

拉包成形原理



国外航空编辑部

1975年3月

拉 包 成 形 原 理

目 录

第一章

拉包成形原理	1
--------	---

实际生产举例	3
--------	---

第二章

赫福特机床的规范	5
----------	---

第三章

选用适当的赫福特拉包成形机床	22
----------------	----

第四章

赫福特拉包成形机的工艺装备	25
---------------	----

第五章

赫福特拉包成形机的操作	55
-------------	----

典型的操作步骤	58
---------	----

实验报告	79
------	----

第一章

拉包成形原理*

金属共有的一个基本特性是弹性——在发生一定范围内的变形后恢复其原来尺寸和形状的能力。这种性质，对于不同的金属，差别很大，同时，它又是影响拉包成形成败的一个重要因素。

例如，当一个24S-T铝合金试件，在拉力作用下，就要伸长。只要不超过弹性极限，伸长量和所加载荷成正比。将试件卸载时，它就恢复到正常的尺寸和形状。

但是，如果加大载荷，使其超过弹性极限（伸长量不再和所加载荷成正比的情况），试件卸载时，就不像前者那样恢复到其原来的尺寸，而是保留了变形。在进行这项试验的过程中，出现了一个重要的变化。我们发现，以后再次加载时，试件在其原来的屈服点就不再伸长，而是要到所加的载荷超过某个百分数时才会伸长。由此可见，只要通过一个简单的方法，将材料拉伸到一定程度，屈服点就显著地提高了！

金属在足够的拉力作用下屈服时，明显地处于半塑性状态，只是逻辑上可以认为，如果采用适当的方法，这种塑性将极其顺利地使毛料形成所需要的曲线外形。

拉包成形的赫福特体系利用了这些现象。根据以下的论述，不难理解其工作原理。

将具有所需外形的模具装好，并使它在成形过程中保持不动。将工件在和模具前缘相切的位置上夹住，并拉伸到接近于屈服点（见图A）。在保持拉力的同时，将工件包向模具，使它和模具外形的各点贴合（见图B）。包覆完毕时，再加大一个使其稍稍超过工件弹性极限的拉伸量。这里第二次施加的拉伸量，用于“稳定”外形，同时提高材料的屈服强度（见图C）。工件取下时，就保留了由模具曲线外形所赋予的形状。此法简单、迅速而有效。

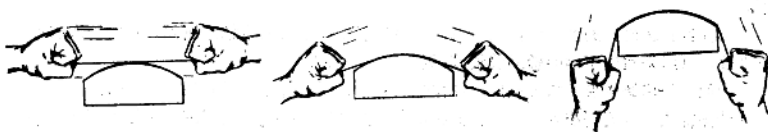


图 A

图 B

图 C

插图 1

赫福特拉包成形方法超过其他形式的拉伸和成形方法的优点很多，而且这些优点往往又是它所独有的。只要零件适合采用这种成形方法，不但效果良好，而且几乎在所有情况下，生产率都很高。

* 拉包成形是拉弯与拉形的总称，而这里的拉形又是在拉形过程中模具不动的拉形

——译者注

下列优点，是成本计算和飞机生产部门在实际生产中经过对赫福特机床进行了详尽的观察和分析后所证实的。紧接这一节由第5页开始的实际生产事例进一步证实了上述优点。为便于参考，于每段说明后都注上了与这些优点有关的实际生产事例的代号。

用别的办法难以成形的零件可以投入正常的成批生产（例1、3、4、8、9、10、11、12和13）。

在拉包成形时，由于保持了零件上的拉力不变，这就减少了“鼓包”、“皱折”等的形成（例4和8）。

控制了模具的摩擦力，可以成形锥形蒙皮。

大大减少或完全消除成形及校正中正常需要的手工劳动（例8）。

许多薄板零件可以在ST状态下拉包成形，而这些零件以前必须在SW状态下成形。这样，由于采用了“像所购得的”ST料而降低了成本（例1、3、6、9和11）*。

由于零件可用ST状态的板料成形，并且由于拉包成形后通常不需要热处理，所以由热处理引起的挠曲和畸变的危险也不存在了（1、3、6、9、10和11）。

拉包成形时的冷加工提高了屈服强度，一般也提高了极限强度，使其超过设计的许用值。

由于初始拉力和包覆速度对每个零件来说都是完全相同的，所以出现的回跳量也是一致的，并且不难在模具中得到补偿。最后定形的拉力，进一步减少了回跳量，使为校正零件而修改模具的工作简化了。

