

几 种 电 工 材 料 的 制 造 与 应 用

第一机械工业部电器科学研究所编

机械工业出版社

1959

目 录

浸漬用水乳絕緣漆的生产及应用	3
滌綸薄膜制造工艺介紹	7
維尼弗列克斯高强度漆及其漆包綫	17
在中小型电动机中采用有机硅絕緣材料	23
用有机硅絕緣材料試制大型电机轉子綫圈	29
有机硅玻璃絲包綫的試制	39
环氧树脂用作胶粘材料与澆鑄材料	52
环氧玻璃布層压品的研究	62
用环氧树脂澆鑄电流互感器	68
用环氧树脂胶接电瓷	72
用环氧树脂胶接金屬材料的試驗	82
不饱和聚酯热彈性胶	86
粉云母絕緣材料	90
玻璃鋼板的試制介紹	103
* * *	
土法制造粉云母紙	105
土法制造环氧树脂的原料——二酚基丙烷和环氧氯丙烷	108
用臥式脂布机生产黃腊布綢	113
介紹一种用鉄片制造硅鋼片的土办法	118
电器用触头合金的性能及其应用介紹	120
新康銅	131
試用植物油（大豆油）代替变压器油的經驗	133

水乳漆漆基熬煮后，按配方比例制造濃度 60% 的水乳漆。当漆基冷却至 90°C 左右，加入乳化剂平平加，将所需的水和氨水置放搅拌器中。搅拌器 50 公升的容量，須用 7.5 瓩电动机带动，搅拌速度 1200~1500 轉/分。在搅拌下将漆基倒入，搅拌 2~3 分鐘即可。制出的水乳漆为白色、均匀的乳濁液。

这样制出的水乳漆，試制結果完全符合技术条件要求，并进行了电机应用試驗。

用水乳漆浸漬 AO31-4 型电机定子一百多台。定子不需預烘，浸漬固体含量为 40~42% 的水乳漆二次，第一次浸漬時間为 15~20 分鐘，在室溫下，滴漆約 30 分鐘，然后用沾有乳化剂平平加水溶液或汽油的抹布擦掉余漆，第一次烘干溫度为 $120 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，烘 8 小时。冷却至 $40 \sim 50^{\circ}\text{C}$ 进行第二次浸漬，浸漬時間为 5 分鐘，滴干擦淨后，置于 $120 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘箱中烘十小时。

浸漬試驗結果：繞組漆膜厚度均匀，有光澤，棉紗層粘結牢固，完全浸透。根据烘干过程中用絕緣电阻变化情况判断，第一次浸漬后，在 $120 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘焙八小时，第二次十小时，已足够干燥（見圖 1、2），浸漬干燥時間比用 5012 瀝青漆浸漬可縮短七小时。电机試驗結果，完全符合技术条件規定。

用水乳漆浸漬 J4L-22 型感应电动机定子試驗。定子不需預烘，第一、二次浸漬漆，固体含量为 40~45%，第一次浸漬時間为 20 分鐘，滴干和擦去余漆后，放在 $120 \sim 125^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中，烘八小时，冷却至 $40 \sim 50^{\circ}\text{C}$ ，进行第二次浸漬，浸漬時間为 10 分鐘，烘干溫度 $120 \sim 125^{\circ}\text{C}$ ，烘焙九小时（圖 3）。

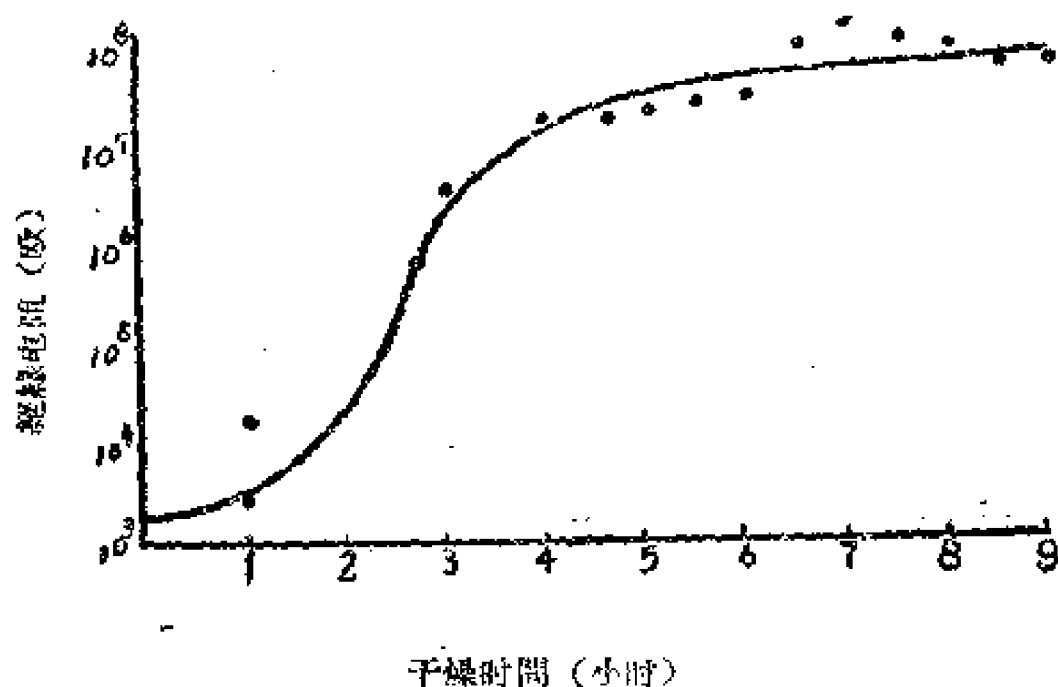


圖 1 AO31-4型电机定子第一次浸水乳胶漆后绝缘电阻与干燥时间的关系。

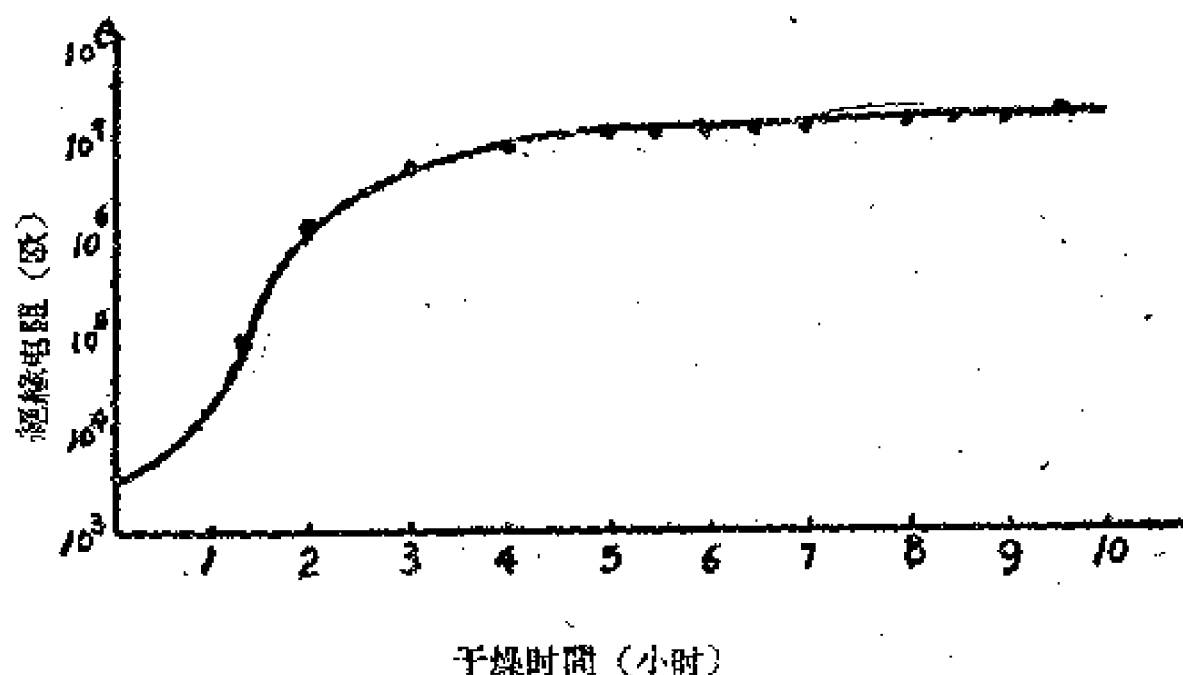


圖 2 AO31-4型电机定子第二次浸水乳胶漆后绝缘电阻与干燥时间的关系。

二次浸漬、干燥，包括輔助时间在內，用瀝青漆为28小时，用水乳漆22小时，縮短 6 小时。

1101型汽車發电机用5091多元醃树脂漆浸漬，它需要較

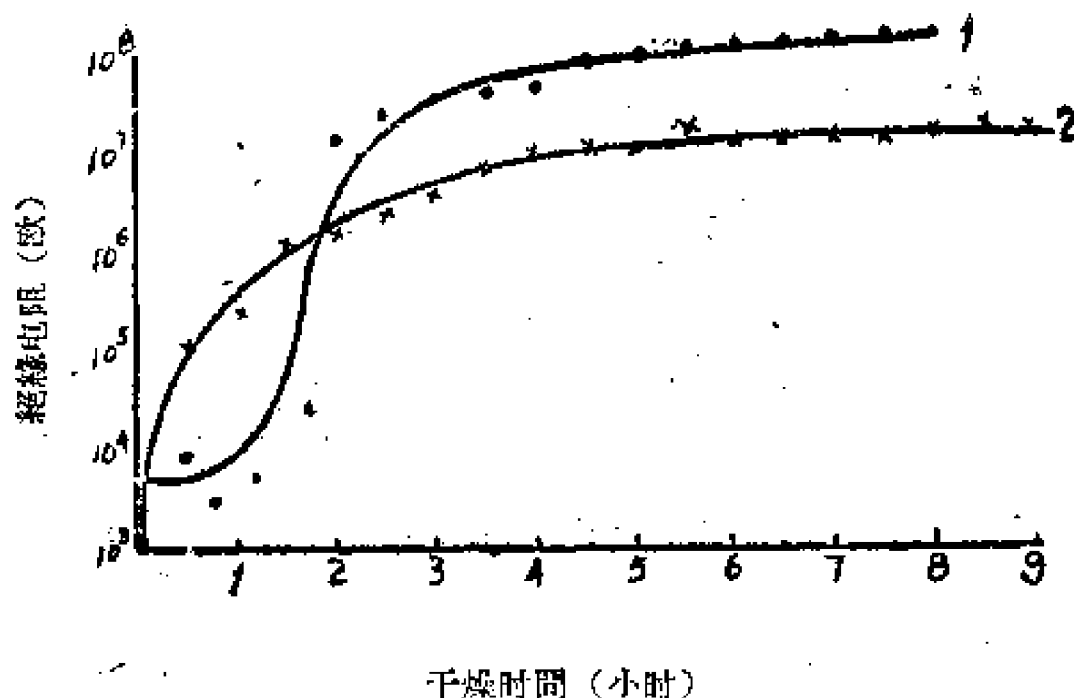


圖3 JQL-22型电动机定子浸水乳漆后絕緣电阻与干燥时间的关系:

1—第一次浸渍干燥; 2—第二次浸渍干燥。

好的耐油性能，我們也用水乳漆浸了一百多台。轉子不需預烘，水乳漆的固体含量为55~60%，浸漆时间为20分鐘，烘干温度120~125°C，时间6~8小时。整个工艺时间浸5091漆需14小时，而浸水乳漆则要10小时。

浸漆試驗結果：繞組漆膜光亮，坚硬，导綫胶結牢固，完全浸透，水乳漆操作簡便，可縮短生产时间約1/5~1/4，电机性能試驗包括絕緣电阻、耐压强度、超速、温升等，均符合技术条件規定。

根据水乳漆扩大生产和应用經驗，得出以下几点結論：

1. 制造水乳漆时，在乳化过程中攪拌速度必須在1200~1500轉/分，若低于1000轉/分，則容易分層，以致不能应用。
2. 乳化时，乳液温度保持在40~50°C，温度太高，氨水容易揮發，而影响水乳漆的稳定性。

3. 水乳漆的保存和使用必須在 0°C 以上，否則水結冰，乳濁液被破壞。

4. 水乳漆的性能不比瀝青漆差，而价格便宜20%，用來浸漬电机，生產周期可縮短6~7小時。

5. 用水乳漆浸漬电机綫圈，完全能浸透，干燥好，漆膜堅硬，耐油性好。

6. 浸漬电机轉子和定子綫圈必須浸漬，不應搽漆。

7. 浸漬干燥溫度必須在 $120\sim 125^{\circ}\text{C}$ 。

水乳漆应用在电机上，我們做过試驗，結果很好。用在变压器方面，上海大达电机厂已經初步应用于50仟伏安的变压器繞卷，結果很滿意，使工艺簡單化，节省工序，今后可繼續在这方面推广应用。

（北京电器科学研究院王良昭、白彬）

滌綸薄膜制造工艺介紹

滌綸薄膜是近年来正在發展中的一种新型絕緣材料，它的原料是飽和的聚酯树脂，正式生产并使用的是其中的聚对苯二甲酸乙二醇酯，一般都称为滌綸树脂。苏联制成的这种薄膜称为「拉夫桑」，美国則以「瑪爱拉」为名。

我們的研究試制工作正在有关單位协作下进行中，因此还很少經驗可談，这里只就所知作一簡單介紹。

一、滌綸薄膜的性能和用途

据資料記載，薄膜的性能如下：

項 目	滌 綸	瑪 愛 拉
(1) 熔点	265°C	250~255°C
(2) 比重	1.39	1.38~1.39
(3) 抗拉强度	1760公斤/公分 ²	1200~1760公斤/公分 ²
(4) 拉断时的伸長率	50%	70~130%
(5) 介質强度(25°C, 60周)	17.7仟伏/公厘	17.7仟伏/公厘
(6) 介电常数(25°C, 60周)	3.1~3.2	3.16
(25°C, 10 ⁶ 周)	3.0~3.1	2.98
(7) 介質損失角正切 (25°C, 60周)	0.002(正弦值)	0.0021
(25°C, 10 ⁶ 周)	0.013~0.015 (正弦值)	0.016 (150°C)
(8) 吸水性	0.5%(長期浸水)	0.3%(25°C时浸水 7 晝夜)
(10) 透水汽性	30克/公尺 ² /天 (38°C, 90%相对湿度)	38克/公尺 ² /天(39.5°C, 厚度0.0254公厘)
(11) 容积电阻系数, 欧·厘米	$1 \cdot 10^{19}$ (25°C) $1 \cdot 10^{13}$ (150°C)	
(12) 表面电阻系数, 欧	$1 \cdot 10^{13}$ (相对湿度100%)	

滌綸薄膜的可用溫度範圍可自 -50至 +150°C, 耐化学性能極强, 按其耐熱性可屬 B 級, 但因为与紙等有机材料同用, 故國際电工技术委员会 (IEC) 規定为 E 級絕緣, 如果补强材料用矿物質基造型, 則可屬 B 級。滌綸薄膜可作为电机的槽絕緣、相間絕緣和成型綫圈包扎用絕緣帶, 在变压器中則用于匝間絕緣。在电机电器中使用后, 可减小絕緣体积和提高工作溫度。滌綸薄膜又应用于电容器制造上, 代替浸漬紙作电介質, 可减小尺寸, 并耐較高之电压。

二、树脂的制造工艺

1 生产过程 該聚合体是由对苯二甲酸二甲酯与乙二醇先进行酯交换，然后縮聚合而成，其主要原料是对苯二甲酸、甲醇与乙二醇。欲降低該种聚酯塑料的成本，首先在于用适当的路线，制得便宜的对苯二甲酸。起初我們把試制对苯二甲酸的各种路线經過試制，加以比較。制造对苯二甲酸有許多方法，一般有下列几种：

(1) 把混合二甲苯分离出对位二甲苯后氧化而得。

(2) 从松节油或不旋性檸檬油精等制成对位异丙基甲苯，然后再氧化之。

(3) 从邻苯二甲酸酐轉位而得。

通过試驗，得出了以下結論：

第一法分离对位二甲苯时設備比較复杂；第二法生产率很低，获得量不高，質量也不好；还是第三方法步骤簡單，設備不复杂，所制得的对苯二甲酸也較純粹，同时它的原料邻苯二甲酸酐是从萘氧化而来，有大量資源可利用，成本也最便宜，因此采取了这条路线，为了加快速度，由造化公司試驗室搞轉位試驗，供給我們作为原料。他們的試制方法，是把邻苯二甲酸酐先制成鉀盐，再加5%左右的氧化鋇作触媒，在二氧化碳气流中加热至 $360\sim 400^{\circ}\text{C}$ ，作用6~10小时而成，轉化率可达60%以上。轉化以后加酸沉淀出来，再用沸水分离掉其中的未轉位的邻苯二甲酸而成。

我們得到了对苯二甲酸后，第一步先用6至8倍的甲醇，以硫酸作触媒，迴流加热8~10小时，酯化成对苯二甲酸二甲酯，不过制高分子化合物的原料，其純度要求很高，顏色

也要求非常潔白，所以上述酯化成的二甲酯需再經過真空蒸餾及再結晶二個步驟提純之。其他單位供應的乙二醇，也經過脫水與蒸餾等提純手續。

縮聚合方法是把對苯二甲酸二甲酯與乙二醇以10:8的比例配合，再加0.3%醋酸鋅和0.6%氧化錫作觸媒，先加熱至195°C進行酯交換；然後在2公厘水銀柱以下的真空下進行縮聚合而成。

2 生產中的關鍵問題 主要在於聚合鍋不能漏氣，一般認為抽真空的鍋子抽足也不過一個大氣壓，與几百大氣壓，几千大氣壓的高壓釜相比，好像要求很低，事實上如有些微漏氣的地方，就難達到2公厘水銀柱以下的真空度，也就不能把對苯二甲酸乙二醇聚酯的縮聚合，達到所需要的聚合度。反應鍋的加熱方式（最後要加熱到270~280°C左右）與放料時的方便與否，也是一個關鍵問題，而且聚合體在熔融狀態時接觸空氣，就要顏色變黃，分子量降低，影響成品質量，這些都是要注意的地方。

3 試制中的幾項技術革新

（1）原來提純對苯二甲酸二甲酯，是要用真空蒸餾，然後再結晶一次，可是在設計中這個過程發生很多問題。後來採用在惰性氣體下常壓蒸餾，結果質量完全符合要求，而且還簡化了工序和設備，節約了不少材料。

（2）聚合鍋的加熱方式，原來設計是用聯苯及聯苯醚混合物作載熱體加熱的，這樣就必須有另外一套加熱設備，而且聯苯及聯苯醚價格很貴。我們改用高沸點的礦物油直接用电來加熱，效果很好，調節溫度也很敏捷與準確，而不需要另外的加熱設備了。

(3) 酯化鍋和聚合鍋原都要求用不銹鋼來製造，為了節約貴重材料，經我們試驗後，前者可用普通鐵鍋包鉛來解決，後者可以用許多材料（如銅板）來製造，而不會影響聚合體的質量。

三、薄膜加工工艺

1 加工方法的選擇 工業上製造塑料薄膜的方法主要有三種：

第一種為輾光法：塑料借三滾或四滾輾光機加熱輾壓成膜，聚氯乙烯薄膜就是用這個方法生產的。由於滌綸的熔點範圍很窄，通常僅有 10°C 左右，熔化後的粘度很小，只及聚乙烯熔化後粘度的五分之一，而稍冷就完全凝固，缺乏流動性，所以難以用輾光法加工。

第二種方法為流涎法，塑料溶解於溶劑，制成溶液，在無接頭轉帶或轉鼓上流涎並干燥成膜，然後取下，醋酸纖維薄膜是用這個方法生產的。但滌綸在各種溶劑中的溶解度差，不易配制成足夠濃度的溶液供流涎之用，所以這個方法也不夠現實。

第三種方法為熔融擠壓法，原理與熔融紡絲法相似，唯不用紡絲頭而用細縫式的機頭模口。滌綸制膜的困難在於它的溫度敏感性和它熔化狀態的粘度小，因此溫度掌握是個非常重要的因素，一定粘度的樹脂要配以一定的加工溫度，否則或者模口堵死，或者流注如水，無法成膜。

2 加工工艺中的几个重要問題的討論

(1) 連續法或間斷法：連續法是樹脂聚合好以後在熔

融状态下直接挤压，而間断法是先將聚合好的树脂冷却，制成碎片或小粒，然后加热熔化挤压。齿滌綸树脂在高温时受空气作用極易分解，高分子就断鏈而破坏，树脂的色澤变黄，轉深，性能亦随之降低。用連續法制造薄膜，可减少分解的机会，所以比較合理。但連續法生产要求有較高的生产控制条件，否則后一工序的失常將直接影响前一工序，反之亦然。控制不好，勢必造成生产上的混乱。所以間断法的优点就在于比較容易控制和管理。采用連續法时，树脂的粘度可以稍低，即平均分子量可以比較小一点；如采用間断法，則粘度要求較高，因为在再熔化的过程中，或多或少有受热或受氧作用而引起分子量減小的情况，所以原料的粘度希望大一些，以消除这个影响。

(2) 薄膜性能的改善：用熔融挤压法制成的薄膜，强度很差，其他性能也不好，改善的方法就是沿二个方向进行拉伸。沒有拉伸过的薄膜，我們称之为原始薄膜，是无定形結構的。在稍予加热或長期儲放后，它会漸漸結晶化。在这种結晶状态中，分子的排列是混乱的，不在同一平面上的，所以就变成不透明并且發脆。拉伸的目的，是使分子按同一平面定向，然后再行結晶化，薄膜在結晶化的过程中密度漸漸增大，这样，强度就高了，性能也好了，同时透明度也好了，就成了可供实际使用的薄膜成品。

(3) 先縱拉还是先橫拉：对薄膜的性能来講，拉伸后薄膜沿二个方向的性能大致相同，所以先縱拉或先橫拉都可以。在实际生产中，如果先橫拉，則縱拉时所需拉伸滾筒的長度就要增加三倍，在設備上是不經濟的，同时操作上的困难也較多；但先橫拉也有有利之处，因橫向拉幅机的車速有

一定限度，否則車身將大大加長，而縱向拉伸設備的速度却較易加快，這樣，產量可以增加。我們在設計中準備採用先縱向拉伸後橫向拉伸的方式。在將原始薄膜進行拉伸的時候，也存在着可以採用連續法或間斷法的二種可能。連續法是將熔融擠壓成的薄膜在滾筒上稍冷後直接送去拉伸，間斷法則為先冷卻打卷，然後再加熱拉伸。後法在操作上的自動化程度雖稍差，但便於控制生產，有一定的優點。

（4）拉伸的條件：拉伸的車速決定於橫拉的條件。據資料記載，拉伸速度要快，每分鐘至少要400%，一般在1000至1500%之間，最高的有2000至4000%，如果拉幅機拉伸部分的長度是6公尺的話，以每分鐘拉伸1000%計算，則車速將為每分鐘20公尺（拉幅機以拉伸三倍為標準）。拉伸的溫度應該根據三個因素來決定：（一）定向的效率，（二）拉伸所需的功，（三）薄膜結晶化的速率。按照杜邦公司的試驗結果，從25°C開始，定向程度逐漸增加，至60°C時最高，至80°C開始下降，直至110°C下降程度才漸漸減小。但根據另一試驗，薄膜在25°C、40°C或60°C拉伸時，出現第二屈伏點，張力先直線上升，突然下降25%，然後第二次激增，再突然降落，這樣，薄膜就不能均勻拉伸，並易破裂，所以第一次拉伸溫度（即縱向拉伸）以80~85°C為宜，此時定向效率仍高，而不會出現第二屈伏點。第二次拉伸的溫度則取決於要求拉伸所需的功應該是最小或很小，此時薄膜已經初步定向，強度已有增高，如不設法降低其拉伸功，勢必用力硬拉，以致發生破裂。60°C時，拉伸薄膜所需的功為80°C時的9倍，為90°C時的23倍，即80°C時為90°C時的26倍；所以第二次拉伸溫度要在90°C以上，一般在90至110°C左右。至於結晶化

的速率在 200°C 以下时是随温度的上升而增加的, 超过 200°C 后又复下降, 而拉伸定向也加速了结晶化的速率。第二次拉伸所以要選擇稍高于 90°C 的原因, 也是为了要增加一些结晶化的速率。二次拉伸完畢后, 薄膜还須在 200°C 进行“热定型”或称热处理, 需时約 $5\sim 10$ 秒。設計拉幅机內热定型部分長度时必须考虑这一点, 热定型的目的是使薄膜达到 $40\sim 42\%$ 的结晶化而定型。

(5) 拉伸倍数: 拉伸以 3 倍为妥, 超过 3 倍时容易使薄膜破裂, 小于 3 倍时, 例如 2 倍或 2.5 倍, 所得薄膜成品放在 175°C 做 250 小时热老化試驗后, 發現拉断时的伸長率分別跌落 83% 及 53% , 而拉伸 3 倍的只跌落 30% 。拉伸 3 倍的薄膜中分子的定向程度和各項性能也显然要高得多。

3 加工工艺流程介紹 工艺流程如圖1~3所示。

(1) 熔融挤压: 树脂碎粒或碎片經螺旋輸送器送入密闭的不銹鋼熔化鍋中, 熔化鍋有加热夾層, 用有机載热体循环加热。鍋內有攪拌器, 熔化是在惰性气体保护下在攪拌的情况下进行的, 溫度在 $260\sim 285^{\circ}\text{C}$ 或稍高。树脂全部熔化后, 循鍋底放料管經过滤器, 再經螺旋輸送泵再經过滤器, 然后进入計量泵。熔融树脂过滤时阻力很大, 故熔化鍋放料必須加压。計量泵将树脂粘液送至机头, 使从細縫模口中挤出成片。整个上述工作体系, 均須用有机載热体循环加热, 与树脂直接接触之部分須用不銹鋼制成。

机头模口中挤出之薄片, 在 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$ 的滾筒上冷却, 然后卷取。滾筒表面速度可以調节, 一般为机头放片綫速度的 1.5 至 10 倍, 可得厚度較薄的薄膜。机头模口与冷却滾筒相当貼近, 距离可适当調整, 該处須处在惰性气体的保护之下。

(2) 拉伸及熱定型：原始薄膜送入預熱塔，預熱塔用蒸汽管加熱薄膜至 80°C ，然後進入縱向拉伸機。縱向拉伸機是三個滾筒組，第一組共 5 個，系慢速主動滾，第二組共 9 個，系被動滾筒，第三組系快速主動滾筒。所有滾筒系不銹鋼製成或鍍鉻。薄膜的拉伸是由快速與慢速主動滾筒之間的速度差控制的，拉伸的倍數為三倍。拉伸實際是在九個被動

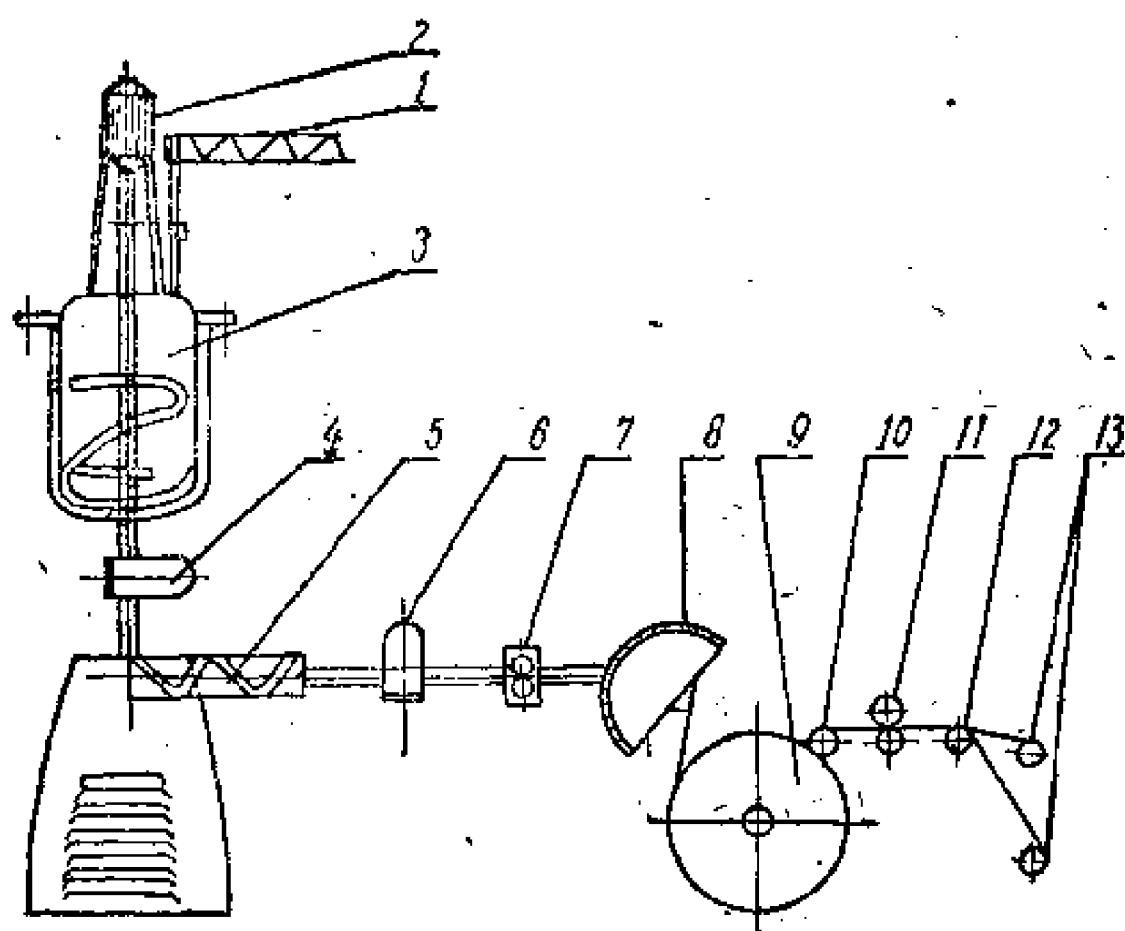


圖 1 熔解及成片設備

1—螺旋輸送器；2—電動機；3—不銹鋼夾套加熱熔化的鍋；4—不銹鋼多孔性過濾器；5—不銹鋼螺旋泵；6—不銹鋼多孔性過濾器；7—不銹鋼熔體計量泵；8—成片機頭(Hopper)；9—表面鍍硬鉻或不銹鋼冷卻滾筒；10—表面鍍硬鉻導向滾筒；11—表面鍍硬鉻調整滾筒；12—表面鍍硬鉻導向滾筒；13—卷取滾筒。

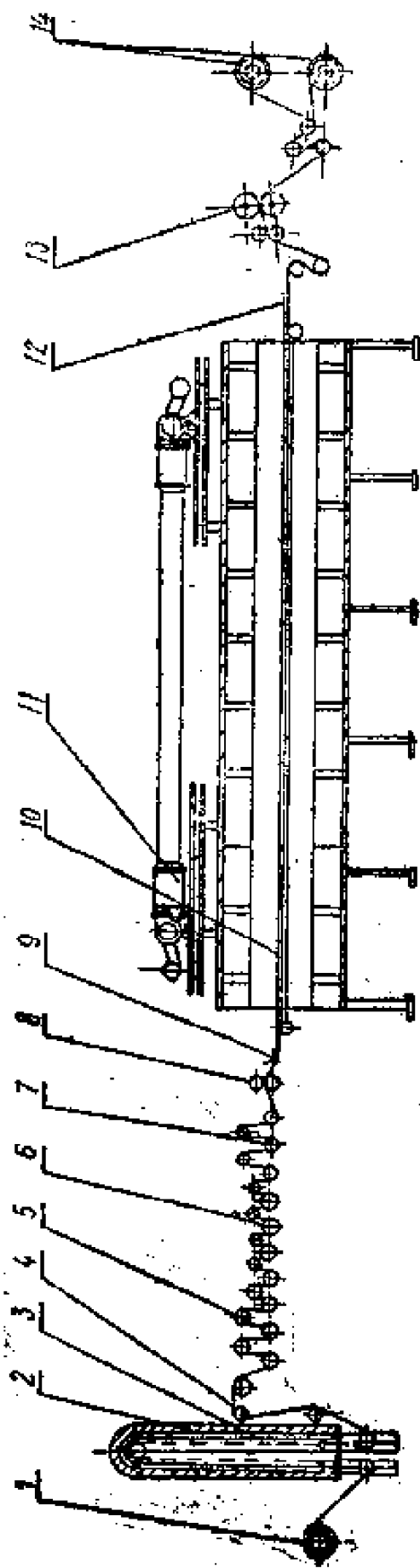


圖 2 橫向拉伸設備

1—原料卷；2—預熱塔；3—加熱器；4—表面鍍鉻導向滾筒；5—第一組慢速滾筒；6—第二組慢速滾筒；7—第一組快速滾筒；8—表面鍍鉻調整滾筒；9—靜電設備；10—橫向拉伸設備；11—加熱器；12—靜電設備；13—冷卻及切邊設備；14—成品卷。

