



**POLITECNICO**  
MILANO 1863

SCUOLA DEL DESIGN

CDLM DESIGN & ENGINEERING

A.A. 2015-2016

## **SMART KNITTING**

**Linee guida per la progettazione  
di prodotti industriali in maglia**

Relatore:

**BARBARA DEL CURTO**

**GAIA MENCHINI**

Matr. 834568





**POLITECNICO**  
**MILANO 1863**

SCUOLA DEL DESIGN

CDLM DESIGN & ENGINEERING

A.A. 2015-2016

# **SMART KNITTING**

**Linee guida per la progettazione  
di prodotti industriali in maglia**

Relatore:

**BARBARA DEL CURTO**

**GAIA MENCHINI**

Matr. 834568





# Indice

*Abstract*

*PARTE I: STATO DELL'ARTE*

**IL CONTESTO TESSILE .....15**

1.1 INTRODUZIONE

1.2 L'INDUSTRIA TESSILE

1.2.1 Le nuove fibre

1.2.2 L'industrializzazione

1.2.3 L'ampliamento del mercato

1.3 I TESSUTI TECNICI

1.2.1 La ricerca di una definizione

1.2.2 Potenzialità

**I TESSUTI 3D .....23**

2.1 PRIME APPARIZIONI

2.2 DEFINIZIONE E CLASSIFICAZIONE

2.3 INTERLACCIATO E NON INTERLACCIATO

2.4 STRUTTURE TRIDIMENSIONALI

2.5 ESEMPI DI APPLICAZIONI

**FIBRE, FILI E FILATI** ..... 40

- 3.1 LE FIBRE TESSILI
- 3.2 FIBRE NATURALI
- 3.3 FIBRE MAN MADE
  - 3.3.1 Fibre sintetiche
  - 3.3.2 Fibre artificiali
- 3.4 LE PROPRIETA' DELLE FIBRE
- 3.5 MERCATO DELLE FIBRE TESSILI
  - 3.5.1 Fibre per impieghi tecnici

**I PROCESSI DI TESSITURA** ..... 64

- 4.1 TESSITURA A NAVETTA (WEAVING)
  - 4.1.1 Principi di tessitura
  - 4.1.2 Preparazione alla tessitura
  - 4.1.3 Il processo di tessitura a telaio
  - 4.1.4 Gli intrecci
- 4.2 LA MAGLIERIA (KNITTING)
  - 4.2.1 La maglieria in trama
  - 4.2.2 La maglieria in catena
  - 4.2.3 Applicazioni
- 4.3 TRECCIATURA (BRAIDING)
  - 4.3.1 Proprietà e applicazioni
- 4.4 I TESSUTI NON TESSUTI (TNT)
  - 4.4.1 Caratteristiche
  - 4.4.2 Applicazioni

**LE TECNOLOGIE** ..... 82

- 5.1 3D KNITTING e le sue potenzialità
  - 5.1.1 I macchinari

- 5.1.2 Le tecnologie in maglieria
- 5.2 3D WEAVING e le sue potenzialità
  - 5.2.1 Considerazioni
- 5.3 DIFFERENZE TRA 3D KNITTING E 3D WEAVING
- 5.4 ALTRE TECNOLOGIE

## **POTENZIALITÀ E INNOVAZIONE .....108**

- 6.1 PREMESSA
  - 6.1.1 Le tecnologie 3D come stato dell'arte
  - 6.1.2 La sperimentazione è wearable
- 6.2 OGGETTI IN MAGLIA
  - 6.2.1 Sportwear e Footwear
- 6.3 TESSUTI E PRODOTTI INDUSTRIALI
  - 6.3.1 La funzione del tessuto negli oggetti
  - 6.3.2 L'insostituibile *fabric's good feeling*
- 6.4 CONSIDERAZIONI

### *PARTE II: LINEE GUIDA DI PROGETTAZIONE*

## **CONOSCERE LA TECNOLOGIA .....128**

- 7.1 TECNOLOGIA DI BASE, GENERALITÀ
  - 7.1.1 Macchinari per maglieria
  - 7.1.2 I tre principali tipi di ago
  - 7.1.3 I cicli di formazione della maglia
  - 7.1.4 La frontura
- 7.2 LE MACCHINE RETTILINEE
  - 7.2.1 Le tipologie di macchine rettilinee
  - 7.2.2 L'azienda Stoll
- 7.3 PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO
  - 7.3.1 Tempi e fasi di processo
  - 7.3.2 Materiali e bobine

**STEP DI PROGETTAZIONE** ..... 144

- 8.1 PARAMETRI DI SCELTA
- 8.2 CONOSCERE E SFRUTTARE LE FRONTURE
- 8.3 SVILUPPO PIANO
- 8.4 LAVORAZIONI
- 8.5 PUNTI E FINEZZA
- 8.6 POST PROCESSES

**TIPI DI PRODOTTO**..... 160

- 9.1 CUT&SEW
- 9.2 FULLY FASHION
- 9.3 COMPLETE GARMENT

**TECNICHE DI LAVORAZIONE** ..... 166

- 10.1 Lavorazione JACQUARD
- 10.2 Lavorazione INTARSIO
- 10.3 Lavorazione VANISÈ
- 10.4 Lavorazione TRAMATO
- 10.5 Lavorazione PREFORME 3D
- 10.6 Lavorazione SPACER
- 10.7 Lavorazione TUBOLARE
- 10.8 Lavorazione MULTI-FINEZZA
- 10.9 Lavorazione IMBOTTITURA/INSERTI
- 10.10 Lavorazione 2.5D
- 10.11 COMBINAZIONI DI LAVORAZIONI
- 10.12 I PUNTI

PARTE III: ESPERIENZA PROGETTUALE

**CASO STUDIO: SCARPA DA CALCIO** ..... 194

11.1 STEP DI PRODUZIONE DI UNA SCARPA DA RUNNING TRADIZIONALE

11.2 STEP DI PRODUZIONE DI UNA SCARPA DA CALCIO IN MAGLIA

11.3 INNOVAZIONI IN CORSO

**ESPERIENZA PROGETTUALE** ..... 204

12.1 LA SCELTA DEL GUANTONE

12.1.1 Lo sportwear e le protezioni

12.1.2 Il fitting e il wearable

12.2 IL GUANTONE DA BOXE

12.2.1 Come viene prodotto oggi un guantone

12.2.2 Step di processo

12.3 SMART KNITTED GLOVE: APPLICAZIONE DELLE LINEE GUIDA

12.3.1 Parametri di scelta

12.3.2 Conoscere e sfruttare le fronture

12.3.3 Sviluppo piano

12.3.4 Lavorazioni

12.3.5 Punti e finezza

12.3.6 Post processes

12.4 COMPARAZIONE TRA PROCESSI

**CONCLUSIONI** ..... 268

*Ringraziamenti*

*Indice delle figure*

*Bibliografia*

## *Abstract//EN*

*This thesis aim is to identify the design guidelines to create industrial objects using last innovations in the flat-bed electronic knitting processes.*

*The first part reveals the great importance of fabrics in the technical and in the industrial design fields. The textile landscape is presented to the reader who can understand and handle all the necessary competences of this field. From the material used to the technologies involved, the text is enriched with the presentation of several examples of application.*

*The second part focus on the 3d knitting, or smart knitting technology.*

*Design guidelines are proposed to the reader as a tool to better understand this technology, a case study is analyzed and a possible scenario of application is deepen. An innovative boxing glove is designed, to demonstrate the big innovative potential of the smart knitting technology and to validate the design guidelines tool.*

*In conclusion, the reader can deduce that the fabrics, especially those created with the smart knitting technology, could have great potentials and advantages not only in the fashion field but also in the industrial field, from the performance point of view, to the manufacturing one.*

## Abstract//ITA

La tesi si pone l'obiettivo di tracciare delle linee guida di progettazione per la creazione di prodotti industriali che sfruttino le ultime innovazioni riguardanti i processi di maglieria elettronica.

Nella prima parte si vuole far emergere la grande importanza dei tessuti per impieghi tecnici e per il design dei prodotti industriali. Presentando il panorama del tessile si vogliono fornire al lettore tutte le competenze necessarie a comprendere il settore: dai materiali utilizzati, alle tecnologie, arricchendo la presentazione con vari esempi applicativi. In particolare il focus verte sull'evoluzione dei tessuti da bidimensionali a tridimensionali approfondendo questi cambiamenti.

La seconda parte della tesi si focalizza sulle tecnologie della maglieria tridimensionale o *smart knitting*. Vengono proposte linee guida di progetto utili come strumento al progettista, inoltre viene analizzato un caso studio e approfondita la progettazione di un possibile scenario di progetto che saranno da esempio per dimostrare l'elevato potenziale innovativo di questa tecnologia.

Per validare le linee guida proposte viene seguita passo passo la riprogettazione di un oggetto dalla grande funzionalità: il guantone da boxe.

In conclusione, sarà possibile evincere che i tessuti, specialmente quelli prodotti tramite smart knitting, possono avere grandi potenzialità e vantaggi non solo nel campo dell'abbigliamento ma anche nell'ambito della progettazione industriale sia dal punto di vista delle performance, sia dal punto di vista dei processi di produzione.





**PARTE I :**  
**STATO DELL'ARTE**



## IL CONTESTO TESSILE

### 1.1 INTRODUZIONE

La riflessione di partenza nell'approcciare questo tema, è nata osservando il vasto mondo della progettazione e dell'ingegnerizzazione dei prodotti industriali.

Quando si guarda ai materiali e alle tecnologie utilizzati nella progettazione, infatti, si nota come i tessuti siano spesso presi in considerazione solo per progetti che concernono i settori dell'arredo e/o dell'abbigliamento: un ruolo abbastanza marginale considerando

l'ampio panorama di prodotti e settori presenti oggi sul mercato.

Sono pochi i progetti in cui i tessuti ricoprono un ruolo funzionale nonostante essi presentino grandi potenzialità e caratteristiche che altri materiali (polimeri, metalli ecc..) non possono avere. Motivo della loro scarsa utilizzazione è che studiare, progettare il comportamento dei tessuti e prevederne la loro resa risulta, spesso, un processo costoso e complesso. Questo perché le tecnologie attualmente disponibili sono tutte



fig. 1.1 Nike Running 5.0

rivolte ad un utilizzo tradizionale dei tessuti e sono solo poche le aziende che possono o vogliono investire nella ricerca per modificare le tecnologie esistenti rendendole più competitive così da ampliare le applicazioni dei tessuti, inserendoli in diversi settori industriali.

La ricerca di tessuti con capacità tecniche superiori ha portato alla nascita dei tessuti tridimensionali. L'alternativa 3D si sta facendo spazio nel panorama progettuale perché tende ad utilizzare nuovi materiali, e cerca di spingere l'utilizzo dei tessuti in campi ancora inesplorati. Questa ricerca ha avuto molti riscontri positivi nonostante la difficoltà di studiare

nuove tecnologie di produzione

L'ambito tessile sta dunque cercando la sua evoluzione e, date le sue caratteristiche, più di altre si presta ad essere un ponte tra il mondo dell'estetica e quello della funzionalità (si vedano le scarpe da running: icone di moda ma allo stesso tempo oggetto tecnico *fig. 1.1*).

Estetica e funzionalità non devono essere per forza considerate come entità separate, anzi, la maggiore potenzialità è applicabile nel mondo tessile, dove le due direzioni possono incontrarsi.

Una vera e propria spinta all'innovazione viene dai tessuti tridimensionali: questi presentano applicazioni estetiche – ancor di più

quelle funzionali – e si fanno largo in diversi settori (fig. 1.2).

L'obiettivo di questa ricerca è di individuare quali sono attualmente i settori, i materiali e le applicazioni che concernono i tessuti. Scoprire dove è possibile spingere per innovare, trovare gli ambiti produttivi nei quali ci si aspetta una maggiore richiesta, esplorare le potenzialità attuali e future delle tecnologie e dei materiali coinvolti.

Tutto questo sarà possibile dopo una approfondita ricerca sullo stato dell'arte, iniziando a parlare degli albori di questa industria.

## 1.2 L'INDUSTRIA TESSILE

La principale attività dell'industria tessile è quella di produrre e lavorare le fibre tessili.

La sua origine è antichissima e deriva dall'esigenza dell'uomo di ripararsi dal freddo e dalle intemperie, usando materiali diversi dalle pelli conciate.

L'uomo capisce che il pelo tagliato può essere, tramite una particolare azione meccanica svolta manualmente,



fig. 1.2 Fodera casco Tucano Urbano

raccolto in un fascio di fibre unite insieme e avvolto su un sostegno. Nasce in questo modo la filatura<sup>1</sup>, e con essa la prima vera applicazione tessile della materia prima naturale. La filatura, tutt'oggi, è la creazione del filato partendo da una massa di fibra tessile alla quale si applicano, in fasi successive di lavorazione, le fasi di cardatura<sup>2</sup>, pettinatura<sup>3</sup> delle fibre, lo stiro della massa fibrosa più o meno grossa, la torsione tramite una rotazione

<sup>1</sup> Col termine filatura si intende definire la complessa sequenza di operazioni necessarie alla trasformazione delle fibre tessili in filato.

<sup>2</sup> Consiste nel liberare dalle impurità, districare e rendere parallele le fibre tessili, al fine di permettere le successive operazioni di filatura.

<sup>3</sup> Consiste nell'ordinare le fibre tessili dopo che sono state cardate.



fig. 1.3 Ingrandimento di una gonna in Ryon (viscosa), una delle prime fibre artificiali scoperte.

e l'avvolgimento del prodotto finito su un sostegno di raccolta.

Una volta ottenuto un materiale filato, nasce l'esigenza di doverlo intrecciare insieme per poterlo rendere robusto. E per questo intento nascono i primi esempi di telaio, strumento necessario per la tessitura.

È stata l'industria del tessile che ha dato il via alla rivoluzione industriale del XVII sec. passando da un'innovazione all'altra e sedimentando quel background tecnologico che ha portato all'odierna vastità di processi volti alla creazione di un altrettanto ampia varietà di prodotti.

### 1.2.1 Le nuove fibre

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

Tali mancanze hanno portato allo studio e all'applicazione di nuove fibre così da passare all'uso quasi esclusivo di lino e lana nel XVII sec. al cotone nel XVIII-XIX sec. fino a giungere alle fibre artificiali prima della fine dello stesso secolo (fig. 1.3). Queste nuove fibre sono state spesso combinate con quelle naturali, non erano infatti solamente un semplice sostituto più economico di queste ultime ma venivano richieste per poter essere trasformate in prodotti altamente innovativi che riuscivano ad avere caratteristiche che le fibre naturali, come la lana, non potevano avere (come la resistenza all'abrasione, la capacità di assumere la forma plissé e la stabilità della fibra). L'industria riuscì a realizzare tessuti che combinavano lana (cardata) e viscosa e, successivamente, sviluppò l'uso di altre fibre sintetiche tra cui il

nylon, l'acrilico e il poliestere.

### 1.2.2 Verso l'industrializzazione

Parallelamente si osserva l'innovazione tecnologica che accompagna il settore. Macchinari inizialmente manuali vengono messi a punto per essere automatizzati e successivamente computerizzati. Si ottiene non solo una riduzione di tempi e costi di processo ma si cerca anche di rispondere alle esigenze di qualità che il prodotto finito doveva avere. Si impiegarono processi di produzione molto sofisticati che tenessero in gran conto, oltre che al ritorno economico, anche caratteristiche sensoriali come l'aspetto, la leggerezza, la consistenza e il mantenimento della qualità della fibra.

### 1.2.2 L'ampliamento del mercato

Il mercato tessile è stato influenzato molto da quello della moda, proprio grazie alla ricercatezza delle nuove tendenze si ebbe un'evoluzione: i tessuti prodotti richiedevano competenze più elevate e caratteristiche migliori. Questa continua ricerca garantì che i tessuti venissero usati, sebbene in

maniera più marginale, anche in settori tecnici che hanno visto nei tessuti capacità funzionali che non potevano essere sostituite da altri materiali. Fibre naturali come 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 dei tessuti nell'antica Roma per stabilizzare i terreni paludosi per la costruzione di strade, un primo esempio di quelli che oggi vengono definiti *geotextiles*<sup>4</sup>.

Attualmente vediamo i tessuti impiegati anche nell'ambito ingegneristico, medicale e sportivo oltre a quello dell'arredamento e dell'abbigliamento tecnico.

Ciò dimostra il ruolo fondamentale svolto da altri due fattori: il fattore umano, con la continua spinta alla traslazione delle tecnologie note verso settori ancora inesplorati e il fattore produttivo e di processo che introduce

---

<sup>4</sup> I *geotextile* o *geotessili* sono strutture piane composte da fibre sintetiche disposte casualmente e coesionate principalmente con metodi meccanici. Sono dei materiali permeabili che hanno la capacità di separare, filtrare, rinforzare, proteggere e di drenare.

innovazioni che esulano dall'impiego di nuove fibre ma che, piuttosto, implementano le proprietà strutturali dell'intreccio di queste ultime.

### 1.3 I TESSUTI TECNICI

Quello dei tessuti tecnici appare essere il settore con crescita più rapida all'interno del panorama tessile industriale e conta circa il 19% del totale consumo mondiale delle fibre tessili usate in tutti i campi (Byrne 1997 in *Handbook of technical textiles*, Horrock 2000).

La sfida dei tessuti tecnici è quella di capire e applicare non solo i principi della scienza e della tecnologia tessile, per fornire soluzioni principalmente tecnologiche, ma di confrontarsi con problemi ingegneristici tipici dei settori di applicazione. Questo rende necessaria una conoscenza molto ampia non solo delle fibre e dei filati, ma anche del campo in cui il tessuto andrà a trovare la sua applicazione. Ad esempio, per l'applicazione di tessuti geotessili, si dovrà studiare il campo dell'ingegneria civile, mentre un produttore di tessuti tecnici medicali

dovrà confrontarsi con medici ed infermieri.

Per questo motivo il settore è sempre in evoluzione, perché segue gli sviluppi presenti in ogni campo. Ma, inevitabilmente, l'innovazione è lenta proprio a causa del coinvolgimento di diversi attori e settori. Infatti, la costante necessità di sviluppare prodotti e applicazioni innovative, di investire in nuovi processi e attrezzature per una gamma sempre più diversificata di clienti, rende il processo esigente e costoso.

#### 1.3.1 La ricerca di una definizione

La definizione di tessuti tecnici adottata dal *Textile Terms and definitions* (pubblicato dal Textile Institute<sup>5</sup>)

è la seguente:

*'Materiali e prodotti tecnici, progettati primariamente per le loro performance e proprietà tecniche piuttosto che per le loro caratteristiche estetiche o decorative'.*

---

<sup>5</sup> Il textile institute è un'organizzazione commerciale fondata nel 1910 che ha la sua sede centrale a Manchester, UK. Si occupa di fibre tessili, vestiti e calzature e ha al suo interno un comparto accademico di ricerca e sviluppo.





fig. 1.4 Esempio di tessuto 'flame retardant'



fig. 1.5 Giacca Patagonia in tessuto traspirante

Una descrizione di questo tipo lascia sicuramente grande spazio all'interpretazione. Soprattutto di fronte alla grande crescita che stanno avendo i prodotti che combinano gli intenti decorativi tanto quanto quelli funzionali; ad esempio tessuti di arredo ritardanti di fiamma (fig. 1.4) o tessuti traspiranti nell'abbigliamento (fig. 1.5).

Non sorprende quindi che nessuno riesca ad utilizzare una rigida definizione di questi tessuti, essendo questa tra le aree di mercato più dinamiche e ampie, caratterizzata da un costante cambiamento dei materiali, dei processi, dei prodotti e delle applicazioni.

Per molti anni è stato utilizzato il termine 'tessuti industriali' per definire tutti i prodotti tessili che avessero un uso finale destinato a campi che non fossero inerenti all'abbigliamento, casalinghi e arredo.

Questa categorizzazione è sembrata sempre inadeguata a fronte delle nuove applicazioni dei tessuti in ambito medico, dell'igiene, sportivo, dei trasporti, dell'edilizia, dell'agricoltura, ecc. I tessuti industriali sono ora più spesso visti come un sottogruppo della categoria più ampia di tessuti tecnici, riferendosi specificamente ai prodotti tessili usati nel corso delle operazioni di produzione (filtri, nastri trasportatori, substrati abrasivi ecc.) o

che sono incorporati in altri prodotti industriali (componenti elettrici e cavi, guarnizioni flessibili e diaframmi, o isolamento acustico e termico per uso domestico e industriale).

### 1.3.2 Potenzialità

La ricerca di un termine che abbracci questo settore tessile non può essere confinato al mero uso dei termini 'tecnico' o 'industriale'. Altri termini quali 'tessili performanti', 'tessili funzionali', 'tessili ingegnerizzati', 'tessili high-tech' sono spesso utilizzati in vari contesti, spesso con un significato specifico (ad esempio i tessili performanti si riferiscono spesso al mondo dello sportware) ma non hanno comunque un preciso significato<sup>6</sup>.

La difficoltà di categorizzare questo mondo dei tessuti è la riprova che il tessile è un settore che abbraccia in maniera orizzontale tante altre branche dell'industria e del mercato.

Questa particolare caratteristica non deve essere vista come un ostacolo ma piuttosto come un trampolino di lancio. I settori industriali vedranno una compenetrazione e questo farà sì che i progettisti, in collaborazione con le aziende, lavorando senza limitarsi al settore di appartenenza, potranno acquisire contatti e competenze di diversi mondi tecnici e commerciali

E' nel panorama dei tessuti tecnici che si sviluppano per la prima volta i tessuti tridimensionali.

---

<sup>6</sup> E' da tenere in considerazione che il significato di questi diversi termini può inoltre assumere sfumature ancora differenti se tradotto in una lingua piuttosto che un'altra.

## I TESSUTI 3D



fig. 2.1 Matrice e rinforzo

### 1.1 Prime apparizioni

I tessuti hanno fatto il loro ingresso anche nel campo dei materiali compositi, o semplicemente compositi, materiali costituiti da almeno due fasi distinte: una fase continua, detta *matrice*

e una fase dispersa, detta *rinforzo* (fig. 2.1). Il risultato è la combinazione delle caratteristiche dei due materiali per ottenerne uno nuovo che ha proprietà superiori a quelle di ognuno dei due componenti di partenza.

Dato che la specifica di questi materiali è di ottenere una sostanza molto resistente ma con una densità bassa, i compositi hanno trovato le



fig. 2.2 Tessuto 3D

loro applicazioni in diversi campi come quello dei trasporti, della marina, dell'edilizia, nel campo aerospaziale e medico.

Dal punto di vista della matrice, i compositi possono essere divisi in tre macro categorie: a matrice polimerica, metallica e ceramica. Basandosi invece sul rinforzo, i compositi possono essere suddivisi in compositi a fibre, lamine, particelle, fiocchi e filler (Del Curto, Marano 2012).

I compositi a fibra tessile spesso consistono in una sovrapposizione di strati, detti laminati 2D, che presentano una miglior forza e rigidità in piano rispetto ai rinforzi metalli e ceramici (Bilisik, 2001).

Tuttavia l'uso dei laminati 2D può risultare poco propenso in certe strutture, come ad esempio negli aerei o nelle automobili, poiché hanno una resistenza all'impatto inferiore e basse proprietà meccaniche nel senso dello spessore rispetto ai tradizionali materiali usati solitamente in questi settori, come le leghe di alluminio e acciaio. Le strutture 2D presentano proprietà scarse fuori dalla dimensione planare proprio perché mancano di un rinforzo nella terza dimensione. Per sopperire a questa mancanza mantenendo comunque le proprietà delle fibre tessili, sono state sviluppate preforme di tessuti tridimensionali che possano essere progettate e prodotte utilizzando diverse tecniche di fabbricazione come la tessitura a telaio, la maglieria, la trecciatura, cucitura e processi di tessuto non tessuto (detto anche nonwoven)<sup>7</sup>.

## 1.2 Definizione e classificazione

<sup>7</sup> Tessuto non tessuto (TNT) è il termine generico per indicare un prodotto industriale simile a un tessuto ma ottenuto con procedimenti diversi dalla tessitura e dalla maglieria.

Esistono svariati tipi di tessuti tridimensionali, di seguito sono proposte due classificazioni. La prima si basa sulla tecnologia con la quale il tessuto è stato creato e quindi la sua struttura interna (classificazione dello studioso Khoakar). La seconda classificazione invece si basa sulle forme ottenibili dai diversi tessuti tridimensionali, come esposto in tabella 1.

*Si definiscono tessuti tridimensionali quei tipi di tessuto che hanno una terza dimensione nel senso dello spessore (fig. 2.2).*

Nei tessuti 3D infatti, lo spessore o dimensione sull'asse z, può essere considerato rilevante in relazione alla dimensione longitudinale e trasversale rispettivamente sull'asse x e y (Badawi, 2007).<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Oltre a quella citata esistono altre definizioni: "Un sistema unico costituito da un tessuto i cui filamenti sono presumibilmente disposti in tre direzioni planari reciprocamente perpendicolari" (Behera&Mishra, 2008).

"Una struttura che ha uno spessore sostanziale nella dimensione dello spessore formata da strati di tessuto o filati sovrapposti" (Chen, 2011).

A fronte della definizione del termine si possono dunque classificare i diversi tipi di tessuti tridimensionali a seconda della struttura interna. Basandosi sulla classificazione di Khoakar (1998) si possono trovare cinque categorie di tessuti tridimensionali:

- *Tessuto 3D interlacciato.* Consiste nel processo di tessitura 2D convenzionale progettato per intrecciare due ordini di filati (ordito e trama) ortogonali tra loro con, in aggiunta, un terzo ordine di filati che funziona come 'legante' che si sviluppa attraverso lo spessore (nella direzione Z).

- *Tessuto 2,5D (pile).* Consiste nel processo di tessitura 2D convenzionale che utilizza 3 set di filati (ordito di fondo, ordito di pile e trama pile) per creare il tessuto pile.

- *Tessuto 3D non interlacciato.* Consiste nel processo di tessitura 2D tradizionale con tre set di filati per produrre un tessuto non interlacciato con filati nelle direzioni della trama, dell'ordito e attraverso lo spessore.

