

平成 30 年 6 月 25 日現在

機関番号：12701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05820

研究課題名(和文) 高温水蒸気を用いた伝熱促進機構のシステム構築と高効率化

研究課題名(英文) System Construction of Heat Transfer Enhancement Mechanism Using Water Vapor and its Improvement

研究代表者

酒井 清吾 (Sakai, Seigo)

横浜国立大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：70323110

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：アルミ溶融炉による実験により、炉内に水蒸気を導入すると、対流熱伝達とふく射伝熱の両方のメカニズムを介してエネルギー効率を向上できることが、これまでの研究により明らかとなっていた。一方で、炉内に導入すべき水蒸気量は多すぎても少なすぎてもエネルギー効率の改善をもたらさず、燃料の燃焼により生じる水蒸気および吸入する燃焼用空気湿度を含めて、全体の水蒸気量をコントロールする必要がある。本研究では、アルミ溶融炉の水蒸気加熱装置を高度化し、水蒸気量を制御して、エネルギー効率が高くなる条件を探り、導入する空気の条件が変化しても効率を維持できるようなシステム構築を行い、適切な水分量による効率向上を確認した。

研究成果の概要(英文)：Thermal efficiency has improved by using high-temperature vapor produced by spraying water vapor along with flame from a burner. This study aims to apply high-temperature steam heating mechanism in a high-efficient industrial furnace and household gas range. Water vapor-added industrial metal melting furnace has been researched. In this study, the effect of surrounding environment to the furnace is examined, and possibility of heat transfer enhancement is estimated. As a result, surrounding experimental condition has little effect on the change of heating ability, and optimum amount of water supply to the apparatus was discussed. Too much water injection leads to more consumption of heat as latent heat of water in phase change, and exceeds the effect of water vapor in heat transfer. There is a possibility of suitable total water supply, despite that there is no significant change in gas usage in water injection case compared with no water injection.

研究分野：熱・流体工学

キーワード：伝熱機器 燃焼 ふく射 対流 エネルギー効率化

1. 研究開始当初の背景

金属溶融炉やボイラー等の工業的に多く使用されているバーナー式加熱機構は、排気が多く、多くの熱を持ち去るといった欠点により、熱効率が低いことが課題となっている。

この課題の解決策として、地球温暖化の原因としても知られる水蒸気の持つふく射を吸収・再放射するという温室効果に本研究室では着目した。バーナー式金属溶融炉に水蒸気を用いると、供給された熱は水蒸気の中に吸収され、再放射されることで燃焼ガスとつば間の熱交換を促進し、この対流・ふく射熱伝達の効果により、排気による熱の逃げを最小限に防ぎ、効率の向上が可能となる。しかし、水蒸気利用に関しては、過熱水蒸気生成における装置のコストが高い、装置が大規模化してしまうと云った欠点がある。その欠点を改善する為、バーナーの火炎中に水を通す流路を作り、水蒸気を直接発生させ、そのまま被加熱物を覆い、熱回収のシステムを導入せずに飛躍的に伝熱を促進させる新しい装置の開発に向けた研究が本研究室では行われてきた。^[1]

2. 研究の目的

これまでの研究では室温や湿度といった周囲環境や、実際のガス使用量を計測しないまま、炉内の障害物の有無や、水の付加量を変更した結果のみを検証しており、その効果が本当に水を付加したものによるものか不明であった。そこで、本研究では室温や湿度といった周囲環境に着目し、水を付加する以前の装置の特性を検証し、その結果により最適な水の付加量を決定することとした。

3. 研究の方法

Fig.1 に示するつば炉を用いて実験を行う。直径60cm、高さ75cm耐熱煉瓦の装置内に直径30cm、高さ40cm のつば型の炉を用意した。装置内部の底面にバーナーがあり、火炎部の側面に水の投入口を設け流量計で設定した流量の水を投入できる。装置の各所にシースK型熱電対を、また火炎部に最も近い部分ではR型熱電対を設け温度を測定する。ガス流量はアズビル CMG150、周囲環境はケストレル4200にて計測する。溶融物は融点が660のアルミインゴットADC-12を使用する。

室温及び装置各所が規定した初期温度になっていることを確認し装置を作動させ、溶融物の温度が初期温度から700上昇するまでの各部の温度履歴及び瞬間ガス流量、周囲環境を計測する。

水を付加する場合、装置を作動させると同時に水ポンプを動かして流量計にて規定の流量となるよう調整する。この際水温が室温と同じになるよう、あらかじめ汲み置きして十分時間がたった水を使用する。

