

891181

大型电机制造工艺

第三册

大 电 机



机械工业部哈尔滨大电机研究所译

一九八五年七月

30
3

第 三 册

大 电 机

编著 M. Д. 勃留明克朗茨
翻译 李连贵、李桂春、李哲光、
王泽仁、刘彦清、姜云芬、
裴崇东、梁由贵
校对 刘君堂
校订 傅吉临

504

44130

T.3

- 891181

504
44130
T.3

编 者 的 话

近些年来,汽轮发电机、水轮发电机和大电机(大型交、直流电机)的单机功率不断增大,对电机质量和运行可靠性要求越来越高,而对制造中的劳动量则要求减少。这三者在很大程度上取决于下列因素:产品结构的工艺性、工艺流程的正确制定以及先进工艺装备的应用。因此,不断地完善产品结构及改进制造工艺,就成为一项迫切的任务。最近十年,就大电机而言,采用了电枢铁芯固定的新结构及其工艺,大大地提高了该部件的可靠性;编制和采用了定子铁芯装配的新工艺,因而几乎全部取消了它们的机械加工。大型直流电机已改用F级玻璃云母绝缘,电枢与磁极用聚酯环氧漆浸渍;聚酰亚胺材料为基的绝缘开始了工业应用;交流电机定子绕组广泛地采用了热固性绝缘。

为了满足四化建设的需要,考虑到国内电机制造业不断发展和生产技术的日益提高,有必要出版一本大型电机的工艺专著。从浩如烟海的工艺文献和图书中,我们选用了苏联《动力》出版社列宁格勒分社1981年出版的《大型电机制造工艺》一书,认为它比较适合我国国情。现将全书译出,编辑成册,出版问世。该书可供电机制造厂、设计与科研单位、电力系统和钢厂检修部门工程技术人员在工作中查阅和借鉴,并有助于电机工人提高专业水平,也可供有关高等院校与中等专业学校师生参考。

该书一套三册,是由苏联最大的电机制造企业——列宁格勒《电力》电机制造联合公司的有关技术人员编写的。它主要反映了该公司的技术水平和生产经验。

全书分三册出版:第一册为《汽轮发电机》;第二册为《水轮发电机》;第三册为《大电机》。第一册叙述了6~120万千瓦汽轮发电机的制造工艺,书中阐述了汽轮发电机各部件的制造工艺过程与结构、工艺装备的特征。第二册叙述了大型水轮发电机主要零、部件的制造工艺,同时举出了许多实例,来说明如何使繁重体力劳动实现机械化和为采用先进工艺方法而完善零、部件结构。本书反映了苏联《电力》电机制造联合公司和其他制造厂生产水轮发电机的经验。第三册叙述了大电机(400千瓦以上的所有交、直流电机)主要零、部件的制造工艺,介绍了大电机制造时所需工夹具与非标准设备的结构。

《大型电机制造工艺》一书在译、校、审、编过程中得到哈尔滨电机厂和我所有关同志的大力支持,在此表示感谢。

全书由邱建甫、刘君堂、左俊业、徐思进、万绍凡、李朝东、董洪元、陈珍姬、王继伯、李连贵、李桂春、李哲光、王泽仁、刘彦清、姜云芬、裴崇东和梁由贵同志翻译;邵光楣、邱建甫和刘君堂同志校对;傅吉临、邵光楣和励允鸿同志校订;邱建甫同志编辑。

囿于水平,译文中错误恐难免,望批评指正。

1985年7月

第三册《大电机》目录

引 言	(1)
第一章 定子	(4)
1-1 一般特征	(4)
1-2 定子机座的焊接	(6)
1-3 定子主要零件的机械加工	(7)
1-4 定子铁芯的装配	(10)
1-5 定子绕组的制造	(15)
1-6 定子绕组的嵌放	(29)
第二章 直流电机的定子	(38)
2-1 一般特征	(38)
2-2 机座的机械加工与焊接	(41)
2-3 叠片式机座的加工与装配	(45)
2-4 磁极装配与线圈绕制	(51)
2-5 定子的装配	(61)
第三章 转轴	(65)
3-1 转轴的种类	(65)
3-2 转轴的材料与毛坯	(66)
3-3 转轴的车削加工	(75)
3-4 高速电机转轴车削加工的特点	(80)
3-5 键槽与通风槽的加工	(85)
3-6 转轴法兰的加工	(88)
第四章 电枢铁芯与转子铁芯	(90)
4-1 铁芯型式	(90)
4-2 电枢(转子)支架和绕组支架的机械加工	(91)
4-3 整圆冲片铁芯的装配	(93)
4-4 扇形冲片铁芯的装配	(97)
4-5 铁芯套轴	(104)
第五章 换向器生产概述	(108)
5-1 换向器的结构与工艺特点	(108)
5-2 换向片的制造	(110)
5-3 升高片的制造	(115)
5-4 升高片与换向片的连接	(117)
5-5 整圆V形云母环与扇形云母环的制造	(119)