- *Tessuto 3D completamente interlacciato.* E' il processo di tessitura a navetta 3D progettato per interlacciare

Struttura	Architettura	Forma
<i>Solido</i>	<i>Multilayer Non interlacciati Interlacciati</i>	<i>Struttura composta, con geometria regolare o assottigliata</i>
<i>Cava</i>	<i>Multilayer</i>	<i>Superfici irregolari, tunnel a diversi livelli in diverse direzioni</i>
<i>Guscio</i>	<i>Monostrato Multilayer</i>	<i>Gusci sferici o "scatole aperte"</i>
<i>Nodale</i>	<i>Multilayer Non interlacciati Interlacciati</i>	<i>Nodi tubolari e nodi solidi</i>

Tabella 1. Strutture dei tessuti 3D e architetture tessili

tre set di filati ortogonali fra loro. Il passo della tessitura è presente sia verticalmente che orizzontalmente. Questo produce un tessuto tridimensionale completamente interlacciato dove tutti e tre i set di filati si legano in maniera ortogonale fra di loro, è possibile grazie ad un macchinario specificamente progettato per la tessitura 3D.

- *Tessuto non tessuto.* Un tessuto tridimensionale che crea spessore poiché connette tre set di filati ortogonali ma senza tessitura, processi di maglieria o trecciatura. Il tessuto è tenuto insieme grazie ad un particolare

processo di legatura, solitamente meccanica.

### 1.3 Interlacciato e non interlacciato

Nel capitolo 1.2 è stata presentata 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 distinguere due principali categorizzazioni; una basata sulla struttura intrinseca dell'intreccio e l'altra sulla forma del prodotto finito.

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

Gli interlacciati sono tutti quei tessuti in cui i fili sono strettamente connessi tra di loro a formare una struttura coesa. 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, questo il caso particolare 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).

#### 1.4 Strutture tridimensionali

Le tecnologie tessili sono in grado di fabbricare tessuti 3D con molte forme geometriche differenti. I tessuti tridimensionali possono essere divisi in quattro diverse categorie (*vedi tab. 1*) e questa può essere utilizzata come altro metodo di classificazione dei tessuti 3D.

##### • *Strutture tridimensionali solide*

Per ottenere forme con struttura solida, sono utilizzate tre diverse architetture: Non interlacciati, multilayer e interlacciati (ad "*angle interlock*"). Mentre le strutture multilayer e interlacciate possono essere prodotte con i macchinari di cucitura 2D tradizionale, le architetture non interlacciate hanno bisogno di un telaio specificatamente progettato per



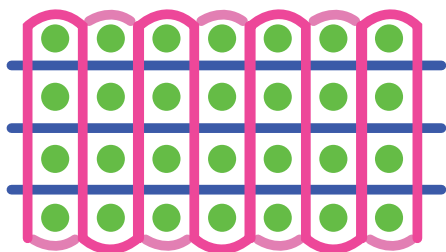


fig. 2.3 Trama non interlacciata (ortogonale)

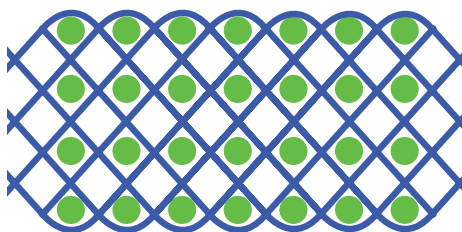


fig. 2.5 Trama interlacciata attraverso spessore

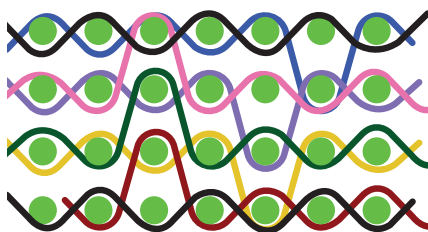


fig. 2.4 Trama Multilayer

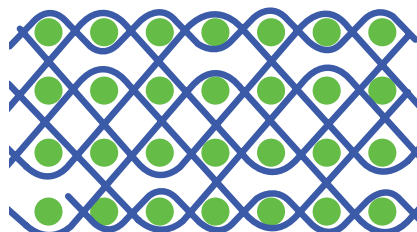


fig. 2.6 Trama interlacciata layer to layer

la cucitura 3d.

La trama a struttura non interlacciata consiste in tre set di filati perpendicolari uno con l'altro (come le coordinate X,Y e Z). In questo processo, il filato sull'asse Z connette tra loro tutti i fili di ordito, riempiendo la struttura e dando solidità al tessuto (fig. 2.3).

La trama a struttura multilayer

consiste in strati multipli, ognuno dei quali possiede i suoi filati trama e di ordito. La connessione tra strati è fatta tramite la cucitura degli stessi filati presenti o può essere fatta anche tramite una cucitura centrale utilizzando un set di filati esterni (fig. 2.4).

La struttura interlacciata può essere suddivisa in due tipologie: attraverso lo spessore (fig. 2.5) o layer to layer (fig. 2.6).



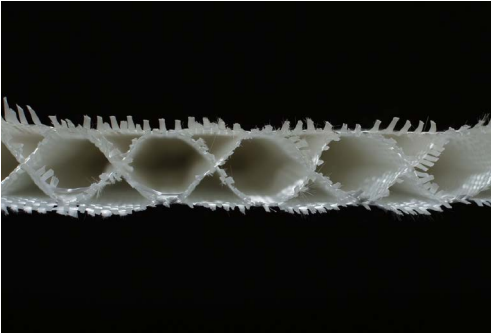


fig. 2.7 3D cavo, superficie piana



fig. 2.8 3D cavo, superficie irregolare

Nella prima i fili di trama viaggiano da una superficie all'altra del tessuto 3d tenendo insieme gli altri strati, mentre nella seconda tipologia i fili di trama viaggiano da uno strato a quello adiacente, tornando poi indietro. Un ulteriore set di trama unisce e tiene insieme tutti i layer della struttura.

Queste diverse strutture garantiscono differenti proprietà meccaniche al tessuto che le rende adatte ad un'applicazione piuttosto che un'altra. Le caratteristiche sono state studiate facendo delle prove in compositi che contenevano preforme con le strutture sopracitate. E' evidente come i tessuti tridimensionali, la cui struttura può essere ben studiata, riescano ad avere

proprietà molto maggiori dei tessuti a due dimensioni.

#### • *Strutture tridimensionali cave*

I tessuti tridimensionali possono creare forme cave la cui caratteristica risultante è un tessuto di superficie piana nel quale sono utilizzati tre o più strati di tessuto. Lo strato di tessuto connettivo è tessuto con lunghezza maggiore rispetto agli strati superiore ed inferiore, in modo da ottenere una macro struttura che presenta delle cavità nel senso dello spessore. (fig. 2.7). Oppure possono essere caratterizzati da tessuti con superficie irregolare nei quali strati adiacenti di tessuto sono combinati con un pattern che crea



fig. 2.9 Tessuto a guscio

intervalli che producono cavità (fig. 2.8).

Questi spazi vuoti possono essere personalizzati in forma e dimensione. Le superfici possono essere profilate o rese piane, ciascuna con diverse possibilità di connessione differenti. Sono possibili facce oblique profilate o oblique in combinazione con collegamenti orizzontali (per esempio una struttura a nido d'ape). Le superfici piane possono avere collegamenti verticali, obliqui o una combinazione di questi. Le aperture possono essere utili e utilizzate per diversi scopi, possono essere riempiti con matrici di rinforzo, con schiuma, imbottiture, essere passaggio per cavi ecc...

E' anche possibile combinare diversi tipi di filato in un tessuto.

### •Strutture tridimensionali a guscio

Le strutture tridimensionali a guscio si riferiscono ai tessuti con doppia curvatura mantenendo continuità della fibra. Tali tessuti possono assumere forme sferiche o cubiche. Queste forme possono essere effettuate utilizzando tecniche differenti, come la cucitura con discreti cambi di direzione, combinazione di intrecci, stampaggio.

Come si vede in figura, sono stati creati disegni 3d grazie al cambio di pendenza dell'intreccio (fig. 2.9).

E' possibile ottenere forme a guscio tramite diversi orientamenti delle fibre. Busgen<sup>9</sup> inventò un metodo per la creazione di tessuti 3D a guscio tessuti direttamente. Il convenzionale rullo è stato sostituito da un altro costituito da molti dischi che sono controllati elettronicamente in modo individuale così che venga modificato

<sup>9</sup> Busgen A. Woven fabric having a bulging zone and method and apparatus of forming same. Patent No.US6000442, 1999.

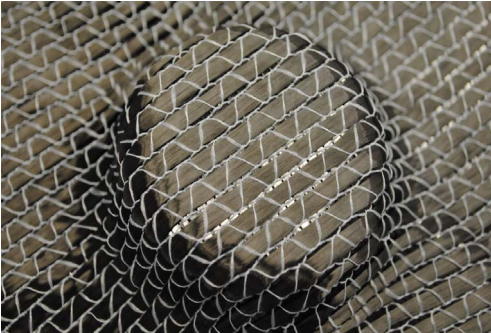


fig. 2.10 3D guscio, tessuto direttamente



fig. 2.11 Guscio termoformato

il movimento di avvolgimento. Ciò che si ottiene è un tessuto in doppia curvatura (fig. 2.10).

Grazie alle proprietà elastiche dei filati il tessuto può essere modellato in superfici a doppia curvatura. Un esempio sono i tessuti modellati in forme 3D come materiale di rivestimento per l'interno del portiere delle automobili. La figura mostra un campione creato dopo aver inserito il tessuto in uno stampo (fig. 2.11).

#### •Strutture nodali

Un tessuto nodale 3D si riferisce ad un tessuto che facilita una rete formata da diversi elementi tubolari che riesce a tenere insieme diverse strutture solide.

Taylor<sup>10</sup> ha lavorato alla progettazione e realizzazione di strutture nodali e sviluppato un procedimento per la progettazione di questi tessuti. Un problema importante nella produzione di tessuti nodali è l'intersezione di due tubi con o senza lo stesso diametro. Un algoritmo garantisce un'intersezione di alta qualità tra i tubi. La figura 17 mostra strutture nodali in vari materiali: poliestere, vetro, fibre di carbonio (fig. 2.13).

Un altro tipo di tecnologia, più recente, che permette la creazione di prodotti finiti cavi è la *Complete*

<sup>10</sup> Taylor LW. Design and manufacture of 3D nodal structures for advanced textile composites. PhD Thesis, School of Materials, The University of Manchester, 2007.



fig. 2.13 Strutture nodali di varie fibre. (a) Poliestre. (b) Fibra di vetro. (c) Fibra di carbonio

*Garment Knitting*, 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. Oltre all'assenza di cuciture questa tecnologia è spesso utilizzata per dare diversi pattern o spessori in certe aree dove è richiesta una particolare funzionalità.

### 1.5 Esempi di applicazioni

Il campo applicativo di questi tessuti è molto ampio: sono principalmente utilizzati nel mondo della moda e dell'arredamento, ma anche dall'automotive allo sportswear, fino ad ambiti più tecnici come inserti in oggetti di vario utilizzo o, come si diceva all'inizio del capitolo, preforme per compositi. Di seguito vengono proposti ai lettori diverse applicazioni che mostrano come il tessuto lo si possa trovare in diversi prodotti di cui facciamo quotidianamente uso.

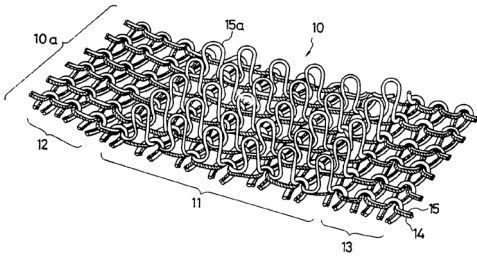


fig. 2.14 Schema struttura pile



fig. 2.15 Dettaglio giacca di finta pelliccia

### •Il Pile

Il pile (o struttura 2,5 D fig. 2.14) è comunemente utilizzato per maglioni, giacche e coperte. Ha la caratteristica di avere la sua terza dimensione “aperta” il che lo rende molto morbido e caldo al tatto (fig. 2.15). Anche il velluto (fig. 2.16) è una struttura Pile; la sua morbidezza dipende oltre che dal tipo di filato usato anche dalla lunghezza alla quale le fibre vengono tagliate. Il velcro è visibilmente una struttura pile, viene utilizzato per la chiusura di indumenti, scarpe, borse, zanzariere e articoli sportivi. Viene usato nella confezione di tendaggi e moquette ed è parte integrante di certi bendaggi ortopedici (fig. 2.17).



fig. 2.16 Coperta in velluto

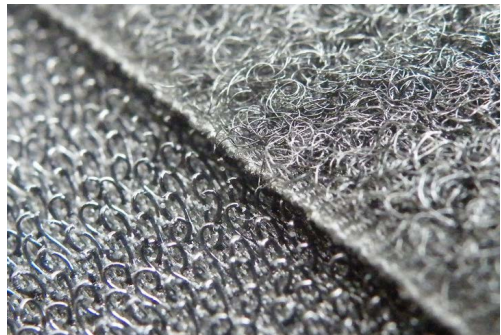


fig. 2.17 Velcro



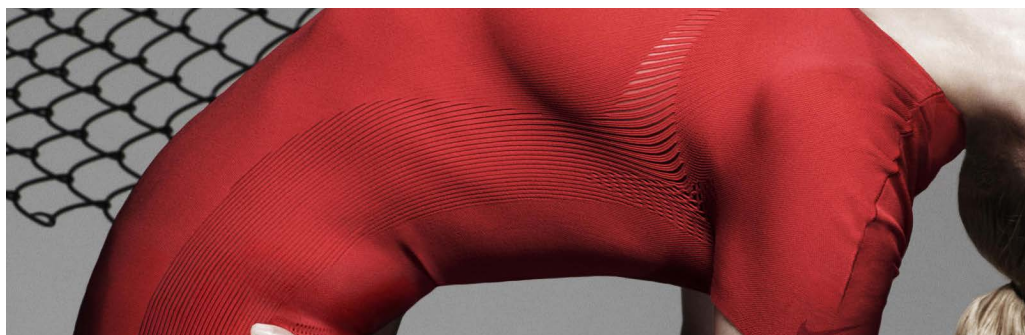


fig. 2.18 Maglia sportiva whole garment

• *Complete Garment fabrics*

Attraverso i capi complete garment si può ottenere abbigliamento per uso medicale: vengono spesso utilizzati per fare guanti, gambaletti, ginocchiere e calze a compressione (fig. 2.18). Sono progettati su misura per l'utente che ha difficoltà specifiche in alcuni punti piuttosto che altri e l'assenza di cuciture (seamless) in questi capi è fondamentale per garantire il comfort necessario alla buona riuscita della terapia o della performance (fig. 2.19). Viene infatti utilizzata spesso per l'abbigliamento sportivo, nel quale diverse densità sono possibile per garantire diverse funzioni (sostegno, traspirazione...) (fig.2.20).



fig. 2.19 Guanti a compressione



fig. 2.20 Seamless sportsware



#### • Strutture multilayer e spacers

Queste strutture permettono una varietà di forme pressoché infinita, vari pattern e sovrapposizioni sono possibili creando anche zone a diverse densità che possono avere caratteristiche differenti: all'interno di uno stesso tessuto si possono combinare zone più elastiche e altre più rigide, alcune traforate e altre più fitte. La trama di queste strutture rende possibile diverse combinazioni oltre all'utilizzo di diversi filati nello stesso pezzo. Un buon esempio sono la tomaia delle scarpe che vediamo in figura. (fig. 2.21) Questo tipo di tecnologie permette inoltre la riduzione di sprechi di materiale e il numero di finiture successive. Questi tessuti sono presenti anche negli interni di moltissime automobili (fig. 2.22). Con questo scopo sono utilizzati gli spacers che, grazie alla loro struttura con spessore molto elevato, sono utilizzati dove c'è il bisogno di "ammortizzare" e rendere più morbido un tessuto senza bisogno di utilizzare imbottiture ma questo effetto è dato direttamente come prodotto finito (fig.



fig. 2.21 Tomaia scarpe running



fig. 2.22 Dettaglio sedile auto



fig. 2.23 Combinazione di spacers



fig. 2.25 Spacer estetico



fig. 2.24 Pouf She design

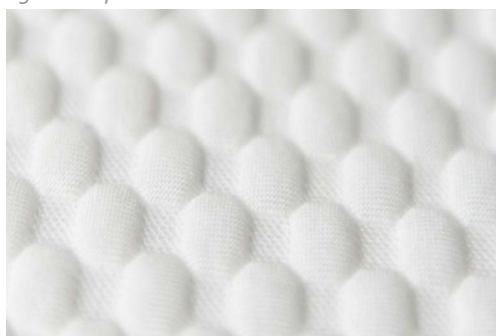


fig. 2.26 tessuto per materassi Innofa

2.23, 2.24).

#### • Strutture cave e a guscio

Strutture cave e a guscio possono garantire comfort e traspirabilità, sono usati in diversi settori e per diverse applicazioni. Ad esempio una struttura aperta a nido d'ape può rendere un

oggetto morbido e allo stesso tempo flessibile (fig. 2.25), mentre una struttura a guscio può donare al tessuto delle caratteristiche aggiuntive, come nel caso che si vede in figura nel quale il cambio di pendenza del tessuto applicato ad un materasso ne aumenta il comfort per la schiena (fig. 2.26).





fig. 2.27 Conformato per Sedia da ufficio

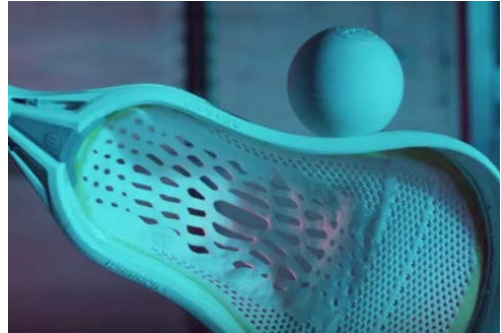


fig.2.29 Mazza da lacrosse Stoll



fig. 2.28 Passamontagna funzionale Stoll

#### • Strutture conformate o per compositi

Questi tessuti sono spesso utilizzati poiché riescono a conformarsi perfettamente al corpo o ad altri oggetti, garantendo alcune funzioni in punti specifici (fig. 2.27). Nel caso del passamontagna la parte intorno alla bocca ha una struttura più aperta e traspirante e sono presenti dei filati conduttivi che la collegano ad una batteria (posta sulla nuca) che riesce a scaldare l'aria inspirata per riuscire a correre anche nel clima più rigido senza avere problemi ai polmoni (fig. 2.28).

Associati ad un telaio strutturale, i tessuti possono avere delle funzioni ben specifiche come nel caso della

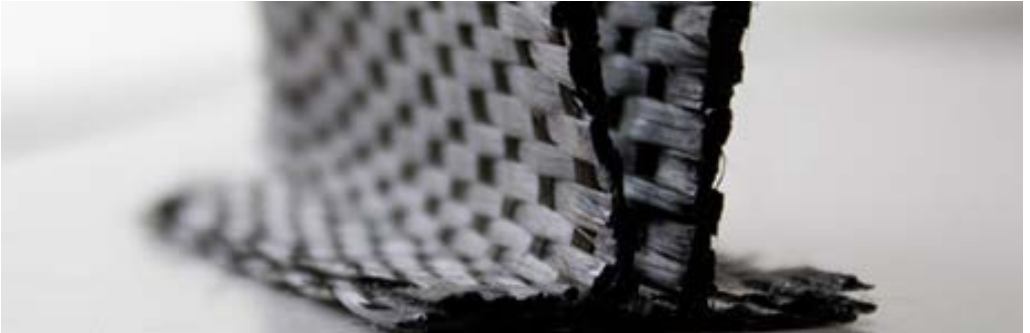


fig. 2.30 Dettaglio tessuto per composito

mazza da lacrosse progettata in modo da ottenere la miglior funzionalità utilizzando un solo elemento tessile (fig. 2.29).

Possiamo vedere come i tessuti sono accostati ad elementi rigidi essendo fibre per compositi (fig. 2.30), una buona struttura in fibra di carbonio rende leggero e resistente un oggetto, infatti sono spesso utilizzati per creare caschi che restano leggeri sul capo del conducente (fig. 2.31). Concludendo si può vedere come le strutture siano una parte importante dei tessuti ma la vera differenza la fanno associati ai materiali con cui sono filati. E' questa combinazione che crea nuove potenzialità.

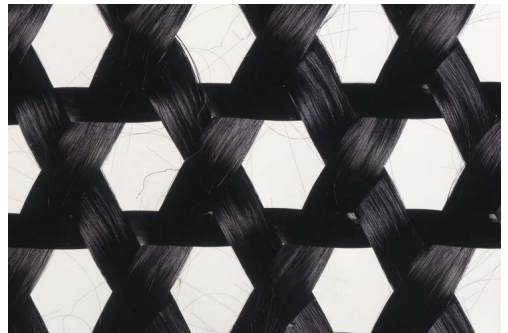


fig. 2.31 Casco in fibra di carbonio



## FIBRE, FILI E FILATI

### 3.1 LE FIBRE TESSILI

La fibra può essere considerata come il “mattoncino elementare” di materiale che porta alla costituzione di qualunque tessuto. L'insieme di fibre costituisce il filo<sup>1</sup> e il filato<sup>2</sup> che vengono utilizzate nelle operazioni di tessitura per produrre i diversi tipi di tessuto.

Al momento della scelta di un tessuto per un'applicazione specifica è sì

---

<sup>1</sup> Insieme di filamenti o di bave continue, cioè di lunghezza illimitata, sia ritorte che non ritorte

<sup>2</sup> Insieme di fibre corte discontinue unite tramite torsione.

importante la scelta dell'armatura più pertinente all'impiego, ma è altrettanto importante la selezione della materia che la andrà a costituire, ovvero i fili e le fibre di cui sono fatti.

Partendo dalla definizione tratta dal Textile Terms and Definitions, che indica le fibre tessili come “*elementi caratterizzati da flessibilità, finezza ed elevato rapporto tra lunghezza e dimensioni trasversali e da un orientamento preferenziale delle molecole in direzione longitudinale*” è possibile ricavare una classificazione seguendo

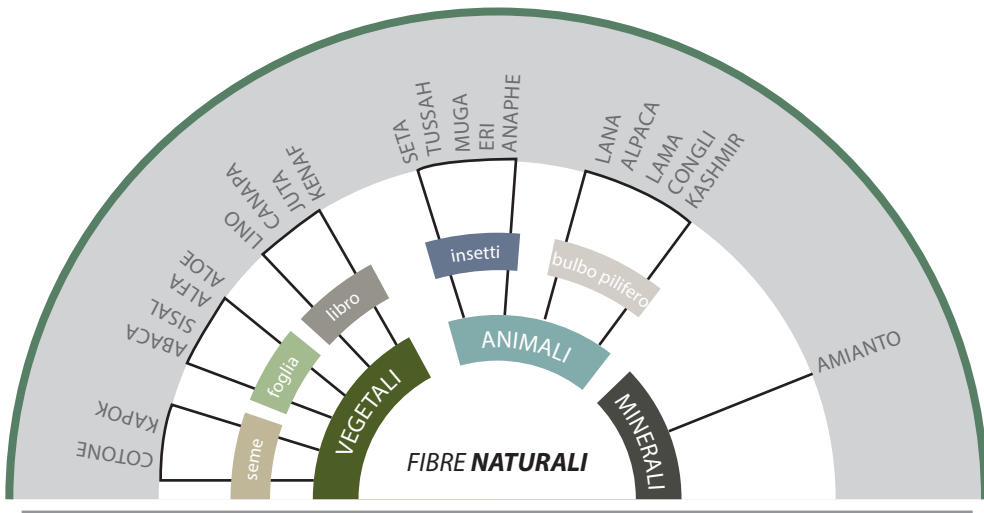


Fig. 3.1 Fibre naturali da norma UNI-ISO 6938

due criteri fondamentali: la lunghezza della fibra (che individua due categorie di materiali, le fibre e i filamenti) e la sua natura, ovvero all'origine 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).

### 3.2 LE FIBRE NATURALI

Le così dette fibre naturali sono convenzionalmente divise in sottoclassi, che corrispondono ai tre

regni della natura (animale, vegetale e minerale (fig. 3.1)). Tra le fibre vegetali le più importanti sono sicuramente il cotone (fig. 3.2) e il lino (fig. 3.3). Il cotone, in particolare, è una fibra di largo consumo che da sola occupa quasi il 50% del mercato mondiale di fibre. Altre fibre di origine vegetale sono la iuta, la canapa, il sisal, ecc., la maggior parte delle quali è ottenuta da piante tropicali. Tra le fibre di origine animale, le più importanti sono la lana e la seta. La lana viene ricavata dalla tosatura degli animali, principalmente ovini (fig. 3.4), mentre la seta è invece



*fig. 3.2 Cotone*



*fig. 3.3 Fibra di lino*



*fig. 3.4 Lana di pecora*



*fig. 3.5 Bozzolo del baco da seta*



*fig. 3.6 Fibra di vetro*



*fig. 3.7 Fiocchi di fibra di carbonio*



prodotta da larve di insetti (fig. 3.5). Una differenza importante tra queste due fibre è che la lana presenta una lunghezza pari a quella del pelo dell'animale quando viene tosato, ed è perciò una fibra decisamente corta, mentre la seta è una fibra continua, con lunghezza di alcune centinaia di metri, ottenuta dalla macerazione del bozzolo del baco da seta. Per quanto riguarda le fibre di origine minerale, quelle più utilizzate sono le fibre di vetro (fig. 3.6), di ceramica, metalliche, di carbonio (fig. 3.7), di boro, di allumina, carburo di silicio ecc. Tra queste, due sono molto utilizzate nel campo dell'abbigliamento: il vetro tessile e le fibre metalliche. Tutte le altre hanno notevole importanza nei settori dei materiali compositi quindi, sono molto impiegati nel settore sportivo, dei trasporti e quello aerospaziale.

### 3.3 LE FIBRE MAN-MADE

Le fibre man-made (fig. 3.8) possono essere suddivise in due categorie: le fibre sintetiche e quelle derivate dalla manipolazione di fibre naturali (artificiali). Le fibre appartenenti a

queste due categorie sono entrambe artificiali in senso stretto perché non si trovano spontaneamente in natura ma vengono ottenute per filatura in impianti chimici più o meno sofisticati.

