

國外中小型電機制造工艺

上海科学技术情报研究所

国外中小型电机制造工艺

•

上海科学技术情报研究所出版

新华书店上海发行所发行

上海商务印刷厂印刷

•

开本: 787×1092 1/16 印张: 9.25 字数: 238,000

印数 1—26,000

1973年7月出版

代号: 151634·123 定价: 0.80元

(只限国内发行)

目 录

第一篇	国外中小型电机制造工艺概况	(1)
第二篇	国外几个电机厂的生产概况	(7)
	一、日本一九七〇年电机制造业劳动生产率	(7)
	二、法国一电机厂生产情况	(9)
	三、匈牙利布达佩斯“狄纳莫”工厂 10 千瓦以下异步电动机主要生产工艺	(12)
第三篇	铸造工艺	(15)
	一、英国 Newman 电机厂的自动造型铸造车间	(15)
	二、日本安川电机厂的铸造工序自动化	(16)
	三、电机转子自动压铸机	(21)
第四篇	金属切削工艺	(22)
	一、电机转子、轴自动生产作业线	(22)
	二、可提高工效的圆盘刀切削	(27)
	三、圆盘刀切削电机转子的专用车床	(28)
	四、加工电动机零件的工夹模具	(29)
	五、塑料换向器制造新工艺	(33)
第五篇	铁芯制造工艺	(35)
	一、高速冲槽机	(35)
	二、全自动冲槽机的结构、特点与应用	(37)
	三、高速冲槽机的自动化问题	(46)
	四、复式模级进冲床冲制电机定、转子冲片	(50)
	五、电动机铁芯级进冲剪工艺与冲模设计问题	(52)
	六、带料冲剪辊式送料装置	(58)
	七、薄板加工时带料及条料进给的定位	(59)
	八、利用吸盘从送料台提起薄板或钢片的装置	(61)
	九、采用线材制作复杂冲压模与电解加工用电极	(62)
	十、铁芯定量提取装置	(68)
	十一、迭片铁芯自动迭压装置	(68)
	十二、斜槽转子铁芯迭压法及装置	(70)
第六篇	电工工艺	(72)
	线圈制造	
	一、定子线圈自动绕制机	(72)
	二、定子线圈的绕制及传送设备	(75)
	三、电机绕组铜排或线圈包扎绝缘带装置	(77)

绝缘准备	
一、切制槽绝缘设备	(78)
二、电机定子、转子铁芯熔槽绝缘喷涂装置	(81)
三、电机槽绝缘层浸涂法	(82)
下线工艺	
一、定子线圈纸带控制自动绕线和嵌线装置	(83)
二、定子线圈程序控制自动绕线和嵌线设备	(86)
三、定子绕组用拉入法下线机	(89)
四、防止导线磨损的拉入法下线机	(95)
五、线圈保持形状的拉入法下线机	(95)
六、槽楔推进杆加强的拉入法下线机	(96)
七、能嵌辅助线圈的拉入法下线机	(97)
八、电磁法自动嵌线装置	(99)
九、改变定子绕组(槽部及端部)形状以提高槽满率及端部整形的设备	(108)
十、用双筒绕线下线的拉入法下线装置	(112)
十一、定子绕组直接绕成装置	(117)
十二、电枢线圈直接绕成(并和换向器连接)的自动装置	(118)
十三、电枢绕组与换向器的连接	(122)
十四、直流电机转子各槽同时下线装置	(123)
十五、塞槽楔装置	(126)
端部整形绑扎工艺	
一、定子绕组端部整形	(127)
二、定子绕组端部自动绑扎机	(129)
三、交流电机绕组端部扎线工具及绑扎法	(130)
浸渍工艺	
一、滴落法单相及多相定子绕组浸渍装置	(132)
二、电机绕组浸渍用滴落器械	(133)
三、漏斗浇注法浸渍绕组	(134)
四、环氧树脂压力浸渍	(136)
五、定子绕组自粘性绝缘	(136)
六、采用自粘性漆包线的一些问题	(139)
七、热塑性烘漆绕组的经济性	(141)
文摘	(143)

第一篇 国外中小型电机制造工艺概况

中小型电机品种规格多、需要量大、使用面广，是工农业生产的主要动力设备。国外一些电机制造企业对中小型电机生产都十分重视。近年来不少电机制造企业进行了大量投资，通过新建、扩建工厂和生产设备更新，提高劳动生产率，降低生产成本，缩短交货期。因而国外中小型电机生产工艺发展较快。

(一) 生产工艺向机械化、自动化发展

大量采用新技术、新工艺，提高机械化、自动化程度是国外中小型电机生产发展的显著特点。

例如，在冲剪方面采用高速自动级进冲或自动冲槽迭片机；在金属切削方面采用流水线、自动线或组合机床以及专用机床等；在电工方面，绝缘准备、线圈制造、下线、端部整形绑扎和浸渍等工序都已达到机械化，有些工序已发展到半自动化或自动化，例如自动绕线机，自动下线机，绕线、下线组合机床，自动化浸渍设备等；在装配、试验及表面涂漆方面采用流水线或自动线，以及自动试验记录装置；在铸造方面，造型、浇注、型砂处理和转子铸铝等也已达到半自动化或全自动化。

日本小电机生产在1969年具有自动生产线36条，1970年有44条，因而其机械加工的劳动生产率提高了12.7%^[4]。据最近日本期刊报道，富士、北芝^[5]、东芝^[6]等电机公司的小电机厂都新配备了转轴加工自动线，机壳加工流水线或自动线，端盖加工流水线、组合机床或自动六角车床等。日本小电机生产在1969年具有自动下线机42台，1970年有

68台，因而其线圈制造的劳动生产率提高了11.2%。

(二) 提高劳动生产率

由于电机生产机械化自动化的迅速发展，劳动生产率也有了提高。

法国CEM公司有一个电动机厂，专门生产0.25~11千瓦小型封闭式鼠笼型铝壳电动机。该厂经过扩建，在1970年中期即可月产电动机3万台，到1970年底扩建完成后，生产速度为每40秒钟1台。全厂职工700人，大部分工段都是两班制，每班9小时。主厂房面积约1万米²。一般的交货期为16星期，出口产品的优先交货期为8星期，而对特殊紧急任务，最短交货期仅36小时^[1]。

罗马尼亚彼特什帝电机厂自法国引进的0.3~7.5千瓦铝壳电动机年产25万台，日用微电机年产80万台，全厂职工有2,000人，建筑面积为16,000米²。迪米索阿拉电机厂生产的0.15~30千瓦电动机，年产量为95万千瓦，职工有2,800人，建筑面积为2万米²^[2]。

