

制造发电设备的 土办法汇编

(第一輯)

第一机械工业部电器科学研究院工艺研究所編

内部文件 注意保存



机械工业出版社

制造发电设备的土办法汇编
(第一輯)

第一机械工业部电器科学研究所工艺研究所編



机械工业出版社

1959

出 版 者 的 話

本書搜集了部分厂在試制發電設備中所創造的「以小于大」、[螞蟥啃骨头]的經驗和办法。共分为三部分：汽輪發電機制造工艺的一般介紹；發電設備制造中的土办法；發電設備制造有关文选。我們預定今后仍陸續發表这方面的有关資料。

本書可供制造發電設備的工程技術人員和工人參考。

NO. 內 234

1959年1月第一版 1959年1月第一版第一次印刷

850×1168 $\frac{1}{32}$ 字數 81 千字 印張 3 $\frac{4}{16}$ 0,001—4,000 册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 003 号 定 价 (11) 0.69 元

序 言

自从党中央提出鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义的总路线后，全国人民发挥了冲天的干劲，一个蒸蒸日上、万马奔腾的群众性技术革命普遍的在全国各地开花结果。为了适应当前蓬勃发展的飞跃形势，促进发电设备更迅速的发展，确保钢铁元帅升帐，我们经一个月左右的收集、编写，汇成了部分厂在试制发电设备中创造的「以小干大」、「蚂蚁啃骨头」的经验、土办法，以供将要试制的单位参考。为了更好的帮助、配合新厂了解发电设备的工艺，因此，同时也介绍了一些制造发电设备（汽轮发电机方面）的一般工艺和部分有关文献。由于此次资料收集时间仓促，以及编者水平所限，在编写的内容上不够丰富，而且可能有很多欠妥之处，欢迎有关方面提出批评指正。

第一机械工业部电器科学研究院工艺研究所

1958年11月 北京

目 录

第一部分 汽輪發电机制造工艺的一般介紹

I 定子	5
1 机座的焊接 (5)——2 冲片与定子鉄心 (7)——3 机座的加工 (10)——4 定子綫圈 (11)	
II 轉子	15
1 凸極式轉子綫圈 (15)——2 隱極式轉子綫圈 (17)——3 轉子嵌綫 (19)——4 轉軸的加工 (22)——5 磁軛和極靴的加工 (22)——6 隱極式轉子加工 (25)——7 轉子动平衡和超速試驗 (27)	

第二部分 發電設備制造中的土办法

I 机座	28
1 博山电机厂1500瓩汽輪發電机的机座加工 (28)——2 重庆建設机床厂750及1500瓩汽輪發電机的机座加工 (31)——3 江西电机厂1000瓩水輪發電机的机座加工 (32)	
II 定子 冲片与鉄心叠压	34
1 定子冲片制造的土办法 (34)——2 鉄心叠压 (37)	
III 綫圈制造与絕緣处理	40
1 定子綫圈的漲型 (40)——2 定子綫圈絕緣处理 (43)——3 轉子綫圈制造 (45)	
IV 轉軸	47
1 小軸堆焊成大軸 (47)——2 博山电机厂軸加工的經驗 (48)	
V 組合轉子	49
VI 磁軛	54
1 750瓩磁軛M80螺孔的土加工 (54)——2 磁軛鍵槽刨加工 (55)——3 磁軛熱套 (56)	
VII 动平衡	59
VIII 其他	63
1 底座加工 (63)——2 总裝 (64)	

第三部分 發電設備制造有关文选

I 螞蟥啃骨头好处大，土設備解決大問題	66
1 3200瓩化肥电机定子机座和轉子飞輪加工 (66)——2 8000瓩水輪机叶片加工方法介紹 (67)	
II 水电設備制造新工艺点滴	69
III 6000瓩汽輪發電电机轉子的刨槽	70
IV 仿捷汽輪發電电机轉子槽楔用硬鋁代青銅的試驗研究	75
V 15000瓩水輪机球墨鑄鐵主軸試制总结	82
VI 重型軸和轉子的平衡	92

