反应釜损坏原因及其改善途径

马智慧,周凤利,蔡宗伟

(内蒙古包钢钢联股份有限公司煤焦化工分公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要:文章介绍了改质沥青的工艺流程。通过多年跟踪反应釜的检修和运行,总结了反应釜的损坏形式及损坏原因;通过改造和加强操作减缓反应釜的损坏,延长了反应釜的使用寿命,避免发生安全事故,降低设备的维护成本,提升综合经济效益。

关键词:改质沥青;反应釜;损坏形式;损坏原因;改进措施

中图分类号:TQ522.65 文献标识码:B 文章编号:1009-5438(2018)05-0083-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.05.023

Causes of Damages for Reaction Kettle and Improvement Approaches

Ma Zhi-hui, Zhou Feng-li, Cai Zong-wei

(*Coke Chemical Engineering Branch Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, the technological process of modified pitch is introduced. The forms and causes of damages for reaction kettle are summarized through tracking the maintenance and operation of reaction kettle for many years. Moreover, the damages of reaction kettle are retarded and its service life is prolonged through transforming and strengthening the operations so that the accidents are avoided, equipment maintenance costs are reduced and composite economic results are improved.

Key words: modified pitch; reaction kettle; forms of damages; causes of damages; improvement measures

反应釜是改质沥青工段最重要的设备之一,其运行好坏及寿命长短不仅关系着生产顺行与否,而且还关系着生产的安全和经济效益。原设计只有6个反应釜,3#、4#和5#、6#互为备用,1#、2#无备用。2007年7月开工至今,一共更换了14个反应釜,其中两个反应釜出现了烧穿着火的事故(1#、4#釜)。更换一个反应釜的费用大约60万元,频繁更换反应釜不仅增加了生产成本,给改质沥青的生产组织带来不便,也影响沥青的产量和质量,使分公司和整个股份公司的利润降低。

1 改质沥青工艺介绍

煤焦化工分公司焦油加工区域设计能力为15万t/a,主要生产蒽油、洗油、工业萘、改质沥青等产品,其中改质沥青是焦油产品中占比例最大的产品,年生产量8万t左右。目前生产改质沥青采用的生产工艺为釜式串联加热工艺,具体流程见图1:自蒸馏二次蒸发器塔底产出的中温沥青自流到1#反应釜,经满流管流至2#、3#、4#反应釜,连续加热搅拌发生热聚合反应,反应釜顶闪蒸油自烟气管排出后冷凝回收,反应釜釜底采出的改质沥青通过汽化冷却器冷却后自流到中间槽,用液下泵输送到改质沥青高置槽,再冷却成型或直接外发液体沥青。

收稿日期:2018-02-27

作者简介:马智慧(1979-),男,内蒙古乌兰察布市凉城县人,机械工程师,现从事设备的检修和管理工作。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

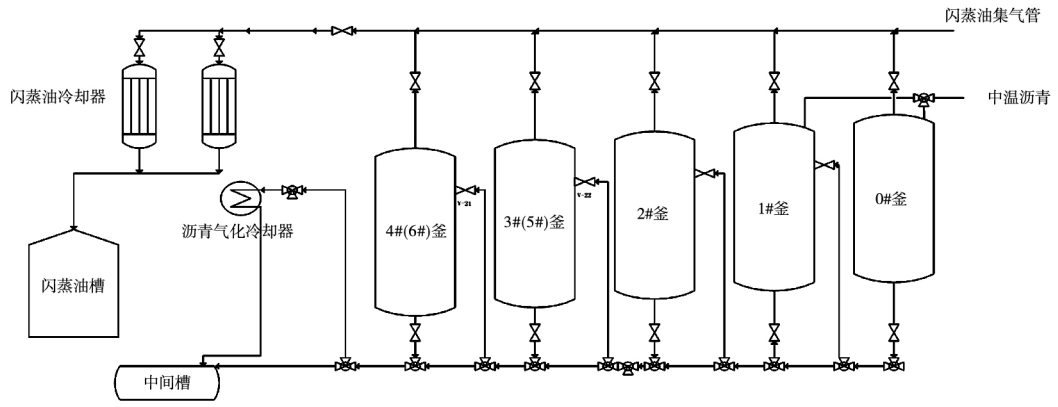


图1 改质沥青工艺流程图

2 反应釜损坏原因分析

改质沥青反应釜结构如图2所示，燃料为焦炉煤气。安装一台外混式自然吸风燃烧器(这类燃烧器的优点是不回火，结构简单，噪音低，燃烧温度低；缺点是过剩空气系数高)，靠烟囱抽力自然排烟。

