

JCBA

渦流式導電率計による導電率測定方法

JCBA T603:2011

平成23年5月17日 制定

日本伸銅協会技術委員会 審議

(日本伸銅協会発行)

目 次

	ページ
序文	
1 適用範囲	1
2 用語及び定義	1
3 測定条件	1
4 測定手順	4
5 その他注意点	4

渦流式導電率計による導電率測定方法

Measuring method of Electrical Conductivity by Eddy Current Conductivity Meter

序文

日本伸銅協会の電気部品用銅合金標準化委員会において、渦流式導電率計(以下、導電率計という)による導電率測定方法を検討した。この標準はその導電率測定方法を日本伸銅協会(JCBA)技術資料として規定したものである。

1 適用範囲

この標準は、主として電気・電子部品に使用する、銅及び銅合金の条・板及び棒の導電率計による導電率測定方法について規定する。磁性元素の鉄、コバルト、ニッケルを含有する銅及び銅合金の場合、各含有量をそれぞれ、鉄 $\leq 0.1\text{wt}\%$ 、コバルト $\leq 1.5\text{wt}\%$ 、ニッケル $\leq 3.2\text{wt}\%$ としたが、コバルトとニッケルについては含有率の上限は確認できていない。

2 用語及び定義

この標準報告書(TR)で用いる主な用語及び定義は次による。

a) 導電率

20°Cにおける電気抵抗値を、標準軟銅(1.7241 $\mu\Omega\text{cm}$)との百分率比で表したものを、%IACSと表示する。

b) 導電率計

長尺のサンプルに通電して電気抵抗を測定するのではなく、十分な厚さと面積を持った被測定物近傍に置いた測定コイルに交流電流を流し、それによって生じる渦電流を利用して電気抵抗を測定する測定機。

c) プローブ

測定コイルを内蔵した導電率計の測定子。

d) 標準浸透深さ

プローブにより発生させた交流磁界により被測定物内部に渦電流を発生させるが、その交流磁界が表面の e^{-1} (0.3678...)倍となる深さを標準浸透深さとする。

3 測定条件

3.1 測定に使用する周波数

測定にはサンプルの厚さが標準浸透深さの3倍よりも大きくなる周波数を選ぶものとする。

図2及び図3に、測定周波数毎の標準浸透深さの3倍になる最小測定厚さを示す。厚さがこれ以下の場合には複数を重ねて測定を行う事で、一枚板と同等の測定結果を得ることが出来るが密着している必要がある。重ね合わせた時は異なった周波数で測定して同じ結果が得られることを確認す

る必要がある。

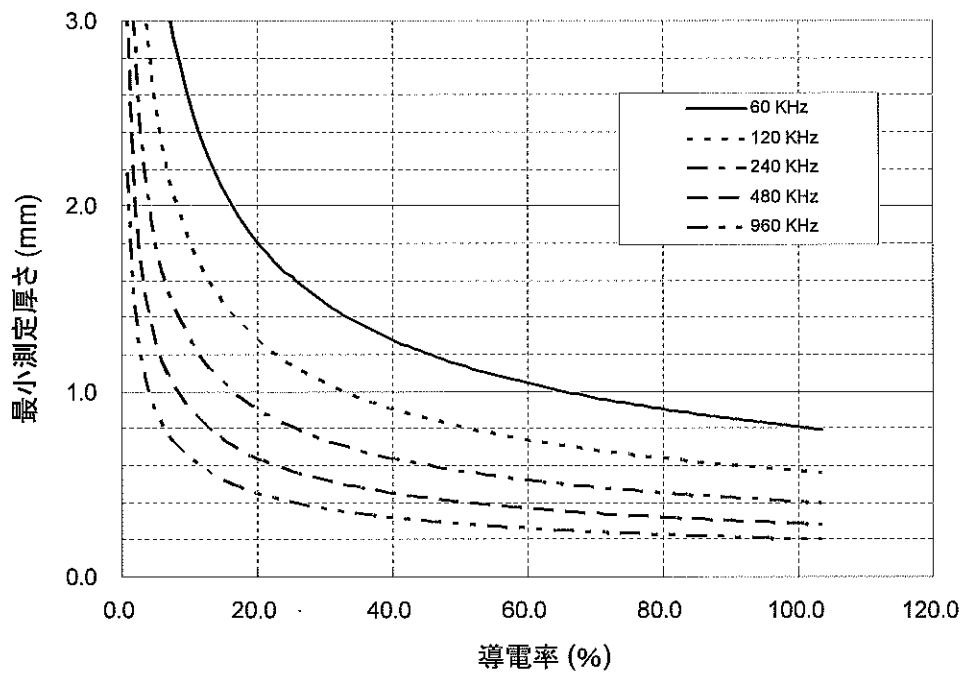


図2 測定周波数による最小測定厚さ(1)

