

I 變壓器的概述

變壓器的最基本型式，包括兩組繞有導線之線圈，並且彼此以電感方式稱合一起。當一交流電流(具有某一已知頻率)流於其中之一組線圈時，於另一組線圈中將感應出具有相同頻率之交流電壓，而感應的電壓大小取決於兩線圈耦合及磁交鏈之程度。

一般指連接交流電源的線圈稱之為「一次線圈」(Primamary coil);而跨於此線圈的電壓稱之為「一次電壓」。在二次線圈的感應電壓可能大於或小於一次電壓，是由一次線圈與二次線圈間的「匝數比」所決定的。因此，變壓器區分為升壓與降壓變壓器兩種。

大部份的變壓器均有固定的鐵心，其上繞有一次與二次的線圈。基於鐵材的高導磁性，大部份磁通量局限在鐵心裡，因此，兩組線圈藉此可以獲得相當高程度之磁耦合。在一些變壓器中，線圈與鐵心二者間緊密地結合，其一次與二次電壓的比值幾乎與二者之線圈匝數比相同。因此，變壓器之匝數比，一般可作為變壓器升壓或降壓的參考指標。由於此項升壓與降壓的功能，使得變壓器已成為現代化電力系統之一重要附屬物，提升輸電電壓使得長途輸送電力更為經濟，至於降壓變壓器，它使得電力運用方面更加多元化，吾人可以如是說，倘無變壓器，則現代工業實無法達到目前發展的現況。

電子變壓器除了體積較小外，在電力變壓器與電子變壓器二者之間，並沒有明確的分界線。一般提供 60Hz 電力網路之電源均非常龐大，它可能是涵蓋有半個洲地區那般大的容量。電子裝置的電力限制，通常受限於整流、放大，與系統其他組件的能力，其中有些部份屬放大電力者，但如與電力系統發電能力相比較，它仍然歸屬於小電力之範圍。

各種電子裝備常用到變壓器，理由是：提供各種電壓階層確保系統正常操作;提供系統中以不同電位操作部份得以電氣隔離;對交流電流提供高阻抗，但對直流則提供低的阻抗;在不同的電位下，維持或修飾波形與頻率響應。「阻抗」其中之一項重要概念，亦即電子學特性之一，其乃預設一種設備，即當電路元件阻抗係從一階層改變到另外的一個階層時，其間即使用到一種設備-變壓器。

對於電子裝置而言，重量和空間通常是一項努力追求之目標，至於效率、

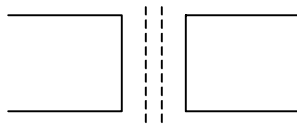
安全性與可靠性，更是重要的考慮因素。變壓器除了能夠在一個系統裡佔有顯著百分比的重量和空間外，另一方面在可靠性方面，它亦是衡量因數中之一要項。因為上述與其他應用方面的差別，使得電力變壓器並不適合應用於電子電路上。

II 變壓器的原理

1.變壓器的製作原理：

在發電機中，不管是線圈運動通過磁場或磁場運動通過固定線圈，均能在線圈中感應電勢，此兩種情況，磁通的值均不變，但與線圈相交鏈的磁通數量卻有變動，此為互感應原理。變壓器就是一種利用電磁互感應，變換電壓，電流和阻抗的器件。

2.在電路中，變壓器表示符號為：



3.技述參數：

對不同類型的變壓器都有相應的技述要求，可用相應的技述參數表示。如電源變壓器的主要技述參數有：額定功率、額定電壓和電壓比、額定頻率、工作溫度等級、溫升、電壓調整率、絕緣性能和防潮性能，對於一般低頻變壓器的主要技述參數是：變壓比、頻率特性、非線性失真、磁屏蔽和靜電屏蔽、效率等。

A.電壓比：

變壓器兩組線圈圈數分別為 N_1 和 N_2 ， N_1 為初級， N_2 為次級。在初級線圈上加一交流電壓，在次級線圈兩端就會產生感應電動勢。當 $N_2 > N_1$ 時，其感應電動勢要比初級所加的電壓還要高，這種變壓器稱為升壓變壓器；當 $N_2 < N_1$ 時，其感應電動勢低於初級電壓，這種變壓器稱為降變壓器。初級次級電壓和線圈圈數間：

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = n$$

式中 n 稱為電壓比(圈數比).當 $n < 1$ 時, 則 $N_1 > N_2$, $V_1 > V_2$, 該變壓器為降壓變壓器.反之則為升壓變壓器.

B.變壓器的效率：

在額定功率時，變壓器的輸出功率和輸入功率的比值，叫做變壓器的效率，即

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\%$$

式中 η 為變壓器的效率; P_1 為輸入功率， P_2 為輸出功率.

當變壓器的輸出功率 P_2 等於輸入功率 P_1 時，效率 η 等於 100%，變壓器將不產生任何損耗.但實際上這種變壓器是沒有的.變壓器傳輸電能時總要產生損耗，這種損耗主要有銅損和鐵損.

銅損是指變壓器線圈電阻所引起的損耗.當電流通過線圈電阻發熱時，一部分電能就轉變為熱能而損耗.由於線圈一般都由帶絕緣的銅線纏繞而成，因此稱為銅損.

變壓器的鐵損包括兩個方面.一是磁滯損耗，當交流電流通過變壓器時，通過變壓器矽鋼片的磁力線其方向和大小隨之變化，使得矽鋼片內部分子相互摩擦，放出熱能，從而損耗了一部分電能，這便是磁滯損耗.另一是渦流損耗，當變壓器工作時.鐵芯中有磁力線穿過，在與磁力線垂直的平面上就會產生感應電流，由于此電流自成閉合回路形成環流，且成旋渦狀，故稱為渦流.渦流的存在使鐵芯發熱，消耗能量，這種損耗稱為渦流損耗.

變壓器的效率與變壓器的功率等級有密切關係，通常功率越大，損耗與輸出功率就越小，效率也就越高.反之，功率越小，效率也就越低.

III. 變壓器材料介紹

一. 線架(BOBBIN)

(一) 作用：顧名思義，BOBBIN(線架)在變壓器中起支撐 COIL(線圈)的作用。

(二) BOBBIN 的分類：

1. 依據變壓器的性質要求不同，按材質分為：熱塑性材料，熱固性材料。

熱塑性材料我們常用的有尼龍(NYLON)，塑膠(PET)，塑膠(PBT)

三種。熱固性材料我們常用到的有電木(PM)。

2. 依據變壓器的形狀不同，BOBBIN 又分為立式，臥式，子母式，抽屜式，單格，雙格。

(三) 特性及用途：

1. 電木(PM)：熱固性材料，穩定性高，不易變形，耐溫 150°C，可承受 370°C 之高溫。表面光滑，易碎，不能回收。用於耐溫較高之變壓器。

2. 尼龍(NYLON)：熱塑性材料，工程塑膠，延展性好，不易碎，耐溫 115°C，易吸水，使用前先用 80°C 的溫度烘烤，使固性穩定。表面光滑，半透明，不易碎。一般用於耐油性強的變壓器上。

3. 塑膠(PET)：熱塑性材料，510 系統，硬性高，易成形。不易變形，耐溫 170°C，表面不光滑，不易碎，一般用於繞線管。

4. 塑膠(PBT)：熱塑性材料，較軟，不易變形，不耐高溫(160°C)，表面不光滑，不易碎一般用於繞線管

*熱塑性材料可回收：第一次為 20%，第二次為 15%，第三次 7%.

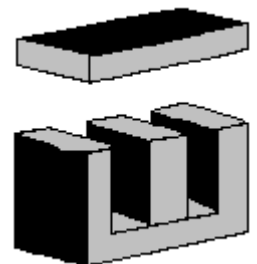
二.鐵芯 CORE

鐵芯從用途上分高、低頻、COIL 三種:

1.高頻類：鐵粉芯 Ferrite core

Ferrite core 用於高頻變壓器 它是一種帶有尖晶石結晶狀結構的陶瓷磁體，此種尖晶石為氧化鐵和其它二價的金屬化合物.如 $k\text{Fe}_2\text{O}_4$ (k 代表其它金屬)，目前常使用的金屬有錳(Mn)、鋅(Zn)、鎳(Ni)、鎂(Mg)、銅(Cu).

其常用組合如錳鋅(Mn Zn)系列、鎳鋅 (Ni Zn)系列及鎂鋅(Mg Zn)系列.此種材具有高導磁率和阻抗性的物性，其使用頻率範圍由 1kHz 到超過 200kHz.



2.低頻類：矽鋼片(LAMINATION)

矽鋼片用於低頻變壓器，其種類很多，按其製作工藝不同可分為 A：鍛燒(黑片)、 N：無鍛燒(白片)兩種.按其形狀不同可分為：EI 型、UI 型、C 型、口型.

口型矽鋼片常在功率較大的變壓器中使用，它絕緣性能好，易於散熱，同時磁短路，主要用於功率大於 500~1000W 和大功率變壓器中.

由兩個 C 型矽鋼片組成一套矽鋼片稱為 CD 型矽鋼片，用 CD 型矽鋼片製作的電源變壓器在截面積相同的條件下，窗口愈越高，變壓器功率越大。於鐵芯兩側可以分別安裝線圈，因此變壓器的線圈匝數可分配在兩個線包上，從而使每個線包的平均匝長較短，線圈的銅耗減小。另外如果把要求對稱的兩個線圈分別繞在兩個線包上，可以達到完全對稱的效果。

由四個 C 型矽鋼片組成一套矽鋼片稱為 ED 型矽鋼片。ED 型矽鋼片製成的變壓器外形呈扁寬形，在功率相同的條件下 ED 型變壓器比 CD 型變壓器矮些，寬度大些，另外由於線圈安裝在矽鋼片中間，有外磁路，因此漏磁小，對整體乾擾小。但是它所有線圈都繞在一個線包上，線包較厚，故平均匝長較長，銅耗較大。

C 型鐵芯性能優異所製作之變壓器體積小、重量輕、效率高，裝配的角度來看，C 型矽鋼片零件很少，通用性強，因此生產效率高，但是 C 型矽鋼片加工工序較多，作較複雜，需用專用設備製造，因而目前成本還較高。

我們主要使用的是 EI 型矽鋼片。E 型矽鋼片又稱殼型或日型矽鋼片，它的主要優點是初、次級線圈共同一個線架，有較高的窗口佔空系數(佔空系數 K_m ：銅線淨截面積和窗口面積比)；矽鋼片對繞組形成保護外殼，使繞組不易受到機械傷損傷；同時矽鋼片散熱面積較大，變壓器磁場發散較少。但是它的初次級漏感較大，外來磁場乾擾也較大，此外，由於繞組平均周長較長，在同樣圈數和鐵芯截面積條件下，EI 型鐵芯的變壓器所用的銅線較多。

矽鋼片的厚度常用的有 0.35mm、0.5mm 兩種。

矽鋼片的組裝方式有交疊法和對疊法兩種。交疊法是將矽鋼片的開口一對一交替地分佈在兩邊，這種疊法比較麻煩，但矽鋼片間隙小，磁阻小，有利於增大磁通，因此電源變壓器都採用這種方法。對疊法常用於通有直流電流的場合，為避免直流電流引起飽和，矽鋼片之間需要留有空隙，因此對疊法將 E 片與 I 片各放一邊，兩者之間的空隙可

用紙片來調節

我們廠常用的有矽鋼片材質有 Z-11、H-18、H-50、H-14 等，其中以 Z-11 矽鋼片性能最好.通常表示方法如圖 3.1：

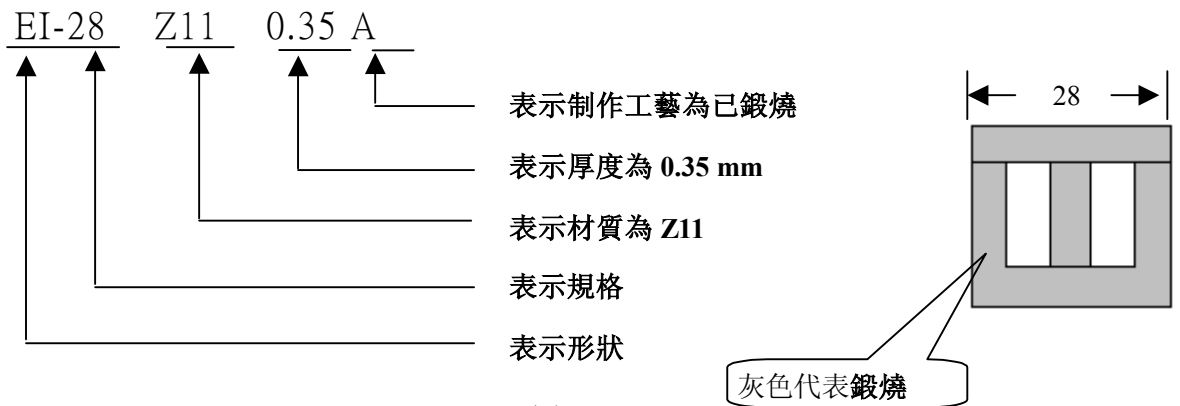


圖 3.1

1.COIL 類：分三種類型(如圖 3.2).

A.TOROID 環形鐵芯：將 O 型疊片而成，或由矽鋼片捲繞而成。
此種鐵芯對繞線來說非常不易。

B.ROD CORE 棒狀鐵芯。

C.DRUM CORE：鼓形鐵芯。

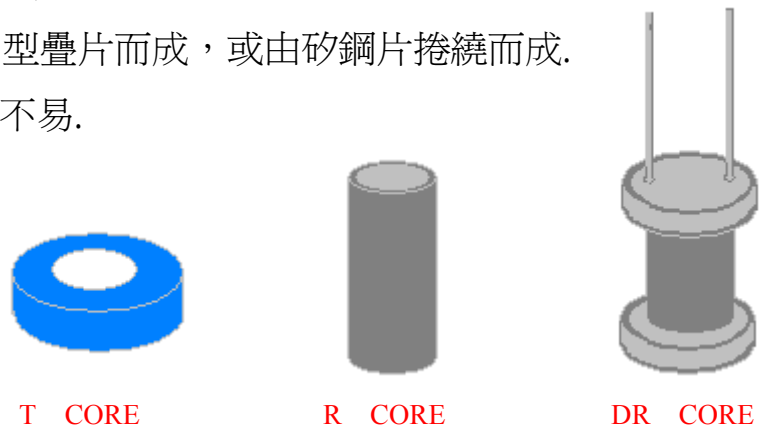


圖 3.2

三. TUBE

TUBE 種類繁多，用途廣泛，我們常用的有 TEFLON(鐵弗龍)、矽質套管、玻璃纖維矽膠套管、矽橡膠套管、矽膠玻璃纖維套管、臘套管、PE 熱縮套管、PVC 熱縮套管。

1.TEFLON

鐵弗龍為塑膠中耐溫最高(280°C~300°C)最耐強酸、強鹼、最抗粘、最滑溜耐磨之工程塑膠材料，而廣泛用於機械，汽車，電子，化工閥門等零件.鐵弗龍為訊號、儀控網路及耐熱之電線電纜的最佳絕緣材料，成功用於各類家電用品(微波爐、電烤箱、吹風機、電鍋.....)，通訊設備/電腦、各類化學、機械及電氣/電子工業領域。

其中 Teflon Insulation Sleeving 由於耐高溫、耐電壓(300V)而廣泛用於航太、汽車、醫療、電子變壓器、通訊等科技工業。

Teflon insulation sleeving 是變壓器進出線絕緣的最佳材料，其主要性質如下表：

TEFLON 之性質表			
比重	2.1~2.3gr/cm	絕緣破壞強度	4.5kv/mm
抗拉強度	280~352kg/cm	誘電率 10 HZ	<2.1
伸長率	200~400%	耐電弧性	} >300sec
抗拉彈性系數	0.4*10kg/cm	吸水率 24Hrs	
壓縮強度	120kg/cm	太陽光線影響	
硬度(rockwell)	D50~55	弱酸影響	
沖擊張度(V)	16.4gm/1000 回	弱鹼影響	耐性非常強
磨擦系數	0mg/1000 回	強酸影響	
融 點	317~327°C	強鹼影響	
熱變形溫度(4.6kg/cm)	260°C	有機溶劑}影響	

Teflon Insulation tubing : L.T.S.Type

- L Type : Wall thickness : 0.15mm~0.2mm Dielectric strength : 3600V
- T Type : Wall thickness : 0.3mm~0.35mm Dielectric strength : 7200V
- S Type : Wall thickness : 0.5mm~0.60mm Dielectric strength : 12000V

2. 矽質玻璃纖維套管 (Silicon Glass Fiber Sleeving Character)

矽質玻璃纖維套管是以無鹼性玻璃纖維紗編織成管，經特殊的一種樹脂浸塗處理，再以適當之溫度烘乾而製成，它具有極佳之電氣絕緣性，且耐燃耐溫、耐電壓、耐濕、在零下 50°C 低溫時仍能保持柔軟。在高溫 200~250°C 亦不損電氣之特性，另皮膜十分強韌，而曲折。適用 H 級馬達、乾式變壓器、炭刷、冷凍機、冷氣機、投射燈、鹵素燈、吸頂燈、落地燈及發熱體之導線、機械高溫配線和保護所適用。

矽質玻璃纖維套管在變壓器中常用於 CT 絕緣，其耐油性、抗剪性、耐磨性極佳，耐酸鹼、水、液態氧、有機溶劑；耐溫 180°C，耐電壓 1.5KV。

內 徑	內徑偏差	厚 度	厚度偏差	耐熱性 200°C 絕不 產生異狀
1.0 TO 1.5	+0.2 -0.1	0.25	000	燃燒性 45"難燃 自然熄滅
2.0 TO 3.0	+0.3 -0.15	0.38		
3.5 TO 6.0	+0.3 -0.15	0.45	20	
7.0 TO 10	+0.5 -0.5	0.50		
11 TO 25	+1.5 -0.5	0.63	50	

3. 矽膠套管 (Silicon Rubber Tube)

矽膠套管耐溫在-70°C 至 200°C，

抗拉強度為 1000psi;

矽膠絕緣套管尺寸表	
內徑(mm)	外徑(mm)

伸長率為 300%;

耐火、自熄;

抗剪穿性、耐磨性好;

耐酸、水、植物油、動物油佳;

稍耐碳化氫油及汽油;

耐電壓 4000V.

