技術報告

高周波迅速水分計

について

会 員 佐々木正巳*

齋藤渥美

1. ま え が き

高周波迅速水分計はマイクロウェーブを利用した織物の含水率を連続的に測定記録する装置である。

マイクロウェーブは波長で表わすと $\lambda = \frac{3 \times 10^8}{f} (m)$ の関係から 30cm~1cm の間を指し、人によっては 1cm 以下のミリ波もマイクロウェーブと呼ぶこともある。

本器はマイクロウェーブが水によって減衰する性質を利用したもので、非常に短い電磁波の伝送線路として導波管を用いている。

一般的な矩形導波管内の電波の進み方は金属面で電波が反射しながら導波管を伝播する形式(第1図)をとっ

(第1図) 矩形導波管

* M. Sasaki, Member. A. Saito 福井県繊維工業試験場

Microwave Method for Measuring Moisture Content of Fabric on a Dryer

By Masami Sasaki and Atsumi Saito

Textile Research Institute of Fukui
Prefecture, Fukui, Japan.

This instrument measures continuously the moisture content in the fabric on running a dryer. This principle of this instrument is that microwave is more absorbed by water than by fabric.

Many kinds of electric moisture measuring instrument are commercially available, but there is a few that is suitable for a running fabric.

Dielectric constant method is excellent in accuracy and reproducibility to measure moisture content. But, as far as we experienced, the dielectric constant method does not show the same behavior for various fabrics.

As a kind of fabrics treated in dyeing and finishing process, needs very frequent replacement, we must make a calibration curve for each fabrics.

From this point of view, we are interested in the direct reading behavior of the microwave method for measuring moisture content.

We investigated the problems that occurred practically for using the microwave method in dyeing and finishing process.

We obtained the following results.

1) Characteristics of the instrument on measuring moisture content vary according to a kind of fibers. We must make the gain—weight of unit area curve for each kind of fibers.

2) This method is also suitable for measuring the moisture content of pile fabrics.

ている。その中の電界の強さは $\int_0^S E dS$ で表わされ、電界に平行に物体を置いた場合、マイクロウェーブの吸収を生じ、直角に置いた場合は吸収しない。電波の伝播する条件は管の寸法と電波の波長の間にある条件が満たされなければならない。導波管内に物体が挿入された場合、電波による物体の分子のダイポール モーメントの運動による熱損失として、マイクロウェーブのエネルギーが失われる。

一般に高周波による誘電体損失は次式で表わされる。

$$W = K m \omega E_0^2 \varepsilon \tan \delta$$

ただし W : 誘電体損失 m : 試料の量

ω : 角速度 ($2\pi f$) E_0 : 電界の強さ

ε : 誘電率 $\tan \delta$: 誘電体力率

上式から $\tan \delta$ の大きいほどマイクロウェーブの減衰が大きく、繊維に比べ水ははるかに大きいことが水分計に利用されている。

本器は被測定織物の組織、形状、その他物理的、化学的相違に基づく影響が少なく、安定な測定機である。

織物の秤量が変わっても一度秤量——感度ダイヤルの関係を求めておけば、その織物に対する感度ダイヤルの位置が定まり、この測定感度を本器に設定することにより水分率と計器の読みの関係はつねに標準曲線にのり、つまり直的に織物の含水率が測定できる特長をもって

いる。

また、本器は織物の表面に検出部を接触せずに測定する構造上の特長から、他の電気式迅速水分計（抵抗式、誘電率式など）に見られるような検出部における織物の接触不良による誤差がなく、ビロード、シール織物のようなパイル織物のパイルを押し倒すことなく、織物の表面に立っているパイル水分をも含めて測定できる特長を有している。

2. 高周波迅速水分計（モイスター）の機構と動作原理

実際に水分を高周波を用いて測定する場合、第2図に示すような3種の方法がある。

（第2図）高周波水分計の表示機構

（a）は直接検出量を読む場合で、（b）は比較回路を有し検出値と標準値とを比較し、その差が指される。

（c）はおもにサンプリング方式、（b）、（c）は連続測定および自動制御に用いられている。

つぎに高周波迅速水分計の機構概念図を第3図に示す。

まずクライストロンから発信された電波は、バッファアッテネータで加減して一定出力でクリスタル（検波器）

（第3図）機構概念図

に到達させる。

バッファアッテネータ前に設けられた導波管に試料が挿入されると、電波は一部試料により吸収されてクリスタルに到達する。そこでつぎに電波は標準電源と比較される。この比較部では第4図に示すようにチョッパによりクリスタル側と標準電源からの電流が交互に流れ、