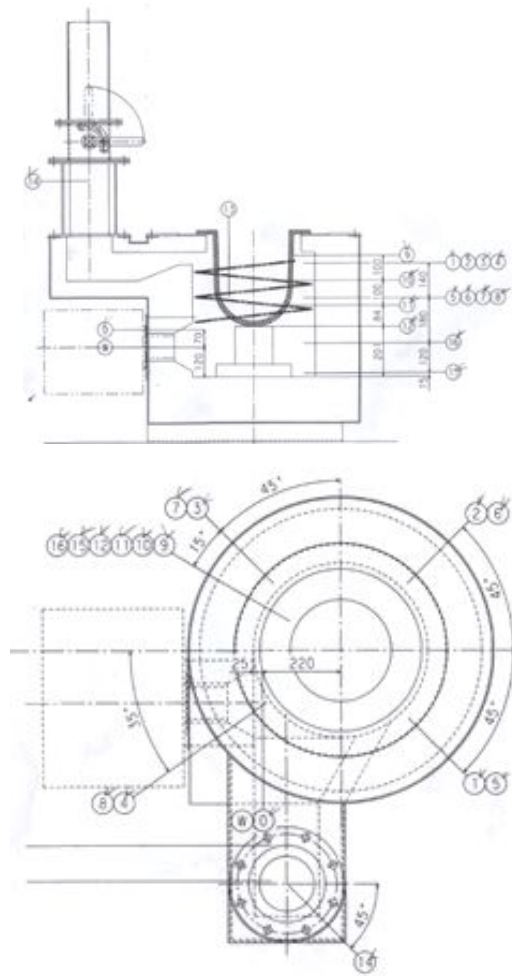


Fig.1 Experimental apparatus

4. 研究成果

まず初めにガス瞬間流量のグラフをFig.2に示した。これにより各実験にて燃焼状態がおおむね同じ状態に保たれていることがわかった。

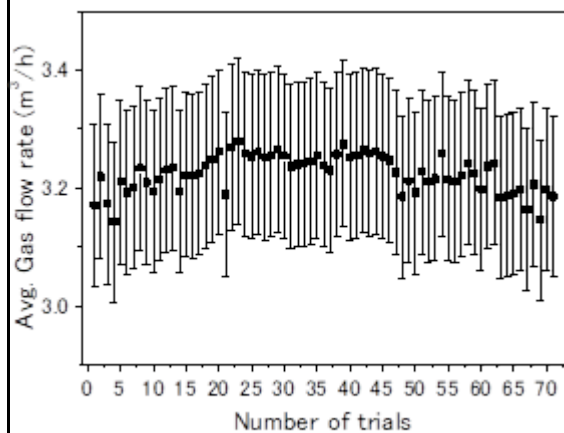


Fig.2 Avg. Gas flow rate

次に水を付加していない実験における温度上昇履歴及び試行回数とガス使用量のグラフをFig.3, Fig.4に示す。

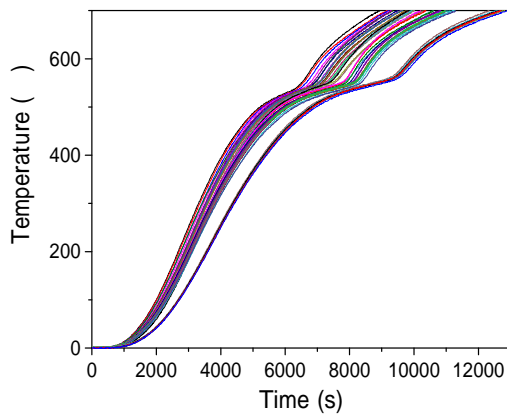


Fig.3 Temperature history

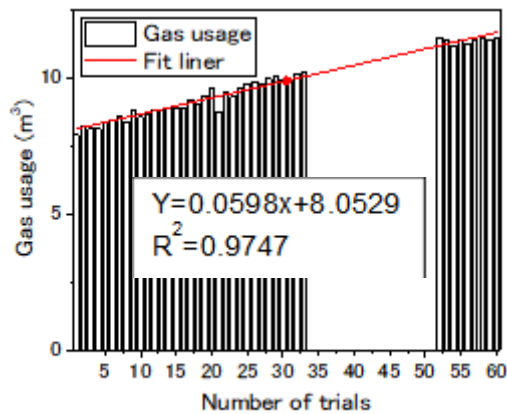


Fig.4 Gas usage

これによると実験を重ねるにつれておよそ一定の割合でガス使用量が増えており、近似曲線を描くと非常に高い相関が得られる。これは装置が運転毎に劣化していることを示している。よって今後は求めた近似曲線によりガス使用量を修正することで劣化の影響を排除した上で考察を行う。

初期温度を変化させて行った実験の絶対湿度とガス使用量の結果を以下の Fig.5 に示す。

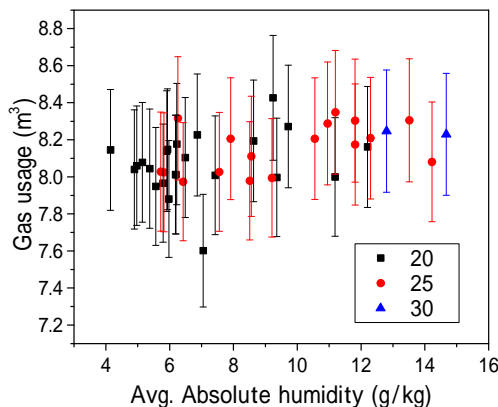


Fig.5 Relation between humidity and gas usage

初期温度毎の結果を見るとガス使用量は絶対湿度によらないことがわかる。これは大気中

の水蒸気量に比べ燃焼によって生じる水分量が極めて大きいと考えられる。

次に初期温度による違いを見てみると、ガス使用量は初期温度によらないことがわかる。これは今回の実験では温度上昇による評価を行っていることと、700 という温度上昇に比べ初期温度の差が極めて小さいためと考えられる。