第一部分 汽輪發电机制造工艺的

一般介紹

I 定 子

1. 机座的焊接 焊接結構的机座較鑄鉄机座具有輕、堅固及外形尺寸小的优点，因此在中等容量以上的發電設備絕大部分採用了焊接結構，解決了鑄大型鑄件造型、制造坭芯等困難；將鋼板按圖紙用氣割下料后，用電焊將各零件焊成一個整體，圖1是TQT系列750瓩汽輪發電机的机座結構。由于焊接后的材料因局部受熱產生收縮、變形等現象，為減小變形的尺寸，對机座各主要零件在焊接前均須經過較平直的工序，如机壁、底腳等，並且在焊接工藝過程先搭焊而后採用全部相對交錯焊接。對零件變形

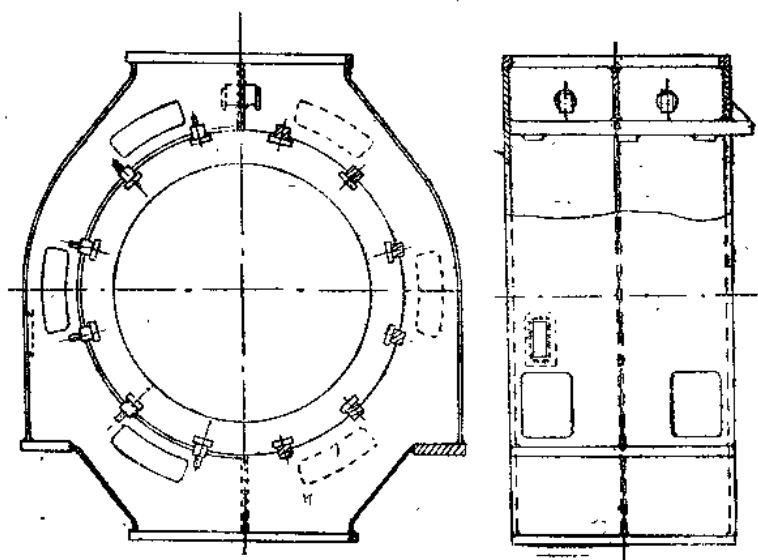


圖1 焊接机座。

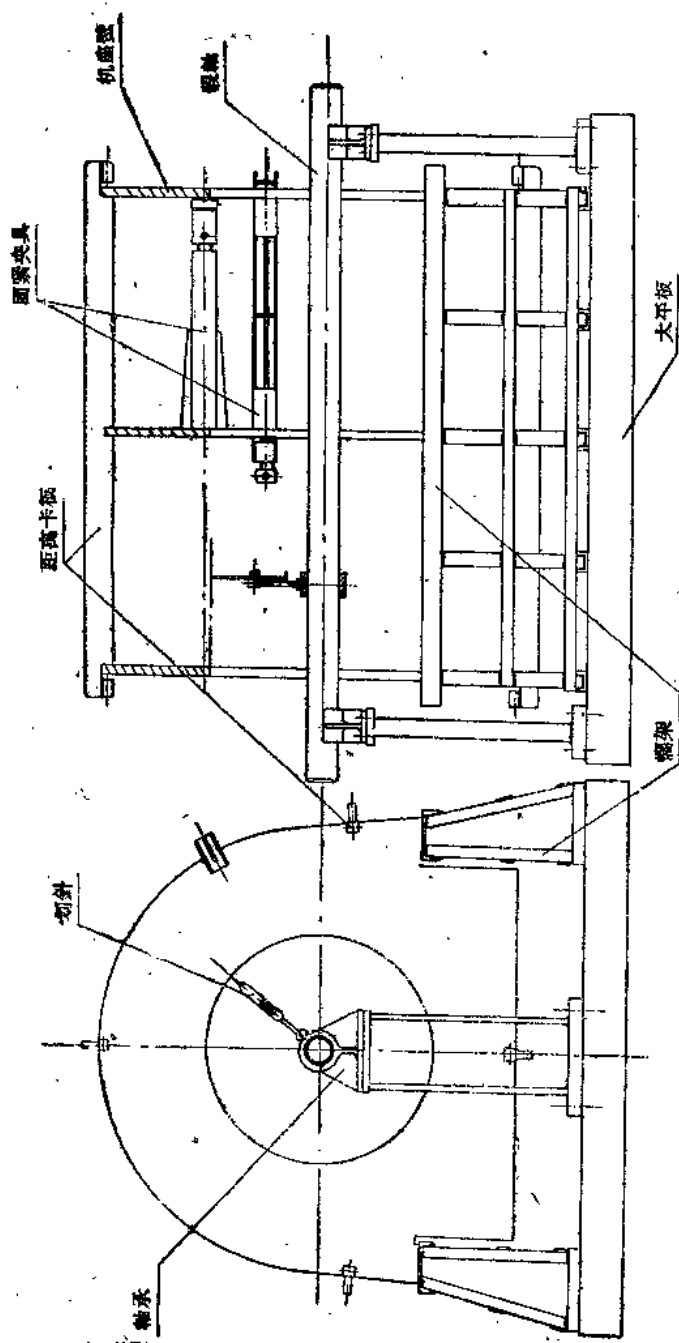


圖 2 TQC 系列 12000 型机座臥焊裝置示意图。

較大的可在其變形的反方向預先給以人工的變形，在焊接後則以局部加熱來平整。

機座在焊接後一般應經過老化處理，消除內應力，但在製造容量較小的發電機生產周期不宜過長，考慮結構較簡單，可以不予處理即進行加工。

焊接的方法分為主焊和臥焊，主焊適用於小容量的電機，在大容量的電機因焊接件的定住及使用的夾具較複雜而不適用，以臥焊較好。不論主焊或臥焊，機壁均須先校正同心度，以距離卡板固定機壁間的距離，距離尺寸應較圖紙大3~4公厘，考慮焊接後的收縮。

2. 沖片與定子鐵心 由於定子鐵心直徑大，都採用扇形沖片并疊成，沖片依靠鳩尾筋來定位和支持。

為了保證槽形沿圓周均勻分布和鐵心疊壓後槽形整齊，最好用複式沖一次將定子沖片沖出。所須沖床噸位按下式計算：

$$F = \frac{l \cdot \tau \cdot t}{1000}$$

式中 F ——沖剪力（噸）；

l ——沖片輪廓邊緣長度（公厘）；

