



Convegno Nazionale AICTC

“La valutazione tattile dei tessuti: dalla misura fisica a quella sensoriale”

10 Giugno 2011 – Sala Conferenze Museo del Tessile



Misure oggettive della mano dei tessuti e loro applicazioni nella valutazione dei processi di finissaggio

Fabio Rombaldoni

Roberto Demichelis

Giorgio Mazzuchetti



CNR-ISMAL

Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto per lo Studio delle Macromolecole

Sede di Biella

Agenda

- Presentazione attività e linee di ricerca del CNR-ISMAL Sede di Biella;
- Panoramica sulle strumentazioni KES-F e FAST per la misura di proprietà fisico-meccaniche a basso stress legate alla mano dei tessuti;
- Applicazioni (recenti) della strumentazione KES-F e FAST a supporto di lavori di ricerca:
 - ✓ Strumentazione FAST nello sviluppo di modelli predittivi di mano;
 - ✓ Strumentazione FAST per la caratterizzazione degli effetti su tessuti di lana di coating innovativi in plasma a bassa pressione;
 - ✓ Strumentazione KES-F e analisi sensoriale per la valutazione di proprietà di mano di tessuti di lana trattati in plasma di ossigeno in vuoto e tinti a bassa temperatura;
 - ✓ Strumentazione FAST per la caratterizzazione degli effetti su tessuti di lana di trattamenti in plasma di azoto in atmosfera;
 - ✓ Strumentazione KES-F per la caratterizzazione degli effetti di un innovativo lavaggio a secco in CO₂.

CNR-ISMAC Biella: una breve introduzione

Sede di **Biella** dell'**Istituto per lo Studio delle Macromolecole (ISMAC)** del **Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)**.



ATTIVITÀ

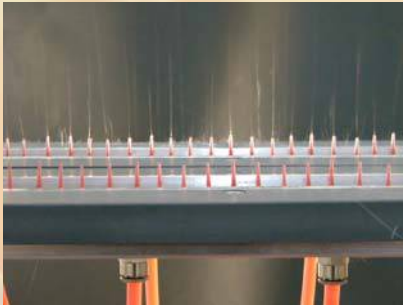
- Ricerca e innovazione nel campo dei materiali e dei processi tessili;
- Sviluppo della normazione in campo tessile (IWTO, ISO, ...);
- Servizi, trasferimento tecnologico e consulenze tecniche alle aziende del settore tessile;
- Test analitici su materie prime, semilavorati, prodotti finiti ed ausiliari tessili con rilascio di rapporti di prova (conformità EN 45000), e laboratorio accreditato INTERWOOLLABS e riconosciuto CCMI.

STAFF

- 8 ricercatori, 3 assegnisti di ricerca, 6 tecnici, 3 amministrativi.

LINEE DI RICERCA

- Produzione e caratterizzazione di nuovi prodotti/fibre ottenuti da scarti a base di cheratina;
- Innovazione dei processi e applicazione delle biotecnologie in campo tessile;
- Modificazione superficiale e coating dei materiali tessili (*e.g.*, plasma);
- Studio di nuovi sistemi di filatura (*e.g.*, elettrofilatura);



- Valutazione del comfort e delle performance fisiologiche e **misurazioni oggettive delle proprietà tattili** dei materiali tessili;
- Sviluppo di metodi analitici per la valutazione delle qualità di materiali tessili.



Strumentazioni KES-F e FAST per la misura di proprietà fisico-meccaniche a basso stress legate alla mano dei tessuti

Principali differenze tra strumentazioni KES-F e FAST

	KES-F <i>Kawabata's Evaluation System for Fabrics</i>	FAST <i>Fabric Assurance by Simple Testing</i>
Strumenti	4	3
Parametri	18	12
Costo <i>agosto 2010</i>	USD 230.000 <i>JPY 20.000.000, fonte: Kato Tech Co. Ltd, Kyoto, Giappone</i>	USD 42.000 <i>GBP 27.500, fonte: ITEC Innovation Ltd, Cardiff, Regno Unito</i>
Analisi	Completa richiede almeno 4 h Tecnico con esperienza	Completa richiede meno di 1 h Non richiede particolari competenze
Focus	Mano	Confezionabilità, aspetto durante l'indossamento, mano
Varie	▪ Differenze nei principi di misura; ▪ Parametri ottenuti altamente correlati; ▪ KES-F permette analisi più approfondita (diagrammi di deformazione e recupero) e parametri integrati in modelli di mano; ▪ Metodo FAST per misure di stabilità dimensionale (restringimento per rilassamento e dilatazione igroscopica); ▪ FAST disponibile presso aziende, KES-F solo in laboratori specializzati.	

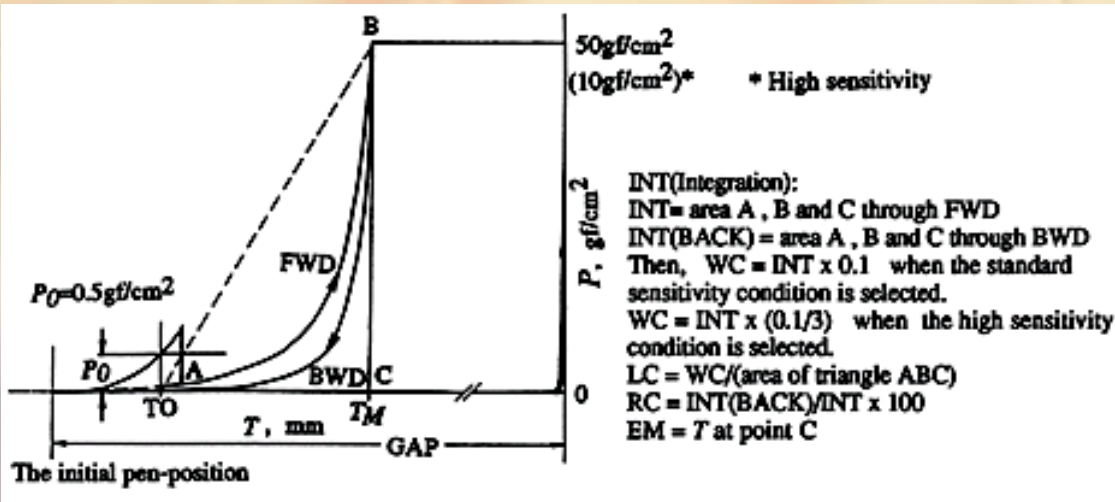
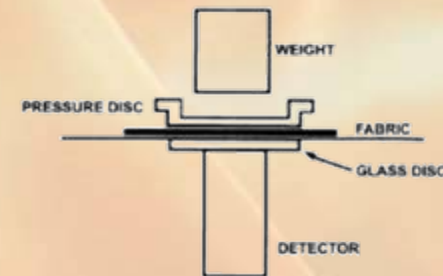
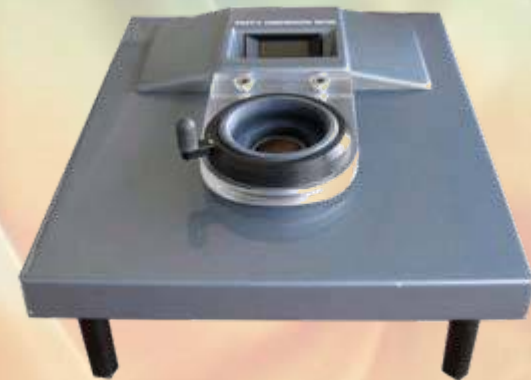
Proprietà di compressione

