

列管式换热器

制造技术译文集

0515

东北地区化工炼油机械制造行业科技情报网编译

一九七六年十二月

毛主席语录

自力更生为主，争取外援为辅，破除迷信，独立自主地干工业、干农业、干技术革命和文化革命、打倒奴隶思想、埋葬教条主义，认真学习外国的好经验，也一定研究外国的坏经验——引以为戒，这就是我们的路线。

前 言

为了适应化工炼油机器制造工业飞速发展的需要,根据我行业全国情报网会议的安排,我们编辑了这本译文集,“洋为中用”,供同志们参考。

本译文集共编入列管式换热器制造方面的文章27篇,选题大部分来源于1969——1975年间的日、英、俄外文期刊,有几篇取自近年出版的外文图书和会议文集。内容包括有制造技术、工装设备和试验研究几部分。

本译文集由大连工学院化机专业、抚顺化工学院化机专业、大庆石油学院化机专业、金州重型机器厂、锦西化工机械厂、哈尔滨锅炉厂、哈尔滨空气调节机厂、抚顺市机械厂、抚顺市挖掘机厂和吉林化工机械厂等单位翻译或编译,由编译小组三位同志整理校对。在进行译文集工作的全过程中,我们得到党组织和有关领导的热情关怀与支持,在选题时蒙旅大市图书馆、中国科技情报所、一机部情报所等单位的大力协助,特此一并表示感谢!

由于水平所限,我们的工作不免有缺点和错误,请领导和同志们批评指正。

东北地区化工与炼油机械制造行业科技情报网

《列管式换热器制造技术译文集》编译小组

一九七六年十二月

目 录

列管式换热器的制造 (日)	1
化工设备制造中的容器制造工艺 (日)	25
管子与管板的爆炸焊接 (英)	39
管子的爆炸胀接 (英)	64
管子与管板的爆炸焊接连接 (英)	66
换热器管子与管板的爆炸胀接 (俄)	73
爆炸工艺给予换热器新生命 (英)	78
换热器热管的爆炸成形 (俄)	79
爆炸胀管技术在换热器上的应用 (日)	84
管子与管板的爆炸焊接 (英)	93
换热器管板的钻孔 (俄)	113
密封横焊的自动化 (日)	116
换热器管板与传热管的焊接法 (日)	117
改善胀合表面状况提高胀接的紧密度 (俄)	119
提高换热器管子与管板连接的强度和紧密度 (俄)	121
铝及铝合金管与管板的焊接 (俄)	123
真空钎焊和其在换热器方面的应用技术 (日)	127
AMr 3 合金管与管板焊接的一些特点 (俄)	133
换热器管子与管板的连接方法 (日)	137
换热器管板结构的改进 (日)	140
超大型换热器 (日)	142
用冲压法制造列管式换热器隔板 (俄)	145
换热器管板与管头的切割设备 (俄)	146
可调式多头穿管机构 (日)	148
可移式管束安装设备 (俄)	151
数控管板钻孔专用机床与电子计算机的应用 (日)	153
大量钻孔的数控程序自动化 (日)	165

列管式换热器的制造 (日文)

奥出达都摩等

1.1.1. 译者加序:

(原文中“概要一节”删除,译者加序说明。——译注者)

换热器在石油炼制工业、石油化学装置、高分子化学装置、一般化学装置、化肥工业装置、造纸工业装置、食品工业以及原子能装置等各种工业装置中,应用极其广泛。根据使用目的,其种类繁多。根据统计,在化学装置中应用最多的,是列管式换热器(国外称为管壳式换热器 Shell and Tube heat exchanger)。根据其结构,又分成三种:U形管式换热器、浮头式换热器、固定管板式换热器。根据使用目的、操作状态,又有其他分类名称。将热量传给流体介质的情况有:予热器(Preheater)、加热器(heater)、过热器(Superheater)、重沸器(Reboiler)、蒸发器(Vaporizer);从流体介质取走热量的情况有:冷却器(Cooler)、深冷器(Chiller)、冷凝器(Condenser)、全凝器(total Condenser)、分凝器(Partial Condenser)。

列管式换热器型式、构造、设计、制造等方面均已标准化、规格化,在日本有一系列法规规定如:

锅炉和压力容器安全规则,锅炉构造规格,第一种压力容器构造规格,第二种压力容器构造规格,高压气体管理法施行规则;

ASMe Code (Section VIII, 无火压力容器);

Tema Standards (Class R.C. 和 B) (列管式换热器制造厂协会);

JIS B 8243, 无火压力容器构造 日本规格协会;

JIS B 8249 一般化学工业用园筒列管式换热器,日本规格协会;

JPI-7S-33-65 园筒列管式换热器的构造 (石油工业用)。

本文将就列管式换热器制造中具有普遍性的主要技术问题加以叙述。列管式换热器可以看成是压力容器,是由两部分组成:传热的管束(管子、管板、折流板、支持板等);容纳管束的压力容器(筒体、管箱、封头盖、法兰等)。压力容器制造中,基本制造技术主要有:钢板滚卷加工、冲压加工以及焊接加工。本文即是叙述这些技术内容。管束制造技术有:磨管、穿管、弯管、胀管(包括机械胀接、爆炸胀接、爆炸焊接)以及附属加工、焊接加工、管板加工等。近年来,由于焊接技术飞速发展、新胀接工艺不断完善及管板及管板加工自动化等,都给列管式换热器制造工艺增添新内容,所关这些方面将在专门文章中加以阐述。

