

项目一

炼焦生产认知



项目导入

焦炭是高炉冶炼的主要燃料,焦炭在风口前燃烧放出大量热量并产生煤气,煤气在上升过程中将热量传给炉料,使高炉内的各种物理化学反应得以进行。

炼焦是指炼焦煤在隔绝空气条件下加热到 1 000 ℃左右(高温干馏),通过热分解和结焦产生焦炭、焦炉煤气和其他炼焦化学产品的工艺过程。冶金焦炭含碳量高,气孔率高,强度大(特别是高温强度),是高炉炼铁的重要燃料和还原剂,也是整个高炉料柱的支撑剂和疏松剂。炼焦副产的焦炉煤气发热值高,是平炉和加热炉的优良气体燃料,在钢铁联合企业中是重要的能源组分。炼焦化学产品是重要的化工原料,因此炼焦生产是现代钢铁工业的一个重要环节。



学习目标

- 了解高炉炼铁对焦炭的要求及炼焦工艺。
- 了解炼焦用配煤在配煤中的作用及影响。
- 了解炼焦工艺流程及其主要设备。



任务描述

在了解高炉炼铁对焦炭的要求基础上,正确理解炼焦用配煤在配煤中的作用及影响。了解炼焦工艺流程及其主要设备的作用。



相关知识

一、焦炭在高炉冶炼中的作用

1. 发热剂

焦炭在风口前燃烧放出大量热量并产生煤气,煤气在上升过程中将热量传给炉料,使高炉内的各种物理化学反应得以进行。

2. 还原剂

焦炭燃烧产生的 CO 及焦炭中的固定碳是铁矿石的还原剂。

3. 料柱骨架

焦炭在料柱中占 1/3~1/2 的体积,尤其是在高炉下部高温区只有焦炭是以固体状态存

在,它对料柱起骨架作用,高炉下部料柱的透气性完全由焦炭来维持。

4. 渗碳剂

5. 炉料下降提供自由空间

二、高炉冶炼对焦炭质量的要求

1. 焦炭的化学成分

焦炭的化学成分常以焦炭的工业分析来表示。工业分析项目包括固定碳、灰分、硫分、挥发分和水分的含量。

(1) 固定碳含量尽量高,灰分尽量低。我国冶金焦炭灰分一般为 11%~14%。

(2) 硫含量低。

(3) 挥发分一般在 0.7%~1.2%。

焦炭中的挥发分是指在炼焦过程中未分解挥发完的 H_2 、 CH_4 、 N_2 等物质。

挥发分含量过高,说明焦炭的结焦程度差,生焦多,强度差;含量过低,则说明结焦程度过高,易碎。

(4) 水分含量稳定 焦炭中的水分是湿法熄焦时渗入的,通常为 2%~6%。

2. 焦炭的物理性质

(1) 机械强度高 焦炭的机械强度是指焦炭的耐磨性和抗撞击能力。

机械强度不好的焦炭,在转运过程中和高炉内下降过程中破裂产生大量的粉末,进入初渣,使炉渣的黏度增加,增加煤气阻力,造成炉况不顺。

目前我国一般用小转鼓测定焦炭强度。

小转鼓是用钢板焊成的无穿心轴的密封圆筒,鼓内径和宽均为 1 000 mm,内壁每隔 90° 焊角钢一块,共计 4 块。试验时,取粒度大于 60 mm 的焦炭 30 kg,放入转鼓内,转鼓以 25 r/min 的速度旋转 100 转,即 4 min,倒出试样,用 $\phi 40$ mm 和 $\phi 10$ mm 的圆孔筛筛分,以大于 40 mm 的焦炭占试样总量的百分比(以 M40 表示)作为破碎强度指标,以小于 10 mm 的焦炭占试样总量的百分比(以 M10 表示)作为耐磨强度指标。

M40 愈大,M10 愈小,表明焦炭的强度愈高。

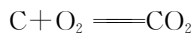
一般要求 $M40 \geq 72\%$, $M10 \leq 10\%$ 。

(2) 粒度均匀、粉末少 大型高炉焦炭粒度范围为 20~60 mm,中小高炉用焦炭,其粒度分别以 20~40 mm 和大于 15 mm 为宜。

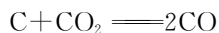
3. 焦炭的化学性质

焦炭的化学性质包括焦炭的燃烧性和反应性两方面。

(1) 燃烧性好 燃烧性是指焦炭在一定温度下与氧反应生成 CO_2 的速度,即燃烧速度。其反应式为:



(2) 反应性好 反应性是指焦炭在一定温度下和 CO_2 作用生成 CO 的速度。反应式为:



为了提高炉顶煤气中的 CO_2 含量,改善煤气利用程度,希望焦炭的反应性差些为好。

为了扩大燃烧带,使炉缸温度及煤气流分布更为合理,使炉料顺利下降,希望焦炭的燃

烧性差些为好。

三、单种炼焦煤的结焦特性及其在配煤中的作用

1. 气煤

气煤在加热时能产生较多的胶质体。但这种胶质体的热稳定性差,容易分解。气煤由半焦转变为焦炭时,产生大量挥发物,因此收缩度大,形成焦炭纵裂纹多,块度小,机械强度较低。但在配煤中配入气煤,可以增加化工产品的回收率,降低煤的膨胀压力。

2. 肥煤

肥煤在加热时能产生大量胶质体,热稳定性较好,所以成焦时熔融性良好;但是由于肥煤成焦时,其内部应力未及松弛,会产生较多的横裂纹。肥煤在配煤中的作用很重要,被认为是基础煤,因为它具有很强的黏结力,可以黏结一部分弱粘煤炼成强度较好的冶金焦炭。

3. 焦煤(通常称主焦煤)

炼焦煤具有中等挥发分与中等胶质层,单独炼焦时形成热稳定性很好的胶质体,能炼制成块大,裂纹少,耐磨性好的焦炭。在工业不发达时常用它单独炼焦。但在现代室式焦炉中用焦煤单独炼焦时,由于收缩小,膨胀压力大,造成推焦困难,甚至损坏焦炉。在配煤中它可以起到提高焦炭强度的作用。

4. 瘦煤

瘦煤在加热时产生的胶质体量少,形成的焦炭块度大,裂纹少,但不耐磨。在配煤中配入瘦煤可以增加焦炭的块度。

四、炼焦用煤对配煤质量指标的要求

1. 水分

配合煤水分主要取决于单种煤水分的大小和稳定,配合煤水分的大小和稳定与否,对装煤操作、焦炭的产量、质量及焦炉本身寿命都有很大影响。水分过小,会恶化焦炉装煤操作;水分过大,将使装煤操作困难并相应延长结焦时间,同时也影响焦炉寿命。当配煤水分波动太大时,将造成焦炉加热制度的混乱,使焦炉操作困难。一般情况下,配合煤水分稳定在8%~10%较为合适。

2. 灰分

配合煤灰分全部转入焦炭中,一般炼焦的全焦率在70%~80%,焦炭灰分为配煤灰分的1.3~1.4倍。灰分是惰性物质,灰分高则黏结性降低,因为灰分颗粒较大,硬度比煤大,它与焦炭物质之间有明显的分界线,其膨胀系数也不同,半焦收缩时,在这个界面上应力集中,成为裂纹的中心,若配合煤的灰分高,则焦炭强度低。如果焦炭灰分小于13%,全焦率按78%计,则配合煤灰分约为: $13\% \times 78\% = 10.14\%$ 。

3. 挥发分 Vdaf

挥发分是反应煤化程度的指标,与煤化程度有着较为密切的线性关系。

4. 黏结性指标

实验证明,炼焦配煤的黏结性指标以控制在一定的范围内为宜。以膨胀度作黏结性指标时, $b \geq 50\%$;以黏结指数为指标时, $G = 58 \sim 72$;以最大胶质厚度为指标时, $Y = 17 \sim 22 \text{ mm}$ 。

5. 配合煤的膨胀压力

在确定配煤方案时,必须了解配合煤的膨胀压力。它与黏结性指标不存在规律性关系,也不具有单种煤的膨胀压力的加和性,只能通过实验测定。膨胀压力过大会对炉墙造成损害,根据我国的生产实践,它的极限值应不大于 137~196 Pa。