（第4図）動作機構

二次側に下図のような電流が流れる。ハッチングしたところが標準電源で合成波として点線のような電流が流れる。この波形が駆動コイルに送られ、また界磁コイルには一定の電源からの波形が送られる。もしクリスタルよりの出力が標準電源より大きくなれば、先の場合より合成波は 180° 相が進み、界磁コイルとの相のずれ方によりサーボモータは左右に駆動する。このサーボモータは導波管の前に設けられたバランシングアッテネータ（平衡減衰器）に直結し、つねに一定出力の電波がクリスタルに到達するように制御を行なう。このバランシングアッテネータの調節量は本器に直結したポテンシオメータにより、ホイストンブリッジ回路の一辺に送ら

（第5図）高周波迅速水分計の外観

(第6図) モイスタ配線図

(第7図) 制御機構

れる電位に置きかえられる。こうしてホイストンブリッジ回路の midpoint に生じた直流電圧がレコーダの入力となり、水分量に相当するメータ読みが得られる。高周波水

分計(モイスター)の外観配線図は第5, 6, 7図に示した。

3. 測定方法

本器により布水分を連続的に求めるには、測定しようとする織物の秤量(g/m^2)を求め、秤量—感度曲線(第8図)より測定感度を求め、第7図のパネルの感度ダイヤルを合わせ、ついでバッファアッテネータを操作して零点補正すれば準備は完了する。つぎに試料を導波管に挿入すれば、メータ読みが得られ、これを第9図の標準曲線により水分率に転換すれば、その織物の水分率が得られる。

(第8図) 秤量—感度曲線
(布幅 100 cm とする)

(第9図) 水分率—記録計目盛

4. 水分率測定可能範囲について

被測定物の秤量，布水分により用いるマイクロウェーブの波長を変える必要がある．つまり波長が短くなれば，被測定織物の秤量の上限が下がってくるので，布水分測定になり適性波長を選ぶ必要がある．第10, 11, 12図は周波数選定用分類曲線である．上限はその周波数に

(第10図) 9300 MC導波管の測定可能範囲

(第11図) 6300 MC導波管の測定可能範囲

(第12図) 2700 MC導波管の測定可能範囲

おける測定可能な最大水分を示し，下限は同じく最低水分を示している．この図を利用し，つぎのような計算で測定物の目方，つまり秤量の限界を知ることができる．たとえば，2700 MCの測定器で最低水分を8%にした場合（すなわち水分8%以上を測定の対照にしている場合），布幅1 mのとき測定物の最小秤量を計算する．第10図より2700 MCの下限曲線から含水率8%にした場合の導波管内水量（導波管内に挿入された織物の導波管内にある織物に含まれる水分量）は210 mgとなる．

したがって管内の布目方は $210 \text{ mg} \times 100 / 8 = 2.62 \text{ g}$ これを 1 m^2 当たり直すと 1 m^2 の目方は

$2.62 \times 1000 / 34 \div 77$ ただし 34 mm は導波管の幅

最小8%まで含水率を測定したいときは，77 g/m²以上の秤量を有する織物でないと測定できないことを示す．

以上マイクロウェーブの波長を固定した場合，測定織物の秤量を下げると含水率の測定下限を上げることの意味する．

5. 試験結果

5.1 導波管に対する試料の位置の影響¹⁾

導波管の中央，左端（前），右端（後）に試料を挿入し位置による影響を見た．

(第1表) 導波管に対する試料の位置の影響

回数 位置	1	2	3	4	5	平均	換算 水分 (%)
左	26	23	23	25	24	24.2	7
中	21	19	20	21	21	20.4	6.5
右	24	25	26	25	24	24.8	7

