

POLITECNICO DI MILANO  
Scuola del Design  
CdLM Design & Engineering



# TESSUTO TRA LE DUE E LE TRE DIMENSIONI

*Strumento per una selezione intuitiva e consapevole  
dei tessuti tridimensionali*

RELATORE  
**Prof. Riccardo Gatti**

**Giulia Redi**  
Matr. 782014  
A.A. 2013/2014

**POLITECNICO DI MILANO**  
Scuola del Design  
CdLM Design & Engineering



## **TESSUTO TRA LE DUE E LE TRE DIMENSIONI**

*Strumento per una selezione intuitiva e consapevole  
dei tessuti tridimensionali*

RELATORE  
**Prof. Riccardo Gatti**

**Giulia Redi**  
Matr. 782014  
A.A. 2013/2014



Indice delle figure

Abstract

**1. INTRODUZIONE** ..... pag.19

PARTE PRIMA: BACKGROUND

**2. ALTERNATIVA 3D**

**2.1 SCORCIO TESSILE; *Racconto breve sulla tessitura*** ..... pag.23

**2.1.2 Una storia guidata dalla fibra** ..... pag.23

**2.1.2 Ua parola molti significanti** ..... pag.24

**2.1.3 In direzione dei tessuti tecnici attraverso i processi** ..... pag.25

<b>2.2 TESSUTI TECNICI; <i>Nascita, propagazione, conoscenza</i></b> .....	pag.27
<b>2.2.1 Lo stato di un settore in continua crescita</b> .....	pag.27
<b>2.2.2 Come definire i confini</b> .....	pag.27
<b>2.2.3 Il potenziale</b> .....	pag.28
<b>2.3 TESSUTI TRIDIMENSIONALI; <i>La nuova dimensione del filo</i></b> .....	pag.29
<b>2.3.1 Definizione breve</b> .....	pag.29
<b>2.3.2 Dalle due alle tre dimensioni</b> .....	pag.30
<b>2.3.3 Processi tradizionali, prodotti innovativi</b> .....	pag.31
<b>3. BASI SULLA TESSITURA</b>	
<b>3.1 INTRODUZIONE ALLA MAGLIERIA; <i>Informazioni tecniche di base</i></b> .....	pag.33
<b>3.1.1 Weft e warp knitting</b> .....	pag.33
<b>3.1.2 Peculiarità e problematiche</b> .....	pag.34
<b>3.1.3 Applicazioni</b> .....	pag.35
<b>3.2 INTRODUZIONE ALLA TESSITURA A TELAIO; <i>Informazioni tecniche di base</i></b> .....	pag.36
<b>3.2.1 Il processo di tessitura a telaio</b> .....	pag.36
<b>3.2.2 Principali strutture dei tessuti a navetta</b> .....	pag.37
<b>3.2.3 Gestione delle proprietà dei tessuti a navetta</b> .....	pag.40
<b>3.2.4 Applicazioni</b> .....	pag.41

<b>3.3 INTRODUZIONE ALLA TRECCIATURA; <i>Informazioni tecniche di base</i></b> .....	pag.42
<b>3.3.1 Processo</b> .....	pag.42
<b>3.3.2 Proprietà e applicazioni</b> .....	pag.42
<b>3.4 I FILATI; <i>Un accenno alla materia prima</i></b> .....	pag.43
<b>3.4.1 La materia dei tessuti: fibre, filamenti, fili e filati</b> .....	pag.43
<b>3.4.2 Tipi di fibre</b> .....	pag.44
<b>3.4.3 Parametri per la selezione</b> .....	pag.44
<b>4. TESSITURA TRIDIMENSIONALE</b>	
<b>4.1 TECNOLOGIE; <i>Introduzione ai processi</i></b> .....	pag.47
<b>4.1.1 3D knitting: maglieria tridimensionale</b> .....	pag.47
<b>4.1.2 3D weaving: tessitura tridimensionale</b> .....	pag.48
<b>4.1.3 3D braiding: trecciatura tridimensionale</b> .....	pag.50
<b>4.1.4 Altre tecnologie</b> .....	pag.51
<b>4.2 STRUTTURE E FORME; <i>I prodotti derivabili</i></b> .....	pag.53
<b>4.2.1 Interlacciato e non interlacciato</b> .....	pag.53
<b>4.2.2 Classificazione in relazione alla forma</b> .....	pag.53

<b>4.3 APPLICAZIONI; Dove trovare i tessuti tridimensionali</b> .....	pag.55
<b>4.3.1 Applicazione dei tessuti tridimensionali ai compositi</b> .....	pag.55
<b>4.3.2 Applicazione dei tessuti tridimensionali in ambito medicale</b> .....	pag.56
<b>4.3.3 Applicazione dei tessuti tridimensionali nel geotessile</b> .....	pag.57
<b>4.3.4 Applicazione dei tessuti tridimensionali nel settore automobilistico e sportivo</b> .....	pag.58

PARTE SECONDA: ELABORATO

## **5. CONTENUTO**

<b>5.1 PERTINENZA DEL TEMA; Definizione del corpus di analisi</b> .....	pag.61
<b>5.1.1 Parametri discriminanti</b> .....	pag.61
<b>5.1.2 Individuazione delle polarità</b> .....	pag.62
 <b>5.2 APERTURA DI UN PONTE; Nuovi livelli di informazione</b> .....	pag.63
<b>5.2.1 Visibilità del potenziale</b> .....	pag.63
<b>5.2.2 Sovrapposizione delle informazioni</b> .....	pag.63
 <b>5.3 SEMPLIFICAZIONE DELL'INFORMAZIONE; Traduzione delle informazioni</b> .....	pag.64
<b>5.3.1 Individuazione dei parametri gestibili</b> .....	pag.64
<b>5.3.2 Linguaggio iconico e visuale</b> .....	pag.65

## **6. FORMA**

<b>6.1 FLESSIBILITÀ E CONSULTAZIONE</b> .....	pag.67
<b>6.2 STRUTTURA E LETTURA DELLA SCHEDA TECNICA</b> .....	pag.68
<b>6.3 STRUTTURA E LETTURA DELLA SCHEDA ISPIRAZIONALE</b> .....	pag.69

<b>7. SCHEDE</b> .....	pag.71
------------------------	--------

<b>8. CONCLUSIONI</b> .....	pag.127
-----------------------------	---------

Bibliografia .....	pag.129
--------------------	---------

Siti consultati .....	pag.137
-----------------------	---------

Appendici

## INDICE DELLE FIGURE

---

Fig.2.1.2.1	Gerster, esempio di tessuto a navetta .....	pag.24
Fig.2.1.3.1	fffGroup, TNT igroscopico .....	pag.25
Fig.2.1.3.2	Christian Fischbacher, tessuto a navetta, armatura giro inglese .....	pag.25
Fig.2.1.3.3	JddTech, trecciato tubolare semplice .....	pag.25
Fig.2.1.3.4	Esempio di intreccio da maglieria .....	pag.26
Fig.2.2.1.1	Tessuto tecnico con coating idrofobico .....	pag.27
Fig.2.2.2.1	V-Trak, rivestimento in <i>spacer fabric</i> per sedia a rotelle .....	pag.28
Fig.2.2.2.2	Xiao Li, vestito in <i>spacer fabric</i> .....	pag.28
Fig.2.3.1.1	Gaetano rossini, <i>spacer fabric</i> con coste rialzate .....	pag.29
Fig.2.3.1.2	Tessuto tridimensionale, spessore 4mm .....	pag.30
Fig.2.3.2.1	Gerster, tessuto monoassiale ad elevata conformabilità .....	pag.31

Fig.2.3.3.1	Struttura di rinforzo per calcestruzzo in <i>spacer fabric</i> impregnata .....	pag.32
Fig.2.3.3.2	Dettaglio di sedile di automobile in tessuto tecnico .....	pag.32
Fig.2.3.2.1	Schema di intreccio del filo nella maglieria in trama .....	pag.33
Fig.2.3.3.2	Schema di intreccio del filo nella maglieria in catena .....	pag.34
Fig.3.1.3.1	Jeung Hwa Park, tessuto a maglia per abbigliamento .....	pag.35
Fig.3.1.3.2	Adidas, calzatura <i>Primeknit</i> in tessuto a maglia .....	pag.35
Fig.3.1.3.3	Ariel Zuckerman, paralume in tessuto a maglia con pattern .....	pag.35
Fig.3.1.3.4	Tessuto a maglia in trama impregnato con resina .....	pag.35
Fig.3.1.3.5	Cari&Carl, esempio di pattern tridimensionale a maglia .....	pag.36
Fig.3.2.2.1	Campioni di tessuto a navetta, armatura tela .....	pag.37
Fig.3.2.2.2	Campione di tessuto a navetta, armatura tela .....	pag.37
Fig.3.2.2.3	Schema di intreccio e messa in carta per armatura tela .....	pag.37
Fig.3.2.2.4	Schema di intreccio e messa in carta per armatura saia .....	pag.38
Fig.3.2.2.5	Campione di tessuto a navetta, armatura saia .....	pag.38
Fig.3.2.2.6	Campione di tessuto a navetta, armatura saia .....	pag.38
Fig.3.2.2.7	Schema di intreccio e messa in carta per armatura raso .....	pag.39
Fig.3.2.2.8	Campione di tessuto a navetta, armatura raso .....	pag.39
Fig.3.2.2.9	Campione di tessuto a navetta, armatura sateen .....	pag.39
Fig.3.2.2.10	Campione di tessuto a navetta, armatura jacquard .....	pag.39
Fig.3.2.2.11	Campione di tessuto a navetta, armatura piqué .....	pag.39
Fig.3.2.4.1	Aston Bradley, diverse strutture tessili ottenibili su telaio a navetta .....	pag.40
Fig.3.2.4.2	Garza in tessuto a navetta, armatura giro inglese .....	pag.41
Fig.3.2.4.3	Rita Parniczky, <i>X-ray fabric</i> , tessuto a navetta con effetti di trasparenza .....	pag.41

Fig.3.3.1.1	Trecciato tubolare in fase di produzione .....	pag.42
Fig.3.3.2.1	Sistema di raccolta e protezione cavi con tubolare trecciato .....	pag.43
Fig.3.3.2.2	Xtenex, stringhe per calzature con sistema anti-scorrimento .....	pag.43
Fig.4.1.1.1	Trist, tessuto tridimensionale seamless .....	pag.48
Fig.4.1.1.2	Naomi Paul, paralume in tessuto a maglia tubolare .....	pag.48
Fig.4.1.1.3	<i>Spacer fabric</i> .....	pag.48
Fig.4.1.2.1	Élitis, tessuto con pattern tridimensionale ottenuto tramite diverso tensionamento dei fili .....	pag.49
Fig.4.1.2.2	3dWeaving, tessuto pile non tagliato .....	pag.49
Fig.4.1.2.3	3dWeaving, tessuto cavo da tessitura faccia-faccia .....	pag.49
Fig.4.1.3.1	Trecciato tubolare cavo .....	pag.50
Fig.4.1.3.2	Fizik, struttura per sellino in trecciato con sezione variabile .....	pag.50
Fig.4.1.3.3	Canotto rinforzato con trecciato tubolare a sezione variabile .....	pag.50
Fig.4.1.4.1	fffGroup, componenti per macchinari industriali in feltro tridimensionale .....	pag.52
Fig.4.1.4.2	Mayser, tessuto a navetta termoformato .....	pag.52
Fig.4.1.4.3	Centro Ricerca Disney, stampante3D alimentata con fibre di lana .....	pag.52
Fig.4.1.4.4	Fabrican, applicazione spray di fibre in soluzione acquosa .....	pag.52
Fig.4.2.2.1	3dWeaving, tessuto multilayer .....	pag.54
Fig.4.2.2.2	Heathcoat, <i>spacer fabric</i> a maglia in catena .....	pag.54
Fig.4.2.2.3	Aleksandra Gaca, tessuto fonoassorbente per rivestimenti .....	pag.54
Fig.4.2.2.4	Gerster, tessuto a navetta tubolare .....	pag.54
Fig.4.3.1.1	Scocca in composito rinforzato con tessuto conformato in fibra di carbonio .....	pag.55
Fig.4.3.1.2	Elemento tubolare in alluminio rinforzato con tessuto tubolare .....	pag.55
Fig.4.3.2.1	Esempio di comportamento elastico di un trecciato biocompatibile per applicazioni medicali .....	pag.56



Fig.4.3.3.1	<i>Spacer fabric</i> non impregnata per rinforzo calcestruzzo .....	pag.57
Fig.4.3.4.1	Nike, tecnologia Flyknit per la tessitura tridimensionale di calzature sportive .....	pag.58
Fig.4.3.4.2	Delta7, telaio MTB in carbonio trecciato .....	pag.58
Fig. 5.1.2.1	Rappresentazione delle polarità in relazione ai parametri tecnologici .....	pag.62
Fig. 5.1.2.2	Rappresentazione delle polarità in relazione ai parametri formali .....	pag.62
Fig. 5.2.2.1	Rappresentazione delle polarità in relazione ai parametri ispirazionali .....	pag.63
Fig. 5.2.2.2	Rappresentazione dei parametri funzionali .....	pag.63

## ABSTRACT

La ricerca consiste in un'indagine ad ampio raggio del settore tessile e, nel dettaglio, del tessile tecnico tridimensionale, al fine di fornire al lettore uno strumento per l'acquisizione dei concetti fondamentalmente utili per un'adeguata selezione dei prodotti derivabili per scopi progettuali propri del design.

Si struttura in due parti principali. La prima costituisce il background necessario, in termini di competenze di settore e modalità di lettura dell'elaborato, per la corretta consultazione della seconda parte, ovvero l'effettivo corpus della ricerca: le schede dei materiali.

Queste hanno come obiettivo la traduzione in termini leggibili delle informazioni raccolte sulle tecnologie in questione, e sono di due tipi: tecnologico-formale e funzionale-ispirazionale.

In entrambi i casi si compongono di diversi livelli di contenuto: una parte iconica e di *color coding* ne consente la gestione dinamica ed intuitiva in relazione a parametri di ricerca variabili; una parte testuale fornisce in maniera riassuntiva le informazioni necessarie per l'acquisizione delle competenze specifiche di base al fine di una corretta comunicazione con le figura specializzate di settore; un consistente corpo di immagini, posto a supporto del contenuto teorico, consente l'ipertestualità dei contenuti all'interno di una stessa scheda operando delle connessioni dirette tra informazioni strettamente tecnologiche e prodotti effettivamente derivabili; una parte materica, costituita da campioni di materiale con connessa lista di aziende, consente di avere una prima esperienza con i materiali trattati e conoscerne le realtà produttive.

Il prodotto di tale ricerca è quindi un database di informazioni dall'organizzazione dinamica posto nelle mani del progettista per una selezione intuitiva e consapevole, basata su criteri da esso gestibili, dei prodotti derivabili dal settore industriale dei tessuti tecnici tridimensionali al fine di rispondere a delle esigenze progettuali specifiche di carattere tecnologico, formale, funzionale o ispirazionale.

## 1. INTRODUZIONE

In un processo di osservazione quotidiano, capita di imbattersi in materiali, forme e, spesso inconsapevolmente, tecnologie che catturano la nostra attenzione. Ciò avviene per vari motivi. Essi possono infatti rispondere ad una domanda che ci si è posti, toccare livelli più emozionali della nostra sensibilità o, più semplicemente, rispecchiare un nostro ideale estetico.

La differenza trala sola osservazione e il fare progettuale consiste nell'approfondimento ovvero nel cercare di capire quali sono i principi generatori

e come questi possano essere gestiti per fare in modo che la tecnologia, il materiale, la forma individuati diventino uno strumento sul quale acquisire una certa capacità di controllo.

Non sempre però questo approfondimento è possibile. Spesso superare strato superficiale dell'informazione non è possibile o richiede uno sforzo interpretativo tale da rendere gli eventuali risultati dell'indagine poveri di fondamento e deboli per quanto riguarda l'attendibilità della loro formulazione.

Prima ancora di addentrarsi nella problematica della reperibilità dell'informazione è interessante soffermarsi su ciò che determina il concentrarsi dell'attenzione su un tema piuttosto che un altro: l'idea.

Rimanendo in ambito progettuale, non sempre l'idea ha una forma o una funzione definite. La spinta all'approfondimento può non derivare da esigenze progettuali specifiche quanto piuttosto dalla volontà di trovare un filo conduttore tra una grande varietà di informazioni simili ma scarsamente definite.

È proprio questo genere di idea che sta alla base del processo che, a partire dalla vastità di dati disponibili - complessi e di difficile lettura - ha portato alla formulazione di un documento unico al fine di fornire una chiara visuale sulle opportunità progettuali fornite da una categoria di materiali tanto ampia quanto complessa nelle sue declinazioni: i tessuti tecnici tridimensionali.

Tutto nasce da una forte discrepanza esistente tra la componente estetico-formale dei materiali in questione e le informazioni su di essi reperibili.

Se da una parte le proprietà di carattere estetico dei tessuti tridimensionali sono immediatamente leggibili, dall'altra a gestione dei loro aspetti più tecnici fa riferimento a livelli d'informazione maggiormente complessi che richiedono conoscenze specifiche o comunque più approfondite.

L'obiettivo di questo documento unico è colmare tale discrepanza fornendo al progettista un database di informazioni sia di carattere tecnico che visuale al fine di eliminare tutte quelle operazioni interpretative che spesso incidono sul risultato finale della selezione.

La trattazione dei contenuti procede con una struttura ad imbuto che va dal generico allo specifico articolandosi in tre fasi principali: raccolta, selezione, traduzione.

Nella prima fase, i dati disponibili sui tessuti tridimensionali sono stati raccolti senza imporre particolari filtri ma facendo piuttosto riferimento, per la definizione dei confini del bacino da cui attingere, ad alcuni *keywords* individuate in seguito all'osservazione di una serie di campioni di materiale dalle caratteristiche accumulabili.

Solamente in seguito, tramite un'ope-

razione di selezione e scrematura, sono stati individuati i dati potenzialmente influenti sulla selezione da parte del designer e gli aspetti da esso effettivamente gestibili.

Il tutto è stato infine tradotto in un linguaggio accessibile, basato su una comunicazione principalmente visuale ed iconica, e organizzato in una serie di schede consultabili in relazione ai parametri che di volta in volta risultano maggiormente influenti sull'operazione di selezione.

Il risultato è un pacchetto d'informazione sufficientemente eterogenea da costituire un ponte, o meglio un vero e proprio tessuto con le sue caratteristiche di compattezza ed elasticità, tra ambiti della progettazione diversi ma strettamente connessi tra di loro. Alla bidimensionalità attualmente caratterizzante il settore dei tessuti tridimensionali, costituita dall'esclusivo coinvolgimento di componente ingegneristica e produttiva - rappresentata dalle aziende - va così ad aggiungersi una terza dimensione, quella del design.

## PARTE PRIMA: BACKGROUND

## 2. ALTERNATIVA 3D

### 2.1 SCORCIO TESSILE

*Racconto breve sulla tessitura*

#### 2.1.2 Una storia guidata dalla fibra

La storia dell'industria tessile riflette in un certo senso l'evoluzione del mondo industriale, dai tempi dell'Antico Egitto sino ad oggi.

Essa contribuisce da secoli al benessere dell'uomo e, in ogni momento saliente della crescita del mondo industriale, è stata presente come stimolo e contributo fondamentale.

Questa grande industria ha spinto la rivoluzione industriale del XVIII sec. passando da un'innovazione all'altra e sedimentando quel retroterra tecnologico che ha portato all'odierna vastità di processi volti ad un'altrettanto ampia varietà di prodotti derivabili.

Il costante sviluppo dell'industria tessile è stato per secoli primariamente legato all'esigenza di superare i limiti connessi alla scarsità delle risorse (nel caso delle fibre naturali, le prime ad essere state usate) e delle loro proprietà.

Tali mancanze hanno portato allo studio e all'applicazione di nuove fibre così da passare dall'uso quasi esclusivo di lino e lana nel XVII sec. al cotone nel XVIII-XIX sec. sino a giungere alle fibre artificiali prima della fine dello stesso secolo.

Una delle più grandi innovazioni è stata sicuramente l'introduzione da parte della DuPont del Nylon che, a partire dagli anni Trenta del XX sec., ha contribuito alla realizzazione di moltissimi prodotti e non ha ancora cessato di fare la differenza nella vita dell'uomo. Questo avvenimento ha segnato l'av-

vio dell'era delle fibre sintetiche. Dopo il Nylon sono state infatti introdotte una serie di fibre sintetizzate in laboratorio tra le quali le acriliche, le fibre in poliestere e polipropilene insieme ad una serie di fibre artificiali rigenerate che oggi fanno ormai parte dei più disparati cicli produttivi, dall'abbigliamento all'arredamento.

Nonostante il grande contributo che l'industria tessile ha dato nel corso dei secoli allo sviluppo industriale, essa è sempre stata percepita come un'industria delle materie prime basa-

ta sulle grandi quantità di manodopera e sull'utilizzo di tecnologie convenzionali.

Questa è una diretta conseguenza del fatto che il tessile è sempre stato un settore industriale basato principalmente sulla produzione. Ciò, da un punto di vista aziendale, è sicuramente un fattore di profitto a patto che la richiesta sul mercato sia continua, massicce unità di prodotto siano prodotte e la massima efficienza di produzione soddisfatta. In parole povere, il profitto nell'industria tessile tradizionale, fa principalmente leva sulle grandi quantità (El Mogahzy, 2008).

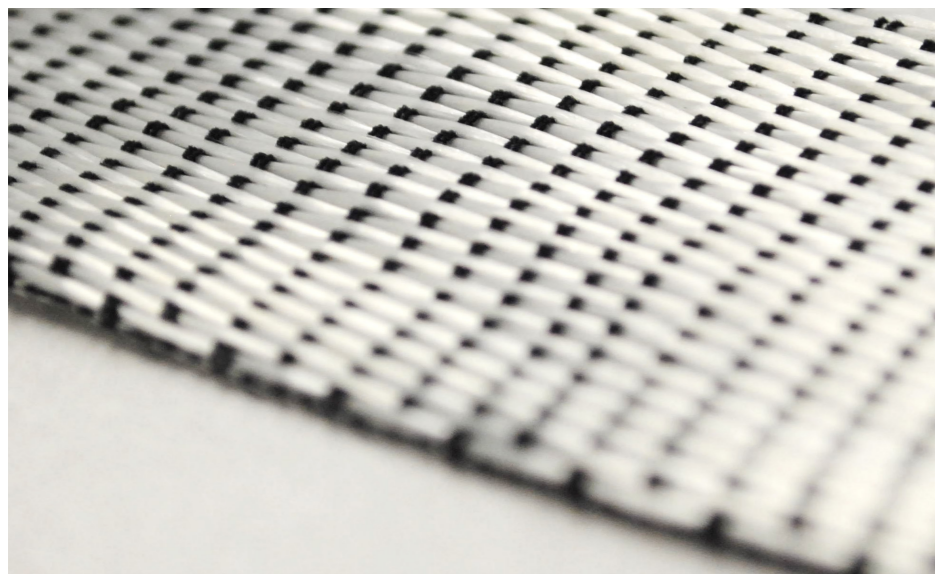


Fig.2.1.2.1

Tuttavia non è possibile nemmeno affermare che la grande diffusione e sviluppo dei prodotti tessili dipenda esclusivamente dallo sviluppo di nuove fibre e filati in quanto fibre naturali come cotone, lino e iuta sono state usate per secoli in applicazioni che spaziano dai tendaggi alle vele, dalle corde ai sacchi. Vi sono testimonianze dell'utilizzo di tessuti, ell'antica roma, per stabilizzare i tessuti paludosi per la costruzione di strade, un primo esempio di quelli che oggi vengono definiti *geotextiles*.

Ciò dimostra il ruolo fondamentale svolto da altri due fattori:

- quello umano con la continua spinta alla traslazione delle tecnologie note verso settori ancora inesplorati;
- quello produttivo e di processo con l'introduzione di innovazioni che esulano dall'impiego di nuove fibre ma che piuttosto implementano le proprietà strutturali dell'intreccio di queste ultime.

### 2.1.2 Ua parola molti significanti

Parlando di migrazione dei prodotti tessili in settori industriali non strettamente connessi occorre fare attenzione a quante volte questa si verifichi effettivamente e quante invece è solamente la parola "tessuto" ad essere presa in prestito.

Questa ambiguità deriva dalla soggettività che ha assunto la definizione del termine a sua volta derivante da un tipo di classificazione dei prodotti che non fa più riferimento alle sole tecniche produttive - classificazione in base alla quale il termine farebbe riferimento ad un bacino molto più ristretto di prodotti - ma che adotta un punto di vista maggiormente orientato al mercato o all'effettiva funzionalità

del prodotto ottenuto.

In questo modo la funzione assume un ruolo predominante rispetto al processo, così che qualsiasi prodotto in grado di svolgere una delle tante funzioni attribuibili ai tessuti possa essere etichettato come tale. In questo modo il termine è esteso a tutti quei materiali che possono essere definiti come "materiali ingegneristici flessibili" andando ad includere tutti quei prodotti che non derivano dalle tecnologie produttive tradizionalmente intese come appartenenti all'industria tessile. Così membrane in materiali polimerici, compositi e griglie o reti estruse superano la nozione tradizionale per prendere parte tra i tessuti (Horrocks, 2000).

Questo tipo di approccio, seppur interessante per la lettura particolarmente intuitiva, snatura l'etimologia del termine stesso secondo la quale, con la parola tessuto, si indica un manufatto a superficie piana, sottile e flessibile costituito da un intreccio di fili perpendicolari tra di loro e realizzato tramite operazione di tessitura (Fig.2.1.2.1). Facendo fede a questa definizione ed estendendola a tutti i prodotti costituiti da fibre, filamenti o filati, è possibile attuare una classificazione dai confini

maggiormente controllabili basata sui processi produttivi.

In questo modo è possibile limitare i significati della parola tessuto a quattro, derivanti da altrettante tecniche produttive:

- i tessuti a navetta;
- i tessuti da maglieria;
- i trecciati;
- i nonwoven.

Tornando alla questione principale della migrazione tecnologica, essa è considerabile tale quando uno di questi prodotti viene impiegato per l'assolvimento di una funzione che non gli sia ancora stata attribuita. Il primo grande passo in questa direzione è stato fatto con l'impiego dei tessuti in ambito ingegneristico e industriale, operazione questa che ha dato origine a tutto quel filone di prodotti definiti come "tessuti tecnici" di cui fanno parte anche i tessuti tridimensionali.

### 2.1.3 In direzione dei tessuti tecnici attraverso i processi

Si è visto come, compiendo una classificazione dei prodotti tessili, sia inevitabile considerare i processi coinvolti, ovvero le tecnologie che ne consentono la realizzazione e trasformazione. Come accennato in precedenza, è possibile classificare i processi in relazione al tipo di intreccio in quattro categorie basilari, ognuna delle quali presenta poi le proprie ramificazioni e contaminazioni.

Tessuti possono essere prodotti direttamente sovrapponendo strati di fibre mediante incollaggio, fusione o fissaggio meccanico (*needle punching*) ottenendo così i non-tessuti (*nonwoven*) e i feltri (Fig.2.1.3.1). Tuttavia le proprietà fisiche di questi prodotti tendono a restringerle i campi di impiego.

La manipolazione meccanica di filati è il metodo più versatile per la produzione dei tessuti per una gamma di destinazioni d'uso molto vasta. Vi sono tre metodi principali per manipolare meccanicamente i filati: *interweaving*, *intertwining* e *interlooping*. Tutti e tre derivano dalle tecniche di lavorazione manuale e si sono evolute in direzione

della meccanizzazione e dell'esecuzione delle stesse operazioni fondamentali tramite l'impiego di macchinari automatizzati sempre più sofisticati. Nel dettaglio:



Fig.2.1.3.2

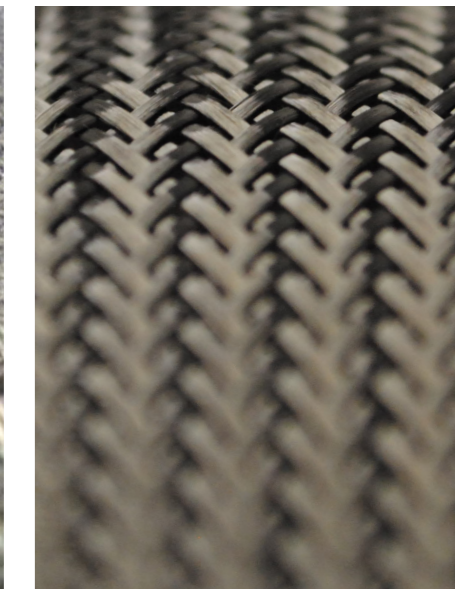


Fig.2.1.3.3

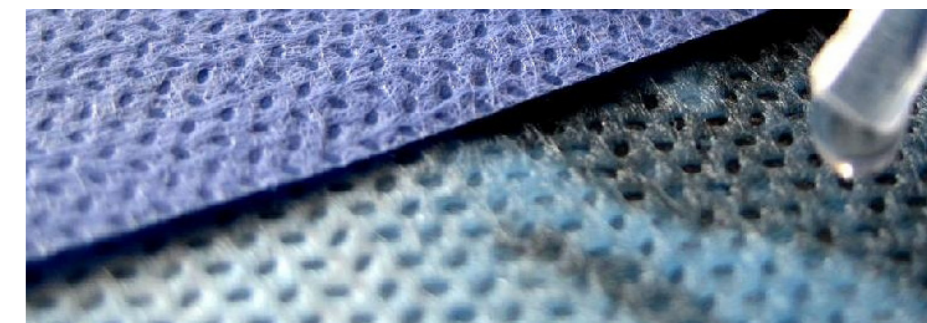


Fig.2.1.3.1

*interweaving* (Fig.2.1.3.2), è l'intersezione perpendicolare di due set di filati rettilinei, trama e ordito, ovvero la tessitura vera e propria (*weaving*).

La tessitura a navetta è stata per molti anni la tecnologia più diffusa-

mente usata nella produzione di tessuti tecnici. Se si considera il peso totale dei tessuti prodotti, la tessitura a navetta ricopre tutt'oggi un ruolo predominante.

*interwining e twisting* (Fig.2.1.3.3), è l'intrecciarsi reciproco di un numero variabile di filati ad angoli retti e non solo. Tra i processi che rispondono a questa tipologia di intreccio vi sono l'annodatura e la trecciatura (*braiding*). Queste tecniche consentono di ottenere strutture tessili speciali il cui impiego risulta oggi essere limitato a fini specifici.



Fig.2.1.3.4

*interlooping* (Fig.2.1.3.4), consiste nel formare una serie di cappi ognuno dei quali viene rilasciato all'interno della struttura solamente quando quello successivo sia stato formato e con esso intrecciato. È questo il principio su cui si basa la maglieria (*knitting*), una delle tecniche più comuni, seconda solo alla tessitura a navetta. Nonostante la capacità di questo processo di produrre articoli dalla forma complessa e controllabile sia stata sfruttata per secoli, le attuali tecnologie ne hanno esteso l'impiego agli ambiti più disparati, dall'abbigliamento alle applicazioni industriali (Spencer, 2001).

Se è vero che il dinamismo del settore tessile, per quanto riguarda la ricerca e lo sviluppo di nuove soluzioni, risiede principalmente nella sfera dei materiali, è anche vero che i processi di intreccio e manipolazione del filato ne rappresentano le basi costituenti. Da un punto di vista progettuale, nel primo caso l'operazione da svolgere è quella di selezione. È possibile infatti attingere da un bacino in continua evoluzione di fibre, filati e finissaggi che di volta in volta rispondano ai parametri specifici da rispettare. Nel secondo caso invece, approcciando al tessile attraverso i processi, è possibile agire ad un livello più macroscopico del progetto tramite un'operazione che, in un certo senso, può definirsi di interpretazione.

Il numero di filati coinvolti, la loro varietà, la densità e il tipo di intreccio, la forma sono solamente alcuni dei parametri che è possibile controllare tramite la gestione della tecnica di realizzazione.

Si tratta quindi di un intervento di tipo strutturale dal quale è possibile trarre risultati macroscopici gestibili e volti a creare una solida sovrastruttura - solida dal punto di vista dei principi

generatori e della giusta applicazione di una tecnologia al giusto fine - alla quale giustapporre l'adeguata selezione di materiali in termini di natura, struttura e dimensione di fibre e filati, colore e finissaggio, ai quali non è tuttavia demandato il solo completamente estetico del prodotto ma possono andare ad influenzarne alcune delle caratteristiche meccanico-fisiche derivanti dalla gestione dei processi.

## 2.2 TESSUTI TECNICI

*Nascita, propagazione, conoscenza*

### 2.2.1 Lo stato di un settore in continua crescita

Nonostante il tema dei tessuti tecnici suscita ancora notevole interesse e sia sempre sotto discussione, l'applicazione delle fibre in prodotti che esulano dall'ambito dell'abbigliamento o dell'arredamento non è un fenomeno nuovo.

Relativamente nuova è invece la crescente consapevolezza del potenziale economico e strategico di questi tessuti per l'industria manifatturiera nei paesi industrializzati e in via d'industrializzazione.

In alcuni dei mercati più sviluppati, i prodotti tecnici rappresentano ben il 50% di tutte le attività di produzione tessile. La filiera dei tessuti tecnici è lunga e complessa e si estende dalla produzione dei polimeri con cui vengono realizzate le fibre ai coatings e finissaggi (Fig.2.2.1.1) con cui vengono trattati i tessuti al momento della loro applicazione.

La portata economica e l'importanza di tessuti tecnici si estende ben oltre l'industria tessile in sé e ha un impatto su quasi tutti i settori della vita economica e sociale umana.

Tuttavia il percorso per il successo in questo settore non è definito, produttori e trasformatori devono infatti affrontare la sfida di ottenere ogni volta un ritorno economico commisurato al rischio dell'introdursi in un settore nuovo e complesso. Inoltre, la costante necessità di sviluppare applicazioni e prodotti nuovi, investire in processi e attrezzature e soddisfare le esigenze di un mercato sempre più diversificato, è molto impegnativo e costoso per il produttore.

Quello dei tessuti tecnici non è mai stato un settore industriale o un segmento di mercato ben delineato; esso si sviluppa infatti in varie direzioni con una continua erosione delle barriere che separano i tradizionalmente intesi prodotti tessili da altri materiali ingegneristici flessibili come carta e polimeri, membrane e film, metalli, vetri e ceramiche (Horrocks, 2000).

### 2.2.2 Come definire i confini

L'analisi e la descrizione del settore dei materiali Tessili per Impiego Tecnico (TIT), o *function-focus fibrous products* (FFFP) (El Mogahzy, 2008), può essere fatta a partire da differenti punti di vista.

Ci si può porre al centro delle aziende produttive di questi prodotti, scegliendo i più significativi, e studiarne storia, struttura, comportamenti. Oppure ci si può porre al centro del mondo tessile che vede nei TIT un possibile modo di diversificare, modificare, ammodernare la propria produzione.

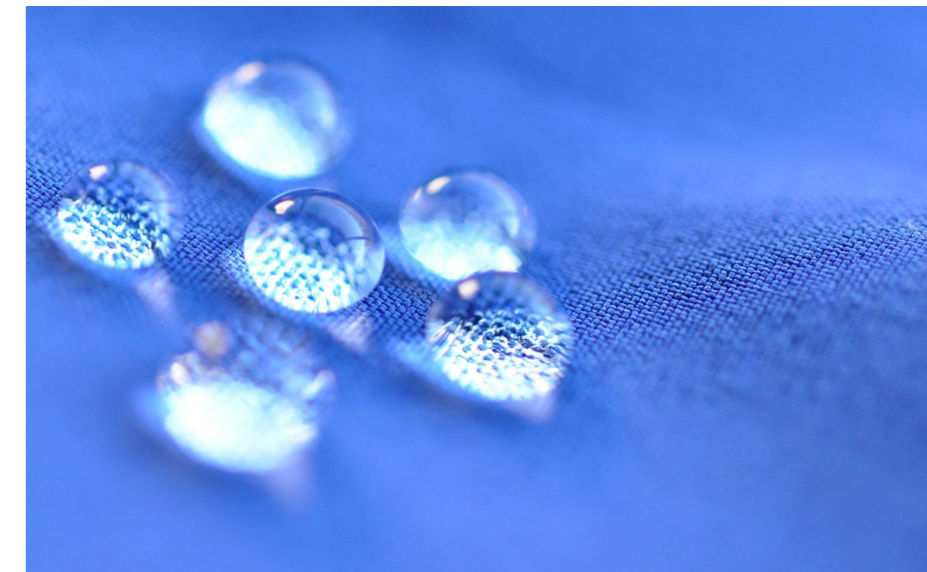


Fig.2.2.1.1

La scala dei valori cambia, le priorità cambiano, così come le risorse necessarie.

Ma, prima ancora di addentrarsi nelle dinamiche di un settore così complesso occorre risalire alle basi di questa nebulosità, ovvero al problema della definizione e della classificazione dei TIT.

Storicamente ci sono stati numerosi tentativi di classificazione il cui successo è legato più alla forza della struttura proponente che non alla validità e coerenza della classificazione stessa. Alcuni esempi di questa definizione arbitraria sono i seguenti, ove



Fig.2.2.2.1

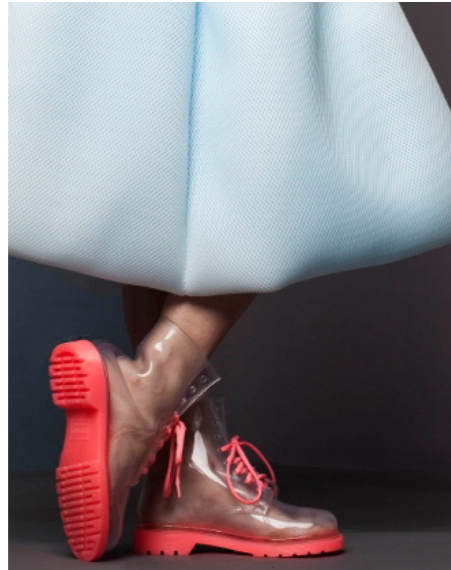


Fig.2.2.2.2

scientifico e tecnico (prove, standard, certificazione) è più importante rispetto a quello estetico-visivo.

Si deve comunque tener presente che esistono numerose situazioni di frontiera e molti casi di sovrapposizione e di ambiguità tra il tessile tecnico e quello destinato ad un impiego tradizionale (Fig.2.2.2.1; Fig.2.2.2.2).

Proprio per questo si parla sempre più spesso di un tessile funzionale, destinato sempre all'abbigliamento, ma distinto e valorizzato proprio per alcune funzioni specifiche che riesce ad assolvere.

Nell'applicazione dei tessili per impieghi tecnici sono coinvolte numerose discipline non proprie del mondo tessile come ad esempio: medicina, ingegneria, biologia, meccanica. Ne deriva anche che agiscono fattori ed interlocutori molto differenti tra di loro, che non sono abituati ad un rapporto reciproco sistematico e consolidato nel tempo: ingegneri, medici, architetti, biologi.

Per descrivere, anche se sinteticamente, questa realtà, si può ricorrere ad una schematizzazione che vede i Tessili Tecnici come un sistema for-

temente condizionato dalle materie prime, dai processi utilizzati ed infine dalle specifiche applicazioni dei prodotti stessi. Alcuni ricercatori, invece, fanno ricorso ad una matrice teorica che lega le funzioni dei prodotti tessili tecnici alle applicazioni.

### 2.2.3 Il potenziale

La differenza sostanziale tra l'industria tessile tradizionale per abbigliamento ed arredo e quella dei TIT è che, nel primo caso, l'industria tessile è praticamente il solo fornitore, ha canali consolidati per raggiungere il mercato e conosce in modo completo le esigenze del proprio cliente.

Nel secondo l'industria tessile è uno dei fornitori tra i tanti e spesso ha un ruolo minoritario nella realizzazione del prodotto finito. Inoltre ha a disposizione canali più deboli per raggiungere il mercato e conosce solo in modo parziale le esigenze del potenziale cliente.

Un ulteriore problema è costituito dal fatto che, spesso, prodotti di successo, che hanno comportato innovazioni anche importanti hanno ottenuto un

valore economico circoscritto e limitato: vale a dire che gli sforzi tecnologici, organizzativi ed economici per mettere a punto un prodotto non sempre sono ripagati dall'applicazione che ha dato vita al prodotto stesso.

Diventa quindi estremamente importante poter integrare ed unire nicchie differenti, ovvero ricercare applicazioni nuove, o proporre il prodotto in contesti differenti, o riuscire ad impiegare il saper fare accumulato in ambiti diversi.

Ancora oggi dei prodotti tessili non si sfruttano gli elementi forti e vincenti, quali la leggerezza, la grande versatilità e complessità delle strutture realizzabili, il fatto che molti materiali innovativi sono filabili e quindi trasformabili in tessile, con tecnologie che possono conferire al substrato tessile caratteristiche per prestazioni nuove.

Questa carenza richiede un impegno sia dal lato delle aziende che dal lato dei progettisti. Le prime, da una parte, dovrebbero acquisire informazioni, conoscenze, competenze nei settori applicativi (ad esempio filtrazione, re-

stauro, materiali compositi...), o creare un'interfaccia ed una rete con il mondo delle applicazioni, cioè rendendo esplicite le esigenze degli applicatori ed anche le capacità-potenzialità dell'industria dei TIT.

I progettisti, d'altro canto, dovrebbero accrescere la conoscenza delle potenzialità di questa categoria di prodotti apportando poi la loro spinta innovativa alle aziende di settore avviando così un processo di sperimentazione che consenta ad entrambe le realtà di incrementare le proprie competenze.

Tutto ciò superando il limite rappresentato dal livello tecnologico delle imprese tessili. Nonostante la percezione delle imprese connesse al tessile tecnico sia quella di realtà altamente tecnologiche, in effetti una parte significativa del tessile tecnico è oggi a tecnologia medio-bassa, allo stesso livello del tessile tradizionale per l'abbigliamento<sup>1</sup>.

Questa situazione è destinata comunque a modificarsi, proprio sulla spinta delle applicazioni di nicchia che pongono esigenze sempre più sofisticate e per rispondervi si deve fare

riferimento sempre più a tecnologie innovative e non ancora diffuse nel sistema tessile. Tutte queste capacità acquisite potranno essere poi utilizzate anche per lo sviluppo del tessile tradizionale, con particolare riferimento a quello funzionale.

## 2.3 TESSUTI TRIDIMENSIONALI

*La nuova dimensione del filo*

### 2.3.1 Definizione breve

Comunemente un tessuto viene definito tridimensionale nel caso in cui abbia una terza dimensione nel senso dello spessore (Fig.2.3.1.1). Nei tessuti 3D infatti, lo spessore o dimensione sull'asse z, può essere considerata rilevante in relazione alla dimensione longitudinale e trasversale rispettivamente sull'asse x e y (Pelin, 2012).

I tessuti 3D possono anche essere

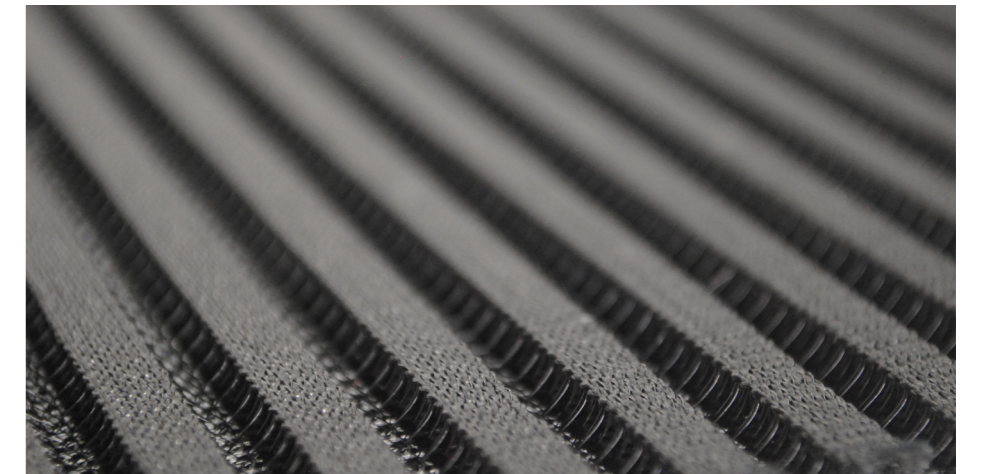


Fig.2.3.1.1

<sup>1</sup> La maggior parte dei tessuti tecnici viene prodotta utilizzando macchinari tradizionali con o senza apporto di modifiche. Per approfondire le tecnologie connesse alla produzione di tessuti tecnici, nello specifico tridimensionali, si veda il capitolo 4. *Tessitura tridimensionale*.

definiti come “a single-fabric system, the constituent yarns of which are supposedly disposed in a three mutually perpendicular plane relationship” (Behera, Mishra, 2008) ovvero un sistema unico costituito da un tessuto i cui filamenti siano presumibilmente disposti in tre direzioni planari reciprocamente perpendicolari.

Anche Khokar definisce i tessuti tridimensionali - riferendosi in particolare ai tessuti a navetta - come costituiti da filati disposti su tre piani rispettivamente perpendicolari (2001).

In altre definizioni entrano a far parte della categoria dei tessuti tridimensionali

anche quei tessuti ce presentano un considerevole spessore derivante dalla sovrapposizione di più livelli di filati (Chen, 2011).

Nonostante tutti i tessuti abbiano una struttura interna tridimensionale, macroscopicamente vengono percepiti e classificati come sottili fogli bidimensionali. Con il termine tridimensionali si indicano genericamente le seguenti macrocategorie di tessuti<sup>2</sup>:

- *multilayer* con spessore considerevole ottenuti dalla sovrapposizione di più livelli di filati;
- *spacer* con spessore considerevole ottenuti dal collegamento di due

panni parallelamente tessuti;

- planari con parti cave;
- conformati, con sezione trasversale complessa piena;
- conformati, con sezione trasversale complessa cava.

I tessuti tridimensionali, quindi, possono essere definiti come architetture i cui fili, planari e trasversali, siano intrecciati a formare una struttura integrata una porzione della quale presentano dimensioni comparabili nelle tre dimensioni (Fig.2.3.1.2). In genere i tessuti tridimensionali presentano dei filati posti planarmente che conferiscono rigidità e resistenza e dei filati posti trasversalmente che fanno da rinforzo in direzione dello spessore.

### 2.3.2 Dalle due alle tre dimensioni

I tessuti bidimensionali hanno consentito per secoli di avvolgere il nostro corpo e quello degli oggetti in una profusione di texture, pattern e colori pressochè illimitata.

Lo sviluppo di fibre avanzate ha por-

tato gli ingegneri a prendere in considerazione i tessuti per applicazioni in costruzioni e strutture ad alte prestazioni.