1.1.2. 园筒形筒体的制造

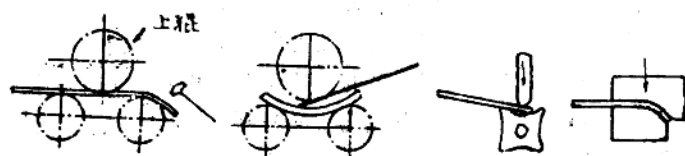
钢板弯卷成园筒形的主要方法有:滚板机上的滚卷加工法和油压机上的压弯法。

(1) 滚板机上的滚卷加工

滚板机分为三辊滚板机(锥式和辊压紧式)和四辊滚板机(辊压紧式)。

三辊锥式滚板机,上辊或下辊上下移动以改变曲率,虽构造简单,但板料端部不能弯卷。所以滚卷前要进行板料两端予弯加工。图1.1 (a) (b) (c) 表示各种予弯加工法。“手工锤打予弯法”“滚弯模予弯法”用于比较薄的钢板;厚板予弯在油压机上加工。所以,锥式滚板机上的滚卷加工场合,通常必须采用可能使用的油压机进行予弯。

辊压紧式滚板机,由上辊、压辊和弯曲调节辊组成。压辊上下移动,弯曲调节辊斜向移动,调节距上辊之间位置,以得到所需的适当曲率。这种加工法如1.2图所示,首先用上辊和压辊送入板料,确定板的位置后,使弯曲调节辊压紧板料,板端部弯曲。板一侧弯曲后,另一端由压辊插入,使弯曲调节辊调到所需曲率,送入滚卷。四辊辊压紧式滚板机在三辊辊压紧式滚板机基础上再增加一个弯曲调节辊,从端面开始可以连续滚卷圆筒。



(a) 手工锤打法予弯

(b) 滚弯模予弯

(c) 压力机上予弯

图 1.1 三辊锥式滚板机上的滚卷予弯法

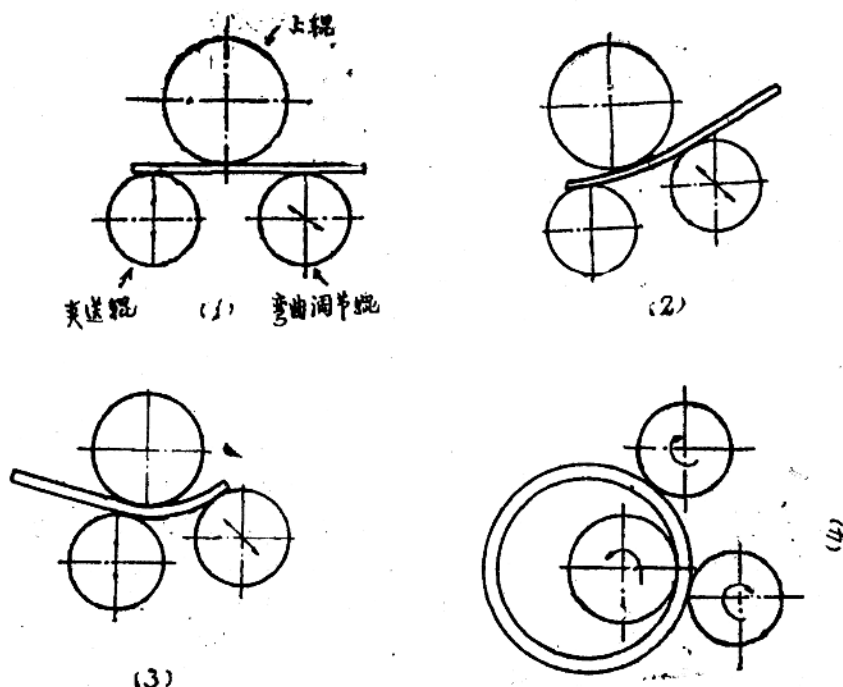


图 1.2 三辊辊压紧式滚板机的滚卷加工顺序

除此之外，三辊锥式滚板机上，使下辊上下移动，形成利用压紧效果的压紧锥式滚板机。图 1.3 是手动三辊滚板机，下辊中一个固定，另一辊斜向移动以调节曲率。图 1.4 是在滚板机一侧安装角弯机用的辊子，用一台滚板机能滚卷钢板、型钢、管子等。

滚板机加工优点：是使曲率能达到所需适当尺寸，且操作效率也较好，但予弯加工困难。为此，有各种方法、型式，但所有方法、型式都多少残留板端直线部分。减小直线部分，就得提高压紧效果，这样滚板机造价要高。图 1.5 表示板厚和板端变化时的直线部份长度。

板端直线部分长度根据板厚、曲率半径而各不相同，是最低板厚、一般板厚的 2-3 倍。直线部分修整方法如下：

(A) 下料时，预先留出予弯的余量尺寸，滚卷加工后，将直线部分切割掉。

弯曲内径小或是板厚时，滚卷圆筒形，板端直线部分影响内径尺寸的精度。直线部分的尺寸，在用滚板机加工确定后，下料时要在两端加上此长度，弯曲加工后切掉，达到需要的尺寸。

