

电气自动装置元件 制造工艺学

岡察洛夫著

机械工业出版社

电气自动装置元件 制造工艺学

岡察洛夫著

凌锡琛译



机械工业出版社

1956

出版者的話

本書敘述近代远距离及自动控制和調整裝置中所用特殊电机(自行同期电机、伺服电机、繼电器、接触器、反向換流器以及小功率变压器等)零件和元件的制造和安裝工藝过程。書中对板材的冲压,电动机定子、轉子和磁極叠片的裝配,整流子和集电环(滑环)的制造,电动机端盖的加工,轉子、定子和电極繞組的繞制和嵌線,以及線圈的制造、浸漬和塗漆等工藝作了特別詳尽的介紹。在最后一章中,还列入了各种不同电工材料的資料和数据。

本書系供生產和使用特殊电气元件的工長、工藝師和檢驗站的工作人員閱讀,也可供研究电气自动裝置的工程技術人員參考。

苏联 А. Д. Гончаров 著 'Технология изготовления элементов электроавтоматических устройств' (Оборонгиз 1950 年第一版)

*

*

*

NO. 1183

1956 年 12 月第一版 1956 年 12 月第一版第一次印刷

850×1168 $1/32$ 字数 256 千字 印張 $10\frac{1}{16}$ 0.001— 6.600 册

机械工業出版社(北京东交民巷 27 号)出版

机械工業出版社印刷厂印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 号 定价(10) 1.90 元

目 次

序.....	7
第一章 制造电气元件主要零件和部件的工艺过程.....	9
1 电气元件的工艺特性	9
2 零件落料.....	10
3 冲件的特性.....	10
4 冲剪电工钢片前的准备.....	12
5 自行同期电机转子冲片的冲剪.....	12
6 伺服电动机电枢冲片的冲剪.....	14
7 伺服电动机和自行同期电机定子冲片的冲剪.....	14
8 转子和电枢转轴的制造.....	16
9 自行同期电机转子叠片的装配.....	18
10 伺服电动机电枢铁心叠片的装配.....	20
11 伺服电动机和自行同期电机带有磁极的定子铁心叠片装配.....	20
12 带有磁极叠片的伺服电动机和自行同期电机定子外壳的制造.....	22
13 磁极可卸下的自行同期电机定子的制造.....	23
14 自行同期电机磁极的制造.....	26
15 三相自行同期电机定子铁心叠片的制造.....	28
16 伺服电动机整流子的制造.....	31
17 自行同期电机集电环的制造.....	36
18 自行同期电机电刷架的制造.....	37
19 伺服电动机电刷握的制造.....	40
20 自行同期电机端盖的制造.....	40
21 伺服电动机端盖的制造.....	42
22 把整流子装在伺服电动机的电枢轴上.....	44
第二章 绕组的绕制	45
23 绕线工作的必要条件.....	45
24 伺服电动机电枢绕组的元件.....	45
25 伺服电动机绕线前的准备工作.....	50

26 电枢槽的编号	51
27 伺服电动机电枢的绕线	51
28 伺服电动机电枢在绕组浸渍漆后的机械加工	58
29 自行同期电机转子绕组的制造	60
30 繞制 CC-404 型自行同期电机转子绕组的工艺过程	60
31 CC-405 型自行同期电机转子绕组的制造	70
32 CC-405 和 ДА-101 型自行同期电机三相定子绕组的制造	71
33 CJ 型伺服电动机励磁线卷的制造	76
34 磁极不可拆卸的、伺服电动机和自行同期电机定子内励磁线圈的装置	78
35 磁极可拆卸的自行同期电机定子内励磁线圈的装置	80
36 变压器线圈的繞制	81
37 各式继电器线圈和附加电阻线圈的制造	107
第三章 电气元件绕组用绝缘漆的浸渍和零、部件用绝缘漆的塗漆	112
38 浸渍的用途和实质	112
39 典型的真空浸渍工艺过程	112
40 线圈塗电木漆	120
41 电阻絲的塗漆	121
42 绕组浸渍精制地蠟或鹵蠟	122
43 在膠布板、膠紙板和电气絕緣紙板制成的、絕緣零件表面上塗刷漆層	122
44 电动机的外壳、定子、轉子和电枢表面上鍍盖防銹層的典型工艺过程	125
第四章 电气元件的总装配和檢驗	134
45 CJ 型伺服电动机的装配	134
46 穩定轉速伺服电动机的装配	141
47 离心調速器的装配和平衡	141
48 伺服电动机的檢查試驗	145
49 伺服电动机的銘牌和証明書	154
50 伺服电动机的典型試驗	155
51 CC、ДН 和 ДА 型自行同期电机的装配	162

