

身近な金属の
ミクロ組織を読む
第 35 回

ご飯が美味しい、

●シリーズ● 材料の素顔に迫る



(a) 外観写真

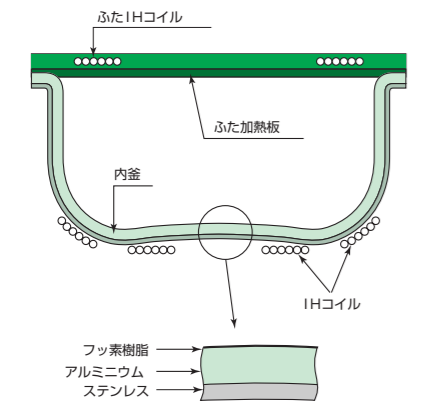


図1 IHジャー炊飯器

はじめに

電気を使う身近な家庭調理器は、ホットプレート、沸騰・保温ポット、電磁調理器、炊飯器等々があります。

最初に登場した自動炊飯器は、発熱体と内釜の接触による伝熱加熱方式でした。今から約10年前にIHジャー炊飯器が登場しました。現在では年間600万台以上のIH炊飯器が国内で生産されています。

IH炊飯器とは？

IH炊飯器の外観と構造を図1(a)(b)に示します。IHとは、Induction Heating (誘導加熱)の意味です。コイルの中に置かれた金属は、コイルに流れる電流により発生する

磁力線によって誘導電流(渦電流)が生じて、加熱されます。この原理は金属の加熱焼入れや、高周波による表面硬化の熱処理に広く用いられています。

炊飯器では内釜を包むように、底部、上部、上蓋の位置にコイルが配置されています。これらのコイルに電気を流すことによって、内釜自身が均一に加熱される仕組みになっています。

● 内釜の秘密

誘導加熱によって加熱される内釜の材料にはどのような性質が要求されるのでしょうか？

まず、誘導加熱され易い材料が必要です。オーステナイト系ステンレス鋼やアルミニウムのような面心立方(FCC)金属よりも、軟鋼やフェライト系ステンレス鋼のような体心立方(BCC)金属の方が、厚い材料の内部まで加熱され易いので適しています。(図2)

次に、水や蒸気が多い環境で使用されるので、ステンレス鋼やアルミニウム等の錆び難い材料が適しています。

更に、内釜全体の温度が均一になるように、熱伝導性が良い材料、内釜を成形するために加工性が良く、炊事の取り扱いが容易な軽い材料が望まれます。

以上の条件を満足するための材料として、それぞれの特性を生かした金属を重ね合わせたクラッド材料が用いられています。即ち、誘導加熱の容易なフェライト系ステンレス鋼と、伝熱特性が良い軽いアルミニウムが選定されています。SUS/Alクラッド材はSUS/SUSクラッド材よりも熱伝導性が優れていることが分かります(図3)。

その化学成分を表1(a)(b)、代表的な特

性を表2に示します。クラッド材料の接合界面を詳細に観察しました。内面は熱やキズに強いフッ素樹脂加工が施されています(写真1)。写真2の光学顕微鏡組織写真に示すように、アルミニウムとステンレス鋼の界面は滑らかに接合していることが分かります。