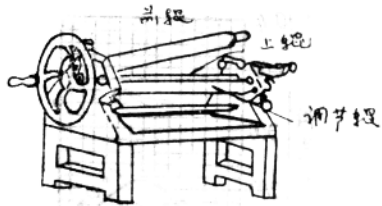


图 1.3 手动三辊

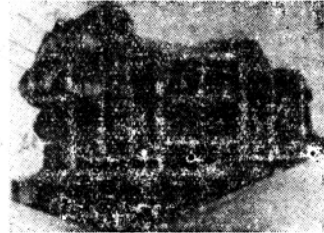


图 1.4 安装角弯机的滚板机

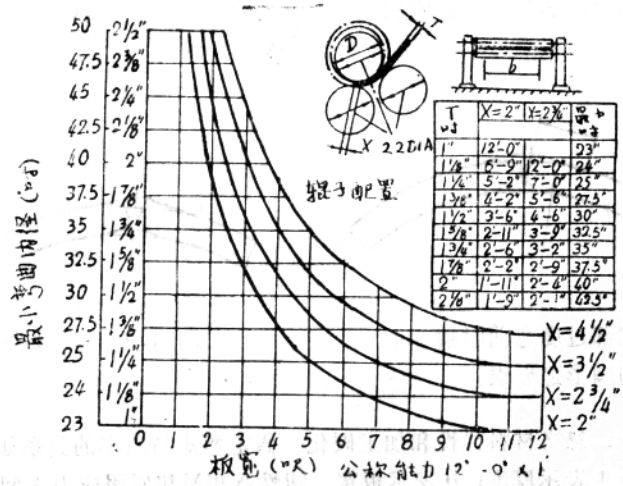


图 1.5 滚板机加工板厚、板宽与直线部分长度之间关系

(B) 线状加热法弯曲

点状加热对于消除钢板变形, 是有效的, 使用较多。利用与此相同原理, 将加热部分急激冷却, 利用此部分收缩而进行弯曲, 这即是线状加热法。简单叙述该方法: 用氧乙炔火焰加热内侧, 以适当速度移动火嘴, 之后用水冷却。原理如图 1.6 所示。图 1.7 表示弯曲效果与加热点移动速度、炭素钢板厚度之间关系。线状加热时的加热温度: 水冷时取 700°C ; 空冷时取 800°C 以下; 如不超过 A 相变点, 与冷弯曲加工相同, 金相组织也没有变化。但是, 对于调质高强度钢, 每次都必须确定性质的变化, 找到最佳的加工条件。

(C) 板端部过度弯曲, 使其形状近似于整圆。如 1.8 图所示, 本法予弯时, 使板端部过度弯曲, 成为近于圆形。板端部没作成圆弧, 但与圆形误差很小。

(d) 焊接施工时, 利用焊接角变形 (图 1.9) 焊接施工时, 利用焊缝的坡口形状形成的焊接角变形, 修正形状, 焊缝部份很易反变形 $2\sim 3\text{mm}$ 。

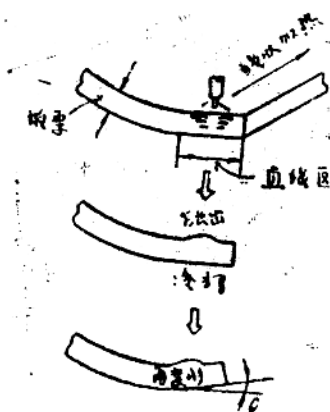


图 1.6 线状加热法的角变形说明图

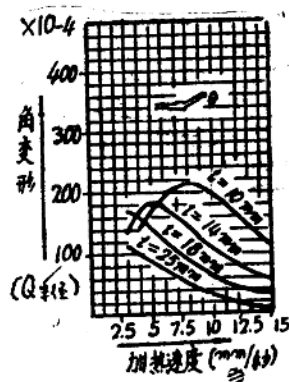


图 1.7 线状加热法角变形与加热速度

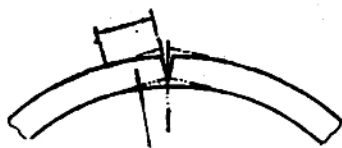


图 1.8 板端部过度弯曲时端部形状与圆形之误差。



图 1.9 利用焊接角变形法

为了简化滚卷加工, 忽略材料弹性和加工硬化, 假定弯矩与曲率的关系如图 1.10 所示。如 σ_e 表示板的屈服应力; t 表示厚度; b 表示板宽, 塑性弯矩 M 和屈服应力之间关系, 给出 (1.1) 公式:

$$M = \frac{b \cdot t^3 \cdot \sigma_e}{4} \quad (1.1)$$

板插入辊间，首先静弯到一定程度后，固定辊位置，驱动辊子回转，开始滚卷送入。

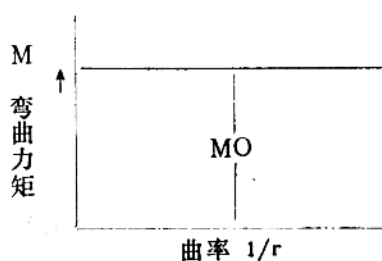


图 1.10

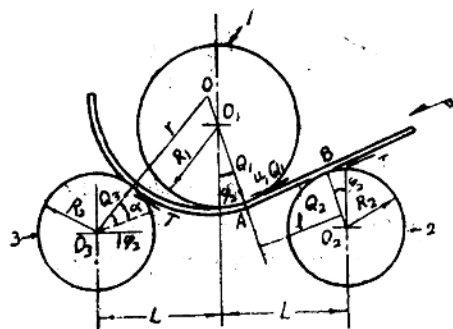


图 1.11

驱动下辊时（图1.11），从AB方向和AB垂直方向的力平衡、对于O点的力矩平衡，得出如下关系式：

$$\left. \begin{aligned} \text{AB 方向} \quad T + TS \sin \alpha &= \mu_1 Q_1 + Q_2 \cos \alpha \\ \text{AB 垂直方向} \quad Q_1 &= Q_2 + Q_3 \sin \alpha + T \cos \alpha \\ \text{对于O点的力矩} \quad Q_2 \cdot Q_2 + \mu_1 Q_1 \cdot r &= 2T \cdot r \end{aligned} \right\} \quad (1.2)$$