#### 3.3.1 Le fibre sintetiche

Le fibre sintetiche sono realizzate dall'uomo attraverso un processo chimico, partendo da sostanze molto semplici che di solito si trovano allo stato liquido o gassoso. Alla scala molecolare (che è dell'ordine dei nm) questi materiali presentano una struttura con forti analogie rispetto alla fibra macroscopica, essendo costituiti da un insieme di "fili" molto sottili (macromolecole) aggrovigliati tra loro. Questa caratteristica è molto importante ai fini dell'ottenimento di fibre con buone proprietà meccaniche. In particolare, durante la filatura si possono osservare due fenomeni:

- *l'orientamento* delle molecole, che di solito indica una sorta di "sgrovigliamento")
- *la cristallizzazione*, cioè la formazione di zone cristalline

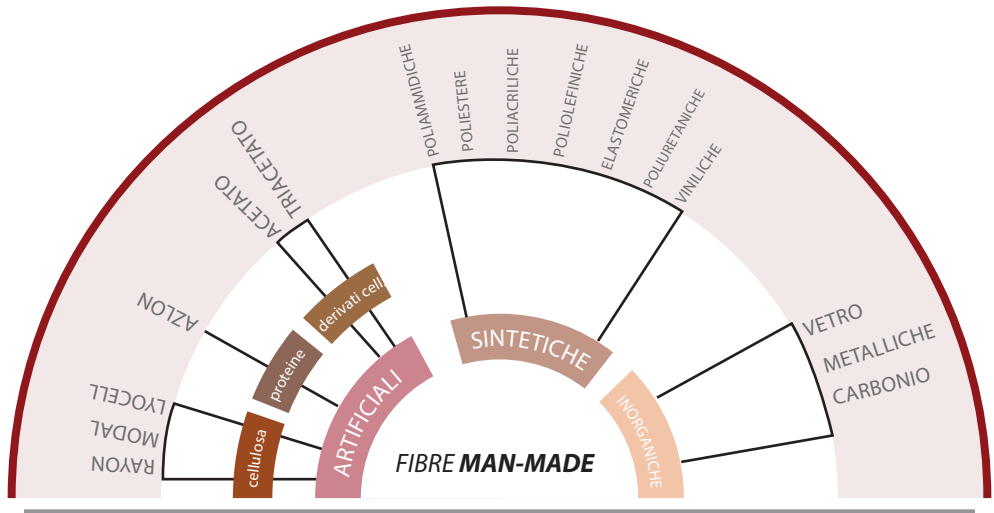


Fig. 3.8 Fibre Man-made da norma UNI-ISO 6938

(ordinate) all'interno del materiale.

La struttura chimica delle fibre di sintesi è molto varia e sono circa una decina sono quelle di specifico interesse per il settore dell'abbigliamento. Si possono citare ad esempio le poliammidiche, le poliestere, le poliacriliche, le elastomeriche, le poliuretamiche e le viniliche. Le poliammidiche furono le prime ad essere scoperte e commercializzate e sono meglio conosciute con il nome di nylon (fig. 3.9). Le fibre elastomeriche,

che rispetto alle altre fibre sintetiche presentano la caratteristica di essere deformabili, trovano largo impiego nel settore dell'abbigliamento e dell'industria (fig. 3.10). Fibre non elastomeriche possono essere invece soggette, durante la sollecitazione, a processi di riorganizzazione molecolare che rendono permanente parte della deformazione subita.

### 3.3.2 Le fibre artificiali

Un'altra categoria molto importante



dal punto di vista economico è quella delle fibre artificiali derivate, ottenute attraverso processi chimici di purificazione e/o di modifica a partire da fibre naturali. Per citarne una di queste fibre derivate è ad esempio il rayon (viscosa) che è ottenuto per filatura di una fibra cellulosica modificando per via chimica la sua struttura (fig. 3.11).

In questo caso la cellulosa, che è il componente principale, viene trattata chimicamente per ottenere una fibra che non può più essere chiamata naturale, in quanto non si presenta più nella forma strutturale con la quale è stata prodotta dalla pianta, ma che, tuttavia, non è nemmeno sintetica, in quanto non è stata ottenuta attraverso un processo di sintesi chimica a partire da sostanze più semplici.

### 3.4 LE PROPRIETA' DELLE FIBRE

La caratterizzazione delle fibre tessili non dipende solamente dalla loro composizione chimica. Quest'ultima è un parametro sicuramente importante in termini produttivi mentre, dal punto di vista di chi deve selezionare un tessuto



fig. 3.9 Fibra poliammidica (Nylon)



fig. 3. 10 Fibra elastomerica



fig. 3.11 Rayon viscosa



fig. 3. 12 Lana, fibre corte: morbidezza



fig. 3. 13 Corda in Juta, molto tenace

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. Fibre con densità maggiore danno luogo a tessuti di peso maggiore, anche se questa caratteristica dei tessuti può dipendere da altri fattori quali la densità della trama;

- *Assorbimento d'acqua*. 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. L'assorbimento d'acqua fa anche cambiare molte proprietà fisiche della fibra, infatti diventano più pesanti contemporaneamente la fibra perde anche rigidità.

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 sofficità e volume del tessuto. Le fibre sintetiche sono sempre prodotte in forma di filo continuo ma talvolta, soprattutto quando devono essere mescolate con fibre naturali,

vengono ridotte a fibre corte mediante apposite macchine;

- *sezione (o diametro)*. Rappresenta la conformazione trasversale o longitudinale tipica di ogni fibra. Le fibre artificiali e sintetiche presentano sezioni trasversali in funzione della diversa conformazione del foro della filiera di estrusione e del processo di filatura, mentre le fibre naturali hanno sezione spesso irregolare, in molti casi risulta particolarmente difficile caratterizzare la fibra in base ad una sola lunghezza e spesso si rende necessario misurare almeno due dimensioni (diametro maggiore e minore). In generale più la fibra è piccola di diametro (fine) e lunga e più, di solito, risulta morbida al tatto (fig. 3.12);

- *crimp* (arricciatura o crettatura). Questa proprietà è associata all'ondulazione della fibra, cioè al fatto che la fibra non rimane rettilinea ma si dispone nello spazio in modo irregolare e può essere dovuta a cause biologiche, legati ai processi di formazioni 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 (fig. 3.13);

- *allungamento a rottura*. Espressione quantificata dell'estensibilità di un materiale tessile, ossia della sua capacità di allungarsi in presenza di una sollecitazione a trazione, consiste 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



fig. 3.14 Nylon, estremamente elastico

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 (fig. 3.14).

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'infiammabilità, il punto di fusione e il punto di rammollimento. Queste caratteristiche per dipendono anche da fattori prettamente geometrici, come la struttura stessa del tessuto.

### 3.5 MERCATO DELLE FIBRE TESSILI

Il sistema tessile è interconnesso con altre realtà che si evolvono e che ne condizionano lo sviluppo: in particolare il mondo della produzione delle fibre tessili ha un'importanza strategica notevole. L'analisi dell'evoluzione del mondo della produzione di fibre è estremamente importante per fornire al mondo tessile indicazioni sul suo possibile sviluppo. L'innovazione del sistema tessile in è in gran parte condizionata proprio dall'innovazione che riguarda le materie prime. Le fibre naturali hanno un ruolo ancora oggi molto importante: il cotone sta, con il poliestere, al primo posto dei consumi, mentre le altre fibre naturali

hanno una collocazione di nicchia che difficilmente potranno modificarsi nel breve e medio periodo. Inoltre, le fibre naturali, al di là di quello che l'ingegneria genetica potrà forse fornire nel prossimo futuro, sono fortemente legate ad un territorio ed hanno un insieme di caratteristiche e di prestazioni sulle quali non è possibile intervenire significativamente.

Diversamente le fibre chimiche, partendo da materie di base disponibili, ovvero distribuite ovunque, si prestano meglio alla grande redistribuzione che l'industria tessile ha subito e subirà in futuro. Accanto a questa grande disponibilità le fibre chimiche mostrano poi un potenziale innovativo legato alla ricerca ed allo sviluppo di nuovi prodotti. Le fibre chimiche d'oggi, hanno delle caratteristiche e delle prestazioni sicuramente migliori di quelle delle loro omologhe di venti anni fa. Si pensi, per esemplificare, allo sviluppo delle microfibre<sup>3</sup>, alla

nascita di nuovi tipi di poliestere, accanto a quelli tradizionali ed alle fibre più prettamente tecniche, dove l'innovazione ha reso disponibili fibre impensabili solo alcuni anni or sono.

Infatti le fibre sintetiche, pur essendo comparse sul mercato molto recentemente (all'incirca dopo la seconda guerra mondiale), sono riuscite nell'arco di poche decine di anni a superare il consumo del cotone senza però sostituirlo. Questo perché le fibre man-made hanno un potenziale di crescita maggiore, poiché è possibile conferire loro caratteristiche sempre più adeguate alle esigenze delle specifiche applicazioni. Il principale punto di forza delle fibre chimiche è quello di poterne (con opportuna progettazione) variare le caratteristiche entro campi molto vasti. Ma non queste fibre non possono sostituire o replicare le caratteristiche che possiedono le fibre naturali come il cotone.

---

<sup>3</sup> Il termine di "microfibra" non indica una fibra tessile in particolare., il termine non può essere usato singolarmente, ma solamente accompagnare il nome del polimero che la costituisce. Ad esempio 100% poliestere microfibra e non 100% microfibra.

### 3.5.1 Fibre per impieghi tecnici

Le applicazioni dei tessili tecnici sono molteplici ed estremamente differenti tra loro: si va da applicazioni sofisticate con prodotti molto costosi ad altre più diffuse per prodotti a minor contenuto innovativo e di costo più modesto.

D'altra parte alcune applicazioni sono ormai mature, mentre altre stanno vivendo una prima fase del loro sviluppo. Una classificazione generale delle loro applicazioni è la seguente:

- Agrotessili
- Industriale
- Per l'ingegneria civile
- Medico-sanitarie
- Per la protezione
- Sportiva e del tempo libero
- Tessile-funzionale
- Trasporti

Aiutandosi con questa lista, si cerca di dare una prima descrizione del sistema dei tessili tecnici

#### • AGROTESSILI

L'agricoltura ha numerosi legami con il mondo dei tessili tecnici: proteggere ed aiutare i raccolti, stoccare i prodotti sono le funzioni fondamentali degli agrotessili, ma anche proteggere gli addetti ed in generale l'ambiente.

I principali prodotti agrotessili, ormai consolidati, sono:

- reti, corde e spaghi (*fig. 3.15*);
- corde per l'orticoltura e per le balle;
- tessuti di protezione (da grandine, sole, vento, pioggia, gelo, animali, uccelli ed insetti);
- paccime artificiale e coperture isolanti del terreno;
- nontessuti capillari per il trasporto di sementi, nutrimenti, umidità;
- copertoni e teloni multiscopo;
- substrati per culture idroponiche;
- terreno-contenitori per il trasporto di piantine.

Dal punto di vista tessile si tratta di materiali sintetici, in particolare di polipropilene (PP) e polietilene (PE), prodotti come filati, film, nontessuti,



maglie e tessuti. Si utilizza tuttavia anche una quota notevole di fibre naturali, sisal ed juta in primo luogo, che si ritrovano non solo nelle aree in via di sviluppo (es. India dove queste fibre rappresentano una buona fonte di materia prima), ma anche nei paesi più avanzati, dove si desidera avere dei prodotti biodegradabili che non causino problemi alla fine del loro impiego o se ingeriti dagli animali.

I prodotti più nuovi sono:

- nontessuti leggeri per coperture di protezione da gelo ed uccelli che vengono sostenuti dalle piante in crescita;
- nontessuti capillari per l'orticoltura per dare un'ottima irrorazione delle piante; questi prodotti, avendo il fertilizzante ed il pesticida incorporato direttamente nel substrato tessile, assicurano una somministrazione più efficace e meno invasiva rispetto allo spray o allo spargimento;
- prodotti superassorbenti che aiutano la ritenzione di liquidi;
- frangivento attorno ai raccolti e agli insediamenti degli animali, per



fig. 3. 15 Reti protettive

costituire dei rifugi semi- permanenti;

- reti ombreggianti per la protezione di piante o di serre, per ridurre il salto termico sia in estate che in inverno;
- nontessuti per la protezione di sementi e piante che possono essere innaffiate senza rimuovere la protezione;
- reti di maglia per la protezione dagli uccelli e per dare un sostegno alle piante rampicanti;
- tessuti per controllare la crescita delle erbe infestanti: i pori della struttura consentono la penetrazione al suolo di acqua, aria e nutrimento.

Dimensioni, trend e carattere della domanda per gli agrotessili dipendono dal bilancio di un complesso di fattori,



fig. 3.16 Filtri sigarette in acetato di cellulosa



fig. 3.17 Filtro metallico di un'asciugatrice

ma la spinta fondamentale è costituita dalla crescita della popolazione mondiale, che, conseguentemente, fa crescere il fabbisogno alimentare. Le prospettive complessive per gli agrotessili sono buone, soprattutto per i nontessuti; le applicazioni finora consolidate sono modeste, se si considera la vastità delle aree destinate alle coltivazioni ed i significativi vantaggi ottenibili con l'impiego del tessile.

#### • **INDUSTRIA**

Le applicazioni industriali sono le più disparate e stanno crescendo in tipo ed in numero; alcune di queste applicazioni sono caratterizzate da

una certa omogeneità e possono essere trattate in modo adeguato come, ad esempio, i tessili per la filtrazione.

I tessili tecnici offrono specifici vantaggi in questo ambito specifico, in quanto la porosità e la superficie specifica possono essere adattate alle più diverse situazioni. I settori interessati sono molteplici e vanno dall'industria alimentare a quella chimica fino a quella meccanica. Le innovazioni più significative riguardano l'uso di fibre e tessuti ad alte prestazioni quali le fibre di carbonio attivato, i non tessuti a base di microfibre e le fibre ad alta resistenza termica, come le aramidiche. Gli sviluppi di tessuti e fibre ad alte prestazioni sembrano essere in grado



di aprire nuove possibilità in termini di aumento delle prestazioni e durata dei filtri e nuove applicazioni. I tessuti per la filtrazione possono suddividersi in:

- filtrazione delle polveri, con problemi particolari per maschere e filtrazione ad alta temperatura;
- separazione e purificazione dei gas;
- filtri per sigarette (fig. 3.16);
- filtrazione dei liquidi (fig. 3.17)

Anche in questo caso si va da applicazioni abbastanza convenzionali ad altre molto più avanzate; anche la tipologia delle materie prime impiegate può variare enormemente, dalle fibre tradizionali a quelle ad alte prestazioni, quando i fluidi da trattare presentano caratteristiche aggressive (temperature elevate, presenza di acidi, ecc.)

#### • INGEGNERIA CIVILE

I nuovi materiali consentono di costruire in maniera rapida strutture destinate però a durare nel tempo. L'abbinamento tessile-scheletro di metallo è una delle forme impiegate per costruzioni temporanee che

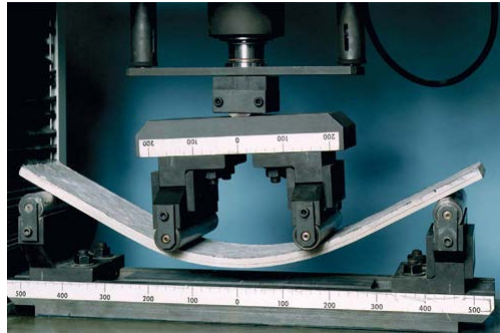


fig. 3. 18 Test su cemento rinforzato con PVA

trovano applicazioni in ambiente civile e militare.

- Miglioramento dei materiali per strutture: resistenza all'idrolisi e resistenza al fuoco sono le due caratteristiche fondamentali per questi usi.
- Armature per costruzioni tradizionali: le fibre di polivinilalcol (PVA), resistenti agli alcali, sono utilizzabili per il rinforzo del cemento in alternativa al metallo (fig. 3.18).
- I compositi nelle costruzioni: i nuovi materiali tessili non sono solo dei materiali di sostituzione con caratteristiche controllate: ma sono all'origine di un nuovo sito, che combina modernità, bellezza e comfort

ambientale.

La ricerca è la base di sempre più soluzioni innovative, come, ad esempio, gli edifici biomimetici ed, in generale, gli edifici intelligenti. Anche i compositi a base tessile possono trovare ampi spazi nell'ingegneria civile: hanno delle prerogative di estremo interesse perché rispondono in maniera ottimale a nozioni quali la resistenza e la multifunzionalità (termiche, acustiche) ed integrano bene le funzioni. L'affidabilità di questi materiali è superiore a quella dei materiali tradizionali, se il progetto è frutto di una reale analisi di sicurezza e di durabilità, in funzione delle condizioni reali e delle sollecitazioni. La ricerca continua del comfort, del risparmio energetico, in sede di progetto d'utilizzo, la necessità d'industrializzare le costruzioni (riduzione dei pericoli per sinistri) vanno tutti in direzione dello sviluppo dell'impiego dei compositi. La ricerca sta mettendo a punto nuove fibre, nuove strutture tessili e nuovi processi di trasformazione. Le potenzialità di sviluppo dei compositi sono

reali: le difficoltà sono prima ancora di mentalità e di competenze che tecniche.

#### • *MEDICO-SANITARIE*

In questa famiglia confluiscono prodotti diversissimi tra di loro: si passa da prodotti di largo impiego e sostitutivi di tessili tradizionali (i cosiddetti tessili ospedalieri) a prodotti di estrema sofisticazione come i prodotti per sostituire i vasi sanguigni. Il settore appare caratterizzato dalla crescita della domanda dovuta sia dalla forte crescita della popolazione dei paesi in via di sviluppo, sia da problematiche specifiche nel mondo industrializzato, come quella della popolazione in età avanzata, ma non solo. Esistono sostanzialmente due tipi di applicazioni: una quella basata sui non tessuti per prodotti usa e getta a basso valore aggiunto, dove esiste una competizione molto dura ed una con mercato di nicchia con volumi limitati ad alta specializzazione ed alto valore aggiunto (*fig. 3.19*). È da tener presente anche che, nel primo caso, le tecnologie sono fortemente



fig. 3. 19 Mascherina medica in TNT



fig. 3. 20 Protesi legamento in tessuto sintetico

automatizzate, richiedono forti investimenti in impianti ed hanno una bassissima incidenza del lavoro, mentre nel secondo l'incidenza del lavoro e la manualità hanno un peso maggiore.

Per le funzioni che sono chiamati a svolgere, quali materiali per protesi, antibatterici, prodotti biocompatibili, oppure a degradazione controllata devono rispondere a precise normative stabilite in sede dell'UE. Le linee di ricerca e sviluppo interessano, in particolare grazie all'uso di fibre a prestazioni sempre più ottimizzate, le protesi vascolari, le protesi per legamenti (come il legamento crociato del ginocchio (fig. 3.20)), materiali per sutura e per i nervi, ed i tessuti

per uso ospedaliero, come quelli per sala operatoria che devono assicurare sicurezza da diversi punti di vista e comfort ad un costo compatibile.

#### • PROTEZIONE

Proteggere l'uomo, il suo ambiente e le cose è una delle esigenze prioritarie che vengono soddisfatte, tra l'altro, da specifiche categorie di tessuti tecnici. In particolare si parla di protezione contro il fuoco e le alte temperature, contro le azioni meccaniche (tagli, strappi) contro gli agenti chimici, ecc. Per la protezione dell'uomo si va dalle tute per lavori pericolosi (pompieri, saldatori, militari...) ai guanti da lavoro, ai giubbotti



fig. 3.21 Abbigliamento da lavoro protettivo in fibre aramidiche (kevlar®)

antiproiettile, dall'abbigliamento ospedaliero (tessuti barriera in sala operatoria...) alla protezione contro le onde elettromagnetiche. Il mondo della protezione rappresenta quindi uno degli ambiti in cui si concentra lo sforzo di messa a punto di nuove fibre e materiali di prestazioni sempre più avanzate. La sicurezza personale, in particolare, investe oggi tutti i campi della vita, professionale e non (fig. 3.21). I prodotti che vengono sviluppati devono ovviamente confrontarsi con precise e stringenti normative a livello europeo. Accanto a queste linee di attività classiche si devono evidenziare alcuni sviluppi che riguardano:

- funzione antistatica per la

dissipazione di cariche statiche, tramite fibre metalliche, fibre chimiche trattate con rame o con finissaggi antistatici;

- funzione antirilascio, grazie a tessuti che impediscono ogni emissione di particelle, da utilizzare, ad esempio, per lavorazioni particolari come quelle dell'industria alimentare, farmaceutica, elettronica;

- isolamento elettrico, dal momento che la maggior parte delle fibre sono praticamente isolanti;

- protezione contro le radiazioni infrarosse che possono essere bloccate con la metallizzazione delle superfici tessili, e contro le radiazioni UV, che possono essere trattate incorporando ossidi metallici nelle fibre stesse o con

opportuni rivestimenti dei tessuti con processi come il sol-gel;

- protezione contro il rischio nucleare, batteriologico, chimico, ad esempio tramite l'uso di fibre di carbonio;
- protezione contro le radiazioni elettromagnetiche sempre tramite l'uso di tessuti conduttori;
- protezione contro situazioni di pericolo come l'uso di tessuti ad alta visibilità.
- funzioni di schermaggio, in particolare per la protezione degli edifici contro le onde elettromagnetiche.

#### • *SPORT E TEMPO LIBERO*

Il tempo libero e le attività sportive, professionali ed amatoriali, stanno assumendo un'importanza sempre maggiore e definiscono stili di vita che riguardano anche di abbigliamento e quindi i tipi d'uso del tessile. Molto dell'abbigliamento sportivo deve avere delle prestazioni tecniche di rilievo (tessuti anti attrito per agonismo, dalla velocità in bicicletta ai costumi da bagno (fig. 3.22); tessuti protettivi e tra- spiranti per sci e alpinismo).



fig.3.22 Costume da competizione, poliuretano (lycra)



fig. 3. 23 Tende, fibra di vetro e polietilene

Ma anche molti oggetti impiegati nello sport hanno un forte contenuto tessile (racchette e mazze in composito tessile, tavole da surf, vele e sartie). Infine anche le tende da campeggio, gli articoli da montagna, ecc. sono prodotti tipicamente tessili (fig. 3.23). Sport e tempo libero sono settori in espansione che esprimono, anche a livello non competitivo, una domanda in continua crescita di prodotti con prestazioni sempre migliori. Le principali aree di sviluppo sono quelle collegate alla messa a punto continua di nuove fibre e di nuove strutture tessili; in particolare:

- tessili leggeri ad alta resistenza meccanica, allo strappo ed all'abrasione (per vele, parapendii, per le attività in montagna);
- tessili con elevato comfort fisiologico, con prestazioni controllate per quanto riguarda il calore, la traspirazione, l'impermeabilità in relazione alle differenti situazioni ambientali;
- tessili per la sicurezza, sempre in relazione ad attività diverse (ad esempio per il motociclismo);

- tessili per migliorare le prestazioni sportive, tramite l'impiego di nuovi materiali come i compositi in grado di ottimizzare il rapporto peso/prestazioni (con applicazioni nel tennis e nella pesca).

#### • TESSILI FUNZIONALI

Al tessile, anche quello più tradizionale, vengono richieste sempre più spesso prestazioni con contenuto tecnico elevato: tessuti easy-care, tessuti antibatterici e freschi, tessuti traspiranti, ecc. accompagnano un impatto estetico tattile valido per il mercato, con una funzionalità sempre più spinta. Così tra tessili tecnici e tessili moda si sono venute a formare delle aree di sovrapposizione sempre maggiori. Anche il tessile tradizionale deve proporre continuamente prodotti percepiti come nuovi e differenti sia dal passato che dalla proposta della concorrenza; sempre più spesso alle caratteristiche estetiche e visive (nuovi colori, nuove strutture tessili...) si affiancano funzioni aggiuntive che rispondono ad esigenze oggettive, ma danno anche un'impronta tecnologica,





fig. 3. 24 Cinture di sicurezza in fili polimerici



fig. 3. 25 Airbag, nylon o altro materiale sintetico

moderna ed innovativa al prodotto tessile. L'esperienza tecnologica, maturata nel tessile tecnico, derivante dall'impiego di fibre tecniche e di processi specifici e diventa così un elemento di forza anche per questo tessile definito appunto come funzionale.

#### •TRASPORTI

I trasporti sono uno dei più importanti mercati di sbocco per i tessili tecnici: quelli su terra (auto e ferrovie), quelli aerei e quelli marini utilizzano tutti dei materiali tessili con tratti comuni molto importanti, assieme ad altri evidentemente distintivi. In termini generali i tessili assolvono, nei trasporti,

funzioni di arredo, funzioni tecniche e funzioni strutturali.

Le prime riguardano gli interni dei veicoli (l'abitacolo dell'auto, la cabina dell'aereo e della nave (fig. 3.24)), le seconde si riferiscono agli apparati di sicurezza (cinture di sicurezza, nell'auto e nell'aereo, airbag, canotti e sistemi di salvataggio, scivoli dagli aerei, ecc.) e degli accessori (filtrazione, cinghie di trasmissione, separatori di batterie, cordami, ecc.) (fig. 3.25); le funzioni strutturali, infine, riguardano i materiali, in generale compositi a rinforzo tessile, che sostituiscono, in tutto o in parte, materiali tradizionali, quali metalli, leghe, materiali plastici, ecc.





fig.3.26 Corda da ormeggio in juta

La prima distinzione necessaria riguarda la struttura stessa del mercato: per l'auto si producono giornalmente migliaia d'unità di uno stesso modello, mentre si realizzano, nel mondo, solo qualche centinaia di aerei e qualche decina di grandi navi. Nel caso dell'auto il costo è la variabile fondamentale ed è influenzato in maniera decisiva

dall'ingegnerizzazione e dalla logistica: il processo domina sul prodotto. Per gli aerei invece sono le prestazioni del prodotto ad avere un ruolo decisivo: la sicurezza e l'affidabilità assumono un'importanza straordinaria se paragonata a quelle, pur necessarie per l'auto, così come la leggerezza del materiale (fig. 3.26). Non a caso, infatti, molte delle nuove fibre e dei nuovi materiali sono stati messi a punto proprio per realizzare strutture estremamente resistenti, ma leggere, capaci di sopportare sollecitazioni meccaniche notevoli, ma anche il fuoco e gli agenti chimici. Quindi, da un lato, i tessuti per arredo obbediscono alle logiche che dominano il sistema tessile: estetica, facilità di manutenzione, prezzo, sono gli elementi strategici che ne sanciscono il successo.

