

《解説》

神鋼式高純度N₂-PSA装置の性能

(株)神戸製鋼所・化学技術センター 船田 一郎
 エンジ(事)空分部 三田 敏雄

はじめに

近年、金属加工業における熱処理炉や焼純炉などの雰囲気調整用ガスとして使用されている液体窒素に代替可能な低コストの窒素ガスを製造する装置の開発が望まれていた。当社が開発した PSA 式高純度窒素製造装置は、本方式としては世界で初めて 99.99% 以上の高純度窒素の製造に成功した。弊社の線材熱処理工程に適用した結果、焼純炉用雰囲気調整ガスとして液体窒素の代替ができ、コストも大幅に低下することが確認された。

熱処理炉に必要な窒素純度と窒素ガス製造量との関係を Fig. 1 に示す。これまで窒素ガス消費量が 500 Nm³/h までの小中容量で純度 99.9% 以上の高純度窒素ガスの需給先には、タンクローリや高压容器により液体窒素が供給されている。300 Nm³/h 以上 1500 Nm³/h 位までの場合には、小形空気深冷分離装置によるオンサイトプラント方式で対応していた。これに対し、本 PSA 式高純度窒素製造装置の開発によって今後は窒素ガス量 500 Nm³/h 以上の容量

にも適用されるだろう。

以下、今回開発した PSA 式高純度窒素製造装置の概要を紹介する。

1. 装置の概要

神鋼式高純度 N₂-PSA 装置は吸着材としてその目的のため特別に研究した合成ゼオライトを用い、弊社によって開発された PSA 式高純度窒素製造装置である。プロセス・フローを Fig. 2 に示す。

空気中の不純物である水分や炭酸ガスをあらかじめ除去する前処理系とこれらの不純物が除去された空気から窒素を吸着分離する分離系とから構成されている。前者は従来型の 2 塔式 PSA プロセスであり、後者は吸着材である合成ゼオライトに精製空気中の大量成分である窒素成分を積極的に吸着させる吸着分離法を適用して実用化したものである。これは従来の考えと異なる新しい概念であって本プロセスの特徴とするところである。

製品窒素ガス製造量 17 Nm³/h の神鋼式高純度

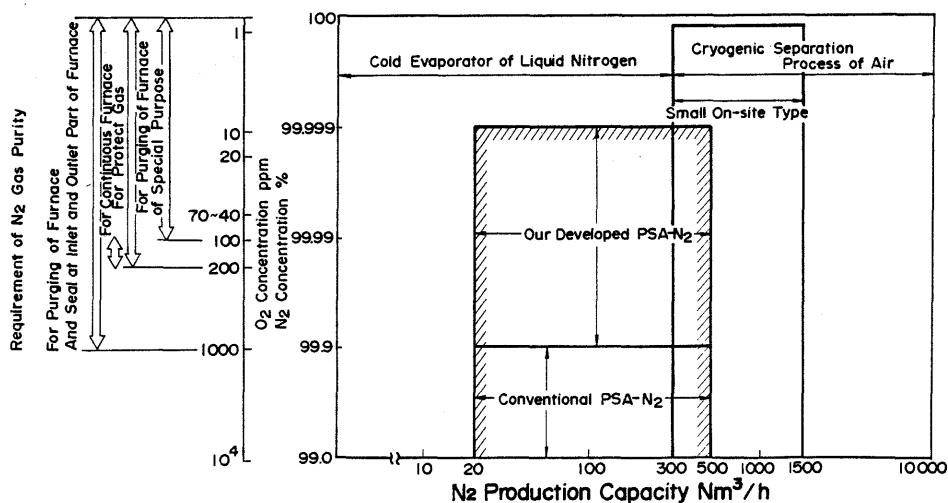


Fig. 1 Nitrogen gas purity versus nitrogen gas capacity for heat treatment furnaces

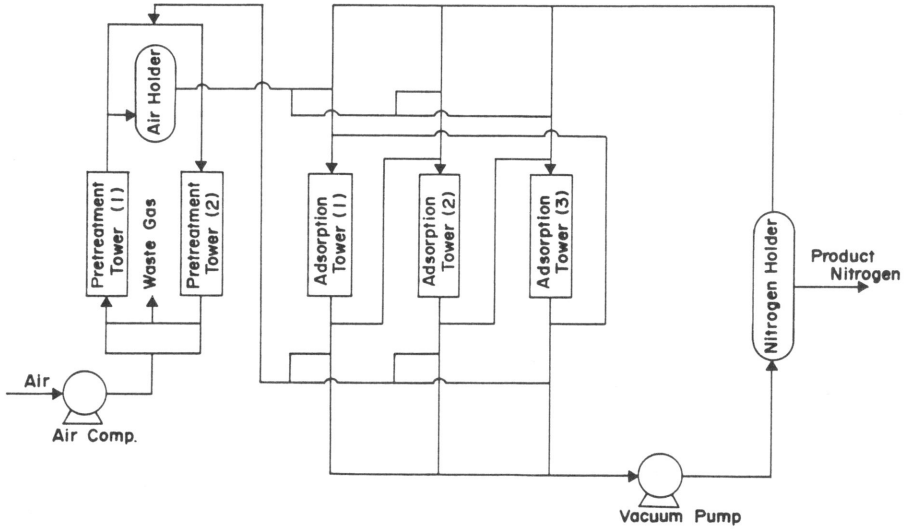


Fig. 2 Schematic flow diagram of high purity nitrogen apparatus by our PSA process