从式（1.2）求出辊反力以及驱动下辊用的切线送入力

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= Q_2 \cdot \frac{(1 + \sin \alpha) / r + 2 \cos \alpha}{2 \cos \alpha - \mu_1 (1 - \sin \alpha)} \\ Q_3 &= Q_2 \cdot \frac{(1 + \sin \alpha - \mu_1 \cos \alpha) / r - \mu_1 (-\sin \alpha)}{2 \cos \alpha - \mu_1 (1 - \sin \alpha)} \\ T &= Q_2 \cdot \frac{(\cos \alpha + \mu_1 \sin \alpha) / r + \mu_1 (-\sin \alpha)}{2 \cos \alpha - \mu_1 (1 - \sin \alpha)} \end{aligned} \right\} \quad (1.3)$$

$$\text{下辊反力 } Q_2 = \frac{M_o}{l} = \frac{b \lambda^2 \cdot \sigma e}{4l} \quad (1.4)$$

而为了保证送入时不打滑，应满足如下条件。

$$T < \mu_2 Q_2, \quad T < \mu_2 Q_3$$

μ_2 是板与下辊之间的摩擦系数。

式(1.3) (1.4)中的 l 和 α ，从图上求出。用几何法计算，从式(1.5)求出 φ_2 ，从式(1.6)求出 α ，式(1.7)求出 l

$$\frac{r}{L} = \left\{ 1 + (\cot 2 \varphi_2 + \frac{\lambda_1}{2} \sec \varphi_2)^2 \right\} \sin \varphi_2 - \lambda_2 \quad (1.5)$$

其中:

$$\lambda_1 = \frac{(R_1 + R_2 + t)}{L}$$

$$\lambda_2 = \frac{(R_2 + t/2)}{L}$$

$$\cos \alpha = \frac{2(\cot 2\varphi_2 + \frac{\lambda_1}{2} \sec \varphi_2)}{1 + (\cot 2\varphi_2 + \frac{\lambda_1}{2} \sec \varphi_2)^2} \quad (1.6)$$

$$l = \frac{(1 - \lambda_1 \sin \varphi_2) \cdot L}{\cos \varphi_2} \quad (1.7)$$

另外, 将板弯曲成所需曲率半径 R 时, 调整上辊的下降量 δ :

$$\delta = \{\tan \varphi_2 - \lambda (\sec \varphi_2 - 1)\} \cdot L \quad (1.8)$$

驱动上辊场合与驱动下辊场合相同, 代替(1.3)式组成(1.6)式。

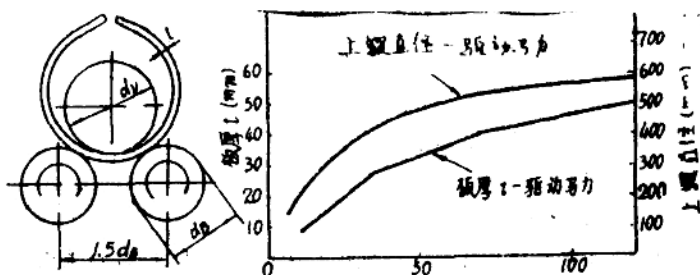
$$Q_1 = Q_2 \cdot \left\{ 1 + \frac{1}{r} \cdot \frac{\sin \alpha - \mu_2 \cos \alpha}{\cos \alpha - \mu_2 (1 - \sin \alpha)} \right\}$$

$$Q_3 = Q_2 (1/r) / \{\cos \alpha + \mu_2 (1 - \sin \alpha)\} \quad (1.9)$$

$$T = Q_2 \left\{ \mu_2 + \frac{1}{r} \cdot \frac{\cos \alpha + \mu_2 \sin \alpha}{\cos \alpha - \mu_1 (1 - \sin \alpha)} \right\}$$

板不打滑送入条件是: $T < \mu_1 \cdot Q_1$

图1.12表示实际使用的锥形滚板机上板厚、板宽与驱动电动机马力之间关系, 以及与此相应的上辊直径。



1. 板弯3000mm

3. 下辊径 $dB = 0.8du$

2. 调整马力约为驱动马力 $1/2$

4. 材料的屈服应力 35 kg/cm^2

图 1.12

弯曲高强度钢时，换算成当量板厚。

$$\text{当量板厚 } t = \sqrt{\frac{\sigma_e}{35}} \cdot t'$$

σ_e : 高强度钢的屈服应力。

t' : 高强度钢的板厚。

(2) 油压机上的压弯法加工。

油压机上的压弯成圆筒，由于通常是两个瓦片，仅应用于下述场合：滚卷法不能加工的场合，如板纵向长度比滚板机辊宽大、板厚、超过滚板机滚卷能力场合。

油压机上压弯加工场合，分为：板材在大气温度下的常温加工，高温加热的热加工。常温加工场合，室温特别低时，为了防止材料脆性断裂，必须使材料温度保持在迁移温度以上。迁移温度根据化学成分、金相组织、结晶粒度、板厚、应力状态等不同，求出精确值很困难。换热器筒体采用炭素钢板场合，如保持在 20°C 以上，只要受到应力的端面没有缺欠，不必担心产生裂纹。

