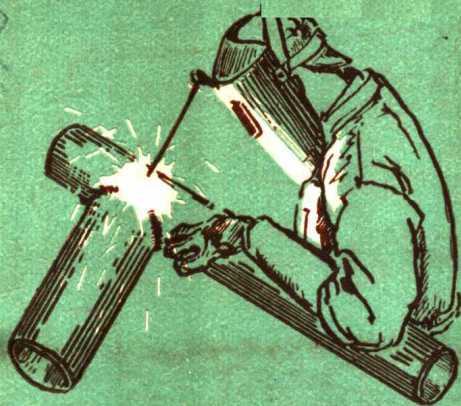




水利电力部电力建设科学技术研究所

焊制高压三通

水利电力出版社

77.7

焊制高压三通

水利电力部电力建设科学技术研究所

*

2795R473

水利电力出版社出版（北京西郊科学路二里沟）

北京市书刊出版业营业登记证出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店科技发行所发行 各地新华书店经售

*

787×1092毫米开本*86印张*17千字

1960年3月北京第1版

1960年3月北京第1次印刷(0001—8,320册)

统一书号：15143·1968 定价(第9类)0.11元

77.

前 言

在党的总路线光辉照耀下，我国的电力工业建设事业也正在高速度地发展。全国各地将兴建很多高温高压的热电厂。

目前在管道安装过程中，铸造高压三通在数量和质量上尚不能满足需要。为了保证安装工程的顺利进行，必须采取简单易有效的措施，为此，去年我们对焊接的高压三通专门进行了研究。

经过对各种结构形式三通的分析与试验，我们选定了两种较好的结构（即第六、第七两种形式）。其爆破值分别为母管的105%及102%。经水利电力部技术委员会审定，此两种结构形式的三通分别可用于压力不大于185个大气压，工作温度不超过230°C的给水管及压力不大于100个大气压，工作温度不超过540°C的蒸汽管路进行工业性的试验（直径在 $\phi 108 \sim 325$ 毫米范围内）。这种焊制三通的优点是各现场均能自己制作，所需材料的牌号及规格与相联接的管子相同。制造设备不需专用的机具。制造时按电力建设总局所颁布的“焊制三通暂行技术规定”（见附录）去做，其质量也是可以得到保证的。在成本方面，我们没有与铸造三通进行过精确的比较，但估计和铸造三通相近。因为虽然焊制三通比较费工，可是焊制三通的金属消耗量要比铸造三通少的多，因此是可以采用的一种技术措施。

应该指出，焊制三通所以能够得到成功，党的领导与支持是我们的根本保证，同时也是和北京电管局第三工程处和一机部化工机械研究所的大力协助分不开的。

一、焊制高压三通的主要問題

焊制三通需要解决两个基本問題：第一、如何解决由于主支管接合处的开孔和断面方向的变化，对主管所引起的强度削弱問題。第二、如何处理由于焊接所造成的内应力和可能导致的焊接缺陷問題。

根据E. A. 特劳揚斯基 (E. A. Троянский) 的論述，主管强度的削弱，可用加大主支管的厚度的方法来补强，使之与沒有引出管的主管强度相似，补强三通的厚度可用下式計算：

$$S = \frac{PD_B}{(230R_p - P)\varphi} + C \quad \text{毫米} \quad (1)$$

式中 P ——計算压力，公斤/厘米²；

R_p ——許用应力，公斤/厘米²；

C ——常数，当 $S - C > 1$ 时， $C = 0$ ，当 $S - C \leq 1$ 时，

$C = 1$ ；

φ ——强度削弱系数，其值由下式决定：

$$\varphi = \frac{1}{1 + \xi \frac{D_{OP}^0 \cdot D_{OP}^T}{(D_B^T)^2} \cdot \sqrt{\frac{D_{OP}^T \cdot S_T}{D_{OP}^0 \cdot S_0}}} \quad (2)$$

