

薄壁导管的 焊接和钎焊

.6

國防工業出版社

СВАРКА И ПАЙКА ТОНКОСТЕННЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ

А. М. КИТАЕВ А. И. ГУБИН

«МАШИНОСТРОЕНИЕ» 1972

薄壁导管的焊接和钎焊

宋玉成 张惠良 译

何康生 校

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

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张3 3/8 字数84千字

1976年7月第一版 1976年7月第一次印刷 印数: 00,001—15,000册

统一书号: 15034·1491 定价: 0.35元

薄壁导管的焊接和钎焊

A. M. 克达耶夫 A. H. 古宾 编著

宋玉成 张惠良 译

何 康 生 校

国防工业出版社

СВАРКА И ПАЙКА ТОНКОСТЕННЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ

А. М. КИТАЕВ А. И. ГУБИН
«МАШИНОСТРОЕНИЕ» 1972

*

薄壁导管的焊接和钎焊

宋玉成 张惠良 译

何康生 校

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张3 3/8 字数84千字

1976年7月第一版 1976年7月第一次印刷 印数: 00,001—15,000册

统一书号: 15034·1491 定价: 0.35元

出 版 说 明

本书叙述了重要用途的钢和有色金属薄壁导管的设计、焊接、钎焊、试验、安装和质量检验。对焊接和钎焊部分,介绍了规范及其所用的辅助材料:焊料、焊药、保护气体,分析了焊缝和钎缝中产生缺陷的原因及排除方法,对试验部分列出了一些静动载荷的试验数据。

书中有些工艺是落后的,甚至是笨重的手工操作,但也介绍了一些国外现在应用的先进工艺。如电磁旋弧焊,铝管钢接头的制造方法等。虽然叙述得还不够完善,但是对于从事导管焊接的工作人员来说,还有一定的参考价值。

序 言

在许多技术部门中,薄壁导管广泛地用作燃油、滑油、酸液、氧气和其它系统。发动机、机器、各种机组和装置能可靠地工作而不出事故都与导管的质量有关。对导管的质量提出高要求,还因为它们是在复杂而且差别很大的条件下工作:在高压和有腐蚀作用的液体和气体中、在低温和高温下、承受频繁的冷热交变、以及受到静止和交变负载的作用。

在机械制造业中虽已积累了不少设计和制造导管的经验,但人们也熟知机器运行过程中导管发生的破坏事件。研究表明,破坏的原因可能是结构缺陷,管子材料和连接元件的选择不正确、连接件焊接(钎焊)的质量不佳、装配不正确而产生的残余应力等等。

在广泛应用薄壁导管解决各种技术问题所积累的经验基础上,发现了对一九六四年出版的第一版书作补充的必要性。本书增添了专门的章节来叙述用铝合金管与钢接头制造导管的问题,导管的电磁旋弧焊问题、列举了许多关于导管安装钎焊的建议,并且作了一系列的补充和修改。

按照预定的计划,作者把研究的范围限制在重要用途导管的焊接和钎焊的主要问题。

目 录

序言	4
第一章 导管的基本概念	7
1. 管子和连接零件的材料	7
2. 导管的结构零件和分类	12
3. 管子的切断、弯曲和装配	21
第二章 导管的焊接方法及工艺	28
1. 焊接方法的选择	28
2. 钢导管的手工焊	31
3. 钛导管的手工焊	35
4. 钢和钛导管的自动氩弧焊	37
5. 铝合金导管的焊接	41
6. 导管的接触缝焊	45
7. 焊接接头的检验及缺陷修补	47
第三章 导管钎焊的方法及工艺	51
1. 钎料和焊药	52
2. 钎焊接头	57
3. 钎焊加热方法的选择	58
4. 钢导管的气焊枪钎焊	60
5. 有色金属导管的气焊枪钎焊	62
6. 导管的感应钎焊	64
7. 导管的安装钎焊	68
8. 钎焊接头的检验及缺陷修补	69
9. 焊接和钎焊的技安	75
第四章 带有钢连接零件的铝合金导管	77
1. 管子转接座的热挤压焊	79
2. 管子转接座焊接的主要工艺程序	80

