

468541

520214
23271

管 炉



成都
基本

2214
271

上海化学工业设计院石油化工设备设计建设组

石油裂解炉与制氢转化炉
炉 管

上海化学工业设计院石油化工设备设计建设组

1974年5月

石油化工设备设计参考资料

石油裂解炉与制氢转化炉

炉 管

· 74-27-VI-6 ·

出 版：上海化学工业设计院石油化工设备设计建设组
(上海南京西路1856号)

印 刷：上海商务印刷厂

日 期：1974年3月

工本费：1.20元

内部资料 注意保存

毛主席语录

学习有两种态度。一种是教条主义的态度，不管我国情况，适用的和不适用的，一起搬来。这种态度不好。另一种态度，学习的时候用脑筋想一下，学那些和我国情况相适合的东西，即吸取对我们有益的经验，我们需要的是这样一种态度。

……一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。

前 言

为适应当前化肥及石油化工生产发展的需要，配合引进大型合成氨及乙烯装置的建设，了解并掌握国外有关技术动向及水平，我组准备针对石油、化工设备的有关课题，分专题组织翻译、出版国外有关资料、文献。

蒸汽制氢转化炉及石油管式裂解炉用炉管是大型合成氨及乙烯装置的关键设备，炉管的用材、性能、焊接、设计、操作及事故分析一直为国内外有关部门所重视。为此，我组选择了近年来国外发表的有关文献、资料，邀请吉林石油化工会战指挥部、兰化公司设计院、上海重型机器厂、通用机械研究所、中国电焊条厂、东方锅炉厂、劳动电焊机厂、南京化工研究院、上海电焊条厂、新建机器厂、上海市化工局设计室、吴泾化工厂、北京石油化工总厂设计院、燃化部化工设计院、上海工业设备按装公司、上海化工设计院等单位共同编译了本译文集，供有关设计、制造及使用部门参考。

本译文集在出版过程中得到了上海高桥化工厂、商务印刷厂的大力支持，一并于此致谢。

上海化工设计院
石油化工设备设计建设组
1973年12月

目 录

设计与选材

加热炉使用的耐热材料及其一些问题	1
关于热裂解炉 (M-TCF) 的燃烧传热和材料特性	9
一段转化炉触媒管	17
加热炉设计上的几个问题	25

质 量

日本 HK 40 离心铸管的分析	30
由西德进口 HK 40 裂解炉管的技术要求	39

炉管制造与焊接

转化管和集气管的制造	40
耐热离心铸管的焊接设计及其工艺	44
离心铸管的焊接	50
HK 40 离心铸管焊接部分的高温强度	51
HK 40 炉管的修补焊接	52
Incoloy 800 的焊接	57

使用与检查

石脑油裂解炉炉管的维护措施	60
转化炉管之外观	67
炉管的现场金相检查	68

事故分析

锅炉给水夹带物引起的转化炉管腐蚀	70
转化炉管内壁局部块状剥落的研究	74
乙烯生产用热裂解炉管的渗碳	81

新型炉管

HK 40 熔造管的性能研究	88
高合金 (HP、More-1) 熔造管的性能研究	96
HK 40 挤压钢管连续晶界析出热处理的研究	105
几种高合金离心浇铸耐热钢管的高温特性	108
能耐过热的炉管	111
挤压炉管成功地用于乙烯生产	113

国外标准

高温下使用的铁素体和奥氏体铸钢件的标准规定 (ASTM A351-70)	115
高温下具有高强度的铁、钴和镍基合金铸件的标准规定 (ASTM A567-66)	121

加热炉使用的耐热材料及其一些问题

(日) 太田定雄

1. 序 言

最近,在蒸汽转化制氢装置、生产乙烯的裂解装置以及各种化学装置都在向着提高生产能力、提高收率、规模的大型化,高温、高压下进行操作的方向发展。因此所需的材料必须能满足在非常恶劣条件下使用的要求。

一般在高温、高压条件下使用的材料,其蠕变、热疲劳等高温强度成为最重要的因素。然而加热炉使用的材料与一般高温环境不同,管的外表面与燃烧气直接接触,管里面大多数情况下是各种带腐蚀性的介质。因此高温耐蚀性就成为加热炉所用材料的最重要因素。实际生产中,装置的大多数事故是由于高温腐蚀、蠕变、热疲劳等因素同时作用而造成。

因而加热炉使用的材料比其他高温装置材料复杂,本文叙述一下现在使用的加热炉耐热材料的品种和特征,同时指出设计、安装、使用上应当注意的问题。并简单介绍最近发展的几种加热炉使用的新型材料。

2. 加热炉使用的耐热材料

各种加热炉使用的主要耐热材料如表1所示。表中所示的数据,主要考虑由持久破断强度、蠕变强度特性所决定的带负荷条件下最高允许使用温度,同时考虑抗氧化性决定的不带负荷条件下最高使用温度。另外,也要考虑蠕变、氧化以外的综合性能。表2所示的是从西野^[1]等汇总的由加热炉开始,以至于干性环境下高温化学装置里发生事故原因的分析结果。