第六章 拱形换向器制造工艺	(121)
6-1 换向器片的装配与压型.....	(124)
6-2 片间绝缘的烘焙.....	(130)
6-3 换向器片装配、套筒和压圈的机械加工.....	(131)
6-4 换向器的装配、静态成形和动态成形.....	(133)
6-5 换向器下刻.....	(140)
第七章 弹性盘支撑的绑环式换向器制造工艺	(143)
7-1 换向器片与云母片的制造特点.....	(143)
7-2 换向器片的装压.....	(143)
7-3 绑环绝缘的套装与加工.....	(145)
7-4 内、外绑环的套装与加工.....	(147)
7-5 动态成形.....	(149)
第八章 电枢绕组的制造与嵌放以及电枢的机械加工	(155)
8-1 电枢绕组的制造.....	(155)
8-2 电枢绕组的嵌放.....	(158)
8-3 电枢的加工.....	(171)
第九章 同步、异步与高频电机的转子	(172)
9-1 同步电机转子的一般特征.....	(172)
9-2 转子支架的装配与加工.....	(173)
9-3 磁极的制造.....	(177)
9-4 集电环的制造.....	(180)
9-5 用键固定磁极的转子的装配.....	(183)
9-6 异步电机转子短路绕组的安装与钎焊 (B.C.费尔特满)	(186)
9-7 异步与高频电机转子的加工 (B.C.费尔特满)	(187)
第十章 直流电机的刷架装置 (B.C.费尔特满)	(190)
10-1 一般特征.....	(190)
10-2 刷架主要零件的机械加工.....	(191)
10-3 刷握的制造.....	(197)
10-4 刷架的装配.....	(201)
第十一章 轴承 (B.C.费尔特满)	(204)
11-1 一般特征.....	(204)
11-2 轴承式端盖的加工.....	(205)
11-3 滚动轴承的安装.....	(205)
11-4 滑动轴承的结构特点.....	(207)
11-5 轴承零件的机械加工.....	(209)
11-6 滑动轴承的装配.....	(216)

第十二章 电机的装配与成组 (B.C.费尔特满)	(218)
12-1 概 述	(218)
12-2 为底板划线而进行的电机与机组装配	(218)
12-3 为作试验而进行的电机装配	(220)
12-4 为作试验而进行的机组装配	(227)
12-5 电机的修饰、涂防锈油与包装	(232)
参考文献	(235)
封面设计: 崔恩林	

引 言

该书第一版发行已经十五年。在此期间，苏联电气工业取得了很大的成就。所生产的电机单机容量有了提高，许多零部件的结构得到了改进，采用了更耐用的电气绝缘材料，编制并推广了新的先进工艺。

本书系按主要部件的制造顺序对工艺过程进行叙述，不同结构型式的同一用途的零部件，按对编制工艺过程有最大影响的特征进行分类，工艺过程本身最大限度地实行规格化。

大电机系指功率大于400千瓦的所有交、直流电机，安装在电站的汽轮和水轮发电机除外。

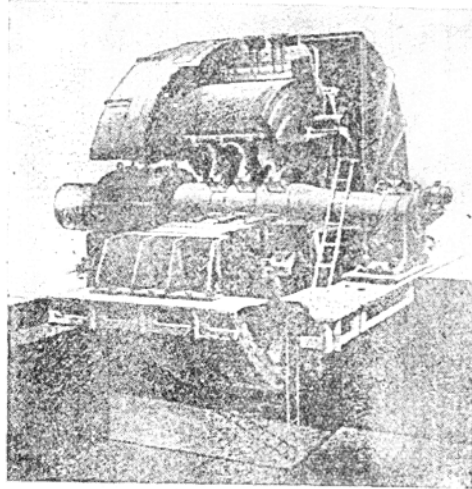
大电机包括：

- 1、驱动轧机、矿山卷扬机、压缩机、船舶螺旋桨、水泥和矿石粉碎机等用的电动机；
- 2、与移动式电站和船舶柴油机或燃气轮机连接的发电机；
- 3、各种变流机组；
- 4、与发电机轴直接连接的汽轮和水轮发电机的励磁机。