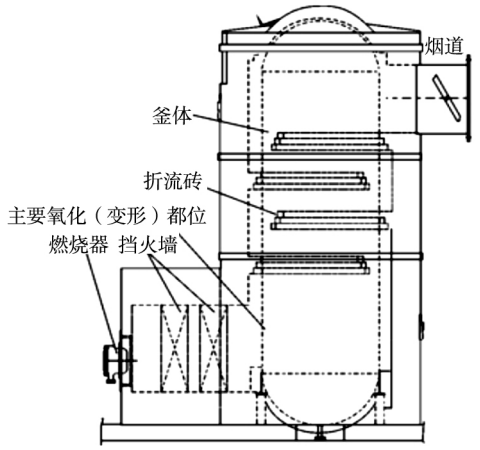


图2 改质沥青反应釜结构图

为降低高温火焰对反应釜表面的辐射传热，在燃烧室内设置了两道多孔挡火墙。反应釜炉膛内砌了4层折流砖，使烟气在炉膛内做“S”形流动，增加烟气流速，强化对流换热。实际运行中发现燃烧室内颜色暗红，火焰偏软无力[1]。反应釜选用是32 mm厚Q345R低合金高强度结构钢。反应釜釜内温度365～397 ℃，釜外温度(炉膛温度)≤850 ℃，运行一段时间后，反应釜体正对着燃烧器的部位发生凹陷变形、表皮氧化脱落。反应釜的加热炉结构简图及釜发生变形和氧化位置见图2。

反应釜体的变形主要是烟气侧的温度分布不均匀引起的，反应釜壁温度超过400 ℃就会发生蠕变变形；在燃烧过程中反应釜炉膛存在过剩氧气，在高温环境下氧气与反应釜外表面发生氧化反应，反应釜外表面结了一层层氧化皮，随着时间的延续，氧化皮越来越厚，反应釜的有效厚度越来越薄；反应釜壁氧化变薄和蠕变变形相叠加，有可能使反应釜泄漏，最终引起火灾。

2.1 高温下发生氧化反应

钢与合金在高温下不可避免地会与氧起化学反应，并在其表面形成氧化膜。铁的氧化在560 ℃以上加剧，这是由于氧化膜中出现了FeO的缘故。此时氧化膜分为三层，最表层是Fe_2O_3，中层为Fe_3O_4，最里层为FeO。由于FeO中空位较多，氧原子易于向内扩散与铁离子结合，因此氧化加剧。Mn对钢的氧化不利，含锰高的钢氧化膜和钢结合的不牢固，冷却时氧化膜极易崩落[2]。Q345R的含锰量(质量分数)为1.2%～1.35%，釜壁的氧化膜一层层的崩落，使釜壁变薄，在釜壁变到一定厚度时，在蠕变变形和釜内沥青压力的作用下使釜烧穿泄漏。

2.2 高温对短期静载的影响

屈服强度随温度升高而下降，超过400 ℃时，低碳钢的屈服强度就测不出来了。强度极限在250～350 ℃以前虽有所升高，但以后则迅速下降，所以低碳钢超过400 ℃就不能使用了[3]。在反应釜的运行过程中，操作工调整炉膛温度不及时或是特殊情况的时候会使釜壁温度超过400 ℃，釜壁在釜内沥青静压力的作用下，会使反应釜发生外凸变形。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.3　高温对长期加载的影响

在常温或不太高的温度时，构件的变形量只与所加载荷有关，只要外力大小不变，构件的变形量就不变，然而这种情况在高温条件下就不存在了。在生产过程中发现，碳钢构件在超过 400 ℃的高温下承受外力时，虽然外力大小不变，但是构件的变形却随着时间的延续而不断增长，而且这种变形是不可恢复的。高温受力构件所特有的这种现象，称为材料的蠕变，其变形称为蠕变变形。发生蠕变的条件有两个：一是要有一定的高温；二是要有一定的应力。在满足这两个条件的前提下，提高温度或增大应力都会增加蠕变速度[3]。蠕变变形是塑性变形，卸载后不再消失[3]。釜在工作过程中同时满足高温和有一定的应力，使釜发生蠕变变形。