矽膠套管常用於：

1 變壓器絕緣套管;

2 電熱絕緣套管

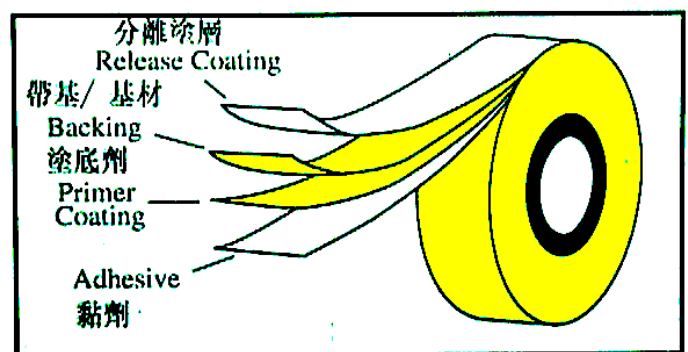
3 耐高溫套管

0.5	x	1.3
0.8	x	1.6
1.0	x	1.8
1.5	x	2.3
2.0	x	2.8
2.5	x	3.3
3.0	x	4.0
3.5	x	4.5
4.0	x	5.0
5.0	x	6.0
6.0	x	8.0
7.0	x	9.0
8.0	x	10.0
9.0	x	11.0
10.0	x	12.0

四.TAPE

1.電氣膠帶的構造

從一捲 3M#1350 粘貼膠帶的外表，會令人聯想到它所牽涉的物料科學、技術和先進生產處理等複雜性質。電氣膠帶的基本結構：分離塗層(Release Coating)、



Basic construction of most electrical tapes.
大部份電氣膠帶的基本結構

帶基/基材(Backing)、塗底劑(Primer Coating)、粘劑(Adhesive). (如圖 4.1)

2.常用的膠帶

我們以帶基/基材的不同分類有：環氧膠帶(epoxy tape)、聚酸亞胺膠帶 (polyimide tape)、聚四氟乙烯膠帶(PTFE Tape)、乙烯樹脂膠帶 (Vinyi Tapy)、聚酯薄膜(Polyeseter Taye)、強化纖維膠帶(Filament Tape)、合成物薄膜(Composite Tape)、玻璃布(Glass Cloth)、乙醋酸布 (Acetate Cloth)、紙帶 (Paper)

3.各種膠帶有特性及用途

3.1 環氧膠帶(epoxy tape)

環氧膠帶抗焊接、抗穿刺、質薄、絕緣強度高、從形性好，UL 認可耐溫程度達 150°C 及防燃.這種結構的膠帶功能廣泛，有利於減輕庫存成本其 HI-POT 在 5KV 以上.

3.2 聚酸亞胺膠帶 (polyimide tape)

這種膠帶以聚酸亞胺為-帶基/基材的膠帶適用於 COIL、纏結的電線和電容器.它能抵受極大的溫差，保持其物理及電氣性能不變.其熱固硅/矽的壓敏膠粘劑提高聚酸亞胺膠帶的穩定性.其耐溫為 180°C，HI-POT 為 7.5KV

3.3 聚四氟乙烯膠帶(PTFE Tape)

這些耐高溫薄膜膠帶在溫差極大時使用仍可保持其性能不變，收縮程度低，抵禦化學物質性能極低、抗電弧能力高、且不含碳化物質.其耐溫為 80°C，其 HI-POT 為 9.5KV.

3.4 乙烯樹脂膠帶(Vinyi Tapy)

乙烯膠帶糅合了聚氯乙烯帶基的靈活性及具備優良的電氣絕緣性能.它的絕緣強度高，抗濕氣、紫外線、磨損、腐蝕、鹼和混合物. 其壓敏橡膠粘劑適用溫差能力良好. 此不褪色膠帶能迅速辨認電流相位、導線、管導和 安全地帶. 乙烯膠帶提供主要電絕緣達 600 伏特之高，亦可用於高壓電纜電線纏結和電視消磁 COIL 的封裝操作. HI-POT>8KV 最高可達 12KV.

3.5 聚酯薄膜(Polyester Tape)

這種膠帶適應於需要薄質、耐用和高介電/耐電壓強度材料時的絕緣用途。它必須比醋酸酯薄膜膠帶耐溫度。聚脂薄膜膠帶從形性高、有極佳的抗化學品、抗化劑和防潮能力，並可抵受切割及磨損。耐溫 130°C HI-POT：5KV

3.6 強化纖維膠帶(Filament Tape)

這種膠帶特別適用於需要聚脂薄膜的高介電強度/高耐電壓和玻璃布膠帶的高度機械強度的情況。它的延展強度低、韌度高和抗撕裂，在 130°C 或以下範圍使用這種膠帶，比使用玻璃布膠帶的成本為低。它可用來固定引線及端子板，並可纏結 COIL。

3.7 合成物薄膜(Composite Tape)

這種結構結合聚脂薄膜的高介電/耐電壓強度和抗撕裂性質以及無紡聚酯薄墊的軟墊特性，並備有三種厚度可供選擇。這種膠帶即我們常說的 44#醋酸布(ACT)，其耐溫為 130°C，HI-POT：5.5KV

3.8 玻璃布(Glass Cloth)

玻璃布膠帶用途最廣泛且從形性最佳，它在紡織產品中最耐熱和韌力最高，並能級效地吸收電氣絕緣漆和樹脂其耐溫 130°C 以上，HI-POT：3KV

3.9 乙醋酸布(Acetate Cloth)、

這些悅目膠帶適用於 COIL 包封。從形性高。能抵受 105°C 之高溫，乙醋酸布並能有效地吸收樹脂和絕緣漆。HI-POT：3.5KV

3.10 紙帶(Paper)

這些膠帶具軟墊功能，抗穿刺和韌度高。其縐紋及纖維帶基物料具有極高從形性，用於 COIL 包封及 105°C 或以下溫度範圍。HI-POT：2KV

五. WIRE

(一) 漆包線的種類及用途：

名稱	種類	耐熱區分	用途	Remarks
性樹脂漆包線 (E · W)	Type 1 Type 2 Type 3 Type 4	Type A (105°C)	因具有體積小的優點普遍被使用於電話交換機的繼電 COIL. 可使用於通訊機器的繼電 COIL，照明器具用 COIL 控制機器用 COIL	1.UEW 漆包線可以著色 2.第 0 種的皮膜特別厚
聚乙烯醇縮甲醛漆包線 (P · V · F ·)	Type 0 Type 1 Type 2	Type A (105°C)	機械特性優良，可用於電動機.汽車用電裝品，一般回轉機，馬達.電扇及變壓器等之 COIL	第 1 種薄 第 2 種較薄 第 3 種更薄 第 4 種最薄
聚胺基甲酸脂漆包線 (U · E · W ·)	Type 1 Type 2 Type 3	Type E (120°C)	弱電機器用，特別適用於高波通信機械，中頻.高頻 COIL	
自融性聚胺脂漆包線 (S · B · W ·)	Type0 Type1 Type2	Type B (130°C)	通信儀器之 COIL 電氣機器之 COIL 電氣計器之 COIL 電視偏食向 COIL 喇叭音響 COIL	
聚脂瓷漆包線 (P · E · W ·)	Type0 Type1 Type2	Type F (155°C)	適用於要求熱特性良好的電動機及變壓器等 各種電動機之 COIL 各種變壓器之 COIL 密閉電動機之 COIL 耐溫稍高之馬達 COIL	
聚胺基甲酸脂 尼龍被覆漆包線 (UEW-NY)	Type 1 Type 2	TypeE (120°C)	適用於耐磨性良好之高速繞線作業之機械	
聚亞胺聚脂漆包線 (E · I · W ·)	Type 0 Type 1 Type 2	Type H (180°C)	適用於馬達 COIL，乾式變壓，溫度 class F 的替續器中，適用於電冰箱或冷氣機中的密封馬達線圈中.	
聚亞胺醯胺漆包線 (A · I · W ·)	Type 1 Type 2 Type 3	Type A (220°C)	適用於 H 級馬達，變壓器，替續器等之線圈.	

聚脂瓷漆包線(P.E.W.)

聚脂瓷漆包線是以耐熱的 Terephthalic Polyester 樹脂為主體的油脂為絕緣皮膜烤漆於導體而成。

特性：

- 耐熱性比合成樹(P.V.F.)漆包線、U.E.W.漆包線優越
- 耐藥性(鹼性除外)、耐溶性優良
- 機械強度可與合成樹脂(P.V.F.)媲美
- 力率、誘電率可與 U.E.W.漆包線媲美
- 耐鹼性、耐濕性比合成樹脂漆包線(P.V.F)

聚胺基甲酸脂漆包(U.E.W.)

聚胺基甲酸脂漆包是以 Polyurethane 樹脂為主體的油脂為絕緣皮膜，烤漆於導體而成。其最大的特點為皮膜在 300°C 以上時，能於短時間內溶解，所以可不剝皮而作焊接工作。

耐熱性比合成樹脂(P.V.F.)漆包線優越(E種)機械強度可與合成樹脂(P.V.F.)漆包線比美。

特性：

- 耐熱性比合成樹(P.V.F.)漆包線優越
- 因能不剝皮作焊接工作，故可提高工作效率
- 耐酒精系列溶劑比一般漆包線差稍許，但實用上並無影響

聚亞胺聚脂 E.I.W.漆包線

塗料為 Polyester-imide 樹脂作成。具有高熱安定性和高介質強度。

特性：

- 耐熱沖擊性良好
- 耐磨性佳、柔軟性好
- 耐熱性及耐化學藥品性佳
- 耐冷 R-12 及 R-22

聚亞胺醯胺漆包線(A. I. W)

塗料為 Polyamide-imide 樹脂作成，有優的穩熱性

特性：

- 耐熱性優
- 耐磨性佳
- 耐化學藥品性佳
- 耐冷 R-12 及 R-22

自融性聚胺脂漆包線 (S · B · W ·)

融著性 U.E.W.漆包線是 U.E.W 漆包線上面再加一層熱可塑性皮膜

特性：

- 具有 U.E.W.漆包線的全部特點
- 可節省 COIL 真空含浸時間之加熱乾燥處理，提高工作效率，降低成本
- 可與層間紙粘著，防止線間之滑落

油性樹脂漆包線 (E · W)

油性樹脂漆包線是最早普遍被使用之漆包線，以天然樹脂與乾性油為主的油質為絕緣皮膜，依規定厚度烤漆於導體而成

特性：

- 在漆包線中，體積最小，可使 COIL 輕巧化.節約使用材料降低成本

- 耐水性優良，耐濕性佳，短期負熱載性佳
- 因耐溶性劑，耐油性差，故浸油時有選擇溶劑的必要。
- 耐磨性比其它漆包線差，不適於笨重的繞線作業

聚乙烯醇縮甲醛漆包線 (P · V · F ·)

聚乙烯醇縮甲醛漆包線(P.V.F.)是以合成樹脂漆包線中最早開發一種，以 Polyving.formal 樹脂為主體，另附加硬化性樹脂的油脂為絕緣皮膜烤漆於導體而成。

特性：

- 絕緣皮膜極為強熱性比合成樹(P.V.F.)漆包線、U.E.W.漆包線優越
- 耐藥性(鹼性除外)、耐溶性優良
- 機械強度可與合成樹脂(P.V.F.)媲美
- 力率、誘電率可與 U.E.W.漆包線比美
- 耐鹼性、耐濕性比合成樹脂漆包線(P.V.F)

2.WIRE 其他常識

2.1 2UEW 耐溫 120°C，可以直接焊錫;而 PEW 耐溫 155°C，180°C，焊錫時須脫皮。

2.2 絲包線用於顯示器，不耐潮。

2.2 絞線用來取代較粗的單芯線。

a.換算公式： 股數*Φ數 x1.155(系數)=? Φ(線徑)

如 $0.6\Phi \times 4P = 1.386\Phi$ $\sqrt{4 \times 0.6\Phi \times 1.155} = 1.386\Phi$

b.50cm 至少 25 絞，絞數多則 DC.R 高。

各種漆包線的檢驗標準

品名	油性樹脂漆包線		聚乙烯醇縮甲醛漆包線		聚酯漆包線		聚胺基甲酸脂漆包線	
國家標準 號 碼	CNS3984C3049		CNS3986 C3051		CNS3986 C3051		CNS3986 C3051	
符 號	E W		P V F		P E W		U E W	
漆膜厚度 類 別	1 種(3.2-0.1mm)漆膜厚者 2 種(1-0.025mm)漆膜薄者		0 種(3.2-0.1mm)漆膜特厚者 1 種(3.2-0.1mm)漆膜厚者 2 種(1-0.025mm)漆膜薄者		0 種(3.2-0.1mm)漆膜特厚者 1 種(3.2-0.1mm)漆膜厚者 2 種(1-0.05mm)漆膜薄者		0 種(3.2-0.1mm)漆膜特厚者 1 種(3.2-0.1mm)漆膜厚者 2, 3 種(1-0.025mm)漆膜薄者	
針孔試驗	截取長度約 6 公尺之試料 1 條，浸入試驗液中約 5 公尺，導以 12V 之直流電壓 1 分鐘後，產生之針孔數符合下表之規定 1 種(2.0-0.3mm) 5 個以下 2 種(1.0-0.05mm) 8 個以下 3 種(0.04-0.025mm)12 個以下		同左 但須先加熱處理(125°C 10 分)後再行試驗，產生之針孔數符合下表之規定 0 種 2 個以下 1 種 3 個以下 2 種 5 個以下		同 PVF 試驗法，產生之針孔數，須符合下表之規定 0 種 2 個以下 1 種 3 個以下 2 種 5 個以下		同 PVF 試驗法，產生之針孔數，須符合下表之規定 0 種 2 個以下 1 種 3 個以下 2 種 5 個以下 3 種 12 個以下	
捲線試驗	截取確無針孔之適當長度試料 5 條，依下表所列平滑圓棒，緊密捲線 10 次再行針孔試，此時 5 條中不得有 3 條以上有針孔(0.37-2.0mm 施行之)		依下表所列平滑圓棒 緊密捲線 10 次，不得有以肉眼所風之龜裂現象(0.37mm 以上施行之)		同 PVF 試法		同 PVF 試法	
	導線直徑 mm	圓棒直徑	導線直徑 mm	圓棒直徑	導線直徑 mm	圓棒直徑	導線直徑 mm	圓棒直徑
	2.0-1.2	導線直徑 8 倍	2.0-1.2	導線直徑 6 倍	2.0-1.2	導線直徑 6 倍	2.0-1.2	導線直徑 5 倍
	1.1-0.8	導線直徑 6 倍	1.1-0.8	導線直徑 5 倍	1.1-0.8	導線直徑 5 倍	1.1-0.8	導線直徑 4 倍
	0.75-0.55	導線直徑 5 倍	0.75-0.55	導線直徑 4 倍	0.75-0.55	導線直徑 4 倍	0.75-0.55	導線直徑 3 倍
	0.5-0.37	導線直徑 4 倍	0.5-0.37	導線直徑 3 倍	0.5-0.37	導線直徑 3 倍	0.5-0.37	
伸長試驗	截取確無針孔之適當長度試料 5 條，設標點距離為 250mm 而伸長 10%，再行針孔試，此時 5 條中不得有 3 條以上有針孔(0.37mm 施行之)		截取確無針孔之適當長度試料 3 條，設標點距離為 250mm，0.35-0.1mm 而伸長 10%，0.09-0.08mm 而伸長 5%，伸長後以 8 倍之放大鏡檢查時，不得有龜裂現象。		同 PVF 試驗法		同 PVF 試驗法	
絕緣破壞 試 驗	2 條							

六.EPOXY

1.用途：在變壓器中，膠用於接合.固定或灌注。

2.膠的儲存與使用方法：

2.1 膠放置久未使用，會有沉淀現象，使用前先攪拌均勻；

2.2 部分種類的膠需冷藏儲存(在包裝外會標明保存溫度：5°C~10°C)，取出使用，如有固體或結晶現象時應先攪拌或加溫至 25°C~35°C

使之軟化.

