

# 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)

(2)

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

### 5) 半固體絶緣材料

Varnish는 油나 樹脂를 適當한 溶劑에 녹여서 Coil, 磁性鐵板等에 塗布해서 溶劑의 蒸發, 樹脂의 重合等으로 強靱한 絶緣層을 形成하는 것이며 Compound는 電氣機器 Coil等을 含浸塗覆하여 絶緣하고 濕氣의 侵入을 防止하고 빈空間을 充塡하여 高電界에 의한 電離를 防止하는 것이다. 大部分은 常溫에서 거의 固

體이며 Asphalt, Pitch, 植物油, 礦油, 樹脂等이 主成分이며 그種類는 다음과 같다.

○ 加熱乾燥 Varnish……Asphalt系, Phenol, Vinylformal, Polyuretane等 Compound.

○ 自然乾燥 Varnish……Lacquer, 揮發性 Varnish.

絶緣材料의 形態別 分類는 表-2와 같다.

〈表-2〉 絶緣材料의 形態別 分類

分	類	種 類
氣體絶緣材料	Gas	空氣, 窒素, Freon, SF 6
液體絶緣材料	絶緣油	蠟油, 合成油
半固體絶緣材料	絶緣 Varnish	油性 Varnish, 合成樹脂 Varnish, 酒精 Varnish
	成形 및 注形 Compound	含浸用 Compound, 充塡用 Compound
	布狀, 管狀絶緣物	天然纖維, 合成纖維, 積層管
	Film絶緣物	合成樹脂Film
固體絶緣材料	彈性體	天然Rubber, 合成Rubber
	積層品	合成樹脂積層板
	成形品	合成樹脂成形品
	Ceramics品	磁器, steatite

나. 絶緣材料의 耐熱性에 의한 分類

絶緣材料의 組成에 의한 分類와는 別途로 그 耐熱壽命에 따라 分類하는 것도 重要하다. 表 3 에는 耐熱區分表를 나타냈고 表 4 에 各種 絶緣에 使用할수 있는 絶緣材料를 IEC Pub. 85에 準하여 作成하였다. 이들 材料는 適切한 處理를 할경우 該當 絶緣의 種類로 使用할수 있다. 그러나 이表는 完全한 것은 아니며 記載가 안된 것도 있고 새로운 材料가 開發되어 追加될 수도 있다. 表에서 “主”欄에는 그 種類에 屬하는 것이 널리 認定되어 있는 材料를, “副”欄에는 一部 經驗的으로는 알려져 있

지만 一般에게는 아직 認定되지 않은 材料를 記載하였다.

〈丑-3〉 耐熱區分

絶緣의 種類	最高許容溫度(°C)
Y種	90
A種	105
E種	120
B種	130
F種	155
H種	180
C種	180超過

〈丑-4〉 各種 絶緣에 使用되는 絶緣材料

絶緣의 種類	主副別	絶緣 林 料	絶緣材料 製造에 使用하는 結合, 含浸, 塗布材	絶緣의 處理材料
Y (90°C)	主	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 綿絹等 天然植物性, 動物性 纖維</li> <li>· 再生 Cellulose</li> <li>· Cellulose Acetate</li> <li>· Polyamid纖維</li> <li>· 紙와 紙製品</li> <li>· Pressboard</li> <li>· 堅 Fiber</li> <li>· 木材</li> <li>· Aniline樹脂, 尿素樹脂</li> </ul>	無	無
	副	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Acryl酸樹脂</li> <li>· Polyethylene</li> <li>· Polystyrene</li> <li>· 鹽化 Vinyl</li> <li>· 加硫天然 rubber</li> </ul>	無	無
A (105°C)	主	含浸 또는 液體誘電體에  담긴 下記材料 · <ul style="list-style-type: none"> <li>· 天然動植物纖維</li> <li>· 再生 Cellulose</li> <li>· Cellulose acetate,</li> <li>· Polyamid纖維</li> <li>· 紙, 紙製品</li> <li>· Presboard</li> <li>· 堅 Fiber</li> <li>· 木材</li> </ul>	無	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 油變性 天然樹脂</li> <li>· Shellac, copal</li> <li>· 其他 天然樹脂</li> <li>· Cellulose</li> <li>· 塗料</li> <li>· 絶緣料 및 合成絶緣油</li> </ul>
A (105°C)	主	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Varnish cloth(綿, 絹等 天然動植物性纖維, 再生 Cellulose, Cellulose acetate,</li> </ul>	油變性의 天然, 合成纖維 Varnish	

