

酸素利用による高温熱設備の経済計算 No. 98027

キーワード：熱設備、省エネルギー、PSA、酸素燃焼、炭酸ガス、エネルギーコスト

概要

我が国の金属、ガラス・窯業等の業界においては鍛造炉、焼成炉、溶解炉等の高温の熱設備で多量のエネルギーが消費されています。

一方、我が国で発生する廃棄物量は年間5億トンにも達しており、これらの減量化処理はもとより、無害化、安定化処理の一つとして高温熔融処理技術が有力な手段として注目されています。

しかし、これらの高温熱設備は排ガス熱損失が大きく、熱効率の悪い状態で操業されているのが現状です。このような産業界に対する省エネルギーの推進は、経費の節減のみならず、今日的課題である炭酸ガス排出削減にも大きく寄与します。

近年、PSA (Pressure Swing Adsorption) 式酸素発生装置の普及により、酸素がオンサイトで安価に手軽に得られるようになってきました。そこで、都市ガス使用の熱設備において酸素を使用した場合の、省エネルギー性および経済性についての試算結果を紹介します。

【酸素富化による試算条件】

熱設備は簡単のため図1のように想定しました。

また、都市ガス組成は、メタン90%、プロパン10%の混合ガスとして、次の仮定のもとに燃焼計算を行いました。

- ①熱設備における放熱損失を5%とします。
- ②ガスは完全燃焼し排ガス中には、CO₂、H₂O、N₂、O₂以外は含まないとします。
- ③乾き排ガス中の酸素濃度は3%とします。

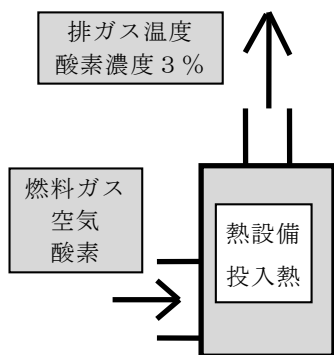


図1 熱設備の概要

- ④高温燃焼であるが、排ガス温度は1700℃以下で計算するので、燃焼途上の熱解離等は考慮しないこととします。

【酸素富化による各種ガス量の変化】

図2は、燃料ガス1m³Nの燃焼において、燃焼用空気の酸素を富化することによって、燃焼用空気酸素濃度を通常空気の20.9%から100%まで変化させた場合の必要空気量、必要酸素量、および燃焼排ガス量を示したものです。この図から明らかなように、酸素富化量を増加することにより、空気量および排ガス量は大幅に減少しています。これは、通常の空気中には燃焼に関与しない窒素が約80%含まれていることに起因するためです。