2.3 凡化學品都有使用期限，逾期化學品不宜使用

3.膠的種類

3.1 常用的膠大約可分爲

3.1.1 環氧樹脂系 EPOXY RESIN

3.1.2 矽銅系

3.1.3 壓氧系

3.1.4 氰壓克力脂：瞬間膠水

3.1.5 熱熔膠：封固零件或接點

4.膠按其組成不同分爲單劑型、雙劑型和三劑型(不常使用)

4.1 單劑型：製造廠商已將樹脂與硬化劑調好，其化學變化過程緩慢，通常需要冷藏，使用後加熱使其硬化.

4.2 雙劑型：樹脂與硬化劑分開，可於室溫下保存使用時將二劑依正確比例混合，必須攪抖均勻，否則烘烤不乾.正確比率混合且經攪拌均勻之膠，通常要在室溫下即可硬化，故需視使用量調合，以免浪費.

5.使用說明如下：

5.1 環氧樹脂系：

甲.灌注用

A 升龍 E505(透明)或 E505B(黑色) 硬化劑 927

混合比率 E505(505B)：927=10：3

通常用於PULSE XFMEV 灌注用，填滿CASE，本膠不可直接接觸到COIL，尤其FERRITE，小型COIL 會使電感值下降本膠混合後必須攪拌均勻至略見起泡調合後在 70 分鐘內用完，否則太久膠會變稠，使用不便本膠調合後可放入抽真空機慢慢抽反氣泡抽出後灌注使用;如未抽真空， 灌注後烘烤，烤箱溫度應由低溫慢慢上升至 100°C，烘烤前 20 分鐘內會冒出氣泡,應常去觀看，用酒精費西使氣泡消除乾後表面光滑，正常作業下採用此方法

B 升龍 E505(透明)或 E505B(黑色) 硬化劑 834

混合比率 E505(505B)：834=10：1

本膠快速硬化，攪拌均勻，約 15 分鐘即開始變稠，使用不便，一

次不能調太多，特別注意：

- a 本膠不可直接接觸到 coil，否則電感下降;
- b 本膠可作灌注用，也可使用在 pulse X'FMER 固定 LEAD 及 CASE 用(使用時宜將 COIL 挑高，以防碰到 COIL)
- c 本膠發熱即開始要變稠，調好後最好二人以上同時使用;
- d 本膠灌後約烤 20 分鐘即硬固.

C.大格 5056A，5056B 比率 4：1 (同 1 項)

D.大格 5068A，5068B 比率 2：1 (同 2 項)

E.大格 5062A，5062B 比率 1：1

本膠原用在錄音磁頭灌注用，為透明膠，唯廠內經常用在固定 CORE 與 BOBBIN 之間，作固定用.其為透明色，沾到 PIN 不容易察覺，使用小心.

F.國森 C907A，C907B 比率 1：1 (同 5 項)

烘烤 80°C，30 分鐘硬化.100°C 20 分鐘硬化

5.2 接合固定用：大部分為單劑型

A. AMICON A-359

用在 CORE 接合固定或 CORE 與 BOBBIN 之間的粘著固定.

本膠由於顆粒較粗 若塗在兩片 CORE 的接合面，則形成 GAP 較大，影響電感值，故一般使用都是點在 CORE 接觸處的外面兩側

本膠硬化(CURING)收縮率大，遇到 CORE 強度不足者，會有使 CORE 裂痕的現象.

* 本膠冷藏保存時一年內使用.

* 本膠 110°C 烤 2 小時硬化

B.萬聯 WK-1316，WK-1305 (同 1 項)

冷藏保存時藏三個月.

C.大格 C2089

本膠顆粒較細，可直接塗於兩片 CORE 接合面，收縮率大，遇到 CORE 強度不足者，會有使 CORE 裂痕的現象
冷藏保存藏三個月

D. EP-106 EP-108 日本タメツタメ公司

本膠顆粒細，塗於 CORE 的接合面，形成之 GAP 極小，故可直接塗於 CORE 的接合面;本膠烘烤先略為液化再硬化，在液化階段較滑，使原對齊的接合面滑動，才使用本膠時應用夾具把 CORE 固定.110°C 烘烤 2 小時.

本膠冷藏保存三個月

5.3 絕緣用：

5.3.1 國森 C909A，C909B 混合比率 A：B=3：1 俗稱耐壓膠，能防止 HI-POT 擊穿.

5.4 矽銅系

矽銅樹脂耐紫外線，抗氧化耐化學品，耐熱性均良好，在室溫下抗震性良好.通常用在 PULSE X'FMER COIL 保護膠，即先用此膠灌注 COIL 四周，烤乾後再灌黑膠;

A RTV

本膠冷藏保存，取出後可直接灌注保護 COIL，烘烤 30~40 分鐘即可硬化，

B 信杰 KE-441 (同 1 項)

本膠太粘稠時可加稀劑

本膠可冷藏保存，也可在室溫 25°C 下保存 6 個月

C 國森 C152A，C152B 混合比率 A：B=3：1

俗稱彈性膠用於 COIL，保護作用，避免灌注黑膠 EPOXY 時使電感下降.

以上三種膠用在 PULSE X'FMER COIL 的保護隔離作用三種膠各有不同的介電常數灌膠後 COIL 的線間電容 C_w 會升高一倍左右.三種膠以 152A/B 膠最便宜，RTV 最貴，KE-441 流動性較好，對 HI-POT 防治性較佳

D.希瑪(TECHFORM) C533

本膠為矽酮類拒焊劑白色糊狀膠，加熱固化後成為略帶透明之彈

性體，可以撕下，以前 KS 做 PULSE X'FMER 時 LEAD 插入 CASE 內 PIN 位置有空隙，為防止灌注時溢膠，在外面底部先塗上本膠，待黑膠烤乾後撕去。

本膠一般可用於電子零件上不欲焊錫的部分塗上，過完錫爐後撕去。

本膠在室溫 25°C 下 1 小時可自然硬化。

5.5 壓氧膠

壓氧膠大部分為單劑型液體，在有氧氣存在的環境下不會硬化，一旦隔離氧氣 則可在室溫下硬化，當接著面是鐵或銅金屬時，會加速其反應，也可用催化劑加速其固化。

A.LOCTITE：C325 壓氧膠 LOCTITE：C707 催化劑

CORE 兩片，一片塗 C325，一片塗 C707(塗在 CORE 接合面)，兩片 CORE

組裝接合對齊，用耳夾夾住可在 2-5 分鐘固化，如不使用催化劑，單用 C325

加熱 110°C 20 分鐘固化。

本膠室溫保存：C325 半年，C707 未開封半年，已開封一個月

本膠對皮膚有刺激性使用前抹護手膏或戴手套，用後即洗手。

B 壓克力膠

本膠一般為雙劑膠.A.B 二劑一旦接觸可在室溫下固化，不必有正確的

混合比率，也沒有環氧樹脂硬度過大的缺點。

1.OKURA：L0-2000A 白色

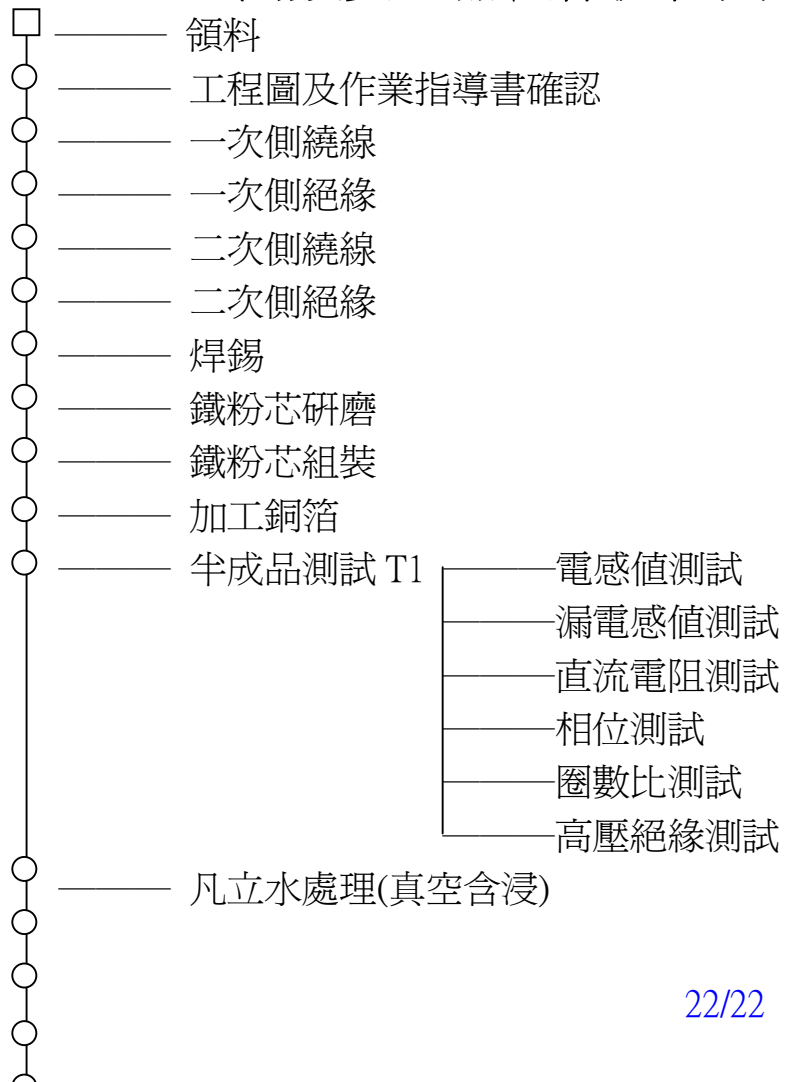
L0-2000B 藍色

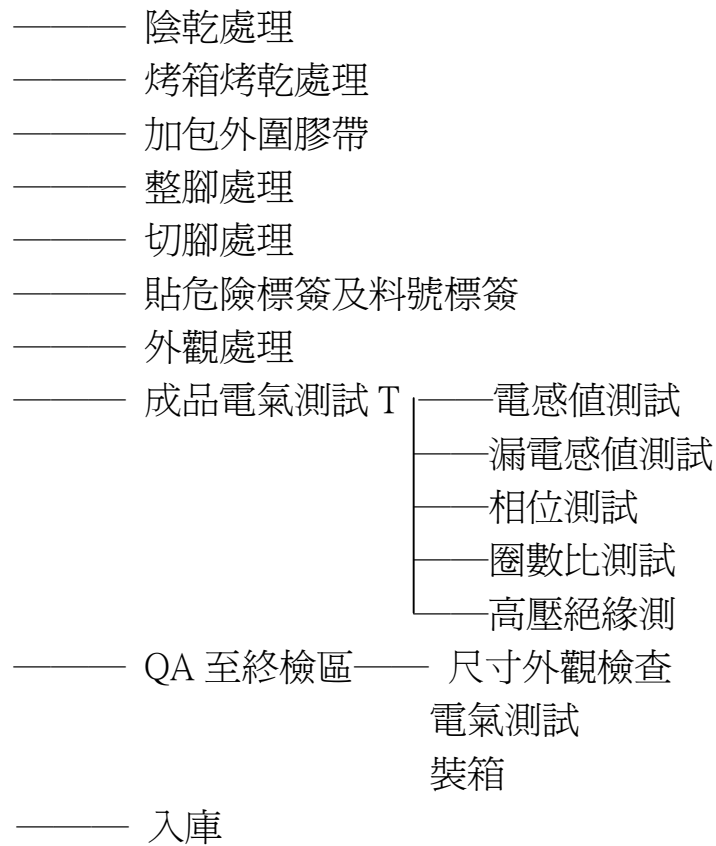
CORE 兩片接合面分別塗 A，B 劑組裝接合用耳夾夾住 3~5 分鐘固化，2 小

時完全硬化，可烘烤縮短硬化時間， 室溫保存：1 年

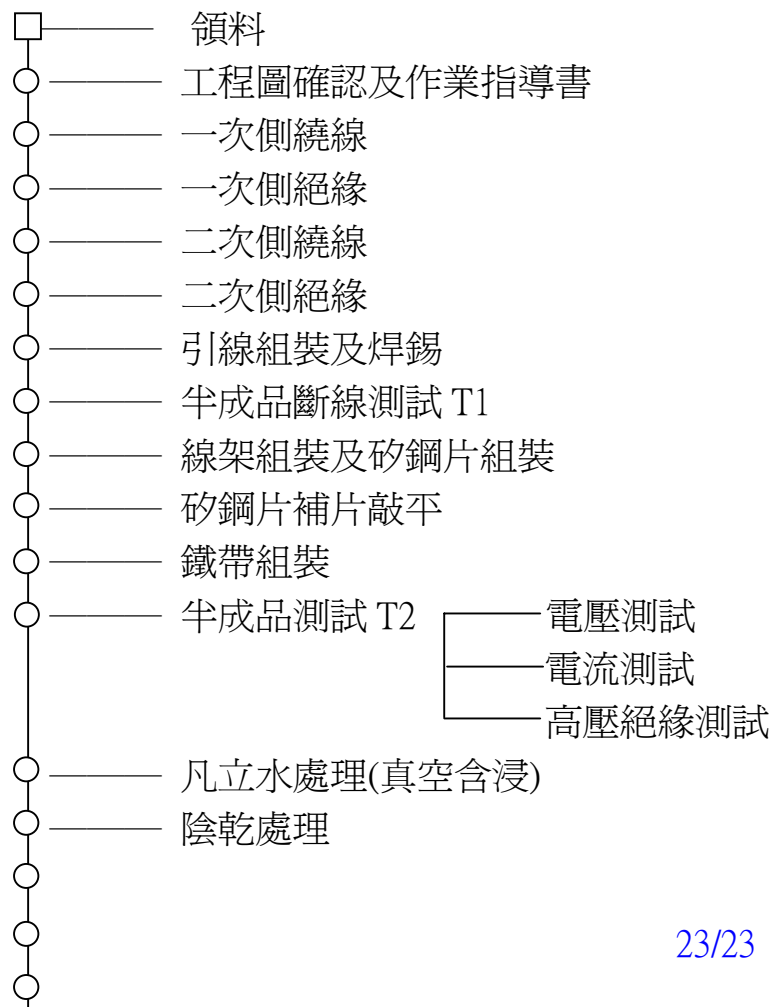
IV.變壓器製作流程

一.高頻變壓器製作流程圖.





2.低頻變壓器製作流程圖.



- 烤箱烤乾處理
- 加包外圍膠帶
- 整腳處理
- 切腳處理
- 貼危險標籤及料號標籤
- 外觀處理
- 成品電氣測試 T3
 - 電壓測試
 - 電流測試
 - 高壓絕緣測試
- QA 至終檢區--—— 尺寸外觀檢查
- 電氣測試
- 裝箱
- 入庫

3. 圓盤製作流程圖.

