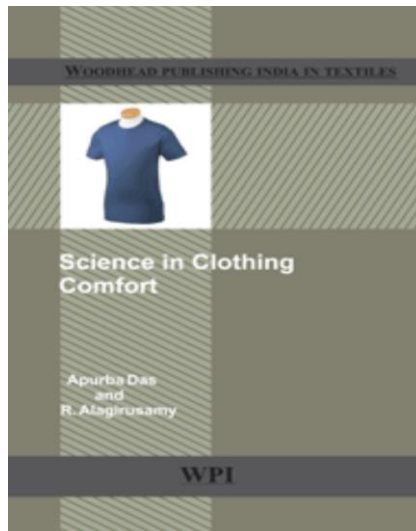


راحتی پوشاک

مدرس: دکتر پدram پیوندی

فصل ۴



First published 2010, Woodhead Publishing India Pvt. Ltd.
© Woodhead Publishing India Pvt. Ltd., 2010

Contents

<i>Preface</i>	vii	vi	Contents	
<i>Acknowledgements</i>	ix	5.4	Thermoregulation through clothing system	82
1 Introduction to clothing comfort	1	5.5	Thermal comfort of clothing	86
1.1 Need and selection of clothing	1	5.6	Transient heat flow and warm-cool touch of fabrics	91
1.2 Components of clothing comfort	4	5.7	Measurement of thermal transmission characteristics	94
1.3 Clothing comfort and wearer's attitude	5	5.8	Parameters for expressing thermal characteristics	99
1.4 Human-clothing interactions	7	5.9	Thermal transmission characteristics of fabrics	100
1.5 Understanding clothing comfort	10	6	Moisture transmission	106
2 Psychology and comfort	13	6.1	Introduction	106
2.1 Psycho-physiological factors of clothing comfort	13	6.2	Liquid water transfer: wicking and water absorption	107
2.2 Psychophysics and clothing comfort	16	6.3	Principles of moisture vapour transfer	118
2.3 Wear trial techniques	21	6.4	Condensation of moisture vapour	123
2.4 Psychological aspects of aesthetic comfort	23	6.5	Evaluation of moisture vapour transmission	124
3 Neurophysiological processes in clothing comfort	31	6.6	Moisture sensation in clothing	129
3.1 Neurophysiological perceptions	31	7	Dynamic heat and mass transmission	136
3.2 Mechanical and thermal receptors	36	7.1	Introduction	136
3.3 Sensory perceptions of human body	45	7.2	Combined heat and moisture interactions with textile materials	137
3.4 Physiological requirements of the human body	48	7.3	Factors affecting heat and mass transfer through fabrics	144
4 Tactile aspects of clothing comfort	54	7.4	Evaluation of heat and mass transmission	148
4.1 Tactile comfort sensations	54	7.5	Parameters expressing heat and mass transmission	154
4.2 Fabric handle attributes for expressing tactile comfort	58	8.	Garment fit and comfort	159
4.3 Assessment of fabric handle characteristics	59	8.1	Introduction	159
4.4 Fabric parameters affecting tactile sensation	73	8.2	Body dimensions and pattern	160
5 Thermal transmission	79	8.3	Garment fit and comfort relationship	161
5.1 Introduction	79	8.4	Factors related to garment fit	165
5.2 Thermo-regulation in human body	79	8.5	Measurement of garment fit	169
5.3 Thermal distress	81			
		<i>Index</i>		173

Chapter 4



4 Tactile aspects of clothing comfort

4.1 Tactile comfort sensations

4.2 Fabric handle attributes for expressing tactile comfort

4.3 Assessment of fabric handle characteristics

4.4 Fabric parameters affecting tactile sensation

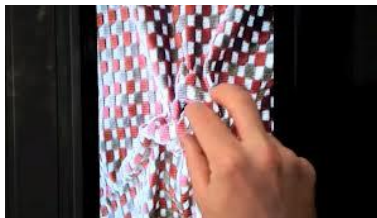
راحتی در پوشاک

دکتر بدرام بیوندی

۴.۱ احساس راحتی لمسی

۴.۱.۱ پاسخهای لمسی انسان

حس لمسی ناشی از تماس با لباس در راحتی آن بسیار مهم است. راحتی لمسی لباس مبتنی بر پاسخ های حسی انسان به مواد لباس است که آن هم به صورتهای مختلف گرمایی و فیزیولوژیکی و حرکتیهای مکانیکی حس میشود. [۱، ۲]. در جریان پوشیدن لباس، ایجاد تماس با پوست، در جایی که گیرنده های متعدد قرار گرفته است احساس های مختلفی توسط پوشنده لباس درک می شود. برای پارچه هایی که در تماس مستقیم با پوست انسان هستند حس لامسه و خواص لامسه ای پارامتر های بسیار مهمی هستند که در نظر گرفته میشوند. در پوشیدن لباس، حس لامسه به طور عمده زمانی به وجود می آید که پوشاک با موضعی از پوست بدن انسان تماس پیدا میکند و زیر فشار قرار میدهد [۳، ۴].



راحتی در پوشاک

دکتر بدرام بیوندی

همه ی این پارامتر های لامسه ای بر روی راحتی پوشاک تاثیر میگذارد؛ چرا که درک و حس کردن لباس، وابسته به محرک های مکانیکی و با توجه به فشار و نیروهای اصطکاکی آن است [۲، ۵]. هنگامی که لباس ها در تماس با پوست انسان قرار می گیرند، گیرنده های مختلف مکانیکی را بر می انگیزند (به عنوان مثال انتهای عصبهای آزاد، شبکه ریشه مو، دیسکهای مرکل، گلبولهای مایسنر (Meissner's corpuscles)، گلبول های پاسینیان (Pacini corpuscles)، گلبول های روفینی (Ruffini corpuscles)) که در لایه های متفاوت پوست حضور دارند (برای مثال اپیدرم، درم و منطقه زیر پوستی). صورت، بالاتنه و دست ها، حساس ترین پوستها به لامسه در نواحی بدن هستند [۶].



راحتی در پوشاک

دکتر پدرام بیوندی

پارچه ها مواد نازک و ورقه ای هستند . خصوصیات معمولی لمسی مواد نساجی همچون انعطاف پذیری ، فشردگی ، بافت سطحی ، توسعه پذیری ، اصطکاک و ... می باشد . خصوصیات سطحی و حجمی پارچه نساجی یکی از ویژگی های لمسی پارچه هاست که مکررا مورد استفاده قرار می گیرد . نرمی پارچه احساس لمسی پیچیده ایست که نخستین ادراکات لمسی پوشنده لباس را نسبت به پوشاک ، قبل از پوشیدن تعیین میکند . نرمی پارچه معمولا با فشار دادن یا لمس کردن آن به وسیله انگشتان ملاحظه می شود ؛ و این یعنی احساس نرمی و یا احساس پربودن پارچه به طور عینی توسط ویژگی های تراکم پذیری و حالت ارتجاعی آن بیان می شوند . ویژگی های اصطکاکی پارچه احساسات لمسی را تا محدوده وسیعی تحت تاثیر میگذارد .



