

国防工业技术丛刊 98

镍黄铜 (HNI56-3) 高压 阀体的液态模锻

江南造船厂

(内部资料·注意保存)

国防工业出版社

镍黄铜 (HNI56-3) 高压阀体
的液态模锻

江南造船厂

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

787×1092 $1/32$ 印张 1 20 千字

1972 年 1 月第一版 1972 年 1 月第一次印刷

统一书号: N15034·(活)-98 定价: 0.11 元

03665

毛主席语录

N51:79

9

03

坚持政治挂帅，加强党的领导，大搞群众运动，实行两参一改三结合，大搞技术革新和技术革命。

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。

灿烂的思想政治之花，必然结成丰满的经济之果，这是完全合乎规律的发展。

毛主席语录

要认真总结经验。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

目 录

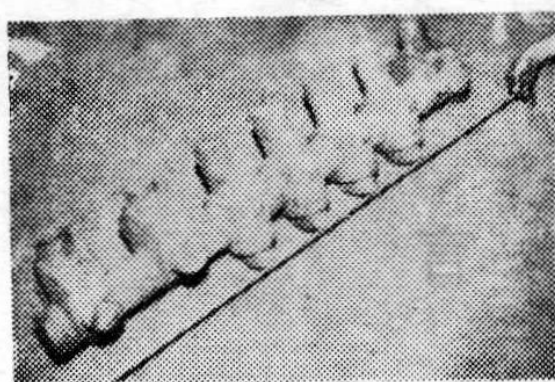
一、前言.....	1
二、液态模锻工艺概述.....	2
三、液态模锻的工艺设计.....	3
四、锻件图的设计.....	5
五、模具的设计.....	8
六、液态模锻的工艺参数.....	11
七、液态模锻的工艺操作.....	15
八、工件的质量检验.....	16
九、液态模锻的经济效果.....	25
十、讨论.....	26
十一、结论.....	28

一、前 言

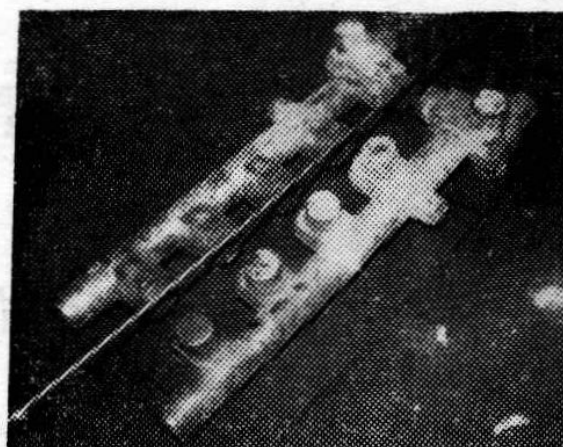
镍黄铜 (H_{Ni}56-3) 高压阀体是×产品作为高压空气分配的重要零件。一九六八年底,我厂接受了高压阀体自己配套的任务后,在工、军宣队和厂革委会的正确领导下,组成了以工人为主体的,有领导干部和技术人员参加的三结合研制小组,结合了兄弟厂液态模锻新工艺试验的一些经验,决心以液态模锻新工艺生产的高压阀体装备×产品。

研制小组同志破除迷信,解放思想,充分发挥了工人阶级的创造精神,冲破了热模锻一定要用合金模具钢制造模具的旧框框,大胆地采用了合金球墨铸铁制造模具,使模具加工周期缩短,成本降低,解决了着手新工艺试验的一个重要关键。经过了“认识从实践始,经过实践得到了理论的认识,还须再回到实践去”的反复过程,摸索和创造了有成效的操作方法和工艺装备,使液态模锻新工艺能成熟的运用于高压阀体的成批生产,这是以工人为主体的三结合小组成员认真学习马列主义、毛泽东思想所取得的成果。

