

温かい料理が楽しい

●シリーズ●

材料の素顔に迫る

身近な金属の
ミクロ組織を読む

第・回
42

はじめに

ホットプレートの世帯普及率は約80%で、その販売数は年間110~120万台にも達するとのことです。¹⁾ 最初は平面プレート加熱するだけでしたが、最近では深い溝をつけたプレートや兜状の形状をした焼肉用、お好み焼き用、タコ焼用、深底のすき焼き用、鍋物用、さらに魚などの料理に焼き網のついた製品など多様になってきています。

ホットプレートの構造

今回調査したホットプレートの外観写真を写真1に示す。耐熱ガラス、プレート(銅)、伝熱板、温度調節部、外装、からなっている。電熱部は古くはコイル状に巻かれたニクロム線を、溝のあるセラミックスに設置されたものであった(現在でも販売されている)。最も多く見かけるのは写真2に示すように、電熱線を保護管で包んだシース伝熱管を配置したものであろう。

今回調査したものは、電熱管を内蔵した平面状の伝熱板を有するタイプである。



写真1 調査したホットプレートの外観



写真2 伝熱管に直接プレートを置くタイプ

鍋の材料

写真3に示す鍋は耐熱アルミニウム合金の鋳造品である。成分は表1に示すように、Al-11%Siの共晶合金(Al-12%SiのAC3A合金に近い)である。α-Alとα-Siの共晶組織(写真4)で、高い流動性と凝固時の収縮が少なく、薄肉で複雑な形状の鋳物に適した鋳造性のよい合金である。²⁾ Cuが添加されており、CuAl₂(θ相)による析出強化が行



写真3 深底鍋

表1 鍋の化学成分 (mass%)

Si	Mn	Cu	Cr	Fe	Mg	Zn	Al
11.07	0.17	1.82	0.01	0.75	0.07	0.80	Bal

われている。またアルミニウムの熱伝導率は鉄の数倍高いので、均熱にはその特徴を発揮するであろう。

料理をする鍋の表面近傍の断面組織を写真5に示す。アルミニウムの合金鍋(3)の表面をショットブラスト後、フッ素系のコーティング(2)、さらに耐熱性のフッ素樹脂コーティング(1)が施されている。対磨耗性を付与するためと思われるAl、Si、Tiの酸化物(A)(B)が分散している。

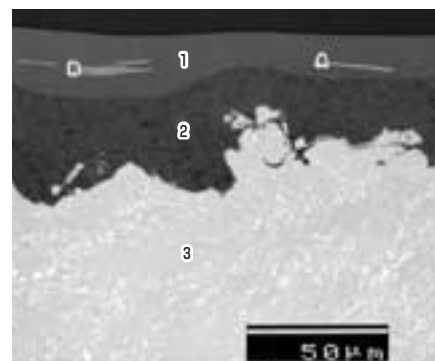


写真5 鍋表面近傍の断面形態

伝熱部の材料

写真6(a)に伝熱部の外観写真を示す。写

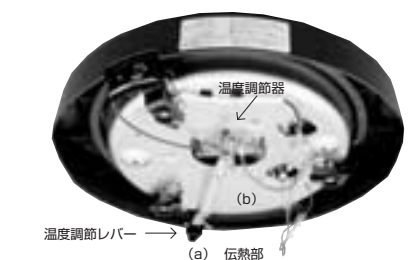


写真6(a) 伝熱部

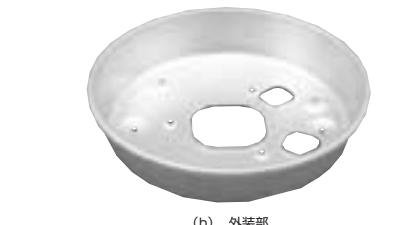


写真6(b) 伝熱部外観状況



写真4 鍋の材料(A-Si共晶合金)

真7に示すように、電熱線はAl合金製の伝熱板内に鋳造されている。

直径が約0.3mmの線を2本撚りにした電熱線は、直径8mmの保護管に挿入されている。電熱線の回りは耐火材としてのマグネシア粉末が充填されている。このようにして組み立てられたシース管はアルミニウム合金の伝熱板に鋳込まれ一体型になっている。その断面組織を写真8に示す。(写真2に示すタイプの電熱線上に、単にアルミニウム合金板を置いた簡易型も販売されている)

これらの化学成分を表2に示す。

電熱線はFe-25%Cr-5%Alのフェライト系耐熱合金(FCH1)である(写真8b)。この合金は、電気抵抗が百数十μΩ・cmと高く、温度による電気抵抗値の変化が小さい。通電により表面に生成する酸化皮膜が優れた耐高温酸化性を有している。³⁾

電熱線を包む保護管は、極低炭素鋼である(写真8c)。伝熱板はAl-Si共晶合金である(写真8d)。写真3よりも共晶組織が粗らいのは、鍋よりも厚肉のため冷却速度が小さいと思われる。

外装部は加工性のよい極低炭素鋼板で覆われている。(表3、写真9)