发生事故的原因大致分析如下:

- 1) 由于蠕变变形以及破裂,焊接影响区的晶界断裂,异种材质焊接界面开裂等应力所造成;
- 2) 硫化、氢腐蚀、渗碳腐蚀、钒腐蚀、氮化等的高温腐蚀;
- 3) 由于 σ 相脆化,石墨化等造成的材质变化;
- 4) 材质的缺陷及其他一些原因。

上述原因中应力和高温腐蚀引起的事故最多。

下面将分别叙述从设计、安装角度上看,许用应力、蠕变强度、热疲劳、焊接接头的强度,使用时各种高温腐蚀和材质变化等问题。

3. 设计、安装上的若干问题

3-1 许用应力

加热炉使用的材料,在很多场合下,是根据高温耐腐蚀性选择的,其管壁厚度是按许用应力和壁厚计算式算出的。许用应力常用由 ASME 锅炉及压力容器规范第一、八篇, API、

表 1 各种加热炉使用的耐热材料

分 类	材 料	最高使用温度(°C)	主 要 问 题	
铁素钢材料	碳 钢	0.05~0.06%C 钢	500(550)	石墨化、氢腐蚀
	高强度钢	60~80 kg/mm ² 级钢	550(550)	氢腐蚀、由于硫化物腐蚀断裂
	低合金钢	0.5 Mo 钢 0.5 Cr-0.5 Mo 钢 1 Cr-0.5 Mo 钢 1.25 Cr-0.5 Mo 钢 2.25 Cr-1 Mo 钢 5 Cr-0.5 Mo 钢 7 Cr-0.5 Mo 钢 9 Cr-1 Mo 钢	550(550)~600(650)	氢腐蚀; 硫化腐蚀; 异种材质焊接接头的热疲劳
	铬系不锈钢	13Cr 钢 17Cr 钢 27Cr 钢	600(700)~650(900)	σ 相脆化
	18-8 系不锈钢	18 Cr-8 Ni 钢 18 Cr-12 Ni-Mo 钢 18 Cr-8 Ni-Ti 钢 18 Cr-8 Ni-Nb 钢	700(800)~800(900)	因为应力腐蚀断裂; σ 相脆化; 热疲劳;
	高 Cr-高 Ni 不锈钢 (锻造材料)	25 Cr-20 Ni 钢 Incoloy 800 合金	900(1100)	σ 相脆化; 渗碳;
	高 Cr-高 Ni 不锈钢 (铸造材料)	25 Cr-20 Ni 铸钢(HK) 15 Cr-35 Ni 铸钢(IT) 25 Cr-35 Ni 铸钢(HIP) NA22H Supertherm	1050(1200)	渗碳; 由于应力腐蚀断裂; 热疲劳;
非铁材料	Ni 基合金	Inconel 600 Hastalloy X	900(1200)	硫化腐蚀; 钎腐蚀;
	Co 基合金	S816 HS25	900(1200)	

注: 括号()外边是有负荷的情况, 括号()内是不带负荷。

表 2 在高温装置上发生的损伤和原因(151 起)

损 伤	焊接热影响区晶界断裂	异种材料焊接接头界面断裂	硫 化	σ 相脆化	氢 腐 蚀	渗碳腐蚀
事故的起数	36	21	17	15	11	7
损 伤	钎 腐 蚀	蠕变变形以及破坏	氮 化	石 墨 化	材料的缺陷	其 他
事故的起数	14	10	3	1	11	5

BS、DIN 以及其他规定来选定。许用应力在低温区域按抗拉强度, 中温区域按屈服强度, 高温区域按蠕变强度或者是持久破坏强度来决定。但对于加热炉的高温区域所使用的耐热材料, 最常用的许用应力是根据持久破坏强度来决定的。

最近, 在蠕变不太显著的常温、中温区域, 设计时不进行应力解析和疲劳解析, 反过来, 选取比从前规定低的安全系数和高的许用应力的 ASME 第八篇第二部分等公式被广泛使用。在选用这些公式时, 首先有必要搞清楚有关使用中的各部温度、应力分布, 时间变化数据, 同时认为在实际操作中也有必要有计划地积累有关装置各部位的温度、应力、变形分布等基础数据。

另一方面, 虽然对加热炉那样蠕变显著的高温区域, 主要是因为对疲劳的解释有困难, 不可能采用常、中温同样的规定。但最近也有根据原子能关系, 在易于引起蠕变的高温区域, 也采用常、中温区域所选用的许用应力^[2]。不久将来, 这些规定将引进加热炉等化学装置的设计中。