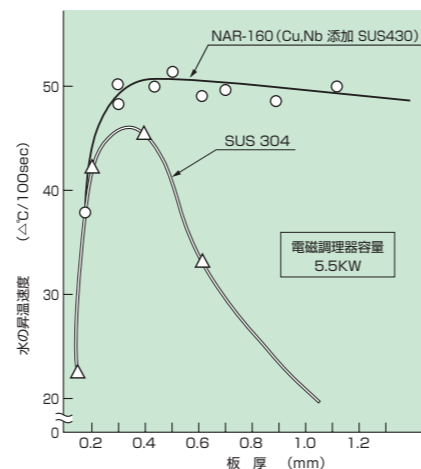


図2 ステンレス鋼の電磁誘導加熱特性*

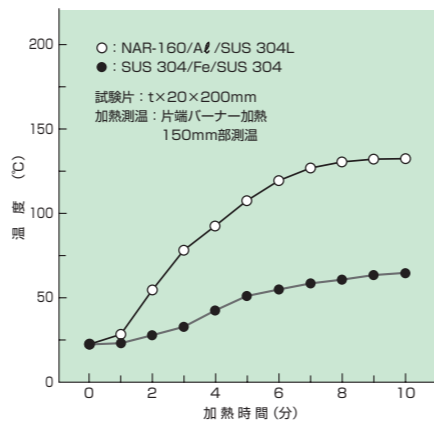


図3 クラッド材の電熱特性*

表1 (a)クラッド材ステンレス皮材の化学成分 (wt%)

C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Nb	N
0.015	0.49	0.54	0.026	0.001	0.38	16.75	0.52	0.015

表1 (b)クラッド材アルミニウム母材の化学成分 (wt%)

Si	Fe	Si+Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zr	Ti	Al
0.09	0.60	≤1.0	0.14	微量	微量	微量	微量	0.01	99.2

表2 クラッド材の代表的な物理的性質*

組合せ	比重 (-)	比熱 (J/kg·K)	熱伝導率 (W/m·K) 表面に平行方向
2層	NAR-160/A110	4.01	800
ソリッド	NAR-160	7.7	460
	純Al (A110)	2.7	921

注) NAR-160: Cu, Nb添加 SUS430

IHジャー炊飯器

住友金属工業(株)社友●工学博士
大谷 泰夫

「はじめチョロチョロ、なかパッパ、赤子泣くとも蓋取るな」。

ご飯を美味しく炊くのはなかなか難しいものです。最近では、どこの家庭でもふっくらとした味を楽しむことができます。

その秘密のひとつは機能性材料のお陰です。

単身赴任のお父さんや新米主婦の強い味方、IHジャー炊飯器の秘密に迫ってみましょう。



写真1 内釜の断面形状

E PMA(電子線マイクロアナライザー)分析による接合境界近傍の元素分析結果を写真3に示します。互いに拡散している距離は極めて僅かです。このことはFe-Alの金属間化合物は殆ど生成していないか、加工性に影響を及ぼさない程度の厚さと思われる。

アルミニウムとステンレス鋼の硬さはそれぞれHV40(引張強さ換算 130Mpa)、HV240(引張強さ換算 800Mpa)であり、十分な強度を有しています(図4)。これら

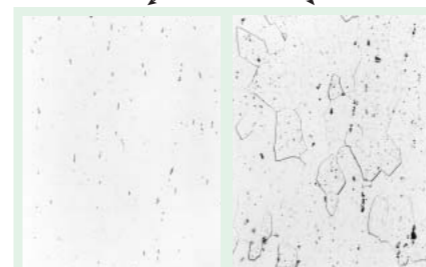
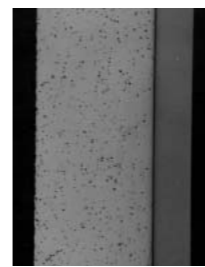


