

# 薄壁导管的 焊接和钎焊

国防工业出版社

# 薄壁导管的焊接和钎焊

A. M. 克达耶夫 A. И. 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

# 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 |

# 薄壁导管的焊接和钎焊

A. M. 克达耶夫 A. II. 古宾 编著

宋玉成 张惠良 译

何 康 生 校

国防工业出版社

## 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上。

СВАРКА И ПАЙКА ТОНКОСТЕННЫХ  
ТРУБОПРОВОДОВ  
А. М. КИТАЕВ А. И. ГУВИН  
«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

# 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足的,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<br>(%) |       |      | $\sigma_s$<br>(公斤/毫米 <sup>2</sup> ) | $\delta_{10}$<br>(%) |
|-------------|--------------------|-------|------|-------------------------------------|----------------------|
|             | 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 ГOCT 3845-65 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 (ГOCT 3728-66)、扩口 (ГOCT 8694-58)、收口、翻边 (ГOCT 8693-58)、压扁 (ГOCT 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, ГOCT 9940-62 和 ГOCT 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

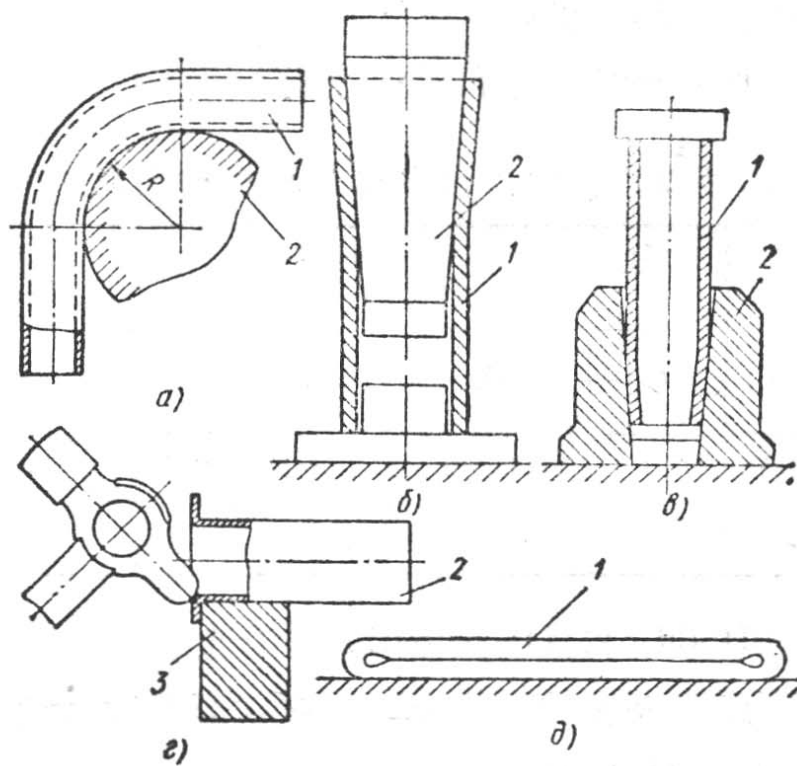


图1 管子工艺试验简图

$a$ —弯曲； $b$ —扩口； $c$ —收口； $e$ —翻边； $d$ —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 $\geq 10$ 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/Укр ННТУ586-64，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。

碳钢导管采用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<br>(%) |           |       |    | $\sigma_s$<br>(公斤/毫米 <sup>2</sup> ) | $\delta_5$<br>(%) |
|--------------|----------------------|-----------|-------|----|-------------------------------------|-------------------|
|              | 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  $\pm 0.1$  到  $\pm 0.25$  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。管子製成壁厚 $\geq 0.5$ 毫米的不同直徑。黃銅管的化學成分：Cu—— $60.5 \sim 63.5\%$ ；Pb—— $0.03\%$ ；Sn—— $0.05\%$ ；Fe●—— $\leq 0.1\%$ ；Ni—— $\leq 0.2\%$ ；Sb—— $0.005\%$ ；Bi—— $0.003\%$ ；As—— $0.01\%$ ；Zn——余量，機械性能： $\sigma_s \geq 30$ 公斤/毫米<sup>2</sup>； $\delta_{10} \geq 38\%$ 。

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 AMцM (ГОСТ4773-65) 铝合金制造冷拔管。经常用的是 AMr3 合金管,管子直径 $\geq 6$ 毫米、壁厚 0.5 毫米、0.75 毫米、 $\geq 1.0$  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 $\leq 50$ 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 AMц 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) |      |         |         |     |     | $\sigma_s$<br>(公斤/毫米 <sup>2</sup> ) |
|------|---------------------|------|---------|---------|-----|-----|-------------------------------------|
|      | Mn                  | Cu   | Mg      | Si      | Zn  | Fe  |                                     |
|      |                     |      |         | 不 大 于   |     |     |                                     |
| AMц  | 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 $\geq 6$ 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    | $\sigma_s$<br>(公斤/毫米 <sup>2</sup> ) | $\delta(l=11.3\sqrt{F})$<br>(%) |
|--------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 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<br>(毫米) | 尺 寸 精 度 |       | 管子尺寸<br>(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      | ±0.15%  | +12.5% |
| >30          | ±1.5%   | ±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

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