Questi tessuti hanno subito un notevole sviluppo negli ultimi anni soprattutto in termini di producibilità, controllo delle proprietà e vastità di applicazioni. Tale sviluppo è collegabile soprattutto all'impiego dei tessuti in ambito ingegneristico e, in particolar modo, nell'industria dei compositi come materiale di rinforzo. Essi consentono infatti di contenere i costi e allo stesso tempo garantiscono la flessibilità necessaria per rendere il processo più semplice possibile (Fig.2.3.2.1).

Il carattere prettamente tecnico di questo ambito ha consentito di stressare al massimo i tessuti tradizionali in modo da individuarne le carenze strutturali e, allo stesso tempo, l'elevato investimento dei settori maggiormente tecnici in ricerca e sviluppo, ha consentito di baipassare queste carenze tramite la progettazione ad oc di quelli che sono stati i primi tessuti tridimensionali.

La resistenza dei tessuti “tradizionali” è anisotropa, tende quindi a manifestarsi principalmente nella direzione di orientamento delle fibre.

Nelle applicazioni di fascia alta, l'orientamento della fibra assume notevole importanza ed influisce sulla capacità del tessuto stesso di sopportare la sollecitazione a cui è sottoposto. Inoltre, nella maggior parte dei compositi realizzati con rinforzo tessile, si presenta la tendenza tipica alla delaminazione. Da ciò deriva l'esigenza di posizionare il rinforzo nelle tre dimensioni e il conseguente sviluppo di tessuti tridimensionali.

Come accennato in precedenza, nonostante il carattere altamente tecnologico dell'applicazione finale, in genere lo sviluppo di tali tessuti deriva non tanto dall'introduzione di nuovi processi quanto piuttosto dall'implementazione dei più tradizionali.

La prima direzione dei textile designers è stata quella di unire più tessuti in layer sovrapposti e tenuti assieme grazie alle proprietà delle fibre stesse o dei sistemi di giunzione generando così dei tessuti non tessuti conforma-

bili in configurazioni non esclusivamente bidimensionali. Più recente è invece lo sviluppo di tessuti tridimensionali veri e propri.

Gli ingegneri hanno accolto la sfida di ottenere architetture tessili più resistenti e sistemi produttivi per la realizzazione di strutture tessili in tre dimensioni con l'obiettivo di massimizzarne le prestazioni, sia da un punto di vista meccanico-fisico che formale, e quindi minimizzarne i costi d'impiego (Hu, 2008).

### 2.3.3 Processi tradizionali, prodotti innovativi

Grazie alle loro caratteristiche meccaniche e alla possibilità di essere prodotti in configurazioni simili alla forma del prodotto finito senza necessità di operazioni successive alla tessitura, i tessuti 3D hanno sono stati molto indagati sia da un punto di vista espressivo che, in prima istanza, tecnico.

La possibilità di ottimizzare l'orientamento, la combinazione e la distribuzione delle fibre e dei filati impiegati,

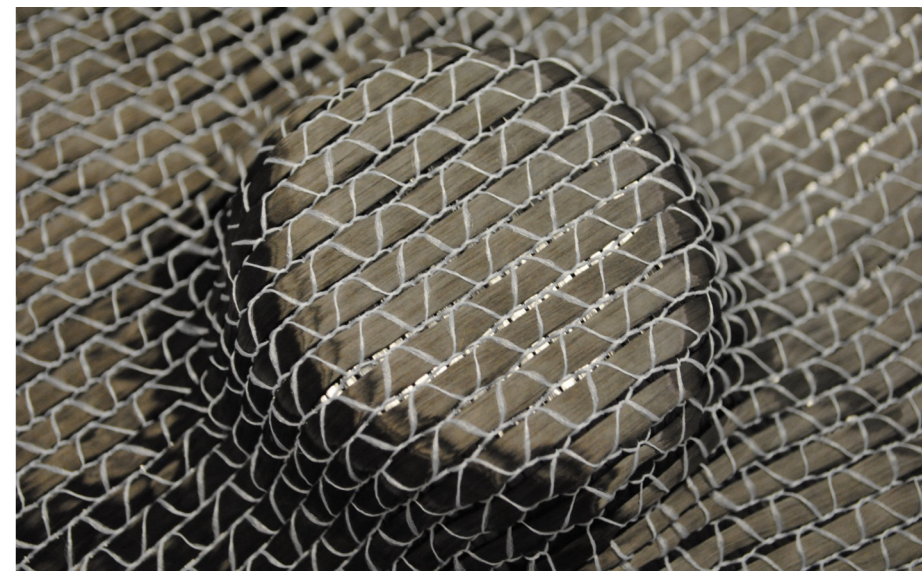


Fig.2.3.2.1

infatti, rende i tessuti tridimensionali una valida e flessibile alternativa in svariati ambiti progettuali. Allo stesso tempo, l'automazione di alcuni processi recentemente raggiunta ha consentito una sostanziale riduzione dei costi e migliorato notevolmente il potenziale per la produzione su larga scala.

I tessuti tridimensionali possono essere prodotti con diverse tecniche di tessitura. Tecniche tradizionali che

vengono portate al limite delle loro potenzialità, stressate al fine di ottenere prodotti dalle caratteristiche aumentate i cui benefits d'impiego sono definibili in base alle loro proprietà relazionate a quelle dei tessuti tradizionali ottenuti con le medesime tecnologie.

Queste sono suddivise in quattro categorie principali: tessitura a navetta, maglieria, trecciatura e *nonwoven* (Hearle, Chen, 2009).<sup>3</sup> Di seguito si riportano alcuni dei vantaggi traibili

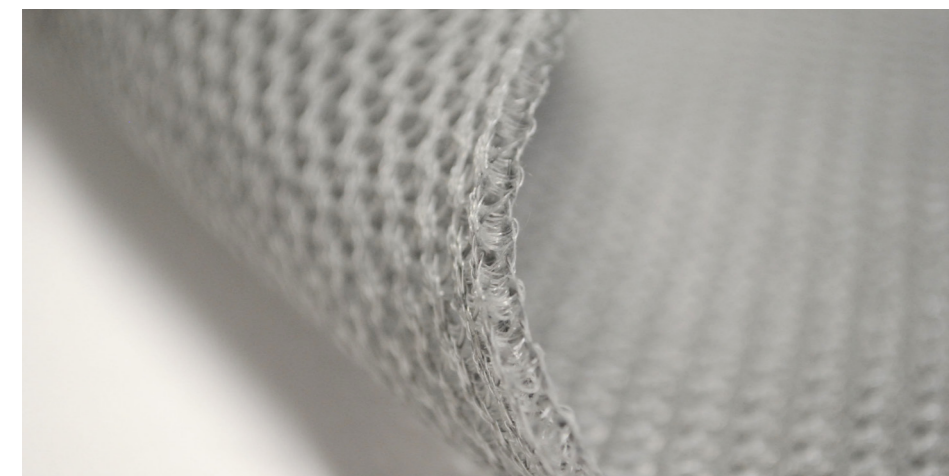


Fig.2.3.1.2

<sup>2</sup> È qui fornita una classificazione generica nella quale sono prese in considerazione le principali categorie di strutture tessili ottenibili. Ognuna di esse presenta poi delle ulteriori subcategorie correlate sia alla configurazione stessa che alle tecniche produttive impiegate.

<sup>3</sup> Le caratteristiche strutturali di ognuna delle tecnologie citate vengono approfondite nel capitolo 3. *Basi sulla tessitura*.



dall'impiego di tessuti tridimensionali derivanti da processi produttivi propri della tessitura bidimensionale.

Vantaggi dei tessuti tridimensionali da tessitura a navetta:

- possibilità di produrre preforme con forma simile a quella del pezzo finito;
- riduzione dei costi di produzione per compositi con forme complesse;
- incremento della resistenza alla delaminazione e della tolleranza al danneggiamento;
- possibilità di customizzazione a seconda dell'applicazione specifica;

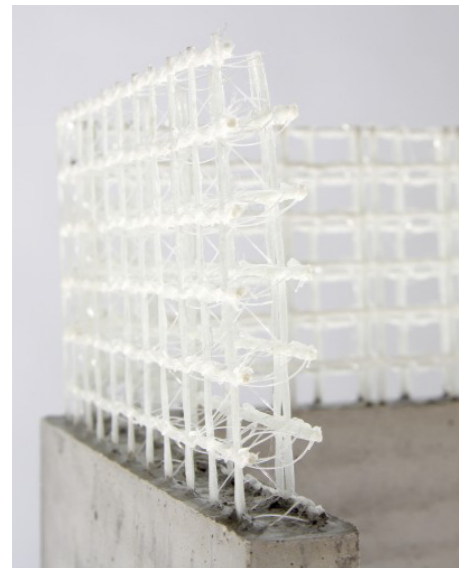


Fig.2.3.3.1

- massimizzazione della resistenza a trazione e deformazione a rottura;
- massimizzazione di tenacità e resistenza a frattura interlaminari.

Vantaggi dei tessuti tridimensionali da maglieria:

- elevata drappeggiabilità e conseguente ottima formabilità in stampo;
- possibilità di produrre preforme con forma simile a quella del prodotto finito con livello di complessità elevato;
- minimizzazione della densità specifica in alcuni prodotti specifici;
- massimizzazione della resistenza



Fig.2.3.3.2

all'impatto e dell'ammortizzazione dell'urto.

Vantaggi dei tessuti tridimensionali da trecciatura:

- possibilità di produrre preforme con forma complessa simile a quella del prodotto finito;
- completa automatizzazione del processo con conseguente aumento di produttività e qualità;
- minimizzazione dei costi di produzione;
- massimizzazione della resistenza alla delaminazione e della tolleranza al danneggiamento;
- massimizzazione della resistenza all'intaglio.

Vantaggi dei tessuti tridimensionali *nonwoven*:

- economicità e semplicità di produzione;
- massimizzazione della resistenza all'impatto;
- incremento della resistenza alla delaminazione;
- massimizzazione della resistenza al carico ciclico (Hu, 2008).

Risulta evidente come i tessuti tridi-

mensionali si presentino come innovativi rispetto ai tradizionali seppur prodotti con gli stessi metodi.

Nel loro caso, infatti, a maggior ragione è possibile parlare di strutture e, siano essi ottenuti tramite tessitura, maglieria, trecciatura o processi *nonwoven*, trovano ampio impiego in settori ad elevato contenuto tecnologico (Fig.2.3.3.1, Fig.2.3.3.2) come l'aerospaziale, l'automobilistico, il geotecnico, il navale e il medicale (Tan et al., 1997).

Questo perchè essi possiedono eccezionali proprietà fisico-meccaniche e termiche e in particolare leggerezza, elevata rigidità, resistenza a fatica, eccellente resistenza a corrosione e stabilità dimensionale.

Ciò ha fatto sì che prodotti tessili di vario tipo vengano ampiamente usati per strutture con prestazioni avanzate in ambito aerospaziale, navale, automobilistico, geotecnico e medicale, oltre che nell'abbigliamento e nell'attrezzatura sportiva e nell'industria dei compositi.

### 3. BASI SULLA TESSITURA

#### 3.1 INTRODUZIONE ALLA MAGLIERIA

*Informazioni tecniche di base*

##### 3.1.1 Weft e warp knitting

I tessuti da maglieria sono caratterizzati da una struttura generata dalla ripetizione di moduli costruttivi di base ovvero i cappi, o *loops*.

Vi sono due tecnologie per la loro produzione che si distinguono per la

conformazione dell'unità base dell'intreccio: la *weft knitting technology* - letteralmente tradotta come maglieria in trama - e la *warp knitting technology* - o maglieria in catena.

La maglieria in trama assume questo nome in quanto l'intreccio dei cappi avviene in senso longitudinale (Fig. 3.1.1.1). La struttura è infatti costituita da una serie di righe di unità base dette ranghi o *courses* che, tessute l'una di seguito all'altra, determinano l'intrecciarsi di ogni cappio con quello rea-

lizzato nella stessa posizione in senso trasversale ma nel rango precedentemente prodotto. L'intreccio è quindi risolto in senso verticale mentre la sequenza delle maglie è orizzontale.

La peculiarità di questa struttura è che tale ripetizione di *loops* e quindi di ranghi è ottenuta tramite un filo unico che percorre l'intera superficie del tessuto senza soluzione di continuità.

La struttura più semplice ed economica ottenibile utilizzando una singola frontura<sup>4</sup> è detta *plain knit* o *jersey* ed

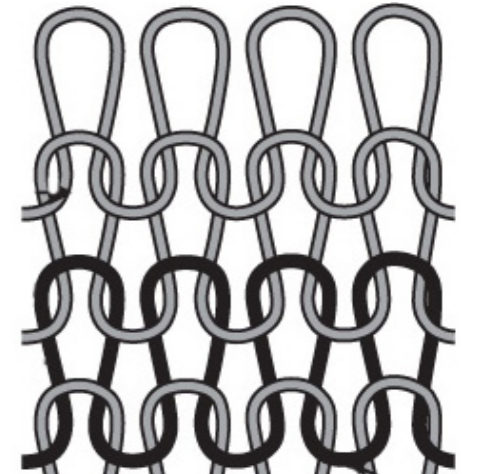


Fig.2.3.2.1

<sup>4</sup> La frontura è la parte del macchinario per maglieria in cui sono situati gli aghi che, gestendo la movimentazione del filato ne determinano l'intreccio.

è caratterizzata da due facce esteticamente distinguibili. Essa presenta generalmente uno spessore maggiore rispetto ai tessuti a navetta realizzati con lo stesso tipo di filo, ha moderata estensibilità in senso longitudinale (10-20%) ed elevata elasticità in senso trasversale (30-50%), tende ad arricciarsi ed ha una capacità di recupero elastico fino al 40% della sua lunghezza (El Mogahzy, 2008).

La maglia più semplice realizzata impiegando entrambe le fronture della macchina è il *double jersey* nel quale le due facce presentano caratteristiche estetiche identiche.

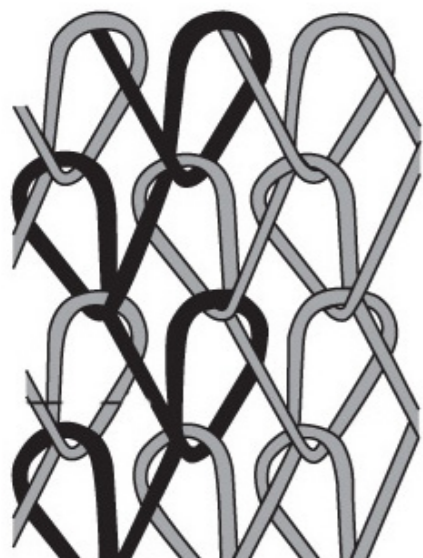


Fig.2.3.2.2

Nella maglieria in catena o *warp knitting* - letteralmente maglieria in ordito - l'intreccio dei cappi avviene in senso orizzontale nel tessuto e la loro sequenza in senso verticale (Fig. 3.1.1.2). In questo caso non si ha un filo unico come nella maglieria in trama ma ogni fila costituente la sequenza di loops è costituita da un filo autonomo, chiamato trama e introdotto longitudinalmente nel tessuto.

### 3.1.2 Peculiarità e problematiche

Il lavoro a maglia è sempre stato considerato un'arte.

Nonostante il suo passaggio da una produzione esclusivamente manuale, dove tutto era affidato alle capacità del tessitore, ad una produzione completamente industrializzata, tale concezione è rimasta inalterata.

La sapienza nella realizzazione a maglia e la sua intrinseca flessibilità, sia in termini di soluzioni ottenibili che di proprietà del prodotto finito, consente ancora di realizzare capi e tessuti con qualità tecniche ed estetiche personalizzabili e controllabili ad occhio che vanno oltre la produzione seriale (Au, 2011).

Il tessuto a maglia si distingue per l'elasticità strutturale che lo caratterizza e che è indipendente da quella del filato che lo compone. Questa è dovuta al comportamento del filato una volta che gli è stata impartita la configurazione necessaria per l'intreccio. I cappi, infatti, agiscono come molle, cedendo alla tensione e tornando nella posizione primitiva appena la tensione cessa. In questo modo gli sforzi sono gestiti a livello strutturale ed incidono solo secondariamente sul filato garantendone così una durata elevata.

Oltre all'elasticità, dalla quale dipende l'elevata formabilità (attitudine ad assumere una forma imposta), i prodotti da maglieria presentano ulteriori caratteristiche tra le quali:

- possibilità di ottenere prodotti conformati che non richiedono ulteriori lavorazioni di taglio e cucitura (*knitting to shape*);
- grande flessibilità in fase di produzione in termini di geometria, struttura e materiale del filo, forma e configurazione dell'intreccio;
- possibilità di utilizzare un numero ridotto di filati;
- possibilità di introdurre, tra i fili

dell'intreccio, filati generalmente inadatti alla tessitura;

- possibilità di controllare le proprietà meccaniche del tessuto ottenuto in maniera anche selettiva grazie alla gestione libera di densità e architettura dell'intreccio.

Il principale problema legato alla maglieria è, invece, l'instabilità dimensionale del tessuto, in particolare a seguito del primo lavaggio (nel caso in cui sia previsto). Ciò può rappresentare un limite consistente per un'eventuale applicazione dei tessuti da maglieria in ambito tecnico in quanto conoscere le proprietà dimensionali di un tessuto è importante sia per poter pianificare la maglia prima della sua lavorazione sia per ottenere un prodotto finito stabile. A tale scopo sono stati condotti numerosi studi al fine di determinare una formula che consentisse di controllare la stabilità del tessuto. Seppur esclusivamente applicata dagli addetti ai lavori, prenderne conoscenza è importante in quanto consente di capire quali siano i parametri incidenti su questa caratteristica. La variabile, definita "Ks", è ottenuta moltiplicando la densità del punto per il quadrato della sua lunghezza. A titolo informativo si

sappia che il valore allo stato di massimo rilassamento del tessuto ritenuto ottimale (per un filato in cotone) è pari a 26.7765 (Au, 2011).

### 3.1.3 Applicazioni

I prodotti da maglieria trovano oggi impiego in numerosi ambiti, primo tra tutti quello dell'abbigliamento dove è facile riconoscerli in vari prodotti: maglioni, calze, T-shirts, sportswear, lingerie, abbigliamento per infanti e bambini, costumi da bagno, guanti e via dicendo (Fig. 3.1.3.1; Fig. 3.1.3.2). La diffusione delle maglie in questo settore deriva da alcune delle loro proprietà elencate precedentemente e che, nei prodotti specifici, determinano interessanti caratteristiche come: libertà di movimento del corpo in capi conformati ed elastici, facilità di manutenzione, resistenza, morbido drappaggio e buone proprietà termiche in ambienti non ventosi. Tessuti a maglia sono anche utilizzati in complementi d'arredo (Fig. 3.1.3.3) e, in minori quantità, in tappezzerie e tappeti.

Per quanto riguarda invece le appli-

cazioni in ambito tecnico essi sono ampiamente impiegati nel settore medicale per bende, tamponi, calze contenitive, abbigliamento tecnico, filtri per dialisi, assorbenti e biancheria intima, coperte e lenzuola di spugna, tende, valvole cardiache artificiali, reti per filtrazione del sangue, protesi (El Mogahzy, 2008).

Altri prodotti funzionali basati su questa tecnologia spaziano tra ambiti tecnologici dalla complessità variabile, dalle pagliuzze metalliche ai rinforzi per compositi (Fig. 3.1.3.4).

Raramente però le due tipologie di maglia, in trama e in catena, sono combinate in un singolo macchinario. In genere le tecniche hanno la tendenza a divergere andando così a costituire due industrie completamente separate ognuna delle quali ha le proprie specifiche tecnologie, gli appositi macchinari e genera tessuti con differenti caratteristiche e destinazioni d'uso (Spencer, 2001).

La *weft knitting technology* è la più diversificata ed ampiamente diffusa delle due. Ad essa è attribuibile circa un quarto dell'intera produzione di tessuti per l'abbigliamento. I macchinari per maglieria in trama sono infatti adatti

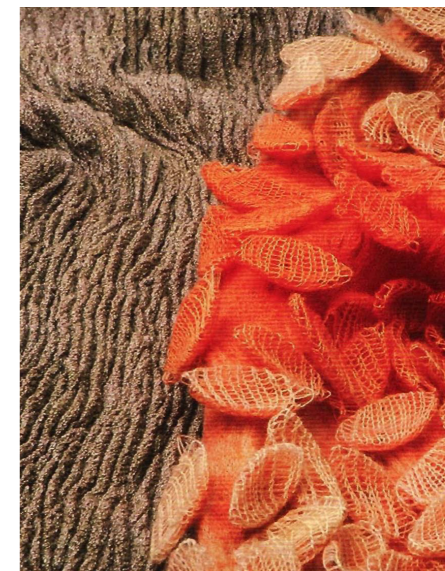


Fig.3.1.3.1

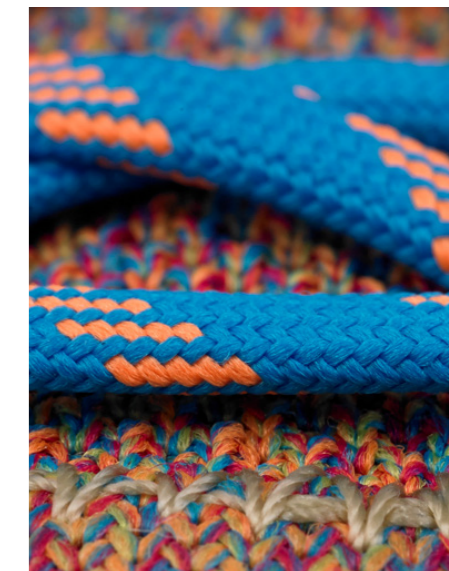


Fig.3.1.3.2

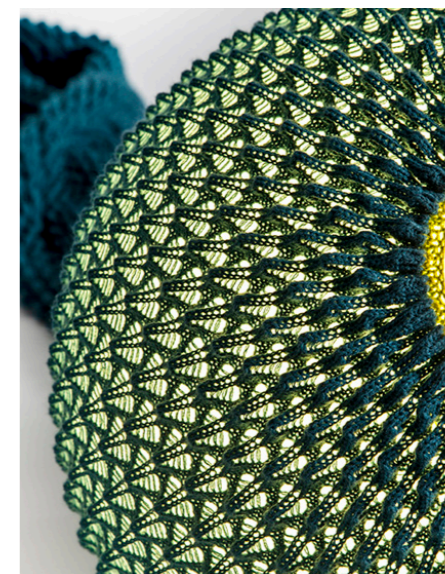


Fig.3.1.3.3

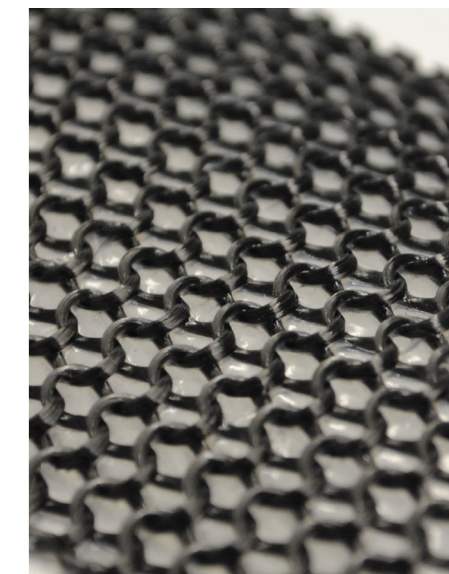


Fig.3.1.3.4

anche ad i piccoli produttori grazie alla loro versatilità, il costo relativamente basso, gli ingombri ridotti, la facilità e rapidità di gestione del pattern d'intreccio e la possibilità di produrre pochi pezzi eliminando così il problema del magazzino, sia per quanto riguarda il prodotto finito che il filato. Tessuti di questo tipo, oltre che nel settore dell'abbigliamento, sono impiegati anche per elementi di arredo e applicazioni tecniche.

Mentre le maglie in trama possono assumere configurazioni e profili anche complessi, i tessuti da *warp knitting* hanno generalmente larghezza



Fig.3.1.3.5

costante. Tuttavia è possibile intrecciare, sulla stessa frontura, più pezzi di dimensioni ridotte. Caratteristica fondamentale di questa tecnica, che incide sulla vastità delle applicazioni possibili, è la potenzialità di agire sulle proprietà del tessuto stesso durante la tessitura. Questo consente di controllarne le proprietà fisico-meccaniche in maniera anche selettiva e ne determina l'applicazione principalmente in ambito tecnico (Horrocks, 2000). Tessuti tridimensionali possono essere realizzati con entrambe le tipologie di intreccio (Fig.3.1.3.5).

### 3.2 INTRODUZIONE ALLA TESSITURA A TELAIO

*Informazioni tecniche di base*

#### 3.2.1 Il processo di tessitura a telaio

I tessuti a telaio - detti anche tessuti a navetta<sup>5</sup> - sono formati dall'intreccio di due set di fili disposti ortogonalmente tra di loro. I fili disposti in senso longitudinale costituiscono l'ordito (*warp*, *ends* o *catena*) mentre quelli disposti trasversalmente rispetto alla direzione di tessitura corrispondono alla trama (*picks*).

Il macchinario utilizzato nel processo di tessitura è il telaio. Questo può essere sia manuale che automatico. Il funzionamento di quest'ultimo deriva dalla tessitura manuale e consiste sostanzialmente nel mantenere in tensione i fili d'ordito mentre un apposito strumento ne consente il sollevamento alternato in modo da fare spazio all'inserimento della trama.

Conoscere il processo di tessitura a telaio è fondamentale per la gestione dei numerosi parametri e fattori che possono incidere sulla struttura finale del tessuto. Per questo motivo se ne indicano le fasi principali in ordine cronologico:

- Tensionamento dell'ordito. Il filato viene mantenuto in tensione costante<sup>6</sup>;
- Apertura del passo (*shedding*). I fili d'ordito vengono separati in maniera alternata - con ordine da definire in base al pattern di tessitura desiderato - in due gruppi uno dei quali viene sollevato e l'altro abbassato in modo da formare una sorta di tunnel. Questo, in gergo, viene denominato "shed" o passo;
- Inserimento della trama (*picking* o *filling*). I fili di trama passano attraverso il passo inserendosi tra i fili d'ordito;
- Battitura. Tramite un pettine, i fili di trama appena inseriti vengono avvi-

cinati tra di loro e il tessuto compatato;

- Srotolamento dell'ordito. I fili d'ordito sono raccolti in maniera ordinata nel subbio posteriore per poi essere srotolati man mano che il processo di tessitura procede.
- Avvolgimento del tessuto. Un subbio anteriore accoglie il prodotto finito.

Ogni operazione viene ripetuta per l'inserimento e l'interlacciamento di ogni filo di trama. L'insieme di tali operazioni prende il nome di "ciclo di tessitura" ed è la base della tessitura bidimensionale.

Controllando l'apertura del passo è possibile variare il ritmo di sollevamento dei fili d'ordito in modo da ottenere una vasta gamma di intrecci e un altrettanto vasta gamma di proprietà meccaniche ed estetiche.

#### 3.2.2 Principali strutture dei tessuti a navetta

Generalmente è possibile distinguere tre strutture basilari (armature): tela (tessuto semplice, *plain fabric*), saia (*twill*), raso (*satén* e *sateen*).

Tuttavia la varietà di intrecci è pressoché illimitata. Se ne possono trovare anche di più o meno complessi come ad esempio: il giro inglese (*leno weave*), il jacquard, il crepe, il dobby e il piqué.

##### Armatura tela

L'armatura tela è la struttura più semplice da ottenere in quanto costituita dall'intrecciarsi alternato di un singolo filo di trama con un singolo filo di ordito. Presenta caratteristiche estetiche identiche su entrambe le facce, elevata densità di trama e stabilità dimensionale (Fig. 3.2.2.1; Fig. 3.2.2.2). In figura (Fig. 3.2.2.3), di fianco alla messa in carta<sup>7</sup>, si può vedere una rappresentazione idealizzata in quanto nel tessuto vero e proprio non si



Fig.3.2.2.1

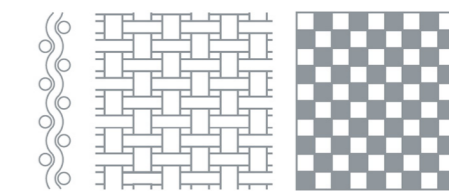


Fig.3.2.2.3

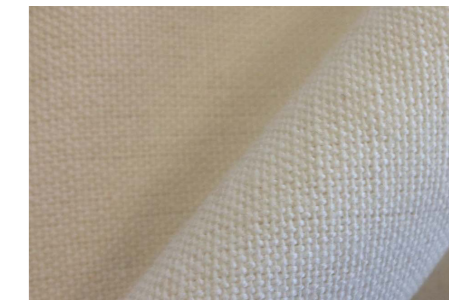


Fig.3.2.2.2

presenterà mai la situazione in cui i fili siano perfettamente ortogonali ed equidistanti tra di loro. La pressione che esercitano l'uno sull'altro nei punti di incrocio infatti, ne determina una distorsione, anche nel caso in cui vengano intrecciati dei monofilamenti o strisce di film, materiale più compatto non ottenuto dall'assemblaggio di fibre (Horrocks, 2000).

Nonostante questo, tale armatura

consente di raggiungere una buona planarità grazie alla quale si presta facilmente a finiture e lavorazioni successive alla tessitura come la stampa, la piega e il ricamo.

Una variante dell'armatura tela, detta Basket o Panama, prevede l'intreccio di due o più fili paralleli (anziché uno). Il tessuto così ottenuto è più deformabile, presenta maggiore planarità e re-

<sup>5</sup> La definizione nasce dalla generalizzazione di un processo che riguarda solo alcune tipologie di telaio. La "navetta" è, infatti, uno dei vari mezzi con cui i fili di trama possono essere inseriti tra quelli d'ordito in seguito all'apertura del passo. Tra le alternative: il telaio a pinze, a getto d'acqua, a getto d'aria e a proiettile.

<sup>6</sup> Visto lo stress a cui è sottoposto, l'ordito deve essere resistente a sufficienza per sopportare le pressioni esercitate dal telaio e l'abrasione causata dal processo di tessitura. Per questo vengono generalmente impiegati filati fini con un grado di torsione molto elevato, fattore questo che, come vedremo in seguito, ne determina una maggiore resistenza.

<sup>7</sup> La messa in carta, o piano di sollevamento, è la rappresentazione grafica con cui vengono date le istruzioni per l'operazione di apertura del passo. La sua funzione è quella di fornire un'anteprima schematica del pattern di legatura.

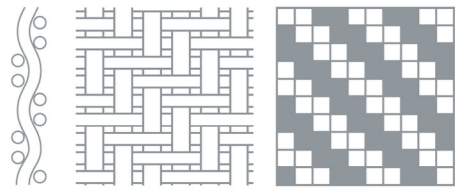


Fig.3.2.2.4

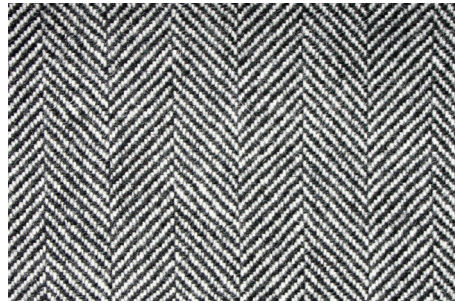


Fig.3.2.2.5

sistenza ma non è altrettanto stabile (Briggs-Goode, Townsend, 2011). Alcuni dei tessuti che generalmente utilizzano un intreccio semplice sono: voile, mussola, calicot, taffetà, georgette, chiffon, organza.

#### Armatatura saia

Caratterizzata dal presentarsi di linee diagonali sulla faccia del tessuto con una configurazione a lisca di pesce, è la seconda armatura base (Fig. 3.2.2.4).

Nell'armatura saia un filo di ordito passa sopra e sotto due di trama. Questo



Fig.3.2.2.6

può avvenire a step regolari o irregolari. Nel primo caso l'effetto a lisca di pesce avrà un'inclinazione di 45°, nel secondo avrà un'inclinazione maggiore di 45°. Il tessuto così ottenuto ha un dritto e un rovescio, uno ad effetto di trama e l'altro ad effetto di ordito.

In genere le linee diagonali della saia vanno dall'estremità in basso a sinistra del tessuto verso l'estremità in alto a destra, è questo il caso della "saia destra" o *Z twill*. Nel caso in cui vadano del verso opposto si ha la "saia sinistra" o *S twill* (Fig. 3.2.2.5; Fig.3.2.2.6).

L'angolo di inclinazione e l'estensione di tali linee oblique può essere regolato controllando il numero di fili intrecciati, ovvero la legatura, la distanza tra di essi e la densità della trama e dell'ordito.

In ogni caso l'armatura saia è caratterizzata da intrecci più radi e costruzione più aperta rispetto alle tele.

L'intreccio caratteristico conferisce al tessuto morbidezza e adattabilità alla deformazione oltre a resistenza e durabilità (Briggs-Goode, Townsend, 2011).

Alcuni dei tessuti che presentano un'armatura di questo tipo sono: denim, tweed, herringbone, fustagno, loden, tartan.

#### Armatatura raso

Nell'armatura di tipo raso l'intreccio prevede che un filo di trama corra sopra almeno tre fili di ordito prima di legarsi a quello successivo: in tal modo i fili d'ordito dominano su una faccia e i fili di trama sull'altra (Fig.3.2.2.7; Fig.3.2.2.8).

L'armatura di tipo raso rende il tessuto liscio, dalla mano morbida, non dire-

zionale e tipicamente brillante grazie all'ordito strettamente tessuto e con lunghi tratti esposti. Inoltre questo tipo di intreccio conferisce flessibilità ed elevato grado di deformabilità.

I punti di intreccio sono radi e largamente distribuiti, disposti in maniera regolare su tutta la superficie del tessuto in modo da essere invisibili ed evitare che linee o strisce divengano evidenti come avviene nella saia.

Alcune varietà di raso sono:

Raso double-face, realizzato intrecciando due strati di ordito con uno di trama in modo da avere le stesse caratteristiche superficiali sia sulla faccia che sul retro del tessuto con la possibilità di avere due colori differenti; Raso cerato, con una particolare lucentezza che conferisce al tessuto un aspetto metallizzato; Raso antico, tessuto opaco nel quale il retro viene generalmente usato per la parte a vista.

Il sateen è invece un tipo di raso in cui ad essere esposti per lunghi tratti sono i fili di trama e non quelli di ordito. La distribuzione dei punti di intreccio è simile a quella del raso e così anche l'effetto di superficie (Fig.3.2.2.9).

Il sateen viene spesso utilizzato in combinazione con il raso nella realizzazione di tessuti jacquard (Briggs-Goode, Townsend, 2011).

#### Altre armature

Oltre alle armature tradizionali descritte in precedenza vi sono dei tessuti dalla struttura più complessa costruiti per applicazioni speciali.

In queste strutture complesse sia la composizione da un punto di vista geometrico che il design particolare derivano dall'esigenza di rispondere a parametri tecnici definiti o far fronte ad una specifica performance, anche di carattere estetico.

Di seguito alcuni esempi di armature particolari.

#### Armatatura a giro inglese

In questo tipo di armatura i fili di ordito non sono paralleli ma si intrecciano tra di loro ed intorno ad ogni filo di trama in modo da bloccarlo in posizione e prevenirne lo scorrimento.

L'armatura a giro inglese viene utilizzata per tessuti con strutture aperte (pochi fili al cm) in modo da limitare il movimento dei fili e le possibili distorsioni a cui sarebbero soggetti (Horrocks, 2000).

#### Jacquard

Caratterizzata da pattern complessi realizzati tramite la combinazione di almeno due delle armature tradizionali (Fig.3.2.2.10).

#### Crepe

L'intreccio di trama e ordito non avviene in maniera sistematica ma con distribuzione casuale.

#### Dobby

Caratterizzata dalla presenza di un pattern geometrico definito e realizzato con una tecnica simile al Jacquard ma più economica e meno elaborata.

#### Piqué

Piccoli motivi in rilievo (Fig.3.2.2.11), rombi, quadrati, puntolini sono ottenuti controllando la tensione dei fili di trama e dei fili di ordito (Mogahzy, 2008).



Fig.3.2.2.9



Fig.3.2.2.10

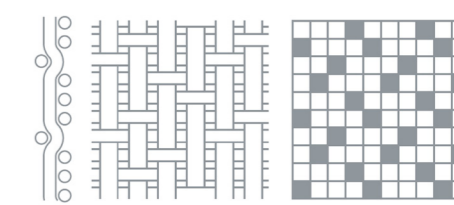


Fig.3.2.2.7



Fig.3.2.2.8

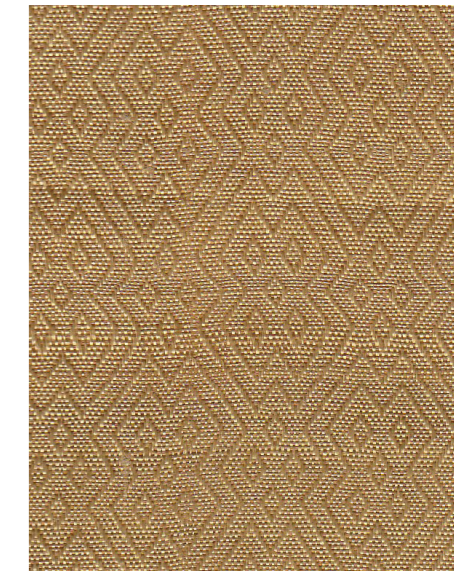


Fig.3.2.2.11

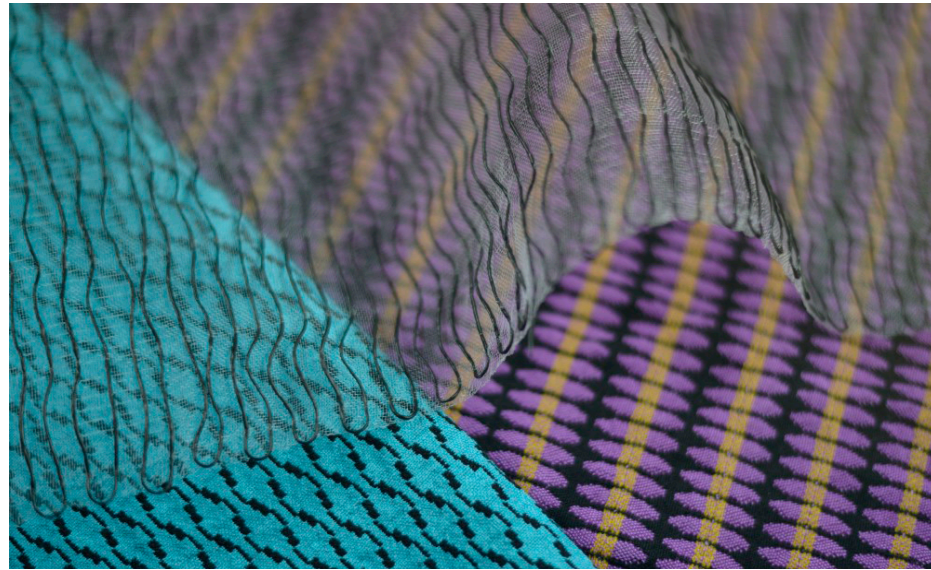


Fig.3.2.4.1

### 3.2.3 Gestione delle proprietà dei tessuti a navetta

La tipologia dei tessuti a navetta è predominante in numerosi settori, dai più tradizionali ai più tecnici, dai prodotti in cui la componente estetica è prevalente ai prodotti *function-focus*, dove ad avere maggiore importanza è invece il lato tecnico. Le principali ragioni di tale predominanza sono la maggiore durabilità e l'elevata stabilità dimensionale se comparate con

quelle di altre tipologie di tessuti, ma ad incidere è anche la libertà interpretativa resa possibile dalla gestione dei parametri di tessitura.

Più che in altre tipologie di tessuti, in questo caso la gestione dei parametri costruttivi incide notevolmente sulle proprietà del prodotto finito. Le specifiche del tessuto vanno a descriverne le peculiarità ma richiedono competenze anche molto specifiche per poter essere correttamente interpretate. Le più importanti sono:

- Altezza (larghezza del tessuto). Generalmente espressa in cm e misurata in condizioni standard in modo da poter approssimare le variazioni causate, ad esempio, da umidità e tensione, la larghezza può comprendere o meno le cimose<sup>8</sup>.

- Variazioni della larghezza del tessuto incidono notevolmente sulla densità dello stesso, per questo motivo la gestione di questo parametro deve precedere la definizione delle altre specifiche e tenere in considerazione non solo il ritiro meccanico in fase di tessitura ma anche eventuali ritiri dovuti al finissaggio.

- Peso (densità). Espresso in g/m<sup>2</sup> (o in g/m), varia a seconda che il tessuto sia in fase di tessitura o finissaggio. Durante la tessitura, infatti, la densità dipende da parametri quali: tipologia del filato, spaziatura e armatura. Durante il finissaggio invece, la densità può subire alterazioni in seguito a tensioni, trattamenti chimici e compressione.

- Increspatura del filo. Misurata

comparando la lunghezza di un campione di tessuto e la lunghezza di un filo estratto dallo stesso e tensionato, è causata dal processo stesso di tessitura, nel quale i fili vengono "forzati" ad interlacciarsi passando l'uno sotto l'altro e viceversa e in seguito battuti, e può essere modificata in fase di finissaggio. Questo parametro è strettamente connesso alle caratteristiche del filo e al fattore di copertura.

- Fattore di copertura. Indica la misura in cui la superficie del tessuto è coperta da un set di fili e risulta dalla somma del fattore di copertura di trama e il fattore di copertura d'ordito. Nel SI delle unità di misura è calcolato moltiplicando il numero di fili/cm<sup>2</sup> per la radice quadrata della densità lineare, il tutto diviso 10.

- Spessore. Notevolmente influenzata dalla distorsione del filo durante la tessitura e dalla pressione esercitata sul pezzo finito durante il finissaggio, è difficile determinarne il valore effettivo (Horrocks, 2000).

È facile pensare come questi parametri possano incidere sul risultato al momento della progettazione di un tessuto e determinare una vastità di soluzioni illimitata. Analizzando le proprietà delle principali armature è già possibile riscontrare alcune differenze.

Nell'armatura tela, nel caso in cui trama e ordito siano costituite dallo stesso tipo di filati e presentino lo stesso numero di fili per unità di area, si ha un tessuto dalle proprietà omogenee e bilanciate le cui prestazioni possono essere finemente controllate agendo sulla tipologia di filato usato.

L'armatura raso presenta invece una struttura meno bilanciata ma un livello di increspatura inferiore strettamente connesso alla frequenza di interlacciamento ridotta rispetto a quella delle tele.

In virtù della sua costruzione, l'armatura saia presenta tratti di filo non increspatisi più lunghi, poche intersezioni e una struttura più aperta se paragonata agli altri tipi di armatura. Ciò si traduce in un'elevata durabilità resa possibile

dal conservarsi delle proprietà del filato il quale viene sottoposto a minore stress.

Un'altra armatura caratterizzata da scarsa densità d'intreccio è il giro inglese. In questo caso però, l'avvolgersi dei fili d'ordito attorno ai fili di trama ne determina una inferiore mobilità. Ne risulta un tessuto dimensionalmente stabile e resistente.

### 3.2.4 Applicazioni

I telai sono in grado di produrre centinaia di strutture tessili differenti che possono essere utilizzate in numerose applicazioni (Fig.3.2.4.1; Fig.3.2.4.3). Analizzando le armature più comuni per esemplificare una vastità altrimenti non categorizzabile, si veda come, ad esempio:

- la saia è l'armatura tipica del denim ma, tessuti così strutturati sono utilizzati anche in altre applicazioni, tra cui abiti, abbigliamento sportivo, abbigliamento outdoor, giacche e impermeabili, indumenti da lavoro, scarpe e cravatte;

- il raso, grazie all'aspetto lucido e morbido della sua superficie, viene impiegato in abiti eleganti, rivestimenti e alcuni prodotti per tappezzerie, ma anche in alcuni prodotti tecnici come indumenti protettivi windproof e windbreaker;

- il giro inglese, grazie alla sua struttura particolare, è usato in applicazioni speciali come garze, tendere trasparenti, zanzariere, copricapo per apicoltori.

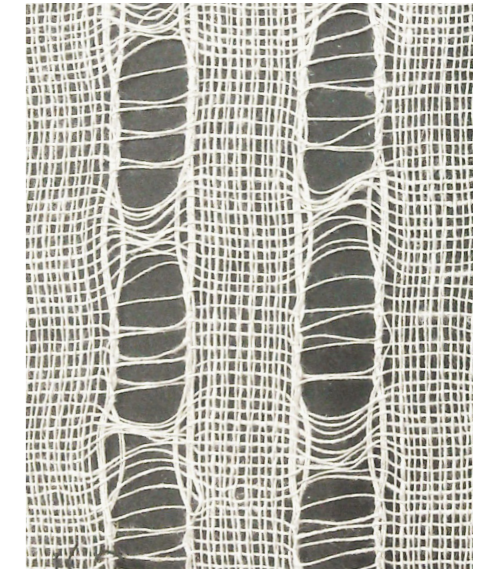


Fig.3.2.4.2

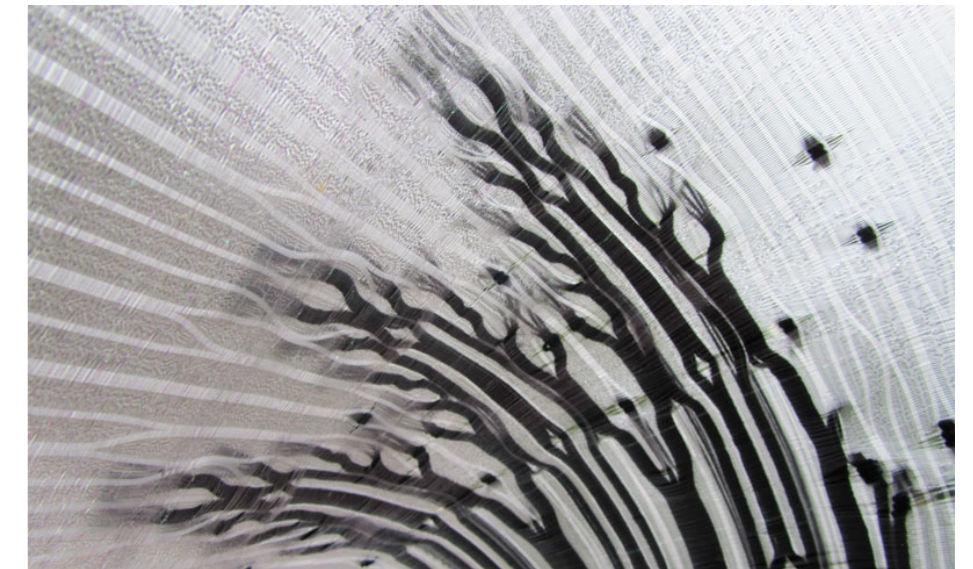


Fig.3.2.4.3

<sup>8</sup> Bordo del tessuto.

