

干法普钙生产系统的分析

杨波涛, 戚冬红, 郑江宁

(昆明理工大学 生物与化学工程学院, 云南 昆明 650224)

摘要: 对普通磷酸钙生产系统进行了分析研究. 结果表明: 分析兼顾了能量的品质和数量, 克服了能量分析只考虑能量数量和无法指出过程方向的缺陷; 分析了各种不可逆因素对损的影响, 指出了降低损的技术措施, 为节能降耗指明了技术路径.

关键词: 过磷酸钙; ; 分析

中图分类号: TQ015; TK12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2006)04-0090-03

Exergy Analysis of the Single Superphosphate Process System

YANG Bo-tao, QI Dong-hong, ZHENG Jiang-ning

(Faculty of Biological and Chemical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, China)

Abstract: An analytical study is made on the single superphosphate process system. The results show that exergy analysis takes into account both of the quality and amount, which is different from the former exergy analysis that only deals with the amount of exergy and can not point out the direction of process. Some irreversible factors for exergy loss are analyzed, and the approaches to reducing exergy loss are presented.

Key words: superphosphate; exergy; exergy analysis

0 引言

干法(稀酸矿粉法)是普钙生产广泛采用的方法,也称传统法.它是用浓度为60%~78%的稀硫酸与符合要求的磷矿粉混合,经过化成及熟化工序制成粉状过磷酸钙产品^[1,2].作为一个高能耗、高污染的生产系统,如何降低能耗、减少对环境的影响始终是过磷酸钙生产中亟待解决的问题.本文从的角度对系统的用能行为进行了分析,旨在为普钙生产系统的节能降耗提供技术依据.

是过程进行的推动力,它表示了物质或过程偏离环境平衡态的程度.与能量分析不同的是,分析不仅全面考虑了能量的数量和质量,同时突破了传统意义上的能源概念,包容了所有相对于环境具有自由能的物质,从而使能源和资源的合理利用真正成为可能.分析目前主要应用于能量系统,在化工生产系统中的实际应用很少,通过检索,未见到分析在磷化工工业中应用的报道.因此,开展普钙生产系统的分析研究,从根本上解决该生产系统的节能降耗问题具有现实的意义.

1 系统划分

干法普钙生产系统包括了原料准备、混合化成、熟化中和、含氟气体吸收等工序,包含许多的设备,是一个相对较大的系统.本研究从功能的角度把系统划分为5个子系统进行研究,分别为热风

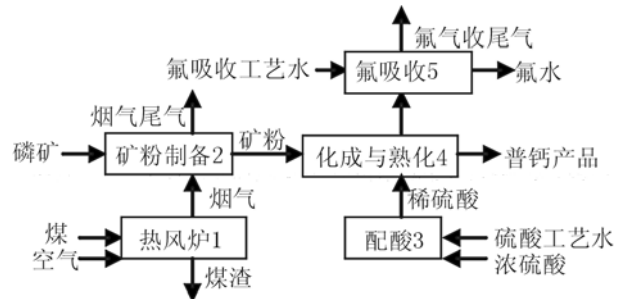


图1 普钙生产系统及其子系统
Fig.1 Single superphosphate process system and its subsystems

收稿日期:2005-11-10. 基金项目:云南省教育厅基金资助项目(项目编号:200142039).

第一作者简介:杨波涛(1964-),男,硕士,副教授.主要研究方向:化工系统工程. E-mail: yangbotao64@163.com

炉、矿粉制备、配酸、化成与熟化及氟吸收子系统,具体系统划分见图1.

2 普钙生产系统的 平衡计算

物质的 包括物理 、化学反应 和扩散 三部分,它们只与环境 和物质的状态有关. 在环境确定的情况下,可以分别计算这三个部分的 值,然后加和可得到物质的 . 普钙生产系统中物质的 值按文献[3-5]中相关公式进行计算.

在对普钙生产系统中各个子系统进行质量平衡、能量平衡和 平衡计算的基础上,得到了总系统的质量平衡、能量平衡以及 平衡计算结果(见图2).