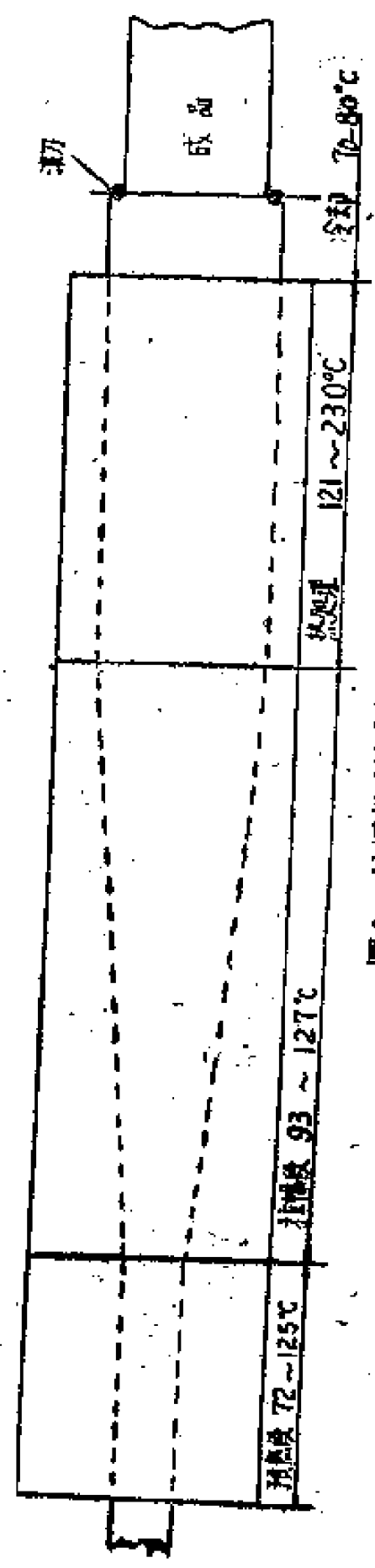


圖 3 拉伸機頂視圖。

滾筒上进行的，在这个部分的薄膜長度約为 3 公尺，縱向拉伸机内总的薄膜長度約为 7 公尺。滾筒内用蒸汽或热水加热，温度为 $80\sim 90^{\circ}\text{C}$ 。

經過縱向拉伸的薄膜，立即进入橫向拉幅机。橫向拉幅机用热风循环加热，第一段为预热段，長度約 3 公尺，温度为 $90\sim 95^{\circ}\text{C}$ ；第二段为拉幅段，長度約 $6\sim 7$ 公尺，温度为 $90\sim 110^{\circ}\text{C}$ ，薄膜在此均匀拉伸 $2.5\sim 3.25$ 倍；第三段为热定型或热处理段，長度約 $6\sim 7$ 公尺，温度为 $150\sim 250^{\circ}\text{C}$ ，薄膜在此結晶化定型。經過拉幅机后，薄膜在空气中經 $3\sim 4$ 公尺距离的自然冷却，即行切边成卷。

制成的薄膜厚度范围为 6 至 190μ ，寬度 100 至 150 公分，周圍环境要求非常清潔。

(上海市塑料公司上海化工厂)

維尼弗列克斯高强度漆及其漆包綫

現在世界各国在电机制造中已普遍采用高强度漆包綫。縮醛类型高强度漆包綫在 1930 年美国通用电气公司就已經进行工业化大量生产，产品名称叫“Formex”，日本买去美国專利，产品名称改叫“Showmex”。苏联出产的产品叫“МстаВВН”。以上这几种漆包綫，主要是以聚乙烯醇縮甲醛树脂为基础的漆包綫。苏联安德烈諾夫等同志鑒于聚乙烯醇縮甲醛树脂的溶解度不够理想，在 1943 年提出一种叫做“Винифлекс”的聚乙烯醇縮甲乙醛树脂为基础的产品，即在不影响电气性能及机械强度等的原則下，在縮醛基的基础上引进乙醛根，改进了溶解度，而彈性也有所提高。

目前我国所用的漆包綫主要还是油性漆包綫，这种漆包綫在性能上已不能满足生产發展的要求。我院于1957年开始对“維尼弗列克斯”（Винифлекс）高强度漆包綫进行研究，現在已試制完成，并正在几个厂推广生产。

“維尼弗列克斯”漆包綫，主要是以聚乙烯縮醇甲乙醛树脂和初級酚醛縮合物或苯酚苯胺甲醛树脂等所做成的漆作为絕緣层的导綫。这种漆的漆膜在耐磨、弯曲、高溫老化以及延伸率等性能方面，都远比一般油性漆膜为优。使用这种漆包綫的优点有：（1）由于机械强度很高，耐磨性能为普通油性漆包綫的几十倍，甚至一、二百倍，可以直接用于自动繞綫机上繞制綫圈，提高了劳动生产率；（2）由于漆膜机械强度高，附着力强，就不須再用紗或絲等作补充增强材料，大大减少了絕緣层的厚度，从而提高电机的出力和节省原材料；一般感应电动机約可提高出力20%，起重电动机可提高35%；（3）使用的最低溫度可达零下60℃，長期使用溫度为110℃，短時間內可达到125℃；（4）省去包紗或包絲的工序，降低成本，節約材料；（5）漆膜对有机溶剂的抵抗力强，增加絕緣的可靠性；（6）生产漆包綫时的塗綫速度比油性漆約快一倍左右，縮短了生产周期。

在电机制造工业中广泛应用高强度漆包綫，具有着極大的經濟意义。

一、漆的制造及其質量要求

維尼弗列克斯高强度漆，是以醋酸乙烯为基础，經聚合、水解、縮合后，再与苯酚苯胺甲醛树脂，在有抗溶剂中，按一定比例混合熬制而成。它的制造过程如下：

(一) 聚乙烯醇縮甲乙醛树脂的制备 分以下几步:

醋酸乙烯 → 聚醋酸乙烯 → 聚乙烯醇 → 聚乙烯醇縮甲乙醛

1. 醋酸乙烯的制备 (气相法) 在进行反应之前, 先通以氮气赶走反应系统中的空气, 并逐渐加热, 使装有触媒(醋酸锌吸附在活性炭上) 的反应器温度升到规定温度后, 即通入预热过的乙炔与醋酸混合蒸气。反应温度一般在 $120 \sim 220^{\circ}\text{C}$ 。反应所得之产物(醋酸乙烯) 经冷凝后收集之。聚合使用的单体, 还必须进行一次精制方能供用。

2. 聚醋酸乙烯的制备 醋酸乙烯聚合的方法很多, 对于制备聚乙烯醇縮甲乙醛树脂所需之 $7 \sim 9$ 厘泊的低聚合物, 我们是采用溶液聚合法, 使反应控制比较容易, 且纯度亦较高。

制法: 将所需之材料——醋酸乙烯, 甲醇及引发剂(过氧化二苯甲醌或偶氮二异丁腈) 加入反应锅中, 升温聚合。反应一直在搅拌中进行。

反应完成后, 取样分析, 用溴化法分析成品中的单体含量, 以测其反应物的转化率。用奥氏粘度计测定其在苯溶液中的粘度(以厘泊计)。

3. 聚乙烯醇的制备 将上述的聚醋酸乙烯, 在碱性介质中进行醇解, 制得聚乙烯醇。

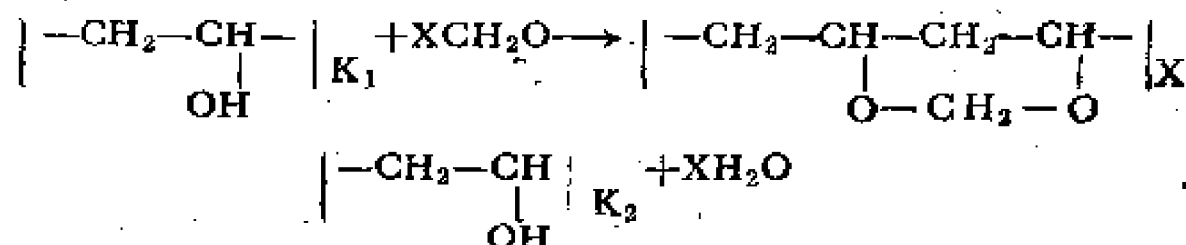
制法: 先将聚醋酸乙烯溶解于甲醇中, 配成一定浓度的溶液, 然后升温至 30°C , 加入部分甲醇不成液, 约二小时后再加入其余部分碱液, 再反应约二小时, 最后升温至 62°C , 保持 1 刻钟, 反应即告结束。然后冷却, 过滤, 洗涤至中性。经干燥, 制成固体聚乙烯醇; 或者制备成聚乙烯醇水溶液, 即在反应完成后, 放入水解锅中, 分几次加入蒸馏水,

进行减压蒸馏，直至其中甲醇含量不超过规定浓度时为止。
聚乙烯醇水溶液中的固体含量不应低于 9%，在进行缩醛化之前需进行过滤。

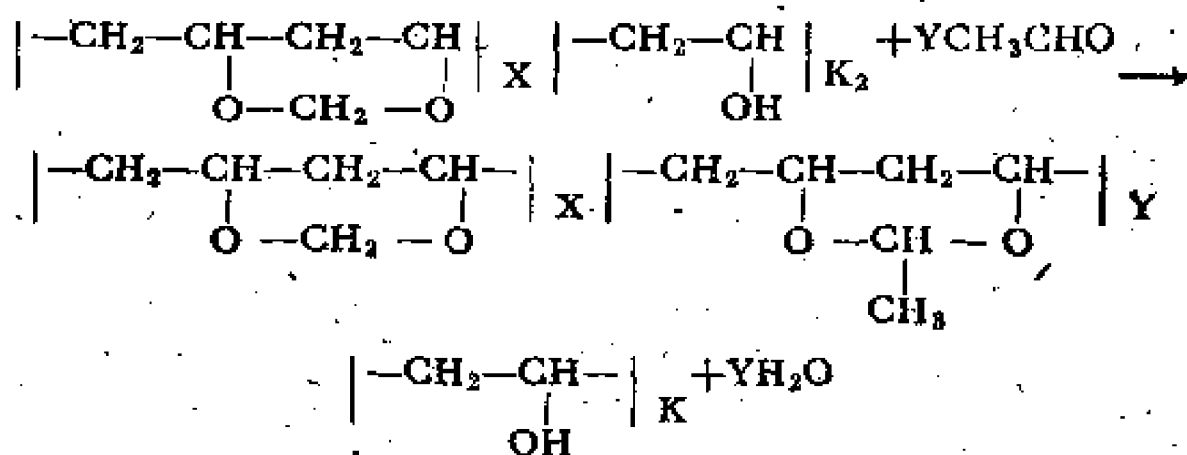
4. 聚乙烯醇缩甲乙醛树脂的制备

(1) 聚乙烯醇缩醛化分两步进行：

a) 缩甲醛化——将聚乙烯醇配制成一定浓度的水溶液，以酸为接触剂，在一定温度条件下将甲醛液加入，使生成低取代物之聚乙烯醇缩甲醛。其化学反应式如下：



6) 缩甲乙醛化——待聚乙烯醇缩甲醛形成后，在一定时间内，逐渐降低其反应温度，加入其余部分酸，然后将乙醛加入，进行缩醛化。经一定时间后，反应即告结束。其化学反应式如下：



(2) 洗涤。将反应物冷却至室温，用水洗涤，直至酸值不大于规定浓度时止。

(3) 稳定。在洗涤槽内加入纯碱，在一定温度下，进行稳定。然后过滤，干燥备用。

(二) 維尼奔列克斯高强度漆的制备 取一定量的聚乙烯醇縮甲乙醛树脂与酚苯胺甲醛树脂，二者用量的总和約占漆的15~25%。其余75~85%为溶剂。配料的百分比主要是根据此两种树脂的特性而定。靠縮甲乙醛树脂用量过多，会造成漆膜軟，机械强度差，不耐醇及苯等有机溶剂（当然，漆的溫度过低亦会造成此現象），制成的漆粘度也大；若苯酚苯胺甲醛树脂用量过多，会造成漆膜脆，彈性差。因此两种树脂用量比例的正确与否，是决定漆的質量很重要的一环。

在熬漆之前，必須将反应釜洗淨，然后加入溶剂（乙二醇乙醚与氯化苯[1:1]或一定比例的醋酸戊脂、异戊醇、氯化苯混合溶剂）。对溶剂需进行檢驗，特別要注意其中的水份及杂质含量。开动攪拌器，在溶剂中加入縮甲乙醛树脂，加热至40~50℃，直到树脂完全溶解（加热溫度不超过55℃，取样测其透明度）。熬制到一定粘度后，則漸漸加入苯酚苯胺甲醛树脂，并很快地攪拌；溫度至50~55℃，待其完全溶解后，再在此溫度下保持一定時間，反应即告終。取样分析，测定其質量，达到指标，即可供塗刷漆包綫之用。

漆的質量要求

1. 漆的外观，应为均匀的液体，不含任何的机械混杂物。
2. 不揮發分的含量应不少于20%。
3. 灰分不大于0.5%。
4. 粘度按福特安格拉式粘度計Φ9—36 №2孔，在20℃应为180~250秒。
5. 漆膜应有彈性，并对銅綫有良好的附着力。
6. 漆膜應該具有耐酒精和甲苯混合溶剂的堅固性，在这种溶剂中煮沸5分鐘，漆膜不应有破裂和膨脹的現象。

7. 漆膜在 105°C 的条件下，经过三小时的烘干，其电气性能应该如下：

a) 绝缘电阻在 20°C 时应为 1.0×10^{12} 欧/公分；

b) 绝缘强度在 20°C 下不小于 40 千伏/公厘；

B) 绝缘强度在 105°C 下不小于 25 千伏/公厘。

8. 漆膜在相对湿度 100 % 的情况下放置 24 小时，其电气性能应为：

a) 绝缘电阻不低于 2.0×10^9 欧/公分；

b) 绝缘强度不低于 13 千伏/公厘。

二、漆包线的塗刷及其試驗結果

以聚乙烯醇縮甲乙醛树脂与苯酚苯胺甲醛树脂所制成的漆，呈金黄色，透明，它的粒度較一般油性漆要大得多，其固体含量也較低，故以采用裱墊法或模具法进行塗刷为宜。但必須說明，这种合成漆与普通油性漆一样，在立式漆包机或臥式漆包机上均可塗制出外觀良好、性能优异的漆包线。同时，这种漆不受线徑尺寸的限制，适合于任何一种线徑的塗制。正由于此，在生产上就提供了很大的方便条件，不需要其它專用爐子。塗线时，可根据线徑大小及塗装方法的不同，将漆进行稀釋；稀釋的程度可根据具体情况与要求而定。

这种漆曾在沈阳電纜厂苏式漆包机上分別塗制几种不同线徑的漆包线，現将其試驗結果附表于后，以供参考：

总之，維尼弗列克斯高强度漆及漆包线具有一系列的优点，这种漆的制造工艺看来虽較繁复，其实在生产上还是很易掌握的，大家都能动手搞。目前錦西化工厂、哈尔滨绝缘材料厂都将投入大量生产，我院也正准备以土洋結合的办法

进行小型生产。为满足电机电器工业飞跃发展的需要，我們建議有关厂多多生产高强度漆及漆包綫。

項 目 \ 綫 徑	0.47公厘		1.0公厘	
	ГОСТ	自制 Винифлекс	ГОСТ	自制 Винифлекс
击穿电压(伏)	870	3000以上	1200	3200以上
附着力(轉)	17	45~65	9	26~30
彈性 125°±5°C, 24 小时 125°±5°C, 168小时	1 倍徑不裂	合格	2 倍徑不裂	合格
	3 倍徑不裂	合格	4 倍徑不裂	合格
热打击 綫繞状态下 125°±5°C, 1 小时	2 倍徑不裂	合格	3 倍徑不裂	合格
耐磨(針式机, 次)	应不少于40次 最少不小于20次	82~195	3 倍徑不裂	68~164
耐苯	60°C苯中煮30 分鐘不粘	对苯无作用	3 倍徑不裂	对苯无作用
热稳定性%(125°± 5°C)	不大于15		不大于15	5 以下
伸率, %	18	25以上	25	30以上

(电器科学研究院油漆組)

在中小型电动机中采用有机硅絕緣材料

有机硅H級絕緣耐热性能好，最高热点的溫度限額是180°C，最高溫升限額是135°C，而一般常用的A級絕緣只是105°C和65°C。我們知道，在散热条件一定时，电机能够散出的由于运轉时损失所生的热量是和溫升成正比的，而损耗是随电机輸出功率增加而增大的，所以采用H級絕緣可以提

高电机的容量，或者說，同样容量可以节省材料，这些都是大家所熟知的。但是一般文献上都只是說在特殊电机（例如：采掘机械、索道、冶金厂等）上采用H級絕緣，自从沈阳化工研究院在今年年初制成了有机硅絕緣漆后，我們就想到是否能够普遍推广于一般电机上，以便节省大量硅鋼片和銅綫，来解决我国工业生产大跃进中材料不足的問題。

（1）关于容量提高問題

我們在迎接“七一”的科学研究工作大跃进中，用了JO52-4、7 瓩电动机的机件，将原来的 $2 \times \phi 1.25$ 紗包綫改用沈阳電纜厂生产的用有机硅漆所作的 ПСДК 双玻璃絲包浸漆綫 $\phi 1.88$ 一根代替（当时只有这种綫徑）。槽絕緣用一層云母紙（用有机硅漆粘成的）和一層浸有机硅漆的玻璃絲布，相間和上下層間均用浸有机硅漆的玻璃絲布。槽楔用一片天然云母（在下）和一段扁銅綫，將繞組栓住。端接部分用玻璃絲布帶包扎，經180預熱，6小时后，浸漆、在 $180 \sim 200^{\circ}\text{C}$ 溫度下約經36小时烘干。为了增大磁載，提高过载能力和减少銅損，將綫圈每槽匝数由原来的22匝改为21匝。

做好之后，我們进行了两次負載溫升实验，等一次共做了3.5小时，輸入功率14.3瓩，輸出功率算得为12.4瓩。定子繞組最后稳定的溫升用电阻計測得为 145°C ，此时室溫为 29°C 。另一次实验，輸入功率为19.1瓩，估計輸出功率为16瓩。約經两小时后，繞組溫度（电阻片測得） 182°C ，尚未稳定。电阻片測得是定子繞組的平均溫度，約低于最高熱点溫度 $10 \sim 15^{\circ}\text{C}$ 。所以H級平均溫升值規定为 $135^{\circ}\text{C} - 15 = 120^{\circ}\text{C}$ 。我們第一次实验溫升为 $145^{\circ}\text{C} - 29^{\circ}\text{C} = 116^{\circ}\text{C}$ ，已接

近允許溫升，而此時輸出功率較原額定值增多 77 %，此時效率為 86.7 %。從這次實驗結果看來，容量提高 80 % 是完全可能的。

上述結果，從簡單的理論分析也是如此。

A 級絕緣，允許平均溫升以 $65^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 55^{\circ}\text{C}$ 計算。

H 級絕緣允許溫升為其 $\frac{120}{55} = 2.18$ 倍。

電機散熱條件改變，所以允許損耗也可大 2.18 倍，由此可以求出電機容量提高的倍數（設此時 $I = I'$ ）。

若為了提高過載能力和減少銅損，增大效率，將磁載提高 10 %（這是完全可能的，由於繞組匝數減少，截面增大），這樣：

$$1.1^2 P_0 + I'^2 R' = 2.18 (P_0 + I_n^2 R)$$

$$I'^2 R' = 0.97 P_0 + 2.18 I_n^2 R,$$

$$\text{通常 } P_0 = \frac{1}{2} I_n^2 R$$

$$\therefore I'^2 R' = 2.66 I_n^2 R_0$$

$$\therefore \text{導線長 } l' = \frac{l}{1.1}$$

$$\text{截面 } S' = 1.1 S$$

$$\therefore R' = P \frac{l'}{S'} = \frac{1}{1.1^3} \cdot P \frac{l}{S} = \frac{1}{1.1^3} R,$$

$$\text{這樣 } I' = 1.1 \times \sqrt{2.66} I_n = 1.1 \times 1.64 I_n = 1.8 I_n$$

即容量約可提高 80 %。

如果改進結構，改善通風冷卻情況，容量提高的倍數還可以增加。

我們因時間關係，只做了上面兩次，結果可能還不很正確。

(2) 关于經濟价值問題

由于采用H級絕緣，可以节省大量鋼綫和鋼材，已是毫无疑問了。是否經濟，也可以大致算一个帳来看。

一般一台JO52-4、7瓩电动机主要几种材料需用量如下：

鑄鉄	40公斤
硅鋼片	65公斤
銅綫	6公斤
絕緣浸漬漆	0.85公斤
絕緣紙	1.2公尺 ²
黃腊漆布	0.4公尺 ²

比較节省材料問題，应就同一容量（輸出功率）来討論，但实验是做的提高容量，故只好合算一下。

本来电机重量增加要比其容量增加稍小一些，但現在生产的J62-4、14瓩在上面几种主要材料用量上大約为7瓩的2倍。这样就可按比例考虑，即

节省：鑄鉄	$0.8 \times 40 = 32$ 公斤	合 19.2 元
硅鋼片	$0.8 \times 65 = 52$ 公斤	合 78 元
銅綫	$0.8 \times 6 = 4.8$ 公斤	合 38.2 元

就此三項，就节省 135 元。

再看采用有机硅漆后所增加的費用。

有机硅漆約 1 公斤（浸漬 0.85 公斤加上制漆布用）；合 60 元；玻璃布 1 公尺²（漆布 0.4 公尺²加上做云母漆布）；合 3.29 元，玻璃絲帶約 60 尺，合 9 元（0.15 元一尺）；云母約 2 两，合 18 元（听說 90 元一斤）。

采用 ПСДК 綫較紗包綫，成本約增 25 %，合 12 元。

以上总计約 102 元。

仅就所节省的鑄鉄、硅鋼片、銅綫三項約 135 元，就可完全补偿使用有机硅漆所費 102 元还有余，若再計算其它材料和費用，那就更可觀了。上述分析可能有不准确之处，但可以肯定这样做是經濟的。而且根据有关方面分析，今后通过土洋結合，遍地开花，大量生产有机硅漆，价格可降至 12~13 元，这已与一般絕緣漆（价格約 5 元一公斤）相去无儿，現在有人担心有机硅漆能否普遍应用，主要在經濟問題，現在看来这是完全不成問題的。

上述分析，也可用某些国外資料作参考*。

（3）鋁綫有机硅高溫电动机

为进一步研究有机硅高溫电动机的性能和探求使用有机硅絕緣的办法，在 8 月里，我院和沈阳化工研究院等八个單位共同就 JO42-4、2.8 瓩电动机机件，制造了二台用 ПСДК $\phi 1.25$ （綫徑与原来相同）有机硅高溫电机，同时还用 $\phi 1.35$ 鋁綫，先处理上一層氧化膜，再塗上有机硅漆所做成耐高溫的漆包鋁綫，做了二台鋁綫高溫电机，絕緣材料采用国产的玻璃絲織的布。此外，又做成鑄低炭鋼和鑄硅鋼轉子各两个，再加上普通 JO32-2.8 瓩电动机二台，进行实验，比較其性能，以找出最經濟的、最能节省銅綫和硅鋼片，并保証电动机輸出功率和性能的办法。特別是采用鋁綫有机硅高溫电机，一則絕緣漆变薄，將截面从 $\phi 1.25$ 提高到 $\phi 1.35$ ，

* “电工技术快报”1958 年第 3 期上转载美国“Electrical Manufacturing”杂志 1957，8 月号的一篇文章“H 級小馬力电动机在設計和价格上的优点”。

同时提高了电机温升，这样，采用鋁綫后不仅不会降低輸出功率，而且可以提高容量，节省全部銅綫。

(4) 普遍推广还需解决的問題

从上面分析，采用有机硅H級絕緣对实现我国电机制造工业大跃进有着巨大的經濟和政治作用。

1. 系列产品設計問題：簡單的就現在电机換以有机硅導綫，用提高电流的办法增加容量，肯定效率是要降低的，因輸出功率 $P \propto I$ ，而銅損 $\propto I^2$ 。我們所作这台效率 86.7%（可能还不准确），就比一般 14 瓩电动机效率 88.7% 低 2%。电机产量很大，这就不是小問題，若生产 100 万瓩，就白白損失 2 万瓩，一年損失的电量就很大了。但是很好进行設計，一方面增大电流，一方面也增大磁載，就可以提高效率，材料还是照样节省，所以應該組織力量，在中小型电机研究室已有的工作基础上进行設計。

2. 導綫問題：大量生产就不能采用 ПЧДК 綫，这是因为它絕緣很厚，占空率小了，就不如用次一級的漆包綫；同时，玻璃絲要大量供应也是十分緊張，价錢也貴。那么，做出有机硅漆包綫就是当前要解决的一个問題。有机硅漆机械性能差是其最大的缺点，銅綫挂不上（目前还没有一个国家做出来），而鋁綫外有氧化膜是可以挂上的，但要大規模生产还必需进行工艺研究和实验。

3. 槽絕緣問題：有机硅玻璃漆布折迭絕緣性能差，因此就需要用云母，而目前云母也是十分緊張的，用它大量生产电机会有問題。解决办法，可以制造有机硅橡皮或帶。

4. 軸承問題：运轉时軸承处溫度还不太高，約 100°C 左

右，西屋資料是溫升 65°C ，軸承允許溫升是 100°C ，問題不太大，可以研究解決。

5. 要促進有機硅漆和玻璃絲絕緣半成品的生產來滿足需要，最好各協作廠能自成體系，能大量供應電機製造所需材料。

上述問題，完全可以組織力量迅速加以解決。總之，只要我們發動群眾，苦戰一下，就可以使H級電機在生產中普遍推廣起來，給國家節省大量材料，多生產電動機。

我們的認識水平很低，可能片面，根據也不夠充分，請同志們指正。

（東北工學院、沈陽中國實業電機廠）

用有機硅絕緣材料試制大型電機轉子繞圈

25,000瓩汽輪發電機在我國是一種最新型的產品，其與一般電機不同的是轉子繞圈絕緣要用耐熱及機械強度高的絕緣材料。國產硅有機高溫絕緣漆從鑒定的結果來看，由於它具有高的熱彈性，有很短的乾燥時間及其他優點，令人滿意的滿足了所試制電機的絕緣要求。

在試制過程中，我們確定了繞圈絕緣、嵌繞絕緣的工藝條件，根據所選擇的絕緣材料的製造方法（包括硅有機玻璃云母帶、硅有機襯墊云母板及硅有機粘性玻璃帶）及鑒定結果，擬定了玻璃云母帶、粘性玻璃帶等的各種工藝及技術條件，為擴大生產及新型絕緣材料的推廣應用，作了技術上的準備。

(一) 汽輪發電機轉子繞圈的工作條件和絕緣要求

汽輪發電機轉子絕緣的工作條件與其他電機相較有很大的差別，它對絕緣材料提出了特殊的要求。

轉子直徑大，轉速高（3000轉/分），繞圈有很大的重量，因此產生很大的離心力，在絕緣上要受到450公斤/公分²力的作用（力的大小決定於轉子的直徑及轉速）。因此要求無論在正常狀態或在長期工作中，絕緣要能承受此壓力。

在轉子繞圈里電流密度很大，繞圈溫度可達135~145°C，如果絕緣材料耐熱性不高，很快就會失去其機械強度和電氣性能。為此絕緣必須能耐高溫，並具備良好的機械強度及電氣性能。

除上述要求外，還必須考慮到結構的可靠性與工藝性。

因此為了轉子匝間絕緣的可靠，必須採用具有高機械強度和高耐熱性的絕緣材料。

1. 玻璃布浸漬應用有彈性的漆（即粘性玻璃帶），它具有高的機械強度（須經熱處理），當150~180°C時能承受1000公斤/公分²的壓力；不浸漬的玻璃布抗壓強度很低。要想保持玻璃布的抗壓強度，必須長期保持漆的彈性，即要求浸漬漆在上邊所指的壓力450公斤/公分²，溫度140°C的長期作用下，不應有擠出或揮發的現象。

2. 耐熱襯墊雲母板用的膠着劑，應具有很高的粘着性，當高溫下（180~200°C）具有很短的成型時間和很高的硬化性，及長期在高溫高壓作用下，樹脂不軟化不揮發的特性。

(二) 絕緣材料的製造及試驗結果

一、材料的製造

1. 硅有机树脂及其漆 根据苏联的发展趋势, K型树脂是我们的发展方向。目前试制出的有含氯的硅有机漆和含乙氧基的硅有机漆, 二者均属K型系列。由于制造方法不同, 含氯的硅有机漆是大有发展前途的, 最适合工业化生产的道路。

2. 硅有机玻璃云母带

(1) 材料:

云母片(金云母) *5 II 组甲级, 耐热度为 240°C 。

含氯硅有机漆(符合 $\Phi-5$ 标准)。

甲苯。

干燥剂: 环烷酸铅盐, 含铅量 23 %。

无碱玻璃布, 0.06公厘。

黄纸管。

(2) 制造过程:

将汽热板升至最高温度 130°C 以上。

在玻璃布上涂上一层硅有机漆, 仔细由边缘向中间顺次以 $1/3$ 搭边贴一层云母片。

云母片贴好后, 在上面复盖一层玻璃布, 并在玻璃布上均匀的涂一层硅有机漆(由中间分别向四周刷, 以免起皱纹)。

经汽热板干燥好以后, 立即卷在卷滚上(速度 2 转/分), 卷制直径接近 100 公厘时, 切断, 并用牛皮纸包缠一层。

在车床上按要求之宽度切成圆盘。

利用白铁筒包装。

3. 硅有机襯垫云母板 (仿苏 $\Pi\Phi K 2 A$)

(1) 材料:

云母片(金云母) *5 I 及 II 组甲级, 耐热度 240°C 。

含氯硅有机漆（仿苏K—40）。

甲苯。

浸漬紙（0.07公厘）。

卷繞紙。

（2）制造过程：

調节漆的濃度为10%。

在照明貼制桌上放一張紙，在其上貼一層*5Ⅱ組云母片以 $\frac{1}{3}$ 搭边，然后塗一層漆，避免云母片移动，再貼*5Ⅰ組云母片，再刷漆，貼第三層*5Ⅱ組云母片，并借助照明灯加以修补薄处。