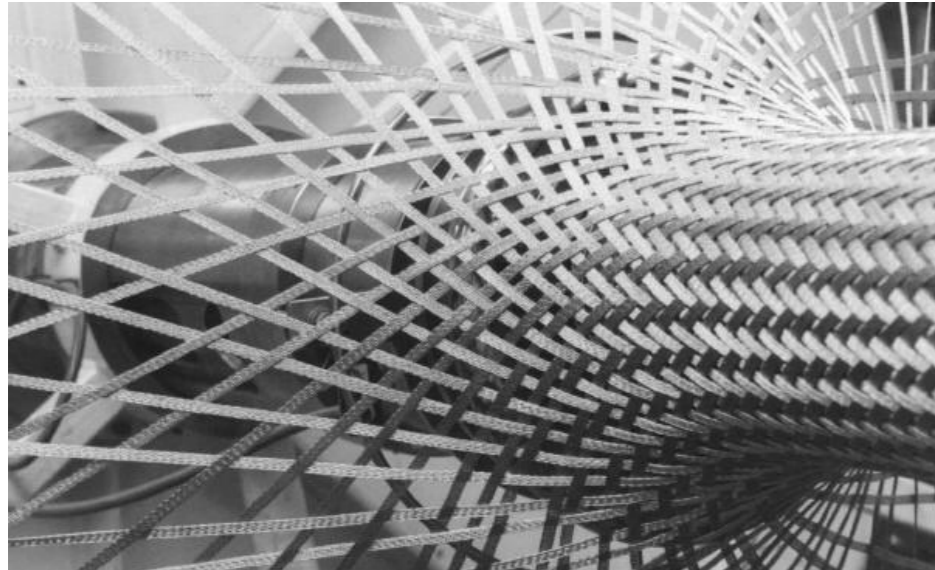


Fig.3.3.1.1

ottenuto tramite l'interlacciamento di un solo strato di filati. L'angolo di trecciatura è variabile ma non è consentito l'inserimento di filati in direzione assiale.

Generalmente impiegato per la produzione di pezzi di medio-piccole dimensioni, vista il rapporto diretto tra dimensioni della macchina e dimensioni del trecciato, in alcuni casi è possibile trovare macchinari con diametro maggiore (e quindi maggiore numero di guidafile). L'aumento delle dimensioni della macchina consente, quando necessario, l'inserimento di un'anima in corrispondenza dell'asse di trecciatura.

Si parla in questo caso di *overbraiding*, una tecnica che consente di ottenere sezioni trasversali variabili anche complesse.

Un limite del braiding bidimensionale, oltre all'impossibilità di intrecciare ortogonalmente i filati, è quello di non poter ottenere spessori di parete elevati se non sovrapponendo all'anima più strati di trecciato. Diversi strati, ciascuno con un angolo di trecciatura specifico, possono essere sovrapposti in serie per formare una treccia multistrato. Tuttavia il problema di questo tipo di prodotto è la scarsa resistenza

interlaminare ovvero la tendenza alla delaminazione.

Per ovviare a questo limite sono state sviluppate delle tecniche di braiding tridimensionali che consentono di inserire dei filati di rinforzo trasversali atti a connettere i diversi livelli.

La trecciatura tridimensionale, di più recente sviluppo, nasce quindi come estensione della bidimensionale e ha come caratteristica principale quella di consentire la realizzazione di strutture cave o piene con sezione trasversale complessa (Hu, 2008).

### 3.3.2 Proprietà e applicazioni

Una delle principali proprietà di questa categoria di tessuti, e in particolare dei biassiali, è quella di avere scarsa stabilità laterale dell'intreccio. Grazie a questa caratteristica i trecciati possono essere cuciti con altri tessuti facilmente o tra di loro per la formazione, ad esempio, di tappeti trecciati. Tuttavia essi possono essere rinforzati e irrigiditi tramite degli inserti o trattamenti di finitura. La capacità di carico dei prodotti rea-

lizzati con trecciati è maggiore rispetto a quella degli stessi prodotti realizzati con altre tecniche. Essi hanno buona elasticità e flessibilità.

Per questo trovano largo impiego in applicazioni industriali. La trecciatura è il metodo più usato per la realizzazione di preforme per compositi. Tramite *overbraiding* è infatti possibile ottenere forme complesse ad elevata resistenza. Inoltre, applicazioni sempre più frequenti riguardano i cablaggi elettrici (Fig. 3.3.2.1) e il medicale, con suture e cateteri.

Grazie alle loro particolari caratteristiche, è comunque possibile trovare trecciati in molte applicazioni diverse tra di loro come ad esempio: vestiti e scarpe (Fig. 3.3.2.2), stoppini, corde per sci nautico, alpinismo e yachting, fili per paracadute, reti da pesca, cime di ormeggio.

## 3.4 I FILATI

*Un accenno alla materia prima*

### 3.4.1 La materia dei tessuti: fibre, filamenti, fili e filati

Fino ad ora sono state passate in analisi le principali strutture che un tessuto può assumere in relazione a vari parametri come, ad esempio, la tecnica di tessitura, il tipo di intreccio, il numero di filati, la struttura e il materiale costitutivi le fibre impiegate senza tuttavia approfondire quest'ultimo aspetto, quello della selezione del materiale vera e propria.

Al momento della scelta di un tessuto per un'applicazione specifica è, sì importante la scelta dell'armatura più pertinente all'impiego, ma è altrettanto importante la selezione della materia che la andrà a costituire, ovvero i filati e le fibre di cui sono fatti.

Partendo dall'assunto che le fibre tessili sono "elementi caratterizzati da flessibilità, finezza ed elevato rapporto tra lunghezza e dimensioni trasversa-

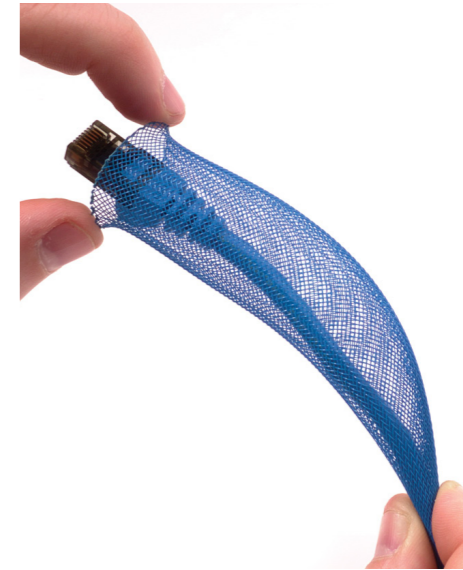


Fig.3.3.2.1

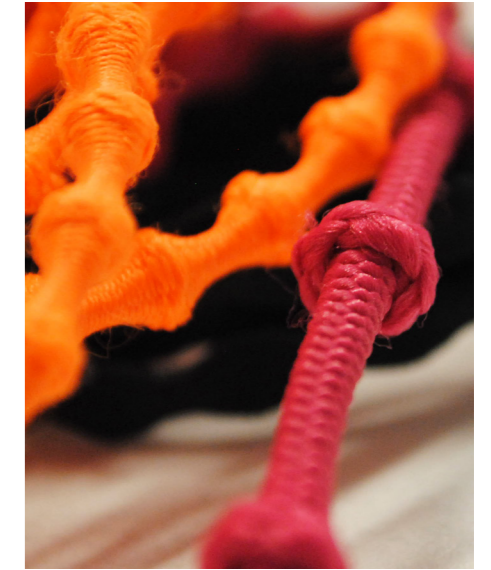


Fig.3.3.2.2

li e da un orientamento preferenziale delle molecole in direzione longitudinale" (Beech et al., 1986, pag. 94), è possibile determinarne una classificazione seguendo due criteri fondamentali: il primo riguarda la lunghezza della fibra e determina l'individuazione di due categorie di materiali, le fibre e i filamenti<sup>9</sup>; il secondo fa riferimento alla natura, ovvero alla derivazione del materiale di cui è costituita.

In base a quest'ultimo parametro di classificazione è possibile individuare

due grandi famiglie di fibre: naturali e man-made (o chimiche).

Le fibre tessili, per poter essere impiegate nella realizzazione dei diversi manufatti, vengono trasformate tramite filatura. Questo processo si compone di diverse fasi di lavorazione e, in funzione del tipo di fibra considerata, da origine a due principali tipologie di prodotti: i fili e i filati.

Le fibre naturali (fatta eccezione per la seta) hanno lunghezza definita e si

<sup>9</sup> "Fibra di lunghezza indefinita" (Beech et al., 1986, pag. 96).

presentano come una massa disordinata. La filatura permette di disporre le fibre a formare un insieme di elevata lunghezza, nel quale esse risultano essere più o meno orientate secondo un asse comune e coesionate fra loro tramite torsione. In questo modo si ottengono i filati.

Il filo ha origine da filamenti continui ed è quindi strettamente connesso alla lavorazione delle fibre chimiche (ma anche della seta), sia artificiali che sintetiche. Queste vengono prodotte tramite un procedimento di filatura che, partendo da un polimero reso liquido e successivamente estruso attraverso una filiera forata, consente di ottenere filamenti continui, di lunghezza illimitata. Le fibre, o filamenti, vengono raccolti già a formare il filo e non devono essere necessariamente coesionati fra loro tramite la torsione. Nel caso in cui i filamenti siano trattati per formare fibre di lunghezza determinata - il fiocco - si ha la produzione di filati man-made.

Riassumendo:

- con il termine “filo” si indicano i fili realizzati con filamenti continui (fibre chimiche e seta);

- con il termine “filato” si indicano i fili realizzati con fibre discontinue (fibre naturali o fibre chimiche in fiocco).

Detto ciò è facile capire come le proprietà del filo siano strettamente dipendenti dalla sua struttura e dalle proprietà della fibra o del filamento che lo compongono.

### 3.4.2 Tipi di fibre

Le due grandi famiglie in cui vengono classificate le fibre, naturali e man-made, possono essere a loro volta divise in sottoclassi.

Le fibre naturali sono quelle fibre che esistono in natura già conformate come tali. Esse sono convenzionalmente divise in tre categorie che corrispondono ai tre mondi della natura da cui derivano: proteiniche (di origine animale), cellulose (di origine vegetale) e minerali (Briggs-Goode, Townsend, 2011). Tra le fibre di origine animale le più importanti sono la lana e la seta. Mentre la lana però è una fibra di lunghezza pari alla lunghezza del pelo dell'animale da cui deriva, la seta è una fibra continua della lunghezza di

alcune centinaia di metri ottenuta dalla macerazione del bozzolo del baco da seta. Tra le fibre di origine vegetale le più note e impiegate sono il cotone e il lino mentre, tra le fibre di origine minerale vi sono le fibre di vetro, di ceramica e metalliche.

Le fibre man made (o chimiche) possono invece essere raggruppate come segue:

- fibre chimiche artificiali, ottenute da prodotti naturali con processi di rigenerazione delle materie prime o processi di modificazione delle sostanze di base;
- fibre chimiche sintetiche ottenute per reazione di polimerizzazione (polimero) dell'elemento di base detto “monomero”; costituendo così un prodotto non esistente in natura, ma per l'appunto completamente da sintesi chimica.

In entrambi i casi si tratta di fibre che non si trovano spontaneamente in natura.

Tra le artificiali, tre sono le classi di fibre derivate dalla manipolazione di sostanze naturali:

- da cellulosa rigenerata; tra le quali

la più nota è il rayon viscosa;

- da proteine rigenerate;
- da esterificazione della cellulosa; l'acetato è una di queste.

Per quanto riguarda invece le fibre sintetiche, derivate da elementi che non esistono in natura, possono essere classificate in base alla loro composizione chimica in: poliammidiche, poliestere, poliacriliche, poliolefiniche, elastomeriche, poliuretaniche e viniliche. Tra di esse, la prima ad essere stata scoperta e la più nota è una poliammidica: il nylon (Frassine et al., 2008).

### 3.4.3 Parametri per la selezione

La caratterizzazione delle fibre tessili non dipende solamente dalla loro composizione chimica. Questo è un parametro sicuramente importante in termini produttivi mentre, dal punto di vista di chi deve selezionare un tessuto per una determinata applicazione, avranno sicuramente più rilevanza aspetti di tipo fisico, geometrico e meccanico, maggiormente evidenti e controllabili.

Fra le proprietà fisiche vi sono:

- densità o peso specifico. Indica la massa per unità di volume normalmente espressa in grammi per cm<sup>3</sup>. Ad un valore basso di densità corrisponde una fibra voluminosa e leggera ed il filo o filato corrispondente presenterà un maggiore potere co-prente;
- ripresa di umidità. Esprime l'attitudine delle fibre tessili ad assorbire e trattenere acqua. Indica l'igroscopicità delle fibre: le fibre naturali sono le più igroscopiche, le fibre sintetiche le meno igroscopiche.

Di carattere geometrico sono invece i seguenti parametri:

- lunghezza. Questa incide sul pregio del tessuto. In genere fibre lunghe, una volta filate, hanno migliori caratteristiche meccaniche rispetto alle corte che invece presentano vantaggi in termini di sofficià e volume del tessuto;
- sezione (o diametro). Rappresenta la conformazione trasversale o longitudinale tipica di ogni fibra. Le fibre naturali hanno sezione definita, tipica di ciascuna classe di appar-

tenenza, mentre le fibre artificiali e sintetiche presentano sezioni trasversali in funzione della diversa conformazione del foro della filiera di estrusione e del processo di filatura;

- *crimp* (arricciatura o crettatura). Dipende dall'ondulazione della fibra e può essere dovuta a cause biologiche, legati ai processi di formazione della fibra, o ai trattamenti cui è sottoposta in fase di finissaggio. La conoscenza e la gestione delle proprietà meccaniche è importante sia in fase produttiva che applicativa. Le principali sono:

- tenacità (o carico di rottura). Indica la maggiore o minore attitudine di una fibra a resistere alla trazione. Le fibre ed i filati possono essere sottoposti a prove di tenacità a secco o a umido. Nel caso delle prove di tenacità ad umido solitamente si ha una diminuzione più o meno accentuata della tenacità del materiale, tranne nel caso delle fibre vegetali, che presentano un incremento del valore;

- allungamento a rottura. Espres-

sione quantificata dell'estensibilità di un materiale tessile, ossia della sua capacità di allungarsi in presenza di una sollecitazione a trazione, consistente nella differenza fra la lunghezza iniziale del materiale e la sua lunghezza al momento della rottura;

- elasticità e resilienza. Danno una misura della capacità di un materiale tessile di recuperare l'assetto iniziale dopo aver subito una deformazione quale un allungamento, una compressione, una flessione e di riprendere il proprio spessore in seguito a compressione superficiale;

- gualcitura o gualcibilità. Si intende la perdita di elasticità di un tessuto, che tende a non recuperare più la forma iniziale dopo le deformazioni subite, generalmente conseguenti ad un'azione di piegatura.

Altri parametri sono determinanti nella selezione di una fibra come ad esempio la resistenza ai raggi UV, alle intemperie e agli agenti chimici, così come l'inflammabilità, il punto di fusione e il punto di rammollimento.

### 3.4.4 Fibre per impieghi tecnici e innovativi

Si è visto come la definizione dei tessuti tecnici sia complicata e assai diversa a seconda dei principi ritenuti di volta in volta prioritari. Varie definizioni fanno riferimento alla destinazione d'uso, alle proprietà funzionali e al carattere non estetico o decorativo. Nessuna di queste però fa riferimento all'elemento fondante il tessuto stesso, le fibre.

Tuttavia, l'omissione della parola “fibra” potrebbe essere voluta in quanto la maggior parte dei tessuti per impiego tecnico (TIT) è realizzata con fibre convenzionali le cui caratteristiche sono ormai sedimentate. Infatti oltre il 90% delle fibre impiegate nei settori tecnici sono di tipo tradizionale dal momento in cui lo sviluppo e l'applicazione di fibre appositamente strutturate risulta spesso costosa soprattutto in relazione alla limitatezza delle loro applicazioni (Horrocks, 2000).

Le fibre tradizionali, rivestono quindi un ruolo importante nell'ambito dei TIT, anche le naturali.

Il cotone, ad esempio, presenta buona

capacità di assorbimento ed elevata tenacità anche da umido.

La lana è caratterizzata da elasticità e alto grado di arricciatura, proprietà questa che non solo la rende ideale per l'isolamento ma ha anche ispirato lo sviluppo e progettazione di fibre sintetiche ad elevate prestazioni. Inoltre la lana è intrinsecamente ignifuga.

Lino, iuta e canapa hanno assunto un ruolo secondario in termini di consumo e di requisiti funzionali. Essi presentano però buona durabilità che li rende applicabili in alcuni geotessili ove sia richiesto una combinazione di durata nel tempo e biodegradabilità.

La seta è l'unico filamento di origina naturale. Presenta elevata tenacità e buona stabilità dimensionale, caratteristiche queste che, in combinazione con la biodegradabilità, ne hanno determinato la diffusione in ambito medicale.

Nonostante il valore tecnologico delle fibre naturali, le artificiali e sintetiche presentano un potenziale di crescita maggiore in questo ambito. Ciò deriva dalla possibilità di controllare diretta-

mente i parametri fisici, geometrici e meccanici che, addentrando in ambiti tecnico-ingegneristici, accrescono la propria incidenza sulla selezione del tessuto.

#### 4.1 TECNOLOGIE

*Introduzione ai processi*

##### 4.1.1 3D knitting: maglieria tridimensionale

La produzione di tessuti da maglieria tridimensionali si basa principalmente sull'utilizzo di macchinari tradizionali e coinvolge sia la maglieria in trama che in catena.

Una delle tecniche più interessanti

per ottenere strutture tridimensionali di maglia in trama è sicuramente il *Seamless knitting*, noto anche come *Whole Garment<sup>10</sup> knitting*. Questa tecnologia consente la realizzazione di pezzi finiti conformati completamente privi di cuciture. Sviluppata nel settore dell'abbigliamento a partire dalla maglieria circolare, si basa sull'utilizzo di macchinari completamente computerizzati che, attraverso l'utilizzo di appositi software, consentono la movimentazione degli aghi uno ad uno

controllando la connessione, anche complessa, di elementi tubolari multipli che vanno così a formare un capo finito in tutte le sue parti (Fig.4.1.1.1). Il *Seamless knitting* è la massima espressione della versatilità delle maglie in trama, tuttavia vi sono tecniche più semplici attuabili su macchinari tradizionali che consentono la realizzazione di forme tridimensionali altrettanto interessanti.

Un esempio è lo *Spatial knitting*, tecnica derivante dalla maglieria manuale

## 4. TESSITURA TRIDIMENSIONALE

e che, tramite la gestione del singolo punto, consente di ottenere sia effetti tridimensionali di superficie che conformativi. Questi possono essere originati in vari modi: tramite sospensione, trasferimento o architettura del punto.

Forme tubolari anche complesse (Fig.4.1.1.2) e *spacer fabrics* (Fig.4.1.1.3) possono essere prodotte in macchinari a doppia frontura. In entrambi i casi due tessuti vengono intrecciati separatamente per poi essere

<sup>10</sup> Il nome deriva da quello della tecnologia sviluppata dall'azienda giapponese Shima Seiki, prima produttrice di macchinari per maglieria seamless.



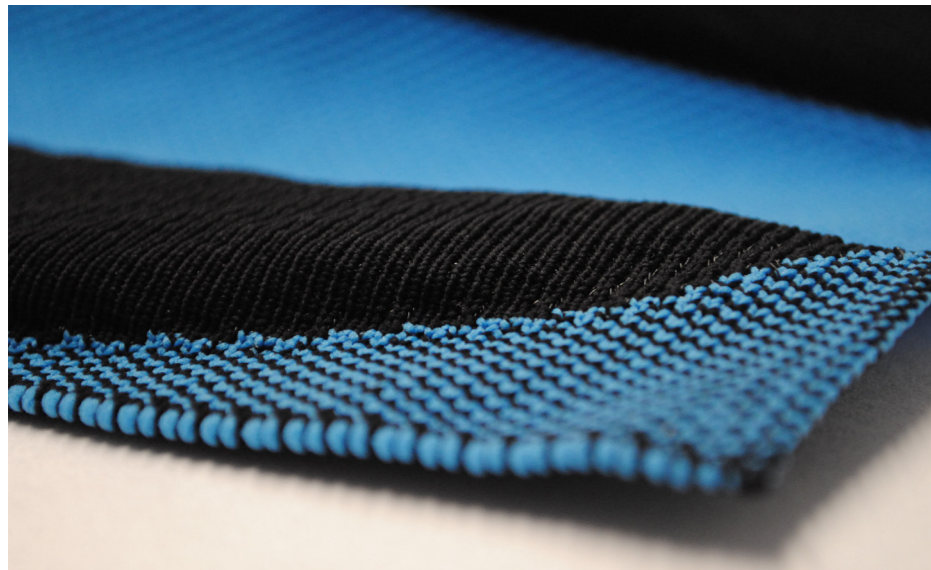


Fig.4.1.1.1

connessi tra di loro sul bordo i primi e lungo la superficie i secondi.  
Un'altra tecnica per la realizzazione di forme tubolari, questa volta però semplici, è la maglieria circolare.

Strutture tridimensionali in maglia in catena sono ottenibili tramite maglieria multiassiale. La tridimensionalità del prodotto ottenuto, tramite appositi macchinari, è dovuta dall'elevato spessore generato dal sovrapporsi di vari strati di filati.

Nonostante le maglie siano particolarmente volte all'ottenimento di forme tridimensionali anche complesse grazie alle loro caratteristiche di elevata estensibilità e deformabilità, nell'ambito dei compositi ove la diffusione dei tessuti tridimensionali è più elevata, il loro impiego non è molto diffuso a causa di alcuni problemi strutturali e produttivi:

- lo sviluppo di questi tessuti è ancora in fase di laboratorio e sperimentazione;
- le proprietà meccaniche del composito risultante sono inferiori a quelle necessarie;

- a causa della complessità della struttura del tessuto, le sue proprietà non sono ancora prevedibili e controllabili a sufficienza;
- l'elevata curvatura del filo, determinata dall'intreccio a maglia, causa delle tensioni nel tessuto e una migrazione delle fibre in corrispondenza del punto, tutto ciò si traduce in un comportamento irregolare del pezzo finito una volta impregnato (Ciobanu, 2011).

#### 4.1.2 3D weaving: tessitura tridimensionale

Il *3D weaving* è la tecnologia più diffusa per la realizzazione di tessuti tridimensionali.

Le strutture ottenibili sono varie come altrettanto vari sono i processi che ne consentono la realizzazione. Effettuando una classificazione generica è possibile individuarne almeno tre:

- realizzazione di tessuti con spessore elevato tramite sovrapposizione di più livelli di filati;
- interlacciamento totale delle fibre, sia in direzione verticale che orizzontale, tramite apposito sistema di apertura del passo;

- creazione di tessuti conformati (Hu, 2008).

Tuttavia in questo modo non si ha una chiara visione delle configurazioni che è possibile ottenere. Questa risulta invece più chiara tramite una classificazione basata sulla differenziazione delle tecnologie produttive. Così facendo è possibile distinguere almeno sei categorie di prodotti:

- *2Dwoven 2Dfabrics*. Si tratta di quei tessuti ottenuti tramite tecnologia tradizionale di tessitura bidimensionale dall'intreccio di due set di filati, un ordito e una trama. Effetti tridimensionali vengono realizzati tramite plissettatura o controllo della trama. Nel primo caso si ha la formazione di pieghe permanenti più o meno regolari sulla superficie del tessuto. Tramite controllo della trama è invece possibile ottenere pattern tridimensionali sulla superficie (Fig.4.1.2.1) ma anche pezzi conformati.
- *2Dwoven 2.5Dfabrics*. Sono tessuti costituiti da tre set di filati uno dei

quali va a disporsi nella direzione dello spessore. Noti come *pile* e *double wall fabrics* vengono prodotti su telaio tradizionale tramite tecniche di tensionamento selettivo dei filati e tessitura faccia-faccia (Fig.4.1.2.2; Fig.4.1.2.3).

- *2Dwoven 3Dfabrics*. Meglio noti come tessuti multilayer sono ottenuti tramite telaio tradizionale nel quale sia stato aggiunto un terzo set di filati a fare da "legante" o l'intreccio sia strutturato in maniera tale che uno stesso set di filati di trama riesca ad intrecciarsi e interconnettere più livelli di filati d'ordito.

- *2Dwoven non-interlaced 3Dfabrics*. Anche in questo caso si tratta di tessitura multilayer ma i set di filati, assemblati tramite telaio tradizionale in configurazione piana, non sono tra di loro interlacciati.

- *3Dwoven non-interlaced 3Dfabrics*. Alcuni telai per tessitura tridimensionale consentono la realizzazione di strutture geometriche 3D senza tuttavia interlacciare i tre set di filati coinvolti nell'esecuzione. È questo il caso del *polar weaving*.

- *3Dwoven 3Dfabrics*. Ovvero quei



Fig.4.1.2.1



Fig.4.1.2.2

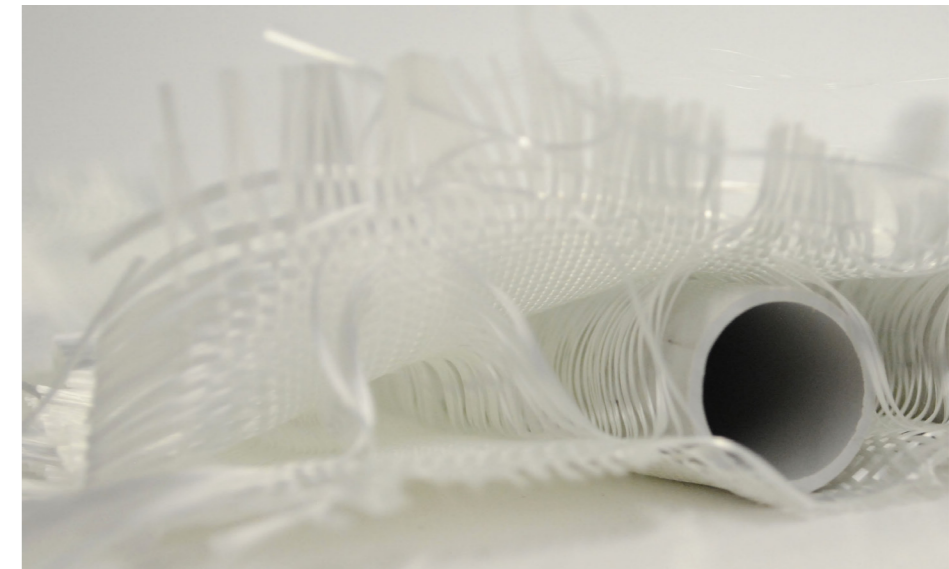


Fig.4.1.2.3



Fig.4.1.1.2

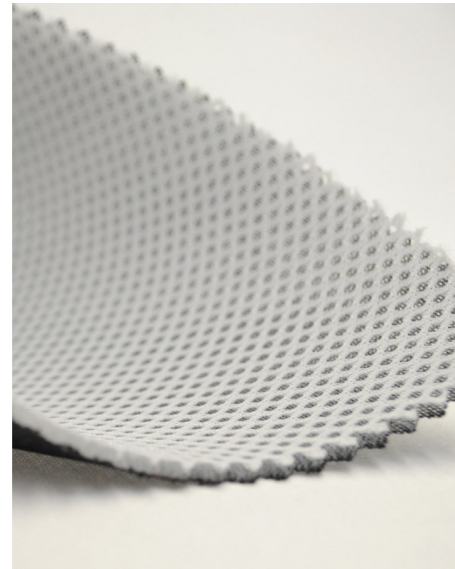


Fig.4.1.1.3



Fig.4.1.3.1



Fig.4.1.3.2

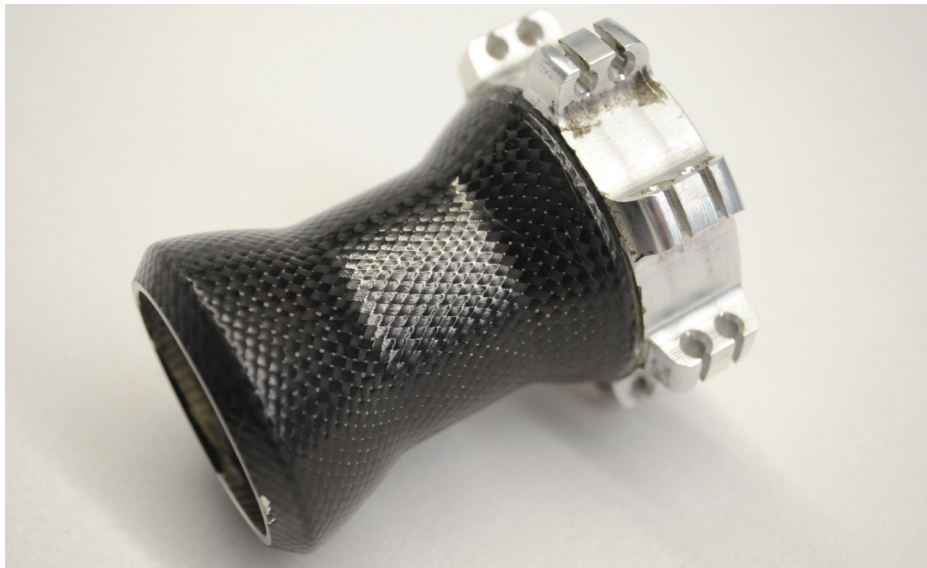


Fig.4.1.3.3

tessuti in cui tre set di fili disposti ortogonalmente vengono completamente interlacciati grazie ad un meccanismo di apertura del passo multidirezionale. Questo processo richiede l'impiego di appositi macchinari e assume il nome di *true 3D weaving* (Pelin, 2012).

#### 4.1.3 3D braiding: trecciatura tridimensionale

Il *braiding* tridimensionale nasce come estensione della tecnica tradizionale dove l'incremento di prestazioni è dovuto alla possibilità di intrecciare o interlacciare ortogonalmente due o più sistemi di fili in modo da formare una struttura integrale e compatta con sezione trasversale anche complessa, nella quale la distinzione dei livelli di filati è pressoché impossibile.

Il *braiding* tridimensionale consente di ottenere prodotti con elevata resistenza a sollecitazioni assiali, di flessione e torsione.

Tessuti trecciati tridimensionali possono essere ottenuti con varie tecniche tra le quali:

- *Maypole braiding* e *overbraiding*. In questo caso la tridimensionalità

del prodotto finito è data dalla caratteristica forma tubolare anche se con spessore di parete ridotto (Fig. 4.1.3.1). Nel caso dell'*overbraiding* poi, grazie all'inserimento di un'anima in corrispondenza dell'asse di trecciatura, è possibile ottenere profilati con sezione variabile anche complessa;

- *Horn gear (rotary braiding)*. I guidafilo, gestibili singolarmente, seguono delle traiettorie complesse sul piano di trecciatura che può avere configurazione circolare o customizzata. Grazie alla presenza di guidafilo interni alla sezione trasversale del pezzo, non solo perimetrali, è possibile la realizzazione di profilati sia cavi che pieni (Fig. 4.1.3.2; Fig. 4.1.3.3);

- Cartesiano four-step. Noto anche come *Magnaweave* o *row-and-column*, utilizza un letto piano sul quale i guidafilo sono disposti in righe e colonne a seconda della forma da impartire al pezzo finito.

- Cartesiano two-step. Simile al four-step, prevede un grande numero di fili disposti assialmente e un numero ridotto di fili per la trecciatura

vera e propria.

- Esagonale. Questa tecnica di trecciatura si basa su una configurazione della macchina in unità esagonali a nido d'ape. Si tratta di un processo di recente sviluppo che consente la produzione di una vasta gamma di prodotti come ad esempio tubolari conformati e multilayer, tubolari multipli e con ramificazioni, vari profili e barre piene (Hu, 2008).

Attualmente il *braiding* bidimensionale è ancora il più utilizzato a livello industriale. Ciò determina la necessità di lavorazioni successive come il taglio, lo stoccaggio e la cucitura per il raggiungimento della forma desiderata. Tali operazioni sono costose e possono essere eliminate, nel caso di una produzione di massa che riesca ad ammortizzare i costi, tramite l'utilizzo del *braiding* 3D. Le tecniche attualmente più diffuse sono, oltre al *Maypole braiding*, la *Horn gear* e la Cartesiana.

Mentre l'*Horn gear* braiding offre una maggiore velocità di trecciatura, il metodo Cartesiano consente di contenere le dimensioni della macchina, richiede basso investimento per lo svi-

luppo e grande versatilità per quanto riguarda la struttura di trecciatura. Ciò non è tuttavia sufficiente a rendere il 3D *braiding* competitivo rispetto alle altre tecnologie di tessitura tridimensionale.

Se paragonato ad esse, infatti, la trecciatura tridimensionale può produrre solo pezzi di piccola scala in relazione alle dimensioni delle macchine e la lunghezza del pezzo che può essere prodotta prima di dover rialimentare il filo è ridotta. Questo perché i guidafilo, in quanto mobili e molto ravvicinati, devono mantenere delle dimensioni ridotte per massimizzare la rapidità di intreccio.

Il *braiding* 3D si trova ancora in uno stadio di ricerca e sviluppo sui macchinari. Ciò implica delle limitazioni nelle preforme realizzabili e la presenza di poche aziende che posseggano la conoscenza e gli strumenti necessari per ottenerle. Mentre infatti la trecciatura 2D trova applicazione in un'ampia varietà di prodotti industriali e consumer, i trecciati 3D sono quasi esclusivamente utilizzati per il rinforzo di compositi.

#### 4.1.4 Altre tecnologie

La sempre maggiore diffusione dei tessuti tradizionali in una varietà di settori sempre più ampia ha determinato il nascere e lo svilupparsi di numerosi metodi per l'ottenimento di strutture spazialmente definite e controllabili. Oltre alle precedentemente descritte, le quali in riferimento alla definizione che si è dato del termine "tessuto" possono essere individuate come proprie dell'industria dei prodotti tessili, vi è una serie di tecnologie il cui prodotto non risponde letteralmente a tale definizione ma ne riporta le caratteristiche fondamentali.

A seguire alcune delle tecnologie più interessanti.

##### 3D nonwoven

I *nonwoven* (Tessuti Non Tessuti, TNT) sono caratterizzati dalla presenza di fibre disposte a strati o incrociate che vengono unite insieme meccanicamente (per esempio con aghi), con adesivi o con processi termici. I 3d *nonwoven* altro non sono che dei tessuti non tessuti a cui sia stata impartita una configurazione tridimensionale o che presentino uno spessore conside-

revole (Fig.4.1.4.1). Solitamente questi vengono prodotti tramite processi tradizionali come ad esempio:

- *Needle punching*. Il sistema di compattazione delle fibre tramite penetrazione di una serie di aghi disposti lungo la superficie del pezzo, viene impiegato per connettere meccanicamente più livelli sovrapposti di TNT in modo da raggiungere uno spessore consistente;

- *Cylindrical needle punching*. L'azione penetrante degli aghi viene attuata su di una superficie cilindrica rotante sulla quale vengono depositati gli strati di fibre;

- *Air layng e Melt blowing*. Associato ad un sistema robotico integrato, la deposizione di fibre su di uno stampo con successivo raffreddamento, consente la produzione di pezzi tridimensionalmente conformati. Un'evoluzione di questo metodo prevede l'utilizzo di un braccio robotizzato per la deposizione spray delle fibre in direzione multiassiale.

##### Termoformatura

Tessuti bidimensionali con caratteristiche meccaniche più o meno pro-



Fig.4.1.4.1

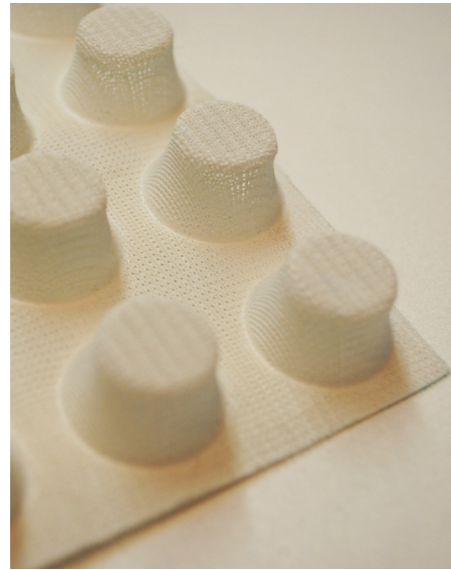


Fig.4.1.4.2

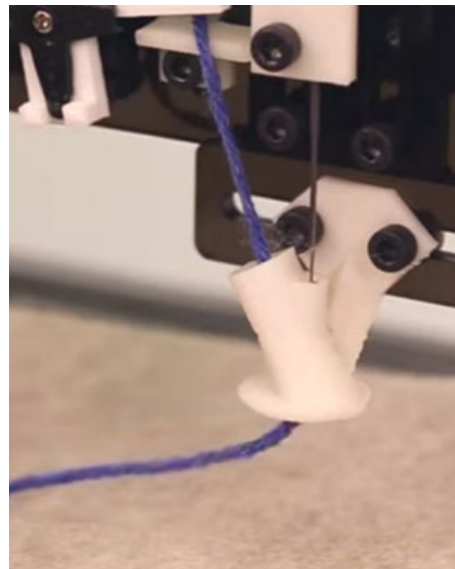


Fig.4.1.4.3

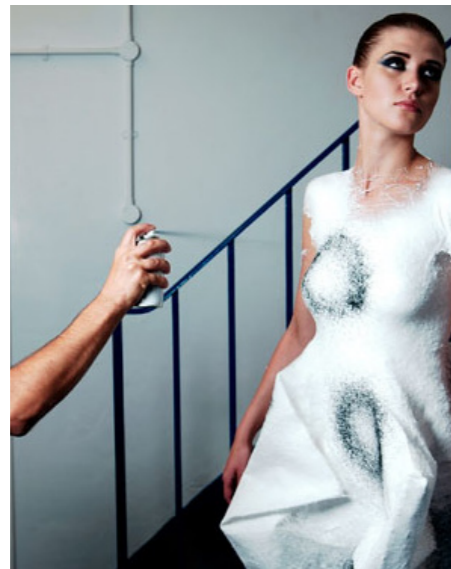


Fig.4.1.4.4

gettate a seconda dello scopo finale, possono essere inseriti in stampi per termoformatura in modo da ottenere una configurazione tridimensionale permanente (Fig.4.1.4.2). Tale metodo consente la realizzazione di strutture simili a quelle ottenibili tramite controllo della trama nella tessitura a telaio. Anche in questo caso si ha la formazione di superfici a doppia curvatura con alcune limitazioni dovute al tensionamento disomogeneo del tessuto. Questo viene infatti sottoposto a degli sforzi che ne modificano le proprietà meccaniche e strutturali con il presentarsi di sforzi di taglio, perdita di torsione e scorrimento delle fibre nel filo e il formarsi di grinze.

### 3D textile printing

Sviluppato dal Centro Ricerca Disney in collaborazione con lo Human-Computer Interaction Institute e la Carnegie Mellon University, è un sistema di stampa tridimensionale che consente la deposizione di lana e altri materiali fibrosi (Fig. 4.1.4.3). Tale tecnologia è estremamente versatile per quanto riguarda le strutture ottenibili e prevede la possibilità di stampare più materiali in uno stesso pezzo in modo da con-

trollare anche le proprietà fisico-mecchaniche del prodotto finito. Il processo ha enorme potenziale nell'ambito della prototipazione rapida e produzione in piccoli numeri di pezzi complessi completamente customizzati (Hudson, 2014).

### Spray-on fabric

La tecnologia, sviluppata e brevettata dall'azienda Fabrican, consiste nella formazione di una soluzione acquosa che viene poi applicata tramite deposizione spray o aerosol direttamente sulla superficie da rivestire. Il tessuto è formato dal *cross-linking* delle fibre che vanno a creare un TNT istantaneo perfettamente aderente al substrato e removibile (Fig.4.1.4.4). Le proprietà meccaniche, così come colorazione e texture, sono customizzabili in relazione alla destinazione d'uso.

## 4.2 STRUTTURE E FORME

*I prodotti derivabili*

### 4.2.1 Interlacciato e non interlacciato

Fino ad ora si è vista una classificazione dei tessuti tridimensionali basata sui processi coinvolti nella loro produzione.

Non tenendo in considerazione la tecnologia utilizzata ma solo la configurazione del prodotto finito è possibile operare due principali categorizzazioni, una basata sulla struttura intrinseca dell'intreccio e l'altra sulla forma del prodotto finito.

La prima prevede la suddivisione dei tessuti in base a tipo di intreccio, orientamento del filo e numero di set di fili impiegati (Bilisik, 1991).

I tessuti tridimensionali sono così sostanzialmente divisi in due grandi categorie, da una parte i completamente interlacciati e dall'altra in non-interlacciati o ortogonali.

Gli interlacciati sono tutti quei tessuti in cui i fili sono strettamente connessi tra di loro a formare una struttura co-

esa. Fanno parte di questa categoria tutti quei tessuti derivati da tessitura a telaio, maglieria o trecciatura i cui fili non hanno mai andamento rettilineo in quanto nei punti di incrocio essi passano alternativamente l'uno sopra l'altro e viceversa. Nella tessitura tradizionale, l'interlacciamento dei fili è necessario per dare consistenza e compattezza al tessuto. Tuttavia il conseguente incresparsi del filo e quindi delle fibre incide negativamente sulle sue proprietà.

In alcuni casi di tessuti tridimensionali può manifestarsi la situazione in cui l'intrecciarsi e quindi l'incresparsi dei fili è ancora più accentuato e complesso. È questo il caso particolare, come vedremo in seguito, del "*true 3d weaving*". Nella maggior parte dei casi, invece, lo sviluppo dei tessuti tridimensionali, e in particolare dei multilayer, è volto ad evitare tale situazione tramite la generazione di una struttura in cui i vari set o strati di filato sono sì tenuti assieme ma non tra loro interlacciati (Hearle, Chen, 2003).

Questo tipo di intreccio fa parte di quella categoria di tessuti definiti come *Noobed fabrics* (Khokar, 2002),

acronimo di Noninterlacing, Orthogonally Orientating and Binding.

Questi tessuti hanno una struttura differente se comparata alle strutture tradizionali. Essi sono costituiti da tre set di fili differenti disposti sui tre assi x, y e z, vengono indicati anche come ortogonali e danno generalmente origine a tessuti tridimensionali multilayer con le seguenti caratteristiche:

- sono costituiti da un assemblaggio dei set di filati con orientamento pressochè ortogonale senza increspature del filo;
- i layer di filati sovrapposti sono tenuti assieme tramite un sistema di rilegatura simile alla cucitura;
- nonostante non vi sia interlacciamento, il sistema di giunzione dei filati non è di tipo termico o per mezzo di adesivi e il tessuto risultante non è costituito da una serie di livelli cuciti assieme (Gokarneshen, Alagirusamy, 2009).

### 4.2.2 Classificazione in relazione alla forma

La seconda classificazione con focus sul prodotto finito è maggiormente orientata alla definizione di una serie di forme ottenibili valide per qualsiasi tipo di tessitura.

In base a ciò è possibile individuare quattro principali configurazioni per i tessuti tridimensionali, di seguito elencati.

### 3D solidi

Fanno parte di questa categoria tutti quei tessuti che hanno particolari caratteristiche in direzione dello spessore come ad esempio i tessuti multilayer con spessore elevato (Fig.4.2.2.1) o i profilati con sezione piena.

I tessuti tridimensionali multilayer sono caratterizzati dalla presenza di vari filati sovrapposti e tessuti assieme tramite diverse tecniche di intreccio. Il prodotto che si ottiene è sempre un panno caratterizzato da uno spessore tale da poter essere considerato influente nelle proprietà meccaniche del tessuto. Profilati con sezioni anche complesse possono essere ottenuti con varie tecniche di tessitura.

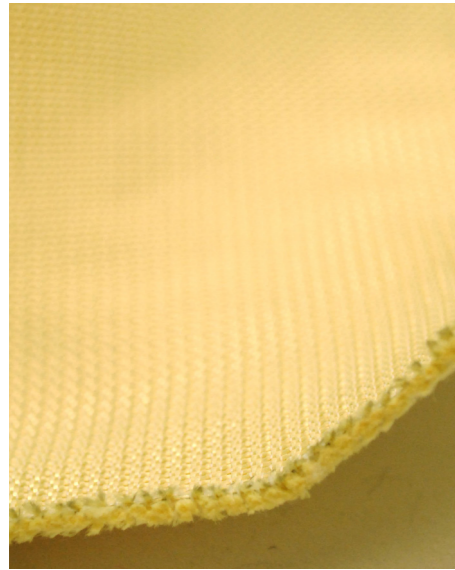


Fig.4.2.2.1

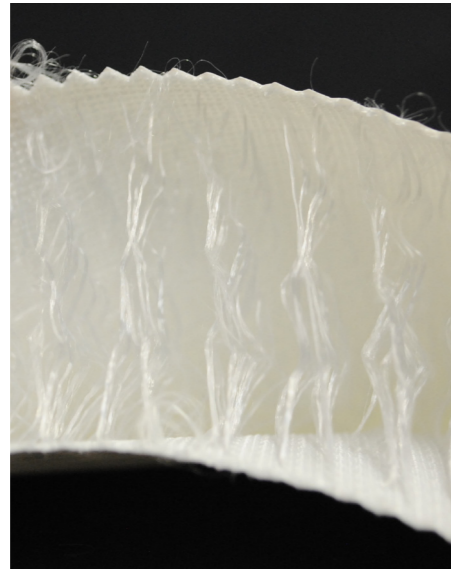


Fig.4.2.2.2

### 3D cavi (hollow)

Rientrano tra i cavi le *spacer* o *double wall fabrics* (Fig.4.2.2.2), ovvero tutti quei tessuti costituiti da due panni tra di loro distanziati ma connessi tramite pareti tessute o filati.

Vi sono due tipologie base di strutture:

- con superfici esterne piane;
- con superfici esterne irregolari.

Mentre le prime comprendono tessuti spacer ottenuti sia tramite tessitura a navetta che tramite maglieria con fili di connessione tra le due pareti, i secondi sono principalmente connessi alla tessitura a telaio nella quale livelli di tessuto adiacenti vengono connessi o disconnessi creando delle cavità. Essi escono da telaio in forma planare per poi acquisire tridimensionalità sotto determinati carichi.