KES-FB3



T_0	Spessore a 0,5 gf/cm ² (ca. 50 Pa)	mm
WC	Energia di compressione	J/m ²
LC	Linearità di compressione	-
RC	Resilienza di compressione	%
T_m	Spessore a 50 gf/cm ² (ca. 5 kPa)	mm
EMC	Compressibilità normalizzata	%

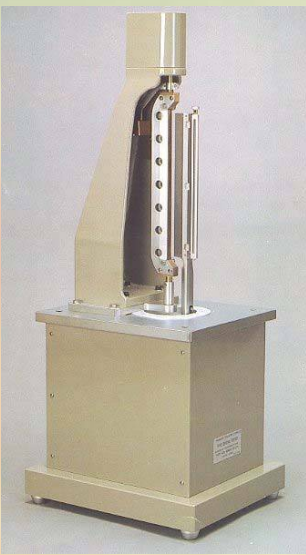
FAST-1



T2	Spessore a 2 gf/cm ² (ca. 200 Pa)	mm
T20	Spessore a 20 gf/cm ² (ca. 2 kPa)	mm
T100	Spessore a 100 gf/cm ² (ca. 10 kPa)	mm
ST	Spessore dello strato superficiale (= $T_2 - T_{100}$)	mm

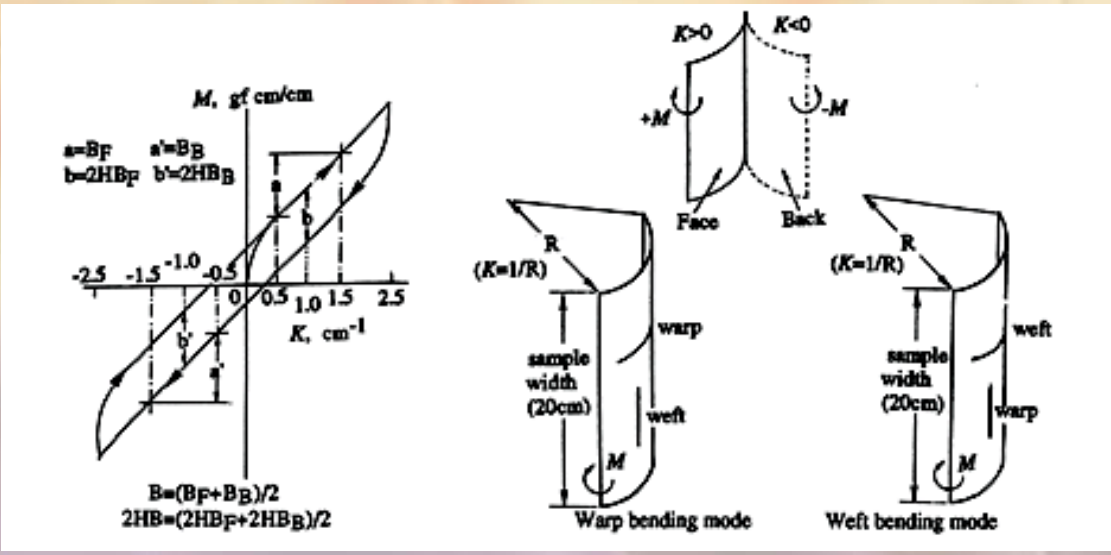
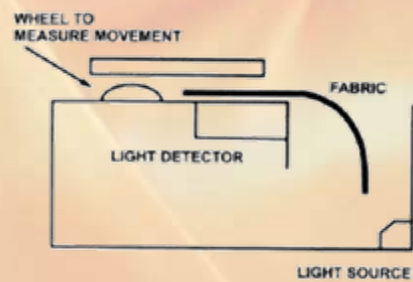
Proprietà di flessione

KES-FB2



B	Rigidità alla flessione	$\mu\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{m}$
2HB	Isteresi di flessione	$\text{mN}\cdot\text{m}/\text{m}$

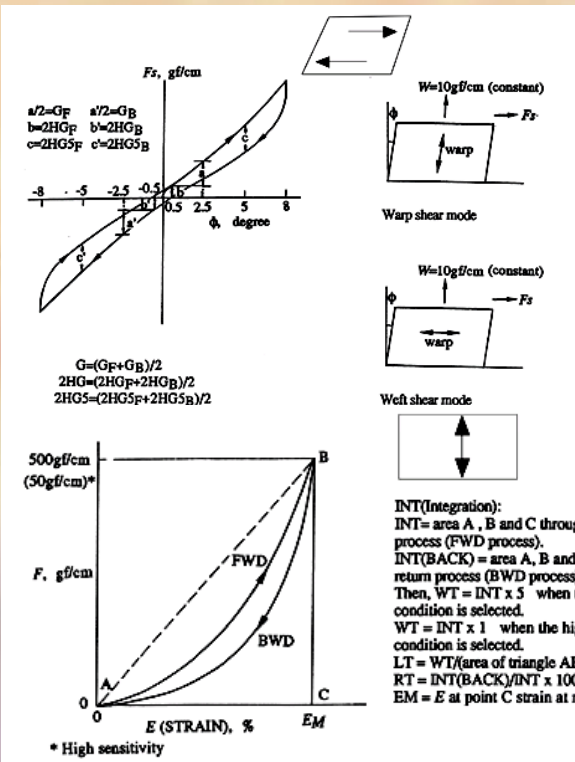
FAST-2



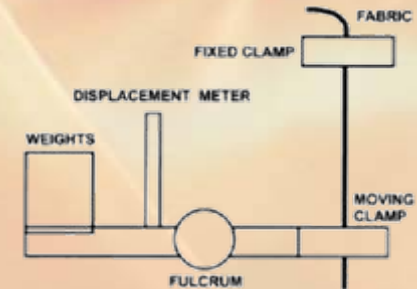
C	Lunghezza di curvatura	mm
B	Rigidità alla flessione ($=W \times C^3 \times 9,81 \times 10^{-6}$) con W peso del tessuto in g/m^2	$\mu\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{m}$
F	Plasmabilità ($=B \times (E20-E5)/14,7$)	mm^2

Proprietà di trazione e taglio

KES-FB1



FAST-3

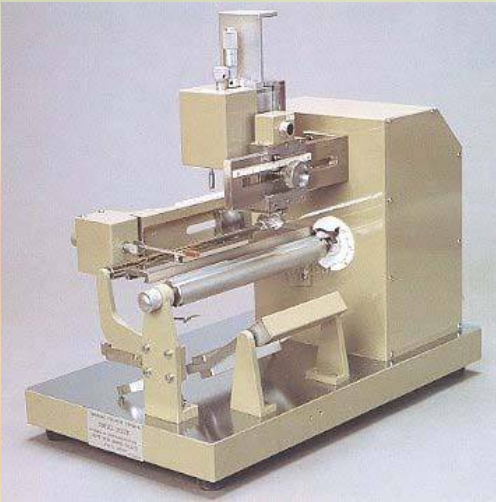


EMT	Estensibilità	%
WT	Energia di trazione	J/m ²
LT	Linearità di trazione	-
RT	Resilienza di trazione	%
G	Rigidità al taglio	N/m·°
2HG	Isteresi di taglio $\phi=0,5^\circ$	N/m
2HG5	Isteresi di taglio $\phi=5^\circ$	N/m