貼好后在110~120°C烘箱中烘1小时，再在180~200°C下烘1小时。

檢查烘干后的毛坯質量是否有过厚或过薄之处，修补后送去压制。

将毛坯按圖1所示置于压力机上，閉合压床，在150~160°C預热70分鐘，升起压板，排出揮發物。

加190公斤/公分²的压力，保持30分鐘，然后在加压情況下冷却至室溫，再取出。

剪边。

4. 硅有机粘性玻璃带。

（1'）材料：

硅有机树脂，环烷酸鉛盐。

无碱玻璃布。

稀釋剂：松节油、甲苯。

（2）工艺过程：

調整漆液的粘度（即上胶的厚度），見表1。

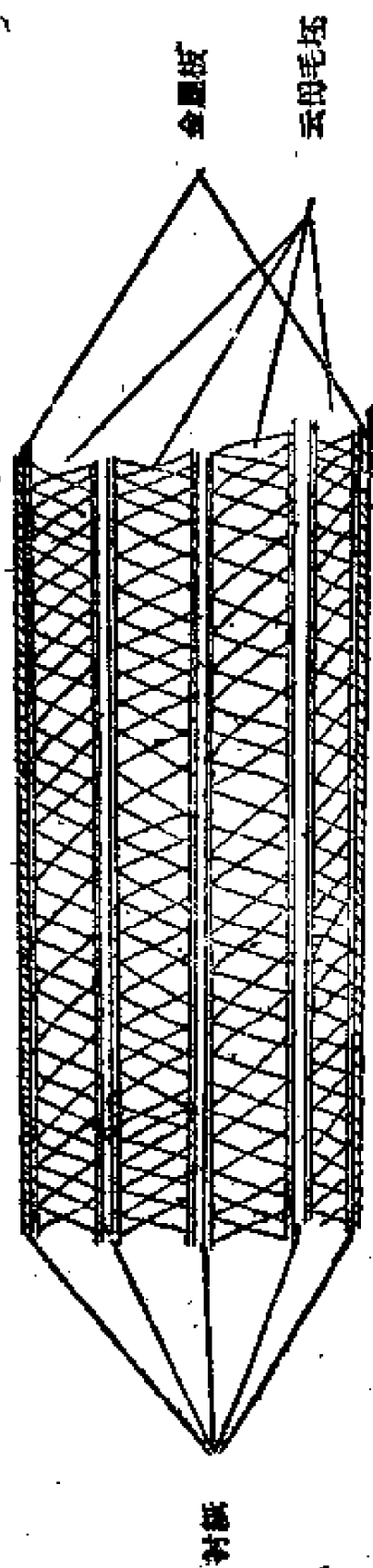


图 1 模塑云母板制造毛坯。

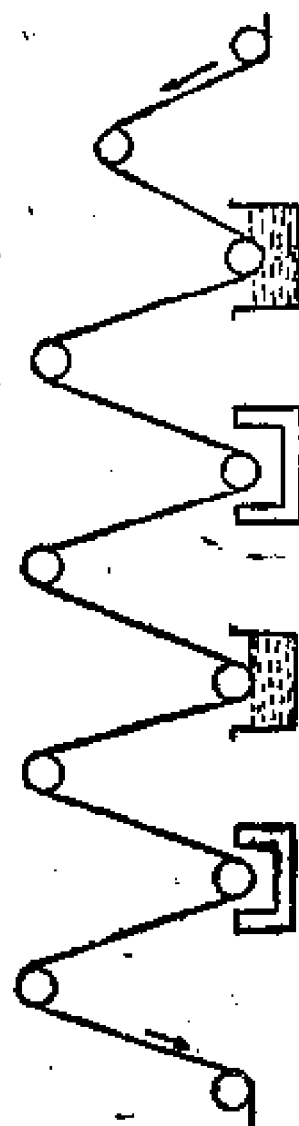


图 2 上胶塔示意图。

表 1

槽 別 粘 度 厚 度	第 一 槽		第 二 槽	
	漆液粘度 (Bz-4)	上漆厚度	漆液粘度 (Bz-4)	上漆厚度
0.12	12~13	0.105~0.11	13~16	0.11~0.13
0.12	13~15	0.12~0.14	14~16	0.14~0.16

上胶塔 (圖 2) 的溫度及速度見表 2。

表 2

厚 度	塔 溫			速度 (公尺/时)	
	上	中	下		
0.12	125~145°C	110~135°C	20~35°C	43	43
0.15				30	43

浸过胶的粘性玻璃带卷在黄紙管上, 当直径到 140~150 公厘时取下。

加工是在車床上进行的 (即在車床上車成所要求的宽度)。

用牛皮紙包装后置于白鉄桶內。

二、試驗結果

耐热玻璃云母带試驗結果見表 3。

表 3

牌 号	漆的种类	厚度 (公厘)	含胶量 (%)	击穿强度 (千伏/公厘)	揮發物 (%)
ИГФК	含氯的硅有机漆	0.18	34.7	15.7	0.10
	乙氧基的硅有机漆	0.21	25.6	16.4	0.15

耐热襯垫云母板試驗結果見表 4。

表 4

牌 号	漆 的 种 类	厚 度	含 胶 量
ПФГКА	乙氧基硅有机漆	0.17公厘	6.4%

粘性玻璃带試驗結果見表 5。

表 5

牌 号	漆 的 种 类	厚度(公厘)	抗張强度 (公斤/公厘 ²)
JICK	含氯硅有机漆	0.12	(200°C24小时后) 14.8
英 国	乙氧基硅有机漆	0.11	10.56
苏 联		0.11	10.7
		0.12	21.8

(三) 轉子匝間絕緣应用硅有机漆的絕緣材料的工艺試驗

一、轉子綫圈絕緣結構 (圖 3) :

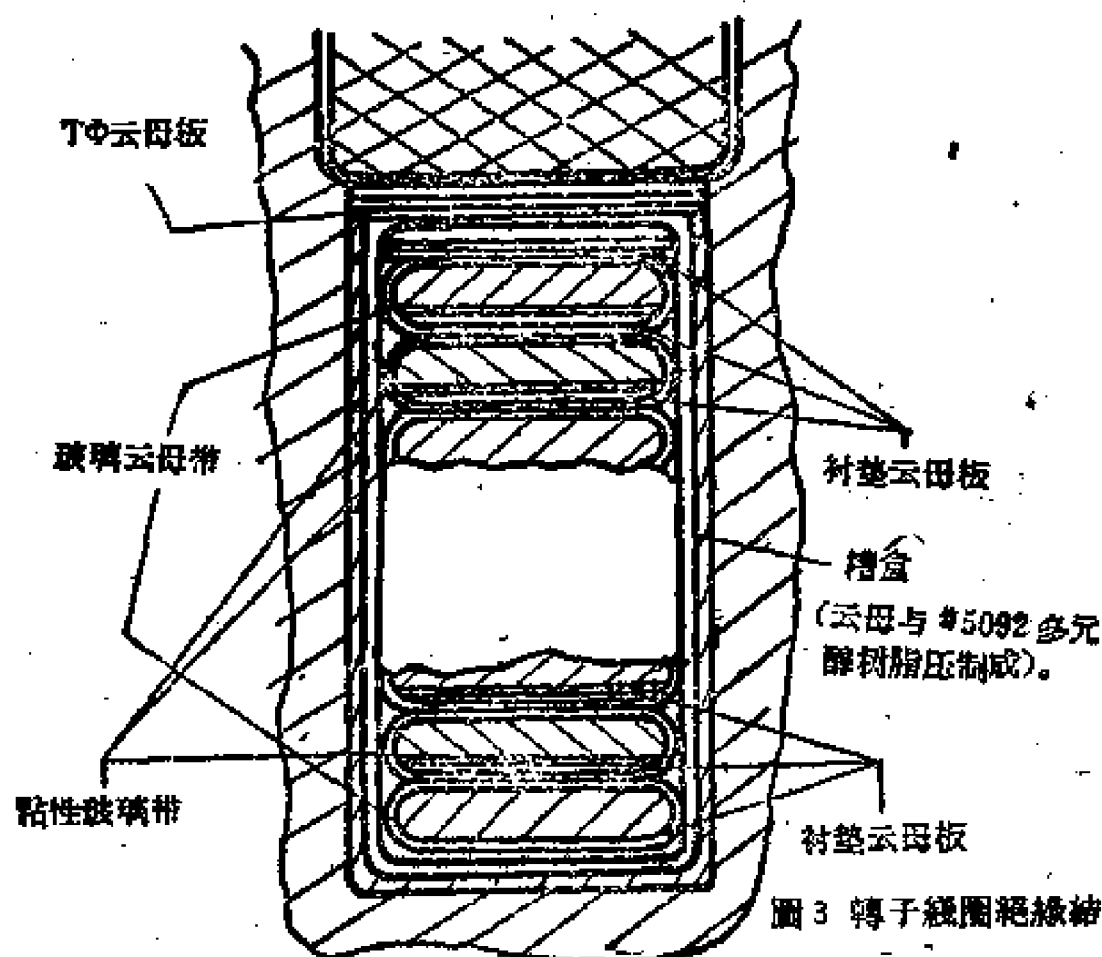


圖 3 轉子綫圈絕緣結構略圖。

二、工艺方案

结 构	工 艺 条 件	試 样
I. 匝間垫 0.15×2ΠΦГK A, 用浸含氮的硅有机漆的粘性玻璃带束繞, 將銅板与襯垫云母板固定, 表面刷含氮硅有机漆	預热后溫度升至200°C, 烘 5 小时, 然后将条形繞圈下在帶有云母槽盒的金属槽中, 当温度为120°C时加压701公斤/公分 ² , 用夹具夹紧, 在温度200°C下保持36小时。	57×21.5×450公厘
II. 匝間垫ΠΦГK A 0.15×2 層, 用浸乙氧基硅有机漆的玻璃带束繞, 將銅排与襯垫云母板固定, 表面刷乙氧基硅有机漆	* 在200°C 烘焙 5 小时以后, 將条形繞圈下在帶有云母槽盒的金属槽中, 在溫度120°C下加 压力 70 公斤/公分 ² , 然后用夹具夹紧, 在200°C 的溫度下烘焙36小时。	5.7×21.5×450公厘
III. 匝間垫 ΠΦГK A 0.15×2, 用英国粘性玻璃带束繞, 將銅排与云母襯垫扎紧, 表面刷含氮硅有机漆。	同II	5.7×21.5×450公厘
IV. 同上, 但表面刷乙氧基的硅有机漆	同III	5.7×21.5×450公厘
V. 同I	200°C下烘 6 小时, 在70 公斤/公分 ² 压力下 200°C 38小时。	5.7×21.5×450公厘
VI. 同II	200°C下烘 6 小时, 200°C 70 公斤/公分 ² 压力下38小时	5.7×21.5×450公厘

三、匝間絕緣抗压試驗:

1. 試样見工艺方案 I、II、III、IV、V、VI。
2. 試驗方法: 首先將試样予热至 140 °C, 然后取出放在万用机的上下压板間, 当溫度为 135 °C时开始反复加压 (压力大小見工艺方案) 五次試驗之。

試驗时匝間的短路現象以指示灯观察之。

試驗的簡單綫路圖如下;

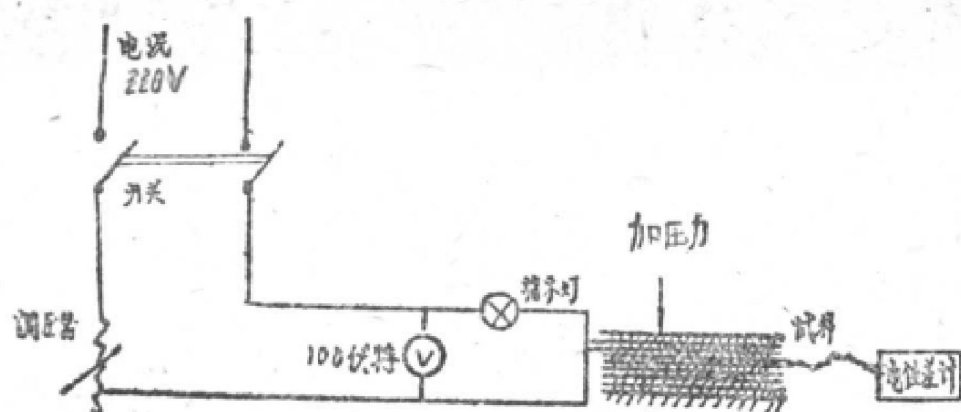


圖 4 匝間抗压試驗接綫圖。

3. 試驗記錄：抗压試驗記錄見表 6。

表 6

方案	总压板	总压力 (T)	抗压强度 (公斤/ 公分 ²)	温度 (°C)	短路現象及样品表面观察情况
I	21.5×400 =86公分 ²	43	500	130	抗压試驗后，观察試样粘結及干燥 均好。 漆稍挤压出，但大部留于玻璃带中。 玻璃带与云母带沒有破坏。
		43	500	110	
		43	500	90	
		42	484	70	
		40	465	50	
		42	484	20	
II	同 上	45 ↓ 45		130 ↓ 20	抗压試驗后絕緣粘結干燥。玻璃带 云母板沒有破坏。
III	同 上	45 ↓ 45		同上	抗压試驗后，样品粘結不好，很大 部分漆从玻璃带中挤出，玻璃带被 破坏。
IV	同 上	同上		同上	同上
V	同 上	60 ↓ 60		135 ↓ 20	当20°C压力75吨，电压为 220 伏的 情况下沒有短路。 从槽中拆开匝間粘結的牢固干燥， 粘性玻璃带亦沒有破坏。
VI	同 上	75		135 ↓ 20	

抗拉强度（粘結性）的試驗見表 7。

表 7

序	种 类	工 艺 方 法	抗拉力	抗張强度	观 察 情 况
1	国产含氯硅 有机漆浸的 粘性玻璃带	接触面积 120×21.5 , 匝間垫 0.15 襯垫云母板条2層, 以粘性玻璃带疏繞, 置 200°C 烘箱內 5 小时后夹紧, 再置 200°C 烘箱內 36 小时后取出, 进行抗拉試驗	233.3 公斤	39.3 公斤/公分 ²	粘着較好, 漆未挤出, 試驗后粘性玻璃带未破坏
2	国产含乙氯 基硅有机漆浸 的玻璃带	同上	265 公斤	43.0 公斤/公分 ²	同上
3	英国玻璃带 刷含氯的硅有 机漆	同上	198.3 公斤	32.4 公斤/公分 ²	粘結較差, 漆有被挤出現象, 玻璃带大部破坏。

(四) 結 語

(1) 采用国产有机硅树脂漆作为轉子綫圈匝間絕緣, 滿足了25,000瓩汽輪發電机的絕緣要求。試驗表明采用有机硅云母匝間絕緣, 当工作溫度 130°C 时, 抗压强度可达600公斤/公分², 抗拉强度可达30 公斤/公分²以上。并在上述溫度及压力下, 在綫圈間施加25 伏特电压的电流, 保持两分鐘, 匝間无短路現象, 証明其絕緣結構十分可靠。

(2) 工艺試驗的結果表明, 絕緣結構最为可靠而工艺性最好的是: 匝間襯垫云母板 0.15×2 , 用粘性玻璃带来扎紧, 表面刷含氯單体制成的有机硅漆(其濃度为40~45%), 在自由状态于 $190 \sim 200^{\circ}\text{C}$ 烘焙6 小时, 嵌綫后于 $190 \sim 210^{\circ}\text{C}$ 烘焙38 小时, 烘焙时的压力应以在烘焙前 120°C 时压至不再收縮为准。

(3) 經過对含氯及乙氧基單体制得的两种有机硅树脂漆的比較試驗，認為两者性能无显著差別。在某些性能方面，前者較后者优越。由于含氯單体制得的有机硅漆制造工艺簡單，价格便宜，适合于工业化的道路。

(4) 作襯垫云母板的有机硅漆，建議采用 K-40 型含氯單体制得的有机硅漆。因其軟化点高 (78°C)，成型時間短，成型后即能硬化。如采用乙氧基單体制得的有机硅漆时，熔点仅 59°C ，成型時間長，硬化不好，易軟化，电机在高溫及高速下轉动时易流出，减低云母片对風化作用的抵抗能力。綫圈尺寸收縮。

(5) 試驗中由于設備限制，所得襯垫云母板厚度不均，超層率很大。玻璃云母帶太厚，且不均匀，胶含量偏大，粘性玻璃帶粘性太大。以上缺点如采用机器是可以避免的。

(6) 有机硅漆尚須繼續提高与銅的附着力。

(哈爾濱电机厂)

有机硅玻璃絲包綫的試制

在煤炭、冶金、化学等工业所用的电机，其絕緣經常会受到电場的影响而發热，形成热氧化損坏；或受到較高的溫度或水份的作用，以及机械应力，溫度降低等的复合作用，从而使絕緣可靠性降低和絕緣破坏的可能性增加，使絕緣的寿命大为縮短，电机損坏率大大增加。因此單純采用醇酸树脂漆制造的 ПЧЛ 玻璃絲包綫，显然已經不能滿足工业上的要求，而迫切需要采用耐高溫 (180°C 以上) 的絕緣物。一方面可以在不变更电机容量的情况下縮小电机的体积，更主要的

是可以延長电机使用寿命，尤其是在挖煤电动机，耐潮絕緣的电动机、牽引电动机、交流高压电机和矿用防爆电动机方面，更需要这种耐高溫的絕緣。基于这种情况，去年我厂着手进行玻璃絲包綫的試制工作。在沈阳化工研究分院大力协助下，应用他們制成的 K-44 有机硅漆，进行 ПСДК 样品和小批試制。并与日本 KR272 有机硅漆、Винифлекс、2240 醇酸树脂加卡普綫制成的 ПСД，以及 МШТ 桐油漆等的性能进行了一系列比較試驗。同时对塗綫工艺条件（溫度、速度、干燥次数）作了系統的試驗，选定比較适合的有机硅漆和工艺条件。茲將我們試制結果介紹于下。

（一）国产有机硅漆和其他漆的性能鑒定結果

我厂在配合化工院試制国产有机硅漆时，对鑒定漆膜各种性能，曾組織有关技术力量，花費大量時間，遇到不少困难，得到下列較為合适的結果（列于表 1）。

从表 1 可以明显看出，化工院試制成功的国产有机硅漆，其物理化学电气性能絕大多數符合苏联标准，而且耐热性、击穿电压等均超过标准。根据上表結果作出如下比較：

（1）干燥性能比較：国产有机硅漆的干燥性能比較緩慢，經過加入适量环烷酸鉛盐干燥剂后，才能使干燥時間縮短到 1.5 小时，达到苏联标准。但較日本样品等測定結果仍稍慢。这与有机硅中甲基及苯基單体的比例以及縮合時間有着密切关系。

（2）耐热性能比較：試样在 200°C 的烘箱中經過連續老化后，說明国产有机硅漆的耐热性能超过苏联标准，仅次于 KR-272。如与 В.Н.Ф 及 2240 漆比較，国产有机硅漆在

表 1 国产有机硅漆与其他型号漆性能鉴定结果比较表

测 定 项 目	苏联标准 (K-44有机 硅漆)	国产有机硅漆 (仿苏K-44)	KR-272 (日本有机 硅漆)	B. H. Ф. (聚乙炔树脂 甲乙硅漆)	2240 (国产吡酸 树脂漆)
外观	透明暗褐色	透明暗褐色	透明淡黄色	透明红棕色	透明黄色
机械杂质	无	无	无	无	无
不挥发物 (%)	60	61.3	42	25	45
粘度(B3-4) 秒	15	25	21		5.8
干燥时间 (200°C) 小时	1.5	1.5	0.6(250°C)	1.5	1.0
耐热性 (200°C) 小时	75	184	>276	24小时后经卷 绕微裂	24小时卷绕有 裂縫
击穿电压 (仟伏/公厘) 20°C	50	78.7	80	76.7	39
击穿电压 (仟伏/公厘) 200°C	25	26	23(180°C)	21.8	28
击穿电压 (仟伏/公厘) 95~98% 相对湿度	25	49.1	56	52.4	24
绝缘电阻 (欧姆-公厘), 20°C	1×10^{13}	1×10^{15}	1.7×10^{15}	8.2×10^{14}	2.76×10^{16}
绝缘电阻 (欧姆-公厘), 200°C	1×10^{13}	6.24×10^{12}	8.1×10^{13} (180°C)	1.05×10^{14}	8.0×10^{10}
绝缘电阻 (欧姆-公厘), 95~98% 相对湿度	1×10^{12}	1.02×10^{14}	2.0×10^{15}	8.9×10^{14}	2.12×10^{14}
介質損失 (20°C)	—	0.0025	0.00255	0.0143	0.0060
介質損失 (200°C)	—	0.0570	0.0320	0.4905	0.3903
介質損失 (95~98%相对湿度)	—	0.00855	0.00285	0.0106	0.0200

200°C的高溫下，經過184小時作用後，漆膜仍能保持其良好熱彈性，絕緣層經卷繞後仍無破裂現象。而B.H.Φ僅能耐110°C，超過此溫度絕緣便遭到破壞。2240漆耐熱在125°C以上絕緣層便迅速老化。這充分說明採用有機硅漆作為特殊電機絕緣，能大大提高絕緣的可靠性，延長電機使用壽命。

(3) 击穿电压比較：國產有機硅漆在各種條件下測得的击穿电压結果均超過蘇聯標準，僅在常溫及濕度下稍低於KR-272，而在高溫（200°C）時則超過KR-272。2240在常溫及濕度下的击穿电压最小。在200°C時，2240測得的結果高於濕度下的結果，這是由於醇酸樹脂在上列各種漆中其防潮性能最差。因此當試片經過24小時作用後，其击穿电压便大為降低，這完全符合規律。

(4) 絕緣电阻比較：在各種條件下，國產有機硅漆的絕緣电阻均超過蘇聯標準，與其他漆亦無顯著差別，而且受濕度的影響很穩定，說明其防潮性能良好。國產醇酸樹脂漆（本廠出品，2240）雖然在常溫時絕緣电阻最大，但在200°C高溫時變化很大，其結果亦低於有機硅漆。

(5) 介質損失比較：測定介質損失 $\text{tg}\delta$ 值在牽引電機的应用上具有很重要的意義。由於這種電機在運轉過程中經常需要起動，而引起溫升隨之增高，如組成絕緣層的絕緣漆本身介質損失 $\text{tg}\delta$ 值大的話，在這種溫升提高的條件下，容易造成漆的熱氧化作用，使絕緣的機械、電氣及防潮性能發生不可逆的惡化情況，從而降低絕緣的可靠性，有使電機發生故障甚至損壞的危險。從所測得的介質損失 $\text{tg}\delta$ 值表明，在常溫下國產有機硅漆最小，濕度及200°C時僅次於日本樣品，較B.H.Φ及2240均小，而且國產有機硅漆在受熱作用的情

况下很稳定，В.Н.Ф及 2240 受热后便急剧恶化，变化很大，其稳定性不及国产有机硅漆。

根据上面研究试验结果，我们认为化工研究院试制出来之仿苏 K-44 有机硅漆，从物理、化学、电气性能各方面基本上都能符合苏联 K-44 漆之技术要求，但干燥性能仍须进一步提高。

(二) ПСДК 有机硅玻璃丝包线试制情况

ПСДК 的试制分二个单元进行，一为小量试制，一为小批试制。主要目的是寻找漆的粘度，涂线温度、速度，干燥次数等，并选择较为适宜的工艺条件作为小批生产和成批生产的依据。

(1) 原材料之技术条件：国产有机硅漆：系采用化工研究院试制的仿苏 K-44 有机硅漆，并按苏联 ВТУМХП 3574-52 检验合格。

玻璃丝——采用捷克斯洛伐克 PK-144-0/1 按苏联 ТУ № 186-537ЭСНБ 校合玻璃丝检验合格。

铜线——按 ВТУ МЭП, ОАА·505, 024-52 之规定。

(2) 产品结构：

①产品型号：ПСДК。②铜线标称直径：1.88公厘。③玻璃丝：36根并成 PK 6-144-0/1。④绝缘最大厚度 (Д-d)：0.27公厘。

(3) 主要设备及行程：试制 ПСДК 有机硅玻璃丝包线是采用德国卧式玻璃丝包机，其主要设备和行程如下：

放线盘 → 导线辊 → 压直辊 → 第一个漆槽 → 第一玻璃丝绕包头 → 第二个漆槽 → 第二玻璃丝绕包头 → 第

三个漆槽——→第一紅外線干燥爐（下）——→第一轉弯輪——→第二紅外線干燥爐——→第二轉弯輪——→拉力輪——→收綫盘。

此外还有調整綫速的齒輪、电爐門自动开关裝置、溫度自动控制裝置、通風裝置等等。

（4）塗綫工艺：在小量样品試制过程中，我們是選擇銅綫徑較小的圓銅綫，因其在工艺上較困难，問題亦較多，若能解决这些問題則制造扁綫是无問題的。另一方面我們通过样品試制，寻找粘度、溫度、速度等工艺条件，以視察产品之干燥程度如何。茲将工艺条件列下：

①国产有机硅漆之粘度（B3-4）23秒。②爐之溫度：上爐溫400~460°C，下爐溫200°C。③速度：3.71公尺/分。④烘烤次数：二次。

至于干燥問題，是我們比較担心的問題。因有机硅漆的特性是耐热性較强，因此其干燥亦較慢？若采用高溫干燥一次的办法，虽然表面还算干燥，但还不很徹底，而且我們考虑到爐溫提得过高，若通風不良，很容易發生火灾，对技术保安是不大合适的。为此，我們即重新改变了工艺条件，将干燥次数由二次增至四次，这样干燥后，漆膜表面光滑，附着力亦很好。

通过試制，我們認為采用国产有机硅漆其粘度为25~60秒，速度为3.71公尺/分，上爐溫400°C下爐溫200°C干燥四次，是完全可以作出合格的ПСДК有机硅玻璃絲包綫的产品，在工艺方面并无特殊困难。

（三）ПСДК性能鑒定結果与其他綫的比較

为了进一步研究和鑒定ПСДК产品的性能，我們除按ВТУ МЭП.ОАА 505 024-52标准进行檢驗外，同时进行了系

統的試驗，以觀察其在長期老化及長期在95~98%相對濕度作用下其性能之變化，並與其他型號的漆進行了比較。

(1) 被研究的玻璃絲包綫規格見表 2：

表 2

序 號	玻璃絲包綫標號	銅綫直徑 (公厘)	絕緣厚度 (公厘)
1	ПСДК (國產有機硅漆)	1.88	0.22
2	ПСДК (KR272)	1.88	0.19
3	ПСД (2240)	1.88	0.23
4	ПСД (卡普綫)	1.62	0.22

注：1. 表中标號K-44, KR272, 2240見漆之性能鑒定比較表。

2. ПСД (卡普綫)——即玻璃絲加1/3之卡普綫絲，用2240漆塗成之綫。

(2) ПСДК 產品性能標準見表 3：

表 3

序 號	試 驗 項 目	蘇 聯 標 准
1	銅綫直徑 (公厘)	1.88
2	絕緣最大厚度 (公厘)	0.27
3	彎曲試驗 (180°C 24小時後)	在 4 倍圓棒上進行180°彎曲，不應有裂縫和露銅
4	磨損試驗 (鋼針法，荷重150克)	150次
5	击穿电压 (180°C 24小時後)	550伏
6	絕緣電阻 (95~98%相對濕度作用24小時後)	

(3) 熱老化後的彎曲試驗結果：

試驗方法：將各種型號的玻璃絲包綫，在 180°C 的烘箱中加熱24至 240 小時後，冷卻至室溫，用 4 倍的金屬圓棒進行 180°C 的彎曲試驗，觀察其是否有破裂和露銅的現象，其結果見表 4。

表 4

小 时 型 号	ПСДК (国产有机 硅漆)	ПСДК (KR272)	ПСД (2240)	ПСД (卡普綸)
0	不裂	不裂	不裂	不 裂
24	不裂	不裂	不裂	顏色由黃變黑
48	不裂	不裂	不裂	顏色由黃變黑
72	不裂	不裂	有裂縫	微有裂縫
96	不裂	不裂	有裂縫	微有裂縫
120	不裂	不裂	有裂縫	微有裂縫
144	不裂	不裂	有裂縫	微有裂縫
168	不裂	不裂	有裂縫	微有裂縫
192	不裂	不裂	有裂縫	微有裂縫
216	不裂	不裂	有裂縫	微有裂縫
240	不裂	不裂	有裂縫	微有裂縫

从表 4 結果中，充分的說明国产有机硅漆制成的 ПСДК 玻璃絲包綫其耐热性能非常优良，虽經 180~200°C 作用 240 小时以后，其外觀和漆膜都沒有受到絲毫的影响，而其他两种 ПСД 的玻璃絲包綫，經 180°C 作用 72 小时后，其絕緣經不起热氧化的損坏；首先便引起材料机械性能的逐渐变化，使絕緣的可靠性降低，絕緣被破坏的情况增加，这样就会使电机損坏的或然率大为增加，从而大大的縮短了电机使用寿命。而有机硅漆却富有此种耐热的特点，可以保証延長电机的寿命和正常的連續运轉工作。

(4) 热老化后的击穿电压試驗結果

試驗方法：將試样置于 180°C 的烘箱中，加热 24~240 小时后，每天取出三个样品，冷却至 20~25°C，然后在 50 周波交流电压下进行击穿試驗，其結果見表 5 及圖 1。

从圖 1 看出，这几种玻璃絲包綫全部超过苏联标准，其

表 5

小时 \ 型号	ПСДК (国产有机 硅漆)	ПСДК (KR272)	ПСД (2240)	ПСД (卡普綸)
0	654	656	803	693
24	733	623	766	664
48				
72	717	643	780	650
96	708	643	789	664
120	700	646	832	693
144	707	626	806	693
168	700	607	823	693
192	683	617	806	676
216			797	

中以2240制成的綫最好,电压最高达832 V;日本 KR272 有机硅漆制成的綫較差,最低为607 V。从每条曲綫的变化范围來說还是比较稳定。我們认为电压之高低与漆膜厚薄有关,其次是热老化对电压的性能來說,虽在180~200°C作用后,击穿电压比較平稳,并无很显著变化。

(5) 热老化后絕緣机械强度試驗結果

試驗方法: 将制成的各种型号玻璃絲包綫, 置于180°C烘箱中, 加热24~240小时后, 在鋼針磨損試

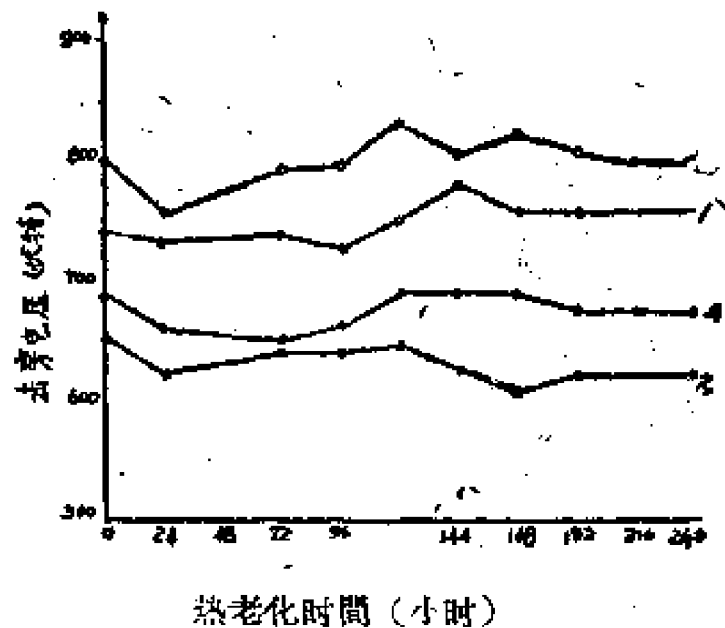


圖1 ПСДК玻璃絲包綫击穿电压曲綫:
1—ПСДК (国产有机硅漆); 2—ПСДК(KR272);
3—ПСД (2240); 4—ПСД (卡普綸)。

驗器中進行之。每根試樣的長度為0.75公分，鋼針直徑為0.6±0.02公厘。鋼針從側面來磨損絕緣。針軸應垂直於電綫軸心，負荷為150克，直至露銅時，其結果以鋼針往復次數表示（取三次試驗之平均值），見表6及圖2。

表 6

小 時 型 號	ПСДК (國產有機 硅漆)	ПСДК (KR272)	ПСД (2240)	ПСД (卡普綸)
0	406	170	821	1324
24	517	170	1739	2900
48	169	202	4741	5000
72	235	45	4869	不破
96	238	62.6	不破	不破
120	268	42	不破	不破
144	251	83	不破	不破
168	383	81	不破	不破
192			不破	不破

從表6及圖2看出，所有的玻璃絲包綫經200℃老化24~240小時後，其機械性能便大大的增強，其中以卡普綸和2240漆製成之綫更為突出。因為這兩種標號的綫都是使用醇酸樹脂漆作成的，漆膜經過加熱以後便迅速老化，絕緣外徑縮小，而失去其彈性，表面很為堅硬，因此機械性能提高至4倍到40倍以上。