在加热炉等化学装置上, 对于选用新材料的机械性能还没有明确规定, 这些材料的许用应力都是由设计者自行选取不同的数值, 例如 HK 40 离心浇注管选为 100,000 小时持久破坏强度平均值的 60~80% 范围的数值。

如果要是把许用应力选取得小, 选用厚壁管时, 不仅是增加材料费和加工费, 而且对热疲劳不利, 并不一定安全。反过来, 只考虑使用寿命为五年左右, 把许用应力选取得大一些, 选用薄壁管, 则被认为是有利的。综上所述, 要能够确定一个可以合理地选用许用应力的方法, 使其安全性高、经济, 这对于象加热炉那样经常采用新型材料的装置来说, 特别是必要的。

3-2 持久强度(即蠕变破坏强度)

加热炉使用的高温材料的许用应力, 在大多数情况下, 由蠕变破坏强度(即持久强度)所决定。现在, 长时间蠕变破坏强度, 是根据比较短时间的蠕变破坏试验结果, 用外推法所求得的。

因为在长时间的高温条件下, 材料组织有明显改变, 使以短时间试验结果外推的数值与实际差别较大。然而, 要尽量收集大量的资料, 进行正确的外推, 同时要要进行长时间的实际试验, 各研究所希望能直接正确的求出长时间强度。最近, 把这些数据较广泛收集的有 ASTM 的一系列 Data services Publication^[4] 和 ISO 的资料集^[5], 日本钢铁协会蠕变委员会^[6] 正在收集着国内数据。关于长时间的试验, 在德国已经获得了各种材料的 100,000 小时以上的实际数据^[7], 日本金属材料技术研究所材料试验部也对表 1 中所示的大部分加热炉用耐热材料进行了长时间的蠕变破坏试验^[8]。根据这些数据的积累, 日本也盼望设定符合实际的合理的许用应力。

象加热炉一样, 在大多数情况下一般采用比较新型的材料, 现在还缺少在设计温度范围之内, 较准确的蠕变数值, 比如象 Incoloy 800 合金、HK 40 离心浇注管, 其蠕变数据用 Larson-miller 法确定, 同时是由低温、短时间的数据推测出在高温、长时间的强度的。

图 1 中所示的是用 Larson-miller 法分析整理的 HK 40 离心浇注管蠕变破坏强度^[9,10]。对这个材料的许用应力选取的基础, 在初期由 Estruch 求得, 并且用实线表示的区间值被广泛使用。但是最近所求得的数据表明, 在长时间的高温条件下, 实际强度比 Estruch 区间值低得多。

Larson-Miller 的外推法数据, 特别是在 1,000°C 高温下有显著的组织变化, 不十分正确, 因此有必要在使用温度条件下进行长时间试验。

3-3 热疲劳

虽然梯台式加热炉生产方式是连续的,

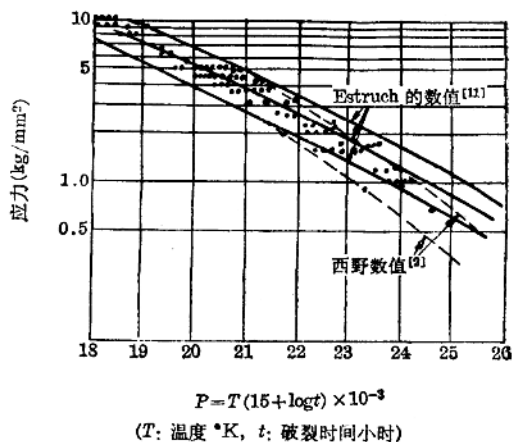


图 1 HK 40 离心浇注管的蠕变破坏强度数据

但是由于每逢炉子检修或检查，周期性的加热和冷却就产生热疲劳。在实际装置上产生热应力的原因有：

- 1) 膨胀和收缩受机械的限制；
- 2) 由于材料内部产生很大的温差，低温段限制高温段的变形；
- 3) 衬里容器中，衬里与母材接触不十分好时，两者的热膨胀系数差别很大；
- 4) 在焊接区母材和熔合金属的热膨胀系数差别较大。

一般奥氏体材料比铁素体材料热膨胀系数大，热传导率低，容易发生很大的应力，另外奥氏体材料由于析出碳化物、 σ 相等，在使用中延性降低得很显著，这就是奥氏体材料对热冲击、热疲劳敏感的原因之一。

在考虑耐热材料的热疲劳性质时，不仅要认真审核材料的性能，而且还必须考虑长时间使用中金相组织的变化。

最近在设计时十分重视蠕变问题，因而减少了蠕变引起的事故，但热疲劳引起的事故引人注目。正因为这样，注意力集中放在热疲劳问题上，目前日本材料学会高温强度部门委员会第1分科会，钢铁协会喷气式发动机用耐热材料研究会等单位，正在进行材料热疲劳问题的研究。