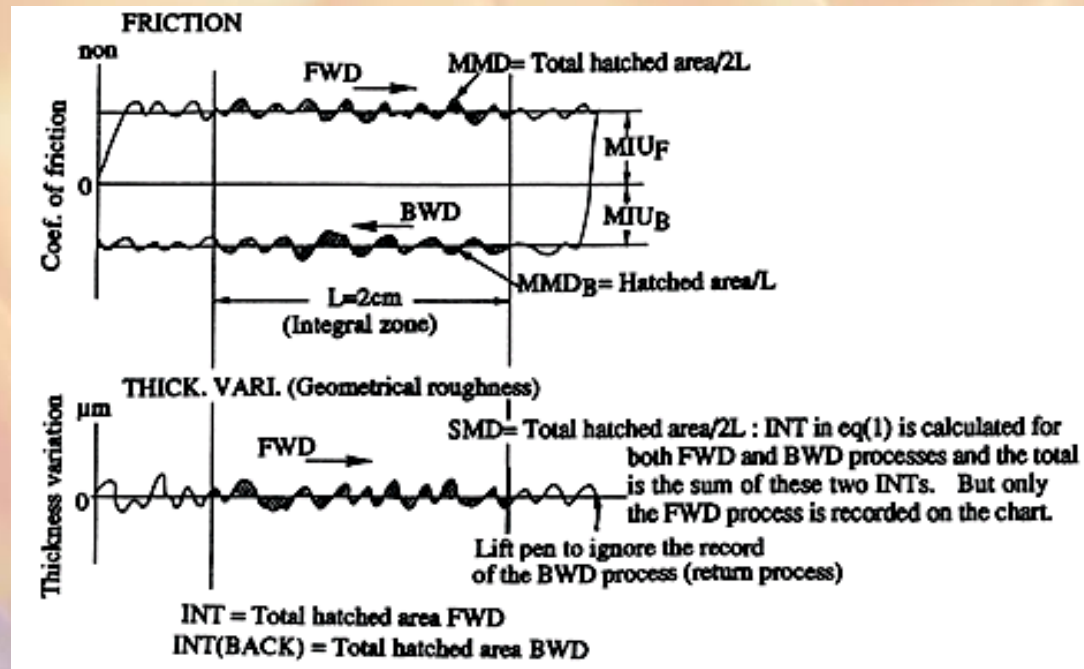
E5	Estensibilità a 5 gf/cm (ca. 5 N/m)	%
E20	Estensibilità a 20 gf/cm (ca. 20 N/m)	%
E100	Estensibilità a 100 gf/cm (ca. 100 N/m)	%
EB5	Estensibilità diagonale a 5 gf/cm (ca. 5 N/m)	%
G	Rigidità al taglio (=123/EB5)	N/m

Proprietà di superficie

KES-FB4



MIU	Coefficiente di attrito	-
MMD	Deviazione standard del MIU	-
SMD	Rugosità geometrica	μm



Strumentazione FAST nello sviluppo di modelli predittivi di mano

G. Mazzuchetti, R. Demichelis, M. Bianchetto Songia, F. Rombaldoni

Objective measurement of tactile sensitivity related to a feeling of softness and warmth

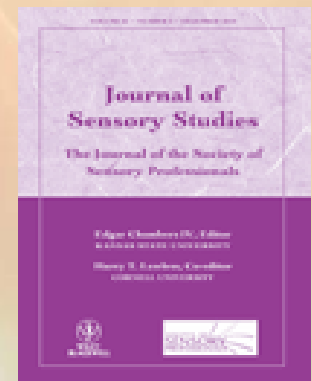
Fibres & Textiles in Eastern Europe 16(4), 67-71 (2008)



F. Rombaldoni, R. Demichelis, G. Mazzuchetti

Prediction of human psychophysical perception of fabric crispness and coolness hand from rapidly measurable low-stress mechanical and thermal parameters

Journal of Sensory Studies 25(6), 899-916 (2010)



Tessuti e proprietà misurate strumentalmente

SCOPO

- Sviluppo di modelli matematici di previsione di mano primaria (*e.g.*, sofficietà, secchezza) a partire da:
 - ✓ proprietà meccaniche a basso stress misurate con strumentazione FAST;
 - ✓ proprietà termiche (*i.e.*, assorbività termica) misurate con strumento Alambeta.

PHYSICAL, LOW-STRESS MECHANICAL AND THERMAL PARAMETERS CHOSEN
AS INDEPENDENT VARIABLES FOR THE CRISPNESS AND COOLNESS HAND
PREDICTION MODELS

Property/ deformation	Symbol	Parameter	Units	Remarks
Weight	W	Weight per unit area (areal density)	g/m ²	Measured at 20°C and 65% RH
Compression	T100	Thickness at 9.81 kPa	mm	Measured with FAST-1
Compression	ST	Surface thickness	mm	Calculated as ST = T2 - T100 where T2 is thickness at 0.196 kPa (mm, measured with FAST-1)
Bending	B	Bending rigidity	μN m	Calculated as B = W · C ³ · 9.81 · 10 ⁻⁶ where C is bending length (mm, measured with FAST-2)
Extension	E100	Extensibility at 98.1 N/m	%	Measured with FAST-3
Shear	G	Shear rigidity	N/m	Calculated as G = 123/EB5 where EB5 is bias extensibility (%, measured with FAST-3)
Formability	F	Formability	mm ²	Calculated as F = ((E20-E5)·BY)/14.7 where E20 and E5 are extensibilities at 19.6 and 4.9 N/m, respectively (%, measured with FAST-3)
Thermal absorptivity	b	Thermal absorptivity	W·s ^{1/2} /(m ² ·K)	Measured with Alambeta

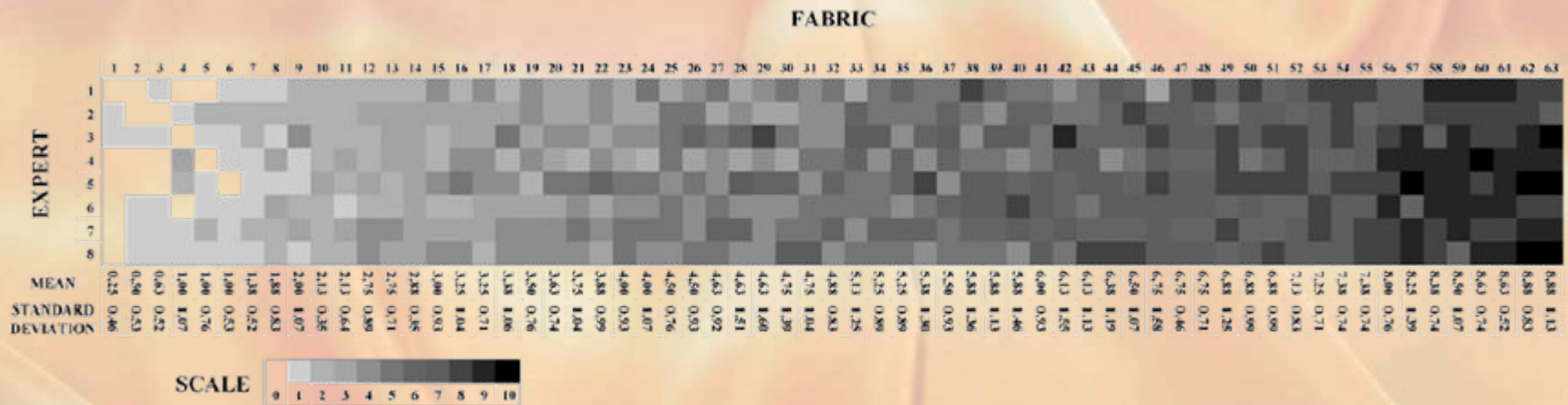
- 63 tessuti, **campione rappresentativo della produzione Italiana di tessuti di fibre animali estivi e invernali per abiti maschili.**

