(昭和52年5月4日受理)

自動糸伸縮率測定器(ϵ メーター)による測定例

東洋紡績KK総合研究所 安田 浩・鈴木常之

SOME EXPERIMENTS BY THE USE OF
AN AUTOMATIC MEASURING SYSTEM OF EXTENSION
AND SHRINKAGE PROPERTIES OF THE YARN

By Hiroshi Yasuda and Tsuneyuki Suzuki

(Katata Research Center, Toyobo Co., Ltd.
Honkatata 1300-1, Otsu, Shiga, Japan)

For the purpose of the continuous, accurate and rapid evaluation of the extension and shrinkage properties along the yarn axis, an automated analyzing system known as ϵ -meter was developed by Toyobo. ϵ -meter consists of the following units;

- (1) yarn sampling unit
- (2) continuously measuring unit
- (3) data processing unit.

The ϵ -meter provides continuous and highly accurate measurements of yarn characteristics such as wet shrinkage, crimp-stretchability and crimp-recovery, which correspond to those obtained by the standardized JIS measurements. Further, measurement of the crimp recovery of yarns after heat-treatment under the constant load, for example 5mg/d, gives a quality measure concerning the texture touch of the knitted and woven fabrics. By using the ϵ -meter, the creep properties of undrawn yarns under a constant load at any temperature can be obtained. The creep value measured under the definite condition with the load of 0.2g/d at 100°C has been called "integrity factor" as Du pont first used the term. The factor is related to the orientation characteristic of undrawn yarns. Therefore, the ϵ -meter enables rapid and accurate evaluation of the orientation for undrawn yarns with a variety of cross-sectional shapes. Very important information about the yarn quality evenness along the axis can be obtained by continuous measurements using the ϵ -meter.

Since it becomes possible to inspect the yarn quality with labor much saved, the application of the ϵ -meter to operation controls in the many fields of the fiber industry leads to the rationalization.

(Received May 4, 1977)

1. 結 言

昨今、繊維産業においては、製造加工技術の著しい進歩にともない製品の高度化、多様化が進展し、同時に品質の向上と安定化が一段と強く望まれるようになってきた。これにともない繊維特性の精密迅速な把握が必要とされ、種々の新しい測定法あるいは測定器が開発されつつある。

このような状況下に著者らは、表1に示すようなJIS等で規格化されている糸の長さ方向の変化率(例えば収縮率、伸縮復元率)の煩雑な測定を、規格の主旨に出来るだけ沿った形で省力化、自動化することを試みた。検

討にあたっては、従来の測定法で得られた値を高精度で換算出来ること、糸の長さ変化に関連した測定であれば、出来るだけ多くの評価法に適用できること、また最近とみに必要性が増してきた糸の長さ方向の特性値の変動が測定可能となることを主眼においた。

上記要求を満たすものとして図1に示す自動糸伸縮率測定器(ϵ メーター)を開発した。本報告においては、この ϵ メーターを用いて行った種々の測定例、および得られた知見について報告する。なお、本報告の一部は51年度本学会年次大会において発表した。

Table 1 Standard evaluation method of shrinkage or extension properties.

Measuring Item	Standard No.	Cord Address	Method of Measuring	Equation
Wet Shrinkage	JIS-L-1073	SHW	(1) Sample length measured under load $\frac{1}{10}$ or $\frac{1}{30}$ gr/d before treatment	(l_0)
			(2) Sample length measured under the same load after treatment	(l_1)
	JIS-L-1090	Treatment is performed under following conditions; Temperature; boiling temperature, Time: 30mins., Load; free.		$SHW = \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100$
Crimp Stretch-ability	JIS-L-1090	CS	(1) Length of heat-treated sample under initial load $\frac{2}{1000}$ gr/d	(l_0)
			(2) Length of the sample under heavier load $\frac{1}{10}$ gr/d	(l_1)
Crimp Elasticity		CE	(3) Length of the de-weighted sample under lighter load $\frac{2}{1000}$ gr/d	(l_2)
				$CE = \frac{l_1 - l_2}{l_1 - l_0} \times 100$
Crimp Recovery		CR	(1) Length of heat-treated sample under load $(\frac{1}{10} + \frac{2}{1000})$ gr/d in water at 20°C	(l_1)
			(2) Length of the sample under load $\frac{2}{1000}$ gr/d	(l_2)
			Heat-treated sample is prepared from keeping the standard condition after drying the yarn treated at provided temperature during 20 mins. The temperature is about 60°C for nylon 6, ca 90°C for polyester and about 70°C for polypropylene.	
Creep Property (Integrity Factor)	Du pont PAT. JAP. unexamined 48-35112	0.2 ε ₁₀₀	(1) Sample length measured under load $\frac{2}{10}$ gr/d before treatment	(l_0)
			(2) Sample length measured under load $\frac{2}{10}$ gr/d after treatment	(l_1)
			Treatment is performed under following conditions Temperature; boiling temperature, Time: 2mins., Load: 0.2gr/d	