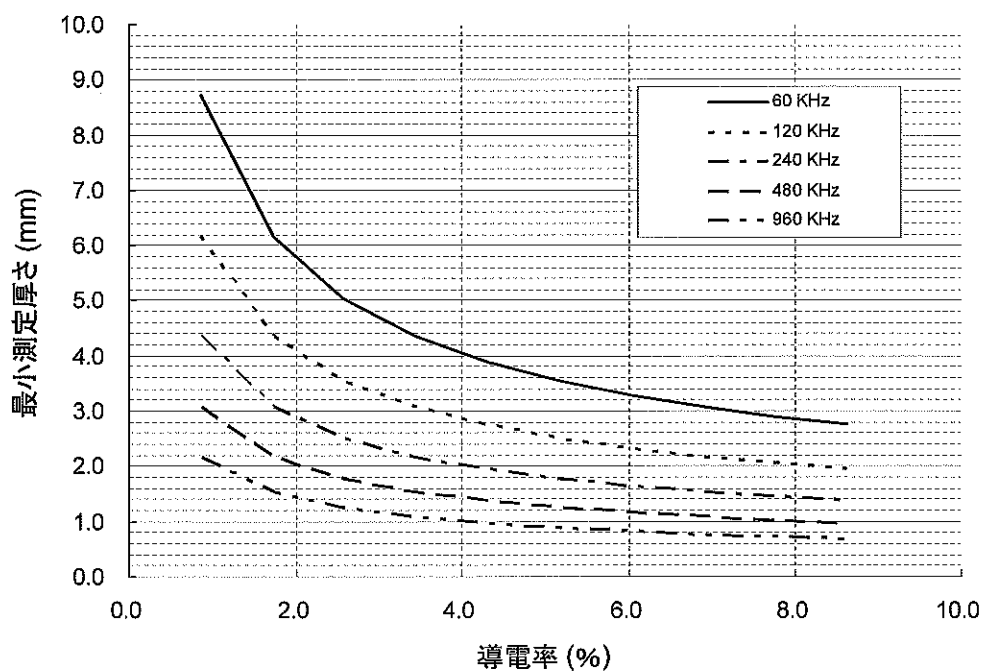


図3 測定周波数による測定最小厚さ(2)

3.2 表面状態

被測定物の表面には凹凸、塗装、めっき及び付着物等のプローブの密着を妨げたり磁力線の透過

を阻害するものがあるとはならない。表面の凹凸については使用する周波数によって影響が異なり、高い周波数を使用する時はより高いプローブとの密着性が必要となる。

3.3 測定温度

導電率は温度によって変化するため、被測定物、測定器、標準試験片は 20℃ に保持しておくこと。

3.4 被測定物の大きさ

被測定物の測定箇所は、プローブの接触面よりも大きな寸法とする。

4 測定手順

4.1 測定周波数の選定

図 2 又は図 3 から、測定周波数の下限を読み取る。

4.2 恒温化

被測定物、測定器、標準試験片は 20℃ に保った恒温室に十分な時間保管し、測定までに全体を均一な温度にすることを基本とする。

4.3 基準片による校正

導電率計は使用前に基準片での校正を行う。また使用中は、試料の温度が 5℃ 以上変化する毎に校正を行う事が望ましいが、この時基準片は試料と同じ温度にしておく必要がある。

4.4 測定値の記録

導電率計に表示される測定値は、小数点 1 桁目までを記録する。

5 その他の注意点

最新の測定器には各種の補正機能が追加されているが、その利用に当っては使用者側で精度の検証を行わなければならない。

JCBA T603 : 2011

渦流式導電率計による導電率測定方法

解 説

この解説は、本体に規定した事柄、附属書に記載した事柄、並びにこれらに関連した事柄を説明するもので、資料の一部ではない。

1. 趣旨

この資料は、銅及び銅合金の渦流式導電率計による導電率測定方法について、日本伸銅協会技術資料として必要な装置、手順などを規定したもので、渦流式導電率計を「公知・公用化」することを目的とする。

導電率は銅及び銅合金のもっとも重要な特性の一つであり、その測定方法は JIS H 0505「非鉄金属材料の体積抵抗率及び導電率測定方法」がある。この測定方法（通称：四端子法）は、長さ 300mm 以上の細長い試料の電気抵抗を測定し、体積抵抗率（単位長さ、単位断面積をもつ材料の電気抵抗値）及び導電率（標準軟銅の体積抵抗率を材料の体積抵抗率で除する）へ換算するものである。従って、試料の形状（細長い）、寸法（長さ）と精度（均一断面）に対する要求が比較的高い。