D_{OP}^0 ——支管的平均直径，毫米；

S_0 ——支管的厚度，毫米；

D_{OP}^T ——主管的平均直径，毫米；

S_T ——主管的厚度，毫米；

D_B^T ——主管的内径，毫米；

ξ ——系数，其值随主管直径而异。

D_n	102	133	219	273
ξ	0.0145	0.190	0.230	0.245

对于等径三通来说，其削弱强度最为严重，式(2)可简化为：

$$\varphi = \frac{1}{1 + \xi \frac{D_{op}^2}{D_n^2}} \quad (3)$$

以 $\phi 273 \times 20$ 的等径三通为例， $\varphi = 0.78$ ，较主管削弱约 $\frac{1}{4}$ 。

根据 G.J. 斯丘索 (G.J. Schossow), Д.Ф. 古列维奇 (Д.Ф. Гуревич), Е.А. 布鲁克斯 (Е.А. Brooks) 和 J.H. 泰劳 (J.H. Tylor) 等人的试验数据来看，由于应力集中对主管强度的削弱可用下述方法补强：

(1) 主管强度的削弱，可用在管孔附近一定范围内增加金属断面的方法加以补强。当增加断面与被削掉断面之比在 0.8 ~ 1.2 之间时，应力集中系数最小。

(2) 增加的金属愈靠近管孔，则消除应力集中的效果愈显著，补强的效果愈大。

(3) 把增加的金属用在加厚管孔附近支管的断面所起的效果，不如用在加厚管孔附近主管断面所起的效果大。

(4) 三通纵断面上主支管交接处圆弧大小及光滑程度影响应力集中的程度，如圆角半径由 20 毫米增至 120 毫米，应力集中系数约降低 40%。

G.J. 斯丘索等人的试验数据与苏联中央锅炉汽轮机研究所的对直径大于 $0.6D_n$ 时加强孔的计算标准很接近，并能适应

于各种加强方法，因此我們对三通主管的补强計算及結構型式选定以后者为基础。

焊制三通的另一个主要問題是焊接应力和焊接缺陷問題，在焊接过程中。由于热塑性变形和組織轉变的結果，常常造成內应力。內应力值的大小决定于焊縫断面的尺寸，焊接接头的型式、焊接材料和焊接规范等。其中焊縫断面尺寸和材料对內应力值的关系最大，由于焊制三通結構的要求，焊縫断面尺寸較同工作参数的管子焊縫为大，以上原因和焊接对口的非对称性，就成为使焊制三通具有較大內应力的因素。因此，怎样設法减少或消除內应力是焊制三通在工艺上必須重点考虑的第一个問題。其次，焊制三通主支管的接合縫是一条馬鞍形空間曲綫，在加工时很难保持对口的間隙和角度的規定值，而对口不正确又常常是造成焊接缺陷的主要原因之一，常因对口不当而造成根部未焊透、燒穿、根部裂紋等缺陷。因此，怎样控制对口間隙和角度的准确性是焊制三通在工艺上必須解决的第二个問題。此外，三通焊接位置較复杂，焊接方向逐点在变化，給焊接工作造成一定的不便，怎样改变这种困难焊接位置的状况也是應該考虑的。