Molte ricerche indicano, infatti, che il peso del decoro tessile nella scelta di un'automobile è notevole, così come la durata nel tempo dello stesso arredo è un indicatore della bontà del veicolo nel suo complesso. Anche in questo caso il tessuto deve possedere delle caratteristiche tecniche

non banali: confezionabilità, resistenza all'usura, ecc. determinano l'impiego nell'auto, così come il possedere buone caratteristiche di resistenza al fuoco ed un buon comfort, ma estetica e tatto sono al vertice delle prerogative richieste. Per un tessuto d'arredo di un aereo invece è molto più importante il comportamento flame-retardant, sul quale non si può transigere, rispetto ad una mano un po' ruvida o una colorazione non particolarmente attraente.

La situazione, oggi in fase evolutiva, rende sempre più importante, anche per l'uso quotidiano e comune, elementi quali la sicurezza ed è plausibile ritenere che nel prossimo futuro i tessuti, anche per l'uso privato, e quindi anche quelli per l'auto, dovranno sostenere test di sicurezza sempre più stringenti, secondo capitolati sempre più precisi e selettivi. Sull'altro versante le soluzioni tecniche più avanzate, quelle strutturali, ad esempio, nate per le applicazioni di punta, stentano ad entrare significativamente nella produzione di massa com'è quella dell'auto, dove le prestazioni non giustificano i costi

ancora troppo elevati.

Le parti strutturali per l'auto solo in minima parte sono a base tessile e riguardano solo alcuni modelli e solo alcune parti; ma è realistico ritenere che l'innovazione in atto, che coinvolge i materiali e le tecnologie, riuscirà a proporre soluzioni economicamente accettabili per una gamma di vetture sempre più ampia. Le previsioni tecnologiche, fatte a metà degli anni '80, di un impiego massiccio di compositi ad alte prestazioni nei trasporti, ad esempio nel motore e nelle sospensioni, si sono rivelate inesatte e in realtà gli impieghi si limitano finora ad applicazioni meno sofisticate. Spingono comunque nella direzione dell'impiego di compositi la crescente esigenza di leggerezza e quella di ridurre al minimo gli interventi di manutenzione, entrambe soddisfatte da questo tipo di materiali. Altra variabile sempre più importante è costituita dalla facilità o meno di riciclare un prodotto a fine vita. Da questo punto di vista i compositi non hanno certo delle caratteristiche favorevoli, soprattutto nella famiglia



fig. 3.27 Scivolo gonfiabile aereo

dei termoindurenti, mentre presentano aspetti positivi i materiali termoplastici, che hanno ancora delle difficoltà di natura tecnologica ad affermarsi. In questa grande eterogeneità si possono trovare alcuni elementi unificanti: uno è costituito dalle materie prime impiegate, le fibre. La scelta delle fibre è dettata, come nel tessile in generale, da esigenze estetiche, di lavorabilità, di prestazioni e di costo. Per l'arredo dominano le fibre man-made ed il poliestere in particolare, ma sta entrando significativamente anche il polipropilene. Per i pneumatici, ad esempio, dopo il dominio, nel passato, delle fibre più tradizionali, vengono usate, ancora in piccole applicazioni, fibre high tech come le aramidiche, che

incrementano la sicurezza riducendo il peso del copertone in maniera significativa. Le ferrovie costituiscono un'altra nicchia del mondo dei trasporti, sempre riguardo all'arredo (poltrone, tappeti, rivestimenti, tendaggi) ed alle parti strutturali dei vagoni. Infine per l'aereo la variabile fondamentale è la sicurezza, abbinata alla leggerezza delle soluzioni proposte. Il tessile trova quindi, anche nell'aereo, una varietà di possibili applicazioni: l'arredo (con sedili, tende, tappeti, moquette...), la sicurezza (con cinture di sicurezza, scivoli...) e le parti strutturali (con flap, ali, carlinga, strutture, pale d'elicottero, freni...) (fig. 3.27).

Un rilievo particolare, nel caso dei trasporti, sta assumendo il problema di rispondere alla direttiva ELF (end of life vehicle) dell'UE sul riciclaggio delle autovetture. Questo si traduce, sia nella messa a punto di nuovi prodotti tessili, sia nella necessità di sviluppare tecnologie per il riciclaggio ed il riuso. Questa questione, tra l'altro, investe tutti i principali componenti tessili, dai materiali per l'isolamento termico ed acustico, ai materiali per la

sicurezza, come cinture ed airbag, ai pneumatici, agli interni, ai componenti strutturali come quelli anti-crash. La variabile ecologica viene quindi ad assumere un rilievo specifico per le proprietà che devono caratterizzare un tessile per automobile, quali resistenza meccanica, resistenza termica, resistenza alla luce ad agli UV, resistenza alla carica biologica, durata compatibile con quella della vettura, non tossicità, non cancerogenità. Le dimensioni del mercato dei TIT impiegati nei trasporti indicano che questa specifica applicazione è quella, dimensionalmente, più importante.

## I PROCESSI DI TESSITURA

Nel capitolo precedente si è parlato delle fibre, della loro varietà e dei campi in cui vengono utilizzate. Come si è potuto capire, la fibra non basta per la creazione dell'intero tessuto, ma anche la tecnica con cui è prodotto conta.

Esistono oggi svariate tecnologie per realizzare prodotti tessili profondamente diversi tra loro e adatti ciascuna per impieghi ben definiti. Alcune delle tipologie di tessuti che possono essere prodotti attraverso tecnologie differenti sono: i tessuti ortogonali (woven), denominati anche

tessuti a navetta; i tessuti a maglia in trama (warp knitted), i tessuti a maglia in catena (weft knitted) o in tulle, i tessuti coesi o non tessuti (nonwoven), i tessuti ottenuti con tecnologie incrociate, cioè con l'unione di diverse tecnologie. I tipi di tessuti quindi ottenibili sono quanto mai vari, anche perché sono quanto mai varie le combinazioni di filati: le fibre sintetiche si prestano infatti ad essere mescolate con quelle naturali conferendo al tessuto effetti particolari di resistenza, tenacità, brillantezza, nonché il pregio di specifiche caratteristiche tecniche.

## 4.1 TESSITURA A NAVETTA (WEAVING)

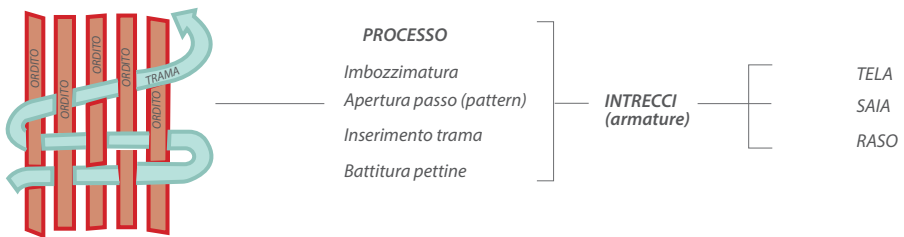


fig. 4.1 Trama e ordito nella tessitura a navetta

### 4.1.1 Principi di tessitura

I tessuti a telaio - detti anche tessuti a navetta<sup>1</sup> - sono formati dall'intreccio di due set di fili disposti ortogonalmente tra di loro. I fili disposti in senso longitudinale costituiscono l'ordito (o catena) mentre quelli disposti trasversalmente rispetto alla direzione di tessitura corrispondono alla trama.

I fili dell'ordito, che sono generalmente più resistenti, sono disposti parallelamente secondo

la lunghezza del tessuto; viceversa quelli della trama sono disposti perpendicolarmente ai primi nel senso dell'altezza del tessuto (fig. 4.1). I fili di trama possono essere meno resistenti, più grossi, a volte meno pregiati e i filati con elastomeri generalmente vengono inseriti nel senso della trama. Vengono invece definiti bi-elastici i tessuti realizzati con filati contenenti elastomeri sia in ordito sia in trama.

### 4.1.2 Preparazione alla tessitura

#### Imbozzimatura

È un'operazione di lubrificazione che viene effettuata temporaneamente sui filati allo scopo di renderli più scorrevoli e resistenti alle sollecitazioni

<sup>1</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.

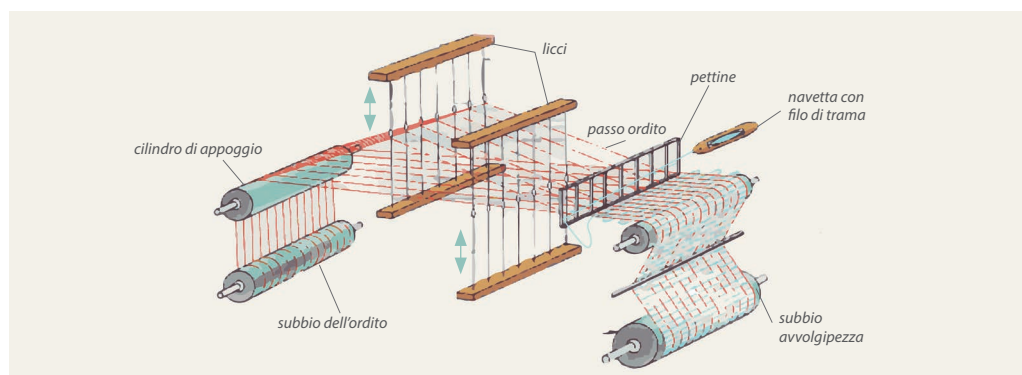


fig. 4.2 Telaio

meccaniche del processo di tessitura. Le bozzime devono quindi essere sostanze di facile applicazione e che possano essere facilmente eliminate dai tessuti tramite lavaggi e risciacqui. Bozzime naturali, quali amidi, fecole cere e gelatine sono ormai state sostituite da una gamma molto più vasta di bozzime sintetiche. L'imbozzimatura si effettua sui filati prima della tessitura vera e propria, le sostanze usate ricoprono il filo e seccano su di esso, e ciò rende il filato più liscio e flessibile e più resistente all'attrito contro le varie parti delle macchine di tessitura o telai. Molti imbozzimanti sono eliminabili per semplice lavaggio in acqua anche con l'uso di sapone.

#### 4.1.3 Il processo di tessitura a telaio

Conoscere il processo di tessitura a telaio (fig. 4.2) 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 temporale:

- tensionamento dell'ordito, il filato viene mantenuto in tensione costante;
- 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, 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 avvicinati tra di loro e il tessuto compattato;

- 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 così una vasta gamma di intrecci e un altrettanto vasta gamma



fig. 4.3 Tela

di proprietà meccaniche ed estetiche.

#### 4.1.4 Intrecci

Generalmente è possibile distinguere tre strutture basilari (armature):

tela (tessuto semplice, plain fabric), saia (twill), raso (satin e sateen).

Tuttavia, la varietà di intrecci è pressochè illimitata. Se ne possono trovare anche di più complessi come ad esempio: il giro inglese, il jacquard, il crepe, il dobby e il piqué.

##### • Armatura TELA

L'armatura tela (fig. 4.3) o piana, detta taffetas per la seta è il tipo di intreccio più semplice e presenta il maggior

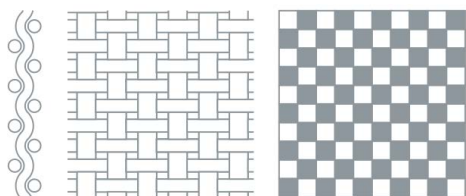


fig. 4.4 Armatura Tela



fig. 4.5 Armatura Basket o Panama



fig. 4.6 Grosgrain

numero di intersezioni possibili tra i fili dell'ordito e della trama. L'ordito e la trama si alternano l'uno sopra e l'altro sotto e viceversa, scambiandosi la posizione ad ogni battuta del telaio. I fili sono intrecciati a croce. Presenta caratteristiche estetiche identiche su entrambe le facce, elevata densità di trama e stabilità dimensionale; buona planarità per lavorazioni successive

(stampa, ricamo, piega). In figura (fig. 4.4) vediamo un ipotetica struttura di un tessuto con armatura tela ingrandito e la sua rappresentazione su carta quadrettata. Nella realtà naturalmente il tessuto non appare così perfetto, infatti nei punti di incrocio dei fili sono spesso presenti delle distorsioni.

Quando l'intreccio tipo tela è attuato con uno o due fili paralleli (anziché uno) si ottiene l'armatura *Basket* o *Panama* (fig. 4.5) che produce un tessuto più deformabile, più piano e resistente, ma non altrettanto stabile.

Le denominazioni commerciali di alcuni dei tessuti che si ottengono con armatura tela sono: cannellato, faille, gros (gros grain (fig. 4.6), madranas, nattè, ottoman, panama, reps.

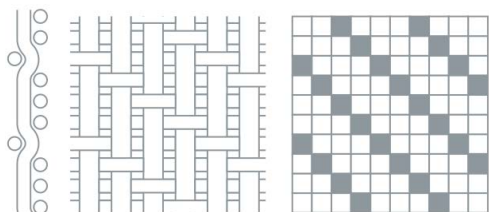


fig. 4.7 Armatura Saia



fig. 4.8 Denim

• **Armatura SAIA**

L'armatura saia (twill per la seta) è caratterizzata da una struttura in cui un filo di ordito passa sotto un filo di trama e poi sopra due, poi di nuovo sotto uno e così via (fig. 4.7). E' caratterizzata dalla presenza di linee diagonali sulla faccia del tessuto con una configurazione a lisca di pesce. Presenta un intreccio più sciolto e flessibile della tela, con



fig. 4.9 Tweed

una buona deformabilità, ma ridotta stabilità. Il tessuto presenta due facce diverse: sul dritto sono più evidenti i fili di ordito, sul rovescio quelli di trama. Se si dispongono due armature saie in direzione opposta, a breve distanza, usando fili di colore diverso, si ottiene il tessuto spigato.

Alcuni dei tessuti che presentano un'armatura di questo tipo sono: denim

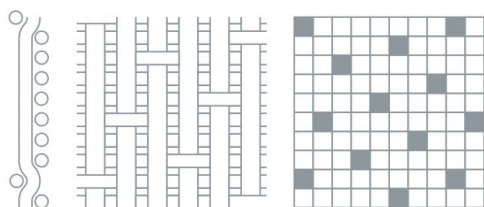


fig. 4.10 Raso

(fig. 4.8), tweed (fig. 4.9), herringbone, fustagno, loden, tartan.

#### • Armatura RASO

L'armatura raso (fig. 4.10), satin per la seta, è un tipo di intreccio che fa ottenere tessuti satinati o rasati dall'aspetto lucente, ma molto meno resistenti di quelli ottenuti con le altre armature. I punti di incrocio (intersezione) tra ordito e trama sono ridotte al minimo. Il filo di ordito, dopo essere passato sotto ad un filo di trama, vi ripassa dopo quattro, cinque, sei o sette fili, a seconda del tipo. Nella battuta successiva si ripete lo stesso intreccio, ma scalato di due posti. Si ottengono così dei tessuti rasati e lucidi su un lato, opachi e ruvidi sull'altro. Tutti questi fili di ordito slegati rendono la superficie del tessuto



fig. 4.11 Satin

liscia e brillante, cosa che costituisce la prerogativa dei rasi.

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 satin (fig. 4.11) 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.

• *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.

*Armatura 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.

*Jacquard*

Caratterizzata da pattern complessi realizzati tramite la combinazione di almeno due delle armature tradizionali

*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 rombi, quadrati, puntolini sono ottenuti controllando la tensione dei fili di trama e dei fili di ordito.

La tessitura a navetta è predominante in diversi settori perché i tessuti di questo tipo hanno elevata stabilità dimensionale e di conseguenza maggiore durata.



## 4.2 LA MAGLIERIA (KNITTING)

A differenza dei tessuti a navetta, i tessuti a maglia non hanno una trama e un ordito, ma un solo filo che passa attraverso degli aghi, creando dei piccoli anelli concatenati, le cosiddette “maglie” o “cappi”.

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.

Se volessimo fare un paragone con il lavoro a maglia manuale, i ferri a calza lavorano in trama, l'uncinetto in catena.

### 4.2.1 La maglieria in trama

La maglieria in trama assume questo nome in quanto l'intreccio dei cappi avviene in senso longitudinale. La struttura è infatti costituita da una serie di righe di unità base dette ranghi che, tessute l'una di seguito all'altra,

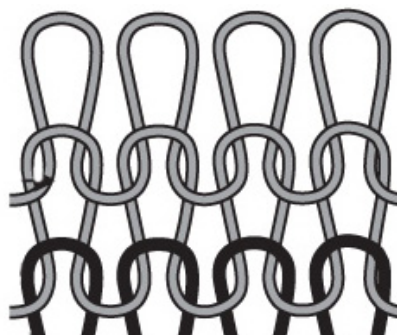


fig. 4.12 Schema maglia in trama

determinano l'interlacciarsi di ogni cappio con quello realizzato 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 (fig. 4.12).

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 maglieria è caratterizzata da un'elevata elasticità strutturale dato che, indipendentemente dal materiale del filato, i cappi fungono da “molle” e rendono la struttura flessibile. Questa mancanza di incroci perpendicolari

tra due fili può però generare anche dei difetti: la facilità di smagliarsi. Se infatti si taglia un filo e si sottopone il tessuto a tensione, le maglie, non più trattenute superiormente, si smagliano per tutta la costa, lasciando la caratteristica riga longitudinale di fili di trama non intrecciati.

I tipi fondamentali di maglia in trama sono la maglia unita, la maglia in costa, la maglia rovesciata e la maglia incrociata.

La maglia unita, nota anche come maglia rasata o liscia o *jersey*, è il tipo più semplice di struttura e richiede una sola serie di aghi per la sua fabbricazione; essa ha il diritto diverso dal rovescio (fig. 4.13).

La maglia a costa o *doppio jersey*, che richiede due serie di aghi<sup>2</sup>, (oltre agli aghi verticali nella macchina vi sono gli aghi orizzontali), è costituita da righe di maglie diritte e rovesciate alternate (fig. 4.14).

La maglia rovesciata o *links-links* è formata da ranghi in cui si alternano maglie diritte e rovesciate, essa è



fig. 4.13 Cappellino in jersey, fronte e retro



fig. 4.14 Maglione in doppio jersey (maglia a costa)

prodotta con aghi a due linguette che lavorano alternativamente su fronture<sup>3</sup> poste a 180°.

La maglia incrociata o *interlock* consiste in due tessuti a maglia a costa, a ranghi<sup>4</sup> alternati legati insieme.

<sup>2</sup> aghi: formano la maglia, sono di tipi e di finenze diverse a seconda delle macchine

<sup>3</sup> Fila di aghi in orizzontale disposti sulle macchine

<sup>4</sup> rango: successione orizzontale di maglie



### 4.2.1 La maglieria in catena

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. 4.15). 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 filato autonomo, chiamato trama e introdotto longitudinalmente nel tessuto.

L'intreccio così ottenuto ha estensibilità limitata o anche nulla ma risulta indemagliabile<sup>5</sup>.

Tipi di maglia in catena sono:

Il *tricot semplice*, in cui ciascun filo intrecciandosi alternativamente con il filo alla sua destra e alla sua sinistra forma la maglia (fig. 4.16);

L'*atlas semplice*, in cui ciascun filo si intreccia con i vicini con un andamento a zig-zag;

la maglia *a catenella* con le catene



fig. 4.15 Schema maglia in trama

legate tra loro in vario modo.

Oltre a questi tipi di maglia semplice ve ne sono di più complessi, ottenuti ricorrendo a particolari intrecci o all'inserimento di fili supplementari.

La maglia in catena nell'abbigliamento ha un'applicazione piuttosto limitata alla corsetteria e all'intimo. Con le tipologie di macchine per la maglieria in catena nell'abbigliamento si realizzano tessuti tulle e pizzo, che vengono utilizzati per intimo, lavorazioni crochet, passamanerie e accessori.

### 4.2.3 Applicazioni

I prodotti da maglieria trovano oggi impiego in numerosi ambiti, primo

<sup>5</sup> Che non si smaglia, resistente a forti sollecitazioni. Sono impiegati per maglieria intima e sportiva e, una volta elasticizzati, per costumi da bagno.



fig. 4.16 Coperta in tricot



fig. 4.17 Lavorazioni in pizzo, scarpe Superga

tra tutti quello dell'abbigliamento dove è facile ritrovarli in vari prodotti: maglioni, calze, calzature (fig. 4.17) T-shirts, sportswear, lingerie (fig. 4.18), abbigliamento per infanti e bambini, costumi da bagno, guanti e via dicendo.

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 drappoggio e buone proprietà termiche in ambienti non ventosi.

Tessuti a maglia sono anche utilizzati



fig. 4.18 Knitted underwear



fig. 4.19 *Cradle collection, dettaglio seduta*

in complementi d'arredo (fig. 4.19) e, in minore quantità, in tappezzerie e tappeti.

Per quanto riguarda invece le applicazioni 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.

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 costituendo così a costituire due industrie completamente separate

ognuna delle quali con le proprie specifiche tecnologie, gli appositi macchinari e genera tessuti con differenti caratteristiche e destinazioni d'uso.

La maglieria in trama (weft knitting technology) è la più diversificata ed ampiamente diffusa.

Ad essa è attribuibile circa un quarto dell'intera produzione di tessuti per l'abbigliamento. I macchinari per maglieria in trama sono infatti adatti 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 maglia in catena (warp knitting) hanno generalmente larghezza costante. Tuttavia è possibile

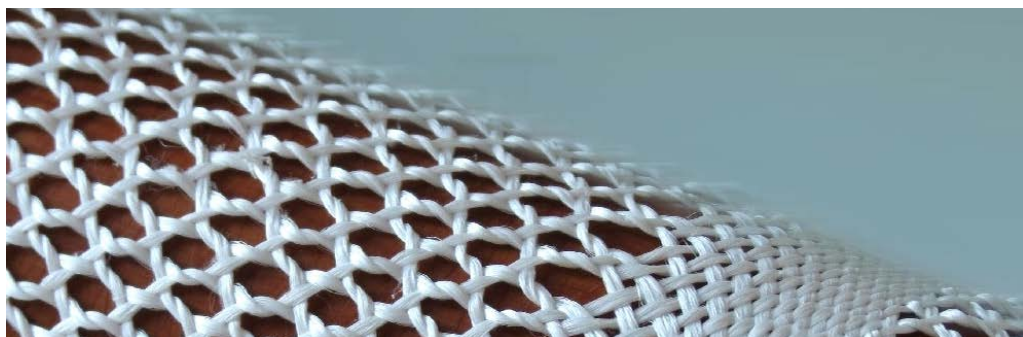


fig. 4.20 Dettaglio trecciatura

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.

Tessuti tridimensionali possono essere realizzati con entrambe le tipologie di intreccio.

### 4.3 LA TRECCIATURA (BRAIDING)

Il braiding è un processo tessile noto per le sue caratteristiche di semplicità

e versatilità. In esso i fili vengono intrecciati al fine di formare una struttura integrale piana (flat braid) o tridimensionale (round braid *fig. 4.20*).

La tecnica di trecciatura semplice, ovvero il Maypole braiding, si basa sulla controrotazione di una serie guidafili disposti in maniera simmetrica e radiale intorno all'asse longitudinale del trecciato. Essi sono montati su degli ingranaggi dotati di switches che ne consentono il passaggio dall'uno all'altro in modo da descrivere un percorso sinusoidale.

La trecciatura può essere classificata in bidimensionale e tridimensionale a seconda alle caratteristiche in sezione del tessuto ottenuto.

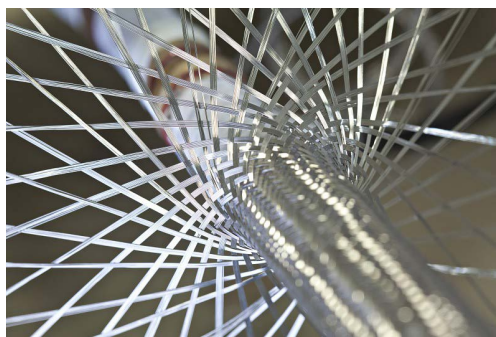


fig. 4.21 Overbraiding su cavo elettrico



fig. 4.22 BraidRunner fatte tramite overbraiding

Nel braiding bidimensionale il tessuto avrà configurazione piana o cilindrica (cava) con spessore di parete ridotto 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 viene 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 (fig. 4.21, 4.22).

Un limite del braiding bidimensionale, oltre all'impossibilità di intrecciare ortogonalmente i fili, 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 fili 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.

#### 4.3.1 Proprietà e applicazioni

La capacità di carico dei prodotti realizzati 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 e il medicale, con suture e cateteri.



fig. 4.23 Filo da sutura



fig. 4.24 Corda da alpinismo

Grazie alle loro particolari caratteristiche, è possibile trovare trecciati in molte applicazioni diverse tra di loro come ad esempio: fili da sutura (fig. 4.23), vestiti e scarpe, stoppini, corde per sci nautico, alpinismo (fig. 4.24) e yachting, fili per paracadute, reti da pesca, cime di ormeggio.

#### 4.4 I TESSUTI NON TESSUTI (NONWOVEN)

Tessuto non tessuto (TNT) è il termine generico per indicare un prodotto industriale simile a un tessuto ma ottenuto con procedimenti diversi dalla tessitura (incrocio di fili di trama e di ordito tramite telaio) e dalla maglieria. Pertanto in un non tessuto le fibre presentano un andamento casuale, senza individuazione di alcuna struttura ordinata mentre in un tessuto le fibre presentano due direzioni prevalenti ed ortogonali fra di loro (trama ed ordito).

Talvolta il termine viene anche indicato come *nonwoven*, anglicismo che significa “non tessuto”.

La manifattura utilizza tipicamente fibre disposte a strati o incrociate che vengono unite insieme meccanicamente (per esempio con aghi), con adesivi o con processi termici.

##### 4.4.1 Caratteristiche

I tessuti non tessuti sono molto versatili, ciò significa che possono rappresentare risposte innovative,



fig. 4.25 Dischetti struccanti

convenienti e talvolta inaspettate alle innumerevoli sfide di business (fig. 4.25).

Possono infatti, venire valorizzati prodotti e soluzioni nuove per risolvere alcuni problemi quotidiani incorporando specifiche proprietà.

Proprietà diverse possono essere combinate per creare tessuti idonei



a lavori specifici, ottenendo un buon equilibrio tra uso-vita del prodotto e costi per produrlo.

Proprietà specifiche possono essere ottenute mediante la selezione delle materie prime o dei trattamenti di finissaggio per tessuti non tessuti, come la stampa, la goffratura, lo stampaggio o la laminazione, ecc.

I tessuti non tessuti possono essere resistenti all'abrasione, assorbenti, idrorepellenti, antistatici, biodegradabili, traspirante ecc..