52 自行同期电机的檢查試驗	174
53 自行同期电机的典型試驗	188
54 CC-405 型自行同期电机的裝配	191
55 CC-405 型自行同期电机的檢查試驗	192
56 CT 型电动机的制造	194
57 CT 型电动机的檢查試驗	199
58 CY 型电动机的制造	202
59 CY 型电动机的檢查試驗	208
60 反向换流器的制造	210
61 反向换流器的試驗	213
62 变压器的裝配	215
63 TO、T3、TV 型变压器的檢查試驗	220
64 各种型式繼电器的裝配和調整	224
65 PЭ-101 型繼电器的檢查試驗	227
66 PЭ-301 型繼电器的裝配和調整	230
67 PЭ-412 型繼电器的裝配和調整	233
68 接触器的型式、它們的裝配和調整	234
69 电磁鉄和电磁連接器的裝配	237
第五章 电工材料	242
70 电磁合金	242
71 电工鋼和合金的热处理	247
72 有色金屬和它們的合金	254
73 貴金屬和它的合金	264
74 鋅条和鋅剂	271
75 高电阻合金	271
76 电刷組成	272
77 电磁線	276
78 电工絕緣材料	290
79 粉狀压料和纖維狀压料	304
80 膠合金屬和塑料用的膠合剂	307
81 电器絕緣漆、磁漆、膠合剂、膠和它們的溶剂	313
中俄名詞对照表	322

序

特殊电机——自行同期电机 (сельсин)、伺服电动机 (серводвигатель) 与各种电器——繼电器、接触器 (контактное приспособление)、反向換流器 (ключ-датчик) 及小功率变压器等都是近代远距离及自动控制和調整中所不可缺少的元件。

本書叙述反映这些元件制造特征的工藝过程；同时本書系供已經熟悉了电机机械制造工藝基本原理的讀者使用。

鑒於对制造这些元件的主要零件和部件的工藝过程有着顯著的共同性；因此作者認為用最具有代表性的例子來研究这些工序是最合理的。尤其对板材的冲压，电动机定子叠片、轉子叠片和磁極叠片的裝配，整流子和集电环 (滑环) 的制造，电动机端盖的加工，轉子、定子与电樞繞組的繞制和嵌線，励磁線圈和变压器線圈的繞制，繞組及电气絕緣零件的浸漬和塗漆等工藝予以極大的注意。

按照同一方式討論典型自行同期电机和伺服电动机的总裝配和調整的工藝过程。

書內按照了这些元件的技術条件提供了各种型式的自行同期电机、伺服电动机、变压器以及繼电器等的檢查和試驗方法；並且引述了这些元件的技術特性、外形尺寸和安裝数据，以及它們在各种設備和裝置內工作的接線圖。

在書的最后一章內，讀者可以找到有关制造自行同期电机、伺服电动机和其他电器用的电工材料的資料。在該章內引述了表明它們物理-机械特性、工藝性質、品种和应用范围的簡明參考資料。

在編著本書时，作者廣泛地採用了許多本國工業 (苏联) 的資料与个人經驗。

適用於制造特殊电机和电器的工藝过程是極其多样性的，要

在本書內作充分詳盡地和完善地說明是不可能的。然而鑒於完全缺乏有關這一問題的文献，也許可以指望本書会有一些用处，俾引起讀者們的注意；並在一定程度內能弥补了这一領域內的空白。

