

アルミ溶湯保持用高出力L型ヒータの開発

アルミ鋳造工程の省エネ化でお客様の脱炭素化を支援

Development of High-Power L-shaped Heater for Holding Molten Aluminum

Supporting customers' decarbonization by saving energy in the aluminum casting process

(中部電力ミライズ 法人営業本部 ソリューション部
三重営業本部 法人営業部)

中部圏の製造業の脱炭素化ニーズに対応するため、アルミ鋳造工程の溶湯保持炉用に新たなL型構造の高出力・高効率ヒータを開発した。このL型ヒータを炉に後付けすることで、炉の使用エネルギーを大幅に削減できることを検証した。

(Chubu Electric Power Mirai, Corporate Sales Dept., Solutions Div.
Mie Sales Dept., Corporate Sales Div.)

In order to meet the decarbonization needs of the manufacturing industry in the Chubu region, we developed a new high-power, high-efficiency, L-shaped heater as a furnace for holding molten metal in the aluminum casting process. We verified that the energy used by the furnace can be significantly reduced by retrofitting this L-shaped heater to the furnace.

1 背景・目的

中部圏では製造業、とりわけ自動車部品工場が多く、当社の重要なお客さまとなっている。自動車部品工場などにおけるアルミ等非鉄金属の鋳造工程では、溶解した金属（以下、「溶湯」）を一定の温度に保持する炉の熱源として、バーナが多く使用されている。お客さまからは、省エネや脱炭素化を目的として、熱源をバーナからヒータへ転換したいとの要望が多くあった。その一方で、アルミ溶湯にヒータを浸漬して加熱するこれまでの浸漬ヒータでは、炉の溶湯面が低い場合にはヒータの発熱部が溶湯面から露出して空焚きとなることによる発熱線断線が課題となり、加熱工程の電化が進まない状況があった（第1図）。

今回、溶湯面が低い炉においてヒータの発熱部が溶湯面から露出しないように、ヒータの形状を従来の縦型から新たにL型とし、また発熱部を長く設計することで、これまでの一般的な輻射式ヒータと比較して、出力を約5倍に増加させる新型ヒータを開発した（第2図）。実際にアルミ鋳造工場フィールド試験を実施し、省エネ、CO2排出量削減、および付随の効果を検証した。

2 開発内容

L型ヒータの開発について取り組んだ3つの課題とそれぞれの対策について以下に示す。

<課題①> L型部の応力割れ

L型ヒータの課題はL型部に応力がかかることによる破損であった。今までもL型形状のヒータはあったものの、

破損の抑制のためにL型部をモルタルなどにより強固に補強したり、炉壁と一体構造にして強固な構造にするものであったため、メンテナンスや炉内清掃で邪魔になり実用的なものではなかった。

<対策①>

著者らはL型部の破損の原因がヒータの浮力による応力割れであることを解明した。そこで対策として、ヒータ保護管内に充填材を入れることによって浮力と重力を釣り合わせ、応力の発生を抑制することを考案した。その結果、L型部の応力割れが見られなくなった（第3図②）。



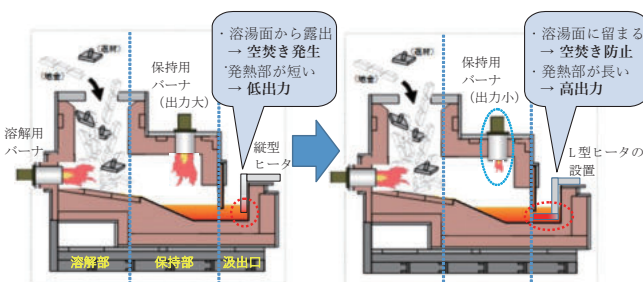
第2図 L型ヒータの外観

<課題②> ヒータの高出力化

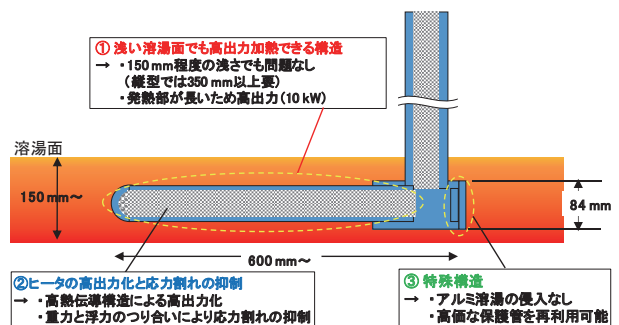
生産状況によりヒータの発熱部が炉の溶湯面から上に出てしまうと空焚きとなって断線のリスクが大きい。そのため溶湯面の変動が大きい炉に従来の縦型ヒータを用いようとしても、溶湯面の下限以下にヒータの発熱部を短くする必要があり、ヒータの出力が大きくなりできなかった。

<対策②>

L型ヒータでは発熱部を横向きに配置できるため、溶湯面より下部であっても発熱部を長く確保することができた。また保護管内に充填したフィラ（充填材）も配合の配合を最適化することで高い熱伝導率としたことで（第3図②）、L型形状と高熱伝導フィラの相乗効果により10 kWの高出力加熱が可能となった（同寸法の輻射式ヒータの5倍）。



第1図 溶解保持炉にヒータを設置した模式図
(左：従来の縦型ヒータ、右：開発したL型ヒータ)



第3図 L型ヒータの特長と開発要素

<課題③>セラミックス保護管の再利用

L型ヒータで使用している保護管はファインセラミックス製かつ精度良い加工を施したものである。ヒータが断線した場合、納期や費用が大きいと生産現場では使用しにくいものとなる。

