

技術紹介

高速流化プロセスによる前処理吸着器の小型化

Downsizing of Pre-Purification System Using High Flow Rate Process

飛弾野龍也* 入澤 真**
 HIDANO Tatsuya IRISAWA Makoto

1. はじめに

空気に含まれる水蒸気(H₂O)や二酸化炭素(CO₂)を除去するための前処理吸着器は、深冷式空気分離装置にとって必要不可欠である。近年の深冷式空気分離装置の大型化に伴い、設置面積で全体の約10%を占める前処理吸着器の小型化の要求が高まってきている。

吸着器の設置面積を縮小する方法の一つとして、原料空気の流速を速くする方法がある。しかし、現行のアップフローで吸着工程を行う方式では、吸着剤流動化の問題から設計可能な流速には制限があり、吸着塔径を細くすることができない。

そこで今回、新たに高速流化プロセスおよびプロセス成立に必要な専用吸着剤を開発し、前処理吸着器の設置面積縮小を達成したので、プロセスの概要とその適用効果について紹介する。

2. プロセス概要

高速流化プロセスを成立させるに当たり、二つの課題が存在する。一つは必要吸着剤量の増大、一つは吸着剤の流動化である。本章では、それらの課題を解決するための方策について示し、高速流化プロセスの概略について説明する。また、従来の吸着操作との違いを示すため、図1に吸着工程終了時における吸着塔内のCO₂濃度分布(物質移動帯)模式図を示す。ここで、横軸は吸着剤層高を、縦軸はCO₂濃度(塔入口濃度で規格化)を示し、原料空気は図の左側から導入されるものとする。

2.1 高速流化プロセス

2.1.1 切替時間の短縮

従来の吸着塔径および吸着操作(図1a)を基本としたまま単純に流速を2倍にすると、空気量が2倍になるだけでなく、物質移動帯も流速に応じて長くなるこ

* 開発・エンジニアリング本部山梨研究所吸着技術研究室
 ** オンサイト・プラント事業本部プラント事業部プラントエンジニアリングセンター

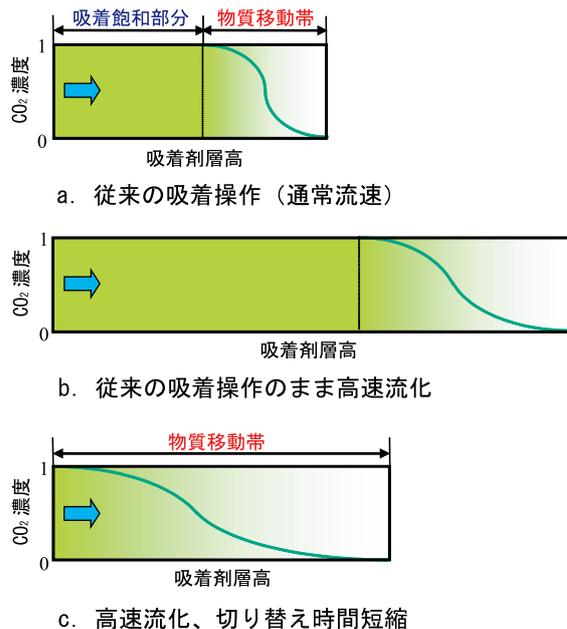


図1 CO₂濃度分布(物質移動帯)模式図

とから、必要吸着剤量(層高)は増大する(図1b)。

そこで、切替時間を短縮することで、1サイクル当たりに処理する空気量を減少させ、必要吸着剤量の増大を抑制した(図1c)。

2.1.2 全層高を物質移動帯とする方法の適用

従来の吸着器設計における吸着剤の使用方法は、「吸着飽和部分+物質移動帯」という考え方で設計され、いかに物質移動帯の領域を短くして吸着剤の有効利用率(CO₂吸着率)を高めるかに主眼が置かれてきた(図1a)。それに対し、高速流化すると前述したように物質移動帯は長くなる方向に進む。そこで、今回ゼオライト充填層高全てを物質移動帯とする新たな設計手法¹⁾を考案した(図1c)。

2.2 高速流化プロセス専用吸着剤の開発

2.2.1 吸着剤の大粒子径化

従来の吸着剤の粒子径で高速流化すると、剤の流動化が起こる。そこで、目標とする流速においても剤の流動化が発生しないような粒子径を、固定層の流動圧力損失について表したErgunの式より算出し、その

数値を指標に剤の開発を行った。

2.2.2 吸着特性の改良

吸着剤の動的性能は粒子径と反比例の関係にあることから、吸着剤の大粒子径化は物質移動帯の伸長をもたらす。また、2.1.1項で示したように、高速流化によっても物質移動帯は伸びることから、層高をより低く保つためにはCO₂吸着速度を改善する必要がある。

また、2.1.2項で示したように、層高全体を物質移動帯としたことでCO₂に対する吸着剤の有効利用率が減少することから、吸着剤量を減少させるためには剤当たりのCO₂吸着量を増加させる必要がある。

そこで、これまで述べてきた「高速流化、短時間切替、全層高物質移動帯および大粒子径化」を適用したプロセスについて、その成立に必要な吸着剤特性（平衡吸着量、物質移動速度）を、線形推進力近似を基にした吸着推算モデルにより数値化し、それを目標に吸着剤の改良を実施した。一般的に使用されている既存吸着剤と、今回開発した高速流化プロセス専用吸着剤の写真を図2に示す。



従来剤

高速流化剤

図2 高速流化プロセス専用吸着剤

3. 高速流化プロセスの実装置への適用

空気量 25,600 m³/h (normal) の深冷式空気分離装置に高速流化プロセスを適用した前処理吸着器を採用し、所定の性能を満足することを確認した。

前処理吸着器の仕様を表1に、外観を図3に示す。

切替時間は従来の半分の2時間とし、吸着剤の充填量と流体の圧力損失の増大を抑えている。通常、切替時間を短くすると必要な再生エネルギーは増加するが、小型化による容器重量の軽減等によって従来と同等となっている。

容器の塔径は、従来型の7割（断面積は従来型の半分）となり、塔高さは従来と同じに抑えている。切替弁、配管を含めた設置面積は従来の6～7割に削減され、前処理吸着器のみのコストは従来の75%となった。

また、前処理吸着器のサイズが陸上輸送制限を超える場合は、工場組立よりも高コストな現地組立工事が必要となるが、高速流化によって輸送制限以内のサイズで対応できる空気量が従来の2倍に拡大するので、その範囲では工事費用の削減効果も期待できる。

表1 高速流化前処理吸着器の仕様

空気量	25,600 m ³ /h (normal)
切替時間	2h
再生ガス量	5,500 m ³ /h (normal)
塔径×高さ	φ 2.2m × h3.6m (従来型 φ 3.1 × h3.6m)
設置面積	6.3 × 5.8m (従来型 8.1 × 6.7m)
コスト ^{*1}	75 (従来型を100とした場合)

※1 切替弁、配管等を除いた前処理吸着器のみのコスト



図3 実装置へ適用した高速流化前処理吸着器の外観

4. まとめ

従来比2倍の流速で運転可能な前処理吸着器を開発し、設置面積縮小とコスト削減を達成した。

参考文献

- 1) Nakamura, A.; Nakamura, M. "Analysis of mass transfer zone in transient state and estimation method of adsorption kinetics" Abstract of the 8th International Conference on Separation Science and Technology, Nagano, Japan, 2008-10-2/4, 2008, p.165.