对于几乎不发生蠕变的低温区域的热疲劳，有 CO-fhn-Langer 的设计公式^[12~15]，还采用 ASME 第八篇第二分篇等公式。在温度很高，热疲劳和蠕变能同时产生的高温区域，热疲劳的考虑非常复杂，虽然有 Manson-Cofhn^{[16, 17][18]} 等的有关高温热疲劳理论，但是设计中应用它是不太方便的。

为了防止加热炉材料由于热疲劳引起破裂的问题，都希望进一步研究蠕变区域中引起的热疲劳机理。另一方面要积累实际加热炉各部分材料的操作状态，停开车时的温度分布，随着时间的变化而引起热疲劳的数据资料。

3-4 焊接接头的强度

焊接接头在形状上有焊波、堆高等断面变化；材质由母材、热影响区、焊接区（熔敷金属）

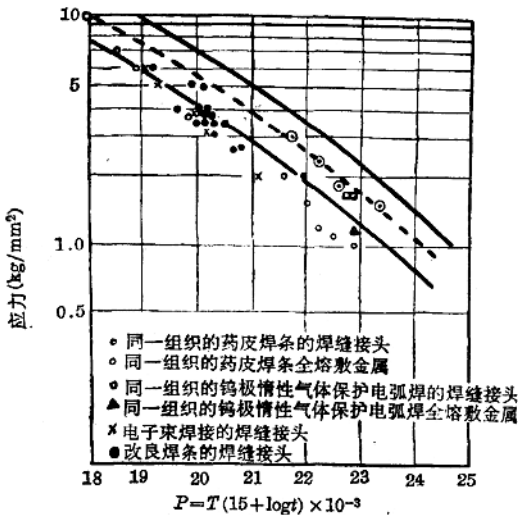


图2 HK 40 焊接接头的蠕变破坏强度

等不同的部分所构成。焊接接头的高温性能复杂，如表2所示，实际装置上焊接接头发生的事故非常多。在加热炉焊接中遇到的问题，是各种 Cr-Mo 钢与不锈钢的异种材质焊接，以及高铬高镍不锈钢的焊接。

Cr-Mo 钢与不锈钢异种材质的焊接，使用时由于铁素体钢的热影响区发生脱碳层，还由于热膨胀系数不同产生热应力，容易引起破裂。若使用铬镍铁合金系焊条时，虽会减轻脱碳和热应力，但是不可能完全防止脱碳现象^[19]。

在图2中表示，常用的同材质焊条焊接 HK 40 离心浇注管时，熔敷金属、焊接接头的强度^[20, 21]，无论任何场合都

是熔敷金属的强度比母材稍低。

对 Incoloy 合金管使用现在被广泛采用的 Inconel 82, Inco weld A, Inconel 182 等焊条进行焊接时, 同样证实了焊接区(熔敷金属)的强度比母材差^[22, 23]。

图 3 所示为用上述几种焊条把 Incoloy 合金钢管对焊后, 进行内压蠕变破坏试验结果^[24]。焊接区(熔敷金属)的蠕变强度大约为母材的 70~85% 左右, 但是整个焊接管进行内压蠕变破坏试验时, 反而母材发生破裂。由此可见焊接区的内压蠕变破坏强度与母材相同。这个原因被认为是焊接接头虽然有强度低的焊接区(熔敷金属)的变形, 但是由于它被两侧强度高的母材抑制的缘故。

就象这样有延伸性的加热管、反应管、配管等的焊接接头只要焊接没有缺陷, 就不会出现因内压原因引起焊接区破裂现象, 但是在热应力等轴向应力大的情况下, 强度低的焊接区能引起破裂。正因为这样, 希望能生产出焊接性能良好, 强度高的新型焊条。最近正在试制, 对 HK 40、Incoloy 800 合金焊接接头的母材与焊接区具有同样大强度的新焊条^[20, 23, 25]。

一般来说, 强度高的焊接区(熔敷金属), 在大多数情况下, 比母材合金元素多, 焊接性和延伸性稍差, 价格较高。正因为这样, 比如象转化管、裂解管那样受限制少、轴向应力小的焊件, 可使用强度稍微差, 但是焊接性、延性优良的焊条; 另外象猪尾管那样轴向应力大的焊件, 应选用使焊接区能获得高强度的焊条。

如前所述, 焊接接头的破裂与热应力有很大关系, 但是当前有关焊接接头的热疲劳数据资料很少, 因此在今后有待加强这方面的研究。

4. 使用中的几个问题

4-1 渗碳 加热炉除了直接受燃料气的氧化、氮化、 V_2O_5 腐蚀以外, 还有工作介质的硫化、氢腐蚀、渗碳、应力破裂等问题。

最近乙烯裂解装置中碰到渗碳问题尤其突出, 其例子如图 4 所示。渗碳是从管材金相组织不健全的铸造缺陷部位先开始, 机械加工面上此现象比较少。渗碳是反应气体中的碳沿着晶界扩散, 在晶界面上生成碳化物。此生成物因为很容易氧化, 因此有选择性的氧化, 如图 5 所示。最初开始发生裂纹, 又继续渗碳, 最后就产生破裂^[1], 这点是非常重要的。对渗碳现象最突出的乙烯裂解炉管, 为了防止渗碳常常采用炉管内壁表面进行机械加工, 剥除