<対策③>

著者らは、断線した場合でも発熱線だけを入れ替えることができる構造を開発した。高価で納期のかかるセラミックス保護管を再利用できることより、納期短縮とコスト低減ができユーザの負担を軽減できる (第3図 ③)。

3 L型ヒータを用いた省エネ化の検証

実際にダイカスト工場 (豊産業株式会社 (神戸市西区)) においてL型ヒータを大型溶解保持炉 (第4図、溶解量: 1トン/h、保持量: 3トン) の汲出口に設置し、炉の保持部の雰囲気温度、溶湯温度・品質、エネルギー・CO₂排出量削減効果を検証した。

3.1 雰囲気温度・溶湯温度の低減効果

L型ヒータを設置前は、溶湯温度を基準温度 (720℃) に維持するため、雰囲気温度を900℃に設定し、溶湯温度を750℃に設定していたが、基準温度を下回る時間帯が多く、溶湯温度にバラツキが多かった

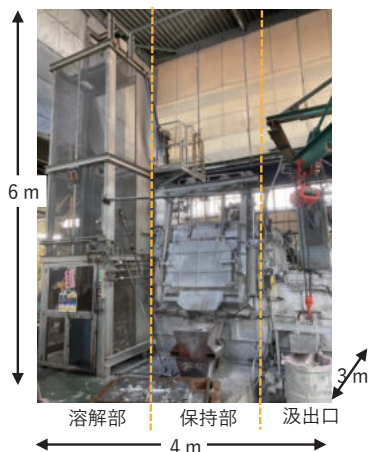
L型ヒータ設置後は、溶湯温度が安定することが確認できた。更なる省エネ化を図るために設定温度を変更し、雰囲気温度は900℃から870℃に、溶湯温度は750℃から720℃に下げたところ、設定温度を変更しても溶湯は基準温度を満たしており、溶湯品質面においても問題無いことを確認した。

3.2 エネルギーおよびCO₂排出量の削減効果

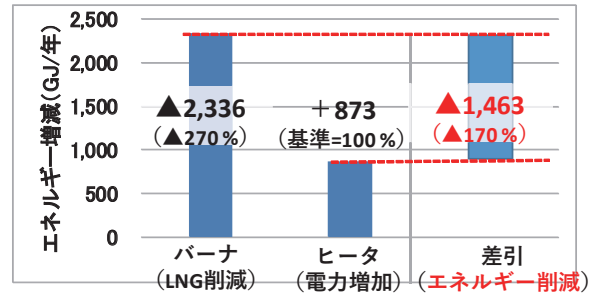
L型ヒータ設置により効率の悪いバーナのLNG使用量を削減したことにより、エネルギー削減量は年間▲1,463 GJの大幅な削減を達成した。これにより炉の使用エネルギーを年間▲21%、原油換算量を年間▲38 kL、CO₂排出量を年間▲80 t-CO₂の大幅削減となった (第5,6図)。

4 まとめ

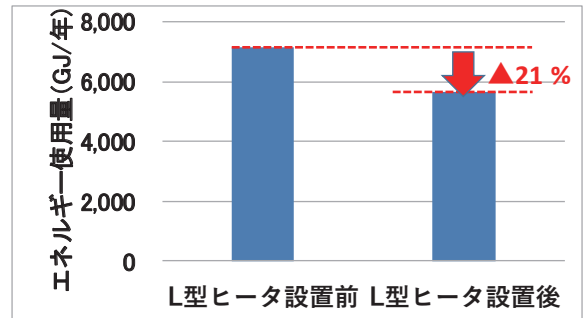
L型ヒータの開発およびL型ヒータを集中溶解炉に設置



第4図 検証に使用した大型溶解保持炉



第5図 エネルギー使用量の削減効果



第6図 炉のエネルギー使用率の削減効果

した時の省エネ化効果等を第1表にまとめる。ヒータ開発では、高出力10 kW以上、浅い湯面でも適用できるコンパクト性、ヒータ保護管の応力割れ無し、再利用可能な構造とすることができた (特許出願済)。L型ヒータを大型溶解保持炉に設置した効果として、大幅な省エネ化を達成した。さらに、燃焼に起因する酸化物が抑制されたことにより、炉のメンテナンス性が向上し、清掃作業時間が▲77%削減し、アルミ製品中の酸化物に起因する工具の破損事象がゼロになる付随の効果も検証した。

5 終わりに

今後も中部電力ミライズでは、更なるヒータの開発・高性能化を進めるとともに、開発したヒータ技術を溶解保持炉の省エネに活用するだけでなく、他の用途へも広く展開を図り、カーボンニュートラルの実現に向けて貢献していく所存である。

本研究の成果により、2021年度省エネ大賞省エネルギーセンター会長賞を受賞した。L型ヒータの開発と検証にあたり共同研究先の株式会社ヤマト (大阪市平野区) およびフィールド検証先の豊産業株式会社から多大なる協力をいただいたことに感謝申し上げます。

第1表 L型ヒータ開発および検証結果のまとめ

目的		成果	
開発	ヒータ開発	性能	高出力10 kW以上 コンパクト (H84 mm) 新開発構造により応力割れ無し
		機能	新開発構造により再利用可能
効果	溶湯温度の安定化	品質	720℃を常に維持 (鑄造工程が安定しバラツキが減少)
	省エネ化・CO ₂ 排出量の低減	省エネ	炉の使用エネルギー ▲21% 原油換算量 ▲38 kL/年 CO ₂ 排出量 ▲80 t-CO ₂ /年
	アルミ酸化物の抑制	メンテナンス	・清掃作業時間 ▲77%削減 ・切り出し工具の破損減少 10件/月 → 0件/月



執筆者/竹内章浩・森山聡雄