日本富士电机公司三重工场生产的小型电动机，自动化程度较高，月产2万台，操作人员只有33人^[3]。

据日本通商产业省《机械统计年报》报道的调查统计资料，日本1970年生产11千瓦以下的标准三相异步电动机258万台。每台所需的平均直接加工工时为2.54小时，较1969年减少了0.31小时，也即劳动生产率提高了10.9%。1970年每千瓦所需的平均直接加工工时为1.39小时，由于所调查品种的平均功率增大，故与1969年比较，实际劳动生产率提高了14.7%^[4]。

从每生产1台电机的时间来看,机械加工为0.69小时,比1969年减少12.7%;钢板作业为0.27小时,减少10.0%;线圈制造为1.19小时,减少11.2%;装配为0.38小时,减少7.3%。各工种的劳动生产率均有所提高,其中以机械加工和线圈制造提高得较为显著。

(三) 铁芯制造工艺

国外大批量生产的小电机已采用高速自动级进冲,而生产批量不大的电机则趋向于采用高速冲槽机。

西德 Schuler 厂生产的200吨高速级进冲床,每分钟冲600次,有电动操作台及轧辊式进料装置,进料速度达到每分钟50米,进给长度可在1:10的范围内调节^[7]。美国西屋公司小电机生产用五工序级进冲床,每分钟冲260次^[8]。日本神钢电机公司采用50~200吨冲床,小电机片双排级进冲,每分钟冲200次,进料速度每分钟为30米。法国的400吨宽台面四工序级进冲床可冲 $\phi 305$ 毫米的冲片,每分钟为30~100次^[7]。级进冲床的进料装置有较高的正确度,要求进给误差在0.005毫米以内。如罗马尼亚级进冲模, $\phi 120$ 毫米定子片进给误差为 ± 0.002 毫米, $\phi 305$ 毫米定子片为 ± 0.0035 毫米。

美国 V&O 公司生产的 Slotmaster 5 吨高速冲槽机,可冲 $\phi 125 \sim 450$ 毫米(5~18吋)的圆片,每分钟冲250~1,500次,冲床与进料机构做成一整体^[9]。西德 Schuler 厂生产的高速冲槽机有4吨和8吨两种,分别用于 $\phi 400$ 及 $\phi 800$ 毫米的圆片,每分钟冲1,300次,该厂生产的 NA-360-6-2-B 电子控制自动冲槽机包括2台4吨冲槽机,第1台冲定子槽并切圆,第2台冲转子槽,可冲槽数是6~120槽。由4或6臂分度装置将圆片逐片传送,按照组合选择的定子和转子片,能在全自动连续程序中冲槽、分离和迭片。这种

设备每小时可生产定、转子片各1,100张^[9]。西德 Weingarten 厂也生产类似结构的自动冲槽机^[9]。

最近国外在研究用化学腐蚀的方法加工定、转子片以代替冲剪。在钢片上用印刷的方法印上耐腐蚀剂,然后用化学方法刻蚀未涂部分,耐腐蚀剂具有绝缘性能,可留作钢片绝缘涂层。据美国西屋公司报道钢片两面同时腐蚀,可穿孔的钢片厚度达0.9毫米(0.035吋),目前尚在实验阶段。据说化学腐蚀的优点是:(1)不需要复杂的冲模和庞大的冲床;(2)无毛刺;(3)噪声降低;(4)没有剪切应力,不影响钢片磁化性能^[10]。据西德报道,单件或小批量冲片可用化学冲洗腐蚀法加工,厚度不大于3毫米是经济的^[11]。

很多国家采用硬质合金钢材制造冲模,如英国 Brook 电机厂采用碳化钛制造复式冲模,一次刃磨可冲150万次,已用到1,200万次以上,仍在继续使用^[12]。硬质合金钢材可用电火花线切割^[13]也可用电化学加工^[14]。一般模具钢用碳化钨渗透处理也可提高模具的使用寿命^[15]。

(四) 金属切削工艺

国外金属切削工艺,在广泛采用专用机床和自动机床的基础上,正逐步发展流水线和自动线。

在机壳加工方面,日本北芝电机公司有一条钢板机壳加工自动线,在这条线上,钢板滚压、烧焊等工序都是自动进行的^[5]。罗马尼亚彼得什帝电机厂从意大利进口一条五工位铝壳机座加工自动线,用机械手传递,节拍为30~40秒钟^[2]。匈牙利狄纳莫电机厂于1965年建成一条10千瓦以下电机机壳加工自动线,只改变机壳长度时调整时间为1~2小时,改变机壳内径时调整时间为8小时,二班平均加工400只,2个熟练工人操作^[16]。日本富士电机公司三重工场^[3]和丹麦 Thrige-

Titan 电机厂^[18]也都有机壳加工线。法国 CEM 公司一电机厂的机壳采用组合机床加工^[1]。

在端盖加工方面,采用组合机床加工的已有匈牙利狄纳莫电机厂、罗马尼亚彼德什帝电机厂、法国 CEM 公司一电机厂和日本东芝电机公司等。匈牙利的用于1~10千瓦电机端盖加工组合机床是1965年投入生产的,平均节拍为1分/台(两班平均加工400只^[16,17])。罗马尼亚的八工位端盖加工组合机床是从法国进口的,结构较先进^[2]。日本东芝电机公司端盖加工采用自动六角车床^[5]。

在转轴、转子加工方面,日本的富士、北芝、东芝等电机公司都已建成加工自动线,如富士电机公司三重工场的自动线,转轴加工有6个工位,转子加工有8个工位,可加工17种规格转轴和转子,节拍为40秒钟,仅需2人操作^[3]。匈牙利狄纳莫电机厂也有一条自动线^[16]。罗马尼亚迪米索阿拉电机厂和丹麦 Thrige-Titan 电机厂都采用转轴、转子加工流水线。迪米索阿拉电机厂的30千瓦以下电机转子加工流水线包括2台标准车床,3台外圆磨床,1台动平衡机,靠机械手和辊道传送^[2];而 Thrige-Titan 电机厂的0.12~3千瓦电机转轴是用冷拉钢材、铣平面、打中心孔,再由仿型车床切削加工^[18]。法国 CEM 公司的小电机厂,0.25~11瓦千电机转轴也采用自动仿形车床加工^[1]。

国外电机转轴加工已由仿形向精锻发展,如民德 $\phi 95 \times 604$ 毫米圆钢在2分钟内精锻成长为860毫米的转轴,可省料30%。精锻加工出来的轴料,只要一次精加工,不再需粗加工^[19]。美国通用汽车公司也发展了冷锻转轴工艺^[20]。