零件的均匀一致性，有利于减少手工劳动、报废率及装配工时。

一个好的机床设计，能使其实际试验中加载和卸载的时间节省约80%的工时。

材料中的任何杂质和缺陷，在拉包成形过程中，很易于觉察，从而保证了装成飞机构架的材料合乎所需的质量。

赫福特拉包成形方法特别适用于将半硬化不锈钢成形为具有均匀而外形复杂的零件（例7和13）。

赫福特拉包成形方法可以用于难以成形零件的初加工，从而省去了价格昂贵的初步成形模（例13）。

材料上所受的应力愈均匀，整个剖面也就愈均匀。因此，整个零件的硬化程度也就均衡了。

赫福特机床设计的多样化，极其有利于使用者发挥自己的智慧。例如，可以一次成形两只零件，可以采用压下陷的辅助装置等（例1和3）。

例如，与落锤成形的情况相反，在拉包过程中，材料并不会受到局部的损伤。

赫福特法一般无需校直、校平、落锤锤击、热处理、冷冻及凸面滚轮滚辗等（例1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12和13）。

与模具可动的拉形机相反，板料可以成形到直至与模具的边缘相贴，而拉裂情况却极少。

无需试验逼近的方法找出板料对模具所成的角，而这方法既很费料，又很费工。一次就能将模具准确地定位好。

* ST——固溶处理后获得稳定性质的；

SW——固溶处理后尚在时效过程中而未获得稳定性质的。——译者注

实际生产举例

赫福特拉包成形机使用者所提供的

零件	材料	存在问题	用赫福特拉包成形机成形的效果
例 1			
发动机进气道前缘蒙皮	24S-Q	用常规拉伸法时, 零件顶部严重破裂	用 24S-T 一次成形两只零件, 免除了严重破裂、热处理、冷冻和校正等。
例 2			
进气道蒙皮	24S-Q	用常规拉伸法时, 材料和模具之间的摩擦力使模具与夹头之间的材料断裂。	完全消除了断裂。
例 3			
整流包皮	24S-Q	用常规拉伸法成形后, 零件需要热处理、冷冻和校正。	由 24S-T 一次成形两只零件, 不需要左边所列工序。
例 4			
翼尖蒙皮	24S-Q	用常规拉伸法成形时出现了皱纹。三个人一天只生产十个零件, 零件还需要打光。	消除了皱纹, 不需要打光。三个人每天的产量增加到九十件。
例 5			
进气道内蒙皮	24S-Q	用常规拉伸法成形时, 破坏率达 35%, 还需用凸面滚轮滚辗。	破坏率减少到 1%, 不需要用凸面滚轮滚辗。
例 6			
安定面整流包皮	24S-Q	用常规拉伸法成形后, 需要落锤校正。	用 24S-T 成形。无需落压、热处理、冷冻或校直。
例 7			
尾喷管整流片	757 不锈钢	用常规拉伸法成形的零件太窄, 需要落锤和点击锤配合	不需要落锤或空气锤配合。
例 8			
机身连接角材	75S-Q	滚弯成形时出现皱纹, 需要手工修光。	消除了皱纹, 不需要手工劳动。

零 件	材 料	存 在 问 题	用赫福特拉包成形机成形的效果
例 9 机身与机翼间的 整流包皮	75S-Q	用常规拉[伸法]成形时, 每个零件需要 2 分钟。	现用 24S-T3 拉包成形, [每]个零件只要一分钟, 不需要热处理、冷冻及校正。
例 10 可丢油箱蒙皮	61S-T	在 3000 吨水压机上成形, 或分成小件在落锤上成形。焊缝太多, 需要校平、热处理和校正。	一次就成形出准确的外形。
例 11 驾驶员座舱罩	24S-Q	用落锤和点击锤成形, 然后热处理和校正。时间: 每件一小时。	目前用 24S-T3 在 3 分钟内拉包成形一只零件。
例 12 机身板状腹板	75S-T	用点击锤成形, 每件需要 8 个工时。用常规拉伸法成形时, 有严重的破裂。	用 75S-Q 在二十分钟内成形一只零件。
例 13 尾喷管壳体整流 片	75T 不锈钢	需用落锤和点击锤。两套落锤模(初步的和最后的)的平均寿命约 25 件。后来试用拉伸法成形, 20 分钟才成形一件, 而零件还要在落锤和点击锤上校正。	在 5 分钟内拉包成形出一只零件, 而且外形很准确。