#### 4.4.2 Applicazioni

I tessuti non tessuti sono molto presenti all'interno delle nostre case. Si pensi al feltro (fig. 4.26) con cui sono fatti capi di abbigliamento o accessori, o anche i piccoli dischi da applicare sotto le sedie per non rovinare i pavimenti. La struttura nonwoven è tipica anche di accessori abrasivi come le spugne per i piatti o altre applicazioni. Vengono anche creati i dischi per le macchine utensili a (fig. 4.27) e i non woven sono anche utilizzati per esempio per buste della spesa (fig. 4.28) o altre applicazioni usa e getta.

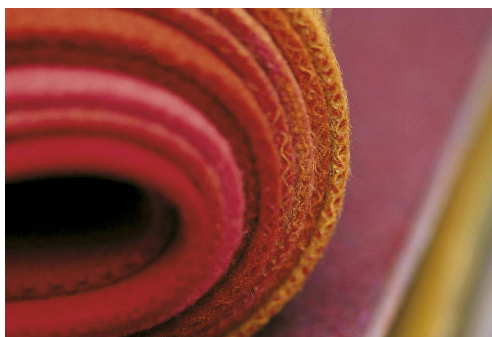


fig. 4.26 Fogli di feltro



fig. 4.27 Dischi abrasivi

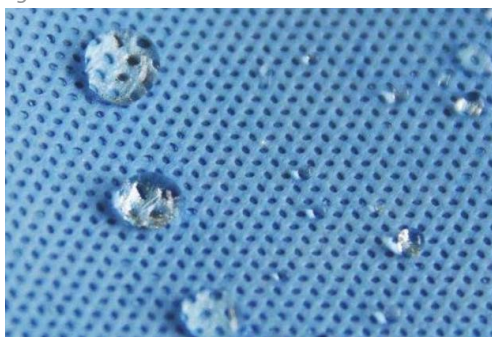


fig.4.28 Nonwoven idrofobico

## LE TECNOLOGIE

Nel capitolo 4 sono stati presentati i possibili processi di tessitura, questo capitolo, invece, tratta delle tecnologie innovative e più rilevanti ad oggi impiegate. Studiare le tecnologie è fondamentale per avere gli strumenti adatti al progetto. Capire cosa può o non può fare un determinato macchinario, capire i limiti e i vantaggi di una certa tecnologia è il passo necessario per una progettazione consapevole.

Dal 3D knitting al 3D weaving (le due tecnologie più promettenti) fino ad altre meno conosciute: l'obiettivo

è comprendere meglio le differenze e le potenzialità delle tecnologie che gravitano attorno al mondo dei tessuti.

### 5.1 3D KNITTING e le sue potenzialità

Ad apertura del capitolo si vuole parlare delle tecnologie e delle nuove sperimentazioni che coinvolgono il mondo del *knitting*, ossia della maglieria. Per trattare meglio il tema, si è visitata e studiata l'azienda STOLL, che produce macchinari

per la maglieria dal 1873. Fondata in Germania, possiede filiali in tutto il mondo, tra cui in Italia a Carpi (MO). Dato che STOLL produce macchinari per la maglieria, è molto all'avanguardia anche per quanto riguarda le tecnologie software (sistemi CAD per la progettazione). All'interno dell'azienda è presente uno showroom di capi e accessori per presentare ai clienti i prodotti che è possibile ottenere grazie alla loro tecnologie.

### 5.1.1 I macchinari

Ogni macchinario lavora una certa *finezza*<sup>1</sup>, cioè possiede aghi che possono lavorare filati con “diametri” (o diversi *titoli*) più o meno spessi. Se una macchina può lavorare un filo molto sottile, non potrà farlo con fili più spessi e viceversa. Si possono però trovare delle soluzioni a questa situazione, qualora il tessuto preveda l'utilizzo di fili di diversi titoli, facendo



fig. 5.1 Aghi di diverse dimensioni

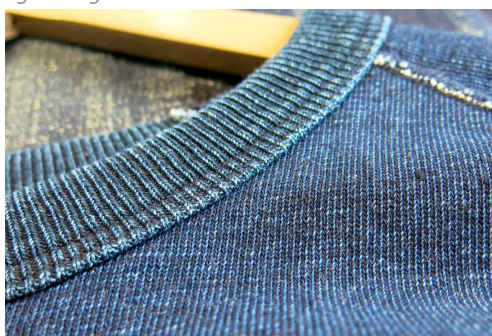


fig. 5.2 T-shirt, finezza sottile



fig. 5.3 Sciarpa, finezza grossa

<sup>1</sup> È intesa come numero degli aghi che si contano su una sola frontura in una specificata unità di lunghezza. La finezza serve per riconoscere a priori quanto grosso o sottile sarà il capo in maglia. Il titolo del filato è di conseguenza strettamente correlato alla tipologia di macchina che si vuole utilizzare.



fig. 5.4 Macchina rettilinea STOLL

passare più fili sottili in uno stesso ago più grande (fig. 5.1). La scelta della finezza del macchinario, che si andrà ad utilizzare, determina quando grosso o sottile sarà il capo prodotto (fig. 5.2, 5.3).

Esistono poi diverse tipologie di macchinari che permettono la creazione di capi con differenti caratteristiche.

#### 5.1.1.1 Macchina rettilinea

Le macchine per maglieria rettilinea sono le più versatili: si possono realizzare sia tessuti a metraggi sia tessuti sagomati nei diversi tipi di punti. Possono creare maglieria in trama sia maglieria in catena (vedi capitolo 4). Hanno generalmente due

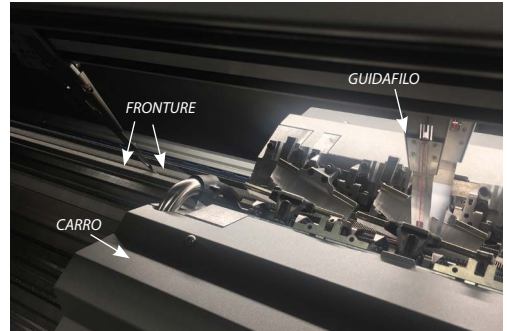


fig. 5.5 Dettagli macchina rettilinea

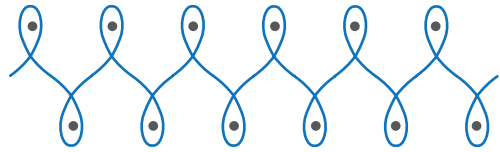
fronture e permettono diversi tipologie di strutture a maglia.

Con questo tipo di macchinari sono possibili tutte le strutture riportate nello schema della pagina a fianco (fig. 5.6). La caratteristica estremamente interessante di questi macchinari è quella di poter combinare, all'interno di uno stesso capo, tutte le diverse tipologie di maglieria.

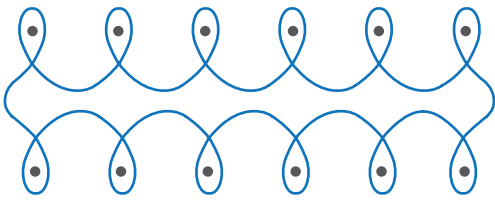
La grande potenzialità deriva quindi dall'aver uno strumento che può produrre, all'interno di un singolo pezzo, diverse tecniche; parti elastiche in cui le maglie (boccole) sono libere (es: doppio jersey), parti in cui invece la trama è più rigida e strutturale (tramato), parti in cui c'è una certa



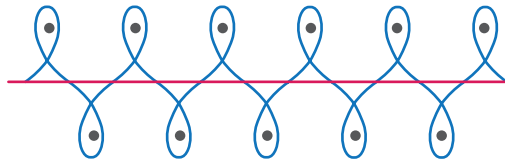
*(Single) jersey. I punti sono solo su una frontura*



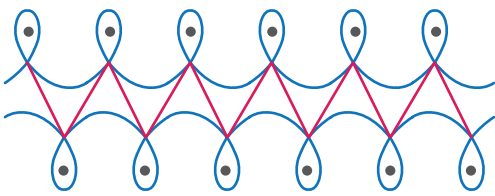
*Doppio Jersey. Punti su entrambe le fronture*



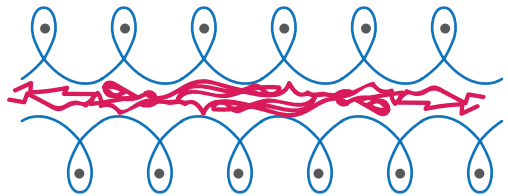
*Tubolare. I punti si congiungono da una frontura all'altra*



*Tramato. E' aggiunto un filo tra i punti sulle fronture*



*Spacer. Il filo aggiunto viene cucito tra una frontura e l'altra*



*Imbottito. Tra le due fronture viene fatta passare un'imbottitura durante il processo di maglieria.*

*fig. 5.6 Rappresentazione grafica dei punti di diverse tipologie di maglieria*





fig. 5.7 Macchina circolare



fig. 5.8 Macchina circolare dettaglio aghi

imbottitura (spacer o imbottito). Insomma il limite è posto solo dalla capacità del progettista di gestire le diverse zone del capo risultante.

Altro grande vantaggio di queste macchine è il fatto che si possa utilizzare qualsiasi tipo di fibra. Trame con al loro interno fili di metallo o pelle sono possibili a condizione che le fibre riescano a reggere il tipo di sforzo a cui li sottopone la macchina (alcuni filati infatti vengono accoppiati o rinforzati) e che il loro titolo sia coerente con la finezza del macchinario.

#### 5.1.1.2 Macchina circolare

Le macchine circolari hanno gli aghi disposti in frontura circolare e

il meccanismo di formazione della maglia avviene a movimento circolare (fig. 5.7).

Possono avere una o due fronture e diametri diversi.

Il tessuto ottenuto risulta quindi a forma di tubo. Si distinguono in telai circolari propriamente detti che producono il tessuto dal quale vengono poi ritagliati gli indumenti che s'intende di fabbricare e in macchine circolari, di diametro assai più piccolo, che servono a fabbricare le calze circolari o senza cucitura.

I telai circolari funzionano normalmente con aghi a becco; ne esistono però di quelli muniti di aghi automatici. Vengono costruiti

anche in grandi diametri e constano essenzialmente di una corona circolare, girevole intorno a un asse centrale, sulla quale sono fissati gli aghi (fig. 5.8). Sono solitamente impiegati per la creazione di capi di intimo come calze, calzini, mutande e boxer o elementi di arredo (fig. 5.9, 5.10).

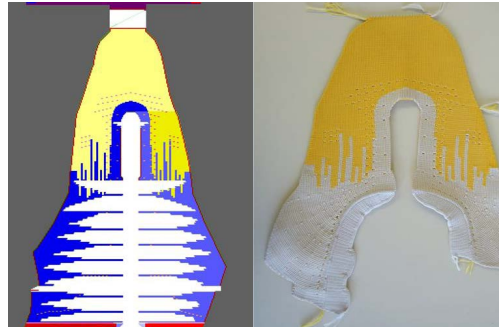


fig. 5.9 Rappresentazione in digitale di una tomaia

### 5.1.2 Le tecnologie in maglieria

Volendo fare una selezione tra le tecnologie possibili in maglieria, si sono scelte quelle che hanno caratteristiche funzionali interessanti e grandi vantaggi a livello produttivo.

Tutte le tipologie che seguiranno, infatti, hanno il grande vantaggio di ridurre le operazioni successive alla tessitura, cercando così di avere un capo finito quando esce dalla macchina. Attualmente la sperimentazione è indirizzata in questo senso; quello che si vuole ottenere è un processo il più possibile completo e veloce che dia al capo tutte le caratteristiche utili mentre è in macchina; questo perché operazioni successive non solo implicano un allungamento delle tempistiche, ma anche una maggiore



fig. 5.10 Lampada Naomi Paul



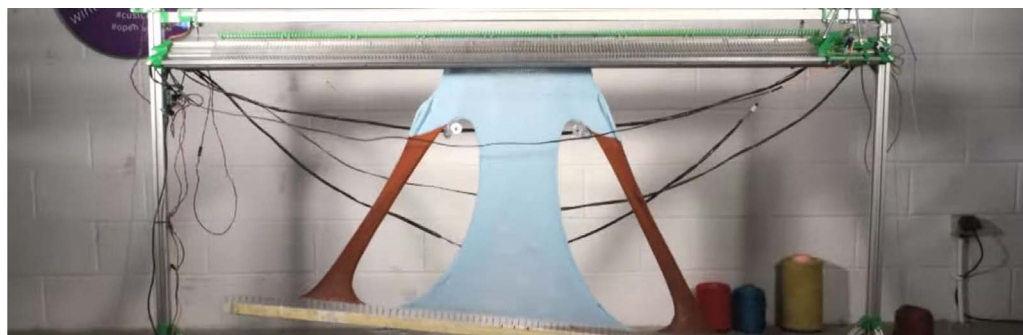


fig. 5.11 Produzione di una maglia a Capo Integrale

probabilità che si creino dei difetti.

Iniziamo, nello specifico, a capire queste diverse tecnologie e a scoprirne le potenzialità. Seguirà una tabella di schematizzazione per rendere più chiari i punti di forza e di debolezza delle tecnologie presentate.

#### • **TECNOLOGIA SEAMLESS**

Utilizzata inizialmente per la calzetteria e dall'intimo, la tecnologia seamless si è via via estesa ad altri comparti, conquistando la maglieria esterna, lo sportwear, l'abbigliamento mare, gli articoli per il fitness e altro ancora. Ha trovato largo impiego soprattutto nel settore dell'underwear grazie alle elevate doti di vestibilità

e comfort. Le macchine seamless nascono da un'evoluzione tecnologica delle macchine circolari per calzetteria: vengono creati dei tubolari che vengono rifiniti con interventi minimi di confezione.

I vantaggi di questa tecnologia sono l'assenza di cuciture nei capi. Dal punto di vista estetico, infatti, è sempre piacevole non vedere la linea di congiunzione di un capo e dal punto di vista funzionale, il capo indossato, anche se molto stretto, in assenza di cuciture non ha punti fastidiosi a contatto con la pelle. Inoltre, il capo è prodotto interamente dalla macchina ed esce da questa senza praticamente bisogno di ulteriori modifiche.

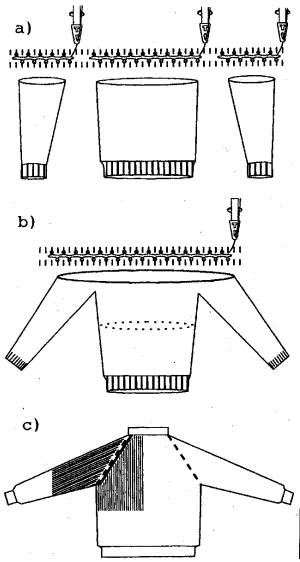


fig. 5.12 Vestito a capo integrale con features

Il limite di questa tecnologia, creata utilizzando macchinari di maglieria circolare, è il diametro. Il diametro possibile è quello che il macchinario permette. Perciò, stabilito il diametro massimo, sono possibili solo parti più strette. Come ad esempio calze, canotte e reggiseni (fig. 5.13).

#### • CAPO INTEGRALE O COMPLETO IN MAGLIA

Quello che distingue questa tecnologia da quella seamless è prima



fig. 5.13 Seamless top

di tutto il macchinario, questo tipo di lavorazione si può ottenere su un macchinario rettilineo così che il diametro non rappresenti più un problema. Infatti se ci riferiamo ad esempio alla maglia in figura (fig. 5.11, 5.12), possiamo vedere che su questo telaio molto semplice, attraverso una trama tubolare, tre guidafile si occupano di tre diametri diversi: le due maniche e il corpo; man mano che questi si creano, la macchina stessa provvede ad unire le parti, passando da tre ad un solo guidafile. Questo fa sì che il capo



fig. 5.14 Rivestimento di un bracciolo di auto by Stoll



fig. 5.15 Nike Magista (made by Stoll machines)

che esce dalla macchina sia pronto per essere indossato.

Questa tecnologia relativamente recente (parliamo degli anni '90) è stata brevettata sotto diversi nomi da alcune aziende. L'azienda giapponese Shima-Seiki ha brevettato tale tecnologia chiamandola *Whole Garment*. La tedesca Stoll ha messo a punto una macchina per capo completo che ha chiamato *Knit and Wear*. Riassumendo, i capi che escono dalla macchina non solo sono senza cuciture, ma riescono ad avere anche le maniche e in più tutte quelle lavorazioni ottenibili su macchinari rettilinei.

I vantaggi che questa tecnologia porta con se sono molteplici. Prima di

tutto il fatto che non ci siano sprechi di materiale, non essendoci parti da tagliare, il capo esce orlato e ben sagomato. Il capo risulta estremamente preciso ( questa tecnologia viene infatti usata per creare capi medicali ad hoc per i pazienti) e si evitano anche le più piccole operazioni successive di orlatura e taglio.

La sagomatura è un vantaggio generale della maglieria rispetto alla tessitura, in quanto quest'ultima ha bisogno di essere tagliata per ottenere una forma diversa da quella del telaio.

#### • **PREFORME 3D**

Attraverso lo studio delle forme e il loro sviluppo è possibile impostare il

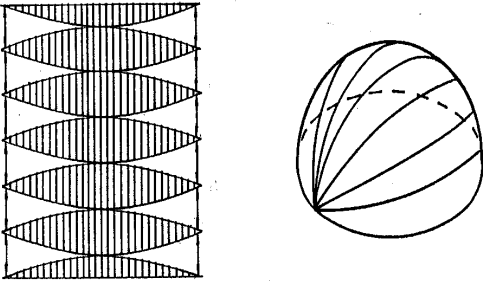


fig. 5.16 Schema di produzione cupola

macchinario perché crei delle preforme tridimensionali che, una volta uscite dalla macchina, possano essere chiuse con una o poche cuciture.

Questo processo è estremamente utile se si pensa alla creazione di rivestimenti o accoppiati (fig. 5.14), anche quando, invece di creare un capo intero, si possono studiare solo alcuni punti di connessione. Nelle figure vediamo molti esempi per questo tipo di tecnologia. Per le scarpe da calcio è stata creata una tomaia che è stata poi chiusa con una sola cucitura e incollata la suola (fig. 5.15). Per il sottocasco in kevlar (fig. 5.16, 5.17), invece la forma a cupola è stata pensata per accoppiarsi col il telaio del casco che l'avrebbe



fig. 5.17 Sotto casco in kevlar by Stoll



fig. 5.18 Reggiseno sportivo by Stoll



fig. 5.19 Punta scarpa by Stoll





fig. 5.20 Dettaglio tasca cappotto by Stoll



fig. 5.21 Dettaglio alloggiamento stringa by Stoll



fig. 5.22 Ventaglio in maglia by Stoll

ospitata. Nell'esempio del reggiseno sportivo, invece, alcune parti del capo escono dalla macchina in maniera tridimensionale per come sono stati studiati i punti (ad esempio sulle coppe del seno fig. 5.18). Allo stesso modo, si può vedere che le scarpe Stoll hanno in punta una parte concava utile poi per l'accoppiamento con la suola (fig. 5.19).

#### • TASCHE E ALLOGGIAMENTI

Questa tecnica permette di poter tessere durante il processo delle cavità chiuse, delle tasche e degli alloggiamenti. Questo risparmia moltissime operazioni successive permette che operazioni quali l'inserimento di lacci, stringhe o elastici vengano rese più rapide e precise. Con questa tecnologia si evitano inoltre gli sprechi di materiale: non ci sono operazioni di taglia e cucì o di rifinitura, in quanto il macchinario gestisce tutta l'operazione.

Sicuramente ci sono dei limiti posti dalle altezze e dalle profondità possibili, che dipendono soprattutto dalle caratteristiche del filato: sta al

progettista gestire il programma e conoscere le capacità del macchinario.

È possibile vedere alcuni esempi di questa tecnologia: le tasche di un cappotto (fig. 5.20), un alloggiamento per una stringa (fig. 5.21), delle tasche per le bacchette del ventaglio, (fig. 5.22) o degli “eccessi” di tessuto che rendono decorativo il capo (fig. 5.23). Questo tipo di tecnologia ha grandissime potenzialità in ottica produttiva se si pensa che nei processi di maglieria tradizionali queste operazioni vengono di solito fatte in un momento successivo.

#### • TRAMATO

Come si è visto nella rappresentazione grafica dei punti a maglia, una delle lavorazioni possibili è il tramato (fig. 5.24).

Il tramato è una struttura a singolo o doppio jersey a cui si aggiunge, trasversalmente alle maglie, un filo che corre su tutta la lunghezza; questo permette di ottenere pezzi fatti a maglia con le stesse caratteristiche di un tessuto fatto a telaio a trama e ordito. L'oggetto diventa estremamente



fig. 5.23 Vestito con features decorative by Stoll



fig. 5.24 Custodia tablet in maglia tramata by Stoll



fig. 5.25 Ginocchiera di compressione by Stoll

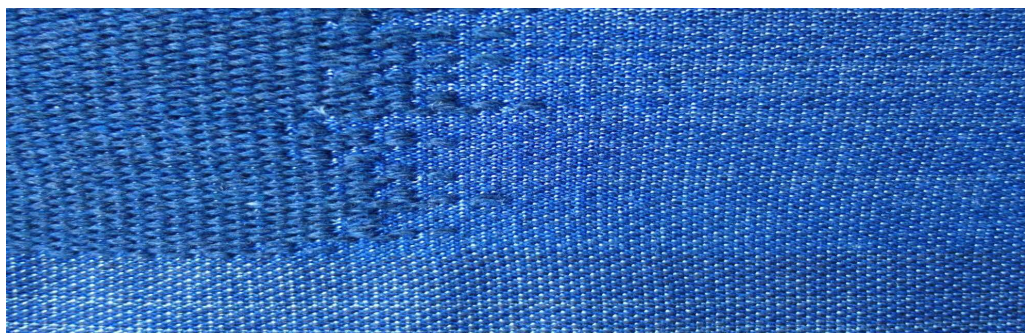


fig. 5.26 Diverso effetto in uno stesso capo di maglia e maglia fitta in trama by Stoll

più rigido poiché il filo aggiunto “blocca” il movimento elastico delle maglie creando così una trama fitta e resistente.

Ad essere possibile con questa tecnologia è sicuramente la gestione del filato. Con fili in trama gommati, infatti, si possono ottenere, ad esempio, calze, ginocchiere e altri supporti medicali che aiutano la compressione (fig. 5.25). Si possono gestire meglio i colori e le fantasie del capo e si possono creare sostegni rigidi spessorati all'interno di capi tecnici che richiedano questa caratteristica. E' dunque possibile:

- Il controllo dell'elasticità, inserendo punti o fili in trama di filati con un basso coefficiente elastico

- Effetto compressione, con la gestione dei punti o inserendo nel verso dell'ordito filati ad alto coefficiente elastico.

- Strutture aperte a rete, tramite la selezione di aghi (“missed stitch”).

Queste operazioni possono naturalmente essere combinate ad altre tecnologie, ottenendo come risultato un effetto molto ricercato e particolare (fig. 5.26).

#### • INTARSIA TECHNIQUE

Il lavoro a zone di colore o intarsio è un metodo che consente di creare motivi colorati durante la lavorazione.

Piuttosto che trasportare sul rovescio il filo da una maglia all'altra, come



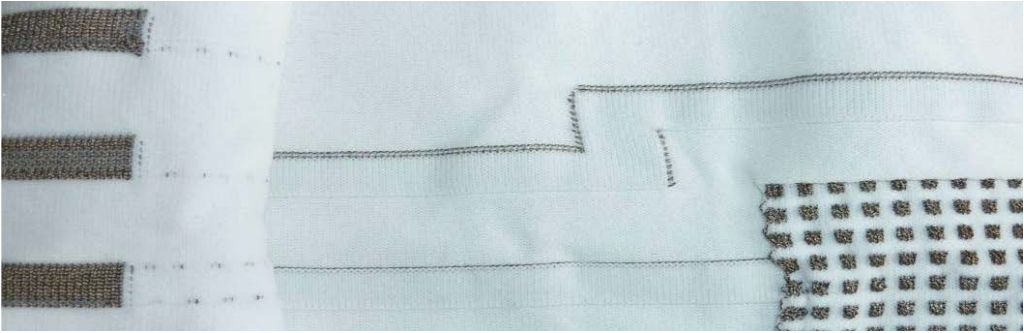


fig. 5.27 Tessuto con parti conduttive

avviene nella lavorazione a jacquard, ogni zona di colore è lavorata con un diverso gomitolo e i fili vengono incrociati fra loro a ogni cambio di tinta per tenerli perfettamente uniti.

Una macchinario può avere fino a 32 gomitoli e gestire diversi colori (il numero di colori dipende dal numero di guidafile della macchina).



fig. 5.28 Filo conduttivo, dettaglio

#### • INSERIMENTO PARTI CONDUTTIVE

E' possibile inserire all'interno di queste strutture a maglia filati conduttivi (fig. 5.27, fig.2.28).

Questo tipo di soluzioni sono sempre più richieste perché permettono di associare alla morbidezza e alla flessibilità del tessuto caratteristiche



fig. 5.29 Leggings che si illuminano Nike

funzionali. Un esempio di utilizzo è sicuramente lo sportwear, dove si vedono soluzioni che incorporano tessuti che si illuminano o filati conduttivi riescono a creare calore (opportunamente combinati con una batteria (fig. 5.29) . Moltissime sono le possibilità legate a questo tema e le ricerche attuali vertono non solo sulla tecnologia indossabile ma anche su quella legata agli oggetti. Sono state create ad esempio celle foto voltaiche in maglia o dispositivi che integrano la tecnologia NFC<sup>2</sup>.

### • SPACERS E IMBOTTITURE

Si sono visti gli spacer già precedentemente: questo tipo di struttura può essere creata sia attraverso telai a navetta sia attraverso la maglieria. Attraverso la maglieria, si ha la possibilità di poter gestire l'andamento della trama inserendo una parte di spacer dove ce n'è bisogno

associata ad altre tipologie di maglieria, anche piana.

La possibilità di cambiare sezione può rivelarsi molto utile per adattarsi a zone o impieghi diversi tra loro (fig. 5.30).

Un'altra caratteristica importante che i capi fatti con questi macchinari possono avere è la gestione dell'imbottitura. Tra le due fronture infatti viene inserita dell'imbottitura e la macchina può continuare a creare punti in modo che l'imbottitura venga raccolta all'interno senza possibilità di essere estratta (fig. 5.31, fig. 5.32).

Questa operazione fa sì che non vengano sprecati tempi per operazioni di imbottitura successive.

Anche in questo caso la scelta del filato è molto importante: esistono filati che si espandono col calore, ad esempio, e se intessuti in certi punti, se riscaldati, si espandono, facendo sì che si crei un effetto imbottito senza l'utilizzo dell'imbottitura classica.

