

技 術 革 新 活 叶 資 料、096

塑 料 整 流 子 的 試 制

第一机械工业部新技术宣傳推广所編



机 械 工 业 出 版 社

NO. 2606

1958年11月第一版 1958年11月第一版第一次印刷
850×1168 $1/32$ 字数8千字 印张 $3/8$ 0,001—6,100册
机械工业出版社(北京阜成门外百万庄)出版
机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

北京市书刊出版业营业
许可证出字第008号

统一书号 T15033·1337
定 价 (9) 0.04 元

1 前言 在直流电机制造作业上，整流子的制造占有重要地位；它在制造工时和成本上占有相当比例，在制造技术上与其他零部件相比较，也具有較高的要求；尤其是在小型直流电机中，它的比例更为增大；因此，对小型整流子加工簡化是十分必要的。近年来世界各国已經大量采用塑料整流子，成功地代替了小型鳩尾槽整流子或其他小型簡化結構的整流子；电机結構書上介紹在 $\phi 120$ 公厘以下采用，这是完全可靠的。

某厂最近提出 12 項尖峰产品，塑料整流子电机也列入其中。經過設計科、工艺科、一車間，中央試驗室以及上海化工厂、中小型电机研究室等共同努力协作，已經試制成功。

經濟价值是标志生产技術的重要指标，經過初步分析，随着整流子的大小不同，經濟价值亦不相同，較大型者經濟价值获益較少，某厂因生产中大者居多，因此以 $\phi 100 \sim 130$ 公厘作为比較。

1. 加工成本：（只包括套筒、云母圈、加工工时及塑料等）塑料整流子将便宜 40~47%。

2. 生产周期：塑料整流子可縮短 30%。如加工方法加以改进，可縮短为 50~60%。

注：上面是以成批生产进行估計的，如为小批生产，則获益較少；單个生产不宜采用。

II 塑料的选择 塑料整流子的質量，主要决定于塑料的选择，其次，經濟价值也和塑料价格关系很大；因此我們对塑料的要求是：

1. 国内能够大量生产者，最好是上海出品，容易購買，联系方便，不因路途运输而变質。

2. 价格便宜。

3. 具有良好的机械性能。

4. 具有适当可用的电气絕緣性能。

5. 具有較高的耐热性，在运行溫度下，不变軟，不老化；适合E級B級要求。

6. 溫度膨脹系数与銅相近，以免在冷热变化下产生內应力。

7. 具有好的流动性，成型良好。

在苏联及其他国家，塑料整流子在 $\phi 40$ 公厘以下多采用粉状填料的塑料：如K-18-2、K-17-2（酚醛木粉）、K-211-3（酚醛+石英粉+云母粉），也有采用氨基塑料的。采用粉状塑料，压制流动性特别好，深入槽內空隙，充填成型良好，可以避免因流动性不良而引起的空隙和蜂窝。特小型整流子机械要求不高，因此它是比較适合的，耐热要求高者，应采用K-211-3。

在 $\phi 40$ 公厘以上者，苏联多用石棉酚醛塑料；各方面資料多数介紹用K-6，亦有用K- ϕ -3的，它也是石棉填料，机械强度比K-6好一些，但电气性能差一些；新近苏联开始采用玻璃絲塑料，性能更为良好。

至于我国情况，碎布塑料大量生产，机械强度电气性能尚为合用，在A級电机中，可以使用。

目前我們可能采用的塑料有下列数种：

1. 木粉酚醛塑料：上海化工厂的K-17-2、K-18-2，塑112。

2. 云母石英粉塑料：上海化工厂K-211-3。

3. 有机纖維酚醛塑料：上海紹伯胶木厂541（黑），上海化工厂3603（黄）。

4. 石棉纖維酚醛塑料：哈尔滨絕緣材料厂K-6，K- ϕ -3，上海化工厂K-18-53。

5. 玻璃絲酚醛塑料：目前国内尚无出产，由于其性能优越，我們与上海化工厂进行試制。各种塑料性能列表比較如下（表1）：（有*者表示試驗值，无*者为技术条件的保証值）。

酚醛塑料种类繁多，这里仅列出一部分具有代表性的作为选择参考。

III 塑料整流子的结构与直径问题 在苏联和其他国家中，塑料整流子铜片的加工方法都用冲出，因为它不需要像鳩尾槽那样的精确要求，也不需要与云母圈良好的配合。这种冲压加工生产快、工时省、成本下降，是为主要优点之一。

1. 特小型整流子：在 $\phi 40 \sim 50$ 公厘以下，用粉状塑料直接压出，如图1所示，槽形角度 $30 \sim 45^\circ$ 。装在电机上时，用酚醛漆或BΦ-2漆胶粘在电机轴上。