- —— 領料
- —— 工程圖確認及作業指導書
- —— 鐵芯加工
- —— 固定鐵芯
- —— 繞線
- —— 固定
- —— 上線盤
- —— 刷凡立水
- —— 陰乾
- —— 剪線
- —— 剝漆
- —— 上套管，端子
- —— 焊錫
- —— 外觀
- ◇ ——
- ——

- —— 貼標籤
- 包裝
- 入庫

4.ADAPTOR 製作流程圖.



—— 半成品電氣測試 T2

—— 組裝 CASE

—— 超音波封殼

—— 成品電氣測試 T3

—— 貼銘板

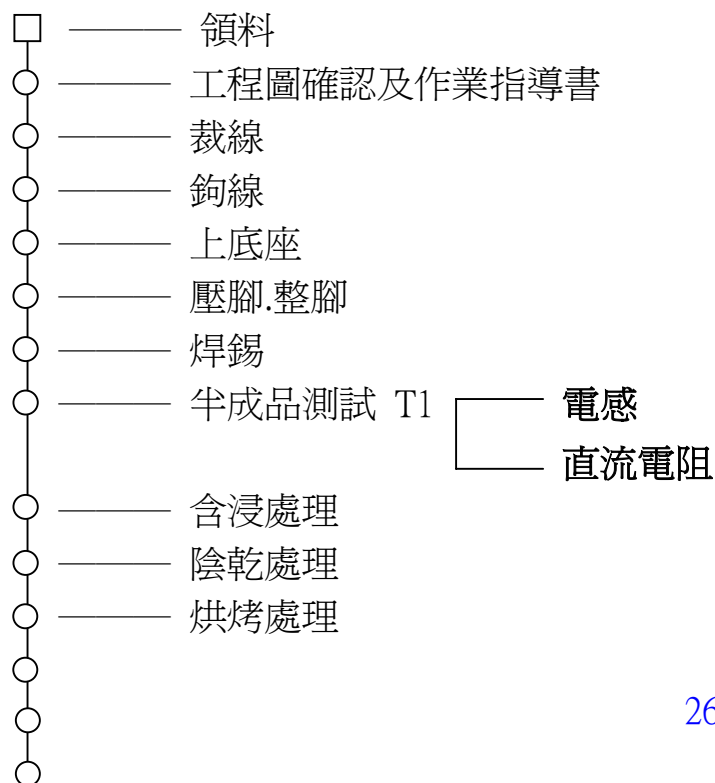
—— 尺寸外觀檢查

—— 裝箱

—— FQC 檢驗

—— 入庫

5. T CORE 線圈製作流程圖.



- 冷卻處理
 - 剪腳
 - 外觀
 - 成品測試 T2
 - 包裝
 - FQC 檢驗
 - 入庫
- ┌—— 電感

└—— 直流電阻

6. R CORE 線圈製作流程圖.

- —— 領料
 - —— 工程圖確認及作業指導書
 - —— 捲線
 - —— 焊錫
 - —— 上鐵芯(點 A.B 膠)
 - —— 烤膠
 - —— 上套管(或含浸處理)
 - —— 烘烤套管 (或烤乾凡立水)
 - —— 切腳
 - —— 外觀
- ┌—— 電感

└—— 直流電阻

- 測試 T1
- 包裝
- FQC 檢驗
- 入庫

7. DR CORE 線圈製作流程圖.

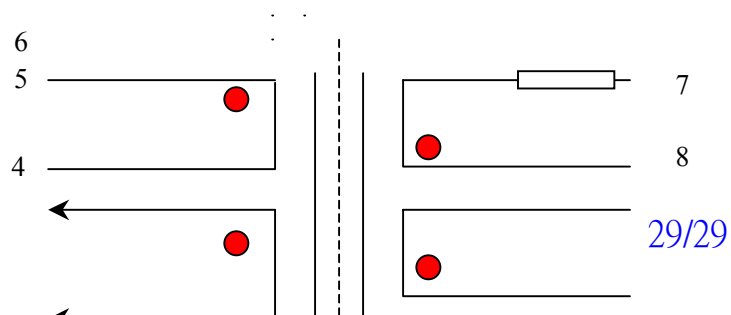
- —— 領料
- —— 工程圖確認及作業指導書
- —— 繞線
- —— 理線壓腳
- —— 焊錫
- —— 上套管
- —— 烘烤套管
- —— 切腳
-
-

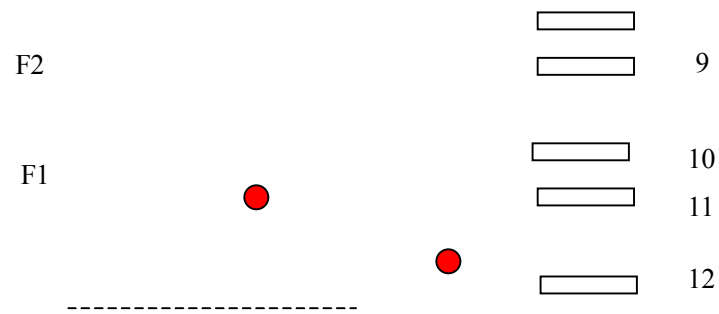
- 外觀
 - 測試 T1
 - 包裝
 - FQC 檢驗
 - 入庫
- 電感
直流電阻

V. 工程圖








工程圖內容包括：線路圖、剖面圖、使用之 CORE、BOBBIN、繞製說明、電氣測試、外觀圖等說明

一. 線路圖：





1. 符號說明：

- A.  表示起繞點
- B.  表示出線引到線軸的端子上.
- C.  表示不接 PIN 的出線.F1 為英文 FLYING-LEAD 的字頭，意思為飛出來的引線，我們可稱之為飛線.
- D.  表示變壓器的鐵芯，其左邊為初級，右邊為次級，
- E.  表示銅箔.
- F.  表示外銅箔
- G.  表示套管

VI. 變壓器製作工法(A：高頻類)

一. 繞線

1. 材料確認

1.1 BOBBIN 規格之確認.

1.2 不用的 PIN 須剪去時，應在未繞線前先剪掉，以防繞完線後再剪除時會刮傷 WIRE 或剪錯腳，而且可以避免繞線時纏錯腳位.

1.3 確認 BOBBIN 完整：不得有破損和裂縫。

1.4 將 BOBBIN 正確插入治具，一般特殊標記為 1 腳(斜角為 PIN 1)，如果圖面無註明，則 1 腳朝機器。

1.5 須包醋酸布的先依工程圖要求包好，緊靠 BOBBIN 兩側，再在指定的 PIN 上先纏線(或先鉤線)後開始繞線，原則上繞線應在指定的範圍內繞線

2.繞線方式

根據變壓器要求不同，繞線的方式大致可分為以下幾種

2.1 一層密繞：佈線只佔一層，緊密的線與線間沒有空隙。整齊的繞線。(如圖 6.1)

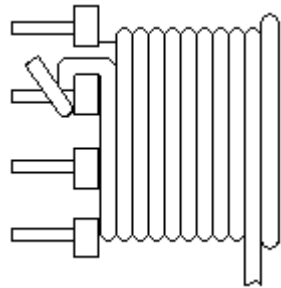


圖 6.1

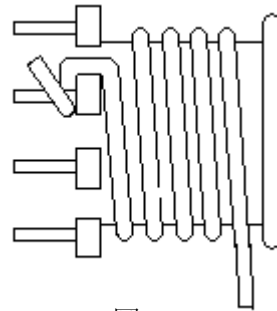


圖 6.2

2.2 均等繞：在繞線範圍內以相等的間隔進行繞線;間隔誤差在 20%以內可以允

收。(如圖 6.2)

2.3 多層密繞：在一個繞組一層無法繞完，必須繞至第二層或二層以上，此繞法 分為三種情況：

a.任意繞：在一定程度上整齊排列，達到最上層時，佈線已零亂，呈凹凸不平狀況，這是繞線中最粗略的繞線方法。

b.整列密繞：幾乎所有的佈線都整齊排列，但有若乾的佈線零亂(約佔全體 30%，圈數少的約佔 5%REF).

c.完全整列密繞：繞線至最上層也不零亂，繞線很整齊的排列著，這是繞線中 最難的繞線方法。

2.4 定位繞線：佈線指定在固定的位置，一般分五種情況 (如圖 6.3)

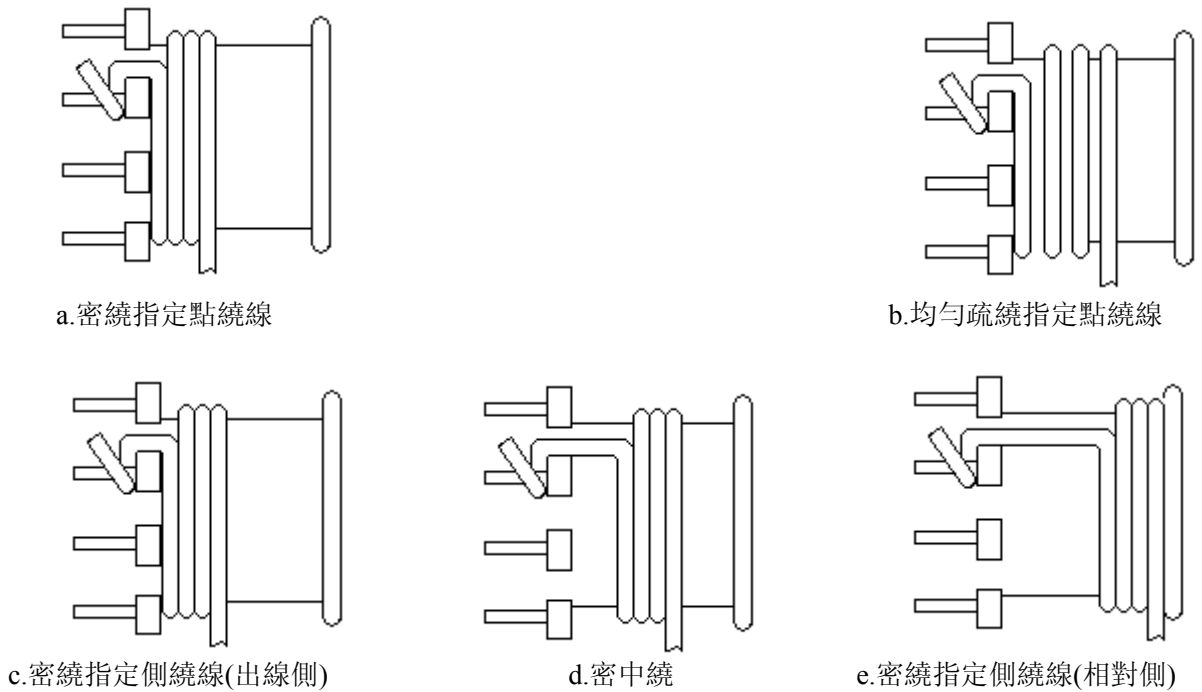


圖 6.3

2.5 並繞：兩根以上的 WIRE 同時平行的繞同一組線，各自平行的繞，不可交叉.此繞法大致可分為四種情況：(如圖 6.4)

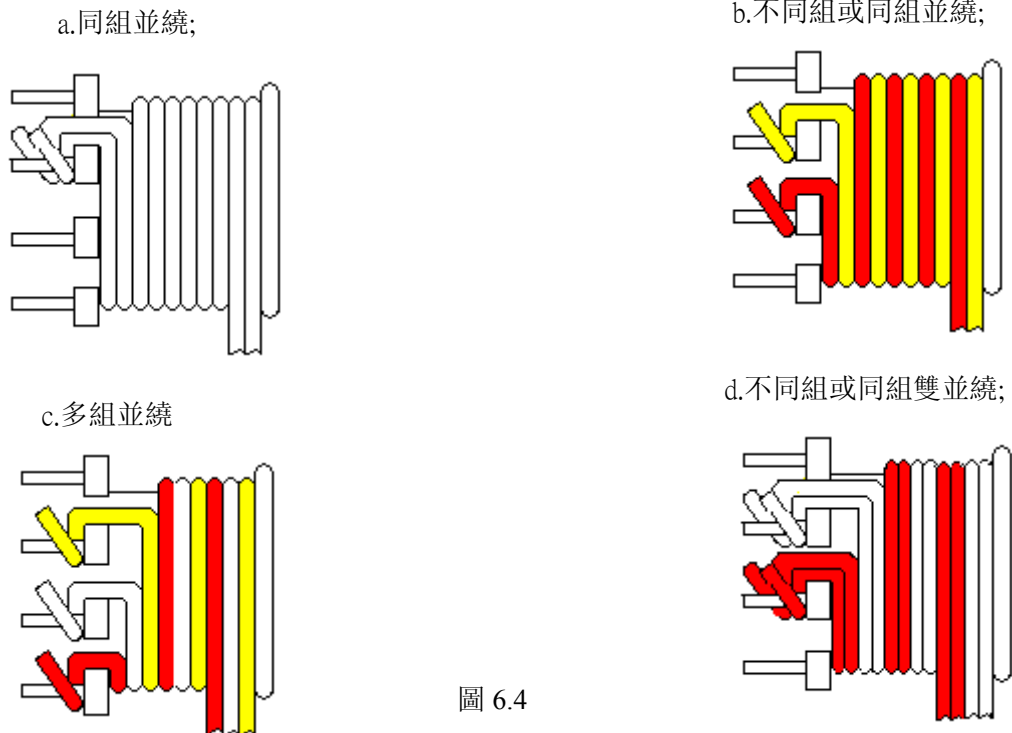


圖 6.4

3.注意事項：

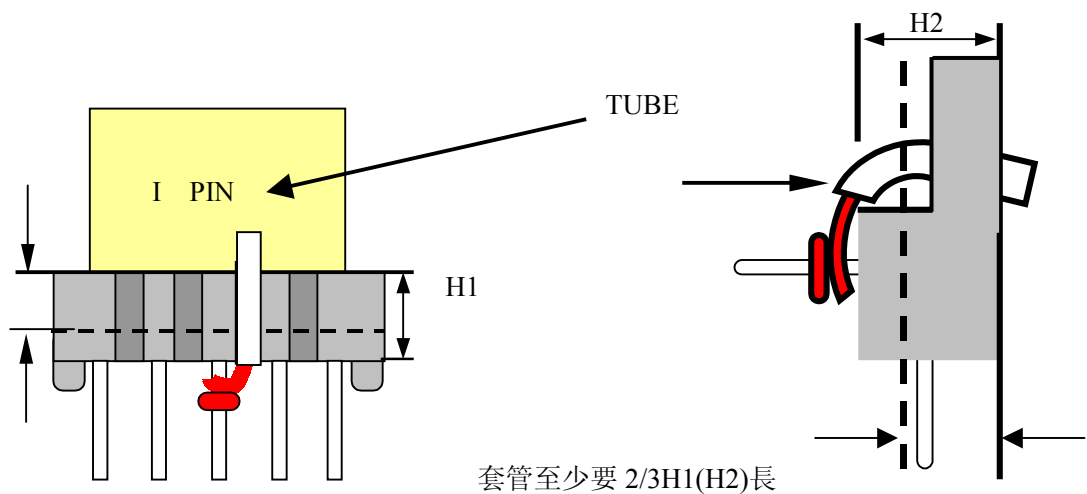
3.1 當起繞(START)和結束(FINISH)出入線在 BOBBIN 同一側時，結束端迴線前須貼一塊橫越膠布(CROSSOVER TAPE)作隔離。

3.2 出入線於使用 BOBBIN 之凹槽出線時，原則上以一線一凹槽方式出

線，若同一 PIN 有多組可使用同一凹槽或相鄰的凹槽出線，唯在焊錫及裝套管時要注意避免短路。

3.3 繞線時需均勻整齊繞滿 BOBBIN 繞線區為原則，除工程圖面上有特別規定繞法時，則以圖面為準。

3.4 變壓器中有加鐵氟龍套且有折回線時，其出入線所加之鐵氟龍套管須與 BOBBIN 凹槽口齊平(或至少達 2/3 高)，並自 BOBBIN 凹槽出線以防止因套管過長造成拉力將線扯斷。但若為 L PIN 水平方向纏線，則套管應與 BOBBIN 邊齊平(或至少 2/3 長)。(如圖 3)



3.5 變壓器中須加醋酸布作為檔牆膠帶時，其檔牆膠帶必須緊靠模型兩邊。為避免線包過胖及影響漏感過高，故要求 2TS 以上之醋酸布重疊不可超過 5mm，包一圈之醋酸布只須包 0.9T，留缺口以利於凡立水良好的滲入底層。醋酸布寬度擇用與變壓器安規要求有關，VED 繞法 ACT 寬度 3.2mm 包兩邊且須加 TUBE。繞法：PIN 端 6mm/4.8mm/4.4mm/4mm；TOP 端 3mm/2.4mm/2.2mm/2mm 時不須 TUBE。繞線時銅線不可上檔牆，若有套管，套管必須伸入檔牆 3mm 以上。

4.引線要領：

4.1 飛線引線

4.1.1 引線、長度按工程圖要求控制，如須絞線，長度須多預留 10%.