τ ——沖片材料的抗剪強度（公斤/公厘²）；

t ——材料的厚度（公厘）。

在沖床噸位不夠時，較好的方法是將落料及沖槽分兩次完成，不過工時增加了。

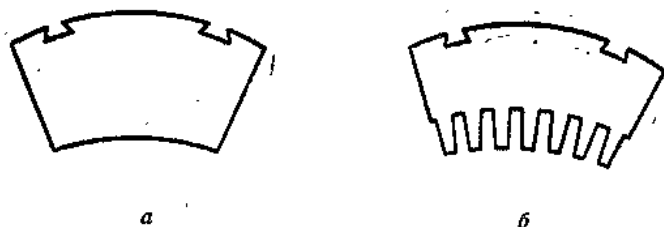


圖3 定子鐵心沖片分兩次沖成：

a —落料後的沖片； b —沖槽（一次沖出）後的沖片。

冲片套裁时，不仅要考虑硅钢片的利用率，同时要考虑硅钢片本身轧制的厚薄不均，一般中间厚，靠边薄些，因此只按一个方向套裁，如图4；铁心叠压后会发生局部过紧或过松的现象。按图5所示交叉套裁时较好。



圖 4

冲制后的冲片必须去毛刺，显著的锈斑也应除去，然后在漆机上涂漆，防止片间涡流短路。最可靠而常用的绝缘漆是“5052”硅钢片漆，按规定经过涂刷三次，每次在高温（450°~500°C一分钟，280°~320°C三分钟或210°C12分钟）下干燥后，能够得到冲片所需的绝缘电阻——不小于80欧姆。

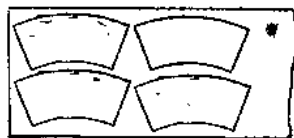


圖 5

冲片漆膜绝缘的测定是：取20片0.5×40×300涂好漆的试片叠好，在720公斤（或公斤/公分²）的压力下，在叠片两端极板上加以约20伏直流电压（图6），并调可变电阻至电流0.1安培时，按下式计算：

$$R = \frac{U}{I} \cdot \frac{S}{n},$$

式中 R ——绝缘电阻（欧姆）；

U ——直流电压表读数（伏）；

I ——直流电流表读数（安）；

S ——试片面积（公分²）；

n ——试片数量。

铁心叠压前，定位的鳩尾筋是以铁心冲片为准来固定其位置，先将冲片叠放高20公厘左右（约50片）一圈，槽内插入槽形棒，使槽形整齐后，在鳩尾槽插入筋条，使与机座加工时在内圆上刻划

