

国外飞机 自动铆接方法及设备



国外航空编辑部

1973.9

国 外 飞 机

自动铆接方法及设备

(内部发行)

1973.9

国外飞机自动铆接方法及设备

*

国外航空编辑部

北京市第1652号信箱

(内部发行)

*

1973年9月 书号(外)018

毛主席语录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

古为今用，洋为中用。

外国一切好的经验，好的技术，都要吸收过来，为我所用。

前 言

在飞机制造中，传统的手工铆接工艺存在着不少问题，诸如铆接质量差、工艺过程繁琐、生产率低，以及劳动条件差和劳动强度大。而近年来新式飞机的不断出现，对于飞机结构的疲劳强度和密封性能提出了更高的要求，例如对于大型旅客机的使用寿命要求长达30,000~50,000小时；航程距离日益增长，因此必须采用密封性能好、制造简单的整体油箱。为了适应飞机发展所提出的这些要求，铆接方法和工具设备必然随之不断地改进和完善。早期曾采用过压铆机，铆接质量和劳动生产率均有所提高，但是还不能满足现代飞机生产上的要求。在五十年代初期出现了自动铆接机，后来又发展到用无头铆钉与干涉配合。由于提高了铆钉孔的精度（包括孔径精度、孔表面光洁度、孔垂直度等），并控制了钉杆膨胀量等，从而提高了连接结构的疲劳强度，并且在不用密封剂或其他密封措施的情况下使铆接结构具有良好的密封性。铆接质量有了显著提高，同时也大大提高了劳动生产率。

铆接结构有其明显的优点：1,固有强度好；2,可靠；3,便于维修更换。加之近代铆接技术的不断发展，所以迄今为止铆接仍然是飞机制造中的主要连接形式。

随着国民经济的迅速发展，为促进我国航空工业制造出更多更好的飞机，在工艺方法上必须要有重大的改革，其中包括铆接机械化和自动化。

我们遵照毛主席“洋为中用”的教导，选编了部分国外杂志、“专利”中所报导的有关铆接自动化方面的资料，以供正在从事这方面工作的同志参考。由于我们收集的资料不全，水平有限，凡有错误之处，请提出补充和修改意见。

目 录

前 言

第一章 铆接自动化

1. 铆接工艺中存在的问题..... 1
2. 钻孔、铆接自动化..... 2
3. 自动铆接中的钻孔、镗窝问题..... 8
4. 自动铆接中无头铆钉的压铆问题.....10

第二章 自动铆接机床

1. 固定的弓臂式同轴自动铆接机.....15
2. 弓臂型滑板式自动铆接机.....27
3. 龙门式铆接机.....31
4. 大型弓臂式五座标铆接机.....36
5. 压铆的保险装置.....40

第三章 铆钉自动送进装置

1. 转筒式自动送进铆钉装置.....42
2. 滑板式自动送进铆钉装置.....46

第四章 定位调平托架装置

1. 靠模式调平托架.....50
2. 用孔带控制的定位调平托架.....54
3. 数控的定位托架装置.....57

第一章 铆 接 自 动 化

1. 铆接工艺中存在的问题

普通实心埋头铆钉的典型铆接工序是：1, 钻孔, 2, 镗窝, 3, 铆接。

若用手提式风钻和铆枪进行铆接, 则工作效率低, 劳动强度大, 更大的问题是铆接质量差。就铆接质量而言, 一般存在以下问题:

1. 用手工钻孔, 易造成很多缺陷, 如孔径扩大、孔偏斜、椭圆等, 因此铆成的铆钉, 其连接强度比较低;

2. 由于铆枪、顶把掌握不当, 因此使铆成的铆头过长或过扁, 同样也会降低铆缝强度; 或者在铆接过程中, 不注意消除夹层间的缝隙, 使钉杆在夹缝中胀大, 这不仅不利于密封, 同时也会降低铆缝强度;

3. 当用手工铆接时, 随着铆钉铆头的形成, 孔内铆钉杆要铆粗, 在靠近铆头的一端铆粗量较大, 而靠近原钉头一端的铆粗量较小, 使钉杆形成锥度, 于是铆钉孔壁所受的挤压力不均匀, 从而使工件在铆接后产生变形;

4. 在用铆枪锤铆时, 铆枪或顶把的锤击力不仅作用在钉杆上, 而且还作用在工件上, 因而容易引起局部凹痕和变形。

提高铆接质量, 除了提高铆缝强度, 减少变形以外, 值得注意的是, 由于高空高速飞机的不断发展, 对于铆接质量提出更高的要求, 主要是:

1. 要有较高的抗疲劳性能, 一般要求大型飞机要有 3 ~ 5 万小时的飞行寿命。这就要求在铆接时, 制孔精度提高, 钉杆铆粗均匀, 从而延长铆接结构的疲劳寿命;

2. 由于近代飞机广泛采用整体油箱, 这就要求铆接结构具有良好的密封性能, 要求在铆接时不涂密封剂同样能保证密封, 这样就可以在铆接时, 不仅能够显著提高生产效率, 改善劳动条件, 而且还减轻了结构重量。

有鉴于此, 如果再沿用一般的手工铆接, 那就远远不能满足要求。要从根本上改进铆接质量, 必须进一步改进目前所采用的钻孔、铆接工具设备。摆脱繁重的体力劳动, 实现钻孔、铆接机械化和自动化。