3. 工艺因素对铝-钢接头强度的影响	85
第五章 导管的表面处理	87
1. 管子内表面的清理	87
2. 导管的磷化处理	89
3. 导管的化学镀镍	90
4. 导管涂漆	91
5. 20A 钢导管在生产过程中的防腐处理	92
6. 氧气系统和液态氧化剂用的 X18H9T 钢导管的清洗	93
第六章 导管的焊接和钎焊接头的强度	94
1. 导管焊接接头的静载强度	94
2. 导管钎焊接头的静载强度	97
3. 导管接头的疲劳试验方法	99
4. 导管接头的疲劳强度	102
第七章 提高导管强度的途径	107

第一章 导管的基本概念

导管是由管子和可拆或不可拆的连接件所组成。而不可拆接头是用焊接或钎焊方法连接而成的。导管材料的选择取决于导管的用途、工作条件和结构的工艺性。如果在制造时,能采用高生产率的方法弯曲、焊接和钎焊,而且又符合技术要求、经济、并具有必要的强度,则此种导管的结构便具有良好的工艺性。固定导管的部件是管路系统结构的重要部分,其质量好坏也关系到导管在使用中的可靠性。

1. 管子和连接零件的材料

带有焊接和钎焊接头的重要用途薄壁导管,一般采用无缝冷拔和冷轧的钢管、黄铜管、铝合金管和钛合金管。但在现代技术中,经常会遇到在高温下工作的薄壁导管结构。在这样的条件下对管材的耐热性就提出了更高的要求。因为不锈钢的耐热性是不够的,所以必须采用镍基耐热合金的薄壁管子。

钢管 壁厚为1~2毫米、直径为6~40毫米的20A和X18H10T钢管应用得最多。管子按外径的尺寸间隔为1毫米,壁厚为0.5毫米。

管子按ГОСТ推荐的与直径、壁厚有关的精度等级(一般、较高和高精度级)制造。管材的化学成分和机械性能应符合表1所列出的数据。

碳钢管可以在温度不超过100°C的非浸蚀介质中用作滑油、空气、燃油的管路系统。为了防止腐蚀,碳钢导管的内表面要进行磷化处理,外表面涂漆。对于在室温和高温下工作的燃油、滑油、酸液、氧气和其它的管路则采用X18H10T不锈钢管。这种钢的导

表1 管材的化学成分和机械性能

管 材	主 要 成 分 含 量 (%)			σ_s (公斤/毫米 ²)	δ_{10} (%)
	C	Cr	Ni		
20A 碳钢	0.15~0.25	—	—	40	20
X18H10T 不锈钢	0.12	17~20	8~11	56	40

管不作防腐处理。导管的外表面涂以规定的颜色,以表示该导管用于某种液体或气体。在压力下工作的管子,应按照ГОСТ3845-65进行液压试验。用标准的工艺试样来鉴定管子的变形能力:弯曲(ГОСТ 3728-66)、扩口(ГОСТ 8694-58)、收口、翻边(ГОСТ 8693-58)、压扁(ГОСТ 8695-58)。

管子的弯曲试验就是用任意方法将试样平滑地弯曲(图1 a)。但这种弯管方法应能保证在任意一个位置上(按断面和长度)其外径不小于本身原始值的85%,试样的弯曲角度和弯曲半径在管子的技术条件中已作出规定。

将锥体心棒打入管子末端进行扩口试验(用小锤、锻锤或压力机)(图1 б)。心棒的锥度(1/10 或者 1/5)和扩口试验时,无裂纹和撕裂的管径增大量在技术条件中都有所规定。

用长度为 $2.5D+50$ 毫米的试样进行收口试验(图1 в),式中 D ——管子外径。管子的收口试验是将管子用小锤、锻锤或压力机打入带有锥孔的环模中,环模的锥度(1/10 或者 1/5)列在技术条件内,经过试验的样件不应有裂纹和撕裂,裂纹的出现是试验失败的标志,因而要做第二次收口试验。

按技术条件进行翻边和压扁试验(图1 г 和 д),在技术条件中对试验后的试样尺寸有规定。试验后的试样不应有裂纹和撕裂。

按补充技术条件 ЧМТУ/УкрНИТИ 586-64, ГОСТ 9940-62 和 ГОСТ 9941-62 的规定, X18H10T 钢管制成磨加工的外表面,而且在内表面允许深度不大于0.02~0.03毫米的划痕,用与标准样片