而國產有機硅漆，因未徹底乾燥，在常溫測定時，機械性能較低，經過24小時加熱乾燥後，機械性能便逐步提高，經48~72小時後便稍為下降，96小時後即趨於穩定狀態，但絕緣的彈性仍很好。

日本KR272有機硅漆製成的綫，因其乾燥性能較好，且

漆膜較薄，在常溫的機械強度較高，加熱後則逐步下降，至加熱 120 小時便趨于穩定狀態。

從曲綫中亦可以明顯的看出，有機硅漆的機械強度遠遠趕不上醇酸樹脂，這是其唯一最大的缺點，需要在今後迅速改進。

(6) 在 95~98% 相對濕度作用後絕緣電阻的試驗結果：ПСДК 應用在各種特殊的電機上，除了要考慮其耐熱、機械性能和電氣性能以外，還必須考慮到在較高的濕度和水作用以後絕緣電阻是否變壞，這對絕緣的性能以及電機的使用壽命有着很密切的關係。雖然蘇聯並無此規定，但我們認為有必要補充此試驗。

試驗方法：取長為 300 公厘的樣品，置于 95~98% 相對濕度中作用 24~240 小時，每 24 小時試驗一次。樣品是通過裝有水銀的玻璃管中進行，直流電壓為 200 伏。其計算公式如下：

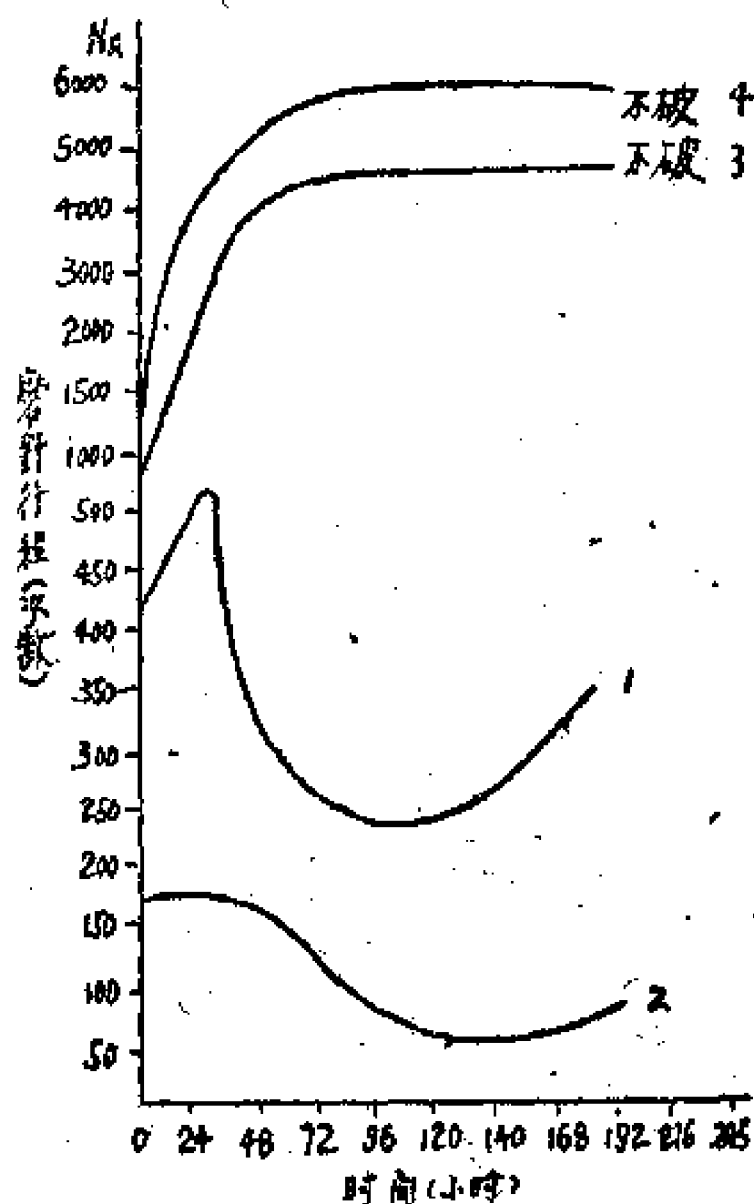


圖 2 玻璃絲包綫熱老化後之機械性能變化曲綫。

1—ПСДК (國產有機硅漆)；2—ПСДК(K-272)；3—ПСД(2240)；4—ПСД (卡普倫)。

能以及電機的使用壽命有着很密切的關係。雖然蘇聯並無此規定，但我們認為有必要補充此試驗。

$$\rho V = \frac{2\pi LV}{Cid \ln \frac{D}{d}} \Omega \cdot \text{CM.}$$

試驗結果見表 7 及圖 3。

表 7

小 時	型 號	ПС/К (國產有機 硅漆)	ПСДК (KR272)	ПСД (2240)	ПСД (卡普倫)
0		1.03×10^{15}	8.60×10^{14}	1.03×10^{14}	5.2×10^{13}
24		5.28×10^{14}	4.52×10^{14}	5.7×10^{10}	1.9×10^8
48		4.4×10^{14}	8.08×10^{13}	7.1×10^9	9.5×10^8
72		2.64×10^{14}	2.85×10^{13}	9.8×10^8	8.9×10^8
96		1.98×10^{14}	1.60×10^{13}	8.9×10^8	6.5×10^8
120		1.76×10^{14}	9.33×10^{12}	5.6×10^8	6.7×10^8
144				9.2×10^8	5.0×10^8
168		1.70×10^{14}	8.25×10^{12}	1.1×10^9	8.7×10^8
192		1.60×10^{14}	6.95×10^{12}	3.9×10^8	3.6×10^8
216		1.45×10^{14}	2.02×10^{12}	4.6×10^8	5.0×10^8
240				2.1×10^8	1.7×10^8

從圖 3 曲綫明顯的看出，有機硅漆制成的 ПСДК 產品在 95~98% 相對濕度作用下，其耐水性能和憎水性是比較強的，並保持在很高的水平，變化亦很穩定。而用醇酸樹脂制成的 ПСД 綫其耐水性能極差，經一晝夜濕度作用後，曲綫顯著的下降，一直至 120 小時後才稍為穩定。

從上述結果中看出這樣的規律，在高濕度下其作用的時間越長，其絕緣電阻愈低，到一定的時間，始趨於穩定（見圖 3）。由於有機硅漆的耐水性和憎水性很強，因此絕緣電阻變化較少，亦較穩定。醇酸樹脂漆因不耐潮，在高濕度作用下其變化很大。

基於上列絕緣漆的特點，我們認為採用有機硅漆制成之

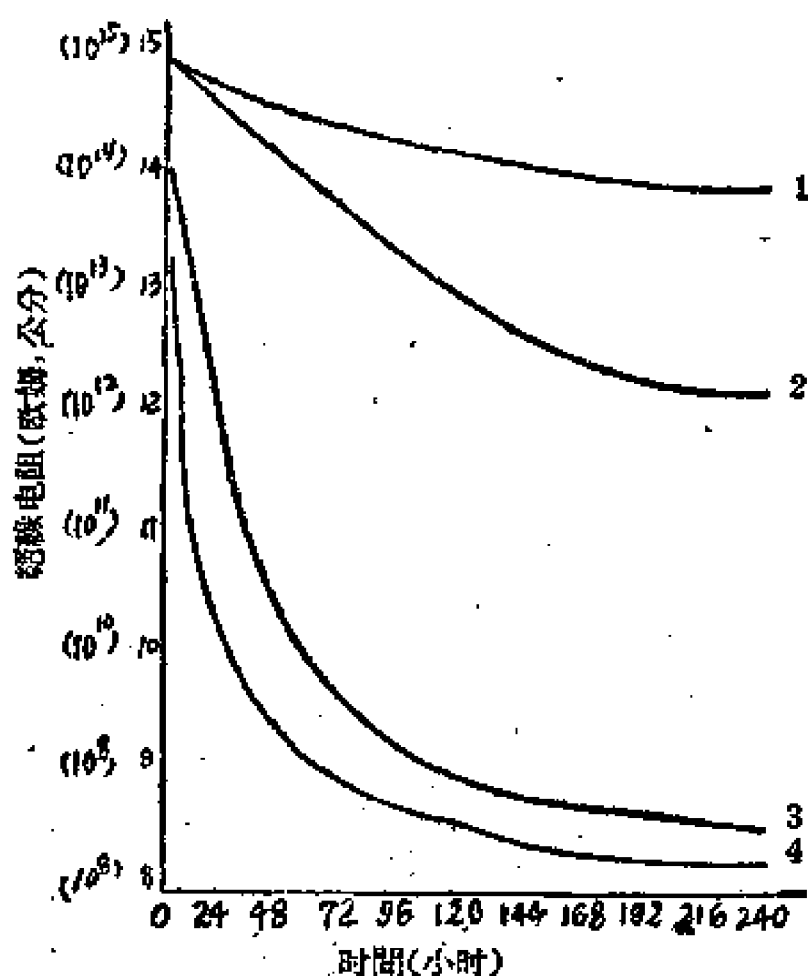


圖3 玻璃絲包綫在95~98%相對濕度作用后絕緣电阻变化曲綫。

1—ПСДК(國產有機硅漆); 2—ПСДК(KR272); 3—ПСД(2240); 4—ПСД(卡普綸)。

ПСДК 应用在电机上, 在高湿度的情况下可以保护絕緣層不受到破坏, 大大提高电机使用寿命。而采用醇酸树脂漆則与此相反, 不能滿足这个要求。

从以上試驗比較表明, 用國產有機硅漆制成的 ПСДК綫, 其耐熱性能及防潮性能較ПСД为优良, 击穿电压与ПСД差別不大, 仅机械强度次于ПСД, 此其最大缺点, 須进一步改进。

(四) 結 論

(1) 采用化工研究院試制出来之国产 K-44 有机硅漆, 其性能全部符合 BTY MXII3574-52 之技术条件, 此漆完全可以采用, 并可代替进口的有机硅漆。

(2) 采用此漆制造 ПСДК 有机硅玻璃絲包綫之产品, 在工艺上无特殊困难。漆之粘度按 Bz-4 为 25~60 秒为宜, 速度 3.71 公尺/分, 溫度: 上爐溫 400°C, 下爐溫 220°C, 干燥次数为四次。按照上述工艺条件, 完全可以制出合格的产品。

(3) 产品性能均符合 BTY МЭП·ОАА·505, 024-52 之規定, 老化性能和絕緣电阻特別优良, 击穿电压亦超过标准規定, 仅机械性能較 ПСД 稍低, 但仍在合格範圍內。

(4) 建議本产品除我厂生产外, 各电机厂能迅速推广应用。并希望化工院在現有的基础上不断的改进有机硅漆的制造工艺(干燥時間和机械强度), 提高产品质量, 降低成本。

(沈阳电綫厂 洪成論)

环氧树脂用作胶粘材料与澆鑄材料

环氧树脂是以环氧氯丙烷与二酚丙烷縮合而成, 具有綫型结构热塑性的高分子聚醚树脂:

与其它树脂相比, 环氧树脂的特点是: (1) 硬化时不会分裂出低分子揮發物質, 如水、氨等; (2) 根据所用的硬化剂, 在常溫或高溫下不加压力或加以極小压力, 树脂即可成型硬化; (3) 硬化时体积收縮率極小, 最大才 2.5;

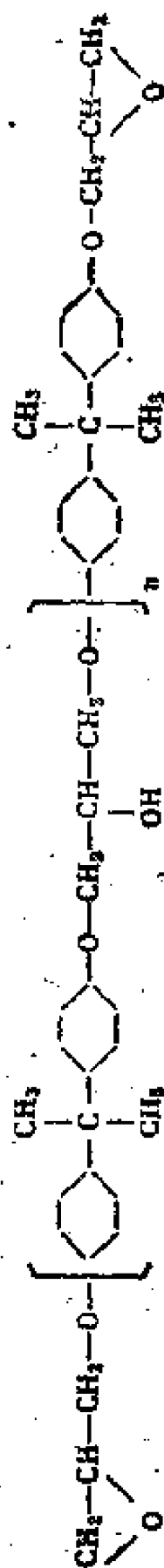
(4) 与很多材料如金屬、陶瓷、木材、橡皮、玻璃、热硬

性塑料等都具有很好的胶粘性；(5)硬化后的树脂有突出的机械强度及电气性能；(6)耐老化性能良好；(7)耐大气及化学试剂的侵蚀，可作为热带气候下的绝缘材料。

未硬化的环氧树脂在常温下是相当稳定的，在120°C高温下变化不大，惟经常期加热后分子自行聚合，树脂粘度会增大。若暴露在空气中易吸潮而变混浊，当加热至120°C以上，将潮气赶走树脂冷却后又透明清晰。

为了使用及施工上的方便起见，在胶粘及浇灌上都采用低分子量的环氧树脂。环氧树脂的优越性能只有加入硬化剂硬化后才能显示出来，硬化后的树脂就失去了热塑的性能。根据所用的硬化剂的不同，树脂可以在常温或高温硬化。

作为常温硬化的最好的硬化剂是各种脂肪族及芳香族的胺类及多元胺，常用的有乙二胺、二乙三胺、三乙四胺、间苯二胺，吡啶、二氰二胺等。但它们都有共同的缺点是：(1)硬化时会放出大量的热，易使树脂开裂；(2)由于放热会使尚未反应的胺类发生泡沫；(3)有毒，对皮肤有刺激损伤；(4)适用期较短，操作不方便；(5)树脂与胺类硬化剂的配料比要十分精确，否则会影响硬化后树脂的性能。另外液体的胺如乙二胺很易吸水，使树脂发白，而芳香族胺类如间苯二胺，又极易被氧化而变



黑，使树脂的胶粘强度减低。

胺类硬化剂是以其分子中的活性氢与环氧树脂中的环氧基起反应的，所以硬化剂的加入量可以环氧树脂的“环氧值”及胺的“环氧当量”来计算；以胺中所含活性氢原子数来除胺的分子量即得胺的“环氧当量”。如乙二胺（ $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ ）中含有四个活性氢原子，分子量为60，所以乙二胺的环氧当量为 $\frac{60}{4} = 15$ ，即是说每一个环氧基需要15克乙二胺来反应。如我院的*106环氧树脂，其环氧基含量若为18%，则每100克树脂中含有环氧基为 $\frac{18}{43} = 0.42$ ，因此每100克树脂中需要加入乙二胺为 $0.42 \times 15 = 6.3$ 克。

作为高温硬化的最好的硬化剂是各种多元酸酐，如苯二甲酸酐、顺丁烯二酸酐等。酸酐与环氧树脂的反应是很慢的，即使在高温下也是如此，所以硬化时间需要较长。酸酐类硬化剂都有一共同的缺点是，在常温下与树脂不易混和，所以采用酸酐类作为硬化剂时只能在高温下操作。二元酸酐是以其酸酐与环氧树脂中的环氧基及羟基起反应的。一个环氧基以一个克分子酸酐来化合时有最好的机械强度及电气性能。如我院的*137环氧树脂，其环氧基含量若为14%，则每100克树脂中含有环氧基为 $\frac{14}{43} = 0.325$ ，因此每100克树脂中需采用苯二甲酸酐为 $0.325 \times 148 = 48$ 克，如采用顺丁烯二酸酐则为 $0.325 \times 93 = 32$ 克。

但是酸酐硬化剂利用量太大，不容易与树脂混合，并且会使硬化速度加快，适用期缩短，在使用时发生困难，所以一般都比理论计算量采取较小的酸酐硬化剂。

在选择各种硬化剂时不仅要考虑其工艺条件，更主要的还要考虑硬化剂对树脂性能的影响。因为硬化后的树脂性能

与所用的硬化剂有非常密切的关系。一般說高溫硬化的树脂比常溫硬化的树脂有較高的耐熱性、机械强度及电气性能，因此在电工上一般都采用高溫硬化，以多元酸酐为硬化剂。酸酐硬化剂使用前通常應該測定其熔点及酸酐含量以確定酸酐的純度，而酸酐的純度这問題是極其重要的，因为酸酐中酸含量的增大会促使树脂的适用期大大減短。

环氧树脂胶粘材料

环氧树脂作为胶粘材料，只有在加入硬化剂后在硬化时才有胶粘性能。沒有加硬化剂前以及硬化后的环氧树脂都是沒有胶粘性的。

环氧树脂有“万能胶”的雄名，在硬化时它能与很多材料如金屬（各种黑色金屬及有色金屬）、陶瓷（电瓷）、玻璃、木材、热硬性塑料（胶木压制件及層压制品）、云母、橡胶、皮革、纖維等胶粘在一起，它与热塑性的塑料如聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚四氟乙烯等是不能胶粘的；与硅橡胶、硅油、硅脂等也是不能胶粘的。环氧树脂的胶粘剂在常溫下有很高的胶粘强度，但在高溫如80℃以上，强度降低較多。

被胶粘材料的表面处理对胶粘强度有很大的影响。在胶粘前必須先将表面用有机溶剂如甲苯、丙酮等将油膩去除。为了增加其附着力，胶粘的接縫处必須紧密吻合，不允許有高低不平，所以适当的磨制还是必要的。表面可以砂紙或压缩空气噴砂法使其具有一定程度的粗糙度。

胶粘剂的厚度不需要太大，愈薄愈好，但要求均匀一致，一般在0.1~0.2公厘左右。

胶粘强度决定于硬化剂，以順丁烯二酸酐为硬化剂可获

得很高的胶粘强度。我院曾以院*110 环氧树脂进行了试验
院*110环氧树脂主要指标:

环氧基含量	15~18%
挥发物 (110°C, 3 小时)	不大于1%
软化点 (环球法)	20~26°C
不含有氯	

下面简述一下这种胶的配制方法及上胶工艺: 院*110环氧树脂 100 份, 在60°C时加入粉状顺丁烯二酸酐40份, 搅拌均匀, 直至顺丁烯二酸酐晶体全部溶解为止。冷至室温。新配成的胶流动性较大, 不宜立即使用, 可在室温下密闭器内储存一天后再用。以清洁毛刷沾丙酮擦洗胶粘表面两次, 以除去油脂, 烘干后即可涂胶。不要厚但要匀, 0.1~0.2公厘的厚度已足够。然后将胶粘表面吻合起来, 在室温下存放24小时使胶初步凝聚, 再放入烘箱中缓缓升温至150~160°C, 保持3~5小时, 在烘箱中冷却至室温即可取出。这种胶的适用期常温下为5天。

我们用这种胶来胶粘电瓷, 抗张强度可达250~450公斤/公分²左右, 并且断裂的地点大部分在电瓷本身。这种胶在常温下不受水及湿气的侵蚀, 在40°C的水或在40°C、相对湿度为96%以上的气氛中常期浸润, 会使胶粘强度有所降低, 约降低20%左右。在80°C以上的水中常期浸润, 胶粘强度则大大下降, 几乎为0.6。这种胶的耐寒性、耐温度骤变性都是很好的。值得提出的是在80°C变压器油中长期处理后, 胶粘强度非但没有下降, 反而上升了。所以用这种胶胶粘起来的材料非常宜于在变压器油中工作。在苏联已成功地以环氧树脂胶粘220千伏电流互感器的瓷套管, 代替笨重的机械

联接。

硬化剂若为间苯二胺，则每100份树脂中需加入间苯二胺15份，在60℃时均匀搅拌就可使用。这种胶的适用期在常温下为3小时，其硬化条件在80℃烘2小时后再在120℃烘1小时，有很高的机械强度。

硬化剂若为乙二胺，则每100份树脂中需加入乙二胺6~8份，在常温下均匀搅拌就可使用。这种胶的适用期在常温下为30~40分钟，在常温下就可硬化。

上述三种胶中也可加入溶剂使胶稀释后使用。在这种情况下也可采用鹼触媒制成的酚醛树脂为硬化剂。酚醛树脂的用量为环氧树脂的40%。将两种树脂分别加入溶剂使成溶液，然后再搅拌同时混在一块。上胶后首先应俟溶剂挥发后才可将胶粘表面吻合起来。

环氧澆鑄材料

环氧树脂本身是一种很好的絕緣材料，又是很好的結構材料，并且根据所用的硬化剂，在常温或高温下都可硬化，不需加压力而且体积收缩率小，所以非常宜于澆鑄及灌封。在电工上特别宜于澆鑄高压电流及电压互感器、电容器、油断路器中的各种零部件。

环氧灌注胶的主要成分为：（1）环氧树脂；（2）硬化剂；（3）增塑剂；（4）填料。

虽然各种环氧树脂都可采用，但为了澆鑄方便起见，常采用低分子量的环氧树脂，因为它们高温流动性好。我院采用的是院⁹137环氧树脂，其主要指标为：

环氧基含量

12~15%

軟化点 (环球法)	18~25°C
游离酚含量	<0.5%
揮發物含量 (100°C 2小时)	<0.5%
不含鹼	

在上述指标中，影响澆鑄材料性能最大的是揮發物含量；揮發物过大如超过0.5%，不但要大大影响硬化后树脂的机械强度及电气性能，并且会使硬化時間大大延長，在預定的時間內不能硬化；因此揮發物含量必須严格控制，愈小愈好。

树脂中不得含有鹼，即使含有微量鹼，也会促使树脂过早胶化。

常用的硬化剂有苯二甲酸酐、順丁烯二酸酐等。順丁烯二酸酐价格太貴，并且吸水性大，不宜单独使用；苯二甲酸酐又不易与树脂混合。为了降低使用溫度可采用混合硬化剂，如在苯二甲酸酐中加入1%順丁烯二酸酐，即可将苯二甲酸酐的熔点自130°C降至120°C。

純环氧树脂硬化后比較硬脆，易使成品开裂，为了改进其性能，常加入各种增塑剂。一般塑料常用的增塑剂如苯二甲酸二丁酯、磷酸三甲酚酯可以用，但是会降低树脂的电气性能及耐热性，在电工上最好不用。我院采用的是院*120聚酯树脂。

加入填料是为了降低树脂的膨脹系数，純环氧树脂的膨脹系数为 60×10^{-6} 公厘/°C，加入200%的石英粉后就降至 37×10^{-6} 公厘/°C，因而減小了开裂的可能性。同时也增加了树脂的导热性，使綫圈內部的热容易發散出来，提高树脂的耐热性，并且大大降低了澆鑄材料的成本。

填料可采用石英粉、瓷土粉、云母粉、滑石粉、頁岩粉、 Al_2O_3 粉、石墨粉等，特殊用途的还可采用金屬粉末。其中云

母粉及 Al_2O_3 粉不能用得太多，否則会使树脂胶化，其它各种填料应该是中性的。填料应仔细粉碎并經篩选，細度至少应能通过100号篩網（每平方厘米有10,000孔）。填料的用量要視树脂的粘度及澆鑄制品形状的复杂程度来确定，因为填料用得太多，会使澆鑄材料粘度增加太大，因而流动性及浸漬性能降低了。填料的用量一般为树脂的100~400%。填料在加入树脂中去以前应该充分干燥，須在180~200°C下烘3~5小时。

澆鑄模子的材料是不限制的，鋼、鉄、鋁、銅以及非金属材料都可以采用。不但管那一种材料，模子內表面应力求光滑，不得有任何砂眼，光滑度要求在▽▽▽9以上。在設計澆鑄模时对模子总的要求是澆鑄方便，不藏气泡，能保証成品在結構上和机械强度上均匀一致，脫模容易，制造上經濟。具体应注意下列几个方面：

（1）为使脫模方便起見，在脫模的方向模子內表面应考虑有1~3%的斜度。

（2）为减少內应力，脫模容易，成品上的任何轉角应为圓角。

（3）为避免因內应力而致成品开裂，壁厚应均匀一致。

（4）与脫模方向垂直的面上不应有凹凸部分，否則无法脫模。

（5）在任何拐角及轉弯处一定要考虑气泡如何逸出，不得有死角。

（6）制品上的字母应做成凸起的，这样在模子上只要刻凹，非常方便。

（7）制品中的鑲入物如綫圈出綫头等如可固定在模子上，在澆鑄时不能移动。

不管用那种材料做模子，模子的内表面必须涂以脱模剂（聚四氟乙烯模子除外），硅橡胶、硅油、硅脂是很好的脱模剂，蜂蜡也可采用。脱模剂不需涂得太厚，但要均匀。

硬化时间决定于硬化温度，以苯二甲酸酐为硬化剂时：

硬化温度(°C)	硬化时间(小时)	体积收缩率(%)
200	1~2	2.2~2.4
180	2~4	2.0~2.3
160	6~8	1.8~2.1
140	8~10	1.4~1.6
120	12~14	1.0~1.2
100	14~18	0.6~0.8

硬化温度愈低，虽然硬化时间会延长，但树脂的体积收缩率减小，开裂的可能性也小，所以通常要根据制品的大小及形状的复杂程度来确定硬化温度，制造互感器时常采用较低温度如120°C。硬化时间不足对成品的性能影响较大，可以适当的放长硬化时间，如不超过100~200%，对成品性能并没有坏影响，只有好影响。

硬化后的环氧树脂通常的性能如下（这个性能只是参考数据，因为环氧树脂的性能是随着硬化剂的种类及用量变化的）：

抗弯强度	800~1000公斤/公分 ²
抗张强度	550~650公斤/公分 ²
抗冲强度	10~20公斤·公分/公分 ²
抗压强度	1100~1300公斤/公分 ²
马丁耐热性	105~120°C
介电常数	3.0~4.0
介质损失角正切	0.001~0.003
比体积电阻	10 ¹⁵ ~10 ¹⁷ 欧公分

比体面电阻..... $10^{14} \sim 10^{15}$ 欧
击穿电压..... >25 千伏/公厘

澆鑄制品时除澆鑄模外，必須有的几个設備为：

(1) 混合釜：用来攪拌混合环氧树脂、填料及硬化剂。有攪拌器，加料口，卸料口，能抽真空，电加热，溫度可达 150°C ，容积应为配料容积的一倍。

(2) 烘箱：加热模子及使澆鑄材料硬化都需要烘箱，电热，最高溫度可达 200°C ，溫度能自动調节，并有鼓風装置，以使溫度上下均匀一致。烘箱容积要能容納下澆鑄模。

(3) 真空泵：配合混合釜抽真空，真空度要求能达720公厘汞柱以上。

澆鑄材料是必須在澆鑄前直接配制的。首先将环氧树脂熔化称量后移入混合釜中，繼續加热至 $120 \sim 130^{\circ}\text{C}$ ，加入予热至相同溫度的填料如石英粉。填料加入混合釜后，就可以抽真空进行攪拌（抽真空的目的是为了除去填料表面吸附的空气），每5公斤澆鑄材料約需真空攪拌20分鐘。然后将溫度保持在 $125 \sim 130^{\circ}\text{C}$ 的同时，加入酸酐，再真空攪拌5分鐘后就可开始澆鑄。澆鑄前，模子須事先塗以脫模剂，并与其中的金屬鑲件如綫圈等予热至相同溫度，进行澆鑄。澆鑄材料应以一股細流慢慢澆入以防止形成气泡。澆鑄完畢，将模子放入 120°C 的烘箱中，烘14小时后即可冷却。为避免应力开裂，应在烘箱中緩緩冷却至室溫后才可脫模。

加有填料的树脂当加入酸酐后，粘度会大大降低。配好的澆鑄材料在 $120 \sim 130^{\circ}\text{C}$ 时有很好的流动性，很易流入模中，并浸入綫圈的各个部位。配好的澆鑄材料在 $120 \sim 130^{\circ}\text{C}$ 的适用期为50~60分，所以在一小时内必須用完，在这一小

时內粘度变化不会很快，过了一小时后，粘度增加就很快，最后就无法澆鑄了。

在大量使用灌注胶时，可加入預先熔化的硬化剂，这样易于加料和混合。

若要連續应用树脂时，最好将树脂先熔化在一个容器中（130℃），此容器中不加硬化剂，随时要用时，根据需要，将此熔融的树脂再定量的移入另一容器中，在此容器中加入硬化剂，搅拌均匀后使用。

若采用院*120聚酯时，环氧树脂应在加入填料前先与聚酯树脂混合。采用聚酯树脂后，硬化時間需要适当放長。

使用环氧澆鑄材料时要注意安全：

（1）工作地点应裝有强烈的抽風装置，抽風罩应在工作台及烘箱上部。

（2）工作时要清潔和小心，不要用手直接接触树脂，硬化剂及澆鑄材料。

（电器科学研究所 張庆生）

环氧玻璃布層压品的研究

环氧玻璃布層压品的主要特点是：高的机械强度和电气性能，因此它适用于大型、高压电机电器的制造中；現在我們已将环氧玻璃胶布板用在大型电机中做槽襯、匝間絕緣、垫片和高压开关的提升杆等。

环氧玻璃布層压品包括种类很多，如層压板、管、棒和各种型材等。我們主要对層压板进行了研究，其他产品只进行了一般性的探討。缺点难免，希望大家批評。

(一) 試驗方法

(1) 环氧-酚醛混合漆的配制 原料: 本院*110 环氧树脂和碱性酚醛树脂 (純树脂重量, 性能接近苏联的 ИФ 树脂, 以酒精为溶剂的液体); 酚醛树脂在其中主要起硬化剂的作用。

把环氧树脂 1:1 的溶于丙酮 (或 甲苯) 中, 再把酚醛树脂酒精溶液混于环氧树脂丙酮 (或 甲苯) 溶液中, 然后用 1:1 的酒精丙酮 (或 甲苯) 混合溶剂将其稀释到一定浓度。用 甲苯做溶剂, 在加入酚醛树脂时要急剧搅拌, 否則酚醛树脂易析出。

(2) 布的浸漬与干燥 把 0.1 公厘厚的无碱玻璃布, 浸在配好的溶液中, 取出后使多余的树脂自由滴下, 再放入 95~100°C 的烘箱中, 干燥一定時間, 干燥到不粘手即可, 揮發物不大于 1.5%。

(3) 压制条件 上胶布叠好后, 加热到 100°C, 然后加以 5 公斤/公分² 的压力, 保持 15 分鐘, 再升温到 155~160°C, 并加以 50 公斤/公分² 的压力, 保持一定時間 (時間按制成品的厚度計算, 每公厘 10 分鐘, 但最少不得少于 30 分鐘), 冷却到室溫。为了使耐热性及电气性能稳定, 可进行热处理: 热处理, 条件: 150°C, *24 小时。

压制时可以用硅橡胶、油酸、玻璃紙做脫模剂, 也可以用瀝青、松香、地蜡等熬制成的一种脫模剂。

(二) 試驗数据

(1) 浸胶后的干燥時間与上胶布揮發物含量的关系

(干燥温度 95~100°C):

干燥时间, 分	15	20	25	30	45	65	75
揮發物, %	0.638	0.6	0.5	0.47	0.455	0.345	0.252
性 質	干燥后稍粘	不粘	不粘	稍脆	脆	脆	脆

树脂本身揮發物就不多, 所以干燥時間再長除去的揮發物也是不多的, 干燥時間長使树脂縮合程度高, 胶布变硬發脆, 以致使树脂老化, 因此干燥時間不能太長, 一般干燥到不粘手就可以了。由上表可看出, 干燥20分鐘左右就行了。