在钻孔铆接机械化、自动化方面, 具有两种不同的途径, 一是成组钻孔、成组压铆。即铆接件在定位铆以后, 采用专用单轴或多轴钻床, 先把铆接件上的钉孔全部制出 (包括镗窝), 然后移至成组压铆机上压铆, 就是把钻孔与压铆工序分开进行。其铆接质量与效率, 当然优于一般的手工钻孔、铆接。但是还有它的不足之处: 第一是由于铆接件在压铆之前, 已把所有的铆钉孔钻到最后尺寸, 虽然零件之间已经定位铆接, 但是如果零件之间的贴合度不良, 在压铆过程中产生变形, 使零件之间钻好的孔错位, 而影响铆接质量; 第二是铆接件在成组钻孔之后, 成组压铆之前, 还必须花很多时间用于安放铆钉, 以某飞机的一个机翼壁板为例, 共有大约五千个铆钉, 需要 4 ~ 6 人同时工作 2 ~ 3 小时, 才能将铆钉安放完毕, 工效不高; 第三, 在压铆过程中, 工件是用手操纵定位, 注意力要集中, 使铆模对准铆钉,

工件定位的效率较低，工作时间久了，要引起视力疲劳。这是一种途径，目前苏修还在沿用的，即所谓成组钻孔、成组压铆。另外一种途径是铆接全过程单机自动化，即由一台机床逐个地自动完成钻、镗、放铆钉和铆接过程。也就是说工件定位以后，一个铆钉从钻孔到铆接完毕，均由一台机床自动完成，而且整个工件上铆钉的铆接是逐个自动完成的。这在下面将详细叙述。

2. 钻孔、铆接自动化

钻孔铆接自动化，是指工件定位铆以后在自动钻铆机上包括夹紧、钻孔、镗窝、送铆钉、铆接、铣平埋头铆钉头、松开夹紧件等一系列工序，均自动进行。其优点，首先是铆接质量优良。由于自动铆接是逐个铆钉进行钻孔、铆接，即钻一个孔，铆一个钉，这样就不会引起铆钉孔的错位，且由于不是手工钻孔，钉孔精度高，光洁度好，压铆后，钉杆镦粗均匀，能显著提高铆接件的疲劳强度（以后叙述）和密封性能，以波音 707 飞机的机翼整体油箱为例，大约 29% 的铆缝长度是用铆钉本身来保证密封的，不再另加密封剂，这种铆钉就是在自动铆接机上铆接的；第二是劳动生产率高，表 1—1 所示是美国通用铆接机公司的 G666 型自动铆接机的工作程序，平均每分钟可以连续铆接 6 ~ 8 个铆钉，因此一块有五千个左右铆钉的板件，在定位铆以后，两个人操作，大约用 20 小时即可铆完。第三是劳动条件比成组压铆为好。

表 1—1

工 序	时 间 (秒)
夹 紧	0.6
钻头快速接近，控制进给并退刀	1.3
铆模移到铆钉上方，下降，送进铆钉	1.4
压铆、上铆模回升	1.5
移动铣刀，铣切、退刀	2.1
松开，准备移动	0.6
总 计	7.5

任何事物都是一分为二的，自动铆接固然在铆接质量、劳动效率、劳动强度等方面具有很大优点，但问题是自动铆接设备较复杂昂贵，而且使用范围只适合于板件和组合件的铆接，而飞机的铆接装配，工作量比重较大的是在部件装配，就很难采用自动铆接机。因此，要扩大自动钻孔、铆接的使用范围，仍然是一个很重要的课题。

自动钻孔铆接，从 50 年代初开始发展，迄今已有 20 多年历史，从其演变过程来看，从简单到复杂，目前已日趋完善，现将各种铆接方法择要分述如下：

(一) 普通铆钉自动钻孔、铆接

普通铆钉自动钻孔、铆接，一般是指埋头铆钉或凸头铆钉。图 1—1 是自动钻孔、铆接埋头铆钉的工序简图。

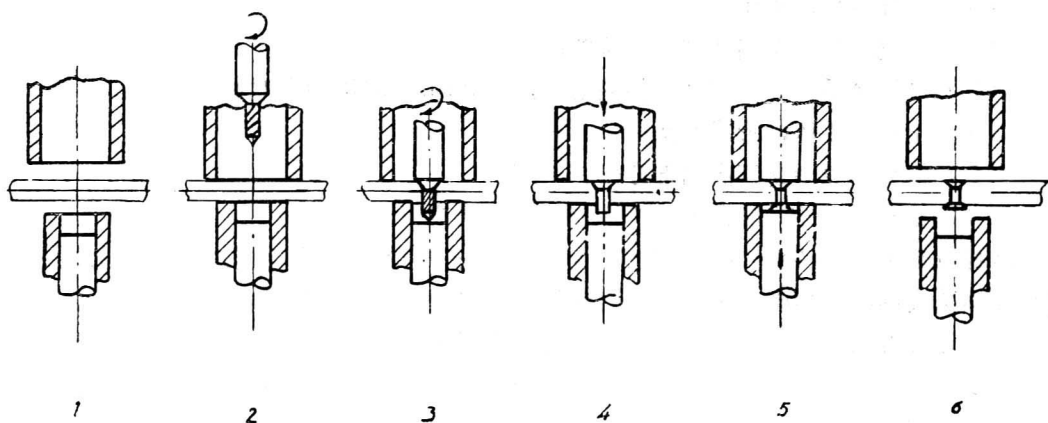


图 1—1

- (1) 夹紧件在松开状态，工件定位；
- (2) 夹紧件夹住工件，准备钻孔；
- (3) 用复合钻钻孔并镗窝；并快速退回钻头；
- (4) “机械手”把选择好的铆钉送进铆钉孔内，上铆模往下贴住工件；
- (5) 下铆模上升，压铆出铆头；
- (6) 松开，准备下一个铆钉的钻孔、铆接。