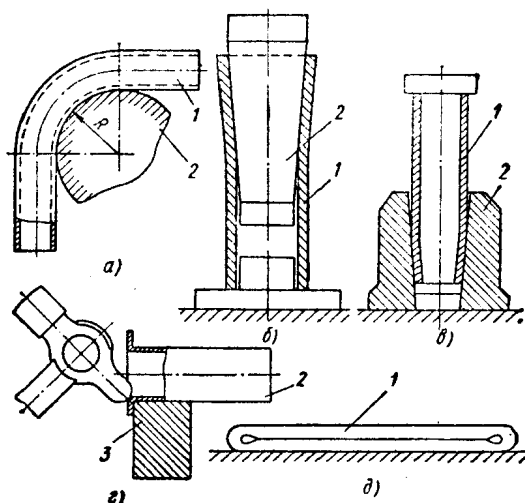


图1 管子工艺试验简图

а—弯曲；б—扩口；в—收口；г—翻边；д—压扁。

(1—管子；2—型胎；3—支架)

进行比较的方法对外表面的粗糙度评价。专用技术条件规定，直径 ≥ 10 毫米的X18H10T无缝钢管应经表面电抛光后供应，可以供应内或外表面、或者内外表面都经电抛光的管子。碳钢管子以退火状态供应，不锈钢管子以淬火状态供应。

热处理（淬火后）后的X18H10T钢管按ГОСТ6032-58用短时间补充加热的AM法作晶间腐蚀试验。根据ЧМТУ/УкрНИИИ586-64，牌号为20A和X18H10T的钢管以无划痕状态供货，并可供航空导管用。

碳钢管采用25号钢的连接件，不锈钢导管采用X18H9T钢的连接件。对于高压下工作的导管，用模锻毛坯或者锻压件制造。因为这些零件（壁厚1~2毫米）如用棒料车削，那么它们经常是不密封的。

耐热合金导管 XH78T(ЭИ435)和XH60B(ЭИ868)镍基耐热（不起氧化皮）变形合金制造的管子获得了应用。壁厚为1和2毫

米的各種直徑管子均有供應。

表 2 是管材的化學成分和機械性能。

表 2 管材的化學成分和機械性能

管 材	主 要 元 素 的 含 量 (%)				σ_s (公斤/毫米 ²)	δ_5 (%)
	C	Cr	W	Ni		
XH60B(ЭИ868)	0.1	23.5~26.5	13~16	鎳基	70	30
XH78T(ЭИ435)	0.12	19~22	—	鎳基	60	40

XH60B(ЭИ868) 和 XH78T(ЭИ435) 合金管子，其外表面經電拋光而內表面經光亮腐蝕後供應。供應狀態的管子應作壓扁試驗，壓扁到壓扁平面之間的間隙為：

$$H = 0.5D_n + 2S,$$

式中 D_n ——外徑；

S ——壁厚。

XH60B(ЭИ868) 合金管子的製造精度，隨其直徑和壁厚而改變，按其外徑應在 $\pm 0.2 \sim \pm 0.3$ 毫米範圍之內，按其壁厚應在 ± 0.1 到 ± 0.25 毫米範圍之內。XH78T 合金管子按高精度供應，外徑或內徑的偏差不超過 $+0.15$ 毫米。管子應在冷態下能承受錐度為 $1/10$ 心棒的擴口試驗。

黃銅管 按ГОСТ11383-65生產的Л62整體拉伸的黃銅管，適用於燃油管路。管子制成壁厚 ≥ 0.5 毫米的不同直徑。黃銅管的化學成分：Cu——60.5~63.5%；Pb——0.03%；Sn——0.05%；Fe●—— $\leq 0.1\%$ ；Ni—— $\leq 0.2\%$ ；Sb——0.005%；Bi——0.003%；As——0.01%；Zn——餘量，機械性能： $\sigma_s \geq 30$ 公斤/毫米²； $\delta_{10} \geq 38\%$ 。

管子按用途可分為專用和通用的；按外徑和壁厚的公差值分

● 原文誤作 F——譯者。

为一般精度和高精度的;按材料状态分为软态(退火)和硬态(轻微退火)的。轻微退火(在 $250\sim 300^{\circ}\text{C}$)是为了消除内应力和防止管子产生季节性破裂。