絶縁의 種類	主副別	絶縁林料	絶縁材料 製造때에 使用 하는 結合, 含浸, 塗布材	絶縁의 處理材料
		Polyamid섬유) • Varnish paper		
		• 積層木材	Phenol樹脂	
		• Cellulose acetate Film • Cellulose acetate butylate Film • 架橋 Polyester樹脂 • Enamel線用 Varnish • Palyamid樹脂 • Polyvinyl formal	無	
	副	• Polychloroplene-nitoril Rubber	無	
E (120°C)	主	—	—	—
	副	• Enamel (Polyvinylformal, Polyurethane, Epoxy)	無	油變成 Asphalt 및 合成樹脂 : 架橋 Polyester樹脂, Epoxy樹脂 또는 上記보다 高温의 種類에 속하는 것
		• Cellulose充填成形品 • 綿積層品 • 紙積層品	Melamine樹脂 Phenol樹脂 Phenol-furfural樹脂	
		• 架橋 Polyester • Cellulose triacetate Film • Polyethylene-terephthalate Film 및 Fibre	無	
• Varnish處理된 Polyethylene-terephthalate 섬유	油變成 Alkyd varnish			
B (130°C)	主	• Glass섬유 • 石棉	無	油變成 Asphalt 및 油變成 合成樹脂 Varnish, 架橋 Polyester樹脂 Epoxy樹脂
		• Varnish Glass섬유 • Varnish石棉	油變成 合成樹脂 Varnish	
		• Mica 製品	Shellac, asphalt 또는 瀝青 Compound, 油變成 合成樹脂, Alkyd樹脂, 架橋 polyester樹脂, Epoxy樹脂	Polyuretan樹脂 ( 강한 機械的 용력을 받는 材料에는 Phenol樹脂가 良)
		• Glass 積層品 • 石棉積層品 • 鑛物質充填成形品	Melamine樹脂 Phenol樹脂	
		• Enamel線用 • 硅素樹脂	無	

絶縁의 種類	主副別	絶縁材料	絶縁材料 製造에 使用 하는 結合, 含浸, 塗布材	絶縁의 處理材料
	副	· Polyethylene phthalate		上同
		· 鑲物質充填成形品	架橋 Polyester樹脂	
		· Poly弗化 Ethylene樹脂	無	
F (155°C)	主	—	—	—
	副	· Glass섬유 · 石綿	無	下記中 耐熱 特性이 좋은것 · Alkyd, Epoxy
		· Varnish Glass Cloth · Varnish石綿 · Mica製品	Alkyd, Epoxy, 架橋 polyester, Polyurethane, Silicon Alkyd樹脂	架橋 Polyester, Polyurethane, Silicon Alkyd, Silicon phenol 樹脂
H (180°C)	主	· Glass섬유 · 石綿		Silicon樹脂
		· Varnish Glass Cloth · Varnish石綿	硅素樹脂 Silicon Rubber	
		· Mica製品 · Glass 纖維積層板 · 石綿積層板	硅素樹脂	
	· Silicon Rubber	—		
	副	—	—	—
C (180°C 以上)	主	· Mica · 磁器, Ceramics · Glass · 石莫 · 其他 上記와 유사한 性質의 無機物	無	Glass, cement等 無機接着材
		· Treated Glass Cloth · Treated石綿 · Mica製品	耐熱性이 좋은 硅素樹脂 (最高許容溫度 225°C)	耐熱性이 좋은 硅素樹脂 (最高許容溫度 225°C)
		副	· Poly四弗化 Ethylene樹脂 (最高許容溫度 250°C)	無

