

热熔对接式钢塑复合管的研制与应用

别 锋 田志胜 梁立移 杜雪永

(胜利石油管理局工程机械总厂,东营 257081)

摘要 针对现有钢塑复合管在安装施工等方面的不足,研制了热熔对接式钢塑复合管,并对该新产品在施工及工作状态下的各种受力情况作了分析,论证了该种管材的结构可行性;介绍了其主要生产设备和工艺特点,指出了该管材在性能上及施工中的优势,具有广阔的推广应用前景。

关键词 热熔对接 钢塑复合管 注射成型 研制 应用

钢塑复合管是一种以钢板或缠绕焊接的钢丝为骨架,挤出内外层复合成型的新型管材。其优点是耐压高,耐腐蚀,蠕变性能好,受内压时尺寸变化小,是一种极具发展前景的管材。目前现有的含金属骨架的钢塑复合管的直径为等径结构,这种结构的钢塑复合管在管材与管材连接时均采用电熔套连接,即用 1 根特制的管内带有电热熔丝的塑料套管套在钢塑复合管外径上,通电加热,使其连接面融化而连接在一起。但这种连接存在一定缺陷,其温度、焊接时间等参数较难控制,尤其是在现场施工时难以准确掌握,往往出现连接不牢、漏连或烧穿烧焦现象。再者,连接过程不直观、可控性差。同时,这种连接方法还存在管道系统安装施工复杂、管件价格昂贵、工程造价高等缺点,在一定程度上限制了其推广应用。

因此,在普通钢塑复合管的基础上,笔者设计、研制了一种采用新型连接方法的热熔对接式钢塑复合管,它既有钢塑复合管的诸多优点,又有塑料管(如 PE 给水管)连接时连接工艺简单的长处,具有生产成本低、连接过程直观、施工简单、施工成本低等优点^[1]。

1 热熔对接式钢塑复合管的设计

现以公称内径 100 mm 的钢塑(高密度聚乙烯、HDPE)管材为例,对采用热熔对接焊管材结构的可行性进行力学分析^[2]。热熔对接式钢塑复合管的结构见图 1,施工中该管材与其它管材的热熔连接见图 2。

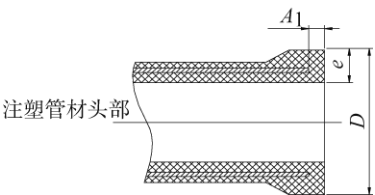


图 1 热熔对接式钢塑复合管的结构

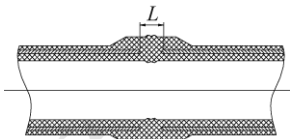


图 2 钢塑复合管的热熔连接

由图 1、图 2 不难看出,要实施热熔对接方法,必须对管材连接处进行强度校核。如图 3 所示,选取连接处 L 段的管材为分析对象,分析该 L 段在现场施工及管道运行中承受内压时的受力情况。

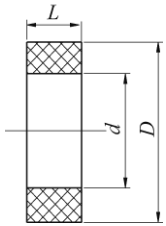


图 3 连接处剖视图

由图 3 可知,当 L 段受到内压时,内层受压、外层受拉,承受轴向应力 σ_m 及环向应力 σ_θ 作用。另外,管材在承受内压时,由于受内层压力的作用,要产生径向应变,管材中因有钢骨架致使应变较小,而管材与管材之间的接头即 L 段的应变较大,因而有被整体剪切出去的可能,设此时整体剪应力为 σ_s 。管材在施工搬运过程中,还受到弯曲应力的作用,其受力分析见图 4。由图 4 可见,其最大弯曲正应力位于中间位置(设为接头 L 段),即 $l/2$ 处,设此时最大值为 σ_{max} 。

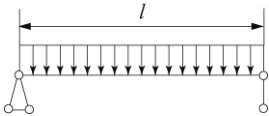


图 4 受力分析图

为计算方便,假定 HDPE 的许用压应力、剪应力相同; $[\sigma] = 20 \text{ MPa}$,管道长度 $l = 10 \text{ m}$;已知公称内

径 100 mm 管的管重为 3.7 kg/m, 管材承受内压时, 爆破压力 $P = 6$ MPa。再假设接头 L 段壁厚 $e = 20$ mm, $L \approx 2A_1 = 30$ mm, 则 $D = 140$ mm。下面对上述 4 种应力进行校核。

(1) 轴向应力 σ_m

管材承受内压时, $\sigma_m = \frac{F}{A}$

式中: ——内压作用在管材轴向的力;

A ——管材横截面积。

$$\frac{F}{A} = \frac{\pi p \cdot R_i^2}{\pi(R_0^2 - R_i^2)} = \frac{p \cdot R_i^2}{R_0^2 - R_i^2} \quad (1)$$