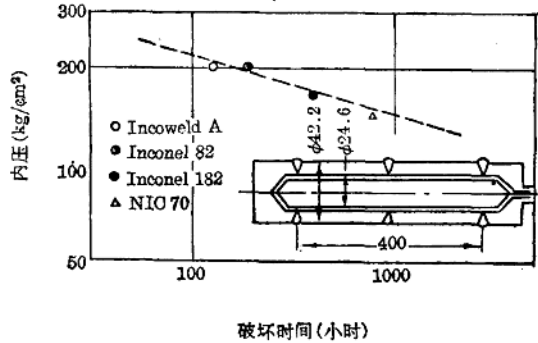


图 3 Incoloy 800 合金管的对接接头的内压蠕变破坏试验结果(都是母材破裂)



图 4 大约 2 年使用后的 HK 40 离心铸管的渗碳

粗糙的表面层,但这还不能完全防止渗碳现象。也有采用含高硅、镍高的材料,直到目前为止还没有研究出能完全防止渗碳现象发生的有效措施。

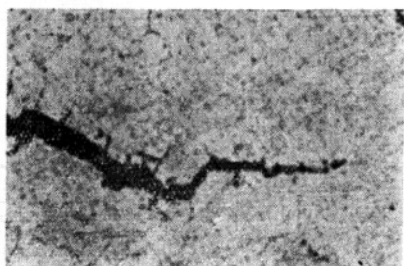


图5 HK 40 由渗碳引起的破裂(100倍)

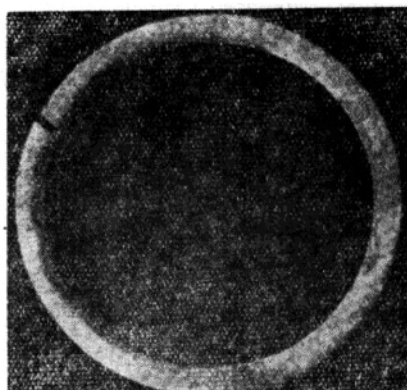


图6 HK 40 离心铸管的渗碳(指黑色部位)

在实际装置中,管子内壁整个表面同时引起渗碳的现象较少,正象图6中所见的那样,局部渗碳现象居多。局部渗碳与温度分布、气流、结焦等分解物的附着有关,但还没有搞清楚。为了有效的防止渗碳现象,首先要搞清楚局部渗碳的机理,这有待进一步研究。

4-2 材质变化

材质变化有石墨化和 σ 相脆化。石墨化是碳钢、高强度钢、钼钢在450°C以上的温度条件下使用时,随着强度降低引起破裂。若铝含量控制在0.01%以下,把铬添加至0.7%以上时,可以防止石墨化现象。

σ 相是铬含量16.5%以上的材料,长时间在600~900°C高温区使用时出现的。当生成 σ 相在5%以下左右时,脆化作用不太明显^[24],如果 σ 相的生成超过上述值,尤其是当冷却时,450°C以下容易发生破裂。

25Cr—20Ni 不锈钢(AISI 310)容易引起 σ 相脆化,因此现在用得不太多了。最近在低温段选用18-8不锈钢,在高温段采用不产生 σ 相的Incoloy 800合金。

目前为止还不十分清楚各种耐热材料形成 σ 相的成分,温度范围及 σ 相对强度、延伸率、韧性等方面影响如何。有待在实际装置上收集耐热材料的上述数据。

5. 新材料

5-1 新型离心浇注管

最近,随着蒸汽转化制氢、乙烯裂解装置趋向于高温、高压,然而现在所广泛使用的HK 40由于强度不能满足要求,现正在进行采用更高强度的离心浇注管的研究。其主要化学成分和强度分别如表3和图7中所示^[27]。Supertherm合金强度很高,被应用于上升管、结构附件上。IN-519-SX, MORE, HOM, HP等材料的强度基本上与Supertherm合金相等,开始使用于转化管和裂解管。

这些材料虽然由于缺少蠕变数据,还没搞清楚长期运转的性能,焊接接头的焊接区强度低于母材等问题,但是随着操作条件的苛刻化认为可以广泛使用。

表 3 新材料的离心浇注合金管

合 金	化 学 成 分 (%)						
	C	Cr	Ni	Co	W	Mo	Nb
Supertherm	0.45	25	35	15	5	—	—
IN-519-SX	0.35	25	25	—	—	—	1.5
MORE-1	0.4	25	30	—	1.5	—	—
HOM	0.45	25	35	—	—	1.5	—
HP	0.45	25	35	—	—	—	—