2. 在 $\phi 50$ 公厘以上的整流子，由于轴孔与电机轴的配合问题，因此公差要有控制。直接压出法常因模子尺寸配合与中心线对准等问题以及塑料的收缩，轴孔公差难以控制，因此在苏联和美、德等国，常用钢管经简单加工成套筒，如图2所示，如因钢管规格不恰合，可用铝合金铸件，在成批生产中，铝合金也比较合宜。

至于不用套筒，则必须考虑加工轴孔，如不加工轴孔，则必须严格控制模子准确度与塑料收缩率，可以进行试验。

塑料方面：苏联用K-6，但在A级电机中，可以进行碎布塑料试验。

3. 在 $\phi 115 \sim 130$ 公厘，由于直径增大，离心力增加，采用钢环，

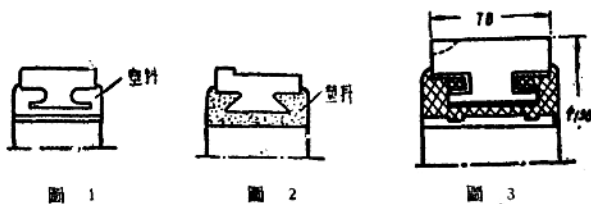


圖 1

圖 2

圖 3

以加强结构的强度。

轴孔配合问题：苏联资料认为要采用套筒。参考图3。

4. 长度方面：苏联曾采用70公厘，闻德国曾用100公厘。我们认为长度在70公厘以上时，必须仔细考虑两个问题。一是在相同的直径情况下，若长度增大，将增加塑料的承受应力；另一为电机运行时，温度上升，铜片伸长。若塑料与铜片的膨胀系数不同，则引起额外内

应力或脫壳裂痕等問題，圖 4 的結構可以作为参考。

5. 在銅片較厚，不易冲出，或銅片長度較長者，圖 5、6 的結構值得介紹。銅片落料后，用銑刀銑出，然后箍紧压制。它对热漲冷縮所引起变形，具有良好的适应性。

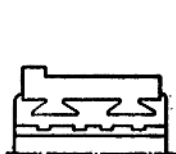


圖 4



圖 5



圖 6

IV 試制工艺与試驗 1. 第一次試制:

采用 3° 、 30° 槽形，塑料用紹伯厂 # 541，采用原因是碎布塑料机械性能尚称良好，而流动成形性能亦能适应于要求。試制时資料很少，只听說苏联用石棉塑料，沒有其他資料，而在当时認識上認為碎布塑料与石棉塑料比較，机械性能与电气性能均可相近。



圖 7

參閱圖 7。

压制工艺

模子預热：0.5小时到达 150°C 。

加料：塑料是先經 80°C ，15分鐘預热后加入。

压制：由于加料时温度略有下降，

温度时间为 $130\sim 150^\circ\text{C}$ 10分鐘。

压力 $500\sim 600$ 公斤/公分²。

整流子的性能鑒定，主要倚靠超速試驗来檢查，超速按不同电机規定为 1.2 倍到 1.75 倍，10 分鐘，經 $120\sim 130^\circ\text{C}$ ，3600轉/分后，直徑增大 $0.21\sim 0.38$ 公厘，測量四点，严重变形，結論是不合格。

2. 第二次試制：分析上一次失敗原因，主要是未經良好热处理，經過机械計算，得知片間工艺压力超过塑料負荷，且塑料未完全硬化，

故在超速后变形而不飞逸；热处理过程的形变及热处理后的超速，証明这一概念是正确的。

压制的工艺与结构形式同第一次。

热处理試驗如下：

累計热处理時間	平均形变(測四点)
130°C 4小时	0.117
130°C 4+4=8小时	$0.117+0.043=0.16$
130°C 8小时+115°C 4小时	$0.16+0=0.16$
130°C 8小时	$0.16+0.02=0.18$
115°C 24小时	
130°C 8小时	$0.18+0=0.18$
115°C 48小时	