平衡:

$$\Delta Ex = (Ex_1 + Ex_2 + Ex_3) - (Ex_4 + Ex_5 + Ex_6 + Ex_7 + Ex_8 + Ex_9 + Ex_{10} + Ex_{11} + Ex_{12}) \tag{1}$$

目的 拥效率: $\eta_{Ex} = \frac{Ex_5 + Ex_6}{Ex_1 + Ex_2 + Ex_3} \times 100\%$ (2)

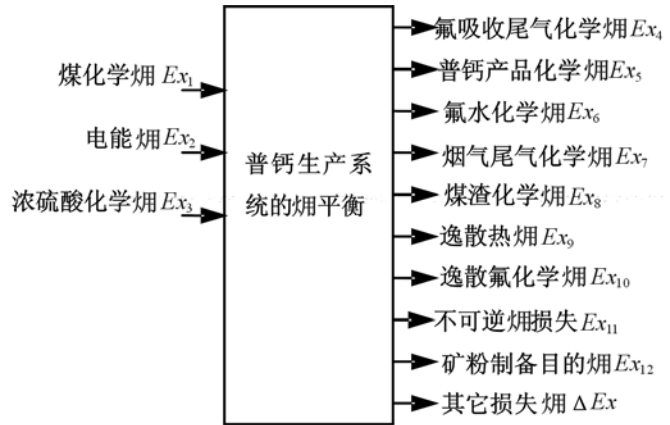


图2 普钙生产系统焓平衡

Fig.2 Exergy balance of the single superphosphate process system

3 算例结果分析

在上述工作的基础上,编制了基于 VB 6.0 的程序,该程序包括了质量、能量、 、 经济学以及 生态学方面的比较完备的信息,既有整个系统的信息,也有各子系统的信息,为系统优化、系统集成以及系统评价奠定了重要的基础.

以云南省某年产 20 万 t 普钙企业 2001 年 1 月的统计数据为依据,进行了 分析计算,结果见表 1. 全年的能效率和 效率见图 3.

表 1 普钙生产系统的 分析

Tab.1 Exergy analysis of the single superphosphate process system

子系统	损/%	能效率/%	效率/%
热风炉	45.92	58.34	21.11
矿粉制备	53.57	82.21	30.56
配酸	23.70	46.73	75.04
化成与熟化	26.60	44.84	44.92
氟吸收	39.21	24.46	39.21
总系统	54.16	24.45	26.06

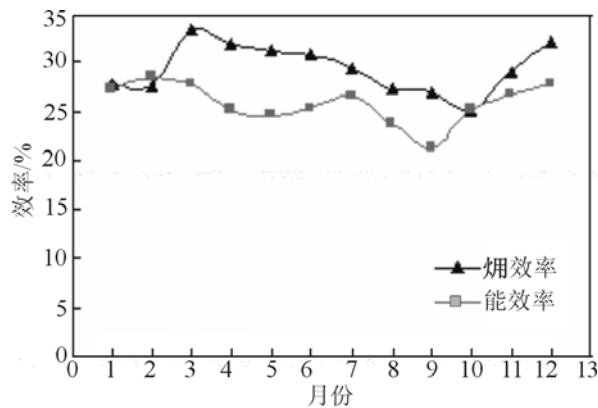


图3 普钙生产系统的能效率和焓效率

Fig.3 Energy efficiency and exergy efficiency of the single superphosphate process system

通过对表 1 和图 3 的分析,可以看出:

1) 系统的总能量效率为 24.25% ,

效率为 26.06% ,两者基本相同. 出现这样的结果,是因为计算能量效率的时候,作为分子和分母的能量都是化学能,化学能是高品质能量,能质系数大约为 0.98,因而出现了能效率与 效率基本相同的结果,但两者所表达的热力学意义存在本质的差别. 从能效率角度看,散热损失为主要因素;从 效率角度看,不可逆损失占主要方面.

2) 热风炉子系统的能量效率为 58.34% , 效率为 21.11% ,两者差别很大. 出现这样的结果,原因在于热量是一种低品位能量,在 703 K 时能质系数仅有 0.576. 从能量分析的结果看,最大的损失环节是煤渣

化学能和散热损失,降低损失的重点在提高煤的燃烧效果、做好保温工作.从 分析的结果看,最大的损失环节是煤燃烧过程的不可逆损失.提高效率的重点在于减小过程的不可逆程度,提高煤的燃烧效果.