CHARACTERISTICS OF THE GROUPS OF TESTED FABRICS

Group	Composition	Spinning system	Weight range (g/m ²)	Number of fabrics	End-use
1	100% wool	Worsted	[185, 275]	20	Winter men's suit
2	100% wool	Worsted	[138, 193]	15	Summer men's suit
3	Wool/mohair blend	Worsted	[119, 196]	5	Summer men's suit
4	100% wool	Woolen	[187, 331]	6	Winter men's suit
5	Wool/cashmere blend	Woolen	[193, 235]	5	Winter men's suit
6	100% cashmere	Woolen	[194, 246]	4	Winter men's suit
7	100% cashmere	Worsted	[186, 214]	4	Winter men's suit
8	100% alpaca	Worsted	[218, 227]	4	Winter men's suit

Valutazione sensoriale dei tessuti

- 8 esperti, 40-50 anni, da 5 differenti aziende;
- Definizione della proprietà tattile (sofficità, secchezza);
- Risposta sensoriale allo stimolo tattile valutata secondo una scala da 0 (nessuna sensazione) a 10 (massima intensità), seguendo approccio Kawabata/HESC per la standardizzazione delle mani primarie.



Modelli matematici per la predizione della mano

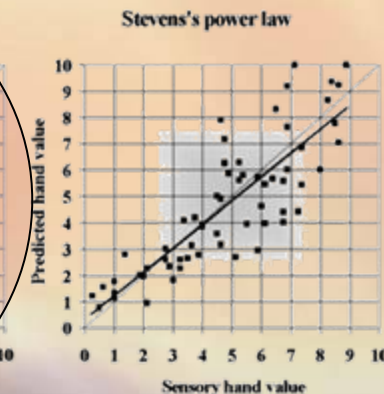
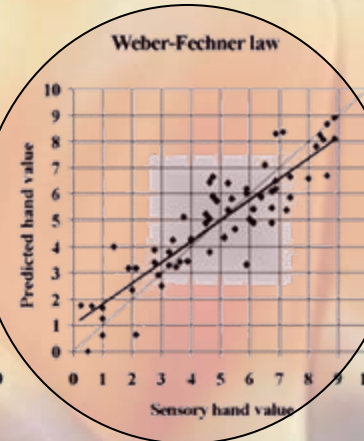
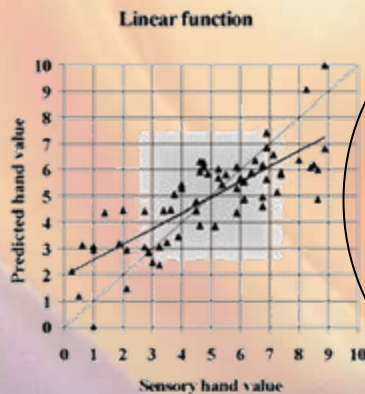
$$y = k + \sum_{i=1}^n a_i x_i \text{—linear function}$$

$$y = k + \sum_{i=1}^n a_i \log x_i \text{—Weber–Fechner law}$$

$$\log y = k + \sum_{i=1}^n a_i \log x_i \text{—Stevens's power law}$$

RESULTS OF THE MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS PERFORMED ON THE THREE MODELS USED FOR PREDICTING THE CRISPNESS AND COOLNESS HAND VALUE WITH THE EIGHT INSTRUMENTALLY MEASURED PARAMETERS

Linear function		Weber–Fechner law		Stevens's power law	
Model summary					
<i>R</i>	0.785	<i>R</i>	0.896	<i>R</i>	0.851
<i>R</i> ²	0.617	<i>R</i> ²	0.802	<i>R</i> ²	0.725
<i>R</i> ² _{adj}	0.560	<i>R</i> ² _{adj}	0.773	<i>R</i> ² _{adj}	0.684
ANOVA					
<i>F</i> value	10.858	<i>F</i> value	27.363	<i>F</i> value	17.793
<i>P</i> value	0.000	<i>P</i> value	0.000	<i>P</i> value	0.000
Regression coefficients					
Predictor	Coefficient	Predictor	Coefficient	Predictor	Coefficient
<i>k</i> (constant)	−3.1525	<i>k</i> (constant)	58.1357	<i>k</i> (constant)	4.9307
<i>W</i>	−0.0554	<i>log W</i>	−40.5753	<i>log W</i>	−4.9320
<i>T100</i>	15.5929	<i>log T100</i>	28.1169	<i>log T100</i>	2.8796
<i>ST</i>	−10.1145	<i>log ST</i>	−10.2505	<i>log ST</i>	−0.8829
<i>B</i>	0.3107	<i>log B</i>	7.1219	<i>log B</i>	1.0241
<i>E100</i>	0.0056	<i>log E100</i>	−5.2893	<i>log E100</i>	−0.5826
<i>G</i>	0.0416	<i>log G</i>	2.0146	<i>log G</i>	0.4483
<i>F</i>	0.0595	<i>log F</i>	6.1135	<i>log F</i>	0.8231
<i>b</i>	0.0937	<i>log b</i>	18.2357	<i>log b</i>	3.1442



CORRELATIONS BETWEEN THE HAND VALUES GIVEN BY THE EXPERTS AND CALCULATED USING THE THREE REGRESSION EQUATIONS

Strumentazione FAST per la caratterizzazione degli effetti su tessuti di lana di coating innovativi in plasma a bassa pressione

F. Rombaldoni, R. Mossotti, A. Montarsolo, R. Demichelis,
R. Innocenti, G. Mazzuchetti

The effects of HMDSO plasma polymerization on physical, low-stress mechanical and surface properties of wool fabrics

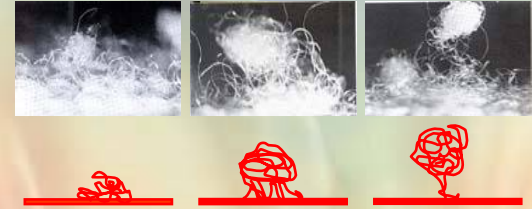
AUTEX Research Journal 8(3), 77-83 (2008)



Coating in plasma per ridurre il pilling

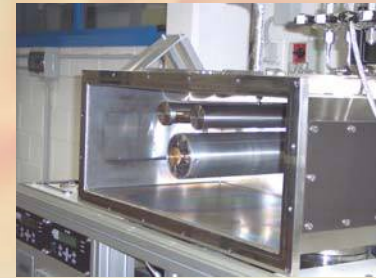
Pilling:

- processo fisico che avviene alla superficie
- problema irrisolto (non esistono metodi specifici)



SCOPO

Deposizione di coating plasma-polimerizzati a base di silicio su tessuti di lana (in particolare, a maglia) per la riduzione del fenomeno del pilling.

