

身近な金属のミクロ組織を読む 第●回 76



保温・保冷に便利な魔法瓶

シリーズ 材料の素顔に迫る

魔法瓶は中に入れたものを長時間保温・保冷できる容器で、どの家庭にもある生活必需品です。その代表的な製品について調べました。

はじめに

魔法瓶のルーツは1881年ドイツの物理学者ヴァインホルトが考案した2重壁のガラス瓶とされている。1892年にイギリスの科学者デュワーがガラス製の真空ボトル、液体酸素用の金属製2重壁容器を考案した。現在の魔法瓶の原型と言われている¹⁾²⁾。1904年ドイツ人のブルガーが「テルモス社」を創設し、ガラス製の真空瓶を保護用の金属容器で覆う家庭用魔法瓶の生産を開始した。1908年日本に初めてテルモス社製の魔法瓶が輸入された。1912年大阪の日本電球の八木亭二郎により国産初の魔法瓶が誕生した。このとき商標登録をした「魔法瓶」の名称が一般に使用されている。大正時代は大阪の特産品として輸出が盛んに行われた。第2次世界大戦により生産は中断されたが、1946年に携帯型、1956年に卓上型が製造され、1966年には広口、押すだけで湯が出る大型製品も製造された。1970年には保温専用の保温電気ジャー、1978年には日本酸素(株)がステンレス製魔法瓶を開発した。その後湯量が外からわかる連通管、薄い2重管設計、高温を維持できる電気ポット等が開発された。

調査した製品

魔法瓶は上述のように、外瓶と中瓶の間を真空にして断熱性を高め、中瓶の表面はめっきなどにより放射伝熱を軽減するものもある。JIS S2006-1994ではガラス製のまほうびん、JIS S2053-1994ではステンレス鋼製まほうびんについて、衝撃試験、湯漏れ試験などが規定されている。魔法瓶の保温効力については20±2℃の室温で95±1℃の湯を注ぎ、24時間後(例えば54℃以上)、6時間後や10時間後(79℃以上)の温度で示す。保冷効力も同様に4±1℃の水を注ぎ、6時間後の水の温度(例えば8℃以下)で表示することもある。

魔法瓶には多様な製品があるが、今回は軽くて持ち運びが容易でエコの世代にマッチして急速に普及したステンレスマグと、電気加熱できるので保温温度が制御できる電気ポットについて調査した。

1. ステンレスマグの構造

(1) 円筒の製作: 外筒と内筒はいずれもステンレス鋼板を筒状に加工して、縦シーム溶接後口金を加工している。外筒の口金部はねじ形状、内筒はやや上開きの形状である。溶接部は凹凸が目立たないように研磨がなされている。底板を溶接した内筒を外筒内に挿入し、両者の口金部を円周溶接する。外筒と内筒の隙間は1~2mmであり、Cu箔も破損せずに内筒に巻きつける治具が考案されている³⁾。

(2) 真空断熱層の製造: 真空断熱層はろう溶接部を設けた外筒の底板を円周溶接し、内筒と外筒間を真空にする(写真1)。ステンレスマグの真空封止に用いられているろう溶接方法は、予備排



写真1 ステンレスマグの断面写真

気→加熱脱ガス→高真空排気→ろう付け→冷却による⁴⁾。加熱脱ガスは酸化防止と真空度を高めるためである。今回のろう材はSnで融点は232℃と低い。この真空断熱層の内面は放射伝熱防止のため表面をめっきすることや、今回のようにCu箔を挿入することがある。Getterを用いて吸蔵ガスを吸収する方法もある。更に外筒の底部は底蓋で覆われている。

(3) 内筒内面の塗装: 内筒の内面はフッ素コートにより、色や臭いが残りにくい配慮がなされている。これは下塗り後120~200℃で1次焼成し、上塗り後400℃以下の温度で2次焼成する⁵⁾⁶⁾。真空断熱層内面(内筒の外側、内筒の内面)が着色しているのは、このフッ素コートの焼成時の酸化によるものであろう。

(4) 材料: 外筒(板厚0.25mm)、内筒(0.2mm)、底板(内筒0.3mm、外筒0.4mm)に使用された材料は、いずれも加工性の良いSUS304のステンレス鋼板である。組織に異質性が見られないので、焼鈍材であろう。母材、溶接部の光学顕微鏡組織を写真2に、化学成分と硬度を表1に示す。