以上两个問題我們从两方面进一步研究解决。从焊制三通結構的研究方面来解决补强問題；从焊接工艺的研究方面来解决內应力和可能导致的焊接缺陷問題。

二、焊制三通結構的研究

为了弄清楚三通的工作情况，我們对三通在受压情况下进行了应变測定。其应力分布状况如图 1 所示（画图时采用的应

变值因在弹性范围内，应变和应力是直线关系)。由图可知，在 A ， B ， C 三处应力最大。如果不进行加强，必将在该处开始

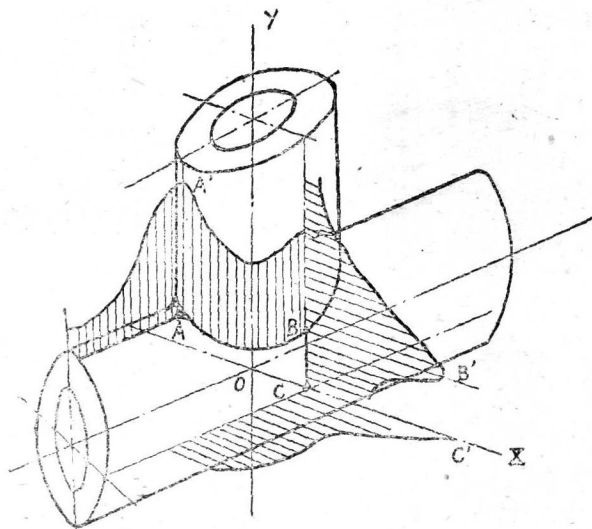
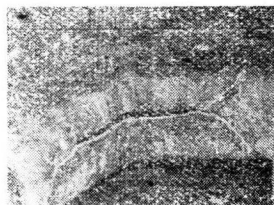
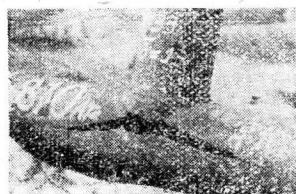


图1 三通应力分布情况

爆破。經爆破試驗証明，这个結論是正确的(見图2)。經過我們試驗，这种形式三通的爆破值約为原管强度的81%，据F.L. 爱維尔雷特 F.L. Everett 和 A. 麦克·克昌 (A. McCutchan) 的



在 A 区爆破的三通实物



在 B 区爆破的三通实物

图2

試驗，其爆破值仅为主管强度的 69.6%，就是說，爆破值更低。为了使强度值达設計值，用来制造三通的管子必須加厚管壁，但这对現場及当前材料供应情况來說是一个很大的困难。

第二种結構形式是德国采用較广的一种(見图 3)。其优点

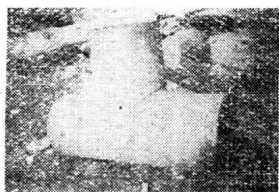


图 3 德国广泛采用的
焊制三通

是在主支管交接处具有較大和光滑的圓角，应力集中情况得到了改善，另外，在焊接时也和普通管子对口差不多。但是存在着两个困难。一是制造时需要在紅热状态下用专门設備来頂拔成形，另一是由于頂拔可能使部分地区壁厚减薄，