这种自动钻孔、铆接的机构，相对讲比较简单，生产效率也不低，也能改善劳动条件，但问题是，从铆接质量来分析，不能满足抗疲劳和密封的要求。因为虽然是压铆，其钉杆镦粗均匀度比手铆的要好些，但是在靠近铆头部分的钉杆变形大，其镦粗程度总是大于靠近钉头部分的钉杆，即整个钉杆的镦粗还不够均匀，这对于抗疲劳是不利的；再则，铆钉漏气，主要是在埋头钉头的部位，因为普通埋头铆钉的钉头已预先制成，和埋头窝的尺寸不一致，必然产生间隙，如果不加密封剂或其他密封措施，就不能达到密封的要求。（参见图1—2）

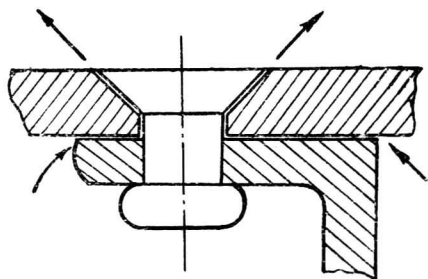


图 1—2

（二）镦头铆钉自动钻孔、铆接

所谓镦头铆钉，是指先把铆钉镦头作好，而埋头那一面，是在铆接过程中形成的，其工序简图如1—3所示。

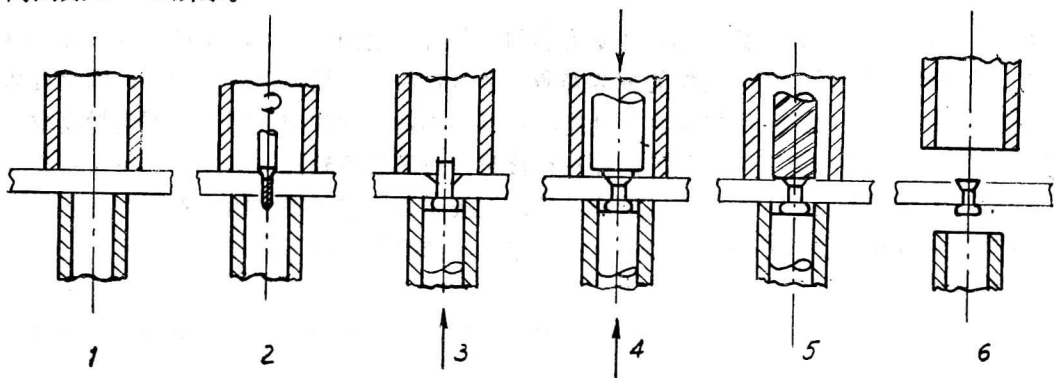


图 1—3

- (1) 工件定位、夹紧；
- (2) 用复合钻头钻出孔并镗埋头窝；
- (3) “机械手”把铆钉从工件内表面放入孔内，下铆模顶出铆钉；
- (4) 上铆模下压，形成钉头；
- (5) 铣平外表面铆钉高出部分；
- (6) 松开夹紧件，准备下一个铆钉钻孔、铆接。

这种铆接工艺的特点，即其主要优点是，埋头一面的钉头在铆接过程中形成，使材料紧紧挤在埋头窝内，不用密封剂或密封圈就能达到密封要求。据称波音 707 飞机机翼整体油箱上曾用过这种方法。为了便于压铆，其埋头窝的形状不同于一般，即锥度较小且有两个锥度（这在以后详述）。这种方法的缺点是，由于工件内表面孔径口处，往往带有毛刺，即使是很细微的毛刺，铆钉要从内表面自动插入就比较困难。因此这种方法后来被改进。

(三) 无头铆钉自动钻孔、铆接

无头铆钉是一段圆柱体，如图 1—4 所示，端面有一小倒角， E 等于 $0.2D$ 左右，便于插入钉孔内。其钉头和镦头，是在铆接过程中同时形成的。钉头填满在埋头窝中，如图 1—5 所示。

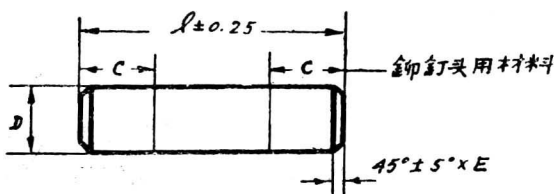


图 1—4

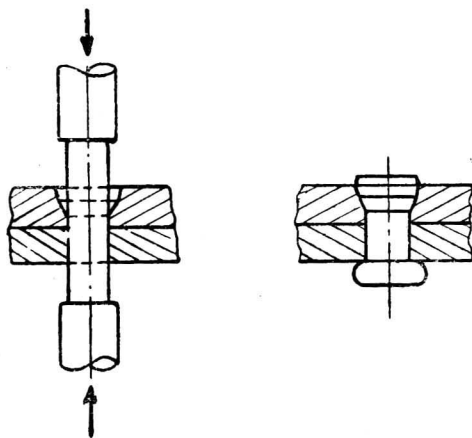


图 1—5

因为同时形成钉头和镦头，铆钉杆受力均匀，与钉孔之间有良好的干涉配合（这在以后叙述），这样就大大提高了铆接件的疲劳寿命。铆钉材料一般较零件材料为软，因此钉头能够紧紧地挤在埋头窝内，从而提高密封性能，可以不加密封剂和密封圈而达到密封要求。铆钉的材料晶粒要细致，适合于冷加工，并在铆接时，对裂纹不敏感。