压弯热加工适用于：炭素钢板场合，一般板厚超过 20mm ，外层纤维的延伸率达到 8% 以上。平板压弯成圆筒形时的延伸率，用下式表示。

$$\Sigma = \frac{t}{(2r+t)}$$

在公式里， Σ ：以板中心做中性层时的外层纤维延伸率。

t ：板厚。

r ：曲率内半径。

图1.13表示：一般结构用轧制钢材(JISG3101)、锅炉用轧制钢材(JISG3103)、焊接结构用轧制钢材(JISG3106)弯成圆筒形时的温度条件。

用实线画出的延伸率、 5% 、 8% 的直线与板厚 80mm 的直线是热加工和常温加工的分界。E区范围内，延伸率达到 5% 、进行消除应力的中间退火后，弯曲成所需形状。板厚 50mm 以上场合，予热温度到 50°C 以上，实际上希望进行正火，此时板温度最好在 20°C 左右。

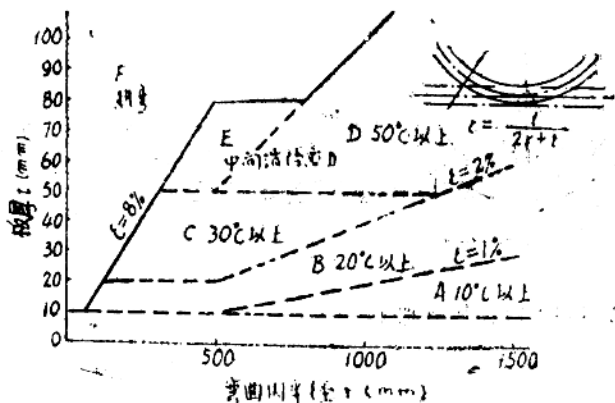


图 1.13 压弯加工时的板温度

热加工的加工温度在相变点 A_1 以上、 950°C 以下。最佳温度是 $800^{\circ}\text{C} \sim 900^{\circ}\text{C}$ 。在加热过程中，钢板由于 O_2 、 CO_2 、 H_2O 、 SO_4 等作用而发生氧化。氧化皮厚度根据时间和温度而不同，形成铁锈附着在金属表面上。脱碳与氧化同时进行，也可在还原性气氛中进行。此量可达 $0.5 \sim 1.0\text{mm}$ 。

※ 译注：即脆性转变温度

圆筒成形所需的金属模型最好是整模，但通常采用通用性好的部分成形模。

(a) 压弯所需的油压机压力。

材料假定是弹完全塑性体，板厚为 t ，板宽为 b ，弯矩 M 是：

$$M = \frac{t^2 b}{4} \sigma_e \left\{ 1 - \frac{4}{3} \left(\frac{y}{t} \right)^2 \right\} \quad (1.10)$$

其中： σ_e ：屈服应力。 y ：从中性轴到塑性区的距离。

整个断面成为塑性区时的弯矩 M_G ，代入 $y=0$ 后求出： $M_G = t^2 \cdot b \cdot \sigma_e / 4$ (1.11)

板弯曲时的状态如图 1.14 所示，集中载荷 P 作用在板中间，则中间断面弯矩是：

$$M = \frac{P \cdot (R + \frac{t}{2} \sin \theta / 2)}{4} \quad (1.12)$$

中间断面成为塑性区时的载荷，用 P_G 表示，从式 (1.11) 和式 (1.12) 中，根据式 (1.13) 就能求出弯曲所需的油压机能力。

$$P_G = \frac{t^2 \cdot b \cdot \sigma_e}{(R + \frac{t}{2}) \cdot \sin \theta / 2} \quad (1.13)$$

图 1.15 上板中间部分 X 形斜线区是塑性区部分，因其他部分是弹性变形区，载荷去除，又

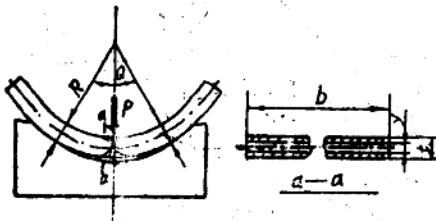


图 1.14 圆筒压弯加工

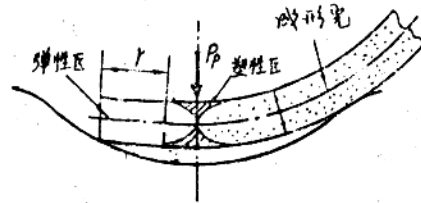


图 1.15

反弹回成原来形状。板端部弯曲时，进行弹性变形，残留有未弯曲部分。油压机压力，以 P_p 表示，板外层纤维屈服处的弯矩为 M' 从板端到这个位置的长度为 l' 。在式 (1.10) 中， $y = \frac{t}{2}$ ， $M' = t^2 \cdot b \cdot \sigma_e / 4$ ，另外近似地令 $M' = P_p \cdot l' / 2$ ，从式 (1.14) 可求出未弯曲部分的长度。

$$l' = \frac{t^2 \cdot b \cdot \sigma_e}{3 P_p} \quad (1.14)$$

称 l' 为予弯带（与滚板机滚卷前处理的直线部分长度同）。为了使圆筒正确成形，予弯带在弯曲加工后切掉。下料时，必须留出予弯带余量。

(3) 切割。

筒体与封头的板材使用轧制材料。轧制材料的切割方法主要有：氧乙炔切割、剪板机剪切

法、切削方法。此外，还有等离子火焰切割。

钢氧气、乙炔切割原理是：用予热火焰加热，达到燃烧温度时，吹氧引起燃烧作用，一部分钢板形成氧化铁熔化，同时用氧气喷气流吹掉（氧化铁熔化物），而达到切割之目的。气体采用乙炔或者丙烷。氧气要求纯度高，要达到99.5%以上。99%以下时，切割速度慢，使用量也显著增加。钢中所含合金元素的影响如下：