4.1.2 套管須深入擋牆 3mm 以上.(如圖 6.5)

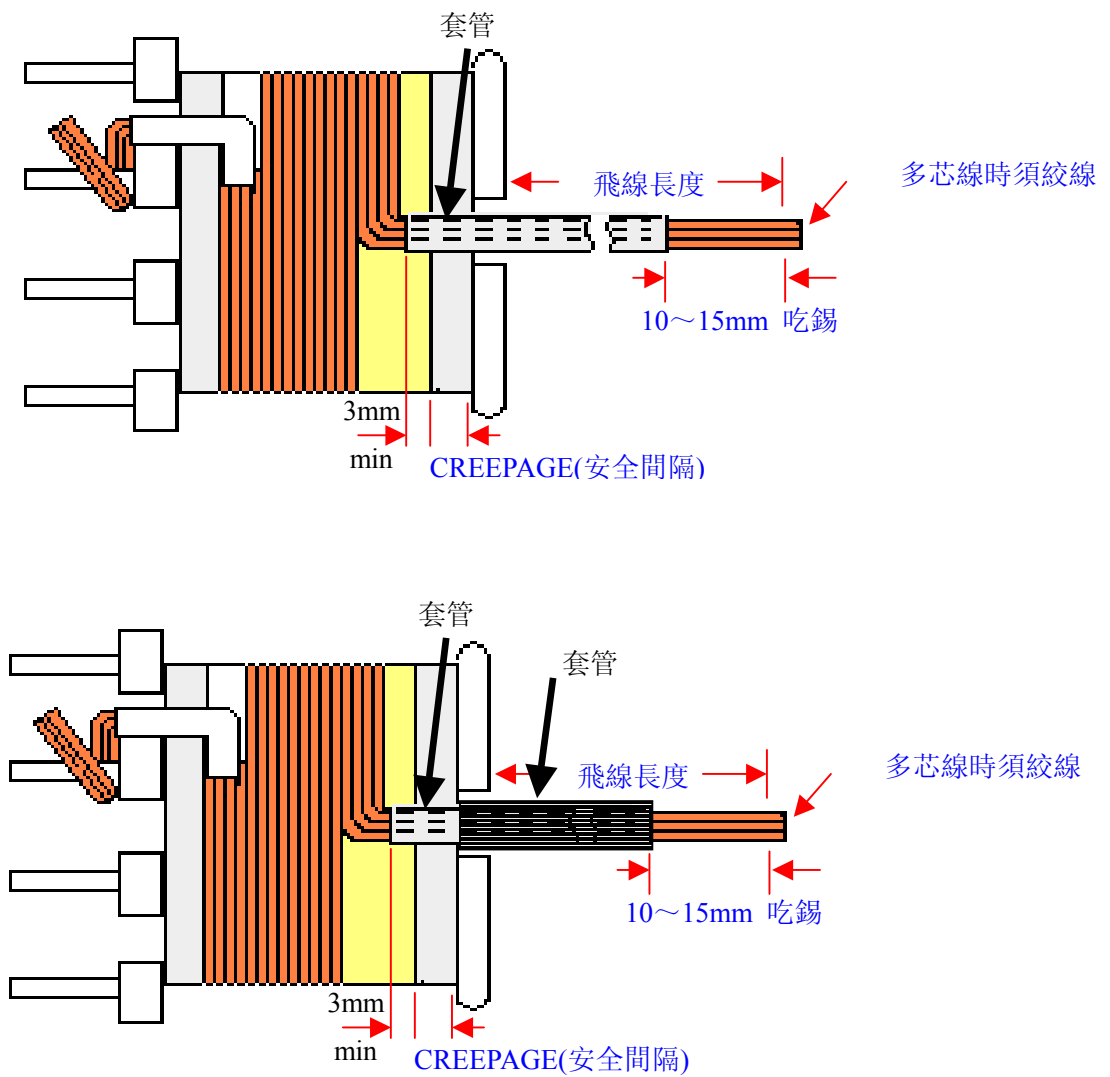


圖 6.5

二.包銅箔

1.銅箔繞製工法

1.1 銅箔的種類及在變壓器中之作用;

我們以銅箔的外形分有裸銅各背膠兩種：銅箔表面有覆蓋一層TAPPE 的為背膠，反之為裸銅;以在變壓器中的位置不同分為內銅和外銅.裸銅一般用於變壓器的外銅.銅箔在變壓器中一般起屏蔽作用，主要是減小漏感，激磁電流，在繞組所通過的電流過高時，取代銅線，起導體的作用.

1.2 銅箔的加工.

A.內銅箔一般加工方法： 焊接引線→ 銅箔兩端平貼於醋酸布中央→折回醋

酸布(醋酸布須完全覆蓋住焊點) →剪斷醋酸布(銅箔兩邊須留 1mm 以上).

(如圖 6.6)

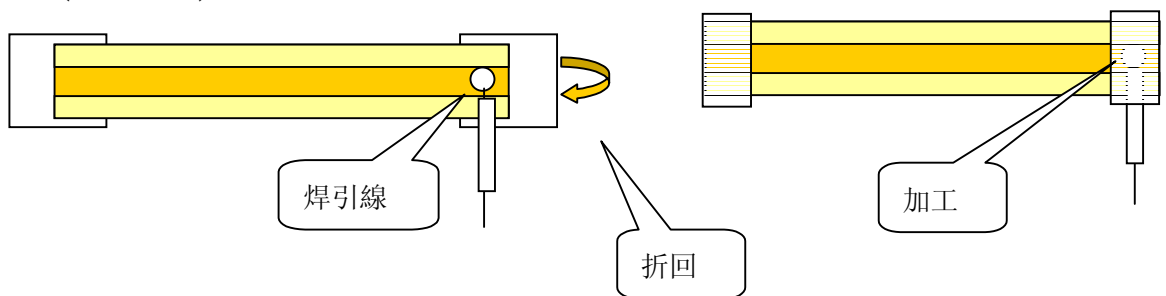


圖 6.6

B. 內銅飛宏加工方法：(如圖 6.7)

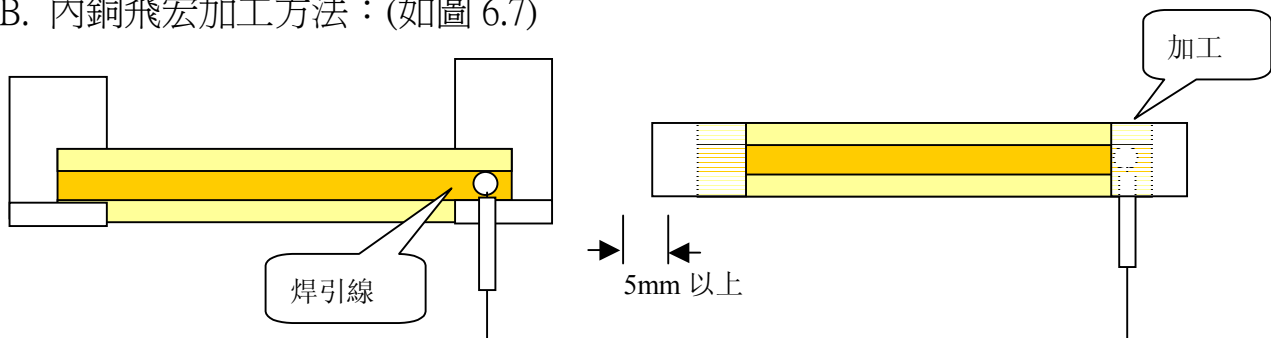
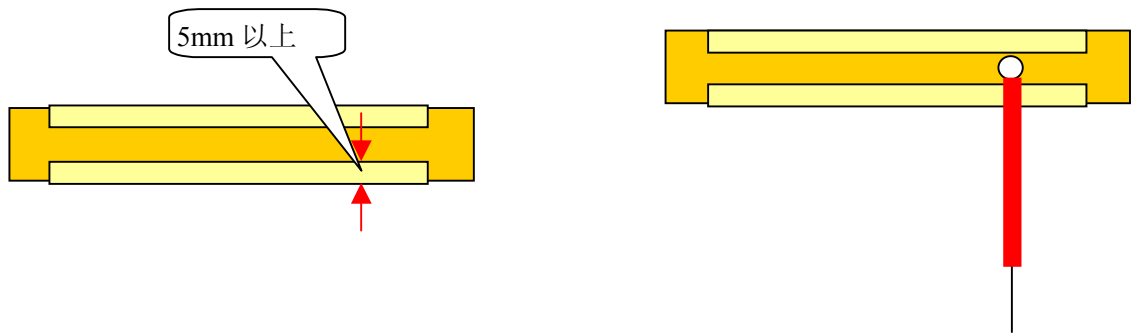


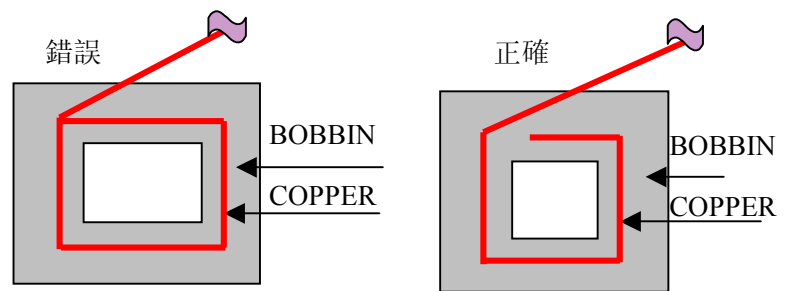
圖 6.7

C.外銅加工工法：(如圖 6.8)



2.變壓器中使用銅箔的工法要求：

a. 銅箔繞法除焊點處必須壓平外銅箔之起繞邊應避免壓在 BOBBIN 轉角處，須自 BOBBIN 的中央處起繞，以防止第二層銅箔與第一層間因擠壓刺破膠布而形成短路。(如圖 6.9)



b. 內銅片於層間作 SHIELDING 繞組時，其寬度應盡可能涵蓋該層之繞線區域面積，又厚度

度在 0.025mm(1mil) 以下時兩端可免倒圓角，但厚度在 0.05mm(2mils)(含) 以上之銅箔時兩端則需以倒圓角方式處理。

c. 銅箔須包正包平，不可偏向一邊，不可上擋牆。(如圖 6.10)

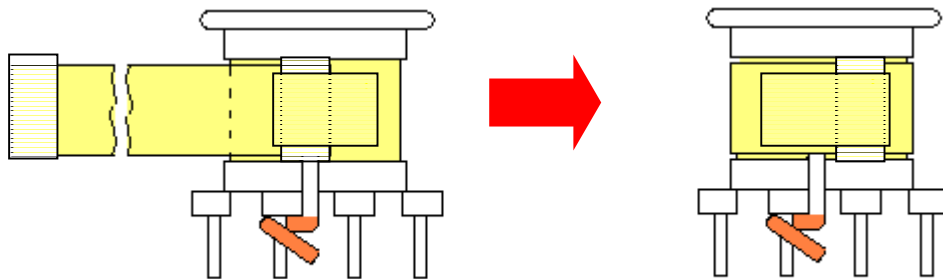
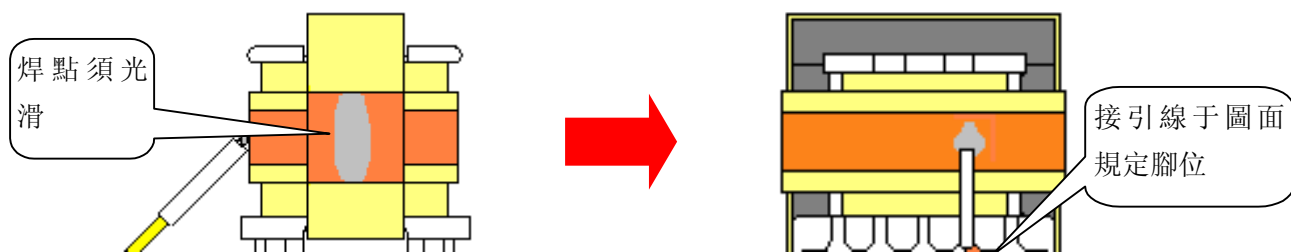


圖 6.10

d. 焊外銅(如圖 6.11)

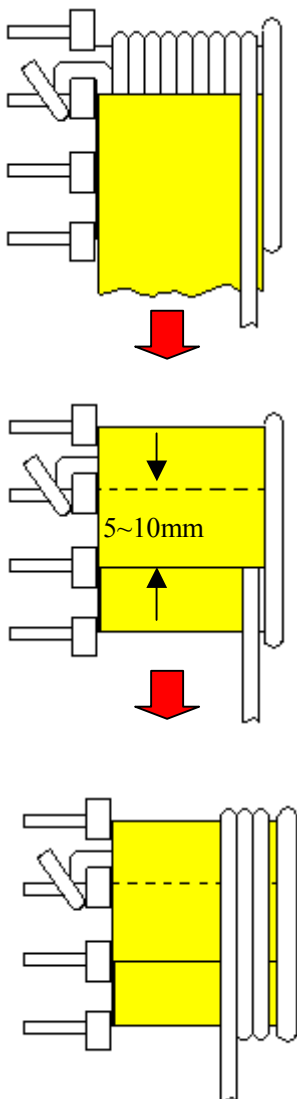


- NOTE： 1.銅箔焊點依工程圖，銅箔須拉緊包平，不可偏向一側。
 2.點錫適量，焊點須光滑，不可帶刺.點錫時間不可太可，以免燒壞膠帶。
 3.在實務上，短路銅箔的厚度用 0.64mm 即可，而銅箔寬度只須要銅窗繞線寬度的一半

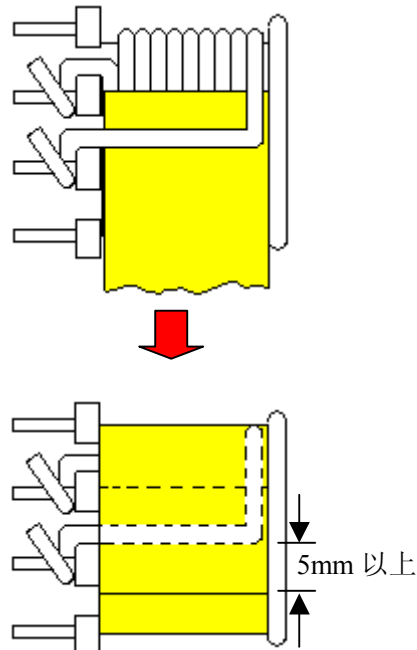
三.包膠帶

1.包膠帶的方式一般有以下幾種.(如圖 6.12)

A.同組不同層的絕緣方法.



B.不同層的絕緣方法.



C.最外層的絕緣方法.

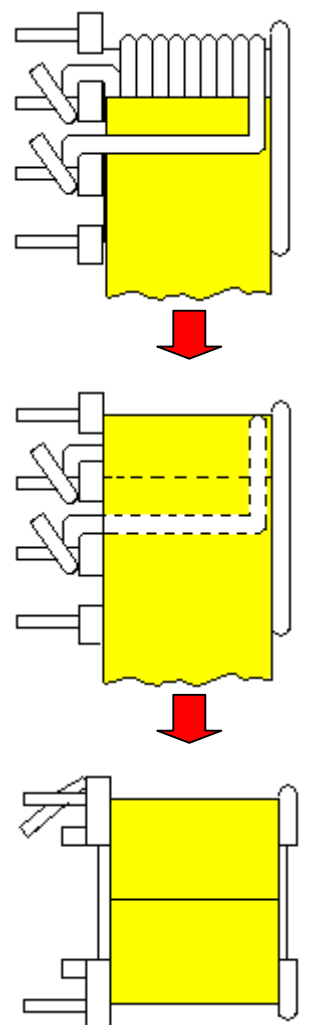


圖 6.12

NOTE：膠帶須拉緊包平，不可翻起刺破，不可露銅線.最外層膠帶不宜包得太緊，以免影響產品美觀.

