

酸素富化燃焼制御システムによる既存燃焼炉の省エネルギー

キーワード：省エネルギー、高温燃焼炉、シャトル炉、酸素富化燃焼、制御システム

概要

高温燃焼炉、例えば最高温度1700～1800の高温焼成が必要なセラミックの焼成には、大量生産の場合にはトンネル炉が用いられ、多品種少量生産の場合にはシャトル炉が用いられています。このシャトル炉は燃料消費型の燃焼炉であるにもかかわらず、断続または不連続という操業形態から熱効率が非常に低く、地球温暖化の原因の一つであるCO₂の排出が膨大な量となっています。酸素富化燃焼は単位時間当たりの燃料消費量が増加する場合がありますが、通常燃焼よりも昇温速度を大きくできますので、燃焼時間の短縮による総燃料消費量の低減が可能となり、省エネルギーが期待できます。当研究所では大学および企業と共同で、セラミック焼成用高温シャトル炉の熱効率改善を目的とした酸素富化燃焼技術の適応について研究し、適切な酸素濃度や酸素富化燃焼の適応域（酸素富化燃焼の開始および終了時期）などを明らかにし、大きな効率改善効果が得られるこ

とを報告しました。

ここでは既存の燃焼炉への付加を前提として開発した、酸素富化燃焼中の酸素濃度および通常燃焼と酸素富化燃焼の切り替え前後での空気比を一定に制御する酸素富化燃焼制御システムについて紹介します。

解説

都市ガス、燃焼用空気、酸素のすべての流量制御を直接的に流量制御弁で行う酸素富化燃焼制御システムは既に存在しています。このシステムは酸素濃度および空気比を正確かつ自由に制御できる優れたシステムですが、価格、特に流量制御弁の価格が非常に高くなります。また、既存の燃焼炉に適用するには、大規模な改造が必要となる場合があります。以上の点と酸素富化燃焼の適応分野拡大を考慮し、既存の燃焼炉に付加が可能、機器の追加や交換などの改造量の抑制、安価で汎用性のあるシステムの構築、の3点に留意してシステムを開発しました。

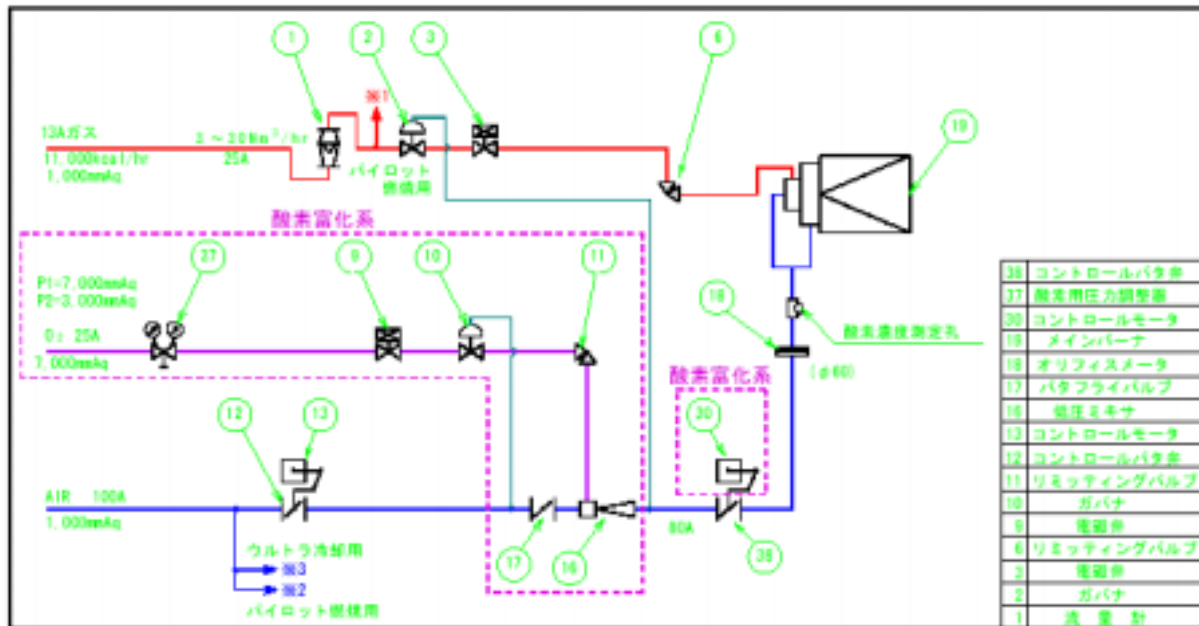


図1 酸素富化燃焼システムの配管図（抜粋）

システム開発には最大燃焼量290kWで、実用炉と同様の、燃焼量に応じた送風量制御およびガバナを用いた空気比制御方式を持つ小型実験炉を用いました。酸素濃度制御は空気比制御と同様の方式で行い、空気 - 酸素系を空気 - 都市ガス系と同様の機器構成にしました。図1に開発したシステムの配管図を示します。図中には基本的な機器のみを示しており、破線で囲んだ部分が改造部です。