5.2 導波管中心における布の片寄りの影響

織布加工工程では織布が中心より左右に約3 in程度振れることがあるので布の片寄りによる影響を検討した．

(第2表) 導波管における布の片寄りの影響

回数 位置	1	2	3	4	5	平均
中心	26	30	33	30	29	29.6
左 3 in	27	33	30	30	30	30
右 3 in	30	30	29	32	34	31

5.3 導波管スリットと布の接触状況による影響

導波管スリットを布が通過する場合の接触状況による影響を見た所大差ないようである．

(第3表) 導波管における布の接触状況
による影響

接触状況 回数					
1	28	28	28	28	28
2	28	28	28	28	28
3	28	29	28	28	28
4	28	29	28	29	29

5.4 布の表面状態による影響¹⁾

乾燥工程において布が“しわ”になったり、または折重になって取り出されることがあるのでこの影響を検討したのが第4表である。

(第4表) 布の折れ重りの影響

回数 布状態	1	2	3	4	5	平均	換算水分 ²⁾
	16	16	17	17	16	16.4	6.5%
	18	18	18	18	18	18	6.7
	19	19	19	19	19	19	7

注) 布幅は一定

5.5 織布巾の影響¹⁾

第5表は極端な変動に対して実験したもので第6表は
実際工程中で起りうる変動として3inの変動について行
なったものである。

(第5表) 布 幅 の 影 響

回数 布幅	1	2	3	4	5	6	7	8	平均	絶乾水分
13in	7	7	7.5	8	7.5	8	7	8	7.5	8.5
29in	14	15	14	15	15	15	15	15	14.8	10

(第6表) 3in布幅変動における影響

回数 布幅	1	2	3	4	5	平均	換 算 水 分 ²⁾
26in	14	15	16	16	15.5	15.4	13
29 $\frac{3}{4}$ in	18	17	17	17	17.4	17.4	14.2

5.6 走行速度による影響¹⁾

布の走行速度を変えてその影響を見たところ、水分む
らが検出された程度で影響はないようである。

静止状態	10.5 ~ 11 μ A
布 速 度	15 yd/min 10.5 ~ 11 μ A
	30 yd/min 11 ~ 12 μ A

5.7 測定雰囲気中の湿度が布水分測定値に及ぼす
影響

本測定装置の機構上、雰囲気中の湿度つまり導波管内
の湿度が測定中に変わった場合、織布に含まれる布水分
の蒸発、あるいは雰囲気中の湿度の吸収による布水分の
増減は走行中の織布にあっては時間的に通過時間が短い
ため無視できると思われる。導波管内の雰囲気中の湿度
の増減による測定値の影響が考えられるので、この点に
ついて検討を試みた。

試料としてスフからみ織物(たて 30 s, よこ 16 s)
を用い、ヘビー パッダーにて水を含浸し、90%に絞り、
ペーパーゼットドライアで35~36%に乾燥し、ついで
ピン テンタに移し、テンタ出口で布水分を測定した。
雰囲気中の加湿は測定部下部に離れてスチーム パイプを
置き生蒸気を吹き出して行なった。

測定感度を2.02に設定し、普通状態(RH 56%)と
多湿状態(81%)で布水分を測定するとともに、測定部
近くで試料を採取し、絶乾法で実測した。この結果を第
13図に示した。この実験の範囲内では雰囲気中の湿度の
影響は少ないように思われる。しかし直接導波管内にス
チームを吹き込んだ場合は、この限りではない。

(第13図) 湿度が測定値に及ぼす影響について

5.8 染色した織布の色相が測定値に及ぼす影響
人絹平織物(MMA)を5種の色相に染色し、色別
によるマイクロ波への影響を検討した結果を第7表に示
した。

(第7表) 色相の測定値に及ぼす影響

色 別	実 験 繰返し数	ダイヤル 目 盛	マイクロ ウェーブ 減 衰 量
白	2	2.567	0.3
		2.568	0.3
黄	2	2.568	0.3
		2.567	0.3
赤	2	2.565	0.3
		2.566	0.3
茶	2	2.567	0.3
		2.568	0.3
青	2	2.567	0.3
		2.567	0.3
黒	2	2.563	0.3
		2.566	0.3