仍需要用厚管。这两点我国一般現場尚不易解决。

第三种結構形式(見图 4)曾在吉林第十一工程处制造过，但未正式使用。据 E.H. 賽布隆 (E.H. Seabloom) 的試驗資料，其爆破值

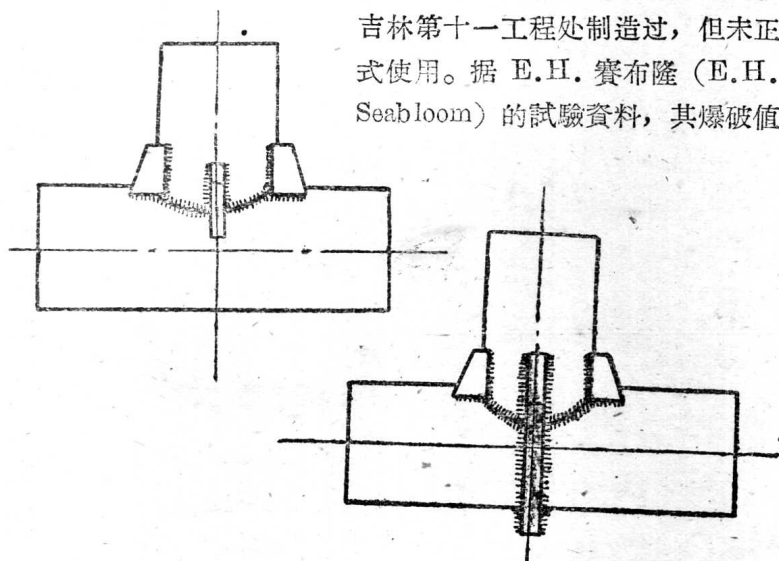


图 4

仅为主管的38.5%，因此我們未曾采用。

第四种結構形式(見图 5)曾在大連第二发电厂使用过。这

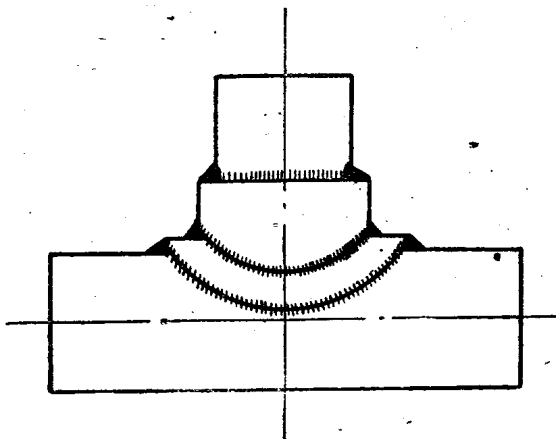


图 5

种形式在結構上并不十分合理。从应力測定情况看来，支管处不是应力最大点，不必进行加强。由于这样加强后不仅使制造工艺复杂化，而且增大了附加应力。

这种做法是不恰当的。

第五种結構形式是第四种的改进，取消了支管的加强部分(見图 6)。从爆破試驗結果看来，共爆破位置均在主管B、C

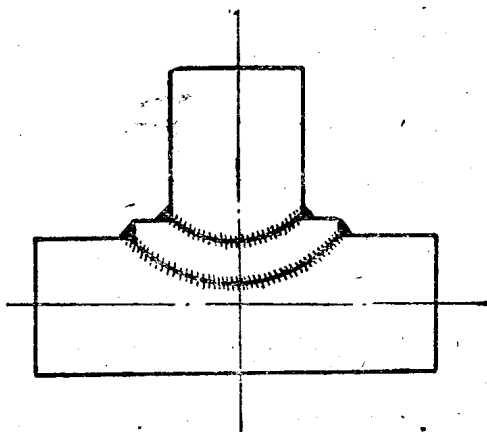


图 6

区之間(見圖 1), 破裂是从加强板的焊缝邊緣开始, 随后向兩側扩展。裂口朝向支管。其主要原因是在这个区的应力值最大, 又在該处管壁厚度相差較大, 造成一种应力集中, 外加在焊缝邊緣經常有些深度不大的咬边。这也是产生爆破的原因之一。另外, 又有个別三通, 其爆破位置是在主管本身上(見圖 7)。其爆破压力为主管强度的89~100%, 平均为93%, 这和 E.H. 賽布隆 (E.H. Seabloom) 和克兰公司 (Crane Co) 的試驗結果很接近, 前者是用 8 吋^① 直徑的管子試驗的, 其爆破值为主管的 98%; 后者是用 24 吋直徑的管子試驗的, 其爆破值为 93%。这个試驗証明了两点。第一是支管的强度并没有削弱, 无加强的必要, 第二是母管的加强板起了作用, 使爆破值有所提

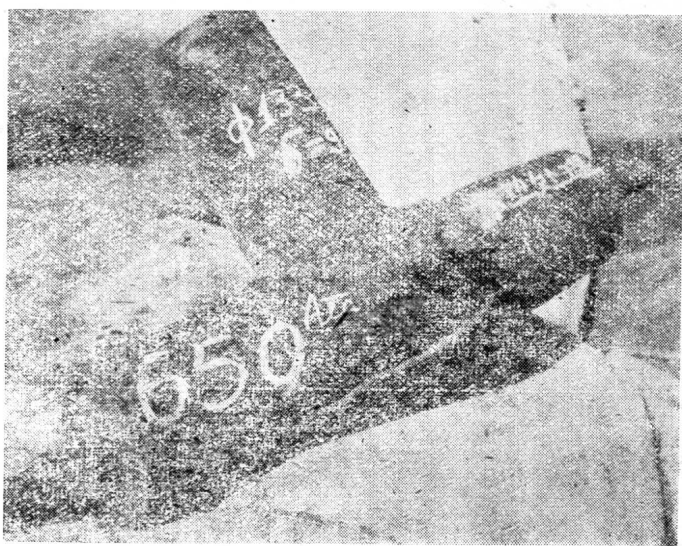


圖 7 (1)