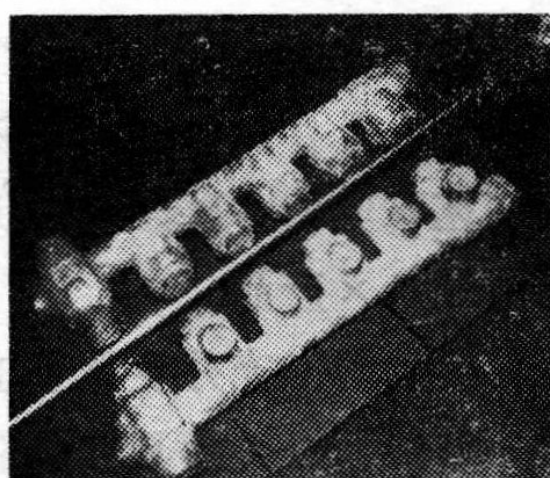
我们运用液态模锻新工艺,成功的生产了如图1所示的四种高压阀体,从而积累了一些经验,把高压阀体的制造工艺提高到了一个新水平。



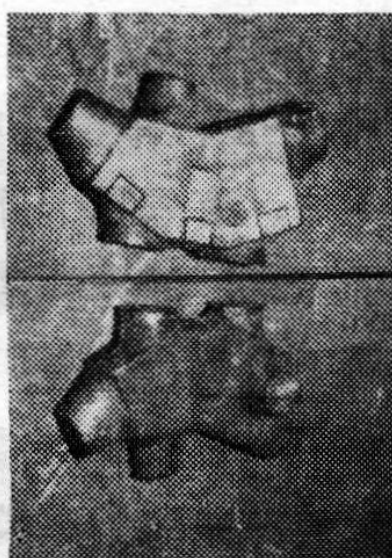
a) 十四联阀体



b) 五联阀体



c) 六联阀体



d) 三联阀体

图 1 液态模锻的镍黄铜高压阀体

二、液态模锻工艺概述

对于要求材料强度高,组织致密的高压阀体的制造,一般采用自由锻造。因为这种高压阀体批量小,尺寸大,不宜采用要求设备功率大,制模成本高的模锻。而采用自由锻造,则金属原材料消耗大,生产率低,切削加工量大。因此,采用液态模锻工艺就具有多快好省的意义。

液态模锻(如图 2)是高温的液体金属注入模膛后,在适当的部位用冲头对液体金属施加压力 P ,使一部分液体金属(冲头下预留的压缩液柱)有一定的体积位移 h 。在高温的条件下,按密闭容器内液体等强度 p 受压的原理,使整个模膛