これらより今回対象とする装置においては周囲環境の影響は無視できるといえる。これを踏まえて水を付加する実験を行った結果を以下に示す(Fig.6 および7)。

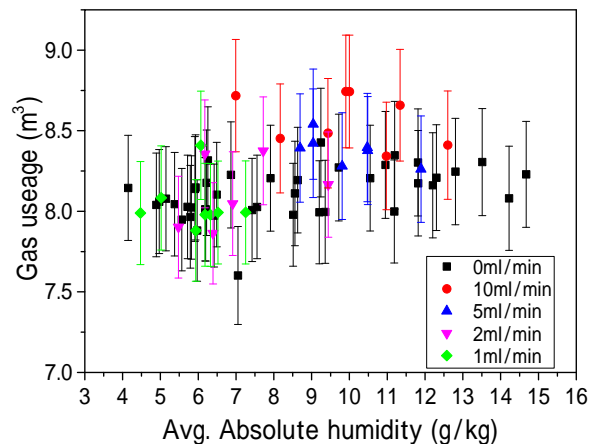


Fig.6 Effect of water (Absolute humidity)

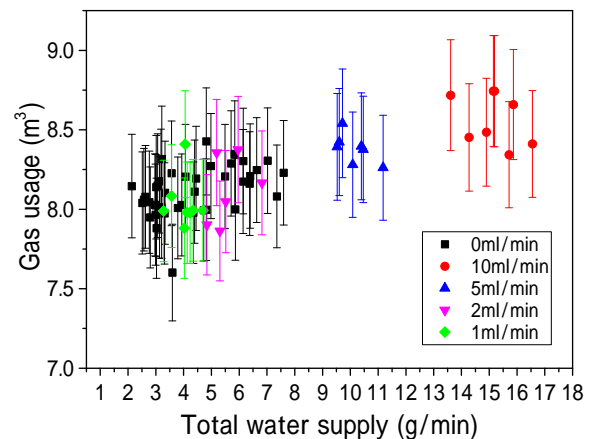


Fig.7 Effect of water (Total water supply)

これによると 10ml/min, 5ml/min 水を付加した条件では、明らかにガス使用量が増えている、すなわち装置全体の効率が低下していることを示している。これは付加した水が気化する際の潜熱によって熱エネルギーが消費され、このマイナスの効果が水蒸気量の増加によって得られると考えられるプラスの効果を上回ってしまっていると予想される。2[ml/min], 1[ml/min]においては周囲条件の近い実験に対して明確な差を確認することは出来なかった。

今回対象とした装置は運転毎の性能低下が大きいことがわかった。周囲環境の初期加熱状態への影響は小さいことがわかった。水を

付加した場合,装置の効率低下は確認することが出来た.効率向上は明確には確認できなかったものの,湿度の低い領域で効率向上の可能性も見受けられた.

<引用文献>

- [1] 森川 弘大,高効率工業炉の開発に向けた簡易水蒸気加熱機構の構築に関する研究,横浜国立大学修士論文,2014.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 1 件)

Seigo Sakai, 査読有, Evaluation of Liquid Water Content in Thermal Efficient Heating Mechanism Using Water Vapor for Industrial Furnace, Journal of Mechanics Engineering and Automation, Vol.7, (2017), pp.160-164.

[学会発表](計 3 件)

Seigo Sakai, 査読有, Prediction of Fog Layer Formation and Extinction Using Numerical Analysis of Radiative-Conductive Heat Transfer, Proceedings of the 5th International Conference on Engineering and Applied Sciences (ICEAS 2015), 20th-22nd July 2015, Sapporo, (2015), ICEAS-3830, pp.222-228.

Seigo Sakai, 査読有, Proposal of Thermal Efficient Heating Mechanism Using Water Vapor for Industrial Furnace, Proceedings of the 3rd International Scientific Conference on Engineering and Applied Sciences (ISCEAS 2015), 29th-31st July 2015, Okinawa, (2015), ISCEAS-728, pp.391-398.

Seigo Sakai, 査読有, Evaluation of Liquid Water Content in Thermal Efficient Heating Mechanism Using Water Vapor for Industrial Furnace, Proceedings of Asian Conference on Engineering and Natural Sciences (ACENS 2017), 19th-21st January 2017, Sapporo, (2017), ACENS-67969, pp.271-277.

[図書](計 1 件)

Seigo Sakai, 査読有, Effect Evaluation of Radiative Heat Transfer and Horizontal Wind on Fire Whirlwind, Earthquake Engineering - From Engineering Seismology to Optimal Seismic Design of Engineering Structures, Chapter 14, InTech, (2015), pp.357-378.

[産業財産権]

○出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

酒井清吾 (Seigo Sakai)
横浜国立大学・工学研究院・准教授
研究者番号: 7 0 3 2 3 1 1 0

(2)研究分担者
なし

(3)連携研究者
なし

(4)研究協力者
なし