① 1 吋 = 24.5 毫。

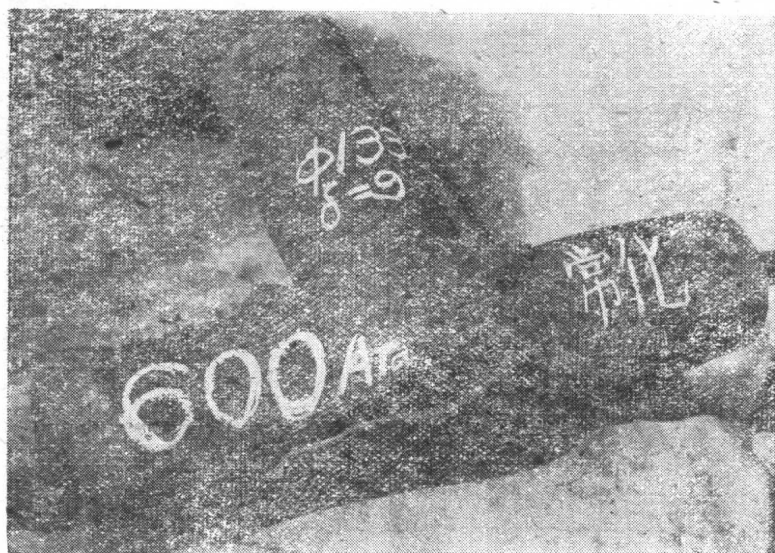


图 7 (2)

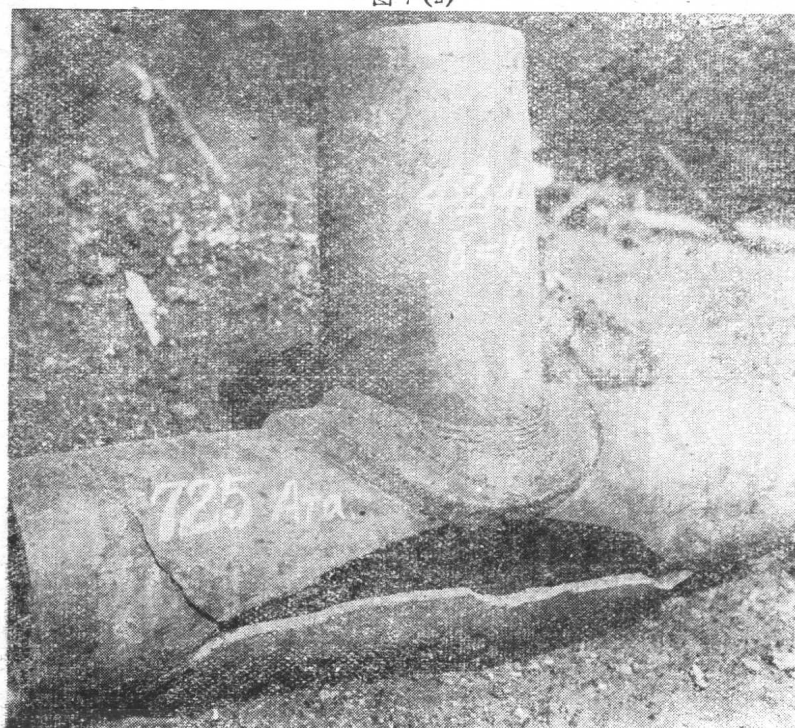


图 7 (3)