Fig.4.2.2.3

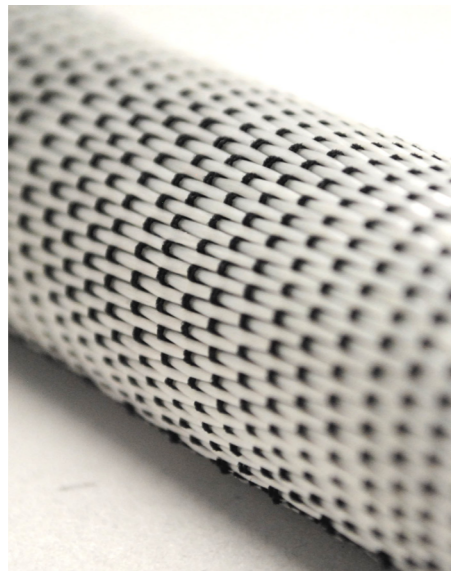


Fig.4.2.2.4

### 3D a guscio (shell)

Note come superfici a doppia curvatura sono tutte quelle strutture in cui la tridimensionalità è data non dallo spessore del tessuto stesso ma dal conformarsi della superficie (Fig.4.2.2.3). Fanno parte di questa categoria:

- tutti quei tessuti in cui la superficie sia caratterizzata da pieghe permanenti, aree in rilievo o depressioni;
- le strutture tridimensionalmente definite con configurazione a cupola o scatolare.

### 3D nodali (nodal)

È questa la grande categoria dei tubolari (Fig.4.2.2.4). Nonostante il termine nodale faccia riferimento nello specifico a quei tessuti tridimensionali in cui vi sia una giunzione di strutture tubolari, è possibile accorparvi anche le strutture più semplici, costituite da tubolari singoli con sezione costante o variabile a seconda della tecnologia usata per la realizzazione.

## 4.3 APPLICAZIONI

*Dove trovare i tessuti tridimensionali*

### 4.3.1 Applicazione dei tessuti tridimensionali ai compositi

Le prime applicazioni ingegneristiche dei tessuti tridimensionali hanno origine con i compositi carbonio-carbonio per applicazioni aerospaziali. Più di recente la ricerca e lo sviluppo dei compositi rinforzati con tessuto ha subito notevole sviluppo grazie soprattutto alla possibilità di controllare la distribuzione delle fibre e contenere i costi tramite processi produttivi altamente automatizzati.

L'affidabilità di un composito dipende dalla distribuzione uniforme del materiale e dall'omogeneità delle proprietà superficiali, tutte caratteristiche queste attribuibili ai prodotti della tessitura tridimensionali insieme al fatto di mantenere una buona integrità strutturale e conformabilità anche nella produzione automatizzata di pezzi di grandi dimensioni.

La peculiare caratteristica dei tessuti tridimensionali di poter essere intre-

ciati nella forma prestabilita senza richiedere lavorazioni successive alla tessitura vera e propria, ne fa quindi una delle categorie di materiali più importanti nella realizzazione di compositi ad alte prestazioni (Fig.4.3.1.1; Fig.4.3.1.2). Le attrattive dei tessuti 3D in questo settore includono:

- elevata resistenza alla delaminazione;
- rigidità e resistenza in direzione dello spessore;
- controllo della distribuzione delle fibre;
- tolleranza a sollecitazioni multidirezionali;
- stabilità dimensionale;
- elevato rapporto forza/peso;
- resistenza all'allungamento sotto carico;
- basso coefficiente di espansione termica.

Queste caratteristiche vanno a modificarsi poi nel composito ove da tenere in considerazione è anche il rapporto percentuale tra rinforzo e matrice e le caratteristiche di quest'ultima. Il gra-

do strutturale richiesto al composito determina la scelta della tecnologia di formazione del tessuto con la definizione della distribuzione dei carichi e orientamento delle fibre.

Da ciò risulta evidente come, nell'uti-

lizzo dei tessuti 3D nella realizzazione di compositi, un approccio progettuale integrato sia necessario che tenga conto sia della definizione microstrutturale del pezzo che delle prestazioni finali richieste.

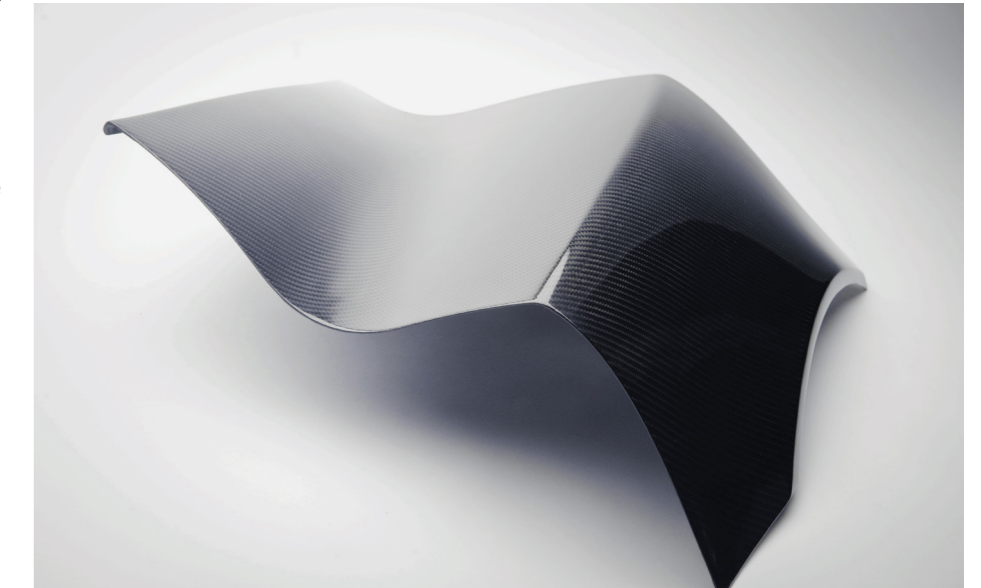


Fig.4.3.1.1



Fig.4.3.1.2

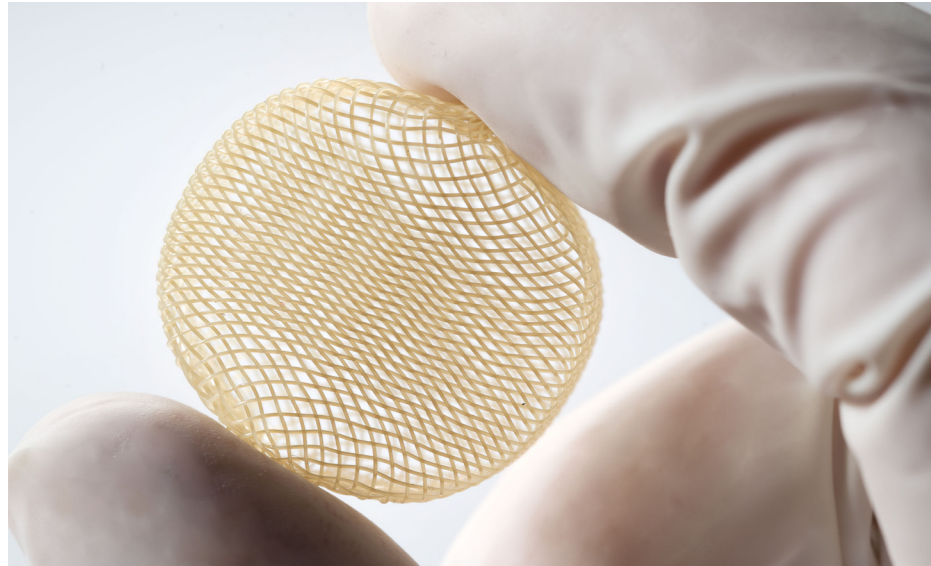


Fig.4.3.2.1

di quest'ultimo al corpo estraneo in questione. Per tale motivo un impianto tessile non deve solamente rispondere alle caratteristiche meccaniche richieste ma deve anche essere biocompatibile.

L'uso dei tessuti tridimensionali in ambito medico è relativamente recente e la sua diffusione è dovuta alle seguenti peculiarità:

- Rispetto ai tessuti 2D, i tridimensionali presentano maggiore stabilità dimensionale e trovano anche per questo ampio utilizzo in innesti vascolari, garze per medicazioni, cerotti, ponteggi per ingegneria tissutale, biancheria, uniformi e camici chirurgici;

- Le strutture tridimensionali intrecciate a maglia tendono ad avere maggiore stabilità dimensionale e ad essere più versatili in termini di flessibilità e conformabilità e trovano impiego come: impianti vascolari, tendini e legamenti artificiali, stents,

bendaggi etc.;

- Le applicazioni dei tessuti tridimensionali trecciati sfruttano invece la loro elevata resistenza a trazione e il particolare comportamento elastico<sup>11</sup> e includono: legamenti e tendini artificiali e strutture assorbibili e non (Fig.4.3.2.1);

- In TNT vengono impiegati come: impianti artificiali e ponteggi nell'ingegneria dei tessuti. Questo soprattutto grazie alla loro porosità e quindi capacità di legarsi con i tessuti esistenti. Tuttavia essi non sono ancora stati ottimizzati per applicazioni strutturali.

Ad esempio è possibile realizzare tramite tessitura a telaio protesi per vari impieghi (applicazioni endoluminali nel sistema vascolare, respiratorio o nel tratto gastrointestinale) che, grazie alla struttura di parete, possono garantire la necessaria resistenza radiale, mantenere quindi la forma impartita e allo stesso tempo garantire il corret-

to flusso emodinamico.

Caratteristica fondamentale ad esempio degli impianti realizzati con questa tecnica (ma anche con la tessitura a navetta) è la capacità di adattarsi alle naturali deformazioni dei tessuti circostanti l'area dell'impianto e di resistere alle sollecitazioni sui tre assi. Impianti di questo tipo, realizzati in fibre biocompatibili, possono essere usati per ossa, cartilagini, menischi e articolazioni delle dita.

#### 4.3.3 Applicazione dei tessuti tridimensionali nel geotessile

I geotessili sono materiali permeabili costituiti da materiale polimerico utilizzati nell'ingegneria civile a diretto contatto con il suolo sia esso costituito da terra, pietra o acqua. Realizzabili con le varie tecniche di tessitura e intreccio disponibili, i geotessili fanno parte di una famiglia molto più ampia, quella dei geosintetici.

Le loro proprietà meccaniche e di permeabilità variano a seconda del tipo di tessuto e possono essere controllate al fine di rispondere alle seguenti principali funzioni:

- drenaggio;

- filtrazione;
- rinforzo;
- separazione;
- armatura o rinforzo.

Vi è un'ampia gamma di strutture che i geotessili possono assumere e che trovano sempre più ampio impiego grazie alle loro caratteristiche di:

- basso costo;
- alta produttività del processo;
- ampia disponibilità.

Le principali tecniche di tessitura impiegate nell'ambito dei *geotextiles* sono la tessitura a navetta, la treccitura e il *nonwoven*.

Tessuti a navetta multiassiali vengono ingegnerizzati per un'ampia gamma di applicazioni tra le quali la filtrazione e il rinforzo del suolo dal momento in cui possiedono elevata forza di tensione dovuta al non interlacciarsi e quindi non incresparsi dei filati che li compongono.

Questa tipologia di tessuti è ottimale per applicazioni in strutture soggette a sollecitazioni elevate nelle quali resistenza isotropica, resistenza allo strappo e alla lacerazione, permeabilità e buona interazione tessuto-suolo

sono richieste (Fig. 4.3.3.1).

I trecciati possono essere impiegati come struttura di rinforzo in sistemi compositi duttili in cemento armato o in colonne di contenimento del suolo senza saldatura.

La resistenza al carico di queste strutture tessili può essere controllata e customizzata tramite un'adeguata selezione del materiale e dell'architettura della fibra.

I geotessili *nonwoven* sono forme complesse costituite da una disposizione casuale delle fibre. Essi sono permeabili e comprimibili e per questo

molto utilizzati per il rinforzo del suolo, filtrazione e altre applicazioni simili in ingegneria civile. Oggi tessuti trecciati vengono utilizzati nel rinforzo di strutture in calcestruzzo e garantiscono la resistenza necessaria a frattura apportando anche caratteristiche di resistenza a corrosione e leggerezza. Tali rinforzi trecciati sono costituiti da un sistema guaina-nucleo nel quale il nucleo è in materiale con elevato modulo e resistenza a rottura e la guaina garantisce la necessaria estensione e resistenza.

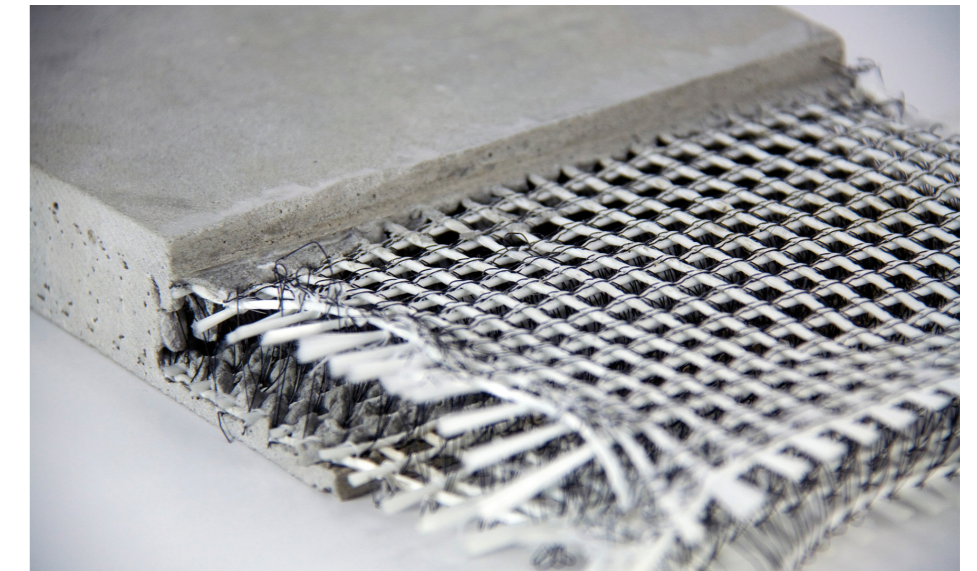


Fig.4.3.3.1

<sup>11</sup> Nei trecciati tridimensionali tubolari si verifica un comportamento elastico dovuto non tanto alle proprietà delle fibre impiegate quanto piuttosto alla particolare struttura dell'intreccio. Se sottoposto a compressione in senso assiale, il tubolare trecciato tende infatti ad estendere il proprio diametro in seguito ad una diradazione della trama mentre presenterà resistenza a trazione crescente, derivante da un suo infittimento, se sottoposto a trazione assiale.



Fig.4.3.4.1

#### 4.3.4 Applicazione dei tessuti tridimensionali nel settore automobilistico e sportivo

L'industria automobilistica è la maggiore utilizzatrice di tessuti tecnici. In questo ambito infatti i tessuti vengono impiegati non soltanto per le loro caratteristiche estetico-decorative e per il comfort ma anche per le proprietà tecniche e la possibilità di raggiungere un elevato grado di performabilità rispondente a varie specifiche funzionali.

Ad esempio tessuti tecnici possono essere utilizzati per la copertura dei sedili ma anche per airbags, pneumatici, tubi di riscaldamento, separatori di batterie, guarnizioni, filtri dell'aria, parti delle sospensioni, ingranaggi, cinghie di trasmissione e caschi. Oltre alle suddette applicazioni, tessuti tridimensionali vengono utilizzati anche per la copertura di pianali o parti interne preassemblate.

L'impiego dei tessuti tridimensionali nell'abbigliamento tecnico è dovuto alla loro capacità di garantire appropriate caratteristiche meccaniche e fisiche mantenendo tuttavia un buon

grado di flessibilità.

Negli ultimi anni notevoli progressi sono stati fatti nell'applicazione dei tessuti in ambito sportivo.

Il loro impiego varia dall'abbigliamento ai compositi (Fig.4.2.4.1; Fig.4.2.4.2), dalle uniformi sportive alle attrezzature come telai di biciclette, racchette da tennis, sci, mazze da golf, surf etc.

Essi vengono applicati anche in abbigliamento per sport all'aperto dove la resistenza alle intemperie è molto importante e dove la resistenza all'acqua deve anche coincidere con la traspirabilità del tessuto.

Una tipologia di tessuti 3D che ampiamente usata nell'abbigliamento sportivo sono le *spacer fabrics*. Il loro impiego fuori dall'industria è nato con le calzature dove la loro leggerezza, massa elevata e elasticità sono state per la prima volta sfruttate. Altri vantaggi riguardano: la capacità di intrappolare aria e offrire ottime performances ai fini della termoregolazione mantenendo un peso specifico molto basso; la lavabilità e l'adattabilità a svariati climi variando alcune delle loro caratteristiche.

In ambo i casi, sia nell'*automotive* che

nello sport, i vantaggi traibili dall'uso dei tessuti tridimensionali rispetto a materiali più tradizionali consistono in:

- qualità;
- leggerezza;
- omogeneità delle proprietà strutturali e superficiali;
- facilità di manutenzione;
- elasticità;
- stabilità dimensionale.

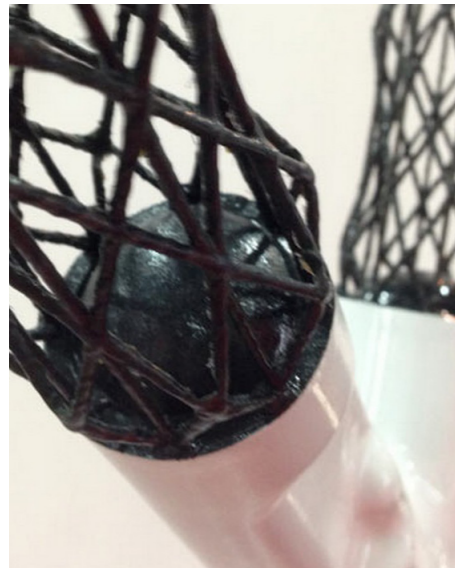


Fig.4.3.4.2

## PARTE SECONDA: ELABORATO

## 5. CONTENUTO

### 5.1 PERTINENZA DEL TEMA

*Definizione del corpus di analisi*

#### 5.1.1 Parametri discriminanti

Adesso che ne sono state passate in rassegna le principali caratteristiche e che se ne è cercato di dare una definizione il più possibile ampia e priva di limitazioni connesse al settore di riferimento, risulta evidente come l'approfondimento di questa categoria di materiali rappresenta, per il designer e per il progettista in genere, il dischiu-

dersi di un enorme bacino di possibilità. Queste si estendono dal lato estetico-formale del design ad aspetti più tecnici di controllo e ottimizzazione del processo, controllo della qualità e sviluppo di soluzioni ad hoc per situazioni specifiche.

Tuttavia la conoscenza e soprattutto la comprensione delle tecniche e della relazione esistente tra di esse e la forma ottenibile non è sempre chiara. Ciò non dipende da una carenza di informazioni a riguardo quanto piuttosto

da una loro accessibilità limitata. Le numerose pubblicazioni disponibili hanno carattere prettamente tecnico e fanno riferimento a figure professionali estremamente diverse da quella del designer per le quali hanno valore parametri e livelli di approfondimento sostanzialmente diversi.

Oltre al problema della comprensione dei contenuti disponibili, si presenta anche quello della nebulosità di alcuni dei concetti fondamentali legati alla tipologia di prodotti in analisi. Si è visto come il termine "tessuto"

sia aperto a numerose interpretazioni, così come l'individuazione dei confini della categoria dei "tessuti tecnici" risulta difficile e altrettanto difficilmente categorizzabile è la vastità di prodotti tessili appellabili come tridimensionali.

Al fine di fornire al designer uno strumento utile alla comprensione e selezione delle varie possibilità presenti nell'ambito dei *3d textiles*, diventa necessaria una selezione preventiva dell'informazione effettuata consapevolmente secondo alcuni parametri discriminanti.

Questi tengono conto di due fattori principali:

- la pertinenza dell'oggetto di analisi con la definizione tecnicamente più corretta della parola "tessuto" e nello specifico "tessuto tridimensionale";
- la validità al fine di fornire al progettista uno strumento utile, non solo ad ampliare il bacino di materiali da cui attingere, ma anche ad acquisire il controllo necessario sulla gestione delle informazioni fornite.

Così, secondo il primo dei due fattori sono state selezionate, come corpus di analisi, solamente quelle tecniche che consentono la realizzazione di tessuti tramite l'intrecciarsi di un numero noto di fili o filati e che possono presentare, nel caso specifico dei tessuti tridimensionali, interessanti caratteristiche in direzione dello spessore. Queste sono: la maglieria (*knitting*), la tessitura (*weaving*) e la trecciatura (*braiding*).

### 5.1.2 Individuazione delle polarità

Le informazioni disponibili sulle tecnologie selezionate sono state poi scremate ed organizzate in relazione al secondo fattore determinante nell'individuazione dei parametri discriminanti: le competenze del designer. Il focus è stato così posto su quegli aspetti che sono generalmente controllabili dal progettista e che fanno riferimento a due componenti fondamentali dell'azione progettuale, quella tecnologica e quella formale, cercando di chiudere il cerchio che connette ogni tecnologia alla forma direttamente derivabile intorno ad un numero limitato di processi fornendo una visione organizzata delle opportunità disponibili. Le polarità per la componente tecnologica fanno riferimento esclusivamente al processo e sono (Fig.5.1.2.1):

- *interlacciato vs non interlacciato*;
- *semilavorato vs finito*.

È evidente come il processo sia letto attraverso quei parametri che incidono sulle proprietà meccaniche ed estetiche - se si considera il modo in cui i

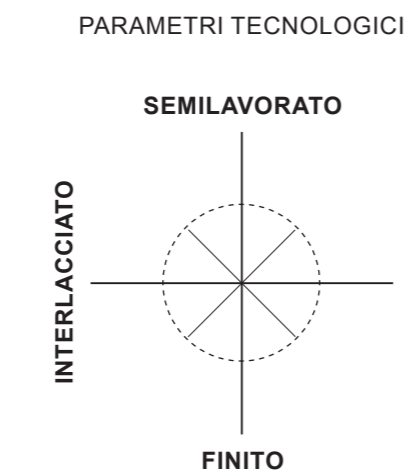


Fig.5.1.2.1

fili si intrecciano tra di loro - e sulle modalità d'impiego del prodotto derivabile - sia esso un semilavorato o costituisca di per sé un prodotto finito e strutturato. Dal punto di vista della forma le polarità fanno riferimento ad aspetti di tipo geometrico-fisico e sono (Fig.5.1.2.2):

- *pieno vs cavo*;
- *2D vs 3D*.

Spesso l'atto progettuale è volto al perseguimento di una forma. La ricchezza della tessitura tridimensionale

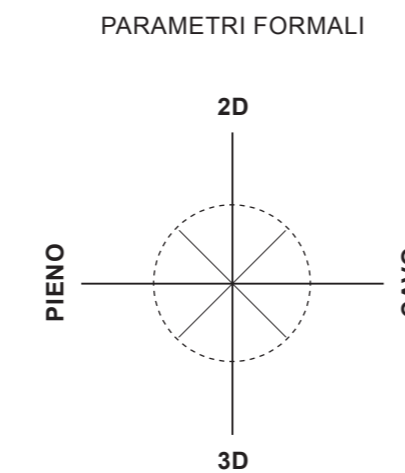


Fig.5.1.2.2

in questi termini è così organizzata nei quattro quadranti ove la selezione, senza ricevere alcuna informazione sulla tecnologia connessa, si basa esclusivamente sulla pertinenza della tipologia formale con l'intento del designer.

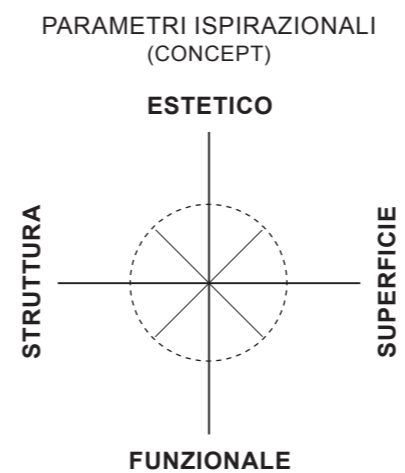


Fig.5.2.2.1

### 5.2 APERTURA DI UN PONTE

*Nuovi livelli di informazione*

#### 5.2.1 Visibilità del potenziale

L'impiego dei tessuti nel design non è certamente cosa nuova. L'applicazione dei più tradizionali è infatti ampiamente diffusa ma dimostra spesso una certa leggerezza nella lettura delle loro potenzialità. Spesso è limitata alla scelta di un pattern o, nel migliore dei casi, di un particolare effetto tattile superficiale. Lo stesso non accade in

quell'ambito progettuale ove il tessuto è di casa: il fashion.

Nel mondo della moda e dell'abbigliamento la padronanza delle tecnologie è tale da consentirne il pieno sfruttamento e sviluppo del potenziale. Aprire un ponte, o rendere maggiormente visibile la connessione già esistente, tra i due mondi, quello del design e della moda, rappresenta una grande opportunità per il progettista al quale si dischiude una vastità di tecnologie ancora non del tutto esplorate. Nonostante l'impiego dei tessuti tradizionali, anche se principalmente a scopo decorativo, rappresenti un già un collegamento tra questi due mondi, risulta evidente una certa divergenza che si fa sempre più accentuata addentrandosi nell'ambito specifico dei tessuti per impiego tecnico.

Mentre nell'abbigliamento già se ne sfruttano alcune delle migliori qualità - anche se generalmente connesse più ad operazioni di finissaggio che di tessitura vera e propria - nel design sembrano essere trascurate quelle che invece avrebbero maggiore potenziale in termini di complessità delle strutture realizzabili. Questo in particolar modo se, nell'ambito dei *function-focus fi-*

### PARAMETRI FUNZIONALI

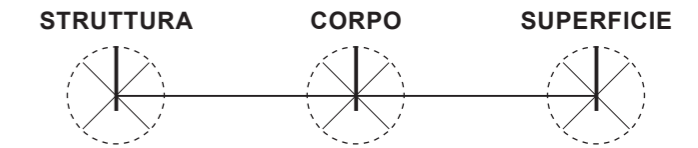


Fig.5.2.2.2

*brous products*, si isola il grande contenitore dei tessuti tridimensionali. Conoscere quali sono le loro applicazioni e avere una visuale sullo stato attuale delle cose, dischiude al progettista una serie di opportunità per apportare la sua spinta innovativa alle aziende di settore avviando così un processo di sperimentazione che consente ad entrambe le realtà di incrementare le proprie competenze. Ciò può avvenire in due modi:

da una parte tramite l'individuazione degli ambiti in cui la conoscenza dei tessuti tridimensionali è già sedimentata e sperimentata e apportarvi innovazione stressandone le potenzialità;

dall'altra, riempiedo quegli spazi in cui il tessuto tridimensionale non ha ancora trovato applicazione ma che presentano i requisiti adatti ad una loro implementazione.

#### 5.2.2 Sovrapposizione delle informazioni

Per guidare il progettista che intende intraprendere una delle due vie dell'innovazione sopra descritte, sono state formulate altre due schematizzazioni.

Queste hanno come fine comune quello di sovrapporre ad un'informazione di carattere prettamente tecnico, un diverso livello di contenuto, maggiormente visuale e concreto.

Con l'obiettivo di sfruttare le conoscenze acquisite in altri settori, si è definita una polarità di carattere ispirazionale (Fig.5.2.2.1):

- *struttura vs superficie*
- *estetico vs funzionale*



nei cui quadranti sono stati disposti alcuni *case studies* tratti da ambiti progettuali differenti.

Al fine di individuare e sfruttare, invece, le caratteristiche dei tessuti tridimensionali e ampliarne i settori d'impiego, la polarità *struttura vs superficie* è stata sviluppata isolando tre configurazioni principali (Fig.5.2.2.2):

- *struttura*
- *corpo*
- *superficie*

ognuna delle quali corrisponde a delle caratteristiche funzionali specifiche e determina le metodologie di applicazione del prodotto.

In base a questa classificazione è infatti possibile definire se esso abbia bisogno o meno di lavorazioni successive la formatura o finissaggi sia dal punto di vista strutturale che estetico.

La sovrapposizione di tali schematizzazioni con polarità di carattere maggiormente tecnico e formale consente di fornire, sullo stesso argomento, la varietà di informazioni necessaria per rispondere alle esigenze di una sele-

zione che può essere attuata dal progettista in relazione a parametri anche molto diversi tra loro. Questi comprendono:

- la conoscenza di un'azienda o di un tessuto produttivo e delle sue capacità tecnologiche;
- la conoscenza o l'interesse verso una tecnologia specifica in relazione al tipo di intreccio ottenibile o al livello di finitura (*semilavorato vs finito*) del prodotto derivabile;
- il perseguimento di una forma specifica;
- il perseguimento di una funzione;
- la volontà di inserimento in un settore potenzialmente interessante.

### 5.3 SEMPLIFICAZIONE DELL'INFORMAZIONE

*Traduzione delle informazioni*

#### 5.3.1 Individuazione dei parametri gestibili

Dal momento in cui ci si pone come obiettivo quello di tradurre una serie di informazioni in un testo maggiormente leggibile indirizzato ad un utente che non è lo stesso per cui tali informazioni sono state generate nasce inevitabilmente il problema del linguaggio.

Definire i termini del processo di trasposizione dei contenuti da una sfera della progettazione ad un'altra, nello specifico dall'ambito prettamente ingegneristico a quello più variegato e flessibile del design, significa operare delle selezioni.

Se da una parte occorre stabilire quale sia il linguaggio più consono alla comprensione del messaggio, in relazione al lettore ipotetico, dall'altra è necessario effettuare una cernita dei contenuti in previsione delle effettive esigenze dell'utilizzatore dello strumento di ricerca e selezione.

Ciò avviene in un momento antecede-

dente la definizione del dizionario e consiste nell'isolare quegli aspetti che possono essere toccati direttamente nell'azione progettuale del designer per poi raccogliarli in dei contenitori ai quali apporre delle etichette ad esso note: tecnologia, forma, funzione, ispirazione.

Alla selezione è affiancata un'operazione di scrematura tramite la quale il contenuto di tali bacini d'informazione viene ripulito di tutte quelle voci che farebbero da rumore ad una comunicazione chiara e diretta dei concetti pertinenti all'intento della ricerca.

Per quanto riguarda tecnologia e forma, si è cercato di eliminare i dati eccessivamente tecnici difficilmente gestibili dal designer con le sue competenze - ad esempio non sono state inserite nell'elaborato finale tutte le informazioni disponibili sul funzionamento dei macchinari per la tessitura di ogni tipologia di tessuto trattata.

Sul fronte funzionale e ispirazionale sono stati invece esclusi dall'indagine tutti quei *case studies* che, secondo la concezione comune, sconfinano dal territorio del design rientrando in una sfera più artistica, privata della componente funzionale.

#### 5.3.2 Linguaggio iconico e visuale

Per quanto riguarda il "vocabolario di riferimento" per la traduzione dei testi, la scelta è avvenuta in direzione di un linguaggio semplice, dalla lettura immediata ed univoca, ripulito di tutte quelle possibilità interpretative che ne altererebbero il significato. A tale scopo, così come in termini di contenuti si è proceduto sovrapponendo all'informazione tecnica un livello di contenuti visuali consistente, si è scelta una comunicazione di tipo iconico-visuale. I termini principali sono stati così tradotti in un dizionario di icone i cui lemmi sono definiti di seguito.

A tale linguaggio iconico vengono poi sovrapposte le immagini che fanno da supporto alla comprensione, in primo luogo, della relazione esistente tra processo tecnologico o materiale teoricamente trattato e prodotto da esso derivabile.





#### Parametri tecnologici

-  INTERLACCIATO
-  NON INTERLACCIATO
-  SEMILAVORATO
-  FINITO

















#### Tipi di intreccio

-  WEFT KNIT  
Maglia in trama
-  WARP KNIT  
Maglia in catena
-  WOVEN  
Tessuto a navetta
-  MULTIASSIALE  
Multilayer
-  BRAIDED  
Trecciato
-  BRAIDED  
Trecciato multiassiale
-  SEAMLESS
-  UNA O PIÙ CUCITURE

#### Parametri formali

-  PIENO
-  CAVO
-  2D
-  3D

#### Configurazioni

-  PROFILATO  
Sezione trasversale complessa
-  CILINDRICO  
Sezione piena costante
-  CILINDRICO CONFORMATO  
Sezione piena variabile
-  TUBOLARE  
Spessore di parete elevato
-  SOLIDO  
Spessore elevato
-  HOLLOW  
Con pareti di connessione tessute
-  SPACER  
Con fili di connessione
-  MULTILAYER
-  SCATOLARE
-  TUBOLARE  
Spessore di parete ridotto
-  CUPOLE E CONI
-  TUBOLARE CONFORMATO  
Sezione trasversale variabile
-  CONFORMATO
-  2,5D
-  RIALZATO  
Elemento singolo su superficie piana
-  PATTERN  
Elementi multipli su superficie piana

## Parametri ispirazionali



STRUTTURA



SUPERFICIE



ESTETICO



FUNZIONALE

## Settori di utilizzo



AEROSPAZIALE E NAUTICO



GEOTESSILE



COMPOSITI



MEDICALE



FASHION  
Abbigliamento e accessori



SPORTSWEAR



SPORT  
Attrezzature tecnico-sportive



SICUREZZA



ARREDAMENTO



ARCHITETTURA



AUTOMOTIVE



ISOLAMENTO  
Acustico e termico

## Parametri funzionali



STRUTTURA



CORPO



SUPERFICIE

## Specifiche



STRUTTURA FLESSIBILE



STRUTTURA RIGIDA



GREZZO



CON FINITURA



PEZZO UNICO



PEZZI MULTIPLI

## 6. FORMA

### 6.1 FLESSIBILITÀ E CONSULTAZIONE

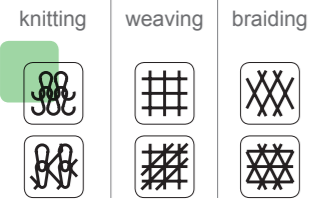
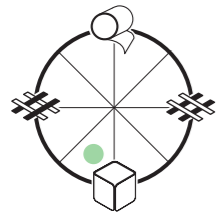
Così come l'organizzazione dei contenuti è volta ad una consultabilità del documento flessibile, adattabile di volta in volta ai parametri ritenuti determinanti l'esito del progetto, anche la struttura è caratterizzata da una certa flessibilità.

Tre principali tipologie di contenuti - tecnologie, case studies e campioni di materiale (samples) - sono raccolti in una serie di schede raggruppabili

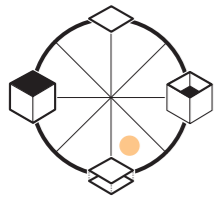
secondo i quattro parametri principali precedentemente introdotti - tecnologia, forma, funzione e ispirazione - con un'organizzazione dinamica la cui definizione è completamente demandata all'utente. Per ogni prodotto trattato vi sono due schede. Una, di carattere maggiormente tecnico, raccoglie informazioni ed immagini riguardanti tecnologie e forme derivabili. Un'altra, più ispirazionale, dove trovare riferimenti, per lo più visuali, a funzioni assolvibili dal materiale in questione e case studies ritenuti esplicativi delle principali potenzialità. A ciò è aggiunto

un livello di informazione di carattere tattile e pratico costituito da campioni di tessuto e riferimenti ad aziende produttrici degli stessi. Il documento si conclude con una serie di appendici nelle quali, quando necessario, vengono approfonditi alcuni aspetti tecnologici potenzialmente incidenti nel processo di selezione ma che, se inseriti nelle schede illustrative, avrebbero accresciuto eccessivamente la complessità dell'informazione fornita.

## 6.2 STRUTTURA E LETTURA DELLA SCHEDA TECNICA



Collocazione nei quadranti relativi ai parametri tecnologici e formali  
Selezione degli elementi descrittivi



- KNITTING  **Color coding**
- WEAVING  Differenziazione delle principali famiglie tecnologiche (*knitting, weaving e braiding*) tramite il colore della parte superiore delle schede
- BRAIDING
- tecnologia  Ad ogni parametro di selezione corrisponde un colore di riferimento
- forma
- concept
- funzione

Informazioni sul processo.  
Individuazione dei pro ✓ e cons ✗ della tecnologia

Informazioni sulle forme ottenibili  
Immagini esplicative e riferimenti alle appendici

Immagine del campione di materiale, di rimando alla scheda ispirazionale

**TECNOLOGIA**

**WG KNITTING Seamless**

Il Whole Garment Knitting è una tecnologia che consente la realizzazione di pezzi finiti conformati completamente privi di cuciture. Sviluppata nel settore dell'abbigliamento a partire dalla maglieria circolare, si basa sull'utilizzo di macchinari completamente computerizzati che, attraverso l'utilizzo di appositi software, consentono la movimentazione degli aghi uno ad uno controllando la connessione, anche complessa, di elementi tubulari multipli che vanno così a formare un capo finito in tutte le sue parti.

- eliminazione delle cuciture;
- continuità della superficie tessuta e conseguente continuità o variazione controllata della densità d'intreccio;
- reversibilità del pezzo finito senza necessità di avere un tessuto costituito da più panni;
- riduzione degli scarti;
- minimizzazione dei processi successivi alla tessitura;
- personalizzazione del pezzo;
- producibilità di lotti ridotti on-demand.

limiti nell'applicazione di pattern a componenti cilindrici;  
numero ridotto di filati utilizzabili;  
produzione di scarti in caso di errori di programmazione o difetti.

---

**FORMA**

**Coni**

La tecnologia WG può essere utilizzata per ottenere forme coniche completamente senza cuciture. Il metodo combina il tubular knitting con il trasferimento di punti multipli.

- asimmetriche
- ad imbuto
- a clessida

È possibile ottenere varie tipologie di strutture:

**Cupole**

La forma a cupola basilare viene ottenuta tessendo un cilindro e trasferendo punti multipli in modo da aumentare o diminuire la circonferenza.

→ APPENDICE A

→ APPENDICE B

## 6.3 STRUTTURA E LETTURA DELLA SCHEDA ISPIRAZIONALE

Selezione di case studies significativi e raccolta campioni di materiale e riferimenti alle aziende produttrici

**CONCEPT**

**WG KNITTING Seamless**

Le principali applicazioni delle strutture realizzate tramite WG Knitting sono:

- abbigliamento, dallo sportswear alla maglieria tradizionale, con particolare riferimento ai capi iposialtergenici ove eliminare le cuciture significa evitare delle possibili cause di irritazione della pelle;
- tessuti tecnici per applicazioni industriali e non solo, dalle preforme per compositi, all'automotive e le cover per i sedili con elementi strutturali come fasteners in plastica o metallo integrati.

Tale tecnologia presenta grande potenzialità per applicazioni in ambito ingegneristico data la possibilità di ottenere strutture tridimensionali continue da superfici continue senza soluzione di continuità che consentono una corretta e omogenea distribuzione dei carichi. Tuttavia ad oggi le principali applicazioni e la maggiore sperimentazione si hanno nel settore dell'abbigliamento. Qui le caratteristiche tecniche, come l'elevata elasticità dovuta all'assenza di cuciture o l'omogenea distribuzione delle tensioni volta ad evitare il presentarsi di pressioni localizzate nella struttura del capo, si fondono con caratteristiche estetiche con la possibilità di ottenere pattern tridimensionali anche complessi.

Fig. 1 - T-shirt, tessuto tecnico seamless con panni integrati per sedute da ufficio.  
Fig. 2-3 - Nike, sportswear in tessuto seamless con trasparenza localizzata.  
Fig. 4-6 - Kira Melbourne, tecnologia Knit and Wear®

---

**SAMPLES**

**CASE STUDIES**

**SPORTSWEAR Nike**

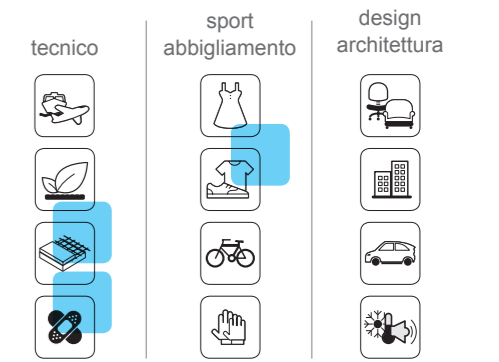
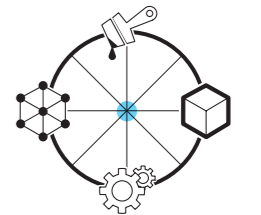
La possibilità di gestire l'architettura del punto e quindi la densità della trama è qui interpretata in senso funzionale al fine di conferire ai capi elasticità e traspirabilità controllate.

**SEATS UPHOLSTERY Herman Miller**

La tessitura di schienale e seduta tramite WG Knitting consente di ottenere pezzi conformati finiti con struttura a tasca che vengono rapidamente montati su di un telaio senza necessità di cuciture successive.

**AZIENDE**

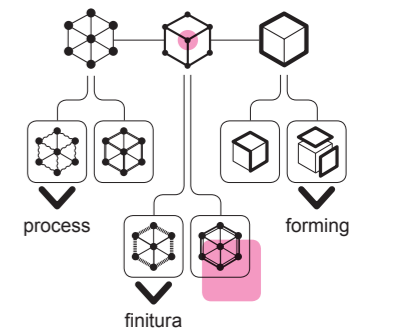
- www.trisit.de
- www.karlmayer.com
- www.knitmelbourne.com
- www.nesatec.it
- www.santoni.com
- www.shimaseiki.com
- www.stoll.com



Informazioni sui campi di applicazione con immagini di riferimento

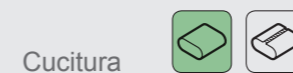
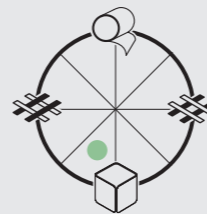
Collocazione nei quadranti relativi ai parametri ispirazionali, selezione dei principali settori d'impiego e individuazione della funzione caratteristica

Informazioni sulle funzionalità effettive e potenziali con immagini e riferimenti alle fonti





TECNOLOGIA



**WG KNITTING  
Seamless**

Il *Whole Garment Knitting* è una tecnologia che consente la realizzazione di pezzi finiti conformati completamente privi di cuciture. Sviluppata nel settore dell'abbigliamento a partire dalla maglieria circolare, si basa sull'utilizzo di macchinari completamente computerizzati che, attraverso l'utilizzo di appositi software, consentono la movimentazione degli aghi uno ad uno controllando la connessione, anche complessa, di elementi tubolari multipli che vanno così a formare un capo finito in tutte le sue parti.

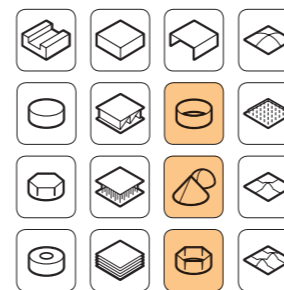
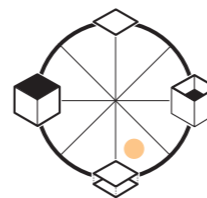


- eliminazione delle cuciture;
- continuità della superficie tessuta e conseguente continuità o variazione controllata della densità d'intreccio;
- reversibilità del pezzo finito senza necessità di avere un tessuto costituito da più panni;
- riduzione degli scarti;
- minimizzazione dei processi successivi alla tessitura;
- personalizzazione del pezzo;
- producibilità di lotti ridotti *on-demand*.



- limiti nell'applicazione di pattern a componenti cilindrici;
- numero ridotto di filati utilizzabili;
- produzione di scarti in caso di errori di programmazione o difetti.

FORMA



**Coni**

La tecnologia WG può essere utilizzata per ottenere forme coniche completamente senza cuciture. Il metodo combina il tubular knitting con il trasferimento di punti multipli.

È possibile ottenere varie tipologie di strutture:

- asimmetriche
- ad imbuto
- a clessidra



**Cupole**

La forma a cupola basilare viene ottenuta tessendo un cilindro e trasferendo punti multipli in modo da aumentare o diminuirne la circonferenza.



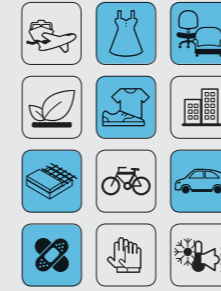
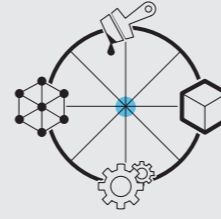
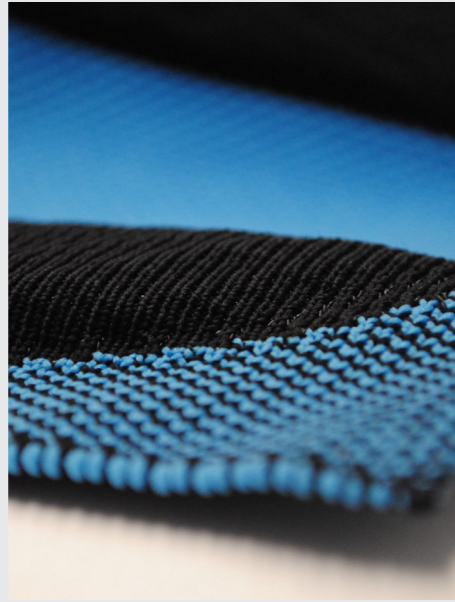
→ APPENDICE A

→ APPENDICE B



Il WG Knitting è fondamentalmente basato sull'applicazione delle varie tecniche di conformazione note ad un macchinario a doppia frontura in modo da ottenere forme tridimensionali cave (tubolari complesse).

La principale caratteristica è quella di consentire l'eliminazione dal processo produttivo di tutte quelle fasi successive alla tessitura, come il tagli e la cucitura, e minimizzare la quantità di filato utilizzata. Ciò determina l'economicità del processo, fattore questo molto importante soprattutto quando ad essere tessuti sono filati tecnici ad alte prestazioni come l'aramide caratterizzati da un costo elevato.



## WG KNITTING Seamless

Le principali applicazioni delle strutture realizzate tramite WG Knitting sono:

- abbigliamento, dallo sportswear alla maglieria tradizionale, con particolare riferimento ai capi ipoallergenici ove eliminare le cuciture sig-



nifica evitare delle possibili cause di irritazione della pelle;

- tessuti tecnici per applicazioni industriali e non solo, dalle preforme per compositi, all'automotive e le cover per i sedili con elementi strutturali come fasteners in plastica o metallo integrati.