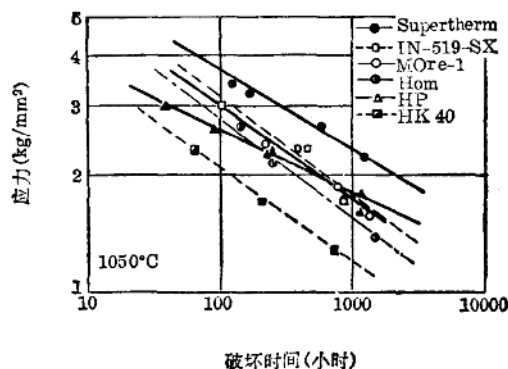


图 7 新材料离心铸管的蠕变破坏强度 (1050°C)

5-2 熔造和热挤压生产的 0.4C-25Cr-20Ni 钢管

现在广泛使用的转化管、裂解管的 0.4C-25Cr-20Ni 钢管,是用离心浇注方法加工的。最近发明了用熔造或者是热挤压方法,制造出与 HK 40 成分、机械性能基本相同的炉管。

熔造管^[28]是把铸造生产的 0.4C-25Cr-20Ni 钢作为熔料,采用电渣重熔方法生产的管子,用这个方法可加工最小外径 35 mm,最小管壁厚度 6 mm,最大长度 13 米的管子。

热挤压管^[29]是把 0.4C-25Cr-20Ni 钢热挤压后再经“连续晶界析出处理”的热处理工序后加工成的,它的强度与 HK 40 相等。热挤压管可以生产外径 35~250 mm,壁厚 3~25 mm,最大长度 15 米的钢管。将热挤压管再进行冷拔,可以生产更小外径和更薄壁厚的管。

采用上述两种新方法,可以生产比离心浇注管口径小,更薄壁的管,另外由于可以生产长度 10 米以上的长管,减少高温区的焊接接头数目,具有能防止渗碳等很多优点,因此这些新材料炉管的使用,将促进加热炉的结构改进。

6. 结 束 语

加热炉使用的材料虽然在高温、高压、腐蚀性环境等苛刻的操作条件下工作,但是由于积累了丰富的加工制造和使用经验,现在获得了在 1000°C 以上条件下工作也十分可靠的材料。

然而如前所述,在设计、安装、使用上还存在着很多必须要解决的问题。其中每一个问题都牵涉到很多复杂的因素,因此材料制造者尽管付出很大的努力,还是有不少困难的。

为了解决上述难关,提高加热炉材料的可靠性,使其更为经济,有待材料制造部门、建设安装部门、使用单位密切配合、共同努力。

参 考 文 献

- [1] 西野知良,金属材料, 10, (11), 48 (1970).
- [2] ASME, interpretations of ASME Boiler and pressure Vessel Code, Case 1331-5.
- [3] Clark, W. D., High temperature properties of steels (ISI publication 97), 539 (1967), iron and steel inst.
- [4] ASTM, "Report on the high-temperature properties of stainless steels" (ASTM data series publication DS5-s1) (1965).
- [5] ISO, "Elevated temperature tensile and stress-Rupture. properties of 18% Chromium 8% nickel austenitic steel (AISI type 304)", ISO/TG 17/WG 10/ETP-SG6, MG/QF/141/67.
- [6] 日本钢铁协会刊行预定。
- [7] Verein Deutscher eisen hüttenleute, "Ergebnisse deutscher zeitstandversuche langer dauer" (1969), Verlag stahleisen, düseeldorf.
- [8] 金属材料技术研究所より刊行预定。
- [9] 神戸制钢所リフォーマーチエーブ技术资料
- [10] 佐佐木良一,耐热金属材料委员会研究报告, 11, (3), 421 (1970).
- [11] Estruch, B., "Materials technology in steam reforming process", 29 (1966), pergamon press.
- [12] 西野知良,石油志, 11, (11), 865 (1968).
- [13] Coffin, L. F., Trans. ASME, 79, 1637 (1957).
- [14] Coffin, L. F., Proc. SESA, 15, 1638 (1958).
- [15] Langer, B. F., J. Basic Eng., 84, (3), 389 (1962).
- [16] Manson, S. S., NACA Tech. note, 2933 (1954).
- [17] Coffin, L. F., Trans. ASME, 76, 931 (1954).
- [18] Taira, S., "High temperature structure and materials" (edited by Freudenthal, A. M. et al.), 187 (1964), pergamon press.
- [19] 山本俊二等,材料, 19, 196 (1970).
- [20] 太田定雄等,铁七钢, 57, S225 (1971).
- [21] 栗山定员,溶接学会志, 35, 71 (1966).
- [22] 篠原申之,住友重机械技报, 18, 19 (1970).
- [23] 栗山良员,溶接学会 44 年春期大会讲演概要, 127 (1968).
- [24] 太田定雄等,未发表
- [25] 足立正博,溶接学会志, 39, (7), 700 (1970).
- [26] Krivok, V. N., Metal progress, 5, 18 (1957).
- [27] 太田定雄,铁七钢, 57, S223 (1971).
- [28] 氏家昭,三菱重工技报, 9, 57 (1972).
- [29] Ohta, S., Chemical economy and engineering review, 3, (10), 89 (1971).

