



· 572354

5853

5/773

# 精密零件加工过程 的机械化与自动化

[苏] 盖·依·巴宁、尼·阿·菲菲洛夫著



基本馆藏

农机油泵油咀行业技术情报站

# 精密零件加工过程的机械化与自动化

(Механизация и автоматизация процессов  
обработки прецизионных деталей)

(苏) 盖·依·巴宁 (Гайнц, Г. И.)

尼·阿·菲菲洛夫著 (Фефелов, Н. А.)

陈文君 江流涯 吴景貽 合译  
罗良琬 向世英

陈文君 校

## 内 容 简 介

本书共分为十一章，主要叙述了柴油机燃油系统精密零件的结构和工艺特点，以及粗加工、磨削、珩磨和研磨加工的机械化与自动化，并对精密零件的电蚀加工、超声波清洗和偶件配付工艺作了较详细的介绍。

本书可作为大、专院校的参考教材；也可供油泵油咀厂、柴油机制造工厂、拖拉机修配厂和科研单位的工程技术人员作参考。

Механизация и автоматизация процессов  
обработки прецизионных деталей

Гелий <sup>И</sup>Иванович панин

Николай александрович фефелов

И А. 1972

精密零件加工过程的机械化与自动化

汉江油泵油咀厂出版  
农机油泵油咀行业技术情报站

汉中地区印刷厂印刷

一九七九年九月出版

## 译 序

随着我国社会主义建设的四个现代化高潮到来和农业机械化的需要，我厂组织了有关技术人员翻译了苏联1972年版“МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ”（精密零件加工过程的机械化与自动化）一书，现已出版，可供油泵油咀厂、柴油机制造厂、有关科研单位和大专院校的科技人员作参考。

本书共分十一章，阐述了柴油机燃油系统精密零件的结构和工艺特点，以及粗加工、磨削、珩磨和研磨加工的机械化与自动化；并对精密零件加工工艺基本原理、西欧油泵油咀工厂的先进加工方法和检测装置、精密零件配付计算的概率应用等方面作了较详细的介绍。此外，还对液磨和电蚀加工机理、超声波清洗也作了简述。

本书偏重于实际应用，对理论推导也作了叙述。其技术术语按油泵油咀行业的通用习惯用语，零件名称均按部标 NJ30—34—74 所规定，其技术条件按原文中原意。对原文中一些明显的错误已作校正，略有删节。

本书由江流涯、吴景貽、陈文君、罗良琬、向世英同志合译，陈文君同志审校。由于译者水平有限，错误难免，还请读者批评指正。

汉江油泵油咀厂

1978年8月

# 目 录

|                                         |       |
|-----------------------------------------|-------|
| <b>第一章 精密零件的结构和工艺特点</b> .....           | (1)   |
| 一、结构、用途和工作状况.....                       | (1)   |
| 二、精密零件的制造特点.....                        | (5)   |
| <b>第二章 精密零件粗加工工艺过程的自动化</b> .....        | (16)  |
| 三、精密零件粗加工的特点.....                       | (16)  |
| 四、高精度小直径深孔加工的自动化.....                   | (18)  |
| 五、成型表面的加工自动化.....                       | (29)  |
| 六、断屑.....                               | (38)  |
| 七、润滑冷却液.....                            | (41)  |
| 八、刀具材料.....                             | (44)  |
| <b>第三章 中孔珩磨加工的自动化</b> .....             | (47)  |
| 九、珩磨加工的特点.....                          | (47)  |
| 十、加工精密零件中孔用的自动、半自动珩磨机床.....             | (49)  |
| <b>第四章 中孔研磨加工的机械化</b> .....             | (57)  |
| 十一、中孔研磨加工的特点.....                       | (57)  |
| 十二、中孔研磨机床.....                          | (61)  |
| <b>第五章 外圆磨削工艺过程的机械化与自动化</b> .....       | (82)  |
| 十三、在外圆磨床上高精磨削的特点.....                   | (82)  |
| 十四、精密外圆磨床.....                          | (88)  |
| 十五、自动外圆磨床和半自动外圆磨床.....                  | (96)  |
| <b>第六章 中孔磨削和液磨加工的自动化</b> .....          | (106) |
| 十六、内圆磨削加工的特点.....                       | (106) |
| 十七、现代化内圆磨床的结构特点.....                    | (108) |
| 十八、中孔自动磨床和半自动磨床.....                    | (110) |
| <b>第七章 高精度圆柱面、平面和锥形表面研磨加工的机械化</b> ..... | (126) |
| 十九、研磨方法.....                            | (126) |
| 二十、外圆和平面研磨机床.....                       | (129) |
| 二十一、内锥表面研磨机床.....                       | (135) |
| <b>第八章 精密零件的电蚀加工</b> .....              | (142) |
| 二十二、电蚀加工的机理.....                        | (142) |

|                                        |       |
|----------------------------------------|-------|
| 二十三、精密零件的电蚀加工机床.....                   | (145) |
| <b>第九章 精密零件的清洗、防锈与包装自动化</b> .....      | (158) |
| 二十四、超声波清洗.....                         | (158) |
| 二十五、防锈和包装.....                         | (164) |
| <b>第十章 精密零件的配付</b> .....               | (166) |
| 二十六、高精度配合的配付特点.....                    | (166) |
| 二十七、精密零件的配付计算.....                     | (169) |
| 二十八、精密偶件的液压密封性.....                    | (181) |
| <b>第十一章 精密零件生产过程机械化与自动化的发展趋向</b> ..... | (187) |