6. 硫分

煤中的硫分有 60%~70% 转到焦炭中,若配合煤的全焦率为 70%~80%,则焦炭硫分约为配合煤硫分的 80%~90%。配合煤硫分可由化验分析得出,也可由各单种煤的硫分按加和性计算。硫在煤中是一种有害的物质,在炼焦配煤中可控制调节配煤比以调节配合煤的硫含量,通常配合煤的硫分可控制在 1.0%(质量分数)以下。

五、炼焦

1. 炼焦原理

炼焦生产,基本原料是炼焦煤。将炼焦煤在密闭的焦炉内隔绝空气高温加热放出水分和吸附气体,随后分解产生煤气和焦油等,剩下以碳为主体的焦炭。这种煤热解过程通常称为煤的干馏。

煤的干馏分为低温干馏、中温干馏和高温干馏三种。它们的主要区别在于干馏的最终温度不同,低温干馏在 500~600℃,中温干馏在 700~800℃,高温干馏在 900~1 000℃。目前的炼焦炉绝大多数属于高温炼焦炉,主要生产冶金焦、炼焦煤气和炼焦化学产品。这种高温炼焦过程,就是高温干馏。

2. 炼焦煤的热解过程

炼焦煤在隔绝空气高温加热过程中生成焦炭,它具有下列特性:当被加热到 400℃ 左右,就开始形成熔融的胶质体,并不断地自身裂解产生出油气,这类油气经过冷凝、冷却及回收工艺,得到各种化工产品和净化的焦炉煤气。

当温度不断升高,油气不断放出,胶质体进一步分解,部分气体析出,而胶质体逐渐固化成半焦,同时产生出一些小气泡,成为固定的疏孔。温度再升高,半焦继续收缩,放出一些油气,最后生成焦炭。