راحتی در پوشاک

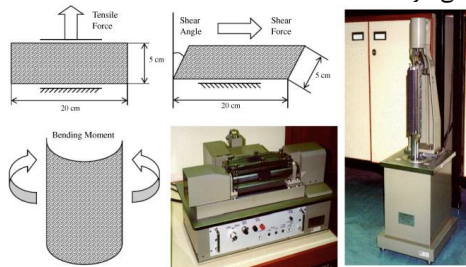
دکتر پدرام بیوندی

دیسکهای مرکل (Merkel's discs) و روفینی (Ruffini) اساسا حس لامسه ی مربوط به سطح بافت و لمس پارچه را عهده دار هستند [۷، ۸] که با توجه به موقعیت و مکانشان و زمینه گیرندگی و نوع پاسخ ، پاسینیان ، مرکل و گیرنده های مکانیکی مایسنر میتوانند زبری پارچه را مشخص کنند ؛ در حالی که روفینی و گیرنده های مکانیکی مایسنر ، مالش بین پوست و پارچه را میتوانند توصیف نمایند [۹]. علل خارش ناشی از ارتباط پوست با پارچه توسط گیرنده های درد می توانند شناسایی شوند [۱۰].



۴.۱.۲ ویژگی های لمسی لباس

خواص مکانیکی کم تنش (low stress)، پارچه (بعنوان مثال خمش، برش و کشش) به صورت عینی برای ارزیابی ویژگی های لمسی لباس اندازه گیری شده است. سیستم های ارزیابی کاواباتا برای پارچه (KES-F) و آنالیز پارچه با آزمایشات ساده (FAST) برای اندازه گیری ویژگی های مربوط به زیردست پارچه، در دسترس می باشند. اما، تا آنجا که به عنوان پاسخ های لمسی مربوط می شود، همه خصوصیات مکانیکی کم تنش (low stress) به طور مستقیم و یا غیر مستقیم باعث تحریک لامسه، فشار، زبری و دیگر گیرنده های مکانیکی پوست انسان می شوند.

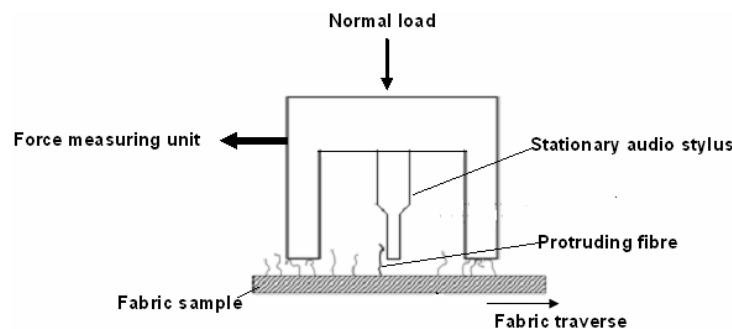


احساس خراشیدگی و خارش یکی از رنجاننده ترین احساسات ناراحتی ناشی از پوشیدن لباس است. نوع خاصی از دردهای عصبی مسئول حس خراشیدگی می باشد. انتهای بیرون زده الیاف از سطح پارچه عامل اصلی در تحریک عصبهای درد در هنگام تماس با پوست هستند. گیرنده های حس خارش نیاز به پاسخ های ترکیبی از یک گروه از اعصاب درد دارند. حالت خارخار بودن پارچه را میتوان با تست فشرده سازی در فشار پایین، شمارش سر الیاف بیرون زده با لیزر و یک روش برداشت صوتی اصلاح شده اندازه گیری کرد [۱۱].



ماتسودایرا (Matsudaira) و همکارانش، آزمایش فشرده ساز کاباواتا را به منظور اندازه گرفتن رابطه بین فشار اعمال شده و ضخامت پارچه در اولین مرحله از فشرده سازی پارچه یعنی در زمان خم شدن الیافی که بر اثر به هم فشردگی از سطح پارچه بیرون آمده اند اصلاح کردند (KESF-3). WRONZ با روش لیزر متری که در آن الیاف بیرون زده از سطح پارچه توسط پرتو لیزر شمارش می شوند، توسعه داد. این روش میزان حالت خارخار پارچه را نسبتاً خوب اندازه گیری میکند. فهمیده شد که حساسیت این ابزار برای یافتن همه موماندگی‌های روی سطح پارچه مناسب نمی باشد؛ به خصوص در جایی که موهای زبر و سفت و خشک هستند، برای شناسایی و کشف شدن اولویت دارند. [۲].

ماتسودایرا و همکارانش [۱۱] همچنین از یک تکنیک صوتی اصلاح شده (شکل 4.1) برای اندازه گیری نیروی متوسط به ازای تماس با هر لیف بیرون زده استفاده کردند. آنها مشاهده کردند که این تکنیک موثرترین راه اندازه گیری خارهای پارچه است و نتایج بدست آمده از این ابزار انطباق بسیار خوبی با ادراکات ذهنی ناشی از خارش پارچه دارد.

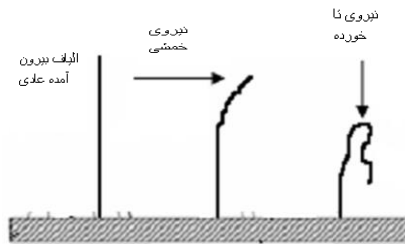


با حرکت سطح پارچه زیر قلم ساکن صوتی دستگاه، و تماس قلم صوتی و الیاف بیرون زده، سیگنالهای متفاوتی به دست می آید. دو مدل کلاسیک که برای محاسبه نیروی نقطه ای و بار بحرانی تا خورده (critical buckling force) در نظر گرفته شد عبارت بودند از "پایه بارگذاری شده" (به صورت خم خورده) و "ستون اوپلر" (به صورت تا خورده) [11] (شکل ۴.۲) ماتسودایرا و همکارانش [11] گزارش داده اند که نیروی بحرانی تا خورده انتهای الیاف بیرون زده، علت برانگیختن گیرنده های مکانیکی هستند که آن ها نیز علت احساس درد می باشند

از معادله بالا به وضوح آشکار است که قطر مدول یانگ و طول الیاف بیرون زده، عامل کلیدی بر حالت خارخار پارچه می باشند .