### 5. 各種 絶縁材料의 重要한 特性 및 用途

#### 가. 섬유질 材料

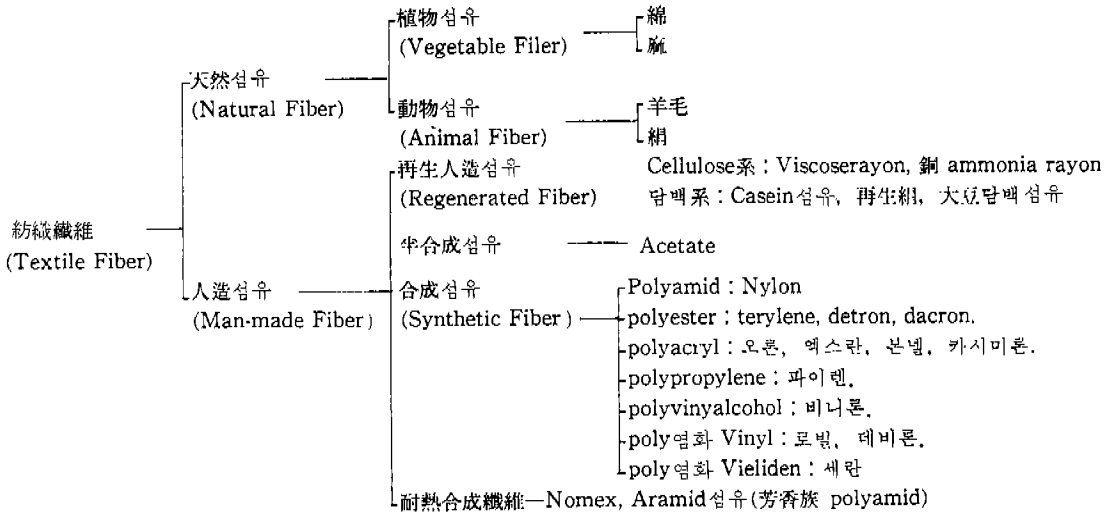
##### 1) 要求特性

○ 絶縁性이 좋은 것; 一般적으로 吸濕에 의해 絶縁抵抗이 低下하지 않을 것.

○ 耐熱性이 좋은 것

○ 油, Varnish, 樹脂類와 親和性이 좋은 것.

2) 分類



3) 各種 纖維의 特性 및 用途

合成纖維의 경우 最近에는 耐熱, 耐濕性, 耐放射線特性 등이 뛰어난 織製品이 開發되어 實用化되었다. 合成纖維는 一般的으로 뛰어난

特性이 있고, 耐熱性도 좋지만 原料가 熱可塑性樹脂이기 때문에 融點에 到達하면 녹는다. 따라서 使用時에 注意하지 않으면 안된다. 耐熱合成 纖維中的 하나인 Nomex,

(丑-5) 各種 섬유의 特性 및 用途

種 類	比重	水分率 (%)	吸水率 (%)	引張強度 (g/d)		乾濕強度比 % 濕潤/乾燥	伸張 (%)		原曲強度	摩擦強度	耐熱性 (°C)		染色性	耐酸性	耐Alkali性	主用途		
				乾燥	濕潤		乾燥	濕潤			空中軟化點	溶解點						
天 然 纖 維	絹	1.36	11.0	13	3.0~6.0	2.4~4.8	80	16~25	27~33	中等強	中等強	-	-	良	強	弱		
	羊毛	1.32	15.0	22	1.0~1.7	0.7~1.6	70~94	25~35	2~50	強	弱	-	-	良	強	弱	Packing材, Spacer	
	綿	1.54	8.5	24~	3.0~4.9	3.3~6.4	110~130	3~7	-	強	中等強	-	-	良	弱	強	袍類工作, Tape	
無機纖維	Glass纖維	2.56	0	0.3	6.3~6.9	5.4~5.8	84~86	3~4	25~35	弱弱	弱弱	810	-	不良	強	中等強		
再生纖維	Rayon	1.50	11.0	27	1.5~2.4	0.7~1.4	47~60	15~20	20~40	弱	弱	-	-	良	弱	中等強		
半合成纖維	Acetate	1.32	6.5	14	1.3~1.5	0.8~1.2	62~80	23~30	30~40	弱	弱	200~230	260	良	中等強	中等強		
合 成 纖 維	Polyamid系	Nylon6	1.14	4.5	8~8.5	5.0~5.8	4.5~5.1	82~88	23~29	27~34	強	強	180	215	良	中等強	強	Varnish Cloth, Tape
		Nylon66 Terylene	1.14	4.5	8	4.6~5.8	4.0~5.1	88	26~32	30~37	強	強	-	250	中等強	中等強	強	
	Polyester系	Dacron	1.38	0.4	0.5	4.6~5.0	4.6~5.0	100	19~23	19~23	強	強	-	250	不良	強	強	Varnish Cloth의 基布
		Tetron	1.38	0.4	0.5	4.6~5.0	4.6~5.0	100	19~23	19~23	強	強	-	250	不良	強	強	
Polyacryl系	오펀	1.14~1.17	1.5	2.5	4.2~4.8	4.0~4.6	95~96	15~17	15~17	強強	中等強	235	-	中等良	強強	強		
	다이엘	1.31	0.3~0.4	1.0	2.4~3.4	2.4~3.4	100	32~50	32~50	-	-	150~160	-	-	強強	強強		
Polyvinyl alcohol系	Vinylon	1.26	5.0	-	3.5~6.5	2.5~5.5	70~85	15~30	-	強	強	200	200	中等良	強	強	Varnish Cloth, Tape, 粘層板的 基材	
		1.70	0	0.1	1.2~2.3	1.2~2.3	100	15~30	15~50	強	強	120~140	-	不良	強強	強		
維	polyurethane系	유리론	1.70	1.7	-	4.5~5.5	-	100	10~20	-	-	-	235~240	良	-	-		
	耐熱合成纖維	Normex Aramid纖維	1.38			5.3	4.1	77	22	16	強	強	371	-				

