



中华人民共和国国家标准

GB/T 28273—2012

管、板液压成形工艺分类

Process classification of tube and sheet hydroforming

2012-05-11 发布

2012-12-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国锻压标准化技术委员会(SAC/TC 74)提出并归口。

本标准起草单位:北京航空航天大学、北京机电研究所。

本标准主要起草人:郎利辉、金红、蔡高参、王永铭、张倩生、魏巍。

管、板液压成形工艺分类

1 范围

本标准规定了管材、板材液压成形工艺及分类。

本标准适用于管材液压成形工艺、主动式板材液压成形工艺、被动式板材液压成形工艺、多层板内压对胀成形工艺。

本标准适用于液体、粘性介质等柔性体作为成形介质的成形方法。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 710 优质碳素结构钢热轧薄钢板和钢带

GB/T 716 碳素结构钢冷轧钢带

GB/T 2521 冷轧取向和无取向电工钢带(片)

GB/T 17395 无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差

GB/T 20887(所有部分) 汽车用高强度热连轧钢板及钢带

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

管材液压成形 **tube hydroforming**

通过内部加压、轴向加力补料,把管坯压入到模具型腔使其成形的工艺。

3.2

板材液压成形 **sheet hydroforming**

采用液态的水、油等作为传力介质代替刚性的凸模或凹模,使板材坯料在传力介质的压力作用下贴合凸模或凹模而成形的工艺。

3.3

液压冲孔 **hydro-punching**

在管内液体压力的支撑作用下,利用冲头或液体压力将管壁材料分离的方法。

3.4

液室 **die cavity**

用于容纳工作介质,形成封闭压力腔的工作部件。

3.5

预充液 **pre-filling**

将液室快速充满工作介质的过程。

3.6

密封推头 **sealing punch, push rod**

用于管材液压成形时密封管坯、传递轴向推力的工作部件。

4 管材液压成形工艺

4.1 工艺过程

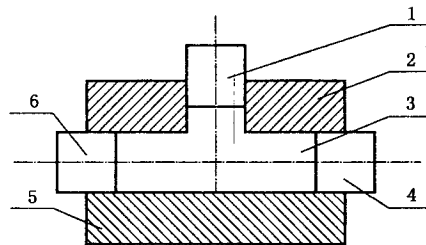
管材液压成形工艺过程可分为三个阶段：

- a) 预充液——将管坯放入下模,闭合上下模,两侧密封推头进给到设定位置,向管内充满液体,排尽空气,然后两侧密封推头进给将管坯密封；
- b) 成形——在对管内加压胀形的同时,两侧的密封推头按设定好的加载曲线进给补料,在内压和补料的作用下使管材基本贴模；
- c) 整形——提高管坯内压力,使零件局部圆角完全贴模成形。

4.2 工艺分类

管材液压成形工艺可分为以下六类：

- a) 多通管成形(见图 1)；

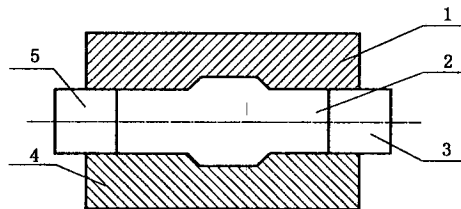


说明：

- 1、4、6——密封推头；
- 2——上模；
- 3——管坯；
- 5——下模。

图 1 多通管成形

- b) 直管胀形(见图 2)；

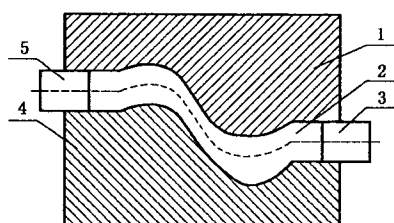


说明：

- 1——上模；
- 2——管坯；
- 3、5——密封推头；
- 4——下模。

图 2 直管胀形

c) 弯管胀形(见图 3);