可以说，只有在采用了无头铆钉铆接以后，铆接质量才有了根本的改善。

在自动铆接机上采用无头铆钉铆接有多种方法，择要分述如下：

(1) 压铆锤铆法：

无头铆钉在铆接过程中，既用了压铆又用了锤铆，其过程如图 1—6 所示。

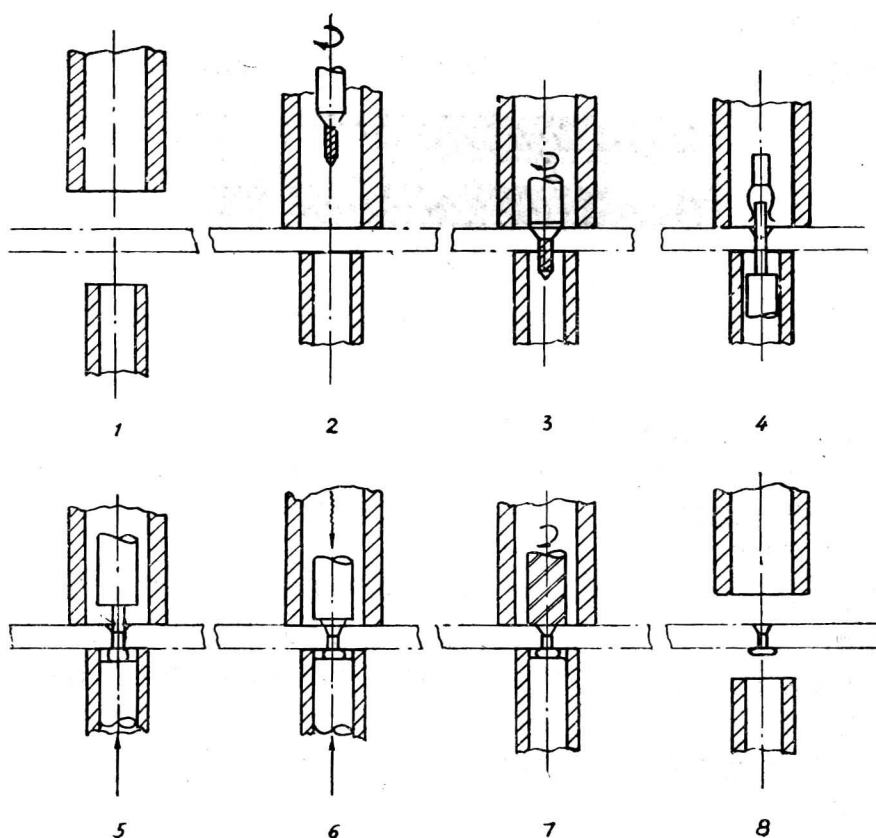


图 1—6

1. 工件定位；
2. 夹紧工件，并准备钻孔；
3. 钻孔并镗窝；

所钻的孔，除了孔径有一定的精度与光洁度之外，必须垂直工件表面，同时也垂直下铆模，这样才能使被插进的无头铆钉垂直于下铆模。采用复合钻以后，孔和埋头窝一次制成，不必更换刀具。

4. 用“机械手”送进无头铆钉，当铆钉进入钉孔时不应擦伤孔边，同时用力不能过猛，以免擦伤无头铆钉的阳极化表面，下铆模托住铆钉；

5. 压铆下钉头；

当铆钉插入孔以后，“机械手”张开，上铆模贴紧铆钉；下铆模就向上移动，部分压铆下钉头，即镦头部分，假定钉杆的外伸量等于钉杆直径 d ，其初压高度约为 $0.8d$ 。

6. 无头铆钉钉头锤铆；

当铆钉镦头被部分压出以后，铆钉杆也部分胀大，这时铆钉相当于被工件“咬住”，即将下铆模的压力降低到只起抵挡作用的程度，铆枪开始锤铆，在锤铆过程中，被压铆过的下钉头，继续被铆扁到 $0.5d$ 高度。在镦头继续铆扁的过程中，下铆模一直保持起抵挡的作用，即相当于顶把。那时工件的上下夹紧件均须松开，而且保持铆枪与顶把互相作用力的平衡，但要达到完全平衡是不可能的。

7. 再压紧工件，铆模退出，铣刀进入，并铣平铆钉上表面；

8. 松开, 准备下一个铆钉钻孔、铆接。

按国外资料记载, 在制造 DC-8 飞机等时, 曾采用过这种铆接方法。

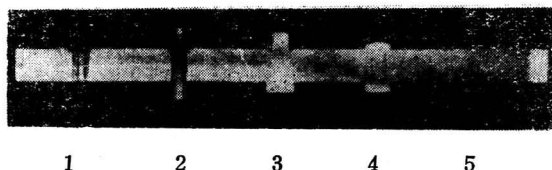


图 1—7

图 1—7 是工件的剖析图, 其中 1 是已制成的埋头孔, 2 是插入无头铆钉的情况, 3 下钉头初步压铆, 4 是上钉头锤铆后的情况, 5 是铆钉被铣平后的情况。

