

電熱ヒータはMgOとともに 発達してきた

～欧米輸入主流から国産時代、そして中国へ～

日本電熱株式会社

産機事業本部 製造技術部

技監 川上 幸世氏



マグネシアの主力需要分野の一つが電熱ヒータである。その電熱ヒータの我国におけるパイオニア的存在なのが、日本電熱（本社・長野県南安曇郡豊科町大字豊科500番地、山田二三夫社長）である。1950年（昭和25年）頃、我国初のシーズヒータを製造、以来、常に電熱ヒータの先進技術を発信し続けている。それだけに高温下での絶縁材料としてのマグネシア（MgO）との関連は深く、最もその技術的な変遷を知る存在といえる。

画期的であった 低温用シリコーン処理

私共が1950年代（昭和20年代後半）にシーズヒータを製造開始した時のMgOはアメリカGE社製でした。その後、創業者の有田耕政社長の国産化の強い意向もあって、1956年（昭和31年）頃、電融マグネシア製造メーカーであるタテホ化学工業さんとお付き合いが始まったと聞いています。

但し、それから1960年代（1970年初めまで、輸入MgOが全盛の時代でした。GEやドイツ、フランス、イギリスのメーカーから輸入していました。その後、1970年代に入って、タテホ化学工業さんのMgOの品質信頼性が高まり、比重が高くなり、民生用はタテホ化学工業さん、工業用はGEと使い分けが進みました。その後、GEがMgO事業から撤退したことにより、全面的にタテホ化学工業さんに切り替わりました。

内メーカー参入が相次ぎます。遠くは三井金属鉱業、その後三菱鉱業セメント（現三菱マテリアル）、旭化成（生産・新日本化学工業但し、クリンカー）、日本鋼管（現JFEスチール）などが次々と名乗りを上げました。高度経済成長下の電熱ヒータ需要の拡大が背景にあります。しかし後発組で品質的に使えらると判断されたのは三菱鉱業セメントさんなど少数でした。

この時期と相前後して、松下電器産業、日立熱器具など日本の家電メーカーがシーズヒータ開発に本格的な取り組みを始めています。MgOの最大の欠点は吸湿性が高いことにあります。そこで、ヒータ管の端末を封止し、吸湿を防ぎ絶縁性を保つ技術が改良され、進歩して来ました。しかし手間がかかり工程が複雑となることから、量産化が求められる低温のシーズヒータでは、できるだけ、工程を簡素化する必要性が生まれていました。

その対応策として開発されたのが、MgOのシリコーン処理です。元々、シーズヒータはGEが1918年（大正7年）に発明し、1930年以降、MgOを絶縁剤として利用していましたが、有機物など添加物を混入してはいけないというのが長い間、常識となっていました。ヒータは高温になるだけ

日本電熱株式会社



本社ビル

会社概要

会社名 日本電熱株式会社
 創業 1946年(昭和21年)3月15日
 資本金 19億円
 代表取締役 山田 二三夫
 従業員数 340名
 本社 長野県南安曇郡豊科町大字豊科500番地
 〒399-8293 TEL0263-72-3232(代)
 東京支社 東京都渋谷区千駄ヶ谷5丁目32番7号
 (星和新宿ビル4F)
 〒151-0051 TEL03-3350-2611(代)

に安全が最も重要です。管内に電熱線とMgO以外の物質が混入すると高温で反応、事故に結びつく危険性もあります。ところが、半導体などの分野でシリコン利用技術が進歩したこともあって、低温型ではMgOとシリコンを処理する技術が生まれたのです。当時としては画期的な発想でした。各社が活発な開発競争を行っています。この技術には、世界で最初にドイツで権利化されたシリコン粉体を処理する方法とGEで開発されたシリコンオイルを処理する方法の2つの流れがあります。

日本国内では、松下電器産業、日立熱器具が特殊なシリコン粉体で処理する方法が権利化されました。私共はGEとの長年の関係に加え粉体混入では日本国内特許の問題もあり、シリコンオイル処理法を開発しました。いずれにしろ、シリコン利用により、低温分野のシーズヒータではMgOの吸湿性を防ぐことで端末封止を不要にすることが可能となりました。生産性と品質面での信頼性も大幅に向上しました。ちなみに、現在のシリコン処理の世界的な主流はオイル処理法となっています。なお、当初はヒータメーカー自身の手でシリコン処理を行っていましたが、1980年代以降ではタテホ化学工業さんなどMgOメーカーに殆どが移管されています。ですから70年代から80年代半ばまで低温用シーズヒータでは様々な動きが起きた時期といえます。