高，但由于加强得仍不够，故爆破位置还在应力較大的区域。

第六种结构形式是针对上一种的缺点而进行试制的（见图8）。加强板在整个圆周内均有，可以防止在应力最大区内首先

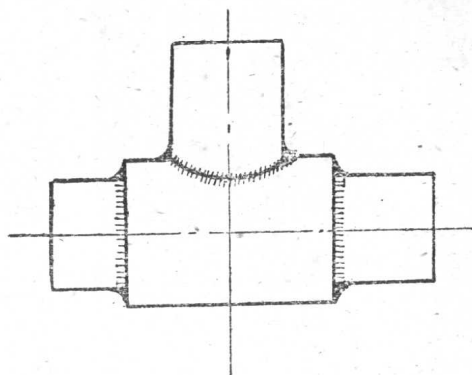


图 8

爆破。其加强板可用原规格的材料来制造。从试验结果来看，情况较好，爆破结果（见图9）。（13×9的管子其爆破力值为830绝对大压，为主管爆破值105%）爆破位置在

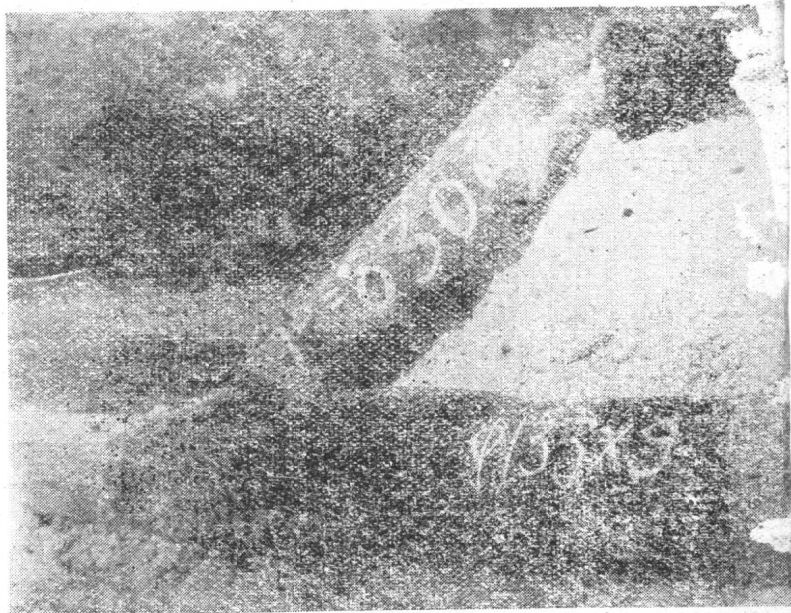


图 9

强板处的主管上，离开三通区较远。这种结构形式的三通具有较大的可靠性，可以用在蒸汽管道上。但是，也存在着缺点：加强肩不易和主管贴紧；制作方法较复杂；耗材较多。为了使加强肩能和主管贴合得好，要先焊加强肩的纵缝。