西德和美国对铸铝转子车外圆工艺进行了研究,从单刀切削到自由旋转圆盘刀切削,提高了切削速度和深度,刀具寿命提高10倍,再由自由旋转改为小电机拖动又可提高刀具寿命10倍。如车削 $\phi 70 \times 100$

毫米的转子仅需3秒钟,一次磨刀可车3,000个转子,工效提高较为显著^[21]。西德 Weisser 厂1966年已制造专门切削转子的外圆车床^[22]。

(五) 电 工 工 艺

电机制造的电工工艺,过去除绕线工序为机动的外,都是手工操作。目前,国外电工工艺已基本上达到机械化,有些工序已达到半自动化或自动化,因而大大提高了劳动生产率。

在槽绝缘和槽楔加工方面,民德、西德、瑞士、日本、英、美等国都已采用自动切制机和自动插槽机,加工速度为槽绝缘每秒钟2~3槽^[23],槽楔每秒钟1槽^[24]。西德、英、美等国在小电机上也有采用环氧粉末熔槽绝缘的,加工方法有流化床涂敷^[25]、喷涂^[26]和浸涂^[27]等,小电机铁芯流化床涂敷,每台需时6~8秒钟。

在线圈制造方面,绕线机的速度和自动化程度日益提高,如美国的自动绕线机绕制速度最高为2,500圈/分,加上其他设备后可同时绕制两种导线,发生断线或机器发生故障时能自动停车,此外能自动割线,自动包扎绝缘带^[28]。为了配合拉入法定子自动下线机,绕制的线圈改为单排,线模结构也相应改变,能同时绕多组线圈,不需拆装线模,绕线后可直接拉入定子槽内^[29]。

在下线方面,近年发展了拉入法定子自动下线机。如英国 Newman 电机公司采用了西德 Fickert 专用设备厂生产的 CW100 型自动绕线机和 SE190C 型拉入机,用于绕制20马力以下电机双层绕组,绕嵌的直接工时为2分/台。绕线机有4个回转头,每个头可同时绕6只线圈。拉入机将一相线圈一次拉入,同时将预先制成的槽楔插入定子槽内。该设备的调整时间也很短,改变导线匝数只需几秒钟,改变导线直径需要几分钟,改绕不

同铁芯长度需要半小时左右,而变换铁芯直径则需2小时^[30]。1971年该厂又生产一种卧式两工位自动下线机,定子铁芯装在传送滑板上,在第一工位拉入下层线圈及插入层间绝缘,然后滑板把定子铁芯送到第二工位,用整形模将绕组端部靠近拉入头的一端向外压成喇叭口,然后再回到第一工位,拉入上层线圈和插入槽楔^[31]。

美、英、意等国还生产转台式绕、嵌线组合机床,转台上有2个(或4个)工位,第一工位绕线,程序控制的自动绕线头在线模上绕成线圈,放入嵌线装置内,然后转台转到第二工位,放上定子铁芯,就由拉入头把线圈拉入定子槽内^[32, 33]。

直接法绕制的定子下线机也有了发展,如民德的Elektromat WST 160型定子下线机,用于0.65~7.5千瓦(4极)电机,绕制速度为50~100行程/分,2.5~5分钟/台。西德Fickert专用设备厂的Statormat WU型高速定子下线机,最大绕制速度为750行程/分。西德Schumann厂的Selektastat 740型定子下线机可用于中心高为160~250毫米电机的三相定子绕组^[34]。

在双层绕组或单相电机的主、副绕组下线时,为了提高槽的利用率,国外已采用电磁冲击法将下层线圈或主绕组向槽底压紧,然后再下上层线圈或副绕组,这样,槽利用率就可显著提高。这个方法利用一组电容器放电,产生电脉冲,在定子线圈内感应出大电流,由于电磁作用,槽内导线向槽底挤紧,同时线圈端部也向外胀开。控制适当电脉冲能量,可使导线变形,相互楔住,不会松动,采用这个方法,槽满率可提高到90%^[35]。据美国期刊1966年报道,美国通用电机公司在小型电机和日用电机的生产中、即已应用“电压紧”法。在生产流水线上,采用了多工位转台式专用机床。在第一工位上装上嵌好线圈的定子铁芯并接好引线,转到下一工位接受电脉冲,然后再转到第三工位取下定子铁芯^[36]。

有一美国专利提出利用电磁冲击法使线圈自动入槽的方法和设备^[37]。

小直流电机电枢自动下线都采用直接法绕制,并同时把线端自动嵌入换向片槽内,对换向片带有尾钩的换向器则把线端自动拉出钩到尾钩上。西德Aumann厂生产一种转盘式自动下线机,有一个十字架转盘,4个工位。第一工位自动装上电枢铁芯。第二工位绕线,每绕完一个线圈就由接线头把线端撤下换向片槽内。第三工位把换向片槽桩实并剪掉竖起的线尾。第四工位自动卸下加工完毕的电枢^[38]。

在绕组端部整形和绑扎方面也已实行了机械化。过去端部整形用木槌敲打或垫模板敲打,后来用铝或橡皮胀胎辅助,现在已采用机械模压成形。外有碗形成形模盖住,内套橡皮胀胎,用压床从两端轴向加压,胀胎向外膨胀压在端部上,将端部压成需要的形状和尺寸。西德有一种端部整形机^[39]。英国提出利用电磁冲击法将端部整形。为了防止线圈出槽部分外胀而损坏槽绝缘,还设计了保护装置^[40]。

过去电机绕组端部绑扎是用手工穿线的,工时大,成本高。西德介绍一种空心引线锥子,可进行连锁针织,快而紧^[41]。西德Fickert专用设备厂生产BN型端部绑扎机,每分钟穿100针^[34]。美国在绑扎机上加装积分程序控制装置,可以按预定的式样多层绑扎(如两层、三层或四层),每槽绑扎或每隔一槽绑扎^[42]。日本有一种端部自动绑扎机,利用2根针杆下降、上升和2根打结杆前进、后退,绕组两端同时绑扎。借齿轮箱转动,使定子自动转位^[43]。

在浸渍工艺方面,目前滴落法浸渍工艺已较成熟,得到广泛采用。日本东芝公司生产的滴化设备,如STA型四工位定子滴漆转盘,5个定子一批,总的周期在38分钟以内。还生产SDM型和RDM型定子和电枢连续滴漆设备,定子的滴漆周期为72分钟,电枢