نیروی بحرانی تا خورده (P_E) از فرمول زیر بدست می آید :

$$P_E = \pi^2 (EI/4l) \quad (4.1)$$

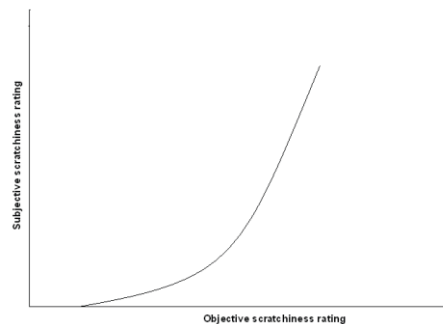


E : مدول یانگ الیاف

I : ممان اینرسی

l : طول انتهای الیاف بیرون زده

(Mehrtens) و (McAlister) گذارش دادند که خراشیدگی بزرگترین منبع ناراحتی است و از لحاظ خراشیدگی و چسبندگی مردان بیشتر از زنان ناراحت بوده اند ، و این موضوع به خاطر این واقعیت است که تعرق مردان بیشتر از زنان می باشد . آنها یک روش عینی را برای آزمایش خاصیت خراشیدگی پارچه بسط دادند که در آن پارچه از جلوی یک میکروفنی که صدای خراشیدن تولید می کرد عبور داده شد . در آن روش پارچه با سرعت 7 yd/min از مقابل یک صفحه از جنس برنج که در بالای میکروفن تعبیه شده بود عبور داده شد و سپس سیگنال میکروفن از طریق یک تقویت کننده به یک دستگاه طبط کننده فرستاده شد . همانطور که در شکل ۴.۳ نشان داده شده است ، رابطه خوبی بین احساس ذهنی و مقادیر اندازه گیری شده از خاصیت خراشیدگی پارچه مشاهده شد .



صفات زیردست پارچه برای بیان راحتی لمسی

به طور کلی کیفیت پارچه از طریق احساسات لمسی درک می شود. مصرف کنندگان محصولات نساجی همیشه قبل از خرید ، محصول را لمس میکنند و اکثرا به خاطر زیردست نا مطلوب رد می شوند . اساسا پارچه هایی که زیردست مطلوبتری دارند در صنعت پوشاک موفق تر خواهند بود و این مهم حاصل نمی شود مگر با اصلاح مراحل تکمیلی و استفاده از الیاف جدید و نیز تولید تخصصی پارچه توسط کارشناسان خبره این بخش . زیر دست پارچه ممکن است واکنش حسی لامسه ای انسان نسبت به پارچه تعریف شود ، که نه تنها شامل عوامل فیزیکی که عوامل فیزیولوژیکی ، ادراکی و اجتماعی را نیز شامل می شود ؛ این همه عامل فرایند پردازش زیردست پارچه را فوق العاده دچار پیچیدگی می کنند [۱۵-۲۰]. راحتی لمسی پوشاک همان حسی است که بر اثر لمس پارچه احساس میکنیم ، که به طور مستقیم به ویژگی های زیردست پارچه مربوط می شود . زیردست پارچه نوعی ارزیابی ذهنی تعریف شده است که از حس لمسی پارچه به دست می آید [21] و می تواند به وسیله اندازه گیری مشخصه های کم تنش (low stress) مکانیکی و مشخصه های سطحی پارچه مورد ارزیابی قرار گیرد .

سهولت حرکت و میزان فشار به وجود آمده به وسیله پوشاک بر روی بدن انسان به طور مستقیم به ویژگی های لمسی راحتی پوشاک مربوط است . به طور تاریخی ، ویژگی های زیردست پارچه با سنجیدن زبری ، صافی ، نرمی ، زمختی ، انعطاف پذیری ، ضخامت ، خراشیدگی ، حالت خارخار و ... در مقابل پوست به صورت ذهنی ارزش دهی شده اند . اندازه گیری عینی زیر دست پارچه اگر در حل مسائلی همچون توضیح زیردست پارچه و ارائه برخی از اطلاعات مربوط به آن ، کمک کنند ممکن است یکی از معانی اصلی تجاری باشد . اندازه گیری عینی همچنین برای بررسی ارزیابی ذهنی از زیردست قبل از بررسی ارتباط زیر دست با خواص مکانیکی و سطحی پارچه ضروری می باشد . در صنایع نساجی و پوشاک به طور تاریخی زیردست پارچه به صورت ذهنی ارزیابی شده است .



راحتی در پوشاک

پیرس [16] مقیاس های عینی از زیردست پارچه را بدست آورد ، که اهمیت خمیدگی ، فشردگی ، حجم مخصوص و خواص سطحی را مشخص می کرد . (Howorth) و (Oliver) [22] برای اولین بار ، سه صفت کیفیتی را شناسایی کردند که به طور مستقیم زیردست پارچه های لباسی را تحت تاثیر قرار میدهد. این صفات کیفیتی ، صافی سطحی ، سختی پارچه و ضخامت است . یک مجموعه از صفات زیر دست پارچه به پیشنهاد شده است توسط " ارزیابی دستی ژاپنی و کمیته استاندارد برای پوشاک مردان در شرایط آب و هوایی متفاوت " [۲۳]. آنها برای لباسهای تابستانی مردان ، چهار ویژگی کیفی عمده مربوط به زیر دست پارچه یعنی پری ، سفتی / حالت ارتجاعی، تردی ، و سختی را تشخیص دادند . از سوی دیگر ، برای پارچه های لباسی زمستانی مردانه آنها سه ویژگی کیفی عمده مربوط به زیر دست پارچه یعنی نرمی/صافی ، پری و ارتجاعی/خشکی پیشنهاد کردند . آنها همچنین استانداردهایی را برای توصیف شدت صفات زیر دست فوق الذکر روی یک مقیاس ۱۰ درجه ای قرار دادند .



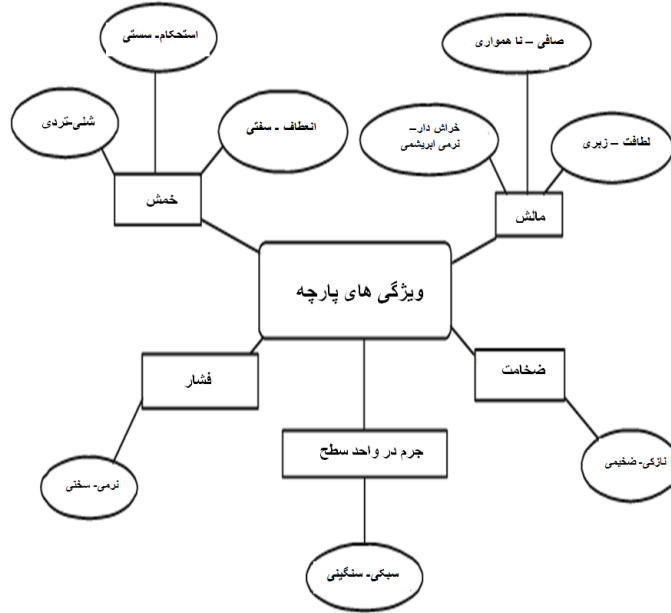
راحتی در پوشاک

مطالعات روی اندازه گیری های عینی زیردست پارچه به وسیله اندازه گیری خصوصیات مکانیکی کم تنش و سطحی پارچه انجام شده است . از ابزار KESF برای اندازه گیری خصوصیات کششی ، برشی ، خمشی ، فشردگی و سطحی پارچه استفاده شده است . ویناکور (Winakor) و همکارانش ویژگی های فیزیکی متفاوتی از پارچه ها را در نظر گرفتند ، مانند سختی ، زبری و ضخامت که نشان دهنده خمش ، مالش و تغییر شکل ناشی از فشار هستند که ضمن زدن به پارچه رخ میدهند . آنها نه جفت صفت قطبی برای بیان ویژگی های حسی لمسی پارچه که مرتبط با ویژگی هایی از پارچه همچون خواص مکانیکی کم تنش و خواص فیزیکی دیگر هستند ، انتخاب کردند که عبارتند از : شلی - تردی ، قابلیت انعطاف - سفتی ، استحکام - سستی ، خراش دار - نرمی ابریشمی ، لطافت - زبری ، صافی - نا همواری ، نرم - سخت ، سبک - سنگین ، نازک ، ضخیم . شکل ۴.۴ روابط متقابل بین نه جفت صفت قطبی از احساسات لمسی و ویژگی های کاراکتری پارچه را نشان می دهد

