

1597

蘇聯航空工藝



第三机械工业部第四〇研究所
1981.2.15

第三机械工业部第四〇研究所

1981.2.北京

本集是为纪念伟大十月社会主义革命四十周年而出版的。集中介绍了苏联航空工艺与生产组织科学研究院、实验设计室及其他研究院在解决一系列有关改进航空生产的主要问题：缩短飞机、直升机、火箭、发动机及仪表的试制周期，降低成批生产的成本及提高结构工艺性方面共同进行的各项研究工作。

集中所载的材料阐述了航空工艺与生产组织科学研究院各个研究室在探索研究和推行新工艺、新设备、加工飞机整体和组合壁板的设备、燃气发动机叶片大量生产设备，在建造和推行组合机床、流水作业线、实行生产过程和检验工作机械化和自动化用的设备以及在研究专用机床程序控制方面所做的各项研究工作。

集中有许多文章叙述了研究院在探索和推广小批量零件的精密铸造和热模锻方法方面和在研究加工新的航空材料的方法、设备及加工用量方面所从事的研究工作。

目 录

前 言

一 飞机制造工艺

生产准备工作方法与设备的改进	(1)
鑽孔和铆接工作的机械化	(5)
用板材、型材和管材制造另件的先进方法与设备	(11)
装配夹具的规格化	(29)
飞机制造工艺过程的典型化	(33)
飞机制造用的金属切削机床	(36)

二 发动机制造工艺

叶片生产工艺过程的机械化、自动化及专用设备	(45)
机床夹具规格化	(55)
航空另件切削加工的合理条件	(59)
发动机制造工艺的改进	(71)
发动机制造工厂用的半自动组合机床	(78)

三 仪表制造工艺

1 航空仪表制造的先进工艺	(83)
2 檢驗测量装置和仪表的改进	(99)
3 技术檢驗的新装置	(102)
4 航空附件制造工艺过程的机械化	(107)

四 航空工业中冶金工艺

1 飞机制造业中鍛造毛坯工艺性及其制造精度的提高	(111)
2 噴气发动机叶片毛坯的先进生产方法	(116)
3 航空制造工艺过程中的感应加热	(124)
4 焊接的成就	(131)
5 飞机另件壳模鑄造的先进方法	(138)
6 钛合金热模鑄的特点	(143)
7 飞机壁板鑄造的新工艺	(156)

生产准备工作方法和设备的改进

工程师B.M. 伏罗宁 工程师B.C. 谢木丘克夫

由于产品对象经常更换和改型，往往需要做许多生产准备工作。其中以工艺装备的设计和制造的劳动量、金属消耗量为最大、周期为最长。工艺装备的制造质量和周期在很大程度上取决于所采用的制造装备的工艺过程。

近年来，航空工艺与生产组织研究院在总结工厂经验的基础上制定并推行了在设计方面更完善的先进工艺过程（以采用新的方法和新的制造工艺装备的设备为主）。新的工艺过程采用了以下几种方法和设备。

1. 在模线样板工作方面：

- ①接触照相法； ②划线鑽孔台；
- ③部件表面几何参数的解析计算法；
- ④独立制造（互不依赖）主要样板的方法。

2. 在毛料工艺装备制造方面：

- ①表面标准样件（模型）
- ②立体模仿形法（塑制方法）

3. 在装配工艺装备制造方面：

- ①型架装配机和划线鑽孔台；
- ②光学仪器；
- ③立体仿形方法。

复制模线图板用的接触照象法是一种综合方法，系由正象法、反象法以及反射法组成。在生产上应用最广的，是反象法即由胶板（透明板）移形到样板毛坯或检验图板上。这种方法

可以代替手工移形，是一种制取小余量毛坯的高效方法。正象法主要用于复制模线板也是一种复制理论和结构模线的方法。反射法——从模线图板移形于胶板的方法，由于工艺过程复杂而没有得到广泛的应用。

采用接触照象法来复制模线，可使模线样板工作的劳动量降低8—10%。

在制造模线样板中划线鑽孔台（图1）起着很大的作用。许多工厂都广泛采用划线鑽孔台来完成各种工艺工序（在模线图板和毛坯样板上鑽制基准和定位孔，在模线图板和样板上描划坐标圆）。在模线样板

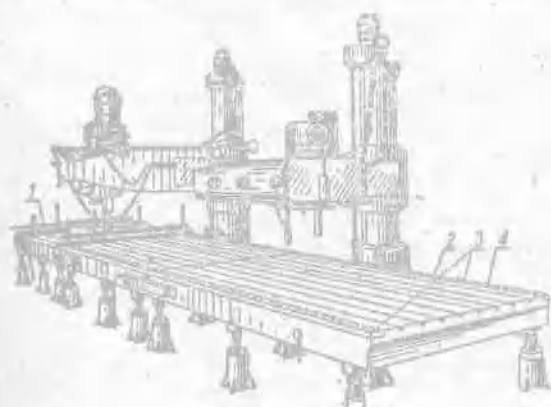


图1 划线鑽孔台

- 1. 模座标尺； 2. 划线鑽孔台的工作台；
- 3. 縱座标尺； 4. 座标尺上的定位孔。

車間的生產中採用划綫鑽孔台可以提高工藝裝備的製造精度（因為採用以孔定位的方法代替了以往慣用的以綫定位的方法），並可使勞動生產率提高約 10—12%。

近幾年以來，基於運用各種方程（2 次曲綫，代數曲綫，補插曲綫方程以及圓弧等）的部件表面解析計算法獲得了廣泛的應用。採用這些方法，可以省去平面和側面投影的大型模綫板，因而可以減少模綫圖板的數量，可以降低模綫工作的勞動量，提高樣板精確度，獲得良好的氣動力表面。此外，解析計算法擴大了按照獨立準備原則，組織生產準備工作的可能性，這就在飛機製造業面前展示出了有可能擴大工作面，從而縮短周期的前景。主要樣板（外形檢驗樣板，型架樣板，外形切面樣板）的獨立製造方法就是不用模綫圖板而按計算數據（即說明書）製造樣板。樣板外形的划綫直接在樣板毛坯上進行。先鑽出基準孔，然後，划出座標網和外形點。划綫在立式划綫型架，划綫鑽孔台上或借助於一般的划綫工具（角鉄等）來進行。