Aramid纖維는 耐熱성이 아주 뛰어나서 電氣 絶緣材料 및 工業用材料로도 널리 使用되고 있으며 特히 機械의 特性뿐만 아니라 耐放射線性, 耐光性, 耐藥品性, 難燃性, 化學的 安定性, 防炎性等이 뛰어난 纖維이다. 다음 表-5 에는 各種 纖維의 特性值 및 用途에 대해 記述하고 있다.

나. 布管絶緣材料

絶緣材料의 代表的인 것으로는 magnet-wire用의 eramel varnish, coil含浸 Varnish 및 布管絶緣材料가 있다. 布管絶緣材料는 各種의 纖維基材에 變性한 各種의 Cloth用 Varnish를 含浸塗布後 硬化한 薄葉絶緣材料이다. 布管絶緣材料를 크게 分類하면 Varnish Cloth類, Silicone Varnish 및 Silicone Rubber Glass Cloth類, Varnish paper類,

Varnish Tube類 등이 있다. Varnish Cloth類 에는 Varnish Cloth 및 Varnish Cloth Tape, Varnish bias Tape, Varnish silk 및 Varnish silk Tape, Varnish Rayon Cloth Varnish Royon Cloth Tape 및 Varnish Rayon bias Tape, Varnish Terephthalate Cloth 및 Varnish Terephthalate Cloth Tape, Varnish Glass Cloth 및 Varnish Glass Cloth Tape, Varnish Glass bias Tape가 있고 Silicone Varnish 및 Silicone Rubber Glass Cloth類 에는 Silicone Varnish Glass Cloth, Silicone Rubber Glass Cloth가 있고 Varnish Tube類 에는 Silicone Varnish Glass Tube 및 Sleeve, Silicone Rubber Glass Tube가 있다. 表-6은 Varnish Cloth의 種類를 表-7은 布管絶緣材料의 特性 및 用途에 對하여 記述하고 있다.

〈표-6〉 Varnish Cloth의 種類

製品의 種類	基材의 種類	製品의 耐熱度	塗布 Varnish의 種類
Varnish Cloth	綿布	A	油性系, Asphalt系
Varnish Rayon Cloth	Rayon布	A	上同
Varnish Staple Fiber Cloth	Staple Fiber布	A	上同
Varnish Polyester Cloth	Polyester布	E	上同
Varnish Glass Cloth	Glass布	B	Alkyd系, Polyurethane系 油性系, Asphalt系
Varnish Glass Cloth	Glass布	F	Isophthal系, Alkyd系 變性 Epoxy系, Silicone Alkyd系
Silicone Varnish Glass Cloth	Glass布	H	Silicone系
Silicone Rubber Glass Cloth	Glass布	H	Silicone Rubber系

〈표-7〉 布管絶緣材料의 特性 및 用途

種 類	特 性	用 途
Varnish Cloth類	耐熱性良, 引張強度強, 伸張, 柔軟性良	回轉機器의 slot絶緣, coil對地絶緣, 層間絶緣, 變壓器, 變流器, 制御器等의 coil對地絶緣, 電力 cable의 絶緣
Silicone Varnish Silicone Rubber Glass Cloth	耐熱性, 柔軟性良	H種回轉機의 slot絶緣, coil絶緣, H種乾式變壓器, 電 氣溶接機의 coil絶緣, 電力 cable의 接續部絶緣
Varnish paper	吸濕性大, 絶緣性低, 機械的強度劣	小型機器의 絶緣
Varnish Tube類	耐熱性, 耐濕性, 柔軟 性良	H種回轉機, 變壓器의 導線絶緣, 導線接續部, 端子引出 部

〈다음호에 계속〉