

ICS 25.120.30

CCS J 46



T

团体标准

T/CI 535—2024

铝合金液态模锻模具技术条件

Technical conditions of molten metal die forging mold for aluminum alloy

2024 - 09 - 29 发布

2024 - 09 - 29 实施

中国国际科技促进会

发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 一般规定 3

 4.1 液锻模的分类 3

 4.2 液锻模的结构组成 3

 4.3 铭牌和标识 6

5 技术要求 7

 5.1 液锻模零件 7

 5.2 型腔结构和尺寸 7

 5.3 排气道结构和尺寸 8

 5.4 溢流槽位置、结构和尺寸 10

 5.5 流道结构和尺寸 11

 5.6 压头与压室选用 11

 5.7 模具温度调控系统 12

 5.8 装配 13

 5.9 试模 13

 5.10 模具的维护和保养 13

6 试验方法 14

7 包装、运输和交付 14

参考文献 15

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国国际科技促进会提出并归口。

本文件起草单位：广州和德轻量化成型技术有限公司、北京交通大学、广州众山精密科技有限公司、肇庆市鑫兴模具制造有限公司、宁波孝方新材料科技有限公司、苏州大学、哈尔滨理工大学、华南理工大学、哈尔滨吉星机械工程有限公司、肇庆小鹏新能源投资有限公司、科欧瑞新材料技术（苏州）有限公司、广州立中锦山合金有限公司、凯盛精密科技（广州）有限公司、广州和德智能装备制造有限公司。

本文件主要起草人：石洪伟、邢书明、吕建钢、叶细荣、叶安荣、张海、吉泽升、胡茂良、赵海东、杨卫、柯希富、陈伟香、西守、范卫忠、向平、郑玉坤、赵志刚、汪长勤、刘彬彬、肖亚军、谢德强、钟志豪、岳涛、范卫忠、高凯、李谷南、何贵举、石和强、张誉献。

铝合金液态模锻模具技术条件

1 范围

本文件规定了铝合金液态模锻模具的技术要求、试验方法、包装、运输和交付。
本文件适用于铝合金液态模锻模具的设计、审核、制造与验收。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分：试验方法
GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法
GB/T 1173 铸造铝合金
GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分：试验方法
GB/T 4678（所有部分） 压铸模 零件
GB/T 5611 铸造术语
GB/T 8541 锻压术语
GB/T 8844—2017 压铸模 技术条件
GB/T 8845 模具 术语
GB/T 34565.1 热作模具钢 第1部分：压铸模具用钢

3 术语和定义

GB/T 5611、GB/T 8541和GB/T 8845界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

液态模锻 molten metal die forging; MMDF

对熔融金属加压充型，并在高压持续作用下冷却凝固成形的一种零件成形技术。

注1：简称液锻。

注2：既是一种特种锻造技术，也是一种特种铸造技术，在铸造领域称为挤压铸造。

3.2

液态模锻模具 die for molten metal forging

液态模锻中，用于成形工件的模具。

注：简称液锻模。

3.3

直接液锻 direct forging

压头对型腔内熔融金属直接加压的液态模锻。

3.4

间接液锻 indirect forging

压头对型腔以外的熔融金属加压的液态模锻。

3.5

复合液锻 composite forging

多个压头加压，有的压头直接作用在型腔内的熔融金属上，有的压头作用在型腔以外的熔融金属上的液态模锻。

3.6

液锻件 molten metal die forging parts

利用液态模锻技术成形的工件。

3.7

工艺出品率 process yield rate

每模液锻件的质量占浇注合金液质量的百分比。

3.8

合格率 pass rate

量产条件下, 一个生产周期内所得合格液锻件数占生产总件数的百分比。

3.9

动模 moving die

随液锻机的模具安装板运动、实现开合模的模具部分。

3.10

定模 fixed die

不随液锻机的模具安装板运动的模具部分。

3.11

型腔 cavity

动模和定模闭合后, 用于成型液锻件的空腔。

3.12

投影面积 projected area

型腔、流道、溢流槽、集渣槽等熔融金属填充空间在垂直于锁模力方向平面投影的面积总和。

注: 锁模力指为保证液锻过程动模和定模始终紧密贴合不分离, 液锻机施加在模具上的力。其数值一般大于液锻比压与投影面积乘积的1.2倍。液锻比压指充型结束后, 压头作用在熔融金属上产生的压强, 其大小等于压头施加的压力与压头横截面积的比值。

3.13

线收缩率 linear contraction

液锻件从固相线温度冷却至室温, 线尺寸的相对收缩率, 用公式(1)计算。

$$E = (L_1 - L_2) / L_2 \times 100 \quad (1)$$

式中:

E ——线收缩率, %;

L_1 ——型腔尺寸, 单位为毫米(mm);

L_2 ——液模件毛坯尺寸, 单位为毫米(mm)。

3.14

体收缩率 volume contraction rate

液锻件从浇铸温度冷却至室温, 体积的相对收缩率, 用公式(2)计算。

$$D = (V_1 - V_2) / V_2 \times 100 \quad (2)$$

式中:

D ——体收缩率, %;

V_1 ——液模件在浇铸温度下的体积, 单位为立方米(mm^3);

V_2 ——液模件在室温下的体积, 单位为立方米(mm^3)。

3.15

脱模斜度 draft

为了将液锻件和工艺余料顺利脱模取出, 沿脱模或抽拔方向上设计的斜度。

3.16

压室 pouring chamber

间接液锻中, 用于容纳待液锻金属的圆筒形缸体。

注: 也称料筒。

3.17

压头 pressure head

将熔融金属推入模具型腔或对型腔内熔融金属直接加压的零件。

注1: 也称锤头。

注2: 包括主压头和分压头两种, 主压头是用来将压室内熔融金属推入型腔, 分压头用来对型腔内的熔融合金进行

局部加压。

3.18

流道 flow runner

熔融金属被压入型腔必须流经的通道。

注：分为主流道和支流道，主流道一端与压室连通，另一端与支流道或型腔连通；支流道一端与主流道连通，另一端与型腔连通。

3.19

排气道 exhaust system

为了排出型腔内的气体而设置的沟槽或孔道。

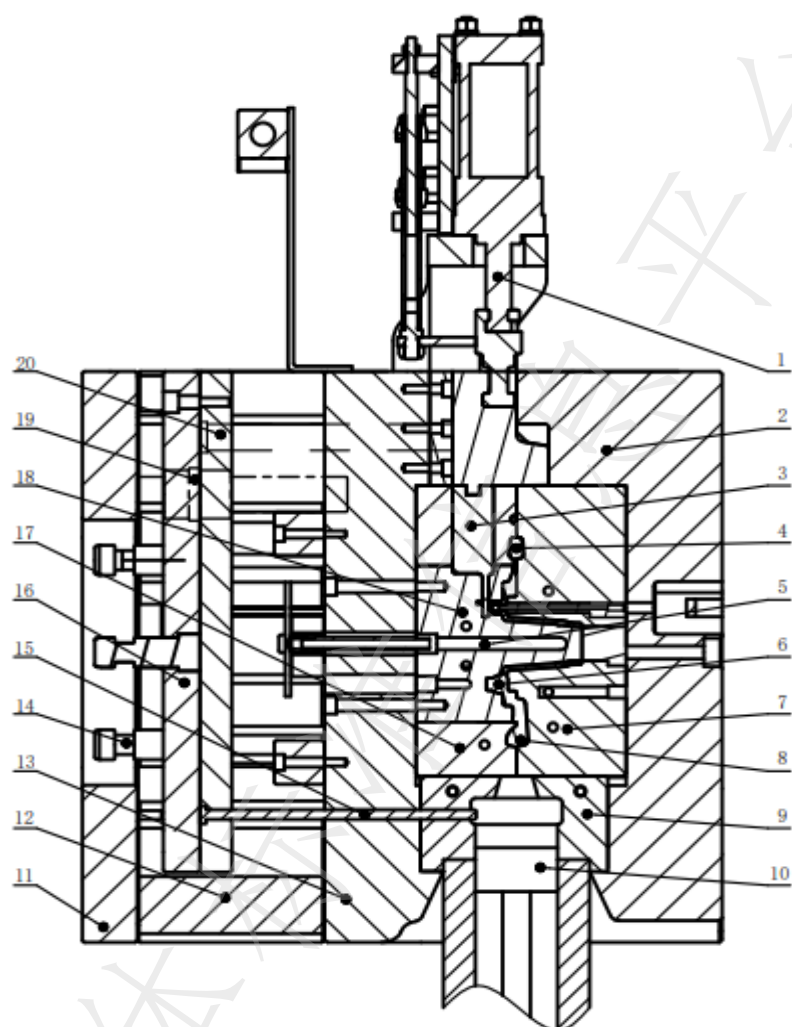
4 一般规定

4.1 液锻模的分类

根据液锻工艺类别不同，液锻模相应地分为间接液锻模、直接液锻模和复合液锻模三大类，分别用字母J、Z和F表示。每种液锻模都可有水平分模、垂直分模、倾斜分模等多种分模形式。