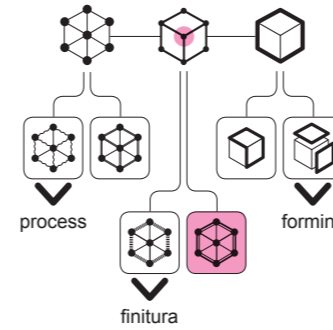
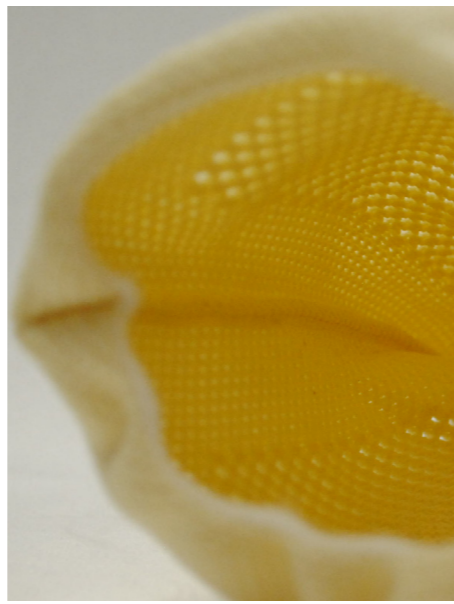
## Connessioni tubolari

Tubi e connessioni tubolari di ogni forma e con ogni architettura di punto sono ottenibili combinando varie tecniche di formatura. Le principali sono: la maglieria tubo-

lare e il trasferimento di punti.

La connessione tubolare più semplice è ottenuta intersecando due tubi e può assumere diverse configurazioni. È possibile ottenere connessioni più complesse congiungendo tre o più

tubi, come ad esempio nella connessione a T. Connessioni più complesse sono ottenibili nelle quali quattro o più tubi vengono intersecati in varie configurazioni.



Tale tecnologia presenta grande potenziale per applicazioni in ambito ingegneristico data la possibilità di ottenere strutture tridimensionali costituite da superfici continue senza soluzione di continuità che consentono una corretta e omogenea distribuzione dei carichi.

Tuttavia ad oggi le principali applicazioni e la maggiore sperimentazione si

hanno nel settore dell'abbigliamento. Qui caratteristiche tecniche, come l'elevata elasticità dovuta all'assenza di cuciture o l'omogenea distribuzione delle tensioni volta ad evitare il presentarsi di pressioni localizzate nella struttura del capo, si fondono con caratteristiche estetiche con la possibilità di ottenere pattern tridimensionali anche complessi.



Fig.1 \_ Trisit, tessuto tecnico seamless con parti rinforzate per sedute da ufficio

Fig.2-3 \_ Nike, sportswear in tessuto seamless con traspirabilità localizzata

Fig.4-6 \_ Knit Melbourne, tecnologia Knit and Wear®

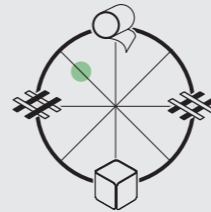




**SPORTSWEAR**  
**Nike**

La possibilità di gestire l'architettura del punto e quindi la densità della trama è qui interpretata in senso funzionale al fine di conferire ai capi elasticità e traspirabilità controllate.

[www.nike.com](http://www.nike.com)



**WEFT KNITTING**

**Spatial knitting**  
**Sospensione del punto**

La tecnica dei punti sospesi consiste nel trattenere, durante l'intreccio, uno o più punti per poi rilasciarli e reintegrarli nella maglia in seguito.

In questo modo si agisce sul numero di colonne (di punti) presenti lungo la lunghezza del tessuto. Questa tecnica è anche nota come **suspended stitches**, **course shaping**, **partial knitting** o **fléchage**.

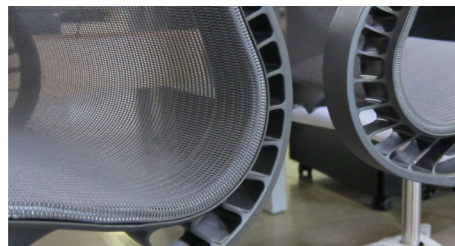


- ampia varietà di forme ottenibili;
- minimizzazione o completa eliminazione delle cuciture;
- esecuzione di pattern più o meno regolari;
- controllo di strutture tridimensionali anche geometricamente definite.



- esposizione del filato al rischio di rottura in seguito a stress da tensionamento;
- variazioni nella lunghezza del punto (i punti trattenuti sono più lunghi di quelli intrecciati in continuo) e conseguente deformazione della struttura.

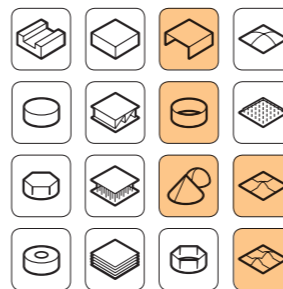
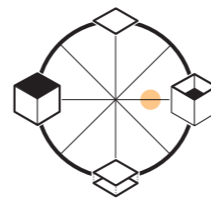
- [www.trisit.de](http://www.trisit.de)
- [www.karlmayer.com](http://www.karlmayer.com)
- [www.knitmelbourne.com](http://www.knitmelbourne.com)
- [www.nesatex.it](http://www.nesatex.it)
- [www.santoni.com](http://www.santoni.com)
- [www.shimaseiki.com](http://www.shimaseiki.com)
- [www.stoll.com](http://www.stoll.com)



**SEATS UPHOLSTERY**  
**Herman Miller**

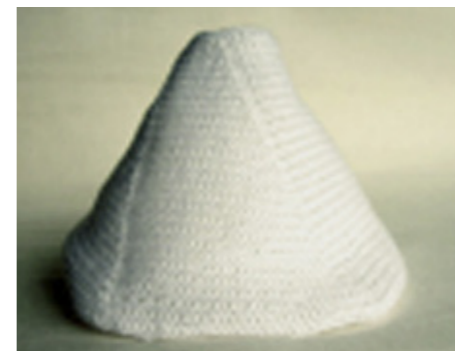
La tessitura di schienale e seduta tramite WG Knitting consente di ottenere pezzi conformati finiti con struttura a tasca che vengono rapidamente montati su di un telaio senza necessità di cuciture successive.

[www.hermanmiller.com](http://www.hermanmiller.com)



**Coni**

Con questo metodo il cono richiede una cucitura. Il cono è ottenuto intrecciando una serie di segmenti triangolari.



**Pattern con aperture**

La tecnica "short row pattern" consente di ottenere pezzi con parti forate intrecciando solo un numero prestabilito di punti lungo le righe mentre gli altri vengono lasciati sospesi.





### Progressivo aumento o diminuzione dei punti sospesi

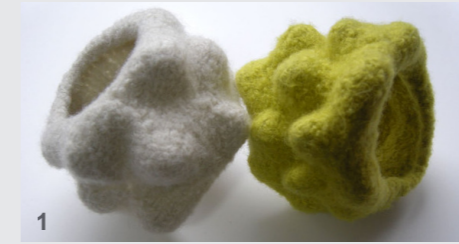
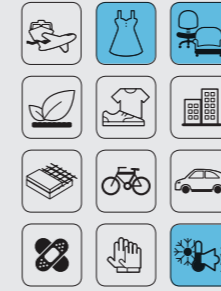
Tale metodo, molto versatile per la realizzazione di forme tridimensionali, si basa sull'aumento o la diminuzione del numero di colonne durante l'intreccio delle righe.

Questo avviene trattenendo (accumulando) e poi rilasciando punti singoli o a piccoli gruppi.

Il risultato di tale operazione è la formazione di un'area triangolare che determina o un cambiamento di direzione della maglia o una zona rialzata tridimensionale.

La forma (o angolo) del segmento triangolare che si va a formare è deter-

minata dalla sequenza di sospensione, ovvero il numero di punti trattenuti per numero di righe.



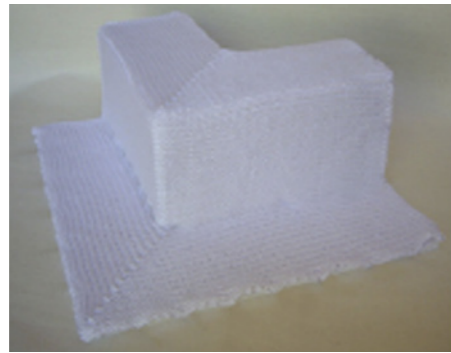
### WEFT KNITTING Spatial knitting Sospensione del punto

L'aspetto estetico-formale è predominante e la maggior parte delle applicazioni sfruttano il potenziale espressivo di questa tecnica. Le più diffuse sono quelle nel campo dell'abbigliamento e dei complementi di arredo.



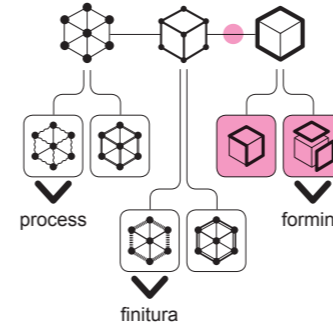
### Scatolari

Un angolo, o spigolo, è ottenuto congiungendo i lembi di una forma triangolare ottenuta sul pezzo tessuto a maglia.



### Cupole

Per cupole semplici con curvatura minima non è richiesta alcuna cucitura. Tuttavia se sono richieste curvature più accentuate, una o più cuciture parziali sono necessarie.



È possibile ottenere sia prelaborati che prodotti finiti tridimensionali. A seconda del filato impiegato la maglia presenta una buona finitura e può essere impiegata senza necessità di finissaggi nel caso in cui non siano richieste performances strutturali o tecniche specifiche.

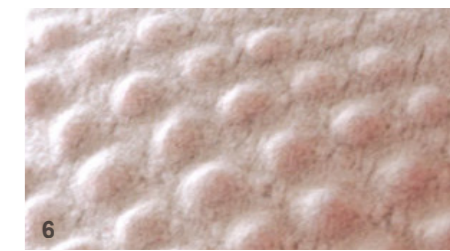


Fig.1-2-6\_ Xandy Peters, anelli, paralume e cuscino in maglia infeltrita  
Fig.3\_ Liu Fang, Sculptural Dresses  
Fig.4\_ Innofa, tessuto per materassi  
Fig.5\_CITA, tessuto tridimensionale responsivo





**DRESS CODE DEFENSIVE**  
**Ragne Kikas**

Nella sua collezione la designer fa uso delle qualità espressive e poetiche di questa tecnica per evocare e reinterpretare le forme spigolose e rigide delle armature del Sedicesimo secolo.

[www.ragnekikas.com](http://www.ragnekikas.com)



**WEFT KNITTING**

**Spatial knitting**  
**Trasferimento del punto**

Le maglie possono essere trasferite per accrescere o diminuire la larghezza del tessuto e generare una forma. Come per la sospensione della maglia, a variare è il numero di colonne mentre rimane invariato il numero di righe.

La combinazione del trasferimento della maglia con la maglia tubolare sta alla base della maglieria tridimensionale seamless (*WG Knitting*).



- possibilità di ottenere varie sagome, anche complesse;
- esecuzione di fori e aperture;
- eliminazione delle cuciture (capi di abbigliamento conformati);
- perfetta aderenza del tessuto alla forma desiderata;
- controllo di strutture tridimensionali dalla geometria anche regolare.



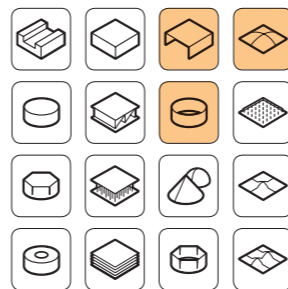
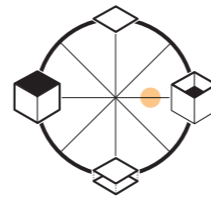
- esposizione del filato a rischio di rottura in seguito allo stress generato dall'intreccio e dal tensionamento nei punti di trasferimento;
- deformazioni del punto;
- variazioni nella lunghezza del tessuto e ritiri dovuti alle tensioni;
- distorsione della forma.

[www.kvadrat.dk](http://www.kvadrat.dk)  
[www.innofa.com](http://www.innofa.com)  
[www.shape3.com](http://www.shape3.com)

**FLYKNIT**  
**Nike**

La tecnica di trasferimento del punto è utilizzata da Nike per conferire la forma alla tomaia della scarpa. In questo modo il peso è notevolmente ridotto e le cuciture limitate ad una sola sul retro.

[www.nike.com](http://www.nike.com)



**Sagome**

**Trasferimento punto singolo**

Un punto alla volta viene trasferito lungo il bordo esterno del pezzo al fine di aumentarne o diminuirne l'ampiezza.

La frequenza con cui le maglie aumentano o diminuiscono all'interno della riga determina la formazione di un angolo specifico. Perché questo sia possibile occorre che sia noto il rapporto tra unità di righe e unità di colonne coinvolte.

Il trasferimento di maglia può anche avvenire in un punto del tessuto lontano dal bordo. In questo caso si ha la formazione di fori intenzionali. Inoltre questa tecnica può essere utilizzata per la formazione di strutture reticolari come ad esempio è il pizzo.





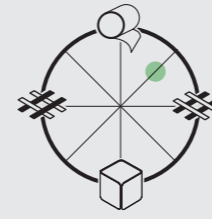
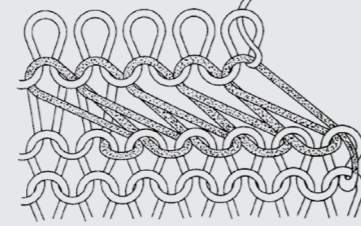
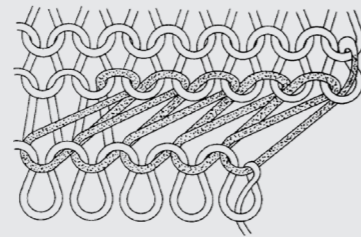
### Formatura su colonna

È questa la tecnica normalmente usata per conferire delle forme (simmetriche o asimmetriche) agendo sulle file di punti in direzione della lunghezza del tessuto.

I punti vengono trasferiti da un ago all'atro della stessa frontura causando: un allargamento nel caso in cui la traslazione avvenga in direzione della cimosa, e un restringimento nel caso in cui avvenga in senso contrario.

L'angolo di formatura varia al variare della frequenza di trasferimento, ovvero il numero di punti che intercorrono tra ognuno dei punti trasferiti.

I punti vengono trasferiti singolarmente o in blocco in modo che l'effetto sia chiaramente visibile sul capo.



Cucitura



### WEFT KNITTING

#### Spatial knitting Architettura del punto

Variazioni nell'architettura del punto, sia per quanto riguarda il tipo di intreccio che la sua densità, incidono sull'aspetto tridimensionale della superficie del pezzo.

Non si tratta di una vera e propria tecnica di conformazione tridimensionale quanto piuttosto di un metodo per sfruttare l'intrinseca elasticità delle maglie controllandone le proprietà meccaniche tramite l'affiancamento di pattern di tessitura differenti.



- controllo delle proprietà meccaniche del tessuto;
- definizione di porzioni più o meno strutturate;
- passaggi di forma netti;
- realizzazione di pattern più o meno regolari;
- esecuzione di fori e aperture;
- elevato potenziale espressivo.



- scarsa fluidità nelle variazioni di forma all'interno di uno stesso pezzo;
- non tutti i pattern di tessitura sono realizzabili sulla stessa tipologia di macchinari, ciò implica dei limiti nelle combinazioni possibili;
- limiti nella realizzazione di forme dall'elevata tridimensionalità.

### Tubolari e forme complesse

Trasferimento punti multipli

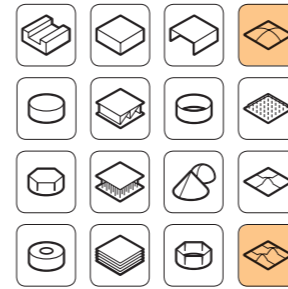
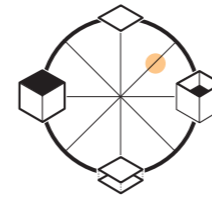
Tramite il trasferimento di punti multipli è possibile ottenere varie forme che richiedono poche cuciture se non alcuna.



Tale metodo, detto anche *slide process*, impartisce la forma al tessuto risultando in un'area conformata, rialzata o tridimensionale e viene inoltre utilizzato per unire più strutture tubolari andando a formare giunti complessi o per la realizzazione di scatolari.

### Scatolari

Un angolo, o spigolo, è ottenuto congiungendo i lembi di una forma triangolare ottenuta tramite trasferimento simultaneo di punti multipli.



### Sagome

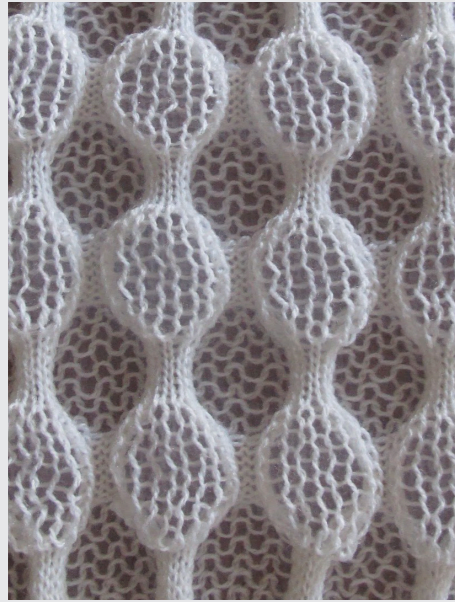
Tramite variazioni di densità dell'intreccio è possibile aumentarne o diminuirne l'ampiezza.



### Pattern

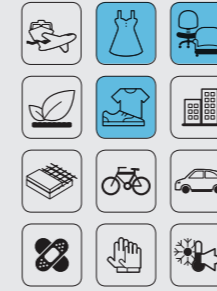
Questa architettura consente di ottenere strutture complesse con elementi tridimensionali ripetuti lungo la superficie del pezzo.





Anche nota come *stitch shaping*, è una tecnica principalmente diffusa nell'ambito dell'abbigliamento. Nonostante l'ampia varietà di pattern ottenibili, la loro combinazione è limitata da fattori di carattere tecnologico. Non tutte le architetture del punto sono infatti ottenibili con la stessa tipologia di macchinari.

Ad esempio architetture complesse, come il *double jersey*, richiedono l'impiego dei macchinari più evoluti incidendo così anche sui costi di produzione.

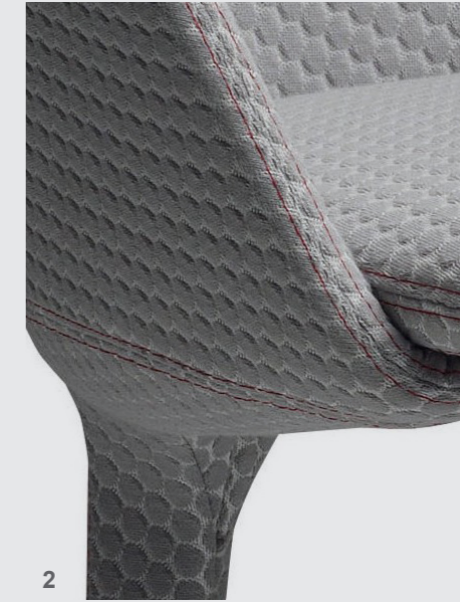


## WEFT KNITTING

### Spatial knitting

#### Architettura del punto

Il principale campo di applicazione è quello della moda e dell'abbigliamento dove essa viene spesso portata al limite per sfruttarne l'aspetto comunicativo ed emozionale piuttosto che quello tecnico, ancora da esplorare.



Le architetture di punto più semplici che riescono comunque a conferire interessanti effetti tridimensionali alle superfici sono:

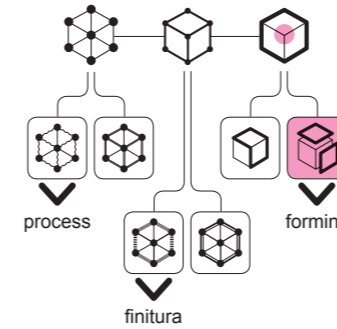
### Interlock

Consiste nell'affiancamento di colonne costituite da *loops* intrecciati alternativamente dal dritto e del rovescio. Consente di realizzare maglie molto resistenti e adatte a giunzioni tubolari.



### Links-links

I loops intrecciati dal dritto e dal rovescio sono raggruppati in aree che determinano il pattern tridimensionale della superficie.



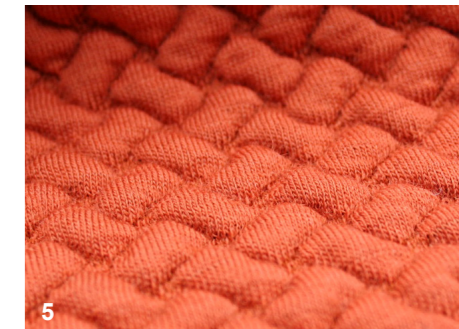
L'irrigidirsi o meno del tessuto in relazione al tipo di punto e alla sua densità consente di controllare la struttura del pezzo da ottenere con la possibilità di differenziare delle aree in relazione alla funzione specifica cui il prodotto dovrà assolvere.

Fig.1\_ Alexander McQueen, 3d stripe knitted dress

Fig.2-5-6\_ Innofa, tessuto decorativo

Fig.3\_ Sandra Backlund, sculptural dress

Fig.4\_ Adidas, calzini con parti rinforzate

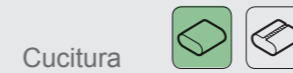
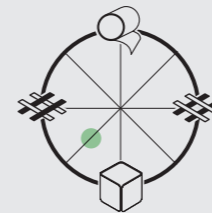




**KNITTED COLLECTIONS  
Sandra Backlund**

Tramite variazioni nell'architettura del punto, gli abiti prendono forma come delle sculture, con una fisicità propria che sembra poter eludere la vestibilità dell'abito stesso.

[www.sandrabacklund.com](http://www.sandrabacklund.com)



**WEFT KNITTING  
Maglieria tubolare piana**

Il tessuto assume conformazione cilindrica nel momento in cui due *single jersey* vengono intrecciati in macchinario a due fronture e uniti sulle cimose.

Il tubular knitting, se affiancato alle altre tecniche per l'ottenimento di forme tridimensionali su macchinari a da maglieria piana, costituisce le basi del *WG Knitting*.



- eliminazione delle cuciture;
- realizzazione di pezzi tubolari anche conformati a sezione variabile;
- esecuzione di fori e aperture;
- combinazione con tecniche di *spatial knitting* per ottenere forme anche complesse.



- scarsa fluidità nelle variazioni di forma all'interno di uno stesso pezzo;
- non tutti i pattern di tessitura sono realizzabili sulla stessa tipologia di macchinari, ciò implica dei limiti nelle combinazioni possibili;
- limiti nella realizzazione di forme dall'elevata tridimensionalità.

[www.innofa.com](http://www.innofa.com)

[www.shape3.com](http://www.shape3.com)

**PRIMEKNIT  
Adidas**

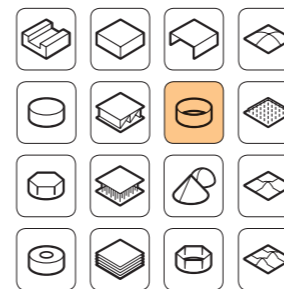
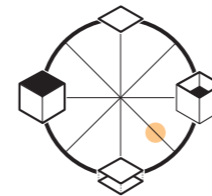
Primeknit è la scarpa da calcio realizzata da Adidas in tessitura tridimensionale.

In una conformazione simile a quella di un calzino, costituita da un corpo unico con una sola cucitura sul retro, variazioni dell'architettura del punto

hanno la funzione di conferire forma e struttura.

La scarpa risulta così estremamente leggera e supporta il piede in maniera corretta grazie alle aree rinforzate.

[www.adidas.it](http://www.adidas.it)



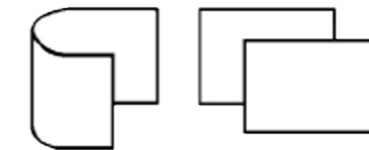
**Tubolari singoli e multipli**

Usando questa tecnica è possibile ottenere tubi senza cuciture di qualsiasi lunghezza e diametro. Quest'ultimo dipende dalle dimensioni della macchina utilizzata.



**Porzioni di tubolari**

Il pezzo viene intrecciato su due fronture ma congiunto solamente su una cimosa. Utile soprattutto per la realizzazione di giunti tubolari ad L, questa tecnica consente la formazione contemporanea di due tessuti non connessi tra di loro.



**Tubi con flange**

Una flangia è un bordo sporgente, o collare. La sua funzione è quella di stabilizzare e rinforzare la struttura tubolare.



FORMA

**Connessioni tubolari**

Combinando maglieria tubolare e varie tecniche di conformazione è possibile ottenere un'ampia varietà di connessioni tubolari, tra le quali giunti a L, T, X, K e Y.



**Combinazione con trasferimento di punti**

Le frange sono ridotte ad un'area più circoscritta al giunto in modo da avere un rinforzo localizzato nel pezzo.



**Combinazione con trasferimento di punti multipli**

Connessioni tubolari in un'ampia serie di configurazioni (ad L, T e X) sono realizzate senza materiale in eccesso.

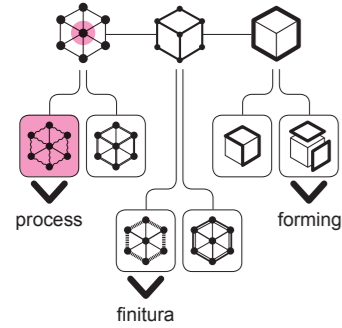


**Combinazione con sospensione di punti**

Intreccio di forme tubolari perfette, irregolari e connessioni con la minima distorsione dei punti e ampia varietà di configurazioni: ad S, C e L.



FUNZIONE



Questa tecnologia è comunemente usata per la realizzazione di parti di indumenti come maniche o colli. Grazie alla possibilità di controllare la sagoma del pezzo essa si presta alla realizzazione di rivestimenti per complementi di arredo o fasce elastiche per applicazioni in ambito medicale.

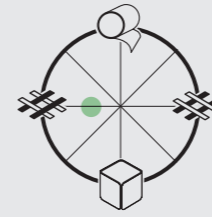


Fig.1\_ Smartwool, calzino sportivo conformato  
Fig.2-3\_Accessori in maglia tubolare

AZIENDE

[www.knitwire.com](http://www.knitwire.com)  
[www.lma.pt](http://www.lma.pt)

TECNOLOGIA



Cucitura



**WEFT KNITTING Sandwich fabrics**

Una *sandwich* o *spacer fabric* è una struttura tridimensionale nella quale due tessuti intrecciati separatamente sono connessi lungo la loro superficie tramite dei fili o dei layers tessuti a loro volta.

Lo spessore del pezzo finito dipende dalla lunghezza di queste connessioni.

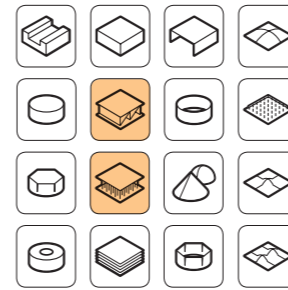
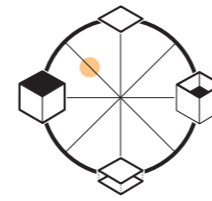


- traspirabilità;
- assorbimento di energia;
- resistenza a compressione;
- isolamento;
- redistribuzione degli sforzi quando sotto pressione;
- elasticità e deformabilità sotto l'applicazione di forze
- buona dispersione dell'umidità.



- limitate proprietà di trasformazione tramite stampaggio e laminazione;
- scarsa resistenza a flessione;
- carenza di varianti geometriche;
- limitate possibilità di rinforzo in direzione z.

FORMA



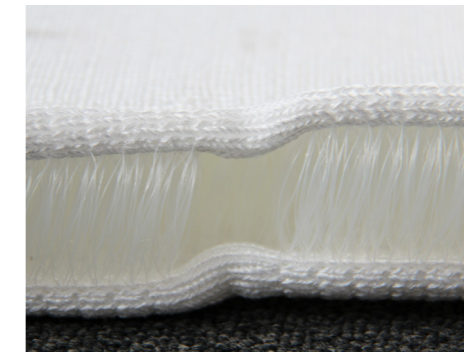
**Fili di connessione**

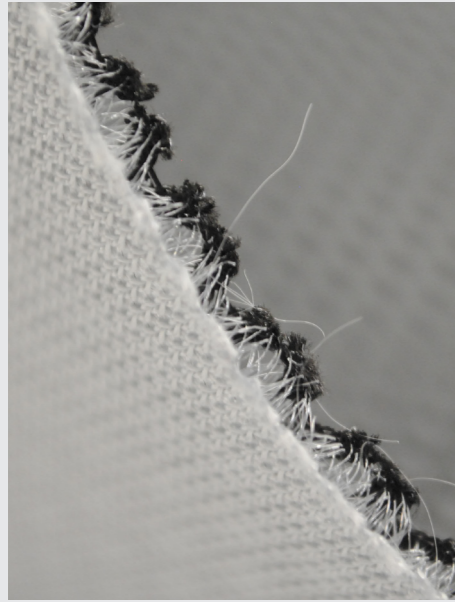
Dal punto di vista formale vi sono dei limiti legati alla posizione fissa delle fronture che va a determinare una limitata distanza tra i due layer di superficie.

La spaziatura può avere diverse misure, dai tessuti più sottili con 1mm di spessore sino ai più spessi con 60mm e oltre di spessore.

I tessuti di superficie possono essere connessi tramite filamenti perpendico-

lari o inclinati dando vita così ad una vasta serie di strutture nelle quali è possibile la combinazione di un'ampia gamma di fili di materiali diversi con la possibilità di inserire rinforzi e componenti funzionali sia sulle superfici che nei filamenti trasversali.



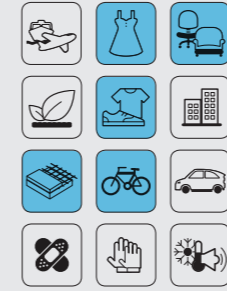
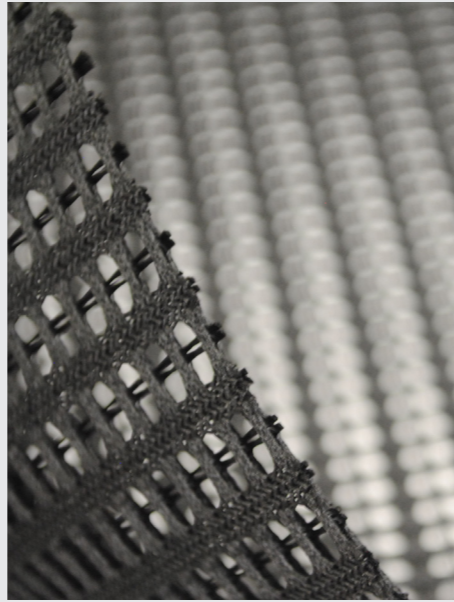


Si tratta di tessuti double-face intrecciati in macchine a doppia frontura. La distanza tra le due superfici principali viene mantenuta in condizioni di compressione grazie alla resilienza del filato (generalmente mono filamento) tra di esse interposto.

La connessione può essere ottenuta tramite fili alimentati su ambo i letti di aghi o tramite dei layers tessuti.

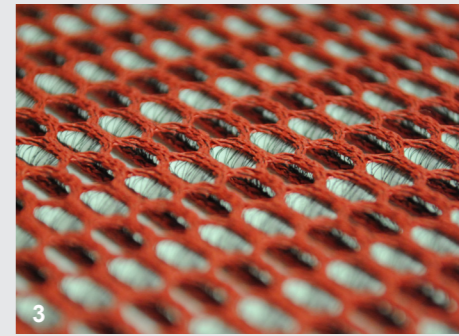
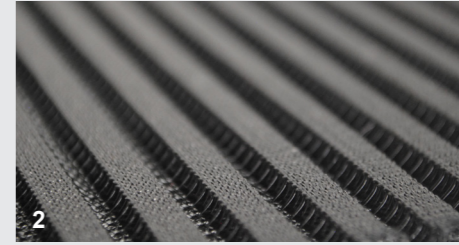
Mentre la prima soluzione risulta essere limitata per quanto riguarda la complessità formale e lo spessore del prodotto finito, il secondo principio di connessione invece offre più opportunità progettuali.

Anche se è possibile produrre sandwich fabrics con fili di connessione tra i layers tramite macchine circolari, la tecnica più utilizzata è quella della macchina orizzontale che offre le condizioni tecniche necessarie per una maggiore flessibilità in termini di varietà di soluzioni e possibilità di sviluppo.



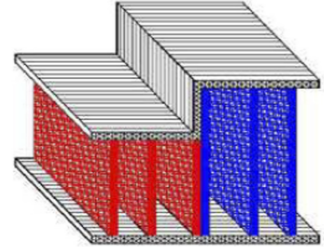
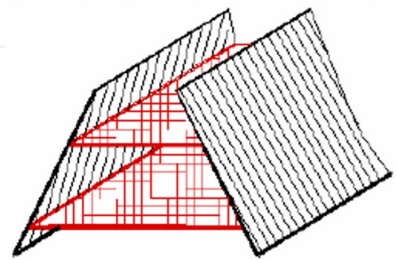
## WEFT KNITTING Sandwich fabrics

Porosità, morbidezza e spessore controllabili ne determinano l'applicazione in svariati ambiti, dall'abbigliamento alla filtrazione, con una varietà di pattern che ne accentuano le proprietà espressive e modificano le caratteristiche funzionali.



## Layers con lunghezza variabile

La variazione può essere graduale e originare superfici inclinate o immediata consentendo la realizzazione di sezioni complesse ad L o a T.

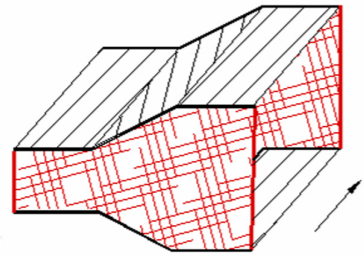


Il passaggio da uno spessore all'altro è assecondato, nei due tessuti da connettere, dalla presenza di un numero diverso di righe di modo che il tessuto ricalchi il tratto di layer interno che è la differenza tra la lunghezza maggiore e la lunghezza minore.

## Layers conformati

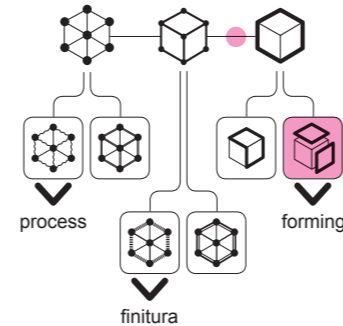
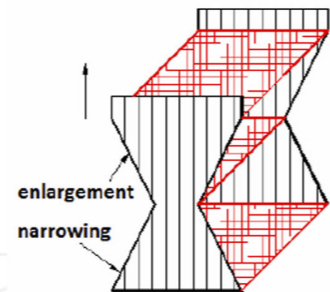
Possono essere identificati due tipi principali di layers conformati:

- con forma integrale
- con forma frammentata



## Pareti esterne conformate

Le superfici esterne sono conformate tramite tecniche di sospensione e trasferimento della maglia.



Questi tessuti nascono dalla necessità di sostituire i laminati, più complessi e difficili da riciclare.

Tre sono le componenti variabili:

- la struttura del tessuto
- il materiale del filo
- la finitura

La parte centrale del tessuto, vuota, può essere riempita con materiali solidi, liquidi o gassosi (ad esempio aria può essere utilizzata come isolante).

In ogni caso l'aspetto fondamentale è il **basso peso in relazione al volume**. La resistenza a compressione può essere regolata utilizzando filati diversi per i fili di spaziatura che connettono le due superfici principali.

Filati distanziali aggiuntivi possono essere utilizzati per rispondere a caratteristiche specifiche di trasporto di umidità, assorbimento, resistenza a compressione, drappeggiabilità e conduttività termica.

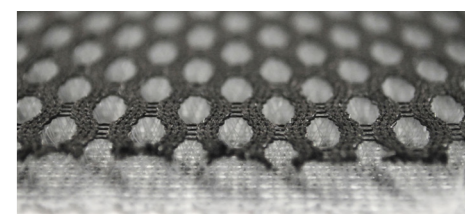
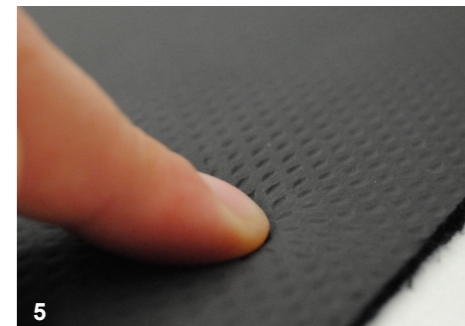
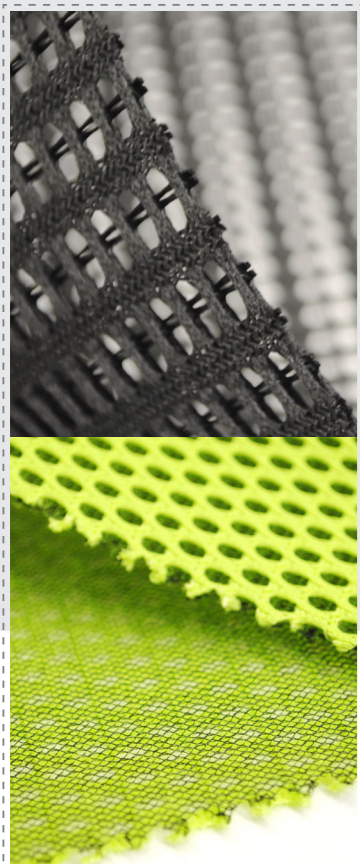


Fig.1\_ Mamou Mani, allestimento con effetti di luce

Fig.2-3\_ Gaetano Rossini, spacer fabrics

Fig.4\_ Xiao Li, spacer dresses

Fig.5\_ Lorenzi, sandwich fabric con spalmatura in PU



**SPACER CHAIR**  
**Studio Samira Boon**

Sedia realizzata in spacer fabric di fibra di vetro e nylon impregnata con resina di poliestere.

[www.samiraboon.com](http://www.samiraboon.com)



**WEFT KNITTING**  
**Maglieria circolare**

Si tratta di una tecnologia estremamente diffusa e nota. Tramite maglieria circolare vengono comunemente fabbricati calzini e altri elementi a struttura cilindrica per capi d'abbigliamento come ad esempio maniche o colli.

Basata sull'impiego di apposite macchine con configurazione circolare, consente la realizzazione di pezzi dalla lunghezza potenzialmente infinita e completamente privi di cuciture.



- elevata produttività;
- possibilità di impiegare un'ampia varietà di fili e filati, anche metallici e ceramici;
- buona qualità estetica del prodotto finito;
- buone caratteristiche meccaniche.



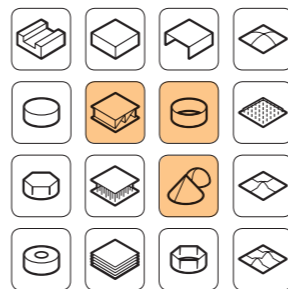
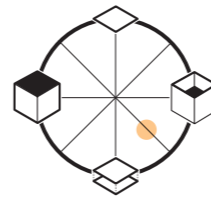
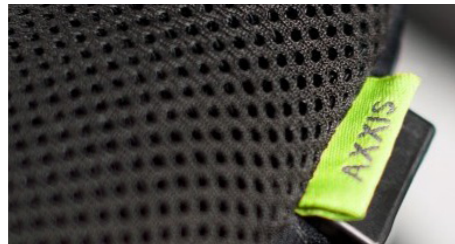
- elevata tensione dei filati e rischio di rottura;
- scarsa flessibilità formale in termini di sezione trasversale variabile (per ottenere diversi diametri occorrono altrettanti attrezzaggi);
- necessità di operazioni successive di taglio e cucitura per la realizzazione di forme complesse come, ad esempio, connessioni tubolari.

- [www.gaetanorossini.it](http://www.gaetanorossini.it)
- [www.baltex.co.uk](http://www.baltex.co.uk)
- [www.culzean.com](http://www.culzean.com)
- [www.geisa.com](http://www.geisa.com)
- [www.heathcoat.co.uk](http://www.heathcoat.co.uk)
- [www.lma.pt](http://www.lma.pt)
- [www.lorenzinet.com](http://www.lorenzinet.com)
- [www.solutions-in-textile.com](http://www.solutions-in-textile.com)

**AXXIS**  
**Performance Health Products**

Grazie alla loro traspirabilità e deformabilità controllata, spacer fabrics vengono impiegate per il rivestimento di sedute e cuscini ove il comfort e la resistenza all'uso prolungato sono parametri determinanti.

[www.v-trak.com](http://www.v-trak.com)



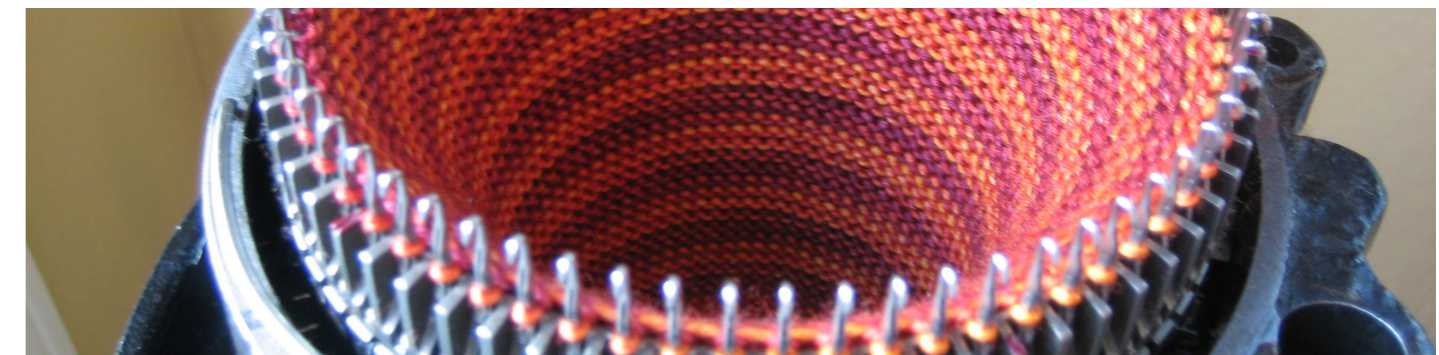
Tramite maglieria circolare è possibile ottenere tubolari con diametro che dipende sostanzialmente dalle dimensioni della macchina utilizzata.

Queste possono essere attrezzate con fronture da tre a trentasei aghi

per pollice, tuttavia le più diffuse sono quelle di dimensioni intermedie.

Il diametro della macchina viene calcolato misurando la distanza che intercorre tra due aghi opposti. Ve ne sono di varie misure, dalle più grandi

con diametri intorno ai 60", a quelle di dimensioni medie, con un diametro di circa 15" e quelle di dimensioni piccole con diametro di 3". Tuttavia le più diffuse e usate sono le macchine con diametro intorno ai 30".





Vi sono varie tipologie di macchine per maglieria circolare:

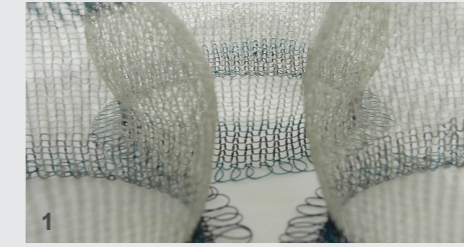
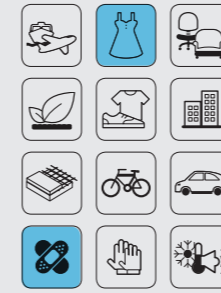
- Le macchine single jersey sono attrezzate con una sola frontura cilindrica atta a produrre plain fabrics del diametro di circa 30" (762 mm).

Una caratteristica dei tessuti così ottenuti è che la tendenza del bordo ad arricciarsi. Ciò non risulta problematico dal momento in cui il prodotto è tubolare, ma può causare problemi nel caso in cui il tessuto debba essere tagliato per uso piano.

- Le macchine double jersey sono macchine nelle quali, in adiacenza alla frontura cilindrica verticale, è

stata aggiunta una frontura cilindrica orizzontale.

Tramite questa modifica è possibile la produzione di tessuti con spessore doppio rispetto ai single jersey. Dal momento in cui è la struttura ad essere rinforzata, la natura e dimensione del filo non incidono particolarmente sulle caratteristiche del prodotto finito. È infatti possibile l'utilizzo di fili molto fini.



### WEFT/WARP KNITTING Maglieria circolare

La possibilità di ottenere buone caratteristiche sia meccaniche che estetiche del pezzo finito, rende questa tecnica competitiva sia nell'ambito delle applicazioni speciali (automotive o medicale) sia nel settore dell'abbigliamento.



In quest'ultimo, grazie alla vasta gamma di filati utilizzabili anche di diametro molto ridotto, le maggiori applicazioni sono nel settore dell'abbigliamento femminile e della biancheria intima.

È questa la tecnica infatti, con cui in calzetteria si ottengono le forme di tallone e punta.

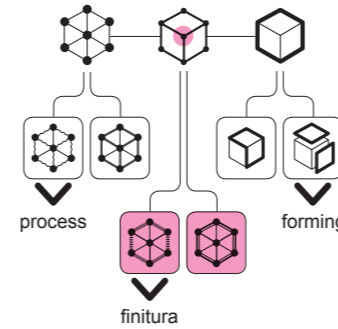


### Tubolari



### Tubolari conformati

La formatura tridimensionale è ottenibile anche in macchine circolari tramite sospensione di punti, con un metodo simile a quello utilizzato nella maglieria piana.



Elasticità e flessibilità tipiche dei tessuti a maglia sono combinate con una struttura di tipo tubolare che, a seconda del filo impiegato, può essere più o meno rigida e quindi autoportante o meno. La possibilità di applicare pattern all'intreccio consente di controllarne le proprietà meccaniche non solo in senso della lunghezza ma anche lungo tutta la superficie.

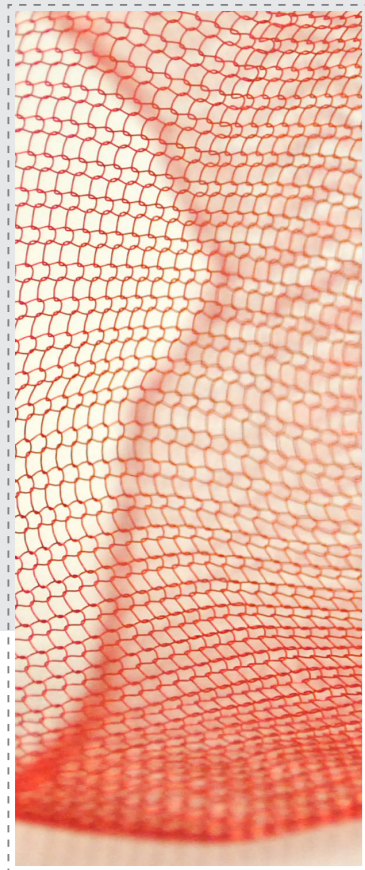
Fig.1-4\_ Ruth Asawa, knitted sculptures

Fig.2\_Pouf in maglia tubolare a coste

Fig.3-5\_Accessori con pattern e textures







**KNITTED LIGHTING SYSTEM  
Naomi Paul**

Questo sistema di lampade sfrutta le capacità espressive della tecnica. Le variazioni di diametro e le conseguenti variazioni nella densità della trama consentono di modulare la trasparenza alla luce del paralume.  
[www.naomipaul.co.uk](http://www.naomipaul.co.uk)



Cucitura



**WARP KNITTING  
Multiassiale**

I tessuti multiassiali multilayer consistono in una serie di tessuti sovrapposti e tenuti assieme tramite un filato intrecciato a maglia. Vengono prodotti tramite apposite macchine da maglieria multiassiali e possono essere realizzati con qualsiasi fibra. Il prodotto finito può essere monomateriale o ibrido - e quindi presentare layers realizzati con filati di natura diversa - ma è sempre un panno caratterizzato da uno spessore tale da poter essere considerato influente nelle proprietà meccaniche del tessuto.