的滴漆周期为 19.5 分钟,滴烘速度都为 120~360 台/小时^[44]。此外,丹麦 Thrige-Titan 厂装有多台二工位移动式自动滴漆烘焙设备,每批 5 个定子,6~8 分钟完成一批^[18]。西德介绍了这种设备的结构及操作方法^[45]。西德 Merck 厂建议在滴漆设备中采用直流电加热,当绕组温度升高时,电流会自动下降,因此只需要一个能调节的直流电源,不需要电流控制设备^[46]。西德还介绍了一种漏斗浇注法,设计了一条自动线。采用这种浇注法可缩短浸渍时间,且保证浸透^[47]。民德采用环氧树脂压力浸渍法,周期为 16 分钟,有特殊要求时,追加硬化 1~2 小时^[48]。罗马尼亚迪米索阿拉电机厂采用罗自制的悬挂传送线式真空浸漆设备,生产节拍为 15 分钟,每一吊架吊 4 台电机^[2]。

西德介绍了一种“热塑性线圈制造工艺”。这种工艺的特点是绕组采用带有热塑性涂层的漆包线,成为自粘性漆包线。热塑性涂层的厚度约为 0.023 毫米。在槽绝缘、槽楔与相间绝缘上也分别涂上热塑性涂层,其厚度不小于 0.015 毫米。在烘压时,定子两端有压模,定子内孔也有加压机构,将槽内导线向槽底压紧。通电加热后,漆包线的热塑性涂层熔化使绕组成为一个整体;槽绝缘等绝缘件的热塑性涂层熔化后流散到铁芯迭片上,使槽绝缘等绝缘件与铁芯之间形成一弹性支撑。在冷却前涂上一层聚酯为基的漆料,冷却后有防潮、防化学腐蚀作用。0.15~5 千瓦电机定子的烘焙时间为 10~45 分钟。热塑性线圈制造工艺的经济性比较好,改善了浸渍工艺的劳动条件,避免了无溶剂漆对操作人员健康的影响,还减少了一般浸渍法的刮漆问题^[49~51]。

(六) 铸造工艺

铸造生产自动化是最近几年国外发展的动向之一,一些电机厂在改建或新建铸造车

间时都采用了自动化设备。

日本安川电机厂新建一自动化铸造车间,利用磁性开关、限位开关和中间继电器构成的电动机械装置,实现铸造自动化。采用低频感应炉化铁,可连续生产。采用电磁泵输送铁水和自动浇注,有自动造型设备配套。自动铸造生产线上操作人员为 27 人,最大铸件重 100 公斤,月产量为 400 吨^[52]。

英国 Newman 电机厂新建一自动造型铸造车间,制造 7.5~75 千瓦电动机铸件。除换木模、放泥芯和浇注外,全部实现自动化。装有 200 个无触点密封限位开关,实行集中控制。自动造型速度为 120 箱/小时,最大铸件重 114 公斤,每星期生产 320 吨^[53]。

电机转子铸铝工艺也向自动化方向发展。法国 Corpet Louvet 厂生产 CFR 型电机转子自动压铸机。这种压铸机能自动完成下列工序:装上转子铁芯,压铸,切除浇口,压出心轴和卸下转子。切浇口和压心轴都在机床后部进行,同时在机床前部可压铸另一转子。可压铸的最大转子直径为 220 毫米(8.6 吋),压铸速度为 150~500 件/小时。如直径为 100 毫米(4 吋)的转子,单型腔每小时可完成 240 件,双型腔就可完成 480 件,仅需 1 人操作。调换压模只需 20 分钟^[54]。英国 Brook 电机厂采用 500 吨立式压铸机,机械化进铝液,可压铸 $\phi 380 \times 430$ 毫米的转子,节拍为 3 分钟^[55]。

参 考 资 料

- [1] 法国一电机厂生产情况
- [2] 罗马尼亚小电机制造工艺及设备基本情况简介,一机部援罗电工设备与电工模具考察组
- [3] 电机转子、轴自动生产作业线
- [4] 日本 1970 年电机制造工业的劳动生产率
- [5] 小型电动机生产自动化,《自动化技术》1971 年,Vol. 3, No. 5. (日文)
- [6] 采用计算机生产系统进行合理加工,《机械技术》,1971, Vol. 19, No. 8, 73~76. (日文)
- [7] 复式模级进冲床冲制电机定、转子冲片
- [8] 成卷条料节省材料提高质量,《Tooling & Production》, 1971, Vol. 37, No. 2, 48~50. (英文)
- [9] 高速冲槽机