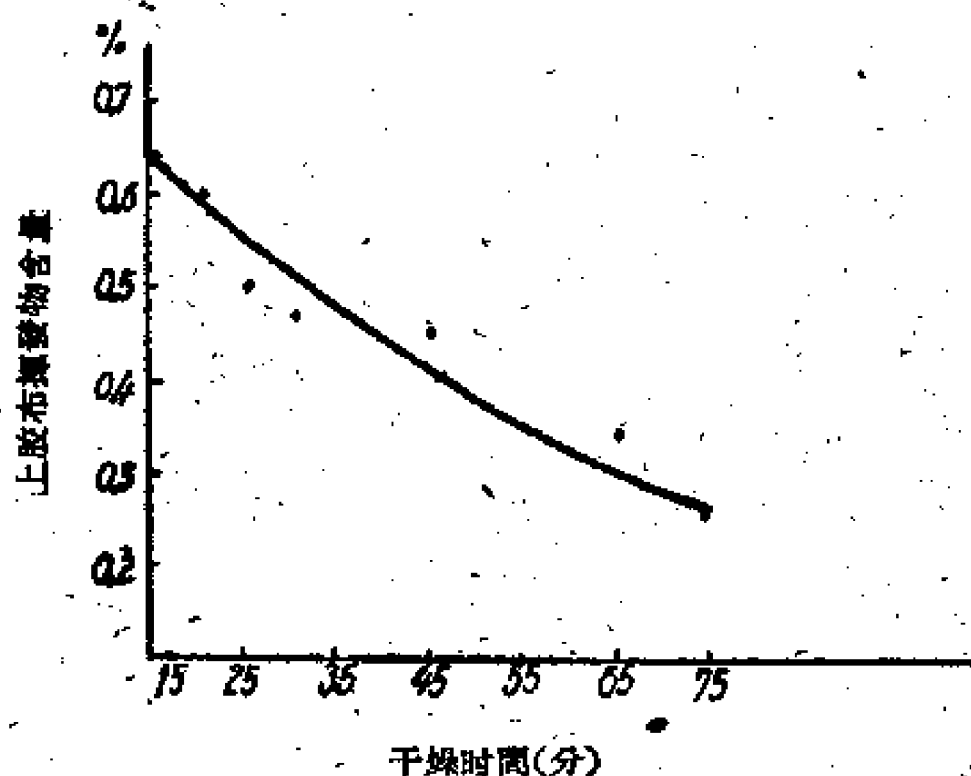


圖 1 上胶布的干燥时间与揮發物的关系。

(2) 胶液的濃度对胶布含胶量的影响 用的是0.09公厘的无碱玻璃布, 采取自由上胶 (即浸胶后使多余的胶自由滴下, 不用棍挤压) 的方式, 其关系如下表:

胶液的固体量, %	38	40	43	45	46.5
胶液的比重, (25°C)	0.927	0.931	0.945	0.954	0.965
胶布的含胶量, %	24.8	24.81	29.3	29.84	31.8

注: 这数字可能比实际值大, 因上胶时胶液中溶剂挥发多的原故。

(3) 上胶布和胶液在储存时的变化情况 (保存条件: 25°C左右胶液装在密闭容器中, 胶布的含胶量为27~30%):

储存时间, 天	2	3	4	5	6	7	8	9
胶布中的可溶性树脂含量, %	—	92.5	91	—	83.5	77.8	68.2	71
胶液的粘度, 秒	5	5	5.2	5.2	5.3	5.3	5.3	5.2

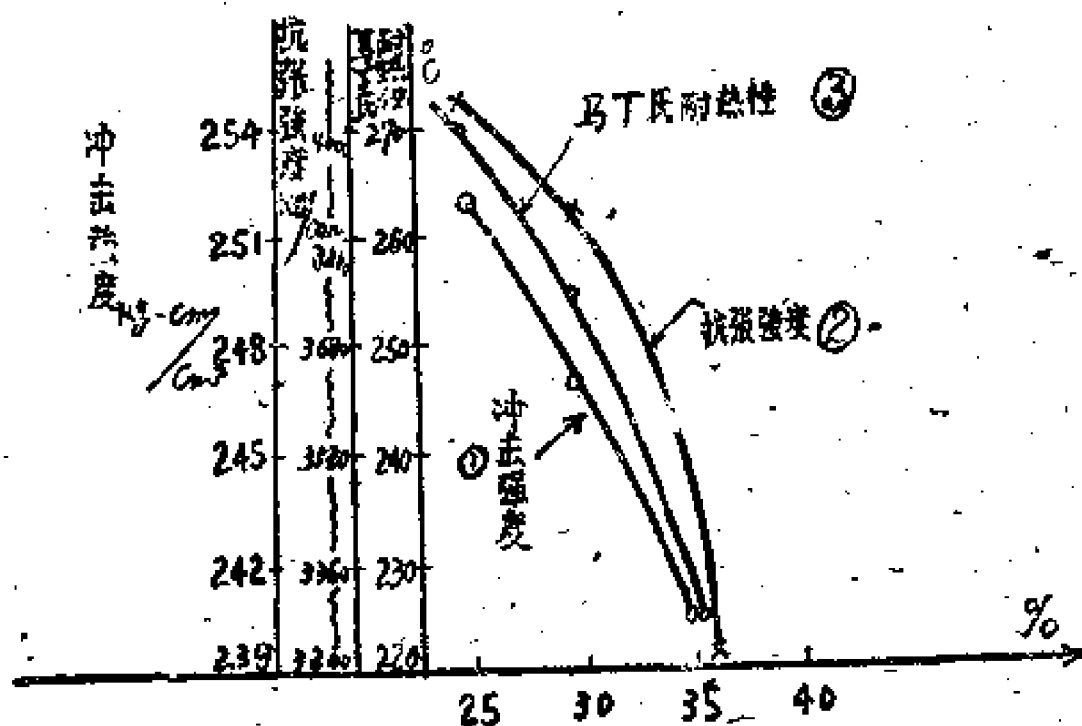
由上表可看出, 胶液储存在密闭的容器中, 粘度变化不大, 但由于酚醛树脂和环氧树脂可以继续缩合, 而使缩合程度增加, 时间太长会使分子变成网状结构, 所以保存时间不宜太长, 最好现用现配。胶布中的树脂随着时间的增长而使可溶性树脂减少; 可溶性树脂少, 不易压制, 因而胶布储存时间不能过长, 最好上胶后3~5日内用掉, 最多也不希望超过7日; 实际上3~5日以后胶布就有些变硬发脆了。

(4) 用不同含胶量的胶布制成之胶布板的性能比较 (见下表):

由表可看出, 树脂含量少时比重大, 耐热性好, 抗张强度高; 但由于树脂少, 有的地方粘合的不太好。在弯曲应力的作用下不等断裂而劈裂了, 因而影响了弯曲强度。如果要求抗张强度高而静弯曲强度不太高时, 可用含胶量25%左右的胶布压制; 如果要求各方面性能均较好时, 可用含胶量30%左右的胶布压制。

性 能	胶布的含胶量, %		
	24.8	29.4	35.9
比重, 克/公分	1.89	1.875	1.82
吸水率 (24小时), %	0.01	0.01	0.01
马丁氏耐热性, °C	270	255	224
冲击强度, 公斤-公分/公分 ²	251.6	246.7	239.6
静弯曲强度, 公斤/公分 ²	4204~3600*	4535	3734'
抗张强度 (径向), 公斤/公分 ²	4039	3885	3251
抗压强度 (垂直层), 公斤/公分 ²	5290	4973	5118
击穿电压, 千伏/公厘	14.3	29.1	30.6
表面电阻系数, 欧	8×10^{13}	2.15×10^{13}	1.3×10^{13}
体电阻系数, 欧-公分	3.8×10^{14}	1.1×10^{13}	2.5×10^{14}
介电常数(50周)	5.1	5.5	5.45
介电损失角正切(50周)	0.0149	0.0188	0.0436

* 试样中有的未断而分层了, 故使强度相差很大。



上胶布的树脂含量

图2 胶布板树脂含量和机械强度, 耐热性的关系。

(三) 試驗結論

做各方面性能均較好的膠布板，可用含膠量30%左右的膠布製造。如果只要求抗張強度高的，則用含膠量25%左右的膠布製造。制含膠量25%的膠布，用濃度38%的樹脂混合液；制含膠量30%的膠布，用濃度43%的樹脂混合液。膠液的配制見試驗方法中第一項。膠液在25°C時粘度變化不大（裝在密閉的容器中）。用0.1公厘的無鹼玻璃而浸膠後，在95~100°C的烘箱中干燥18~21分鐘左右，干燥到冷卻後不粘手即可。揮發物不大于115%，压制條件同試驗方法中第三項。膠布最好在上膠後3~5日內用掉，存放時間不宜太長。

(四) 環氧玻璃布層壓品的一般應用介紹

浸漬環氧樹脂的玻璃布，除了壓成各種板材應用以外，還有下列用途：

(1) 用上述方法浸漬的玻璃布，可以用來压制大型電機中的槽襯。压制條件同上。為保證足夠的電氣性能，可使膠布含膠量增大到40%左右。此時也能保證相當高的機械性能。一般電機用的槽襯，是用雲母压制而成的，它雖有好的電氣性能，但機械強度遠不如用環氧玻璃布压制成的，所以不適用在大型電機中。用浸漬環氧樹脂的玻璃布压制的槽襯，不但在性能上完全滿足了大型電機的需要，而且還可以解決目前市場上雲母供應緊張的問題。

(2) 用上述方法浸漬的玻璃布可以切成帶，用來包扎綫圈，然後熱壓成型。压制條件同上。為提高電氣性能，可用0.06公厘的玻璃布上膠，上膠布的樹脂含量可增大到50%

左右。制得之綫圈符合要求，只是稍硬一些，看来可以代替云母带包扎綫圈。

(3) 用上述方法浸漬的玻璃布也可以卷制成型，如卷成各种管等，用做需要高机械强度的管材。上胶布树脂含量少易于卷制，一般树脂含量在25%左右即可。卷管温度一般在120°C左右。卷完以后在150°C处理24小时，可得較好的机械性能。

环氧玻璃布層压品在电工中的应用将是非常广泛的，这方面的工作我們做的很少，有待大家共同努力。

(电器科学研究院 胡景云)

用环氧树脂澆鑄电流互感器

我厂用北京电器科学研究院及沈阳化工研究院試制成功的环氧树脂进行塑料电流互感器的試制。在試制中，北京电器科学研究院派人来厂协助，共同进行澆鑄工艺的研究，在产品 & 模具的設計上，學習了苏联的結構。这样，我們仅用了不到一个月的時間，就試制完成了这个具有世界水平的新产品。

一、干式互感器用絕緣材料的要求 干式互感器应用的絕緣材料，除了应具备优良的电气性能（如高电击穿强度，高电阻、低介質損耗）以外，还应有良好的耐弧性，足够高的耐热性与良好的导热性，不易燃燒，高的耐潮、耐水性、耐油性、耐化学試剂侵蝕性，抗大气性，还要有卓越的机械强度，以及机械加工性好，使用方便，工艺簡單等一系列要求。环氧树脂差不多就具有以上各种性能，特别是可以用来澆鑄成型，在加热硬化时不会放出水分或其他揮發性的气体，

收縮性很小。这个特点具有很重大的意义。它保证了硬化后浇铸件不会产生气泡，在电场作用下不会产生空气电离而降低绝缘强度。因此，用来制造高压电流电压互感器的浇铸绝缘是很合适的。制造工艺也可大大简单。

二、互感器的结构 我们这次浇铸的是电流互感器，型号为 LCJ-10-0.5/0.5-300/5，产品的结构有一个原线卷，两个副线卷，两个铁心，即为双级次的。原线卷用裸软紫铜带绕成螺旋弹簧状，副线卷用玻璃丝包线绕于胶木纸筒上，铁心用 3310 冷压硅钢片剪成的条片叠成。原副线卷用特制的模具安放在适当位置后，注入以环氧树脂为主的混合胶，作为整个互感器之绝缘，并固定原副线卷。除出头部分外，原副线卷均被混合胶所包围，铁心露在外面，便于调节产品之误差性能。

三、材料及其配制 浇铸混合胶应用的材料为环氧树脂 3-37（沈阳化工研究分院）及 #120（北京电器科学研究所产，相当于 3-37），树脂的性能如下列所示：

比重	1.15~1.22
分子量	400~500
环氧基含量	12~14%
游离酚含量	不大于 0.5 %
挥发物在 100 °C 2 小时内	不大于 0.5 %
滴落温度（Убелод 法）	33~43 °C
电气强度	不小于 22 千伏/公厘
介质损失角当 100 °C 时	不大于 0.08
在丙酮溶液中的可溶性	不小于 99 %

填料为瓷粉，粒度为通过 100 孔筛。硬化剂为苯二甲酸酐和顺丁烯二酸酐。混合胶的配制为：树脂 38.8 %，瓷粉

51.5%，混合硬化剂 9.7%，在混合硬化剂中，苯二甲酸酐 99%，順丁烯二酸酐 1%。

四、澆鑄工艺 将环氧树脂加热到 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，注入在温度为 $110\sim 120^{\circ}\text{C}$ 的攪拌器中，在攪拌下注入填料瓷粉。为了除去瓷粉中含有的水分及有机杂质，应在 $180\sim 200^{\circ}\text{C}$ 下干燥 $5\sim 10$ 小时。注入时瓷粉温度不宜超过 120°C ，并充分攪拌約 30 分鐘。为了除去填料上所吸附的空气，同时抽真空 740 公厘以上，到无气泡为止。将温度降至 $105\sim 110^{\circ}\text{C}$ ，在此温度下注入在 120°C 熔化的混合酸酐，之后迅速抽真空攪拌，其时间根据具体情况（随酸酐的用量及树脂的性质）而定。不同的树脂在使用前必须进行胶化时间試驗，在以上配定的硬化剂用量及真空下攪拌 10 分鐘。

五、模具准备 为了取得优良的澆鑄件，模具内表面必须进行加工，研磨得很光滑。由于环氧树脂的粘着性能很强，模具在澆注前内表面必须塗以極薄的一層潤滑剂，这样才可以使硬化后的鑄件很容易的从模具里取出。使用的潤滑剂是在甲苯中稀釋的硅橡胶溶液，浓度为 5%，塗后在 $180\sim 200^{\circ}\text{C}$ 爐中干燥 2 小时。

六、澆鑄和繞卷的干燥 将处理好的模具待冷却后装入原副綫卷，所有縫隙用腻子封好，然后送入爐中加热到 130°C 。自爐中取出立刻澆注塑料。澆注时要慢，逐漸注滿，避免空气在模中积累不及排出而产生气泡。澆注后将模具振动几下，以除气泡，然后送入爐中，加热硬化，在 120°C 下干燥 14 小时。为了除去内应力，鑄件應該逐漸地冷却至 $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ ，然后脫模。

装配完成后的互感器，按出厂試驗标准，經耐压 42 仟伏

5 分鐘及型式試驗過電壓 5 % (44.1 仟伏) 1 分鐘, 均良好。

七、與同類老產品的比較 LFC-10 採用瓷絕緣, 產品非常笨重; LCJ-10 採用了新穎的絕緣材料——環氧樹脂、瓷粉混合膠 (這種混合膠無論在電氣性能和機械性能上都遠遠勝過電瓷), 縮小了互感器的外型, 減輕了重量, 這可以從下表看出:

外形尺寸及重量比較表

	外 形 尺 寸	重 量
LCJ-10	400×242×130(公厘)	18公斤
LFC-10	710×482×212(公厘)	39公斤

LFC-10 主要結構是用瓷件卡裝而成。零件繁多, 形狀複雜, 浪費材料和工時; LCJ-10 用塑料澆注, 省掉了很多零件和工時。一台 LCJ-10 的零件總數約為一台 LFC-10 零件總數的 40 %, 節約鐵 56 %, 銅 42 %, 工時也只需 LFC-10 的 25 %。

LFC-10 的原綫卷是用薄紫銅帶穿繞在兩個瓷件中, 匝間墊以絕緣紙, 需要兩人進行操作, 勞動強度大, 占用作業面積大; LCJ-10 的原綫卷能用模具在機床上繞制, 減輕勞動強度, 提高生產效率, 節省作業面積。

LFC-10 有瓷件、膠木接綫座等協作件, 增加生產管理的麻煩; LCJ-10 沒有協作件, 給生產和管理帶來很大的方便。

從技術性能、工藝方法和生產管理等方面來看, LCJ-10 都要比 LFC-10 優越, 目前僅蘇聯等少數技術先進國家用這種方法製造互感器, 這是具有世界水平的產品。

我們這次澆鑄塑料互感器僅進行了六次, 以上介紹的工

艺条件仅是初步的结果，今后仍須繼續研究澆鑄工艺条件、热稳定及动稳定試驗。

由于环氧树脂——瓷粉混合胶具有优良的电气、机械、耐热等性能，已成为电器工业最好的絕緣材料，用它澆注的支柱式电流互感器，不但具有理想的外型尺寸，而且还可以承受很高的冲击载荷，为發展小体积开关櫃創造了条件。今后我厂将采用它澆鑄35 仟伏及其以下的电流电压互感器。

沈阳变压器厂用环氧树脂試制的新型电流互感器与旧型互感器的比較：

項目	旧型	新型
外型尺寸	710×482×212公厘	400×242×130公厘
所屬綫圈	紫銅片	环氧树脂
連 接	瓷件	不用
協 作	瓷并胶木座	不用
工 时	100 %	25 %
重 量	39公斤	18公斤

(沈阳变压器厂塑料互感器工作組)

用环氧树脂胶接电瓷

随着祖国工业建設的發展，輸电綫路及电站設備都向着更高的电压等級發展。高压（220千伏以上）下使用的許多、电器設備（如变压器、互感器、开关等）的經济技术指标，与其所使用的絕緣子結構尺寸有很大关系。

一般高压套管尺寸都很大，而大型瓷套的生产是电瓷工厂中一項較為复杂的技术。因受成型、干燥、燒成等一系列工艺問題的限制，此类套管大多系分段燒制（如400 千伏的

电流互感器，系由4只瓷套管組成），然后用机械固結。机械連接使电器复杂化，而且尺寸龐大，运行亦不可靠。

簡化套管燒制工艺，縮小产品尺寸，提高产品质量，同时使設備不完善的小型工厂亦能生产大套管，是摆在我們面前的一个問題。

苏联国立电瓷研究院用环氧树脂胶接大套管的研究获得成功，給我們的工作指出了很好的方向。此外，苏联还用环氧树脂胶接棒型絕緣子，修补有缺陷的瓷瓶，都具有很大的經濟意义。

环氧树脂是一种有机高分子合成物。环氧树脂加入硬化剂而成的胶，是一种优良的高級胶粘剂。由于它粘着力强，操作簡單，电气物理和化学稳定性优良，除可用作电瓷胶接外，还可用以胶接金屬、飞机和汽車的构件、以及作灌注絕緣、金屬塗層、制成压層等。

电瓷研究所学习苏联利用环氧树脂胶粘电瓷产品的先进經驗，采用国产的环氧树脂*101、*628、*634、仿ЭД-6等，配合了多种硬化剂，作了一系列胶接电瓷的比較試驗。下面乃就試驗时所采用的胶粘工艺和所得結果，作一簡單介紹。

（一）胶接工艺

（甲）胶粘剂的配制 有以下四种胶粘剂的配制方法：

1. 以順丁烯酸酐为硬化剂的胶的配制：用准确到0.1或0.01克的工业天平，取干淨的瓷皿称取树脂（如果是ЭД-6树脂，在称量前应当預热，否則濃度过大不便称取），60℃預热变稀。加入单独称取的瓷砂（瓷砂通过公制80号以上的篩，并在110℃下充分干燥）。瓷砂的加入量根据配方决定

(瓷砂的百分率是以树脂加硬化剂总量作 100 % 为基础的)。調拌均匀，在 700 ~ 750 公厘水銀柱的真空度抽真空，至气泡除尽。再按配方单独称取硬化剂，順丁烯二酸酐为白色片状結晶，应当充分磨細，其吸湿性强，称量和研磨应迅速。加入硬化剂的树脂重新在 60°C 加热調拌，至互相溶解无硬化剂粒子为止，再抽真空。順丁烯二酸酐有比較强烈的刺激性，操作时应注意眼睛和避免吸入它的蒸气。此种胶粘剂流动性很好，不宜立即使用，应当貯于干燥的容器中放置一夜，使具有一定的粘性。

2. 以邻苯二甲酸酐为硬化剂的胶的配制：称取树脂和加入瓷砂都与上一种相同。邻苯二甲酸酐为片状或塊状結晶，加入树脂之前亦应充分研細，加入量根据配方确定。必須指出，此种硬化剂熔点很高，必須与树脂共热至 120 ~ 130 °C，至硬化剂完全溶解无粒子为止。然后抽真空，除尽气泡。此种胶粘剂冷至常温后，有一部分硬化剂析出，粘度变大，*101 或 *628 树脂尚可塗敷，如果是 *634、ЭД-6 則应加热变烯后才可使用。余胶亦存于干燥密封容器中。

3. 以間苯二胺为硬化剂的胶粘剂的配制：称取树脂和加砂与前述相同。硬化剂的加入量，按配方确定单独称量。間苯二胺也是塊状結晶，考虑到这种胶硬化迅速，硬化剂应当研磨很細，以便在不加热的情況下能有大部分甚至全部溶解。在加入硬化剂的同时，加入 10 % 含有环氧基的活性溶剂（以硬化剂加树脂总量为 100 % 作基础），在不高于 50°C 之下調拌均匀至相互完全溶解。应当注意加热時間愈短愈好。抽真空后立即使用。間苯二胺稍吸湿，同时会氧化而变黑，稍有毒，应当注意。

4. 順丁烯二酸酐与邻苯二甲酸酐混合硬化剂的配制: 配制手續与上述的完全一样, 只是先溶化邻苯二甲酸酐, 再加入順丁烯二酸酐。也可以同时加入, 能在較低的溫度下(100°C) 溶解。

(乙) 胶合面的处理 試样的胶合面应当研磨洗淨, 干燥后, 用丙酮或苯洗滌两次, 仔細脫脂, 加溫 (50°C), 使这种溶剂完全揮發。

(丙) 胶合手續 將配好的胶粘剂在胶面上塗一薄層, 稍待, 將两面合起来。稍加压挤出多余的胶。应当注意, 对于順丁烯二酸酐胶和邻苯二甲酸酐胶的压力不可大, 以免造成缺胶。胶接好的試样在室溫下放置 1~2 天, 使逐步聚合。然后进行硬化。

(丁) 硬化 試样的硬化在恒溫烘箱中进行。硬化升溫速度: 100°C 以下每小时 $20\sim 40^{\circ}\text{C}$, 100°C 以上每小时 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。硬化溫度和時間根据需要确定。冷却之后即获得了所需的性能, 最适当的硬化制度是: 以間苯二胺为硬化剂的胶, 呈褐黑色, 其余几种硬化剂的胶, 呈深黄色。

(戊) 多余胶的处理 多余胶应在沒有硬化以前即洗淨。先用紙刮去大部胶, 然后用砂擦尽, 以水洗淨, 用丙酮洗滌 1~2 次。

整个操作对胶粘剂的强度影响很大: 配胶的溫度会影响胶的使用寿命; 胶合面不平, 胶合时加压太大、太小, 会造成缺胶或过厚; 脫脂是否仔細等, 这些都会影响胶粘强度。溶剂除不尽, 会使胶層起泡, 硬化强度影响就更加显著了。升溫速度应保証胶能逐漸聚合。

(二) 試驗結果

經過對試樣的抗拉強度、靜抗折強度、抗沖擊強度、電氣击穿強度以及氣密性和冷熱交換等試驗，並採用各種樹脂、硬化劑和添加劑，變更膠接工藝，來研究其對膠接強度的影響（各項試驗結果數據從略），得出以下幾點初步結論：

1. 國產環氧樹脂*101、*628、*634和ЭД-6在膠接電瓷性能方面沒有明顯的區別。*101和*628樹脂與*634和ЭД-6比較，流動性能比較好，配膠放置以後使用時不必加溫變稀，能夠很好地塗敷在膠合面上；膠接比較可靠，操作亦較方便，使用壽命也較長。但試驗中表明，*101和*628耐熱水浸蝕性較*634和ЭД-6稍差，說明這種樹脂容易水解。

2. 硬化劑不同對膠粘劑性能影響很大。乙二胺、多乙烯多胺硬化過速，電瓷膠接無法應用。間苯二胺硬化劑的膠粘劑使用壽命也很短，常常在膠接過程中部分聚合，因此多次發現因膠的部分聚合而影響膠接質量。但對於某些需要快速硬化的情況却很適用。它可以在比室溫稍高的溫度下聚合，可防止瓷件在加溫硬化時因震動而產生相對移動；這種膠粘劑硬化後呈棕黑色，適當調節硬化溫度和時間，可使之近似於棕釉的顏色。用它修補瓷件，不須很好的加熱設備（用紅外燈即可），周期很短。鄰苯二甲酸酐的使用壽命最長（一周以上），因此硬化溫度也要求很高（ $180\sim 190^{\circ}\text{C}$ ）。順丁烯二酸酐的膠粘劑次之。膠粘劑的使用壽命，冬天比夏天長。不用的膠粘劑應貯藏在乾燥的器皿。

用鄰苯二甲酸酐和間苯二胺硬化劑配制的膠粘劑，比順丁烯二酸酐的耐熱水浸蝕性高。

邻苯二甲酸酐熔点高，必須与树脂共热至 $120\sim 130^{\circ}\text{C}$ ；冷却后仍会部分析出，粘度較大，便于立即使用。而加热硬化过程中，变稀后与瓷件湿润性能非常好，常会使胶流去而降低了强度。软化点較高的树脂（如ЭД-6）在胶合后停放 $1\sim 2$ 天，有助于克服此缺点。胶接面大，这种缺点就不十分明显了。順丁烯二酸酐在 60°C 左右就能与树脂互溶成流动性非常好的液体，立即使用容易缺胶，应当停放一天。

邻苯二甲酸酐和順丁烯二酸酐如上所述各有所長，我們以此两种硬化剂各占树脂重量 20% 所配成的胶粘剂进行試驗，得出它确具有比順丁烯二酸酐胶較高的耐水性和較長的寿命，且能即配即用；比邻苯二甲酸酐有較高的冲击韌性，較低的硬化溫度，防止了硬化剂析出，同时降低了硬化中的流动性和防止了缺胶。

3. 胶層太厚，会降低胶接强度。这是因为胶層在負荷下产生塑流現象，以及胶粘剂与被胶物膨胀系数的差异及其他原因而产生內应力，塑流和內应力当胶層較厚时会变大。故胶合时須稍加压力，挤出多余的胶粘剂，使其保持在 $0.05\sim 0.2$ 公厘的厚度。但是必須指出。因順丁烯二酸酐和邻苯二甲酸酐胶粘剂流动性及与瓷件湿润性良好，加压应輕，才能避免缺胶，反之，間苯二胺胶粘剂流动性較差，又必須把多余的胶挤去，故所加压力可稍大，否則也不能得到滿意的結果。

4. 硬化的溫度和時間是重要的工艺因素。溫度高所需時間短，反之应当延長保溫時間。

5. 胶合面的处理与胶接强度关系十分密切，光潔程度的影响并不显著，但是却需要十分平整。根据經驗，由于胶

合面不平，胶層厚薄不均，断裂强度就会降低。

6. 环氧树脂胶中添加瓷粉等作为填充料，能降低胶的热膨胀系数（未加填料的树脂线膨胀系数 $60 \times 65 \times 10^{-6}$ ，约为瓷的十倍），吸收反应热，减小体积收缩，提高某些机械性能（如耐磨性、抗压强度）和电气性能。胶粘剂中加入少量填料，使流动性适当降低，对胶接有吸水性的零件和胶面不平的零件很有实用价值。

7. 为了延长间苯二胺胶粘剂的使用寿命和增加它的流动性，使操作方便，可以在这种胶粘剂中加入10%活性溶剂。

活性溶剂是一种含有环氧基的物质，它的蒸汽压很低，硬化不会有起泡的现象，所含的环氧基在硬化时能与树脂构成一体。

8. 热固性环氧树脂的刚性强，因而脆性大，冲击韧性和热稳定性低。在胶粘剂中添加热塑性高分子物质或有机弹性体等增塑性，可以改善这种性能。

9. 试验证明（表2），环氧树脂胶接除有很高的机械强度（抗拉、抗折强度）外，密封性能良好，电气强度也相当高，冲击韧性虽然不高，但与电瓷相比高了3~5倍。

10. 表3记录了各种短期老化后的断裂强度，可以看出我们使用的胶粘剂，经得起冰冻热交换，热油和高溫（90℃）长期作用。抗热水性能较低是环氧树脂胶的缺点，但实际运行并不会遇到这种条件；如胶接的GA-10支柱附件（表1），蒸煮150小时后，抗弯和抗拉断裂仍在瓷件部分。

表1 用环氧树脂胶接 OA-10 支柱瓷附件的性能

胶粘剂	胶接强度, 公斤	80°C热水蒸煮 150 小时后强 度, 公斤	-50+20+80°C 热交换几次后强 度, 公斤	生产产品强度, 公斤	额定负荷, 公斤	加增塑料50%热 交换后强度, 公斤
	抗弯 抗拉	抗弯 抗拉	抗弯 抗拉	抗弯 抗拉	抗弯 抗拉	抗拉
#101 70% 顺丁烯二酸酐	500~1200	500~1250	750~2150	400~1300	370	2125~2250
二酸酐30%	1400 2300	700 1750	1400 2300	500 1400	370	

备 注 以上每次试验, 断裂均在瓷件。热水蒸煮150小时后, 浸蚀很少约1~2公厘的一圈, 强度仍决定于瓷瓶。

表2 用环氧树脂胶接的各种性能

胶 粘 剂	抗拉强度, 公斤/公分 ²	抗折强度*, 公斤/公分 ²	密 封 性 能		电气击穿强度, 千伏/公厘	冲击抗折强度, 公斤-公分/公分 ²
			常 温	120°C		
#101 70% 顺丁烯二酸酐30%	269		良好	良好		13
#101 100% 邻苯二甲酸酐35%	269		良好	良好		
#101 100% 间苯二胺15%	269	809	良好	良好	21.3	6.8
#101 100% 顺丁烯二酸酐20%	269	761			17.8	11.5

* 无接缝瓷件抗折强度范围700~720公斤/公分²。

表 3 环氧树脂胶接老化后的强度

胶 粘 剂	加 砂 或 %	硬化制度	平均断裂强度, 公斤/公分 ²									
			热老化90±5°C, 小时		抗冻-50±5°C, 小时		温 度 交 换				热水老化+80±5°C, 小时	
							-50°C +80°C 急裂8次		-50°C +20°C +80°C +20°C 急裂10次		+20°C +160°C 急裂5次	
			81	240	312	400	72	144			72	144
•101 70% 顺丁烯二酸酐-30%	10	160~170°C 3 小时	214	241	156	186	200	230	156		80.3	23
	40		220	235	195	226	267	293	320		128	56
•101 100% 间苯二胺15%	10	140~150°C 3 小时		265				195	188		157	127
	40			240				214	220		163	116
•101 100% 邻苯二甲酸酐%	10	180°C 3 小时		220				269	268		125	107
	40			210				258	193			111
•101 100% 邻苯二甲酸酐20% 顺丁烯二酸酐20%	10	170°C① 4 小时		249				211	263		155	74
	40			213							210	92
苏9A-6②70% 顺丁烯二酸酐30%	10	120°C 3 小时	181	215	225	271		271 (5次)			72	0
	40		247	279	294	286		199	159		0	0
								199	199		0	0
											358	239

① 因烘箱温度控制失灵, 温度曾达到200°C.

② 摘自文献中.