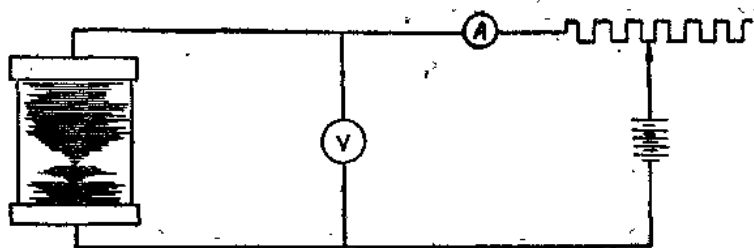


圖 6

的軸向直線平行，用夾具固緊，然後根據第一根筋來等分并固定其它各筋，當筋與機座以螺釘固定時（圖7a），則筋條上預先鑽較小的孔，以此孔為鑽套在機座上配鑽，分別作上記號後，拆下再按圖紙加工。若筋條與機座系焊接的（圖7b），則必須夾緊，以免變形走動位置，然後卸去沖片，用圖7b的結構機座內圓不加工。

鳩尾筋的斷面尺寸按沖片的鳩尾槽配做，當兩面靠住時刻下的一面間隙應為0.9~1.2公厘，或一面靠住時其他兩面間隙各為0.45~0.6公厘，若間隙再小，疊壓時較困難；同時考慮圖9中

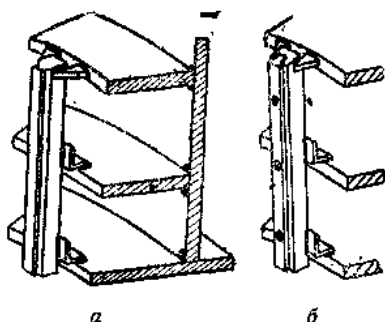


圖 7

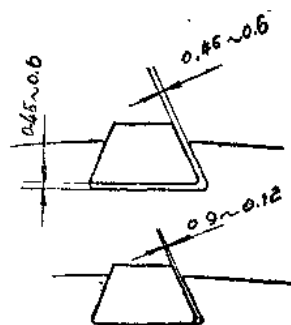


圖 8

所示的兩種情況，我們寧願槽形整齊，鳩尾槽有錯開不齊，即圖9b的情況，否則綫圈將下不進槽里或損傷絕緣。

沖片疊壓後槽形寬仍要較沖片槽寬尺寸小0.4~0.5公厘。

疊壓時所用的槽樣棒應較槽寬小0.25~0.2公厘（複式沖模）



圖 9

或 $0.3 \sim 0.25$ 公厘 (單冲); 檢查塞規應小 $0.4 \sim 0.5$ 公厘, 与实际尺寸相符。

定子鉄心疊压时加压的次数, 决定于鉄心长度, 一般每疊 $400 \sim 500$ 公厘高度加压一次, 所加压力为 $12 \sim 15$ 公斤/公分²。鉄心可以在冷的或热的 (110°C) 情况下加压, 热压可以提高疊压系 $2 \sim 3\%$, 一般用在較大容量的如 12000 瓩以上的發電机上。

小型的汽輪發電机的鉄心加压过程可在龍門压床上进行, 大型的則采用油压下拉式压床为宜。

3. 机座的加工 机座主要的加工部是机座內圓、机座端面止口及底脚平面。

比較好的方法是臥式鏜床上加工, 在校調兩端机壁中心与鏜杆中心一致后, 端面內圓一次就可以加工出来, 不須机座調头翻身, 簡化了操作过程, 同时可以在鏜杆中裝置多刀进行切削。根据設備的条件, 可在立式或臥式車床上切削加工, 加工前在兩端机壁外平面上画圓綫, 并在外壳上划平綫, 供找正用。一般說来, 尺寸較大的机座不适宜在臥式車床上加工, 装夹及校調均較麻煩, 而且須要較大的設備。例如, TQT 系列 750 瓩汽輪發電机机座要卡盘直徑在 1.5 公尺以上的大头車床才能加工。

机座內圓加工尺寸, 須按冲片尺寸配車, 只在每付定子冲片冲模試冲出来后进行一次, 如上面在确定鳩尾筋尺寸中所述, 將冲片試疊一次, 槽內放入槽样棒后, 在鳩尾槽內放比槽形小 0.1 公厘的假鳩尾筋, 此时冲片內徑应符合圖紙尺寸, 然后測定假筋底对徑尺寸, 如圖 10 尺寸 D , 再配做真鳩尾筋和定子机座內徑。