最后，作者謹向給予本書提供寶貴意見的卓尔达克（С. А. Жолдак）同志、普魯諾夫（С. В. Прунов）同志和阿列克謝也夫（А. П. Алексеев）同志，以及在作者編著本書時給予幫助的阿尔金同志（А. Г. Аркин）、涅司切洛夫（М. Г. Нестеров）同志和瓦西娜（Ф. М. Васина）同志致以熱忱的感謝。

第一章 制造电气元件主要零件和 部件的工藝过程

1 电气元件的工藝特性

標誌出电气元件制造的工藝特征是：大多数零件和部件机械加工的高度精确性和高度的光潔度（按照1級和2級精度），同时又要保持它們优良的电工特性（導电率、導磁率、絕緣电阻和絕緣强度），以及防蝕和裝飾的鍍層。这种零件和部件加工的特征便形成必須採用高度精密的机床、夾具和工具的原因；並在所有工藝操作上亦須有高度的技藝和优良的生產組織。

本書將研究电气自动系統內最重要和最典型的若干电气元件制造的工藝学，即：

- 1) 直流和交流伺服电动机（СЛ 型）；
- 2) 自行同期电机（СС型和ДИ型）——接受机（Приемник）和發送机（Датчик）；
- 3) СТ型和СЧ型的电机（在电路內用作接受机）；
- 4) КР型、КА-010等型的反向換流器；
- 5) 各种型式的繼电器；
- 6) 接触器；
- 7) 变压器和扼流圈；
- 8) 附加电阻。

上述列举的电气元件制造总括有下列各主要工藝过程：

- а) 鑄件；
- б) 零件的鉗工-机械加工；
- в) 繞組；
- г) 电气絕緣和裝飾塗層的浸漬和鍍盖；
- д) 裝配；
- е) 檢驗。

2 零件落料

零件落料是很重要的和关键的工序，它直接影响到零件和部件所有以后工艺的加工过程。

零件落料时必须注意下列二要点。

1) 所落材料的牌号和物理-机械特性必须严格符合图纸的规定；这可依据所附技术文件，如無此项文件时由工厂实验室用分析方法来检验。

2) 落料的尺寸应当预计到所有以后各工艺加工工序所必要的加工余量。

3 冲件的特性

冷冲是用薄的板材制造复杂形状零件的先进工艺方法之一。在高度生产率时，冲制可以保证零件严格的一致性，因此，就不再需要检查每只零件的尺寸了。

对导磁冲片要提出较高的要求，因为装配时冲片应当保证轮廓的精确一致。

在冲制过程中会产生冷硬的现象。因此，沿着冲剪过的轮廓上冲片材料的物理性质会变成脆性，而在这一部分的电气损耗也会增加。尤其在用高合金钢冲制带有细长齿的转子和定子冲片时（用于自行同期电机），这种现象特别显著。恢复金属材料的结构，只有将经过冲制的钢片放在中性媒质内退火才可能；这是一个极其复杂和艰巨的工作。

在冲制过程中所形成的毛头应尽可能少。

除了导磁冲片以外，在电气元件的生产中，也广泛地应用着其他许多冲制零件（电机刷握的零件、各式各样的接触弹簧、继电器、电缆端线线夹、固定导线用的U字钉、变压器线圈的颊板、附加电阻的零件等）。这些零件的形状是极为多种多样的；

其中有些是平形的，可用冲裁方法來得到；另一些形狀是弯曲的，因此在冲裁以后还要在弯曲模子內弯成形；第三种要用拉延模子拉成（盖、罩、遮板等）。为了要在零件上印刻着各种文字，在冲模內再加上印模。

因此在制造电气元件的零件时，要用到各种冷冲的方式。

制造冲件用的材料同样是極其形形色色的（普通鋼、彈簧鋼和电工鋼、紫銅、黃銅、青銅、鎳、銀、鋁、电气絕緣紙板、云母制品、云母、膠布板、膠紙板[●]、蠟帶[●]等）。

所有上述各点，不論对冲模方面和冲压过程方面都顯著地提高了它的要求。

冲床的狀況和功率对冲模的耐用性有着很大的影响。在功率大的冲床上，由於冲压应力对机架和冲模所引起的变形少，冲模工作較好，而使用寿命也長；所以为了要維護冲模和延長它們的工作期限，必須規定它們只可以在功率大的冲床上工作（对精密的自行同期电机轉子和定子冲模，以及伺服电动机的电樞冲模尤須注意）。