<sup>2</sup> Near Field Communication (NFC) (in italiano letteralmente "Comunicazione in prossimità") è una tecnologia che fornisce connettività wireless (RF) bidirezionale a corto raggio (fino a un massimo di 10 cm). È stata sviluppata congiuntamente da Philips, LG, Sony, Samsung e Nokia.



*fig. 5.30 Spacer e maglieria piana nello stesso tessuto*



*fig. 5.31 Imbottitura cucita in maglia*



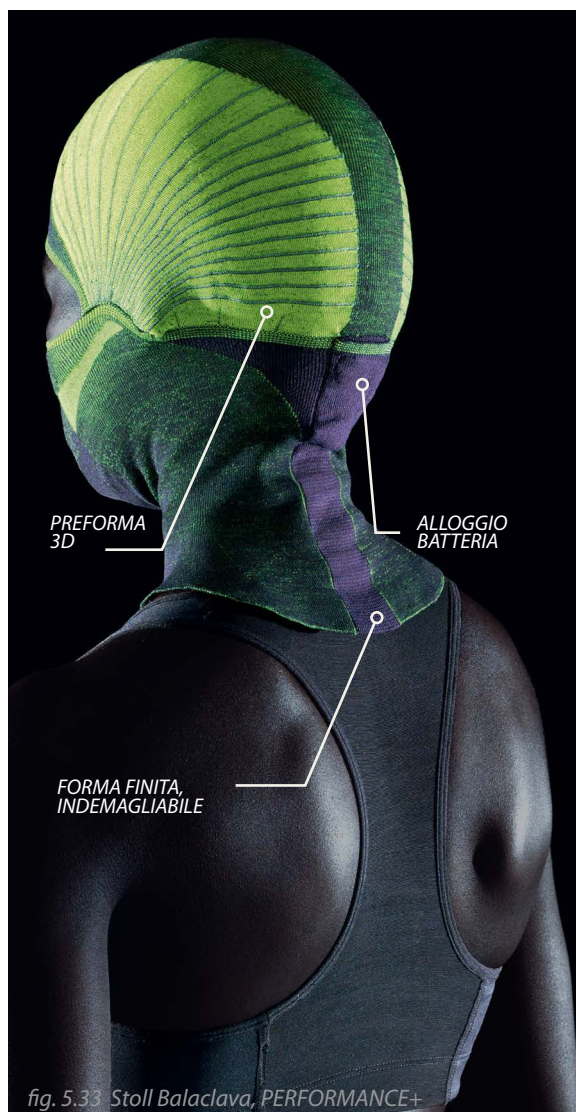
*fig. 5.32 Trama creata con imbottitura*

In figura un capo progettato da STOLL sfruttando le diverse tecnologie possibili attraverso i suoi macchinari. Questo passamontagna è un ottimo esempio di ottimizzazione delle tecnologie in un unico prodotto (fig. 5.33).

*“Our game-changing CMS ADF technology has opened up a whole new world of possibilities in performance knitwear – from heat and moisture control, to compression and 3D pre-shaping – taking traditional fabric construction to another level. Our weave-in and plating applications have boosted the development potential of performance knits even further, resulting in the Performance+ collection.*

*Welcome to the future”*

Joerg Hartmann







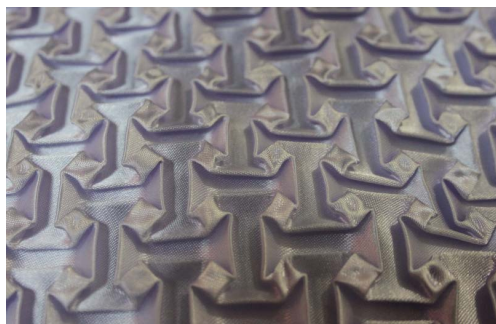


fig. 5.34 Plissetatura

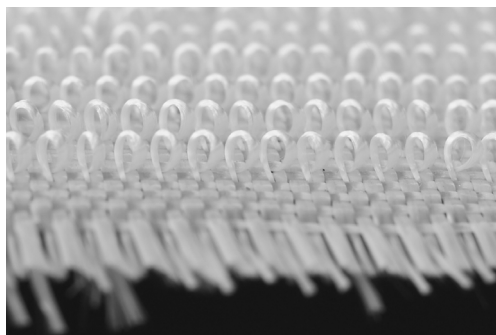


fig. 5.35 Loop pile fabric

## 5.2 3D WEAVING e le sue potenzialità

Le strutture ottenibili con il 3D weaving sono varie come altrettanto vari sono i processi che ne consentono la realizzazione. Sulla base di 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).

Per avere una chiara visione delle configurazioni che è possibile ottenere, si propone 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 fili, un ordito e una trama. Effetti tridimensionali vengono realizzati tramite plissettura o controllo della trama. Nel primo caso si ha la formazione di pieghe permanenti più o meno regolari sulla superficie



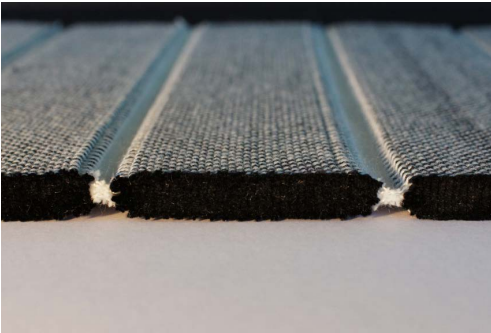


fig. 5.36 Multilayer fabric

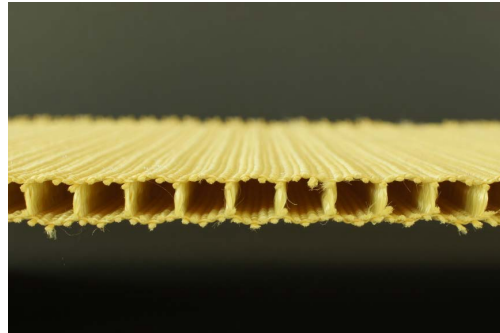


fig. 5.37 Non interlaced fabric

del tessuto (fig. 5.34). Tramite controllo della trama è invece possibile ottenere pattern tridimensionali sulla superficie ma anche pezzi conformati.

- **2DWOVEN 2.5DFABRICS.**

Sono tessuti costituiti da tre set di fili uno dei quali va a disporsi nella direzione dello spessore. Noti come pile o double wall fabric vengono prodotti su telaio tradizionale tramite tecniche di tensionamento selettivo dei filati e tessitura faccia-faccia (fig. 5.35).

- **2DWOVEN 3DFABRICS.**

Meglio noti come tessuti multilayer sono ottenuti tramite telaio tradizionale

nel quale sia stato aggiunto un terzo set di fili a fare da “legante” o l’intreccio sia strutturato in maniera tale che uno stesso set di fili di trama riesca ad intrecciarsi e interconnettere più livelli di fili d’ordito. (fig. 5.36)

- **2DWOVEN NON-INTERLACED 3DFABRICS.**

Anche in questo caso si tratta di tessitura multilayer ma i set di fili, assemblati tramite telaio tradizionale in configurazione piana, non sono tra di loro interlacciati (fig. 5.37).

- **3DWOVEN NON-INTERLACED 3DFABRICS.**

Alcuni telai per tessitura

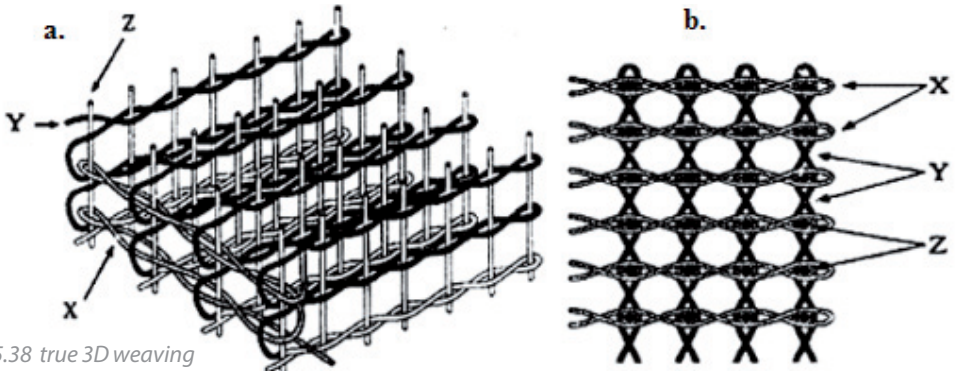


fig. 5.38 true 3D weaving

tridimensionale consentono la realizzazione di strutture geometriche 3D senza tuttavia interlacciare i tre set di fili coinvolti nell'esecuzione. è questo il caso del polar weaving.

### • 3DWOVEN 3DFABRICS.

Ovvero quei 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 (fig. 5.38).

#### 5.2.1 Considerazioni

La produzione di tessuti 3D su telai

tradizionali è un processo inefficiente dato che i telai convenzionali 2D permettono di inserire solo un filo di trama alla volta.

Contrariamente alla situazione di cui sopra, i telai da tessitura 3D che sono specialmente progettati per produrre stoffe tessute 3D consentono di inserire simultaneamente più strati di fili di ordito e fili di trama.

Un'altra importante differenza è che nel processo di tessitura 2D, filati in direzione dell'ordito passano attraverso i licci, e devono essere tirati passando sopra o sotto i fili di ordito, i movimenti ripetuti attraverso i licci e attraverso i piani di ordito tendono a raschiare fibre, che tendono ad infragilirsi.

Nel processo di tessitura 3D i piani individuali di ordito non passano attraverso licci; di conseguenza, danni alle fibre indotte dal processo sono significativamente ridotte.

### 5.3 DIFFERENZE TRA 3D KNITTING E 3D WEAVING

3D knitting e 3D weaving (maglieria e tessitura 3D) sono due delle tecnologie più utilizzate per dare tridimensionalità ai tessuti.

Ci sono però tra loro fondamentali differenze che fanno sì che una tecnologia sia più adatta di un'altra per certi scopi.

Col 3D knitting si possono ottenere delle forme precise, il tessuto esce dal macchinario già formato con l'orlatura già fatta (capi *fully fashioned, whole garment*). Col 3D weaving, invece, la formatura è possibile solo dopo che il tessuto è uscito dal telaio, tagliandolo e facendone l'orlatura.

Per quanto riguarda la precisione dei disegni, la tessitura permette colori e forme molto più precisi e definiti rispetto alla maglieria (fig. 5.39).



fig. 5.39 Scarpe Jordan in 3d weaving

I macchinari di maglieria digitale permettono di poter alternare le diverse tecniche in un solo telaio, tecniche bidimensionali e tridimensionali possono essere ottenute all'interno di un solo capo. I telai per tessitura 2d invece non permettono di poter ottenere strutture 3D.

Per la loro struttura i capi in maglieria sono intrinsecamente elastici mentre quelli tessuti sono rigidi. Per questo motivo il 3D weaving viene utilizzato per la creazione di preforme per compositi: il suo intersecarsi di trama e ordito, in combinazione con fibre come quella di vetro e di carbonio, fanno sì che diventi strutturale e che possa essere addirittura sostituito a rinforzi

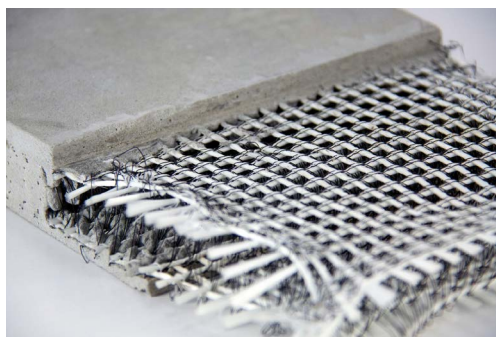


fig. 5.40 tessuto come rinforzo al cemento

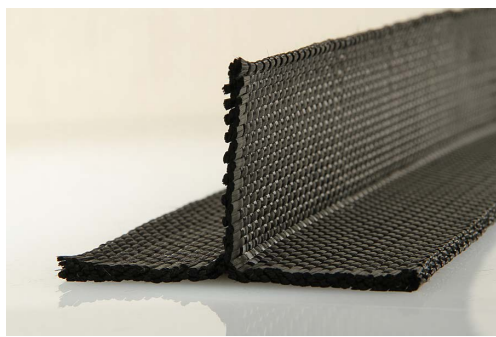


fig. 5.41 Tessuto per composito in fibra di carbonio



fig. 5.42 Pantaloni in capo completo

metallici (fig. 5.40, fig. 41).

Il 3D knitting invece, è ottimo per rivestimenti e abbigliamento, perché la sua struttura riesce ad adattarsi meglio alle forme del corpo (fig. 5.42).

L'effetto *tramato* proprio della maglieria riesce a simulare la rigidezza della tessitura, non è invece possibile il contrario.

Queste sono tecnologie diverse e in via di sviluppo, è importante riuscire ad avere ben chiare le loro proprietà così da poter scegliere consapevolmente quale di queste può essere più adatta ad uno scopo piuttosto che un altro.



fig. 5.43 Braidrunner shoe

## 5.4 ALTRE TECNOLOGIE

### • TRECCIATURA 3D

Nell'ambito della trecciatura 3D (3D braiding) si trova ancora in uno stadio di ricerca e sviluppo sui macchinari. Ciò implica delle limitazioni nelle forme 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, i trecciati 3D sono quasi esclusivamente utilizzati per il rinforzo di compositi.

Un caso particolare è quello relativo a queste scarpe in figura, le *braidrunner*

Shoe made with overbraiding - Process  
Joël Salamin ECAU/2013

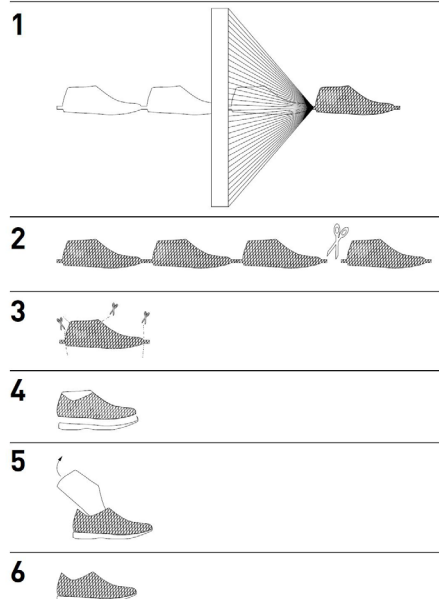


fig. 5.44 Braidrunner process scheme



(fig. 5.43) un progetto di Joel Salamin che sfruttano appieno la tecnologia della trecciature tridimensionale (ovebraiding, in questo caso), riuscendo ad ottenere una scarpa già conformata 3d. La forma in plastica di un piede viene fatta passare attraverso il macchinario che intreccia i filati sopra di essa. Successivamente, le parti che devono avere aperture vengono tagliate, e la scarpa viene rifinita (fig. 5.44).

#### • RICAMO 3D

Il ricamo 3D è una tecnica usata per rendere tridimensionale un dettaglio. Viene spesso utilizzata nei cappellini con visiera e viene realizzata cucendo alla superficie uno strato di schiuma più o meno sottile, a seconda dell'effetto di tridimensionalità che si vuole ottenere (fig. 5.45). La schiuma è ricoperta completamente dal filo e spesso viene utilizzata dello stesso colore del filato con cui verrà ricoperta per evitare che sia visibile. Dopo questa operazione, l'eccesso viene rimosso facilmente lasciando solo il ricamo visibile (fig. 5.46). Questa tecnica è utilizzata anche



fig. 5.45 Dettaglio ricamo di un cappellino



fig. 5.46 Sfilatura della schiuma in eccesso



fig. 5.47 Sarah J. Perry, bird



in maniera manuale per creare delle vere e proprie opere d'arte (fig. 5.47).

### • 3D TEXTILE PRINTER

Sviluppata dall'ufficio ricerca della Disney, questa stampante è del tutto simile a quelle da stampa 3D. Dispone infatti degli stessi elementi ma, al posto di avere un ugello, ha un ago che cuce il filo su una base. Layer dopo layer vengono cuciti gli strati di filo, fino ad ottenere l'oggetto finito (fig. 5.48).

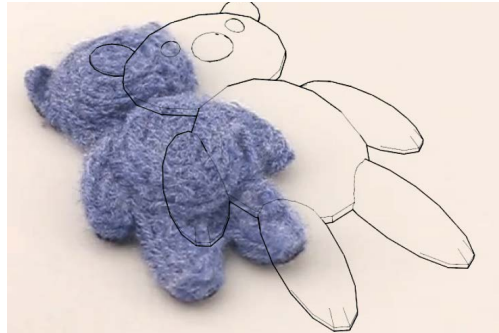


fig. 5.48 3D textile printer

### • TERMOFORMATURA

Tessuti bidimensionali prodotti con alcuni tipi di filato, possono essere inseriti in stampi per termoformatura in modo da ottenere una configurazione tridimensionale permanente. 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 deformate in specifici punti dovuti al tensionamento durante la termoformatura (fig. 5.49).



fig. 5.49 Tessuto termoformato

## POTENZIALITÀ E INNOVAZIONE

### 6.1 PREMESSA

Con la parte di ricerca si è voluto evidenziare la rapida evoluzione che sta vivendo l'industria tessile. Dalla ricerca svolta finora si può vedere come l'industria tessile abbia avuto un'evoluzione piuttosto rapida. Soprattutto per quanto riguarda le tecnologie di tessitura tridimensionali, che sono l'ultima innovazione di questa industria, si è evidenziato come ci sia stata un aumento nelle sperimentazioni e nell'efficienza della tecnologia, ma che queste sono ancora

legate a settori piuttosto specifici e non vengono utilizzate in tutti i campi in cui i tessuti, in particolar modo quelli tecnici, compaiono. La maggior parte delle innovazioni si incontrano ancora nel settore moda. Basti pensare all'azienda Stone Island che si ripropone di inserire nei suoi capi sempre una certa innovazione tecnologica, in figura (*fig. 6.1*) vediamo una giacca con una spalmatura termocromatica: le molecole dei pigmenti micro incapsulati nella spalmatura modificano il passaggio della luce con l'abbassarsi della



fig. 6.1 Stone Island's Heat Reactive Jacket

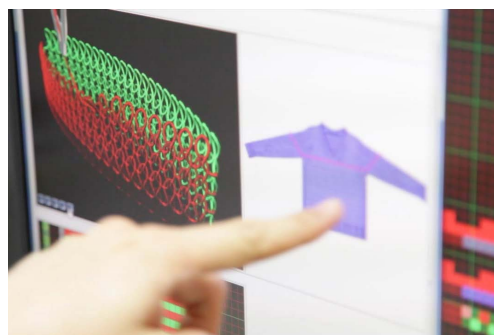


fig. 6.2 Progettazione CAD di un capo

temperatura e virano scurendo il capo.

### 6.1.1 Le tecnologie 3D come stato dell'arte

Le tecnologie finora viste sono estremamente innovative, soprattutto perché questi macchinari, in continua evoluzione, si pongono come obiettivo la completa automatizzazione. Gli sviluppatori di questi macchinari studiano e ricercano affinché si possano avere sempre meno operazioni successive alla creazione del capo in macchina, sia per risparmiare costi e tempi. Per quanto cucire un capo in due dimensioni (prima la parte anteriore, poi posteriore, poi cucire insieme) sia

probabilmente ad oggi più economico, si stima che in un futuro, quando i macchinari saranno più efficienti e veloci, il tempo e i costi si ridurranno drasticamente con macchinari di questo tipo (fig. 6.2).

Questa è la direzione dell'innovazione in questo settore; anche camminando per le strade si vedono capi di abbigliamento e oggetti sempre più "smart" e sempre più volti verso un'integrazione dei processi.

Per questo motivo il mondo dell'industria tessile si sta espandendo, perché sta cercando di congiungersi con altri mondi, la cui sinergia darà frutto a nuove prospettive di innovazione.

Fondamentale in questo caso sono



fig. 6.3 Tessuto Alluminizzato per scafandri



fig. 6.4 Philips Design, Skin Dresses

le materie prime. Le tecnologie, i macchinari e gli strumenti offrono grandi opportunità al designer, ma alla base di queste operazioni resta la materia prima, la fibra. La ricerca sui materiali è fondamentale per poter affrontare una ricerca sui macchinari e, insieme, produrre innovazione.

Un altro connubio che porta a nuove forme, prodotti e perfino mentalità è quello tra i tessuti e altri materiali: il tessuto non assolve più solo la funzione di rivestimento ma si integra con diverse tecnologie per espletare diverse funzioni.

Nel contesto mondiale, il settore del tessile d'abbigliamento risulta fra i settori produttivi con maggior rilievo economico, con un valore stimato in

circa mille miliardi di euro. In tale settore l'Europa riveste un ruolo prioritario sia in termini di capacità tecnica che di capacità innovativa. Infatti, con un consumo apparente di oltre 200 miliardi di euro del tessile-abbigliamento, l'Europa si presenta come il più grande mercato al mondo.<sup>1</sup>

Tuttavia negli ultimi anni sono emersi alcuni fattori di criticità: la liberalizzazione delle importazioni che ha messo in crisi i prodotti a limitato contenuto tecnologico, quindi facilmente riproducibili; la tendenza a delocalizzare la produzione in paesi a più basso costo del lavoro, accentuando per certi versi la crescita di prodotti contraffatti; la tendenza del mercato a preferire l'acquisto di alcune tipologie di prodotti, come quelli tecnologici, trascurando il tessile ed orientandosi, invece, verso telefonini, computer, auto, ecc. Ma grazie alle sinergie disponibili in Italia, relazionate alla presenza dell'intera filiera tessile e di un avanzato settore meccanotessile, la consapevolezza della necessità di una

diversificazione delle produzioni, ha permesso di effettuare scelte strategiche finalizzate alla messa a punto di prodotti più innovativi e funzionali. Parallelamente al processo evolutivo in atto nella società, si sta realizzando una radicale trasformazione dei processi produttivi, che porta alla diffusione sul mercato di prodotti caratterizzati da proprietà sconosciute fino a poco tempo fa, in grado di soddisfare molte delle nuove esigenze emergenti. La stessa suddivisione tradizionale dei materiali in naturali e polimerici (materie plastiche, gomme, fibre, adesivi, ecc.) pur conservando una certa validità merceologica, si può considerare oggi superata. Si preferisce parlare di materiali per impieghi strutturali (caratterizzati da buone proprietà meccaniche) e di materiali con funzionalità specifica (proprietà chimiche, ottiche, elettriche, biochimiche, ecc.) che ne permettono l'utilizzo in applicazioni ad alto valore aggiunto, riuscendo nel difficile obiettivo di riposizionare il tessile nella scala dei fabbisogni dell'utente dei prodotti. Ciò è stato possibile

<sup>1</sup> *Design follows materials*, A. Tempesti, 2012

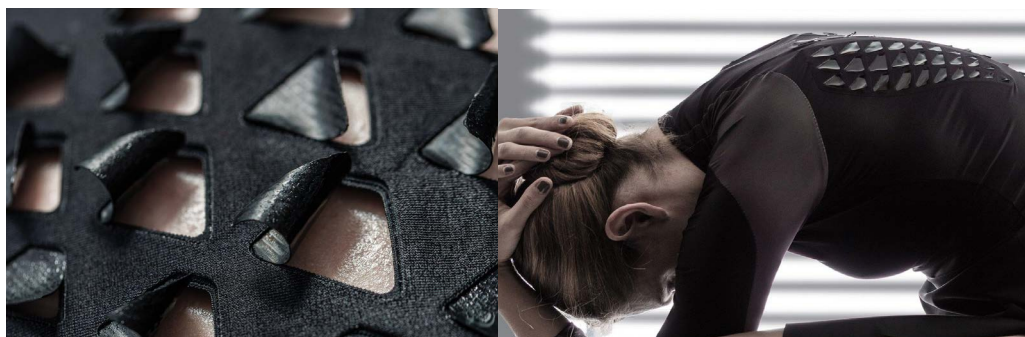


fig. 6.5 "BIO SKIN" tessuto che si apre quando hai caldo

grazie all'evoluzione delle conoscenze scientifiche e agli effetti, favoriti dalla diffusione dell'informatica, che ha avuto la loro trasmigrazione trasversale nei settori produttivi; ciò ha portato ad individuare nel prodotto tessile un substrato ideale per nuove potenzialità applicative. Presso molte aziende è in atto una strategia che portando da produzioni standard a produzioni innovative, valorizza la ricerca sui materiali e i processi, finalizzandoli alle esigenze attuali della società, quali la maggiore attenzione ai problemi dell'ambiente, la salute, il vivere bene, o a prodotti specifici e di nicchia per i quali il consumatore è disposto a riconsiderare il costo non più un fattore prioritario. L'attenzione della ricerca è

rivolta anche agli aspetti estetici dei materiali per i quali il tessile è stato, tradizionalmente, terreno del design: oggi, infatti, si sta riscontrando un approccio diverso secondo il quale il tessuto non è più considerato come una superficie da interpretare solo graficamente, ma anche nella sua matericità, con una sua struttura e proprie performance intrinseche.

### 6.1.2 La sperimentazione è wearable

L'ambito applicativo che è emerso essere come il più fertile, non solo dal punto di vista dell'estetica ma anche rispetto all'aspetto tecnico è sicuramente il campo del wearable. In questo campo infatti, dove sia l'estetica



che la funzionalità ricoprono un ruolo importante, le aziende tessili hanno avuto modo di sperimentare, aprirsi e provare nuove tecniche e tecnologie.

Concentrandosi sui tessuti tecnici<sup>2</sup> possiamo avere un esempio di questa tendenza considerando tutto quello che fa parte dell'abbigliamento sportivo: maglie, pantaloni, scarpe. Si osserva come, rispetto ad altri ambiti, questo è stato sicuramente il più prolifico, e questo lo dimostra la varietà immensa di capi di abbigliamento tecnico che sfruttano le più recenti tecnologie tessili, ossia le tecnologie definite 3D.