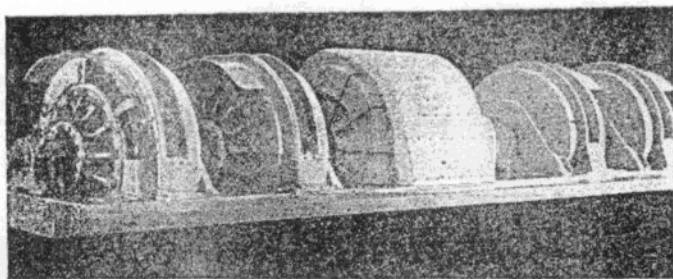
按其结构，这些电机可分为四种基本型式：1、同步电机；2、异步电机；3、高频电机；4、直流电机。

每种型式电机的各部件又有许多结构型式，这些型式取决于电机的用途及其运行条件，以及各电机制造厂所形成的技术传统。

苏联在第一个五年计划的年代里就开始生产大电机，目前正在不断的发展。苏联较大的电机制造厂有：以C·M·基洛夫命名的《电力》厂，哈尔科夫电机厂，《乌拉尔重



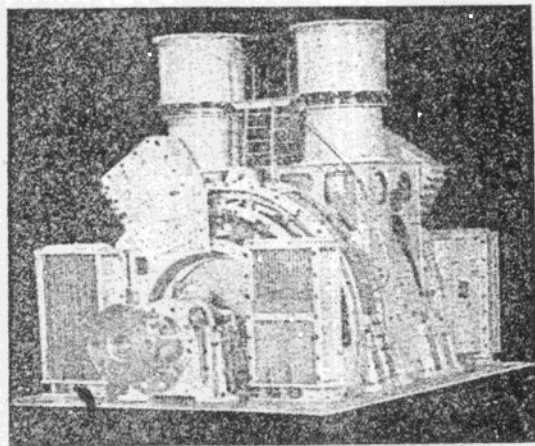
图B-1 初轧机主传动电动机



图B-2 五机变流机组

型电机》厂，《哈尔科夫重型电机》厂，《西伯利亚重型电机》厂。这些工厂生产了许多驱动黑色冶金和有色冶金轧制设备用的第一流电机：功率达12500千瓦的大型单电枢直流电动机（图B-1），供驱动粗轧机（如初轧机、板坯机、轨梁轧机，无缝钢管轧机、轧板机等）用；轧机驱动电动机供电用的五机机组（图B-2），该机组由一台功率约为15000千瓦的同步电动机和四台功率各为5200千瓦的直流发电机组成。

冶金工业用电机生产的高速发展为苏联电工工厂生产多吨位的商船和捕鱼船用现代化设备打下了基础。在《列宁号》、《北极号》、《西伯利亚号》原子能破冰船上装设了《电力》厂生产的功率达17600千瓦的世界上最大的螺旋桨电动机（图B-3）。



图B-3 《列宁号》原子能破冰船的螺旋桨电动机

电机单机容量的提高必然导致拖动工作机械生产率的提高，这就要求不断完善结构及其生产工艺。

最近十年基本上采用了电枢铁芯固定用的新结构及操作工艺，大大提高了该部件的可靠性；编制和采用了定子铁芯装配新工艺，因而几乎全部取消了它们的机械加工。大型直流电机已改用F级玻璃云母绝缘，同时电枢和磁极用聚酯环氧漆浸渍，保证提高绝缘介电和机械强度的聚酰亚胺材料为基础的绝缘开始了工业应用；交流电机定子绕组广泛采用了热固性绝缘。

与此同时，大电机生产工艺过程的机械化和装备水平还不够高。大电机的生产仍停留在单一和多品种的生产方式上，这就不可能在电机制造中有效地采用专用高效率设备和流水作业法。因此，建立电机统一系列和标准化，以及在电机制造厂实现定型产品生产的专业化是一项迫切的任务，顺利解决这项任务将促进大电机生产机械化和工艺水平的进一步提高。

第一章

定子

1-1 一般特征

大电机定子采用刚性筋加强的焊接机座，机座内固定有涂漆的硅钢片叠成的铁芯。定子铁芯分成很多叠片段，铁芯段之间放置了点焊有通风槽钢的冲片。

在装配过程中，铁芯借助于两压圈之间的螺杆加压并拉紧。为了将压力传到扇形冲片的齿部，在压圈和边段铁芯之间装有齿压板，压指是点焊的。用点焊的方法将压指固定到较薄的冲片上是不够可靠的。因此，在负载很大的电机上或者采用焊有压指的压圈，抑或采用焊接的梳齿状压板。这样，在铁芯装压时便能保证四周紧密度一致。