4.2 液锻模的结构组成

4.2.1 间接液锻模(J)的基本结构如图1所示。

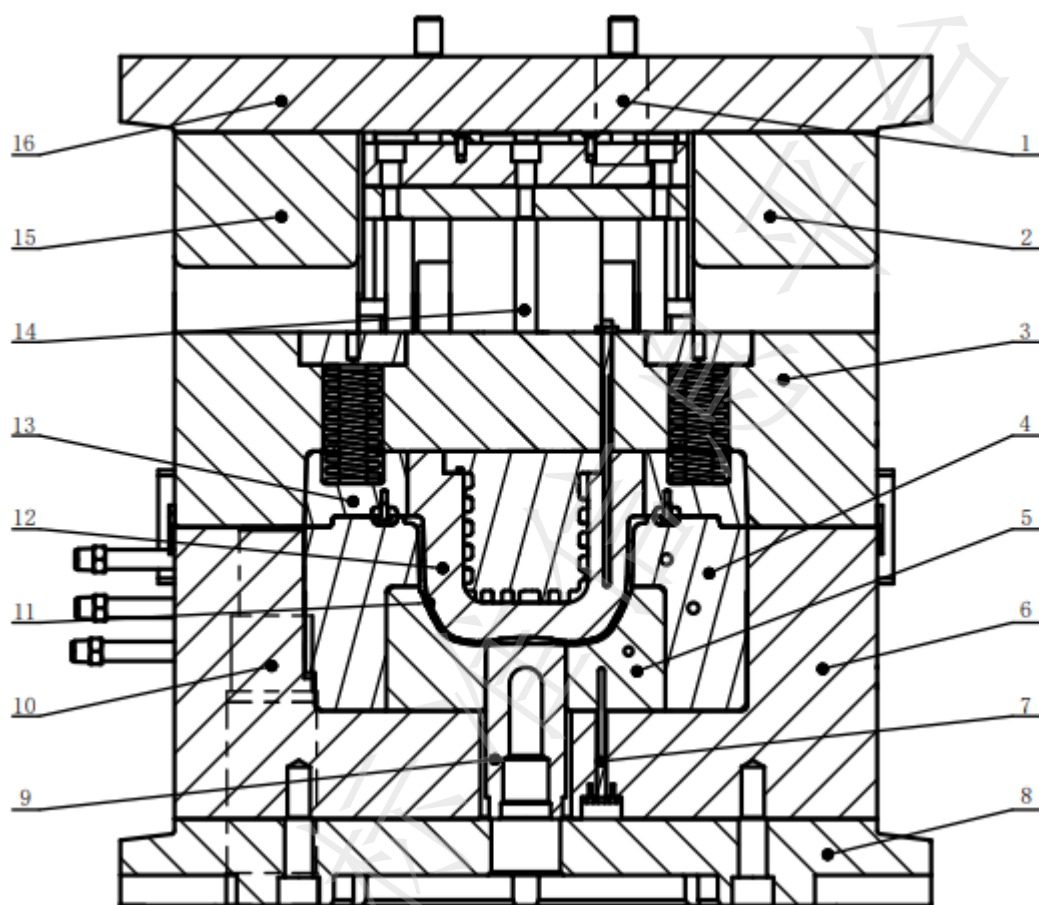


标引序号说明:

- 1——油缸;
- 2——定模套;
- 3——滑块;
- 4——排气道;
- 5——模温系统调控零件;
- 6——型腔;
- 7——定模芯;
- 8——流道;
- 9——浇口套;
- 10——压头;
- 11——动模座;
- 12——支撑板;
- 13——动模套;
- 14——拉杆;
- 15——推杆;
- 16——推板;
- 17——动模芯;
- 18——镶块;
- 19——导柱导套;
- 20——复位杆。

图1 间接液锻模 (J) 的基本结构

4.2.2 直接液锻模（Z）的基本结构如图 2 所示。

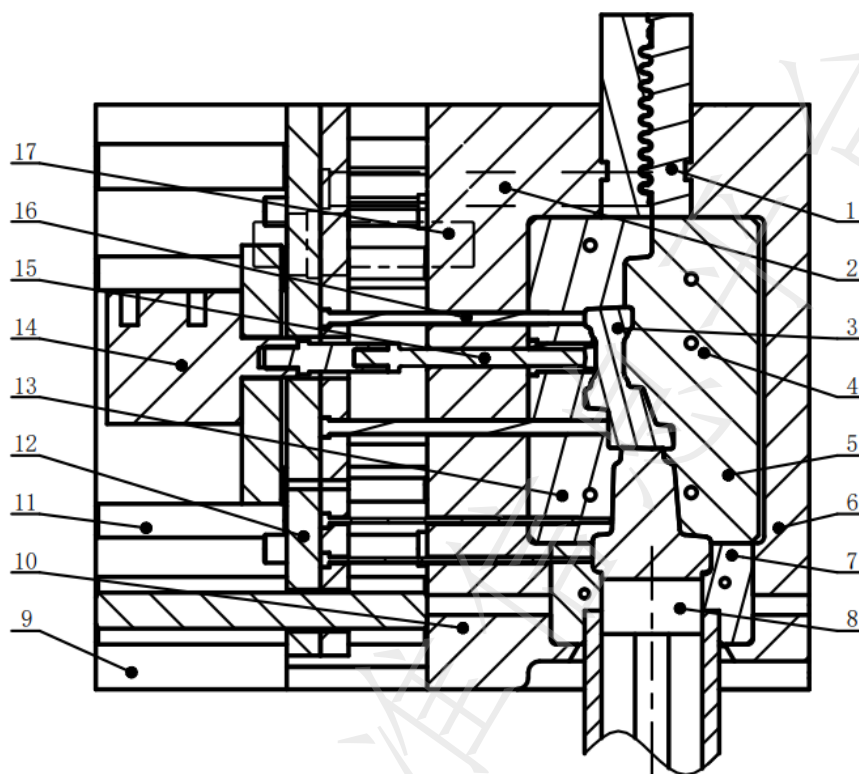


标引序号说明：

- 1——拉杆；
- 2——推板；
- 3——动模套；
- 4——定模芯；
- 5——镶块；
- 6——定模套；
- 7——模温系统调控零件；
- 8——定模座；
- 9——推杆；
- 10——导柱导套；
- 11——型腔；
- 12——压头；
- 13——动模芯；
- 14——复位杆；
- 15——支撑板；
- 16——动模座。

