

如何从窑炉结构来提高玻璃的熔化率

顾玉艳

(盐城工专建筑材料工程系, 盐城, 224003)

摘 要 结合某厂的生产技术经验, 对燃油马蹄焰玻璃窑炉的结构提出一些改进措施, 以达到提高玻璃熔化率的目的。

关键词 燃油马蹄焰窑 窑炉结构 熔化率

分类号 TQ171.6

熔化率是指玻璃熔窑每平方米熔化面积的玻璃液量, 通常用 k 表示。它是玻璃熔窑一项重要的技术经济指标, 反映了熔窑的生产效率。影响熔化率的因素很多, 如熔化温度、燃料种类、窑型及其大小、窑炉结构、生产品种、操作管理水平等等。

某厂是国内生产医药玻璃的主要厂家之一, 共有 5 座玻璃熔窑, 3[#]、4[#]、7[#] 是蓄热室马蹄焰窑, 1[#]、6[#] 是换热室双碓窑, 生产品种主要是药用盐水瓶(3[#]、4[#] 窑生产)和玻管(6[#]、7[#] 窑生产)。该厂无论是生产盐水瓶的熔化率还是玻管的熔化率, 与同行业相比都比较高; 该厂盐水瓶 k 值 4[#] 窑为 $2.0\text{t}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$, 3[#] 窑达到 $2.5\text{t}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$, 国内平均只有 $1.6 \sim 1.9\text{t}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$; 玻管 k 值该厂为 $1.0\text{t}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$, 国内平均为 $0.5 \sim 0.8\text{t}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ^[1]。而该厂熔化池火焰辐射温度在 $1570^\circ\text{C} \sim 1600^\circ\text{C}$ 之间, 玻璃液温度在 $1500^\circ\text{C} \sim 1530^\circ\text{C}$, 与国内同品种同类型窑相比并不高, 在工艺上也未采取其它措施来强制玻璃熔化, 为什么会具有比较高的熔化率呢?

本文从燃油马蹄焰窑的窑炉结构方面来说明该厂熔窑具有较高熔化率的原因。

一、采用无回流下沉式流液洞

根据模拟分析, 熔窑中玻璃的热对流约是生产流的 10 倍, 其中从工作池回流至熔化池的玻璃液需要被重新加热, 增加了能量消耗, 所以生产中应尽量减少这部分玻璃液的回流。一般说来, 加大出料量可减少回流量, 达一定值可使回流量为零, 此时的出料量称为临界出料量, 其大小与下列因素有关:

$$W_{\max} = \frac{3.6g(\rho_2 - \rho_1)a^4b}{c\eta}$$

式中, g 为重力加速度(m/s^2); ρ_1 为熔化池玻璃液的平均密度(kg/cm^3); ρ_2 为工作池玻璃液的平均密度(kg/cm^3); η 为流液洞中玻璃液的运动粘度(m^2/s); a 为流液洞的高度(m); b 为流液洞的宽度(m); c 为流液洞的长度(m)。

当实际出料量 $\geq W_{\max}$ 时, 就可消除玻璃液的回流。 $W_{\max}$ 越小, 越易消除回流。

由公式可见, 降低流液洞的高度、减小宽度、加大长度均能减少回流量, 其中, 降低流液洞的高度对减少回流量最有利($W_{\max}$ 与 a^4 成正比)。流液洞适当下沉可以降低进入流液洞内玻璃

液的温度,使其粘度增大,也能减少回流量。设计流液洞时还应考虑流液洞中玻璃液的流速。流速太快将加剧流液洞的磨损,流速过低气泡会在流液洞内聚集,将加剧盖板砖的腐蚀,回流量也将增加。所以,应合理地缩小流液洞的截面积,一般设计成扁平状。据此,该厂所有燃油马蹄焰窑都采用了下沉式扁平流液洞。3[#]窑流液洞尺寸为 250×600×1200mm,下沉深度为 1350mm,与熔化池澄清带池底相平。

二、加大小炉口的宽度

窑内配合料(或玻璃)的熔化热量主要来自火焰和窑体的辐射传热。在火焰温度一定时,火焰对玻璃的传热能力取决于火焰的覆盖面积和火焰的厚度,在保证一定厚度的情况下,应尽量加大火焰的覆盖面积,这就要求小炉应具有足够的宽度以便安置多支油枪。

国内燃油马蹄焰窑,小炉喷火口宽度与熔化池的宽度之比一般在 50~60%^[1],而该厂 3[#]窑这个比值达到 70%,每只小炉口喷火口宽 1700mm,下面放 3 支油枪,达到增加火焰覆盖面积提高配合料(或玻璃)吸热量的目的。小炉下倾角采用 25°,使燃烧火焰紧贴玻璃液面而又不冲击玻璃液。这样,火焰对玻璃液的传热量最大,除了通过辐射方式将热量传给玻璃外,还通过强烈的对流将热量传给玻璃。小炉向池炉中心倾斜 6°,以避免火焰冲刷胸墙,使火焰的辐射热更有效地传给配合料(或玻璃)。这些都有利于提高熔化率。

三、加长预熔池并抬高接口高度

加料口预热池结构在玻璃池窑上已逐渐被广泛采用。配合料在预熔池内经加热使表层略被熔化后再推入熔化池。一方面可提高配合料在池内的熔化速度,有利于提高 k 和玻璃的熔制质量。另一方面可减少飞料,有利于改善格子体的堵塞和耐火材料的侵蚀。为了充分发挥加料口对配合料的预熔作用,预熔池必须有足够的长度。国内大多数工厂存在着怕预熔池加长后造成冻料的顾虑,在设计预熔池长度时还比较保守,一般为 1~1.5m,最长的为 2m^[2],该厂 3[#]窑设计时加长了预熔池,长度达到 2.2m。梯形预熔池的内外宽分别为 1300mm 和 1000mm。为了防止预熔池内温度过低料加不进,设计时相应抬高了预熔池与胸墙的接口高度(800mm),尽量利用火焰的辐射热量来预熔配合料。生产后预熔效果良好,未发生冻料现象。