# 第一章 精密零件的结构和工艺特点

## 一、结构、用途和工作状况

随着各种机器、机械的改进,精密零件的生产规模在机器和仪器制造业中日益增大了。精密零件的结构特点是对配合表面要求较高的精度和质量,这是因为精密偶件必须具有较高的可靠性和使用寿命。在工业上有的精密零件在使用时不需装配成对,例如长度块规便是典型的例子。调整仪器时采用的长度块规需有较高的尺寸精度和最小的平面不平行度误差。而在更多的情况下,精密零件则是成对使用的,因此所提出的技术要求也是针对整个一个合件的。高压燃油泵中的柱塞偶件(图1)便是具有代表性的例子。柱塞偶件的功用是使燃油压力升高到一定程度,并将燃油输入柴油机气缸中。一般柱塞偶件由两个零件组成:柱塞1和柱塞套2。

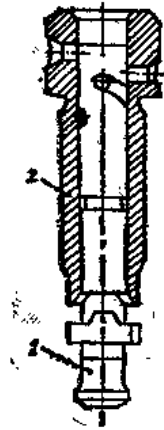


图1 高压燃油泵的柱塞偶件

目前大批量生产的柱塞偶件的直径为6~24毫米。柱塞套直径与长度的比一般为1:6、1:8。增压时为了保证燃油能达到较高的压力—1500公斤/厘米<sup>2</sup>,柱塞偶件的径向间隙应保证在0.5~2微米范围内。这就是为什么对配合零件的尺寸精度和几何精度提出较高要求的原因。柱塞偶件配合表面的光洁度为▽11—▽12。

圆柱形精密配合结构在各种滑阀、节流阀、机床的液压系统、以及汽车、拖拉机和其它机器的辅助机构中都被广泛采用。一般来说,液压滑阀、节流阀中径向间隙的公差要比柱塞偶件的大。

随着柴油机高压燃油泵设计的改进,精密偶件的结构复杂化了。单柱塞分配泵中的柱塞偶件(泵头偶件)起着三大作用:使燃油增压、控制油量、把燃油分配给柴油机各缸。

最近几年来,许多外国公司试制了转子型分配泵。这种油泵的特点是油量控制准确、没有承受高负荷的弹簧、外廓尺寸小、重量轻。这种油泵是很有发展前途的,而且可以预料到会获得广泛的应用。

图2所示为转子型分配泵的精密零件的合件。分配套2固定地安装在泵头3中,而分配转子1则在分配套中旋转。分配套2和分配转子1为一对精密偶件,它们的径向间隙为3微米。配置在分配转子中的两个柱塞4也是精密配合,径向间隙为1~2微米。柱塞支承在滚柱座7上,而滚柱座则安装在分配转子的槽中。滚柱6配置在滚柱座7中。滚柱6与内凸轮5接触。分配转子1旋转时,被内凸轮5的凸起部分推动的柱塞使分配转子内腔中燃油压力增高。而当转子的一个配油孔与套筒上相应的一个出油孔对准

时，高压燃油便进入高压油管，使喷油器向柴油机的一个气缸喷油。必须指出，分配泵的结构有一定的局限性，因而供油的均匀性是不能调整的，只能靠油泵增压元件和分配元件的制造精度来保证。

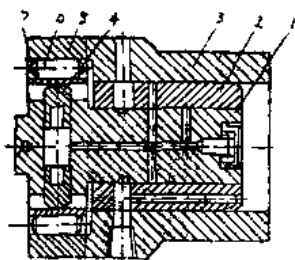


图2 转子型分配泵精密零件的合件

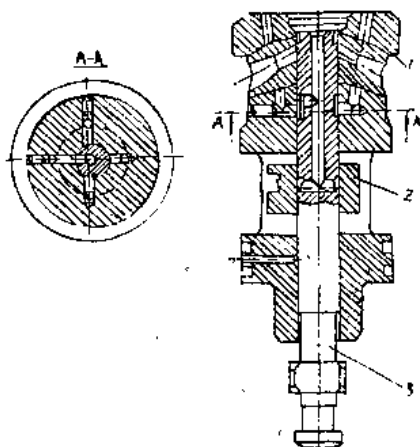


图3 单柱塞分配泵的柱塞偶件  
(泵头偶件)

在苏联，拖拉机柴油机供油系统日益广泛地采用单柱塞分配泵。苏联目前生产的一些拖拉机柴油机已经采用中央燃油系统研究所（ЦННТА）设计的系列化的单柱塞分配泵。这种分配泵使用了结构独特的增压和配油元件。图3所示为单柱塞式分配泵的泵头偶件结构。