图2 直接液锻模（Z）基本结构

4.2.3 复合液锻模（F）的基本结构如图 3 所示。



标引序号说明：

- 1——排气块；
- 2——复位杆；
- 3——型腔；
- 4——模温系统调控零件；
- 5——定模芯；
- 6——定模套；
- 7——浇口套；
- 8——压头；
- 9——动模座；
- 10——动模套；
- 11——拉杆；
- 12——推板；
- 13——动模芯；
- 14——油缸；
- 15——型芯；
- 16——推杆；
- 17——导柱导套。

图3 复合液锻模（F）基本结构

4.3 铭牌和标识

4.3.1 铭牌

铭牌上应标明液锻件名称、模具类别代号和企业识别码。

示例：副车架 J-05，表示液锻件为副车架，模具类别是间接液锻模，模具生产企业代码为 05。

4.3.2 标识

每套模具应在铭牌上打印清晰的二维码，二维码可追溯模具设计人员、制造企业、材料及模温调控管路布局图和型腔简图等基本信息。

5 技术要求

5.1 液锻模零件

5.1.1 尺寸规格及其技术要求按照 GB/T 4678（所有部分）规定执行。

5.1.2 钢质液锻模零件所选材料应符合 GB/T 34565.1 规定的相应牌号的技术要求。

5.1.3 液锻模主要零件的推荐材料和技术要求如表 1 所示。

表1 液锻模主要零件技术要求

模具零件类别	选用材料	热处理硬度	关键技术要求
支撑固定零件	45, 50	HBW 250~280 (HRC 25~30)	
成型零件	4Cr5MoSiV1 (H13), 8418, SKD61	HRC45~48	a) 表面不应有裂纹、机械损伤和锈蚀等影响使用的缺陷; b) 热处理后表面应进行氧化、渗氮或物理气相沉积 (PVD) 处理, 渗氮层厚度0.05 mm~0.15 mm, 硬度900HV~1070HV
推出和复位零件	45, 50	HBW 250~280 (HRC 25~30)	
推杆、推管、推板	H13, 8418, SKD61	HRC 45~48	
抽芯零件	45, 50		
压室	4Cr5MoSiV1 (H13)	HRC 48~52	a) 表面不应有裂纹、机械损伤和锈蚀等影响使用的缺陷; b) 热处理后表面应进行氧化、渗氮或PVD处理, 渗氮层厚度0.05 mm~0.15 mm, 硬度900HV~1070HV
压头	4Cr5MoSiV1 (H13)、 铍青铜、铸铁	HRC 45~48	a) 表面不应有裂纹、机械损伤和锈蚀等影响使用的缺陷; b) 热处理后表面应进行氧化、渗氮或PVD处理, 渗氮层厚度0.05 mm~0.15 mm, 硬度900HV~1070HV
型芯、流道零件[导流块、浇口套]、排气块	4Cr5MoSiV1 (H13), 8418	HRC 48~52	a) 表面不应有裂纹、机械损伤和锈蚀等影响使用的缺陷; b) 热处理后表面应进行氧化、渗氮或PVD处理, 渗氮层厚度0.05 mm~0.15 mm, 硬度900HV~1070HV
注1: 支撑固定零件指定模座、动模座、定模套、动模套、支撑板、支撑柱、垫块等安装、支撑、固定模具的组成液锻模的一类零件。 注2: 成型零件指用来成型液锻件的模具零件, 包括模芯、型芯、镶块和拼块。 注3: 推出和复位零件指用来推出液锻件及工艺余料、使推板复位的零件, 包括拉杆、复位杆、限位钉、连接杆、推板垫圈等。 注4: 抽芯零件指用来进行型芯抽拉的模具零件, 包括斜销、弯销、滑块、导板、限位块、楔紧块、耐磨板、油缸。 注5: 大型模具取硬度下限。			

5.2 型腔结构和尺寸

5.2.1 型腔尺寸要在液锻件线尺寸基础上加上线收缩量, 按公式 (3) 计算。常见铝合金的线收缩率见表 2。

$$\text{型腔线尺寸} = \text{液锻件线尺寸} \times (1 + \text{线收缩率}/100) \dots\dots\dots (3)$$

表2 常见液态模锻合金的线收缩率选用表

铝合金代号 (按照GB/T 1173中合金代号编排)	自由线收缩率/%	推荐的液锻件线收缩率/%
ZL101, ZL101A	1.0	0.5~0.7
ZL102	0.8	0.3~0.6
ZL103	1.1	0.4~0.7
ZL104	0.84	0.2~0.4
ZL105	0.96	0.35~0.65
ZL114, ZL114A	0.95	0.4~0.7
ZL201	1.25	0.6~0.9
ZL202	1.25	0.6~0.9
ZL203	1.40	0.8~1.1
ZL205A	1.24	0.6~0.9