航空工藝與生產組織科學研究院對樣板獨立製造法的精度所做的研究實驗工作表明，在現有的技術條件下採用這種方法可以使樣板的外形精度比按模綫圖板來制出的樣板精確度高出半倍—1 倍，可使模綫樣板製造周期縮短 1—1.5 月。許多飛機製造廠已經掌握了樣板的獨立製造法。

解析計算法的應用為生產準備工藝過程的機械化和自動化開辟嶄新的道路。在這種情況下機械化的基礎是這種或那種表面參數計算法所依據的數學規律。其中尤其是解析計算法可以用於設計專門化快速電子計算機的基礎。這種電子計算機可以用來實現複雜表面加工過程的程序控制。

得到普遍應用的立體仿形法（塑制法）在改進生產準備工作中起著巨大的作用。例如在毛坯工藝裝備製造方面，推行以部件表面的完整或局部模型為基礎的立體仿形法就可以大大地提高工藝裝備（拉彎陽模，模胎等）的製造和協調精度，同時還可以提高勞動生產率。

航空工藝與生產組織科學研究院同飛機製造廠制定了協調工藝裝備的標準樣件——樣板工作方法。這一協調方法的基礎在於利用立體標準樣件來協調飛機部件的外形。借助於這種立體標準樣件可以完滿地复制出部件的外形，然後再通過塑制方法移形至其他標準樣件和工作工藝裝備上去。根據部件表面標準樣件制取工藝塑模，然後再按照工藝塑模製造用以加工鑲皮另件和部件骨架型條的拉彎模。借助表面標準樣件來安裝反標準樣件。用以製造組合件的标准樣件和安裝標準樣件。根據組合件的标准樣件製造檢驗骨架另件用的夾具、成形模以及裝配組合件用的夾具；根據安裝標準樣件製造卡板 and 安裝部件裝配夾具。這種方法規定了工藝裝備的協調，因而就保證了機翼、機身和發動機短艙表面的製造。製造上述部件內部另件用的工藝模綫板和樣板來協調。

目前，許多工廠都採用這種協調方法來製造工藝裝備，尤其是裝配工藝裝備。

由表面模型（或標準樣件）製造過程複雜和費工，因而在工廠和航空工藝與生產組織科學研究院的工藝人員和設計人員面前提出了模型製造主要工序機械化的問題。為此，航空工藝與生產組織科學研究院設計了 ТКБ—1 型靠模車床，用以加工模型（或標準樣件）的表面。已有兩個飛機工廠安裝和使用了這種車床。

目前，有些工廠和航空工藝與生產組織科學研究院的設計人員正在改進標準樣件的設計和製造專用型架裝配機，以供手工加工標準樣件時安裝樣板和划綫之用。

在型架裝配機和划綫鑽孔台上進行裝配工藝裝備的裝配，這一方法在航空工廠中已得到廣泛的應用，而在首先採用這一方法的重型飛機製造廠中應用最為廣泛。上述的裝配方法具

有巨大的使用潛力，因此，有充分根據認為這種方法也可以在開齒機製造工廠中得到廣泛的應用。為這些工廠準備設計和統一供應一種 KPII—1 (圖2) 型專用座標精加工機。在這種機床上除了可以安裝裝配夾具的叉形接頭外還可以進行鏤孔，澆固衬套，在某些情況下也可以進行平面的銑切。KPII—1 型機床也可用來製造檢驗設備和標準樣件。

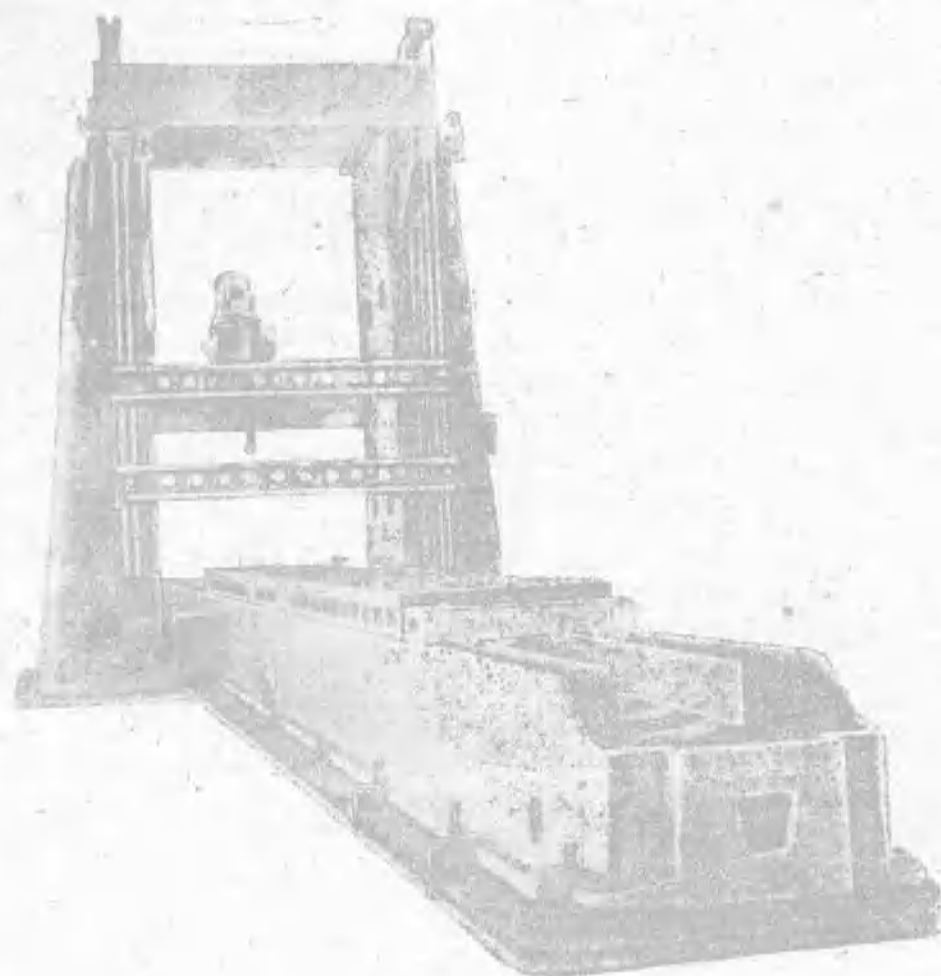


圖2 KPII—1 型座標精加工機

為了檢查裝配工藝設備的標、框、平板以及其他構件的安裝正確性，可採用 HA—3 型檢驗裝置中的成套光學儀器。在成套裝置中包括：精密水準儀、裝有鏡子的象限儀、自校儀、視測筒、反光鏡、帶有反光鏡的支架、水平儀、帶有標記的支架（有一個或二個十字線），因瓦鋼制的量條、五稜鏡和光學經緯儀。借助這些儀器可以檢查平板的水平度、相互平行度、垂直度、以及水平孔和斜孔的同軸度等。