这种方法, 在60年代以后已被一次压铆法逐步代替, 其主要缺点是:

1. 机床的结构太复杂, 在上动力头上既要有铆钉初步压铆的压铆机构, 又要有锤铆机构, 于是铆接机的结构很复杂;

2. 由于机床结构复杂, 操作繁琐, 例如开始工件要夹紧, 直至压铆以后, 夹紧件又要松开便于锤铆, 之后又要夹紧工件便于铣切钉头; 上动力头在初压下铆头后, 就要锤铆, 那时下铆模又要及时卸载只起顶把的作用, 上下动力头之间的协调动作, 要求很严格, 稍有差错, 就会损坏工件;

3. 铆钉成形时用锤铆, 钉杆靠近钉头部分, 容易产生应力集中, 且噪音大, 对于改善劳动条件不利。

按以上诸原因, 因此近年来, 采用这种方法的自动铆接机不多。

(2) 一次压铆法

鉴于压铆锤铆法有许多缺点, 因此近代的铆接机, 大部分采用一次压铆法, 即在铆接机中取消锤铆装置。在一次压铆法中, 目前最常见的, 又分为两种, 一种是施铆时上、下铆模同时动作; 另一种是仅下铆模向上动作。兹分述如下:

A. 上、下铆模同时动作完成压铆。

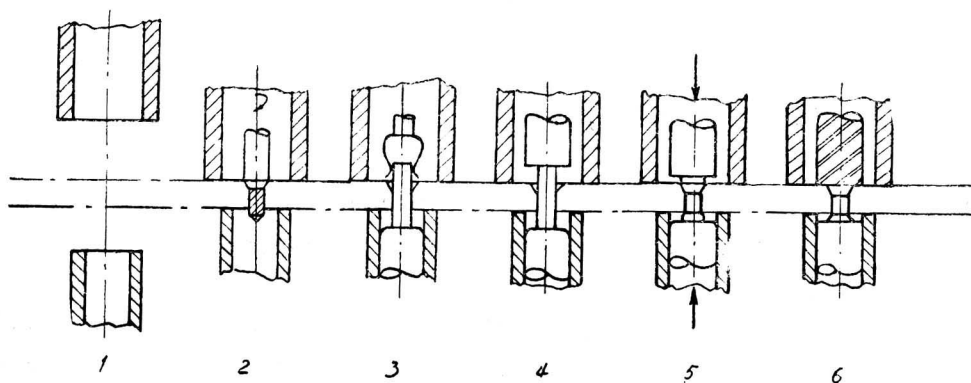


图 1—8

1. 工件定位;

2. 工件夹紧后, 钻孔并窝;

3. “机械手”把无头铆钉送入孔内，下铆模进入工作位置，托住无头铆钉；
4. 上铆模进入工作位置，顶住铆钉，工件仍处于夹紧状态；
5. 上下铆模同时动作，形成钉头和镦头，而工件的位置不动；
6. 铣平铆钉头，松开夹紧件，准备下一个铆钉的钻孔与铆接。

这种方法的特点是，工件的上表面贴在上夹紧件的上表面，在整个操作过程中，始终是被夹紧不能浮动。上下动力头非常准确地同步动作于钉杆两端，同时形成钉头与镦头。因此带来的问题是，上下铆模的液压、电气系统，其精确度和灵敏度都要求非常高，只要其中一个铆模的动作稍有提前或滞后，就要使钉杆在孔内轴向移动，导致一端的钉杆外伸量过多或过少，影响钉头或镦头的质量。

B. 一个铆模动作的压铆——工件浮动

鉴于上下铆模于无头铆钉两端同时动作会有很多问题，因此后来有的铆接机采用仅仅是下铆模向上移动的压铆方法，其工序简图如 1—9 所示：

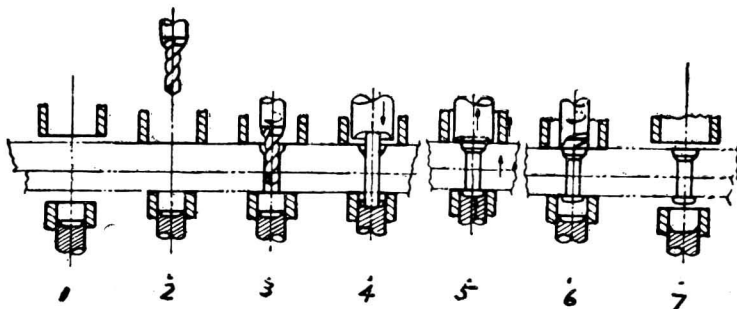


图 1—9

1. 工件定位；
2. 工件夹紧后准备钻孔；
3. 钻孔并镦窝；
4. “机械手”把无头铆钉送入孔内，上铆模进入工作位置后固定不动，成为工作基准面；下铆模向上移动托住铆钉，使铆钉露出工件两端的外伸量均符合要求；

5. 下铆模继续向上移动进行压铆，在铆钉下端初步形成镦头以后，这时钉杆已和零件“咬住”，于是下铆模上的一部分作用力，通过钉杆传给工件再传给上压紧件，当下夹紧件的作用力和通过铆钉传给工件的向上的作用力加起来超过上夹紧件的作用力时，工件就跟着向上浮动，钉杆就进一步镦粗，最后形成钉头和镦头。其局部放大如图 1—10 所示。这时，上下夹紧件相对于工件，始终呈夹紧状态。