D. 壓線膠帶的貼法(如圖 6.13)

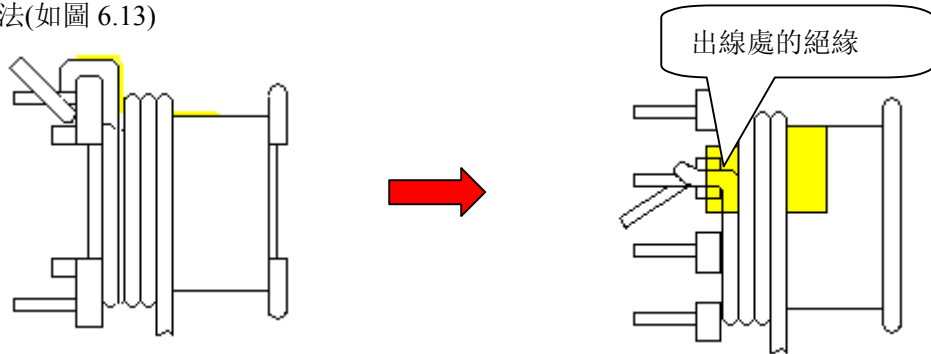


圖 6.13

四. 壓腳

1. 壓腳作業

- 1.1 將銅線理直理順並纏在相應的腳上.
- 1.2 壓腳：用斜口鉗將銅線纏緊并壓至腳底緊靠檔牆.
- 1.3 剪除多餘線頭.
- 1.4 纏線圈數依線徑根數而定.(如圖 6.14)

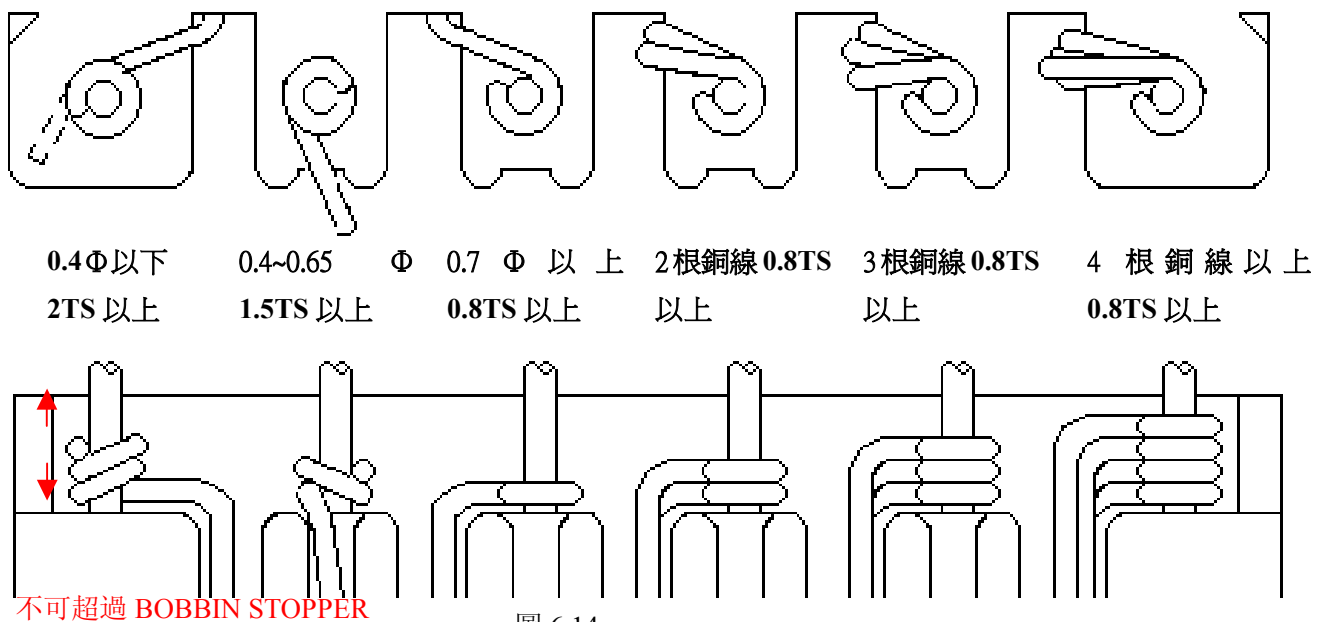


圖 6.14

NOTE：銅線須緊貼腳根，預計焊錫後高度不會超過墩點；不可留線頭，不可壓傷腳，不可壓斷銅線，不能損壞模型.

1.5 銅線過多的可絞線.(如圖 6.15)

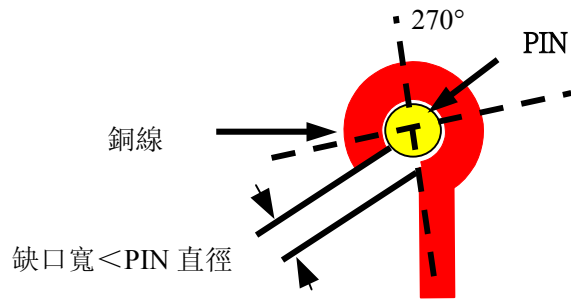


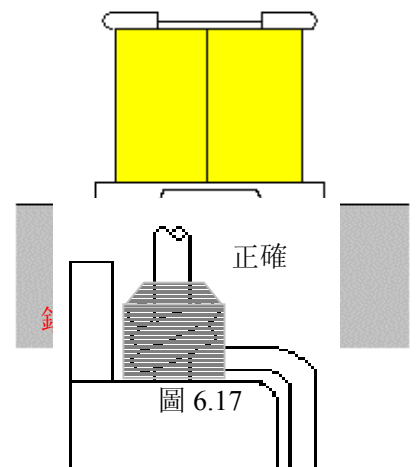
圖 6.16

1.6 0.8T 的纏線標準如圖 6.16 所示

五.焊錫

1.焊錫作業步驟：

- 1.1 將產品整齊擺放.
- 1.2 用夾子夾起一排產品.
- 1.3 腳沾助焊劑;
- 1.4 以白手捧刮淨錫面.
- 1.5 焊錫：立式模型鍍錫時將腳垂直插入錫槽(臥式模型將腳傾斜插入焊錫槽)，鍍錫深度以錫面齊銅 PIN 底部為止.(如圖 6.17)

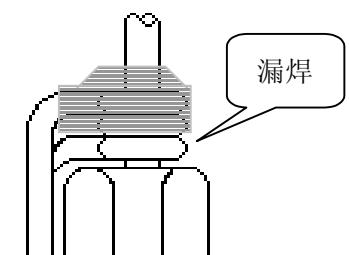
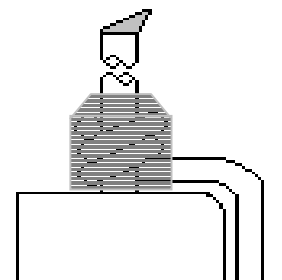


2.完畢確認.

2.1 鍍錫須均勻光滑，不可有冷焊，包焊，漏焊，連焊，氧焊或錫團(如圖 6.18)。

A. PIN 腳為 I PIN(垂直 PIN)時，可留錫尖但錫尖長不超過 1.5mm。

B. PIN 腳為 L PIN(L 型 PIN)時且為水平方向纏線時，在水平方向之 PIN 腳不可留錫尖，垂直方向 PIN 腳可留錫尖且錫尖長不可超過 1.5mm。



C. PVC 線之裸線部份(多股線)不可有刻痕及斷股，且焊錫後不可有露銅或沾膠，或沾有其它雜質(如保麗龍...)

D. 助焊劑(FLUX)須使用中性溶劑。

E. 錫爐度須保持在 450°C ~ 500°C 之間，焊錫時間因線徑不同而異，

錫尖

如下：

a. AWG#30 號線以上(AWG#30，AWG#3.) 1~2 秒。

b. AWG#21~ AWG#29 號線) 2~3 秒。

c. AWG#20 號線以下(如 AWG20，AWG19) 3~5 秒。

F. 錫爐用錫條，其錫鉛比例標準為 60/40。每月須加一次新錫約 1/3 錫爐量。

G. 每焊一次錫面須刮淨再第二次。

H. 每週清洗錫爐一次並加新錫至錫爐滿為止。

圖 6.18

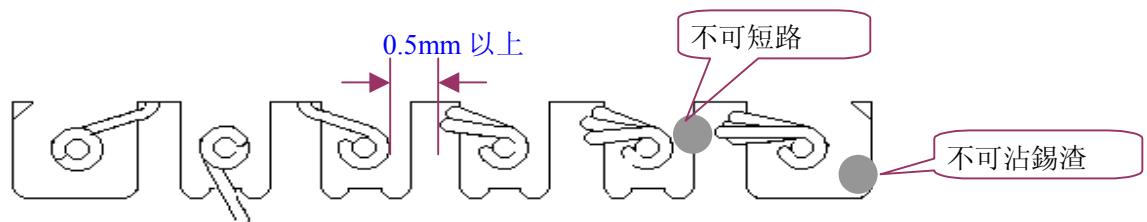


圖 6.19

NOTE：1. 白包模型含錫油多，焊錫時間不可過長。

2. 塑膠模型不耐高溫，易產生包焊或 PIN 移位。

3. 不可燒壞膠帶。

4. 三層絕緣線須先脫皮後鍍錫。

5. 焊點之間最小間隙須在 0.5mm 以上。(圖 6.19)

六.組裝 CORE

1.鐵芯組裝作業

- 1.1 CORE 確認：不可破損或變形.
- 1.2 工程圖規定須有 GAP 之 CORE 研磨，須加工之 CORE 加工.
- 1.3 組裝：如無特殊規定，臥式模型已研磨的鐵芯裝初級端，立式模型已研磨的 PIN 端.

1.4 鐵芯固定方式可以鐵夾(CLIP)或三層膠布(TAPE))方式固定之，且可在鐵芯接合處點 EPOXY 膠固定，點膠後須陰乾半小時再置於 120℃ 烤箱中烘烤一小時。包鐵芯之固定膠布須使用與線包顏色相同之膠布(圖面特殊要求除外)， 廠家需符合 UL 規格。

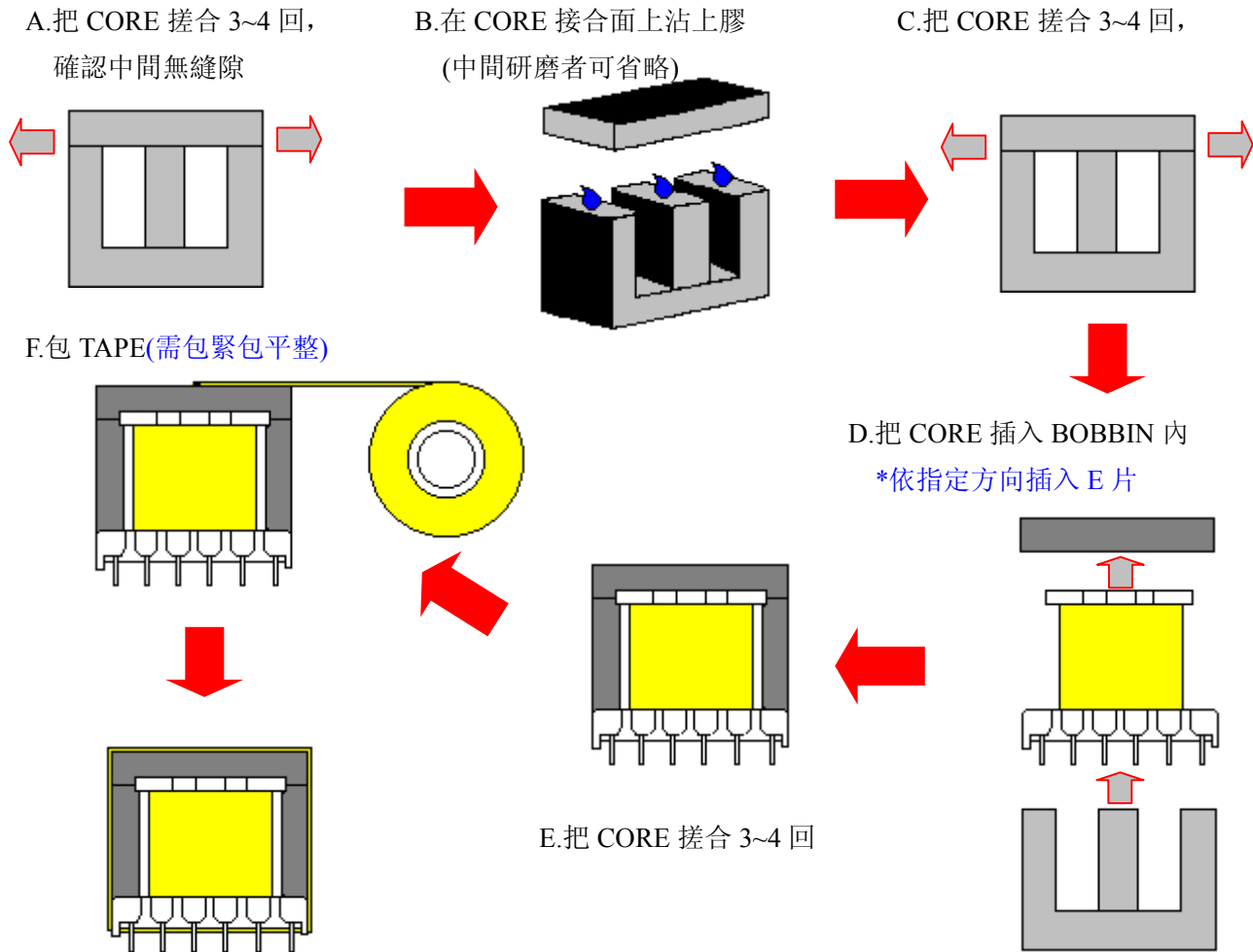


圖 6.20

NOTE：鐵芯膠布起繞處與結束處;立式起繞於 PIN 端中央，結束於中央;臥式起繞於 PIN1，結束於 PIN 1。有加 COPPER 則起繞於焊接點，結束於焊接點。

2.組裝 CORE 之注意事項.

2.1 組裝 CORE 時，不同材質的 CORE 不可組裝在同一產品上.

2.2 有加氣隙(GAP)之變壓器與電感器，其氣隙(GAP)方式須依照圖面所規定之氣隙(GAP)方行之，放於 GAP 中之材質須能耐溫 130℃ 以上，且有材質證明者或是鐵芯經加工研磨處理。

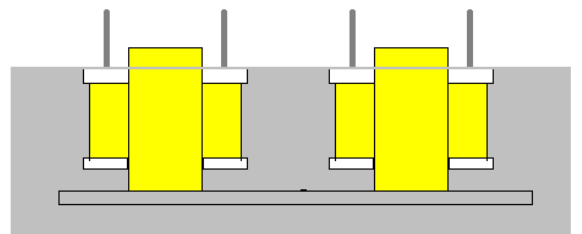
2.3 無論是有加 GAP 或無加 GAP 的鐵芯組合，鐵芯與鐵芯接觸面都需保

- 持清潔，否則在含浸作業後 L 值會因而下降。
- 2.4 包鐵芯之膠布寬度規定，以實物外觀為優先著眼，次以鐵芯寬減膠布寬空隙約 0.3mm~0.7mm 為最佳。

七.含浸

1.操作步驟：(如圖 6.21)

1.1 將產品整齊擺放於鐵盤內。



1.2 調好凡立水濃度：0.915±0.04.

1.3 將擺好產品的鐵盤放於含浸槽內.

1.4 啓動真空含浸機，抽氣至 40-50Cm/Kg，放入凡立水，再抽氣至 65-75Cm/Kg，須連續抽真空，破真空 3-5 次，含浸 10-15 分鐘，視產品無氣泡溢出.

1.5 放氣，放下凡立水，再反抽至 65-75Cm/Kg 一次，放氣，待產品稍乾後取出放置濾乾車上陰乾.

1.6 濾乾 10 分鐘以上，視產品無凡立水滴下.