2.4　反应釜壁结渣对釜的影响

反应釜釜壁结渣造成釜的导热性差，使炉膛和烟道的热量无法正常传导到釜内沥青；由于反应釜釜底安装了测温点，当釜温度没有达到操作规程要求时，就会通过提高炉膛温度来加热反应釜，渣子阻挡了热量传入反应釜内，造成反应釜壁局部温度过高，当反应釜壁温度超过 400 ℃后，在反应釜釜内沥青压力的作用下发生蠕变变形，同时也加剧了反应釜釜壁的氧化。

3　延长反应釜使用寿命的措施

3.1　增加挡火板

要想彻底解决反应釜壁蠕变变形和氧化的问题，需要将反应釜的材质改为耐热不锈钢（S31008），但这样做增加数倍采购成本。S31008 是奥氏体铬镍不锈钢，具有很好的抗氧化性、耐腐蚀性，因为较高百分比的铬和镍，S31008 不锈钢拥有更好的蠕变强度，在高温下能持续作业，具有良好的耐高温性。因镍（Ni）、铬（Cr）含量高，具有良好耐氧化性。可在反应釜前加挡火板，作用是阻挡火焰直接烧到反应釜，防止釜壁局部温度过高发生蠕变变形，避免空气与反应釜接触发生氧化反应。挡火板的材质选用 S31008 不锈钢，厚度 0.02 m，高度 1.200 m，长度 2.5 m，弧度与反应釜的相似（见图 3）。反应釜前只加挡火板，使挡火板和釜壁间有约0.02 ~ 0.03 m宽的缝隙，空气在炉膛内自由流动，还是会有氧气和釜壁接触，使釜壁在高温作用下发生氧化掉皮现象。为了解决蠕变和氧化及降低采购釜的成本，可以用刚玉自流浇注料（或是耐高温、传热性能良好和容易成型填充的其它物质）把挡火板和釜之间的缝隙填满，避免反应釜正面温度最高的部位和氧气接触发生氧化反应。

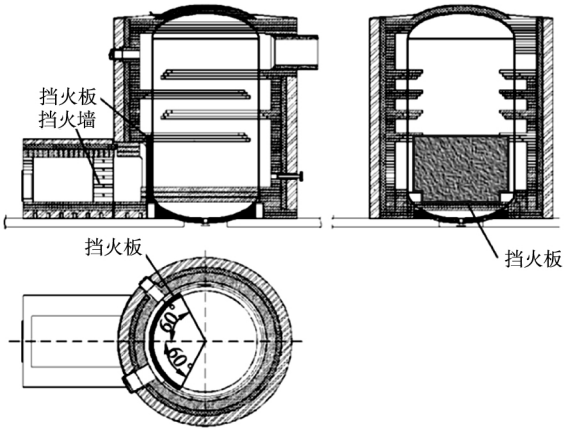


图 3　改质沥青反应釜挡火板安装位置图

3.2　增加反应釜

在 1# 反应釜的前面增加一个 0# 釜，由于采用的是四釜串联工艺（如图 1），在 0#、1# 和 2# 反应釜中使用其中的两个，有一个反应釜是备用，通过合理安排 3#、4# 或 5#、6# 反应釜的使用周期，可方便清掏检修 0#、1#、2# 其中的一个。避免由于单个反应釜的过度使用而使结渣严重，造成反应釜釜壁氧化和蠕变变形加剧。

3.3　定期倒反应釜

3.3.1　清掏反应釜内渣子

定期倒反应釜清掏釜内渣子，避免因反应釜导热性降低致使炉膛温度过高造成反应釜壁温度超过 400 ℃，减轻反应釜的蠕变变形和氧化。3#、4# 反应釜和 5#、6# 反应釜互为备用，其中的一组反应釜内结渣严重可更换到另一组反应釜。根据经验测算连续运行 35 天左右倒 3#、4# 反应釜和 5#、6# 反应釜效果最佳。由于是采用四釜串联加工改质沥青，0#、1# 和 2# 只使用其中的两个反应釜，可以有一个反应釜做备用，连续生产 60 天左右倒换 1#、2# 和 3# 反应釜效果最佳。当反应釜换到备用的时候，在温度降到常温后，检测反应釜内各种气体指标合格后，可安排人员进行清掏和检修，然后把清掏检修过的反应釜再做备用。