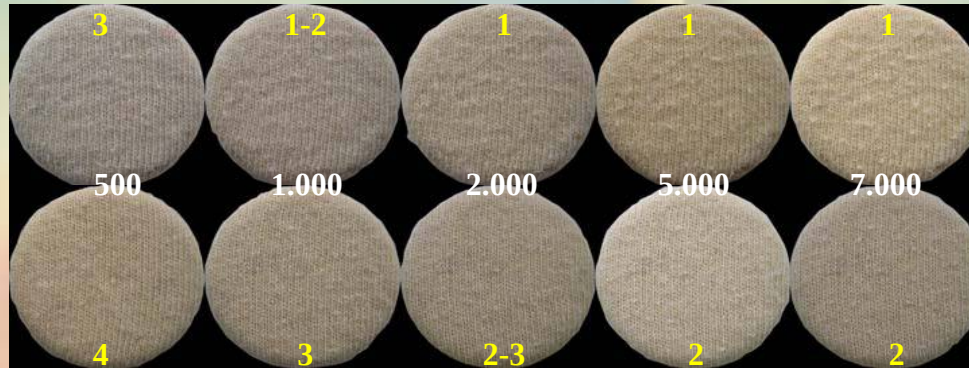


- ▶ **tessuti di lana** (a maglia 292-380 g/m² e trama-catena ISO 105-F01)
- ▶ **polimerizzazione in plasma di HMDSO** - $[(CH_3)_3Si]_2O$
 - attivazione/etching Ar o O₂ (20 sccm, 50 W, 20 Pa, 5 min)
 - polimerizzazione HMDSO (3 sccm) / Ar (20 sccm) / O₂ (20 sccm)
 - potenze:** 20-40-50-60-80 W
 - pressioni:** 2-20 Pa
 - tempi di deposizione:** 5-6-7-8-9 min

Anti-pilling ma aumento della rigidità del tessuto

non
trattato

trattato
plasma



ISO 12945-2: pilling valutato visivamente dopo definiti intervalli di sfregamento, secondo una scala compresa tra 5 (nessun cambiamento) e 1 (intenso pilling e pills che ricoprono l'intera superficie della provetta).

F. Rombaldoni *et al.*, *Fibers and Polymers*, 9(5), 566–573 (2008)

	T2 (mm)	T100 (mm)	B (μ N/m)	G (N/m)
Non trattato	0,473	0,336	5,20	18,50
Deposizione 2 Pa 20 W 5 min	0,479 (+1,3%)	0,358 (+6,5%)	6,09 (+17,1%)	38,44 (+107,8%)
Deposizione 2 Pa 20 W 8 min	0,487 (+3,0%)	0,355 (+5,6%)	6,15 (+18,3%)	31,95 (+72,7%)
Deposizione 2 Pa 40 W 5 min	0,477 (+0,8%)	0,357 (+6,3%)	6,10 (+18,3%)	36,04 (+94,8%)
Deposizione 2 Pa 40 W 6 min	0,496 (+4,9%)	0,357 (+6,3%)	6,35 (+22,1%)	31,64 (+71,0%)
Deposizione 2 Pa 40 W 7 min	0,484 (+2,3%)	0,351 (+4,4%)	6,04 (+16,2%)	32,16 (+73,8%)
Deposizione 2 Pa 40 W 8 min	0,494 (+4,4%)	0,357 (+6,3%)	6,21 (+19,4%)	33,02 (+78,5%)
Deposizione 2 Pa 60 W 5 min	0,489 (+3,4%)	0,358 (+6,5%)	6,07 (+16,7%)	31,23 (+68,8%)
Deposizione 2 Pa 60 W 6 min	0,496 (+4,9%)	0,354 (+5,3%)	6,19 (+19,0%)	30,94 (+67,2%)
Deposizione 2 Pa 60 W 7 min	0,506 (+7,0%)	0,359 (+6,8%)	6,19 (+19,0%)	31,34 (+69,4%)
Deposizione 2 Pa 60 W 8 min	0,500 (+5,7%)	0,358 (+6,5%)	6,22 (+19,6%)	33,70 (+82,2%)

Il coating in plasma causa:

- aumento nello spessore dei tessuti
- aumento della lunghezza di flessione, e conseguentemente della rigidità alla flessione
- aumento rilevante della rigidità al taglio
- maggior resistenza alla flessione e al taglio e minore flessibilità del tessuto

Strumentazione KES-F e analisi sensoriale per la valutazione di proprietà di mano di tessuti di lana trattati in plasma di ossigeno in vuoto e tinti a bassa temperatura

F. Rombaldoni, A. Montarsolo, G. Mazzuchetti

KES-F characterization and hand evaluation of oxygen plasma-treated wool fabrics dyed at temperature below the boil

Textile Research Journal 80(14), 1412-1421 (2010)



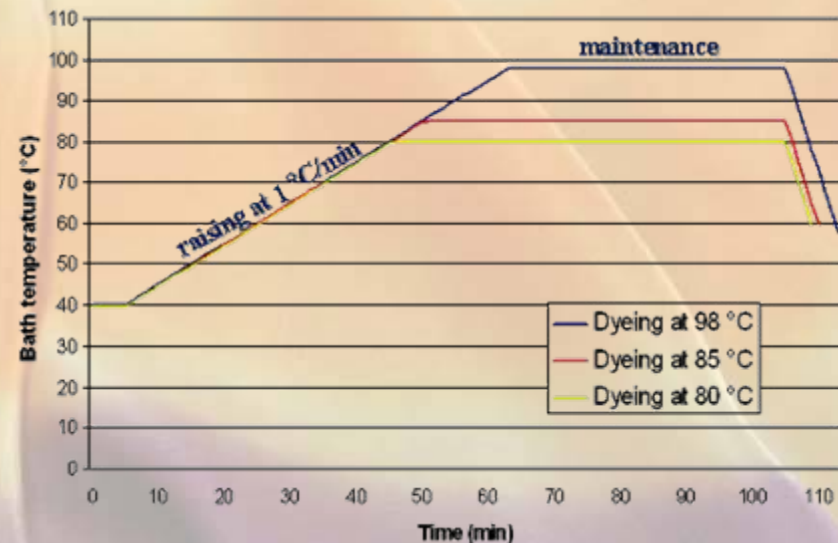
Ridurre la temperatura di tintura di tessuti di lana

- Metodi convenzionali di tintura della lana implicano **periodi prolungati al o vicini al “bollo”** (uniformità e penetrazione colorante nella fibra) → alti costi energetici e danneggiamento della fibra.
- Bagnabilità e performance tintoriali della lana sono governate dalla struttura morfologica e chimica della sua superficie → **barriere resistenti a penetrazione dei coloranti (effetto barriera superficiale)**.