超速試驗

1000轉/分分段上升到3600轉/分。

最后直径增大，0.02~0.04公厘（測4点）。

个别銅片凸起为0.08公厘。

3. 第三种形式及第四种形式試制：

分析了槽形变形規律，認為改为下列三种槽形，可以改善变形：

(1) 0°, 30°槽形；(2) 長方槽形；(3) -3°, 30°槽形。由于第三种加工存在暂时困难，因此只作二种。

第三种如圖8所示。热超速3600轉/分变形为+0.02, +0.02, +0.01, +0.02（測4点）。

第四种塑料整流子如圖9所示。

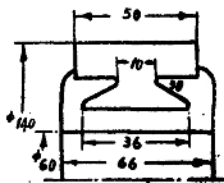


圖 8



圖 9

表 1 酚 醛 塑 料

性能 数 值 塑 料 名 称	有 机 粉 状 塑 料			无 机 粉 状 塑 料	
	苏	上	化	苏	上
	K-15-2	K-17-2	上 化	K-211-3	K-211-3
	K-17-2	K-18-2	塑 112		
	K-18-2				
填料	有机填料	木 粉	木 粉	石英、云母 (加苯胺)	同 左
密度 g/cm^3	1.4	1.4	1.4	1.9	1.9
抗冲击强度 $\text{kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}^2$	4	4	4.5	2.5	3
抗弯强度 kg/cm^2	550	550	600	400	500
抗压强度 kg/cm^2	1400	1600	1600		
抗拉强度 kg/cm^2					
抗拉延伸%					
硬度					
吸水性24小时 % g/Dm^2	0.3			0.2	
		0.12	0.1		0.1
流动性(mm)	35~180	35~180	90~150		50~180
吸缩率%	0.6~1	0.6~1	0.6~1		
体积电阻系数	10^9	10^9	10^{10}	10^{12}	10^{14}
表面电阻系数		10^9	10^{10}		10^{14}
绝缘介强度 kv/mm	10	10	12	12	12
介损角 $\text{tg } \delta$ (50~)				0.015	0.01(10^6 ~)
耐热性 $^{\circ}\text{C}$	110	110	100	1	150 $^{\circ}\text{C}$
挥发物含量%					3.5

注：性能及项目 2、3、9 为最大值，4、5、6、12、13、14 为最小值。

热超速试验 3600 转/分 变形为 +0.01, +0.00, +0.02 +0.02 (测 4 点)。

性能比較

有机纖維塑料				石棉纖維						玻璃纖維塑料		
苏 苏 綢伯 上化				苏 苏 哈 上化 苏 哈						苏 苏 上化		
技術 条件 試驗值 541 3603				K-6	K-6 試驗值	K-6	K-18 -53	K-φ-3 試驗值	K-φ -3	試驗值		
有机 纖維	有机 纖維	黑碎布	黃碎布	石棉	同左	同左	同左	同左	同左	玻璃 絲	同左	同左
1.35	1.38~1.4~ ~1.451.42*	1.45*	1.4	1.84	1.8~ 1.84*	1.95		1.8~ 1.85*	1.95	1.8	1.6~ 1.7	1.61*
9	9.9*	12~24	27	18	21~32*	18	2.5	26~34	21	15	22~24	
500	550~ 600*	750	1200	700	770~ 1000*	700	400	810~ 1250	700	500	800~ 1000	1000~ 1300*
1200	1210~ 1500*	1000	1300	800	850~ 1270*	800		1090~ 1860	1000		1000~ 1500	
300	350*	369*	800		250~ 690*			270				644*
	0.38*				0.1~ 0.13*			0.18				
25	25~ 35*		25		30*			33~41	30			
0.4	0.2~ 0.3*	0.2~ 0.4*	0.8	0.8	0.33~ 0.75*			0.65~ 0.88	1		0.1~ 0.5	0.1*
						0.5	0.032					
20~ 120		60~90	50~ 180	110~ 180		110~ 180						
0.8				0.4		0.4	0.8					
10 ⁷	10 ⁷ ~ 10 ⁹ *			10 ⁵	10 ⁸ *	10 ⁶	10 ⁹	10 ⁷		10 ¹⁰ ~ 10 ¹²	1~3× 10 ¹¹	
10 ⁷	10 ⁷ ~ 10 ⁹ *			10 ⁷	10 ⁷ ~9*	10 ⁷	10 ¹⁰	10 ⁷			5~7× 10 ¹¹	
2	2.5~ 5.5*	5		0.5	0.7*	1.1		0.15		44~10	3.5~ 10*	
	0.88*				0.8~ 1*			0.9		0.5	0.26~ 0.3*	
110	127~ 150*			170~ 180	>200*	200	145	>200	200	150	160~ 180	
		4~8.5							4~6			

有人怀疑: 不用套筒, 梢子槽直接开在塑料模子上, 是否机械强度不足? 我們作了抗扭轉試驗, 如圖 10 所示, 破坏力矩为 167 公斤·公尺, 相当于 250 瓩, 1500轉/分电机的額定轉矩, 而这一小整流子只