- [10] 实验室生产应用化学腐蚀的铁心片,《Westinghouse Engineer», 1972, Vol. 32, No. 2, 60. (英文)
- [11] 钢片及铝片自动冲洗腐蚀成形代替冲剪和抛光
«Automatik», 1971, No. 9, 293. (德文)
- [12] 碳化钛钢用于复式冲模的经验, «Machinery & Production Engineering», 1971, Vol. 118, No. 3047, 531~533. (英文)
- [13] 电火花线切割加工碳化钨模具, «American Machinist», 1972, Vol. 116, No. 4, 70~71. (英文)
- [14] 硬质合金电火花成型孔的研究, «Industrie Anzeiger», 1970, 107~110. (德文)
- [15] 碳化钨渗透法增加模具寿命, «Metalworking Production», 1970, Vol. 114, No. 45. (英文)
- [16] 匈牙利纳莫厂10千瓦以下异步电动机主要生产工艺, «Электротехника», 1965, No. 6, 24~28. (俄文)
- [17] 匈牙利电动机端盖组合机床, «Machinery & Production Engg», 1965, Vol. 106, No. 2730, 516~519. (英文)
- [18] 新标准型MT电动机, «ASEA Journal», 1969, Vol. 42, No. 4, 43~47. (英文)
- [19] 精锻, «Umformtechnik» (书), 55~6. (德文)
- [20] 轴的冷锻成形, «American Machinist», 1968, Vol. 112, No. 3, 110~118. (英文)
- [21] 圆盘刀切削提高工效
- [22] 圆盘刀切削电机转子的专用机床
- [23] 槽绝缘成形、插入机
- [24] 插槽楔机, «EMA», 1971, No. 5, 154. (德文)
- [25] 流化床环氧树脂涂敷介绍
- [26] 电机定、转子铁心熔槽绝缘喷涂装置
- [27] 电机槽绝缘层浸涂法
- [28] 线圈绕制和定子下线机, «Insulation / Circuits», 1971, Vol. 17, No. 7, 284~285. (英文)
- [29] 绕线机, «日本特许公告», 昭 46-27099. (日本)
- [30] Newman公司的先进自动绕线机, «Electrical Review», 1969, Vol. 184, No. 13, 452. (英文)
- [31] 绕线及拉入式下线用组合机床, «Werkstattstechnik», 1971, Vol. 61, No. 11, 634. (德文)
- [32] 定子线圈纸带控制自动绕线和嵌线装置
- [33] 定子线圈程序控制自动绕线和嵌线设备
- [34] 国外中小型电机发展概况, «中小型电机技术情报», 1971, 第2期
- [35] 改变定子绕组形状以提高槽满率及端部整形的设备, 美国专利 No. 3,432,907, 3,587,161, 3,629,925. (英文)
- [36] 电磁冲击法绕组成形, «Machine Design», 1966, Vol. 38, No. 12, 20. (英文)
- [37] 电磁法——电机定子、转子自动嵌线方法及设备, 美国专利 No. 3,333,327, 3,333,329, 3,333,330. (英文)
- [38] 自动下线机, «ETZ-B», 1968, No. 25, 737. (德文)
- [39] 定子绕组端部整形
- [40] 电机定子绕组端部整形设备, 英国专利 No. 1225540.
- [41] 交流电机绕组端部绑扎工具及绑扎法
- [42] 定子绕组端部绑扎机, «Insulation / Circuits», 1971, Vol. 17, No. 7, 292. (英文)
- [43] 定子线圈端部自动绑扎机
- [44] 国外电机绕组滴化工艺和设备情况简介, «中小型电机技术情报», 1971年第11期
- [45] 滴落法单相及多相定子绕组浸渍及装置
- [46] 电机绕组浸渍用滴落器械
- [47] 漏斗浇注法浸渍绕组
- [48] 环氧树脂压力浸渍
- [49] 定子绕组自粘性绝缘
- [50] 采用自粘性漆包线的一些问题
- [51] 热塑性烘漆绕组的经济性
- [52] 铸造工序自动化
- [53] 电机制造厂的自动造型铸造车间
- [54] 电机转子自动压铸机
- [55] Brook电机厂压铸工艺的发展,
«Machinery & Production Engg» 1969,
Vol. 115, No. 2976, 866~867.

第二篇 国外几个电机厂的生产概况

一、日本一九七〇年电机制造业劳动生产率

(一) 产 量

日本1970年所生产的标准三相异步电动机(11千瓦以下)为258万台,与1969年相比,增加2%。而1969年与1968年比较,产量增加5.9%。1970年产量增加速度变慢的原因是1969年秋季经济景象不振以及非标准型异步机需要量的增加,因而影响了标准型异步电动机的生产。

近年来,日本标准型异步电动机产量如表1所示。

表 1

	标准三相异步电动机		11千瓦以下三相异步电动机	
	产 量 (千台)	比前年增加 之百分比 (%)	产 量 (千台)	比前年增加 之百分比 (%)
1965年	1,245	-23.2	1,219	-23.3
1966年	1,520	22.1	1,489	22.1
1967年	2,037	34.0	1,987	33.5
1968年	2,450	20.2	2,389	20.2
1969年	2,603	6.2	2,529	5.9
1970年	2,635	2.0	2,580	2.0

[注] “-”为产量之减少。

(二) 劳动生产率

每台及每千瓦所需之劳动工时如表2所示。这里所统计的劳动工时,不是制造一台电机的全部工时,而仅考虑可供调查的、且为各制造厂所共有的工种部分,即机械加工、钢

板作业、线圈制造、装配作业所需的工时。而铸造、毛坯清理、涂装等工序,则不计及在内。因为某些制造厂中,除生产小型异步电机外,尚生产其它品种,对上述辅助工时,则难以正确统计。

表 2 单位量所需要的劳动时间

单 位 量	1969年	1970年	比前年上升率(%)	
			1969年	1970年
每台				
直接工时(小时)	2.84	2.53	7.5	10.9
机械加工	0.79	0.69	4.8	12.7
钢板作业	0.30	0.27	3.2	10.0
线圈制造	1.34	1.19	10.1	11.2
装 配	0.41	0.38	6.8	7.3
每千瓦				
直接工时(小时)	1.63	1.39	1.8	14.7
机械加工	0.46	0.38	2.2	17.4
钢板作业	0.18	0.15	5.9	16.7
线圈制造	0.76	0.65	5.0	14.5
装 配	0.23	0.21	4.2	8.7

1970年每台所需要的直接劳动时间,为2.53小时,而1969年则为2.84小时,1970年较1969年减少了0.31小时,劳动生产率提高了10.9%,比劳动生产率上升率为7.5%的1969年,提高了3.4%。此外,由于1970年所调查的品种的容量增大,所以劳动生产率实际增加为14.7%。

其次,从每生产1台电机的时间来看,机械加工为0.69小时,比前年减少12.7%;钢板作业为0.27小时,减少10.0%;线圈制造为1.19小时,减少11.2%;装配为0.38小时,减少7.3%。因此1970年较1969年各工

种的劳动生产率,均有所提高,其中以机械加工与线圈制造,提高得较为显著。

(三) 劳动生产率的近期动向

近期劳动生产率的动向如表3所示。自1960~1970年十年内,劳动生产率提高51.9%。从各工种来看,机械加工为54.6%,钢板作业为52.6%,线圈制造为52.2%,装配为44.1%。除装配以外,其余工种均超过50%以上。

1960~1970年十年间,大致可分为二期。1960~1965年为前期,1966~1970年为后期。从总的劳动生产率来看,前期增加31.2%,后期为30.1%。前、后期几乎相同。

再分析一下各个工种的情况,其中机械加工和钢板作业,前、后期劳动生产率增加数值相近。线圈制造前期为28.5%,后期则为33.1%,这是由于采用了绕线机与自动绕线机(包括嵌线机)等新型设备,节约了人力的原因。此外,装配工种前期为36.8%,后期则为11.6%,前期上升率高是由于分工专业化,操作机械化以及标准件的扩大等。

(四) 机械 设备

1970年机械设备情况如表4所示,其中自动生产线和自动绕线机的数量,1970年有显著增加,前者增加了8条,比前年增加了22.2%,后者增加了26台,约为62%。

表3 每台所需要之制造工时的动向

工 种	每 台 所 需 要 劳 动 时 间 (小 时)			1965年之上升率,比1960年(前期)(%)	1970年之上升率(%)	
	1960年	1965年	1970年		比1965年(后期)	比1960年
每台工时	5.26	3.62	2.53	31.2	30.1	51.9
机械加工	1.52	1.02	0.69	32.9	32.4	54.6
钢板作业	0.57	0.39	0.27	31.6	30.8	52.6
线圈制造	2.49	1.78	1.19	28.5	33.1	52.2
装 配	0.68	0.43	0.38	36.8	11.6	44.1