铝合金代号 (按照GB/T 1173中合金代号编排)	自由线收缩率/%	推荐的液锻件线收缩率/%
ZL301	1.30	0.8~1.0
ZL302	1.20	0.6~0.9
ZL303	0.97	0.4~0.7
ZL401	1.0	0.5~0.7
ZL402	—	0.5~0.7
2A14	—	0.5~0.7
2A50	—	0.5~0.7
2024	—	0.6~0.8
6013	1.40	0.7~0.9
6061	1.42	0.8~1.0
6066	1.44	0.8~1.0
6082	1.45	0.8~1.0
6A02	1.43	0.8~1.0
7005	—	0.8~1.0
7055	—	0.8~1.0
7075	—	0.8~1.0
注：根据液锻件复杂程度，参考自由线收缩率取具体值。		

5.2.2 液锻件型腔应留有脱模斜度。液锻件内壁最大脱模斜度推荐值见表 3，外侧壁的脱模斜度不应大于表 3 规定的 1/2。

表3 液锻件模腔的最大脱模斜度

脱模高度（长度）/mm	最大内壁脱模斜度	最大外壁脱模斜度
≤3	5°30′	2°15′
>3~10	3°30′	1°45′
>10~30	1°45′	0°52′
>30~50	1°30′	0°45′
>50~80	1°15′	0°37′
>80~120	1°	0°30′
>120~180	0°45′	0°23′
>180~250	0°30′	0°15′

5.2.3 型芯应留有脱模斜度。圆型芯的最大脱模斜度推荐值如表 4 所示。

表4 型芯的最大脱模斜度推荐值

脱模高度（长度）/mm	圆型芯最大脱模斜度	异形型芯最大脱模斜度	备注
≤3	4°	4°30′	a) 文字符号的脱模斜度取 15°~20°； b) 未注明斜度方向时，按减小液锻件壁厚方向留斜度
>3~10	2°30′	2°45′	
>10~30	1°45′	2°	
>30~50	1°15′	1°30′	
>50~80	1°	1°15′	
>80~120	0°45′	1°	
>120~180	0°30′	0°45′	
>180~250	0°30′	0°30′	

5.2.4 液锻件不加工面的型腔表面粗糙度推荐值 Ra 3.2~6.3。

5.2.5 型腔的尺寸公差应小于 ± 0.1 mm。

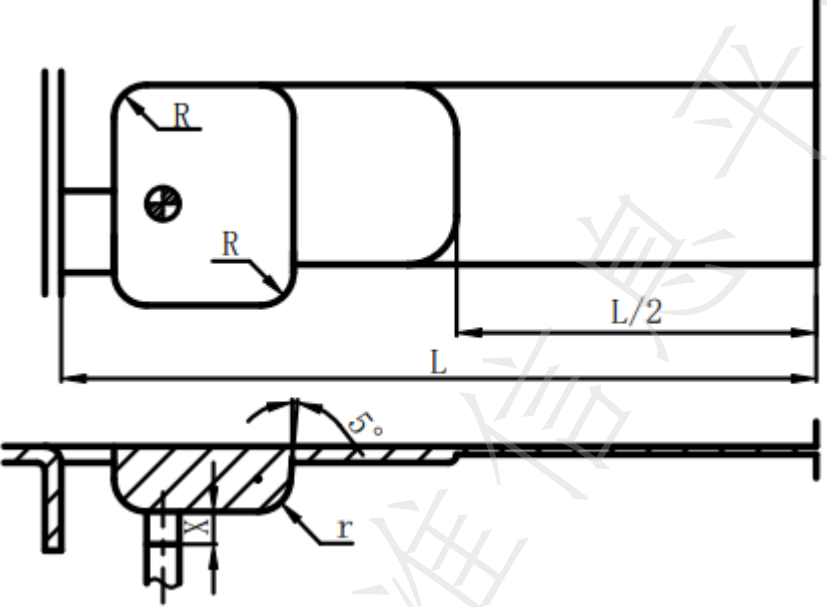
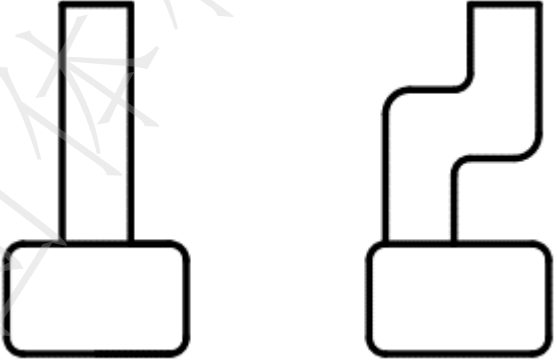
5.2.6 型腔转接圆弧内圆角不应小于 $R1.5$ ；未注圆角半径 $R0.2$ mm~ $R1.0$ mm，成型面与分模面或与型芯、推杆等配合的交接边缘不准许倒角或倒圆。