3. 炼焦工艺

现代焦炭生产过程分为洗煤、配煤、炼焦和产品处理等工序。

(1) 洗煤 原煤在炼焦之前,先进行洗选。目的是降低煤中所含的灰分和去除其他杂质。

(2) 配煤 将各种结焦性能不同的煤按一定比例配合炼焦。

目的是在保证焦炭质量的前提下,扩大炼焦用煤的使用范围,合理地利用国家资源,并尽可能多地得到一些化工产品。

(3) 炼焦 将配合好的煤装入炼焦炉的炭化室,在隔绝空气的条件下通过两侧燃烧室加热干馏,经过一定时间,最后形成焦炭。

(4) 炼焦的产品处理 将炉内推出的红热焦炭送去熄焦塔熄火,然后进行破碎、筛分、分级,获得不同粒度的焦炭产品,分别送往高炉及烧结等用户。

熄焦方法有干法和湿法两种。

① 湿法熄焦:是把红热焦炭运至熄焦塔,用高压水喷淋 60~90 s。

② 干法熄焦:是将红热的焦炭放入熄焦室内,用惰性气体循环回收焦炭的物理热,时间为2~4 h。

在炼焦过程中还会产生炼焦煤气及多种化学产品。焦炉煤气是烧结、炼焦、炼铁、炼钢和轧钢生产的主要燃料(图 1-1)。

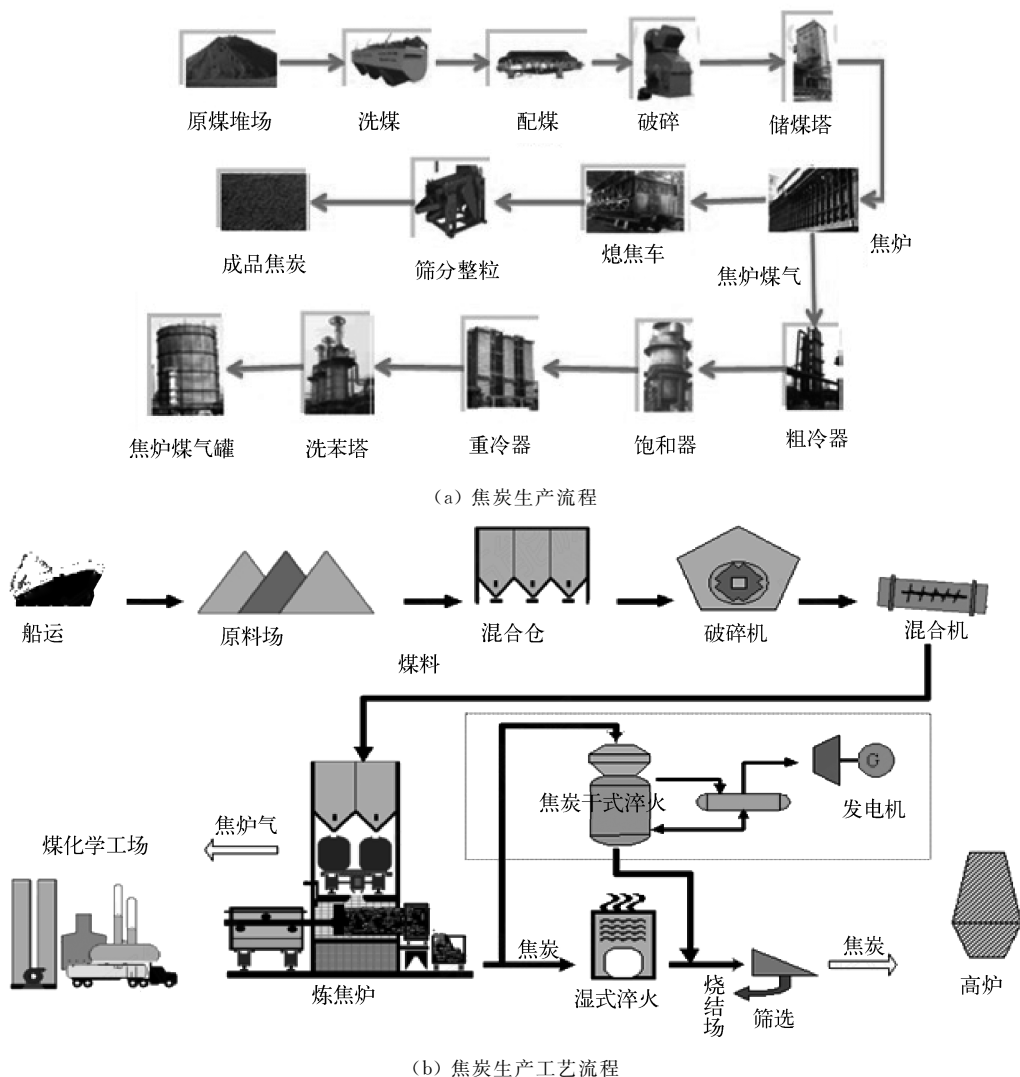


图 1-1 焦化生产及生产工艺流程示意图

4. 炼焦工艺主要设备

(1) 焦炉 现代焦炉炉体由炭化室、燃烧室和蓄热室三个主要部分构成。一般,炭化室宽 0.4~0.5 m、长 10~17 m、高 4~7.5 m,顶部设有加煤孔和煤气上升管(在机侧或焦侧),两端用炉门封闭。燃烧室在炭化室两侧,由许多立火道构成。蓄热室位于炉体下部,分空气蓄热室和贫煤气蓄热室。