铁芯冲片固定和找正中心的方法对定子铁芯装配和机座机械加工工艺有很大影响。根据这一特点可将定子的各种结构型式分成如下三种：

- 1、铁芯冲片以楔-筋组合式定位筋 5 的鸽尾部分定位、用该种定位筋和拉紧螺杆 6 来固定的定子（图1-1a）。在某些结构的该种定子中，定位筋的两端可制成带螺纹的（图1-1b），这样，就不需要拉紧螺杆；
- 2、铁芯冲片以定位筋的内圆定位、用鸽尾楔 5 和环键 3 固定的定子（图1-2a）；
- 3、铁芯以定位筋的内圆定位、用拉紧螺杆来固定的定子（图1-3）。

第一种型式的定子用于具有较大气隙的同步电机。因为对这种电机铁芯中心孔的几何形状和尺寸没有提出严格要求。

第二种型式的定子用于高频和异步电机，因为气隙小，要求铁芯内圆柱面的精度较高。

第三种型式的定子近年来广泛用于异步和同步电机，因工艺性能较好，所以取代了第一种和第二种型式的定子。

与第二种和第三种型式的定子机座相比，第一种型式的定子机座结构简单和要求机械加工量小，但在铁芯装配时要求许多辅助手工工序，如配置定位筋，铁芯用中心柱找正等。与第三种型式的定子相比，第一种型式的定子铁芯装配和机座的总加工量大，而装配精度低。

嵌入铁芯槽内的绕组结构型式取决于电机的型号和功率。同步和异步电机的定子基本采用双层圈式绕组，只是特别大的电机才采用条形绕组。与圈式绕组相比，条形绕组的优点是容易嵌入铁芯槽内，但接头数与钎焊工作量要多一倍。这就增加了绕线过程的工作量和材料消耗。但是，大功率电机的线圈尺寸较大和重量较重，就必须把线圈制成条形的。

高频发电机的定子（图1-2b）具有两套绕组：工作绕组 7 和励磁绕组 6。励磁绕

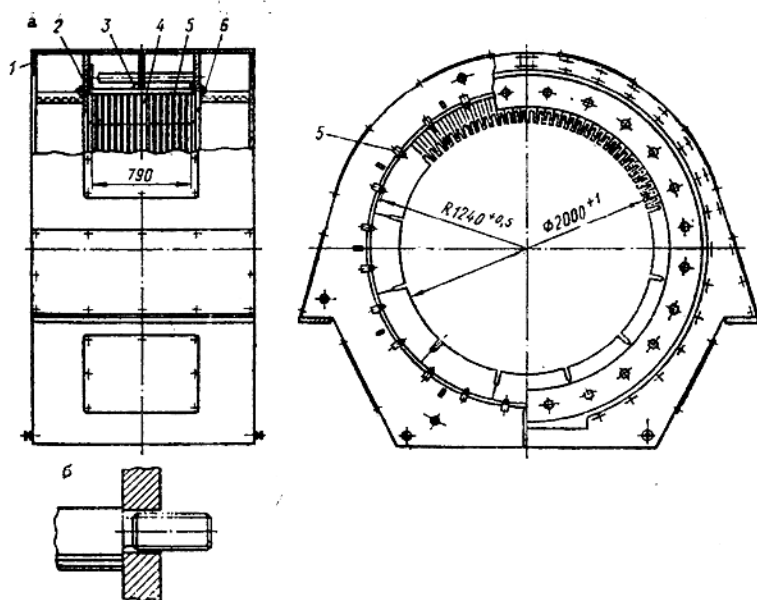


图1-1 用楔-筋组合式定位筋和拉紧螺杆固定铁芯冲片：a—定子铁芯；b—端头带螺纹的定位筋
1—机座；2—压圈；3—角钢；4—铁芯；5—楔-筋组合式定位筋；
6—拉紧螺杆