* 24S-Q 是指含 4.5%Cu、1.5%Mg、0.6%Mn 的铝合金, 在固溶处理后未时效硬化的。

24S-T 是指上述铝合金在固溶处理后获得稳定性质的。

61S-T4 是指含 1.0%Mg、0.8%Si、0.25%Cu、0.25%Cr 的铝合金在固溶处理后自然时效到相当稳定性质的。

75S-Q 是指 5.5%Zn、2.5%Mg、1.5%Cu、0.3%Cr 的铝合金在固溶处理后未时效硬化的。

75S-T 是指上述铝合金在固溶处理后获得稳定性质的。

第二章

赫福特机床的规范

赫福特机床的型号

	A-5	A-7*	A-10	A-12	A-15	50	46	44	60
拉伸作动筒的最大拉力 (每只作动筒的磅数)	23,780 表压: 2,000 磅/时 ²	42,400 表压: 2,000 磅/时 ²	35,000 表压: 2,000 磅/时 ²	118,000 表压: 2,000 磅/时 ²	206,170 表压: 2,000 磅/时 ²	170,000 表压: 1,000 磅/时 ²	318,080 表压: 2,000 磅/时 ²	406,040 表压: 2,000 磅/时 ²	703,720 表压: 2,000 磅/时 ²
拉伸作动筒的最小拉力 (每只作动筒的磅数)	2,378	4,240	3,500	11,800	20,617	17,000	31,808	40,604	70,372
拉伸作动筒的最大行程 (每只)	18 ¹ / ₂ "	30"	18 ¹ / ₄ "	30"	45"	30"	30"	45"	45"
零件最大长度(拉伸作动筒完全缩进时)	115"	160"***	199"***	208"***	264"	180"	194"	380"	378"
零件最小长度(拉伸作动筒完全伸出时)	8"	18"	6"	24"	0"	0"	0"	26"	24"
模具最大长度(弯曲180°并满载时)	40"	55"	64"	72"	92"	120"	76"	168"	168"
模具最小长度(弯曲180°时)	11"	18"	20"	20"	20"	30"	40"	72"	60"
模具最大高度	10"	11"	10"	20"	20"	42"	66"	72"	72"
板料最大宽度	10"	11"	10"	20"	20"	42"	66"	72"	72"
支臂单独运动		X		X		X	X	X	X
支臂同时运动	X		X						