2. 電気ポットの構造

安価製品は外筒と内筒の間に空気断熱層のみの

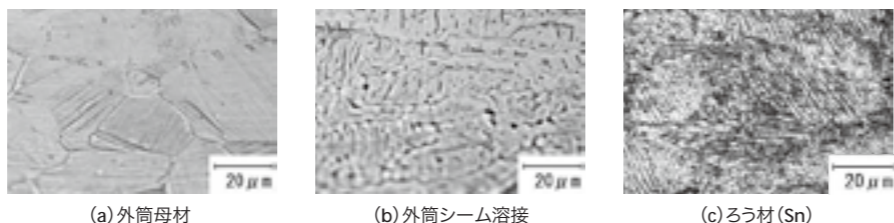


写真2 ステンレスマグ外筒各部の光学顕微鏡写真

表1 魔法瓶に使用された材料の化学成分と硬度

製品	測定箇所	化学成分 (mass%)									ピッカース硬さ (HV1)		
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	母材	シーム溶接部	円周溶接部
ステンレスマグ	外筒	0.073	0.53	0.99	0.028	0.003	8.08	18.07	0.09	0.61	276	280	182
	内筒	0.028	0.10	0.09	0.029	0.003	0.16	17.47	0.46	0.03	136	161	200
電気ポット	真空断熱層	0.074	0.44	0.84	0.035	0.007	8.08	18.35	0.24	0.29	186	232	200
	内筒	0.028	0.10	0.09	0.029	0.003	0.16	17.47	0.46	0.03	136	161	200

構造であるが、高級品は外筒と内筒の間に真空断熱層を有する3層構造である。手動で蓋を押して内筒の内圧を高めて注湯する方法や電気モーター内蔵のものがある(写真3)。また電子部品内蔵で、再沸騰温度の制御や通信機能を持たせて、独居老人の安否確認をリアルタイムで確認できるものも開発されている。



写真3 電気ポット外観と構造

(1) 3層構造(写真4): 外筒は炭素鋼の塗装鋼板を筒状に加工して、重ね部は溶接ではなくカシメ法で加工されている。真空断熱層はステンレス鋼板SUS304を円筒状に加工後、縦シーム溶接をした2本の円筒の内、外側の円筒は蛇腹加工が施されている。真空にした場合の強度確保の配慮である。内側の円筒は平滑である。この2本の円筒の上下を円周溶接して真空断熱層を構成している。

(2) 真空断熱層の製造: 断熱性を高めるための真空層の製造には前述のろう溶接法ではなく、ここではチップ管法が採用されている(写真5(a))⁷⁾。チップ管封止は、脱脂・酸洗→予備排気→加熱脱ガス→高真空排気→冷却→チップ管を閉じ切る方法である。ステンレスマグと異なり、中にはAl箔が挿入されており、内面は着色のない金属色のままである(写真5(b))。着色の違いは、電気ポットは外筒・内筒とは独立した真空断熱層を有する

住友金属工業株式会社 社友 工学博士 大谷 泰夫

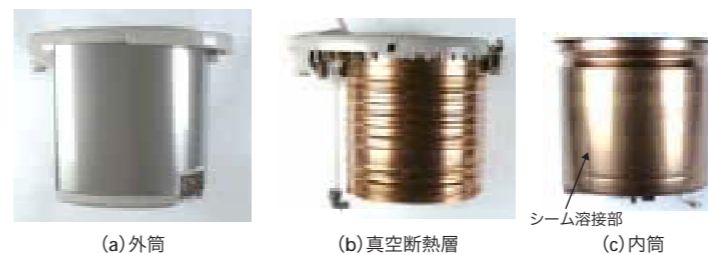


写真4 電気ポットの各部写真

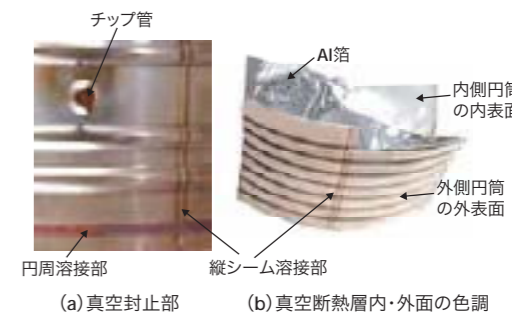


写真5 真空断熱層の真空封止部および内外面の色調

からである。電気ポットの真空断熱層が加熱されるのは真空排気工程のみであり、真空断熱層内部では、フッ素コート時に加熱された場合より酸化されることが少なかったと思われる。電気ポットでも真空断熱層の外側やフッ素コートされている内筒の外側はステンレスマグと同様に着色が見られる。μ-ESCAによる表面の元素分析結果を図1に示す。着色部の表面はFe酸化物主体、内部はCrが富化した酸化皮膜でその深さは約20nmである。これに対して金属光沢の表面はFeとCr主体の組成であり、酸化皮膜の深さは2nmと着色皮膜の1/10である。色調は元素と厚さによるが、ステンレス鋼を大気中で20分間高温で加熱すると、300℃では薄い茶色、400℃では金色を呈した。このことから今回の色調変化はこの温度範囲に加熱されたからと思われる。

(3) 上部構造: 本体の上部には、給湯・ロック機構、温度設定などの操作部がある。蓋は開閉用ばね、転倒時の漏水ロック機構を有する(写真6)。(4) 下部構造: ポンプユニット、内筒の底部を加熱するヒーター、温度制御機構、熱遮蔽板がある(写真7)。