这种偶件由三个零件组成：泵头1、柱塞3和计量套2。柱塞作往复和旋转运动。当柱塞向下运动时，燃油通过泵头的进油孔进入柱塞顶部内腔。当柱塞向上运动时，燃油便压出。柱塞作旋转运动的目的是使配油孔顺序与泵头上的一个高压油路接通，柱塞上部内腔中的燃油经高压油路进入喷油嘴，并喷入柴油机的一个气缸中，柱塞继续向上移动，当回油孔到达计量套上端喷油便结束。

这种泵头偶件的工作可靠性是靠制造和装配精度来保证的。由于密封面积的减小，柱塞和泵头之间、柱塞和计量套之间的径向配合间隙较普通结构的柱塞偶件更小。

制造配合复杂的精密偶件就更困难了，例如柴油机上的针阀偶件（见图4）。现将针阀偶件的工作方式介绍如下：燃油由燃油泵出来后，经过高压油管并通过针阀体1上的进油孔，然后进入针阀体的内腔，藉燃油压力克服喷油器壳体中弹簧的压力，此时针阀2升起，高压柴油通过针阀和针阀体密封之间的环形空隙由喷孔喷入燃烧室，喷油时燃油压力下降，针阀在弹簧力的作用下下落，供油便停止。针阀偶件的配合是比较复杂的，因为它要求有两个配合表面：供导向用的圆柱形配合表面和供密封用的锥形配合表面。针阀偶件的使用寿命完全取决于这两个零件的制造精度。

必须指出的是针阀偶件的圆柱形配合表面除了起导向作用外，还要求保证一定的密封性。因而，对这付偶件提出了

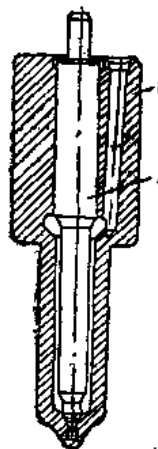


图4 针阀偶件

较高的技术要求，特别是对配合表面的几何形状方面。表 1 中所列为苏联国家标准 (ГОСТ) 规定的针阀偶件制造精度要求，以及雅罗斯拉夫燃料系统工厂产品图规定的技术要求和美国波虚公司制造的一批针阀偶件的测量数据。

针阀偶件加工精度

表 1

| 几何精度和光洁度                 | ГОСТ9928—71 |        | (ЯЗТА)<br>雅罗斯拉夫燃油<br>系统工厂<br>产品图纸要求 |        | (Американн<br>бош) 美国波虚<br>公司制造针阀偶件<br>测量数据 |                  |
|--------------------------|-------------|--------|-------------------------------------|--------|---------------------------------------------|------------------|
|                          | 针 阀 体       | 针 阀    | 针 阀 体                               | 针 阀    | 针 阀 体                                       | 针 阀              |
| 圆柱形表面几何精度(毫米):           |             |        |                                     |        |                                             |                  |
| 锥    度                   | 0.001       | 0.0005 | 0.001                               | 0.0005 | 0.001                                       | 0.0005           |
| 椭    圆    度              | 0.0005      | 0.0005 | 0.0002                              | 0.0002 | 0.0004                                      | 0.0003           |
| 棱    形    度              | 0.0005      | 0.0005 | —                                   | 0.0002 | —                                           | 0.0002           |
| 配合间隙                     | > 0.002     |        | 0.0027~0.0045                       |        | 0.003~0.005                                 |                  |
| 圆柱形表面的光洁度                | ▽12         | ▽12    | ▽12                                 | ▽12    | ▽10 <sub>B</sub>                            | ▽10 <sub>G</sub> |
| 锥形座面的几何形状、精度和<br>摆差(毫米): |             |        |                                     |        |                                             |                  |
| 母线直线性                    | —           | —      | —                                   | —      | 0.003                                       | 0.0005           |
| 不    圆    度              | —           | —      | 0.0006                              | 0.001  | 0.0005                                      | 0.0002           |
| 与导向中孔<br>或外径的摆<br>差      | 0.003       | 0.002  | 0.004                               | 0.0005 | 0.0015                                      | 0.001            |
| 锥形座面的光洁度                 | ▽9          | ▽10    | ▽9                                  | ▽11    | ▽10                                         | ▽13 <sub>G</sub> |

由表 1 可得出如下结论，对针阀偶件来说，最重要的是保证各配合表面必须具有极高的同心度，以及锥形密封座面的几何精度。

出油阀偶件 (图 5) 是又一种配合较复杂的偶件。与针阀偶件一样，出油阀偶件有两个配合表面：导向用的圆柱形配合表面和密封用的锥形配合表面。

出油阀 1 的导向部份具有十字形断面，其功用是当出油阀向上运动时能使燃油通过，出油阀座 2 和出油阀 1 圆柱形导向部份的径向配合间隙为0.004~0.008毫米。出油阀的密封性是靠锥形密封座面的制造精度保证的。