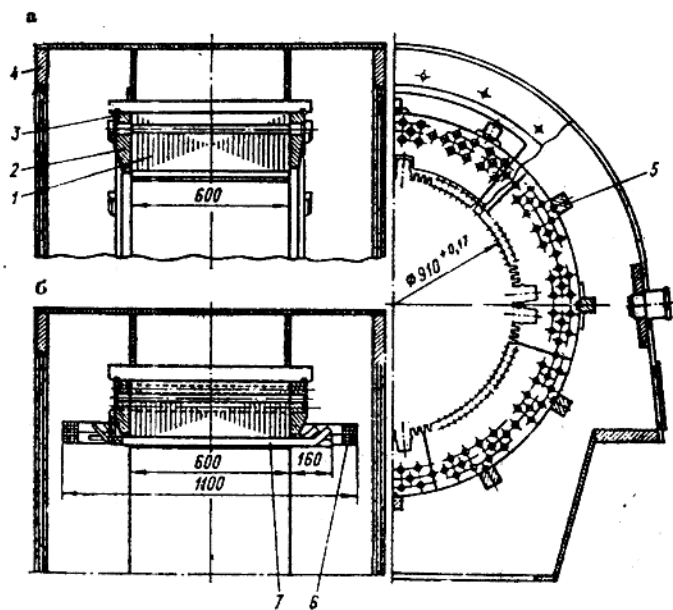


图1-2 高频发电机的定子：a—用箭尾楔和环键固定铁芯冲片；b—定子绕组
1—铁芯；2—压圈；3—环键；4—机座；5—定位筋；
6—励磁绕组；7—工作绕组

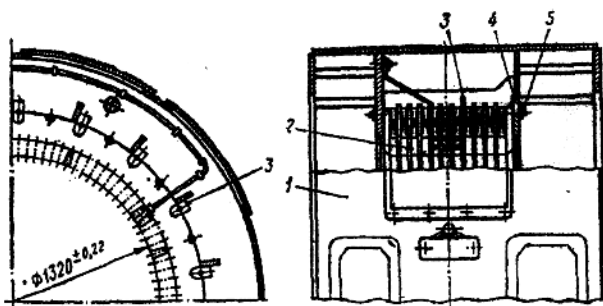


图 1-3 用拉紧螺杆固定铁芯冲片

1—机座； 2—铁芯； 3—筋杆； 4—压圈； 5—拉紧螺杆

组 6 预先制成，并以成品线圈嵌入槽内，工作绕组 7 的线圈在定子绕线时直接形成。由于工作绕组端部刚度不够、编织复杂和线圈端部短，不能将绕组制成在绕线时嵌入定子槽内的单个线圈。

为了测量绕组和铁芯的温度，在每相绕组区敷设有专用电阻温度计。测量铁芯温度的温度计装在槽底，测量绕组温度的温度计装在绕组层间。

电阻温度计用 ПТСД 2 × 0.75 (ТУ 017-110-65) 型导线与出线板相接，该导线在铁芯装配过程中布置在定子机座内。

1--2 定子机座的焊接

焊前定子机座的装配从装配平台划线开始，将定子端面轮廓线画在装配平台上，安装和固定找正用的角钢 3 (图 1-4)。然后，装配定子的内环板，内环板制成单个的扇形件。在环板点焊以前必须检查其轮廓线是否与装配平台的划线一致。

当所有壁板和环板装配好并从端板 1 用气割割出坡口时，便开始机座装配。将定子底脚 2 摆放到角钢 3 上并予固定，使其坡口朝外。将端板 1 紧靠地装到底脚上，使底板的轮廓线与划在平台上的轮廓线对准，并与定子底脚搭焊。

从已装在底脚 10 上的端板 1 (图 1-5) 划出第一块环板位置的高度线。在端板 1 上安装两个同样高度的临时撑板。而对着底脚上的划线点焊两块临时台板。将环板 3 装到台板和临时撑板上与底脚靠紧 (图 1-5)，然后划临时台板与撑板的线，并点焊好，以便安装第二块环板 4。以同样方法安装第三块环板 5 和上部壁板。对于第二种型式定子机座按样板在环板 5 上划出定位筋 2 的槽。借助于铅锤找正的方法将此样板装在下环板 3 上，在下环板上也划出定位筋的槽。将定位筋装在环板的槽内 (为控制定位筋的焊装高度，其下垫以相应长度的托架)，并与环板 3 和 5 搭焊好。在环板 4 的下部和上部点焊支撑角钢 13。