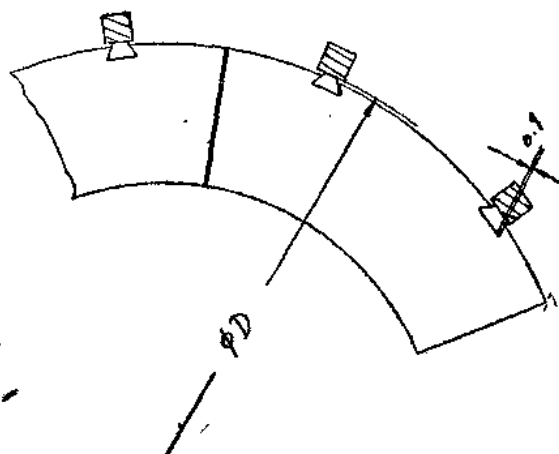


圖 10

机座两端面止口在鉄心叠压后进行加工,以鉄心内圆为基准,校正。在臥式鏜床上加工較簡單,若在立車上加工时,和一般电机具有同样的工艺过程:先粗車一端面止口,反身以粗車止口套于止口模上校准鉄心内圆,車准止口尺寸,然后再反身,以精車止口套止口模,精車另端止口平面。这样过程不仅較复杂,且应防止切屑掉入鉄心中,須用东西盖住。

底脚平面在鏜床上銑出,以机座端面为基准将机座立放。在有大型龙门刨或龙门銑时也可以同时将两底脚平面刨或銑平。

通常机座端面及底脚平面的加工都在鉄心叠压后进行,在掌握装配一台后冲片的情况,可以将机座全部加工完然后进行叠压。

4. 定子綫圈 在小容量汽輪發电机中,定子綫圈的形状和絕緣結構和一般高压三相交流电机的相类似,須要經過繞制、拉型、包扎絕緣、真空浸胶处理及复型等工艺过程。中等容量以上的發电机由于綫圈构造形式和有些絕緣結構不同而工艺上增加一些过程。

直綫部分换位的綫圈,在銅条落料平直,两头搪錫后,将每半只綫圈的導綫合成一組,在圖11a的压模中压弯,再将两个半

只繞圈的两排銅條編織成一個。排間及導線間墊上云母條，墊前在導體上刷一層酚醛漆。

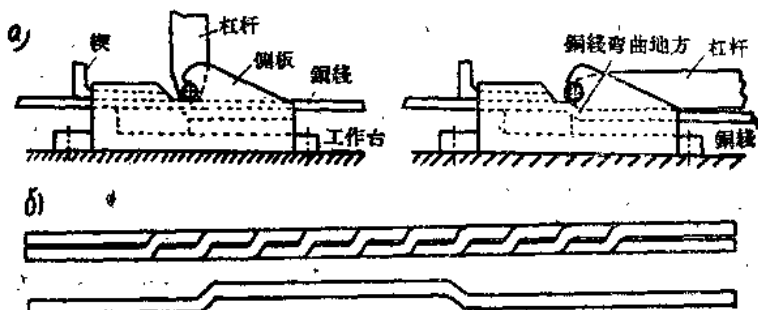


圖11 有換向銅條的定子繞圈：

a) 銅條壓彎；b) 編織後的繞圈。

繞圈端部的成形是在專門的木模上用人工方法成形的，包括端部接線和直線部分聯成一体或不聯的繞圈。

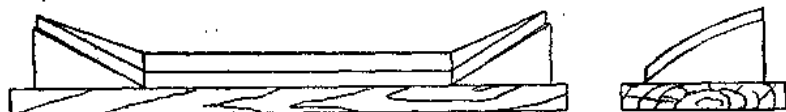


圖12 簾形漸伸繞型繞圈端部成形木模示意圖。

按照繞圈直線部分的絕緣結構不同，製造工藝過程也不同。分別簡述如下：

具有套絕緣的繞圈

- (1) 按圖紙尺寸切剪導線；
- (2) 每一根導線用手工方法在平板上整理（矯直）；
- (3) 把每個繞圈的一半（繞圈的一排）導線組合起來；
- (4) 利用杠杆工具彎出每根銅條上的换位地方；
- (5) 進行編織每排的銅條；
- (6) 把兩排導線組合成一個完整的繞圈；
- (7) 用手工方法矯直已組合好的繞圈；
- (8) 按圖紙規定長度截割兩端；