式中: ——内压;

R_0 ——接头 L 段的外半径, 即 $D/2$;

R_i ——接头 L 段的内半径, 即 $d/2$ 。

将 $R_0 = 140/2 = 70$ mm, $R_i = 100/2 = 50$ mm, $p = 6$ MPa 代入(1)式, 得 $\sigma_m = 6.25$ MPa $< [\sigma]$; 因而当 $e = 20$ mm, $D = 140$ mm 时, σ_m 可满足要求。

(2) 环向应力 σ_θ

接头 L 段在承受内压时, 其环向应力分布见图 5。由图 5 可看出, 其最大环向应力位于内壁。

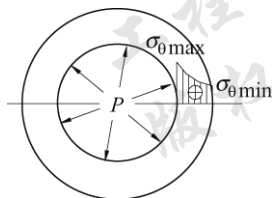


图 5 环向应力分布

$$\sigma_{\theta \max} = \frac{p \cdot R_i^2}{R_0^2 - R_i^2} \left(1 + \frac{R_0^2}{R_i^2} \right) \quad (2)$$

将 $p = 6$ MPa, $R_0 = 70$ mm, $R_i = 50$ mm 代入(2)式, 得 $\sigma_{\theta \max} = 18.5$ MPa $< [\sigma]$ 。由于环向应力不大于许用应力, 故可满足要求。

(3) 整体剪应力 σ_n

$$\sigma_n = \frac{F_1}{A_1} \quad (3)$$

式中: F_1 ——内压作用在 L 段长环上的压力;

A_1 —— L 段受剪切面积。

$$F_1 = 2 \pi R_i \cdot L \cdot p \quad (4)$$

$$A_1 = \pi(R_0^2 - R_i^2) \quad (5)$$

将 $L = 30$ mm, $p = 6$ MPa, $R_0 = 70$ mm, $R_i = 50$ mm 代入(4)式和(5)式, 再代入(3)式中, 可得 $\sigma_n = \frac{2 \pi R_i \cdot L \cdot p}{\pi(R_0^2 - R_i^2)} = \frac{2 \times 50 \times 30 \times 6}{(70^2 - 50^2)} = 7.5$ MPa $< [\sigma]$, 故 L 段被整体剪切出去的可能性很小。

(4) 最大弯曲正应力 $\sigma_{\max}$

图 6 为载荷分布图。由图 6 看出, 其最大弯矩在 $l/2$ 处。由图 6 计算得: $q = 3.7$ kg/m $= 37$ N/m, $l = 10$ m。

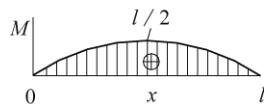


图 6 管材的载荷分布图

接头 L 段的弯曲截面模量:

$$W_z = \frac{\pi D^3}{32} \times \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^4 \right] \quad (6)$$

式中: d ——内径;

D ——外径。

$$\sigma_{\max} = \frac{|M|_{\max}}{W_z} = \frac{\frac{qL^2}{8} \times 10^6}{\frac{\pi D^3}{32} \times \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^4 \right]} \quad (7)$$

将 $q = 37$ N/m $= 0.037$ kN/m, $l = 10$ m, $d = 100$ mm, $D = 140$ mm 代入(7)式, 得 $\sigma_{\max} = 2.33$ MPa $< [\sigma]$, 故弯曲正应力也可满足要求。

综上所述, 在 $L = 30$ mm, $D = 140$ mm 时, 以上 4 种应力皆小于各自的许用应力, 是安全的; 但考虑到一些不确定因素, 如注射成型时粘合不好, 对接时焊偏等因素, 将单边壁厚扩大为 25 mm。

2 热熔对接式钢塑复合管的生产工艺

为了生产热熔对接式钢塑复合管, 确定生产工艺时要充分利用热塑性塑料的可重熔性及可焊接性, 将钢塑复合管材端头加热至合适温度, 然后将其快速与注塑机的注射料在特定模具内融合, 形成一整体牢固的管凸台端头。

该生产机组主要由上料架、中心架、V 型辊、管材输送装置、加热装置、注塑机、泵站、控制与配电系统、下料架、各种模具及加热器等构成。热熔对接式钢塑复合管的生产工艺流程见图 7。

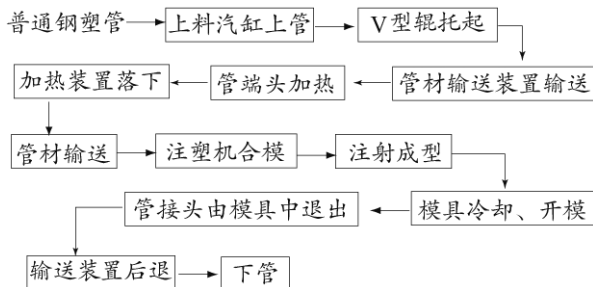


图 7 热熔对接式钢塑复合管生产工艺流程

在图 7 所示的生产工艺流程中, 管端加热和注

射成型是关键工序。只要选定合适的工艺参数, 就能生产出合格的热熔对接式钢塑复合管。产品经耐压及爆破试验, 即使管体破裂, 连接处也无渗漏、破损现象, 与力学分析结论一致。