SCOPO

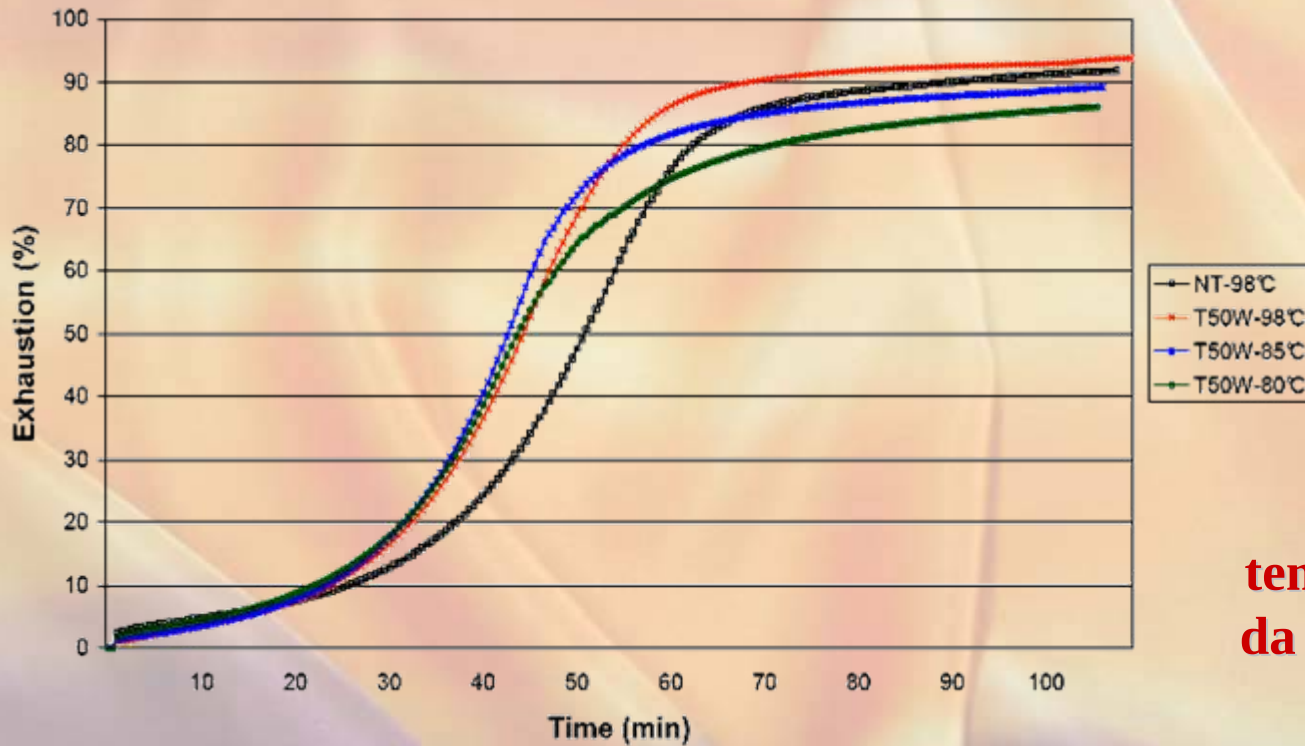
Pre-trattamento in plasma di tessuti di lana per migliorare la diffusione dei coloranti all'interno della fibra e rendere possibile la tintura a temperature più basse.

- ▶ tessuti di lana ISO 105-F01
- ▶ trattamento plasma di ossigeno (20 sccm)
 - potenze: 30-50-60-80 W
 - pressione: 10 Pa
 - tempo di esposizione: 5 min



Comportamento tintoriale

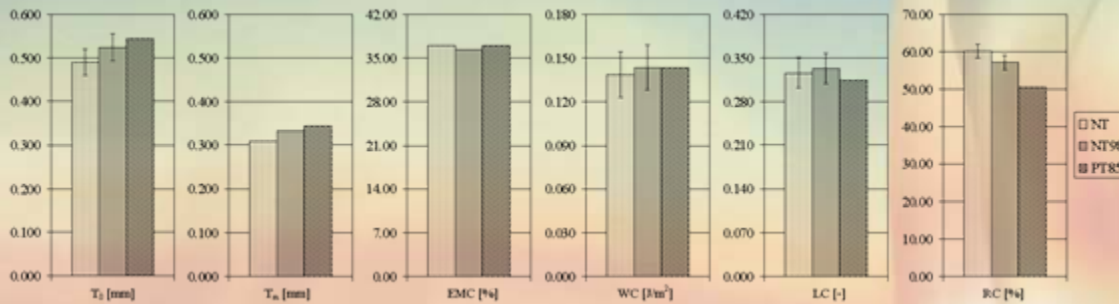
- Eliminazione delle barriere superficiali e presenza di un numero maggiore di cammini di penetrazione per i coloranti;
- Modifica della cinetica di tintura e più rapida diffusione dei coloranti, ad ogni temperatura di tintura testata (riduzione del tempo di mezza tintura ~14%).



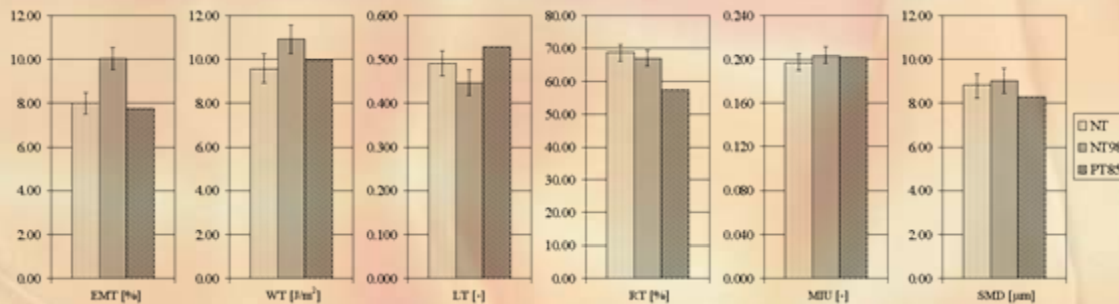
**Riduzione della
temperatura di tintura
da 98 °C a 85 °C, senza
influire sulle
performance tintoriali.**

F. Rombaldoni *et al.*, Journal of Applied Polymer Science, 118(2), 1173–1183 (2010)

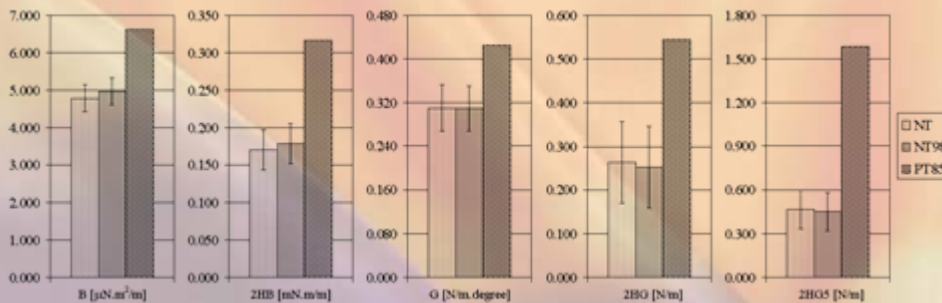
Comportamento meccanico a basso stress (KES-F)



↑ Proprietà KES-F di **compressione**.



↑ Proprietà KES-F di **trazione e superficie**.



↑ Proprietà KES-F di **flessione e taglio**.