- (9) 把云母紙墊在各導綫和排間;
- (10) 用酚醛漆塗刷絕緣后的綫圈, 作壓形準備;
- (11) 在蒸汽加热的液压机上进行壓形处理;
- (12) 用充填胶或石棉塊墊平各换位地位;
- (13) 作滾包准备 (包云母紙和紙);
- (14) 在电热滾包机上进行滾包处理云母紙套;
- (15) 在冷压模内进行初步壓形处理 (成型);
- (16) 作热压准备;
- (17) 在蒸汽加热的液压机上进行壓形处理;
- (18) 修剪云母紙套的两端;
- (19) 作試驗准备;
- (20) 作試驗 (耐壓强度及介質損失)。

具有連續絕緣的綫圈

- (1) 按圖紙長度切剪導綫;
- (2) 用手工方法在平板上整理 (矯直) 每根導綫;
- (3) 把每个綫圈一半数量的導綫組合起来;
- (4) 用杠杆工具弯出每根導綫的换位地方;
- (5) 編織每排的導綫;
- (6) 把两排導綫組合成一完整的綫圈;
- (7) 用手工方法矯直已組合好的綫圈;
- (8) 在两排間墊云母条;
- (9) 用專用胶或石棉塊墊平换位地方;
- (10) 第一次利用液压机进行热压处理;
- (11) 利用手工具清除每根導綫兩端的絕緣;
- (12) 各導綫的两端进行搪錫;
- (13) 在專用模上用手工方法弯出端部来;
- (14) 作浸胶处理准备;
- (15) 綫圈进行第一次浸胶处理;
- (16) 在除棉布带, 进行第二次热压处理;

- (17) 包云母帶絕緣(總絕緣);
 (18) 作第二次浸膠處理準備;
 (19) 綫圈進行第二次浸膠處理;

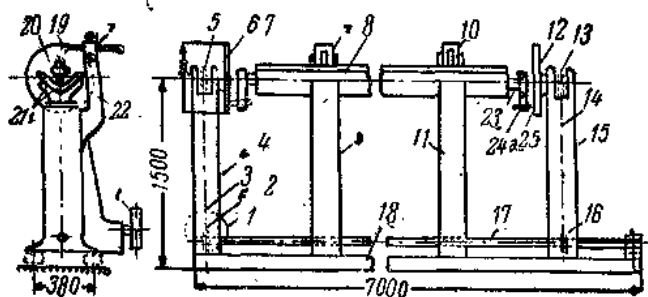


圖13 綫圈套絕緣滾包機:

1—主傳動的皮帶輪; 2—下部固定鏈輪; 3—傳動鏈; 4—固定支座; 5—上部固定鏈輪; 6—前花盤, 不能移動的; 7—迴轉板; 8—固定側板; 9—中間的活動支座; 10—迴轉板; 11—中間的固定支座; 12—后花盤, 能夠動的; 13—后端上部活動鏈輪; 14—鏈傳動; 15—能夠移動的后支座; 16—后端下部鏈輪; 17—下部的旋轉軸; 18—機座; 19—熨板支架; 20—上熨板; 21—加熱板; 22—支臂; 23—條型綫圈; 24—夾儀; 25—主動鉤。

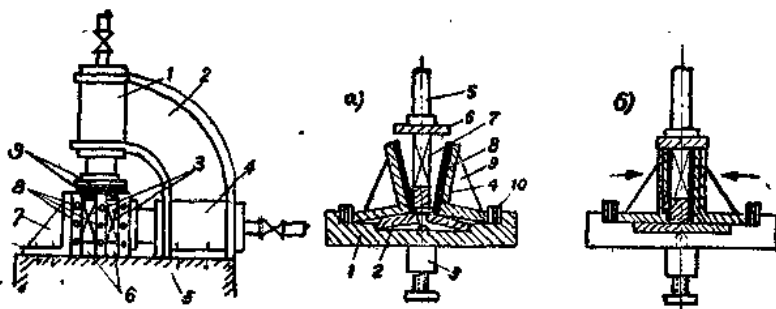


圖14 液壓機內綫圈的壓形:

1—上壓力缸; 2—支臂;
 3—綫圈; 4—側壓力缸;
 5—機座; 6—下定位板; 7—支持角; 8—加熱板; 9—上定位板。

圖15 滾包后螺旋手壓機的結構:

1—手壓機額板; 2—升降板;
 3—有彈簧的螺絲; 4—下定位板; 5—上壓力螺絲; 6—上壓板; 7—綫圈; 8—輔助側壓板; 9—側壓力角板; 10—側定位板。