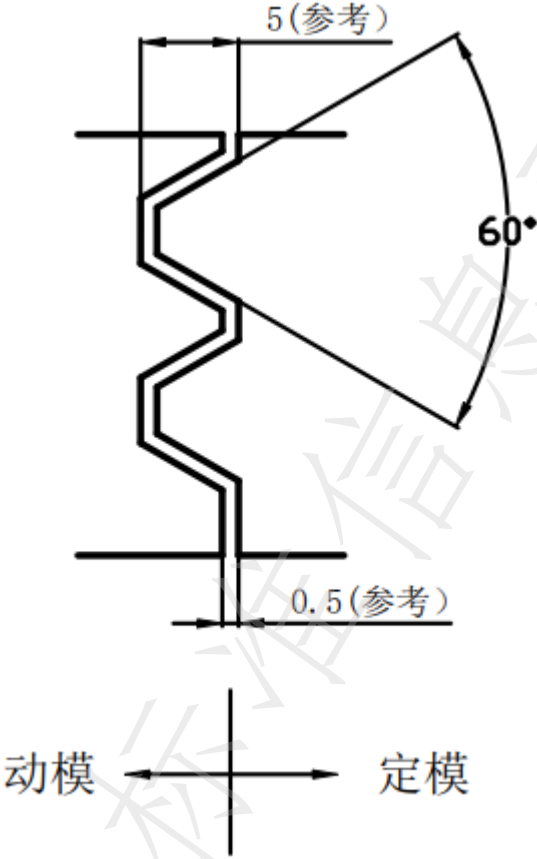
5.3 排气道结构和尺寸

5.3.1 液锻模应设有足够的排气道。排气道可设在分模面上，也可设在专门排气块上。

5.3.2 分模面上的排气道设置在溢流槽的后端，结构包括从模腔直接引出、从溢流槽引出及与排气块连通 3 种结构，具体如表 5 所示。

表5 排气道结构类型及关键尺寸

分模面上排气道的结构类型	示意图	位置及关键尺寸
直通式		与溢流槽后端连通，排气道与溢流口错开；近溢流槽处深度大，远离溢流槽后深度变浅
曲折式（自然排气）		与模腔直连，末端深度 ≤ 0.20 mm

分模面上排气道的结构类型	示意图	位置及关键尺寸
与模腔直连的排气块上设波纹型排气道		末端深度 ≤ 0.5 mm; 斜度 $\geq 20^\circ$; 齿高 5 mm ~ 10 mm; 齿数 $\geq 7 \sim 9$, 液锻件投影面积大者取大值

5.3.3 分模面上的排气道总横截面积 A_g 与内浇口截面积总和的比 0.05~0.15。排气道的尺寸应能排气但能阻止铝合金液喷出。每个排气道与模腔连接处的深度 0.10 mm~0.15 mm，宽度 10 mm~25 mm；离开模腔 30 mm 后，排气槽深度可加大为 0.3 mm~0.4 mm。

5.4 溢流槽位置、结构和尺寸

5.4.1 溢流槽的位置

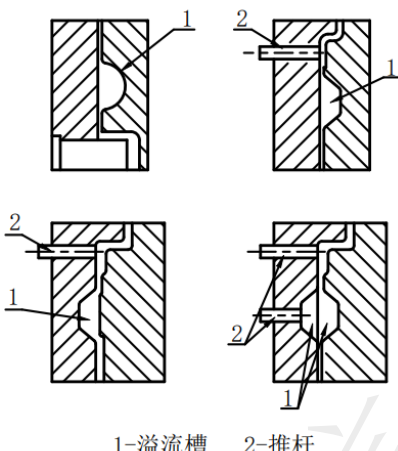
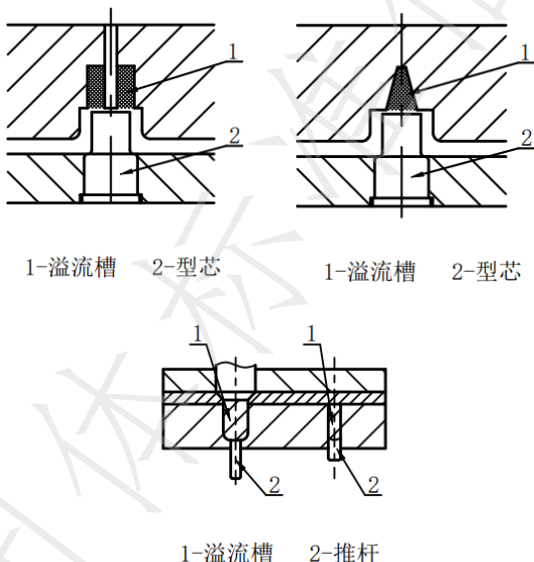
液锻模应设置溢流槽。溢流槽主要设在金属液汇流处、最后充填位置、工件局部厚大处、金属液最先冲击的位置和内浇口的两侧等位置。