写真2 クラッド材の断面と光学顕微鏡組織

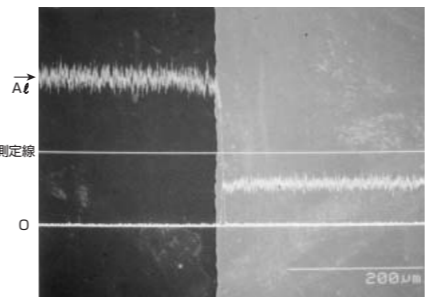


写真3 接合面近傍のAl、Feの分布

の材料が通常の熱処理材よりも硬いのは、製造時の強圧下と内釜の成形時の加工硬化によるものであろう。

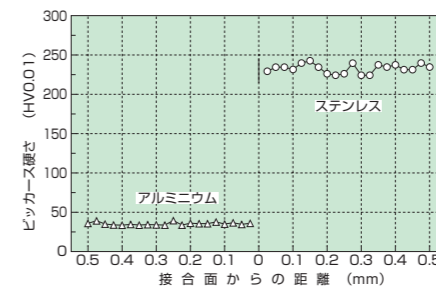


図4 断面硬さ分布測定結果

● クラッドの製造法

クラッドの製造方法としては、冷間圧延後に加熱により拡散接合する方法、熱間圧延による接合法、爆発接合法、ロウ付接合法等があります。今回調査した材料のように金属の融点が大きく異なり、また酸化被膜が強固であり、接合界面強度を著しく低下させる金属間化合物が生成し易い場合には、生産性の良い熱間圧延法が適用できません。

そのために各々の金属を加熱して強圧下することにより、新生面を生成させて接合する方法が採用されています。この場合の加熱方法は高周波による誘導加熱が採用されていま

す。広幅のクラッドコイルの製造ラインを図5に示します。素材の製造と製品の使用方法が全く同じ原理であることは不思議な因縁と言える。

● ご飯を炊いてみました

内釜内に取り付けた熱電対によって測定した温度変化を図6に示します。最初の20分は緩やかに加熱され、その後急速に100に上昇してから約25分で炊き上がりです。この間最高到達温度は105に達しました。圧力の上昇とこの温度が美味しく炊けるコツのようです。

● おわりに

美味しい料理、それは作る人も、味わう人も楽しいことです。今やIH炊飯器の構成比率は50%を越えると言われています。更なる味の追求のために、内釜の表面積を多くするデインプル(凹み)を付けたり、銅を貼り付けたり、3層以上のクラッド材の採用も行われています。クラッド材は金属の持つ特性を如何なく発揮する機能性材料といえます。その用途はまだまだ広がると思われます。

【参考文献】
*住友金属工業株式会社 直江津製造所 カタログ(1997年7月)

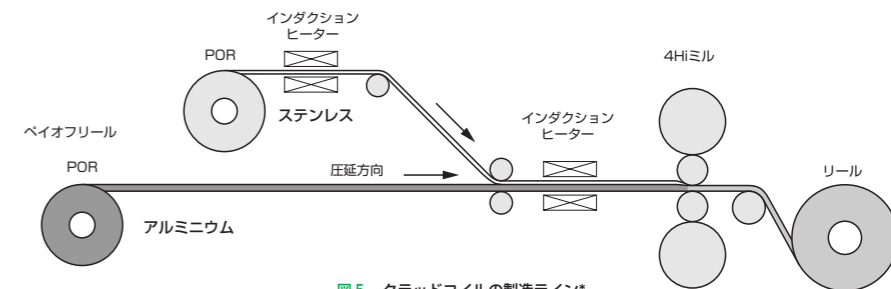


図5 クラッドコイルの製造ライン*

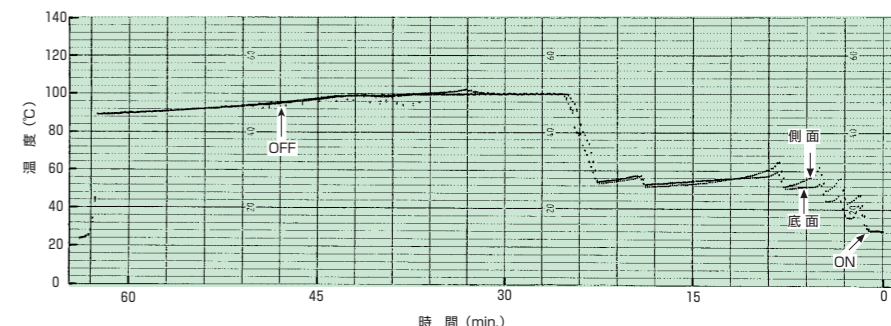


図6 炊飯時の温度分布測定結果