3 热熔对接式钢塑复合管的应用

热熔对接式钢塑复合管作为一种新型的钢塑复合管, 完全避免和克服了电熔套连接技术中的缺点和不足。与普通钢塑复合管相比, 其突出的优点是:

①管材安装迅速、可靠, 施工周期短, 施工机具少; ②施工工艺简单、直观, 安装成本低; ③省去了电熔套管等管件, 使管道系统造价大为降低。这种钢塑复合管可广泛应用于石油、化工、市政、消防等领域。下面列举典型的应用事例。

(1) 用于胜利采油厂三矿集油站输油工程 输送介质: 原油; 介质温度: 70°C ; 工作压力: 1 MPa ; 管材公称内径: 200 mm ; 管线长度: 1000 m 。该工程用一台热熔焊机施工, 仅用半个月便完成全部铺管任务, 施工周期比用电熔焊接缩短 $1/2$ 以上; 验收试压

一次通过。目前该处管线已安全运行 1 年以上, 运行状况良好, 流量无衰减迹象, 说明管线内壁无结垢现象, 用户反映良好。

(2) 用于某海港消防管线工程 输送介质: 消防水; 工作压力: 0.8 MPa ; 工作温度: 环境温度; 管材公称内径: $200、150\text{ mm}$; 验收试压一次通过; 运行良好。

4 结语

热熔对接式钢塑复合管兼有塑料管和钢管的优点, 又克服了它们各自的不足, 具有耐压高、耐腐蚀、强度高、蠕变性能好、内壁不结垢、导热系数低、无需保温等优点。当然该管材也有不太适于用作工艺管道、配套管件少等不足之处, 需不断地加以改进和完善。目前该产品已获国家专利, 其应用前景将十分广阔。

参考文献

- 1 龚云表. 合成树脂与塑料手册. 上海: 上海科学技术出版社, 1993.
- 2 曲宴曾. 材料力学. 北京: 国防工业出版社, 1990.

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF THE HEAT-MELTING BUTT-JOINT STEEL/PLASTICS COMPOSITE PIPE

Bie Feng, Tian Zhisheng, Liang Liyi, Du Xueyong

(General Engineering Machinery Factory of Shengli Petroleum Administration Bureau, Dongying 257081, China)

ABSTRACT The heat-melting butt-joint steel/plastics composite pipe has been developed to counter the shortcomings of the current steel/plastics composite pipe in the installing process. The force accepting in the installing process, and working state for the new product is analyzed and calculated. The structural feasibility of the pipe is proved. The main production equipment and technology is introduced. The advantage in property and installment of the product is pointed out, with having broad application prospect.

KEYWORDS heat-melting butt-joint, steel/plastics composite pipe, injection moulding, developing, application

北京普利宏斌化工材料有限责任公司

本公司为中科院化学所关系企业, 技术力量雄厚; 是美国大湖化学公司(世界上产量领先的溴系阻燃剂生产厂)在中国(港澳台地区除外)的经销商。在北京、上海、广州设有仓库, 常年提供现货服务!

1. 阻燃剂: 十溴联苯醚(DE-83R)、十溴二苯乙烷(环保阻燃剂)、四溴苯酐、四溴双酚 A(适于 ABS)、聚溴化苯乙烯(PBS-64HW)(适于尼龙, 热稳定性好, 不析出)、苯氧基四溴双酚 A 碳酸酯齐聚物(BC-58、BC-52)(适于 PC/PBT/PET/PC/ABS 合金, 且热稳定性好)、磷酸酯系列阻燃剂、三氧化二锑(闪星牌)。

2. 抗氧剂和光稳定剂: 1010、168、DLTP、UV531、UV944、UV770、UV328。

3. 弹性体及界面相容剂(进口): 乙丙胶、POE、SBS、EMA、EAA、ACR、聚酯弹性体 TPEE、超韧尼龙增韧剂、PC/ABS 合金相容剂、接枝 PP、接枝 PE。

4. 其它各种工程塑料及化工材料。

地址: 北京市海淀区上地信息路 1 号国际科技创业园 1 号楼 802 室 邮编: 100085

电话: (010) 82895069 82895070 82895071 82895072 传真: (010) 82895068

http://www.polyadd.com

E-mail: ustczh@sina.com sales@polyadd.com