- migliori proprietà meccaniche rispetto ai tessuti a navetta;
- grado di drappeggiabilità regolabile agendo su design dell'intreccio e sovrapposizione dei livelli;
- leggerezza, resistenza alla corrosione e agli agenti chimici;
- isotropicità e conseguente riduzione del materiale impiegato nelle strutture mantenendo, o incrementando, l'integrità strutturale con una notevole riduzione del peso;
- elevata produttività.



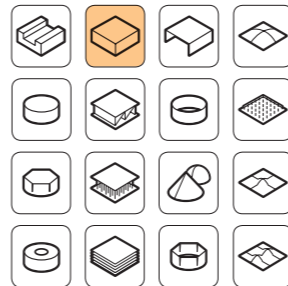
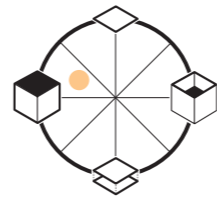
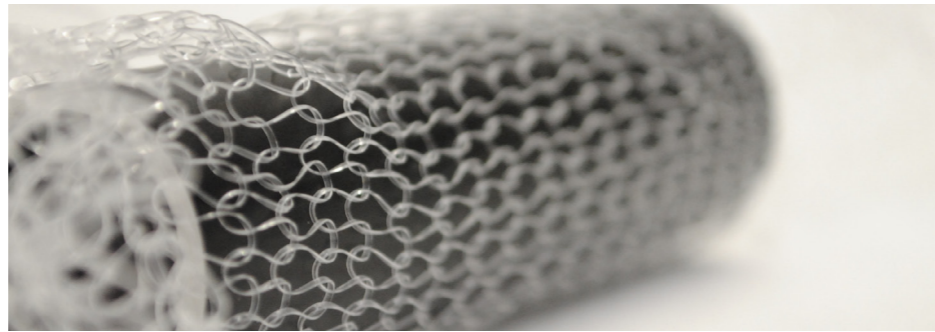
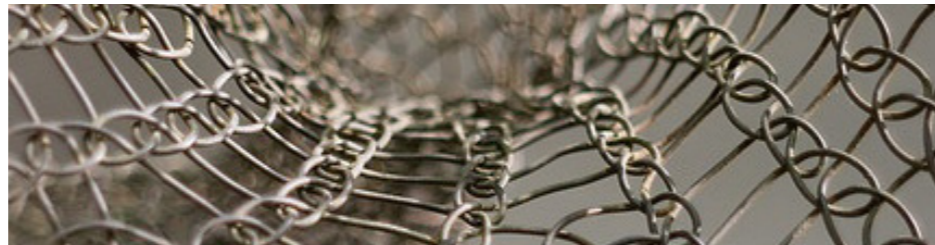
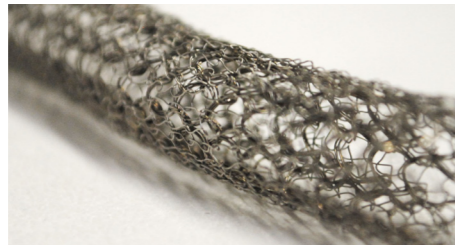
- natura esclusivamente tecnica dei filati impiegati;
- scarse proprietà estetiche del prodotto finito.

[www.knitmeshtechnologies.com](http://www.knitmeshtechnologies.com)

[www.buck-tsp.com](http://www.buck-tsp.com)  
[www.santoni.com](http://www.santoni.com)

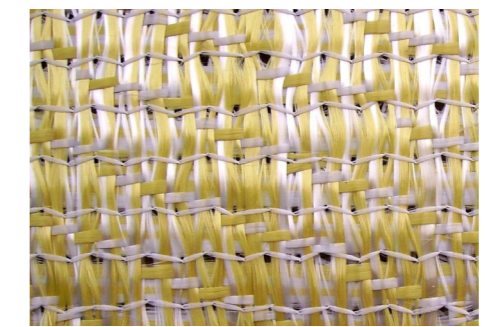
**KNITTED WIRE MESH  
KnitMesh Technologies**

Fili in metallo, ceramica o sintetici sono intrecciati in una formazione tubolare forte, flessibile e resiliente. Gli impieghi: attenuazione del suono, soppressione delle vibrazioni e degli urti, schermatura di onde elettromagnetiche, filtrazione.



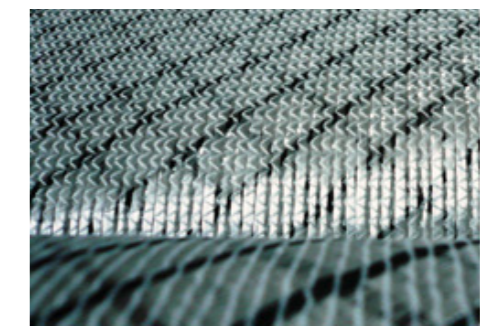
**Biassiali**

I biassiali più comunemente utilizzati hanno le fibre orientate a  $\pm 45^\circ$  e a  $0^\circ$  e  $90^\circ$ , meno utilizzati sono i biassiali  $\pm 30^\circ$  e  $\pm 60^\circ$ . Possono essere rinforzati con nastri unidirezionali localizzati.



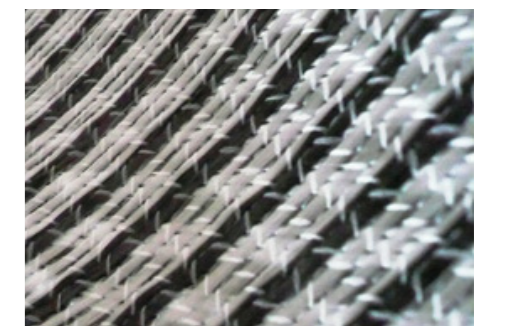
**Triassiali**

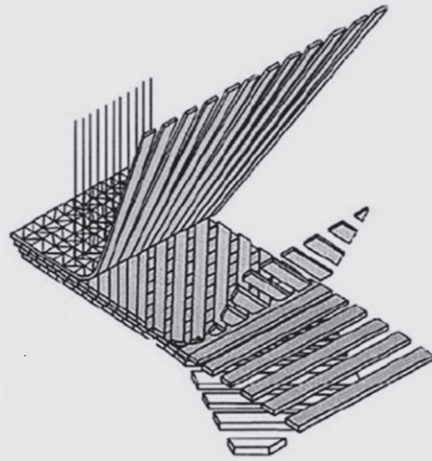
I triassiali più comunemente utilizzati hanno le fibre orientate a  $0^\circ \pm 45^\circ$  e a  $+45^\circ 90^\circ - 45^\circ$ .



**Quadriassiali**

I quadriassiali più comunemente utilizzati e conosciuti sono i tessuti aventi le fibre orientate a  $0^\circ + 45^\circ 90^\circ - 45^\circ$ .

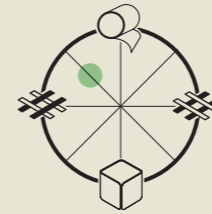
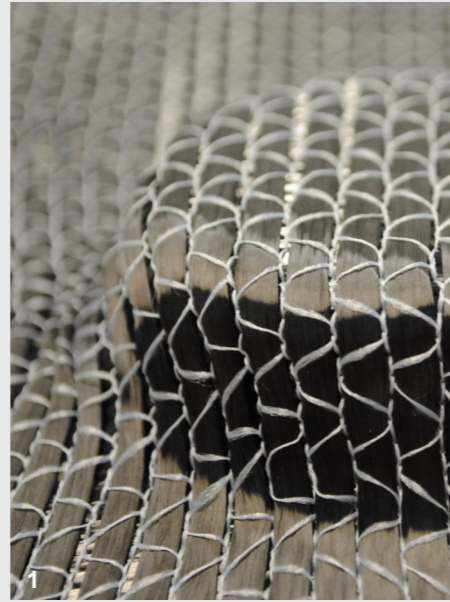




Definiti anche *non-crimp*, in quanto i layer che li costituiscono non sono interconnessi ma solamente cuciti, i tessuti multilayer sono capaci di assorbire e distribuire forze di elevata intensità grazie alla loro intrinseca struttura.

I fili disposti planarmente hanno generalmente una densità lineare maggiore rispetto a quelli disposti trasversalmente lungo lo spessore, per questo hanno il ruolo di portanti nel tessuto. Le fibre "di rinforzo" sono generalmente in carbonio o vetro, ma è possibile anche l'impiego di altri materiali. Il filo di "cucitura" è generalmente in fibre di poliestere. Mentre i layer sovrapposti influiscono sulle proprietà meccaniche planari, il

filo di cucitura conferisce il necessario sinforzo lungo lo spessore accrescendo così notevolmente la resistenza all'usura e l'integrità strutturale. La stabilità dimensionale di questi tessuti è controllabile variando la densità o il pattern del filo di cucitura.



Cucitura



## 2D WOVEN 2D FABRICS Plissettatura

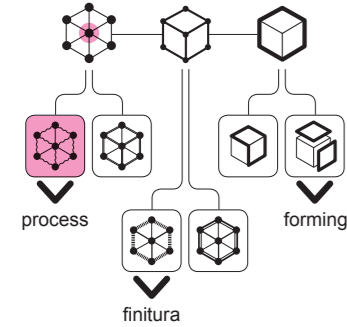
I tessuti plissettati (*plissé* o *pleated*) presentano pieghe disposte longitudinalmente, trasversalmente, diagonalmente o a formare un disegno particolare sulla faccia del tessuto. Le pieghe possono essere ottenute con varie tecniche, dalla tessitura alle tecniche di restringimento e finissaggio.



- realizzazione di plissettature permanenti senza operazioni successive alla tessitura;
- possibilità di impiego di fibrenche naturali data l'assenza di trattamenti termici;
- economia in termini di tempo e costi di lavorazione.



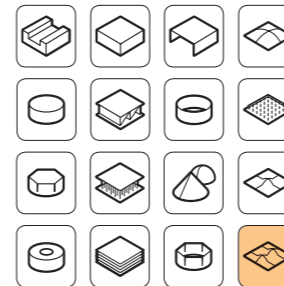
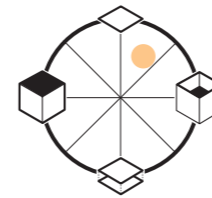
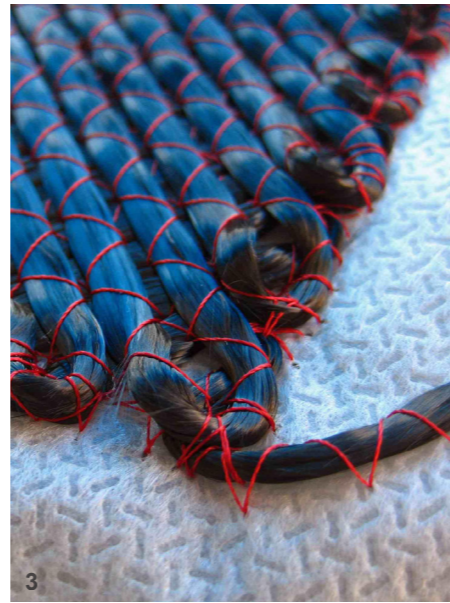
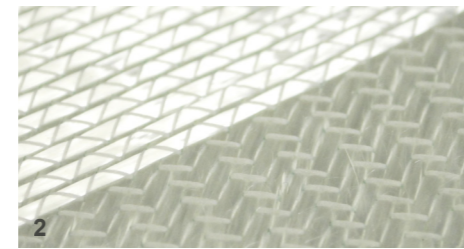
- variazioni della densità di trama in corrispondenza delle parti rialzate;
- limiti nella varietà di soluzioni formali ottenibili.



## WARP KNITTING Multiassiale

I tessuti multiassiali hanno un'ampia varietà di applicazioni, dai geotextiles ai materiali da costruzione, dalle automobili a componenti per l'industria nautica e aerospaziale.

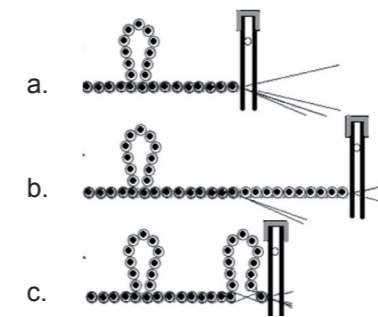
Grazie alle loro proprietà meccaniche, la flessibilità per quanto riguarda il design, i bassi costi di produzione ma soprattutto grazie alla notevole riduzione del peso che il loro impiego implica, vengono utilizzati nella realizzazione di fusoliere e ali di aerei, scafi di navi, vele, pale eoliche ma anche racchette da tennis, sci e snowboard.



## Panno

La plissettatura da telaio avviene in tre fasi:

- tessitura della base;
- tessitura del tratto che va a costituire la piega;
- formazione della piega.



Le pieghe possono essere su una o su entrambe le facce del tessuto. In ogni caso la loro formazione avviene in seguito al diverso tensionamento dei fili di ordito. Alcuni necessitano di essere più lunghi e quindi meno tensionati e altri più corti e più tensionati. Per questo motivo il telaio viene attrezzato con due subbi d'ordito e necessita di un device aggiuntivo per l'alimentazione del filo.

La densità del tessuto nella piega risulta inferiore rispetto a quella del tessuto di base. Questo perchè mentre quest'ultimo è ottenuto dall'intreccio di tutti i fili di ordito (sia i più che i meno tensionati) con i fili di trama, il primo è costituito dall'intreccio di un solo set di

fili d'ordito con fili di trama.

Perchè le pieghe non vadano a sovrapporsi la lunghezza del tessuto di base non deve essere inferiore alla metà della lunghezza del tessuto piegato.

www.chomarat.com  
www.gerster.com  
www.gavazzi.org  
www.scott-fyfe.com  
www.tailoredfiberplacement.com

Fig.1\_Gerster, tessuto non interlacciato ad elevata flessibilità

Fig.2\_Gavazzi, tessuto biassiale

Fig.3\_Tailored Fiber Placement, sistema di disposizione selettiva delle fibre per la realizzazione di preforme leggere per compositi ad elevate prestazioni.



### Plissettatura da tessitura

Questa si ottiene tramite un diverso attrezzaggio del telaio. Un device aggiuntivo consente di controllare la tensione dei fili di ordito in modo da ottenere il drappeggio.

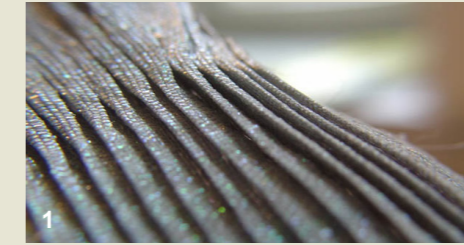
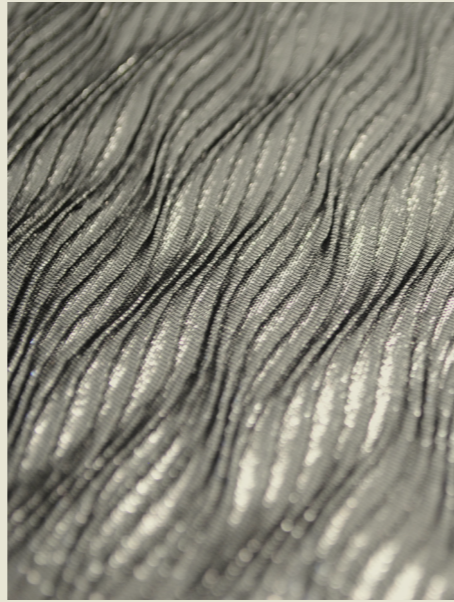
In genere, affinché la plissettatura sia resistente al lavaggio, occorre che il tessuto sia costituito almeno per il 50% da fibre sintetiche. Nel caso in cui il tessuto sia in puro cotone o lana è necessario un finissaggio con resine sintetiche che consentano di fissare la piega.

### Plissettatura da restringimento

Prodotta utilizzando filati sintetici con diverso comportamento termico così che, se sottoposti ad un aumento di temperatura, vi sia un restringimento selettivo. In questo modo è possibile gestire la configurazione delle pieghe.

### Plissettatura da finissaggio

Si tratta di una tecnica di stampaggio a caldo della forma desiderata. Anche in questo caso è necessario l'utilizzo di filati sintetici.



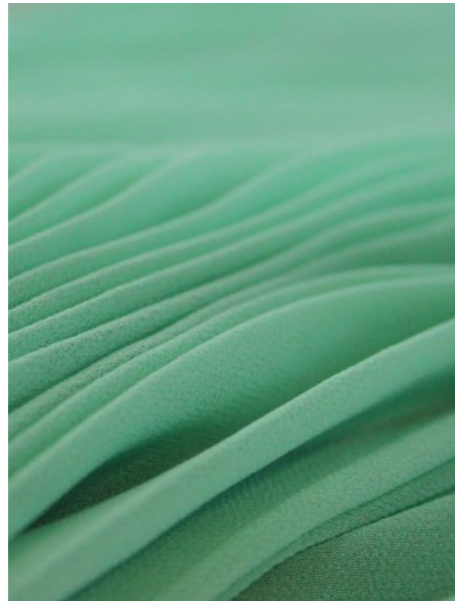
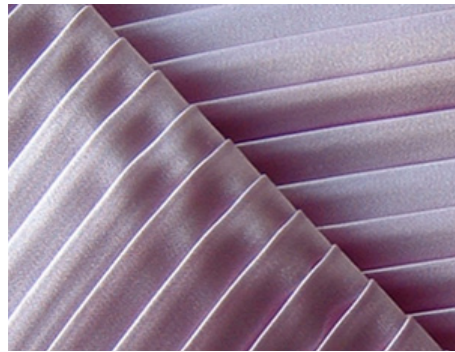
### 2D WOVEN 2D FABRICS Plissettatura

La plissettatura viene comunemente utilizzata in abbigliamento e tappezzeria per ridurre, in maniera strutturata, le dimensioni del panno.



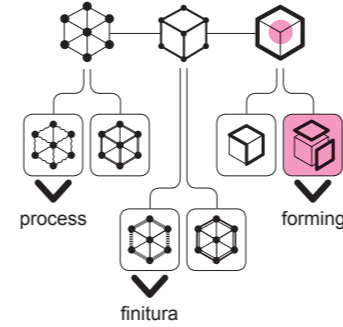
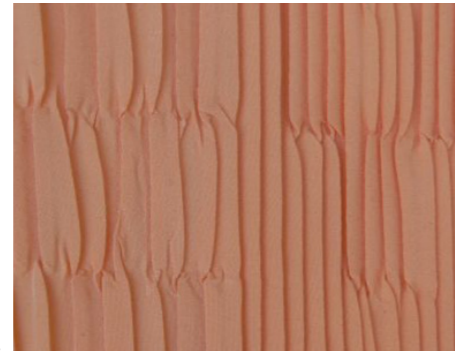
### Piega piatta

Si tratta della piega più semplice ottenibile. L'altezza della piega è definita e rimane costante per tutta la larghezza del panno.



### Piega variabile

Controllando le operazioni di apertura del passo e battura è possibile generare un pattern di pieghe.



La plissettatura viene comunemente utilizzata in abbigliamento e tappezzeria per ridurre, in maniera strutturata, le dimensioni del panno.

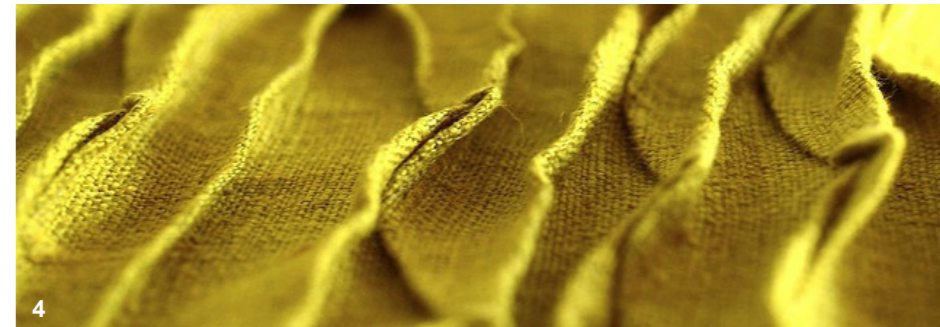


Fig.1\_Signe Rand Ebbesen, tessuto con piega variabile

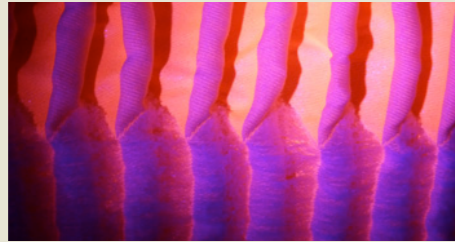
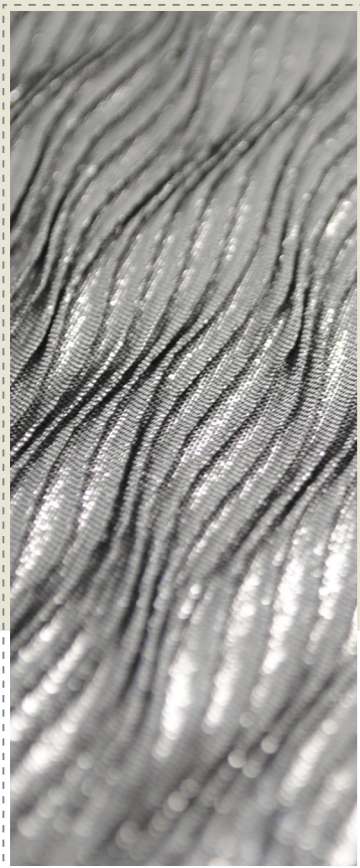
Fig.2\_Tensionamento selettivo dell'ordito con pattern irregolare

Fig.3\_Issey Miyake, sculptured dress

Fig.4-6\_Plissettatura con piega variabile

Fig.5\_Issey Miyake, plissettatura a caldo

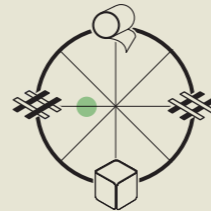
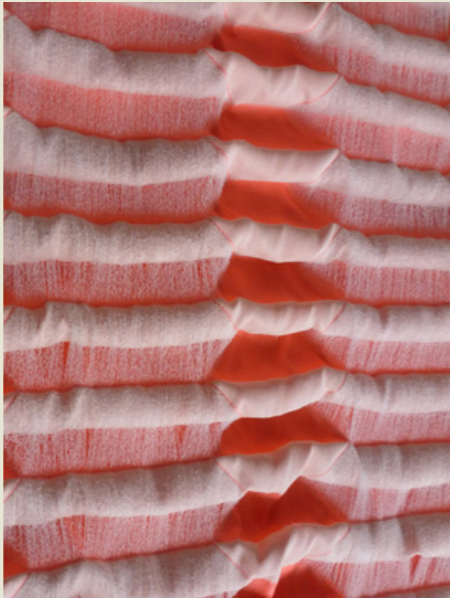




**X FORM**  
**Philippa Brock**

Il sistema di tensionamento del filo tipico della plissettatura è qui utilizzato per generare giochi di trasparenza e profondità dati dalla diversa densità di trama.

[www.tfrc.org.uk](http://www.tfrc.org.uk)



**2D WOVEN 2D FABRICS**  
**Controllo della trama**

Tramite controllo della trama è possibile ottenere tessuti a doppia curvatura utilizzando telai tradizionali. Le principali tecniche di formatura sono due:

- controllando il movimento di take-up, modificandone il ritmo e andando quindi ad incidere sulla spaziatura dei fili di trama;
- affinando diversi pattern di intreccio facendo così leva su diverse densità e sull'orientamento variabile del filo.



- realizzazione di strutture altamente tridimensionali senza cuciture;
- controllo del pattern;
- gestione dell'elasticità del tessuto anche in maniera localizzata con conseguente eliminazione degli sforzi generalmente dovuti alla deformazione dei tessuti tradizionali.



- limiti nei passaggi bruschi di forma (pattern geometrici con spigoli sono difficilmente realizzabili volendo mantenere una buona densità della trama).

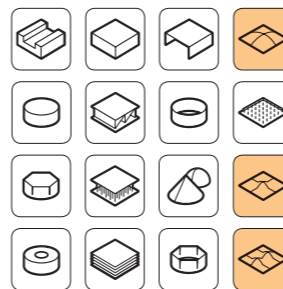
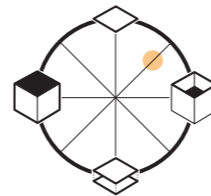
[www.imtex.it](http://www.imtex.it)  
[www.elitis.fr](http://www.elitis.fr)  
[www.schmiditaly.com](http://www.schmiditaly.com)



**PLEATE PLEASE**  
**Issey Miyake**

La collezione è interamente basata sulla funzione strutturante e conformante della plissettatura.

[www.isseymiyake.com](http://www.isseymiyake.com)



**Indice di curvatura**

I parametri formali delle superfici a doppia curvatura ottenibili possono essere valutati analiticamente utilizzando due metodi:

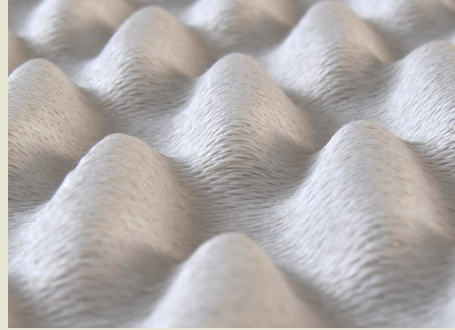
- Uno consiste nella valutazione della stampabilità misurando la profondità (altezza) della cupola in varie condizioni di carico. Questo metodo consente di definire sia le proprietà della cupola che la stampabilità del tessuto.
- L'altro metodo, il più interessante se si considera la realizzazione di tessuti tridimensionali senza ne-

cessità di lavorazioni successive alla tessitura, consente di calcolare l'effetto cupola con la seguente formula:

$$\frac{\text{densità di trama nella sezione piana} - \text{densità di trama nella cima de dome}}{\text{densità di trama nella sezione piana}} \times 100$$

Questa formula tiene in considerazione solo della densità dei fili di trama in quanto i fili d'ordito vengono tenuti a distanza costante dal pettine e non incidono quindi sulla formazione della cupola. Maggiore è il valore del dome index e maggiore sarà l'effetto cupola.



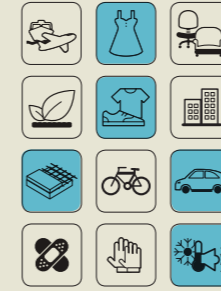
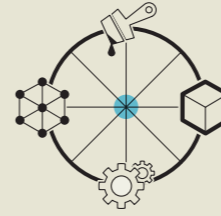
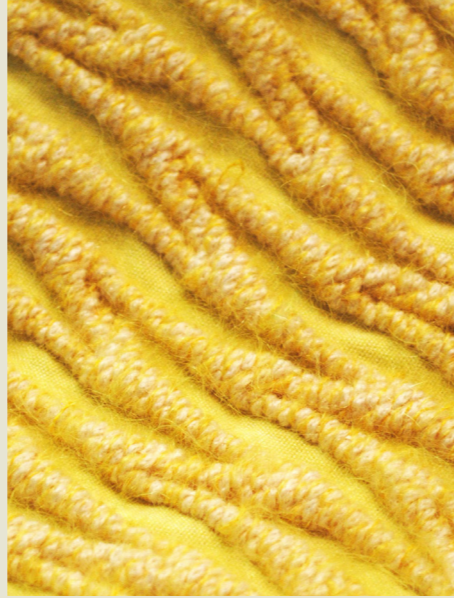


La doppia curvatura può essere ottenuta anche inserendo in uno stampo un normale tessuto bidimensionale. Questo tipo di processo implica il tensionamento disomogeneo del tessuto che viene sottoposto a degli sforzi che ne modificano le proprietà meccaniche e strutturali con il presentarsi di sforzi di taglio, perdita di torsione e scorrimento delle fibre nel filo e il formarsi di grinze.

Il tessuto può essere reso maggiormente stampabile utilizzando fili elastici, in questo modo però si riduce la possibilità di ottenere angoli concavi vivi e forme definite.

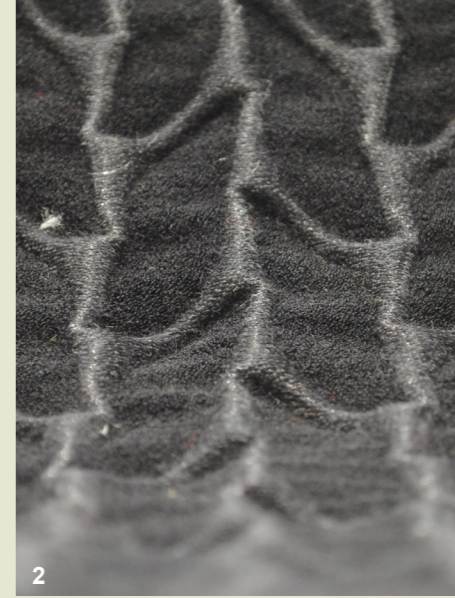
Per ovviare a tali problematiche questo tipo di tessuti può essere ottenuto sia direttamente da tessitura che tramite i tradizionali passaggi di taglio e cucitura successivi.

Il secondo caso è stato il più diffuso per molto tempo ma presenta notevoli limitazioni nell'applicazione in ambito tecnico dove la continuità della forma e delle fibre è molto importante in quanto corrisponde ad una continuità delle proprietà del tessuto e quindi del prodotto finito.



## 2D WOVEN 2D FABRICS Controllo della trama

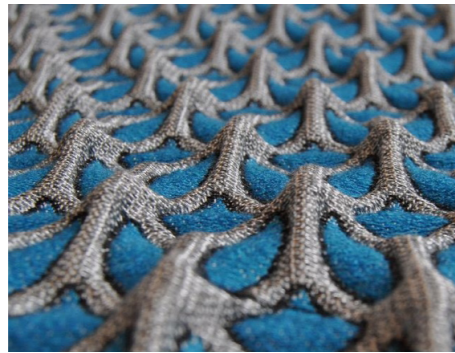
Lo sviluppo e l'applicazione dei tessuti a doppia curvatura nasce nell'ambito dei rinforzi per compositi. Tuttavia trovano impiego in altri ambiti: abbigliamento; sicurezza; elmetti protettivi; automotive (rivestimenti interni di portiere e cruscotti).



## Cupole

Variazioni del pattern

Il diverso tensionamento dei fili dovuto alla diversa struttura d'intreccio determina il presentarsi di aree in rilievo. Ad esempio un'armatura tela, la più strettamente intrecciata, può essere posta al centro seguita in maniera concentrica da un'armatura saia a passo due per terminare con un raso da cinque, il più lento dei tre intrecci. In un tessuto con densità di intreccio ordito-trama costante, le parti tessute in armatura tela tenderanno a sollevarsi dal piano del tessuto di base determinando così un restringimento della concentrica armatura raso che va ad accentuare l'effetto cupola.



## Cupole

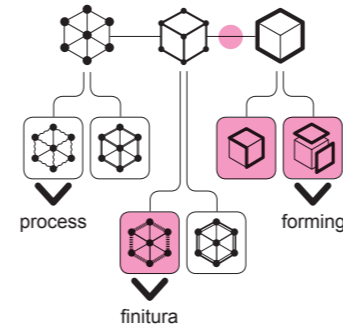
Variazioni della densità di trama

Nel caso in cui l'area in rilievo debba avere notevole estensione l'affiancamento di pattern diversi può non essere sufficiente.

In questi casi è preferibile impiegare una tecnica che deriva dall'accentuazione di un difetto che può presentarsi nella tessitura piana tradizionale: la variazione di densità nell'intreccio.

Mentre nei tessuti semplici le irregolarità nella densità di trama e ordito rappresentano delle situazioni non desiderabili, in questo caso sono richieste e controllate.

Al fine di ottenere una variazione controllata della densità della trama il telaio deve essere suddiviso trasversalmente in diverse aree nelle quali le operazioni di left-off dell'ordito e di take-up della trama possano essere controllate autonomamente.



Tessuti con doppia curvatura vengono impiegati per due principali caratteristiche:

- caratteristiche superficiali e potenziale espressivo del pattern ottenibile
- eliminazione degli sforzi in strutture sottoposte a carichi grazie alla continuità della superficie e alla sua conformazione da telaio.

Tali tessuti possono essere inseriti in stampi per ottenere configurazioni ancora più complesse e strutturalmente definite.

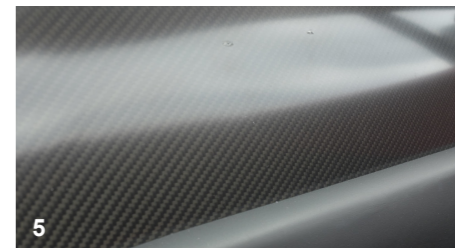
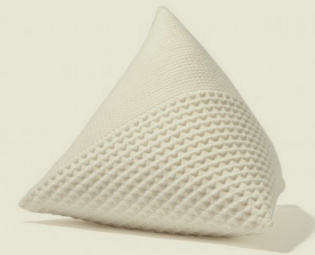


Fig.1-6\_Signe Rand Ebbesen, tessuto decorativo

Fig.2\_Aleksandra Gaca, tessuto per isolamento acustico (retro)

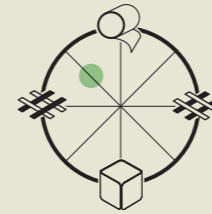
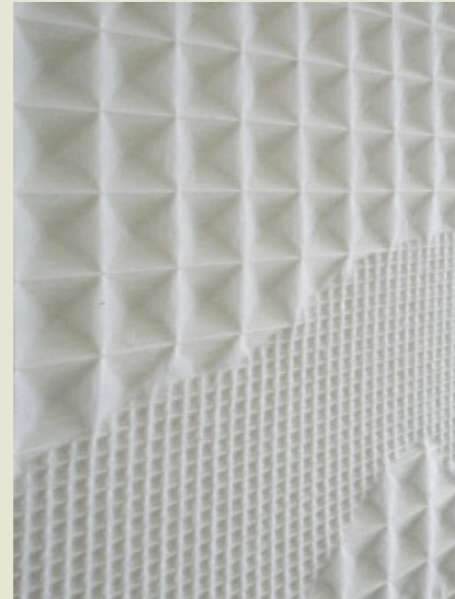
Fig.3-4-5\_Scocche in composito con rinforzo in tessuto conformato



**WAFFLE FURNITURE**  
**Samira Boon**

Lo studio di design tedesco impiega questa tecnica di tessitura in complementi di arredo per ottenere particolari effetti di trasparenza alla luce o di assorbimento acustico.

[www.samiraboon.com](http://www.samiraboon.com)



Cucitura



**2D WOVEN 2,5D FABRICS**  
**Tensionamento selettivo e tessitura faccia-faccia**

I tessuti 2,5D sono costituiti da tre set di fili uno dei quali va a disporsi nella direzione dello spessore. Noti come *pile* e tessuti faccia-faccia, vengono prodotti tramite telaio tradizionale rispettivamente ad una o due fronture.



- impiego di qualsiasi tipo di filato, sia in termini di fibra che di diametro del filo;
- esecuzione di pattern nel caso dei pile;
- controllo della struttura nei tessuti faccia-faccia.



- scarsa tridimensionalità delle forme;
- limitazioni nello spessore dei tessuti faccia-faccia dovute alle dimensioni della macchina (distanza tra le fronture).

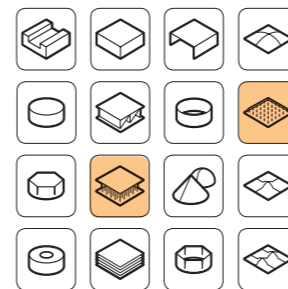
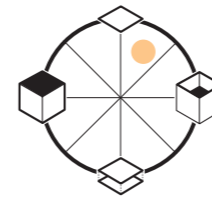
[www.casalis.be](http://www.casalis.be)  
[www.hybridsandfusion.com](http://www.hybridsandfusion.com)  
[www.schmiditaly.com](http://www.schmiditaly.com)



**ACOUSTIC TEXTILE**  
**Aleksandra Gaca**

Tessuti dalle proprietà acustiche per il rivestimento di pareti e complementi di arredo realizzati dalla designer polacca per Casalis.

[www.aleksandragaca.nl](http://www.aleksandragaca.nl)



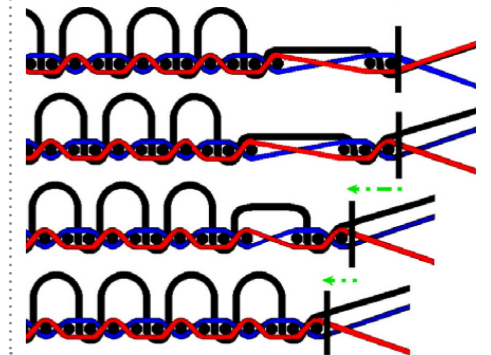
**Pile**

I tessuti di tipo pile possono essere considerati tridimensionali grazie al loro significativo spessore (solitamente compreso tra 0.6-1.3 cm).



**Telispuugna**

I cappi possono trovarsi sia su una sola faccia che su entrambe. È possibile quindi avere telispugna a faccia singola o doppia.





### Pile

Il termine deriva dal latino *pilus* (peli) ed indica genericamente tutti quei tessuti che presentano dei fili disposti verticalmente in direzione dello spessore.

Questi fili, grazie ad un tensionamento selettivo, formano dei cappi che, a seconda del prodotto finito da otte-

nere, possono essere tagliati o meno.

Ciò determina il delinearsi di due principali categorie:

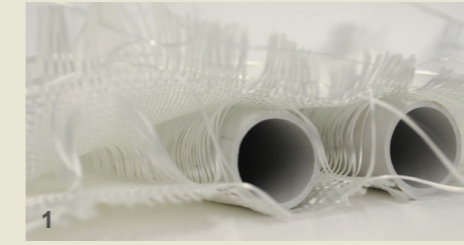
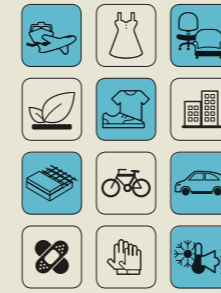
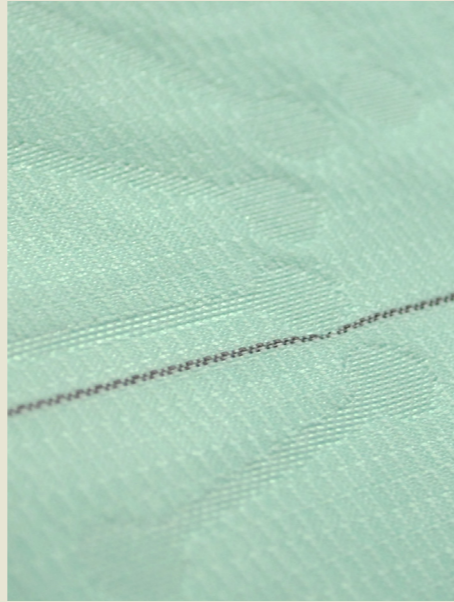
- pile tagliati, nei quali i fili verticali esposti sulla faccia del tessuto vengono tagliati, generalmente su telaio, fino ad ottenere lo spessore desiderato;
- pile non tagliati (con cappi), nei quali i cappi vengono lasciati integri.

### Tessuti faccia-faccia

Un altro metodo per ottenere prodotti simili è quello della tessitura faccia-faccia. Tale metodo di tessitura a doppia frontiera consente la produzione simultanea di due tessuti, uno sull'altro e interconnessi dal terzo set di fili d'ordito che attraversa lo spessore passando dal tessuto superiore a quello inferiore in base alla configurazione desiderata.

Questi fili di connessione possono essere poi tagliati o meno originando così due diverse tipologie di tessuto:

- velluto
- doppia parete (*spacer*)



### 2D WOVEN 2,5D FABRICS Tensionamento selettivo e tessitura faccia-faccia

#### Pile

Sono generalmente utilizzati in abbigliamento per cappotti, giacche, guanti e stivali, sia come tessuto esterno che

come controfodera. Ulteriori applicazioni si possono trovare in arredamento (tappeti, pavimentazioni e rivestimenti) e prodotti funzionali (tappeti erbosi artificiali).

#### Telispuugna

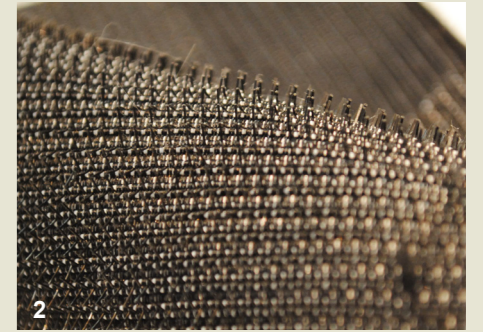
L'impiego è attualmente ridotto alla realizzazione di teli da bagno e elementi assorbenti di vario tipo, con qualche soluzione anche nel campo dell'abbigliamento.

#### Velluto

Oltre che per l'abbigliamento è utilizzato anche in edilizia e automotive come rivestimento murale per interni, tappezzeria e passamaneria.

### Tessuti a doppia parete

Particolarmente adatti per essere riempiti o lavorare in contatto con aria, gas, acqua, gel e liquidi (filtraggio), sabbia (isolamento acustico), suolo (geotextiles) e materiali per irrigidimento quali cemento o resine.

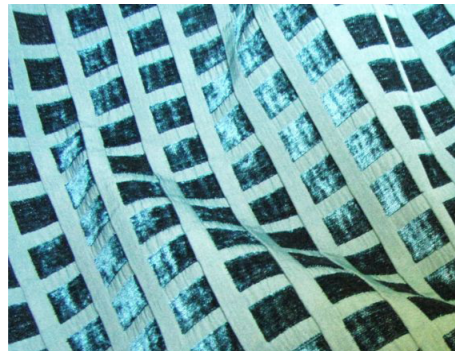
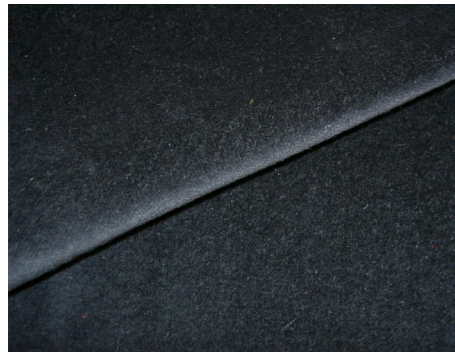


### Velluti

Tessuti faccia-faccia

I velluti possono essere classificati, in base alla disposizione dei fili pile, in:

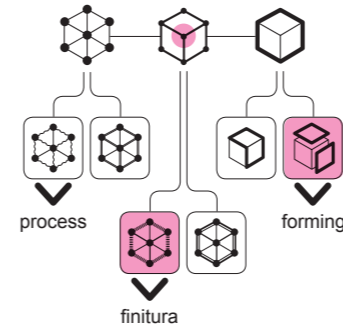
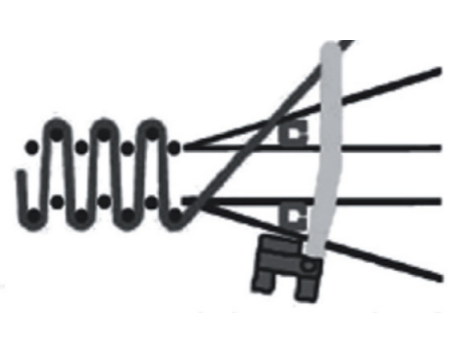
- pile d'ordito o velluti (*velvet*)
- pile di trama o vellutini (*velveteen*)



### Doppia parete

Tessuti faccia-faccia

I tessuti a doppia parete, o *spacer fabrics*, vengono prodotti con la stessa tecnica utilizzata per i velluti ovvero tramite telaio faccia-faccia.



Mentre i pile, i telispugna e i velluti hanno principalmente la funzione di rivestimento - una possibile reinterpretazione può nascere dal sovradimensionamento dei fili e dei cappi - i tessuti a doppia parete garantiscono elevata stabilità delle strutture e l'ottenimento di superfici dimensionalmente stabili impedendo rigonfiamenti o torsioni anche se sottoposte a carichi pesanti.

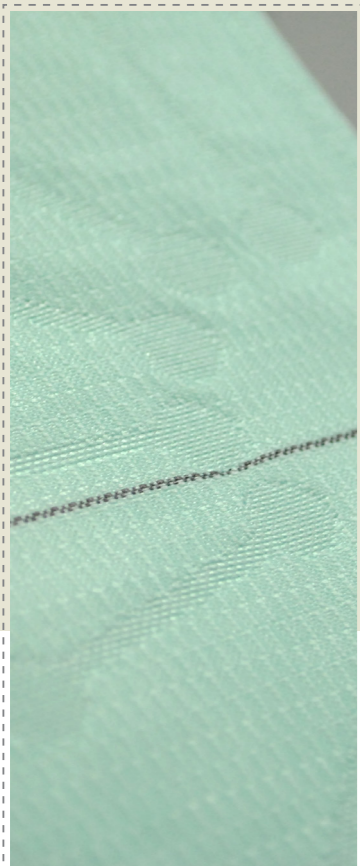
Fig.1\_3D Weaving, *spacer fabric* in fibra di vetro

Fig.2-4\_3D Weaving, pile tagliato e non in fibra sintetica (nylon)

Fig.3\_Capospalla con parti in pile tagliato

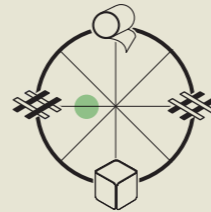
Ad esempio vengono impiegati per elementi gonfiabili ai quali sono richieste specifiche caratteristiche meccaniche come imbarcazioni, materassi per attività ginniche o airbags.





**MACRO-PILE CARPET**  
**Ruckstuhl**

Tappeti con intreccio pile, tagliato o meno, realizzati con filati fidi grande diametro o capi di lunghezza elevata. Filati diversi possono essere accostati nella stessa struttura sia in termini di dimensioni che di materiali e colori.



**2D WOVEN 3D FABRICS**  
**Multilayer**

I tessuti a navetta tridimensionali multi-layer sono caratterizzati dalla presenza di vari filati sovrapposti e tessuti assieme tramite diverse tecniche di intreccio. In alcuni casi, per aumentare la frazione volumetrica delle fibre o la resistenza planare del tessuto, è previsto l'inserimento di fili rettilinei di rinforzo.



