

文章编号:1674-2869(2011)09-0049-03

旋风式 HCl-C₂H₂ 混和器的内部流场分析

陈以文,杨 清

(武汉工程大学机电工程学院,湖北 武汉 430074)

摘 要:针对葛化 PVC(聚氯乙烯)生产线上的重要化工设备混合器在使用时,使氯化氢和电石气在进入反应设备前必须经过充分的混合达到 1:1.05~1:1.10 的混合比例,通用的旋风式混合器内套管上的排孔距离较难把握的问题,采用有限元分析软件对旋风式混合器作具体分析,得到了夹层内速度矢量和整体应力的分布规律,确定了最佳开孔位置,优化了旋风式混合器的内部结构.

关键词:旋风式混合器;PVC;速度矢量;CAE

中图分类号:X703 文献标识码:A doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2011.09.012

0 引 言

聚氯乙烯简称 PVC,是一种由氯乙烯在引发剂的作用下聚合而成的热塑性树脂,也是我国重要的有机合成材料之一.它广泛用于工业,建筑,日常生活,包装,公用事业,电力等领域.生产聚氯乙烯的方法主要包括悬浮聚合法,乳液聚合法,本体聚合法.采用电石法,石油法,乙烯法生产 VCM 单体.本研究主要涉及国内主流 VCM 单体的生产方法——电石法.运用电石法生产 VCM 单体时,需要将 HCl 与 C₂H₂ 混合.旋风式混合器是用于 HCl 与 C₂H₂ 混合的重要化工设备.它是后续 HCl 与 C₂H₂ 充分混合反应生成 VCM 的重要保证,此过程中需要实时的对混合器混合后的气体进行抽样检测,以确保 HCl-C₂H₂ 的混合比例控制在 1:(1.05~1.10)的范围之内.如果处理不当,轻则引起产品质量低劣,重则可能造成过氯而引起混合器的爆炸.所以对混合器的设计与优化是极其重要的.如图 1 所示为 PVC 生产线工艺流程图.

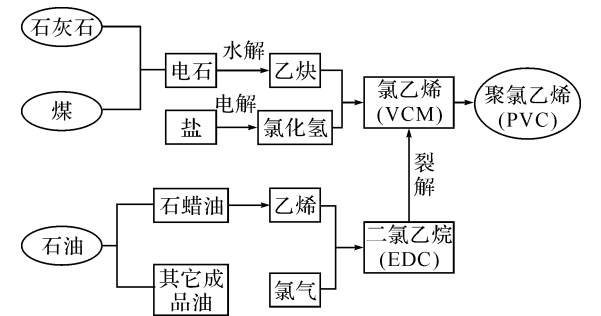


图 1 PVC 生产线工艺流程图

Fig. 1 The technological process chart of PVC production line

1 有限元模型的建立

1.1 几何模型

旋风式混合器按常温常压设计,由于考虑到在实际的工况下,氯离子对不锈钢的腐蚀性和非金属材料诸如树脂制作设备的难度.故而采用普通碳钢 Q235 作为旋风式混合器的筒体材料,混合器总长为 2 000 mm.外筒体的公称直径为 800 mm.运用 Gambit 绘制混合器的三维几何模型,导入到 CAE 软件中后,如图 2 所示:

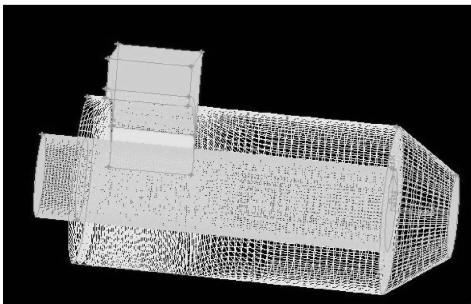


图 2 旋风式混合器几何模型

Fig. 2 The geometric model of whirlwind mixer

1.2 有限元模型的建立

依据创建的实体模型.使用 CAE 软件生成有限元模型,并且划分网格.模拟实际工况下 HCl 气体从混合器沿切线偏心进入筒体与套筒夹层内的流场情况,本有限元模型中有限元模型的确立依据常用的 CFD 技术确立.对计算结果进行定性定量分析,并同时考虑实际情况下混合器的特定的工况环境,从而得到混合器筒体合适的开孔位置和筒体内出现的应力集中部位,为优化旋风式混合器提供了理论依据.有限元模型如图 3.