将装好的定子骨架转给电焊工，电焊工首先将角钢 13 立焊到定位筋 2 上，再平焊所有焊缝。然后，将骨架从角钢上拆下，翻转 180°，由相反的一侧平焊。

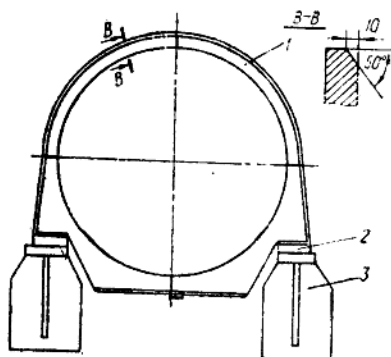


图1-4 定子机座的焊前装配

将装在端面上的定子骨架焊上外罩板6、7和11。应事先将吊攀8的加强板9放在相应的孔内。

为了装设由板条12组成的底框，将装好外罩板的定子机座翻转90°，使底部朝上放在装配平台上。底框点焊后，在外罩板上割出吊攀8的孔，吊攀嵌入事先在加强板9上开好的孔内，并与外罩板和加强板焊好。外罩板与定子环板从里面用断续焊缝进行焊接。

在焊好的机座外罩板上划线并割出窗孔。定子机座焊完以后清理焊缝，并检查所有的几何尺寸。

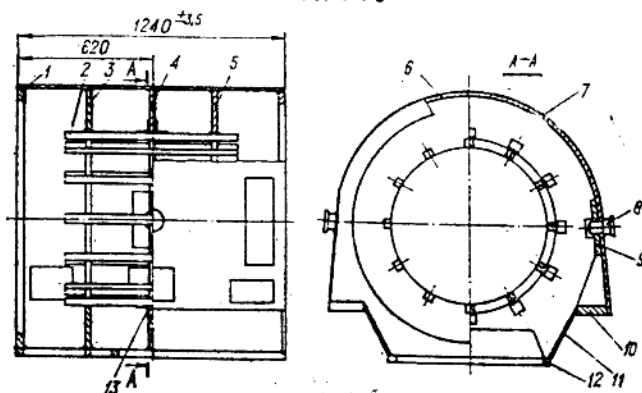


图1-5 定子机座的焊接

1-3 定子主要零件的机械加工

机 座

定子机座加工从用立车加工内孔开始。先给机座划线，将两个垂直平面内的中心线划到机座上。

在立车上根据中心线和底脚找正机座，底脚的支承平面应与立车卡盘垂直。

当加工第一种型式的定子机座（图1-6a）时，在所有环板和端板上车内孔，并车端板的端面。然后，工件掉头车，车另一端板的端面和内孔。

用立车加工第三种型式定子机座（图1-6b和c）要稍微复杂些。该种加工按以下顺序进行：先车定位筋（单面留1~1.5毫米精加工余量）和精车机座上壁板的内孔，车机座的一个端面和所有定位筋的端面，车环键（如果有的话）的槽。然后，精车定位筋。

由于内孔较长和必须将孔的锥度保证在2~3级公差极限内，在精车前应当检查刀

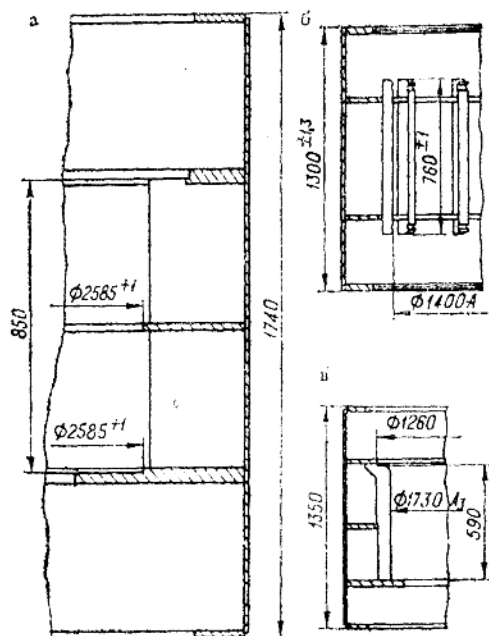


图 1-6 定子机座

架滑块的垂直度。初车定位筋后，通过测量定子机座上部和下部的直径进行检查。根据测量结果，调整机床，转动刀架的回转部分。

车机座定位筋时，采用耐冲击的专用车刀（图 1-7），其特点是：由于切削刃倾角较大（ $\lambda=40^\circ$ ），在切削中最初切入的不是刀尖（像普通车刀那样），而是刀片较坚固的周边部分。因此，显著提高了车刀的寿命，车刀装有 T5 K10 硬质合金刀头。

车完定位筋以后，将定子机座端板孔重新装夹到车床卡盘上事先找正好的十字架的定心凸台上，车削机座的第二个端面 and 定位筋端面以及镗端板上的孔。然后，划用于铣定子底脚的线。此时用定子机座定位筋所形成的内孔作基准面。