1.7 烘乾：先將烤箱溫度調至 80℃，預熱 1 小時
 → 再將溫度調至 100℃，烘烤 2 小時
 → 最後將溫度調至 110℃，烘烤 4 小時
 → 拆樣確認.

→ 最後將溫度調至 110℃，烘烤 4 小時

→ 拆樣確認.

1.8 將產品取出烤箱.

1.9 冷卻：用風扇送風加速冷卻

1.10 擺盤後送至生產線.

2.注意事項：

2.1 凡立水與稀薄劑調配比例為 2：1

2.2 放入凡立水時，凡立水高度以完全淹沒產品為準，但凡立水不可上銅腳.(特殊機種除外)

含浸

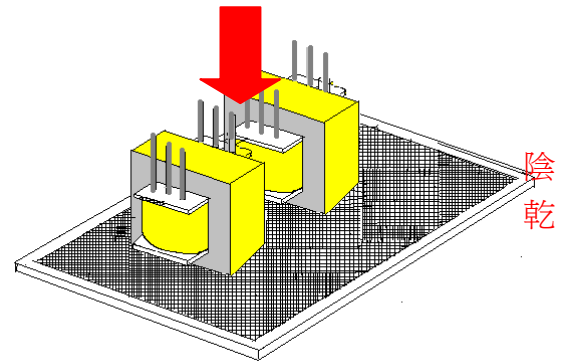
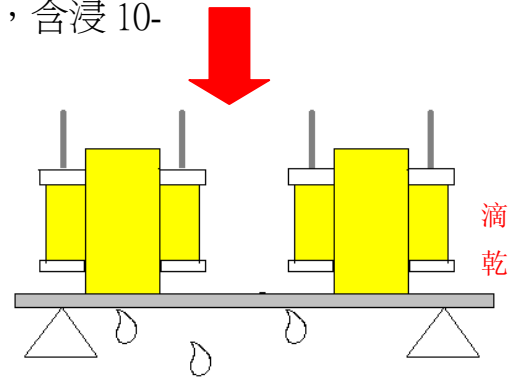


圖 6.21

八.貼標籤(或噴字)

1. 標籤確認：檢查標籤內容是否正確，有無漏字錯字，字跡是否清晰.檢查標籤是否

過期.噴字時必須確認所設定的標籤完全正確.(如圖 6.22 所示)

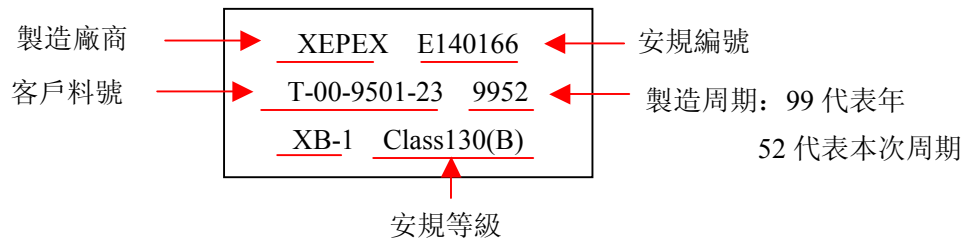


圖 6.22


2. 貼標籤時，將產品初級朝同一方向整齊擺放.噴墨時應將產品之噴印面朝噴頭，擺放於輸送帶上，產品必須放正.
3. 貼標籤：料號標籤及危險標籤須依圖面所規定的置及方向蓋印或黏貼。標示"DANGER" "HIGH VOLTAGE"及閃電符號標籤應貼付於變壓器之上方中央位置。其  示方向以箭頭 方向朝變壓器初級繞組為作業要求。(如圖 6.23)



圖 6.23

4. 注意事項：1. 標籤須貼正貼平，貼完後須用手按一下，使之與產品完全接觸.
2. 標籤不可貼錯、貼反、貼歪或漏貼.

九.外觀

1.操作步驟

1. 1 確認產品是否完整.

1.1.1 模型是否有裂縫，是否斷開.

1.1.2 鐵芯是否有破損.

1.1.3 膠帶是否刺破.

1.1.4 套管是否有破損，是否過短.

1.1.5 是否剪錯腳位

1. 2 清除髒物：變壓器本體嚴格的保持潔淨，以提高產品價值感。

1.2.1 含浸後變壓器鐵芯四周不得殘留餘膠(凡立水固體狀)以免變壓器無法平貼 PCB，或黏貼標籤時無法平整。

1.2.2 清除銅渣錫渣.

1.3 臥式鐵芯在含浸凡立水後不能有傾斜現象(線包不可超出 BOBBIN)。

1.4 合 PCB 板：有 STAND-OFF 之變壓器，插入 PCB 時可允許三點 (STAND-OFF)平貼 PCB 即可。

1.5 鐵芯不可有鬆動現象.

1.6 腳須垂直光滑，不可有鬆動及斷裂現象，且不能有刻痕。

1.7 PIN 須整腳，不可有彎曲變形或露銅氧化，PITCH 則以圖面上規定或實套 PC 板為準，BOBBIN 之 PIN 長以圖面上所規定為準。

1.8 檢查焊錫是否完整.

1.9 檢查標籤是否正確，是否有貼錯、貼反或漏貼.

1.10 檢查打點是否清晰，位置是否正確，有無打錯、打反或漏打.

2. 注意事項

2.1 不良品必須進行修補，無法修補方可報廢.

2.2 膠帶修補：最外層膠布破損造成線圈外露者，須加貼膠布完全覆蓋住破損處，且加貼膠布之層數須與原規定最外層膠布之層數相同，並於塗凡立水後烘烤乾始可。加貼之膠布其頭尾端均須伸入鐵芯兩側內，且伸入鐵芯兩側之膠布長以不超過鐵芯之厚度為限。(膠布伸入至少達到 2/3 鐵芯厚)。

十.電氣測試

- 1.電感測試：測試主線圈的電感量.半成品測試時，須將電感值域範圍適當縮小.
- 2.圈數測試：測試產品的圈數，相位，電感值.
- 3.高壓測試時

VII. 變壓器製作工法(B：低頻類)

一. 繞線

1. 材料確認

1.1 BOBBIN 規格之確認.

1.2 確認 BOBBIN 完整：不得有破損和裂縫.

1.3 將 BOBBIN 正確插入治具，有 PIN 的模型一般特殊標記為 1 腳(斜角為 PIN 1)，如果圖面無註明，則臥式模型 1 腳朝機器，立式模型 PIN 朝人.若為無 PIN 之模型，則須先確認初次級引出線 P 數，視線槽方便出線為原則確認腳位.

1.4 須包醋酸布的先依工程圖要求包好，緊靠 BOBBIN 兩側，再在指定的 PIN 上先 纏線(或先鉤線)後開始繞線，原則上繞線應在指定的範圍內繞線

2. 繞線方式.

2.1 次級繞線：在一定程度上整齊排列，達到最上層時，佈線已零亂，呈凹凸不平狀況，這是繞線中最粗略的繞線方法，即任意繞(如圖 7.1)

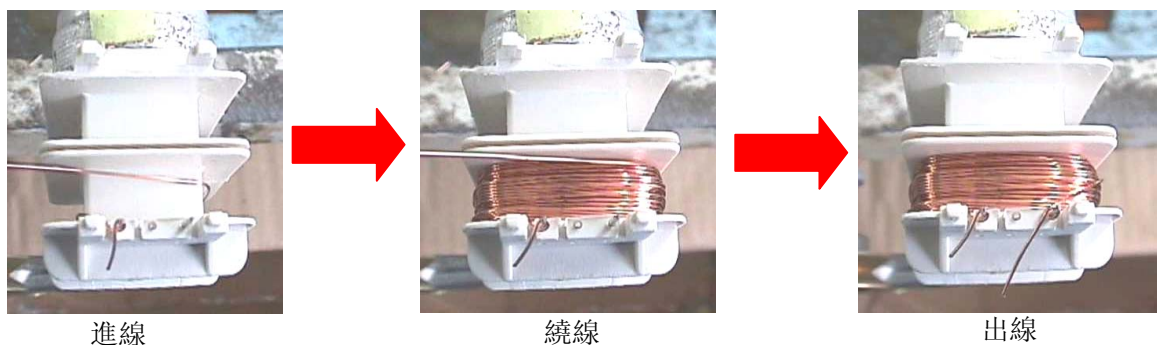


圖 7.1

2.2 初級繞線在一定程度上整齊排列，達到最上層時，佈線已零亂，呈凹

凸不平狀況，這是繞線中最粗略的繞線方法。(如圖 7.2)

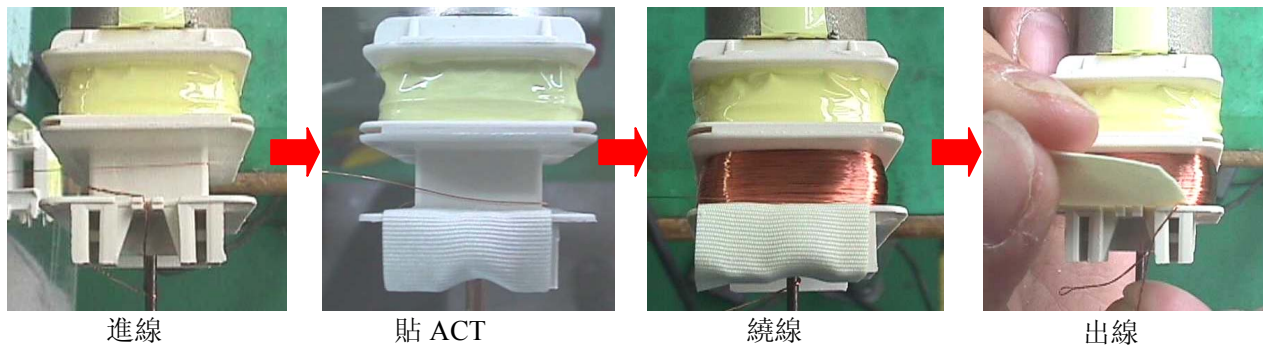


圖 7.2

3.注意事項.

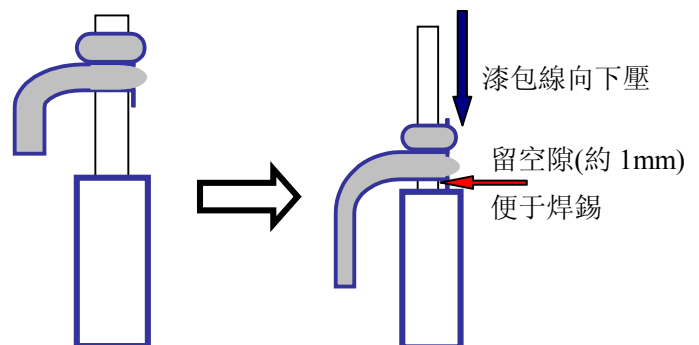
3.1 變壓器在繞製時為求繞法統一，另要求立式 BOBBIN 腳須朝外，臥式 BOBBIN 第一腳朝外，起繞點與截止點的腳位需與工程圖面上的要求符合，且每一組的繞線方向需與主線圈的方向一致，不得有因作業上的方便，隨意性將任一組的繞線方向與主線圈相反，同時繞線次序 L1, L2, ...LN.亦不可隨意對調，且更改其起繞點與截止點腳位的方式繞線。(NOTE：本項規定於 IPQC 拆解檢驗時抽檢其執行的情形。)

3.2 初級線徑在 AWG#32(含) 以上(如 AWG#32, #33, #34...)之漆包線，其出入線處纏腳必須纏回線三圈，絞線的線尾要完全包入膠帶內，避免因線頭與矽鋼片短路造成耐壓不良。

3.2 AWG#28 至 AWG#32 號漆包線於纏腳時須留有緩衝段，以免斷線。

NOTE：本項規定於 IPQC 拆解檢驗時抽檢其執行情形。

3.3 AWG#19(含)以上之漆包線 於纏線作業時，一律先纏於 PIN 頂端(至少一圈)後再向下壓回 PIN 底部，如此可確保緩衝作用。(如圖 4)



3.4 繞線力求平整，不可偏向一邊.

初級繞線時進出線都須用醋酸布絕緣.

3.5 10AWG#28(含)以上(如 AWG#28 , AWG#29 , AWG#30...)之漆包線於繞線時須先用手繞一圈後，再用繞線機繞線。

二.包膠帶

- 1.操作步驟：將膠帶平貼線包，按圖面要求之圈數包膠帶.膠帶結束點處在線包側邊.膠布起始點如結束處須重疊 5mm 以上.(如圖 7.3)
2. 注意事項：膠帶須拉緊包平，不可捲起.刺破或露銅線;

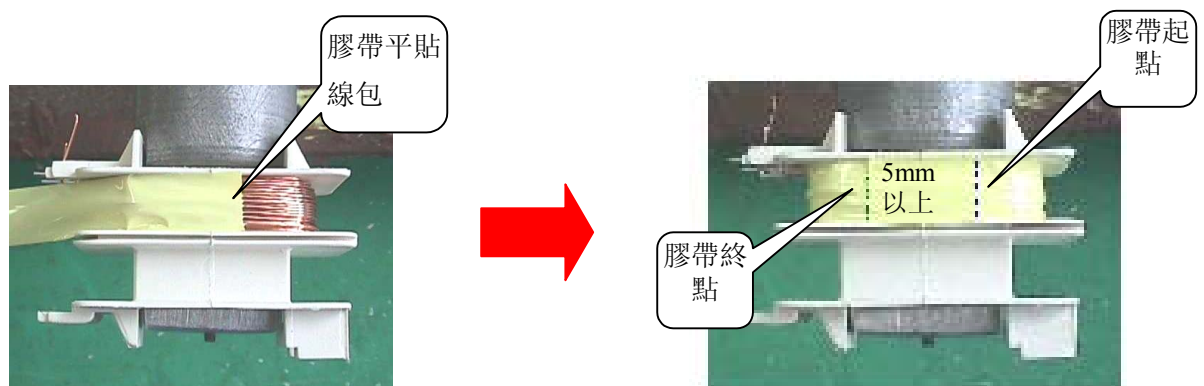


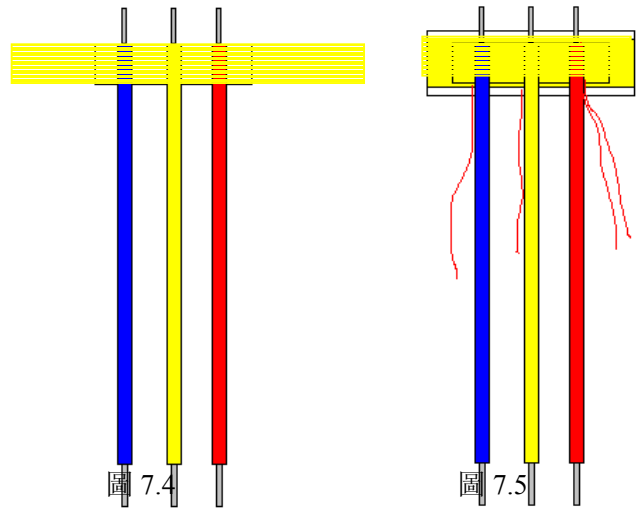
圖 7.3

- 3.變壓器之線包部份，其最外層膠布破損造成線圈外露者，須加貼膠布完全覆蓋住破損處，且加貼膠布之層數須與原規定最外層膠布之層數相同，並於塗凡立水後烘烤乾始可。加貼之膠布其頭尾端均須伸入鐵芯兩側內，且伸入鐵芯兩側之膠布長以不超過鐵芯之厚度為限。(膠布伸入至少達到 2/3 鐵芯厚)。

三.接引線(或接保險絲)

1.操作步驟

- 1.1 將引線 PVC 面朝下，用膠帶將引線粘住.如圖 7.4 所示方法固定.
- 1.2 貼引線：將引線貼至與腳位相對應的位置.引線方向同線包出線方向.
- 1.3 固定引線：將膠帶粘於線包上.
- 1.4 接引線：將銅線理直理順，纏於查相應的引線上.(如圖 7.5)



2 注意事項

- 2.1 引線不能貼反、貼錯.
- 2.2 纏腳時不可纏錯腳位.
- 2.3 漆包線與 PVC

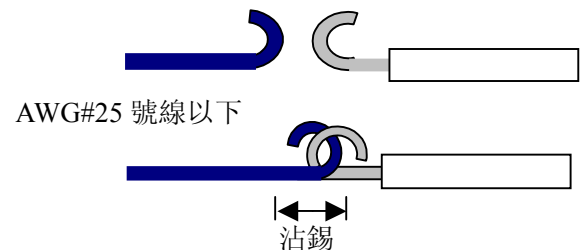
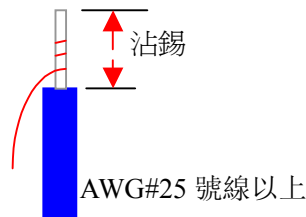


圖 7.6

- 線連時，AWG#25(含)以上之細的漆包線可直接纏繞在 PVC 線上至少三圈。AWG#24(含)以下之較粗的漆包線則必須先行預焊再變成勾狀後，與預焊後彎成勾狀的 PVC 線相連接後焊錫。(如圖 7.6)
- 2.4 變壓器中有兩組繞線以抽頭方式連接於變壓器內層時，其絞線之工法與焊錫方式如下：
 - 2.4.1 AWG#22 (含)以下(如 AWG#22 ,AWG#21 ,AWG#20...)之漆包線，先互絞兩次(至少)後，剪去多餘長度再吃錫.焊錫部份須有三次互絞工法及不可有剪斷面。
 - 2.4.2 AWG#23(含)以上(如 AWG#23 ,AWG#24 ,AWG#25...)之漆包線，先互絞三次(至少)後，剪去多餘長度再吃錫。焊錫部份須有三次互絞工法及不可有剪斷面。

四. 焊 錫

1. 操作步驟

- 1.1 將腳沾適量助焊劑.
- 1.2 焊錫：將腳插入錫槽，深度如圖 7.7 所示.
- 1.3 完畢狀態確認：不得有漏焊、氧焊及焊外膠帶、模型等現象.