此外，光學儀器在型架裝配機（圖3）和模綫鑽孔台的安裝工作中也得到了廣泛的應用。

在設計和在生产中推行型架裝配機與划綫鑽孔台的同時，還設計了新型裝配設備，例如各種樣式和組合式結構的夾具。這些夾具可以藉助於型架裝配機、划綫鑽孔台和光學儀器來製造。在夾具中盡量地採用了規格構件。夾具的骨架和定位元件的製造完全可以分別同時進

行。

为了节约有色金属和降低定位元件的制造劳动量，设计了典型结构的卡板（这种卡板系由带圆头的特形扁钢制成的）。卡板的预弯曲在专用机床上进行。

除上述型架外，研究院目前正在设计能够依次装配几块在结构和工艺上相似的壁板的型架。例如，设计了一种可以依次装配 A 型产品机身的 7 块壁板的万能型架和依次装配 B 型产品机身尾段的 4 块壁板的型架。

上述型架在小批生产中得到广泛的应用，因为采用这种结构的型架可以大大地提高型架利用率和减少装备制造费用。

许多航空工厂都广泛采用型架装配机、划槽孔台和光学仪器架安装装配装备。

在应用型架装配机、划槽孔台以及其他一些专用机床的基础上制定了协调中型和重型飞机用的钣金和装配工艺装备的翻新方法。采用这种协调方法后，可以大大地缩短生产准备周期，提高飞机另件制造的质量以及部件和组合件装配的质量。

航空工艺与生产组织科学研究院制定了装配壁板、分段件以及机体部件部分的新方法。这种方法基于以部件外形上的孔来使部件蒙皮和骨架另件协调。这一方法是协调工艺装备的标准样件—样板工作法的进一步发展。按此法装配壁板时，骨架另件可按孔安装在蒙皮上而不需在工艺装备上固定。在各个装配阶段中蒙皮板材和成品壁板在装配工艺装备上按外形上面的孔来定位。这就可以保证在部件表面上的每块蒙皮板材位置（在容许范围内）恒定不变，从而也就可以保证蒙皮板材的尺寸恒定不变。这样一来，在装配之前就可将蒙皮板材最后剪齐。在这种情况下装配是在简易工艺装备上进行的，而且在许多场合下不用工艺装备也可进行装配。

采用这种装配方法一定会大大地减少装配工艺装备的制造劳动量、缩短制造周期以及显著地降低装配工作量。

航空工艺与生产组织科学研究院的许多研究工作目的就在于：确定工艺装备协调方法的要点；确定这些方法的精度指标；对借助于型架装配机确定安装工艺装备的各种方法的精度作定量评价；规定模线样板装备的制造公差；确定在飞机部件装配时所采用的主要补偿方法的精度等。

目前，航空工业、航空工厂和科学机关所面临的重大任务，就是进一步改进生产准备的工艺方法。这项任务包括了以下几个方面：

- 1) 进一步发展和改进飞机部件和组件的装配方法和工艺装备协调方法；
- 2) 简化工艺装备（特别是装配装备）的结构和减少其品种（特别是装配装备的品种）；
- 3) 进一步发展和改进部件和复杂另件等表面的解析计算法，并在这基础上发展工艺装备（样板、检验标准样件等）的独立制造方法及其设备。
- 4) 全力地实现费工的主要生产准备工艺过程的机械化和自动化。



图3 在型架装配机上按孔的协调

鑽孔和铆接工作的机械化

工程师A.A. 蔡尔别也夫

在近代的飞机結構上，铆接是一种基本的結合方法。最近几年來铆釘的数量繼續增加，目前，在一种輕型飞机上有150,000个铆釘，在一种重型飞机上有1,500,000个铆釘。新产品結構上采用的鋁合金，不銹鋼虽然利用了胶接，焊接結合方法，但仍不排斥铆接結合。

上述情况則要求鑽孔和铆接过程进一步机械化并設計制造高生产率新的专用固定或移动式的机床与工具。这方面工作的重要不仅因为铆釘的数量增加了，而且因为随着材料厚度的加大，铆釘的直徑亦加大了，这样，无疑会显著地增加劳动量。

目前，鑽孔铆接过程劳动量平均占部件制造总工時的20%，这則证明了該項工作的复杂和机械化程度的不高。铆接本身在形成铆縫的总工時中占60%，故航空工艺与生产組織科学研究院由铆接着手，对鑽孔铆接过程机械化工作进行了研究。研究院設計并在生产中推行了KП-204M、KП-403、KП-503、KП-602等七种固定式压铆机。

压铆机KП-204M：其用途为使用直徑小于6毫米的铆釘单个铆接翼肋，隔框和大梁等組合件，也可用来在蒙皮上压120°埋头铆釘坑。动力头保証在冲头上有5000公斤的压力。

压铆机本体(臂跨1000毫米)，工作稳定，安装和使用简单，因此在生产中得到了广泛的采用。

由于飞机結構上需采用变厚度組合件和变直徑铆釘，所以KП-204M需要經常調整。因此急需創造一种大功率半自动机床，对变厚度及变直徑铆釘不需調整，并具有初步压紧铆接件的机构。对翼肋、大梁、平钣及单曲率钣件等組合件的成組铆接，創造了高生产率的压铆机：KП-40.5、KП-403、KП-503，前面两种的压力为12000公斤；KП-503型的压力为25000公斤；跨度各为300、750及1200毫米。压铆机的自动工作周期由电气微动开关和继电器系統保証；但在工作時发现故障較多。研究院寻找了其他的解决办法。研究及实验后指出：必须改成气动式的。在此研究基础上，上述压铆机都经过了改进。