内金属“压实”，并在压力下结晶凝固，从而获得晶粒细，组织致密的工件，保证工件在高压的工作条件下，既有足够强度，又不致泄漏。

液态模锻工艺除有上述工件在材料质量上的特点外，与自由锻造和模锻相比，还有如下的优点：

1. 节约原材料；
2. 机器设备功率小；
3. 工艺装备少；
4. 工序简便；
5. 生产率高。

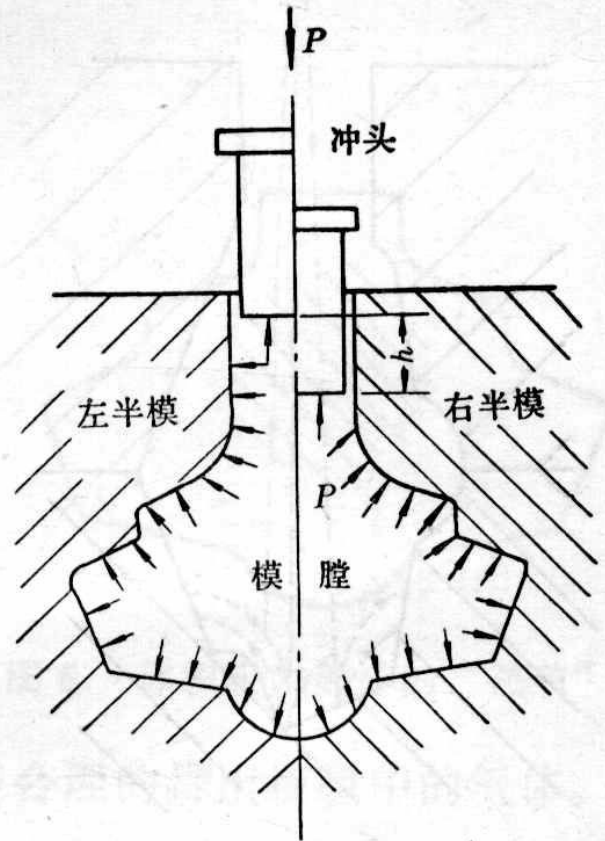


图2 金属的液态模锻

三、液态模锻的工艺设计

浇注工艺及加压部位的正确与否是关系液态模锻工件质量的重要因素，因此必须合理的选择浇注工艺及确定加压部位。

1. 浇注工艺的选择 最初的试验碍于机器设备条件及着眼于简化工艺装备，采用了如图3所示的上注法。金属液体自漏底包由加压孔自上而下的注入模膛，金属液体剧烈地冲击模膛底壁，而引起金属液体飞溅，金属液滴沾于周围模壁而在最后成形工件上生成表面夹层。这种浇注方法对于有几个体积粗大部分的高压阀体，是同时由两端或中间两个体积

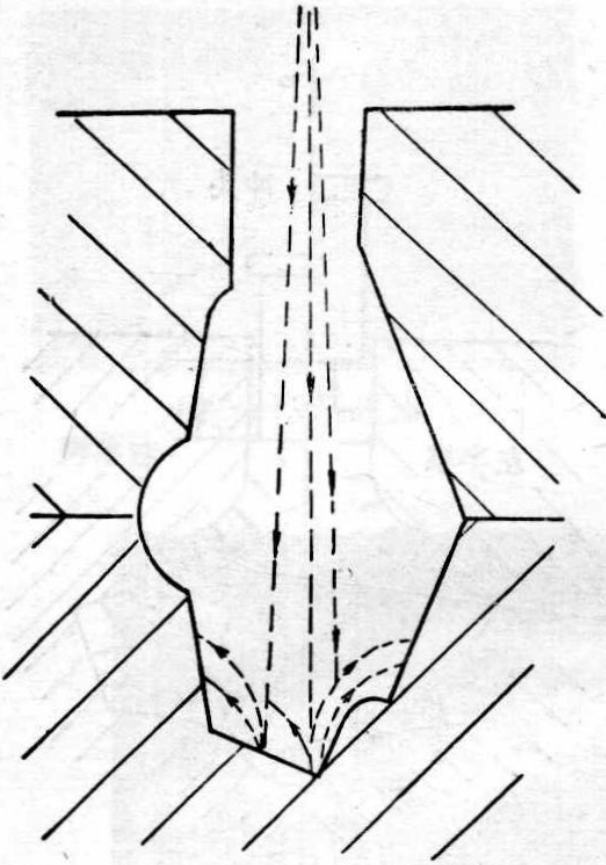


图3 液态模锻的
上注法

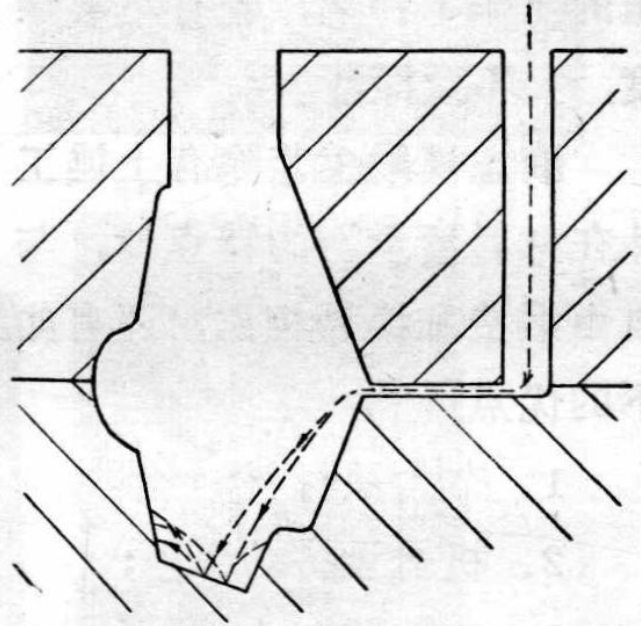


图4 液态模锻的分模
面注入法

粗大部分注入金属液体的。其整个模膛必然是在极其紊乱的金属液体流动状态下充满的，这就会造成两股相交金属液流温度的不均匀，以及紊流状态下模膛内空气的被卷入而导致生成气孔。