* 原型机床。

** 装上附件后可以增长。

赫福特拉包成形机床

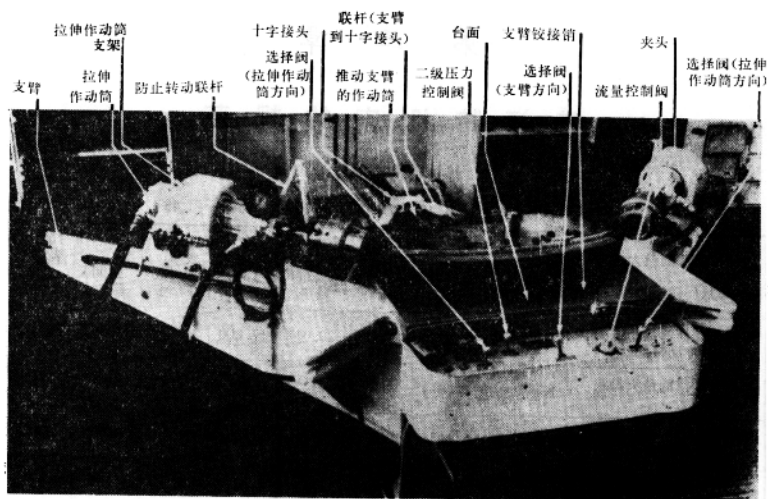


插图 2

A-5 型

拉伸作动筒

内 径	4.375 吋
活塞杆	2 吋
行 程	18.5 吋
在 2,000 磅/吋 ² 时的最大拉力	23,780 磅

拉伸作动筒绕其支架上的垂直轴销自由转动,使夹头可以在支臂中心线前 27°到后 19°之间摆动。

用手柄操纵齿轮和齿条,使拉伸作动筒的支架可在支臂上每 5 吋一挡地调节。这样,使夹头之间的距离可在由拉伸作动筒伸出时的 8 吋到其缩进时的 115 吋之间活动。

防止转动的连杆防止夹头在成形过程中旋转,但要求转动时可将其脱开。

A-5 型拉包机可选用 AD-5 和 AD-8 型夹头(这些夹头的数据列于第三章)。

推动支臂的作动筒

内 径	5.125 吋
活塞杆	2 吋
行 程	40 吋

在 1,000 磅/吋² 时的最大拉力

17,000 磅

在 1,000 磅/吋² 时的最大推力

20,000 磅

推动支臂的作动筒活塞杆的末端与沿机床中心线滑动的十字接头相连。机床支臂用连杆与十字接头相连。

每个支臂同时绕其铰接销摆动的最大圆弧达 90°。

动力装置

液体油箱和由 15 匹马力、1,200 转/分电动机带动的两只维克尔思 (Vickers) 泵组成的供油装置装在机床的尾部。一只泵供给推动支臂的作动筒管路的动力，另一只泵操纵拉伸作动筒。

操纵系统(装在机床的前方)

两只选择阀 操纵拉伸作动筒的方向。

一只两级压力控制阀 只用于确定包覆的压力，而另一只用于确定最后的拉伸力，并在机床停止工作时，还用于卸除油泵的负荷。

一只选择阀 操纵支臂的运动方向。

一只流量控制阀 用于调节支臂运动的速率，其最大速度为 10 秒钟内转 90°。

可调自动限位器 限制支臂的行程。

基本参数

机床总宽度	16'—2"
总深度	10'—9"
总高度	4'—6"
总重量	8,500 磅
台面宽度	45"
台面深度	40"
台面高度	35"
拉伸作动筒中心线与工作台顶面之间的垂直距离	5 $\frac{1}{2}$ "
可成形的饭料最大宽度	10"
任意载荷下弯曲 180°时的最小模具长度	11"
满载下弯曲 180°时的最大模具长度	40"

(在较低的载荷下，可以采用按比例延长的模具。)

附件

T10-090 型——模具固定销。

赫福特拉包成形机床

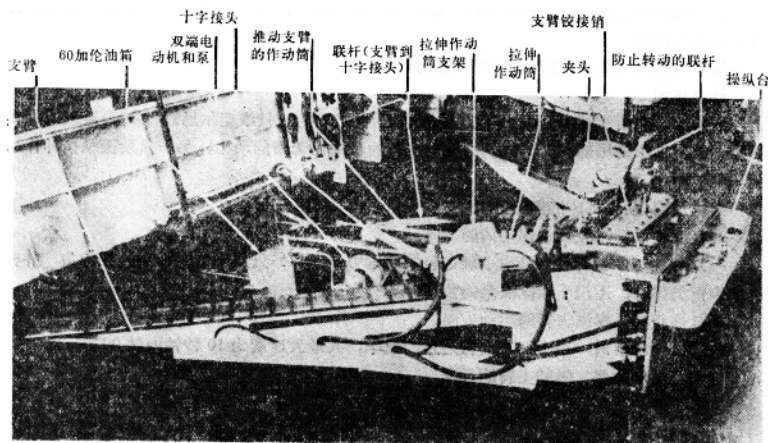


插图 3

A-10 型

拉伸作动筒

内 径	5.125 吋
活塞杆	2 吋
行 程	18.5 吋
在 2,000 磅/吋 ² 时的最大拉力	35,000 磅

拉伸作动筒绕其支架上的垂直轴销自由转动，使夹头可以在支臂中心线前 20° 到后 20° 之间摆动。

用手柄操纵齿轮和齿条，使拉伸作动筒的支架可在支臂上每 5 吋一挡地调节。这样，使夹头之间的距离，可在 6 吋到 199 吋的范围内活动（装上 AD-1 型附件，可达 298 吋）。