高温は端末封止が主流

一方、700～800℃の高温用MgOでは、そうした技術改良は難しいのが現状です。MgOを金属パイプ内に充填して端末をガラスで封口して、絶縁を保持していますが、本当は低温同様に端末封止を不要にしたい。各社は一時、色々、開発に取り組まれていましたが、高温に適した処理材がなく、また、ヒータをつくる時にはMgOを充填した後、ロールやプレスで圧縮減径加工をしますが、MgO粒子もMgO表面にある吸湿を防止する層も同時に破壊されてしまうのです。結果として、吸湿性防止の効果が失われることになっていきます。そこで高温用シーズヒータではヒータ形成した後、ガラス材で封口するという従来の製造方式がとられています。特に、日本ではガラス材封口が主流です。これは日本では絶縁抵抗を重視する考え方が基本のためです。石油ファンヒータなど半年間不使用でも絶縁抵抗下問題が生じないような特性が求められるからです。一方、ヨーロッパ、アメリカでは漏洩電流を主に問題視します。製品に対する違いですね。

高純度だけでは対応できない

シーズヒータ向けの電融MgOが国産品を本格的に導入するには1950年代半ば(昭和30年初め)から7～8年かかっています。それだけ、GEなど海外勢が強かった。当初、タテホ化学工業さんのMgOも熱心に売り込みに来られるので買っていました。実際には使わなかったと聞いています。品質の信頼性を確立するためには、大変な努力がなされたと思います。ヒータでの実績評価が少なかつたためです。

品質の技術開発の面では、一時、MgOの高純度化が進められたことがあります。高純度化は最終的には単結晶となるわけですが、研究を進めていく内に電気絶縁性とMgOの単純な高純度化の間に完全な相関性が見られないことが解ってきました。例えば、海水を原料とする国産の99・2%の高純度MgOにすると輸入品の96%程度に比べ、かえって絶縁性が落ちてしまう。しかし、熱伝導率は良くなります。不純物がある程度、混入しているほうが、シーズヒータとしての性能は良いこととなります。生産コストの面から見ても、高純度化の

必然性は失われてしまいました。

不純物レベルという側面から見ると、海水を出発原料とするMgOは元々不純物が少ないのに対してヨーロッパなどでは鉱石のマグネサイトを原料とするので不純物混入の比率は高くなります。但し、海水系でも昔は、不純物としてのボロン(B₂O₃)が問題となりました。1000ppmオーダーと微量ですが、融点が低く、ヒータを熱処理する温度でMgOが焼結してしまうのです。ストレートであれば問題ないのですが、曲げ加工の際、MgOにクラックが生じ、最悪の場合、絶縁状況が悪くなってしまいます。それを防止するために、曲げ加工の後、プレスしてMgOを締めるといふ処理を行います。工業用ヒータは今でも、この方法が使われています。これは単にボロン対策だけでなく、熱伝導性の良い形にして、絶縁特性の改善を目的としたものです。むしろ、海水系MgOはどうしても高純度になるので、特性を改善したのに対して対応してきた経緯があります。

電熱ヒータは、民生用から工業用まで幅広く、高温絶縁剤としてのMgOを各社や製品ごとに求められているものが微妙に違うため、様々な対応が必要となります。心臓部となる製品だけに、それが難

しいところですね。

次世代ヒータは自己制御能力を持つ

今後の電熱ヒータですが、中国が大きな生産拠点となるでしょうが、消費拠点は、アメリカ、ヨーロッパが圧倒的に多いのが実情です。日本は独特の製品について、例えば温水便座や石油ファンヒータなどがあり、電熱ヒータの使い方が難しい。ヨーロッパが簡単というのではなく使い方が異なると考えたほうがいいでしょう。但し、

ホットプレートやコーヒーメーカー、アイロンなど10年前の価格の半分から10分の1まで下がっています。それが中国へのシフトに結びついたといえます。

高温ヒータでは日本が中心ですが、それ程、厳密でない分野は中国へやはり移行しています。家電メーカー自体が組み立て工場を移転して現地調達したいという方向が強まっています。ですから、日本国内でのシーズヒータ生産量は10年前の半分まで落ち込んでいます。当然、MgO消費量は減っています。その一方で、中国は潜在市

場が莫大であり、魅力があります。日本に残るのは特殊なヒータですね。高付加価値の製品です。例えば、これまでは発熱するだけがヒータであったわけですが、温度が上がり過ぎれば遮断する、あるいは温度制御するという安全装置、機能を持たせたハイブリットヒータの開発です。安全をヒータ自身がコントロールするわけです。コストだけの競争にならないために、新しい発想の技術開発が求められます。MgOについてもヒータ分野に合わせた独創的な製品が開発されることを期待しています。

Electric heater has been developing with MgO Mr. Sachio Kawakami, Engineering Advisor of Product Engineering Dept. at Nihon Dennetsu Co., LTD.