以上の結果からこの実験の範囲内では色別による影響はないものと思われる。

5.9 尿素樹脂加工の影響

樹脂加工布について測定した結果を第14図に示す。

(第14図) 尿素樹脂加工の影響

5.10 繊維の種類が測定値に及ぼす影響

本器はマイクロウェーブの水による減衰が繊維よりはあるかに大きいことを利用した測定器であるから、一見繊維の種類により測定値に影響はないはずである。しかし実際に織布の秤量より測定感度を求め、布水分率と記録計指示の関係をみると第15図のように繊維により第9

(第15図) 繊維の種類が測定値に及ぼす影響

図に示した標準曲線からのずれ方が異なる。

測定感度と導波管内水量（導波管内にある繊維の含む水分量 (mg)）の関係を求めると第16図のように繊維

(第16図) 繊維の種類が測定値に及ぼす影響について

の種類により曲線が変わる、つまり繊維の種類によりマイクロウェーブの減衰量が変わることがわかる。以上から第8図の秤量一感度曲線を繊維別につくる必要がある。

これらについて目下検討中である。

5.11 電磁ラップ方式によるピロードの水分測定

本器の検出部の構造および測定法から見て、ピロードのようなパイル織物には好適な水分測定法で、パイルに触れることなく、パイルを含めた繊維の水分を測定できる特長がある。

アセテート、レーヨンなどのピロードのパイルを均一に垂直に起毛するには、起毛時のパイルの水分率が重要なことは周知の事実である。起毛ブラシ直前で、ピロードの水分を測定するには後述の電磁ラップ方式による測定が便利である。本試験ではまず500番レーヨンピロードを60℃以下で水分率を低下しながら、つまり乾燥しながら測定を行なった。その結果を第17図に示す。

(第17図) レーヨンピロードの減湿測定

つぎにデンケータ内でピロードを吸湿させて測定した結果を第 18 図に示す。

第 19 図はピロードを水に浸漬し、自然乾燥しながら測定した結果を示す。これらの結果を一枚の図に盛ったのが第 20 図で、この図から水分の脱吸方法に影響されずに測定できることがわかる。

(第 18 図) レーヨン ピロードの吸湿測定

(第 19 図) レーヨン ピロードの自然乾燥時の測定

(第 20 図) レーヨン ピロードの総合測定結果

つぎに電磁ラップ方式による水分測定について実験した装置の概略図を第 21 図に示す。

この装置を用い試料を 150 % 水分率より自然乾燥し、

A; クライストロン B; 標準可変減衰器
C, C'; 電磁ラップ CC' 間の距離は 50 cm この間に試料を挿入測定
D; 導波管 E; クリスタル検波器
F; 出力電流計

(第 21 図) 電磁ラップ方式による水分測定装置概略図

乾燥過程中マイクロウェーブの減衰量を測定した。その結果を第 22 図に示す。これらから 3 色の 500 番レーヨン 22 ピロードの基本曲線がほとんど同一の結果を示すものと思われる。

(第 22 図) 500 番 ピロードの色相による影響

6. む す び

以上の結果を要約すると、つぎのようである。

- i) 計器指示誤差は 1 % で Calibration Curve から実際水分を推定するときの標準誤差は 2 % 以内である。
 - ii) 導波管に織物を通す方法 (片寄りなど) により測定値にたいした影響を与えない。
 - iii) 導波管スリットと布の接触状況による影響はない。
 - iv) 織物の走行速度の影響は見られない。
 - v) 織物の幅の変動は測定値にかなりの影響あり、感度の補正をする必要がある。
 - vi) 織物の色相による影響は見られない。
 - vii) 繊維の種類により影響があり、繊維の種類により秤量—感度曲線を作る必要がある。
 - viii) 樹脂加工布については織物の秤量から測定感度を求めて測定しても測定値には影響が少ない。
 - ix) パイル織物の水分測定には好適である。
- 注) モイスター：日本特殊計測器製作所製

文 献

- 1) 技術特報, 第 9 号 (モイスター 308 型によるデータ集), (昭 30-2) 協立計測工業株式会社