四、增加胸墙高度

适当增加胸墙高度会有利于燃料的完全燃烧,将会有更多的热量用于加热熔化池玻璃液,而在窑体保温的情况下所造成的散热损失极小。增加胸墙高度还有利于在火焰和大碓之间形成一股循环气流来保护大碓。在火焰不发飘,散热量不增加的情况下应尽量加高胸墙,使火焰空间热负荷保持在 4.5~6.5 万 kcal/m³·h^[2]。国内燃油马蹄焰窑胸墙高度一般在 1.1~1.3 m,大多数窑火焰空间的热负荷超出了这个范围^[1],该厂 4[#]窑胸墙高度是 1.4m,3[#]窑胸墙高度是 1.6m,其火焰空间热负荷仅为 5 万 kcal/m³·h。

五、采用高而宽的窑坎结构

设置窑坎可加强玻璃液的澄清,阻挡玻璃液的回流,起到加速熔制的作用。目前窑坎虽已被各厂所接受,但使用寿命往往不能与炉龄等同,常因窑坎过早被侵蚀而影响玻璃的质量,甚至不得不停产。该厂根据以往的生产经验,这次 3[#]窑设计窑坎时用双排电熔锆刚玉砖(法国进口 AZS-41)错缝砌筑,窑坎的高度和宽度比以前均有所增加,宽 600mm,高 800mm。

六、采用起伏状的池底结构

3[#]窑整个池底采用深熔化、高窑坎、浅澄清、下沉流液洞、抬高工作池的起伏状结构,如图

1 所示。

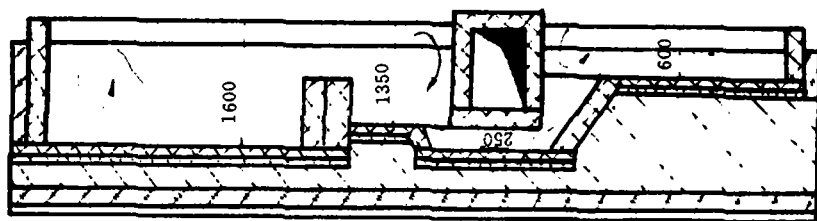


图1 3#窑起伏状池底结构示意图

根据模拟分析和4#窑这种池底结构的生产情况表明,这种池底结构有利于强化玻璃液的扩散对流,增强窑炉的均化能力,从而有利于k值的提高。

七、采用火焰空间全分隔和拉长工作池的结构

火焰空间半分隔的结构形式不可避免地会使工作池的玻璃液温度受熔化池温度波动的影响,从而影响成型温度、粘度的稳定性和均匀性,不符合高速成形机械对料滴的要求。火焰空间完全分隔的结构则能避免熔化池火焰温度波动对工作池温度的影响,提高玻璃液的稳定性和均匀性。此外,传统窑炉熔化池与工作池等宽,是一种短而宽的结构,玻璃料很快从熔化池一流液洞—工作池—料道,在池内停留时间短玻璃液不稳定,如适当拉长工作池或采用分配料道则可延长停留时间,提高玻璃液的稳定性。该厂火焰空间的分隔结构经历了用花格墙部分分隔—在隔墙上留一小孔部分分隔—完全分隔的发展过程。4#窑火焰空间是部分分隔结构,在隔墙上留有一个小孔,其工作池是较短的多边形结构,3#窑火焰空间采用完全分隔结构,其工作池为细长长方形结构(宽2000mm,长4000mm)。3#窑输液瓶瓶重的稳定性和瓶壁的均匀性明显地就比4#窑高。

八、改进蓄热室的结构

目前国内燃油马蹄焰窑空气预热温度一般在1200℃左右,该厂3#窑空气预热温度可以达到1300℃,其主要措施是:(1)采用高大型的蓄热室,格子体的高度达8m以上;(2)蓄熔比高,达到56m²/m²;(3)用导热系数和蓄热量都较大的优质镁砖代替传统的粘土质格子砖作格子体的中上层。

此外,注意配套选用优质耐火材料,加强窑体及蓄热室的保温和密封,提高窑炉的砌筑质量等也是该厂熔窑具有较高熔化率的原因。

综上所述,我们可以从这几方面来改进窑炉结构,提高玻璃的熔化率。引进池窑的熔化率普遍比国内池窑的熔化率高,其合理的窑炉结构就是一个重要因素^[3]。玻璃池窑上虽然可以采用提高熔化温度、搅拌、鼓泡、辅助电熔等措施来强化玻璃熔制提高熔化率,但是,提高熔化温度必将加剧耐火材料的侵蚀,缩短窑炉的使用寿命。鼓泡、辅助电熔等技术要求高,如果使用不当反而会降低玻璃液的质量,由于多方面的原因国内只有少数厂使用。合理地设计窑炉结构不但可以提高熔化率,而且可以延长窑龄。

参考文献

- 1 沈长治等. 玻璃池炉工艺设计与冷修. 轻工业出版社, 1989
- 2 梁得海. 玻璃池窑设计及运行实用指南. 中国轻工业出版社, 1994
- 3 潘玉昆等. 对引进玻璃池窑消化吸收综合提高的研究. 玻璃与搪瓷. 1992(4), 20