定子机座底脚在卧式镗床上加工。根据划线进行找正。定子机座端板和底脚孔用摇臂钻床加工。机座外罩板上用于固定各种盖板的螺孔和定位筋上用以固定 筒尾楔（第二种型式的定子）的孔是在铁芯装配工段用电钻直接施钻和攻丝。

带滚动轴承电机的定子机座的加工具有如下特点：镗端板孔（此时它是轴承端盖的定心止口）按两道工序进行。初镗是在机座加工时进行的，精镗是在定子铁芯叠装和压紧后进行。这种加工顺序是由于下述情况引起的：在铁芯压紧时定子机座可能产生变形，因而引起端板定心止口的相互位移和几何尺寸变化。

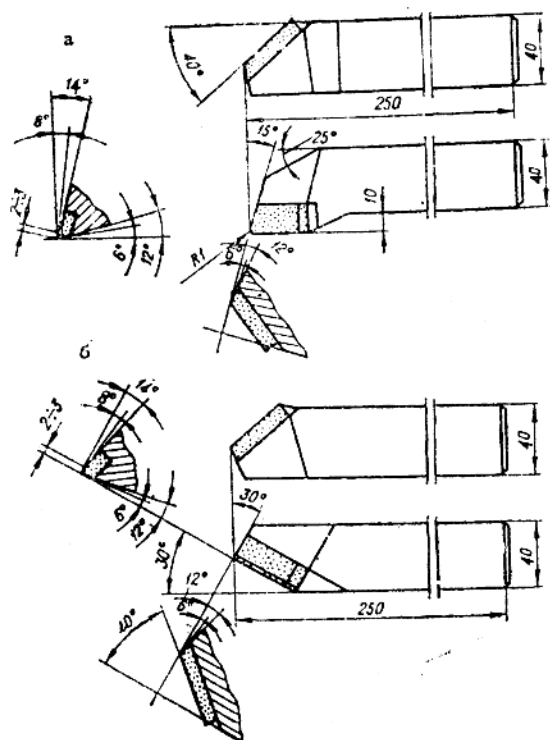


图1-7 耐冲击的车刀：a—端面车刀；6—外圆车刀

楔—筋组合式定位筋和鸽尾楔

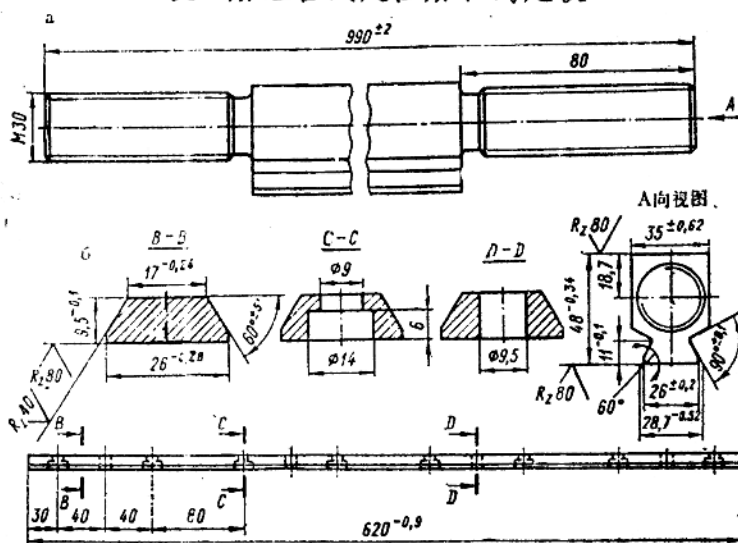


图1-8 铁芯固定用的楔

楔的成型面是在刨床上加工的。楔-筋组合式定位筋(图1-8a)用样板检查,其结构在第二卷《水轮发电机》§1-2中有详细叙述。车定位筋两端及攻丝在车床上进行。

鸽尾形定位筋(图1-8b)的检查样板示于图1-9。这种定位筋的钻孔按划线在立式钻床上进行。

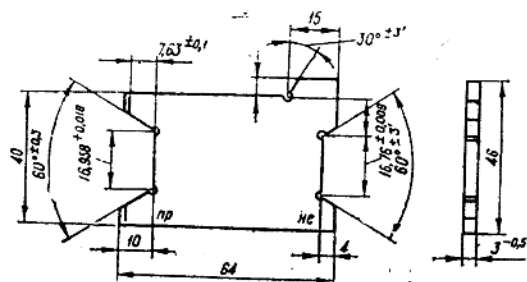


图1-9 鸽尾楔的检查样板(图中np—通端; ne—止端)

1-4 定子铁芯的装配

第一种型式的定子上楔-筋组合式定位筋的装配(参见图1-1)