6, 7, 铣切钉头的多余部分，松开夹紧件。

这种压铆法的特点是：

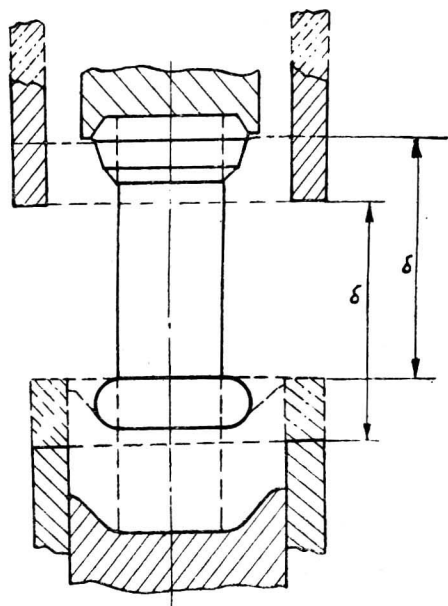


图 1—10

1. 上夹紧件的压紧力大于下夹紧力, 并且足以顶住下铆模向上压铆时形成初步铆头的压铆力, 但又小于下铆模的最后压铆力; 在初步压铆时, 工件的位置保持不动;

2. 当下铆模的压铆力继续增大时, 传给上压紧件向上的力超过上夹紧力以后, 工件被下铆模推动而向上浮动, 在这过程中完成压铆工作。

这种压铆法的优点:

1. 因为上铆模进入到预先调好的位置后始终是固定不动的, 上压紧件的下表面和上铆模下表面的差距, 就是钉杆的外伸量, 而且通过下铆模向上顶住铆钉, 在施铆前, 就能有效地控制无头铆钉在钉孔内的位置; 在初步形成铆头前, 由于上压紧力的作用, 工件仍保持不动, 在这个时候铆钉已“咬住”工件, 使得在继续压铆过程中, 工件虽然浮动, 但钉杆相对于工件已不会产生轴向位移, 能够合适地形成钉头和铆头, 而且使铆钉能沿着钉杆均匀地膨胀。

2. 由于上铆模自始至终是固定不动的, 仅是下铆模作轴向移动, 没有上下铆模同步动作的问题, 动作比较简单, 可以简化机床结构。

采用这种压铆法带来的问题是, 工件必须随下铆模一起浮动, 这对于调平托架的设计多添一层麻烦。

“Drivmatic” G666型自动铆接机就采用这种方法。

3. 自动铆接中的钻孔铤窝问题

自动铆接中采用无头铆钉铆接, 之所以获得良好的铆接质量, 钻制铆钉孔是个关键问题之一。对于铆钉孔的孔距、边距、排距的公差要求和普通铆钉一样, 而铆钉孔孔径精度、孔壁光洁度, 则要求较高; 同时必须没有棱角毛刺, 使铆钉容易插入; 钉孔的垂直度要好, 在形成钉头时不致有歪斜现象。其所以提出如此高的要求, 那是因为铆接件需要密封, 以及要求疲劳寿命高的缘故。由于在制孔过程中, 必须一次钻出优质孔(包括铤窝), 不要更换工具铰孔, 因此, 对于钻头的几何形状、材料、以及在钻孔时转速、冷却等提出一系列新的要求。

(一) 埋头孔的几何形状、公差

无头铆钉的埋头窝, 不同于一般, 而是如图 1—11 所示, 具有两个锥角, 俗称双锥度。而且角度比 90° 埋头窝要小。采用这种形式, 有两个原因: 一是即使铆钉具有一定的连接强度, 埋头窝的锥角又尽量小, 这样易于填满埋头窝, 保证密封性能; 二是可以减少压铆力, 否则压铆力太大, 铆钉容易出裂纹, 且易引起工件变形。

铆钉孔的公差, 较一般普通铆钉为严。表 1—2 是无头铆钉孔与普通铆钉孔各种尺寸公差的比较表。表中所示, 无头铆钉孔直径 D 比铆钉直径的名义尺寸大 $0.08 \sim 0.15$ 毫米, 铆钉的直径均为正公差 ($+0.05$), 因此铆钉孔的直径粗略计算一般比无头铆钉的实际直径大 $0.03 \sim 0.15$ 毫米, 其孔与钉之间的配合精度远远超过普通的铆钉。另外, 孔的