防止转动的连杆防止夹头在成形过程中旋转，但要求转动时可将其脱开。

A-10 型机床可选用 AD-5、AD-8 和 AD-9 型夹头（这些夹头的数据列于第三章）。

推动支臂的作动筒

内 径	5.125 吋
活塞杆	2 吋
行 程	62 吋
在 2,000 磅/吋 ² 时的最大拉力	17,400 磅
在 2,000 磅/吋 ² 时的最大推力	20,600 磅

推动支臂的作动筒活塞杆的末端和沿机床中心线滑动的十字接头相连。机床支臂用连杆与十字接头相连。

每个支臂同时绕其铰接销摆动的最大圆弧达 90° 。每只铰接销的位置可在距离机床中心线的 12 到 25 吋之间调节。

动力装置

液体油箱和由 15 匹马力、1,200 转/分电动机带动的两只维克尔恩滑板式油泵组成的供油装置装在机床的尾部。一只泵供给推动支臂的作动筒管路的动力，另一只泵操纵拉伸作动筒。

操纵系统(装在机床的前方)

两只选择阀 操纵拉伸作动筒的方向。

一只两级压力控制阀 只用于确定包覆的压力，而另一只用于确定最后的拉伸力，并在机床停止工作时，还用于卸除油泵的负荷。

一只选择阀 操纵支臂的运动方向。

一只流量控制阀 用于调节支臂运动的速率，其最大速度为 15 秒内转 90° 。

可调自动限位器 限制支臂的行程。

基本参数

	标准的	装上 AD 型附件的
机床总宽度	23'—6"	31'—6"
总深度	12'—4"	14'—11"
总高度	4'—7"	4'—7"
总重量	11,600 磅	12,600 磅
台面宽度	65"	65"
台面深度	30"	30"
台面高度	$35\frac{1}{2}$ "	$35\frac{1}{2}$ "
拉伸作动筒中心线和工作台 顶面之间的垂直距离	$5\frac{3}{8}$ "	$5\frac{3}{8}$ "
可成形的钣料最大宽度	10"	10"
任意载荷下弯曲 180° 时模具的最小长度	20"	20"
满载下弯曲 180° 时模具的最大长度	68"	68"

(在较低载荷下，可以采用按比例延长的模具。)

附件：

AD-1 ——支臂延长件；

T10-090 ——模具固定销。

* 在本章第一页的总表中为 64"。——译者注

赫福特拉包成形机床

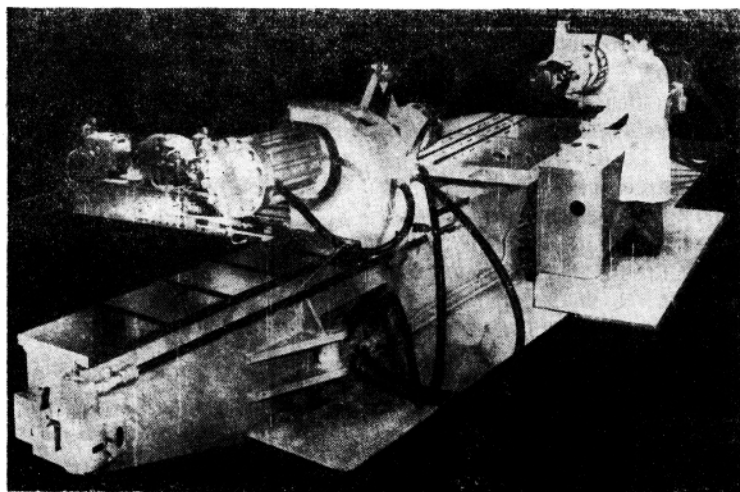


插图 4

A-12型

拉伸作动筒

内 径	10 吋
活塞杆	5 吋
行 程	30 吋
在 2,000 磅/吋 ² 时的最大拉力	118,000 磅

拉伸作动筒绕其支架上的垂直轴销可在水平方向作横向自由转动，使夹头可以在支臂中心线前后 25° 之间摆动。

拉伸作动筒支架可在支臂上每 7 吋一挡地调节。这样，使夹头之间的距离可在由拉伸作动筒完全伸出时的 24 吋到拉伸作动筒完全缩进时的 208 吋之间活动；若装上特长的支臂，可达 304 吋。