一方、携帯式で測定が迅速かつ操作が簡単で、測定対象の形状の制約が小さく塊状の物でも測定が可能で、非破壊で測定ができる渦流式導電率計は、一部のメーカーとユーザーに十数年間に渡り使用されてきたが測定可能な範囲（合金系、厚さ）、測定条件（測定温度、表面状態）と測定方法などについて、規定されていなかった。

今回は、主として次の諸点を視点として検討を行なった。

2. 測定原理

2.1 導電率計の原理

導電率計は外部からの磁場の変化で生じる金属中の渦電流が、その導電率で異なることを利用して測定するものである。被測定物の金属に密着して置いたプローブに交流磁界を発生させ、被測定物中に生じた渦電流の強さをプローブで検出して導電率を測定し表示する。

2.2 標準浸透深さ

プローブにより発生させた交流磁界により被測定物内部に渦電流を発生させるが、深さ x での交流磁界の強さは次式で表される。

$$H_x = H_0 \cdot \exp[-\sqrt{\pi f \mu \sigma} \cdot x] \quad \dots \text{式1}$$

H_x : 深さ x での磁界の強さ

H_0 : 表面での磁界の強さ

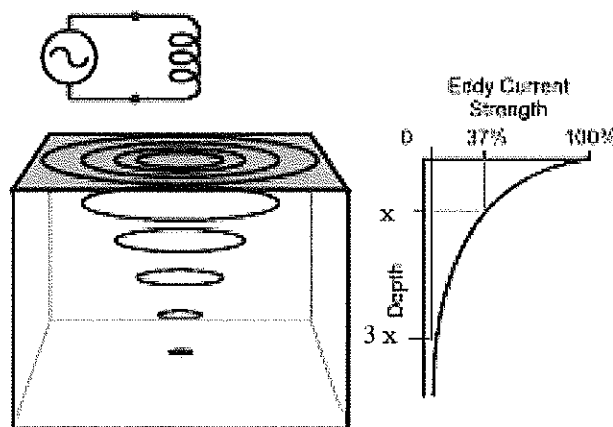
f : 交流の周波数

μ : 透磁率

σ : 導電率

この時、指数部 $[-\sqrt{\pi f \mu \sigma} \cdot x] = -1$ となる深さ x を標準浸透深さとし、渦電流の強さは表面

の e^{-1} (0.3678...) 倍となる。(解説図 1 参照)



解説図 1 渦電流の強さと表面からの距離

3. 審議中に問題となった事項

a). 渦流式導電率計による導電率測定結果と四端子法測定結果の整合性

ワーキンググループ 3 社は導電率の異なる代表的な 3 種の銅及び銅合金 (C5191, C2600 と C1020) について、板厚が図 1 に示す最小測定板厚より厚いものに対して、渦流式導電率計及び四端子法で測定した結果を解説表 1 に示す。

解説表 1. 導電率各社協同試験条件と結果

試料	板厚 (mm)	渦流式									四端子法
		480KHz		240KHz		120KHz		60KHz			
		A 社	B 社	A 社	B 社	A 社	B 社	A 社	B 社	C 社	
C5191	2.5	13.23	13.45	13.54	13.69	13.60	13.81	13.84	13.92	13.70	13.92
C2600	2.0	28.22	28.36	28.63	28.55	28.59	28.63	28.50	28.70	28.60	28.48
C1020	2.5	101.9	101.4	101.2	101.5	100.7	101.6	100.9	101.7	101.1	102.6

両方法での測定結果を良好な一致性があることが分かる。

b). 有効浸透深さより薄い薄板の重ねる測定方法の信頼性

ワーキンググループ 3 社は C5191, C2600 と C1020 について、図 1 に示す最小測定板厚より薄い板厚 (0.3mm) のものに対して、重ねる方法を用いて渦流式導電率計で解説図 2 に示すように、各測定周波数での最小測定板厚を測定した。測定結果を解説図 2 に示す。最小板厚は有効浸透深さの 3 倍として、式 (1) (透磁率 $\mu=1.0$ とする) で計算された結果を解説図 3 の実線で示す。