کاباواتا [28] خصوصیات متفاوت پارچه را با عبارات فردی زیردست مرتبط کرد . شکل ۴.۵ عبارات متفاوتی از زیردست (با توجه به درون بیضی ها) و مربوط به خصوصیات پارچه (با توجه به درون مستطیل ها) که توسط کاباواتا پیشنهاد شده است را نشان میدهد . عبارات زیردستی که توسط کاباواتا پیشنهاد شده است از دید ژاپنی ها هستند که عبارات انگلیسی معادلشان در داخل پرانتز آورده شده اند .

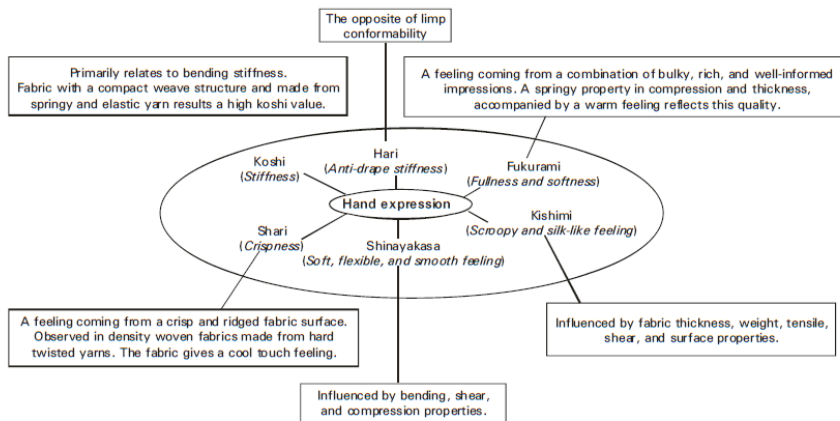
راحتی در پوشاک

دکتر بدرام بیوندی



راحتی در پوشاک

دکتر بدرام بیوندی



4.5 Primary hand expressions and related fabric properties.

FABRIC HANDLE**KAWABATA EVALUATION SYSTEM OF FABRIC (KESF):**

- 1. KES-FB1 ® Tensile and shearing**
- 2. KES-FB2 ® Bending**
- 3. KES-FB3 ® Compression**
- 4. KES-FB4 ® Surface friction and variation**

Total 16 parameters explained showed in the table and explained in detail below,



Tensile	LT	Linearity of load extension curve
	WT	Tensile energy
	RT	Tensile resilience
Shear	G	Shear rigidity
	2HG	Hysteresis of shear force at 0.5°
	2HG5	Hysteresis of shear force at 5°
Bending	B	Bending rigidity
	2HB	Hysteresis of bending moment
Later compression	LC	Linearity of compression thickness curve
	WC	Compressional energy
	RC	Compressional resilience
Surface characteristics	MIU	Coefficient of friction
	MMD	Mean deviation of MIU
	SMD	Geometrical roughness
Fabric construction	W	Fabric weight per unit area
	T _o	Fabric thickness

KES-FB 1:

Stressed up to 500gf/cm -----> 500gf/cm load

- ▶ Sample is clamped between 2 Jaws with effective test area of 5/L cm x 20/W cm and subjected to a constant tension of 10gf/cm by a weight attached to the drum on which one jaw is mounted.
- ▶ Constant tension is applied by allowing the drum to rotate freely.
- ▶ The shear force is measured by a transducer connected to the other jaw which moved sideways to apply the shear deformation and the shear strain is detected by potentiometer

(a) **WT = Tensile energy** =
$$\int_0^B L dE$$

= Area under the load - extension

(b) **Linearity (LT)**

$$\frac{WT}{\Delta OAB} = \int_0^B L dE / 0.5 L_M E_M$$

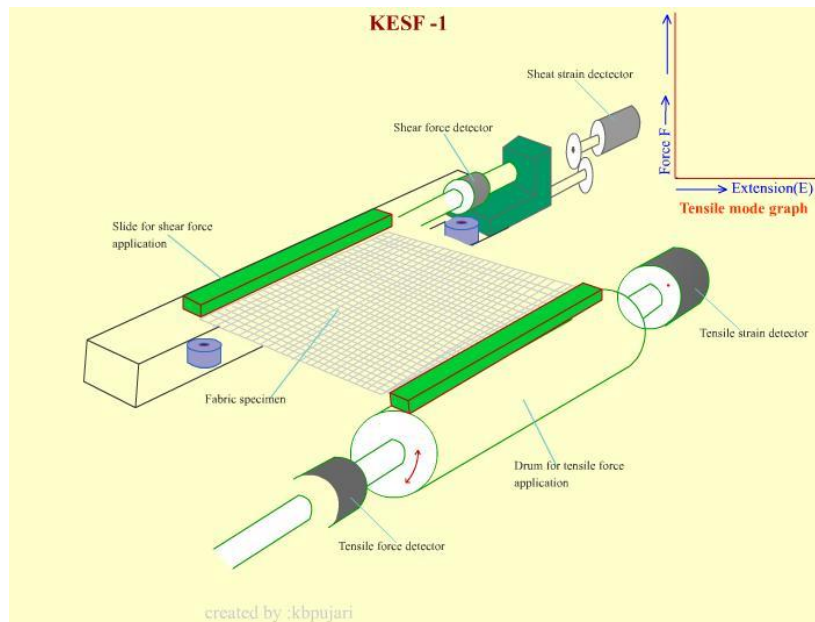
(c) **Resilience (RT)**

$$\frac{\text{Area under recovery curve}}{\text{Area under load curve}} \times 100 = \frac{\int_0^B R dE}{\int_0^B L dE} \times 100$$