3) 矿粉制备子系统的能量效率为 82.21% (输入能量中未计入化学能项),主要损失为散热损失;效率为 30.56%,主要损失为过程的不可逆 损,是由温差传热和磨矿过程中电能 蜕化为热量造成的,散热损失 很小.理论上的改进措施主要是降低传热温差,这与热风炉子系统降耗的措施矛盾.最根本的措施是取消热风炉,采用不可逆程度低的方式干燥矿粉,如太阳能干燥等方式.

4) 配酸子系统的能量效率为 46.73%,能量损失为散热损失达 53.27%,效率为 75.04%,主要的损失仍然是过程的不可逆效应造成的.能量分析与 分析的结果差异很大,根本原因是两种分析方法的差异.从能量分析的角度看,浓硫酸的稀释过程只有散热损失,而从 分析的角度看,稀释过程是浓硫酸扩散 转化为 的过程.如果要把稀硫酸转变为浓硫酸,即使在最理想的情况下,仅靠稀释热是根本不可能的.如果采用蒸发的方式,则蒸发相应的水分所需要的能量为 $6168.1 \times 2442 = 15062256$ (kJ),远大于稀释热 5573436.89 (kJ).由此可以看出, 分析优于能量分析.降低 损耗的措施是取消配酸子系统,直接使用约 68% 浓度的硫酸,硫酸生产企业可以生产 68% 浓度的硫酸供普钙企业.

5) 化成与熟化子系统的能量效率为 44.84%,散热损失占 26.59%,效率为 44.92%.两个效率基本相等,原因仍然是计算能量效率的时候,作为分子和分母的能量都是化学能.该子系统主要的不可逆效应是化学反应.结合工艺特点,降耗的主要措施是在保证产品质量的前提下,尽可能减少硫酸的消耗,避免出现硫酸消耗大、产品游离酸又需要中和的情况.具体措施如硫酸欠量,提高第一阶段的化学反应速度,尽量使矿粉中的倍半氧化物不与硫酸反应.

6) 氟吸收子系统的能量效率为 24.46% (以氟水的化学 作为收益能量),散热损失很大.效率为 39.21%,不可逆损失 仍占主要因素.从工艺目的和 生态影响的角度考虑,降耗的主要措施是提高该子系统机泵的运行效率,如降低流程的流动阻力、选用高效率的机泵、避免出现大马拉小车的情况等.

7) 图3反映了生产系统一年内的能效率和 效率的波动情况,给企业对系统运行情况的分析提供了依据.其中,最高和最低 效率分别为 33.17% 和 25.23%.若以最高 效率为基准,则最低 效率比最高效率低了 23.94%.

4 结论

1) 分析比能量分析更科学、更合理.分析兼顾了能量的品质和数量,克服了能量分析只考虑能量数量和无法指出过程方向的缺陷,不仅能对过程的热力学完善度进行描述与评价,而且为节能降耗指明了技术路径.

2) 从能量分析的角度,散热损失远大于其它损失,是节能降耗的重点.从 分析的角度看,过程的不可逆损失远大于其它损失,是节能降耗的重点.

3) 系统的视在节能潜力为 73.94%,计 2.589×10^7 (kJ/h),其中由不可逆效应造成的损失 占 54.16%.普钙生产过程中,主要的不可逆效应有化学反应(包括煤燃烧过程和混合化成过程)、温差传热(矿粉干燥过程)、 蜕化(磨矿过程中电能 蜕化为热量),主要的 排放有煤渣、逸散热.降低过程的不可逆损失和排放 可以提高系统的热力学完善度,可以减小对环境的影响.

参考文献:

- [1] 江善襄,方天翰,戴元法,等.磷酸、磷肥和复混肥料[M].北京:化学工业出版社,1999:614-690.
- [2] 南京化学工业公司设计院.普通过磷酸钙工艺设计手册[M].北京:化学工业出版社,1983:234-363.
- [3] B·M·布罗章斯基.方法及其应用[M].北京:中国电力出版社,1996:17-127.
- [4] 朱明善.能量系统的 分析[M].北京:清华大学出版社,1988:115-122.
- [5] 中国科学院工程热物理研究所等.GB/T 14909—1994 能量利用中的 分析方法技术导则[S].北京:中国标准出版社,1994.