分模面注入法如图4所示。体积粗大部分的金属液体是由一个专门的直浇口经由各小浇口注入的。它冲击模膛的剧烈程度较上注法为小，但仍不可避免有金属液体的飞溅及金属液滴沾于模壁产生工件的表面夹层。

通过以上两种浇注方法的实践得知，都有金属飞溅的缺点，最后采用了从工件各个体积粗大部分自下而上的注入金属液体的底注法，如图5所示。它使金属液体均匀的注入模膛而后保持一个平稳的液面逐渐充满模膛，从而避免上注法金

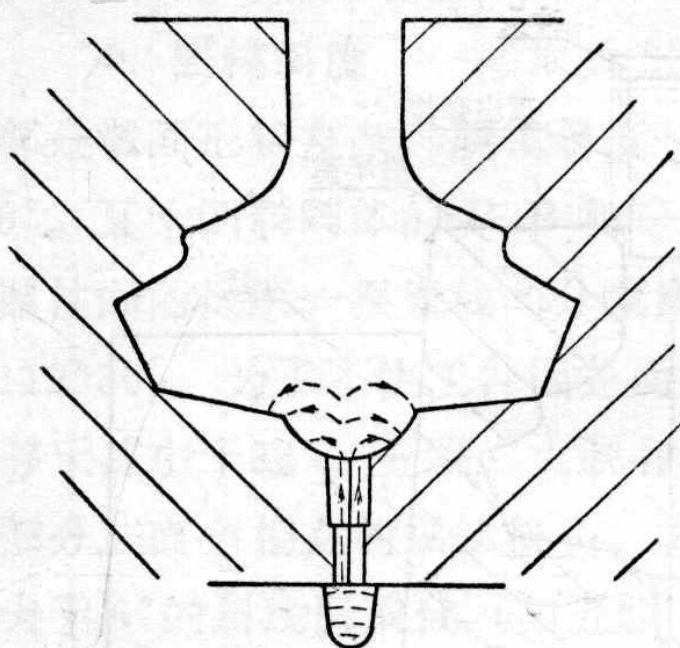


图5 液态模锻的底注法

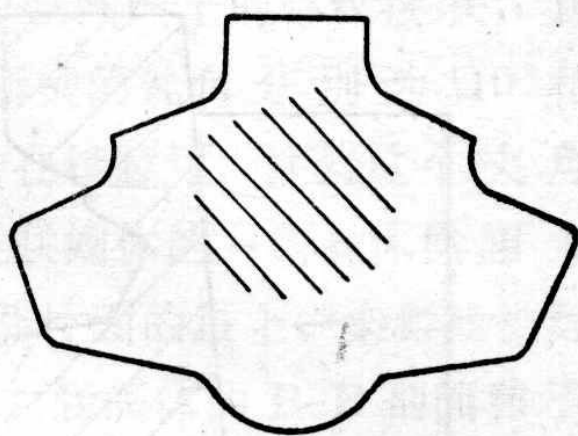


图6 体积粗大部分的“热节”

属液体飞溅沾壁的缺点，并且能合理的排出模膛中的气体。

2. 加压部位的确定 如图1所示，所生产的四种高压阀体（三联阀体除外）其形状和结构上的共同点是几个体积粗大部分连在一根同轴线的圆柱体上。这种体积粗大部分的阴线部位（如图6），是金属液体最后凝固的“热节”，有可能形成缩孔和疏松，为了使所加压力及压缩液柱的位移能直接影响这个部位，应该使这个部位直接置于压力冲头之下。

四、锻件图的设计

1. 分模面的确定 分模面除按锻模设计的原则应使模膛具有最小的深度，以便利工件脱模外，还应根据液态模锻的工艺特点及浇注工艺来考虑。因此，根据确定的加压部位及选用的底注法，采用如图7所示的垂直分模，且把连接各分浇道的横浇道设置在独立底板上的有三个部分组成的液态锻模。因为直浇道和连接工件各体积粗大部分的分浇道，其