写真7(a) 上面

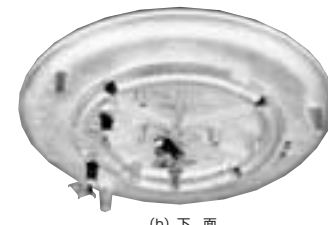


写真7(b) 下面

写真7 伝熱板の外観

多機能調理器

住友金属工業(株)社友
工学博士
大谷 泰夫

家庭で手軽に温かい料理を楽しむことが出来る

便利な **ホットプレート** は、今や食卓の必需品になってきています。

単純な構造ですが、材料の特徴を生かした高機能製品といえましょう。



出典: TOSHIBA 総合カタログ2003-夏号

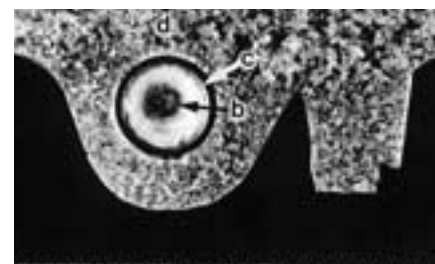


写真8(a) 断面

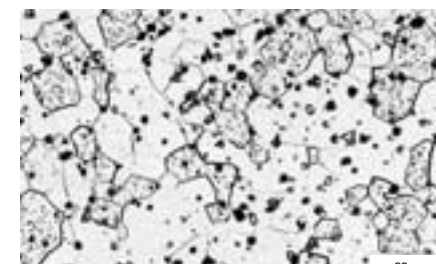


写真8(b) 伝熱板(Fe-Cr-Al合金)



写真8(c) 保護管(極低炭素鋼)



写真8(d) 伝熱板(Al-Si合金)

写真8 伝熱部の構造と材料の光学顕微鏡組織

表2 伝熱部材料の化学成分 (mass%)

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Fe	Mg	Zn	Ti	Al
伝熱板	-	13.1	0.21	-	-	1.54	-	0.03	-	0.70	0.10	1.28	0.03	Bal
保護管	0.004	0.02	0.07	0.014	0.010	0.01	0.02	0.01	0.01	Bal	-	-	-	-
電熱線	0.062	0.65	0.18	-	-	-	0.06	24.15	-	Bal	-	-	-	5.20

表3 外装部の化学成分 (mass%)

	C	Si	Mn	P	S
	0.004	0.14	0.07	0.015	0.014

Cu, Ni, Cr, Mo < 0.04%



写真9 外装部材の光学顕微鏡組織(極低炭素鋼)

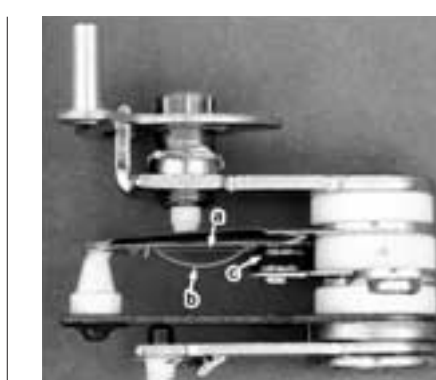


写真10 温度調節部

温度調節部

温度調節は写真10に示すように、温度によって板状のばねが伸び縮みすることによって、電気接点が開閉するサーモスタット機構による。即ち温度が高い設定の場合には、外部の温度設定用のレバーを高温側に動かすと、レバーの先に繋がった部分が回転して、ばねを押し広げて接点がつながる。温度が高くなるとばねが熱膨張によって伸びるので、接点は開き通電はOFFになる。設定温度より低くなると再びばねが収縮するので、接点はONとなり通電するようになる。中間の温度調節はレバーにより、接点の間隔を変えることにより可能である。

このように極めて簡単な温度制御機構であるが、ばねの材料特性を精度よく生かす技術や加工精度は驚くばかりである。(a)の薄い板と、(b)の薄い板のばねの材料はいずれも熱膨張係数が大きく、高温で使用可能なニッケル合金である。(表4)

(c)の接点の材料は、最高の電気伝導度と熱伝導度を有し、耐酸化性もある純銀である。

温度分布

実際に鍋の温度分布をサーモグラフィーを

表4 温度調節部 a,b部の化学成分 (mass%)

Si	Ni	Cr	Fe
0.44	93.06	1.19	5.31

用いて測定した。写真11に通電開始9分後の温度状態の測定結果を示す。通電開始2分後では電熱線の埋め込まれた近傍が昇温し、6分後には温度が均一になる領域が広がり、9分後には写真の如く鍋底全体が均一な温度になることがわかる。温度分布は写真2に示すタイプのものより均一性はよいと思われる。



写真11(a) 加熱前

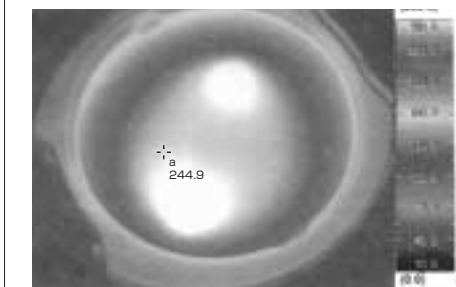


写真11(b) 加熱後9分後

写真11 サーモグラフィーによる鍋の温度変化

おわりに

ほとんどの家庭にあるホットプレートはその機構が単純なだけに、どのような機能を付与するかメーカーはしるぎを削っています。色々な料理ができるプレートや各種形状の鍋を組み合わせた、その収納のし易さに工夫がなされています。高温で焼く部分と、低温で保温できるように部分加熱の可能な電熱部の配置なども面白いアイデア製品です。

IH調理器が次第に多く使用されるようになってきましたが、ホットプレートはまだまだ経済的で使い易く、材料の特性を如何なく発揮している電気器具といえましょう。

●サーモグラフィーによる温度測定は、住友金属テクノロジー(株) 関西事業部 試験・調査部の櫻田 理 次長による。⁴⁾

【参考文献】
(1)日経産業新聞(2002.9)
(2)金属便覧:日本金属学会編(1990)、(丸善)
(3)鉄鋼便覧(IV):日本鉄鋼協会編(1981)、(丸善)
(4)住友金属テクノロジー(株)関西事業部:〒660-0856 尼崎市東向島西之町1番地(Tel:06-6411-7663)