改进后的压铆机KП-503M(圖1)，压力25000公斤，带有上下活动冲头，具有75毫米范围的可变压制平面，在铆接变厚度的工件時，可不必重新調整(在下冲头整个行程范围内)。

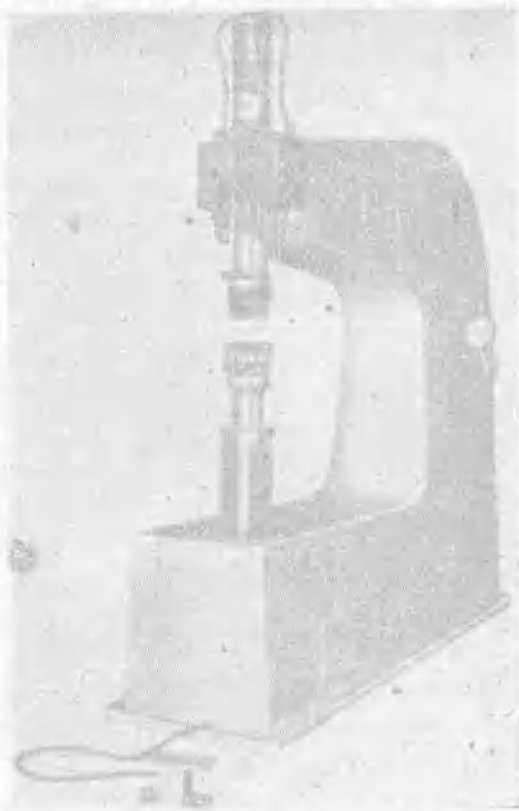


圖1 KП-503M压铆机

境

在压铆机自动工作周期中，上冲头下降并和工件相接触后自动停止，然后下冲头快速上升和工件相接触，压紧工件，使铆钉形成墩头，上下冲头离开工件的距离数值一定，而一定高度的墩头是由不受气压影响的专门机构所保证的。压铆机能按所需的铆接压力自动形成所需压力。

压铆机由带三个踏板的脚踏开关装置来操纵，能自动控制周期，为能越过工件上障碍，上冲头能同时退开，而且下冲头能缓慢的接近工件。压铆机工作周期在脚离开踏板时即行断开，踏板再踏时，工作周期能继续进行。

KП—503M可同時压铆不同直径的铆钉（表1）。

表 1

铆 钉 直 径	3	3.5	4	5	6	8	10
铆 钉 材 料	铆 钉 数 量						
硬 铝	26	19	12	8	5	3	2
钢 20 Г А	9	8	5	3	2	1	1

气基空气压铆机KП—603：铆接平面可变，用于大尺寸平板件或单曲率板件的成组压铆。

该压铆机结构上和前所述悬臂式压铆机不同，具有悬梁，因之可以加工宽30,000毫米的工作。为了便于加工大尺寸的重型壁板，压铆机配备有万能固定式的支持和拉平装置。

压铆机压力产生器能给冲头产生70,000公斤的压力，冲头每一行程可铆接直径为4毫米的硬铝铆钉36个。

压铆机自动完成下列工序：

- 1) 利用四个电接触点的随动系统，将工件表面拉平到和压铆头轴线相垂直。
- 2) 铆接：包括冲头移至工件，铆钉形成墩头，然后冲头退至原来位置。

利用操縱台上面的手柄将工件移至需要的方向。

在KП—403M和KП—503上对中型板件（平板或单曲率板件）进行铆接时，НИАТ設計

了万能拉平装置BV—2和BV—1（图2），该项装置能（借助随动系统）自动地使工件相对于冲模平面拉平。基本工作原理和KП—602上面的拉平装置相同。

航空工业配备此种成组和单个压铆机设备后，较显著地扩大了铆接机械化的范围。目前成批生产的工厂内，絕大部分的板件如，翼肋、隔框、大梁、壁板和其他组合件，都已利用了压铆。个别工厂在成

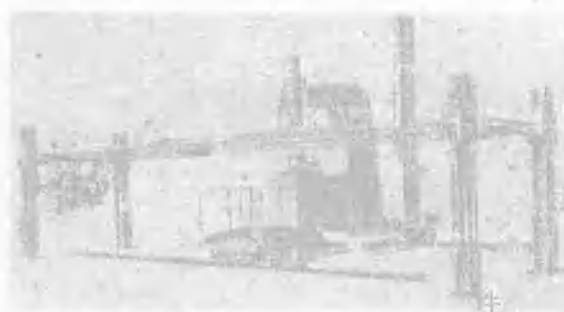


圖 2 和压铆机KП—403配套的拉平装置BV—2

批生产中，压铆工作量已达54%。压铆的工作量在目前已成为铆接結構工艺性的主要指标。压铆的采用在很大程度上須依靠設計室，設計人員在決定組合件和板件的尺寸和形狀時，必須考虑現有的压铆設備和加工的技术可能性。同時骨架另件的分布位置及其切面形狀必須保證工具对铆縫有良好的通路。

在解决基本铆接工作机械化任务的同时，НИАТ对机械铆接結構可达性差的地方的問題进行了研究，制备了一系列較輕而工作方便的移动式手提压铆机。

手提式压铆机KПГ，用于铆接直径4~8毫米的铝合金铆钉，该压铆机压力是由工厂内的压缩空气直接带动的气动液压部件ПГА-6或ПГА-8（图3）产生的，其工作原理是利用增压原理使4~5大气压力的压缩空气变为压铆机作动筒内350大气压力的压力。

采用手提式压铆机铆接组合件和部件后，使压铆的工作量另外增大了10~15%。

利用增压原理成功地解决了直升机钢管大摆臂工地方的机械化铆接问题。ИИАТ在ПГА-8的基础上设计了专用装置КГА-1，它能在变厚度处同时铆接两个直径为6毫米的钢铆钉而不需重新调整。