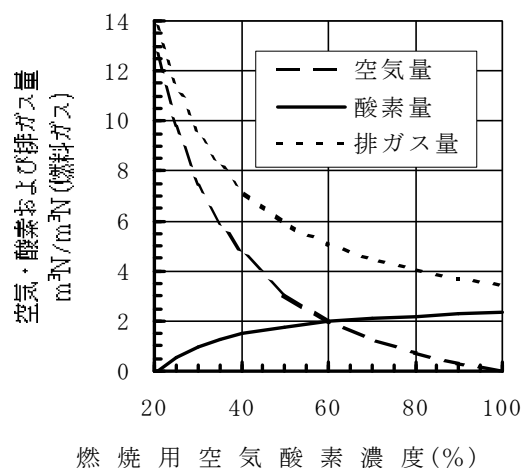


図2 酸素濃度と各種ガス量

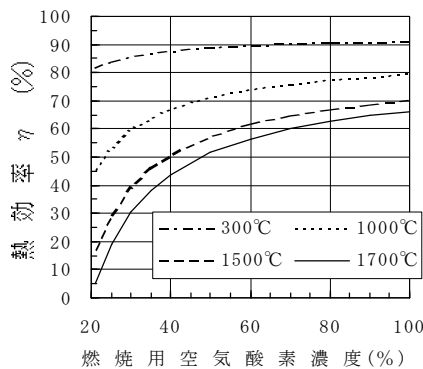
【酸素富化による熱効率の向上】

熱設備の有効熱量は、投入熱量から放熱および排ガス損失熱量を差し引いたもので、熱効率 η は有効熱量を投入熱量で除した値になります。

図3に各排ガス温度における燃焼用空気酸素濃度を变化させた場合の熱効率を示します。この図から、排ガス温度が低いほど、酸素濃度が高いほど熱効率が高くなります。

特に、排ガス温度が高い場合には酸素濃度を高くするに従い顕著な熱効率の向上がはかれます。

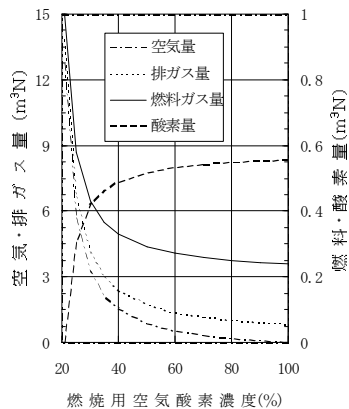
図3 酸素濃度の変化による熱効率



【酸素富化による省エネルギー効果】

熱設備において酸素を富化することにより熱効率の向上がはかれ、空気のみでの熱効率 η_0 における燃料消費量を $1\text{m}^3\text{N}$ とした場合、酸素を富化した熱効率 η の場合で同じ有効熱量を得るための燃料消費量 $Q\text{m}^3\text{N}$ は $Q = \eta_0 / \eta$ (m^3N) となり、しかも、燃料ガス量の減少に伴い、空気および排ガス量もさらに減少します。図4は排ガス温度1500°Cにおいて、酸素濃度を増加させることにより、燃料ガス、空気、および排ガス量が大きく減少していることを示しています。

図4 排ガス温度1500°Cにおける各種ガス量
この図から燃焼用空気酸素濃度 $\text{O}_2=20.9\%$ (通常空気) における燃料ガス量 $Q=1\text{m}^3\text{N}$



酸素富化燃焼することにより排ガス量も17%、および6%と大幅に減少します。

【酸素富化による経済試算のまとめ】

以上の結果をもとに、酸素富化燃焼による経済的効果について検討を行います。設備規模、操業形態等により、燃料ガスおよび酸素単価は大きく変動します。ここでは、

$$\text{燃料ガス単価} / \text{酸素単価} = 2.5$$

と仮定した場合のコスト試算を行い、図5に通常空気での燃焼を行った時のコストを1として、各排ガス温度における、酸素濃度を増加させた場合のコスト比率を示します。

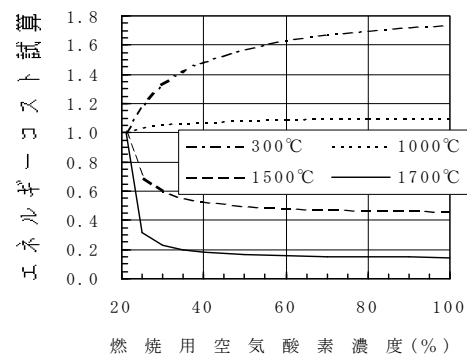


図5 酸素濃度とエネルギーコスト試算

この図から、酸素富化燃焼のメリット、デメリットは以下のようにまとめられます。

- ① ボイラ等の低温排ガスが出る熱設備では、コストアップ要因になります。
- ② 焼成炉、溶融・溶解炉等の1500°C以上の高温排ガスが出る熱設備では50%以上の大幅なコスト削減効果が期待できます。
- ③ ②の場合には、排ガス設備も約10分の1程度に小型化が可能となります。

以上のことから、高温排ガスが出る熱設備においては酸素富化燃焼はコスト削減効果が非常に大きく、ある一定の規模になれば経済性を発揮し、P S A、酸素バーナの設備償却を考慮してもエネルギー経費のコストダウンは十分はかれるものと思われます。

に対して燃焼用空気酸素濃度 $\text{O}_2=40\%$ および 100% の場合、 $Q=0.33\text{m}^3\text{N}$ および $0.24\text{m}^3\text{N}$ と大幅な燃料削減効果がみられ、この時の酸素量はそれぞれ、 $0.49\text{m}^3\text{N}$ 、 $0.56\text{m}^3\text{N}$ で、燃料削減量より小さな量となります。しかも、

本件のお問い合わせがありましたら、化学環境部環境・エネルギー・バイオ系
井本泰造 (Phone:0725-51-2629)、岩崎和弥 (Phone:0725-51-2630)

(作成者 宮内修平/1998年10月30日発行)