溢流槽宜设置在分模面上，有型芯和滑块时也可设在型芯内和滑块上。

5.4.2 液锻模溢流槽的典型结构

溢流槽的典型结构类型见表6。溢流槽与液锻件模腔的连通段（称为溢流口）厚度1.5 mm~2.0 mm，液锻件壁厚大的取大值。

表6 推荐的溢流槽结构和关键尺寸

溢流槽的结构类型	示意图	形状和关键尺寸	使用范围
设置在分模面上的溢流槽	 1-溢流槽 2-推杆	梯形或圆形。其容积占相邻模腔容积的比例3%~6%	常用
型腔内部的溢流槽	 1-溢流槽 2-型芯 1-溢流槽 2-型芯 1-溢流槽 2-推杆	形状为环形、柱形和锥形	有型芯阻碍液流充填的情况

5.5 流道结构和尺寸

5.5.1 主流道

主流道设在浇口套上。主流道上应设有集渣槽，其轮廓尺寸大于主流道轮廓。

主流道的截面宜取扁梯形截面，锤头截面积与内浇口截面积的比值2~10，确保内浇口熔融金属的流速小于2000 mm/s；内浇口厚度与型腔对应深度的比值取0.6~0.9。

5.5.2 支流道

多腔间接液锻模及大型复杂液锻模推荐使用支流道。支流道截面宜为圆形、扁圆形或腰圆形状。其横截面积总和与内浇口截面积总和之比1.2~1.5。

5.5.3 内浇口

内浇口应设在液锻件壁厚较大、凝固时间较长、便于切割打磨的位置，其要满足液锻件、内浇口、支流道（主流道）到压室（料饼）凝固顺序。

5.6 压头与压室选用

5.6.1 压室选用

压室是液锻机的附件，与液锻模的浇口套相匹配。应根据液锻件大小和浇注量选择压室规格。压室的关键参数包括内径、外径和高度。

压室的内直径应满足液柱高度与直径的比值 ≤ 2.5 的要求；压室高度 $\geq$ 最大液柱高度+飞溅高度60 mm+底部封料高度30 mm；压室壁厚30 mm~50 mm。

5.6.2 压室控温

压室应设有温度调控措施，确保压室的工作温度220℃~350℃。

5.6.3 压头

主压头的材质与压室相同，也可选用比压室热膨胀系数小的其他钢铁材料。室温下主压头与压室的单边间隙推荐值0.05 mm~0.10 mm。

分压头的直径根据局部补缩部位体积大小确定，分压头的压缩行程 $h=5$ mm~20 mm，其直径大小应大于公式（4）计算的值：

$$D = \varepsilon_v V_b / A \quad (4)$$

式中：

ε_v ——合金的体收缩率，%，常用铝合金的体收缩率见表7；

V_b ——补缩部位的体积；

A ——分压头的横截面积。

表7 常见铸造铝合金的体收缩率 ε_v

铝合金代号 (按照GB/T 1173中合金代号编排)	体收缩率/%
纯铝	6.5
ZL101, ZL101A	3.7~4.1
ZL102	3.0~3.5
ZL103	4.0~4.3
ZL104	3.2~3.5
ZL105	4.5~4.9
ZL114, ZL114A	3.75~4.15
ZL201	6.0~6.5
ZL202	6.0~6.5
ZL205A	6.0~7.0
ZL203	6.0~6.8
ZL301	4.8~6.9
ZL302	4.5~4.7
ZL303	6.2~7.0
ZL401	4.0~4.5
ZL402	4.0~4.5
6013	6.6~7.5
6061	6.8~7.7
6066	6.8~7.7
6082	6.6~7.5
6A02	6.6~7.5
7005	6.0~7.8
7055	6.0~7.8
7075	6.0~7.8

5.7 模具温度调控系统

5.7.1 液锻模应设配置模温调控系统。模温调控系统包括冷却和加热双向调控。

5.7.2 冷却方式应首选水道冷却，水道直径推荐 $\varnothing 8$ mm, $\varnothing 10$ mm, $\varnothing 12$ mm。加热方式优先选用油介质

模温机加热，油道直径推荐 $\varnothing 8$ mm, $\varnothing 10$ mm, $\varnothing 12$ mm。

5.7.3 冷却水道和油道距型腔壁的净距离 20 mm~25 mm，水道或油道间的净距离 30 mm~50 mm。

5.7.4 水道和油道布局不应破坏自远端向流道的凝固顺序。

5.7.5 水压 10MPa 左右的高压点冷应设置在独立的镶块上，其净壁厚 3 mm~5 mm；常规点冷可设在模具本体上，净壁厚 10 mm~15 mm。

5.8 装配

5.8.1 动模与定模的分模面在合模状态时应紧密贴合，红丹面积不小于 90%。

5.8.2 模具分模面对定模、动模座安装平面的平行度应符合 GB/T 8844—2017 中表 7 的要求。

5.8.3 导柱、导套对定模座、动模座安装面的垂直度应符合 GB/T 8844—2017 中表 8 的要求，导柱导套与分模面之间的垂直度允许误差在 200 mm 长度内不应超过 0.05 mm。