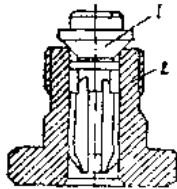


图5 出油阀偶件

随着精密偶件设计的改进，对所用材料的质量要求也提高了。为了提高精密偶件工作可靠性和使用寿命，必须采用硬度较高的材料。

精密偶件一般是采用硬度高、耐磨、线膨胀系数小的高合金钢和优质工具钢制造的。

制造柴油内燃油系统精密零件用钢的化学成份

表2

| 钢 的 牌 号  | 化 学 成 份       |               |               |               |               |         |               |         |       |       |         |
|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------|---------------|---------|-------|-------|---------|
|          | C             | Mn            | Si            | Cr            | W             | V       | Mo            | Ni      | S     | P     | Al      |
| 38XMIOA  | 0.35—<br>0.42 | 0.30—<br>0.60 | 0.17—<br>0.37 | 1.35—<br>1.65 |               |         | 0.15—<br>0.25 |         |       |       | 0.7—1.1 |
| XBT      | 0.9—<br>1.05  | 0.8—<br>1.10  | 0.15—<br>0.35 | 0.90—<br>1.20 | 1.2—1.6       |         |               |         |       |       |         |
| LIX15    | 0.95—<br>1.05 | 0.20—<br>0.40 | 0.17—<br>0.35 | 1.30—<br>1.65 |               |         |               |         | 0.02  | 0.027 |         |
| 18X2H4RA | 0.14—<br>0.20 | 0.25—<br>0.55 | 0.17—<br>0.37 | 1.35—<br>1.65 | 0.8—1.2       |         |               | 4.0—4.5 |       |       |         |
| 25X5MA   | 0.22—<br>0.32 | 0.30—<br>0.70 | 0.50          | 4.00—<br>6.00 |               |         | 0.4—0.6       |         | 0.025 | 0.03  |         |
| P18      | 0.70—<br>0.80 | 0.4           | 0.4           | 3.80—<br>4.40 | 1.75—<br>1.90 | 1.0—1.4 | 0.3           | 0.4     | 0.03  | 0.03  |         |
| P9       | 0.85—<br>0.95 | 0.4           | 0.4           | 3.60—<br>4.40 | 8.5—10        | 2.0—2.6 | 0.3           | 0.4     | 0.03  | 0.03  |         |

表2中所列为精密零件生产中最常用钢材的化学成份。也采用其它材料制造精密零件,例如用硬质合金制造块规,也有用非金属材料制造精密零件的。

为了保证精密零件能达到很高的精度和表面光洁度要求,必须采用特殊的加工工艺和专用设备。但到目前为止,许多工厂仍是依靠人工或半机械的方式来达到精密零件的精度,这样,精密零件的精度就完全取决于操作工人的熟练程度。一般来说,精密零件的生产特点是缺少流水作业、退修率高、劳动强度大。

## 二、精密零件的制造特点

### 转子型分配泵的精密零件

西埃维(CAV)公司转子型分配泵投产过程中,为了能在大量生产条件下制造出结构独特、公差极严的精密零件,十分慎重的制订了特种加工工艺和设计了专用设备,特别重视转子型分配泵的三个零件的制造工艺:即分配套、分配转子和柱塞。

分配套(图6)是用氮化钢制造的。

在自动机和无心磨上加工后,毛坯就在650℃温度条件下进行正火处理,随后在专用双圆盘端面磨床上同时磨削分配套的两个端面,接着在双轴精密镗床上镗中孔。为下次加工中孔留0.18毫米的裕量。镗孔直径公差为0.05毫米,镗削后中孔中心线与外圆的不同心度不大于0.04毫米。

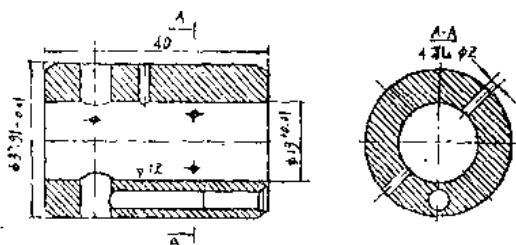


图6 转子型分配泵的分配套

在加工4个 $\phi 2$ 孔时,要特别注意孔的相对位置。往柴油机各缸中供油均匀性就是这4个孔的相对配置位置和角度位置的精度决定的。为此特别设计了专用的组合钻床。加工时分配套安装在制造精度极高的夹具中。为了减小孔的引偏现象,钻头间断地从被加工孔中退出。用乳化液冲除切屑。氮化后分配套的外圆在无芯磨床上加工到最终尺寸。随后,精磨两端面,装配前的最后一道工序为在《Вумарл》内圆磨床上磨中孔,保持尺寸 $\phi 18.97^{+0.02}$ 毫米。