碳 含碳量0.3%以下，切割容易。

锰和硅。如予热，容易切割。

铬 5%左右以下，可以切割。

镍 根据含碳量而定（含碳量要小，含20~30%镍都可切割，7%以下容易切割。）

铝 20%切割困难。

钨 进行充分加热，含钨量20%以上切割困难。

铜 2%左右，能切割。

磷 达到钢容许的程度，没有影响。

硫 达到钢容许的程度，没有影响。

钼 少量，比较妨碍切割。

表 1.1 列出氧乙炔火焰手工切割时的数据；表 1.2 列出自动切割时的数据。图 1.16 是自动气割机的照像图。采用 2 个或 3 个火嘴的气割机，能同时切割 V 形坡口，X 形坡口。图表 1.17 示加工 X 形坡口时的火嘴配置情况。表 1.3 是斜角切割的数据。采用氧乙炔切割非常困难，或者不能切割时，可采用粉末切割法（又名氧熔剂切割）。但是切割断面粗糙。

表 1.1 手工切割时的切割数据

板 厚 (mm)	火嘴直径 (mm)	氧气压力 (Kg/cm ²)	切割速度 (mm/分)	气体耗量 (小时)	
				氧 气	乙 炔
3.2	0.51~1.02	1.05~1.10	508~762	0.51~1.56	0.17~0.27
6.4	0.79~1.51	0.77~1.40	406~660	1.05~2.63	0.20~0.31
9.5	0.79~1.51	1.19~2.10	381~610	1.33~3.26	0.20~0.34
12.7	1.02~1.51	1.40~2.17	305~559	1.84~3.54	0.28~0.37
19.0	1.18~1.51	1.68~2.45	305~508	3.31~1.05	0.34~0.43
25.4	1.18~1.51	1.96~2.80	228~457	3.68~4.52	0.37~0.45
38.0	1.51~2.06	2.10~3.15	152~305	4.24~6.37	0.43~0.57
50.8	1.70~2.06	1.54~3.50	152~330	5.23~6.54	0.45~0.57
76.2	1.70~2.06	2.31~3.85	102~254	5.86~8.20	0.45~0.65
101.6	2.06~2.18	2.94~4.20	102~203	6.65~10.98	0.57~0.74

表 1.2 自动切割时的切割数据

板 厚 (mm)	火嘴直径 (mm)	氧气压力 (kg/cm ²)	切割速度 (mm/分)	气体耗量(m ³ /小时)		切 口 标 准 宽 度 (mm)
				氧 气	乙 炔	
3.2	0.51~1.02	1.05~2.10	559~813	0.48~1.56	0.14~0.25	—
6.4	0.79~1.51	0.77~2.45	508~712	1.02~2.64	0.17~0.31	2.0
9.5	0.79~1.51	1.19~2.80	483~661	1.30~3.26	0.17~0.34	2.4
12.7	0.79~1.51	1.40~3.85	432~610	1.78~3.54	0.22~0.37	2.4
19.0	0.97~1.51	1.68~3.50	381~559	3.32~4.50	0.34~0.42	2.8
25.4	1.18~1.51	1.96~3.55	356~483	3.68~4.93	0.37~0.45	2.8
38.0	1.70~2.06	1.54~3.85	305~381	5.24~6.79	0.40~0.51	3.2
50.8	1.70~2.06	1.54~4.20	254~356	5.24~7.36	0.45~0.57	3.2
76.2	2.06~2.18	2.10~3.50	203~280	5.86~9.40	0.45~0.65	4.4
101.6	2.06~2.18	2.80~4.20	165~229	8.30~10.88	0.60~0.74	4.4

表 1.3 斜角切割的数据

板厚 (mm)	斜角 形状	切割速度 (m/小时)	气体耗量 (m ³ /小时)	
			氧气	乙炔
	I	30.0	1.96	0.283
	II	30.0	2.46	0.383
	III	25.8	2.81	0.515
	IV	—	—	—
12.5	I	25.8	2.11	0.342
	II	25.8	3.87	0.412
	III	22.5	4.05	0.530
	IV	20.0	6.74	0.453
19.0	I	22.5	3.40	0.319
	II	22.5	4.45	0.445
	III	20.0	8.25	0.812
	IV	20.0	9.05	1.210
25.4	I	20.0	3.59	0.325
	II	20.0	4.50	0.455
	III	18.0	9.50	1.420
	IV	18.0	10.40	1.410

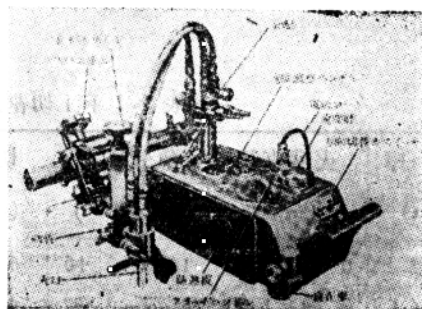
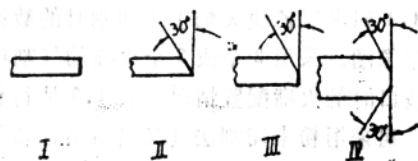