译自(日)"石油学会志", Vol. 15, No. 10 (1972) p.8~12

吉林石油化工会战指挥部 车德源译
上海化工设计院设备建设组技校

关于热裂解炉(M-TCF)的燃烧 传热和材料特性

(日) 山崎 等

1. 前 言

M-TCF 热裂解炉是随着乙烯装置的大型化, 裂解原料的多样化要求, 由三菱油化和三菱重工共同协作以下列项目为重点搞起来的新型炉。

- 1) 最大限度地提高单台炉的处理量;
- 2) 容易操作和控制;
- 3) 建设投资费少;
- 4) 对于各种燃料有良好的适应性;
- 5) 热效率高, 运转费少;
- 6) 安全可靠。

因此 M-TCF 炉在反应管形状、炉型、喷嘴型式和布置等方面, 具有以前普通裂解炉所不具备的一些特性。

于 1969 年秋, M-TCF 管式裂解炉开始试运转, 试运表明, 炉子的各种特性达到了预想的效果, 同时确认了工业化的可能性。为了考查长期运转性能, 装置正在连续运转之中。

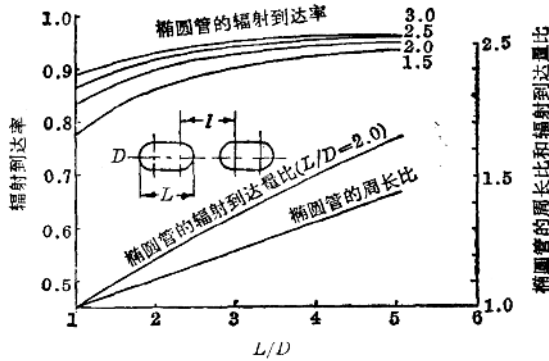
本报告是根据运转实践, 主要叙述 M-TCF 的如下三个方面:

- 1) 燃烧传热特性;
- 2) 反应管的新加工方法及其新材料;
- 3) 反应管的设计方法。

2. M-TCF 炉的特点和效果

M-TCF 炉为了实现大型化、降低投资费、易于操作、安全可靠等要求, 结构上有了很多新的改进。现将其主要特点和效果叙述如下:

- (1) 由于采用如图 1 所示的椭圆形断面管, 因此:
 - a) 同样大的管的断面积, 该管的受热面积大;
 - b) 热到达量有很大提高, 炉子结构为梯台式, 能提高原料处理能力。
- (2) 由于采用新发明的朝下的大型偏平的长火焰油-气混合喷嘴(见图 2);
 - a) 可减小过剩空气系数, 能提高炉子效率;
 - b) 可减少喷嘴数目, 使其容易操作和维护;
 - c) 喷嘴不会结焦, 由于混合烧重质油, 可以降低燃料费用;
 - d) 能得到非常均匀的加热性;



$$(\text{椭圆管的辐射到达量比}) = \frac{(\text{椭圆管的周长比}) \times (\text{椭圆管的辐射到达率})}{(\text{圆管的辐射到达率})}$$

图1 椭圆管辐射到达比

(3) 由于采用油化和重工共同新发明的 M-TLX 部分安装在辐射室上方, 把对流室安放在下面, 使炉的左右两侧成完全对称式结构(见图 2);

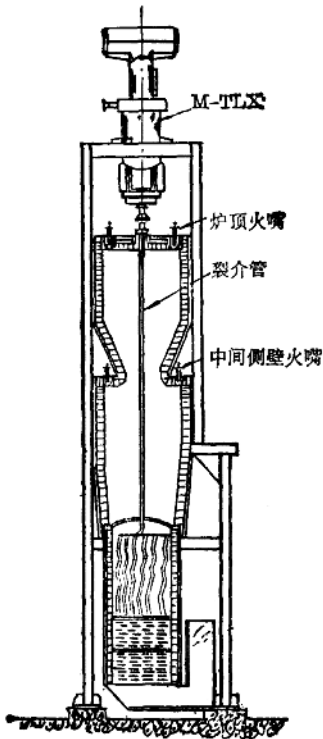


图2 M-TCF 示意图

a) 可以采用长火焰喷嘴;

b) 由于火焰气流, 温度分布完全对称, 这样就防止反应管的局部过热及其变形;

c) M-TLX 和反应管可用短直管连结, 可以防止这个部位容易发生的机械故障, 并且也可以减少反应生成物的二次裂解等工艺过程的麻烦。

d) 在减少安装费用的同时, 还能达到容易操作和维护的要求;