分配转子(图7)也是用氮化钢制造的。

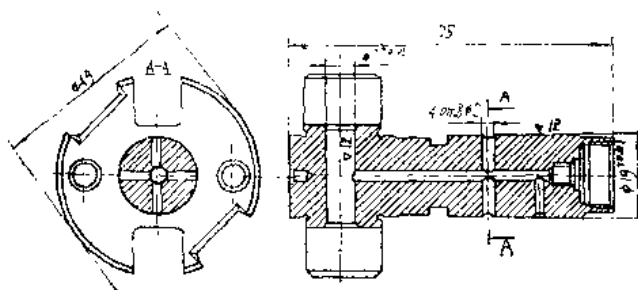


图7 分配转子

转子首先在自动机上加工,随后进行正火,在无芯磨上磨削尾柄。随后的8道工序是在《Хюллер》公司专门设计的转子型半自动机上进行的。要完成在这台机床上的全

部工序，每个零件必须回转两个循环，第一循环是沿着垂直方向的，另一循环是沿水平方向的。在这台机床上进行的工序是铣、钻、扩、攻丝，从转子型半自动机上下来后便在《Рогофиниш》装置上去毛刺。随后在专用清洗机上清洗。

CAV公司设有专用机床设计科，为钻分配转子上的深孔设计了专用的半自动钻床，此钻床上有一定的角度配置的独立工作的主轴，刀具为麻花钻，在钻削过程中钻头能间断地退出被加工孔。

配油孔是在《Мулларт》公司制造的4轴组合机床上加工的。此机床能保证钻孔具有精度很高的角度位置和纵向配置位置。然后在美国生产的立式拉床上拉削放置滚柱座的槽。分配转子头部的柱塞孔分粗、精两道工序在单轴钻床上铰出。

氮化后的第一道工序是在CAV公司设计的立式金刚石研磨机上抛光配置滚柱座的槽。进行抛光的目的是消除热处理引起的较大的偏差和提高槽的表面质量。

柱塞孔最后在《Микроматик》公司制造的珩磨机和立式研磨机上进行精加工，用珩磨条珩磨柱塞孔能提高两孔的同心度。

分配转子的半精磨在斯杜特（Штаут）公司制造的外圆磨床上进行的，在这台磨床上分配转子一次安装后便能磨削几个圆柱表面和分配转子的小端面。磨削时采用成形砂轮，磨床上装有主控检测装置。在达到所要求的尺寸后，砂轮的横向进给便自动停止。磨削时分配转子的头部被安置在左边，因而加工小端面时必须使工件向右移动，直到碰到挡块为止，这样便能较好的保证所要求的线尺寸。分配转子配合直径的精磨裕量不大于0.015毫米，是采用配磨方法进行加工的。配磨能保证最终的配合直径尺寸，以便于配付。配磨前，分配套已装入泵头中。泵头内孔精珩后的尺寸为 $\phi 37.85^{+0.01}$ 毫米。锥度、椭圆度为0.005毫米，分配套的最终尺寸为 $\phi 37.91^{+0.01}$ 毫米。

在《Долапена》公司设计的一台自动化装置上将分配套压入泵头孔中。先将泵头放在感应线圈中进行加热，加热温度达到能保证分配套以0.05毫米的过盈量压入泵头中，装置好的合件自动送到架子上进行冷却。

经稳定处理后，装置好的泵头合件在外圆磨床、珩磨机、研磨机上进行最终加工。

分配转子在《Жандрон》公司或《Штаут》公司制造的配磨机床上进行配磨。

《Жандрон》公司的配磨机床上装有“Стопкоут”型测量系统。《Штаут》公司的配磨机床上装有《Моводимит》公司供应的测量系统。

在达到所要求的尺寸后，磨削过程自动停止。由于配磨机床和测量系统具有很高的精度，因此能保证配磨后偶件的径向间隙公差在1~2微米范围内，此径向间隙公差便是零件最终加工后的综合误差值。

必须指出，配磨工序应在温度为20℃的恒温间内进行。

图8所示为转子型分配泵的柱塞。为适应各种柴油机的需要，须采用不同直径的柱塞来改变每循环的供油量。为此CAV公司生产的转子型分配泵有12种不同的直径。由于柱塞的结构简单，因此采用较简单的工艺便能保证它的精度。

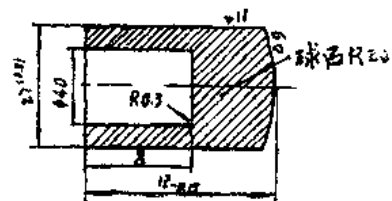


图8 转子型分配泵柱塞

柱塞外圆安装在恒温间的无心磨床上,通过数次精磨后分为20级,以便进行选配。

柱塞与分配转子的选配应按下列顺序进行。分配转子精磨后就清洗、检查,随后送入装配工段。分配转子的柱塞孔用《Мерсер》空气量仪进行分级。分组尺寸用电笔刻在泵头上。随后就将具有相应尺寸的两个柱塞插入分配转子孔内。