用精密冲模工作时，冲床的功率应較它所產生並傳輸到上、下模切削邊緣去的冲裁力高出1~1.5倍。

冲裁力可从下述方程式求出：

$$F = \frac{p \cdot R_s \cdot S}{1000},$$

式中 F ——冲裁力（噸）；

p ——冲裁輪廓的周長（公厘）；

R_s ——材料的剪切極限强度（公斤/公厘²）；

S ——板材的厚度（公厘）。

● 膠布板（Текстолит）和膠紙板（Гетинакс），我國很多电机制造厂称它們为布質培克力板和紙質培克力板。——譯者

● 蠟帶（Лакоткань）——我國制造厂的工場內大都称蠟帶，最近的出品說明書称漆布。——譯者

在实际計算中，用來計算冲裁力的 R_s 值，可从表 1 內查得。

在每只冲模上均用打印模子刻好冲裁力的数值。这些数据是車間內按冲床分配工作时所用的。

4 冲剪电工鋼片前的准备

指定用作制造各种电气元件導磁叠片的电工鋼片应当是潔淨的，且表面不帶銹。

电工鋼片可用噴沙机或在磷酸溶液內浸洗除銹。經磷酸溶液浸洗过的鋼片，在洗淨和干燥后，直接塗上油漆。已經过噴砂潔淨以及尚未經过去銹的鋼片，可用在淨潔汽油內浸湿过的布头將油拭去，然后再用清潔的布头拭干。把电工鋼片通过塗漆机的軋輥，塗上油漆；所用漆的濃度应当在 10~15% 的范围以內。

电工鋼片在剪刀床上落料。

为了标志出鋼片的軋輥方向，在鋼片的一側，沿着它整个長度，用刷子塗上黑漆線。当冲片帶有定位孔时，可不用塗黑漆線。已塗好漆的鋼片，在 15~25°C 下，烘 25~30 分鐘，此后可送去冲剪。

表1 剪切極限強度

材 料	剪切極限強度 R_s (公斤/公厘 ²)
电气絕緣紙板	6
鋁	14
硬鋁 (杜拉鋁)	36
紫銅	30
黃銅	40
鋼 (0.1% C)	30
鋼 (0.3% C)	48
鋼 (0.4% C)	56
鋼 (0.6% C)	72
鋼 (0.8% C)	90
鋼 (1.0% C)	100

5 自行同期电机轉子冲片的冲剪

CC 型和 ДИ 型自行同期电机的轉子冲片(圖 1 和圖 2)应当制造得極其精確。轉子冲片上所有各齒在冲片互相叠起來的時候，在任何位置都应精確地吻合一致。这一点是特別重要的，因为，齒截面的不均匀性及其沿着圓周的不对称排列，在轉子各个

不同位置的截面中就產生不相等的導磁率，它在同期工作時就會引起很大的誤差，因而降低自行同期電機的精確性。此外，由於槽內粗糙（凹凸不平），容易招致轉子繞阻絕緣的損壞，造成大量廢品。

由於上述情形，為了保證轉子疊片精確地裝配，CC 型和 ДИ 型電機的轉子沖片只能採用複式沖鑄——精密的沖鑄沖剪，一下子將沖片的外廓和內孔同時沖下。

對自行同期電機轉子沖片的沖剪只可採用銳利的沖鑄。沖片的沖剪面應當光滑而無毛頭（自行同期電機轉子沖片沖剪面上、毛頭的大小不應超過 0.01 公厘）。所以在沖鑄用過 8000~10000 次以後必須再予以磨銳。轉子沖鑄是在平面磨床或立式磨床上磨銳。沖鑄應當由技藝高超的磨床工十分小心地和精確地磨銳，在磨銳的過程中不可產生過熱和回火的現象，否則沖鑄上就會產生個別柔軟的地方，使沖鑄迅速地變鈍，因而沖出的沖片上出現大量毛頭。研磨時，必須磨去極薄的一層（厚度 0.03~0.05 公厘），以保證沖鑄的銳利。