2. 装置の概要

装置の詳細については、すでに詳しく報告¹⁾しているので参照されたいが、その重要点について以下に述べる。

図2に全体的な動作をブロック・ダイアグラムで示した。1本のチーズまたはバーンより引き出された試料は、定張力(TN_1)下で一定長ローラーにより恒温槽に供給され、湿熱または乾熱雰囲気下で任意の温度(θ_1)、荷重(W_1)で一定時間(T_1)処理される。処理後定張力または定荷重(TN_2 または W_1)下で巻き上げられる。各ローラーの動きは、スイッチ・タイマーにより制御されたが、その際ローラーの回転数を電氣的に検出することに

Fig. 1 Functional system diagram of the Toyobo ϵ -meter composed of three main units; yarn sampling unit, continuous measuring unit and data processing unit.

Fig. 2 Block diagram of the measuring procedure by using ϵ -meter.

より糸長を計測するようになっている。

測定項目によっては、さらに乾燥(温度 θ_2 、時間 T_2)され定荷重(W_2)下で再計測された後巻き取られる。糸長の各測定値 X 、 Y 、 Z はマイクロコンピュータにより記憶され、収縮率または伸長率を算出し、デジタルプリンターにて印字する。同一試料について、必要回数だけ測定後、平均値、標準偏差を計算印字する。また必要に応じ、糸継部で次の試験糸に糸を継ぎかえ動作をくり返すようになっている。

以上のように処理時の温度、荷重、時間の適当な選択により繊維の伸び(クリープ)、収縮、および巻縮の伸び縮みを測定することが可能であり、また計測時の荷重の選択により種々の巻縮に関する測定項目を評価可能となる。これら実際の測定結果について以下に述べる。なお、計測時の糸のトルクによる回転を防止するための方策として、回転防止バーを採用している。

3. 測定の実際例

3.1 収縮特性について

3.1.1 JISによる測定との対応: 収縮特性は、後加工工程における加工性、最終製品性能を左右する重要特性として、JISにて規格化されている。この特性は処理温度、時間および荷重によりその値を異にするが、 ϵ メーターを採用し表2で示す測定条件で測定する場合、図3で示されるようなJIS法で測定した値と良好な相関を有する。すなわち図中に示す相関式が相関係数0.995という高い値で成立する。現在、工場において、工程管理

に本器を採用することで、省力化による合理化の実績を上げている。

一方研究的な観点からは、一つの測定条件のみで収縮挙動を把握することは不可能であり、温度、時間、荷重を含めた多角的な解析が必要であるが、従来煩雑であったこの種の測定も比較的容易に行うことが出来る。例えば図4、5は、市販の75デニール36フィラメントのポリエステル延伸糸(試料A、B、C)について、沸水収縮率の処理荷重依存性および処理時間依存性を、 ϵ メーターで計測した結果を示したものである。従来法で得られる結果とほぼ同じように、処理荷重を大きくすることに

Fig. 3 Correlation between the values of the wet shrinkage measured by the ϵ -meter and that measured by the JIS method. Equation in the figure shows the correlation function and σ shows the correlation coefficient.

Table 2 Measuring conditions by using the ϵ -meter.