表 4

(单位: 台)

主要机械设备	1965年	1966年	1967年	1968年	1969年	1970年
机械加工						
自动生产线	35	34	35	35	36	44
立式专用车床	25	24	24	28	24	24
多工位组合机床	17	17	19	23	23	18
其它专用设备	175	176	190	186	219	220
钢板作业						
级进冲	44	52	51	60	62	56
其它冲床	228	219	179	194	195	157
压 铸 机	40	40	45	47	47	44
线圈制造						
绕 线 机	125	135	153	156	146	155
(自动绕线机)		(9)	(25)	(35)	(42)	(68)

(五) 平均功率的状况

表 2 所列每台所需要之劳动时间, 未计及电机功率的大小。实际上, 当平均功率减

少时, 加工简单, 劳动生产率的统计值会提高。因此, 尚须考虑电机平均功率的影响。1970 年所调查的品种平均容量为 1.82 千瓦, 与 1969 年相比, 有所增大(表 5)。

表 5 标准三相异步电动机(鼠笼型, 11 千瓦以下)之功率比

功 率 (千瓦)	1965 年	1966 年	1967 年	1968 年	1969 年	1970 年
计	100.0(%)	100.0(%)	100.0(%)	100.0(%)	100.0(%)	100.0(%)
0.2	13.1	15.1	15.9	11.9	13.0	14.6
0.4	18.6	17.5	16.1	17.1	19.1	17.9
0.75	24.2	24.7	20.8	20.5	20.1	19.6
1.5	17.6	17.0	16.9	17.2	17.2	16.3
2.2	11.9	11.5	13.9	13.9	13.6	13.0
3.7	7.3	7.3	8.5	10.3	9.1	9.2
5.5	3.2	3.1	3.6	4.5	3.4	4.3
7.5	2.4	2.2	2.4	2.7	2.7	2.9
11.0	1.7	1.5	1.8	1.9	1.8	2.2
平均功率	1.59 千瓦	1.58 千瓦	1.71 千瓦	1.85 千瓦	1.73 千瓦	1.82 千瓦

摘译自《电机》1971 年 12 月, 15~19 页

二、法国一电机厂生产情况

(一) 生产概况

法国电机机械公司(简称 CEM 公司)是瑞士布郎·鲍威利电气公司(简称 BBC 公司)与法国合股的一家公司, 它在里昂(Lyon)附近的德西纳(Decines)有一个电动机厂, 专门生产型号为“孔帕克斯”(Compax)系列的 1/3~15 马力(0.25~11 千瓦)小型封闭式鼠笼型铝壳电动机, 供应欧洲共同市场。据 1970 年 1 月的资料报道, 该厂扩建后, 在 1970 年中期即可月产电动机 3 万台。

该厂从接受订单到交货为止, 最短交货期仅 36 小时, 但这仅供接受特殊紧急任务之用。1969 年初, 国内用户标准交货期为 4 星期, 后因出口的压力, 即延长为 16 星期。出口产品的优先交货期为 8 星期。

“孔帕克斯”系列电动机系按欧洲电气标准协调委员会推荐标准设计, 共有 8 个标准机座号, 能适应大多数特殊订货要求, 但也最大限度地考虑了标准化措施。机座用压铸机生产, 而铁芯迭片则既能适应标准电机需要, 也能适应非标准电机需要, 可大量生产。

该厂除一些雇用女工的部门如线圈车间等系一班制生产外, 大多数车间与金加工工段都是两班制生产, 每班 9 小时。全厂从业人员共 700 人(包括培训徒工在内), 据说已能适应扩建后生产需要。

在扩建前, 该厂原有一幢 6 跨的厂房, 每跨 16 米宽。每跨实际上为一个独立完整的车间, 其领班可以通过对讲电话来指挥所属工段中各主要机床上的生产。原材料与部件均堆积在每跨的一端, 而所生产的电动机则通过一条布置得尽可能短的生产线流经

全厂。

厂房的第一跨用来冲剪、迭压铁芯迭片。定子铁芯通过输送机(有些从地下)传送到第二跨内,压铸成带定子铁芯的铝壳机座;第三跨系转子铸铝、铸铜或铸合金;第四跨系线圈绕制、绝缘与下线;第五跨是转轴加工与转子装配。第六跨系总装、测试与包装。

主厂房附近设有一个专供铸造少量特殊铸件用的小型铸造车间(其他标准铸件全部由BBC集团的一个铸造公司供应)。而主厂房地室内则还设有另一个供转子铸铜或铸纯铝的铸造车间。使铸造车间与主厂房相隔离的目的,主要是为了尽量降低大气污染程度。

全厂用电由安装在主厂房下的一个地下动力站中的7台400仟伏安、10,000/380伏变压器通过电缆来供给。而所有供电电缆则全部装设在电缆沟中。其他动力需要如供热、供气(包括压缩空气、天然气与氧气)等也都由该地下动力站供应。

(二) 计划安排

该厂生产电动机的速度为每40秒钟1台。为了达到这样高的生产速度,CEM公司除预先制订出一套比较完整的五年生产计划外,在日常生产中,从接受订货起到交货为止,都使用电子计算机来安排生产,布置检查。

一台典型电动机的生产进程是从CEM公司接受订单开始的。当天,载有交货与价格细节的订单就发送到厂里,列入生产计划,并由厂方将订单中的有关生产细节打印在穿孔卡片上,送给CEM公司的计算中心(该计算中心设在离该厂约6哩的Petercem电机厂内,两厂之间设有永久性陆上专用线路)。当计算中心收到有关订货数据后,计算机即自动向采购部门报告原料需要(指用以代替正在使用的那些原料),并提供有关储藏地点方面的细节(该厂储备材料本来只好

供几天生产之用,但1970年扩建了一个较大的材料仓库)。

在安排好原料供应问题后,计算机就自动向所需每一台生产机床发出加工指令。这些指令通常总是在开始加工前一夜的几个小时内打印出来的。生产一种型式的电动机所需的每一台机床的时间布署也是由计算机算出的,尽量使这些机床整天都得到充分利用。不管同一张订单上有多少种型式的电动机,其加工指令都是按型式分别发送的。同时,计算机也对全厂各工段的领班发出生产指令。

