣材料(天然, 人工)
- 固體 有機絕緣材料(天然, 人工)
- 半固體 絕緣材料

로 나눌 수 있다.

1) 氣體絕緣材料

氣體는 誘電體損이 거의 없고 漏洩抵抗이 커서 良好한 絕緣材料이나 氣壓이 낮으면 比較的 높지 않은 電壓에서 絕緣이 破壞되고 放電이 持續된다. 그러나 固體의 絕緣破壞와는 달리 電壓이 없으면 原狀態로 回復하고 또 높은 氣壓에서는 放電電壓도 相當히 높아져서 絕緣材料로 適合하게 된다. 代表的인 氣體絕緣材料는 아래와 같다.

- 空氣(壓縮空氣, 또는 眞空)
- 弗素系 Gas(6 弗化硫黃, 弗化炭素)
- 窒素 및 其他

2) 液體絕緣材料

絕緣油는 絕緣目的 外에도 冷却도 兼하는 경우가 많으며 OCB에서는 消弧, Condenser에서는 誘電率의 增加 目的도 兼한다. 따라서 그 特性은 絕緣破壞電壓이 높을것, 引火點이 높고 凝固點이 낮으며 冷却能力이 있을것, 耐蝕性 耐酸性이 클것과 Condenser用에서는 誘電率이 클것 등이 要求된다. 主로 天然礦油가 널리 쓰이고 있으나 점차 合成油의 使用이 增加되고 있으며 代表的인 液體絕緣材料는 다음과 같다.

○天然礦油……變壓器油(OT), Cable油, Condenser油等

○合成油……PCB, Silicon, Polybutene油

3) 固體 無機絕緣材料

無機材料는 一般으로 耐熱性과 機械的 強度가 特長이다. 그러나 有機材料에 비해 種類가 적고 또 多樣한 高分子化學의 發達로 從來 쓰이던 分野가 縮小하고 있는 實情이나 Mica나 磁器等과 같이 뛰어난 性質의 것은 高電壓機器에서 主要한 材料이다. 그 種類는 다음과 같다.

○天然無機 固體絕緣物……雲母(Mica),

石綿, 大理石等

○人造無機 固體絕緣物……Glass類, 磁器類等

4) 固體 有機絕緣材料

有機絕緣材料는 거의 모두가 高分子物質이고 種類가 極히 많으며 아래 表-1과 같이 分類할 수 있다.

原來 樹脂란 Plastic製品の 原料物質이며 Plastic이란 樹脂에 充塡劑, 安定劑, 着色劑等을 添加해 만든 製品이지만 合成樹脂를 Plastic이라 부르는 일이 많다. 樹脂는 加熱하면 軟化하는 點을 利用하여 成形 其他의 加工을 行하지만 固化하면 다시 加熱해도 熱軟化 하지 않는것을 熱硬化樹脂(Thermoset Type Resin)이라 하고, 加熱하면 다시 熱軟化하는 것을 熱可塑性樹脂(Thermoplastic Type Resin)이라 한다. 樹脂의 分子는 單量體(Monomer)라는 基本分子가 아주 多數 結合하여된 重合體(Polymer)이며 重合體內에 含有하는 單量體의 數를 重合度라 한다. 그 種類는 다음과 같다.

○天然有機固體絕緣物……天然樹脂, Paraffine, Rubber, 絕緣紙, 綿布

○人造有機固體絕緣物……熱硬化性樹脂(Phenol, 尿素樹脂, Melamine, Aniline, Glyptal, Polyester, Silicon樹脂), 熱可塑性樹脂(P.V.C, Vinyl-Formal, Polystyrol, Polyethylene, 弗素樹脂), 合成 고무, Cellulose誘電體等.

表-1 有機絕緣材料의 分類

種 類	分子構造	用 途	原 料
熱硬化性樹脂	網狀	成形, 積層, 注形	合成
熱可塑性樹脂	網狀	被覆, 薄葉, 成形	合成
Rubber	線狀	被覆, 注形, 成形	合成, 天然
纖維	線狀	紙, 布	主로 天然

(다음호에 계속)