(d) **Shear Rigidity G**

slope of curve between 0.5° and 2.5° shear Angle

(e) **2HG** = Hysteresis of shear force at 0.5° shear angle

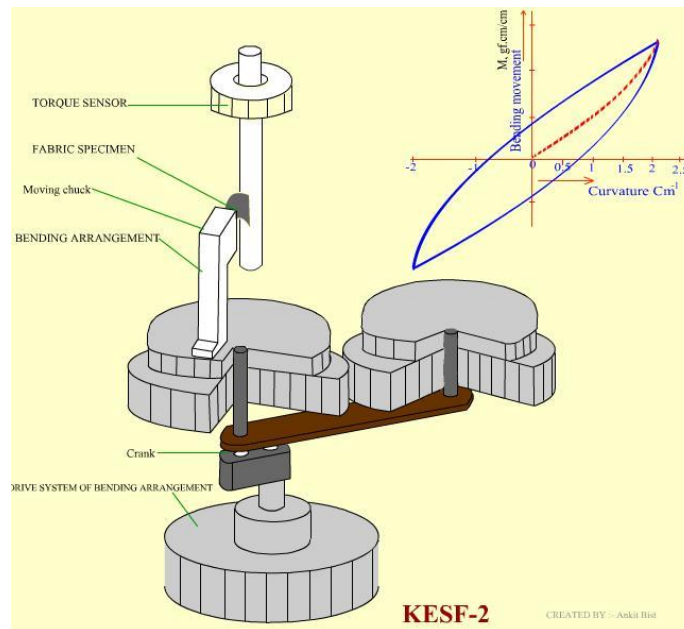


KES-FB-2:

Fabric sample is bent between the curvatures -2.5 and $+2.5\text{cm}^{-1}$

(g) B = Slope between 0.5 and 1.5cm^{-1} curvature

(h) 2HB = Hysteresis of bending moment at curvature 1cm^{-1} .



KES-FB-3:

The compressional properties between two plates and increasing the pressure while continuously monitoring the sample thickness upto a max. pressure of 50gf/cm²(0.49N/cm²).

$$\mu = \frac{1}{X} \int_0^x \mu de$$

Compressional measurement is done by KES-F-3 as shown in Figure. The principle of the apparatus is shown in Fig. is an example of the recorded curves. The integration of the curve is computed by the computing block automatically.

The signal from the transducer is passed the filter having prescribed frequency response and integrated to compute SMD.

(i) LC = Linearity of compression curve

Area under compression curve / Area of triangle (T₀ AThe)

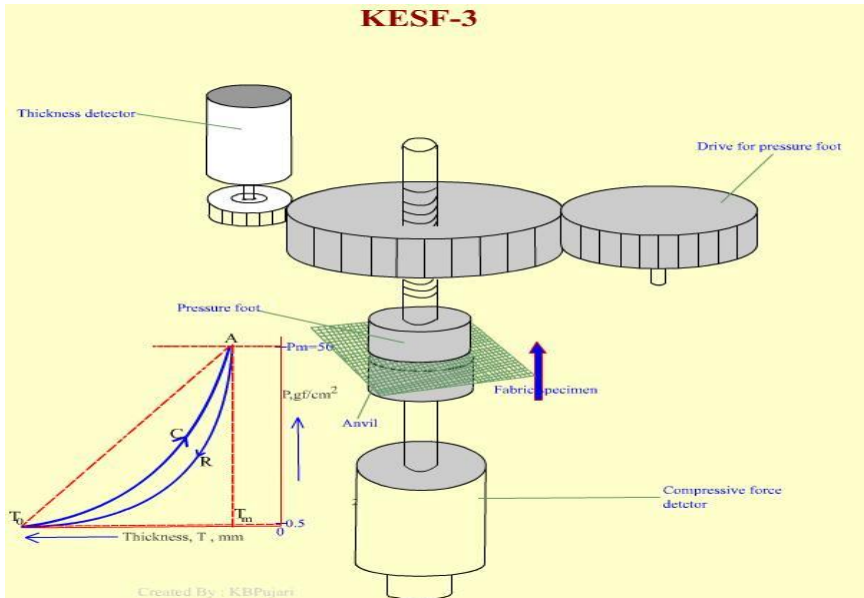
$$\int_{T_0}^{The_m} \frac{CdT}{1/2(T_0 - T_m)P_m}$$

(j) WC = Compressional energy

$$\int_{T_0}^{T_m} C dT$$

(k) RC = Compressional resilience

$$\frac{\text{Area under recovery curve}}{\text{Area under compression curve}} = \frac{\int_{T_0}^{T_m} RdT}{\int_{T_0}^{T_m} CdT} \times 100$$

**KES-FB4:**

(l) **MIU** = mean value of coefficient of friction,

$$= \frac{\text{Hatched area}}{X} = \frac{1}{X} \cdot \int_0^X |\mu - \bar{\mu}| \cdot dl$$

(m) **MMD** = mean deviation of coefficient of friction (b)

(n) **SMD** = Geometrical roughness

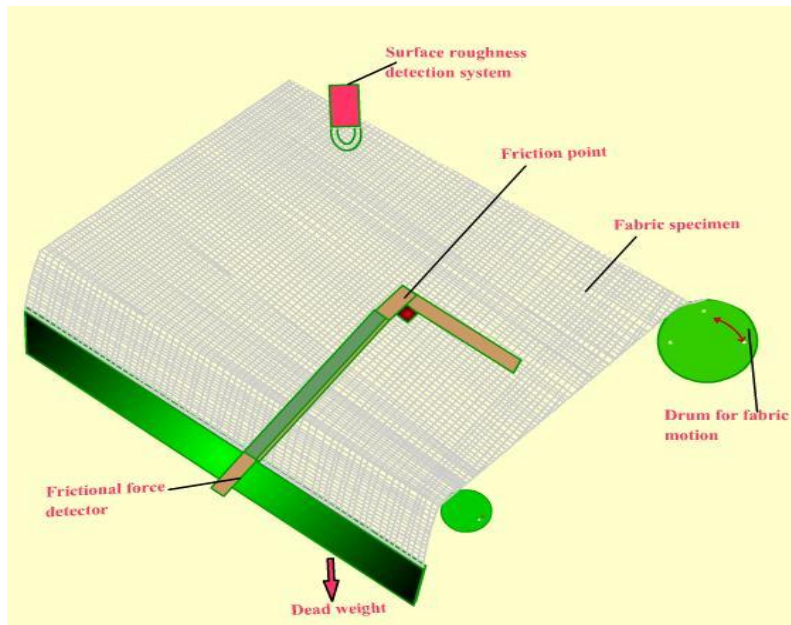
$$= \frac{\text{Hatched area}}{X} = \frac{1}{X} \cdot \int_0^X |T - \bar{T}| \cdot dl$$

In addition to these,

(o) **W** = fabric weight per unit area and

(p) **To** = fabric thickness

are also reported in KESF system.