计算机还根据反馈到质量分析专用计算机中的试验数据打印出一张穿孔卡,作为一个附加的质量控制程序。这对于暴露机械加工公差中产生的不良倾向特别有用,可以及时采取对策。对于原材料供应方面,计算机也是连续自动进行类似检查的。此外,计算机还每天提供一张交货情况表,用以指示与约定交货期对照的、每一台电动机在厂内各工段中的完成情况。而财会部门使用的计算机则每天发出一张受理电动机与退回电动机一览表,用以对开发票的每一台电动机逐个进行核对。

在整个生产过程中,每一个阶段的生产情况都反映在一些随产品流经全厂的卡片上,而且,在完成一部分加工任务之后,每一个生产操作人员都必需在这些卡片上的相应位置上签字。这样,就便于觉察测试、检验过程中暴露出来的任何缺陷。因而就可以精确地检测出任何由于个别操作人员或所用机床引起的贻误生产的倾向,并使之及早得到纠正。

由于厂内无处存放已完工的产品,因此所有产品都是每天包装、运发到指定交货地点去的,不管订单中是否规定在那一天办理交货手续。而所有完工的出口订货则都发送到出口部门,并在那里完成相应的单据开发工作(这种单据开发工作所需时间也必须列入生产计划中去)。

(三) 制造工艺

CEM 公司认为:对生产效率说来,订货、生产与快速发货程序的合理组织可能是起主要作用的。该公司曾仔细对自动化生产方法进行过研究,发现在许多情况下,加工或装配过程的全自动化,在经济上并不能与正常操作的加工机床或手工装配相比拟。这仅仅是由于该公司在设计电动机时,经过多方考虑,已经使所需加工工时减少到最低程度。而且用户需要量的改变与材料价格的变化,也要求设计经常变动。此外,新材料、新技术的采用也要求加工方法作相应的改变。据该公司估计,可能每隔 7~10 年设计就要改型。在许多情况下,一些专用全自动化机床都将很快成为过时,所以不值得采用。

该厂采用的机床大多数是适合于广泛加工要求的,在许多情况下,这些机床大都特别适宜于快速更换刀具。

铁芯迭片采用半自动冲床由每卷 5 吨的冷轧硅钢片卷料上冲剪。每卷都取样试验,并由计算机记录试验结果。铁芯冲片用足够 2 小时供料量的旋转输送机传送。废料则卸入漏斗,经由地下输送机送出,集中后再卖回给硅钢片厂。

定子迭片在一台 400 吨压铸机上压铸出带铁芯的铝壳机座。机座底脚与两端在一台 6 工位自动多轴机床上加工。机座先由输送机上升到第一工位上,加工底脚。然后自动进入第二工位,镗铁芯内圆。随后再依次进入第三、四、五工位,分别加工机座两端口及用以支承绕组端部的绝缘片的槽。最后,再在第六工位上清除油污。端盖与凸缘也是采用一台类似的多工位自动机床来加工的。

所有定子线圈都是根据尺寸、型式与时间要求用计算机调节好,在自动绕线机上预先绕制。绕线车间共有 6 台自动绕线机,每

一台绕线机都能同时绕制 6 只线圈。线圈绕成后,其直线部分采用聚酯薄膜绝缘,然后在另一台专用设备上加热加压,将线圈的直线部分予以密封。由于定子铁芯齿部的两边实际上都是平行的,因而,槽口敞开,便于在装配线上进行预制线圈的下线工作。在定子下线前,还要在铁芯迭片两端各加垫一只尼龙端板,以杜绝线圈中导体与定子铁芯接触的可能性。装配时,一人嵌线,一人接线。线圈端部还要加装带齿的塑料板,用以支承线圈之间的连接线。定子线圈压嵌入槽底,并用合成树脂加以浸渍,这可以保证线圈牢固地嵌在槽内,不需要使用槽楔,从而简化了嵌线工艺。

转轴用自动仿形车床加工。转子铁芯则采用热套法装配在转轴上,吹风冷却后,即送往总装车间。在那里用去重法校动平衡。定子、转子采用夹具进行总装,用以尽量减少手工操作。

风扇用聚乙烯在厂内压铸,其轴套中铸有轴键,便于装配。轴套上还有 3 个孔,便于拆卸。风扇叶片不对称,可防止共振。

(四) 测试与油漆

电动机试验系在生产线上任意抽样进行的。以抽试电动机拖动测试发电机来检验其电气特性,并通过计算机由发电机输出换算出电动机性能参数。测试参数包括旋转方向、起动电流、起动转矩、最小转矩、额定满载转差率、空载电流与空载损耗。耐压试验按额定电压的两倍加 1,000 伏进行。电动机噪音则采用可变电源电压来测试。由经过专门训练的检验人员来鉴别噪音来源,例如来自轴承或风扇等等。

电动机喷漆及干燥工作自动进行,其周期为 10 分钟。

译自英国《Electrical Review》,1970 年,
186 卷 4 期,133~137 页

三、匈牙利布达佩斯“狄纳莫”工厂 10 千瓦以下 异步电动机主要生产工艺

(一) 冲剪工艺

大规模生产中, 硅钢片冲剪采用的方法有两种:

- (1) 自动冲床将硅钢片自动落料;
- (2) 采用冲压自动线(图 1)。

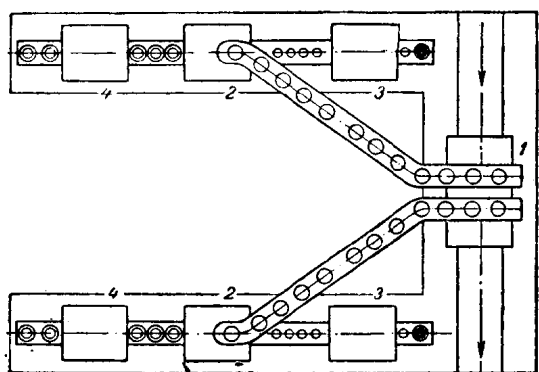


图 1 冲压自动线布置

1—落料; 2—定、转子片分离; 3、4—转子和定子冲槽

多数采用第一种方法, 目的是为了减少投资。在自动线上, 冲片经 3~4 道工序就制成。所用冲模可冲制定、转子冲片 300~500 万张。若采用硬质合金, 寿命还可增至 10~15 倍, 而价格仅增加 1.5~2 倍。硬质合金冲模的经济成效, 仅在大批量的生产中才能显示。利用成卷钢材通常可节约材料 3~4%。国外许多冶金工厂成卷硅钢片的供应相应增加了 5~12%。将来成卷硅钢片材料的价格还将等于或低于整张材料的价格。在匈牙利, 冲剪流水线的造价不到 2 年就可回收。