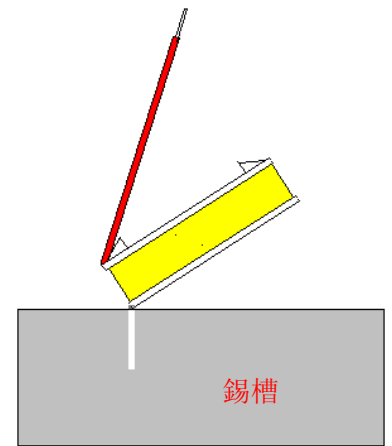


圖 7.7

2. 注意事項

- 2.1 焊錫時部間約為 1 秒，如果線包接有保險絲，不可焊得太久.
- 2.2 焊錫槽溫度：470°C ~ 520°C.
- 2.3 錫溫測試時間：7：30 13：00 18：00

五. 壓 腳

1. 操作步驟

- 1.1 剪除錫尖：腳長約為 3mm.
- 1.2 反折相鄰的腳.如圖 7.8
- 1.3 貼醋酸布一塊絕緣.
- 1.4 反折其餘的腳.

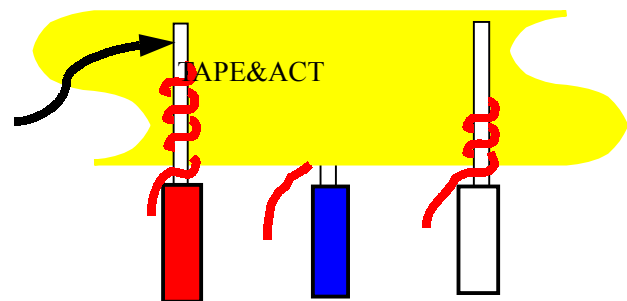


圖 7.8

2. 注意事項

- 2.1 為避免在 PVC 與漆包線連接線頭於 NOMEX PAPER 之固定處形成短路，故須以隔離膠布將各線頭分隔開，將 PIN1.3 彎起用膠布包住 PIN2 纏繞一圈後，將 PIN1.3 壓平再貼第二層膠布。(參閱附圖 7.8)
- 2.2 絕緣膠布(INSULATION TAPE) 直接包裹，絕緣膠布寬至少與 BOBBIN 線區同寬。
- 2.3 變壓器內層中有接線頭及飛線連接頭時，須將線頭固定於 BOBBIN 中央靠右側或靠左側，使外觀平整均稱(接線頭不可置於中央)。

六.包外圍膠帶

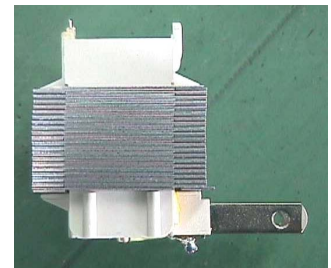
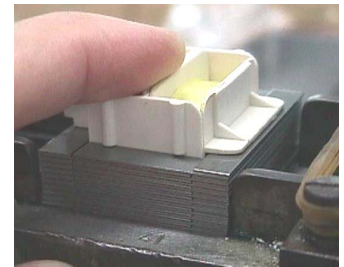
1. 操作步驟.
 - 1.1 裝入線包.
 - 1.2 貼紙片
 - 1.3 包膠帶：膠帶圈數按圖面要求.
2. 注意事項.
 - 2.1 膠帶須包平整，不能捲起刺破.
 - 2.2 紙片須貼在進出線端.
 - 2.3 膠帶結合處須重疊 5mm 以上.

七.貼絕緣膠帶

1. 扯膠帶 2 塊，貼於線包兩側.膠帶長度依模型大小而定.

八.搖砑鋼片

- 1.操作步驟.
 - 1.1 將砑鋼片裝入片槽內.
 - 1.2 上線包
 - 1.3 搖片：搖滿爲止.
 - 1.4 確認完畢
- 2.注意事項
 - 2.1 裝砑鋼片時分清楚毛邊，毛邊朝下裝入.
 - 2.2 砑鋼片須搖緊，不可插破線包.
 - 2.3 砑鋼片須搖平搖緊，不可交叉，不可重疊.
 - 2.4 不可插破膠帶、銅線和引線.



九.補片敲平

- 1.操作步驟.

- 1.1. 去除錯片，歪片.
- 1.2. 補片，裝滿.
- 1.3. 將產品置於鐵板上，敲平.
- 1.4. 確認完畢：用手推矽鋼片的角上，看是否有鬆動現象.

2.注意事項

- 2.1 矽鋼片須裝滿，敲平，E片不可翹起，
- 2.2 不可敲壞線包.
- 2.3 矽鋼片須垂直插入以免插破模型.

十.其他

- 1.裝鐵帶：鐵帶不可裝倒，須敲平、敲緊.
- 2.外觀：a.清除銅渣、錫渣、凡立水等髒物. b.檢查產品是否完整. c. 檢查引線是否有破損. d.標籤是否正確. e.檢查鐵帶是否生鏽.

VIII 線圈的製作工法

一. T CORE 的製作工法

1.裁線

- 1.1 根据個線圈所需銅線長度設定治具寬度.
- 1.2 將銅線纏於治具上.
- 1.3 當銅線達到一定的股數，將銅線於尾部剪斷并扎成一把.

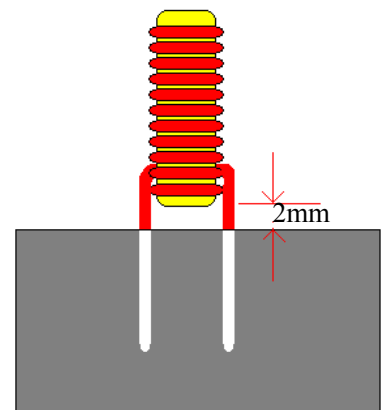
2.鉤線

- 2.1 將磁環固定在台鉗上.按作業指導書之要求鉤線
NOTE：線須拉緊纏平并均勻排列.不可纏錯圈數

3.鉗腳

- 3.1 理線：將銅線按腳位順序排好.
- 3.2 拉直.
NOTE：腳位不可排把;用力適度，不可拉斷銅線

4.焊錫



4.1 腳沾助焊劑.

4.2 焊錫：將腳垂直插入錫槽，焊錫深度依圖面要求.例圖 8.1 圖 8.1

5.剪腳(如圖 8.2)

5.1 產品須緊貼剪腳板.

6.穿套管：套管必須控制在線圈中央.

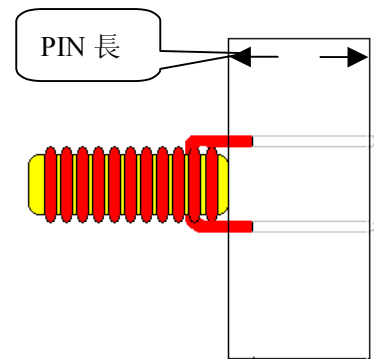


圖 8.2

二. R CORE ，DR CORE 的製作工法

(略)

IX 圓盤的製作工法

1.加工 CORE.

1. 1 將 CORE 擺放在治具槽內.

1. 2 貼膠帶：帶須貼正貼平整.

1. 3 割斷膠帶：位置在 CORE 接觸處

1. 4 成型

2.組裝 CORE

2.1 在 CORE 槽四邊點上灰膠紙或凡立水.

2.2 將 CORE 平貼在槽內：加工面朝上，CORE 要緊貼在模型上，不可翹起.

2.3 組裝後烘烤 1.5H，烤箱溫度為 100°C.

3.繞線

3.1 繞線須平整，不可有空隙.套管須伸入兩孔中間.

4.點膠水

4.1 先繞線治具槽內的線盤上塗上催化劑，再塗膠水。

4.2 膠水凝固後拆開治具，取下線盤。

5.上線盤

5.1 內線頭穿過模型線孔，線盤平貼在模型上.再將外線頭穿過線孔。

5.2 在線盤與模型相接的四周點上膠水、催化劑。

NOTE：1 線盤平貼在裝有 CORE 的一面，線盤與模型之間不可有縫隙。

2.線盤要平整，線不能移位。

6.刷凡立水

6.1 用毛刷沾凡立水均勻地刷在線盤上.刷完後將線盤朝上整齊擺放在陰乾架上。

NOTE：進出線上不可沾凡立水。

7.剪線頭

8.剝漆：剝漆深度為 1cm 左右，漆須剝乾淨。

9 上套管和端子：端子須敲緊

10.焊錫。

11.外觀。

11.1 清除表面多餘的凡立水。

11.2 檢查模型，鐵芯及漆包線是否破損

11.3 線盤是否牢固

11.4 進出線折彎是否困難。

X.變壓器的安全規格

(1).標準規格

磁性原件用於交換式電源供應器的結構中，必須遵守一定國家或是國際上的安全標準.如 U.L(Underwriter Laboratories)為北美合眾國標準規格，此規格比較集中防止失火的危險，耐壓為 1.5KV AC，在隔離式變壓器結構中 U.L 與 C.S.A 規格限製線圈溫升至 65°C 以上需用 105 等級的絕緣；

C.S.A(Candanian Standards Association)則為加拿大的標準規格；

V.D.E(Verband Deutsher Elektronotechniker)為歐洲所使用的德國標準規格，目前 V.D.E 已成為較受歡迎的標準，其安全標準考慮較為嚴格，其規格設計著重

為保護操作人員的安全，其安全標準對線圈繞線方法與輸入與輸出的隔離有較嚴格的要求，需耐高壓 3750V AC.

(2).變壓器的絕緣電阻

在變壓器結構中，在繞組與鐵芯與鐵架之間，在一分鐘提供 500V DC 的電壓情

況下，至少要擁有 100MΩ 以上的阻抗.

(3).變壓器的濕度阻抗

在高濕度 91~95%的情況下，溫度在 20~30°C 之間，連續在環境測試機 48 小時的動作後，變壓器一次側與二次側須能夠承受 3750V AC.即變壓器在此環境中須保持絕緣阻抗及介電強度.

下圈 6-2 代表變壓器的介電強度，在此絕緣層是接觸在一起，而且測試的電位則加諸於外部表面，所用交流值必須具有 50HZ 或 60HZ 的正弦波，測試 1 分鐘內不能有絕緣破壞的現象.

(4).電子設備分類

1.第一類(Class I)

此類設備用以下兩種方式來防護電擊 (1).用基本絕緣者;(2).假如基本絕緣被破壞，而危險電壓用導線連接方式到大地導體為保護方式者.

此類設備也可能用雙絕緣(double insulation)或補強絕緣(reinforced insulation)來設計或者只操作於安全極低壓線路上.

2.第二類(Class II)

此設備不單只靠單層絕緣來防護電擊，且須增加安全性，如用雙絕緣或補強絕緣，而不提供接地保護者. 設備種類如下：

(1).電子設備被絕緣材料永久且實質上的包封著.(即導元件被包復，只有小的零件露在外面，如銘板.螺絲.拉釘等.這些小零件與危險電壓之間做補

強絕緣，此設備稱為第二類絕緣機殼設備。

(2).電子設備被金屬機殼包封，其內部已用雙絕緣或補強絕緣，此設備被稱為

第二類金屬機殼設備。

(3).此設備為以上(1)(2)兩種之結合。

3.第三類屬(Class III)

此類設備乃靠 SELV(Safety Extra Voltage)線路來防止電擊。

變壓器相關安全規格：變壓器有溫度等級之分，當溫度高於周圍溫度 25 °C以

上時，U.L/C.S.A 規格會對變壓器溫度訂出額定值，用兩種方法來做溫度的量測，第一種稱為熱偶法，第二種稱為電阻法。

熱偶法：利用熱電偶所產生的位差，由儀器記錄；

電阻法. 利用銅的絕對零電阻溫度為基準來計算。

$$\text{計算公式：} \frac{234.5 + T1}{R1} = \frac{234.5 + T2}{R2}$$

銅的零電阻溫度 : -234.5°C

測試前環境溫度為 : T1 測試後本體溫度為 : T2

測試前初級電阻為 : R1 測試後初級溫度為 : R2

絕緣等級分為以下七個等級，每一等級溫度如下表 6-1：

絕緣等級	Y	A	E	B	F	H	C
溫度(°C)	90	105	120	130	155	180	180 ↑

下表 6-2 表示可接受之溫升度數，其方法差 10°C：

絕級等級	熱偶法	電阻值法
------	-----	------

105	65°C	75°C
130	85°C	95°C
155	110°C	120°C
180	125°C	130°C

(5).變壓器安全規格沿面距離

爲了符合 U.L ， V.D.E 等嚴格的電氣規格，在變壓器引腳與繞組之間必須有
一定的安全距離，合乎附表 7-3 之沿面距離的規定。

爲了更節省沿面距離的作業工時，可以在開線架模時，預留安全的距離
或另

外爲沿面距離的塑膠片另外開模，如低頻用的護套。

V=工作電壓		50HZ ALL VA 50/60，50-60HZ<200VA		>200VA 50/60 or 50-60HZ，60HZ	
最高極限的 RMS 電壓	最高限極的 峰值電壓	最小 間隙值	最小 沿面值	最小 間隙值	最小 沿面值
12	17	0.19(0.38)	0.40(0.80)	0.19(0.38)	0.40(0.80)
30	43	0.28(0.56)	0.55(1.10)	0.28(0.56)	0.50(1.10)
60	85	0.38(0.76)	0.72(1.44)	0.38(0.76)	0.72(1.44)
100	141	0.62(1.24)	1.12(2.24)	0.62(1.24)	1.12(2.24) 1.60(1.60)
125	177	0.62(1.24)	1.12(2.24)	1.60(2.24)	
130	184	0.62(1.24)	1.12(2.24)	2.40(2.40)	2.40(2.40)
250	354	1.15(2.30)	1.95(3.90) 1.75(3.50)	2.40(2.40)	2.40(3.90)
380	540	2.80(5.60)		9.50(9.50)	12.7(12.7) 9.50(9.50)
500	710	2.40(4.80)	3.70(7.40) 3.60(7.20)	12.7(12.7)	
600	850	5.60(11.2)		9.50(9.50)	12.7(12.7)
750	1060	3.60(7.20)	5.60(1.12) 4.90(9.80)	19.0(19.0)	19.0(19.0)
1000	1410	7.50(15.0)		19.0(19.0)	19.0(19.0) 19.0(19.0)
1250	1770	6.20(12.4)	9.50(19.0) 7.50(15.0)	19.0(19.0)	
1500	2120	11.6(23.2)		19.0(19.0)	19.0(23.0) 19.0(20.4)
2000	2820	10.2(20.4)	15.5(31.0) 13.0(26.0)	19.0(31.0)	
3540	4240	20.0(40.0)		19.0(26.0)	19.0(40.0)
		16.0(32.0)	24.0(48.0)	19.0(32.0)	19.0(48.0)