焦炉炉体主要是用硅砖砌筑而成的,分成一至四个相连接的部分:炉顶、炭化室(两侧是燃烧室)、斜道、蓄热室。

炉顶区设有炭化室装煤孔、燃烧室火道看火孔以及荒煤气导入集气系统的上升管孔等。炭化室是窄长的方形室,用以容纳煤料。煤料可由装煤孔或机侧(捣固炼焦)装入。

燃烧室在炭化室两侧,煤气在其内燃烧,燃烧产生的热量,经炭化室——燃烧室墙传入炭化室,将煤料加热至高温炼成焦炭。

斜道是蓄热室、燃烧室火道间的气流通道。

蓄热室在炭化室及燃烧室下部,内填充有带孔的格子砖。当下降气流时,燃烧产生的高温废气流将格子砖加热,交换成上升气流时,使通过蓄热室的贫煤气或空气预热后进入燃烧室。

一座焦炉由数十孔炭化室组成。

焦炉系统中常用的控制设备:PLC、变频器、组态软件、电动机、断路器、接触器、按钮、温度仪表等(图1-2)。

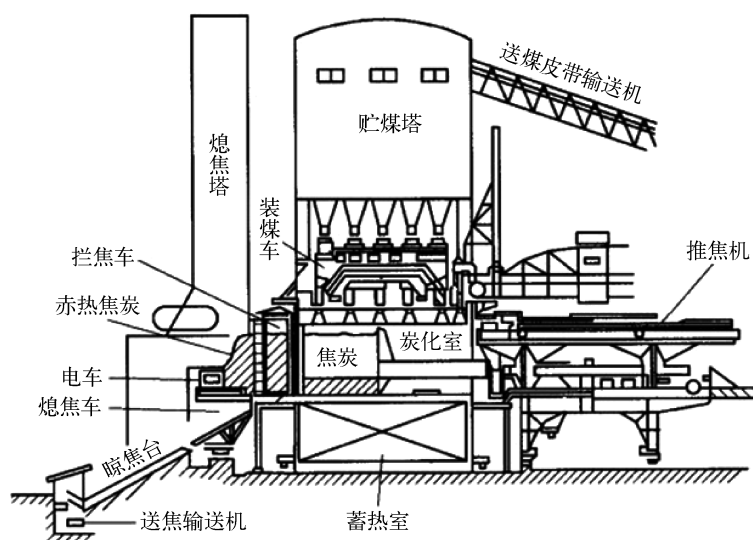


图1-2 炼焦炉及其附属设备

(2) 捣固焦炉 捣固焦泛指采用捣固炼焦技术在捣固焦专用炉型内生产出的焦炭,这种专用炉型即捣固焦炉。捣固炼焦技术是一种可根据焦炭的不同用途,配入较多的高挥发分煤及弱黏结性煤,在装煤推焦车的煤箱内用捣固机将已配合好的煤捣实后,从焦炉机侧推入炭化室内进行高温干馏的炼焦技术。

(3) 熄焦车(或干法熄焦装置) 接受推出的赤热焦炭,运到熄焦塔内喷水(或运到干法熄焦装置用惰性气体将余热导走发电或补充管网的蒸汽),将赤热焦炭熄灭,然后卸在凉焦台上冷却。

(4) 配煤槽 炼焦煤准备的工序之一。炼焦或碳化前煤料的一个重要准备过程,即为了生产符合质量要求的焦炭,把不同煤牌号的炼焦煤按适当的比例配合起来。

(5) 粉碎机 粉碎机是将大尺寸的固体原料粉碎至要求尺寸的机械。

根据被碎料或碎制料的尺寸可将粉碎机区分为粗碎机、中碎机、细磨机、超细磨机。



任务实施

一、备煤筛焦车间

备煤工段主要由受煤坑、配煤室、粉碎机室、贮煤塔顶、煤焦制样室及带式输送机、转运站等设施组成。原料洗精煤从洗煤厂由带式输送机送至备煤车间,经配煤和数台破碎机破碎后,煤被破碎到小于 3 mm 以下(占 85%以上)由带式输送机送至塔顶,用犁式卸料器卸到煤塔中,供焦炉使用。

二、炼焦车间

炼焦车间建设有炭化室、双连火道、废气循环、下喷、单热式捣固焦炉。采用捣固煤饼,侧装高温干馏,湿法熄焦工艺。

煤料从炉顶部的装煤孔或机侧(捣固焦)装入炭化室,由两侧燃烧室传来的热量,将煤料在隔绝空气的条件下加热至高温。加热过程中,煤料熔融分解,所生成的气态产物由炭化室顶端部的上升管逸出,导入煤气净化处理系统,可得到化学产品及煤气;残留在炭化室内的固化成焦炭。煤料分解固化过程完成后,将炭化室两侧的炉门打开,用推焦机将焦炭推出,落入熄焦车(或干法熄焦装置)。赤热的焦炭可用水熄灭,或用惰性气体将余热导走,冷却后即得到可使用的焦炭。机械化焦炉(顶装)目前国内采用炉型主要有 JN 型、JNX 型以及 58 型、66 型、70 型。