### 单柱塞分配泵的精密零件

单柱塞分配泵的泵头偶件由3个零件组成:泵头、柱塞和计量套。制造这三种零件必须制订特殊的工艺,劳动强度很大是单柱塞分配泵精密零件的加工特点。

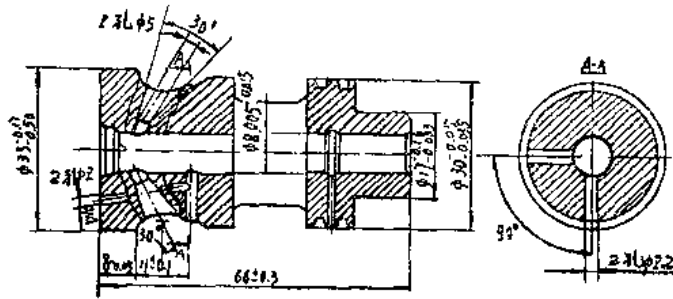


图9 单柱塞分配泵泵头

图9所示为单柱塞分配泵的泵头。材料为25X5 MA钢,中孔几何形状公差极严,这是因为配付后要求保证达到最小的径向间隙。第一道工序在1A240—6自动机上进行。

在自动机上打出泵头中孔。钻削中孔时采用了专门的带有振动装置的硬质合金枪孔钻。钻削后保证中孔的尺寸达到 $7.86^{+0.05}$ 毫米。然后在台钻上扩出两端的定位倒角。往后的一系列工序是在万能外圆磨床和平面磨床上机磨各级外圆和两端面。粗钻后分三个工步拉削出泵头上的窗孔。拉削工序结束后进行人工时效,其目的是去除工件的内应力,人工时效时,必须垂直放置工件,随后半精磨各级外圆和两端面。

接着在组合钻床上或台钻上钻、铰输油孔和定位槽,钻径向油孔和直径为2毫米的高压斜油孔时采用手进给方式,以保证孔有较高的精度,去除各油道中的毛刺也是用手工进行的。

采用特种梯形车刀在车床上车出装密封橡皮圈用的环槽后,再在万能外圆磨床上磨削。经过一系列精加工工序后,在OΦ—26立式研磨机上粗研泵头中孔。粗研后保证孔径 $7.92^{+0.02}$ 毫米。

泵头进行氮化处理,氮化层深度0.35~0.45毫米。硬度达 $HV \geq 850$ 。氮化后的第一道工序是研磨泵头中孔至尺寸 $7.97^{+0.01}$ 毫米。由于这道工序的尺寸精度要求较高,所以必须用光滑量规经常检查。允许的几何形状误差:锥度0.004毫米、椭圆度0.001毫米、中孔与上下两圆柱部分的不同心度不大于0.002毫米。

在内圆磨床上以中孔为基准磨削两端面的内倒角。然后再以内倒角为基准在外圆磨床上磨削各级外圆和两端面。

接着在OΦ—26立式研磨机上研磨中孔,保证孔径 $7.99^{+0.015}$ 毫米。允许的几何形状偏差为:锥度0.001毫米、椭圆度0.0005毫米、中孔与上下两圆柱部分的不同心度

0.001毫米。在3A814平面研磨机上粗研泵头上端面。最后在研磨台上用半机械化的手工方式光研中孔，保证孔径 $\phi 8.005^{+0.016}$ 毫米。允许几何形状误差为：锥度0.0005毫米、不圆度0.0002毫米、不同心度0.0005毫米。

泵头端面在仔细推研过的研磨平板上手工研磨后，不平度应不大于0.0009毫米。随后清洗零件，并由检查部门对泵头的各主要尺寸进行全面检查，泵头的最后一道工序为按中孔内径以0.0005毫米为一级，分成30级。

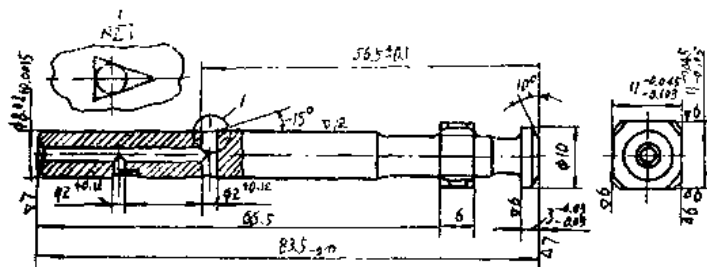


图10 单柱塞分配泵的柱塞

图10所示为单柱塞分配泵的柱塞。毛坯在自动机上加工后就在无心磨床上通过，保证外径尺寸 $\phi 8.3^{+0.03}$ 毫米。然后在平面磨床上依次磨两端面。用外圆作基准铣削和磨削正方形的各边。在台钻上钻径向和轴向油孔，然后铣配油槽。手工去毛刺。随即再在无心磨床上半精磨外圆，保证尺寸 $\phi 8.2^{+0.02}$ 毫米，各种几何形状误差均不得大于0.005毫米。在外圆磨床上磨柱塞头部的160°倒角。然后在万能工具磨床上磨截流孔的边缘。氮化前的最后一道工序为再次在无心磨床上磨外圆，保持尺寸 $\phi 8.12^{+0.02}$ 毫米。