FABRIC HANDLE

FAST SYSTEM (FABRIC ASSURANCE BY SIMPLE TESTING):

Much simpler than KESF system :

- 1) **FAST 1** - Compression meter
- 2) **FAST 2** - Bending meter
- 3) **FAST 3** - Extension meter
- 4) **FAST 4** - Dimension stability test

1. Dried at 105°C and length (warp/weft) - L_1
2. Soared in water and wet relaxed length - L_2
3. Redried in oven and measure again - L_3

Relaxation shrinkage =

$$\frac{L_1 - L_3}{L_1} \times 100\%$$

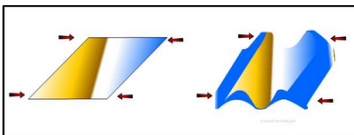
Hygral Expansion =

$$\frac{L_2 - L_3}{L_3} \times 100\%$$

Derived Properties:

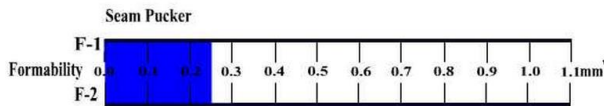
Some values of produced by FAST are not measured directly but are calculated using a combination of values from different FAST instruments and in some cases using Mathematical Constants. These properties are known as Derived properties because they are not directly measured by any one instrument. Bending Rigidity, described earlier, is a derived property because in addition to the Bending Length, fabric weight is brought into the calculation. The measurements obtained from FAST-3 are important in calculating two further derived values, Formability and Shear Rigidity.

Formability:



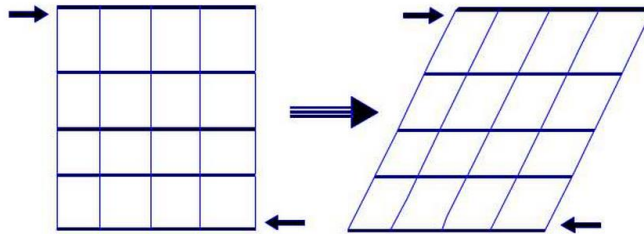
Formability is calculated using values obtained from both **FAST-2** and **FAST-3**. It can be described in scientific terms as "a measure of the ability of a fabric to absorb compression in its own plane without buckling".

In practical terms, this type of compression is imposed upon the fabric by a combination of thread size, needle size, thread tension and stitch rate; a fabric which buckles easily under these types of force will form Puckered Seams. Formability is a direct indicator of the likelihood of Seam Pucker occurring either during or after sewing.

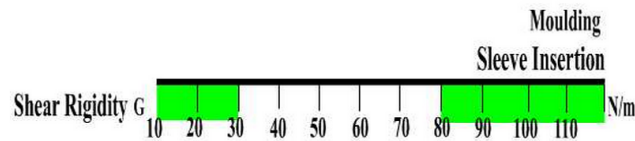


Shear Rigidity:

Shear Rigidity is a measure of the ease with which a fabric can be distorted in a "Trellissing" action and is calculated from the Bias Extensibility measured on **FAST-3**.



Low Shear Rigidity means that the fabric will be easily distorted in laying-up, marking and cutting.



High Shear Rigidity means that the fabric will be difficult to form into smooth three-dimensional shapes, causing problems in moulding and sleeve insertion. Drape may also be affected.

FAST-4:

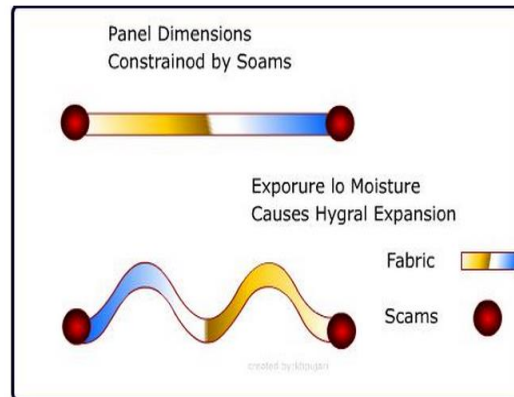
FAST-4 is not an instrument but a test method, used to calculate the Dimensional Stability of the fabric.

In the test (which requires a laboratory oven), the fabric is subjected to a cycle of drying, wetting and then drying again. After each stage the fabric's dimensions in both warp and weft are measured. The results give valuable information to the garment maker as to how the dimensions of a fabric will change when exposed to moisture. The test method enables the Dimensional Stability properties of the fabric to be split into to clearly identifiable components whose cause and effect are quite different. These are: Relaxation Shrinkage and Hygral Expansion.

Hygral Expansion:

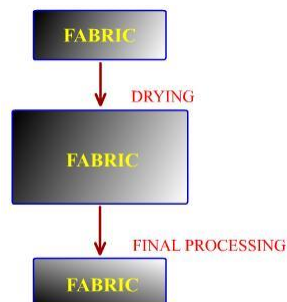
Hygral Expansion is the reversible change in the dimension of the fabric that occurs when the moisture content of the fibres is altered. Using FAST, Hygral Expansion is defined as the percentage change in dimensions of the relaxed fabric from wet to dry.

One of wool's inherent natural properties is that it grows when exposed to moisture, a phenomenon known as Hygral Expansion. This property is reversible, so when the fabric is moved into a drier atmosphere it returns to its original dimensions.

**Relaxation Shrinkage:**

Relaxation Shrinkage is the irreversible change in fabric dimensions (shrinkage or expansion) that occurs when a fabric is wet out or exposed to steam. Relaxation Shrinkage is caused by the release of cohesively set strains which are imposed on fabrics during the late stages of finishing. In the FAST system, Relaxation Shrinkage is defined as the percentage change in dry dimensions after release in water at room temperature.

During finishing, most fabrics are dried under tension, which is not released until the fabric is next exposed to moisture. This typically takes place at the final pressing stage of garment manufacture. The result is that the fabric reverts to its original dimensions and shrinkage takes place.

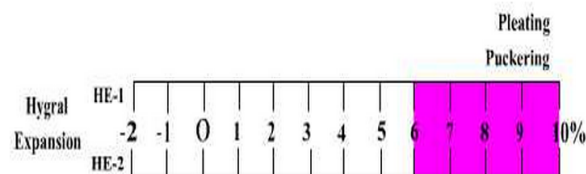


This effect displays its most serious consequence as loss of appearance. Panels constrained by seams try to grow but have nowhere to grow into, with resultant loss of shape and in extreme cases, bubbling and delamination of fused panels.

This type of problem typically occurs when garments are made in areas of low humidity, such as the UK, and exported to or worn in very humid climates such as those in much of Asia. Fabrics with high levels of Hygral Expansion also cause problems in pleating.

Where L_1 = Length of dry, unrelaxed fabric; L_2 = Length of wet fabric, after relaxation in water; L_3 = Length of dry, relaxed fabric.

$$\text{Hygral Expansion} = \frac{L_2 - L_3}{L_3} \times 100\%$$



During finishing, most fabrics are dried under tension, which is not released until the fabric is next exposed to moisture. This typically takes place at the final pressing stage of garment manufacture. The result is that the fabric reverts to its original dimensions and shrinkage takes place.