防止转动的连杆防止夹头在成形过程中旋转，但要求转动时可将其脱开。

A-12 型拉包机可选用 AD-5、AD-8 和 AD-9 型夹头（这些夹头的数据列于第三章）。

推动支臂的作动筒

内 径	7 吋
活塞杆	3.5 吋
行 程	50.5 吋

在 2,000 磅/时² 时的最大拉力

57,700 磅

在 2,000 磅/时² 时的最大推力

77,000 磅

每个支臂由其本身的作动筒独立地操纵。每个支臂绕其铰接销摆动的最大圆弧达 90°。

动力装置

一台 25 匹马力、1,200 转的电动机带动两只推动支臂的作动筒系统的齿轮油泵。

一台 15 匹马力的电动机带动一只拉伸作动筒系统的齿轮油泵。

操纵系统

两只选择阀 操纵拉伸作动筒的方向。

一只两级压力控制阀 只用于确定包覆的压力，而另一只用于确定最后的拉伸力，并在机床停止工作时，还用于卸除油泵的负荷。

两只手柄 分别操纵各自的支臂运动方向。支臂运动速度与操纵手柄的位移成正比。

可调自动限位器限制支臂的行程。

基本参数

	标准的	装上特 长支臂
机床总宽度	32'—4"	41'—8"
总深度	19'—2"	23'—0"
总高度	76"	76"
总重量	65,000 磅	72,000 磅
台面宽度	84"	84"
台面深度	48"	48"
台面高度	43 $\frac{1}{2}$ "	43 $\frac{1}{2}$ "
拉伸作动筒中心线与工作台面之 间的垂直距离		
	10 $\frac{1}{2}$ "	10 $\frac{1}{2}$ "
可成形的钣料最大宽度	20"	20"
任意载荷下弯曲 180° 时的 最小模具长度	20"	20"
满载下弯曲 180° 时的最大模 具长度	72"	72"

(在较低载荷下，可采用按比例延长的模具。)

赫福特拉包成形机床

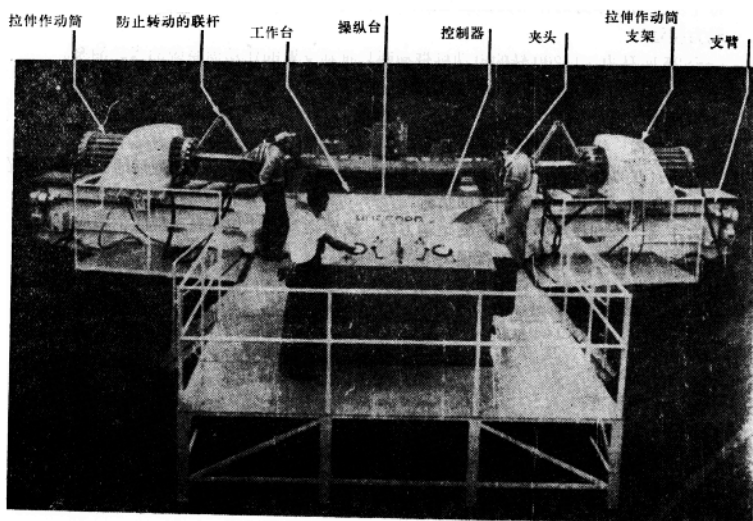


插图 5

A-15 型

拉伸作动筒

内 径	12.5 吋
活塞杆	5 吋
行 程	45 吋
在 2,000 磅/吋 ² 时的最大拉力	206,170 磅

拉伸作动筒绕其支架上的垂直轴销自由转动，使夹头可以在支臂中心线前 25° 到后 15° 之间摆动。

拉伸作动筒支架由电动机和丝杠带动，可在支臂上每 15 吋一挡地调节。这样，使夹头之间的距离可以在由拉伸作动筒完全伸出时的 0 吋到拉伸作动筒完全缩进时的 264 吋之间活动。