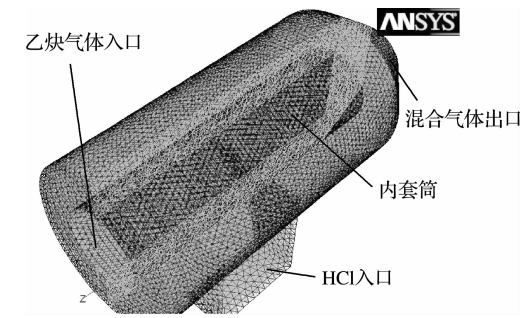


图 3 旋风式混合器有限元模型

Fig. 3 The finite element model of whirlwind mixer

2 计算结果分析

在图中建立的有限元模型建立有限元模型后,通过坐标原点作 $X=0$ 截面,沿着此截面可以更好的观察筒体与套筒间夹层的流体形态. 笔者得到计算结果中的此截面上套筒与混合器筒体之间的夹层内的流体速度矢量图,如图 4 所示.

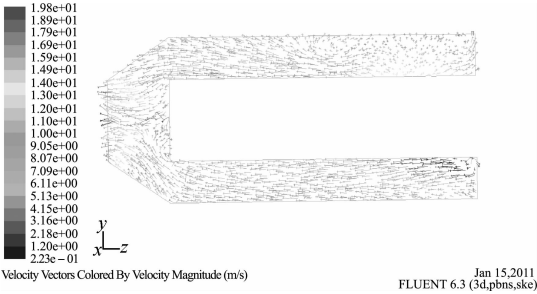


图 4 夹层 $X=0$ 截面处速度矢量图

Fig. 4 The velocity vector chart of surface of $x=0$

由图可知,在 HCl 和 C_2H_2 混合气体的出口两侧处速度矢量达到幅值 19.8 m/s,在 HCl 气体入口处气体流速则达到 14 m/s. 可见,在混合器 HCl 进口及混合器出口位置处气体的流速较大,此两处是设备可能发生泄漏的重要部位. 另外,为观察筒内的夹层的应力分布情况,对筒内流体的应力分布有一个具体的了解,笔者需要从计算结果中得到总体应力分布云图. 对设备各处的内力做一个全面的分析. 应力分布云图如下图 5.

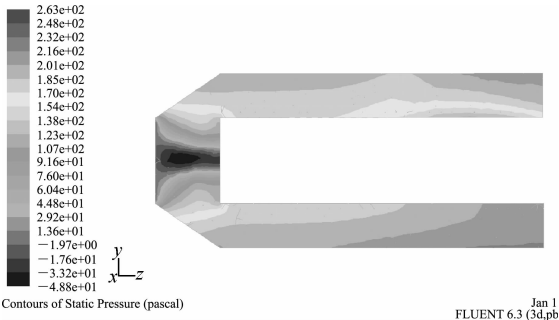


图 5 夹层 $X=0$ 截面处应力应变分布云图

Fig. 5 The chart of distribution of stress and strain of $x=0$

如图 5 所示,混合器上侧部外筒体应力达到

263 Pa. 靠 HCl 进口以下的部位筒体应力达到 200 Pa. 尽管设备的总体应力较小. 在设备的制造过程中仍需做好防酸处理,以防止设备在后续使用中出现的化学腐蚀和应力腐蚀.

在分析速度矢量时,注意到速度矢量的大小和梯度的同时,还需要关注周边漩涡的形成概况,要准确的模拟现实工况下漩涡的位置与强度,需要得到速度等值线图,速度等值线图如图 6.

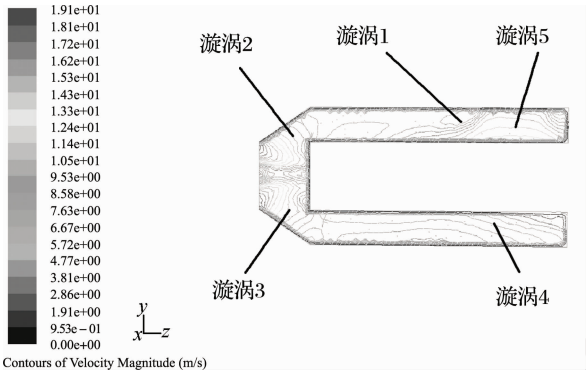


图 6 夹层 $X=0$ 截面处速度等值线图

Fig. 6 The chart of equivalent velocity of $x=0$

如图 6 所示,夹层内出现了 5 个漩涡. 其中在混合气体的出口处最为激烈. 出现了紧缩现象. 从微观上讲,这些都是气体分子之间发生激烈碰撞,交换的位置.