黄铜管用拉伸、压扁、防磁和液压进行试验。导管的连接零件用25号钢制造,并用银基钎料,气体钎焊同管子焊接。为了防止腐蚀将其外表面镀镉。

铝合金管 用AMr2M和AMr3(AMTY522-66)及AM Π M(ГОСТ4773-65)铝合金制造冷拔管。经常用的是AMr3合金管,管子直径 ≥ 6 毫米、壁厚0.5毫米、0.75毫米、 ≥ 1.0 毫米。铝合金管适宜作燃料和油料的管路。这些管子的化学成分和机械性能见表3。直径 ≤ 50 毫米的管子,其局部椭圆度不得超过其直径的 $\pm 1\%$ 。管子的连接零件通常是用AMr3铝合金制造,可根据导管的结构件,用焊接或者钎焊方法同管子连接。不推荐采用搭接焊接头。为了防止腐蚀和揭示焊缝(钎缝)中的缺陷,导管作阳极化的处理。管子和连接零件的刚性不足是铝合金导管的缺点,因此在重复安装和拆卸时常使导管报废。

表3 AM Π 和AMr3铝合金管材的化学成分和机械性能

管 材	化 学 成 分 (%) (余量 Al)						σ_s (公斤/毫米 ²)
	Mn	Cu	Mg	Si	Zn	Fe	
				不 大 于			
AM Π	1.0~1.6	0.2	0.05	0.6	0.1	0.7	≤ 14
AMr3	0.3~0.6	0.05	3.2~3.8	0.5~0.8	0.2	0.5	≤ 22

钛合金管 用BT1-00、BT1-0、OT4-0、OT4-1和OT4(AMTY 386-65)钛合金制成无缝管,其直径 ≥ 6 毫米、壁厚为1.0毫米;直径 > 16 毫米的管子壁厚为1.5~2.0毫米。钛合金管子用于燃油、滑油和空气的管路。表4是管材的机械性能。

钛合金管子应按AMTY386-65规定作扩口试验,扩口量为原

表 4 钛合金管材的机械性能

管 材	σ_s (公斤/毫米 ²)	$\delta(l=11.3\sqrt{F})$ (%)
BT1-00	30~45	20
BT1-0	40~55	15
OT4-0	50~65	15
OT4-1	60~75	12
OT4	70~85	10

始直径的 10%。管子还应作弯曲、压扁和液压试验。管子制成一般精度和较高精度两种(表 5)。

表 5 钛合金管子的制造精度

管子尺寸 (毫米)	尺 寸 精 度		管子尺寸 (毫米)	尺 寸 精 度	
	一 般 的	较 高 的		一 般 的	较 高 的
按外径			按壁厚		
6~10	± 0.3	± 0.2	1.0	± 0.15	± 0.12
12~30	± 0.45	± 0.3	1.0~3.0	$\pm 0.15\%$	$\pm 12.5\%$
>30	$\pm 1.5\%$	$\pm 1.0\%$			-10.0%

导管的连接零件用制造管子的相应钛合金制造, 用氩弧焊将它们同管子焊接。管子需进行扩口、弯曲、压扁和液压试验。对管子内外表面上的擦伤、小划伤、斑疤、折痕和压坑, 如果把它们磨掉后, 壁厚的减少不超出壁厚负偏差范围时, 那么上述的缺点是允许的。酸洗后管子表面上允许有深浅不同的颜色。

2. 导管的结构零件和分类

设计导管须经计算, 为了确定长度, 形状和在产品上导管的固定位置, 有时还须经过试制。

管子可通断面的直径可用流经管子物质的速度方程计算

$$v = \frac{Q}{S},$$

式中 Q ——每秒流经管子物质的体积;

S ——管子可通断面的面积。

根据导管中液体或气体的最大工作压力来作管壁厚度的强度计算。可按破坏压力方程导出之公式确定管子的最小壁厚。

$$p_{\text{破坏}} = \sigma_s \left[\frac{\frac{d_{\text{最大}}}{\delta_{\text{最小}}} + 1}{\frac{1}{2} \left(\frac{d_{\text{最大}}}{\delta_{\text{最小}}} \right)^2 + \frac{d_{\text{最大}}}{\delta_{\text{最小}}} + 1} \right] \times 100,$$

式中 $d_{\text{最大}}$ ——管子的最大内径, 毫米;

$\delta_{\text{最小}}$ ——管子的最小壁厚, 毫米;

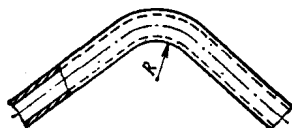
σ_s ——管子材料的强度极限, 公斤/毫米²;

$d_{\text{最小}}$ ——管子的最小内径, 毫米。

在计算管子壁厚时, 取 $p_{\text{破坏}} \geq 3p_{\text{名义}}$ 。其中 $p_{\text{名义}}$ ——导管中的名义压力, 公斤/厘米²。