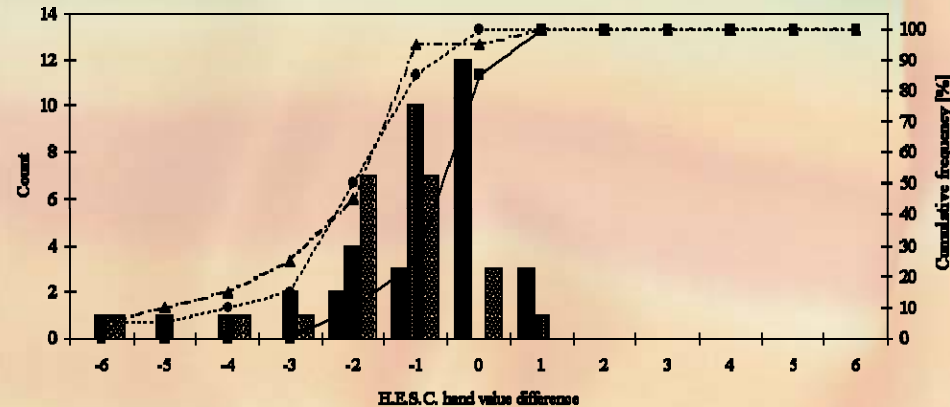
Legenda:

- *non trattato (NT)*
- *non trattato tinto a 98 °C (NT98)*
- *trattato plasma tinto a 85 °C (PT85)*

- Proprietà di compressione, trazione e superficie sostanzialmente non cambiano dopo tintura di riferimento (a 98 °C del tessuto non trattato) e tintura a 85 °C del tessuto trattato plasma.
- Significativi **aumenti delle proprietà di flessione e taglio** per tessuti trattati e tinti a 85 °C, dovuti al trattamento in plasma.

Valutazione soggettiva di rigidità e secchezza

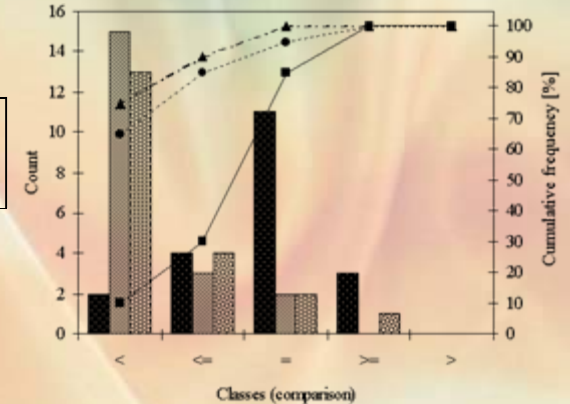
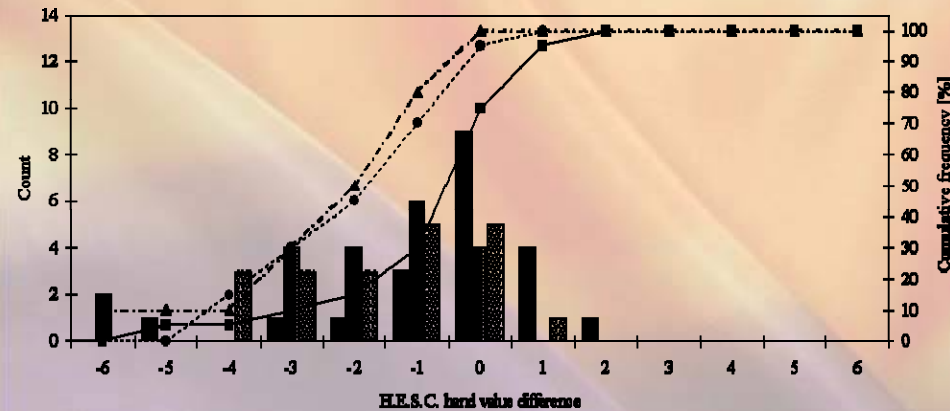
- 20 valutatori, 2 mani primarie (rigidità e secchezza), 2 tipi di test, "blind".



Risultati della valutazione di mano per confronto con standard di

↑ rigidità (standard HESC N°4 KOSHI-summer)

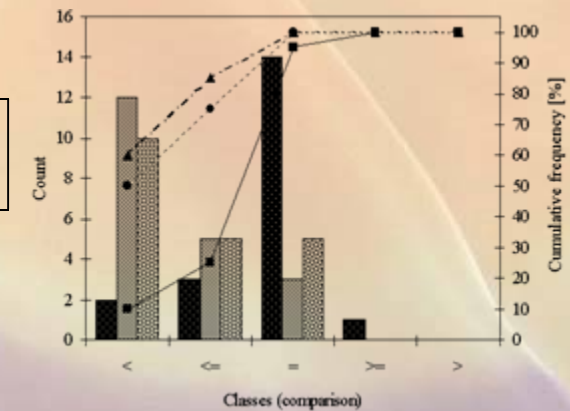
↓ secchezza (standard HESC N°5 SHARI-summer)



Risultati del confronto a coppie per la valutazione di

↑ rigidità/KOSHI

↓ secchezza/SHARI

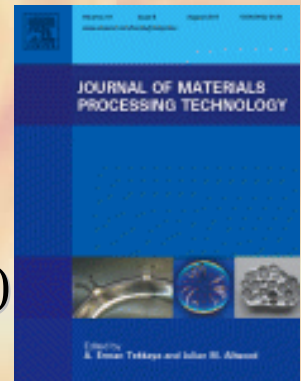


Strumentazione FAST per la caratterizzazione degli effetti su tessuti di lana di trattamenti in plasma di azoto in atmosfera

A. Ceria, F. Rombaldoni, G. Rovero, G. Mazzuchetti, S. Sicardi

The effect of an innovative atmospheric plasma jet treatment on physical and mechanical properties of wool fabrics

Journal of Materials Processing Technology 210(5), 720-726 (2010)



A. Ferri, F. Rombaldoni, G. Mazzuchetti, G. Rovero, S. Sicardi

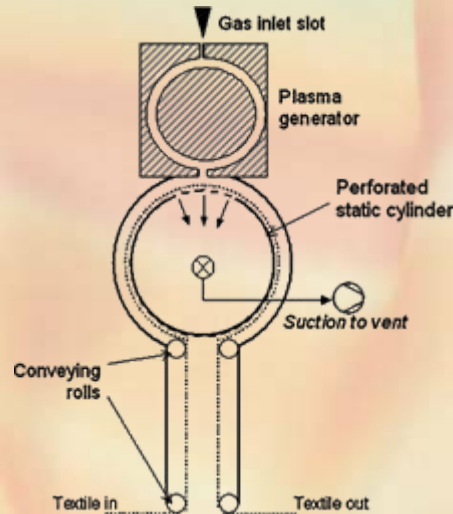
Thermal properties of wool fabrics treated in an atmospheric pressure post-discharge plasma equipment

Journal of Engineered Fibers and Fabrics In revisione



Trattamenti di tessuti in plasma atmosferico

- Trattamenti di **tessuti di lana** in un sistema **APPJ** (Atmospheric Pressure Plasma Jet), con tecnologia post-discharge e sistema di movimentazione **roll-to-roll** del substrato;



- 3 differenti velocità di passaggio/raccolta investigate: 6, 3 e 1 m/min.