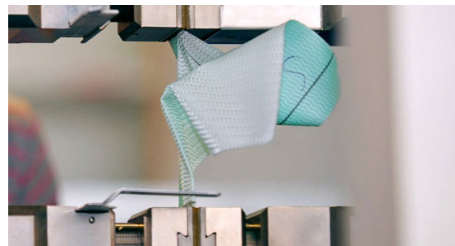
- possibile l'affinamento di filati di materiali e colorazioni differenti;
- inserimento di fili di rinforzo;
- possibilità di esecuzione di pattern tridimensionali anche complessi;
- libertà formale in termini di sezione trasversale del pezzo;
- variazioni di spessore all'interno dello stesso panno.



- limitazioni nello spessore a causa del processo stesso che prevede la costruzione di un layer alla volta;
- ridotta produttività delle macchine;
- esposizione a stress da tensionamento del filato a causa delle numerose movimentazioni richieste per la stratificazione.

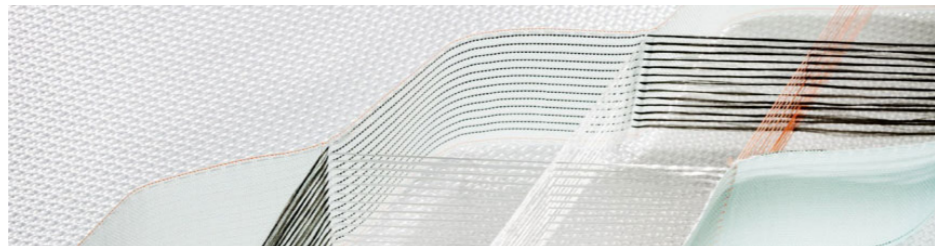
[www.global-safety-textiles.com](http://www.global-safety-textiles.com)

[www.3dweaving.com](http://www.3dweaving.com)  
[www.karlmayer.com](http://www.karlmayer.com)  
[www.ruckstuhl.com](http://www.ruckstuhl.com)

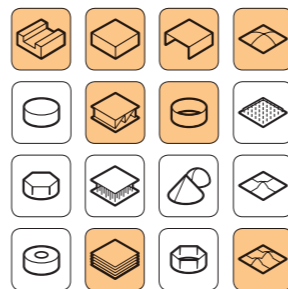
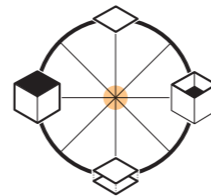


**X-TETHERS AIRBAGS**  
**Global Safety Textiles**

Tessuti spacer ad alte prestazioni vengono impiegati per la realizzazione di airbags nei quali il controllo della deformazione in seguito al gonfiarsi della struttura è molto importante. I fili di connessione tra le due pareti del tessuto faccia-faccia presentano



una particolare configurazione ad X e la loro disposizione è controllabile in modo da gestire anche la forma del pezzo finito una volta riempito d'aria.



I tessuti multilayer possono avere strutture compatte e dense nelle quali tutti i layers sono strettamente connessi l'uno all'altro, o strutture con cavità, dette core fabrics o tessuti con nucleo, nelle quali vi sono degli spazi vuoti tra i livelli.

Le principali tipologie di strutture ottenibili sono:

- planare
- conformata
- *spacer* o *hollow*
- tubolare o nodale

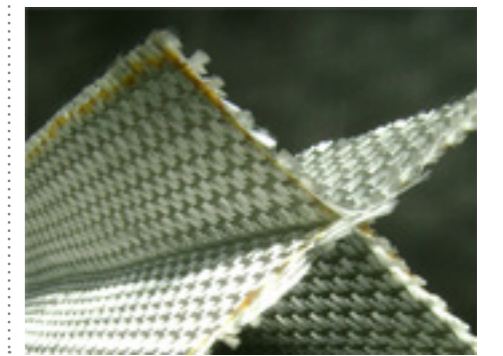
**Tessuti planari**  
Angle interlock

Tramite il connettersi o meno dei due panni che li costituiscono è possibile ottenere pattern o parti estese tridimensionali cave.



**Tessuti conformati**  
Angle interlock

Tramite la stessa tipologia di intreccio è possibile ottenere pezzi finiti con sezione trasversale complessa.

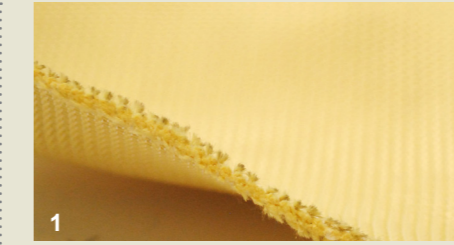
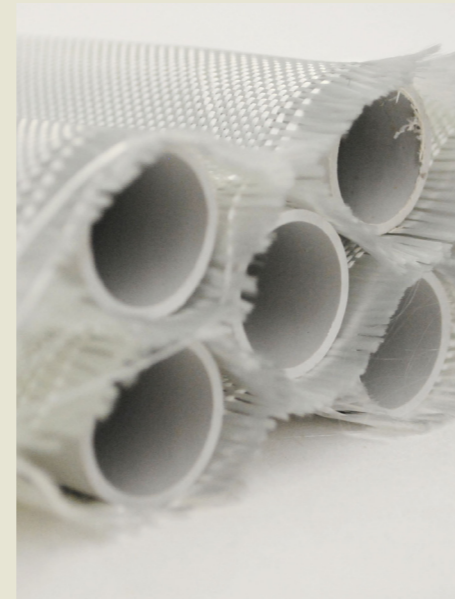
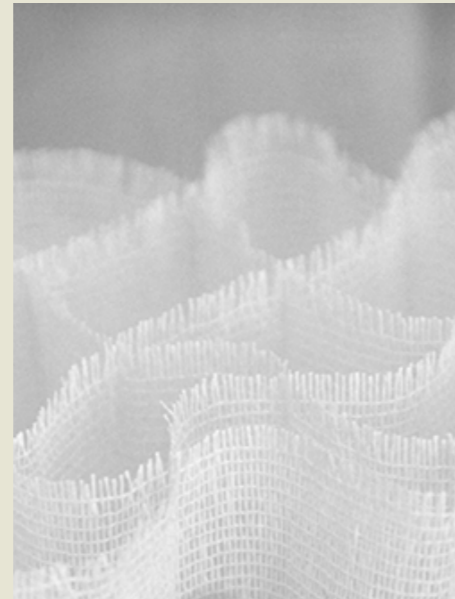






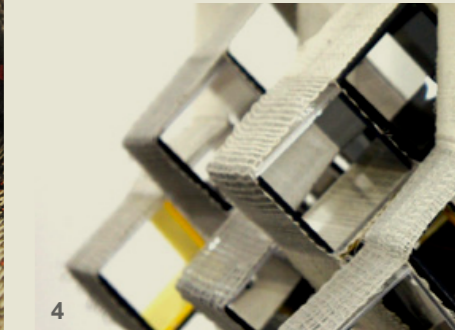
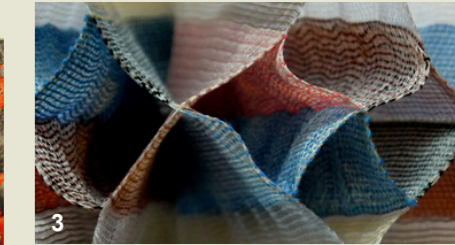
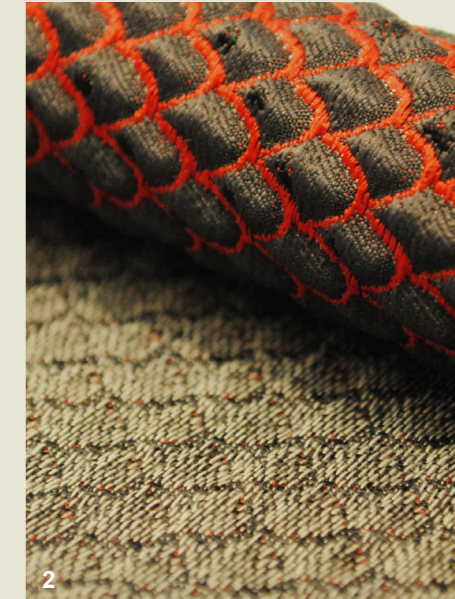
I vari livelli sovrapposti possono essere interconnessi tramite due sistemi di cucitura:

- *selfstitching*, ovvero utilizzando i fili già presenti nell'intreccio;
- *central stitching*, con l'aggiunta al processo di un ulteriore set di filati per la giunzione dei livelli.



## 2D WOVEN 3D FABRICS Multilayer

I tessuti multilayer nascono per applicazioni industriali principalmente nei compositi come elementi strutturali o nella filtrazione. Tuttavia non mancano sperimentazioni nell'ambito del design e del fashion.



### Tessuti spacer (o hollow)

Tessuti cavi strutturati detti *spacer*, *hollow* o *tubolari* (o *nodali*), che seguono il principio dei multilayer consentendo tuttavia il controllo della sezione trasversale.

Essi escono da telaio già strutturati ma in forma planare per poi acquisire tridimensionalità sotto determinati carichi in maniera manuale o autonoma.

Vi sono due tipologie base di strutture:

- con superfici esterne piane
- con superfici esterne irregolari

### Superfici esterne piane

Strutturate tramite un disegno preciso della sezione e quindi delle pareti di tessuto che fanno da connessione tra il panno superiore e il panno inferiore.



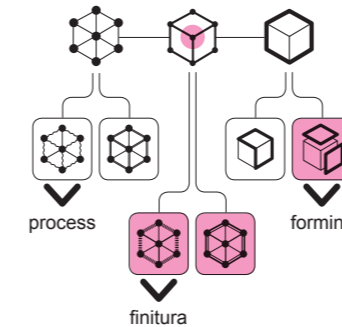
### Superfici esterne irregolari

Livelli di tessuto adiacenti vengono connessi o disconnessi creando delle cavità. Le celle ottenute presentano generalmente forma esagonale.



### Tubolari (o nodali)

I tessuti tridimensionali nodali consistono nella giunzione di strutture tubolari collocate sullo stesso piano con incrocio bidimensionale.



Grazie all'intercapedine che può formarsi tra i layer, questi tessuti risultano particolarmente adatti per applicazioni in cui la traspirabilità è un parametro determinante.

Il loro impiego è così ampiamente diffuso nell'abbigliamento ma anche nel settore dei complementi di arredo, con schienali per sedute da ufficio o membrane traspiranti.

I multilayer compatti presentano una struttura molto stabile e hanno un comportamento meccanico semi-rigido, non flessibile come i normali tessuti.

Per quanto riguarda gli *spacer*, essi possono assumere configurazioni anche complesse e, se impregnati, svolgere funzioni strutturali.

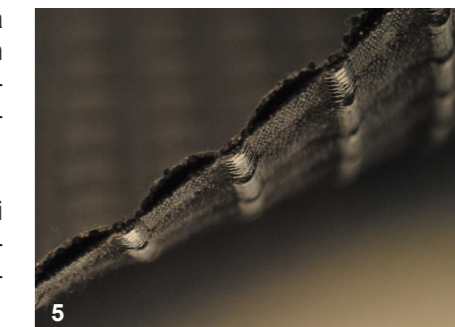
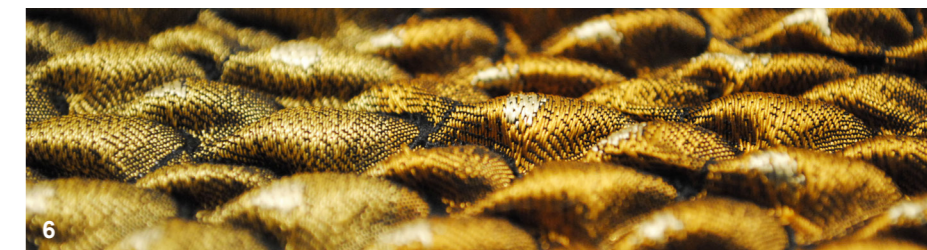


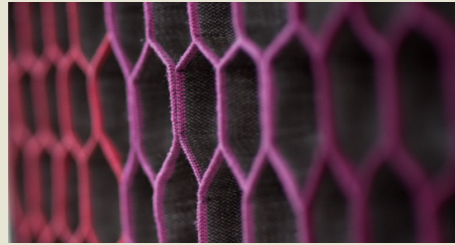
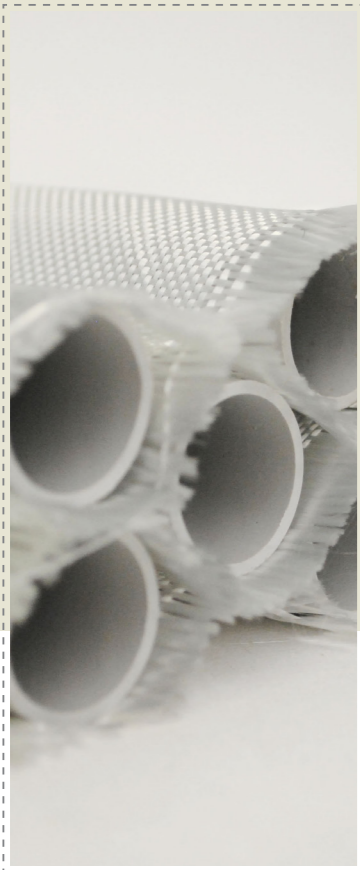
Fig.1\_3D Weaving, multilayer semirigido

Fig. 2-6\_Decatex, tessuti decorativi a panno doppio

Fig.3\_Jane Harper, complementi d'arredo in tessuto *spacer*

Fig.5\_Hybrids and Fusion, tessuto per sedute a panno doppio con pattern geometrico

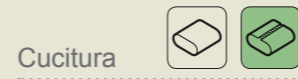
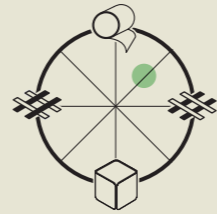




**HONEYCOMB SERIE  
SHE design**

La struttura a nido d'ape viene impiegata per le sue proprietà estetiche e funzionali per strutturare elementi d'arredo o pareti divisorie.

[www.shedesign.no](http://www.shedesign.no)



**2D WOVEN 3D FABRICS  
Multilayer non interlacciati**

I tessuti multilayer non interlacciati presentano un tipo di intreccio ortogonale nel quale i fili di ordito sono disposti su righe e colonne e tenuti assieme da quelli di trama senza interlacciamento degli stessi.

Il sistema produttivo dei tessuti non interlacciati è relativamente semplice, sia che si tratti degli uniassiali che dei multiassiali, e consente di ottenere due principali tipologie di strutture:

- solide (planari e profilati)
- cave (tubolari)



- conservazione della linearità delle fibre e delle loro proprietà meccaniche grazie al non interlacciarsi dei filati;
- buona resistenza alla delaminazione;
- possibile ottenere tessuti conformati con sezioni trasversali anche complesse;
- illimitata combinazione di filati di materiali e dimensioni diversi all'interno della stessa struttura.



- elasticità del panno nulla;
- impiego esclusivo di filati tecnici.

[www.3dweaving.com](http://www.3dweaving.com)  
[www.luxaflex.com](http://www.luxaflex.com)

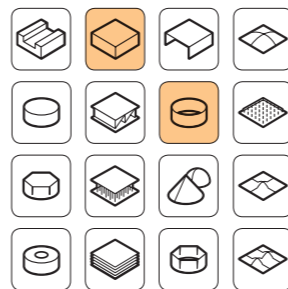
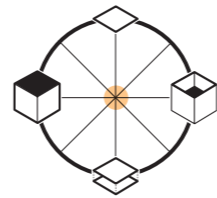
[www.casalis.be](http://www.casalis.be)  
[www.decatex.it](http://www.decatex.it)  
[www.hybridsandfusion.com](http://www.hybridsandfusion.com)



**FACETTE SHADES  
Luxaflex**

La tessitura face to face consente, in questo caso, di connettere in maniera semimobile i due strati di cui è composta la tenda in modo che, scorrendo tra di loro senza mai separarsi, ne modifichino la trasparenza.

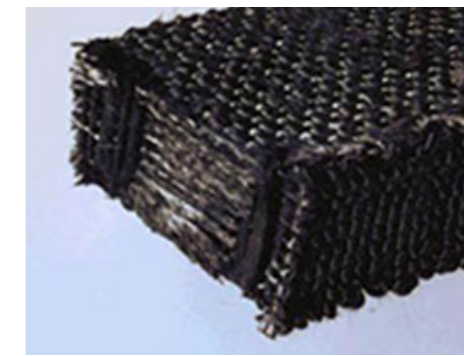
[www.luxaflex.com](http://www.luxaflex.com)



**Solide**

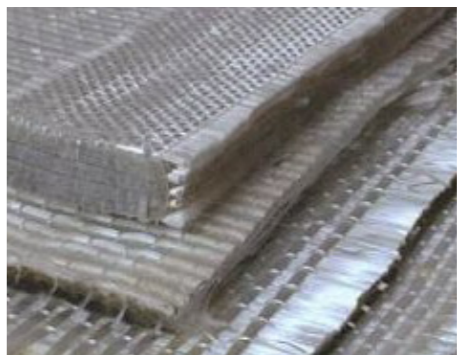
Se i set di fili sono solidamente interconnessi è possibile ottenere:

- semilavorati planari con spessore controllabile;



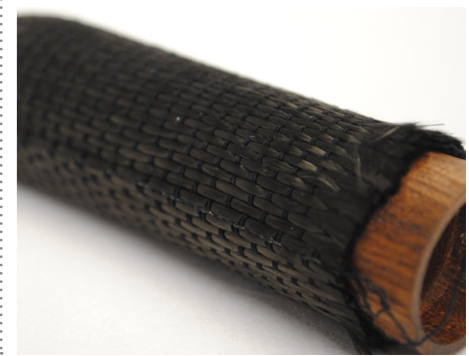
- profilati con sezione trasversale customizzabile.

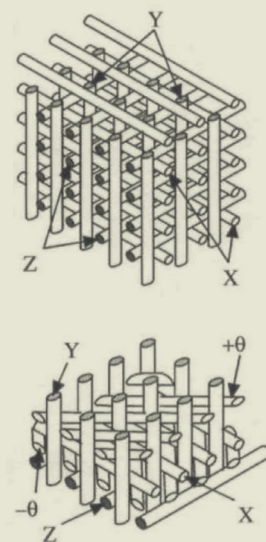
È infatti possibile ottenere anche forme vicine a quelle del prodotto finito con sezioni ad esempio a I, T, Π, H, così come travi o barre.



**Tubolari**

Si tratta di una tipologia di sezione trasversale ottenibile e deriva dall'isperimento o meno di alcuni set di filati nella struttura.



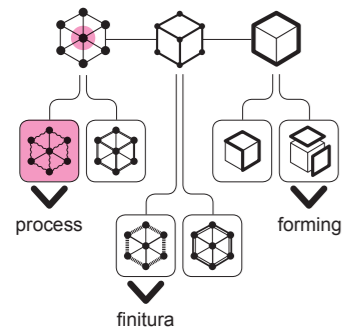


Il processo produttivo dei tessuti ortogonali, anche noto come **NOOB-ING** (acronimo di Non-interlacing, Orthogonally Orientating and Binding) risponde ai seguenti principi:

- 1.deve consentire l'assemblaggio dei filati con orientamento ortogonale senza increspature del filo;
- 2.deve presentare un sistema di giunzione che tenga assieme i set di filati;
- 3.tale sistema di giunzione non deve essere di tipo termico o adesivo e il tessuto risultante non deve essere costituito da una serie di panni sovrapposti e cuciti assieme.

I tessuti così costituiti possono essere indicati come *ortogonali* e distinti in due grandi categorie:

- *uniassiali*, prodotti con telaio tradizionale apportandovi alcune modifiche. Il tessuto risultante ha tre set di filati ortogonalmente disposti (x, y, z);
- *multiassiali*, richiedono l'impiego di macchinari appositamente progettati. Il tessuto risultante presenta tre set di filati ortogonali (x, y, z) con l'aggiunta di un set di fili lineari disposti in direzione biassiale ( $\pm\theta$ ).



Grazie alla possibilità di limitare il grado di increspatura del filo e ottenere sezioni trasversali anche complesse, i tessuti multilayer non interlacciati trovano ampio impiego in applicazioni ingegneristiche ove l'uniformità delle proprietà meccaniche e la continuità delle superfici sono fattori determinanti.

Fig.1\_Spheretex, tessuto multilayer piano

Fig.2\_Gerster, tessuto multilayer tubolare

Fig.3\_Biteam, tessuti multilayer con sezioni trasversali complesse per il rinforzo di compositi

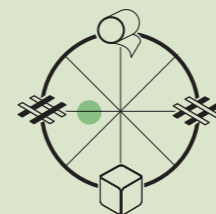
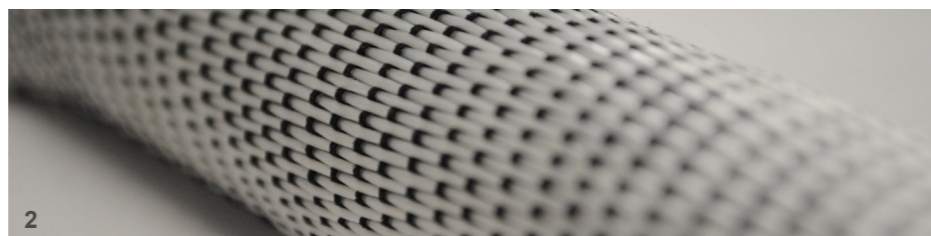
[www.spheretex.de](http://www.spheretex.de)

[www.ballyribbon.com](http://www.ballyribbon.com)

[www.biteam.com](http://www.biteam.com)

[www.gerster.com](http://www.gerster.com)

[www.sigmatex.com](http://www.sigmatex.com)



Cucitura

## 2D BRAIDING

### Maypole Braiding e overbraiding

Tre o più filamenti vengono intrecciati tra di loro in una formazione diagonale a formare strutture piane, tubolari o solide. Generalmente il braiding è impiegato per la produzione di tessuti piani o tubolari di larghezza ridotta con dimensioni che dipendono dal numero di bobine con cui viene attrezzata la macchina.

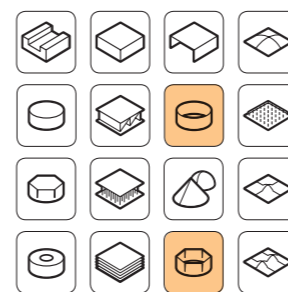
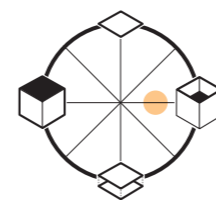
Nei diametri maggiori è possibile l'introduzione di un'anima in corrispondenza dell'asse di trecciatura per la produzione di sezioni trasversali complesse e variabili (*overbraiding*).



- assenza di cuciture;
- buona versatilità di ingegnerizzazione con possibilità di realizzare tubolari con geometrie anche complesse;
- minimizzazione dei pesi se applicate come rinforzo nei compositi;
- possibilità di inserire filati diversi nello stesso pezzo (ideale per sistemi multimateriale);
- ciclo di produzione rapido.



- limiti per quanto riguarda le dimensioni del diametro a causa della loro diretta derivazione dalle dimensioni della macchina;
- danneggiamento dei filati, soprattutto se coinvolti in applicazioni per alte prestazioni, dovuto al loro posizionamento fuori asse rispetto alla direzione di carico.



Tramite trecciatura tradizionale è possibile ottenere sia tessuti piani che conformati tridimensionalmente.

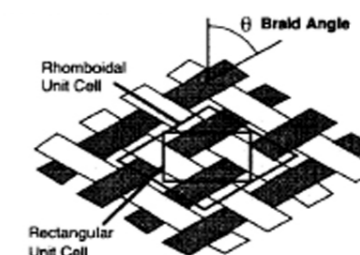
Nel primo caso fili assiali di rinforzo possono essere inseriti nella trecciatura con lo scopo di rinforzare il tessuto incrementandone la resistenza e riducendo l'allungamento.

Nel secondo caso si possono avere diverse configurazioni. Le principali sono:

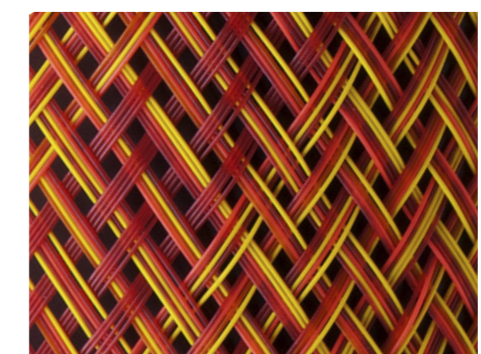
- biassiale
- triassiale
- pizzo

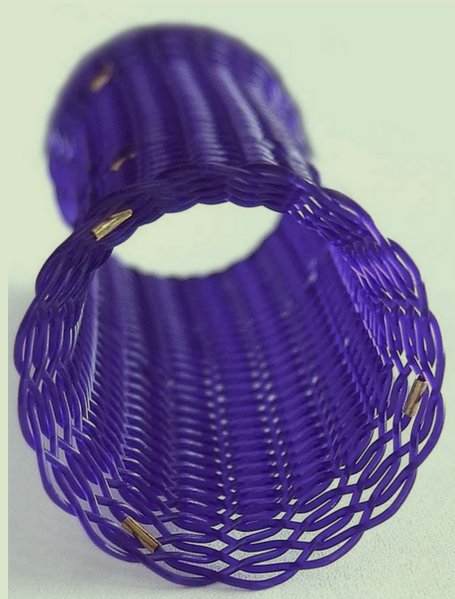
## Biassiale

La forma più comune di trecciatura è quella biassiale nella quale due set di filati vengono intrecciati tra di loro in una formazione diagonale. A seconda della quantità di fili movimentati si possono distinguere vari pattern.



I più comuni sono 1/1, 2/2, 3/3 comunemente chiamati rispettivamente: *diamante*, *regolare* e *Hercules*.

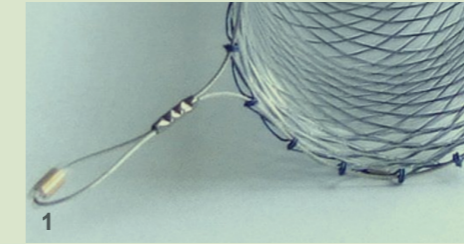
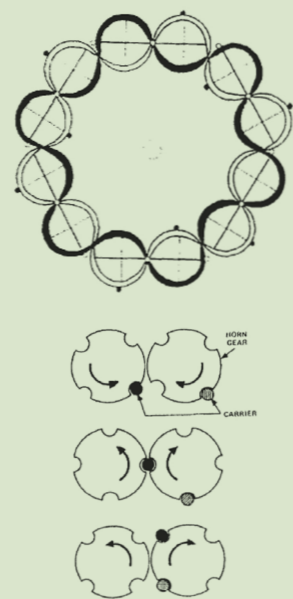




Si tratta di un processo tessile semplice nel quale i supporti (guidafili) di due set di fili ruotano su un percorso circolare, uno in senso orario e l'altro in senso antiorario. La controrotazione dei guidafili determina la formazione del tessuto trecciato.

Su di un supporto circolare si muovono degli ingranaggi dentati costituiti da una parte motrice inferiore e una parte scanalata superiore nella quale vengono fissate le bobine di filo.

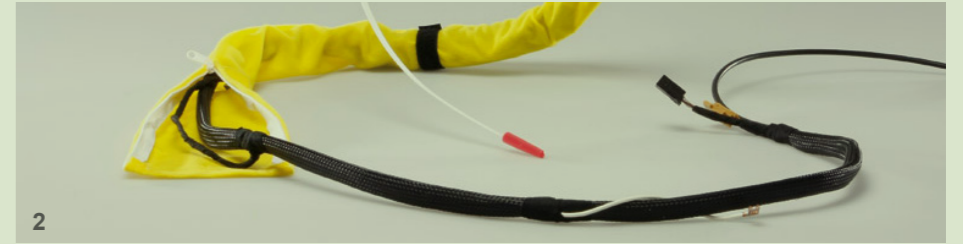
Queste vengono trasferite da un ingranaggio all'altro descrivendo così un percorso sinusoidale.



## 2D BRAIDING

### Maypole Braiding e overbraiding

Alcuni esempi di applicazioni commerciali in prodotti ad alte prestazioni: preforme con geometrie anche complesse, corde ingegnerizzate, case di turbine, elementi strutturali gonfiabili, telai e ruote di biciclette.

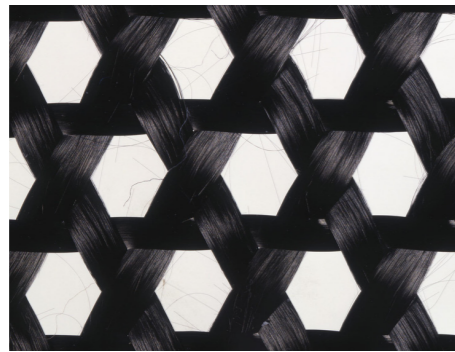
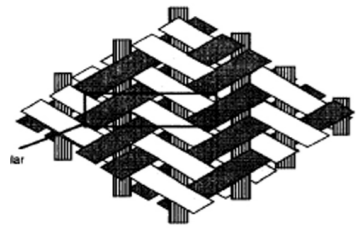


Un'applicazione speciale si può trovare in ambito medicale dove dei fili in SMA vengono trecciati per la realizzazione di stent chirurgici. Un fenomeno interessante è quello che riguarda il loro comportamento quando soggette a compressione in direzione assiale. Il loro diametro accresce notevolmente con conseguente diminuzione della densità d'intreccio.



## Triassiale

Fili assiali di rinforzo vengono inseriti nella trecciatura con lo scopo di rinforzare il tessuto incrementandone la resistenza e riducendo l'allungamento. Controllando la dimensione relativa di

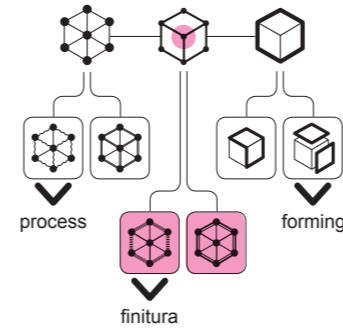
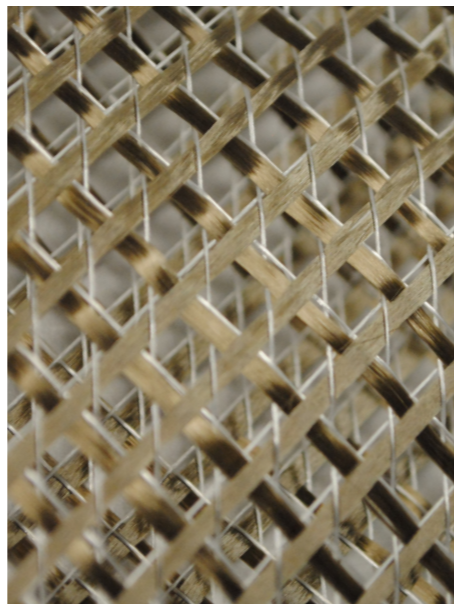


fili assiali e di trecciatura è possibile ottenere un'ampia gamma di proprietà.

Anche nella trecciatura triassiale è possibile ottenere i pattern menzionati per la biassiale.

## Pizzo

Movimentazioni del filo semplici sono combinate per ottenere pattern complessi. Ogni ingranaggio è controllato autonomamente consentendo così ai guidafilo di cambiare direzione ad ogni ciclo macchina. Questo consente di ottenere una combinazione pressoché infinita di pattern. Un'operazione di battitura consente di controllare la densità del trecciato compattandolo durante la fabbricazione.



Una delle caratteristiche più interessanti dei tessuti trecciati è il loro comportamento quando soggetti a compressione assiale. L'elevata libertà di movimento dei filati all'interno dell'intreccio, consente notevoli variazioni nella densità della trama che si traducono in un considerevole aumento o diminuzione di diametro del pezzo.

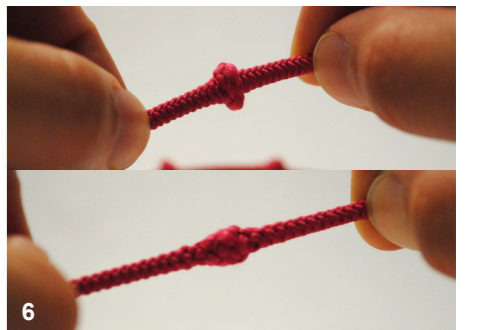
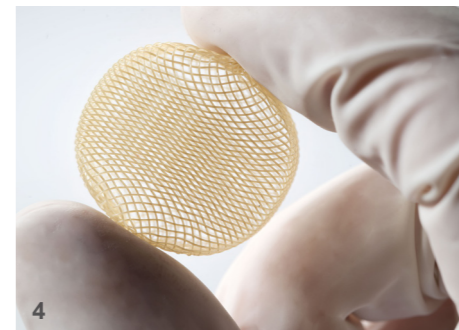
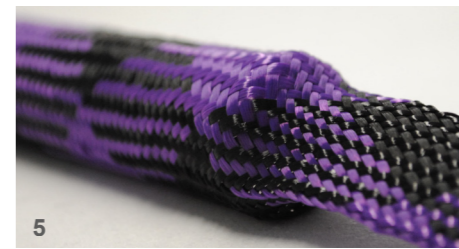


Fig.1-4 \_Secant Medical, stent vascolare e altre applicazioni biomedicali

Fig.2-3 \_Langendorf, sistema di raccolta cavi e trecciato con tubo per riscaldamento fluido di parti motore

Fig.5 \_Braider, trecciato con pattern

Fig.6-7 \_Xtenex, stringhe per calzature





**TELAIO IN CARBONIO  
Delta 7**

Il telaio, sviluppato in collaborazione con la Brigham Young University (Utah), è costituito da filati in fibra di carbonio di grandi dimensioni intrecciati in una struttura aperta.

[www.delta7bikes.com](http://www.delta7bikes.com)



**3D BRAIDING  
Horngear  
Rotary braiding**

Il 3D Rotary Braiding richiede l'impiego di appositi macchinari sviluppati a partire da quelli per la tecnica Maypole. In questo caso i guidafile seguono delle traiettorie complesse lungo una traccia sul piano di trecciatura.

Il piano di trecciatura consiste in una matrice bidimensionale di ingranaggi dentati (*horngears*). Ogni ingranaggio può accogliere fino a quattro bobine e ruotare sia in senso orario che antiorario.



- assenza di cuciture;
- produzione di tessuti trecciati con fibre orientate in qualsiasi direzione;
- possibilità di realizzare tubolari con geometrie anche complesse e sezione trasversale gestibile e variabile durante la lavorazione;
- riduzione degli scarti di produzione.



- limiti per le dimensioni del trecciato che dipendono dalle dimensioni del piano di trecciatura. Queste risultano essere sempre circa trenta volte maggiori rispetto a quelle del pezzo finito.

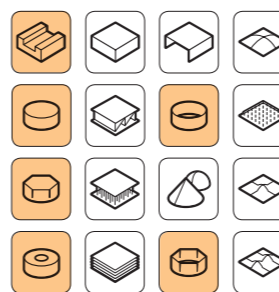
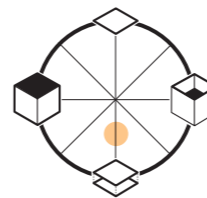
- [www.jddtech.com](http://www.jddtech.com)
- [www.xtenex.com](http://www.xtenex.com)
- [www.secantmedical.com](http://www.secantmedical.com)
- [www.3tex.com](http://www.3tex.com)
- [www.sgl-kuempers.com](http://www.sgl-kuempers.com)
- [www.chomarat.com](http://www.chomarat.com)
- [www.braider.com](http://www.braider.com)
- [www.langendorf-textil.com](http://www.langendorf-textil.com)



**BRAID RUNNER  
Joël Salamin**

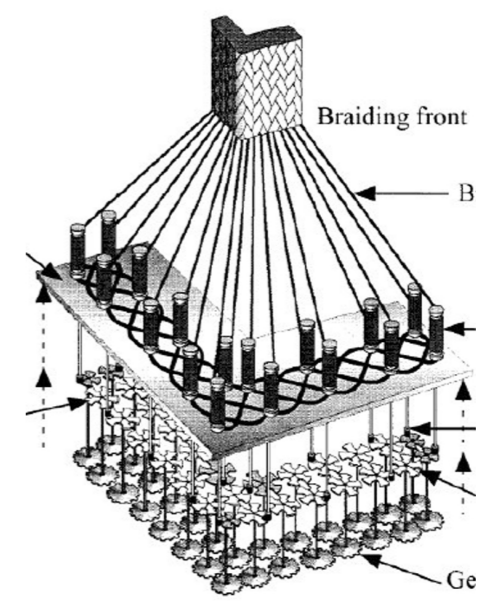
La tomaia della scarpa è realizzata in un pezzo unico tramite over-braiding.

[www.joelsalamin.com](http://www.joelsalamin.com)



Per quanto riguarda le forme ottenibili tale tecnica è molto versatile. Consente infatti di produrre sezioni trasversali variabili sia nella forma (ad I, U, T, X) che nel diametro con un sistema totalmente automatizzato. La gestione del movimento di ogni singola bobina consente di ottenere variazioni di sezione, diramazioni o aperture senza mai interrompere la continuità del filo.

Un programma di trecciatura prevede una disposizione iniziale delle bobine correlata alla sezione trasversale del pezzo da ottenere.

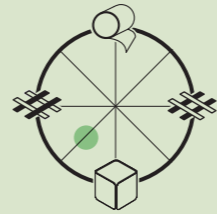
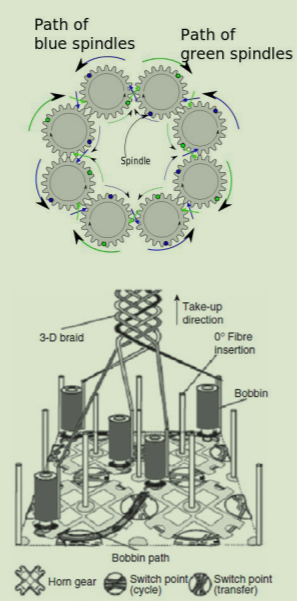




Ogni ingranaggio dentato è dotato di un meccanismo speciale di frizione che consente di controllare la rotazione o l'arresto della connessa bobina. Delle scanalature nel piano di lavoro della macchina fanno da guida.

Degli switches, posti tra gli ingranaggi dentati, consentono di trasferire le bobine da un ingranaggio a quello adiacente.

Ogni bobina può seguire vari percorsi, più o meno lunghi e complessi, lungo il tracciato prima di tornare alla sua posizione di partenza. Tali percorsi possono anche essere variati in corso d'esecuzione cambiando lo stato di alcuni switches.



Cucitura



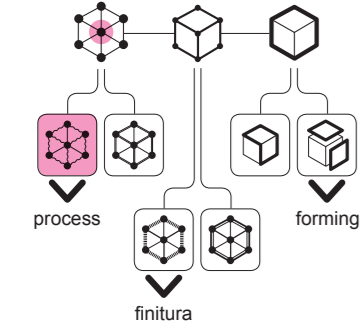
### 3D BRAIDING Cartesiano Four step

Questo processo, noto anche come *Magnaweave* o *row-and-column*, utilizza un letto piano sul quale i guidafile sono disposti in righe e colonne a seconda della forma da impartire al pezzo finito.

Dei guidafile addizionali, il cui numero e disposizione dipendono dalla forma estatta da ottenere e dalla struttura richiesta, sono aggiunti esternamente alla matrice.

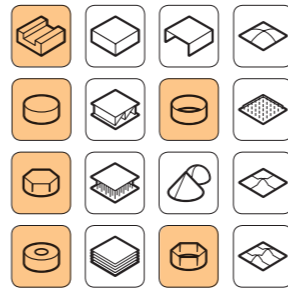
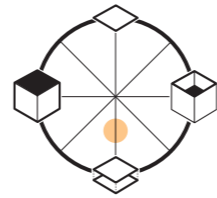
- ampia varietà di forme ottenibili anche complesse;
- ottima resistenza al taglio;
- comportamento elastico quasi isotropo dovuto alla struttura simmetrica;
- filati gestibili in gruppi sia per quanto riguarda la movimentazione che il numero di fili costituenti;
- possibile realizzare tessuti ibridi completamente customizzati.

- limiti per quanto riguarda le proprietà meccaniche in termini di durezza e resistenza a causa della scarsità di fili rettilinei nella struttura.



I trecciati realizzati con questa tecnica, grazie alla varietà di forme ottenibili e alla versatilità di controllo della configurazione in via di trecciatura, vengono principalmente impiegati nel rinforzo di compositi con forme complesse. La continuità del filo garantisce buone proprietà meccaniche customizzabili gestendo anche la densità dell'intreccio.

Fig.1-4 \_Fizik, sostegno per sellino trecciato in fibra di carbonio  
Fig.2\_ Guarnizione con profilo quadrato  
Fig.3\_ Canotto rinforzato con trecciato tubolare a sezione variabile



### Strutture cave e riempite Inserti e fori



### Sezione costante

Le macchine con passo 1:1 possono essere utilizzate per la realizzazione di preforme con sezione a T, I o scatolare ma anche profili semplici pieni.

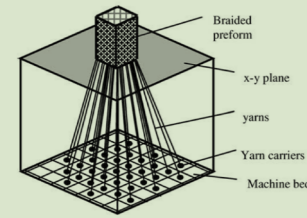
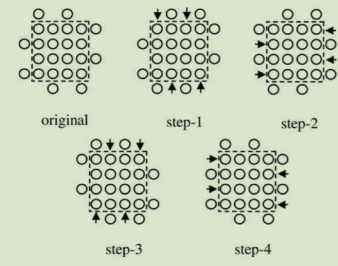


### Sezione variabile Metodo Universale

Sezioni variabili complesse, anche curve, sono ottenibili grazie alla possibilità di controllare il numero e la posizione dei filati coinvolti nel processo.



[www.3dweaving.com](http://www.3dweaving.com)  
[www.luxaflex.com](http://www.luxaflex.com)  
[www.langendorf-textil.com](http://www.langendorf-textil.com)



Tale processo di trecciatura implica quattro movimenti cartesiani (lungo gli assi x e y) di gruppi di fili divisi in righe e colonne (da qui il nome *Row-and-column*).

In un primo step le righe (o le colonne) vengono traslate con passo definito l'una rispetto all'altra in maniera alternata. In un secondo step lo stesso avviene per le colonne (o le righe). In un terzo e quarto step le righe e le colonne tornano alle loro posizioni di partenza.

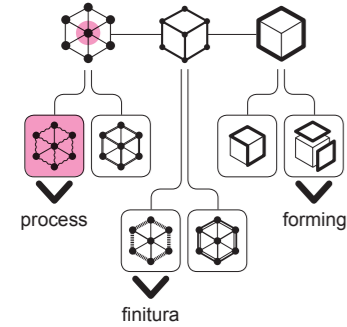
Ad ogni step i fili vengono meccanicamente forzati nella struttura con un processo simile alla battitura nella tessitura a navetta in modo da compatte l'intreccio.

Il passo di traslazione è generalmente di tipo 1:1. Un rapporto diverso richiede una riconfigurazione del piano di lavoro se non l'adozione di macchine specializzate consentendo però la realizzazione di pattern durante la trecciatura.

### Cartesiano Two step

Una seconda tipologia di braiding con letto piano è nota come *two-step braiding* e prevede un grande numero di fili disposti assialmente e un numero ridotto di fili per la trecciatura vera e propria.

La posizione dei fili assiali determina la forma del pezzo, questa può essere di qualsiasi tipo, anche circolare o piana. I fili per la trecciatura sono invece disposti esternamente al perimetro della matrice.



Il pattern di trecciatura, così come la sezione trasversale, possono variare durante l'operazione di intreccio.

È così possibile ottenere strutture dalla conformazione anche complessa e dalle proprietà meccaniche controllabili grazie anche alla gestione dello spessore delle pareti del trecciato.

[www.3dbraiding.com](http://www.3dbraiding.com)  
[www.3dweaving.com](http://www.3dweaving.com)  
[www.luxaflex.com](http://www.luxaflex.com)

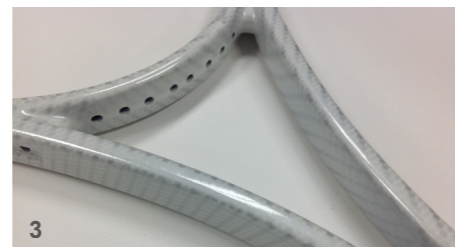


Fig.1-2 \_Hasa, telaio full frame in fibra di carbonio con inserti

Fig.3 \_Telaio racchetta da tennis

## 8. CONCLUSIONI

Ogni ricerca presenta le proprie lacune, alcune direttamente connesse ai parametri preventivamente stabiliti per il suo svolgimento, altre alla scarsa reperibilità dell'informazione.

Nel caso specifico, è evidente come alcuni aspetti siano stati volutamente trascurati per dare maggiore visibilità a temi ritenuti più pertinenti con il corpus d'analisi.

Colgo l'occasione per trattare brevemente alcune delle tematiche omesse, al fine di dare lo spunto per eventuali approfondimenti o sviluppi futuri

della ricerca nell'ambito dei tessuti tridimensionali indirizzati al design. Due principali pacchetti di informazione non sono stati inseriti tra i contenuti selezionati a causa dell'eccessiva complessità che avrebbero apportato ai fini della redazione dell'elaborato finale così come configurato. Da una parte vi è il grande tema delle fibre e dei filati, dall'altra il bacino tecnologico di tutti quei processi che, pur non essendo direttamente classificabili come tessili, consentono la realizzazione di prodotti flessibili conformati tridimensionalmente.

Quello della selezione di fibre e filati adeguati in relazione a parametri sia tecnici che estetici, è un aspetto molto importante nella progettazione di un tessuto, soprattutto quando si tratta di applicazioni in ambito tecnico. Le informazioni fornite nella parte di background fanno da infarinatura ma danno solamente un'idea della complessità delle soluzioni possibili.

Altrettanto complesso risulta il mondo dei processi alternativi - tra questi sono stati brevemente descritti la termoformatura di tessuti bidimensionali,

la stampa3D o il needle punching su anima cilindrica dei nonwoven - i quali dischiuderebbero una serie di opportunità formali sicuramente più ampia non essendo per definizione strettamente legati al concetto di intreccio di filati. È proprio l'assenza di questa caratteristica strutturale ad determinarne l'esclusione dal corpo della ricerca, tuttavia restano un interessante spunto per approfondimenti.

Andando nello specifico dei contenuti poi, alcuni aspetti generalmente determinanti nella selezione di un



materiale o di un processo - come ad esempio l'impatto economico o ecologico delle tecnologie descritte - non sono stati toccati. Non trattandosi di singoli materiali per i quali poter calcolare dei parametri precisi e definiti, ma piuttosto di veri e propri semilavorati, l'individuazione di certi parametri richiederebbe la combinazione di una serie di fattori incidenti, dalla selezione del filato alla selezione del macchinario, attualmente non determinabili o comunque non riassumibili in termini appropriati al carattere che si è deciso di dare alla ricerca.