飞机结构上有不少可达性差的地方，它们不可能用固定式或手提式压铆装置进行铆接，因之利用铆枪进行手工铆接的工作量仍占相当大的比重。为此航空工艺与生产组织科学研究院为了提高手铆的劳动生产率，和最大限度地减少对工人健康的有害影响，正在进行研究工作。

在航空工艺与生产组织科学研究院和列宁格勒劳动卫生和职业病研究所共同研究下确定了人身所能容许的铆铆工作机构的振幅及频率。在此资料指导下，航空工艺与生产组织科学研究院制出了带有减震装置的气铆枪和顶铁的试验件（图4）（图5）。新结构的气铆枪56-KMΠ-3、57-KMΠ-4、57-KMΠ-5和57-KMΠ-6以及顶铁目前已进行成批生产。不久将来即可以代替目前工厂内使用的较差的冲击工具。



图3 带气动增压部件ПГА-8的手提式压铆机KПГ



图4 新型铆枪56-KMΠ-3、57-KMΠ-4
57-KMΠ-5 和 57-KMΠ-6

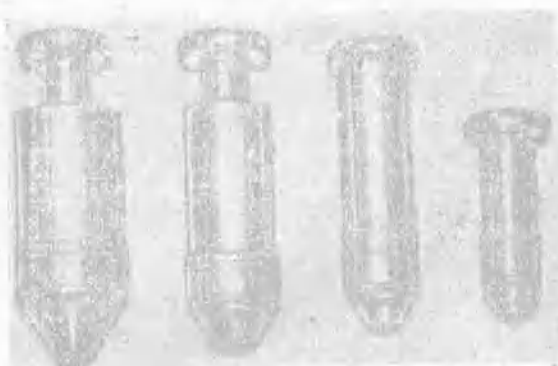


图5 带消震器的顶铁

航空工艺与生产组织科学研究院对减少铆接劳动量进行工作的另一方面是设计各种鑽孔、铰孔机械化的设备。目前该项工作更显得重要，因为铆接过程机械化和鑽孔、铰孔过程

机械化很不相称，譬如压铆机械化目前在工厂内平均占30—35%，而鑽孔、制埋头坑机械化程度平均仅5—10%，这种情况是不能允許的。因为近代飞机結構上广泛的采用了新的高强度鋼材料（B95，钛合金、不銹鋼等），需要增大铆釘直徑（8—10毫米）和铆接厚度（30—40毫米）。

对上述过程的机械化，HMAT設計和制造了一系列的器械和装置：

萬能半自動鑽床TC3—1，它用來成組鑽、鑿平面或单曲率大尺寸壁板。該机床有9个主軸能保證任何铆距的成組鑽孔和单个鑽孔，孔的加工方法是从蒙皮的一面同時进行鑽孔鑿孔的。每个主軸上的阻挡器保證埋头坑深度的精度在 ± 0.02 毫米範圍內。机床主軸可以利用光線按照划線位置調整出铆接間距來。此种机床具有6种速度，能給直徑10毫米以下鑽头任何合理的切削速度。为能調整出工件与工具的正确位置，采用了特种支持装置）由随动系統进行自动控制。

机床TC3—1可加工壁板的尺寸达 2300×15000 毫米（具有縱铆縫），并能配合 KП—602 或 KП—603 一起使用。

本机床的样品已按裝在某一飞机制造厂的部件車間內。

航空工艺与生产組織科学研究所制造了目前工厂感到需要的自动鑽孔头，由工厂压缩空气带动，利用該种鑽孔头后工厂可以利用自己力量制造各种鑽孔、鑿孔装置。

自動鑽孔头CA—0L，用來在翼肋、隔框、大梁等类飞机組合件上鑽削铆縫是直行列的多排孔來。

自动鑽孔头可加工厚度为30毫米、孔徑为6毫米的鋁合金铆接件。

複式鑽孔头C3A—02 (圖6)，用來在具有縱向铆縫的单曲率和双曲率壁板上进行鑽孔和鑿孔。利用复合鑽直徑为10毫米的孔并制埋头坑，埋头坑深度的精度为 ± 0.02 毫米，複式鑽头按靠模样板沿铆縫移动。固定器上有12个位置，因之按同一靠模可加工12个不同铆距的铆縫。

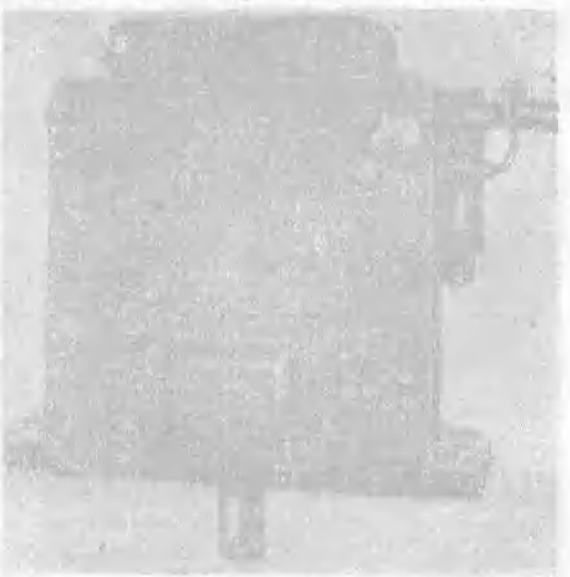


圖6 複式鑽头C3A—0.2。

为使鑽孔及鑿孔机械化，該种鑽孔头也可成功地直接用在型架上。

在鑽孔铆接过程机械化領域內，进一步的发展是使各种工序，包括鑽孔、制埋头坑，向孔內安放铆釘和徽头以及移动工具至一定距離全盤自动化。

鑽孔铆接自動通 CKA—1 (圖7)，由 HMAT 設計成，用來綜合完成如下加工过程如：鑽孔、制埋头坑、放铆釘和在单曲面或双曲面壁板上对任何位置铆縫进行单个铆接。

所选自动化对象其所以复杂的原因是因为目前鑽鑿設備和铆接設備只能对平板或单曲率壁板的成組加工实行机械化，而采用它們來加工具有大量铆釘的双曲率壁板是不可能的。

自动机可用直徑为6毫米的铆釘，铆接寬1500毫米、長8000毫米的壁板。用12种型別尺寸铆釘（三种直徑、四种长度）作变厚度铆接時，不需重加調整。自动机按穿孔帶工作，更換产品对象時只要更換穿孔帶即可。