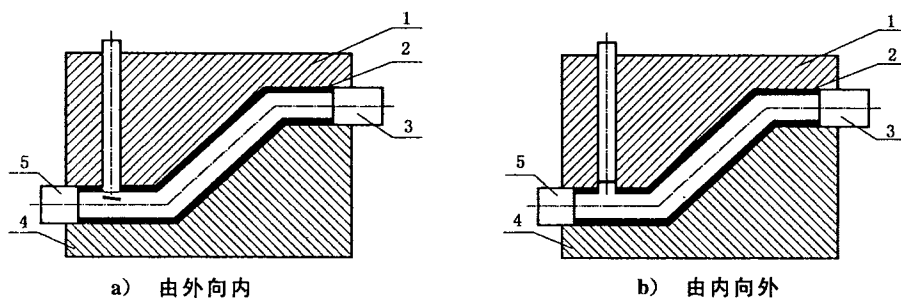


说明:

- 1——上模;
- 2——管坯;
- 3、5——密封推头;
- 4——下模。

图 3 弯管胀形

d) 液压冲孔(见图 4);

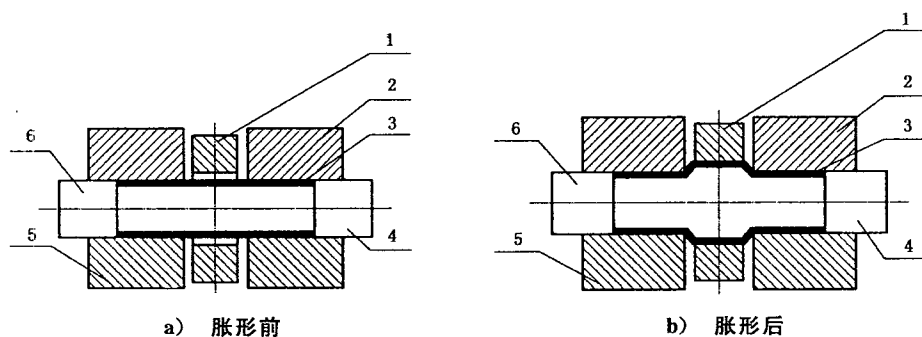


说明:

- 1——上模;
- 2——管坯;
- 3、5——密封推头;
- 4——下模。

图 4 液压冲孔工艺

e) 液压胀形连接(见图 5);



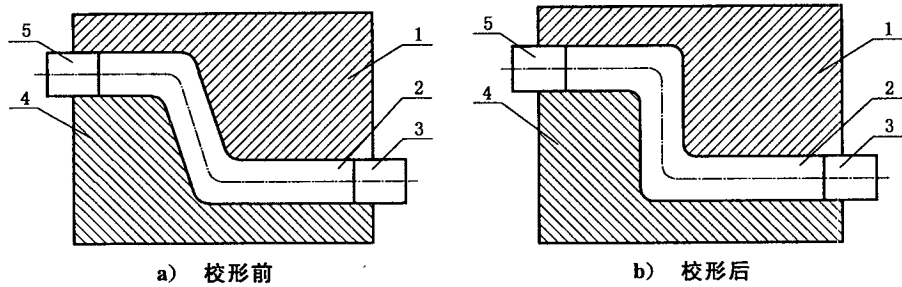
说明:

- 1——被连接件;
- 2——上模;
- 3——管坯;
- 4、6——密封推头;
- 5——下模。

图 5 液压胀形连接

GB/T 28273—2012

f) 液压校形(见图 6)。



说明:

- 1——上模;
- 2——管坯;
- 3、5——密封推头;
- 4——下模。

图 6 液压校形

4.3 管坯的形式及材料要求

管坯可采用无缝管坯或焊接管坯,管坯的几何形状应符合 GB/T 17395 的规定。

管坯使用的原材料应符合 GB/T 710、GB/T 716、GB/T 20887(所有部分)、GB/T 2521 等有关金属材料标准的规定。

5 板材液压成形工艺

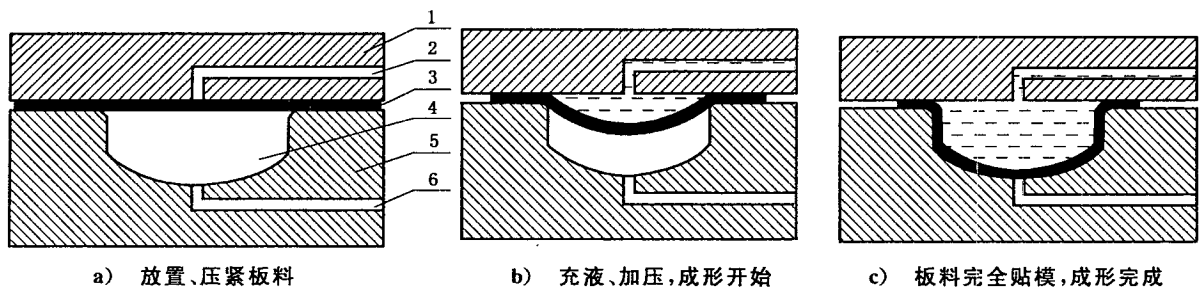
5.1 分类

根据传力介质加载方式的不同,板材液压成形工艺可分为主动式与被动式。

5.2 工艺过程

5.2.1 主动式液压成形工艺过程如下(见图 7):

- a) 将板料放置在凹模上,上模下行压住板料[见图 7a)];
- b) 充液加压,开始成形[见图 7b)];
- c) 继续充液、加压直至板料完全贴模(必要时可继续加压,进行整形),完成成形[见图 7c)]。



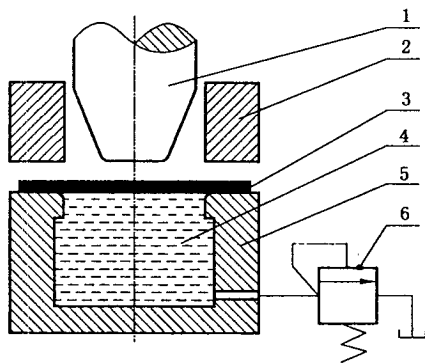
说明:

- 1——压边圈; 2——注液孔; 3——板料;
- 4——凹模型腔; 5——凹模; 6——排气孔。

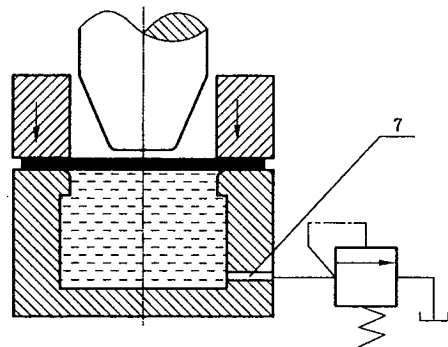
图 7 主动式液压成形工艺过程

5.2.2 被动式液压成形工艺过程如下(见图 8):

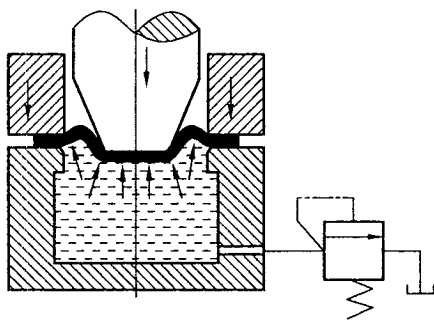
- a) 首先在液室中充满液体,然后按预定位置将坯料放好[见图 8a)];
- b) 以初始压边力将放置好的板料压在凹模与压边圈之间[见图 8b)],必要时可在液室内建立一定的预压;
- c) 通过溢流阀控制液室压力,凸模下行,在液室压力的作用下,坯料贴在凸模上,成形开始[见图 8c)];
- d) 凸模继续下行,直至液室压力将坯料紧紧压在凸模上,最终完成成形[见图 8d)]。