管子可以在不同平面按要求的外形弯曲, 最小弯曲半径决定于管子的材料, 直径和壁厚, 同样也决定于弯曲方法(无填料、有填料、手工弯曲、用夹具和在床子上弯曲等等)。壁厚 1.0 毫米钢管的弯曲半径不得小于表 6 所列出的数值。

表 6 钢管的最小弯曲半径



管子外径 (毫米)	最小半径 R(毫米)	管子外径 (毫米)	最小半径 R(毫米)
6	12	22	66
8	16	24	72
10	20	28	84
12	24	30	90
15	30	35	105
20	40	40	120

如用比弯曲导管不常用的直导管,就必须提高导管的制造精度,同时又难于装配和拆卸,此外,还不可避免地要采用补偿器或活动(套管)接头。

在与接头零件连接(焊接和钎焊)的地方,管子应该有长度不小于10毫米的直线段。在安装导管时,不允许弯曲此直线段,否则会在焊接和钎焊缝内产生应力。所需的形状应在焊接和钎焊接零件之前弯好,有时也允许在安装时局部校整导管的形状,但必须注意,在连接处校整导管有时不大可能。

通常,弯曲直径大于12毫米的导管时,很难做到不减少管子可通断面的尺寸。X18H9T 钢管弯曲很快产生冷作硬化,故不易弯曲。因钛合金的塑性很低,所以在安装时不能弯曲其焊接处。一般地说来,不推荐在安装时弯曲导管,但在采用专用的夹具和工具的条件下,而且不弯曲管子的焊接或钎焊处,则作为一种例外情况可以允许在安装时弯曲导管。导管系统的最后校整最好在实物模型或者在成品组件上进行,同时规定接合处的位置、导管的安装条件、他们的工艺性,确定出可消除导管之间和导管与结构零件之间的摩擦间隙等。

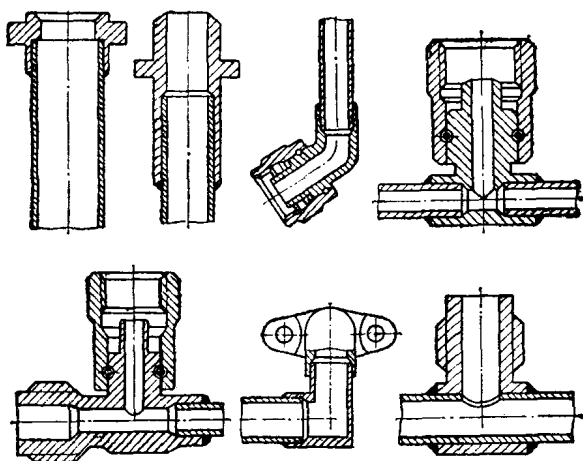


图2 配件与管子的典型焊接和钎接的接头形式

导管的连接 钢和耐热合金焊接的薄壁导管采用对接或搭接接头, 焊接铝合金的导管时, 只能用对接接头, 钎焊导管都采用搭接接头。

连接零件(接头、接嘴、三通等)同薄壁管子搭接连接(焊接或钎焊)的典型形式见图 2。

导管的对接接头可以做成有垫圈式和无垫圈式(图 3)。为了焊接有垫圈式的接头, 没有必要在专门的焊接夹具中进行, 无垫圈式接头借助于弹簧卡头式的专用夹具进行焊接, 以保证得到规定尺寸, 以及在管子内壁获得均匀的熔化形状。在导管对接焊时, 所用的垫圈尺寸见表 7。垫圈、管子、连接零件一般采用相同的材料, 但为了减轻钢导管的重量, 也可用钛合金垫圈。

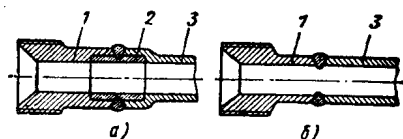
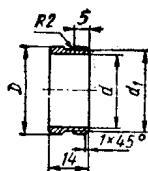


图 3 有垫圈(a)和无垫圈(b)的管子 and 零件的对接焊接头
1—接头; 2—垫圈; 3—管子。

表 7 带环形槽的衬环尺寸(毫米)



$D(X_4)$	d	d_1
18	13	16
20	15	18
22	17	20
24	19	22
27	22	25
30	25	28
32	27	30