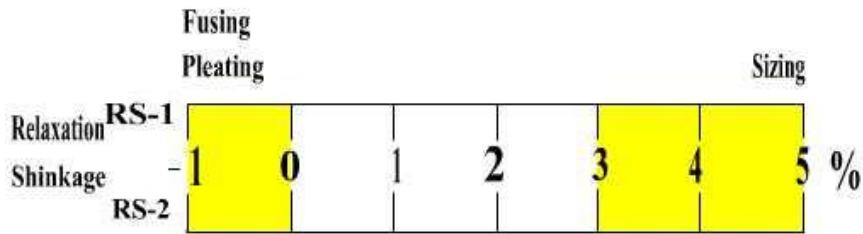
If this shrinkage is excessive, cut panels may well change their original dimensions, leading to garment sizing difficulties. In addition, excessive **Relaxation Shrinkage** may well result in the formation of puckered seams in final pressing.

Most garment makers require a small amount of **Relaxation Shrinkage** to be present in a fabric in order to shrink out any residual fullness in the garment during final pressing. If a fabric is to be pleated then a certain amount of relaxation shrinkage must be present in the fabric in order to prevent buckling in the pleat formation process.

Where L_1 = Length of dry, unrelaxed fabric;

L_2 = Length of wet fabric, after relaxation in water;

L_3 = Length of dry, relaxed fabric.



$$\text{Relaxation Shrinkage} = \frac{L_1 - L_3}{L_1} \times 100\%$$

Test	Measures	Predicts Problem In
FAST-1	Thickness Compression	Pressing (Finish Stability)
FAST-2	Bending	Cutting Automated Handling
FAST-3	Extensibility	Laying-Up Pattern Matching Overfed Seams Moulding
	Shear Rigidity	Laying-Up Moulding Sleeve Insertion
FAST-2 and FAST-3	Formability	Seam Pucker
FAST-4	Relaxation Shrinkage	Sizing Seam Pucker Pleating
	Hygral Expansion	Appearance Loss Pleating

FABRIC ASSURANCE BY SIMPLE TESTING [FAST]:

Developed through research by CSIRO, Australia

Unlike KES methods, FAST only measures the resistance of fabric to deformation and not the recovery of fabric from deformation.

FAST system is much cheaper, simpler and more robust than KES system – More suited to industrial application

FAST consists of three instruments and a test method:

FAST – 1: Compression meter

FAST – 2: Bending meter

FAST – 3: Extension meter

FAST – 4: Dimensional stability test

FAST – 1: Compression meter:

- This instrument measures fabric thickness at various loads and surface thickness
- The fabric thickness at two different pressures enables the accurate measurement of surface layer thickness
- Thickness is measured at a pressure of 2 gf/cm²
- Surface thickness is the difference in thickness of a fabric measured at pressures of 2 gf/cm² and 100 gf/cm².
- This gives information about the hairiness or surface bulk of the fabric (closely related to surface treatment like brushing, singeing)
- Released surface thickness is the measure of the surface thickness after the fabric has exposed to steam or water

FAST – 2: Bending meter:

- This measures the fabric bending length according to BS 3356-1961.
- The bending length is converted into bending rigidity, which is directly related to fabric stiffness – an important component of fabric handle
- The operator error in aligning the sample is eliminated with the use of an optical sensor
- The main problems associate with bending rigidity occurs in fabrics that have low values. These fabrics due to the ease with which they bend, would be difficult to handle and sew.
- Fabric extensibility is combined with bending rigidity to give formability – a parameter related to the incidence of seam pucker

FAST – 3: Extension meter:

This instrument measures fabric extension at various loads and bias extension

- Extension is displayed as a percentage with a 0.1% resolution
- Extensibility is measured at three loads 5 gf/cm (E_5), 20 gf/cm (E_{20}) and 100 gf/cm (E_{100}).
- The difference between E_5 and E_{20} is used to calculate *Formability*
- E_{100} is used in control chart (Fabric Fingerprint) as the measure of fabric extensibility. If the value is below approximately 2% then the fabric will be difficult to extend during seam overfeed.

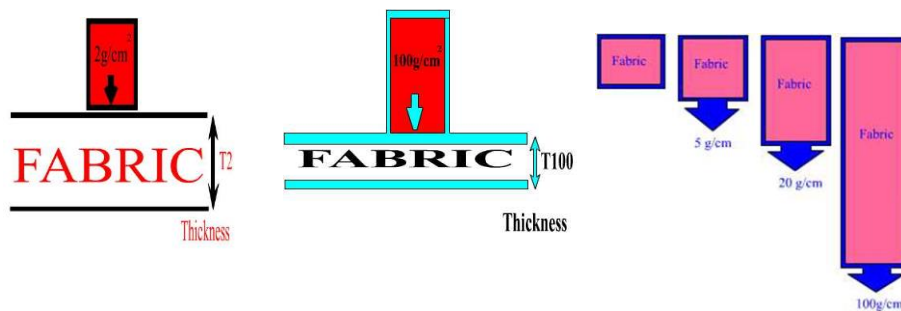
Bias extension is converted to shear rigidity - which is directly related to fabric *looseness* - another important component of fabric hand

Shear rigidity below 30N/m, the fabric deforms so easily that it may give problems in handling, laying up and sewing.

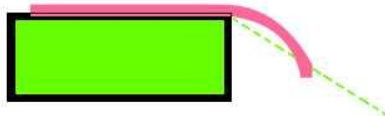
Conversely if it is above 80N/m then the fabric can be difficult to overfeed, mould, etc.

FAST – 4: Dimensional stability test:

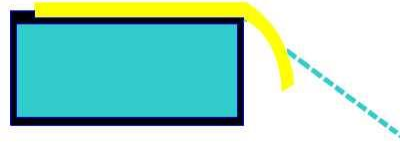
- This measures relaxation shrinkage and hygral expansion
- The test is completed in less than an hour as compared to the conventional one-day test
- A forced convection oven, a template and a ruler are the only equipment required to do the test



Stiff fabric bends more slowly



Limp fabric bends quickly



USE OF FAST:

FAST can tell one how well a fabric will perform

Abnormal FAST *Fabric Fingerprints* point to potential problem areas




Fabric Fingerprints can be used for

-  Fabric specifications
-  Developing new fabrics
-  Comparing fabric finishing routs
-  Assessing stability of finished fabrics
-  Predicting tailoring performance
-  Final garment appearance

Broad areas of Use of FAST:**I) Fabric Finishing (Using FAST-1):**

Change in fabric surface characteristics after finishing process can be measured.