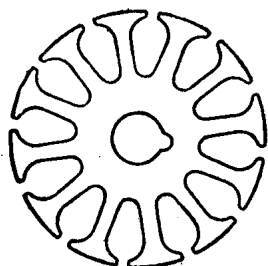


圖1 CC-404 型自行同期電機的轉子沖片。

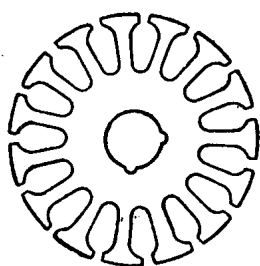


圖2 ДИ-501 型自行同期電機的轉子沖片。

沖剪用的電工鋼片在剪刀床上截開。將電工鋼片截成 750 公厘長的長條，寬度按照沖鑄寬度的尺寸。落料的時候應當使它的長度和電工鋼片的軋軋方向取得一致；這樣就確定了定位孔與電工鋼片軋軋方向相關的位置。

沖壓時，把電工鋼片塗漆的一面朝上放置；這樣可使所形成

的毛头是在冲片未塗漆的一面。在冲剪过程中，把冲片按着冲剪的次序串在線上，然后紮成一捆，並在送往装配前成捆地貯藏在倉庫內。

6 伺服电动机电枢冲片的冲剪

伺服电动机的电枢冲片（圖3、4和5）同自行同期电机的轉子冲片一样，在复式冲模上冲剪。对冲剪伺服电动机电枢冲片所提出的精确性要求比对自行同期电机轉子冲片所提出的要求为低；因为在装配伺服电动机的电枢时，不一定要將冲片扭歪过一个齿的位置。

伺服电动机的电枢冲片，允許在冲剪后帶有一些毛头，这样就顯著地延長了冲模的寿命。这些毛头可以在特殊机床上磨掉。

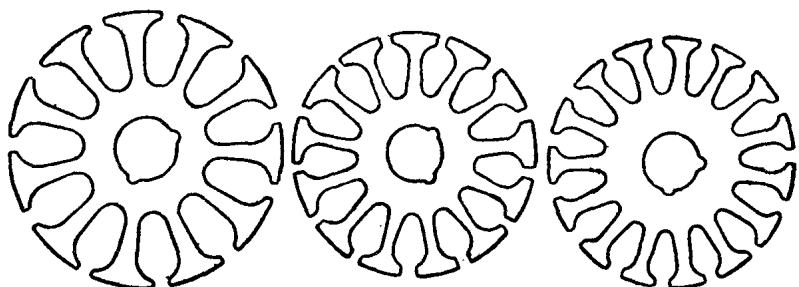


圖3 CJI-200 型伺服电动机的电枢冲片。

圖4 CJI-300 型伺服电动机的电枢冲片。

圖5 CJI-500 型伺服电动机的电枢冲片。

去毛机略圖見圖6。傳送帶不断地沿着工作台的平面移动。傳送帶的上面轉动着砂輪，把不断地進入在移动着傳送帶上冲片的毛头磨掉。傳送帶和砂輪間的間隙根据冲片的厚度來調整，冲片在去掉毛头以后，塗上一層絕緣漆或磷化，随后進入电枢叠片的装配。