- (20) 綫圈校准;
- (21) 弯出綫头, 并割齐;
- (22) 作試驗准备;
- (23) 試驗絕緣的絕緣强度和介質損失;
- (24) 直綫部包石棉帶;
- (25) 直綫部和端部接綫刷半导体漆。

II 轉 子

在汽輪發电机轉子中, 有隱極式和凸極式两种結構。凸極式轉子与一般大型的同步电机、水輪發电机具有相类似的結構形状, 在制造工艺过程上比隱極式要簡單些。

1. 凸極式轉子綫圈——磁極綫圈: 綫圈是用裸銅綫在專用的机器上扁繞而成。

磁極綫圈的制造工艺过程由下列基本工序組成:

- (1) 綫圈繞制;
- (2) 去掉轉角处增厚部分;
- (3) 繞綫后綫圈退火;
- (4) 退火后銅綫清理;
- (5) 綫圈整形;
- (6) 出綫头与綫圈端焊接;
- (7) 綫圈匝間絕緣;
- (8) 絕緣干燥;
- (9) 綫圈烘結和压形处理;
- (10) 烘压后清理;
- (11) 綫圈絕緣試驗;
- (12) 綫圈刷漆。

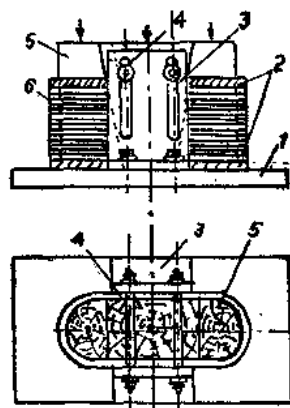


圖16 磁極綫圈整形:

- 1—压模底板; 2—定位用鋼墊圈; 3—側角板; 4—拉紧螺栓;
5—木支撐楔条; 6—綫圈。

磁極綫圈繞制时应注意轉角处外圓开裂紋或翹起, 因而一般要求銅綫寬与厚之比在 $\frac{b}{a} < 30$, 比值的大小也表示了繞制的易

难程度；也决定于繞制的半徑，按公式：

$$R = \frac{0.5b^2}{a},$$

式中 R ——綫圈繞制半徑；

a ——銅綫厚度；

b ——銅綫寬度。

同时繞綫模必須把銅綫寬度全部嵌在模子內，如圖 18 a。

为了克服銅綫过寬 $\frac{b}{a} > 30$ 吋繞制困难，在銅綫繞上模子前先給以大于銅綫本身屈服強度的預应力，將銅綫拉緊約 10~15 公斤/公厘²。此時銅綫截面有被拉小的現象，过大的拉力会使銅綫斷裂。此外，繞前进行一次退火可以緩和开裂現象。

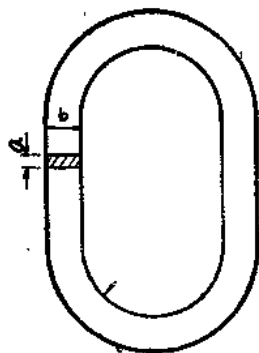
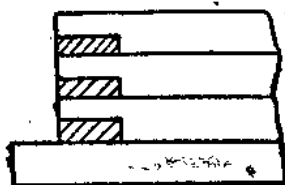
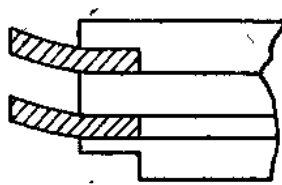


圖 17



a 正确



b 不正确

■ 18

退火处理是将銅綫在 600~700°C 保持 1 小时左右，然后在不超过 15 分鐘的時間內以水急冷。最完善是退火过程中銅綫与氧隔絕，圖 19 为銅綫无氧化退火电热爐的结构。

磁極綫圈匝間以浸过 *5091 漆的无鉄質石棉紙作为絕緣。石棉紙的处理是在粘度为 4 号福特杯 25°C 30~35 秒的 *5091 中浸透，在 60°~70°C 烘 20~30 分鐘，再增溫至 110°~120°C 保持 1~1.5 小时。

墊好絕緣的綫圈在空气中很好干燥后，送去压形处理。以綫圈中通入 3~5 安/公厘² 的直流电加热，开始以每分 3~5°C 的速度升溫，綫圈达到最大溫度 160°~180°C 不超过 200°C 时加压到圖