5.8.4 在合模位置，复位杆端面应与其接触面贴合，允许有不大于 0.08 mm 的间隙。

5.8.5 模具所有活动部分应保证位置准确、动作可靠，不应有歪斜和卡滞现象。所有固定零件不应有窜动现象。

5.8.6 模具零件拼接处应密合，流道转弯处应光滑连接。

5.8.7 滑块运动应平稳，合模后滑块与楔紧块应压紧，接触面积不应小于 3/4，开模后限位应准确可靠。

5.8.8 调温管道应畅通，不允许有渗漏现象，进出口应有明显标识，上下模醒目位置分别设管道布置图。

5.8.9 模具应设吊环螺钉，确保安全吊装。起吊时模具应平稳，便于装模。

5.8.10 模具应设防喷溅护板，护板宽度不小于 20 mm。护板为钢板，厚度不小于 4 mm。

5.8.11 分模面上的镶块应保持密合；局部地方的间隙不应超过 0.05 mm。

5.8.12 镶块不应低于模套平面，应高出套板平面 0.3 mm~0.5 mm。

5.8.13 推杆在推杆固定板中应能灵活转动，轴向间隙不大于 0.10 mm。

5.8.14 压室与压头的装配同轴度允许公差小于或等于 5 级。

5.9 试模

5.9.1 模具的试模分热试和冷试两步进行。冷试模应在出厂前完成，热试模宜在生产现场按照液锻工艺规程进行，大型复杂模具应在出厂前热试合格后再交付。模具热试不大于 10 模次应能生产出合格液锻件，且工作稳定、可靠、顺畅。

5.9.2 试模通过后，连续生产 8h，应满足表 8 要求。

表8 试模的工艺出品率和合格率要求

工艺类别	工艺出品率= $\frac{\text{每模的液锻件毛坯重量}}{\text{每模的铝合金总重量}} \times 100, \%$	合格率= $\frac{\text{合格液锻件数}}{\text{生产的总件数}} \times 100, \%$
直接液锻	≥ 85	≥ 98
间接液锻	≥ 50	≥ 98
复合液锻	≥ 70	≥ 98
注：合格液锻件是指同时满足如下条件的液锻件： a) 成形完整无残缺； b) 尺寸符合毛坯图纸要求； c) 热处理后无鼓泡； d) 内部缺陷满足产品图纸或供需双方签署的合同要求，没有明确要求时，默认内部缺陷合格。		

5.10 模具的维护和保养

5.10.1 模具去应力退火

模具使用一定模次后，应进行消除应力处理。新液锻模使用 5000 模次以后进行第一次去应力退火，以后每使用 10000 模次后进行一次去应力处理。退火温度比新制模具的回火温度低 30℃~50℃，推荐 570℃~620℃。

5.10.2 磨损和龟裂的处理

在模具发生磨损后，模具表面应进行喷丸处理，以减少龟裂纹；模具出现热裂纹、龟裂纹时，应及时通过机械加工方法除去。

5.10.3 日常维护和保养

模具下机后，应清理模具上的铝屑、污垢，保证模具清洁、排气通畅；粘模部位应清理后打磨抛光。

6 试验方法

6.1 布氏硬度检验应符合 GB/T 231.1 的规定，洛氏硬度检验应符合 GB/T 230.1 的规定，维氏硬度检验应符合 GB/T 4340.1 的规定。

6.2 按照 GB/T 8844—2017 规定的方法测量模具几何尺寸、形状和位置。

6.3 模具表面粗糙度 $Ra3.2\ \mu\text{m}$ 以下采用粗糙度测量仪检测，其余表面粗糙度采用粗糙度样块目测比较法检验，检测方法按 GB/T 8844—2017 规定执行。

6.4 分模面贴合状态采用涂红丹法检测，上下模的红丹研合率应大于 85%。

6.5 模具质量稳定性检验应用户现场进行。在正常生产条件下连续生产不少于 8h，对生产出的液锻件统计计算合格率和工艺出品率。

7 包装、运输和交付

7.1 模具交付前应擦拭干净，铭牌和标识清晰，并做防锈处理。

7.2 出厂模具应处于合模状态，并用模具锁锁模后，根据运输要求进行包装，应防潮、防磕碰，保证在正常运输中模具完好无损。

7.3 交付模具的同时，应附模具图纸、出厂检测报告和合格证。

参 考 文 献

- [1] GB/T 1299 工模具钢
- [2] GB/T 25134 锻压制件及其模具三维几何量光学检测规范
- [3] T/CFA 0102031—2019 铝合金挤压铸造件
- [4] 罗继相. 间接挤压铸造模具设计特点及研究[J]. 特种铸造及有色合金:2002, (1).
- [5] 中国模具工程大典(第7卷压力铸造及金属型铸造模具设计)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [6] 罗守靖, 陈炳光, 齐丕骧. 液态模锻与挤压铸造技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [7] 邢书明, 鲍培玮. 金属液态模锻[M]. 北京: 国防工业出版社. 2011.

, _____,