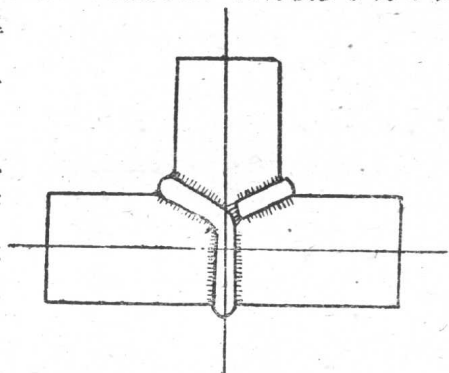


图 10

第七种结构形式是上一种形式的改进，用钢筋在应力最大区进行加强（见图10）。这样能有效地消除A、B、C地区的应力（见图1），而且在制造

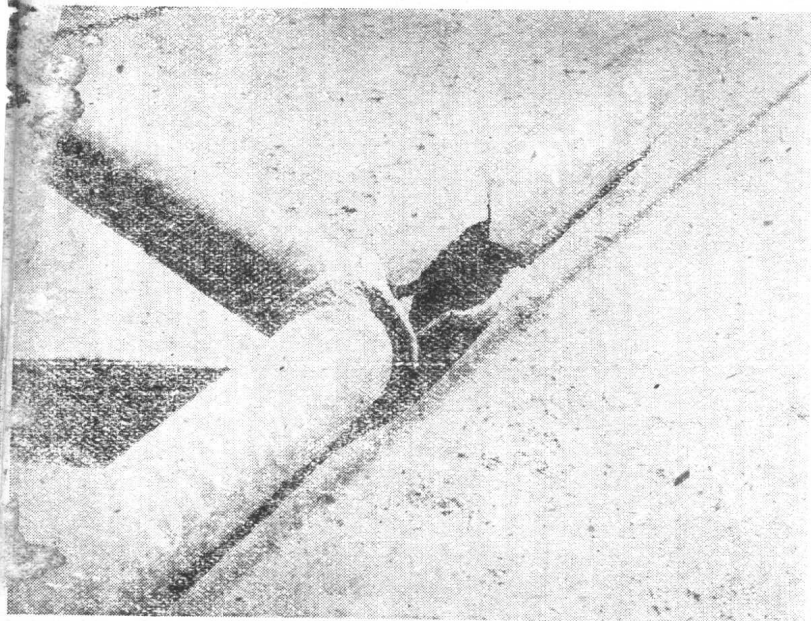


图11

时也較簡單。爆破首先是在离鋼筋約 15 厘米处开始，然后向兩側扩展，直到鋼筋加强处为止，証明用鋼筋加强起了作用(見图 11)。其爆破压力为 810 絕對大气压，为主管的 102%。但由于鋳鋁、鋳鋁鋼筋不易找到，故暫不能用于蒸汽管道。建議在給水管道上应用。

第六，七两种結構的設計图如图 12 及图 13 所示，其加强值的考虑是根据苏联中央鍋炉汽輪机研究所关于承压圓筒形容器

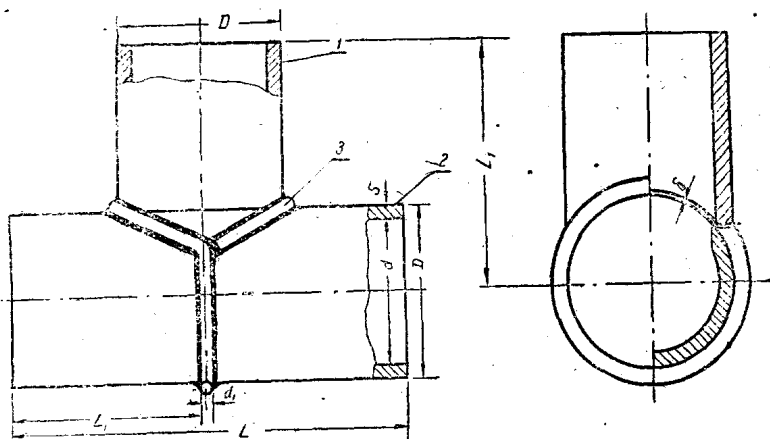


图 12

等徑焊制三通管尺寸(毫米)

D	d	S	d_1	L_1	L
133	113	10	14	275	250
168	142	13	≥ 17	300	650
194	166	14	≥ 20	350	700
219	183	18	22	400	800
245	209	18	≥ 25	450	900
273	233	20	08	574	950

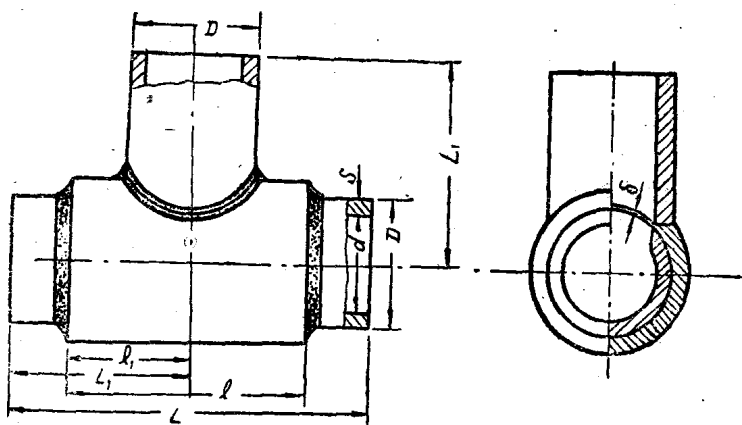


图13

等径焊接三通管尺寸(毫米)