測定結果は図 1 に示す計算結果に一致することが分かる。

c). 導電率が影響を受ける要因

同じ組成でも加工の履歴による内部の変化で導電率は変化するので、それらの変化を調べるために導電率を測定することがある。

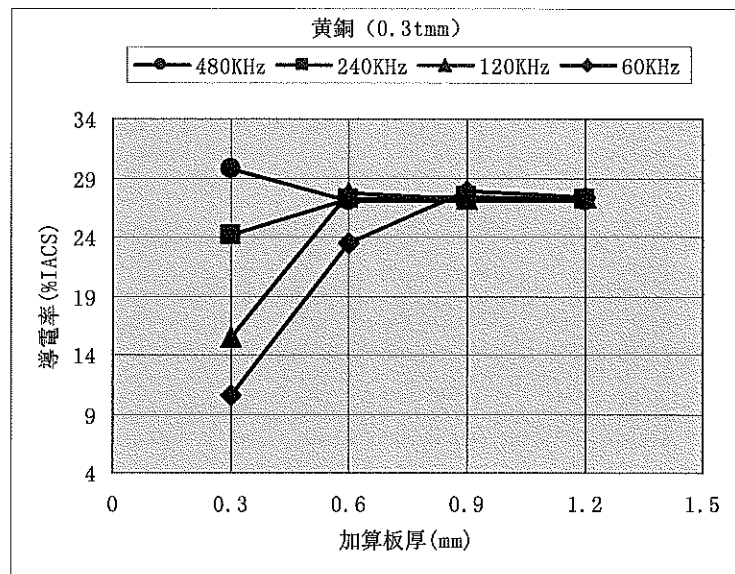
d). 酸化膜除去の必要性

熱処理で生じる表面の酸化膜は導電率に影響を与えるので、測定時は完全に除去する必要がある。

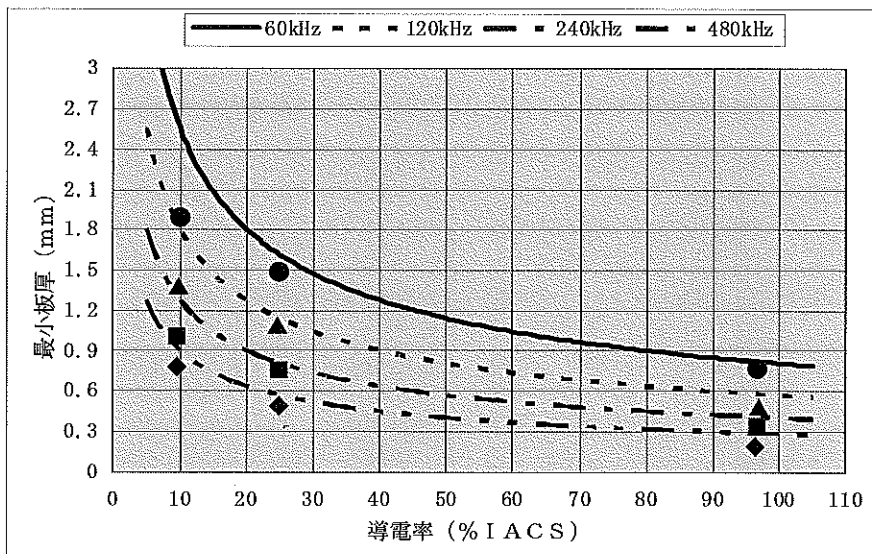
酸化膜の影響は目に見える変色部分を除去しても更に酸化の影響を受けている部分が存在するので、導電率を測定して更にグラインダー等で削り、再度導電率を測定して変化が無い事を確認する必要がある。

e). 熱いサンプルを測定する時の注意点

金属は温度により導電率が変化するので、熱いサンプルでは正確な値が測定できない事を考慮しておく必要がある。



解説図 2. 重ねる方法での各社協同試験結果



解説図 3. 最小板厚の導電率各社協同試験結果

4. 懸案事項

磁性元素の鉄、コバルト、ニッケルを含有する銅及び銅合金の場合、本標準での渦流式導電率計に

よって測定する導電率は低い傾向がある。特に強磁性の Fe の影響が大きい。ただし、本技術標準を制定した過程で、日本伸銅協会の電気部品用銅合金標準化委員会の各委員会社のアンケート結果、鉄、コバルト、ニッケルを含有する場合、各含有量をそれぞれ、鉄 $\leq 0.1\text{wt}\%$ 、コバルト $\leq 1.5\text{wt}\%$ 、ニッケル $\leq 3.2\text{wt}\%$ となる場合、本標準での渦流式導電率計によって測定する導電率と四端子法によって測定する導電率の間に有意差がないと分った。

また、鉄、コバルト、ニッケルを含有する銅及び銅合金で、四端子法で補正係数を求める場合は、製造履歴の違いによる組織等の違いによる影響を考慮する必要がある。