3.3.2　检查更换反应釜釜内零部件

反应釜内有搅拌器对沥青进行搅拌，沥青的速度分布在反应釜圆周方向是均匀的，可减轻沥青局

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

部滞止影响传热引起局部超温变形、氧化[1]，变形、氧化脱落最严重的地方正好发生在燃烧室出口正对釜部位。爬头爬杆的完好与否关系着反应釜壁沥青的运动速度，一旦爬头爬杆损坏将使反应釜壁沥青运行速度降低容易吸收大量的热结渣，使反应釜壁的导热性降低。所以每次倒反应釜的时候都要对爬头爬杆进行检查，发现损坏及时检修更换，以有效降低反应釜壁的结渣程度。清掏完反应釜对其做全面的检查，包括反应釜釜壁的厚度、反应釜釜壁的变形情况、主轴护套与三脚架衬套的间隙和爬头爬杆等。发现有损坏的立即更换，并做好相应记录。

3.4 合理布局测温点

在砌筑新反应釜的时候，合理布局测温点，一般在第一层烟道布置3个测温点，以炉膛的中心线为基准，左右以60°布置第一和第二个测温点，在和第一或第二个测温点成120°布置第三个测温点，这能有效地反应出烟道的实际温度，为合理调节反应釜的温度做依据。

3.5 加强操作

对职工进行培训和教育，提高操作技能和责任心，及时合理地调节炉膛内温度，使反应釜温度在操作规程规定的范围内，减少因反应釜温度过高而发生蠕变变形。

4 结束语

通过采取增加挡火板、增加反应釜、定期倒反应釜、合理布局测温点等措施，有效地解决了改质沥青反应釜使用寿命短的问题，保证了反应釜的安全稳定运行，节约了生产成本，在同类企业中具有推广价值。

参 考 文 献

[1] 张喜来，靳世平，黄素逸. 反应釜釜体变形的CFD分析及改进[J]. 工业加热，2012，41(2)：14－17.
[2] 贾凤翔，侯若明，贾晓滨. 不锈钢性能及选用[M]. 北京：化学工业出版社，2013.
[3] 陈国桓. 化工机械基础(第二版)[M]. 北京：化学工业出版社，2011.
[4] 罗迎社. 材料力学(第一版)[M]. 武汉：武汉理工大学出版社，2001.

(上接第50页)

3.4 产品应用

产品主要用于制作大桥结构件“常规U型肋”，我厂热轧钢带产品Q345qD在终端加工厂经平整矫直、开平、纵剪机组剪切分条，分条钢带经过连续滚压成型，制作成常规U型肋，将应用于国内跨度最大悬索桥大桥。

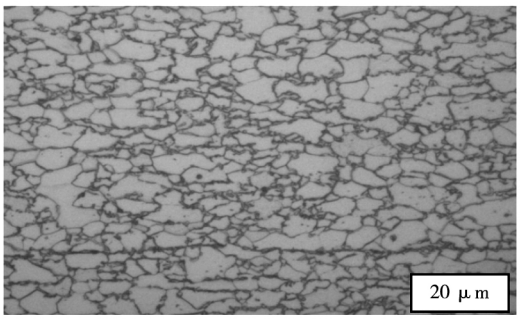


图8 500倍Q345qD金相组织

4 结论

(1) 采用中碳+高锰+微合金化的成分设计原则，合理控制轧制温度和冷却强度，开发的低屈强比桥梁结构用钢Q345qD各项性能均满足标准要求，而且富余量适中。

(2) Q345qD热轧钢带微观组织由细小且均匀分布等轴铁素体和少量弥散分布的珠光体组成，晶粒度级别10～11级。

(3) 通过改变在线热轧生产工艺、冷却模式，使得在线检验性能满足产品要求，在保证了产品性能要求的基础上，实现了批量生产，提高了生产效率。

参 考 文 献

[1] GB/T 714—2015，桥梁用结构钢[S].
[2] GB/T 714—2008，桥梁用结构钢[S].
[3] 杨公本. 桥梁用Q345qD钢板的生产实践[J]. 轧钢，2008，1(S1)：18－21.
[4] 贾单峰. 桥梁钢Q345qD低温力学性能及冲击韧性试验研究[J]. 钢结构，2017，32(5)：41－45.
[5] 宋长荣. 济钢桥梁用Q345qD钢板的生产工艺研究[J]. 金属材料与冶金工程，2009，37(3)：8－11.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net