7 伺服电动机和自行同期电机定子冲片的冲剪

圖7和8所示的定子冲片，就是帶有二个磁極的圓片。它們均用复式冲模冲剪而成。冲片上不容許帶有毛头，因此在冲剪以

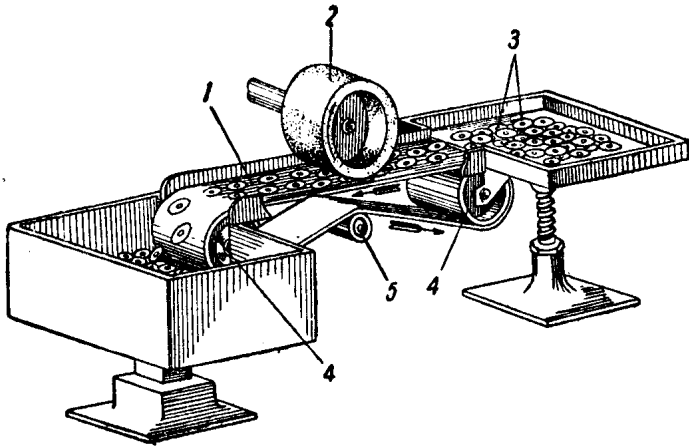


圖6 冲片去毛刷略圖：

1—傳送帶；2—砂輪；3—冲件的工作台；4—驅動傳送帶的滾柱；5—拉緊傳送帶的滾柱。

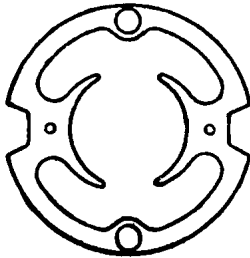


圖7 伺服電動機的
定子冲片。

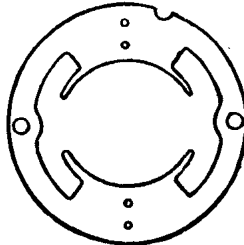


圖8 CC-501 型自行同
期電動機的定子冲片。

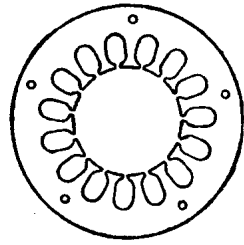


圖9 CC-405 型自行同
期電動機的定子冲片。

后發現有毛頭時 用特殊機床將毛頭磨掉（見圖6）。

冲片上並未塗有絕緣漆，因為用這些冲片裝配成的定子疊片將灌以鎔化了的矽鋁合金。當定子疊片灌注矽鋁合金時，由於加熱時（ $450 \sim 500^{\circ}\text{C}$ ）高溫度的作用，在冲片上形成一層氧化薄膜，作為各冲片間的絕緣。

圖9中所示這種型式的自行同期電動機的定子冲片同自行同期電動機的轉子冲片一樣（見第6節）也是用精密的複式冲模冲剪而成；它具有同樣的加工要求，並對所得冲片提出同樣的精確度要求。

8 轉子和電樞轉軸的製造

自行同期電機的轉子轉軸和伺服電動機的電樞轉軸是很重要的，並擔負着重大責任的零件。其加工的精確性對鐵心疊片、整流子、集電環、防護墊圈、滾珠軸承和其他零件的正確配合具有重大的意義。在轉子和電樞製造的過程中、以及自行同期電機和伺服電動機的總裝配時，都以轉軸為基準，並根據它來保持所有縱向尺寸和徑向尺寸。

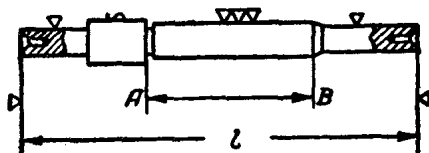


圖10 自行同期電機的轉子轉軸。

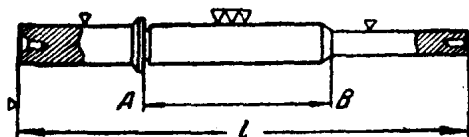


圖11 伺服電動機的電樞轉軸。

圖10和圖11表示着自行同期電機轉子轉軸和伺服電動機電樞轉軸的典型結構。

在製造轉軸的過程中應執行下列各主要的要求：

- 1) 轉軸材料应符合圖紙上規定的牌號；
- 2) 轉軸落料時應計及長度方面的加工裕量1~1.5公厘，備校正中心前修割之需；
- 3) 在轉軸未割短到圖紙上規定的尺寸前，應先進行矯形；
- 4) 中心孔應當用圓柱孔鉗（цилиндрическое сверло）準確地鑽在毛坯的中心，孔的深度如表2，隨後應當再用特殊的中心孔鉗擴大為60°；各種直徑轉軸所用中心孔的尺寸和結構列如表2；