不过装在10瓩以下的电机上，承受着微不足道的慣性力矩与炭刷摩擦力。

4. 第5种形式 試制：我們为了作进一步的探討，对塑料整流子作恶劣条件下的考驗；如在

95~100%相对湿度下作5天耐潮試驗，或在高温下运行等，碎布塑料是不能承受的；至于冷热变化問題，由于銅片的热膨胀系数与碎布塑料比較，二者相差一倍以上，因此容易造成脫壳裂痕及內应力問題，在尺寸較大的整流子是不适用的。以玻璃絲、石棉、碎布三种比較，性能以玻璃絲为最优良，尤其在热膨胀系数方面，与銅片配合最为合适、

列表比較如下：

	苏联 有机纖維塑料	苏联 石棉塑料	苏联 玻璃塑料	玻璃 布	玻璃 石棉
20°C体积电阻系数	10^{11-9}	10^8	10^{10-12}	10^{-10} 倍	10^2-10^4 倍
90°C体积电阻系数		10^6	10^{7-10}		$10-10^1$ 倍
吸水24小时后电阻系数		10^7	10^9-10^{10}		10^2-10^3 倍
20°C耐电压 仟伏/公厘	2.5~5.5	0.7	4~10	2	6~14倍
90°C耐电压 仟伏/公厘		0.5	2~3		4~6倍
吸水24小时电压 仟伏/公厘		0.6	2.5~3		4~5倍
导热系数 卡/秒·°C·公分 $\times 10^{-4}$	5~5.5	6~10	5~8		
热容	0.3~0.48	0.28			
热膨胀系数 $\times 10^{-5}$	3~3.5	0.8~1.5	1.8~2		
(銅片热膨胀系数为 1.65×10^{-5})					

整流子的結構，改用圖11方式。

压制工艺

130~150°C 0.5小时

150°C 0.5小时

压力为500~700公斤/公分²

冷压 0.5小时

热处理 $115 \pm 5^\circ\text{C}$ 24小时

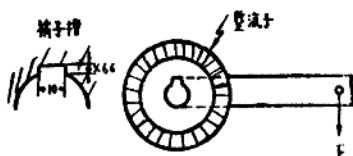


圖 10

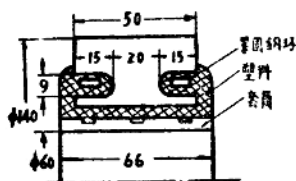


圖 11

超速試驗

1. 1850轉/分125°C超速 (考慮适当1500轉/分电机)

測量點	1	2	3	4	5	6
直徑增大	+0.005	+0.005	+0.005	+0.01	+0.008	+0.01
平均增大為	0.006 公厘					

2. 3600轉/分125°C~130°C超速 (考慮适当3000轉/分电机)

測量點	1	2	3	4	5	6
直徑增大	0.01	0.008	0.015	0.01	0.01	0.00
平均增大為	0.009 公厘					

以上超速証明質量良好，按規定為超速后，其變形不得超過0.05公厘，一般云母圈整流子，多為0.02~0.03公厘，在0.01公厘者甚少。

V 結語 通過試制，我們初步掌握了塑料整流子的制造技術和性能，從這裡我們得到了以下幾點初步結論：

1. 材料方面：以玻璃絲塑料為最優，次為K-6，再次為碎布；小型者可用石英云母粉或木粉。

2. 結構方面以圖11為最堅固。圖8及圖9適用於 $\phi 100$ 公厘及以下，在不重要电机中可用到 $\phi 125\sim 130$ 公厘。一般考慮如不加鋼環者，最大可用到 $\phi 125$ 公厘（1000~1500轉/分）及 $\phi 100$ 公厘（3000轉/分），一般採用於 $\phi 100$ 公厘以下較有保證。有鋼環者可以達 $\phi 140$ 公厘，并可展望 $\phi 160 \times L 100$ 公厘，但由於尺寸增大后塑料用量增多，同時節省工時的百分率下降，而且機械性能下降，逐漸損失其優越性。

3. 套筒問題：在 $\phi 80$ 公厘以下，軸孔很小，可以不用。在 $\phi 80\sim \phi 100$ 公厘是可用可不用，在 $\phi 100$ 公厘以上則以採用套筒為宜。

存在問題：

(1) 玻璃酚醛塑料，質量不夠理想，揮發物與流動性希望改善一些。同時希望試制美拉明玻璃絲塑料，使耐潮耐溫等絕緣性能更為改善。

(2) 石棉塑料方面，希能再作研究。

(3) 結構方面：如圖8及圖9的結構尚待進一步研究。

(4) 整流子一次搪錫問題，有待試驗。