Measuring Item	Wet Shrinkage (SHW)	Crimp Stretchability (CS)	Crimp Recovery (CR)	Crimp Recovery of untreated yarn (CRB)	Crimp Recovery of yarn treated under load 5mg/d (CR(S))	Creep property ($\epsilon_{80}^{0.2}$)
Supplying length (cm)	30 or 50cm	50	50	50	50	20
supplying tension TN_1 (gr/d)	1/10 or 1/30	1/30	1/30	1/30	1/30	2/10
Temp. of treatment θ_1 (°C)	100	90	90	room temp.	100	80
Load of heat treatment W_1 (gr/d)	1/1000	2/1000	1/1000	1/10	5/1000	2/10
Time of heat treatment T_1 (sec)	20	16	16	16	16	30
Measuring tension TN_2 (gr/d)	--	--	1/10 + 2/1000	--	1/10	--
Drying temp. θ_2 (°C)	~65	~65	room temp.	room temp.	~65	--
Drying time T_2 (sec)	20~30	20~30	1~2	1~2	20~30	--
Measuring load W_2 (gr/d)	1/10 or 1/30	1/10	2/1000	2/1000	2/1000	--
Equation	$\frac{X-Z}{X}$	$\frac{Y-Z}{Y}$	$\frac{Y-Z}{Y}$	$\frac{Y-Z}{Y}$	$\frac{Y-Z}{Y}$	$\frac{X-Y}{X}$

X is the supplying length, Y is the length under tension TN_2 in cases of CR and CR(S), and in other cases the length under load W_1 .

Z is the length under load W_2 . In measuring wet shrinkage, heavier load or higher tension is used in the case of textured yarn, while lighter load or lower tension is in the case of flat yarn.

Fig. 4 Dependence of the wet shrinkage value on the magnitude of the load at heat treatment in boiling water. The samples denoted as ∇ , $\circ$ and $\bullet$ in the figure correspond to the fully drawn yarn A, B, and C prepared under different drawing conditions respectively.

Fig. 5 Dependence of the wet shrinkage value for the same flat yarns shown in Fig. 4 upon the time heat-treated under constant load (1 mg/d) at boiling temperature.

より収縮率が低下している。

3.1.2 収縮率の糸長さ方向の変化挙動について：収縮率の糸長さ方向の変化挙動を把握することは、染ムラを解析する上で非常に興味あるものである。従来染ムラの判定は、糸を平編みに編成後、所定の染法にて染色したものについてムラ水準を判別し、級付けを行っている。この方法により染ムラが大と判定されたもの、および小と判定されたものの収縮率を糸長さ方向に沿って測定した結果を図6に示した。なお各試料は75デニール36フィラメントのポリエステル延伸糸でありA)は適正な延伸条件で延伸した染ムラの小さな糸であり、B)は延伸倍率を若干高目に設定した染ムラの大なる糸である。染ムラの大なる糸の糸長さ方向の収縮率変化幅は、染ムラ小さな糸の値に比し大きくなっている。すなわち延伸時の熱および張力の変動が、糸長さ方向の微細組織の変化、その結果として、収縮率の変化を惹起せしめ染色ムラの発生要因となっていることを示している。

3.2 巻縮特性

3.2.1 巻縮伸張率(CS)について：本測定は、表1

Fig. 6 Variation of the wet shrinkage measured continuously along the longitudinal direction of flat yarns.

A) Yarn with higher dye uniformity
B) Yarn with lower dye uniformity.

Fig. 7 Correlation between the values of the crimp stretchability measured by the ϵ -meter and that measured by the JIS method. Equation in the figure shows the correlation function and r shows the correlation coefficient.

に示すようにJISにより規格化されている。 ϵ メーターでの測定においては、表2に示されるように測定の迅速性から処理時間を大幅に短くしている点と、熱処理時の操作性を良くするため、測長時の荷重と同じ0.002g/dを掛けている点が異なっている(JIS法では処理時は無荷重)。

表2の条件で測定した値をCS(ϵ)とし、従来のJIS法で測定した値CS(JIS)と比較対照したものを図7に示した。図中の式は相関関係式で、相関係数0.97という、比較的良好な相関が成立している。このことはJIS法の代用測定法として、十分に採用できることを示している。なお、この場合、測定誤差としてのCV%はJIS法よりも低く高精度の測定が可能である。

3.2.2 巻縮復元率について：この場合も、表2に示したように処理条件が若干こととなるが、JIS法と ϵ メーターによる測定値CR(ϵ)との間には、図8に示すように良い相関(相関係数 -0.988)が成り立つ。

3.2.3 熱処理前の巻縮復元率：巻縮糸が編織される場合の編成性、製織性に対してはチーズまたはコーンから解舒された状態での巻縮特性、すなわち熱処理前の巻縮復元率(CRB)が問題となる場合がある。このような測定も本測定器を用い表2で示す条件で計測することが可能である。