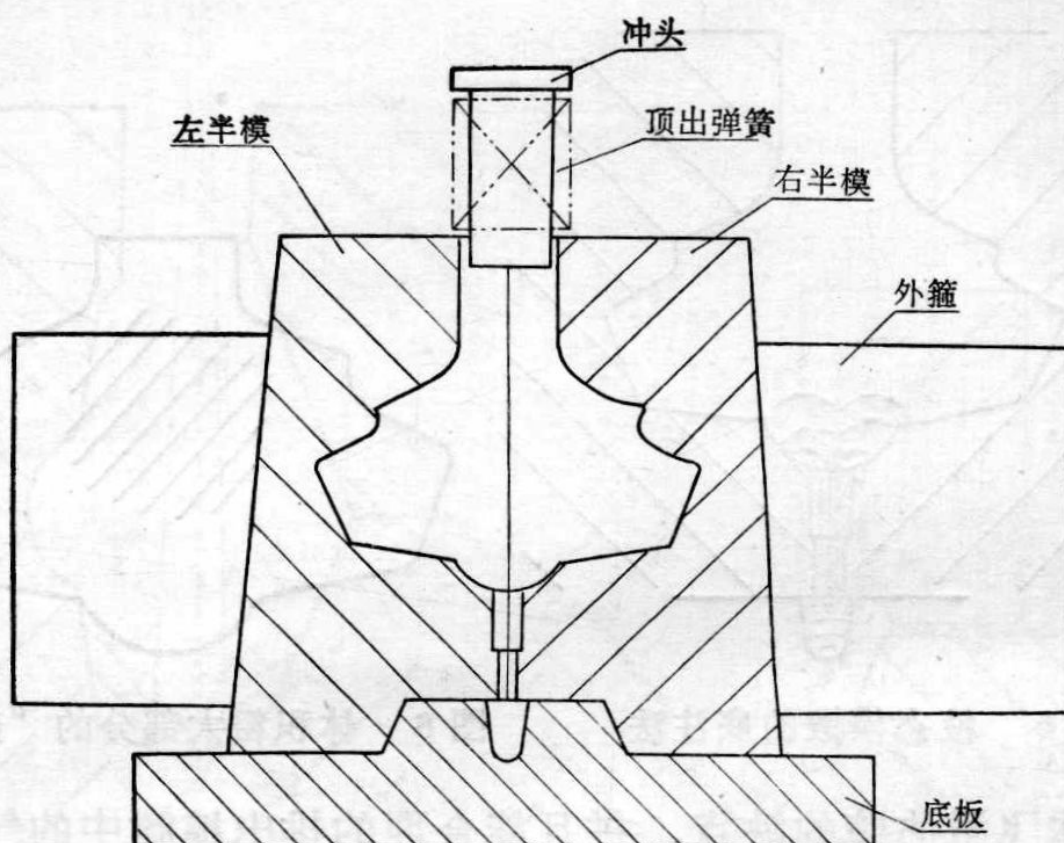


图7 液态锻模的结构

截面积相对于体积粗大部分是极小的，这部分的金属液体将最先凝固，而使整个模膛成为一个“密闭容器”。

2. 加工余量 金属模锻件的表面光洁度高、组织致密，因此各阀体的主轴圆柱面及各体积粗大部分的非配合面，都可考虑不给加工余量。其它部分的加工余量为：

- (1) 配合面 3~4 毫米；
- (2) 螺纹接头直径 6 毫米，端面 4 毫米；
- (3) 主轴圆柱两端各 5 毫米。

3. 工艺余量 如六联阀体其主轴圆柱直径仅 52 毫米，工件重量亦仅 77 公斤，考虑到这样的小体积，金属液体凝固快，不利于工件各部分的“压实”，故把其主轴圆柱直径加大为 60 毫米。基于同样的考虑，五联阀体的主轴圆柱直径 72 毫米，取为与其端头一样，为 76 毫米。为了防止冲头可能