定位楔的装配有好几种方法。在铁芯装配时直接装配定位楔的是最广泛采用的方法,因为这种方法不需要专用夹具。在大型电机定子中定位楔按专用样板装配(参见第二卷《水轮发电机》§2-3)。

铁芯装配时定位楔的装配直接按下述方式进行。将定子放在装配平台的千斤顶上,使其中心线处于垂直状态,其垂直状态是否正确用角尺或铅锤进行检查。在定子中心安放中心柱,用内径千分尺进行全部测量。中心柱首先根据定子机座环板内孔定中心。在下环板上摆放第一个叠片段,并在圆周的几个点上测量它与中心柱的距离。必要时,将叠片段向着中心或离开中心进行修整。然后,在绕组槽内装上槽样棒,而在鸽尾槽内装上楔-筋组合式定位筋,这些定位筋上事先就地焊好角钢。在安装以前焊(接角钢以后)定位楔应仔细校直。

在规定的中心距离上装好定位楔后,用弓形夹固定其位置,并将下部角钢搭焊到环板上。然后,进行下一铁芯段的叠装,并随时检查它的内径。根据需要,可调节定位楔的径向位置,并在楔-筋组合式定位筋和临时搭焊在中间环板上的撑板之间打入辅助的定位筋。

当叠装的铁芯高度达到距中间环板约一半时,将第二排角钢搭焊到环板上,并将第一排角钢与环板焊好。当铁芯叠装到第二个环板和上环板的一半时,以同样的方法焊第二和第三排角钢。

第二种型式的定子上鸽尾楔的安装和固定 (参见图 1—2)

如上所述, 鸽尾楔用螺钉和销子固定到定子定位筋板上。定位筋板按二或三级精度镗内圆侧, 它是铁芯冲片定中心的基准面, 同时又是径向安装楔的基准。因此, 在这种情况下, 楔的安装比在第一种型式定子上的安装大为简化。为了事先悬挂楔, 应在定子机座定位筋上划并钻上排和下排的孔。

钻孔借助于专用装置 (图 1-10) 由电钻来进行。

在底座 1 的中心固定一个不转动的齿轮 30, 与平台 31 连接的小齿轮 29 在其周围滚动。小齿轮 29 的尾部装有使它旋转的手轮杆 28。平台 31 借助环 2 与底座 1 作活动连接。底座和平台之间装有滚珠 3, 保证平台易于转动。

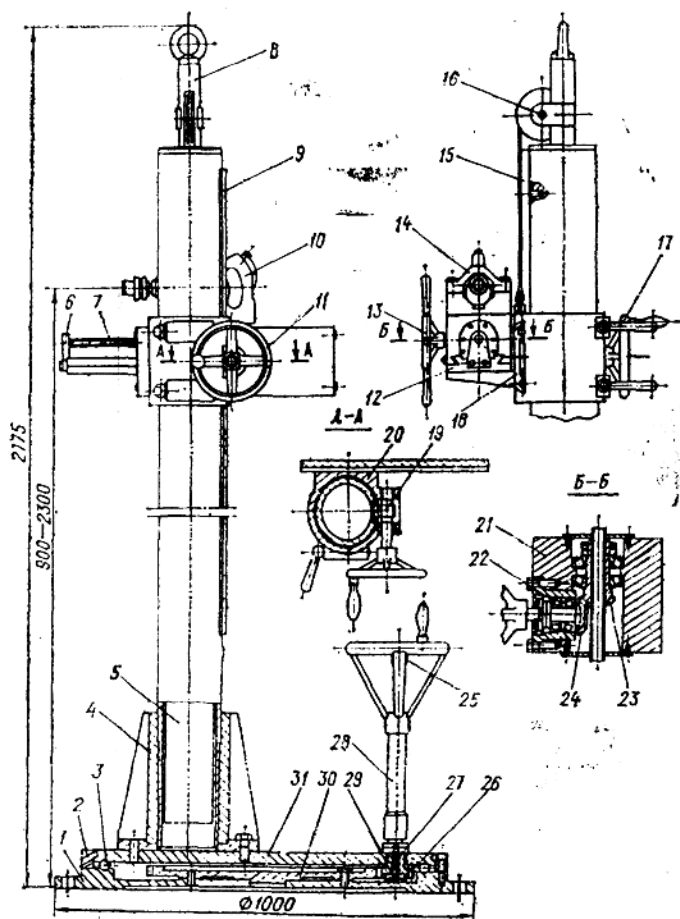


图 1-10 定子机座定位筋钻孔装置