3.2.4 荷重下での熱処理糸の巻縮復元率：巻縮糸は編織後の仕上加工の際に編織物の組織、加工条件に左右される拘束力の下で、熱処理を受けて伸縮し、編織物の比容積、目付等を決定するとされている²⁾。従って、仕上加工後の編織物の性能を推定するためには荷重下で熱処理した後の糸の巻縮特性を評価することが重要な意味を持ってくる。この拘束力の大きさについては、編物で原田ら³⁾が 1.5 mg/d 、また織物ではDu Pontが 5 mg/d を提案している。

ϵ メーターでは処理荷重を原理的には任意に選択することが可能であるが、ここでは、拘束力として 5 mg/d の値を採用し、CR(5)で表す。なお測定は、JIS法と異なり処理後の糸を乾燥して測長するようにした。表2に示す条件下で、糸長さ方向のCR(5)を製造方式を変えて作成した150デニール30フィラメントの加工糸A、Bについて測定した結果を図9に示した。加工糸Aは巻縮ムラが大でCV%は6.2であるが加工糸Bは巻縮ムラが小さくCV% 3.9の値を示す。このように加工糸の

Fig. 8 Correlation between the values of the crimp recovery measured by the ϵ -meter and that measured by the JIS method. Equation in the figure shows the correlation function and r shows the correlation coefficient.

Fig. 9 Variation of the crimp recovery along the length of the textured yarns heat-treated under constant load (5 mg/d) in boiling water. Measuring were done by using the ϵ -meter under the conditions listed in Table 2.

A) Textured yarn with higher crimp uniformity
B) Textured yarn with lower crimp uniformity.

巻縮ムラを評価可能であり、編物の性能または欠点率等に関し有効な情報を与えてくれる。巻縮ムラの大なるものを使用した場合、編地中での糸の集合状態にもムラが発生し、これが光沢差となって好ましくない製品を与えるものと考えられる。

3.2.5 その他の巻縮特性測定例：巻縮糸に室温で荷重を掛けて変形させることにより、巻縮の荷重によるへたり挙動を測定することが可能である。また必要であれば、処理槽中で所定の温度、荷重で処理した後巻き上げ図2における W_2 の荷重で、室温変形させて、変形の程度を測長することにより、熱処理後の加工糸のへたり挙動を連続的に計測することが可能である。ただしこの場合、荷重の程度によりニップ力の強化が必要である。

JIS法で定められている表1の伸縮弾性率については本器では測定できないが、ローラーを追加することで測定可能とすることが出来る。

3.3 糸のクリープ特性について

昨今、加工糸製造工程への合理化のため、P θ Y-DTX工程が脚光をあびている。このP θ Yを評価する特性値として、Du Pontが特許に³⁾構造一体性パラメーターなるものを提案している。これはP θ Yに 0.2 gr/d の荷重を掛け 100°C で処理した時のクリープの大小を評価したものである。 ϵ メーターを用いる場合この特性が迅速、高精度に測定可能である。特に未延伸糸の配向性評価法として採用されている複屈折率の測定が困難な異形糸、中空糸等の未延伸糸の配向性の評価に有用である。ただし、配向性が低い、たとえば複屈折率が 0.025 以下の未延伸糸の場合、処理条件が 100°C 、 0.2 gr/d では伸長切

断する場合があるため、処理条件をゆるやかにする必要がある。表2では処理条件として80℃、0.2 gr/dを採用しているが、この場合、複屈折率の範囲として0.005より0.060までが計測可能である。図10は処理条件が100℃、0.2 gr/dでのポリエステル未延伸糸のクリープ特性値(構造一体性パラメーター $\epsilon_{100}^{0.2}$)を複屈折率(Δn)に対して図示したもので、 $\epsilon_{100}^{0.2}$ 大なるほど Δn が小さくなる挙動を示し、 Δn の代用評価法として採用出来ることを示している。一方クリープ特性の荷重による変化の程度を複屈折率が0.040、245デニール30フィラメントのPOYについて計測した結果を図11に示す(測定温度80℃)。高荷重を用いるほどクリープ値は大となり、測定精度上好ましい方向であるが、処理槽長との関係でのおずから適正荷重が定まってくる。

3.3.1 未延伸糸配向性の紡糸温度による変化：極限粘度0.59のポリエチレンテレフタレートを熔融し、各紡糸温度でオリフィス径をパラメーターとして3000 m/minで紡糸した未延伸糸の配向性変化を検討した。配向性の評価として、通常用いられる複屈折率(Δn)と ϵ メーターで100℃、0.2 gr/dの条件で測定したクリープ特

Fig. 10 Relationship between the birefringence of the as-spun yarn and the integrity factor measured under constant load (0.2 gr/d) in boiling water by using ϵ -meter.