(4) 由于炉管采用在本文后面介绍的新制造方法和新材料, 将能提高反应管强度, 防止渗碳的可能性, 对反应管的性能有很大的改进。

3. M-TCF 的燃烧传热特性

所谓热裂解炉的燃烧传热指的是控制管内裂解反应以及支配其反应的重要因素, 但是由于其机理复杂, 正确的分析其现象是很困难的, 以前工业上一般取经验数据。

这次着重地研究了具有如前所述特点的相当于工业规模 M-TCF 管式炉装置的运转情况。举下面一个例子, 详细的解释一下燃烧传热特性, 并将其做成燃烧传热特性的模拟模型。

(1) 火焰、燃气的温度分布:

用装入 Pt-Pt, Rh 热电偶的气抽式温度计测定的 M-TCF 的火焰、燃气温度分布 (包括喷嘴中心线, 并与炉壁成垂直面上的值), 如图 3 所示。很明显, 接近喷嘴的炉壁周围温度高, 但是反应管壁附近的燃气温度分布差不多是一样的。即使喷嘴数目少, 也务必要考虑反

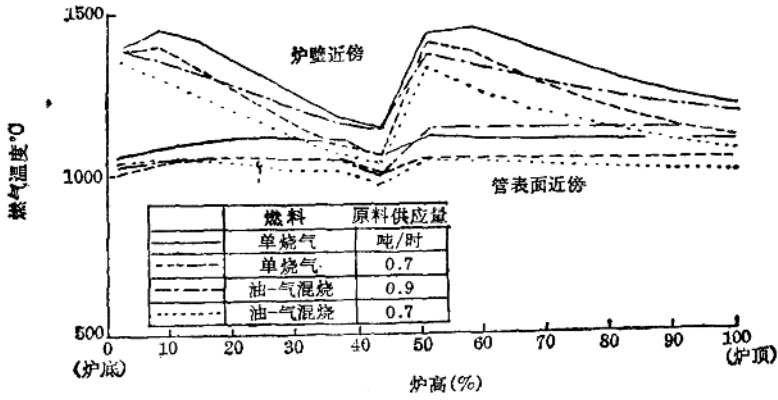


图3 M-TCF 的燃烧气温度

应管将发生局部过热。

(2) 到达热量分布

把钢板焊接在铜镍板的双面，一面作为冷却面，另一面暴露在炉内作为传热面，用热电偶式热流计测定的反应管到达热量，其测定值如图4所示。到达热量分布与火焰、燃气温度分布相比较，炉顶和炉底稍微低于炉的中部，除了喷嘴近下方略为高以外，其余部分的分布是均匀的。

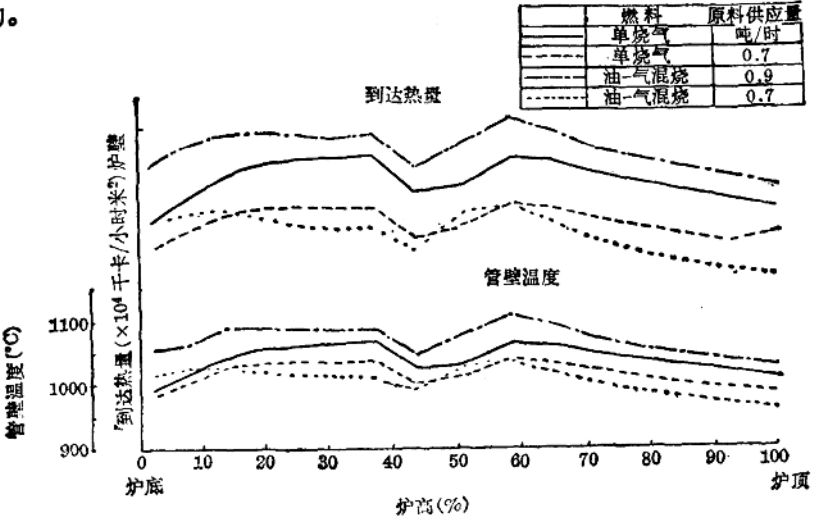


图4 M-TCF 炉里的热流束和管壁温度

(3) 管壁温度分布

用光学温度计测定反应管外壁温度分布，如图4所示。管内流体温度由入口段至出口段逐渐升高，虽有管内结焦的影响，但在纵向上反应管外壁温度分布大致均匀。这是由于象如前所述那样纵向到达热量分布均匀所致。

(4) 原料处理量

1) 现将同一台炉，处理量不同情况下，火焰、燃气温度分布、到达热量分布、反应管外壁温度分布，表示在图4中。图中表明，任何处理量时的温度曲线，都是一条与最大处理量时