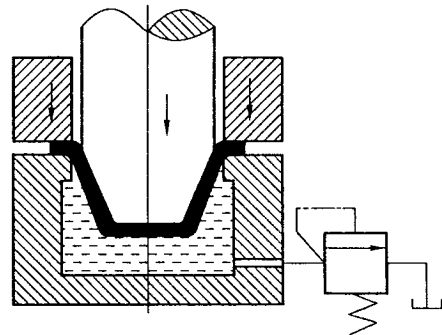
a) 液室充满液体,放置板料



b) 压边圈下行,压紧板料



c) 凸模下行,同时液体加压,开始成形



d) 成形完成

说明:

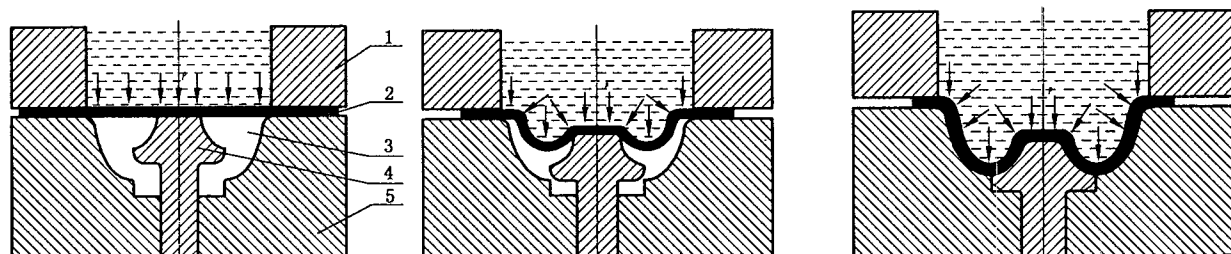
- 1——凸模;
- 2——压边圈;
- 3——板料;
- 4——液室;
- 5——凹模;
- 6——溢流阀;
- 7——注液孔。

图 8 被动式液压成形工艺过程

GB/T 28273—2012

5.3 工艺分类

5.3.1 主动式液压成形方法分类(见图9~图11)



a) 放置板料,充液

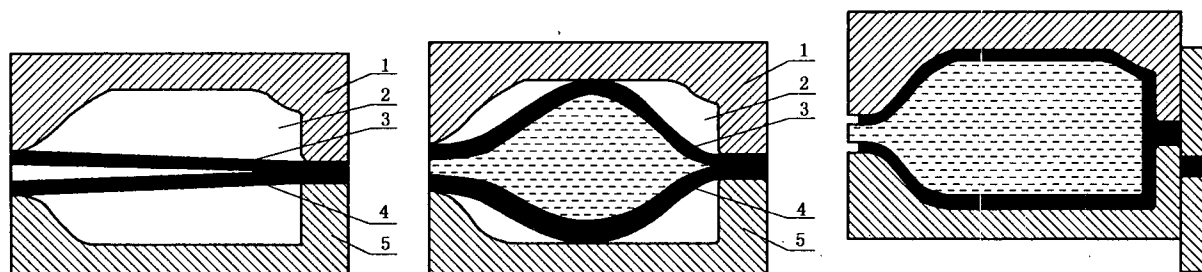
b) 液体加压,活动凹模下行,成形开始

c) 板料完全贴模,成形完成

说明:

- 1——压边圈;
- 2——板料;
- 3——凹模型腔;
- 4——活动凹模;
- 5——固定凹模。

图9 可活动凹模液压成形



a) 板材坯料周边焊接

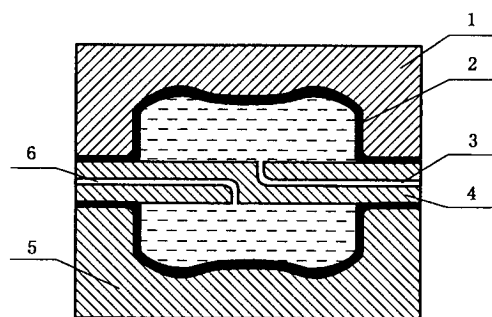
b) 充液,预成形

c) 成形完成,切边

说明:

- 1——上模;
- 2——模具型腔;
- 3——板料1;
- 4——板料2;
- 5——下模。

图10 周边焊接坯料成对液压成形

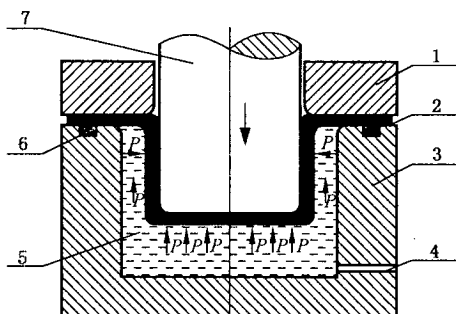


说明：

- 1——上模；
- 2——板料；
- 3、6——注液孔；
- 4——加压板；
- 5——下模。

图 11 中间有加压板的成对液压成形

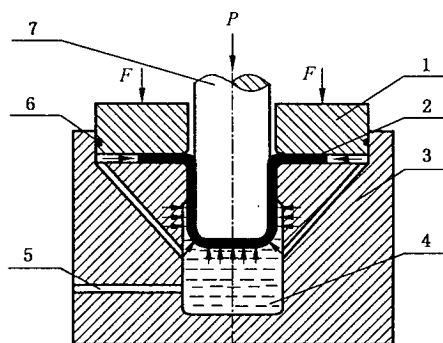
5.3.2 被动式液压成形方法分类(见图 12~图 15)



说明：

- 1——压边圈；
- 2——板料；
- 3——凹模；
- 4——注液孔；
- 5——液室；
- 6——密封圈；
- 7——凸模；
- P ——凸模压力。

图 12 法兰密封的充液拉深成形

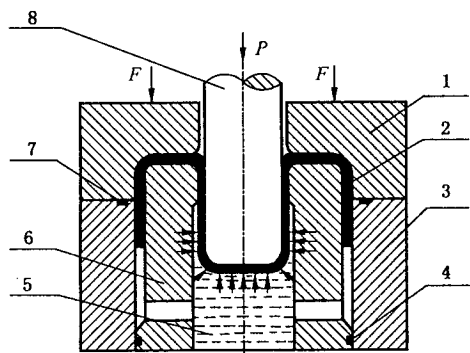


说明：

- 1——压边圈；
- 2——板料；
- 3——凹模；
- 4——液室；
- 5——注液孔；
- 6——密封圈；
- 7——凸模；
- P ——凸模压力；
- F ——压边力。

图 13 周向加压充液拉深

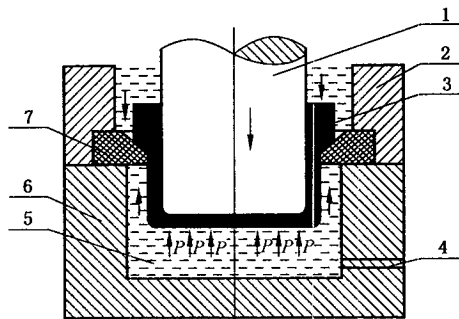
GB/T 28273—2012



说明:

- 1——压边圈;
- 2——板料;
- 3——下模;
- 4、7——密封圈;
- 5——液室;
- 6——凹模;
- 8——凸模;
- P ——凸模压力;
- F ——压边力。

图 14 周向加压充液反拉深



说明:

- 1——凸模;
- 2——上模;
- 3——坯料;
- 4——注液孔;
- 5——液室;
- 6——下模;
- 7——凹模;
- P ——凸模压力。

图 15 充液变薄拉深

5.4 板材的形式及材料要求

板材可采用整体板或焊接板。

板材使用的原材料应符合 GB/T 710、GB/T 716、GB/T 20887、GB/T 2521 等有关金属材料标准的规定。

附录 A
(资料性附录)
成形内压力的计算

A.1 管材内压力的计算

A.1.1 内压力加载曲线

用来表征成形过程中各时刻管内压力加载值的曲线,如图 A.1 所示;主要用于控制成形过程中密封推头位移与内压力的关系,加载曲线的数量由密封推头的数量决定,每个加载曲线可以不同。