1958年按HHAT圖紙將要建造CKA—1試品。

直到目前為止，實驗設計局的設計員及工藝員對機翼尾段、付翼、襟翼和尾翼等一類部件，尚未劃分成鍛件，因此目前只能用氣鎚槍進行鑄接。

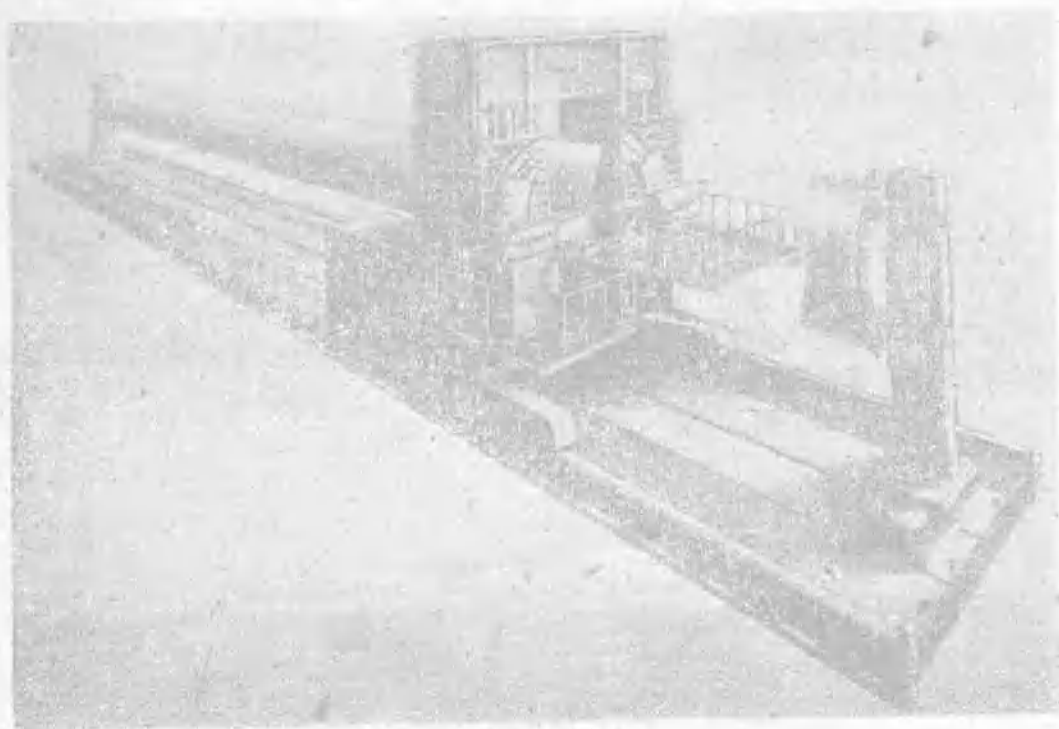


圖7 鑽孔鑄接自動機CKA—1

自動式鑽孔機AKH—3，航空工藝與生產組織科學研究院與實驗設計局在解決上述部件機械化鑄接問題的過程中設計出了AKH—3自動機，它用來在型架上裝配部件時半助。自動機系一懸掛式卡鉗，沿型架上的滑軌移動。自動機加工用其它固定式機床或手工工具所不能達到的封閉地區上的鉚釘排佈。

在自動機上可用直徑3毫米的鉚釘加工鉚縫長1700毫米，厚度為4毫米的鑄接件。鑄接沿弦向分開的半肋結合件時，自動機夾鉗一次定好位後，所有鉚縫都可自動鉚出。

隨著部件如機翼和尾翼翼型相對厚度的減小，出現了更多地方很難鑄接，甚至不可能鑄接。為此，採用了托板螺帽（1648C，1649C）。空心鉚釘（1651C，1653C），或雙頭爆炸鉚釘（2040A，2041A）航空工藝與生產組織科學研究院對這種鉚釘的機械化裝放，製造了專用氣動工具（ИОК—1，ИОК—2和И—4）。特別有效的是在飛機結構上廣泛採用爆炸鉚釘。

目前在飛機結構上較多的採用了2—3級精度的螺栓結合件，因此需要設計出精加工孔及安放螺栓的機械化工具。

專用氣動鑽 CПА—10（圖8）和 CПА—20，由航空工藝與生產組織科學研究院製出；用作鑽孔及鉸孔（2—3級精度）。氣動頭由4—5個大氣壓力的空氣操作，在工作時能自動進刀及退回原位，主軸有幾種轉速，氣動頭 CПА—10可以加工孔徑達10毫米，深50毫米的孔。氣動頭在工作位置的固定借助於特種自鎖轉動套。為了減輕工作，氣動頭掛在裝於型架上的特種平衡器上。

此外航空工艺与生产組織科学研究所又制出了气动螺帽搬手和解錐，在装配飞机時减少了很多安装工作劳动量。



圖8 專用气动头CPA—20

在鑽孔鉚接装配工作全盘自动化方面，航空工艺与生产組織科学研究所的远景計劃是在最近的将来制出一系列新的通用的和专用自动化設備。

用板材、型材和管材制造另件的

先進方法和設備

技术科学碩士 A. H. 格 罗 基 娃
工程師 M. B. 索尔达托夫
H. B. 柯 兹 洛夫
A. A. 李 万 诺 夫

高的劳动生产率、低的工件成本、高的金属利用系数加上工件的高的强度指标，使钣金冲压在航空工业中得到了广泛的应用。例如，目前在飞机制造中约80%的零件是用冲压方法制造的，而在发动机制造中，钣金冲压件的应用在近几年来增加了6—7倍。

毛坯冲压车间制造零件的特点是：

- (1) 品种多至数万种，而重复率非常小；
- (2) 外廓尺寸大，长度可达12米或更大，并且刚度很小；
- (3) 形状复杂多样；
- (4) 要求较高的精度。