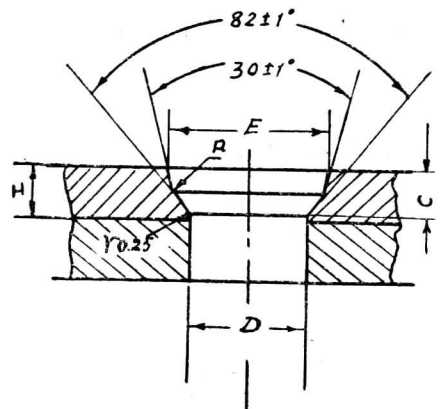


图 1—11

不垂直度不超过 30'，孔壁粗糙度不大于 3 微米，沿孔的长度方向不能有划伤，否则容易漏气，椭圆度为 0.005，锥度为 0.025，以保证铆接后的密封性能。

表1—2

无头铆钉直径 (毫米) 公差 ^{+0.05} _{-0.00}	无 头 铆 钉 埋 头 窝 孔 尺 寸 (毫米)					普通 铆 钉 孔 直 径 D ₁
	D	C	E	H _(最小)	R	
3.96(⁵ / ₃₂ ")	4.04~4.11	1.52~1.77	5.56~5.69	2.29	0.77~1.27	4.06~4.33
4.76(³ / ₁₆ ")	4.83~4.90	1.09~2.16	6.86~6.99	2.67	2.29~3.05	4.86~5.13
6.35(¹ / ₄ ")	6.43~6.50	2.59~2.84	9.02~9.14	3.36	2.29~3.05	6.50~6.71
7.93(⁵ / ₁₆ ")	8.00~8.08	3.25~3.51	11.02~11.15	4.01	2.29~3.05	8.08~8.20
9.53(³ / ₈ ")	9.60~9.68	3.91~4.17	12.77~12.9	4.68	2.29~3.05	—

(二) 关于快速钻孔

对于自动铆接中的钻孔要求，一是优质，一是快速。关于优质，在前一节中已有所叙述，无论是孔径精度与光洁度均有较高要求。在优质的前提下，还必须快速，否则自动铆接的优越性就不能充分显示出来。从国外资料来看，钻完毕一个铆钉孔，从钻头开始快速进给，一直到钻孔、铤窝，回程结束，一共所花的时间，以前曾提到仅 1.3 秒钟。时间是如此之短促，必然是从提高钻头转速，加快进程、回程速度中寻找潜力。但是过高的转速会损害刀具的寿命，以及是否适应被切削材料的切削性能，这些都是值得研究的问题。

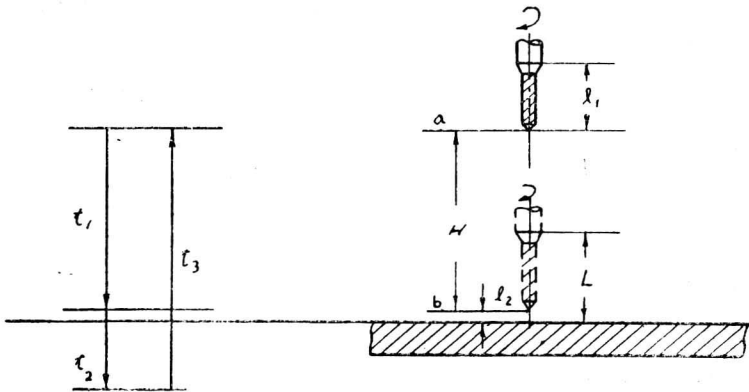


图 1—12

如图 1—12 所示中诸因素，均影响钻孔时间。

H：快速进程（毫米）；t₁：快速进程时间（秒）

L：进刀行程（毫米）；t₂：进刀时间（秒）

H + L：快速回程（毫米）；t₃：快速回程时间（秒）

分述如下：

（1）快速进程H。即钻头上顶点 a 离开工件 b 点的高度。其距离直接影响快速进程时

间 t_1 ，再则为了缩短作动筒的行程，因此总是希望 H 愈短愈好。但是在钻头上顶点以下范围内还必须容纳夹紧件等，也不宜搞得太短。

(2) 进刀行程 L 。如果是简单地钻孔，则进刀行程主要是取决于工件厚度；而如果钻孔和铤窝是利用复合钻头一次完成，则其进刀行程主要取决于复合钻的工作长度 l_1 ，如图 1—12 中所示。至于复合钻的工作长度，则包括铤窝刃部分的长度，钻削刃部分长度。这也是不宜太长，否则要延长进刀时间。图中 l_2 是钻头进刀前离开工件的距离。可参考的数值， $L = 30$ 毫米； $l_2 = 5$ 毫米。

(3) 关于快速进程速度 V_1 和快速回程速度 V_3 。为了简化送进和退回机构，最好就采用一挡速度，即送进和退回速度相等。即：

$$V_1 = V_3 = \frac{H}{t_1} = \frac{H+L}{t_3} = \frac{2H+L}{t_1+t_3}$$

(4) 进刀行程时间 t_2 。取决于转速、进刀量和进刀行程。如公式 (1) 所示

$$t_2 = \frac{L}{n \cdot s} \dots\dots\dots (1)$$

式中 n 为转速 r.p.m.

s 为进刀量，毫米/每转

如果复合钻的工作长度 l_1 不变，则 L 可视为常数，增大 n 与 s 就可以缩短进刀时间 t_2 。最佳的 n 和 s ，还要考虑其他一些因素，如被切削材料的机械性能、钻头材料、冷却等等。

(5) 关于变换转速。由于铆钉直径大小不一，最小直径与最大直径，往往相差一倍之多，因此可以选择几挡常用转速，予以调整，或者用无级调速。但是在钻同一孔时，则钻孔与铤窝，虽然两者直径不同，但还是采用同一转速，较为合理。那是因为转速一般很高，铤窝深度又不大，铤窝时间极为有限，例如 $\phi 5$ 的钉孔，埋头窝深度仅为 2.0 毫米，则如果采用进刀量 $s = 0.2$ 毫米/每转时的转速为 4500 转/每分，则铤完 2.0 毫米深的埋头窝仅需 0.14 秒钟左右，在此瞬息的时间内，再要变更转速，较为困难，也无实际意义。因此，钻孔与铤窝采用同一转速为宜。