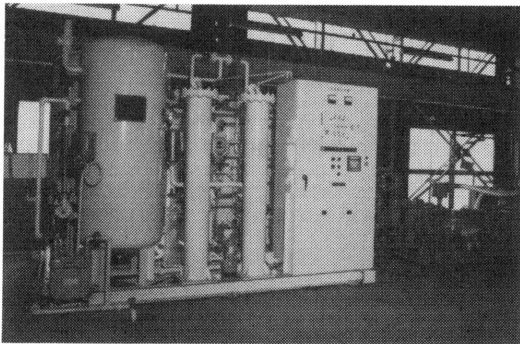


Photo. 1 Whole view of high purity nitrogen apparatus by our PSA process (17 Nm³/hN₂)

N₂-PSA装置の全景をPhoto 1に示す。Photo 1の右前面に空気圧縮機、その左側に制御盤、2塔式前処理塔、空気ホルダ、製品窒素流量計があり、後面には、左より製品窒素ホルダ(空気ホルダ後面)、3塔式吸着分離塔、真空ポンプがある。

2. 性能および特徴

1) 液体窒素と同等の窒素純度 99.99% 以上の高純度窒素が製造できる。

従来のモレキュラー・シーブ・カーボンや天然ゼオライトを使用した PSA 式窒素製造装置の性能と神鋼式高純度 N₂-PSA 装置との特性比較の一例を Fig.3に示す。

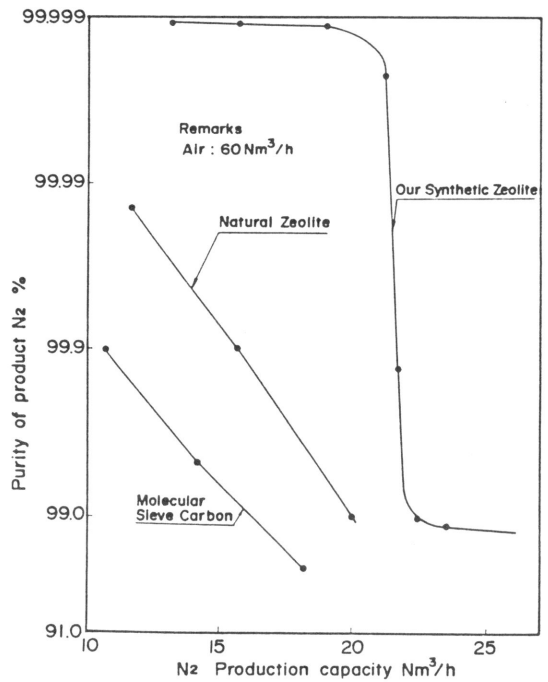


Fig. 3 Performance curve of high purity nitrogen apparatus by our PSA process (17 Nm³/h N₂)

神鋼式高純度 N₂-PSA 装置の特性曲線は横軸の窒素製造量を定格値 17 Nm³/h から 20% 増加させても、高純度を維持し、限界をすぎると急激に純度が低下する。一方、吸着材として天然ゼオライトや

カーボン・モレキュラー・シーブを用いた従来の PSA 法窒素製造装置では、高純度に到らないし、高純度になっても範囲が狭いという欠点がある。

2号機として自社工場用に装置容量 50 Nm³/h の装置を設置したところ、製品窒素純度 99.999%以上を達成した。

2) 窒素の製造コストは液体窒素に比較して 1/2 ~ 1/3 に低減できる。

Fig. 3 に示した窒素製造量 17 Nm³/h の装置性能

Table 1 Performance result of our PSA-N₂ plant

Dimension	Unit	Target	Result
Product N ₂ capacity	Nm ³ /h	17	19.0
Purity of product N ₂	N ₂ %	99.99	99.998
Air capacity	Nm ³ /h	68	58
Air / N ₂	—	4.0	3.01
Recovery of N ₂	%	31	42
Consumed electric power	kWh/Nm ³	0.65	0.62
Max. pressure	kgf/cm ² G	4	4
Product N ₂ pressure	kgf/cm ² G	0.1	0.2

を Table 1 に示す。当初目標値を Target の項で示した。電力原単位は 0.62 kW/Nm³ であり、液体窒素製造時の電力原単位は 0.70 kW/Nm³ と比較して、安価な高純度窒素を製造することができる。

むすび

鉄鋼 2 次、3 次加工における熱処理工程での焼純炉雰囲気調整ガスとしての液体窒素代替を目標として開発に着手した。その結果、弊社で研究した合成ゼオライトを吸着材とした新しい PSA-N₂ プロセスを確立することによって、当初目標通り液体窒素代替が可能な低コスト神鋼式高純度 N₂-PSA 装置を開発した。

特に、中小容量規模の装置において深冷精留分離法よりも製造コストの安価な PSA 法により、世界で初めて純度 99.999% 以上を達成したことは、これまで、PSA 法では高純度化が困難であると評価されていた技術的問題点を解決することができたことを意味している。この結果、本 PSA 技術によって、PSA 法による新しい時代を築く一歩が進められたと考えている。