(三) 結 語

1. 通过一系列的試驗表明，用国产环氧树脂按規定的工艺胶接电瓷，可以获得很大的机械强度和足够的电气强度，具有很大的实用价值。但是用环氧树脂胶接的电瓷能否在各种条件下長期可靠的运行，还需要根据長期老化試样和运行产品試驗結果才能判定。

2. 根据实验室的試驗，可以拟訂下面几个配方，作为胶接試驗运行电瓷的胶接剂：

编号	环氧树脂(相當于ЭД-6)	硬化剂, %	瓷粉(通过#80筛)
1	70	順丁烯二酸酐20	10~20
2	100	間苯二胺14~15	10(外加活性溶剂10%)
3	10	邻苯二甲酸酐20~35	10
4	100	邻苯二甲酸酐20, 順丁烯二酸酐20	10~20

我們認為 4 号胶粘剂更适于应用。确定硬化制度：1 号胶——160~170°C，3 小时；2 号胶——140~150°C，2~3 小时；3 号胶——180°C，2~3 小时；4 号胶——160~170°C，3 小时。

3. 国产环氧树脂質量还不稳定，树脂的各项性能也未作系統的鑒定，使用部門缺乏可靠的依据。希望能够引起环氧树脂制造部門的注意。

胶接电瓷用的环氧树脂須具有下列特性●：

- (甲) 环氧基的含量 14~18 %；
- (乙) 110 °C 下 3 小时揮發物小于 1 %；

● 苏联資料：用环氧树脂 ЭД-6 胶粘剂胶接焙燒后瓷件暫行工艺規程。

(丙) 不含有氯;

(丁) 外觀: 稠液或半固体; 黃至褐色透明。

(根据电瓷研究所的試驗总结整理)

用环氧树脂胶接金屬材料的試驗

环氧树脂不仅是最新穎的具有优秀电絕緣性能及高机械强度的絕緣材料, 而且它在材料胶接工艺方法上起了重大改革。如所周知, 鉚接与焊接是金屬結合的主要方法, 但自环氧树脂应用在材料胶接、特别是金屬与金屬間胶結之后, 使結合材料的工艺方法大为簡化。

我厂于今年九月对环氧树脂在鋁金屬胶結上的应用开始进行試驗。茲将具体工作情况介紹如下:

一、材料的选择

环氧树脂对許多材料都有胶接能力, 我們采用鋁金屬作为胶接試驗的对象。鋁片的厚度是 0.8 公厘, 所用的环氧树脂的牌号是仿苏 ЭД-6 (我厂試制成功者), 其主要質量指标見表 1。

表 1

指 标 名 称	标 准	分 析 結 果
环氧基含量	14~18%	10.61%
揮發物	1%	0.59%
氯含量	无	无

通常能导致环氧树脂硬化的硬化剂有三: (1) 二胺类; (2) 多元酸酐; (3) 各种树脂。我們在試驗时所采用的硬化剂

为順丁烯二酸酐。

二、鋁件的表面淨化处理

鋁件表面淨化处理的好坏直接影响胶接件結合处的强度。我們处理的方法是，首先擦去鋁件表面的油污，然后浸入由下列物質所組成的溶液內：

濃硫酸（比重（1.82）.....24份（重量）

重鉻酸鉀（ $K_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$ ）.....7.5份（重量）

水.....77份（重量）

鋁件在此溶液內浸1小时左右取出，用水冲洗干淨，在70~90℃烘箱內干燥。如鋁件表面过分不潔，在淨化处理之前先用細銼或砂紙將表面打光后再行处理。

这样处理过的鋁件在24小时内施工（实际上，处理后立即进行胶接）。

三、树脂与硬化剂的掺和

树脂与硬化剂掺和的方法是：將定量树脂加于燒杯內，再加入定量硬化剂（順丁烯二酸酐的数量为树脂重量的50%及100%），然后在100℃左右的溫度下使之熔化均匀即可。

这样掺和好的树脂冷却之后，順丁烯二酸酐有自树脂中析出的現象；發生此現象时，重新加溫后再使用。

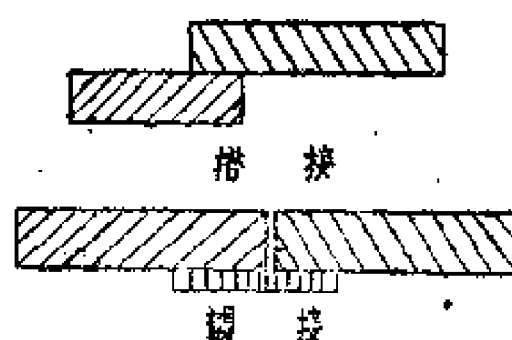
含順丁烯二酸酐50%的环氧树脂，在常溫下我們作过为期十天的儲存試驗，經過此期間后树脂并未硬化。

四、試件的胶接

待树脂加入硬化剂、鋁件已淨化处理过后，即可开始胶接。

此次我們膠接的方式為：將鋁件搭接與襯接，如下圖所示：

試樣塗膠層的厚度均為 0.1 ~ 0.2 公厘。塗好膠後首先在 70 ~ 80 °C 預烘半小時，然後再根據試驗目的不同，在一定溫度下烘焙一定時間。



五、在不同硬化條件下所得試樣的質量

1. 硬化條件相同、硬化劑（順丁烯二酸酐）含量不同，對鋁件接點強度的影響：

表 2

	硬 化 條 件	剪斷強度，公斤/公分 ²
硬化劑含量 50% 者	120 ~ 130 °C，保持 2 小時	110
硬化劑含量 100% 者	120 ~ 130 °C，保持 2 小時	150

試樣狀況：兩鋁件搭接，搭接面積 2 ~ 3 公分²。

2. 溫度一定，硬化劑含量相同，硬化時間對鋁件接點強度的影響：

表 3

硬 化 條 件	剪斷強度，公斤/公分 ²
120 ~ 130 °C，保持 2 小時	110
120 ~ 130 °C，保持 4 小時	130

試樣狀況：兩鋁件搭接，搭接面積 2 ~ 3 公分²，硬化劑含量占樹脂重量的 50 %。

3. 時間一定，硬化劑含量相同，溫度對鋁件接點強度

的影响。

表 4

硬 化 条 件	剪断强度, 公斤/公分 ²
120~130°C, 2 小时	110
170~180°C, 2 小时	200

试样状况: 两铝件搭接, 搭接面积 2 ~ 3 公分², 硬化剂含量占树脂重量的50%。

4. 硬化条件相同, 铝件结合方式(榫接与搭接)不同对接点强度的影响:

表 5

铝件结合方式	硬 化 条 件	剪断强度, 公斤/公分 ²
搭接	110~120°C, 2.5小时	110~120
榫接	110~120°C, 2.5小时	110~130

试样状况: 铝件接触面积均为 1 公分², 硬化剂含量占树脂重量的50%。

5. 硬化条件及硬化剂含量相同, 搭接面积大小对接点强度的影响:

表 6

铝件搭接面积, 公分 ²	剪断强度, 公斤/公分 ²
1	170
2	140
3	115

六、初步結論

通过上述試驗, 得出下列初步結論:

1. 就順丁烯二酸酐而言, 硬化剂在一定範圍内过量, 对

接点强度无有害影响。

2. 硬化温度相同（并且在较低温度下）的胶接件，保持較長的时间对接点强度无不利影响。

3. 硬化在較高的温度下（如表 4 所列的硬化条件），可使剪断强度有所提高。

4. 鋁件的胶接方式（搭接与襯接）对接点强度无何影响。

5. 鋁件的搭接面积对剪断强度有影响，接触面积愈大，其强度愈小。

（根据哈尔滨絕緣材料厂新产品介紹）

不飽和聚酯热彈性胶

（一）不飽和聚酯热彈性胶的制造

不飽和聚酯是由不飽和基的二元酸（如順丁烯二酸酐）和二元醇（如乙二醇）起反应而形成的。

为了使聚合树脂的彈性增加，可加入各种飽和酸，如邻苯二甲酸酐、己二酸、癸二酸等；同时也可以添加改良剂，如各种脂肪油酸（如蓖麻子油）。这样得到的树脂粘度小，流动性好，硬化后共聚体更富有彈性。

1. 不飽和聚酯的制造方法 順丁烯酸酐与乙二醇的克分子比例为 1:1，并以适量的蓖麻油改良。将上述原料依次加入反应器中，开始加热至 100°C ，即通入保护氮气和开动攪拌馬达。使反应在 160°C 下保持 1 小时，然后升温至 200°C ，繼續反应直到树脂的酸价不大于 20 毫克 KOH 为止。在氮气保护下冷却至 80°C 左右，即可出料。树脂为黄色至深褐色

的粘稠液体。

2. 院 *107 热弹性胶的制备 我院试制的*107、*108热弹性胶，是仿照苏联 KPMC-1、KPMC-2 热弹性胶制造的。它是用不饱和聚酯树脂在常温下溶解于苯乙烯（或其他乙烯基单体）制成的液体。在加热或不加热及催化剂的作用下，起共聚反应，而形成三度空间结构的热硬性树脂。

共聚反应的催化剂，高温硬化的可用氧化二苯甲酰，也可以加入促进剂，例如用芳香族胺类等。共聚反应在室温即可迅速进行。为了使树脂溶解在苯乙烯中所成的漆液便于贮存，还应加入适量的稳定剂对苯二酚。

*107胶液的配制是树脂与苯乙烯为 1:1，加总量 1 % 的过氧化二苯甲酰及 0.5 % 的对苯二酚，使完全溶解，并存放在低温（20℃）下，隔 24 小时后即可应用。

我院也曾制得*108热弹性胶，制造方法基本同上。

（二）不饱和聚酯树脂热弹性胶的性能

不饱和聚酯树脂溶解在苯乙烯中所配制成的液体，为淡黄色至深褐色，B.-4 粘度 20℃时为 20~40 秒，故具有很高的浸渍性能。我们会根据 OCT HKTH 1726 测定漆的浸渍能力，结果两种胶液的浸渍能力均在 70 层以上。

热弹性胶宜放在低温条件下，一般在 25℃下存放 10 天后，粘度就开始有所增加，已大于 B.-4 20℃ 40 秒的极限，颜色也由淡黄色变为深黄褐色。但如放置在低温如 10℃左右的条件下，则保存一月以上尚没有任何粘度和颜色的变化。

固化后的热弹性胶具有很优良的介电性能及机械性能。

性 能		指 标	
		#107	#108
击穿强度, 千伏/公厘		27.0	26.5
体积电阻系数, 欧·公分		7.1×10^{14}	5.5×10^{14}
介質損失角正切 20°C 50 周		0.0273	0.0387
介質常数, 20°C, 50 周		3.43	3.65
样品在 25°C, 95 ±3% 相 对湿度 处理 48 小时后	击穿强度, 千伏/公厘	30	20
	体积电阻系数, 欧·公分	1.6×10^{13}	1.8×10^{13}
	介質損失角正切, 20°C, 50 周	0.0347	0.0389
	介質常数	3.0	4.1
冲击强度, 公斤·公分/公分		8.55	6.95

性能指标如上:

样品的硬化规程是在 65 °C 的烘箱中, 經 30 分鐘升至 80 °C, 再于 30 分鐘內升至 85 °C, 然后在 15 分鐘內升至 90 °C, 此时树脂應該固化。然后在 40~50 分鐘內升至 120 °C, 并保持 6 小时, 以使树脂更进一步的凝聚。最后自行冷却即可。

从上表中可以看到, 胶的耐湿性能甚好, 耐寒性为 -60 °C 时胶的表面不会开裂。故用这种胶絕緣的电机电器可以在 -60 °C 及 120 °C 的环境下長期工作, 或在这个溫度範圍內驟变的情况下, 对絕緣性能沒有多大的影响。

用鋁或鋼做为灌注胶成型的模具是很好的。由于胶对金屬也有粘着力, 故应塗以脫模剂。但不能用銅做模具, 因为銅是树脂共聚反应的阻滯剂; 当胶进行硬化时, 即腐蝕生成銅綠, 使胶變得很粘, 且不能硬化。同时我們也曾發現用鋅也是不好的, 硬化胶的表面易生成白色顆粒状物。

灌注胶在硬化时有收縮現象产生, 其收縮率約为 10 %。同时在进行聚合反应时, 如与空气中的氧接触, 能使胶的表

面發粘，故在硬化过程中应設法使树脂表面与空气隔絕。一般用透明紙或聚乙烯醇薄膜（均为不透性的薄膜）把树脂表面复盖，或用油来避免与空气接触。

灌注胶在硬化时会放出大量的热，使内部溫度升高，而使聚合物开裂。同时灌注胶的热綫脹系数为 1°C , $50\sim 100 \times 10^{-6}$ ，超过金屬的 $5\sim 6$ 倍，因而有發生开裂的可能性。因此，灌注胶的固化过程应很好地掌握。一般是严格控制固化時間、溫度，以及調节催化劑、穩定剂的用量。另外，也可以加入填料（如石英粉、云母粉、氧化鋁等），以增加其导热性，降低热綫脹系数，并可减少收縮性 $2\sim 3$ 倍及在共聚反应时的放热量，因而可避免胶固化时的开裂現象。但加入填料后，使介質損耗增大，耐溫性变坏；对介电性能也有很大影响，如下表所示：

*107	100 (重量比)
石英粉（細度为60孔）	185 (重量比)
体积电阻系数, 欧·公分	1.4×10^{14}
击穿强度, 仟伏/公厘	25
介質損失角正切	0.03
介質常数	3.8
相对溫度 $97 \pm 2\%$, 25°C 經 48 小时后:	
1) 介質損失角正切	0.04
2) 体积电阻系数, 欧·公分	1×10^{13}

(三) 不飽和聚酯热彈性胶的应用

不飽和聚酯热彈性胶适用于湿度和溫度急剧变化 ($-60\sim 120^{\circ}\text{C}$) 条件下的电訊及电力器材的絕緣。*108 灌注胶較适宜于各种电机电器部件的灌注絕緣用，因为它在硬化后具有

良好的彈性，不易開裂。

用它做為各種綫圈的浸漬膠時，一般還是在真空下處理，以使浸透性更好一些。做為整體灌注絕緣時，不必經真空處理。但要嚴格遵守硬化工藝規程，否則很易使膠開裂，而造成廢品。

不飽和聚酯在共聚反應後，就能形成不溶不熔的固體，在固化過程中，沒有任何揮發性的溶劑或其它生成物分離出來，因此，不但浸漬性能好，而且電機電器的部件經過浸漬處理後能夠充分填滿，沒有孔隙現象。同時在物理、化學、電氣性能方面也是很優越的，在應用工藝上也很簡便。因此這種熱彈性膠的應用是非常廣泛和應大力推廣的。

(電器科學研究院 劉淑辰)

粉云母絕緣材料

一、前 言

云母是經久耐用的天然電工絕緣材料，由於它有高貴的性能，如電氣性能好、耐高溫、耐化學腐蝕、有彈性等等，至今在高級絕緣材料中還沒有別的材料可以代替它。但因云母天然資源較不豐富，原礦的利用率低（一般為7~8%左右）；又因云母的開采和加工是以手工操作為主，勞動效率很低，以致價格昂貴，所以大量生產云母絕緣材料是比較困難的。許多國家因云母供不應求，乃積極的研究云母代替品。由於這些情況，自1934年以後，各國先後開始對倖廢云母利用的研究，發展成一系列的粉云母絕緣材料。

生产粉云母絕緣材料有很多优点：首先，制造普通云母制品时，原材料的剝制、貼制都是由手工操作的，劳动生产率低，而制造粉云母紙时，从煨燒到制浆造紙，整个工艺过程可以机械化或自动化生产。制造普通云母制品与粉云母制品所消耗工时的比为100:1。虽然后者生产时消耗一些化学藥品和电能，但到底經濟得多。

第二，云母原矿經過选矿、加工到剝制后，利用率仅达7~8%。制造粉云母制品可以利用一切碎廢材料，因而使云母原矿的利用率提高到90%以上。

粉云母制品的技术特点很多，可归納为以下三点：

1. 粉云母紙厚度均匀，因此制成的粉云母制品，无论厚度或胶粘剂的分布，都可以高度的均匀。这一点是云母絕緣材料的一个重要質量指标；

2. 电气强度較普通云母制品为高；

3. 具有普通云母制品所沒有的其他高貴的机械性能。

在各种应用上，粉云母制品具有下列优点：

粉云母板状材料，如整流子粉云母板，具有較高的抗压强度，在高温高压的作用下不会有云母片的滑出和胶粘剂流出的危險。在冲剪面积較小的垫片时，不会起層或破裂。它的硬度較小，与銅片的磨損一致，可避免直流电机整流子与碳刷接触不良而影响寿命。

整流子粉云母板的收縮率略大于普通云母板，这是它的缺点，但对其应用影响不大。

粉云母片状材料同样具有高度的厚度均匀性，在包匝繞圈或零件的尖角时，較普通云母片状材料更不容易凸起。作为繞圈絕緣时，表现出結構紧密，尺寸精确，击穿强度較高，

介質損失較小。柔軟粉云母板較普通柔軟云母板更為柔軟，更適合於製造電機綫槽形狀的絕緣體，這種材料造成套筒絕緣時很致密，溫度的變形極小。

值得特別提出的是，應用環氧樹脂胶粘的粉云母板和柔軟的粉云母片、帶子等，更能提高其機械強度和電氣強度；在加熱後，樹脂聚合，可以粘結成堅硬的材料。在半聚合下的材料有可塑性和柔軟性。環氧樹脂對金屬的粘著性強，裝配直流電機整流子時性能穩定，在高壓力和高溫作用下無胶粘劑流出。環氧樹脂塑型粉云母板，可用作直流電機整流子V形環、槽絕緣和電樞絕緣，甚至可以做牽引電機的槽絕緣。環氧樹脂的粉云母箔，作為高壓定子綫圈絕緣時，有很高的絕緣強度。

此外，還可以利用粉云母漿與樹脂混合壓制成各種形狀的零件（棒、管及不規則形狀的各種零件），作為無線電機絕緣零件；加入硅有機樹脂的粉云母漿，可以與電阻絲一起作為發熱元件等等。

國外對粉云母絕緣材料的研究也很注意。在1950年前，蘇聯、捷克、民主德國以及幾個資本主義國家，已經先後利用碎廢云母造紙獲得成功，其中有的業已投入工業生產（包括粉云母紙及其制品）。

1956年，蘇聯電工部在莫斯科“ИЗОЛИТ”絕緣廠設立了一個全部自動控制的流水綫車間，生產粉云母紙。全蘇電工研究院及各絕緣廠中央試驗室，曾對粉云母制品與云母制品進行了系統的比較試驗，得到了重要的結論。

民主德國在1952年已大体上完成試驗室的研究工作，1955年正式開始了工業生產。他們在工作中突出之點，是利

用环氧树脂粘粉云母板，柔软粉云母板及带，因而使粉云母制品的电气、机械性能大大提高。此外他们还直接在粉云母浆中加入树脂，压制出各种形状的零件及耐热零件。

法国在1936年开始研究粉云母制品，1949年投入工业生产。

美国在这方面工作开始得较晚，但也曾做了不少研究。他们制成的粉云母制品也有一些特出之点。

我国的云母资源很丰富，但要在短时期内大量开采有一定困难，同时现有的云母矿利用率还很低，浪费很大。因此大力发展和推广生产粉云母制品，是我们当前的一项重要任务。

自1957年6月，电器科学院与哈尔滨、西安两绝缘厂合作，在轻工业部制浆造纸研究所的协助下，进行了粉云母纸的试制工作。经过半年时间，找出云母的热化学处理条件，确定了云母原材料规范（包括云母种类、厚度及块度大小），并进行了几种造纸法的比较试验，同时还对制浆造纸设备进行选择试验。1958年3月，电器科学研究所与北京燕京造纸厂协作进行了扩大生产试验。目前该厂已有二台造纸机投入生产，另外一台正在施工；以后，又与哈尔滨绝缘厂合作进行粉云母制品的研究，试制出了多种粉云母制品，质量也达到世界先进水平。但目前粉云母绝缘材料的产量尚很小，远不能满足电机工业大跃进的需要，这是希望引起有关方面注意的。

二、粉云母纸的制造方法

目前，制造粉云母纸有二种方法：一般酸碱法，另一是

硫酸鈉法。

酸鹼法 把碎廢云母加熱至 800°C ，煨燒 20~30 分鐘後，乃將紅熱的云母迅速投入蘇打 (NaCO_3) 溶液中，用蘇打溶液把云母內部的气体置換出來。然後放到鹽酸 (HCl) 或硫酸 (H_2SO_4) 溶液中。酸與鹼在云母結晶層片間反應，放出大量的气体 (二氧化碳)，使云母激烈膨脹，達到原來厚度的几十倍以上，云母變得很柔軟。然後進行洗滌，攪拌制成漿，供造紙機造粉云母紙。由於云母漿與一般纖維材料不同，造紙設備及製造工藝應予以適當改變。

碳酸鈉法 把煨燒後的云母投入碳酸鈉 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 溶液中，繼續加熱溶液，使碳酸鈉分解，生產气体，使云母膨脹變軟。利用此法可以節省生產過程中的耐酸設備。

粉云母紙的密度比天然云母小一半，它的強度視云母原材料的性質及加工工藝而定。瞬時抗張強度一般可達 2 公斤/公厘²。粉云母紙浸水後溶為紙漿。一般加入樹脂 (硅有機，三聚氰胺樹脂等)，可以提高粉云母紙的抗水性和抗張強度。

電器科學研究院曾對云母紙的製造工藝進行過一些研究[●]，得出以下幾點結果供大家參考。

一、云母的煨燒：

煨燒溫度 ($^{\circ}\text{C}$) 760~800

煨燒時間 (分) 25~30

二、化學處理條件：

鹼的濃度 (%) 3~4

鹼處理時間 (分) 5~10

● 參閱 [電工技術] 1958 年第二期 [粉云母紙製造的初步研究]。

酸的濃度 (%)1.5~2.0

酸處理的時間 (分) 30~40

洗滌 (次數)2~3

三、制漿造紙工藝:

1. 用漿葉式攪拌器, 以 100~150轉/分的轉速進行制漿, 云母呈細小的鱗片狀, 面積不大於 3×3 公厘。
2. 云母漿的濃度為2~3%, 供造紙用。
3. 粉云母紙在汽缸上的溫度為70~90°C。

三、製造粉云母製品的基本方法●

用粉云母紙作基本原材料, 以多元酸樹脂漆、虫膠漆, 瀝青漆及硅有機漆作為膠粘劑。在製造各種類型的粉云母製品時, 不需要特殊的准备工作, 只須把受潮濕的粉云母紙干燥即可以進行刷膠、烘干、壓制等工藝。在整個工藝過程中, 應注意防止外來雜質侵入粉云母製品中。

製造粉云母製品用的多元酸樹脂、虫膠等, 均應在室溫($25 \pm 5^\circ\text{C}$)下進行溶解配制。如有不溶解之物, 應當過濾除去。工作開始, 先按需要配制成一定濃度的膠粘劑。膠粘劑的濃度對粉云母製品的樹脂含量影響很大, 因此每當工作之前應當特別注意檢查膠的濃度。

一、刷膠工序 製造粉云母製品時, 可以跨越貼制工序, 直接刷膠、烘干、壓制等等。根據各種粉云母製品的性質不同, 它所用的膠粘劑的種類濃度及刷膠工藝也有不同, 一般有以下兩種方法:

● 各種產品製造工藝及技術條件不詳細介紹, 如有需要請向電器科學研究院索取。

1. 手刷法：制造整流子、襯垫、塑型粉云母板及粉云母箔时，用手刷法进行；

2. 自动上胶法：制造粉云母带或柔软粉云母板等等。

用手刷法制造粉云母制品时，先将粉云母纸放在薄而坚韧的纸上。粉云母纸要平整的放好，在其表面上均匀的涂刷上一层胶。胶的浓度要根据粉云母制品的性质而定，如整流子粉云母板用漆的浓度为7~8%，其他各种制品用漆的浓度均为25~30%。塑型粉云母板用云母片补强时，云母片要以三分一搭边法在两个表面上贴片，这样可以保证塑型粉云母板的厚度公差。如用玻璃布作补强材料时，应注意玻璃布放得平整，不允许有折叠的地方。

用自动上胶法生产粉云母制品时，工艺过程比较简单，主要把胶配好，用B3-4 测量胶的浓度，在浓度为16秒。把该浓度的胶装入上胶槽内至半满以上。把MK-粉云母（云母带被强的粉云母纸）放在云母带贴制机上，自动进行上胶，上过胶的上下两层粉云母纸互相粘合起来，通过干燥滚筒干燥后，卷制并切割成规定宽度的粉云母带。柔软粉云母必须经过压制。

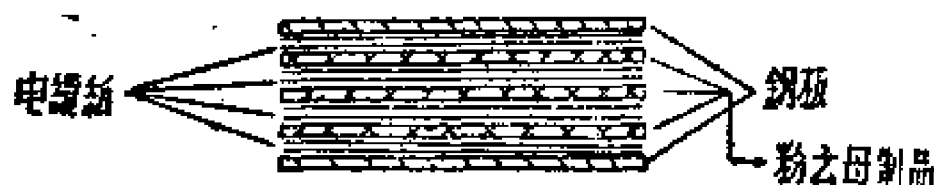
二、烘干工序 刷胶过后，粉云母纸应当立即烘干。一般在蒸汽烘箱内进行，干燥温度为100~120℃，时间为10~20分钟。当粉云母薄片在室温下不柔软为止。

柔软粉云母板的干燥则完全不同了，要保证除掉一部分溶剂，又要保证具有柔软性。最好采取低温长时间干燥法进行，待粉云母薄片不粘手为止。

三、压制工序 在压制之前，先将刷过胶的粉云母薄片放在工作台上，把有严重缺陷粉云母薄片选出去，其余的按

照粉云母制品要求厚度叠合在一起，成为一叠，并襯上电纜紙或者帆布、銅絲網等。凡叠重合起来塞进压机内进行压制：

1. 装料：按下圖进行。每層可以放 3~5 層粉云母制品。



2. 預热：为了使树脂充分的聚合，需要在压制溫度下进行預热，使热固性树脂能有相当大的濃度，在加压时不至有大量的胶流出或滑动。整流子云母板預热温度为 $150\sim 160^{\circ}\text{C}$ ，时间为 30 分鐘；柔软粉云母板为 $100\pm 10^{\circ}\text{C}$ ，时间为 20 分鐘。

3. 压制：根据粉云母制品的性質决定压制溫度、时间及压力。

整流子粉云母板的压制，当温度为 $160\sim 180^{\circ}\text{C}$ 时分三次压制：

第一次压制：压力为 65公斤/公分^2 ，經過 30 分鐘；

第二次压制：压力为 180公斤/公分^2 ，經過 30 分鐘；

第三次压制：压力为 500公斤/公分^2 ，經過 30 分鐘。

塑型粉云母板，当温度为 $120\sim 140^{\circ}\text{C}$ ，單位压力为 20公斤/公分^2 时，保持 5 分鐘。

柔软粉云母板，当温度为 $70\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，單位压力为 20公斤/公分^2 时，保持 5 分鐘。

4. 冷却加工：

冷却到室溫卸料，校正厚度，切去边緣，进行檢查及驗收試驗。

四、各种粉云母制品主要技术指标

1. 整流子粉云母板 整流子粉云母板是用粉云母紙代替云母片，以虫胶或多元酸树脂等漆作为胶粘剂，用刷或噴霧器在粉云母紙的表面上均匀的塗刷上一層漆，加热烘干，然后将若干層叠合起来在加热状态下压制成板状材料。

1. 整流子粉云母板的牌号和厚度：

牌 号	厚 度 (公厘)	厚度公差	胶 粘 剂 种 类
KCF	0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 1.0; 1.2	±0.03	多元酸树脂漆
KCIH			虫胶漆
KCK		±0.04	硅有机漆

2. 胶含量不应超过11%。

3. 收縮率：整流子粉云母板当温度为20℃增加压力为600公斤/公分²时及压力为600公斤/公分²增加温度由20到160℃时，收縮率不应大于9和2.5%。在收縮率試驗时，不許有云母胶着物質流出。

4. 整流子粉云母板不应有导电物質。厚度为1.5公厘的粉云母板在不低于7千伏/公厘耐压試驗时，不应被击穿。

5. 整流子粉云母板电气强度不低于18千伏/公厘。

6. 整流子粉云母板起層率不大于5%。

2. 襯垫粉云母板 襯垫粉云母板是由粉云母紙作原材料，以虫胶漆或硅有机漆等作为胶粘剂，在加热状态下压制成的板状材料。

1. 襯垫粉云母板云母的厚度由0.5到2.0公厘，允許厚度公差为±15%。

2. 胶含量不大于10%。

3. 粉云母板的起層率不大于5%。

4. 电气强度不低于18千伏/公厘。

3. 柔软粉云母板 是用MK-粉云母紙[●]和純粉云母紙作原材料,以油改良的多元酸树脂漆、441 瀝青漆或硅有机漆作为胶粘剂(用自动上胶法均匀塗刷),加热压制成的一种片状材料。

它在冷的状态下有柔软性。

1. 柔软粉云母的牌号、厚度及允許厚度公差:

牌 号	厚 度(公厘)	允許厚度公差	胶 粘 剂 种 类	补 强 材 料
ГСО	0.15; 0.2; 0.25 0.3; 0.4; 0.5	±0.03 ±0.05	油改良多元酸树脂漆 441 和硅有机漆	MK 紙和玻璃布
ГЧО				MK 紙和玻璃布
ГКО				MK 紙和玻璃布

2. 柔软粉云母板应为長方形,沒有刺穿的孔和杂质。在板表面上的云母帶紙可以有皺紋,起皺处的厚度应在允許厚度公差范围之內。柔软粉云母板不应有脫落的現象。

3. 柔软粉云母板的云母、胶着物質及揮發物含量百分数应符合下表:

牌 号	含量百分数(%)		
	云母, 不低于	胶 着 物 質	揮發物, 不大于
ГСО ГЧО ГКО	4.5	15~30	5

4. 柔软粉云母板应具有以下特性:

A. 在冷的状态下有柔软性;

● 用MK(云母帶)紙粘着湿的粉云母紙在造紙机上直接制出兩層构造的紙。

Б. 从制造厂出厂后, 在 60 天内保持柔软性。

5. 平坦, 电气强度应符合下表:

牌 号	平均电气强度不小于(千伏/公厘)	
	0.15公厘	0.20~0.50公厘
ГСО	15	25
ГЧО		

4. 塑型粉云母板 用純粉云母紙代替天然云母片, 以虫胶漆、多元酸树脂漆或硅有机漆作为胶粘剂, 均匀的塗刷在粉云母紙的表面上, 然后加热烘干, 貼补强材料, 加热压制成为板状材料。它在加热的状态下有可塑性。

塑型粉云母板分三类: 一种是无任何补强材料; 一种是用玻璃布或云母用紙补强的; 另一种是用云母片作补强材料(称为特种塑型粉云母板)。

1. 塑型粉云母板牌号、厚度、允許厚度公差:

牌 号	厚 度	厚度公差	补 强 材 料
ΦСГ; ΦСШ; ΦСК	0.15; 0.25	±0.03	— 玻璃布或МК紙 云母片(6#)
ΦСГО; ΦСОН; ΦСКО	0.30; 0.4		
МСГ; МСШ; МСК	0.5; 0.6		

表中字母的意义: Φ—塑型粉云母板; С—粉云母紙; Г—多元酸树脂漆; Ш—虫胶漆; К—硅有机漆; М—云母。

2. 塑型粉云母板的云母、胶着物、揮發物含量百分数見下表:

牌 号	含量百分数(%)		
	云 母 不 小 于	胶 着 物	揮 發 物
ΦСГ; ΦСШ; ΦСК	85~70	15~30	1
ΦСГО; ΦСШО; ΦСКО	40	15~35	1
МСГ; МСШ; МСК	40	15~35	1

3. 塑型粉云母板当加热到 $70\sim 90^{\circ}\text{C}$ 时, 可以成型为下列形状:

当厚度不大于 0.5 公厘时, 成型为管; 而大于 0.5 公厘时, 成型为圆柱。

4. 塑型粉云母板出厂后, 在 3 个月内保持在加热的状态下, 具有可塑性。

5. 电气强度:

牌 号	塑型粉云母板的厚度(公厘)		
	0.1~0.15	0.20~0.50	0.5~1.0
	平均电气强度(千伏/公厘)		
$\Phi\text{C}\Gamma$; $\Phi\text{C}\Pi\text{H}$; $\Phi\text{C}\text{K}$	30	40	30
$\Phi\text{C}\Gamma\text{O}$; $\Phi\text{C}\Pi\text{H}\text{O}$; $\Phi\text{C}\text{K}\text{O}$	30	40	30
$\text{M}\text{C}\Gamma$; $\text{M}\text{C}\Pi\text{H}$; MCK	20	30	20

5. 粉云母箔 粉云母箔的制造、性质、用途与塑型粉云母板相近, 它主要以电话纸其次以玻璃布作补强材料的一种绝缘材料。

1. 粉云母箔厚度及厚度公差如下表:

牌 号	厚 度(公厘)	厚 度 公 差
$\text{C}\text{C}\Gamma$; $\text{C}\text{C}\Pi\text{H}$; CCK ;	0.15; 0.20	± 0.03
	0.25; 0.30	
$\text{C}\text{B}\Gamma$; $\text{C}\text{B}\Pi\text{H}$	0.30; 0.40;	± 0.03
	0.50	