Occorre infatti non dimenticare quale fosse l'obiettivo dell'indagine: fornire al designer uno strumento che gli consentisse di avere una visuale il più possibile chiara sulle opportunità rappresentate dalla conoscenza del potenziale di una categoria di materiali ancora scarsamente esplorata.

La compilazione delle schede ha quindi seguito questo filo conduttore, effettuando una selezione dei contenuti mirata all'immediata comprensione dei principali parametri ritenuti gestibili dall'utente di riferimento: il designer.

La grande quantità di immagini che le arricchiscono sono dimostrazione del linguaggio che si è cercato di impiegare nella trasposizione di tali contenuti così come la loro struttura flessibile, basata su rimandi visivi diretti tramite icone e color coding, rende possibile la consultazione dinamica ritenuta in partenza la migliore soluzione per un'adeguata fruibilità dei contenuti in relazione all'eterogeneità delle esigenze progettuali individuali.

I principali territori della tessitura tridimensionale sono stati indagati e la visuale che ne deriva è sufficientemente ampia da conferire al progettista la consapevolezza necessaria per iniziare a muoversi in questo ambito le cui tecnologie sono state dischiuse e presentate secondo un codice di lettura adeguato al nuovo utilizzatore.

Si pone così nelle mani del progettista uno strumento fatto di testi, immagini, materiali ma anche riferimenti ad aziende e designer che diventano un canale d'accesso ad una serie di informazioni sino ad ora esclusivamente fruite in ambiente strettamente tecnico-ingegneristico.

La connessione così delineata fa sì che anche i limiti di questa ricerca - rappresentati ad esempio dalla mancata trattazione di alcune tecnologie potenzialmente interessanti a causa della scarsa accessibilità delle informazioni a riguardo - diventino un motivo di apertura così che il contatto finalmente creato consenta un continuo aggiornamento da entrambe le parti in vista dei possibili sviluppi futuri.

## BIBLIOGRAFIA

AA.VV., *Nonwovens Glossary*, INDA - Association of the Nonwovens Fabrics Industry, s.l., 2002

Ashby M., Johnson K., *Materiali e design. L'arte e la scienza della selezione dei materiali per il progetto*, CEA, s.l., 2010

Au K. F., *Advances in knitting technology. Woodhead Publishing Series in Textiles: Number 89*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 2011

Badawi S., *Development of the Weaving Machine and 3D Woven Spacer Fabric Structures for Lightweight Composites Materials*, s.n., s.l., 2008

Behera B.K., Mishra R., *3-Dimensional Weaving*, Indian Journal of Fibre&Textile Research, Vol. 33, New Delhi, 2008

Beylerian G.M., Dent A., *Ultra Materials. How Materials Innovation is Changing the World*, Thames & Hudson, London, 2007

Beylerian G.M, Dent A., *Material ConneXion: The Global Resource of New and Innovative Materials for Architects, Artists and Designers*, Thames & Hudson, London, 2005

Bhatnagar A, Parrish E.S., *Bidirectional and multiaxial fabric and fabric composites*, US Patent 7073538, 2006

Bilisik K., *Multiaxis three-dimensional weaving for composites: A review*, Textile Research Journal, SAGE (online publications), 7 Marzo 2012

Bilisik K., *Multiaxis Three Dimensional (3D) Woven Fabric*, In: *Advances in Modern Woven Fabrics Technology*, Vassiliadis S., InTech, 2011, <http://www.intechopen.com/books/show/title/advances-in-modern-wovenfabrics-technology>

Bilisik K., *Dimensional stability of multiaxis 3D woven carbon preform*, Journal Textile Institute, 2010

Bilisik K., *Multiaxial three dimensional (3D) circular woven fabric*, US Patent 6129122, 2000

Bilisik K., *Multiaxis three dimensional (3D) circular woven preforms-radial crossing weaving and radial in-out weaving: Preliminary investigation of feasibility of weaving and methods*, Journal Textile Institute, 2010

Braddock Clarke S.E., O'Mahony M., *Techno Textiles 2. Revolutionary Fabrics for Fashion and Design*, Thames & Hudson, London, 2007

Branscomb D., Beale D., Broughton R., *New Directions in Braiding*, in Journal of Engineered Fabrics & Fibers (JEFF), Vol. 8, No. 2, 2013

Briggs-Goode A., Townsend K., *Textile design Principles, advances and applications*, Woodhead Publishing Series in Textiles: Number 112, Cambridge, 2012

Cebulla H., Diestel O., Offerman P., *Fully Fashioned Biaxial Weft Knitted Fabrics*, AUTEX Research Journal, Vol 2, No.1, 2002

Chapman R. A., *Smart textile for protection*, Woodhead Publishing in Textiles: Number 114, Cambridge, 2013

Cherif C., Krzywinski S., Lin H., Schulz C., Haasemann G., *New process chain for realisation of complex 2D/3D weft knitted fabrics for thermoplastic composite applications*, Procedia Materials Science, Elsevier, 2013, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

Chen X., *Technical aspect: 3D woven architectures*, NWTexNet 2007 Conference, Blackburn, UK, 2007

Ciobanu L., *Development of 3D Knitted Fabrics for Advanced Composite Materials*, in Attaf B. (a cura di), *Advances in Composite Materials - Ecodesign and Analysis*, InTech, 2011, <http://www.intechopen.com/books/advances-in-composite-materials-ecodesign-and-analysis>

Dabiryan H., Jeddi Ali A.A., *Analysis of warp knitted fabric structure. Part I: a 3D straight line model for warp knitted fabrics*, The Journal of the Textile Institute, Amirkabir University of Technology, Teheran, 2011

Debaes J., Moulin G., *Weaving Machine and Method for Weaving Fabrics with Pile Loops*, US Patent 6817383, 2004

Denton M. J., Daniels P. N. (a cura di), *Textile Terms and Definitions*, Textile Institute, 2002

Dow N.F., *Triaxial fabric*, US Patent 3446251, 1969

El Mogahzy Y. E., *Engineering textiles, Integrating the design and manufacture of textile products*, Woodhead Publishing in Textiles: Number 8, Cambridge, 2008)

Fan J., Hunter L., *Engineering apparel fabrics and garments*, Woodhead Publishing Series in Textiles: Number 96, Cambridge, 2011

Ferrara M., Lucibello S., *Design follows materials*, Alinea, Firenze, 2008

Ferrara M., *Materiali e innovazione nel design. Le microstorie*, Gangemi, Roma, 2004

Fraioli D.M., *Double Wall Fabric Panel Unit*, US Patent 4065889, 1978

Frassine R., Soldati M.G., Rubertelli M., *Textile design. Materiali e tecnologie*, Franco Angeli, Milano, 2008

Gokarneshen N., Alagirusamy R., *Weaving of 3D fabrics: A critical appreciation of the developments*, in *Textile progress*, Vol. 41, No. 1, New Delhi, 2009

Gong R.H., Fang C., Dong Z., Porat I., *CFD Modelling of 3D Nonwoven Process*, RJTA, Vol. 11, No.1, 2007

Hawe II L.E., *Three dimensional weaving of tubular structures*, Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 2004

Hearle J.W.S., Chen X., *3D woven preform and properties for textile composites, sn., s.l., 2009*

Ibrahim Md., Mondal H., *Textiles History, Properties and Performance and Applications*, Nova Publishers, New York, 2014

Hong H., Filo A.A., Fanguero R., De Aurajo M.D., *The development of 3D shaped knitted fabrics for technical purposes on a flat knitting machine*, Indian Journal of Fibre and Textile Research, Vol. 19, 1994

Horrocks A. R., Anand S. C., *Handbook of technical textiles*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 2000

Hu J., *3D fibrous assemblies: Properties, applications and modelling of three-dimensional textile structures*. Woodhead Publishing Series in Textiles: Number 74, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 2008

Kaldenhoff R., Wulfhost B., *New developments and applications of textile reinforcements for composite materials*, Indian Journal of Fibre and Textile research, Vol 22, 1997

Khokar N., *3D-weaving: theory and practice*, in *J Text Inst*, 2001

Khokar N., *Woven 3D fabric material*, US Patent 6338367, 2002

Khokar N., *Noobing: A Nonwoven 3D Fabric forming Process Explained*, in *Journal of the Textile Institute*, Vol. 93, No. 1, 2002

Langer H., Pickett A., Schneider H., *Computer Controlled, Automated Manufacture of 3D-Braids for Composite*, s.d., [http://www.mech.northwestern.edu/fac/cao/nsfworkshop/briefs/Langer\\_Pickett.pdf](http://www.mech.northwestern.edu/fac/cao/nsfworkshop/briefs/Langer_Pickett.pdf)

Lerma B., De Giorgi C., Allione C., *Design e materiali. Sensorialità, sostenibilità, progetto*, Franco Angeli, Milano, 2011

Lowe F.J., *Articles Comprising Shaped Woven Fabrics*, US Patent 4668545, 1987

Ma W., Yin D., *3D Braided Material Based on Space Group R3 Symmetry*, Materials Sciences and Applications, Vol. 4, 2013, <http://www.scirp.org/journal/msa>

McClain M., Goering J., *Overview of Recent Developments in 3D Structures*, Woodhead Publishing Series in Textiles: Number 111, Cambridge, 2012

Meir A., Podhajny D.A., Tatler D.P., *Method Of Knitting A Knitted Component With An Integral Knit Tongue*, US Patent 2013/0239625, 2013

Miravete A., *3-D textile reinforcements in composite materials*, University of Zaragoza, Spain, Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC, 1999

Mohamed M. H., Bogdanovich A. E., *Comparative analysis of different 3D weaving processes, machines and products*, 17th International Conference on Composite Materials (ICCM-17), Edinburgh, 2009

Mondal Ibrahim H., *Textiles, History, Properties and Performance and Application*, Nova Publishers, New York, 2014

Onal L., Adanur S., *A Novel 3d Structure, 3d Hybrid Woven/Knitted Fabric*, Auburn University, Department of Textile Engineering, Auburn, Alabama

Patel M., Bhrmhatt D., *Needle Punching Technology*, Department of Textile Engineering, Faculty of Technology and Engineering, The Maharaja Sayajirao University of Baroda, Vadodara, 2010

Peschl E., Skrepek J., *Warp Knitting Machine*, US Patent 3688524, 1972

Renkens W., Kyosev Y., *3D Simulation Of Warp Knitted Structures – New Chance For Researchers And Educators*, 7th International Conference – TEX-SCI 2010, Liberec, 2010

Rognoli V., Levi M., *Il senso dei materiali per il design*, Franco Angeli, Milano, 2011

Russel S.J., *Handbook ok nonwovens*, The Textile Institute, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 2007

Schreiber F., Ko F.K., Yang H.J., Amalric E., Gries T., *Novel Three-Dimensional Braiding Approach And Its Products*, 17th International Conference on Composite Materials, Edinburgh, 2009

Shuakat N. M. , Wang X., *Production and Applications of Multi-Layer 3D Fabrics*, Centre for Material and Fibre Innovation, Deakin University, Geelong, Australia, s.d.

Schreiber F., Theele K., Schulte Südhoff E., Lee H. Y., Ko K. F., Gries T.; *3d-hexagonal braiding: possibilities in near-net shape preform production for lightweight and medical applications*, 18th International Conference on Composite Materials, Vancouver, s.d.

Shteyer Y., *Double-sided Fabric: Flat Side/Woven Pile Fabric*, US Patent 6923219, 2005

Sorensen B.B., Garvey S.J., *Tubular Spacer Fabric*, US Patent 7937973, 2011

Spencer D. J., *Knitting Technology, A comprehensive handbook and practical guide*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 2001

Stig F., *An introduction to the Mechanics of 3D-Woven Fibre Reinforced Composites*, KTH Engineering Sciences, Stockholm, 2009

Syts R.M., *Knitted Stretch Spacer Material and Method of Making*, US Patent 6755052, 2004

Tolosana N., Lomov S.V., Miravete A., *Development of a geometrical model for a 3D braiding unit cell based on braiding machine emulation, Finite element modelling of textiles and textile composites*, St Petersburg, September 2007

Tong L., Mouritz A.P., Bannister M.K., *3D Fibre Reinforced Polymer Composites*, Elsevier Science, Oxford, 2002

Unal P.G., *3D Woven Fabrics*, in Jeon A., *Woven Fabrics*, InTech, 2012, <http://www.intechopen.com/books/woven-fabrics/3-d-woven-fabrics>

Underwood J., *The Design of 3D Shape Knitted Preforms*, School of Fashion and Textiles, RMIT University, Melbourne, 2009

Vasile S., Van Langenhove L., De Meulemeester S., *Effect of Production Process Parameters on Different Properties of a Nonwoven Spacer Produced on a 3D Web Linker*, in *Fibres & Textiles in Easter Europe*, Vol. 14, No. 4, 2006

Velu Y.K., Seyam A.M., Ghosh T.K., *Meltblown Structures Formed By Robotic and Meltblowing Integrated System: The Influence Of The Curvature Of Collector On The Structural Properties Of Meltblown Fiberwebs*, College of Textiles, North Carolina State University, Raleigh, 2004

Zeng T., Jiang L., *Mechanics analysis of 3d braided composites based on the Helix geometry model*, *Mathematical and Computational Applications*, Vol. 15, No. 5, 2010

## SITI CONSULTATI

### Aziende

[www.3dweaving.com](http://www.3dweaving.com)

[www.3tex.com](http://www.3tex.com)

[www.albint.com](http://www.albint.com)

[www.antiquenonwoven.com](http://www.antiquenonwoven.com)

[www.ballyribbon.com](http://www.ballyribbon.com)

[www.baltex.co.uk](http://www.baltex.co.uk)

[www.biteam.com](http://www.biteam.com)

[www.3dbraiding.com](http://www.3dbraiding.com)

[www.buck-tsp.com](http://www.buck-tsp.com)

[www.casalis.be](http://www.casalis.be)

[www.chomarat.com](http://www.chomarat.com)

[www.cristex.co.uk](http://www.cristex.co.uk)

[www.culzean.com](http://www.culzean.com)

[www.decatex.it](http://www.decatex.it)

[www.elitis.fr](http://www.elitis.fr)

[www.fabricanltd.com](http://www.fabricanltd.com)

[www.fff-group.de](http://www.fff-group.de)

[www.gaetanorossini.it](http://www.gaetanorossini.it)

[www.gavazzi.org](http://www.gavazzi.org)

[www.geisa.com](http://www.geisa.com)

[www.gerster.com](http://www.gerster.com)

[www.heathcoat.co.uk](http://www.heathcoat.co.uk)

[www.heytex.com](http://www.heytex.com)

[www.hybridsandfusion.com](http://www.hybridsandfusion.com)

[www.innofa.com](http://www.innofa.com)

[www.jddtech.com](http://www.jddtech.com)

[www.karlmayer.com](http://www.karlmayer.com)

[www.knitmelbourne.com](http://www.knitmelbourne.com)

[www.knitmeshtechologies.com](http://www.knitmeshtechologies.com)

[www.knitwire.com](http://www.knitwire.com)

[www.kvadrat.dk](http://www.kvadrat.dk)

[www.langendorf-textil.com](http://www.langendorf-textil.com)

[www.lma.pt](http://www.lma.pt)

[www.lorenzinet.com](http://www.lorenzinet.com)

[www.luxaflex.com](http://www.luxaflex.com)

[www.mayser.com](http://www.mayser.com)

[www.nesatex.it](http://www.nesatex.it)

[www.ruckstuhl.com](http://www.ruckstuhl.com)

[www.santoni.com](http://www.santoni.com)

[www.schmiditaly.com](http://www.schmiditaly.com)

[www.scott-fyfe.com](http://www.scott-fyfe.com)

[www.secantmedical.com](http://www.secantmedical.com)

[www.sgl-kuempers.com](http://www.sgl-kuempers.com)

[www.shape3.com](http://www.shape3.com)

[www.shimaseiki.com](http://www.shimaseiki.com)

[www.sigmatex.com](http://www.sigmatex.com)

[www.smartwool.com](http://www.smartwool.com)

[www.solutions-in-textile.com](http://www.solutions-in-textile.com)

[www.spheretex.de](http://www.spheretex.de)

[www.stoll.com](http://www.stoll.com)

[www.tailoredfiberplacement.com](http://www.tailoredfiberplacement.com)

[www.textilehorizon.com](http://www.textilehorizon.com)

[www.trisit.de](http://www.trisit.de)

[www.uttu-textiles.com](http://www.uttu-textiles.com)

[www.xtenex.com](http://www.xtenex.com)

[www.ycglassfiber.com](http://www.ycglassfiber.com)

## **Tecnologia e materiali**

[www.archello.com](http://www.archello.com)

[www.asknature.org](http://www.asknature.org)

[www.cita.karch.dk](http://www.cita.karch.dk)

[www.disneyresearch.com](http://www.disneyresearch.com)

[www.es.materfad.com](http://www.es.materfad.com)

[www.fibre2fashion.com](http://www.fibre2fashion.com)

[www.ftb-hn.de](http://www.ftb-hn.de)

[www.hellomaterialsblog.ddc.dk](http://www.hellomaterialsblog.ddc.dk)

[www.intechopen.com](http://www.intechopen.com)

[www.materia.nl](http://www.materia.nl)

[www.mech.northwestern.edu](http://www.mech.northwestern.edu)

[www.netcomposites.com](http://www.netcomposites.com)

[www.it.materialconnexion.com](http://www.it.materialconnexion.com)

[www.textechdip.wordpress.com](http://www.textechdip.wordpress.com)

[www.textileschool.com](http://www.textileschool.com)

[www.tikp.co.uk](http://www.tikp.co.uk)

[www.transmaterial.net](http://www.transmaterial.net)

## **Inspirational e designers**

[www.adidas.it](http://www.adidas.it)

[www.aleksandragaca.nl](http://www.aleksandragaca.nl)

[www.alexandermcqueen.com](http://www.alexandermcqueen.com)

[www.ariel-design.com](http://www.ariel-design.com)

[www.cariandcarl.com](http://www.cariandcarl.com)

[www.delta7bikes.com](http://www.delta7bikes.com)

[www.fabricanltd.com](http://www.fabricanltd.com)

[www.fischbacher.com](http://www.fischbacher.com)

[www.fizik.it](http://www.fizik.it)

[www.hermanmiller.com](http://www.hermanmiller.com)

[www.isseymiyake.com](http://www.isseymiyake.com)

[www.janeweaves.com](http://www.janeweaves.com)

[www.joelsalamin.com](http://www.joelsalamin.com)

[www.lemoine-tricote.com](http://www.lemoine-tricote.com)

[www.mamou-mani.com](http://www.mamou-mani.com)

[www.naomipaul.co.uk](http://www.naomipaul.co.uk)

[www.nike.com](http://www.nike.com)

[www.it.pinterest.com](http://www.it.pinterest.com)

[www.ragnekikas.com](http://www.ragnekikas.com)

[www.ruthasawa.com](http://www.ruthasawa.com)

[www.samiraboon.com](http://www.samiraboon.com)

[www.sandracklund.com](http://www.sandracklund.com)

[www.shedesign.no](http://www.shedesign.no)

[www.signerandebbesen.com](http://www.signerandebbesen.com)

[www.smartwool.com](http://www.smartwool.com)

[www.theweaveshed.org](http://www.theweaveshed.org)

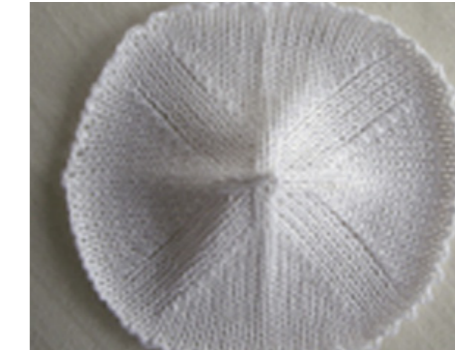
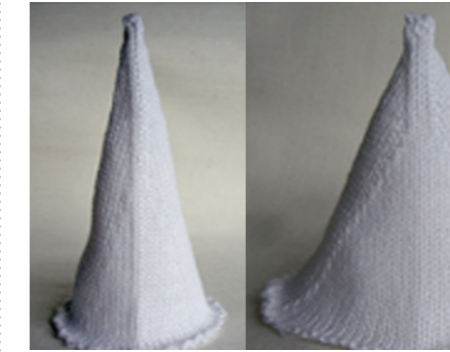
[www.tfrc.org.uk](http://www.tfrc.org.uk)

[www.v-trak.com](http://www.v-trak.com)

[www.xiao-li.co.uk](http://www.xiao-li.co.uk)

## **APPENDICI**

## Coni



La forma conica basilare è ottenuta da un cilindro nel quale vengono trasferiti punti multipli in modo da aumentarne o diminuirne la circonferenza.

I parametri da considerare quando si disegna una struttura conica con questa tecnologia sono:

- La sequenza di trasferimento, che influisce sull'inclinazione e l'altezza del cono e quindi sulla differenza tra circonferenza di base e circonferenza al vertice. Maggiore inclinazione può essere ottenuta tramite lo "slide process" (vedi Weft Knitting, Trasferimento del punto) utilizzato per ottenere forme tridimensionali integrate nel pezzo tessuto in qualsiasi punto.

Allo stesso modo viene utilizzato lo stile di formatura a paracadute.

Questo consente una redistribuzione equa dei punti trasferiti ed una rapida decrescita della larghezza del pezzo.

- Il numero di punti alla base o al vertice, tramite il quale è possibile determinare le circonferenze del cono, pari al doppio della larghezza del pezzo intrecciato.

Alterando una qualsiasi delle suddette variabili è possibile ottenere strutture diverse:

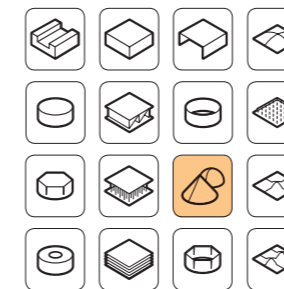
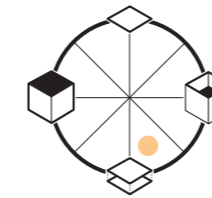
- Coni asimmetrici
- Strutture ad imbuto
- Strutture a clessidra

Tramite la tecnica WG forme complesse possono essere tessute senza cuciture con qualsiasi architettura di punto, a frontura doppia o singola. Tuttavia non è possibile raggiungere gli estremi formali consentiti dalla sospensione di punti.

Anche in questo caso occorre fare attenzione allo stress a cui sono sottoposti i fili e i punti durante l'intreccio.

## WG KNITTING Seamless

FORMA



**Cupole**



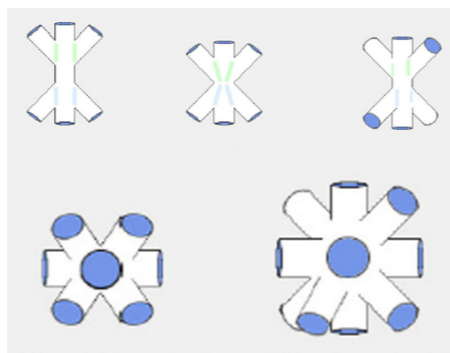
Disegnando una struttura a cupola i parametri da tenere in considerazione sono:

- la sequenza di trasferimento che incide sull'altezza della cupola e la forma dell'estremità superiore;
- il numero di punti per la base, per determinarne la circonferenza;
- il numero di punti per la cima.

Variando questi parametri è possibile ottenere varie forme anche complesse, tra le quali quella sferica, senza cuciture e con qualsiasi architettura di prodotto, double o single jersey.

L'unico aspetto negativo di carattere estetico è la formazione di una sorta di cresta al vertice della cupola, simile ad una cucitura, causata dal trasferimento degli ultimi punti.

**Connessioni tubolari**



Controllando i parametri delle varie tecniche di formatura combinabili è possibile ottenere connessioni tubolari di qualsiasi forma con tutti gli spigoli sigillati.

Tubolari perfetti possono essere formati senza o con minima distorsione dei punti in quanto le maglie seguono l'andamento della struttura tubolare.

Sia nelle connessioni semplici che complesse, con quattro o più tubolari, l'angolo di intersezione può essere controllato regolando la frequenza di trasferimento.

Tuttavia i tubi che vengono intrecciati contemporaneamente non possono trovarsi in più di due piani diversi a causa del processo che prevede la tessitura dei tubi su un telaio piatto su di un'unica direzione planare. Ciò

non esclude la possibilità di avere più di due piani diversamente disposti nel giunto. In questo caso però il giunto complesso deve essere ottenuto in più pezzi cuciti in seguito.

La complessità del metodo aumenta le probabilità di perdita del punto e danneggiamento o rottura di fibre e fili. È tuttavia possibile tessere tubi in double jersey aumentandone la resistenza.

**Pattern con aperture**

Short row pattern



La tecnica "short row pattern" può essere utilizzata per ottenere pezzi con parti forate intrecciando solo un numero prestabilito di punti lungo le righe mentre gli altri vengono lasciati sospesi. Ripetendo questa operazione è possibile ottenere un tessuto con piccole aperture e una serie di aree rialzate tridimensionali che corrono lungo tutto il pezzo.

Questa tecnologia viene utilizzata nella realizzazione di tasche. In questo caso la lunghezza della sezione isolata per la quale è prevista la sospensione di punti è pari al doppio della profondità della tasca.

Variazioni nella composizione del pattern possono essere ottenute agnendo su:

1. le dimensioni del gruppo isolato, ovvero il numero di punti e righe intrecciati.
2. la forma del gruppo. L'area rialzata può essere più o meno simmetrica;
3. la collocazione dei gruppi, in base alla quale è possibile ottenere pattern più o meno ordinati;
4. l'architettura di punto. Qualsiasi architettura è utilizzabile.

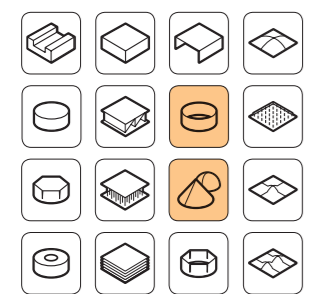
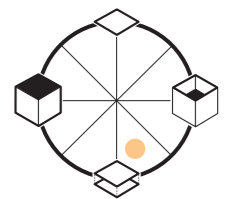
Inoltre, combinando questa tecnica con altre metodologie di formatura è possibile ottenere forme complesse che integrano caratteristiche formali

e superficiali. Un esempio è la combinazione con il tubular knitting tramite WG.

Dato l'uso di sospensione di punti è possibile il presentarsi di tensioni.

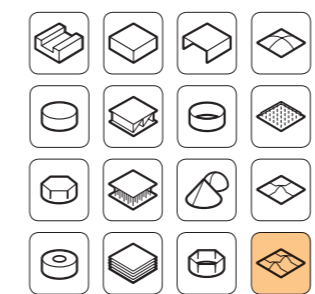
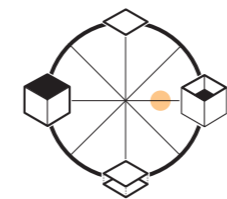
**WG KNITTING Seamless**

FORMA



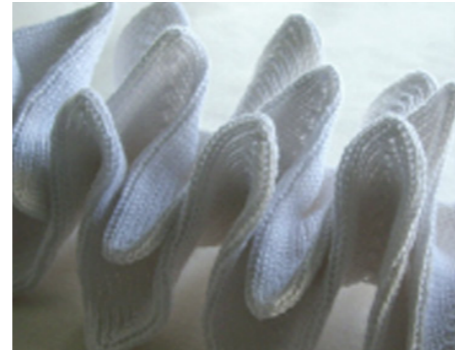
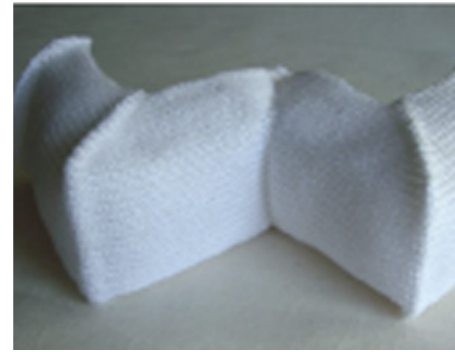
**WEFT KNITTING Spatial knitting Sospensione del punto**

FORMA





## Scatolari



Il modo più semplice per ottenere una forma con degli spigoli è la sospensione di punti. Un angolo, o spigolo, è ottenuto congiungendo i lembi di una forma triangolare ottenuta sul pezzo intrecciato.

I parametri da considerare sono.

- Il tipo di segmento
- Il numero di punti che non vengono conformati. Ciò determina la lunghezza dei piani che si dovranno intersecare nella struttura scatolare
- Il numero totale di punti, che determina la grandezza del pezzo scatolare
- Il numero di segmenti triangolari. Questo parametro va ad incidere sulla forma del pezzo finito. Ripeten-

do quattro volte il segmento è possibile ottenere una forma scatolare che richiede una cucitura parziale.

Continuando a ripetere i segmenti oltre questo limite si ha la formazione di forme e strutture più complesse.

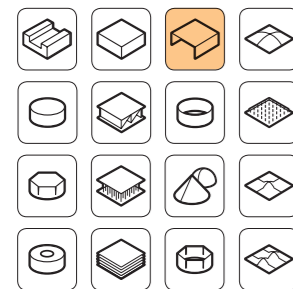
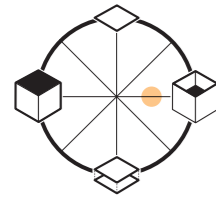
- Il numero di righe tra i segmenti, che va a determinare la distanza tra gli spigoli.

Alcune variabili formali possibili:

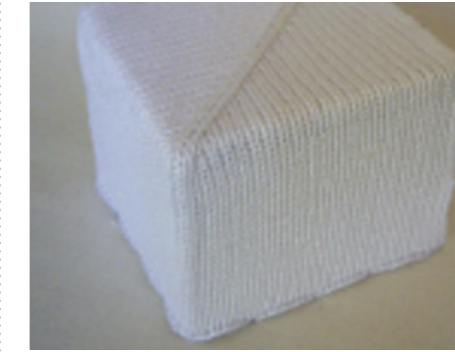
Una macchina Wg è richiesta anche nel caso in cui la struttura scatolare debba essere ottenuta su tessuti double jersey tramite trasferimento di punti. In questo modo è possibile ottenere anche forme cubiche (con sei facce) senza alcuna cucitura.

FORMA

## WEFT KNITTING Spatial knitting Sospensione del punto



## Cupole



I fattori da considerare disegnando una struttura a cupola sono:

1. La tipologia di segmento di conformazione. Questo incide sull'angolo e sul rapporto tra altezza e ampiezza alla base della cupola. Maggiore sarà l'angolo del segmento triangolare e minore risulterà l'altezza rispetto alla base, senza necessità di cuciture. Una importante limitazione nella formazione di cupole tramite la sospensione di stitches è il rapporto tra altezza e base ottenibile senza cuciture. L'altezza non potrà essere maggiore del diametro alla base.
2. Il numero dei segmenti. Aumentando il numero di segmenti è possibile la formazione di forme sferiche e toroidali. Continuando la ripetizione oltre un certo numero limite si ottengono

complesse trutture a spirale o ad elica.

3. Il numero di righe tra i segmenti. Questo incide sulla circonferenza alla base e sull'ampiezza della sfera. Aumentando il numero di righe, aumenta la circonferenza alla base senza alcun effetto sull'altezza del pezzo. This affect the side of the dome - increasing the turning point, which forms a circular hole on the side of the dome.

4. Il numero di punti tra i segmenti. Più il numero di punti tra i segmenti aumenta, più l'estremità superiore della cupola assume una configurazione piatta.

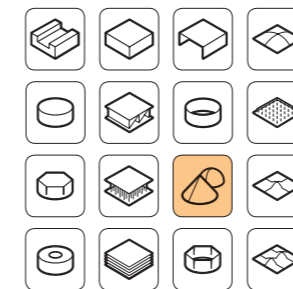
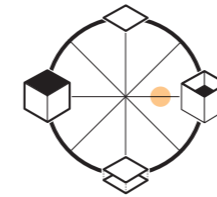
5. Il numero di punti. Questo determina la forma complessiva della cupola, il suo diametro e la sua altezza.

Alterando ognuno dei suddetti parametri è possibile ottenere diverse conformazioni come: semisfere, sfere complete, toroidi, cupole asimmetriche.

La forma a cupola può essere ripetuta lungo una superficie usando un'estensione della tecnica a punti sospesi nota come "**short row pattern**". La riproduzione della cupola lungo una superficie genera un tessuto con una serie di cuole tridimensionali rialzate. A seconda di come viene strutturata la sequenza, la superficie può avere o meno delle aperture e può risultare regolare o irregolare. Inoltre è possibile ottenere lo stesso effetto su strutture tubolari.

FORMA

## WEFT KNITTING Spatial knitting Sospensione del punto



**Tubolari**



**Tubi multipli**



Nella produzione di tubolari semplici è possibile controllare i seguenti parametri:

1. La larghezza.

Questa dipende dal numero di aghi o punti utilizzati. Maggiore è il numero di aghi e maggiore sarà l'apertura del tubo. La massima circonferenza corrisponde al doppio della lunghezza del letto di aghi.

2. La lunghezza.

Derivante invece dal numero di file intrecciate, non è possibile porre limiti alla lunghezza ottenibile.

Il principio base del tubo può essere applicato a varie architetture di maglia. Tuttavia con architetture più complesse è richiesto l'uso di macchie per Whole Garment knitting.

Utilizzando questo tipo di macchine il tubolar knitting può essere utilizzato in combinazione con altre tecniche come ad esempio la sospensione o il trasferimento di punti.

In questo modo è possibile ottenere un'ampia gamma di forme tubolari e connessioni, come giunti ad L, T, Y, K senza cuciture.

**pag. 109**

Un secondo metodo per ottenere tubolari consente al contrario di avere larghezza illimitata (circonferenza) e lunghezza limitata alle dimensioni della macchina.

Il primo metodo per ottenere tubi multipli connessi tra di loro consiste nell'intrecciare un tubolare con il metodo tradizionale front to back per poi affiancarne un secondo intrecciato nel verso contrario (back to front).

In questo modo la connessione tra i due tubi è limitata in quanto costituita dal filo che, passando dal front al back bed crea un'unione.

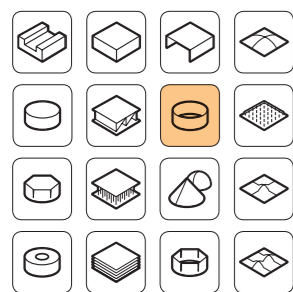
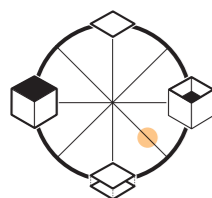
Un altro metodo consiste nell'intrecciare due tubi nello stesso verso e connessi tra di loro da un punto contrario.

Questa seconda opzione forma una connessione più resistente tra i due tubi.

Tubi multipli possono essere anche tessuti senza connessioni tra di loro. In questo modo è possibile la configurazione di numerose connessioni semplici.

**WEFT KNITTING**  
**Maglieria tubolare piana**

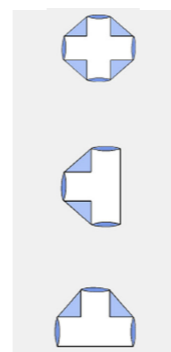
FORMA



**Connessioni tubolari**



**Combinazione con trasferimento di punti**



**Combinazione con trasferimento di punti multipli**



**Combinazione con sospensione di punti**



Combinando le varie tecniche di maglieria tubolare è possibile ottenere un pezzo sigillato su tutti i lati tranne che alle sue estremità.

Le strutture così realizzate sono solitamente stabili, grazie alla presenza di flange.

Con questo metodo non è possibile ottenere giunti privi di flange. Tuttavia queste possono essere tagliate in seguito.

Uno svantaggio nell'uso di questa tecnologia è l'alta probabilità del manifestarsi di distorsioni nel punto di incontro dei tubi. Queste sono dovute al fatto che il pezzo viene intrecciato come bidimensionale e, nel momento in cui lo si porta alla sua forma 3D alcuni eccessi di stoffa possono causare dei cedimenti. Questo problema può essere risolto cambiando l'architettura di punto nel giunto.

È possibile ridurre le flange ad un'area più circoscritta al giunto in modo da avere un rinforzo localizzato nel pezzo.

In questo modo lo scarto di materiale è ridotto al minimo e il tessuto a fine processo può essere considerato finito in quanto non richiede alcuna lavorazione aggiuntiva.

Tramite questa tecnica è possibile la formazione di giunti a L, T e X.

Anche in questo caso le distorsioni che potrebbero verificarsi sul giunto sono correggibili variando l'architettura di punto.

Rispetto al metodo precedentemente descritto questo risulta più lento e potenzialmente dannoso per le fibre, proprio a causa dell'operazione di trasferimento.

In questo modo è possibile la formazione di una connessione tubolare senza materiale in eccesso in un'ampia serie di configurazioni: ad L, T e X.

Inoltre, combinando a questo metodo anche il trasferimento graduale di punti alla volta, è possibile ottenere, accrescendo o riducendo la lunghezza delle righe, giunti a Y e a K.

Tuttavia le maglie non aderiscono perfettamente alla forma desiderata e il pezzo risulta avere delle apparenti cuciture nei punti in cui è avvenuto il trasferimento graduale di punti. Inoltre questo metodo risulta essere più lento rispetto ai precedenti e, visto il continuo trasferimento di punti da un letto all'altro di laghi, maggiormente soggetto a perdita di punti.

Alcuni punti in aree selezionate del tubo vengono tenuti sospesi mentre i restanti vengono intrecciati.

Le righe seguono l'andamento del tubo consentendo in questo modo una minima distorsione del punto anche in connessioni complesse, ad esempio a K, T e X.

La curvatura del tubolare è controllabile agendo sulla frequenza con cui i punti vengono trattenuti (sospesi).

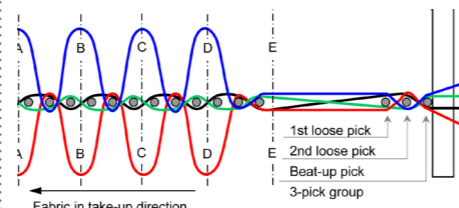
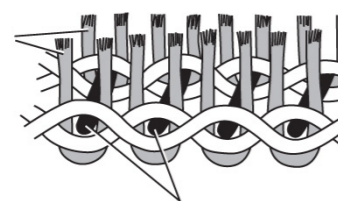
Tuttavia, nel caso in cui i punti sospesi subiscano eccessiva trazione, è possibile il verificarsi di distorsioni, danneggiamenti o addirittura rotture delle fibre e del filo.

Occorre quindi prestare molta attenzione nell'esecuzione di giunti con curve strette e, nel caso fosse necessario, ricorrere a fibre o filati con maggiore resistenza.

### Pile



### Telispugna



Questo avviene perché, mentre i primi due sono sempre tenuti in tensione e caratterizzati da un passo normalmente alternato, il terzo viene intrecciato solamente ogni due fili di trama senza essere tenuto in tensione.

È possibile definire alcuni principi invariabili nella realizzazione dei telispugna:

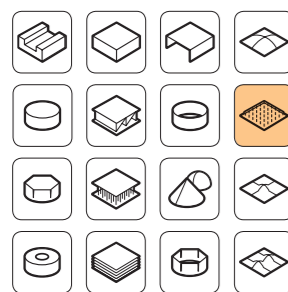
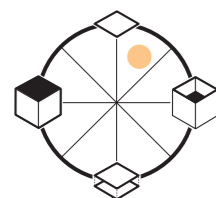
- il minor numero di fili di trama necessario è tre;
- il filo d'ordito pile deve sempre essere intrecciato con il secondo dei tre fili di trama;
- il passo deve essere chiuso al momento della battitura del terzo filo di trama.

Tramite un apposito device con cui viene attrezzato il telaio, due fili di trama vengono inseriti a distanza definita e variabile dal tessuto battuto. Tale distanza viene stabilita in base alla lunghezza che dovranno avere i cappi e quindi l'altezza finale del tessuto. I due fili vengono battuti tra di loro in modo da bloccare il filo d'ordito pile, mantenendo tuttavia la distanza dal resto del tessuto. In fine, con l'inserimento di un terzo filo di trama avviene la battitura e quindi la compattezza dei due set di trama e ordito di base e il sollevamento dell'ordito pile.

Questi tessuti presentano uno spessore tale da poter essere considerati tridimensionali. Questo è dato dal disporsi verticale dei fili che vanno a formare i cappi. Questi infatti si sollevano rispetto ad un tessuto di base costituito tipicamente da un set di fili di trama ed un set di fili d'ordito. Per ottenere la struttura pile è necessario aggiungere un terzo set di fili che viene intrecciato con il tessuto di base.

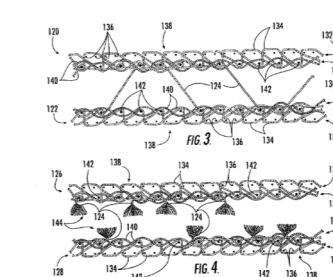
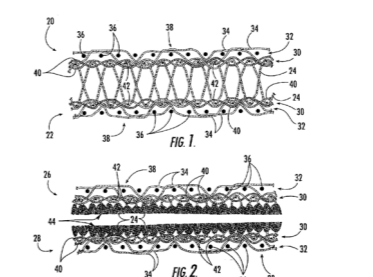
### 2D WOVEN 2,5D FABRICS Tensionamento selettivo e tessitura faccia-faccia

FORMA



### Velluti

Tessuti faccia-faccia



I pile d'ordito, o velluti, possono essere prodotti in due modi: tramite wire weaving o tramite il metodo *face to face*, faccia-faccia (o *double plush*, *doppio felpato*). Durante la tessitura, una lama situata tra i due panni attraversa continuamente lo spessore del tessuto suddividendolo in due separati ognuno con pile tagliato sulla faccia. In questo modo è possibile ottenere con un ciclo produttivo due tessuti omogenei e con le stesse caratteristiche superficiali.

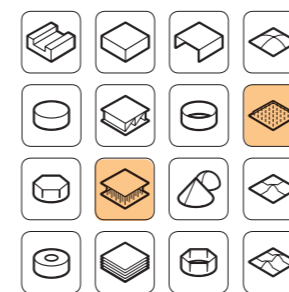
È possibile controllare la disposizione dei fili pile in base ai requisiti estetici della superficie del prodotto finito. Infatti, se non è desiderato o necessario che sulla superficie risultino fili di pile, questi vengono incorporati nella struttura di base sia del panno superiore che di quello inferiore. In questo modo, una volta separati, i due tessuti presenteranno delle aree con e senza pile.

### Doppia parete

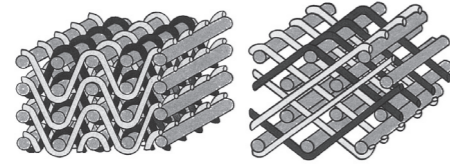
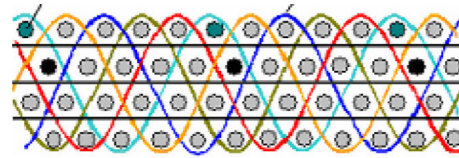
Tessuti faccia-faccia

La connessione dei due panni consente di mantenere le due pareti ad una distanza definita e costante nella maggior parte dei casi. I tessuti a doppia parete possono presentare fili di connessione lunghi fino a 1000 mm. I fili con cui sono realizzate le due pareti e il loro intreccio sono selezionabili in relazione alle caratteristiche meccaniche ed estetiche necessarie. Così come la forma può presentare infinite variabili in quanto controllabile e gestibile aumentando e diminuendo la lunghezza dei fili di connessione e disegnandone il posizionamento tra le due pareti. Le proprietà del prodotto finito possono essere controllate agendo su quattro fattori principali: il materiale, la struttura dell'intreccio, il sistema di connessione tra i due panni e il finissaggio.

FORMA



### Angle interlock



*Angle interlock* è l'intreccio base della tessitura multilayer ed è costituito da due set di fili, una trama e un ordito, con possibilità d'inserimento di fili di rinforzo.

Più livelli di ordito vengono tessuti con un solo set di trama. L'operazione di apertura del passo rimane invariata rispetto alla tessitura tradizionale così che i fili d'ordito dei diversi livelli non possano mai essere disposti su righe e colonne. Questi vengono infatti posizionati in modo sfalzato così che i loro assi non corrispondano e siano liberi di muoversi verticalmente.

I tessuti angle interlock possono essere suddivisi in due grandi categorie:

- *through thickness*, con i fili d'ordito che vanno da una faccia all'altra del tessuto;
- *layer to layer*, ove i fili d'ordito interconnettono livelli adiacenti tra di loro due a due.

### Panno doppio

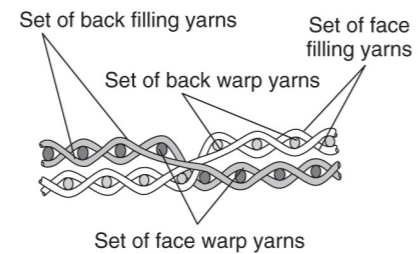
Angle interlock layer to layer



Il panno doppio è la più comune fra le strutture multilayer.

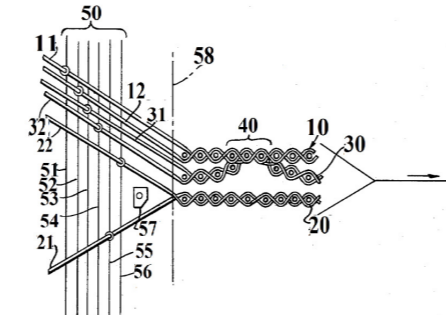
Un motivo per la realizzazione di tessuti doppi è quello di ottenere tessuti più pesanti e spessi rispetto ai tradizionali.

Da un punto di vista funzionale i tessuti doppi consentono lo sviluppo di varie soluzioni progettuali come ad esempio: tessuti double-face con effetti visivi o proprietà diverse sulle due facce; tessuti doppi nei quali le due facce sono separate da aria per componenti isolanti.



### Tessuti spacer

Superfici esterne piane



I tessuti spacer con superfici esterne piane possono essere prodotti con telaio tradizionale attrezzato con tre navette, una per ogni strato di tessuto.

Inoltre è possibile connettere i due tessuti esterni con un sistema a doppia costola. La sezione può variare da un tipo a V ad un tipo ad I.

Per la produzione di questo tipo di spacer fabrics il telaio deve essere attrezzato con una quarta navetta.

Un caso particolare sono quei tessuti in cui la doppia costola consente anche l'intercambiabilità dei panni esterni.

Molte altre configurazioni sono possibili che lasciano libero spazio alla combinazione di filati con caratteristiche cromatiche e proprietà differenti.

## 2D WOVEN 3D FABRICS Multilayer

FORMA