4. 自动铆接中无头铆钉的压铆问题

(一) 关于干涉配合

无头铆钉铆接要取得优等质量，必须使铆钉杆与钉孔之间产生一定的干涉配合量。所谓干涉配合，按公差与配合的定义，就是紧配合。无头铆钉插入铆钉孔内时是松动的，但当铆钉杆受轴向压力使钉杆膨胀，则孔壁周围受到径向压缩，在铆完以后钉孔受钉杆挤压产生一定的径向压应力，这就产生了干涉配合。其效果是可以提高接头的疲劳寿命，更易于保证良好的密封性能。从图 1—13 中可以看出，干涉配合的连接件，其疲劳寿命比一般松配合连接的寿命提高大约五倍左右。这是由于当交变载荷作用于具有干涉配合的连接件时，铆钉孔壁上的最大应力的交变分量减小，于是干涉配合连接件达到破坏的循环次数，远比松配合的多。这无疑就延长了疲劳寿命。

看来产生这种现象的原因可能是，当无头铆钉压铆后，由于干涉配合作用孔壁受径向压应力和切向拉应力，当施加一定的外载荷后，孔产生了变形（如图 1—14 所示），铆钉孔变形

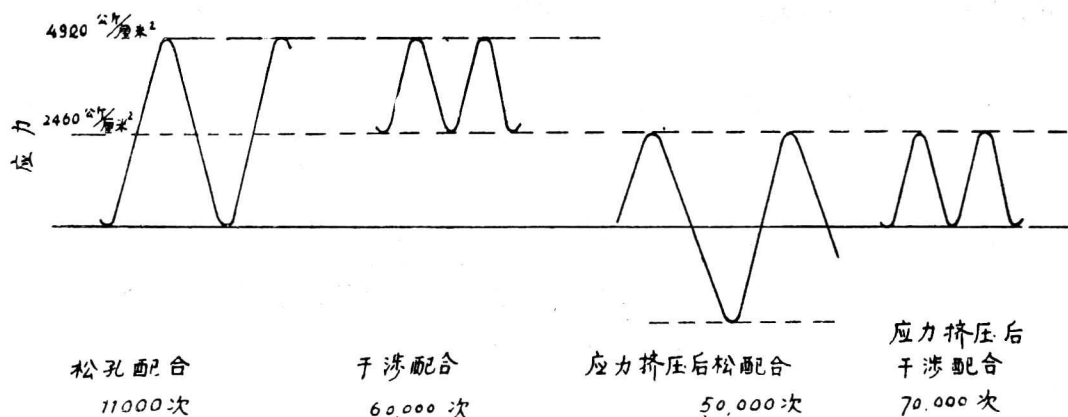


图 1—13

方式恰好是消除了一大部分施加在铆钉孔上的压应力，但是在最大受力点上，则仍然受径向挤压力，这种挤压力，使孔边的切向予拉应力，变为切向压应力，这对于由外载荷所引起的拉应力起着卸荷作用，从而提高了疲劳寿命。

经压铆后，钉孔的膨胀量，称为干涉量，干涉量的大小对疲劳寿命有直接的影响。钉孔的膨胀量的大小在铆钉杆的各个部位也不同。如图 1—15 所示， D_0 是钉头表面与蒙皮交界处； D_1 是埋头窝下面 0.5 毫米的部位； D_2 D_3 是零件夹层上下各 0.5 毫米的部位； D_4 是铆头往里 0.5 毫米的部位。以 D_0 D_1 D_2 D_3 D_4 作为测量膨胀量的测量点，从表 1—3 中可查出经过实验认为是比较有利的干涉量。其中 D_0 D_4 接近于钉头和铆头，

变形量大，干涉量也大。 D_1 D_2 D_3 三点干涉量是相近的，这也说明钉杆膨胀比较均匀，约为

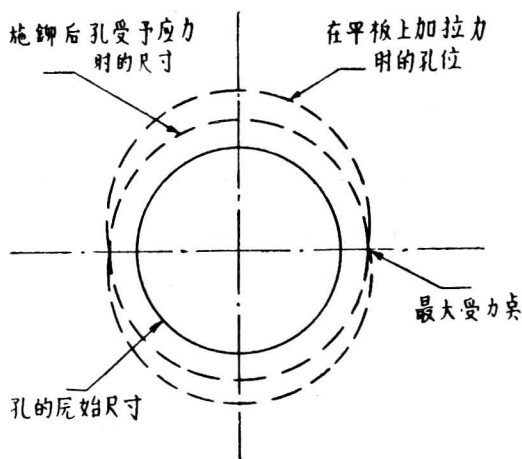


图 1—14

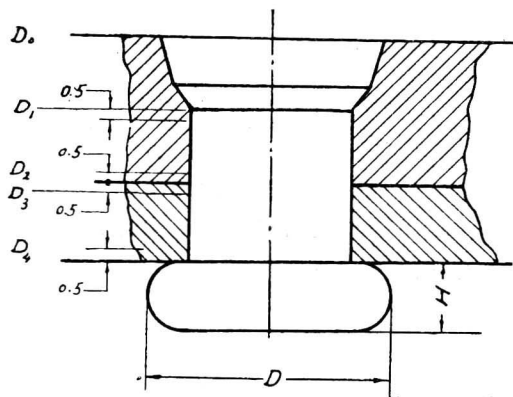


图 1—15