(二) 金属切削工艺

电动机机座的金属切削加工通常有两种方法:

- (1) 加工基准面和孔径;
- (2) 加工所有其它的平面和孔径。

大多都以电动机的底脚和内径作为加工基准。这个加工方法的缺点是带凸缘的电动机机座不能在自动线上加工。按“狄纳莫”厂的要求, 杰别里机床厂设计了一条对带凸缘电动机能进行基准加工的自动线, 这条机床线建立后, 对任何型式的电动机机座均能加工。在“狄纳莫”工厂的机座加工线上可对 11 种机座规格的三种孔径进行加工。平均加工时间为 2 分钟。从一种规格改为另一种规格, 若孔径不变, 机座线上的改装时间为 1~2 小时, 如孔径改变, 则为 8 小时。

在自动基准加工及自动机座加工线上, 加工机座总共由两个熟练工人维护, 两班平均加工 400 只, 这条线代替了 21 台各种普通的金属切削机床, 而原来操作这些机床两班就要有 42 个工人, 而他们大都要具有熟练技术。自动线每年平均的利用率为 65~70%, 其占地面积为 80 米²。

轴加工通常采用一连串以传送带相联结的自动机床, 完成割料、打中心孔、端面加工、粗车、精车、磨削以及铣切等加工。

转子的加工也象上述工序一样, 完全实现了自动线, 包括转子铁芯的迭压, 转子的压入, 车削加工和校平衡。

转轴打中心孔的方法, 最近改用液压方法, 在两端用锋钢工具一次压出。该工具寿命约可冲压 2,000 根轴(图 2)。轴端面的加工已经省掉。将采购来的轴料用精密圆锯切割, 没有毛刺, 加工的公差为 0.2 毫米。

端盖加工线由两台组合机床组成(图 3)。因为内孔、止口以及固定风罩的螺纹均在这台组合机床上加工, 具有一定的困难。杰

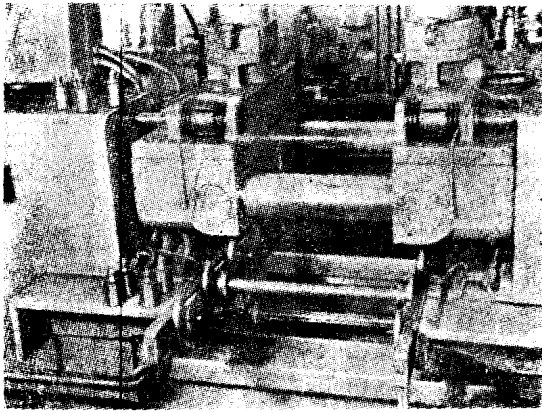


图2 轴中心孔加工专用机床

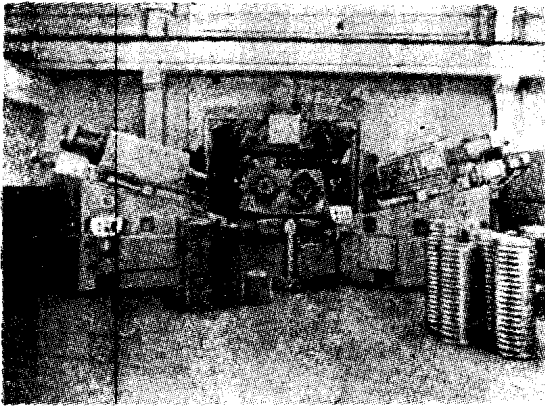


图3 端盖加工专用机床

别里机床厂用一个可以自动旋转的工作台,上述孔眼的加工可以借助于装在横梁上垂直移动的动力头进行。工作台转动时,横梁沿着轨道灵活地升高,工作台停止时,横梁下降,机床动力头对端盖孔加工。机床对每一只端盖自动完成两个动作:第一次是将端盖加工好的一面转向另一面;而第二次将加工完成的端盖取下。端盖的自动加工适用于1~10千瓦6个机座号,两班平均加工400只。这些机床占地面积为30米²。

(三) 电 工 工 艺

电加工中的放置槽绝缘、嵌线、插槽楔、整形和端部绑扎、线圈试验等也都实现了自动化。“狄纳莫”厂建成了一条综合电加工线(图4)。从一个工序到另一个工序,定子的

传递目前是靠手工操作的,但是有可能采用自动化运输。电加工生产线上各机床的生产率是各不相同的。为了每班生产1,200~1,500台电动机,该生产线共配备着2台槽绝缘自动机床,6台定子下线机,1台放槽楔及线圈整形的机床,有5个工人作一些辅助工作(接头、引出线焊接、相间绝缘)。此外,还有3台自动绑扎机和一座试验台。

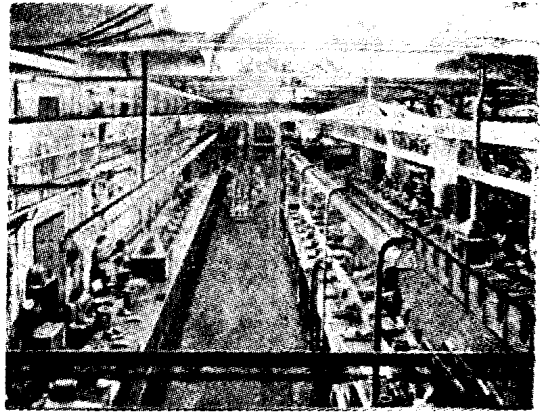


图4 绕组加工自动线

“狄纳莫”工厂对浸漆工艺设计了一个新方法。定子机座借助于传送带(把定子放在箩筐里或者用钩子吊起来),用真空加压的方法浸漆,浸渍时定子也不必从传送装置上拿下。浸漆的方法是这样:把工件放入机座浸渍器中,用二个半球可靠地密封起来。浸漆的过程与蒸汽消毒器十分相象。传送装置有节奏地工作。机座浸漆后,再下降到干燥炉里。在浸漆时,一次可加入1~2千瓦电动机定子15~20只,浸渍时间共8分钟,使漆充分地渗透到槽里,然后使90%的溶剂挥发并用真空泵排出,其余10%的溶剂在炉子里排出并使漆硬化。在浸漆前,预热56分钟,炉长8米。真空浸漆后烘焙干燥,炉长为37米,烘焙时间是240分钟。

(四) 装配喷涂工艺

在功率为1~10千瓦的电动机装配线上,有12名女工操作,其出产速度为1~1.5