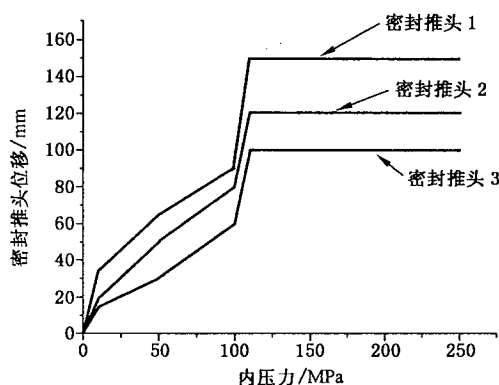


图 A.1 管内压力加载曲线

A.1.2 内压力计算方法

A.1.2.1 屈服内压力

屈服内压力是指管材开始发生塑性变形所需要的内压力。设轴向应力 σ_z 和环向应力 σ_θ 的比值 $\sigma_z/\sigma_\theta = \xi$, 主应力顺序为 $\sigma_1 = \sigma_\theta, \sigma_3 = -\sigma_z$, 由 Tresca 屈服准则求得初始屈服压力 P_s 的计算公式为:

$$P_s = \frac{1}{1-\xi} \cdot \frac{2t}{d} \sigma_s$$

式中:

σ_s ——材料屈服强度,单位为兆帕(MPa);

t ——管材壁厚,单位为毫米(mm);

d ——管材直径,单位为毫米(mm);

ξ ——轴向应力 σ_z 与环向压力 σ_θ 的比值。

超高压成形时施加的轴向力为压应力, ξ 的取值范围是 $-1 \leq \xi \leq 0$ 。当 $\xi = -1$ 时,初始屈服压力为:

$$P_s = \frac{t}{d} \sigma_s$$

当无轴向力作用时, $\xi = 0$,即自由胀形时的初始屈服压力为:

$$P_s = \frac{2t}{d} \sigma_s$$

A. 1.2.2 整形内压力

在成形后期,工件大部分已成形,这时需要更高的压力成形一些局部特征(如工件上的小圆角),并保证尺寸精度,这一阶段称为整形。在整形阶段一般无轴向进给,整形压力 P_c 可用下式估算:

$$P_c = \frac{t}{r_c} \sigma'_s$$

式中:

r_c ——工件截面最小圆角半径,单位为毫米(mm);

t ——过渡圆角处的坯料厚度,单位为毫米(mm);

σ'_s ——整形时材料流动应力,单位为兆帕(MPa)。

A. 1.2.3 破裂内压力

纯胀形时的破裂内压力 P_b 可用下式估算:

$$P_b = \frac{2t}{d} \sigma_b$$

式中:

t ——管材壁厚,单位为毫米(mm);

d ——管材直径,单位为毫米(mm);

σ_b ——材料抗拉强度,单位为兆帕(MPa)。

A. 1.3 设备吨位计算

A. 1.3.1 侧推力的计算

侧推力由三部分组成,密封推头上高压液体作用力 F_p 、摩擦力 F_μ 、维持管材塑性变形所需的力 F_t 。

$$F_s = (F_p + F_\mu + F_t) \times 10^{-3}$$

$$F_p = \pi \frac{d_i^2}{4} p$$

$$F_\mu = \pi d l_\mu p \mu$$

$$F_t = \frac{1}{2} t d \sigma_s$$

式中:

t ——管材壁厚,单位为毫米(mm);

d ——管材直径,单位为毫米(mm);

F_s ——密封推头进给的侧推力,单位为千牛(kN);

d_i ——管坯内径,单位为毫米(mm);

p ——管坯内流体压力,单位为 MPa;

l_μ ——管坯与模具有效接触长度,单位为毫米(mm);