写真6 上部構造

(5) 材料: 外筒は極低炭素鋼の塗装鋼板で、フェライト組織である。真空断熱層は冷間加工性の良いオーステナイト系ステンレスSUS304鋼板である。電熱ヒーターを底部に取り付けた内筒はオーステナイト系より熱膨張係数が低く、熱伝導率の大きいSUS430のフェライト系ステンレス鋼が用いられている。これらの顕微鏡組織写真を写真8に、化学成分を表1に示す。電熱線は2種類あり、小電流用で安全装置の役割も有する細線は4本のNi線と1本のニクロム線(77Ni-21Cr-2Si)の撚り線であった。大電流用と思われる帯状の線はカンタル薄帯(24Cr-6Al-70Fe)を2枚のNi薄帯で挟んだものであった。

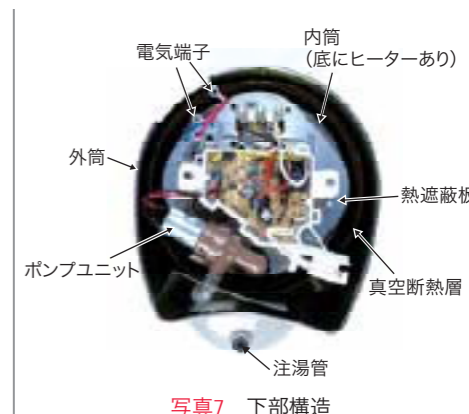


写真7 下部構造

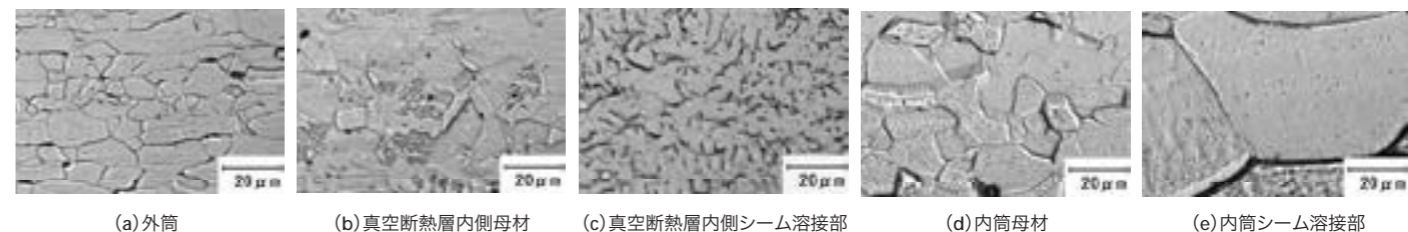


写真8 電気ポットの外筒、真空断熱層、内筒の光学顕微鏡組織写真

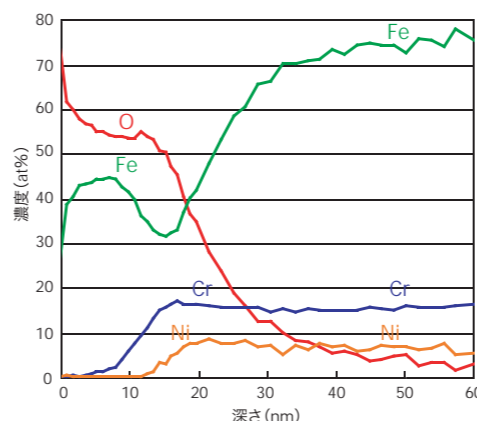


図1(a) 電気ポットの真空断熱層外側円筒外面(金色)の深さ方向の元素分布

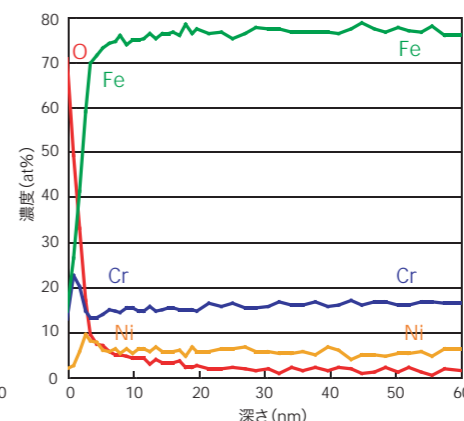


図1(b) 電気ポットの真空断熱層内側円筒内面(金属色)の深さ方向の元素分布

おわりに

魔法瓶は我々の日常生活にはなくてはならない必需品です。何気なく使っている製品もきめ細かい技術的配慮がなされていることは驚くばかりです。エコの時代を反映し、用途に応じた材料の選定、安全性への配慮、一段と向上した性能に加えて、最新の電子頭脳が組み込まれるなど、ますます多様な製品が開発されています。

参考文献

- まほうびん記念館(大阪市北区 象印マホービン(株)本社)
- http://www.customs.go.jp/osaka/toukei/pdf/tokushu_201109.pdf
- 特開2000-41867
- 特開2000-51098
- 特開2002-59273
- http://www.yodogawa-acc.co.jp/download/img/yodogawaacc02.pdf
- 特開平1-303112