II) Tailorability:**a) Formability and seam pucker (Using FAST-2 and FAST-3):**

-  Sewing operations, especially those involved in overfeeding, imposes strains on the fabric.
-  Stiff fabrics resist buckling
-  Extensible fabric accommodate overfeed

b) Laying up and cutting (Using FAST-3):

Very extensible fabrics, which move around while being cut, cause problems with sizing, pattern matching and sewing stage.

c) Sewing of long seams (Using FAST-3):

Very extensible fabrics are difficult to match over a long seam length.

d) Steaming and pressing (Using FAST-4):

Pressing operation rely on amount of fabric shrinkage

Garment appearance is affected by fabric shrinkage

e) After care (Using FAST-4):

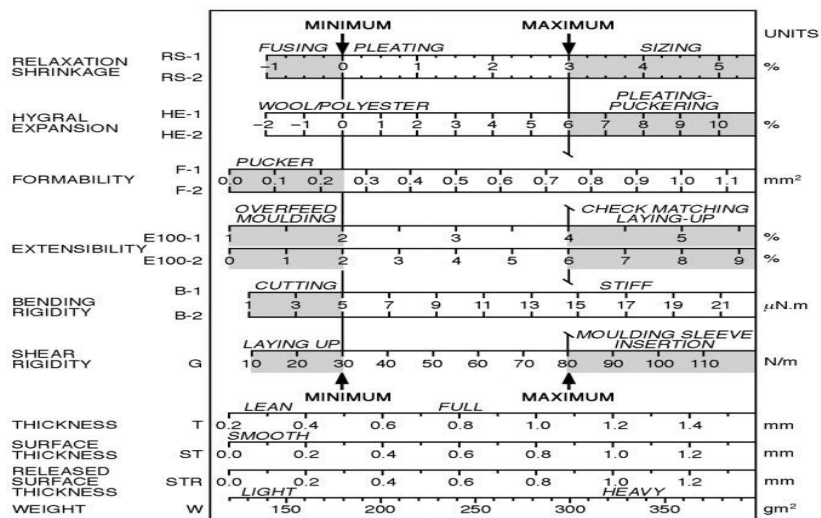
Care must be taken when dealing with the fabrics which exhibits excessive shrinkage

f) Garment appearance (Using FAST-4):

During conditions of high relative humidity, the onset of pucker can be attributed in part to increasing fabric dimension, i.e. hygral expansion.

FAST CONTROL CHART

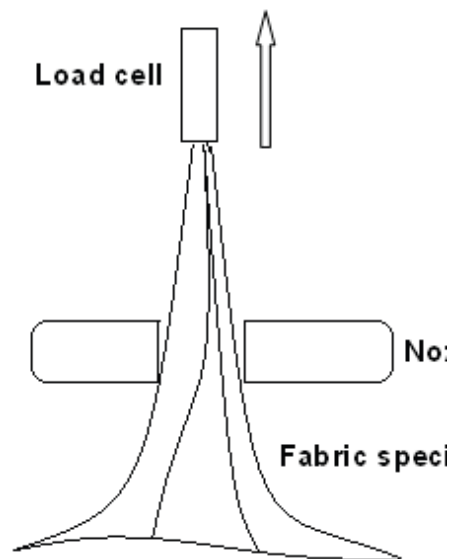
FABRIC ID. : _____ SOURCE : _____
 END USE : _____ DATE : _____
 REMARK : _____

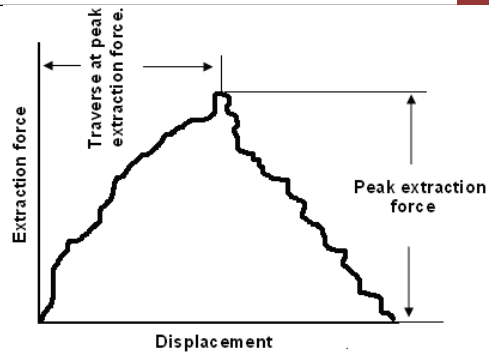


The FAST control chart for light-weight suiting fabrics

Fabric extraction principle

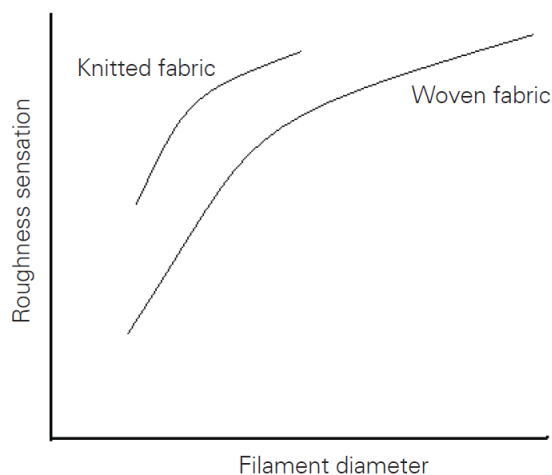
The fabric extraction principle is not a new idea at all; it has been a common practice for many years by ladies in certain parts of the world when searching for a desired scarf at a market. They would take off their rings and pull out a scarf through the ring, judging the overall quality of the scarf based on the resistance during the pulling out process [17]. The fabric is extracted through a specially designed nozzle and the force required to extract the fabric through the nozzle is measured. During this extraction process the sample is deformed under a very complex yet low stress state including tensile, shearing and bending as well as frictional actions, similar to the stress state when we handle a fabric. The fabric specimen gets folded, sheared, rubbed, compressed and bent during extraction. A large number of studies [17, 45–51] have been reported where fabric extraction technique is used for evaluation of fabric hand. In one of these studies [50] a circular fabric specimen, 250 mm in diameter held by a pin, is drawn through a cylindrical nozzle of highly polished steel, 20 mm in diameter and 20 mm in height.



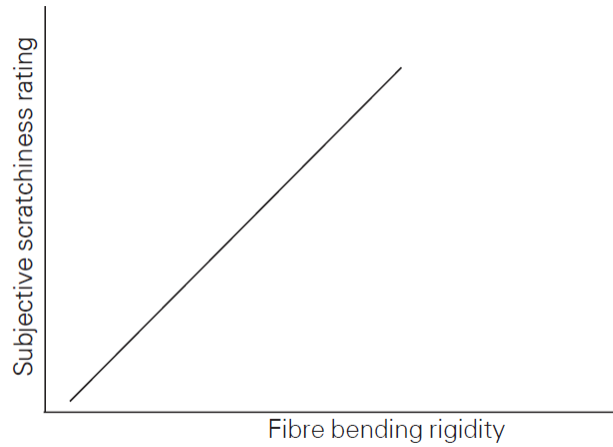


The fabric handle behaviour has been defined by two parameters: (i) peak extraction force and (ii) traverse at peak extraction force. Traverse at peak extraction force is the movement of the cross-head from where the fabric sample starts exerting resistance to extraction till the force reaches to its maximum. Both these parameters can be obtained from force–displacement curves. Higher peak extraction force indicates stiffer fabric and higher traverse at peak extraction force value shows the fabric surface become smoother. The extraction force is the combination of fabric resistance to bending, compression, shear, extension and sliding.

4.4 Fabric parameters affecting tactile sensation



4.18 Effect of filament diameter and fabric type on roughness sensation [52].



4.19 Fibre flexural rigidity and subjective ratings [14].



4.21 Relation between clinging sensation and fibre flexural rigidity [14].