压入工件，在加压孔部位放高了 15~20 毫米的余量。

4. 脱模斜度 一般取为 6° 。如十四联阀体其体积粗大部分截面形状复杂，脱模斜度从模膛的最深点至分模面取 6° 。又十四联阀体的 B-B 和 C-C 剖面图上的螺纹接头，其圆柱面的最底一根素线与分模线所夹的钝角分别为 110° 和 $112^\circ 30'$ ，为了不使工件因此而卡在模膛里，应使这个夹角等于或小于 84° 。五联、六联和三联阀体的一些与体积粗大部分成直角相交的螺纹接头，其圆柱面的最上一条素线被远大于 6° 的斜线所取代（如五联、六联阀体的 B-B 剖面和三联阀体的 D-D 剖面等），为的是减小来自其垂直方向的压力传递的阻力。

5. 圆角半径 在加压方向转折至模膛最深处的部位，采用了尽可能大的圆角半径，以减小压力传递的阻力（如三联阀体的右螺纹接头，五联阀体左端的三个螺纹接头和六联阀体左端的螺纹接头等），亦有利于这些“死角”内气体的排出。一般截面转折处圆角半径取 $R = 5$ 毫米，主轴圆柱面与体积粗大部分相交处的圆角半径取 $R = 10$ 毫米。

6. 机械性能试棒 按原图纸对锻件的技术要求，工件应取机械性能试样作拉力试验，以测定抗拉强度 σ_B (45 公斤/厘米²) 及延伸率 δ (25%)，并对成品零件用液压 300 公斤/厘米² 进行材料强度和紧密度试验。现在图纸的技术要求对成品零件仅要求用液压 300 公斤/厘米² 进行材料强度和紧密度试验。这后者的技术要求对这种高压阀体来说是合理的。在模具尺寸允许的情况下，在五联阀体的右端加放了 50 毫米试棒余量，备作横向机械性能试验，以资参考。

7. 镍黄铜 (HNi56-3) 液态模锻件的收缩量取为 1%。

五、模具的设计

1. 模具材料的选用 根据模锻和压铸工艺来考虑,模具材料需要采用 5CrMnMo 或 3Cr2W8V 合金模具钢。模具毛坯如果是锻造,就需要大量的机械加工来成形模膛。如果是铸造,大体积的模块难免有疏松等的缺陷。至于模膛,如果直接铸出,其表面很粗糙,亦还需要大量的机械加工。就在这着手试验的关键时刻,研制小组成员遵循毛主席关于“**打破洋框框,走自己工业发展道路**”的教导,大胆提出了用合金球墨铸铁制造模具。这样不但原材料成本低,而且球墨铸铁件表面光洁度远比铸钢件高,可以直接把模膛铸出来,再经过砂轮打磨就可使用。实践证明了合金球墨铸铁能够被选用作铜合金高压阀体小批投产液态模锻的模具材料。

四个炉号用稀土镁硅铁合金处理的球墨铸铁的化学成分,机械性能和金相组织见表 1 和表 2。模具浇铸后作正火处理,加热至 $850 \pm 10^{\circ}\text{C}$ 保温 6~7 小时后空冷,以消除碳化物,增加强度。

2. 模具的结构 如图 7 所示,高压阀体液态模锻主要由左、右两半模,底板,外箍,冲头和顶出弹簧等五大件组成。

(1) 模具的定位 采用相对分模面对称偏心 5 毫米的 $\phi 30 \times 60$ 的两个圆柱销作长度方向的定位。圆柱销和孔选用过渡配合 A3/gb3。高度方向是借两半模合拢后,镶入具有 10° 斜度高 50 毫米斜肩的底板达到定位的。底板与两半模斜肩的配合取动配合 A4/d6,最大间隙为 0.5 毫米。