One of the main fields of demand for magnesium is its use in electric heaters. Nihon Dennetsu Co., Ltd. (headquarters in Nagano Prefecture, Fumio Yamada, president) is a pioneering manufacturer in this field. In 1950, the company manufactured the very first sheathed heater in Japan, since then they have been producing electric heaters and developing advanced technology. Being deeply concerned in magnesium as electric insulator at high temperatures, this company knows very well historically the technical change of magnesium. We interviewed Mr. Sachio Kawakami of Nihon Dennetsu on the relations and trends in the electric heater and magnesium. His views are as follows.

Epoch making technology Silicon treatment for use in low temperature

During 1950's, when our firm started to manufacture sheathed heaters, we use MgO produced by GE in the US. Around 1956, we started to deal with Tateho Chemical as an electrofused magnesia maker. From the 1960's to the early 1970's, imported MgO from the US, Germany, France, and the UK was extremely popular. Entering the 1970's, the quality and reliability of Tateho Chemical's magnesia was recognized, and we classified Tateho Chemical's MgO for domestic application, and GE's MgO for the chemical industry. Later, GE withdrew from its MgO business, so all MgO was changed to Tateho Chemical's. Then from the 1970's to the 1980's, domestic manufacturers of electrofused magnesia increased in the market along with the period of high economic growth. Around that time, Japanese electric appliance makers, such as Mastushita and Hitachi, started full scale sheathed heaters development.

One of the biggest defect of this MgO is higher hydration. To solve this problem, technology was developed to seal the heater terminal and protect it from its hydration and to preserve insulation. However, it takes a lot of time to work with complicated processes, so a simple process was necessary. To tackle this, silicon treatment of MgO was developed.

GE invented sheathed heaters in 1918, and after 1930 MgO was used as insulating material. Since safety was the highest priority due to the high temperature of the heaters, it was normal that organic materials such as carbon could not be mixed with MgO in the industry. If other substances than heaters and MgO were in the tube, the reaction at high temperatures could possibly cause accidents. Then, thanks to the development of silicon technology in the semiconductor industry, silicon treatments of MgO for low temperature use became possible, which was an epoch making invention. Each company moved forward to develop its technology competitively.

There are two streams in this technology: Silicon resin powder treatment and Silicon oil treatment. The former was developed by Japanese manufacturers such as Mastushita and Hitachi, and European manufacturers. The latter was developed by GE. Since we had dealt with GE for a long time, and silicon resin powder type patents had been issued, we adopted silicon oil treatment. Using either type, the prevention of MgO hydration into heaters was successful without sealing the terminal of the heater. With this, productivity and reliability of heaters has increased. In addition, the main stream of the present silicon treatment is oil treatment.

Terminal sealing as main stream in higher temperature use

On the other hand, the use of MgO at high temperatures around 700-800°C is considered difficult to develop technology same as is the case with low temperatures. At high temperatures, the terminal glass should be used to preserve insulation, by filling MgO into a metal pipe inside. We would definitely like to conduct the treatment without the terminal sealing at high temperatures as well, and manufacturers tried to develop this technology. However, no applicable treatment for the high temperature heater was found. Sheathed heaters in the high temperature still uses at high the former generation's method where by the terminal is sealed which glass material after the formation of the heater.

High purity itself is not enough

As for technology development, once there was a time when the purity of MgO was required to be higher. However, as research progressed, a relationship between the purity of MgO and the level of insulation was not found. For instance, even domestic MgO with 99.2% purity made out of sea water has less insulation level than the imported MgO with 96% purity, which means some impurities for the sheathed heaters is necessary for a product with good quality.

The next generation heater requires self control

As for the future of the electric heater, the biggest production base will move to China, although the biggest market is in Europe. Still the high temperature heaters base centers in Japan, but this is steadily shifting to China. Also, home appliances manufacturers are now relocating their assembly plants to China. In light of this situation, the production volume of sheathed heaters in Japan has halved compared with 10 years ago, and the consumption of MgO has also decreased. The potential market in China is huge and every company is looking at it as the attractive market.

So the remaining area in Japan is the specific and unordinary heaters with high value, such as the development of hybrid heaters, which can operate safely with automatic controls adjusting the temperature, not just heating, equipped with heat and safety controls. Not competing just in terms of cost, creation and innovation will be required. We expect more and more creative MgO products to be developed matching with needs in the field of heaters.