图 1.16

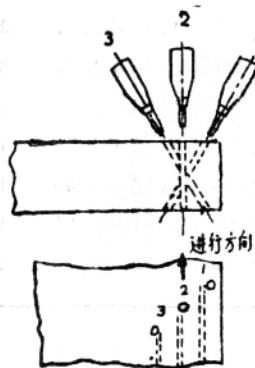


图 1.17 三个火嘴
的X形坡口切割

采用等离子火焰割炬进行切割的方法,如图1.18所示有两种。移动型割炬,是在割炬的钨制负电极与被切割材料(正电极)之间引弧,送入操作气体包围电弧,利用喷嘴口喷出的高温焰流进行切割。非移动型割炬是钨制负电极与铜喷嘴内表面(正电极)之间引弧,使操作气体流入喷嘴内,加热成高温,从喷嘴喷射出来进行切割。

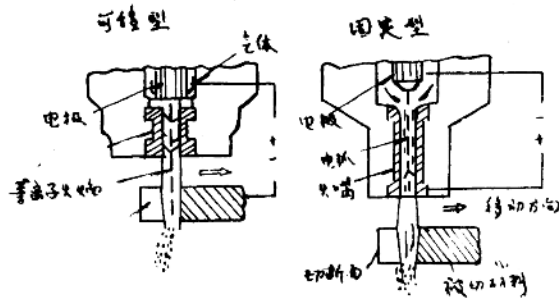


图 1.18 等离子火焰切割

气体分子在高温下分解成原子,进一步增高温度,气体原子电离成为电子和正离子,此种状态下的气体称为等离子体。气体最高温度,移动型割炬时达 33000°C ;非移动型割炬达 20000°C 。等离子火焰切割法使被切割材料急激加热,使金属熔化而吹掉,达到切割之目的。采用等离子火焰切割法比起氧、乙炔火焰切割法来,前者成本低、切割速度快,而且用氧、乙炔火焰不能切割的金属、水泥、耐火等材料,它都能切割。

此外,机械切割方法是剪板机剪断。此法效率高、精度也较高,使用可以进行斜角切割的油压剪板机,加工厚板的焊接坡口很方便。将板材用千斤顶压紧固定在刨边机上,根据切削法加工端面,适用于精度要求特别高的情况。

1.1.3 封头的制造。

封头形状一般采用平底形、碟形、半椭圆形,高压封头采用半球形。封头的典型形状和尺寸比如图1.19所示。与筒体焊接的直边长度(h),一般是板厚的1~2倍,最小20mm。

封头的圆形公差与筒体圆形公差相同,取1%以下。其内径公差数值,超过20mm时就取20mm

再有,与筒体对焊焊缝的最大容许组对误差取板厚的10% (板厚15mm以下,取1.5mm;板厚60mm以上,取6mm),因而封头凸

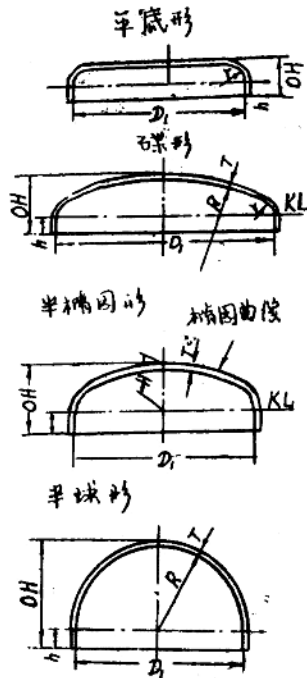


图 1.19 封头的形状

- $r \geq 4T$
- 浅碟形
- $R = 1.5D$
- $r = 4T$
- 10%碟形
- $40T \leq D$ 时, $r = 0.1D$
- $40T < D$ 时, $r = 4T$
- 2:1半椭圆形 $H = \frac{D_i}{4}$
- T 板厚 OH 全高
- D_i 内径 KL 油线
- R 大曲半径
- r 小曲半径
- H 高
- h 直边长
- OH 总高
- KL 弯转节界线
- 最大内径—最小内径
- 计算内径 $\leq 1\%$

缘尺寸与组对筒体的安装尺寸,控制在公差范围内,进行组装。为此,封头内径在公差范围内冲压成形,同时侧量凸缘外径尺寸,与计算尺寸的误差取板厚的30%以下为好。其中板厚15mm以下,取4.2mm;60mm以上,取18mm。

碟形封头或半椭圆形封头的形状采用图1.20所示的、具有正确尺寸的样板,A或B的公差取封头内径的1.25%以下。

封头加工法分为:冲压成形加工、旋压机旋压成形加工以及锤打成形。此外,大直径封头采用边缘弯曲加工。最近,还正在采用爆炸成形法,但加工费高、应用还不普遍,仅适用于特殊形状、特殊金属材料制的封头加工。

(1) 油压机冲压成形加工

油压机冲压成形加工钢制封头如图1.21所示,将切割成圆形的毛坯放在下模上,用封头内表面形状的上模冲头冲压。毛坯加热到相变点 A_{cm} 以上温度进行冲压操作,称为热冲压。室温状态下操作,称为常温冲压。热冲压时,加工时的材料变形阻力为常温时的10~20%,而且延伸性好、易成形。常温冲压,能适用于毛坯厚板20mm以下情况。