La moda comunque, per ora, indirizza la sperimentazione. Il wearable e in particolare lo sportwear sono settori in cui si sperimenta molto perchè tanta è la richiesta da parte degli utenti e del mercato. Questo sistema può sembrare limitante ma per ora è un buon terreno in cui che le aziende che producono con il 3D knitting possono innovare i loro capi e i loro macchinari. Lo sforzo ulteriore che permetterebbe di utilizzare questa tecnologia in altri settori sarebbe quello di spendere

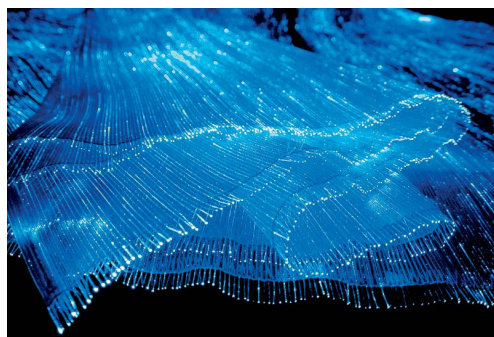


fig. 6.6 Tessuti luminosi: Luminex SPA

energie e sperimentazione anche in altri ambiti, per allargarne il raggio del suo utilizzo.

Come si è visto nelle pagine precedenti, infatti, il tessuto non è solo una realtà appartenente all'abbigliamento, anzi, è una materia che si vede in moltissimi oggetti anche non indossabili. Quello che si auspica è che questa tecnologia riesca a sperimentare anche al di fuori del campo della moda, per offrire ai designers e non solo agli stilisti, nuovi orizzonti di progettazione.

## 6.2 OGGETTI IN MAGLIA

Un esempio molto significativo, un caso "limite" della congiunzione tra wearable e sportwear sono i progressi

<sup>2</sup> Vedi Capitolo 1, paragrafo 1.3 "i tessuti tecnici"



fig. 6.7 Lo sportwear come anello di congiunzione fra estetica e funzionalità

fatti nel footwear.

### 6.2.1 Sportwear e footwear

Nelle vetrine e all'interno dei negozi si possono vedere modelli di scarpe che presentano le features della tessitura o maglieria tridimensionale con combinazioni di forma e caratteristiche sempre più sfidanti dal punto di vista tecnologico. Il boom della tendenza inizia col primo paio di "flyknit" di Nike (fig. 6.7): da quel momento la moda ha mostrato la nuova direzione della sperimentazione della tecnologia. Come Nike ha depositato il marchio Flyknit, Adidas ha risposto con le sue "Primeknit", da quel momento è stata una lotta all'innovazione, dal 2012 ad

oggi si continuano a vedere modelli proposti da queste due grandi aziende. La popolarità del tema è apprezzabile anche dalle pubblicità che gravitano attorno a questi prodotti, ai calciatori che le indossano, stilisti e sportivi che sono stati chiamati per sostenere le ottime performance che queste tecnologie permettono di ottenere (fig. 6.8, 6.9).

Questo tipo di calzature ha preso in poco tempo possesso del panorama delle scarpe da ginnastica primaverili e da running. È indubbio che il settore "sport e tempo libero" sia sicuramente un terreno fertile per l'applicazione delle tecnologie 3D fino a spingere la sperimentazione anche di nuove



fig. 6.8 Homepage Nikeflyknit.com

fibre. Il mercato di questo settore è molto propenso ad accettare questa tecnologia proprio perché, col tempo (un lasso di tempo abbastanza breve in ogni caso), è stato “educato” a questa dai vantaggi ottenibili coi capi e con le calzature fatti tramite le tecnologie tridimensionali.

L'esempio delle scarpe mostra come che si cerchi di dare ai tessuti una loro tridimensionalità. La scarpa è sì un oggetto wearable, ma possiede una sua forma anche se non indossato (a differenza di magliette e pantaloni, ad esempio); e mostra come all'interno di un unico oggetto, la scarpa in questo caso, interagiscano più materiali: oltre alla tomaia fatta in tessuto infatti c'è



fig. 6.9 Andrés Iniesta per Nike Flyknit



fig. 6.10 Luis Suarez per Adidas Primeknit



fig. 6.11 Costume da competizione Speedo Fastskin

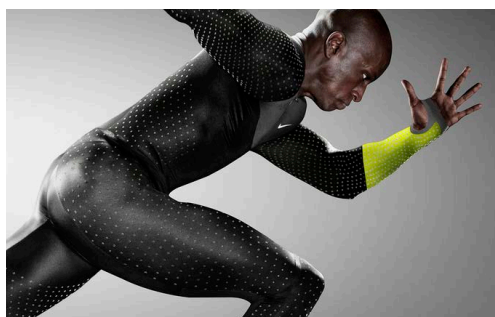


fig. 6.12 Nike running suit

la suola di gomma e altri inserti. Il mondo dei tessuti cerca di uscire dal wearable e ci sta riuscendo a piccoli passi, questa è la tendenza che diventa evidente, e le scarpe sono il caso studio più interessante a questo riguardo.

Il designer deve interpretare le tendenze future leggendo nello stato dell'arte attuale, ed è questo quello che si è cercato di fare nella seconda parte di questa tesi: proporre un metodo che dia ai futuri progettisti delle linee guida pratiche per la progettazione in questo campo. Il focus verterà sulla descrizione e sullo studio della tecnologia più promettente, sia dal punto di vista delle features ottenibili, sia dal punto di vista delle possibili tendenze future e dal grado di innovazione.

### 6.3 TESSUTI E PRODOTTI INDUSTRIALI

Grazie al know how acquisito nel tessile tradizionale, e grazie alle opportunità offerte dalla tecnologia, si è arrivati ad una serie di prodotti chiamati “tessili funzionali”, tessuti in grado di svolgere una determinata funzione, e di “tessili intelligenti”, in grado, invece, di interagire con l'uomo

e l'ambiente circostante, funzionando solo nel momento in cui sono chiamati a farlo.

### 6.3.1 La funzione del tessuto negli oggetti

Fra i tessuti funzionali utilizzati in campo sportivo, si trovano particolari tessuti utilizzati per la produzione di costumi per le gare da nuoto, come quelli che riproducono nella superficie del tessuto le rugosità dell'epidermide dello squalo, per favorire la formazione, durante la prova agonistica, di microvortici in grado di ridurre la resistenza adesiva dell'acqua; oppure le tute per le gare di corsa, realizzate con una composizione fibrosa ed una struttura del tessuto tali da impedire il tremolio dei muscoli e quindi ridurre il dispendio di energie e quindi la fatica.

Sempre in campo sportivo vi sono poi le vele per le regate, realizzate con fibre high tech, molto resistenti e con una progettazione tridimensionale del tessuto, opportunamente laminato, così da sfruttare al meglio la forza del vento. Altre funzionalità sono state



fig. 6.13 Guancialetto antiacaro

messe a punto nel campo della salute e dell'igiene. La riduzione dell'allergia agli acari può essere ottenuta con tessuti per materassi o lenzuola che limitano l'aumento della popolazione degli stessi, impedendo, anche in presenza di residui di pelle secca, umidità e calore, la formazione di micromuffe, alimento principale degli acari. Vi sono poi prodotti tessili in grado di esplicare caratteristiche antibatteriche, così come altri che, nel contesto del dibattito sui rischi connessi al "buco dell'ozono" nell'atmosfera, sono in grado di proteggere la pelle dai raggi UV delle radiazioni solari. Per contro sono stati messi a punto altri tessuti, per t-shirt o costumi da bagno in grado di filtrare le radiazioni UV,



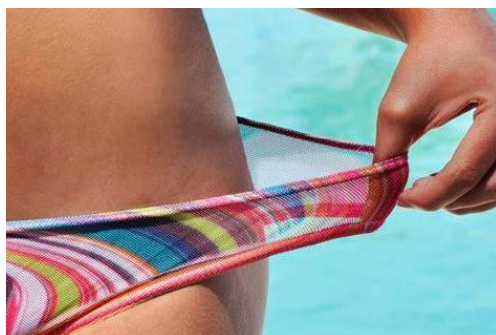


fig. 6.14 Tessuto "transol" lascia passare gli UV



fig. 6.15 Tessuto a fibre ottiche

neutralizzando la parte pericolosa dei raggi solari per l'abbronzatura. La ricerca dell'interazione dei materiali con l'organismo umano ha messo a punto tessuti per collant anticellulite che rilasciano caffeina, tessuti con microcapsule in grado di rilasciare nel tempo profumi ed essenze o prodotti antizanzare e poi essere ricaricati. Nuove tipologie di tessuti vengono utilizzati anche come substrato per la crescita di cellule, per favorire la crescita di tessuti umani da ricostruire (ad esempio da utilizzare nelle ustioni). Nel comparto dei tessuti di arredamento sono disponibili materiali in grado di catturare i cattivi odori dall'ambiente (ad esempio fumo) ed intrappolarli in molecole, di dimensioni nanometriche, presenti nelle fibre; i cattivi odori possono poi essere allontanati per lavaggio o semplice esposizione alla luce. Altra opportunità riguarda l'utilizzo di tessuti con fibre ottiche per particolari effetti luminosi.

Tra i tessuti intelligenti, vi sono quelli finalizzati all'abbigliamento protettivo, che in presenza di alte temperature e fuoco sono in grado di modificare



autonomamente la propria struttura inglobando aria, che agisce da isolante e protegge l'operatore. Oppure quelli a memoria di forma, progettati in modo tale da essere in grado, in determinate condizioni, di riassumere l'aspetto impostato: un tessuto in nylon con elementi di una lega in nichel-titanio, è stato utilizzato nel campo della moda per realizzare una camicia le cui maniche si rimboccavano da sole ad una certa temperatura e che si stirano con la semplice aria calda di un phon. Sono stati sviluppati anche tessuti termoregolanti con microcapsule di paraffina: con un'attività fisica intensa la paraffina fonde assorbendo il calore e rinfrescando il corpo, con il raffreddamento dell'organismo il calore viene poi gradatamente restituito.

Tali risultati sono stati ottenuti grazie ad un'intensa attività di ricerca e sviluppo, che ha visto recentemente crescere l'attenzione anche verso le opportunità offerte dalle nanotecnologie, il cui approfondimento sta ampliando in modo notevole gli orizzonti delle applicazioni tessili.



fig. 6.16 Ohuhu, guanti antifiama

Ad esempio con i processi di elettrofilatura si possono ottenere nanofibre con cui realizzare superfici tessili di spessore infinitamente piccolo senza passare dalle tradizionali fasi di filatura e tessitura. Oppure con altri processi in grado di modificare a livello nanometrico le superfici tessili si possono ottenere tessuti autopulenti.

L'innovazione tocca tutti gli stadi della filiera tessile, dalla messa a punto dei polimeri alla produzione di nuove fibre, dalle sezioni di filati di dimensioni infinitesime alle trasformazioni di tessuti laminati, dalla performance al design della forma. Il tessile diventa così un materiale innovativo nelle mani del progettista per creare nuove

forme e prodotti, che sulla base delle loro potenzialità tecnologiche, possono essere utilizzati in modo creativo in sostituzione di altri materiali, consentendo in molti casi un diverso approccio al vivere quotidiano. E in questo senso l'industria italiana, anche per lo stretto rapporto con la cultura del design, si è sempre istintivamente orientata verso la sperimentazione, al fine di realizzare tessuti innovativi nella logica strategica di sviluppo del Made in Italy.

### 6.3.2 L'insostituibile fabric's good feeling

A parte la funzionalità che i tessuti dimostrano di avere e le continue innovazioni sperimentate nel campo, c'è da chiedersi cosa accomuna tutti questi tessuti, il perché vengono spesso scelti durante la progettazione di un oggetto e per quali caratteristiche. Leggerezza, collassabilità, morbidezza, lavabilità, flessibilità sono solo alcune delle caratteristiche che fanno sì che il progettista li scelga quando pensa ad un prodotto.

Come si è detto in precedenza i

tessuti sono selezionati per tutte quelle parti che sono a contatto col corpo, questo per le loro naturali doti di "good feeling" col corpo umano: per il fatto che al tatto restino morbido e flessibili, persino avvolgenti e che se, imbottiti, possono avere l'effetto di deformabilità e malleabilità ancora più accentuato.

La scelta quindi ricade sui tessuti quando si vuole ottenere una sensazione di sicurezza avvolgente, ma non solo. Sono spesso selezionati proprio perché, sono parti sfoderabili e lavabili. Questo fa percepire i tessuti come materiale sempre fresco e pulito, che percepiamo come affidabile per venire a contatto col corpo.

Il tessuto è insostituibile per queste sue caratteristiche, e motivo per cui si continua a progettare con i tessuti e, anzi, si cerca di attribuire loro sempre di più un ruolo predominante all'interno degli oggetti.

I nuovi prodotti cercano di lasciare al tessuto una grande importanza, facendone emergere le sue caratteristiche uniche. In figura vediamo il nuovo passeggino Yezz Air by Quinny (fig. 6.17). Questo



fig. 6.18 Baby Bjorn Mini Bouncer



passaggio riduce il telaio all'essenziale: il vero protagonista il tessuto. La tensostruttura che si crea è simile ad un amaca e abbraccia e sostiene il bambino mentre alleggerisce l'intera struttura per rispondere alle esigenze del genitore.

Segue la stessa logica Baby Bjorn con il suo mini bouncer (fig. 6.18): la struttura in tessuto accoglie ogni bambino perché si adatta al suo peso e alla sua fisicità. Entrambe le strutture possono venire sganciate e lavate in lavatrice. In questo prodotto il tessuto ha caratteristiche funzionali (leggerezza, lavabilità..) ma anche, e soprattutto, emozionali, sensoriali (senso di protezione, morbidezza..)



fig. 6.17 Passeggino Quinny Yezz Air



fig. 6.19 Blown fabric lamp by Nendo

che lo rendono insostituibile.

Spostando il focus su un alto campo, parliamo dell'illuminazione. I tessuti tendono ad avvolgere la luce creando un'atmosfera morbida, filtrata dalla loro trama (intessuta o maglieria) e sono spesso scelti dai designer che vogliono strutture modellabili, che si pralsmino non solo una volta prodotte ma anche in fase di utilizzo, lasciando libera interpretazione all'utente nelle modalità e nella scelta del tipo di illuminazione che vuole ottenere (fig. 6.19).

Inoltre i tessuti vengono utilizzati in molti altri oggetti, la tendenza è quella di unire l'high tech con i tessuti per dare una sensazione più

friendly della tecnologia più che esalti le caratteristiche delle performance dell'oggetto senza spaventare l'utente, ma anzi incentivandolo ad avvicinarsi al prodotto proprio perchè il tessuto invita a toccare l'oggetto, mettendo a proprio agio chiunque ed è quindi perfetto per un prodotto che voglia integrare la funzione, l'estetica e il *good feeling*. Nelle figure a lato alcuni esempi di high tech che si conciliano perfettamente con il tessuto, rendendo l'oggetto tecnologico friendly e piacevole.(fig. 6.20, 6.21, 6.22, 6.23).

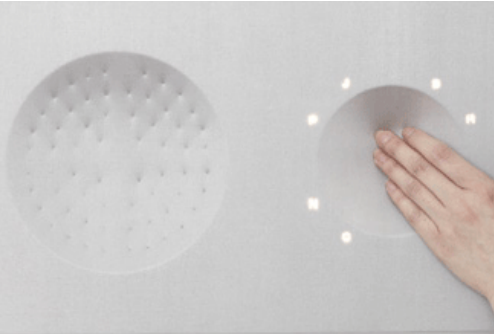


fig. 6.20 Diffusore TTI



fig. 6.21 Nytech Audiowear



fig. 6.22 Christian Tse, orologio



fig. 6.23 Google daydream

## 6.4 CONSIDERAZIONI

Stiamo facendo esperienza di una vera e propria rivoluzione dei costumi che sta portando ad un nuovo modo di vestire, di vivere la quotidianità, di interpretazione dei materiali in modo più funzionale e meno superficiale. In questo nuovo contesto, la creatività italiana si manifesta forte di una nuova ingegneristica progettazione del tessuto, in cui fibre e filati vengono combinati con strutture e funzionalità diverse al fine di ottenere le performance necessarie.

Attualmente, circa il 60% dei prodotti tessili realizzati nel mondo utilizza fibre che solo 50-60 anni fa non erano ancora sul mercato, ed alcuni ritengono che il 30% dei prodotti venduti fra 50 anni non sia stato neanche concepito. Secondo un'indagine effettuata fra ricercatori di tutto il mondo, sui prodotti che arriveranno sul mercato nei prossimi decenni, sono attesi materiali in grado di autoripararsi, capi dotati di dispositivi digitali, nanomateriali intelligenti, ecc.

E' evidente, quindi, quanto estesi

siano gli spazi di crescita e di sviluppo del settore nel prossimo futuro.

Produrre innovazione richiede di sperimentare strade che altri ancora non hanno percorso, esplorare nuovi metodi produttivi, anticipare cambiamenti che ancora devono avvenire.

I recenti progressi nella scienza dei materiali, dell'informazione e della biologia hanno assegnato al tessile un nuovo ruolo, tale da renderlo potenzialmente disponibile all'impiego di nuove tecnologie, grazie all'integrazione di queste discipline. Il "plus" per il tessile sarà l'utilizzazione di piattaforme tecnologiche basate sulla sinergia e multidisciplinarietà.

Sorprendentemente, per un prodotto esistente da migliaia di anni, il tessile si sta sempre più rivelando un materiale in grado di diventare un ideale substrato flessibile per tecnologia e funzionalità avanzate; diventa quindi fondamentale un cambiamento nel modo di progettare: il design non deve essere separato dallo studio delle caratteristiche del materiale e dalla fase di ingegnerizzazione vera e propria del



prodotto finale.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> A. Tempesti, *Design follows materials*



**PARTE II :**  
**LINEE GUIDA DI PROGETTAZIONE**

## SMART KNITTING: CONOSCERE LA TECNOLOGIA

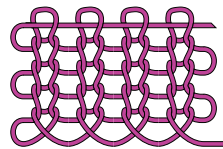
Come introdotto nei capitoli precedenti, avendo analizzato le generalità dei processi di tessitura, quella che appare più promettente dal punto di vista tecnologico e di innovazione è la maglieria. In particolare modo la maglieria rettilinea di nuova generazione, definita *smart knitting*.

Per arrivare a definirla nello specifico e approfondirla, il capitolo inizia con l'introduzione alla maglieria in generale, per poi arrivare alla tecnologia dello smart knitting realizzata dall'azienda tedesca Stoll, di cui da qui in poi si

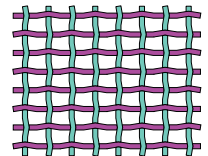
prenderanno diversi esempi.

### 7.1 TECNOLOGIA DI BASE

Il tessuto a maglia si presenta costituito, nella sua forma più semplice, dalla ripetizione in senso longitudinale e in senso trasversale di uno stesso elemento, la maglia, che rappresenta la cellula elementare del tessuto.



Tessuto a maglia



Tessuto a navetta

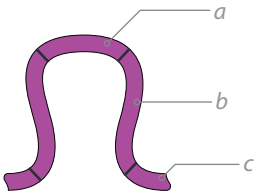


fig. 7.1 Una maglia

La maglia (fig. 7.1) è una porzione di filo, costretto ad assumere un andamento curvilineo e le cui parti sono:

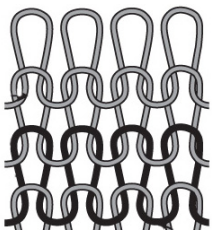
- a: testa
- b: fianco e piede
- c: metà intermaglia

L'intermaglia è il tratto di filo che collega due maglie consecutive e la sua evoluzione in orizzontale o in verticale determina diverse strutture di tessuti a maglia, che vengono classificate

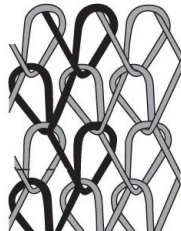
rispettivamente in *tessuti a maglia in trama* e *tessuti a maglia in catena*.

Nei primi il tratto di intermaglia collega le maglie una accanto all'altra in senso orizzontale, con la possibilità di demagliare il tessuto semplicemente sfilando il capo libero del filo. Nel secondo caso l'intermaglia si evolve in senso verticale o in diagonale ed anche le maglie si collocano seguendo tale evoluzione; perché il tessuto si formi è necessario disporre di più fili, che eseguano la stessa lavorazione, dando la possibilità alle maglie di fili diversi di legarsi tra di loro.

Non è possibile in questo caso demagliare il tessuto; perciò i tessuti a maglia che presentano tale struttura d'intreccio vengono chiamati anche indemagliabili. Fisicamente un tessuto è una struttura flessibile, costituita dalla ripetizione in senso orizzontale e verticale di due elementi: rango e fila o colonna. Si definisce rango una serie di maglie, appartenenti o no allo stesso filo, disposte orizzontalmente una accanto all'altra; si definisce fila una serie di maglie, disposte verticalmente una sopra l'altra.



Maglia in trama



Maglia in catena

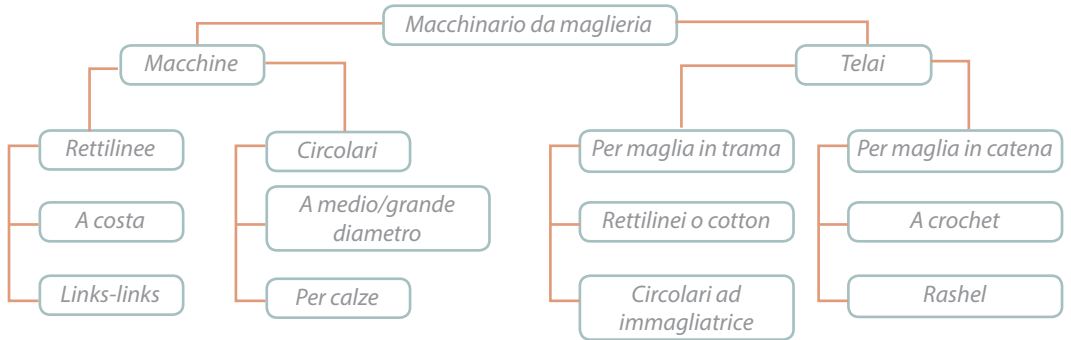


fig. 7.2 Macchinari da maglieria, tabella

### 7.1.1 Macchinari per maglieria

Il macchinario impiegato per la fabbricazione dei tessuti a maglia si distingue in macchine e in telai.

Le macchine sono quelle in cui gli aghi si muovono individualmente, guidati in una piastra, mediante un comando impresso al tallone; vengono impiegate per la produzione di tessuti a maglia in trama e si classificano in rettilinee e circolari. Gli aghi utilizzati sono a linguetta o a slitta.

I telai sono quei macchinari in cui gli aghi si muovono cumulativamente, perché fissati in una barra e vengono classificati in telai rettilinei Cotton e in telai circolari ad immagliatrici per la produzione di tessuti a maglia in trama

che impiegano esclusivamente aghi a becco e telai per la maglieria in catena, che utilizzano aghi a becco, a linguetta o a slitta. (fig. 7.2)

### 7.1.2 I tre principali tipi di ago

L'ago è elemento essenziale per la formazione della maglia.

I tre tipi principali di aghi utilizzati per la produzione di tessuti a maglia sono: ago a linguetta, a becco e a slitta (fig. 7.3).

Le parti principali di un ago sono:

A. Un uncino per prendere e trattenere il filo da immagliare;

B. Un sistema per chiudere e aprire l'uncino, in modo che questo possa





fig. 7.3 Tipi di aghi

alternativamente prendere un nuovo filo e abbandonare quello vecchio;

C. Un sistema per consentire all'ago di ricevere i movimenti necessari per la formazione della maglia.

Durante la formazione della maglia è necessario perciò che l'uncino rimanga chiuso per far sì che la vecchia maglia già formata possa scaricarsi sul nuovo filo alimentato; ciò avviene in modo differente nei tre tipi di aghi.

Nell'ago a linguetta, la linguetta è imperniata ad una certa distanza dall'uncino ed ha la possibilità di ruotare. La chiusura dell'uncino nell'ago a becco avviene per mezzo di un organo esterno, la pressa, che, in un certo momento della formazione

della maglia, viene a contatto con esso, ne provoca la flessione e la chiusura. Quando la pressa viene allontanata l'uncino, per elasticità, apre automaticamente l'ago. Nell'ago a slitta è presente, nella scanalatura interna dello stelo, una linguetta scorrevole, che apre e chiude l'uncino con il suo movimento di discesa e di salita.

Una caratteristica essenziale degli aghi è lo spessore, elemento legato alla robustezza dell'ago, che deve essere capace di sopportare tutte le tensioni, generate durante i vari cicli tecnologici di immagliatura. Lo spessore dell'ago è correlato alla finezza della macchina: non deve essere né troppo grosso, altrimenti non ci sarebbe spazio tra un

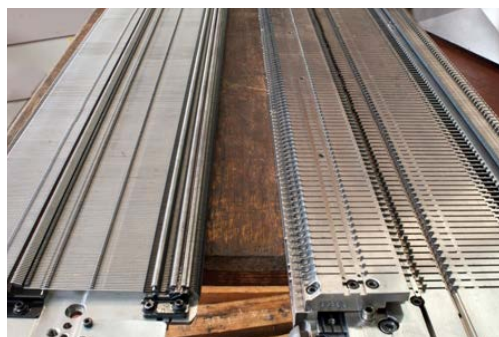


fig. 7.4 Fronture con diverse finezze

ago e quello adiacente per il passaggio del filo; né troppo fine, perché oltre ad essere debole, comprometterebbe la resistenza stessa della struttura di intreccio, che risulterebbe poco equilibrata (fig. 7.4).

### 7.1.3 Cicli di formazione della maglia.

*Formazione con ago a linguetta.* L'ago inizialmente si trova nel piano di abbattitura con la maglia dentro l'uncino, chiuso dalla linguetta. La salita dell'ago fa scorrere la maglia verso il basso, che viene a contatto con la linguetta, provocandone la rotazione antioraria e quindi l'apertura dell'uncino. Quando l'ago giunge alla massima altezza, individuata dal piano

di immagliatura, la linguetta si apre completamente e la maglia si scarica sullo stelo. L'ago ora inizia a scendere e quando giunge subito dopo il piano di imboccolatura, viene alimentato con un nuovo filo. L'ulteriore discesa dell'ago fa sì che la maglia si porti al di sotto della linguetta, venendo a contatto con essa e facendola ruotare in senso orario. L'ago continua a scendere; la maglia si porta sopra la linguetta, che sta per chiudere l'uncino. L'ago giunge a fine corsa, cioè alla massima discesa e la vecchia maglia, dopo aver chiuso completamente l'uncino, si abbatte sul nuovo filo alimentato, il quale formerà una nuova maglia (fig. 7.5a).