Fig. 11 Effect of the load at heat treatment on the creep properties of the undrawn yarn. The heat treatment was done at 80℃. The birefringence of this undrawn yarn is 0.040.

性(構造一体性パラメーター $\epsilon_{100}^{0.2}$)を用いて行った結果を図12に示した。

複屈折率の場合、測定精度的に問題があり、オリフィス径の効果を判別出来ないのに対し、クリープ特性値 $\epsilon_{100}^{0.2}$ の方がはるかに精度よく評価可能であることを示している。オリフィス径の増大とともにクリープ値 $\epsilon_{100}^{0.2}$ は低下し、より配向度の高い糸となることを示している。

3.3.2 各社POYの糸長さ方向の配向性変化挙動：図13に市販のPOYについて、構造一体性パラメーター($\epsilon_{100}^{0.2}$)を糸の長さ方向に連続的に測定した結果を示した。C社のものは約1m間隔、すなわち明らかにチーズの耳端に対応する異常配向部の存在を示す。これは巻取テン

Fig. 12 Change of the orientation of the undrawn yarns affected by the spinneret temperature.

A) Integrity factor $\epsilon_{100}^{0.2}$
B) Birefringence
Diameter of nozzle orifice:
▽ 0.3mm ϕ , □ 0.5mm ϕ , ○ 1.0mm ϕ

Fig. 13 Short range variations of the integrity factor measured along the longitudinal direction of the samples POY manufactured by four companies.

ションの変動により部分的に糸が異常配向していることを示し、延伸仮熱時の糸切れ原因となるため巻取条件の適正化により解消する必要がある。

3.3.3 クリープ特性値と延燃における適正延伸倍率との関係：前述したように低い配向領域を評価するためクリープ特性値として表2に示す条件で測定した値を $\epsilon_{100}^{0.2}$ を用いて検討した。延燃は加熱ローラーとプレートヒーターで1段延伸方式で行い、得られた延伸糸の破断伸度が30%になるような倍率を適正延伸倍率(DROP t)とした。図14は、配向性の評価法としての複屈折率の測定が困難な異形断面を有するポリエステル未延伸糸の $\epsilon_{100}^{0.2}$ の値と適正延伸倍率(DROP t)との間に良い相関が成立することを示している。すなわち $\epsilon_{100}^{0.2}$ の値より適正延伸倍率が求められ延燃における条件設定に関し重要な手掛りを与えてくれる。

Fig. 14 Dependence of the optimum draw ratios on the creep properties of the undrawn yarns measured by using the ϵ -meter under the conditions listed in Table 2. Here, the optimum draw ratio is defined as the draw ratio at which the breaking elongation of the drawn yarn becomes 30%. The samples used are the undrawn yarn with non circular cross section.

4. 結 語

新たに開発した糸の間けつ移送、熱処理、測長を基本とする自動伸縮測定器(ϵ メーター)を用い、種々の測定を行った結果、

1) JISに規格化されている収縮率、巻縮伸長率、巻縮復元率を迅速、高精度に測定可能であり、省力化手段として、操業管理に使用できること。

2) 編織物の特性と重要な相関を有する“荷重下での熱処理の際に発現する巻縮の程度”を計測可能であること。

3) 従来の測定法では、精度的にも迅速性の面でも問題であった未延伸糸(特に異形糸)の配向性の評価法として、クリープ特性(構造一体性パラメーター)を高精度迅速に測定できること。

4) 従来測定の煩雑さのため、實際上測定が困難であった糸の長さ方向の伸縮性に関する測定値(収縮率、巻縮性、クリープ特性)の変動を測定可能であり、糸ムラの評価に非常に有効であることを明らかにした。

上記結果にもとづきこの測定器が種々の研究解析、操業管理に使用されて、製品性能および製糸技術の向上にいささかでも貢献できれば幸いである。また、今後とも本測定器の機能を拡大すべく検討し、さらに有益なものとなるよう努力して行きたい。

文 献

- 1) 鈴木常之, 安田 浩, 山本 貢, 中田 満; 繊維機械学会誌, **30**, No.2, 71(1977)
- 2) 原田隆司; 繊維機械学会誌, **22**, No.5, 1(1969)
- 3) D.G.Petrille(Du Pont); 特開昭48-35112