(A) 冲压成形时的冲压力。

封头成形时的应力平衡方程式,用(1.15)式表示(参考图1.22)

$$\frac{d(r \cdot t \sigma \varphi)}{dr} - (1 - \mu \tan \varphi) \quad t \cdot 6 \theta = 0 \quad (1.15)$$

$\sigma \varphi$ 表示毛坯任意点平均拉伸应力; 6θ 表示平均圆周压应力; t 为板厚; μ 为摩擦系数。

板厚不变,进行完全润滑时:

$$\frac{d(r \cdot 6 \varphi)}{dr} - \sigma \theta = 0 \quad (1.16)$$

$$\text{屈服条件是 } 6 \varphi - \sigma \theta = 1.1K \quad (1.17)$$

$$\text{从式 (1.16) (1.17), 得 } 6 \varphi C = 1.1 \cdot K \cdot \ln \frac{r_0}{r \phi c} \quad (1.18)$$

$6 \phi c$ 表示:毛坯与上模分离点的平均拉伸应力; $r \phi c$ 是此点半径; r_0 是成形过程中毛坯的外

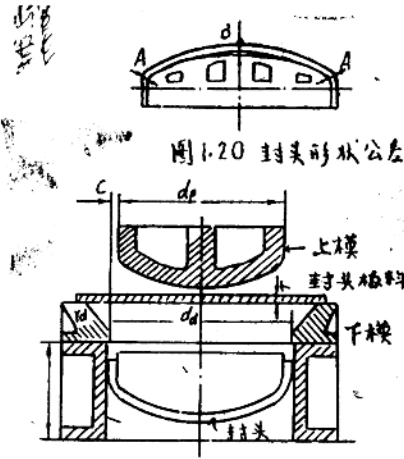


图 1.21 冲压加工封头

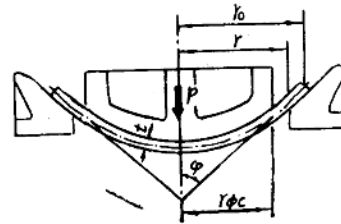


图 1.22

半径, K 平均变形阻力。成形所需冲压力

$$p = 2\pi \cdot r \phi c \cdot t \cdot \sigma \phi c \cdot \cos \varphi \quad (1.15)$$

代入式 (1.18)
$$P = 2\pi r \phi c \cdot t \cdot \left\{ 1.1 R \ln \frac{r_o}{r \phi c} \right\} \cos \varphi$$

$$\cong 7 \cdot R \cdot r \phi c \cdot \ln \frac{r_o}{r \phi c} \cdot \cos \varphi \quad (1.20)$$

实际上毛坯与下模之间有摩擦力, 公式复杂, 使用过程中最好求出最大冲压力 $P_{\max}$ 。式 (1.21) 是采用适宜的金属胎模、给予适当余量的简单实验公式。

$$P_{\max} = 2.5 (\delta_y + \delta_t) \cdot r_{45} \cdot t_o \cdot \ln \frac{r_o}{r_{45}} \quad (1.21)$$

式 (1.21) 中, r_o , r_{45} 是根据作图法求出的数值。在加工的封头上, 引出与封头中心线成 45° 角的切线, 其切点为 A, 然后在切线上取 AB 长度 (AB 长度与 A 到切线起点距离相同), 得 B 点。由封头中心线到 A 或 B 的距离, 分别用 r_{45} , r_o 表示; t_o 为毛坯板厚; δ_y , δ_t 分别为屈服应力, 抗拉力。

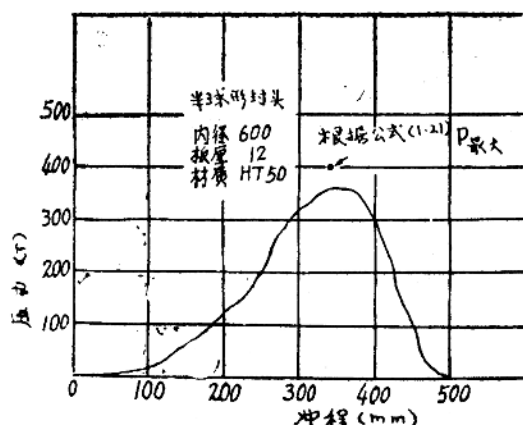
图 1.23 是内径 600mm、毛坯板厚 12mm 的半球形封头的冲头冲压力行程图。从式 (1.21) 求出 $P_{\max}$ (参照图 1.24)。

$$r_{45} = (300 + 12/2) \times 0.707 = 216$$

$$\ln 440/216 = 0.7116$$

图 1.25 是求出 1:10 碟形封头 (板厚中心上直径 1,000mm) 的冲压力图表。

(B) 发生皱折的对策和适宜胎模的设计。



$$P_{\max} = 2.5 \times (34 + 53) \times 216 \times 12 \times 0.7116 = 402,000 \text{ Kg}$$

图 1.23

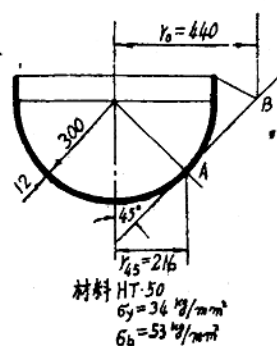


图 1.24