配煤炼焦生产工艺流程由备煤工段来的洗精煤,由输煤栈桥运入煤塔,由煤塔通过摇动给料器将煤装入装煤推焦机的煤箱内,由装煤推焦机按作业计划从机侧送入炭化室内,煤饼在炭化室内经过一个结焦周期在 950~1 050 °C 的高温干馏炼制成焦炭和荒煤气。装煤时产生的烟尘由炉顶上的消烟除尘车经吸尘孔抽出,在车上进行燃烧、洗涤后,尾气放散。炭化室内的焦炭成熟后,用装煤推焦机推出,经拦焦机导入熄焦车内,熄焦车由电机车牵引至熄焦塔内进行喷水熄焦。熄焦后的焦炭卸至焦台上,冷却一定时间后送往筛焦工段。煤在干

馏过程中产生的荒煤气汇集到炭化室顶部空间,进入上升管,经桥管进入集气管,700℃左右的荒煤气被桥管和集气管内喷洒的循环氨水冷却至84℃左右。荒煤气中焦油等同时被冷凝下来。煤气和冷凝下来的焦油同氨水一起,经吸煤气管道并经气液分离器分别进入冷鼓工段。

焦炉加热用的回炉煤气,由外部管道架空引入每座焦炉。煤气经地下室管道进入焦炉燃烧室,同时空气通过废气开闭器进入蓄热室,空气经预热后进入焦炉燃烧室的烈火道汇合后燃烧。燃烧后的废气通过立火道顶部跨越孔进入下降气流的立火道,再经过蓄热室,由格子砖把废气的部分显热回收后,经过小烟道、废气交换开闭器、分烟道、总烟道、烟囱,最后排入大气。上升气流的煤气和空气与下降气流的废气由加热交换传动装置定时进行换向。

三、煤气净化

煤气净化是由化产车间完成的。化产车间由冷凝鼓风机工段、脱硫工段、硫铵工段、蒸氨工段、粗苯工段、油库工段、生化工段等组成。

1. 冷凝鼓风机工段

来自82~83℃的荒煤气,带着焦油和氨水沿吸煤气管道至气液分离器,气液分离后荒煤气进入横管初冷器,在此分两段冷却:上段采用32℃循环水,下段采用16℃制冷水将煤气冷却至22℃。冷却后的煤气进入煤气鼓风机加压后进入电捕焦油器,除掉其中夹带的焦油雾后煤气被送至脱硫工段。

初冷器中段和下段排出的冷凝液进入冷凝液循环槽,由冷凝液循环泵送入初冷器下端循环喷洒,如此循环使用,多余部分送机械化氨水澄清槽。

从气液分离器出来的焦油、氨水进入机械化焦油氨水澄清槽,经澄清分离后,上部氨水送至循环氨水槽,由循环氨水泵及高压氨水泵送往炼焦工段供冷却荒煤气和集气管吹扫及无烟装煤使用。剩余氨水则由剩余氨水泵送至硫铵工段蒸氨。分离出的焦油至焦油中间槽贮存,当达到一定液位时,用焦油泵将其送至焦油槽。焦油需外售时,有焦油泵送往装车台装车外售。

机械化氨水澄清槽和机械化焦油澄清槽底部沉降的焦油渣,排入焦油渣车,定期送往煤场配煤。

冷凝鼓风机工段所有贮槽的放散气均经排气风机接至排气洗净塔,由硫铵工段来的蒸氨废水洗涤后排放至大气。塔底废水由排气洗净废水泵送生化处理。

2. 脱硫工段

鼓风机后的煤气进入脱硫塔,与塔顶喷淋下来的脱硫液逆流接触,穿过轻瓷填料及塔顶的除沫网由顶部出来,以吸收煤气中的硫化氢、HCN。脱除硫化氢的煤气去洗涤工段。

吸收了硫化氢、HCN的脱硫液从塔底流出,经液封槽进入反应槽,用循环泵经加热(冬)或冷却(夏)后送入再生塔,同时自再生塔底部通入压缩空气,使溶液在塔内得以氧化再生,再生后的溶液从塔顶经液位调节器自流回脱硫塔循环使用。浮于再生塔顶部的硫黄泡沫,利用位差自行流入硫泡沫槽。硫泡沫由硫泡沫槽下部自流入熔硫釜,用蒸汽加热,加热后熔硫釜内硫