氮化处理后保证氮化层深度0.3~0.45毫米，硬度HV≥850。

热处理后在无心磨床上精磨外圆，保证尺寸 $\phi 8.07^{+0.005}$ 毫米。各种几何形状的误差均不得超过0.002毫米。然后在平面磨床上依次精磨两端面和四方形的各边。在无心磨床上按分级尺寸超精磨外圆，分组尺寸公差0.002毫米。此时，柱塞外圆锥度不得大于0.002毫米。分级后在3A814平研机上研外圆，裕量应在0.001毫米范围内，不圆柱度误差不得大于0.001毫米。平研机下来的柱塞分级尺寸不许搞乱。然后在研磨台上用专用的夹持器和C字圈去柱塞棱形度，此为手工操作。裕量应不小于0.005毫米。去棱形度后，不圆柱度不大于0.001毫米。清洗后柱塞按0.001毫米为一级分成15级。然后柱塞按分级尺寸在3A814平研机上进行精平研。精平研后的几何形状误差为：不圆柱度0.0005毫米、不圆度0.0002毫米。这样高的几何精度要求是靠精细的推研研磨机的平板的方法保证的。清洗后，检查柱塞主要几何精度，然后按0.0005毫米为一级分成30级。图11所示为单柱塞分配泵的计量套。计量套在自动机上用棒料一次车成5个零件的大毛坯。各个零件之间切有圆槽。调质到硬度HRC24~30后，用枪孔钻在六角自动车床上钻 $\phi 7.86^{+0.03}$ 毫米的孔，随后铰两

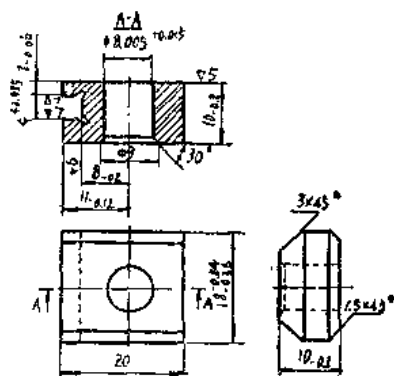


图11 单柱塞分配泵计量套

个供定位用的内倒角。磨外圆后,依次铣和磨4个棱面。然后在研磨台上手工研磨中孔到 $\phi 7.92^{+0.02}$ 毫米。

接着在万能工具磨床上将毛坯切成5个零件,随后在外圆磨床上以中孔定位磨零件端面。另一端面则在平面磨床上加工,在万能铣床上铣外倒角和槽。磨削4个侧面和槽底后进行氮化处理,氮化层深度0.35~0.40毫米。硬度HV $\geq$ 950。

氮化后的第一道工序是在研磨机上研中孔,保证孔径 $\phi 7.97^{+0.01}$ 毫米,不圆柱度不大于0.001毫米,不圆度不大于0.001毫米。然后在工具磨床上磨槽底。在研磨台上精研和光研中孔,中孔的最终尺寸 $\phi 8.005^{+0.015}$ 毫米。几何形状误差为:不圆柱度不大于0.0003毫米,不圆度不大于0.0002毫米。

三个精密零件经最终加工和分级后便可进行选配。现将选配方法介绍如下:由于柱塞与泵头的径向间隙值为0.0005~0.0014毫米,因此首先选配柱塞和相应的泵头,然后再另外选适合尺寸的计量套来配柱塞,进行液压密封试验后,一部分配付偶件不符合技术要求,则须重新选配。必须指出,制造单柱塞分配泵精密零件要求大量的手工劳动和半机械化操作。

制定泵头偶件精密零件的工艺过程时,不论是粗加工还是精加工,有许多工序必须实行机械化和自动化。

必须设法取消泵头加工过程中一系列劳动强度极大的研磨工序。在粗加工阶段应该采用生产效率较高的工艺来代替研磨。所有的钻孔工序应在能自动装卸料的组合钻床上进行。现在的手工去毛刺、清洗、擦孔等工序也都应实现自动化。柱塞的精加工应更好的考虑配付的要求,因此柱塞采用配磨工艺是比较合适的。这样可取消一系列手工研磨和机械研磨工序,采用配磨工艺可以大大简化泵头偶件的配付工艺,这是因为配磨后就不需要再将零件分级,按泵头中孔直径去选配柱塞,而仅须按柱塞外径去选配尺寸精度极高的计量套。由于配磨机床上装有测轴仪,因此柱塞尺寸能保证十分精确。

另外,计量套制造必须改进。研磨时,由于计量套中孔母线长度要比研磨器短得多,因此孔的两端会产生喇叭口。采用不接触气动量仪检查计量套中孔直径和几何形状误差时,无法测出孔端的喇叭口,因而会产生这样的情况,即使泵头偶件的径向间隙完全符合技术要求,但在试验台上试验密封性时仍不合格,原因就是配油元件孔端有喇叭口,由此泄漏的燃油增加了。