目前，那些能够以通用的设备或简易的专用装备制造零件并能保证下列条件的方法获得了日益广泛的应用。这些条件是：

- (1) 能制造出所要求的精度和表面质量的零件；
- (2) 尽可能减少修合工作和充分实现机械化；
- (3) 装备制造简单，节省工时；
- (4) 所用的材料便宜和不稀缺；
- (5) 可能应用通用设备。

能够满足上述要求并在飞机制造业中获得了广泛应用的方法有：滚弯、拉弯、橡皮弯曲和压延、落锤模压和其它等等。航空工艺与生产组织科学研究院对这些方法以及在探寻新工艺规程和制定其工作规范方面，作了大量的科学研究工作和实验工作。由于理论研究的結果，得出可以控制这些过程的主要公式。现在已经进行制作模型，以便在模型上来研究各种工艺过程以及研究在某一种材料上所得出的研究结果是否能用于其它材料上去。

在飞机制造业中，板材和型材的单曲度零件的主要制造方法之一，便是滚弯。许多机体零件和航空发动机零件都是利用这种方法制造的。

在以滚弯法制造零件方面，航空工艺与生产组织科学研究院已研究出了工艺规程和有关设备。

属于三轴滚弯机型的KTЛ型板材靠模弯曲机(图1、2)的滚轴是可以移动的。上滚轴在垂直平面上移动，下滚轴在水平平面上移动。它们或是平行，或是成一定角度。因此，圆柱形零件或是锥形零件，在此机床上都可以弯曲成形。KTЛ型机床系列中共有四种，即：



圖1. КГЛ型板材靠模彎曲機



圖2. КГЛ-3型板材彎曲機

КГЛ-1, КГЛ-1М, КГЛ-2和КГЛ-3(見表1)。其中前三種(即: КГЛ-1, КГЛ-1М和КГЛ-2)是靠模機床。КГЛ-1和КГЛ-1М具有機械靠模系統, КГЛ-2具有液壓靠模系統。

КГЛ系列彎曲機的技术規格 表1

參數	КГЛ-1М	КГЛ-2	КГЛ-3
零件最大長度(毫米)	3,500	5,000	7,000
板材最大厚度(全長上的)(毫米)	2.5	6	12
最小彎曲半徑(毫米)	20	75	150
滾彎速度(米/分)	0.5, 0.75	0.7, 1.5	1.1
橫樑最大力(公斤)	10	110	275
機床外觀尺寸(米)	6.5×2.1×2.3	11.5×3.8×0.9	17.1×5×0.5

КГЛ型機床的基本組合件和機構有: 三個滾軸、床身、活動上橫樑、兩個下支承平台、上滾軸下放調節器、滾軸旋轉、橫樑和檔板等移動的傳動裝置, 而在КГЛ-1, КГЛ-1М和КГЛ-2型機床上, 還包括有靠模裝置。所有КГЛ型機床的上滾軸都安裝在活動橫樑的軸承內, 下滾軸安裝在支承平台的軸承內。支承平台能夠沿着工作台下橫樑的上表面移動。所有的滾軸皆靠電動機帶動。上活動樑是受力樑, 在КГЛ-1和КГЛ-1М型機床上由受力樑將力從風缸傳給待彎曲的板材, 而在КГЛ-2和КГЛ-3型機床上受力樑是從液壓缸的力傳給待彎曲的板材。

用滾彎方法能夠製造已預先鑽好鉚釘底孔以及切好艙蓋口的蒙皮。在КГЛ型機床上製造蒙皮時, 入料邊緣和退料邊緣都是直的, 因此, 零件邊緣在滾彎之前要用液壓帶作預滾壓。КГЛ型機床製造的大型蒙皮有中間度, 也就是沿蒙皮長度方向上有平緩的凹下現象, 其最大值可達到6—7毫米。為了避免上述情況, 在彎曲機翼蒙皮毛坯時, 蒙皮的安放應使上滾軸順着蒙皮表面直母線的方向。

在КГЛ型機床上滾彎時, 當考慮到回彈量而準確地調整和材料質量良好時, 製造精度可達到±0.5毫米的範圍。

КГЛ型機床的首批製造充分地解決了用薄板材和厚板材製造單曲度蒙皮的問題。目前, 這種機床正在成批生產, 並已應用到各航空工廠中去。機床在生產中的應用, 將單曲度蒙皮製造時降低了4/5—5/6。此外, 採用КГЛ型機床大大地縮短了零件製造週期, 因為除了制

造变曲度零件所需的靠模以外，机床不需要任何工作装备。

目前，兼有蒙皮和纵向槽件的整体壁板在飞机结构上得到日益广泛的采用。用挤压方法所制得的带肋壁板（图3）作为这种壁板的毛坯，是最合适的方法。

在航空工艺与生产组织科学研究所，实验设计局和研究整体壁板制造工艺（包括成形）的各工厂的共同工作过程中，曾制造出了具有很多整体壁板的样机，并且确定了工艺性最好的壁板结构。所进行的研究表明，在制造大厚度壁板方面，必须用新型设备，以求减少用现有方法制造这种壁板所需很大的劳动量。