防止转动的连杆防止夹头在成形过程中旋转，但要求转动时可将其脱开。

A-15 型机床可选用 AD-5、AD-8、AD-9、AD-12、HD-12 和 48 型夹头（这些夹头的数据列于第三章）。

推动支臂的作动筒

内 径	10.5 吋
-----	--------

活塞杆	5.5 吋
行程	76 吋
在 3,000 磅/吋 ² 时的最大拉力	188,500 磅
在 3,000 磅/吋 ² 时的最大推力	280,000 磅

推动支臂的作动筒活塞杆的末端和沿机床中心线滑动的十字接头相连。机床支臂用连杆与十字接头相连。每个支臂同时绕其铰接销摆动的最大圆弧达 90°。

动力装置

液体油箱和由 25 匹马力、900 转/分的马达,以及 60 匹马力、1,200 转/分的马达带动的油泵装置组成。

操纵系统(装在操纵台上)

两只选择阀 操纵拉伸作动筒的方向。

一只两级压力控制阀 只用于确定包覆的压力,而另一只用于确定最后的拉伸力,并在机床停止工作时,还用于卸除各泵的压力。

一只手柄 控制支臂运动的方向和速度。支臂运动速度和操纵手柄的位移成正比。最大速度为 50 秒内转 90°。

可调自动限位器 限制支臂的行程。

基本参数

机床总宽度	37'-0"
总深度	24'-5"
总高度	9'-11"
总重量	100,000 磅
操纵台占地面积	48"×36"
台面宽度	96"
台面深度	60"
台面高度	65"
拉伸作动筒中心线与工作台顶面之间的垂直距离	11' $\frac{1}{2}$
可成形的钣料最大宽度	20"
任意载荷下弯曲 180° 时的最小模具长度	20"
满载下弯曲 180° 时的最大模具长度	92"

(在较低载荷下,可以采用按比例延长的模具。)

赫福特拉包成形机床

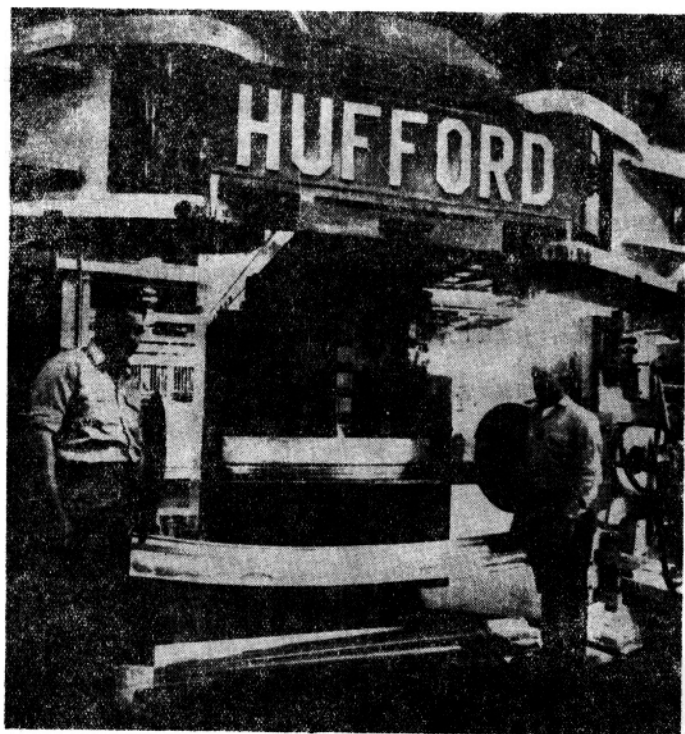


插图 6

44-型

拉伸作动筒

内 径	14.5 吋
活塞杆	9 吋
行 程	45 吋

在 2,000 磅/吋²时的最大拉力——每对作动筒 406,040 磅

拉伸作动筒绕垂直轴销自由转动，使夹头可以在支臂中心线前 30°到后 15°之间摆动。

拉伸作动筒的组件，由电动机构驱动，可以在支臂上每 12 吋一挡地调节。这样，使夹