### 针阀偶件

由于对针阀偶件的尺寸精度、几何精度、配合表面的位置精度要求较高,因此生产这两种零件时需要特殊的工艺。

下面介绍一下苏联目前一些工厂大量生产长型多孔式针阀体所采用的工艺。

针阀体毛坯在1A225六轴自动机上加工,然后在单轴自动机上预钻 $\phi 4.77$ 毫米孔。磨针阀体头部定位倒角后,在外圆磨床上磨大外圆,保证尺寸 $\phi 17.2$ 毫米。然后以 $\phi 17.2$ 毫米大外圆作定位基准挖盛油槽、粗镗、精铰中孔。接着在进油孔、定位孔组合钻床上钻三个 $\phi 2$ 毫米进油孔和两个 $\phi 3$ 毫米定位孔。在外圆磨床上磨 $\phi 17.2$ 毫米的大端面,然后在1A118自动机上车头部。在精密车床上打中心孔。粗钻座面和钻 $\phi 1$ 毫米压力室。所有这些工序都是半机械化的。接着挤压中孔,保持孔径 $\phi 5.94^{+0.02}$ 毫米。随后便精铰座

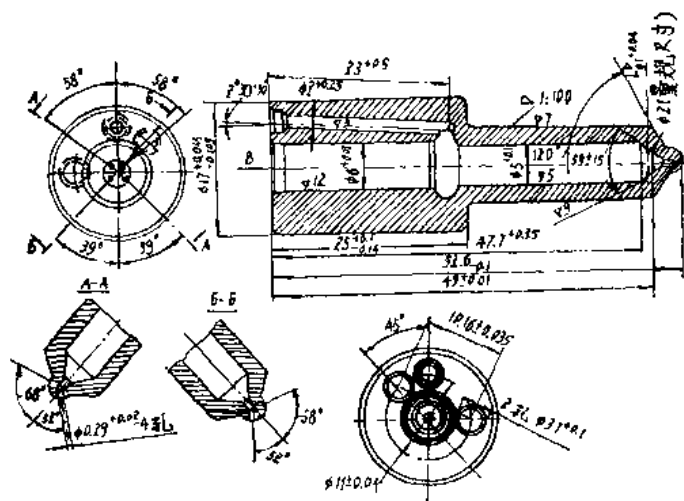


图12 长型多孔式针阀体

面，座面的角度为 $59^{\circ} \pm 15'$ ，大端面到座面的直线尺寸的公差为0.05毫米。精铰后，座面对中孔的摆差不大于0.03毫米。热处理前的最后一道工序为钻4个 $\phi 0.29^{+0.02}$ 毫米的喷孔。在许多工厂喷孔是用电火花穿孔法加工的。

热处理后的第一道机械加工工序为粗研中孔到孔径 $\phi 5.98^{+0.01}$ 毫米。孔的锥度不大于0.003毫米，椭圆度不大于0.0002毫米。这样高的尺寸精度要求是由生产工人的熟练技术来保证的。

第二道工序为在外圆磨上磨大端面，保证大端面到座面的直线尺寸的公差为0.03毫米，然后磨各级外圆及头部，头部还须在研磨机上抛光。二次时效后，在研磨机上精研中孔，保持孔径 $\phi 6^{+0.015}$ 毫米、锥度不大于0.001毫米，椭圆度不大于0.0002毫米，母线的不直度不大于0.00025毫米，表面光洁度 $\nabla 11$ 。电火花加工座面是一道十分重要的工序。之所以采用电火花加工，就是因为座面是一个难于加工到的表面。加工座面时，必须保证它与大端面之间的直线尺寸的公差不超过0.07毫米，与 $\phi 6$ 毫米中孔的摆差不大于0.002毫米，座面角度保证 $59^{\circ} \pm 10'$ ，座面表面光洁度 $\nabla 8$ 。

随后用硬质合金铰刀校正座面。这样，一部分座面的纵向截面得到修复，为随后研磨座面时增大了研磨面积。必须指出，在大量生产的条件下采用这种手工操作的方法是很困难的，而且实际上并不能明显的提高加工精度。随后精磨 $\phi 17$ 毫米大端面，保证座面尺寸为 $49 \pm 0.05$ 毫米。

在研磨机上研座面是一道劳动量很大的工序。按 $\phi 6$ 毫米中孔选用研磨棒，研磨棒与针阀体中孔尺寸均需按0.001毫米分级。研磨座面是手工操作。质量的优劣取决于操作工人的技术熟练程度。研座面时，必须保证座面角度为 $59^{\circ} \pm 15'$ ，光洁度不低于 $\nabla 9$ 。研磨后，座面的不圆度及母线不直度都不检查。座面的几何形状精度是由研磨棒锥面几何形状精度决定的，每加工一个零件后，研磨棒均需进行一次修磨。

在研磨机上抛光 $\phi 6$ 毫米中孔，并在3A814平研机上研 $\phi 17$ 毫米大端面。中孔几何形状的技术要求与精研相同。研磨后， $\phi 17$ 毫米大端面的不平度不大于0.0005毫米，光