泡沫澄清分离,分离后的清液排入反应槽,熔硫后硫黄放入硫黄冷却盘,冷却后装袋外销。

为避免脱硫液盐类积累影响脱硫效果,排出少量废液定期送往配煤。

3. 终冷洗苯工段

从硫铵工段来的 $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 煤气经过横管煤气终冷器温度降至 $25\sim 27\text{ }^{\circ}\text{C}$,进入洗苯塔与塔顶喷洒的由粗苯工段来的贫油逆流接触,将煤气中的苯洗至 4 mg/m^3 以下,然后将净煤气送往各用户(焦炉加热、粗苯管式炉等)。

横管煤气终冷器底的冷凝液由泵打至终冷器顶循环喷洒,防止焦油及萘的积存。富余的冷凝液送生物脱酚。洗苯塔底富油送粗苯蒸馏。

4. 粗苯蒸馏工段

来自硫铵工段含苯的焦炉煤气,经终冷器冷却后从洗苯塔底部入塔,与塔顶喷淋的循环洗油逆流接触,煤气中的苯被循环洗油吸收,从塔顶出来的煤气含苯小于 2 g/Nm^3 ,然后供用户使用。考虑外供煤气输送对萘含量的要求,在脱苯塔第 $20\sim 25$ 层塔板上切取萘馏分,切取的萘油汇兑焦油中,以保证焦炉煤气萘含量。煤气含萘夏季 $<200\text{ mg/Nm}^3$,冬季 $<100\text{ mg/Nm}^3$ 。

由终冷洗苯工段来的富油,经油气换热器与脱苯塔顶部来 $93\text{ }^{\circ}\text{C}$ 油气换热后,进入二段贫富油换热器和一段贫富油换热器,使富油温度升至 $130\sim 135\text{ }^{\circ}\text{C}$,然后进入管式炉对流段、辐射段,加热至 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$,进入脱苯塔内进行蒸馏。从脱苯塔顶部出来的油气进入油气换热器及冷凝冷却器,所得粗苯流入油水分离器。分离出水后的粗苯进入回流槽,经粗苯回流泵送至脱苯塔顶部作为回流用,其余的流入粗苯中间槽,用粗苯产品泵送往油库工段装车外送。

在脱苯塔上部设有断塔板,将塔板积存的油和水引出,流入到脱苯塔油水分离器,将水分离后,油进入下层塔板。

从脱苯塔侧线引出的萘溶剂油,自流到萘溶剂油槽,用泵压送到油库工段的焦油贮槽。

脱苯塔底部采出的 $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ 热贫油,经一段贫油换热器换热后进入脱苯塔下部的热贫油槽。用热贫油泵送至二段贫富油换热器、贫油一段冷却器、贫油二段冷却器,冷却至 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后,送到终冷洗苯工段洗苯塔循环使用。

为保持稳定的洗油质量,同管式炉加热后的富油管线引出 1.5% 的富油进入再生器,用管式炉来的被加热到 $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的过热蒸气直接蒸吹再生。再生器顶部出来的气体进入脱苯塔下部,再生器底部排出的残渣定期排放至残渣槽,用泵送到油库工段的焦油贮槽。

粗苯油水分离器、脱苯塔油水分离器分离出来的水进入控制分离器,进一步将油水分离。分离出来的油流入油放空槽,用液下泵送到富油槽,分离出来的水流入水放空槽,用液下泵送到冷凝鼓风工段。

5. 油库工段

从冷凝鼓风工段和粗苯蒸馏工段送来的焦油和粗苯分别进入焦油贮槽和粗苯贮槽中,定期用焦油装车泵和粗苯装车泵送往各自高置槽,经汽车装料管自流分别装入汽车槽车外运。

洗油由汽车槽车运来,卸入洗油卸车槽,由泵送粗苯蒸馏工段。



项目小结

本项目主要在叙述了高炉炼铁对焦炭的要求、焦炭质量对高炉炼铁的影响的基础上,介绍了炼焦用配煤在配煤中的作用及影响,同时介绍了炼焦工艺流程及其主要设备的作用。



项目测评

1. 焦炭在高炉冶炼中的作用是什么?
2. 高炉冶炼对焦炭质量有什么要求? 确定装入量时应考虑哪些因素?
3. 简述炼焦生产的基本工艺流程。