3 结 语

a. 在筒体的入口处,HCl 气体冲击筒体,在此处的速度矢量梯度是最大的,在此,速度加快加大,且是上半筒体的最大速度的出现位置,在此开孔的话,也可以认为是较佳的位置. 两种流体横向对流. 即可达到最大的程度上的接触.

b. 选择在 1,4 漩涡处开第二排孔,是因为此两处的流体流线较复杂. 在空间的各个平面皆有走向,是紊流产生的中心区域. 此处横纵向皆可产生对流. 是较佳的开孔位置.

c. 应力较大的分布位置在进口靠外筒的上半部和靠外筒的漩涡下部直到锥壳附近. 漩涡处与套筒接触部分应力也较大.

d. 混合气体的出口管口处,出现了紧缩现象,此处的速度矢量较大,梯度变化明显.

参考文献:

[1] 王淑媛. 氯化氢-乙炔混合器的改进[J]. 科学情报开发与经济,2004(6):291-292.
[2] 赵玉潮,应盈,陈光文,等. T 型微混合器内的混合特性[J]. 化工学报,2006(8):1884-1890.

[3] 陈翼,张林进,叶旭初. 射流混合器内气体湍流扩散过程的 CFD 数值模拟与实验研究[J]. 过程工程学报,2007(10):866-870.

[4] 阳洁. 静态混合器的选择及设计应用[J]. 化工装备技术,1999(2):24-27.

[5] 张春梅,吴建华. SK 型静态混合器出口速度特性研究[J]. 化工机械,2008(5):263-266.

[6] 陈镇,赵彦光,陆国栋,等. 柴油机尿素 SCR 混合器的设计与数值模拟研究[J]. 小型内燃机与摩托车,2011(2):58-60.

[7] 陈美多,赵强. 混合器优化设计建模[J]. 科技向导,2011(2):72-73.

[8] 吴玉雷,陈光辉,王伟文,等. 管式液固静态混合器内流场的数值模拟[J]. 青岛科技大学学报,2010(8):385-387.

[9] 偶国富,郑智剑,章利特. 加氢空冷器入口静态混合器混合效果数据模拟[J]. 炼油技术与工程,2010(5):35-38.

[10] 戴明辉. 静态混合器在聚乙烯醇生产中的应用[J]. 维纶通讯,2007(6):32-33.

Numerical analysis on flowfields and restructuring of
HCl-C₂H₂ whirling mixer

CHEN Yi - wen¹, YANG Qing²

(Wuhan Institute of Technology, School of Mechanical and Electrical Engineering, Wuhan 430074, China)

Abstract: The mixer was the significant chemical equipment in the production line of PVC of Wuhan Gehua Group Co. Hydrogen chloride and ethyne should be completely mixed to the ratio of 1 to 1.05—1.10. But it was difficult to hold the distance between pitches of holes in pattern the casing of common Whirlwind mixer. The CAE software was used to analyze the Whirlwind mixer specifically. The regularities of distribution of velocity vector and the overall stress were obtained. Therefore, the optimal place of the holes was confirmed and the interior structure was optimized.

Key words: the whirlwind mixer; PVC; velocity vector; CAE 本文编辑:张瑞



(上接第 48 页)

[6] Zohir A E, Habib M A, Attya A M. An experimental investigation of heat transfer to pulsating pipe air flow with different amplitudes[J]. Heat and Mass Transfer,2006,42:625-635.

[7] 汪威,喻九阳,杨侠. 波节管脉冲流强化对流换热数值分析[J]. 武汉工程大学学报,2010,32(3):89-91.

[8] 刘玉华,喻九阳,郑小涛. 气-气混合器的三维流场数值分析 [J]. 武汉工程大学学报,2008,30(2):108-110.

Numerical analysis on convection heat transfer in
spirally fluted and field synergy analysis

YANG Wen - hao , YU Jiu - yang , WU Yan - yang , GAO Jiu - yang , LIU Li - jun , LIU Qian , LIN Wei

(Wuhan Institute of Technology, School of Mechanical and Electrical Engineering, Wuhan 430074, China)

Abstract: By numerical simulation computation, enhanced heat transfer mechanism in spirally fluted tubes was researched under passing pulsating flow condition. Numerical result shows that pulsating flow can cause the outlet pressure to fluctuate cyclical and the extent of fluctuation increases with the pulsating flow frequency. The pulse flowing can make the fluid generate the whirlpool nearby the spirally fluted tubes and the phenomenon of periodic production, drift, and fall-off appears. Because of the vortex, the fluid motion and relative motion are enhanced. The pulse flowing can improve the coordination level between velocity and temperature, which, therefore, had strengthened the heat transfer effect.

Key words: spirally fluted tubes; pulsating flow; field synergy; enhanced heat transfer 本文编辑:张瑞