SCOPO

Esaminare gli effetti del trattamento in plasma sulle proprietà morfologiche, fisiche, meccaniche e termiche dei tessuti di lana, e in particolare sulla mano.

Caratterizzazione meccanica e termica, e della sofficietà

OBJECTIVELY-DETERMINED FABRIC PROPERTIES AND PREDICTED *SOFTNESS AND WARMTH* HAND VALUES

$k = -51.898$			Untreated	6 m/min		3 m/min		1 m/min	
i^{th} parameter	a_i		x_i	x_i	Δy	x_i	Δy	x_i	Δy
1	$T100$ [mm]	-23.824	0.296	0.301	-0.173	0.305	-0.310	0.312	-0.545
2	ST [mm]	9.704	0.103	0.130	+0.981	0.138	+1.233	0.142	+1.353
3	B [μ Nm]	-5.656	4.31	4.39	-0.045	4.39	-0.045	4.74	-0.234
4	$E100$ [%]	6.208	5.75	5.58	-0.081	5.37	-0.184	5.17	-0.287
5	G [Nm ⁻¹]	-3.806	14.0	14.8	-0.092	14.8	-0.092	17.3	-0.350
6	F [mm ²]	-7.472	0.46	0.47	-0.070	0.44	0.144	0.45	0.071
7	W [gm ⁻²]	40.390	125	125	0.000	125	0.000	125	0.000
8	b [Ws ^{1/2} m ⁻² K ⁻¹]	-15.604	156.9	143.6	+0.598	143.2	+0.621	138.2	+0.859
y (softness and warmth hand value)			0.8	2.0		2.2		1.7	

$$\Delta y(x_i) = a_i \log x_i - a_i \log x_{i,untreated} = a_i \log \left(\frac{x_i}{x_{i,untreated}} \right)$$

- Uso del modello predittivo della sofficietà dei tessuti di fibre animali (legge Weber-Fechner) → conferma che **i tessuti trattati sono leggermente più soffici e caldi al tocco rispetto al non trattato** → il trattamento risulta essere “gentile” dal punto di vista della mano.

Strumentazione KES-F per la caratterizzazione degli effetti di un innovativo lavaggio a secco in CO₂

F. Rombaldoni, R. Demichelis, G. Mazzuchetti, A. Ferri,
M. Banchemo, F. Dotti

Effect of carbon dioxide dry cleaning on low-stress mechanical properties, air permeability and crease pressing performance of men's suit fabrics

Textile Research Journal 79(13), 1168-1177 (2009)



Lavaggio a secco in CO₂ come alternativa al PER

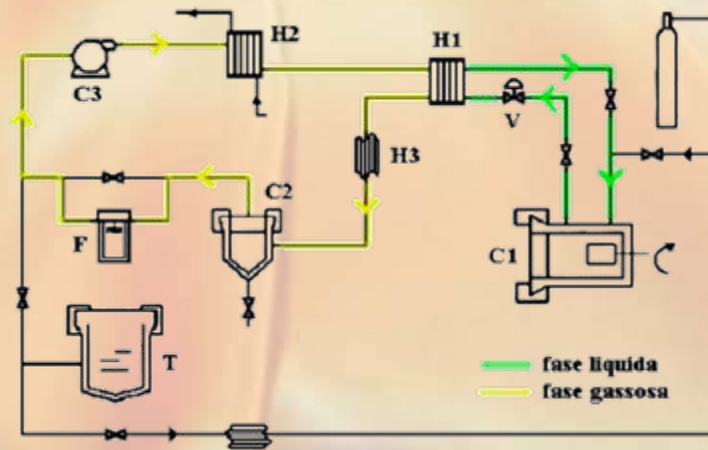
- Il lavaggio a secco dei tessuti impiega comunemente percloroetilene (PER), solvente a sospetta cancerogenicità ed elevato impatto ambientale → l'uso della CO₂ liquida potrebbe rappresentare una valida alternativa.

SCOPO

Esaminare l'effetto del lavaggio a secco in CO₂ sulle proprietà fisiche e meccaniche di 6 differenti tessuti di lana e lana/cashmere impiegati per l'abbigliamento maschile.

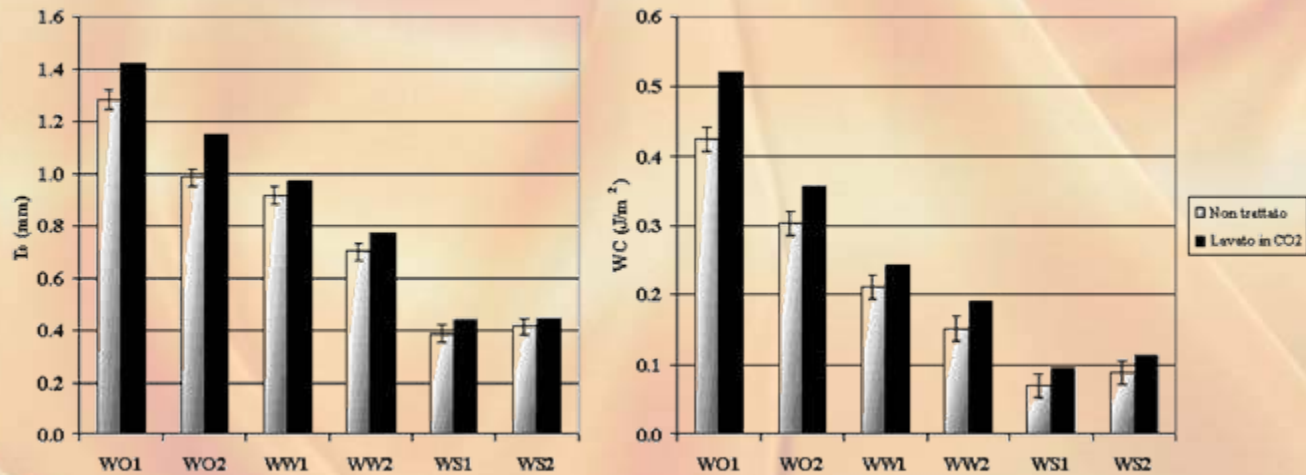
MACCHINA IMPIEGATA

- capacità di carico di circa 6 kg
- modalità di pulizia e ricircolo della CO₂ liquida peculiare rispetto alle apparecchiature esistenti



Risultati della caratterizzazione fisico-meccanica

- I cambiamenti nelle proprietà fisiche e meccaniche **restano entro limiti accettabili**. In particolare, a seguito del lavaggio a secco in CO₂ si assiste a:
 - ✓ aumento dello spessore e dell'energia di compressione dei tessuti con conseguente aumento nell'isteresi di taglio e diminuzione della permeabilità all'aria;



- ✓ non significative variazioni nelle proprietà di flessione, trazione e performance alla stiratura.

Grazie per l'attenzione.



Fabio Rombaldoni

CNR – Consiglio Nazionale delle Ricerche

ISMAC – Istituto per lo Studio delle Macromolecole

C.so G. Pella, 16 - 13900 Biella (Italia)

Tel. (+39) 015 8493043

Fax (+39) 015 8408387

f.rombaldoni@bi.ismac.cnr.it

<http://www.bi.ismac.cnr.it>