表中字母的意义: C—粉云母箔, 第一个 C—玻璃布; Γ —多元酸树脂漆; Π —虫胶漆; K—硅有机漆; B—电话纸。

2. 粉云母箔当温度为 $70\sim 90^{\circ}\text{C}$ 时, 有可塑性。

3. 平均电气强度:

牌 号	电气强度(仟伏/公厘)	
	平 均 值	最 小 值
ССГ; ССНГ; ССК	10	8
СБГ; СБН	12	10

6. 粉云母带 用MK-粉云母紙和純粉云母紙作原材料, 以油改良多元酸树脂漆、441 瀝青漆或硅有机漆作为胶粘剂, 粘合MK-粉云母紙与玻璃布, 在云母带貼制机上連續生产成單面或双面补强的各种形式的粉云母带。

1. 粉云母带的牌号及厚度:

牌 号	厚度(公厘)	胶 粘 剂 种 类	补 强 材 料
ЛС ₁ ЧБ	0.08和0.10	441瀝青漆	一面MK紙
ЛС ₁ БС ₂	0.13和0.17	改良的多元酸树脂漆	双面MK紙
ЛС ₁ С ₃ К	0.13	硅有机漆	玻璃布
ЛС ₁ БС ₃ К	0.17	硅有机漆	一面MK紙另 一面玻璃布
ЛС ₁ БС ₃ Ч	0.20	硅有机漆	一面MK紙另 一面玻璃布

2. 粉云母带不应有杂质和刺穿的孔; 表面上允許有气泡, 但不得超过粉云母带总面积15%。

3. 云母含量不小于40%。

4. 粉云母带在冷的状态下有柔軟性, 在出厂 60 天内应保持可撓性。

5. 平均电气强度:

牌 号	平均电气强度, 不小于, 仟伏/公厘
ЛС ₁ ЧБ	18
ЛС ₁ БС ₂	18
ЛС ₁ С ₃ К	15
ЛС ₁ БС ₃ К	20
ЛССБС ₃ Ч	20

五、結 語

粉云母制品在世界各国还是一种新的絕緣材料，無論在經濟上或者技術上都有特殊的意义。不难想像，云母制品的發展趨勢是向着粉云母制品方向發展的，粉云母制品將部分或大部分代替天然云母制品。

到目前为止，苏联、德国及一些資本主义国家已有整流子粉云母板、塑型粉云母板及柔軟粉云母板应用到电机結構作为絕緣材料，但这种材料应用于电机电器上积累的經驗和資料还不多，許多国家正在进行模型电机運轉試驗，可以預計粉云母制品將逐步得到廣泛的采用。我国云母資源較丰富，目前还没有进行合成云母的研究，因此天然云母的合理使用和利用碎廢云母的研究，是当前主要任务之一。

为了明年生产 900 万千瓦或更多的發電設備的需要，繼續研究和提高粉云母紙的質量，研究連續生产粉云母制品的工艺条件 and 生产設備，向全国各地大力推广云母制品新技术，是我們当前一項光榮而繁重的任务。

(电器科学研究院 張林等)

玻璃鋼板的試制介紹

北京高級絕緣材料厂最近試制成功了用玻璃絲和酚醛树脂压成的玻璃鋼板，机械强度和电气强度都很好。下面是他們的簡單制造过程。

一、制造酚醛树脂

配方：苯酚 100 公斤 甲醛 (37%) 100 公斤 氨水

(25%) 5 公斤。

制造过程：首先将苯酚放入反应桶，利用水浴进行加热，使之熔化，加甲醛进行缩合，温度为 $20\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，保持 20 分钟，加入氨水。加氨水时，要注意慢慢加，以防止过度沸腾而溢出反应桶外。氨水加完后，温度由 80°C 逐渐上升到 $95\sim 100^{\circ}\text{C}$ ，保持 20~30 分钟，视反应物发生混浊现象，呈现出缕缕黄色浊丝时，停止其反应，将反应桶移到冷水内冷却（约 10~18 小时），待树脂分层脱水后，将上层的水倒出，再将初期缩合的树脂装入反应桶直接加火反应。在温度 $105\sim 110^{\circ}\text{C}$ 下反应约 20~30 分钟，取样涂在玻璃上，见完全透明后即可出锅。出锅后的酚醛树脂要加入 15% 的酒精以稀释之。

制成的酚醛树脂的技术条件如下：

缩合速度 $160\pm 2^{\circ}\text{C}$ 125~150 秒；

游离酚 8~12%

二、整理玻璃丝 将成束的玻璃丝按横竖交叉 90° 的方向铺匀铺平，然后利用喷雾器喷上 3% 的淀粉浆，以便把玻璃丝粘合在一起，防止玻璃丝因为浸渍树脂而移动。喷过浆液后，玻璃丝呈棉絮状。送烘炉烘烤，温度 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，时间 2 小时，烘完后，水分含量应不大于 3%。

三、浸渍树脂和烘烤 将烘好的玻璃“棉絮”浸入酚醛树脂内 2 小时，用两个圆木棒挤压，将多余的树脂挤掉。然后放在木排架上送烘炉烘烤，温度为 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，时间为 2~3 小时。在 2.5 小时以后，要随时取样，测定可溶性树脂的含量，当结果为不小于 80%，挥发物含量约 5~8% 时，即已烘好可以压制。

四、压制玻璃钢板 将浸渍烘好的玻璃“棉絮”，称取一定的重量。我们试验的结果大约是每 1.2 公斤，压出的玻璃

鋼板为 $1000 \times 500 \times 1$ 公厘，但还不很稳定。

称好的玻璃“棉絮”，放到压床上，加温到 $60 \sim 80^{\circ}\text{C}$ ，第一次加压；继续热到 $80 \sim 90^{\circ}\text{C}$ ，第二次加压；再热到 $100 \sim 120^{\circ}\text{C}$ ，第三次加压。从 60° 到 120°C 连加温和加压共用时间2小时；接着继续加温到 $120 \sim 140^{\circ}\text{C}$ （共30分钟）， $140 \sim 160^{\circ}\text{C}$ （共1小时40分钟），前后共计4小时10分钟。然后冷却到 40°C 时，才取下来。所加的压力为 $30 \sim 40$ 公斤/公分²。

五、性能

抗折强度	1000~2000公斤/公分 ²
抗压强度	2000~300公斤/公分 ²
抗张强度	2000~2500公斤/公分 ²
布氏硬度	35~40
吸水性	0.8~0.6%
表面电阻	10 ¹⁰ 欧
体积电阻	10 ¹⁰ 欧
击穿电压	10千伏/公厘

（北京绝缘材料厂）

土法制造粉云母纸

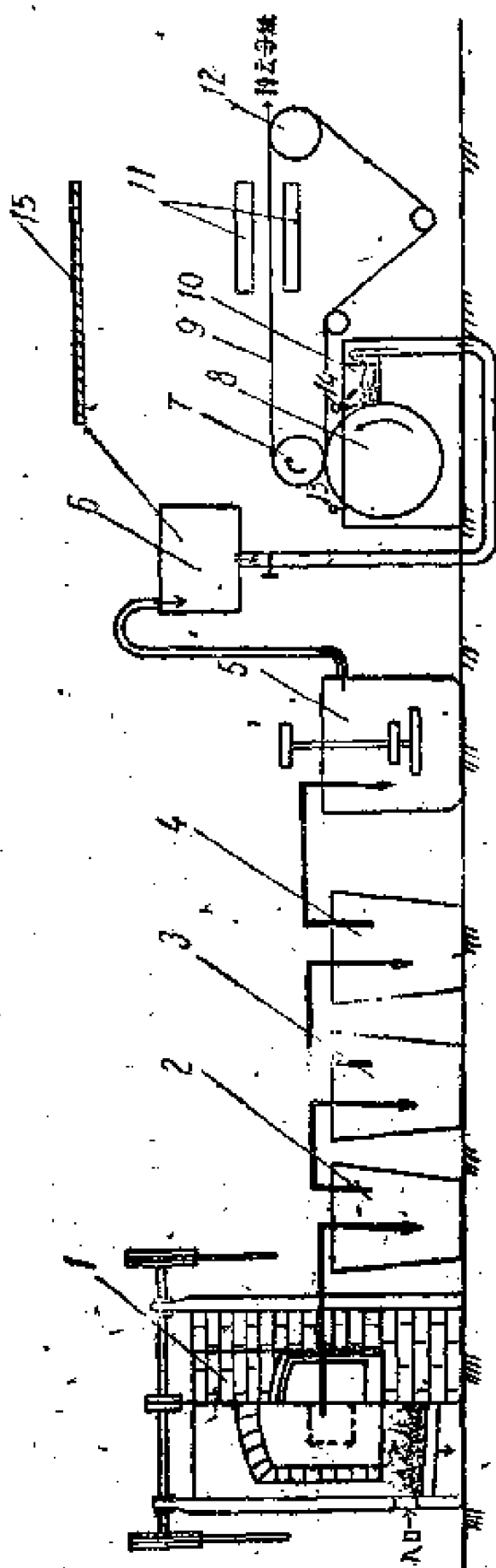
粉云母纸是一种新型绝缘材料，世界各国投入生产也只有几年历史。粉云母纸最大的优点是能够利用碎屑云母代替大片云母，解决了电工用大片云母的供不应求的问题；并且在不增加工人的条件下使生产云母绝缘材料的速度提高100倍左右。为着满足我国机电工业大跃进对云母制品的迫切需要，大力推广粉云母纸的制造是一件刻不容缓的事情。

粉云母纸涂刷以各种绝缘漆，经过粘贴热压，可制成这种板状、片状、带状的绝缘材料。

我国云母资源丰富，几乎每省都有矿藏（质量好坏不等）。因此按照党中央土洋结合，遍地开花，全民办工业的方针，大力推广粉云母纸的土法制造，则短期内就可为国家提供大量的云母绝缘材料。

我院经过半年多的探索，参考苏联资料把原来自动化生产粉云母纸的流水线作了工艺上及设备上的简化及修改，初步确定下面土法生产粉云母纸的工艺过程。

加工成面积为1~25平方公分、厚度为0.5~2公厘的碎废白云母片，经去除泥土、杂质后放到土砌小窑中（注一），大约在740~800°C左右煨烧半小时（注二）。缸



1—粉云母罐；2—压滚；3—圆钢滚筒；4—圆钢滚筒；5—水洗陶瓷缸；6—打浆搅拌木桶；7—压滚；8—圆钢滚筒；9—泥布带成帆布带；10—浆槽；11—烘箱；12—烘干设备；13、14—水喷嘴（加水调节湿度；15—土法造纸的筛网和铁板。

热的云母立即投入圖中所示的陶瓷缸2或木桶中，缸中盛土鹼溶液（鹼与水的重量比約为4:100）。浸漬約10分鐘，用帶孔的大勺撈出，然后放入濃度約3%（水重比硫酸重=100:3）（注三）的硫酸溶液中，泡浸約30分鐘。此时云母層片中的鹼与酸起化学作用，發生出大量的气体，使云母片大大膨脹變軟如棉絮状，并浮在溶液的面上。撈出云母片并冲去多余的酸液，再放入陶瓷缸4中，以大量的水冲洗澈底除去酸液。然后用布袋或其他篩具，滤去水分，留下的云母浆放入木制打浆桶5中攪拌；打浆桶中裝有攪拌浆，由木杆釘上長方形浆叶制成，每分鐘約轉150轉，可由畜力或电动机帶动。鱗片状的云母被攪碎至一定的細度（顆粒在1平方公厘至3平方公厘）（注四）。然后取出在圓網造紙机（圖中6至12）中抄制成的0.4公厘的粉云母紙，或者如土法造紙（以長方形的篩網墊以木板撈出一層紙浆后晒干）来制粉云母紙。整个制造过程可以采用流水作业方法下不断生产。盛酸容器中的酸液不断被鹼液中和消耗，需要随时补充濃的酸液，使容器中的酸液經常維持上述的濃度。制成的粉云母紙应具有一定的机械强度，一般能用手整張拿起来而不破碎者为合格，同时厚度需要均匀。每張粉云母紙夹以厚紙叠起，这样即可装箱运输。

注一：煨燒云母可用燒陶瓷或玻璃器的小窖，每30分鐘至少要攪拌1次，使受熱均匀。

注二：如沒有热电偶測量溫度，可觀測云母片剛被燒至紅熱為度，煨燒良好的云母冷后应呈乳白色；如果透明或變黃變脆，則系煨燒不足或過火的象征。

注三：或用鹽酸代替。

注四：漿粒過大過小，均使粉云母紙的机械强度減小。

（电器科学研究院 云母組）

土法制造环氧树脂的原料——

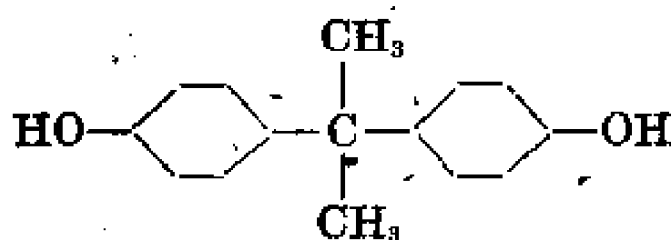
二酚基丙烷和环氧氯丙烷

二酚基丙烷和环氧氯丙烷的土法生产，是在环氧树脂急需生产供应的情况下提出的。由于我厂也是初次搞，而时间又很匆促（其中环氧氯丙烷尚未试生产），因此这份资料只能供大家工作时参考。

一、二酚基丙烷

1. 产品性质：

二酚基丙烷的分子结构式为：



分子量：228×3；水分含量：3%以下。

熔点：纯品153°C；环氧树脂用：145°C。

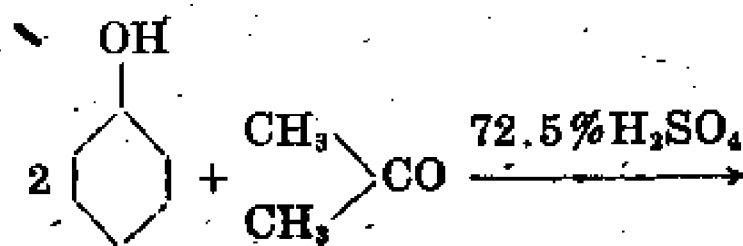
外观：白或淡黄色粉状。

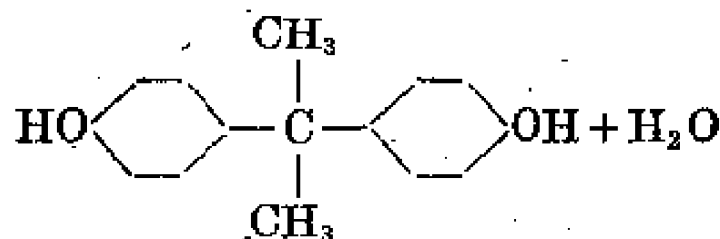
2. 原料：

(1)苯酚(工业品)；(2)硫酸(工业品)；(3)丙酮(工业品)。

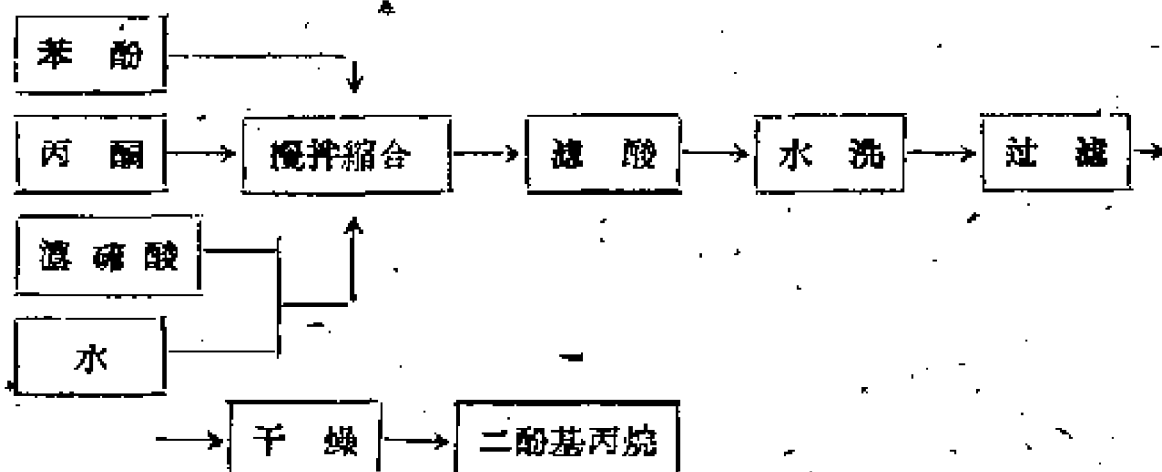
3. 生产流程：

(1) 缩合反应方程式：





(2) 流程示意圖:



4. 設備說明:

(1) 縮合反應釜: 系一只大約 300 立升的陶瓷缸, 并帶有四個葉片的攪拌器和加入丙酮的分液漏斗。攪拌器的攪拌速度為每分鐘 60~80 轉。缸外圍着麻袋, 以冷水保持反應溫度。

(2) 過濾:

1) 濾酸: 採用陶瓷缸和陶瓷盆鑽上眼, 用玻璃布作濾布, 以吸濾的方法過濾。

濾酸也可用玻璃布作成煮豆腐漿的濾包的形式, 挂在木櫃上進行。

2) 水洗過濾, 是將平紋布做成煮豆腐漿的濾包形式進行過濾。

(3) 烘干: 採用火坑代替烘箱, 在外面的爐灶用煤燒火。

5. 配方：按 100 公斤产品計算的配方如下：

苯酚 (C_6H_5OH) 180 公斤, 17.14%

丙酮 (CH_3COCH_3) 70 公斤, 6.66%

硫酸 (H_2SO_4) 72.5% 800 公斤, 76.2%

6. 制造方法：将濃度为 72.5~73% 的硫酸由搪瓷杯加入反应釜（缸）中，然后开动攪拌器，在 30°C 以下加入苯酚，而后慢慢加入丙酮（不少于 1 小时）。在加入丙酮的过程中，应以缸外圍的麻袋澆冷水来控制温度。加丙酮结束后，其温度不得超过 40°C。反应 6 小时左右，即将結晶产物和酸液一并取出，放入滤酸器中进行过滤。待殘液滤干后，以冷水洗 3~4 次，再用水（其中加入 3% 的氨水）冲洗一次，然后用 50~60°C 热水洗滌至中性（用石蕊試紙試驗），将水滤出后，在 50~60°C 的火坑上烘干或室溫凉干，然后再升温到 80~90°C，烘至恒重。

二 环氧氯丙烷

1. 产品用途：环氧氯丙烷在这里主要是用作制造环氧树脂的原材料用。

2. 产品性質：

环氧氯丙烷的分子結構式为： CH_2-CHCH_2Cl



分子量 92.5

沸点 117°C

比重 1.20~1.25 (20°C)

外观：透明液体。

3. 原料：

甘油（工业品）

氢氧化鈣（工业品）

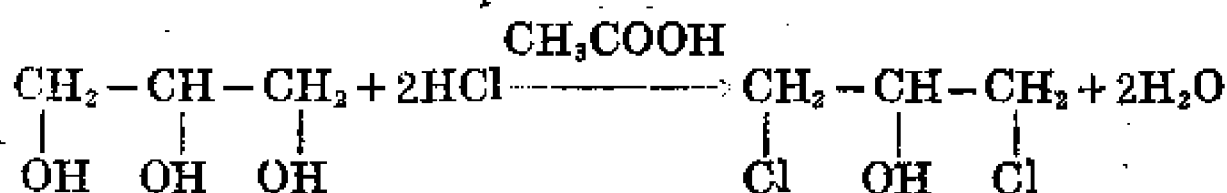
冰醋 (工业品) 氢氧化钠 (工业品)

硫酸 (工业品) 碳酸钠 (工业品)

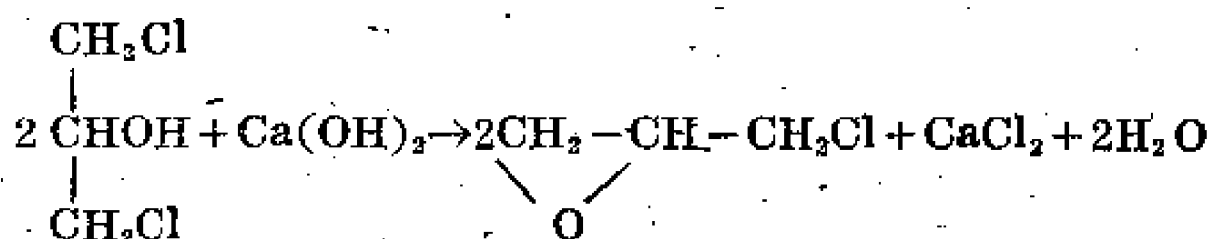
盐酸 (工业品)

4. 生产流程:

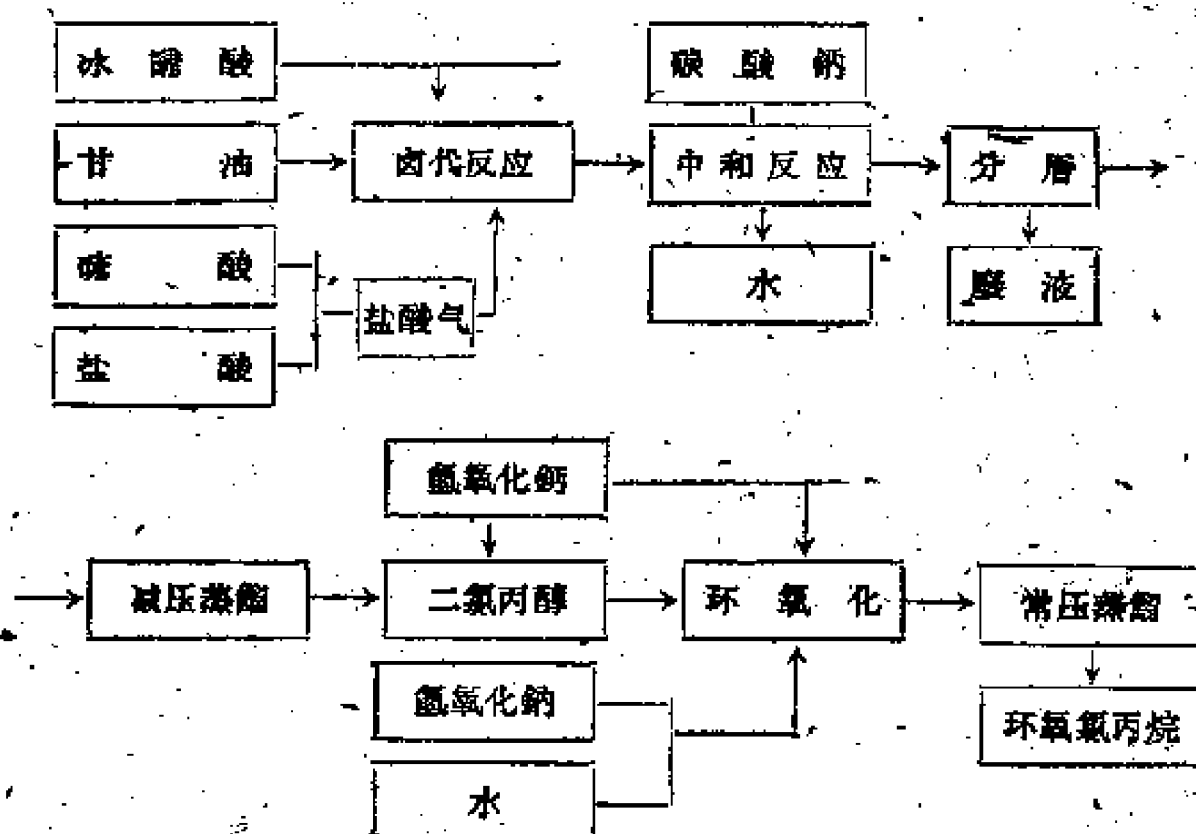
(1) 卤代反应:



(2) 环氧化 (闭环)



(3) 生产流程示意图:



5. 設備說明:

- 1) 卤代反应釜: 以盐酸罐或甲醛罐充当。
- 2) 盐酸發生器: 采用下口瓶、硫酸罐以及玻璃瓶, 中間用耐酸管和玻璃管連接。
- 3) 中和反应槽: 約50立升的搪瓷罐, 人工攪拌。
- 4) 蒸餾鍋或閉环鍋: 容积約为100立升的陶瓷缸, 缸上鑽有孔, 以玻璃管連接, 并附有攪拌器和火爐。
- 5) 蒸餾柱: 陶瓷缸管, 直徑150公厘, 高2公尺, 中間放石头。
- 6) 冷凝器: 蛇形鉛管冷凝器。
- 7) 接受器: 用5000毫升吸氣瓶代替。
- 8) 真空泵: 3馬力真空泵。

6. 制造方法: 將盐酸慢慢放入硫酸罐中, 产生盐酸气, 用玻璃管通入已加好甘油和冰醋酸的卤代反应釜中 (在 80°C 时), 并升溫到 140°C , 然后慢慢降到 105°C , 保持此溫度。通过試驗証明已达到終点时 (取10c. c. 液体, 加入2克碳酸鈉, 中和至 $\text{PH}=6\sim7$, 并加入6c. c. 水, 如有7c. c. 以上褐色油状物分出, 即为終点), 停止通入盐酸气, 这时比重应为1.295以上 (20°C)。取出卤代反应罐, 將液体倒入搪瓷罐中冷却, 待冷却后按配方加入碳酸鈉和水, 加至 $\text{PH}=6\sim7$ 为止。在加碳酸鈉过程中要不断攪拌。靜置使其分層, 將水除掉, 得到褐色油状液体的粗制二氯丙醇。

將二氯丙醇放入蒸餾鍋, 在 65°C 下減压蒸餾, 蒸出的二氯丙醇收集起来。

在閉环鍋中加入 NaOH 和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 攪拌数分鐘, 再

加入二氯丙醇，并开始记录时间。反应1小时后，在10多分钟内即将温度升到60°C，于是便开始减压蒸馏（50公厘）得出水和环氧氯丙烷的混合物；再将水分掉，在常压下蒸馏，温度控制在115~119°C。蒸出的液体即为环氧氯丙烷。

（根据哈尔滨绝缘材料厂新产品介绍）

用卧式腊布机生产黄腊布綢

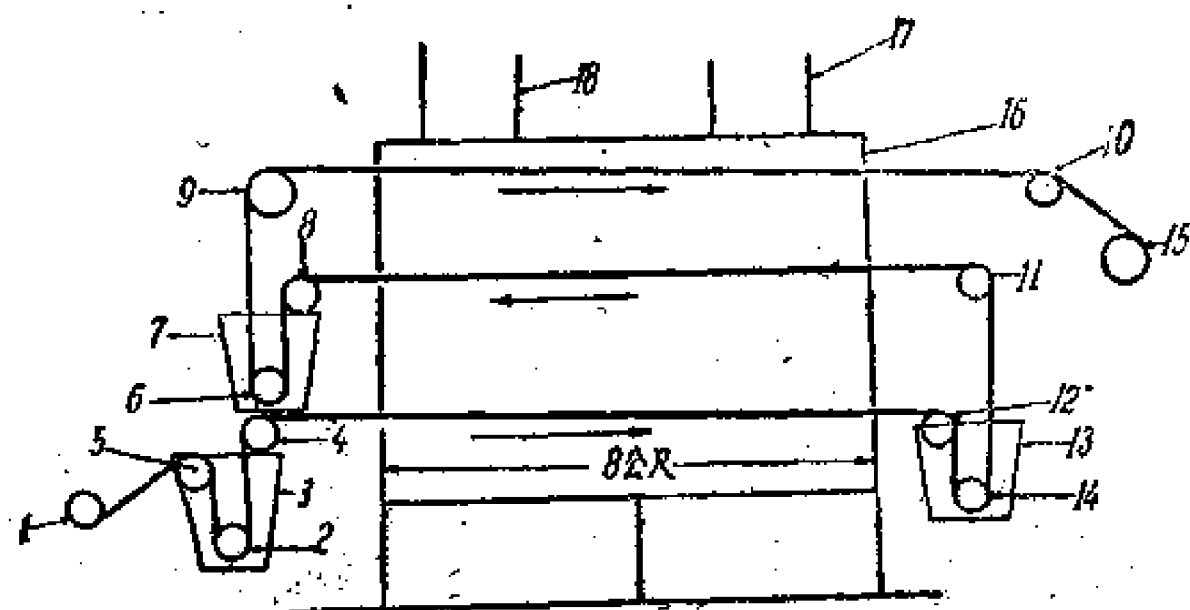
一、前言 黄腊布綢（又名绝缘漆布、綢）是标准绝缘材料之一，根据产品技术条件，它的制造工艺、原料及半成品的质量标准都是要求比较严格的。因此用卧式腊布机来生产一般是有问题的。整风以后，我厂同志发挥敢想敢作的精神，利用土洋结合的办法，采取许多改进措施，终于使卧式腊布机生产的产品达到质量标准，日产量6000公尺，超过立式干燥塔的产量。兹将我厂的一些经验介绍如下。

二、设备

（1）卧式腊布机与热风炉，其结构如下页图所示：

（2）结构说明：在卧式腊布机中备有卧式干燥箱，长8公尺，高1.5公尺，宽1.3公尺；两面有油槽与腊布卷出机。干燥箱的温度由热风炉供给；热风由电动吹风机吹入，使箱内温度均匀。这样在流通空气条件下干燥的漆膜，光亮柔软，且干燥速度快，产量高。

（3）油槽中装置加温汽管，温度可达80~90°C。我们利用加温方法使绝缘漆粘度降低，而不用有机溶剂（如汽油、松节油等）来调稀，因此可节约大量的溶剂（绝缘漆母漆占40%，溶剂占60%）。



臥式脂布机示意图。

1—架布机；2—油槽滾筒；3—油槽；4、5—滾筒；6—油槽滾筒；
7—油槽；8、9、10、11、12—滾筒；13—油槽；14—油槽滾筒；
15—卷布机；16—干燥箱；17、18—排气筒。

三、原料、半成品的規格和質量标准

名 称	規 格
柞蚕綢	表面：短毛稀少，經緯絲平整，絲身光潔均勻，絲邊平直，无污 漬、破裂、軋縫及卷皺的疵病 厚度：0.090-12公厘 抗拉强度：沿經不小于2.8公斤/公分 ² ，沿緯不小于2.5公斤/公分 ²
白洋紡	表面：同上 厚度：0.05±0.01公厘 抗拉强度：同上
黃絕緣漆	粘度：固体含量50%时，在20°C，用B3-4粘度計測定为15~20秒 干燥時間：漆膜在電話紙上，厚度为0.02±0.01公厘，温度105°C ±5°C不大于2小时

四、黃絕緣漆的制造工艺

(1) 配方：

桐油 65 公斤； 亞麻油 30 公斤（濃縮油）；

脂化松香 7 公斤； 石腊 1 公斤；
树脂酸铅 1.6 公斤； 树脂酸锰 0.6 公斤。

(2) 工艺规程

1) 将亚麻油吹风熬炼 5~6 小时，比重达到 0.945~0.955，成为浓缩亚麻油。

2) 将桐油、浓缩亚麻油一齐放在锅内，加温到 160°C 开始吹风氧化，温度升高 200°C 时放入脂化松香，220°C 时放入树脂酸铅、树脂酸锰。

3) 继续升高温度至 220~230°C，保持约一小时，粘度达到在玻璃板上拉丝为 0.5~1 丝，出锅过滤。

五、黄腊布调漆工艺规程

(1) 将原坯蚕绸或白洋纺在卷布机上卷齐，并由检验员检查规格。

(2) 将卷整齐合格的原坯放在布架子上（见图），从滚筒上送到第一次油槽中浸漆，经干燥箱干燥后到第二次油槽中浸漆，待干燥后再送到第三次油槽中浸漆，以穿引的方法，循环浸漆三次后，由卷出机（示意图 15）自动卷出，然后经过整理，切割包装。

(3) 黄腊布绸三次浸漆都以半弧形刮板控制残漆。第一次涂漆厚度为 0.03~0.04 公厘，第二次涂漆厚度为 0.02~0.03 公厘，第三次涂漆厚度为 0.01~0.015 公厘。