D	d	S	L ₁	L	l ₁	l
133	113	10	275	550	93.5	187
168	142	13	300	600	≥116	≥232
194	166	14	350	700	≥138	≥276
219	183	18	400	800	104.5	209
245	209	18	450	900	≥174	≥348
273	233	20	475	950	123.5	147

加固孔的计算标准确定的，对于带加强肩的第六种型式，其加强肩长度可按下式计算：

$$L \geq \frac{d_s}{2} - 2.5S$$

式中 L ——加强肩的长度，毫米；

d_s ——主管的内径，毫米；

S ——主管的厚度，毫米。

如加强肩不是采用主管所用的管材，而是用另一种厚度的。

管材制作，設其厚度为 S_1 ，則加强肩的規格須滿足下式要求：

$$L \geq \left(\frac{d_2}{2} - 2.5 S \right) \frac{S}{S_1} - S_1.$$

第七种型式的加强筋的計算就高压管來說，加强筋的直径 d 約为管壁厚度的1.3~1.4倍，其值可參看12, 13图。

三、焊接三通的制造工艺

1. 制造及装配

(1) 样板的制造及下料：为了能得到准确的輪廓及坡口，采用了厚壁三通特有的样板制法(見图14)。

支管首先用下料样板下料，然后用砂輪稍加打磨，与主管相配合适后，再用坡口制造样板划綫，用气割割去多余部分，再用砂輪打光，使坡口大小能和設計的一致(見图14)。加强板的下料法見图15。

主管按下料样板划綫后，在切割及打磨时應該注意两点：在切割Ⅰ处时，火炬应朝外，将金属多去掉些，使稍加打磨便能得到光滑的过渡圓角(見图16, (1))；在切割Ⅱ处时，火炬应朝向管中心，以免把金属切去过多，使管壁减薄，造成强度削弱(見图16, (2))。在不减弱强度的条件下，將圓角尽量做大。

(2) 制造时应注意的事項。

装配时应保証間隙在4~5毫米間，使第一层能得到透度均匀的焊縫，这对焊接三通的质量起很大作用。焊接应由有經驗的高压焊工进行，最好采用分段焊，断弧处应互相錯开。如发现有缺陷时必须鏟去重焊。加强筋或加强板务必要和主管紧密貼合，使能充分發揮作用。三通焊后的热处理要严格按照“焊制

三通暫行技術規定”確定的規範。最後，應經過 γ -綫透視檢查合格後才能使用。

2. 焊接

此種焊接三通不帶墊圈，其原因是：（1）墊圈不易製造；因形狀複雜。（2）可以檢查出焊縫是否焊透。（3）不易出根部裂縫。

裝配及點固時，務需注意其間隙應保證在4~5毫米範圍內。因焊第一道時用3毫米的焊條，而管子壁厚較大，如間隙過小則焊條透不過去，背面不易獲得透度均勻的焊縫。而這第一道焊縫質量的好壞將對三通質量起很大作用。點固時一般可在兩側各點固二點，必須用同樣焊條。焊縫不得存在任何焊接缺陷。

焊接位置的選擇不宜時常變化，盡量避免仰焊，建議採用斜立焊，以便獲得質量較好的焊縫。為能獲得這種工作條件，可做一個專門用的轉動工具台。

為了減少由於焊接而引起的焊接熱應力，必須認真考慮焊接順序。我們施焊時採用四段分焊法。但必須指出，每次斷弧處必須互相錯開，同時盡量避免在三通拐角 AC 及中部 BD 區換焊條（見附圖6）。因這兩個區域是三通最弱之處，應保證有最優質的焊縫。

與此同時，減少不必要的焊縫也可減輕由於焊接而引起的熱應力。為此，在保證強度的條件下，不必多焊焊縫。

最後，值得指出的是，在焊接合金鋼的三通時，管子必須預熱到250~300°C，在焊接過程中溫度不得低於此溫度。

3. 熱處理

對於不同鋼材製成的三通，焊後進行不同的熱處理。

（1）碳鋼三通：此類三通僅需進行低溫退火即可，其目的