表1 稀土镁硅铁合金处理的球墨铸铁的化学成分和机械性能^①

炉次	C	Si	Mn	S	P	Mo	Cu	σ_B (公斤/毫米 ²)	$\sigma_{0.2}$ (公斤/毫米 ²)	δ (%)	α_K	H_B
261-5	3.10	2.37	0.76	0.026	0.080	0.28	0.50					
268-5	2.89	2.92	0.83	0.021	0.080	0.25	0.52	77.4	56.0	6.3	2.5~4.1	269
268-5-1 ^②	"	"	"	"	"	"	"	60.1	50.4	3.3	1.4	219
								62.5	50.9	3.6	2.8	
271-5	2.68	2.98	0.78	0.039	0.090	0.23	0.57	82.1	56.6	8.0	2.7~4.1	260
275-5-1	2.78	2.70	0.75	0.029	0.116	0.34	0.53	60.3	45.8	9.6	7.1~7.4	209

① 上述分析的C含量不易做正确,实际C含量还要高,用稀土镁硅铁合金处理的球墨铸铁一般碳当量应为 $[C + \frac{1}{3}(Si + P)] \% \geq 4.3\%$,即属共晶或过共晶铸铁经处理而得;

② 为大截面试棒所得机械性能,其尺寸为150×100×400(毫米),其余试棒尺寸仅15×100×250(毫米)。

表2 稀土镁硅铁合金处理的球墨铸铁的金相组织

炉次	球化类型	石墨大小	珠光体	渗碳体
261-5				
268-5	球状 1A	小	≈85%	无
268-5-1	球状 1B	"	放射状≈50%	"
271-5	球状 1A	"	≈90%	
275-5-1	球状+团状1B	—	珠光体30~40%	无

(2) 两半模的紧固 两半模采用斜面和外箍紧固。外箍为55[#]铸钢。干燥状态下铸铁与铸钢的摩擦系数 $\mu = 0.1 \sim$

0.15, 根据斜面上摩擦的自锁条件:

斜面角 $\delta \leq$ 摩擦角 φ

$\operatorname{tg} \varphi = \mu$, 取 $\mu = 0.15$, 则 $\varphi = 8^{\circ}30'$

取 $\mu = 0.1$, 则 $\varphi = 5^{\circ}48'$

选斜面角 $\delta = 7^{\circ}$ 。

工件在分模面上的投影面积约 $16,700$ 毫米², 冲头的压应力为 22.6 公斤/毫米², 则模具受压时的张力 $P = 1.67 \times 10^4 \times 2.26 \times 10 = 3.78 \times 10^6$ 公斤。

半模侧面的接触面积 $F = 3.5 \times 2.0 \times 4 \times 10^4 = 2.8 \times 10^5$ 毫米², 则半模侧面的挤压应力为 $\sigma_{cm} = \frac{P}{F} = 3.78 \times 10^6 / 2.8 \times 10^5 = 1.35 \times 10$ 公斤/毫米² $= 13.5$ 公斤/毫米²。

合金球墨铸铁和 55[#] 铸钢的许可挤压应力分别为 $12 \sim 15$ 公斤/毫米² 和 $14 \sim 17$ 公斤/毫米²。

(3) 冲头与加压孔的间隙 这个间隙过大会导致生成包住冲头的一圈纵向飞边, 妨害顺利液压。实际间隙量选用 $0.3 \sim 0.4$ 毫米。

(4) 溢流槽 液体金属的定量在熔炼时总有出入, 因此要增加一定的熔炼重量, 而这部分增加的液体金属, 又要在整个模膛被充满后溢出, 故采用了溢流槽。每个加压孔都设置溢出槽, 它具有如下的作用:

- ① 模膛内金属量一定;
- ② 冲头可在浇注前固定;
- ③ 最先进入模膛而温度较低的一部分液体金属被排出, 保证了冲头下液体金属具有尽可能高的温度, 以利加压;
- ④ 溢流槽有利于模膛内气体的排出。

溢流槽采用各侧面有 7° 斜度和 $R30$ 圆角半径, 以便在

液压一个工件后，取除这些溢流槽内的金属块。

(5) 合金球墨铸铁的收缩量取为 1%。

(6) 过滤网 为了尽可能避免杂质进入模膛，在横浇道始端设置了过滤网。过滤网具有 $\phi 6$ 孔 71 个， $\phi 4$ 孔 8 个，总面积为 2100 毫米²，略小于横浇道的 2340 毫米²。