μ ——摩擦系数。

A. 1.3.2 合模力

合模力 F_c 是在成形过程中使模具闭合不产生缝隙所需要的力,计算合模力主要是为了确定合模压力机能力,合模力计算公式为:

$$F_c = A_p P_c$$

式中:

P_c ——整形压力,单位为兆帕(MPa);

A_p ——工件在工作台平面上的投影面积,单位为平方毫米(mm^2)。

A.2 板材内压力的计算

A.2.1 内压力加载曲线

用来表征成形过程中各时刻液室内压力加载值的曲线,如图 A.2 所示;用于控制成形过程中凸模位移与液室内压力之间的关系。

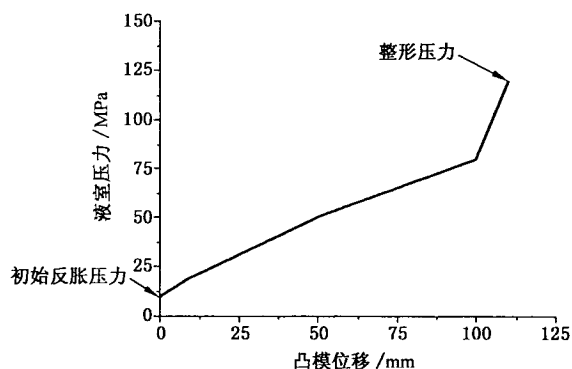


图 A.2 板内压力加载曲线

A.2.2 内压力计算方法

A.2.2.1 预成形内压力

根据具体需求设置,一般不大于以下公式计算值:

$$p = \frac{2\sigma_s t}{r + \delta}$$

式中:

- p ——流体压力,单位为兆帕(MPa);
- σ_s ——材料的屈服强度,单位为兆帕(MPa);
- t ——材料厚度,单位为毫米(mm);
- r ——反胀曲面的曲率半径,单位为毫米(mm);
- δ ——凸模与凹模的单边间隙,单位为毫米(mm)。

A.2.2.2 整形内压力

整形内压力可按下列式计算:

$$p = \frac{2\sigma_b t}{r}$$

式中:

- p ——流体压力,单位为兆帕(MPa);
- σ_b ——材料的抗拉强度,单位为兆帕(MPa);
- t ——材料厚度,单位为毫米(mm);
- r ——成形曲面的曲率半径,单位为毫米(mm)。

A.2.2.3 破裂内压力

破裂内压力 P_b 可用下列式估算:

$$P_b = \frac{2t}{r_b} \sigma_b$$

式中：

σ_b ——材料抗拉强度,单位为兆帕(MPa)；

r_b ——成形曲面的曲率半径,单位为毫米(mm),等于 $r_1 + r_2$,其中 r_1 为曲面切线方向的曲率, r_2 为曲面径向的曲率；

t ——材料厚度,单位为毫米(mm)。

参 考 文 献

- [1] GB/T 1804 一般公差 未注公差的线性 and 角度尺寸的公差
 - [2] GB/T 8541 锻压术语
 - [3] GB/T 8845 冲模术语
 - [4] GB/T 13914 冲压件尺寸公差
 - [5] GB/T 13915 冲压件角度公差
 - [6] GB/T 13916 冲压件形状和位置未注公差
 - [7] GB/T 15055 冲压件未注公差尺寸极限偏差
 - [8] JB/T 4378.2 金属冷冲压件 通用技术条件
 - [9] DIN 8584-7 拉伸-压缩条件下的成形 第7部分:充液胀形、分类、术语和定义
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
管、板液压成形工艺分类
GB/T 28273—2012

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

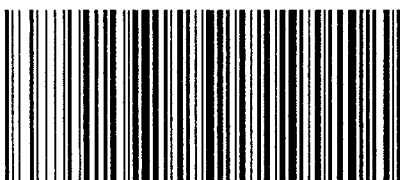
*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 26 千字
2012年8月第一版 2012年8月第一次印刷

*

书号: 155066·1-45304 定价 21.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 28273-2012