(4) 控制漆膜的厚度。将绝缘漆放在油槽中，以加温调稀的方法控制油槽粘度，并结合老工人的经验，调配半弧形刮板，以达到规定的厚度要求。

(5) 干燥箱的温度：170~175°C。

(6) 卷出机的速度：2~1 公尺/分。

六、黃腊布綢規格及質量标准

(1) 外觀：浸漆均勻，表面光滑；沒有引起腊布綢厚度超过允許範圍的絕緣漆聚合物，沒有显著的气泡和雜質。

(2) 吸水性：黃腊布綢在蒸餾水中放置 24 小時后，其吸水性不应超过下列規定：

黃腊布 8 %； 黃腊綢 5 %。

(3) 黃腊布、黃腊綢在 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 抗拉强度和相对延伸率应符合下表：

类 別	厚 度 (公厘)	抗 拉 强 度 公斤/公厘 ² 不小于			断裂時間相对延 伸率，不小于	
		經	緯	对角綫	經	緯
黃腊布	0.15, 0.17, 0.20	3.0	2.0	1.8	1.0	5.5
黃腊綢	0.08, 0.10, 0.12	2.0	1.5	1.5	2.0	5.0

(4) 耐油性：黃腊布在变压器油中 $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 浸 18 小時后，布層不应粘在一起，布上漆膜不应有脫落的現象。

(5) 耐热性：黃腊布在 $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的溫度下，热处理 72 小時，不得發生層与層粘着和漆皮剝落的現象。

(6) 黃腊布对变压器油的作用：黃腊布在变压器油內于 $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 溫度下煮 72 小時，每一克变压器油的酸性，不准超过 0.4 毫克 KOH。

(7) 黃腊布綢厚度应符合下表：

編 号	額定厚度(公厘)	厚度的容許偏差	
		平 均 值	个 別 点
	0.15, 0.17, 0.18, 0.20	± 0.02	± 0.04
	0.08, 0.12, 0.10	± 0.015	± 0.03

(8) 击穿电压: 黄腊布綢在 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 时击穿电压不应小于下表:

編 号	額定厚度 (公厘)	击 穿 电 压					
		在温度 $20^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $65\pm 5\%$ 时維持18小时后				在 $100^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 干燥18	
		折 弯 以 前		折 弯 以 后		小时后及折弯后	
		平均值	个别点	平均值	个别点	平均值	个别点
		仟伏(有效值)				仟伏(有效值)	
	0.15	4.2	1.2	2.7	0.9	2.1	0.7
	0.17	4.8	1.4	3.1	1.0	2.4	0.9
	0.18	4.8	1.4	3.1	1.0	2.4	0.9
	0.20	5.6	1.7	3.6	1.2	2.8	1.1
	0.08	2.7	0.5	2.4	0.4	1.4	0.3
	0.10	3.6	0.8	3.0	0.6	2.0	0.5
	0.12	4.3	1.0	3.6	0.9	2.4	0.7

注: 黄腊布綢質量标准按苏联国家标准电工材料ГОСТ 2214-43进行测定。

七、几点体会:

(1) 我厂生产的黄腊布原坯系用祖国特产的柞蚕綢。柞蚕綢耐热性高于棉布 $50 \sim 70^{\circ}\text{C}$, 因此抗張力强。

(2) 黄腊布綢的干燥方法, 采用将热风爐的热風吹入干燥箱内来干燥膜体, 这样得出的漆膜顏色較淺, 光亮柔軟, 产量高。

(3) 浸漬絕緣漆以加溫調稀的土办法控制漆的粘度, 使产品厚度公差达到質量标准, 并可节约大量有机溶剂。

(4) 臥式腊布机結構簡單, 投入生产快, 产量高, 产品成本低。

以上簡單介紹了我厂用土法生产黄腊布綢的一些經驗,

缺点尚很多，希望各兄弟厂共同研究，繼續以土洋結合的办法，扩大生产，来满足电机工业的需要。

(天津市絕緣器材厂)

介紹一种用鉄片制造硅鋼片的土办法

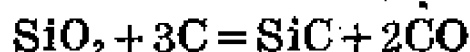
在电机电器部門中所用的磁性材料絕大多數是硅鋼。到現在为止，我国虽有一些工厂能生产硅鋼，但所产数量远不敷应用，特别是在电机电器工业大跃进的形势下，硅鋼更显得供不应求。这兒介紹一种制造硅鋼片的土办法。按照这种方法生产出来的硅鋼片，不但性能符合要求，而且由于采用了价格極为低廉的原料，所以产品的成本也很低。

将細砂(或石英粉)、研細的浮炭(顆粒不要太小)、氯化銨(或漂白粉)和鉄粉(或細鉄屑)，大致按100:15:4:3的重量比混合均匀，和預先冲压成型的鉄皮(鍍鋅鉄、鍍錫鉄或普通鉄皮均可)逐層相間，置于一加盖而留有少許通气孔的容器內(大量生产容器可用坩堝，少量制造用市售沙罐即可)，在 $900\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 的溫度下，加热4~5小时，然后取出(从爐內取出容器后，要馬上用东西塞住通气孔，以免鉄皮劇烈氧化)，等冷却以后，再将加工后的鉄皮用水煮沸，即可获得硅鋼片。由于渗硅的結果，使鉄皮的面积稍有增大，因此在冲压的过程中应考虑鉄皮的变形尺寸。

氯水銨或漂白粉(特别是漂白粉)在三百多度的溫度下已分解得相当厉害，分別放出氯化氫(HCl)和氯(Cl_2)。但在这样的溫度下，容器內的原料还很难引起化学反应，因此会有大量的氯化氫和氯跑出容器而造成損失。加入适量的淨

炭，便可吸附在浮炭中而大大减少这种损失。至于氧气和氮气（氯化铵分解出来的）则因为被碳的吸附性较低，而顺利地逸出容器。随着温度的升高，氯化氢气体或氯气的分子运动加剧，引起了被吸附性能的大大降低，这时被浮炭在低温下吸附的大量氯化氢气体和氯脱离了浮炭的吸附。同时，由于温度的升高，由漂白粉分解出的氧气和新进入容器的少量氯气和浮炭不完全燃烧生成一氧化碳，使容器中浮炭的含量减少，因而驱使氯化氢气体和氯气大量释放出来，和其它原料起化学反应。

浮炭除了作吸附剂而外，它还起着反应必不可少的催化作用



生成的四氯化硅和铁粉作用析出硅，析出的硅附着在铁皮的表面，由扩散而逐渐深入到铁皮的内层



炭除了起吸附和催化作用外，还起着燃烧作用。在燃烧时每生成一克分子的二氧化碳放出 93.8 千卡的热，这对容器内温度的提高是有好处的。铁粉（或铁屑）也是不可多的原料，因为如果不用铁粉，则四氯化硅会直接和铁皮作用，使铁皮表面生成一层 FeCl_3 的杂质而使铁片的磁性差了。

用水煮沸加工后的铁皮，目的是在于澈底消除残留在成品内的 SiCl_4 ，以提高产品的质量。

我们按照上述比例实验的结果，性能良好，经化验后，含硅量为 3.52%，铁损还不到每公斤 0.9 瓦，而且磁滞曲线所夹的面积，比未加工的铁皮减小了很多，表面情况良好。

（成建波、童登蓝）

电器用触头合金的性能及其应用介绍

I 触头材料的分类

在电器工业中，凡具有电气开关的电器设备，必需触头材料。由于使用条件的不同，要求触头材料的性质亦有差异。为了满足近代电器设备对触头材料的多样性要求，触头材料的研究工作就日益重要，近几年来已发展为一门新科学。在国际上研究出来的新品种很多，但尚无一致分类方法。就笔者所知，目前有以下几种分类法：（1）按触头材料所含化学元素数目而分类，如单元合金，二元合金，三元合金等；（2）按触头电荷情况而分类，如微负荷、中负荷、重负荷；（3）按触头材料的抗腐蚀性而分类，如抗硫、抗氧等；（4）按触头材料在使用时物质迁移情况而划分；（5）按触头材料制造工艺而分类，其中又分为（a）熔化冶金合金触头，（b）金属陶瓷混合物触头。

此外尚有以机械结构来分类，如固定触头，移动触头等。以上分类法各有优缺点，但其中以第（5）分类法似较为全面合理，本文即按照这一分类法将触头材料加以介绍。

II 各种触头材料的性能及其用途

（一）熔化冶金及金属触头材料：

1. 银及银族系列触头 这一系列触头的通性，是接触电阻低，电传导率及热传导率高。这一族中常用的触头有下列几种：

(1) 銀触头 銀触头材料的应用很广泛,因为它具有高的热傳导值及电傳导值,而且接触压力很低。在放电的情况下,銀虽易生成氧化銀,但氧化銀在 121°C 即分解 ($2\text{AgO} \xrightarrow{121^{\circ}\text{C}} 2\text{Ag} + \text{O}_2$), 因此可以說銀的氧化膜很难存在,但在环境气氛含硫的情况下易生成硫化銀的薄膜。不过在触头滑动运轉情况下仍可保持接触面的清潔,硫化膜之生成尙不致影响其接触电阻。銀触头的缺点是:触点低,易焊接;硬度低不耐磨損。适用于一般空气断路器,电压控制器,电话用繼电器,及接触起动器等电器設備中。

(2) 銀-鈹合金触头 鈹的加入能加强銀的硬度,提高其耐磨性能,抗腐蝕力亦能增强,抗焊接力与抗迁移力也提高不少,但其接触电阻却因之而有所减低。

(3) 銀-銅合金触头 随着銅量的增加,其耐磨性亦能增强。在动作頻繁情况下,比純銀寿命長,抗氧化性比純銀弱。

(4) 銀-鎢合金触头 也是一种常用的銀合金触头可以用来代替銀-銅触头,其接触电阻比銀-銅差,耐变色性比銀-銅为优。由于鎢的存在,銀-鎢触头具有吹弧作用,这是因为鎢的沸点低 (770°C), 在温度高于 1000°C 情况下,即行蒸發。一般电弧温度不低于 2000°C , 所以能在电弧作用区域瞬时间内产生大量鎢蒸汽,气态鎢的体积要比固态鎢的体积增至 10000 倍以上,产生这样大量气体,就是銀-鎢触头可以吹弧的原因。

2. 鉑及鉑族系列触头 这一系列触头的通性是耐氧化性强、硬度大、耐磨損、动作可靠。

(1) 鉑触头 鉑触头的最大优点是耐腐蝕,接触电阻

能保持恒值。它是灵敏度高的仪表开关中最重要的触头材料。在需用輕压力閉合的条件下，用这种材料很能起作用。

(2) 鈹触头 鈹是鉑族金屬中最不耐腐蝕的一种，在 300°C 以上的空气中即生成氧化膜，因此在触头材料中未被广泛应用。但因为它在鉑族中与鉑性的能最相似，它的比重小，在一定的体积中所制成的触头，比鉑要便利。由于經濟上的理由，常在电话繼电器中代替鉑。

(3) 鈷触头 鈷的硬度較高，在常溫情況下不氧化，高溫时生成氧化膜。它的缺点是展延性差，加工困难，适用于高頻及高灵敏度的仪表中。

(4) 金触头 金的硬度低，有易熔接的傾向，料質易迁移，所以在触头材料中不常用。但为了經濟原因，常用金代替其他貴金屬触头中的一部分，組成貴金屬合金触头使用。

(5) 鉑-鈷合金触头 鉑-鈷触头有很好的抗腐蝕力，硬度适用于接触压力大的高頻动作及高灵敏度的电器設備及仪表。含鈷20%以上时，其延展性渐小；含鈷30%以上，加工即困难。

其他合金有鉑-銀-金，銅-銀-金，鈷-銀-鉑，鈷-鈳-鉑等。

8. 鎢、鉬族系列触头 这系列的触头材料，其特点有熔点高、耐熔，无焊接傾向，硬度大，耐磨損等，但極易氧化，使用时电傳导很差，接近絕緣状态，所以通常使用不多。在陶瓷冶金技术發展后，与銅、銀等金屬用燒結法制成假合金混和物。銀-鎢、銅-鎢、銀-鉬等触头用在大功率的电器設備中，成績卓著。

4. 銅触头 銅的电热傳导值都比銀差, 但比其他金屬好, 其热容量比銀大 (銅0.092卡/克·度, 銀0.056卡/克·度), 因此在动作时, 其溫度上升情况比銀好, 其缺点是易氧化。随溫度上升, 其氧化膜層逐渐增厚。适于有接触压力較大的結構的設備使用。

氧化膜对表面电阻的影响很大。当触头材料处在潮湿及氧化性或硫化性气体中, 表面即生成氧化膜或硫化膜。皮膜的厚度与表面接触电阻关系如下式:

設皮膜的比电阻为 K ,

皮膜的厚度为 X ,

接触面为 A ,

皮膜的表面电阻为 R_0 ,

則
$$R_0 = \frac{KX}{A}。$$

若皮膜的厚度在 $50 \sim 100 \text{ \AA}$ 以下易被电器或机械压力所破坏, 故对于接触电阻不会有太的影响, 因此使用銅触头时, 在設備結構設計上应有較大的接触压力。

(二) 冶金陶制触头材料 在电气或机械負荷較大的电气設備中, 使用普通熔化冶金方法所制的触头, 在很多方面不能满足电气設備使用要求。常發生熔化, 焊接, 不能耐弧, 不能抗磨耗。近几年来由于金屬陶瓷制造工艺的發展, 已成功地能用陶瓷冶金制造方法制成触头材料了。

用陶瓷冶金法制触头有下列各优点:

1) 它能够将不能互熔的金屬或难熔的金屬与具有高导电性的金屬以及高融点的金屬物質制成混合物 (即假合金), 这是熔合金难办到的。

2) 这种混合物具有高耐热性及耐磨性。由于混合物的

結構是由耐熔物質在易熔物質晶粒之周圍形成網形或格子，耐熔物質的濃度高時可以形成耐熔物質的立方格子體，當工作時，這種混合物之所以能具有抗大電流能力或抗電弧發生之熱穩定性，是與這種網狀或格子狀的耐熔物質質點的存在分不開的。因為這種易熔金屬熔化後，由於毛細管現象，被耐熔物質吸收在它的孔隙中，所以即或工作溫度大於易熔金屬的熔化溫度，亦有一定的熱穩定性。同時由於溫度上升，也增加了它的機械強度，所以它的耐磨損性能也大大的增加了。

現在將幾種常用的金屬陶制觸頭分述如下：

(1) 銀-氧化鎘觸頭 在銀-氧化鎘觸頭中，其銀-氧化鎘的含量一般均為8~15%，但使用得最多的是OK-12(CdO12%)與OK-15(CdO15%)兩種。這種混合物的特點是抗電磨損性強，其具有吹弧能力與銀-鎢觸頭情況相同；在電流負荷大時，有優良的熱穩定性；它的電阻系數低，接觸電阻小，不易焊接；可塑性強，可用切削加工。其使用壽命較純銀大四倍。

銀-氧化鎘一般用在沒有滅弧設備的電器中，觸頭壓力小的大功率斷路器的斷開觸頭，橋式分斷器，磁力起動器以及類似的起動器中，和作為電焊机用引燃管開關的分流觸頭等用。

氧化鎘的化學成分與物理性能

標 號	化 學 成 分 %			密度克/ 立方公分	布氏硬度	電阻系數 微歐·公分
	CdO	雜 質	鋅			
OK-12	12±0.5	≥0.1	剩餘數	9.4	30	≥2.3
OK-15	15±0.5	≥0.1	剩餘數	9.3	30	≥3.0

(2) 銀-氧化鉛触头 銀-氧化鉛触头的研究和使用是近几年来才开始的。它主要的性能是耐磨，接触电阻低，而且导电性稳定。热容量高超过銀之热容量約 7 倍(Ag, 0.056 卡/克·度，PbO, 0.48 卡/克·度)。其电阻系数比其他触头如銀-氧化鎘，銀-鎢 (50%W)，銀-鎳 (40%) 还低，虽經增加氧化鉛 (5~10%)，其电阻系数变更仍不大。

触头材料	Ag	5% PbO	15% CdO	50%W	40%Ni
以上各材料的电阻系数与銀电阻系数之比	1.0	1.19	1.75	2.15	2.37

銀-氧化鉛之物理性能

PbO%	布氏硬度 (公斤/平方公厘)	密度 (克/立方公分)	电阻系数 (微欧·公分)
5	56	9.7	3.2
2.5	62	9.8	2.3

此类触头材料多用于大电流負荷的低电压开关上和振动器中。

(3) 銀-鎳触头 銀-鎳触头耐磨性强，热电傳导率都較高 (略低于純銀)，不易焊接，与銀-氧化鎘及銀-鎢相似，可塑性良好，也能切削加工，常与銀-氧化鎘，或銀-石墨成对使用。常用在快磨損的工作情况的电器設備上，及接触器，磁力起动器，大功率繼电器，各类断路器，振动整流器中。

(4) 銀-石墨触头 銀-石墨触头具有不易熔焊，耐机械磨擦，电导性好等特性。但其抗电磨損性差，机械强度亦低；加金屬鎳后可以提高其耐磨性。

銀 鎳触头材料的物理性質

Ag-Ni(Ni%)	电 阻 系 数 微欧·公分	硬 度 克/平方公厘	比 重 克/立方公分
15%Ni	2.1	50	10.2
30%Ni	2.4	68	9.9
45%Ni	2.8	90	9.7

銀-石墨适用于万能开关中带有銀-鎳触头成对使用的断开触头及滑动触头。

銀-石墨触头材料的物理性質

Ag-C(C%)	布 氏 硬 度 公斤/平方公厘	密 度 克/立方公分	电 阻 系 数 微欧·公分
5%	25	8.2	4.1
2%	40	9.7	2.0

(5) 銅-石墨触头 銅-石墨触头，耐磨性能高，不易焊接。石墨成分保持在5~9%以下可以保证其优点，用作滑动及特别需要抗焊接之电气装置中。

含有石墨5%的銅-石墨性質

Cu-C(C%)	电 阻 系 数 微欧·公分	布 氏 硬 度 公斤/平方公厘	密 度 克/立方公分
5	4.4	17	6.6

(6) 銅-鎢触头 銅-鎢触头材料綜合了銅的高电、热传导性，鎢之耐磨性及耐焊接的各优点，因此銅-鎢具有很高的抗磨强度，不易熔化和焊接，耐电弧。但其接触电阻大，必須增大接触压力，以保证其使用。

銅-鎢触头用于高压油断路器，空气断路器及接触电焊

机等。含錫較低之銅-錫触头常用在中压油断路器；含錫量高的用在高压油断路器；含量在（W4%~60%）的銅錫触头代替10仟伏油断路器中金屬銅触头，其触头寿命可延長五倍。

各种銅-錫触头材料之物理性質

成分 W %	电 阻 率 10 ⁻⁶ 欧·公分	硬 度 公斤/平方公厘	密 度 克/立方公分
40	3.3	120	11
55	4.6	140	12.8
60	4.9	140	13.2
65	5.3	160	13.5
70	5.7	180	13.7
75	6.1	220	15.2
80	6.4	240	15.3

（7）銀-錫触头 銀-錫触头抗熔化强度很高，耐电磨損及机械磨損，且能防焊接。但其接触电阻高而且不稳定可塑性低，不便于切削加工。銀-錫触头在工作时，其接触压

各种銀-錫触头之物理性質

成分(W%)	电 阻 系 数 10 ⁻⁶ 欧-公分	硬 度 公斤/平方公厘	密 度 克/立方公分
30	2.5	50~60	12.0
55	2.8	100~110	13.0
60	3.0	110~120	14.4
65	3.3	120~140	14.8
70	3.72	140~160	15.0
75	4.0	160~180	15.6
80	4.8	220~240	15.9

力应略高，用在低压电器，如自动开关，接触器，磁力起动

器，內燃机上。亦可供高压空气断路器用。

(8) 銀-鉍触头 銀-鉍触头的抗磨性与耐腐蝕性均强，但略逊于銀-鎢触头，导电性却比銀-鎢触头好。硬度比銀-鎢稍差。因其比重小，做成同样体积的銀-鉍触头比銀-鎢价格上便宜得多。常用在大功率的断路器，电话断电器及振荡器中。

各种銀-鉍材料之物理性質

成分 (Mo%)	电阻系数 (微欧·公分)	硬 度 公斤/平方公厘	密 度 克/立方公分
80		190~210	10.25
75		180~190	10.27
70		160~170	10.28
65	3.6	140~150	10.29
60	3.5	120~130	10.30
50	3.4	90~100	10.32
30	3.3	50~60	10.33

(9) 銀-碳化鎢触头 銀-碳化鎢的特性，硬度極高，耐熔化，抗焊接的性能亦很强，适用于操作頻繁及重負荷的电器設備，如大功率的空气断路器中。

銀-碳化鎢触头材料之物理性質

成分(WC%)	电阻系数 10^{-6} 欧·公分	硬 度 公斤/平方公厘	密 度 克/立方公分
50	3.0	110	12.5
65	4.8	200	13.2

III 触头材料的选择

为了满足电气設備的使用和要求，触头材料的选择是很

重要的。如何能選擇較滿意的触头材料，應該考慮的因素很多。总的說來，必須從技術理論與實踐相結合的研究方式來解決。首先要了解使用條件。使用條件從下列因素來考慮：

① 綫路負荷狀況，電容與電感量，電流性質（是直流還是交流）；

② 電流值與電壓值；

③ 機械條件：

1. 控制或傳動触头的方式，是磁力控制還是機械傳動；

2. 触头運動方式，是滑動，滾動，還是沖擊和錘打；

3. 接觸壓力；

4. 触头動作速度；

5. 應用頻率。

④ 触头環境介質情況。環繞触头材料的大氣中是否有腐蝕性氣體如硫氣，氧化氣體，水氣等。

在触头面對多面性的要求下，要求某種料質能全部滿足使用要求，有時是困難的。故要抓住能滿足其主要使用條件的料質特點，有時要遷就的使用，例如：要求得到低電阻高電流的触头性能和條件，同時又要求大斷流容量的性質與條件，就不一定能同時兼顧。通常一般接觸電阻低的金屬往往它的硬度低，耐磨性能若不能滿足大斷流容量電器設備的要求，所以選擇料質的最重要點應是其回路負荷狀況，必定能滿足回路的開合，電流通過時的電穩定性與熱穩定性等。

在了解到触头材料的使用條件以後，再根據這些使用要求選擇触头材料。触头材料的質量常由下列各因素決定：

物理性質：電傳導率，熱傳導率，耐弧或滅弧情況，硬度及耐磨性能，密度，熱容量等。

化学性質：主要是耐腐蝕性能，如抗氧化性抗硫化性等。

在物理常数選擇了适当值而且化学性能又能滿足要求的料質后，再进行使用試驗。这样可能得到較合适的材料。但有时还要發展新品种或改进生产工艺來滿足使用要求，这一点需要触头材料使用部門与触头材料生产与研究部門，加强联系，密切合作，才能收到效果。

IV 触头材料在国内生产情况与研究情况介紹

国内触头的生产，通常是以普通冶金中熔化的方法制得。以陶瓷冶金方法制触头材料，还是最近几年的事。在解放后上海灯泡厂最先以陶瓷冶金法制成触头，并曾經小批生产；其次是上海銅仁合金厂，小批生产低鎢的銀-鎢与銀-鎳

表 1 北京电器科学研究所試制触头材料之物理性能

触 头 名 称	布 氏 硬 度	电阻率微欧·公分	比 重
銀-氯化鎢12	30以上	2.7	9.2
銀-氯化鎢15	30以上	3	9.3
銀-鎢70	140~160	3.5	13.5
銅-鎢60	140~155	4.0	14.7
鎢-鎢80	200~220	5	14.9
銀-鉍70	160~175		10.3
銀-碳化鎢	110	<3.7	11.8
銀-銅	56-62	3.2	10.3
銀-鎢	57.6	3.1	8.9
銀-鎳-鎢	53-55	<2.8	10.1
銀-氯化鉛	53.3	2.0	11.7
銀-石墨	25~40	—	8.3
銀-鎳-石墨	55	—	8.85
銅-石墨	20~50	—	7.5
銀-鎳	65	—	9.1

触头；上海华通开关厂也生产部分銅-鎢及銀-鎢触头，供其本厂使用。华北无线电器材厂也生产小批低鎢之銀-鎢触头。北京电器科学研究院在触头材料方面工作作得比較多，产量也比較大。他們研究試制了很多新品种。以陶瓷冶金法制得的触头計有銀-氧化鎢等品种 14 类，以熔化冶金法制出之貴金屬触头有以下銀-鈹等触头材料六种（表 2）。

表 2 貴金屬触头材料之物理性能

触 头 名 称	布 氏 硬 度	电阻率微欧·公分
銀-鈹60	69	39
銀-鈹-鈷	174	45
金-鉑10	53	10.3
鉑-鈷17.5	175	28.7
鉑	50	10.5
鉑-鈳10	190	42

其中銀-氧化鎢，銀-鎢，銅-鎢已进行生产，但产量目前尚不能滿足要求。面对全国大跃进形势，明年电器制造业的發電設備要跃进十倍以上，因此必須大力开辟触头材料供应的来源，許多优良的触头材料亦必須大力組織推广使用，希望各地区重点开关厂迅速筹建車間，組織生产，希望各有关方面都予以重視。

（北京电器科学研究院 唐义慈）

新 康 銅

在电阻材料中，康銅的需要量是很大的。康銅中含鎳占 40~45%，鎳在我国是很缺乏的一种金屬；我国所需康銅，过去主要是由国外进口，因此寻找康銅的代用品，是我們很

急需的一項工作。

新康銅在国外虽有生产，但我国尚未生产。为了减少鎳的用量和提高經濟效果，同时使我国能够自給，我們試制了含少量鎳的錳銅合金，以求代替康銅。在这种合金試制成功的基础上，又开始了新康銅的試制。在国庆前终于試制成功了。新康銅可以代替康銅，用作电器、电表中的精密电阻材料。这种合金具有很大的优越性：

- 1) 完全不含鎳，这就替国家节省了大量的鎳；
- 2) 由于不含鎳，主要成分是銅錳，就降低了成本；
- 3) 用作电阻材料，其电阻性能超过了康銅，可由下表来比較：

	新 康 銅	康 銅
电阻率欧·公厘 ² /公尺	0.543	0.48~0.52
电阻温度系数，°C	$\alpha_0-35^{\circ}\text{C}=3.1\times 10^{-5}$ $\beta_{36-100^{\circ}\text{C}}=-2.02\times 10^{-5}$	$-(5+25)10^{-5}$
热电势，微伏/°C	0.9	40~50

由比較中可見，新康銅电阻率大，电阻温度系数小，同时克服了康銅用作精密电阻材料热电势过大的缺点。

4) 新康銅的加工性能很好，可以拉成細綫和軋成薄片。其生产采用一般設備即可。熔化可以用坩堝于焦炭爐中进行，鍛打加热可用焦炭爐和一般电爐。压力加工、中間退火以及热处理，皆可利用一般电爐。由此可見，制造工艺較易，所需設備也簡單。

由上述情况，我們認為采用新康銅代替康銅作电阻材料是完全可能，而且也是必要的。

(电器科学研究所 李春人)

試用植物油(大豆油) 代替变压器油的經驗

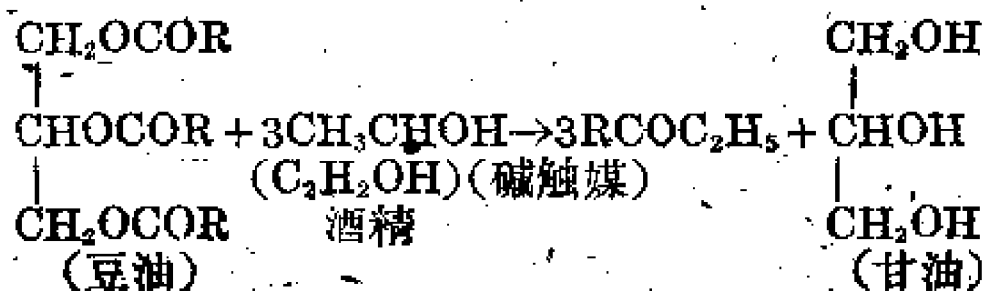
我国变压器产品注入油的需要量甚大，平均每仟伏安容量需用变压器油 1.5 公斤。大跃进以来变压器产量飞跃上升，乃使变压器油更有供不应求之势。研究以植物油代替变压器油，不独是当前所需要，而且还由于植物油有取之不尽的优点。我厂首先就大豆油进行了研究。

一、变压器油的性能要求

对变压器油的要求是：耐压高（即絕緣性能好，40仟伏以上）；粘度低（即流动性好，散热效率高）；閃点高（即不易燃）；凝固点低（ -42°C 以下，能用于寒冷地区）；酸值低、安定性好（不易腐蝕变压器内部絕緣，能長期使用，寿命高）。

变压器油系一种不飽和的碳氢化合物，屬矿物油类。严格說来，它的安定性从技术上看也并不能令人十分滿意，在長期使用中也有老化現象产生。因而变压器在运行中，每隔 2~3 年需对变压器油重新处理一次。

豆油是植物油，处理中的理論根据表示为以下化学反应式：



它的主要缺点是含有脂肪酸。試驗研究的目的在于降低它的酸价，增加安定性，提高其耐压，降低粘度及凝固点。我們經過摸索試驗，得到了如下初步处理方法和結論。

二、处理方法

处理是在試驗室內小量进行的（豆油十公斤），步骤如下：

1. 豆油（食用）加热到 230°C ，去掉水份。
2. 取 500 克油，加入 20%（油重）活性白土，加温至 $100\sim 110^{\circ}\text{C}$ ，充分攪拌 30 分鐘，靜止 24 小时，使油完全澄清。
3. 用吸管将浮上清油取出，加入浓度为 1.5% 氫氧化鈉（ NaOH ）酒精溶液[●]（酒精純度在 98% 以上）。油与酒精溶液之比为 1:1，当混合后不停地攪拌約 30 分鐘，至油全部發生反应，呈現透明状时为止。然后加总酒精容量 $1/2$ 的蒸餾水（約 500c. c.），逐步加温至 60°C ，攪拌洗滌一小时后靜止 24 小时。此时油和水分离，鈉皂甘油溶于水中，逐由豆油中析出。
4. 取出上面豆油層，在恒温箱內加温，温度 $105\sim 110^{\circ}\text{C}$ 。經 15 小时左右，除水，即得处理后的新油。
5. 加入抗凝剂 0.05%，以降低其凝固点。

三、試驗結果

● 加酒精碱溶液之意义，在于去掉豆油中所含甘油及鈉皂，中和所含之酸性，以降低酸价，减少粘度。

試驗項目	原豆油	處理 后豆油	國產變壓器 油·標準	蘇聯變壓 器油標準
比重	0.922	0.872	不大于0.88	同左
粘度(20%)	11.13	1.5-	不大于4.2	同左
閃點(°C)	200	168	不大于135	同左
酸值(mg)	0.84	0.025	不大于0.05	同左
耐压(KV)	36	41.5	35以上	同左
顏色	深褐	淺黃	淺黃	淺黃
凝固点(—°C)	—	—28.	不高于—25	—45
安定性		—	—	—
氧化后沉淀(%)		0.033	不大于0.1	同左
氧化后酸值(mg)		1.83	不大于0.35	同左

本法处理的豆油，如經過过滤及真空处理，耐压可达60仟伏，与本厂变压器油的最好处理结果一样。

豆油处理后尚可得到40%左右的鈉皂、甘油副产品，酒精处理后尚可回收60%以上，濃度在94~95%內。

四、結 論

从上述試驗結果来看；主要是氧化后的酸值沒有达到国家标准。根据其性能，我們認為該油用于750仟伏安、10仟伏及以下的变压器中是可能的。

由于氧化后的酸值仍然大，变压器在長期运行中每隔一年半至二年，应对注入該种油的变压器进行一次冲洗；其油应作过滤除酸处理，除去氧化后的沉淀物。处理的时间間隔，应視带豆油变压器运行的实际情况而定。

(沈阳变压器厂技术报导組)。