ГЛС-12型板材弯曲机（图4）——目前正在制造机床的实验样件——能够制造长达12米和要求2000吨弯曲力的截面面积之带肋壁板或厚板的单曲度蒙皮。

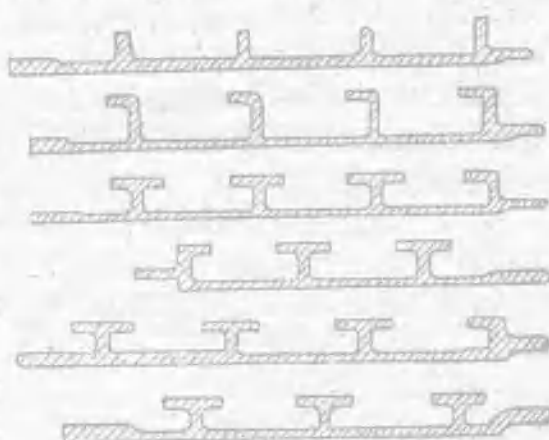


图3. 挤压整体壁板的典型截面

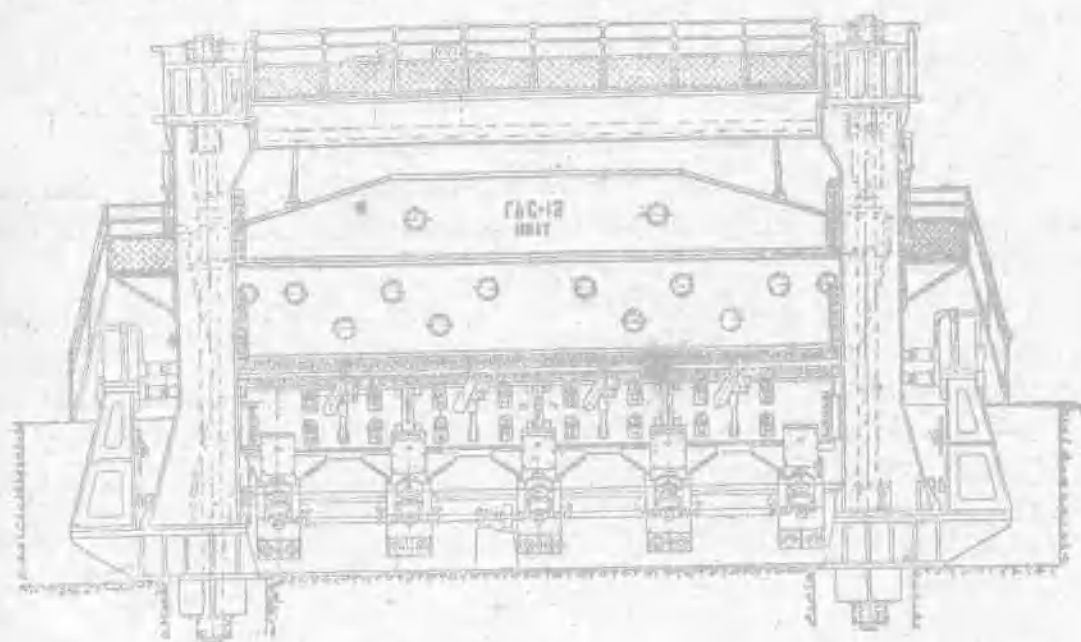


图4. ГЛС-12型板材弯曲机

这种机床是滚轴对称安装的四轴滚弯机。它还可以当作普通弯曲压力机用。机床上有两个中央主动滚轴（见图5）和两个侧边从动弯曲滚轴。在垂直平面内，上滚轴可对下滚轴作平行的成一定角度的移动，而侧边弯曲滚轴则与下滚轴平行，并对垂线成30度角。在用三轴滚弯法弯曲板材时，侧边滚轴向上升起，送料台送料，沿板长度方向上的规定送料间距可以是相等的，或是不相等。

在总体配置方面，机床所采用的基本组合件与普通的液压四柱压力机的组合件相似。并且，所有的圆柱都装在支柱内。带有上传动滚轴的横梁可在支柱之间移动，而上传动滚轴装在下横梁上的床台上。

主电动机的转动借助于铰链机构传到两个主动滚轴的末端。滚弯速度为0.5米/分和1米/分。弯曲轴装在滑动架上，滑动架沿着床台的两个方向移动。每一个滑动架都是由单独的传动机械带动作独立的移动。在机床的上横梁上装有两个动力油缸，油缸的连杆与活动横梁相铰接。油缸可以使横梁的左端和右端作独立垂直移动，同时能造成蒙皮成形所需的力。

动力油缸的操作是通过随动分流活门来实现。横梁的工作位置由两个液压限位器根据位于操纵台上的度标上的示度来调整。

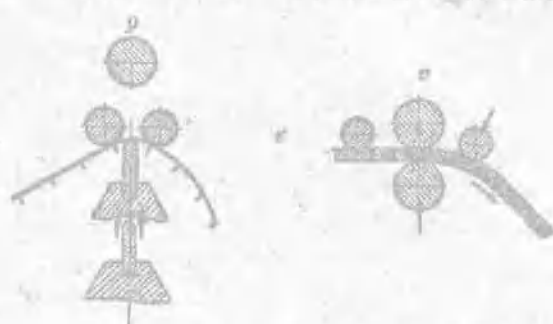


图5. ПГС-12型机床的工作示意图

a. 滚弯示意图; b. 弯曲示意图。

装在机床滑动架上的送料台上有自动送进毛料的机构。进给量可在10到60毫米的范围内调节。

为了自动修整弯曲零件的曲度，机床上安装有带传感器的特殊机构。传感器根据所得出的零件曲度，向液压限位机构发出命令，以下降活动横梁。在滚轴之间共装有两个这样的机构，在工件的每端各一个。

机床具有下列结构特点和工艺特点：

- (1) 可以按两种方式工作。一种是作为四轴弯板机，一种是作为普通弯曲压力机；
- (2) 可以弯曲送料边缘和退料边缘没有直段部分的毛坯；
- (3) 利用带随动分流活门的液压限位器来调节横梁（上滚轴的横梁）的工作位置，因之能够，使横梁进入和退出工作位置，而保持其规定位置，在弯曲过程中用操纵台改变上滚轴的位置，以及简化机床工作的自动循环；
- (4) 送料台能以不同间距将毛坯送向滚轴两端。因之可能弯曲圆锥形零件，而当横梁以某种角度下降时，还可很容易地弯出圆锥形零件；
- (5) 能够自动得出材料及材料回弹量的工件曲度，而不受材料的机械物理性能的影响。

为了用滚弯方法制造挤压型材的零件的工作机械化，航空工艺与生产组织科学研究所设计ПГ系列的ПГ-2, ПГ-2М, ПГ-3和ПГ-4型的滚轴式型材弯曲机。在这些机床上，对线条柄内和线条朝外的型材皆可进行弯曲（表2）。

ПГ型机床的简要技术规格 表2

参 数	ПГ-2	ПГ-2М	ПГ-3	ПГ-4
弯曲滚轴油缸的最大力(公斤)	8500	8500	12000	12000
主动滚轴油缸的最大力(公斤)	—	20000	5000	20000
最小弯曲半径(毫米)	250	90	250	100
待弯曲型材线条的最大尺寸(毫米)				
高	50	50	100	80
宽	120	120	140	150