酸素富化時には燃焼用空気中の酸素量が増すため、そのままでは空気比（実際の燃焼用空気量を通常空気と同じ酸素濃度20.98%の空気量に換算した値から算出する仮想的な空気比）が上昇します。従って、空気比を下げ通常燃焼時と同じ値を維持するために、燃焼用空気量を減少させるか、都市ガス量を増加させる必要があります。本システムでは、都市ガス量を増加させるため、都市ガス用ガバナへの圧力を上昇させました。具体的には、通常燃焼時と酸素富化燃焼時で同一の空気比となるように、前もって都市ガス用ガバナへの加圧調整用コントロールバタ弁（38）の開閉位置を確定し、その2点間をコントロールモータ（30）で移動させました。このバタ弁を空気比調整バルブと名付けました。

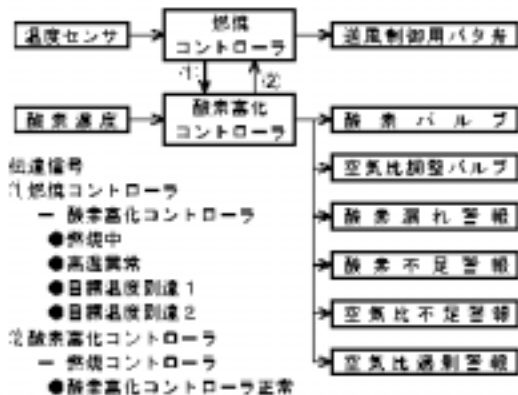


図2 酸素富化燃焼システムの制御系構成図

図2に制御盤の構成図を示します。既存の燃焼コントローラの改造を最小限に抑えるため、燃焼コントローラとは別に酸素富化コントローラを構築し、その間を必要な信号で結ぶ構成にしました。燃焼コントローラの外部信号入出力仕様と改造規模を考慮し、入出力

合わせて、図中の5本（印）の信号を使用しました。また、空気比調整バルブは通常燃焼位置、酸素供給は停止を基本状態とし、燃焼中止かどうかに関係なく、異常時および電源投入時には基本状態に戻るようにはしました。表1および表2に燃焼コントローラの制御出力を変化させて送風用コントロールモータの開度を変えて行った燃焼実験の結果を示します。酸素富化時の酸素濃度および通常燃焼時と酸素富化燃焼時の空気比（仮想的な空気比）はほぼ一定に制御されており、最大燃焼量もほぼ目標値に達しています。

表1 小型実験炉による通常燃焼実験結果

コントロールモータ開度	通常燃焼(酸素富化なし)				
	都市ガス(BGA)流量 m ³ /h	燃焼量 kW	空気(酸素富化なし)流量 m ³ /h	酸素濃度 %	空気比
0	2.6	30	38	20.85	1.31
20	16.3	119	159	21.05	1.40
40	17.0	196	235	21.06	1.36
60	19.7	228	292	21.04	1.35
80	20.1	232	300	21.03	1.36
100	20.4	236	302	21.04	1.35
80	20.2	234	300	21.05	1.35
60	19.7	228	304	21.05	1.40
40	17.6	203	260	21.13	1.35
20	16.4	126	165	21.08	1.38
0	2.6	30	38	20.89	1.31

※ コントロールモータ開度が増加側20%以下および減少側10%以下での酸素濃度は、酸素濃度計への流量が不足した状態での値である。

表2 小型実験炉による酸素富化燃焼実験結果

コントロールモータ開度	酸素富化燃焼				
	都市ガス(BGA)流量 m ³ /h	燃焼量 kW	空気(酸素富化なし)流量 m ³ /h	酸素濃度 %	空気比
0	2.8	33	38	22.37	1.30
20	12.6	145	165	23.99	1.37
40	18.4	218	237	23.30	1.30
60	21.4	247	284	24.29	1.40
80	21.0	253	289	24.33	1.39
100	22.0	254	290	24.32	1.39
80	21.9	253	288	24.32	1.39
60	21.4	247	284	24.32	1.40
40	19.5	225	267	24.34	1.39
20	12.9	149	174	24.41	1.42
0	2.6	30	46	24.21	1.85

※ コントロールモータ開度10%以下での酸素濃度は、酸素濃度計への流量が不足した状態での値である。

用途

費用低減や能力向上、環境対策を目的として、酸素富化燃焼あるいは酸素燃焼の適応分野が増加すると思われます。現在、ガラス製造業、溶解業（キュボラ）、灰溶融・焼却処理業、アルミ・非鉄金属業などで採用されており、工場廃液の処理やセメントキルンでも採用が検討されています。