(7) 顶出弹簧 冲头的最大重量约 10 公斤，选用 $\phi 10$ 的 60Si2A 钢丝作的弹簧，具有 234 公斤的工作负荷，一般在卸压后即能将弹簧顶出。

(8) 工件的脱模 当在模具两端分别插入圆钢 $\phi 70 \times 200$ 和 $\phi 50 \times 200$ 各两根，把 $\phi 40$ 的圆钢插入底板的相应孔内，用斜楔嵌入模膛浅的半模与 $\phi 40$ 圆钢之间，然后用尖劈随水压机行程向下，因 $\phi 70$ 和 $\phi 50$ 圆钢受力，而将模膛深的半模与工件脱离，待此半模被 $\phi 40$ 圆钢抵住而止。把原先嵌入的斜楔卸去，尖劈继续下行，模膛浅的半模即与工件脱离。

六、液态模锻的工艺参数

1. 压力机吨位的选择 参照兄弟厂的经验，我们选用的水压机压力 $P = 600$ 吨。对于有七个体积粗大部分的十四联阀体，每个冲头的压力为

$$P_{14} = P/7 = 600 \text{ 吨} / 7 = 85.6 \text{ 吨}。$$

选冲头直径 $d_{14} = 70$ 毫米，其面积 $F_{14} = \frac{\pi}{4} d_{14}^2 = 0.785 \times (70)^2 = 3.84 \times 10^3$ 毫米²。

则单位压力 $p_{14} = P_{14}/F_{14} = 8.56 \times 10^4 / 3.84 \times 10^3 = 22.6$ 公斤/毫米²。

对于五联阀体，每个冲头的压力为

$P_5 = 600 \text{ 吨} / 5 = 120 \text{ 吨}$ ，取单位压力与十四联阀体相同，则

五联阀体的冲头面积为

$$F_5 = P_5 / p_5 = 1.20 \times 10^5 / 2.26 \times 10 = 5.3 \times 10^3 \text{ 毫米}^2$$

则五联阀体冲头直径

$$d_5 = \sqrt{F_5 / 0.785} = \sqrt{5.3 \times 10^3 / 0.785} = 81 \text{ 毫米}$$

定五联阀体冲头直径为80毫米。

对于合在一个模块的六联和三联阀体，定两个三联阀体的冲头直径为 $d_3 = 70 \text{ 毫米}$ ，其压力 $P_3 = 85.6 \text{ 吨}$ ，则六联阀体的总压力为 $P - 2P_3 = 600 - 170 = 430 \text{ 吨}$ ，则六联阀体每个冲头的压力 $P_6 = 430 / 6 = 71.7 \text{ 吨}$ ，当单位压力 p_6 亦取 22.6 公斤/毫米^2 时，其冲头面积应为 $F_6 = P_6 / p_6 = 7.17 \times 10^4 / 2.26 \times 10 = 3.17 \times 10^3 \text{ 毫米}^2$ ，则

$d_6 = \sqrt{F_6 / 0.785} = \sqrt{3.17 \times 10^3 / 0.785} = 65 \text{ 毫米}$ ，定六联阀体冲头直径为65毫米。

因机加工刀具的限制，实际冲头与加压孔的尺寸如表3。

表3 冲头与加压孔的尺寸

阀 体	加 压 孔	冲 头
十四联、三联阀体	$\phi 72^{+0.16}_{-0.10}$	$\phi 71.8^{-0.05}$
五联阀体	$\phi 80^{+0.17}_{+0.14}$	$\phi 79.8^{-0.05}$
六联阀体	$\phi 66^{+0.06}_{+0.03}$	$\phi 65.7^{-0.05}$

2. 金属熔炼重量的决定 金属熔炼重量 $G = \text{工件重量 } G_{\text{工}} + \text{压缩液柱 } G_{\text{柱}} + \text{直浇道 } G_{\text{直}} + \text{横浇道 } G_{\text{横}} + \text{分浇道 } G_{\text{分}} + \text{溢出金属 } G_{\text{溢}}。$