*Formazione con ago a becco.* L'ago sale e la maglia inizialmente dentro il becco si porta sullo stelo. Dopo che l'ago è stato alimentato, il filo viene introdotto all'interno del becco, mediante un meccanismo esterno; a questo punto entra in azione la pressa, che chiude il becco. La maglia, ad ago fermo, ha la possibilità di salire sull'uncino e, quando l'ago inizia a scendere, scorre sull'uncino e si abbatte sul nuovo filo alimentato a fine corsa (fig. 7.5b).

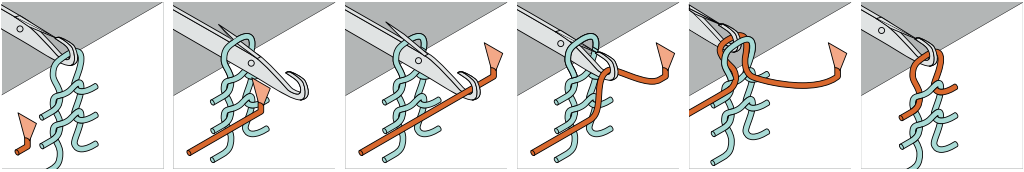


fig. 7.5a Formazione della maglia con ago a linguetta

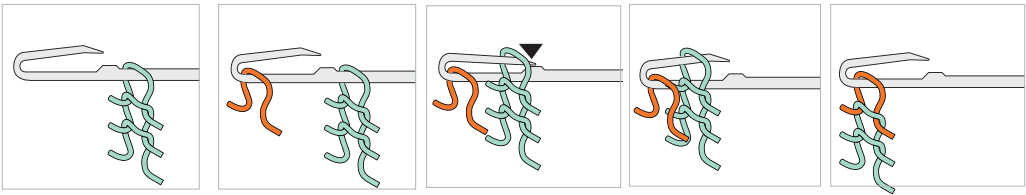


fig. 7.5b Formazione della maglia con ago a becco

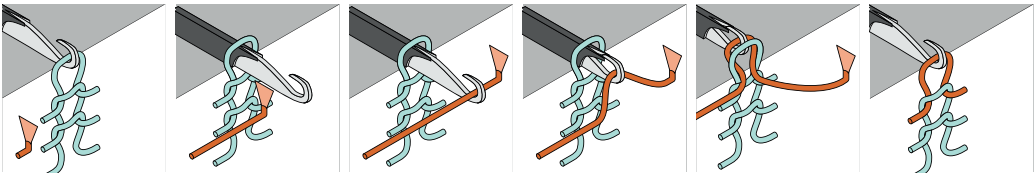


fig. 7.5c Formazione della maglia con ago a slitta

**Formazione con ago a slitta.** La salita dell'ago e l'inserimento della slitta nella scanalatura creata sullo stelo fanno aprire l'uncino; la maglia si porta sullo stelo al di sotto della punta della slitta. L'ago, completamente aperto, viene alimentato e successivamente inizia a scendere. La slitta si muove in ritardo rispetto all'ago; ciò provoca la chiusura dell'uncino e quindi l'abbattitura della

vecchia maglia sul nuovo filo (fig. 7.5c).

#### 7.1.4 La frontura

La frontura del macchinario di maglieria è costituita dall'insieme di aghi, fissati ad una barra nel caso dei telai o guidati individualmente da una piastra scanalata nel caso delle macchine. Sia le macchine che i telai

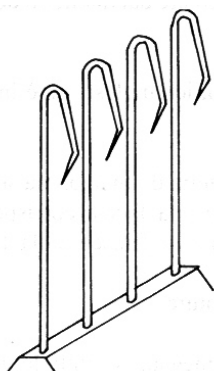


fig. 7.6 Frontura di un telaio con aghi a becco



fig. 7.7 Frontura di una macchina rettilinea

(fig. 7.6), a seconda della loro tipologia, possono essere dotati di una o di due fronture. La frontura delle macchine di maglieria può avere forma rettilinea (fig. 7.7) o circolare ed è un organo in acciaio, che presenta delle scanalature nelle quali sono posizionati gli aghi con l'uncino ed il tallone rivolti verso l'alto; le scanalature rappresentano i canali di guida degli aghi durante la lavorazione.

La frontura è caratterizzata da due elementi:

- larghezza utile
- finezza

La larghezza utile rappresenta la massima ampiezza di lavoro e varia in funzione del tipo di macchina o telaio:

ad esempio nel caso del macchinario rettilineo (fig. 7.8) è rappresentata dalla distanza fra il primo e l'ultimo ago e nel caso della macchina circolare (fig. 7.9) dal diametro della frontura. La finezza è il numero di aghi in una determinata lunghezza. La finezza è il numero di aghi che si contano in un pollice inglese, cioè in 2,54 cm di frontura.

La finezza viene riferita sempre e soltanto ad una delle due fronture. La finezza inglese adotta come simbolo la lettera E e viene impiegata per tutte le macchine per maglieria in trama e per i telai in catena.

Esistono altri tipi di finezze utilizzate per gli altri macchinari e

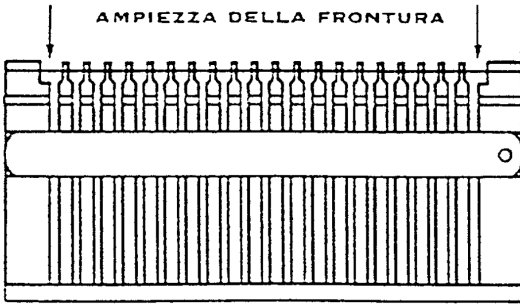


fig. 7.8 Larghezza utile della frontura rettilinea

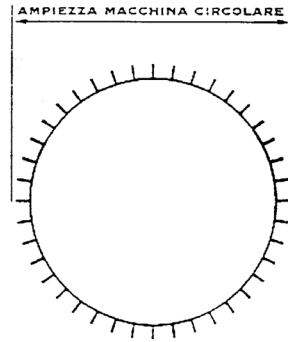


fig. 7.9 Larghezza utile della frontura circolare

precisamente:

- la finezza inglese Raschel, per i telai Raschel, ha come simbolo le lettere ER e rappresenta il numero di aghi presenti in 2 pollici inglesi, cioè in 5,08 cm;

- la finezza Gauge, ha come simbolo le lettere GG e rappresenta il numero di aghi che si trovano in 1,5 pollici inglesi, cioè in 3,81 cm e viene impiegata per i telai rettilinei Cotton e per i telai circolari inglesi.

- La finezza francese, simbolo Gros, indica il numero di aghi presenti in 1,5 pollici francesi, cioè in 4,16 cm e viene impiegata per i telai circolari ad immagliatrici.

## 7.2 LE MACCHINE RETTILINEE

Il settore specifico delle macchine rettilinee per maglieria è per sua natura un settore ad alta tecnologia in cui una leva importante della lotta competitiva è costituita dalla Ricerca e Sviluppo. La tecnologia e l'innovazione continua nel prodotto sono in questo settore gli strumenti per migliorare la posizione competitiva nei confronti dei concorrenti.

La macchina rettilinea (fig. 7.10) è una macchina bifrontura. Essa è costituita dalle seguenti parti principali:

- Struttura portante
- Sistema di alimentazione del filo
- Due fronture costituite da piastre rettilinee scanalate

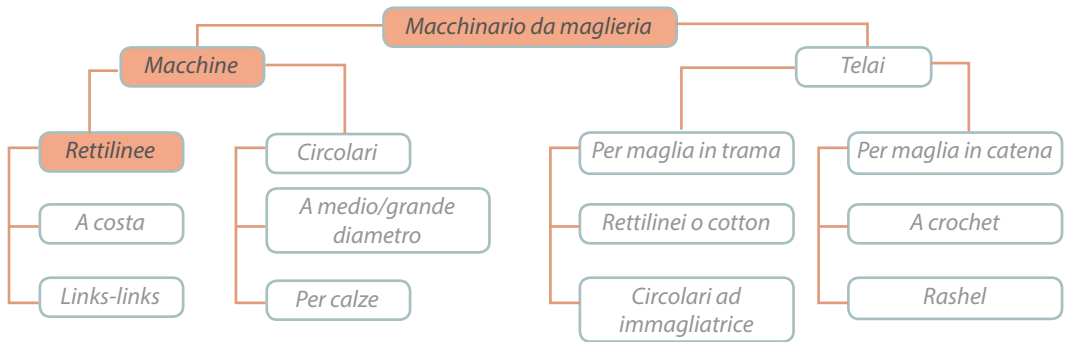


fig. 7.10 Macchine rettilinee

- Il carro con le serrature per il comando degli aghi
- Sistema di trasmissione del moto
- Sistema per il tiraggio del tessuto
- Unità di programmazione
- Dispositivo per lo spostamento delle fronture

Le due fronture possono essere:

1. Inclinate di  $90^{\circ}$ - $100^{\circ}$  una rispetto all'altra, con disposizione sfasata dei canaletti, dove vengono montati aghi a linguetta o a slitta.

Le due fronture vengono denominate Frontura Anteriore (F. A.), quella più vicina all'operatore e Frontura Posteriore (F. P.), quella più lontana.

2. Disposte entrambe sul piano

orizzontale (a  $180^{\circ}$ ) con i canaletti affacciati, dentro i quali scorrono singoli aghi a doppio uncino e doppia linguetta, mossi da speciali organi detti cursori o sliders, che, a seconda del tipo di intreccio da realizzare, possono far scaricare le maglie o sulla frontura anteriore o sulla frontura posteriore, per la lavorazione in links-links o a maglia rovesciata.

### 7.2.1 Le tipologie di macchine rettilinee

Esistono diverse tipologie di macchine rettilinee a seconda dei volumi di produzione a cui si vuole far fronte e allo scopo di utilizzo. Generalmente possono essere



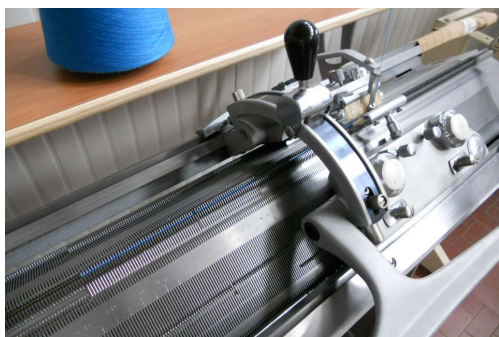


fig. 7.11 Dettaglio frontura macchina manuale

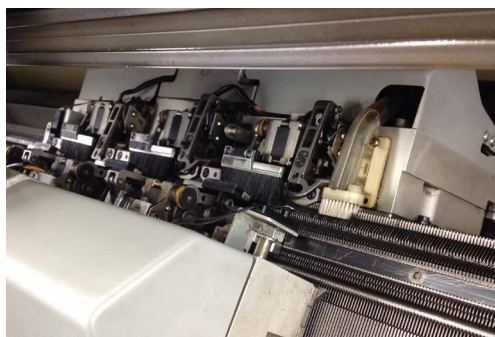


fig. 7.12 Dettaglio frontura macchina automatica

classificate come:

- Macchine rettilinee a mano
- Macchine rettilinee automatiche
- Macchine rettilinee elettroniche

Su di esse il principio di funzionamento è pressoché lo stesso.

#### • **RETTILINEE A MANO**

Di largo utilizzo fino al 1960, si trova ancora per campionature. La movimentazione del carro è manuale così come lo spostamento delle maglie (fig. 7.11).

La macchina è composta da un'incastellatura di sostegno, sulla quale viene appoggiato il basamento o baty,

che fa da struttura portante alle fronture e a tutti gli organi, che concorrono alla lavorazione della maglia. Nella parte posteriore della macchina si trova il castello porta-rocche, un ripiano dove vengono disposte le rocche di filato da utilizzare. Il filo svolgendosi dalla rocca passa attraverso il sistema di alimentazione: un tendifilo che regola la tensione di alimentazione ed un guidafile, trascinato dal carro, che fornisce il filo all'ago nel momento opportuno. Il tendifilo è costituito da un braccio elastico, caricato da una molla, il quale si abbassa quando la tensione del filo aumenta, per cedere più filo, mentre rimane sollevato quando la tensione diminuisce.



fig. 7.13 Macchina rettilinea elettronica

#### • RETTILINEE AUTOMATICHE

La macchina rettilinea automatica ha una struttura simile alla macchina manuale (fig. 7.12). I vari sistemi presenti vengono azionati tramite un motore. Caratterizzata dal movimento meccanico controllato da catena a grani, questa macchina costituisce solo il primo importante passo verso una sempre maggiore sofisticazione tecnica. Si passa in breve tempo allo sviluppo delle prime macchine meccaniche automatiche con comando a cartoni, con un numero di funzioni sempre maggiore e caratterizzate da un comando solo per tutta la corsa del carro.

Il controllo dei comandi mediante programmazione a catena o a cartoni, sfruttato dai modelli precedenti, evidenzia ben presto i propri limiti, sia in termini di possibilità di lavoro che in termini di tempo necessario per l'impostazione del disegno e della lavorazione da far eseguire alla macchina.

#### • RETTILINEE ELETTRONICHE

Negli ultimi anni l'avvento dell'elettronica e dell'informatica ha portato a consistenti perfezionamenti di alcuni organi e sistemi di funzionamento della macchina rettilinea, anche se il principio di base della formazione della maglia non è stato sostanzialmente modificato.

La tendenza, anche attuale, è quella di mettere a disposizione sistemi elettronici computerizzati, che, pur nella loro sofisticazione strutturale, consentano una facilità operativa, velocizzando le operazioni di programmazione e di controllo delle molteplici funzioni; si può, per esempio, digitando direttamente sulla centralina a bordo macchina, intervenire su tutti

gli organi presenti sulla macchina stessa (fig. 7.13).

Le lavorazioni di immagliatura, imboccolatura e di trasporto vengono attuate con la selezione individuale degli aghi, aumentando notevolmente la possibilità di realizzare disegni jacquard e punti strutturati.

Oltre ai sistemi di selezione degli aghi, le macchine rettilinee possono essere dotate di una serie di dispositivi aggiuntivi, la cui presenza parziale o completa, conduce a più tipologie di macchine, rispondenti alle varie esigenze di produttività, affidabilità, flessibilità, di spazio e di costo.

### 7.2.2 L'azienda STOLL

In questo capitolo verranno affrontate le macchine rettilinee elettroniche che lavorano in trama perché possono essere considerate quelle che permettono di ottenere le lavorazioni utili a creare oggetti in maglia che hanno il miglior margine di innovazione e di strutture possibili tra tutte.

L'azienda Stoll è una delle aziende leader nel settore per la produzione

di questi macchinari che risultano essere:

- Shima Seiki (JP)
- Stoll (DE)
- Diversi fornitori cinesi/taiwanesi<sup>1</sup>

L'azienda definisce la sua tecnologia con diversi nomi: *3d knitting*, *smart knitting* o *digital knitting*; e questa appare la tecnologia migliore e adatta per la creazione di tessuti tecnici e prodotti industriali. Questo perché possiede diverse tipologie di lavorazione che riescono a combinarsi tra loro potendo raggiungere un risparmio e un'innovazione dal punto di vista dei processi.

A differenza delle altre tecnologie cosiddette tridimensionali (3D weaving e 3D braiding) ha molta più sperimentazione nel settore, essendo già ampiamente utilizzata e le sue caratteristiche sperimentate.

L'azienda STOLL, che produce i macchinari da maglieria, ne ha

---

<sup>1</sup> Le macchine di maglieria rettilinea, Università degli Studi di Bergamo –Facoltà di Ingegneria, Dr. Sc. Matteo Castiglioni



fig. 7.14 La scelta del filato, step di inizio



fig. 7.15 Guidafili

messo a frutto le potenzialità. Il proposito è quello di dimostrare che questa tecnologia è una risorsa con alto livello innovativo nei prodotti, anche in quelli industriali e non solo dei capi d'abbigliamento e che può sostituire molti processi di produzione attuali con altrettanti vantaggi. Per questo motivo, assieme a tutti gli altri elencati in precedenza è stata presa in considerazione lo smart knitting, questa tecnologia e questa particolare azienda.

L'excursus che si propone nelle prossime pagine è quello di dare degli strumenti al progettista dal punto di vista dei processi di produzione per la conoscenza della tecnologia dello smart knitting.

### 7.3 PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

Per far in modo che il processo possa iniziare è necessario prima di tutto scegliere il tipo di filato da utilizzare (fig. 7.14). Il massimo di bobine che possono essere caricate in macchina sono 32, manualmente il tecnico inserisce i fili nei guidafili. In maniera automatica invece il carrello procederà a prendere

gestire i fili che gli passerà il guidafile e passando il carrello movimenterà il piede degli aghi facendo sollevare quelli necessari al funzionamento (fig. 7.15, 7.16).

Il tecnico gestisce prima di tutto la parte software, questa contiene tutte le informazioni in grado di movimentare tutto il macchinario per la creazione del capo (fig. 7.17).

Una volta iniziato il processo il macchinario procede da solo senza ulteriori step manuali.

E' molto importante però la fase precedente di prototipazione, questo perché attualmente non esistono software in grado di prevedere il comportamento meccanico del pezzo che uscirà dalla macchina, per questo motivo è ancora necessario creare diversi prototipi prima perché il pezzo ha bisogno di essere "disfettato" più volte prima di trovare un risultato soddisfacente.

Il fatto che non vengano utilizzati questi software di analisi potrebbe sembrare un limite di questa tecnologia, ma in quest'ambito è molto importante che il produttore e



fig. 7.16 Movimento del guidafile



fig. 7.17 Gestione Software



fig. 7.18 Computer in macchina Stoll

il cliente tocchino letteralmente con mano ciò che viene prodotto. Si fa ancora molto affidamento ai sensi per definire il tessuto per questo quindi, anche per disinteresse verso questo tipo di tecnologie, queste non sono state sviluppate.

Nonostante quindi queste prime fasi di prove, prototipi e ritocchi una volta avviata, la macchina gestisce da sola tutte le fasi successive. Per ammortizzare questa parte iniziale infatti si prevede l'utilizzo di meno post processes possibili successivi all'uscita del pezzo dalla macchina.

### 7.3.1 Tempi e fasi di processo

Tempi e fasi del processo sono

difficili da definire perché variano molto, a seconda dei casi. Ogni pezzo ha delle sue tempistiche e tipologie di lavorazione.

Infatti conta molto non sono la dimensione del pezzo che si andrà a fare, con che tipo di lavorazioni verranno effettuate ma anche il tipo di materiale utilizzato. Anche per questo motivo la creazione di primi prototipi è fondamentale, per capire quanto tempo servirà per la creazione di un pezzo e di conseguenza stabilirne il costo. Solitamente infatti si procede a step: prima di tutto si lavora a software, il programma viene passato al macchinario e in macchina vengono date altre informazioni (fig. 7.17). Successivamente si creano dei campionari, si decidono le lavorazioni e si passa alla creazione di prototipi. Questi vengono disfettati e si procede finalmente alla creazione del capo definitivo.

### 7.3.2 Bobine e materiali

Tutti i materiali che possono essere filati possono essere utilizzati dalla macchina per creare un capo. Filati



naturali, artificiali, persino fili di metallo possono essere lavorati dalla macchina con alcune accortezze per tipo. Per esempio la lavorazione di un filo rigido come uno metallico sarà molto più difficile della lavorazione di un filato flessibile come una fibra naturale. Per questo motivo verrà impostata la macchina con una velocità molto più bassa del carrello (fig. 7.19), per evitare che si creino difetti nel capo. La velocità del carrello influenzerà le tempistiche di produzione del pezzo e quindi il costo.

Stabilire in anticipo tempi e costi è molto difficile, un prototipo è sempre necessario anche per i tecnici con più esperienza.

Rispetto ad altri processi produttivi quindi, dove certi parametri del macchinario sono stabiliti, per quanto riguarda lo smart knitting invece bisogna conciliare i tempi di progettazione software, i materiali, le lavorazioni e le tipologie di punti da utilizzare. Come detto in precedenza i macchinari sono molto flessibili dato che possono ospitare ben 32 bobine diverse in macchina (fig. 7.20, 7.21) .

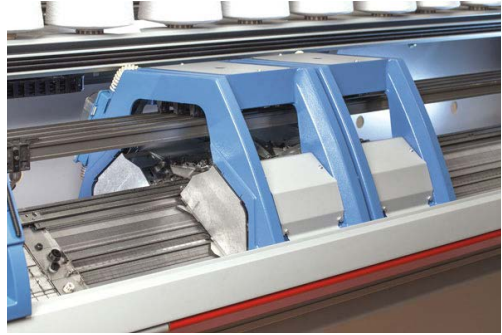


fig. 7.19 Carrello macchina STOLL

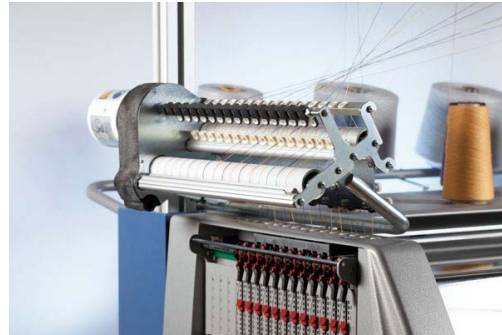


fig. 7.20 Gestione dei fili da parte del macchinario



fig. 7.21 Esempi di bobine di filato metallico

## STEP DI PROGETTAZIONE

Dopo aver capito il funzionamento del macchinario e le basi della maglieria dello smart knitting, al progettista che vuole intraprendere la strada di progettare con questa tecnologia sono necessarie delle linee guida per capire come affrontare il progetto.

Si tratta di alcuni step da seguire per capire come approcciare il progetto nel modo giusto. L'obiettivo è quello di progettare in maglia non solo capi e vestiti ma anche e soprattutto oggetti industriali con funzionalità tecniche.

Per andare incontro a questo

obiettivo ci sono alcune fasi che è bene seguire, naturalmente ogni progettista approccia la tecnologia con modalità differenti, ma, per chi è abituato a progettare prodotti industriali deve, con lo smart knitting, cambiare leggermente la propria visione del progetto e cercare di comprendere come funzionano le fasi di ideazione di questa tecnologia.

Gli step che possono fungere da linee guida per il progettista sono proposti nello schema seguente.

### **1. PARAMETRI DI SCELTA**

In questa fase si cerca di capire per la progettazione di quali oggetti sarebbe efficiente l'utilizzo dello smart knitting.

### **2. CONOSCERE E SFRUTTARE LE FRONTURE**

Le fronture sono un elemento fondamentale per ottimizzare la progettazione dell'oggetto scelto, conoscere il loro funzionamento è il primo step per comprendere la tecnologia

### **3. SVILUPPO PIANO**

Per quanto questa tecnologia sia anche conosciuta come 3D knitting, i software lavorano in 2D, le forme da ottenere devono quindi essere sviluppate in piano

### **4. LAVORAZIONI**

Queste sono le capacità che la maglieria possiede, conoscerle e sapere come combinarle farà sì di poter progettare evitando sprechi e operazioni successive

### **5. PUNTI E FINEZZA**

Proprio come uno schermo, il macchinario semplifica i punti di maglia a dei pixel, la gestione del loro posizionamento e del loro pattern avrà come principale risultato l'aspetto estetico dell'oggetto.

### **6. POST PROCESSES**

A volte la gestione delle fasi successive alla macchina deve essere preso in considerazione ma l'obiettivo rimane ridurre al minimo questa fase.

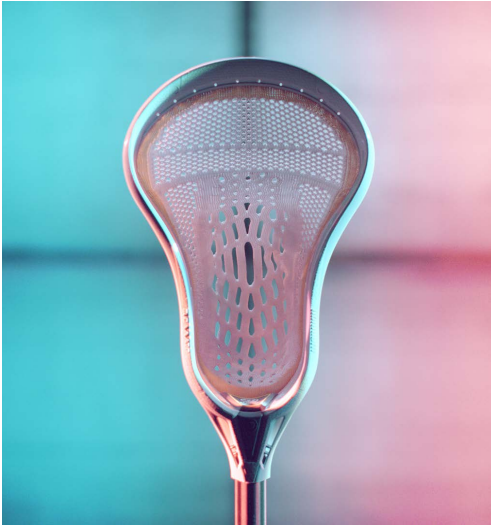


fig. 8.1 Mazza da lacrosse in maglia by Stoll (1)

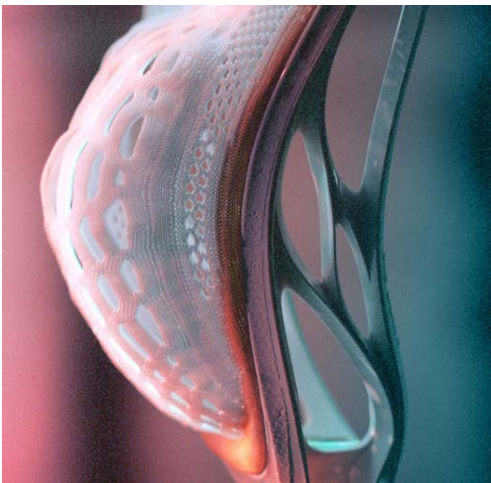


fig. 8.2 Mazza da lacrosse in maglia by Stoll (2)

## 8.1 PARAMETRI DI SCELTA

In questa prima fase si cerca di capire per che oggetti è utile usare questa tecnologia, la domanda da porsi è: quali caratteristiche possiede questa tecnologia utile per l'oggetto che voglio creare?

Prima di tutto lo smart knitting rientra nella tecnologia tessile, per questo motivo è sicuramente adatta a tutti quei capi e oggetti indossabili, ma le sue potenzialità vanno anche oltre. La maglieria viene ricercata quando si vuole creare un oggetto che abbia le caratteristiche estetiche del tessuto ma anche funzionali (fig. 8.1,8.2).

Per questo motivo va presa in considerazione non solo per oggetti wearable e tecnici ma anche per componenti che abbiano una loro strutturalità. La maglieria regola la forma ma la tipologia di filato regola le caratteristiche tecniche che questa avrà; tuttavia è possibile individuare alcuni vantaggi che la progettazione con questa tecnologia consente di avere:

- **LEGGEREZZA**, gli oggetti fatti in maglia, con relative considerazioni riguardo al tessuto scelto, saranno sicuramente leggere. Questo è dovuto al fatto che la maglieria è una modalità di intreccio di fibre e per questo motivo lascia aperti degli spazi d'aria (fig. 8.3).

- **COLLASSABILITÀ** a seconda della struttura scelta per la creazione gli oggetti potranno essere più o meno flessibili ma in generale questa è una caratteristica che appartiene agli oggetti fatti in maglieria, i punti di maglia sono, per loro conformazione, molto flessibili e questo fa sì che si adattino ad oggetti che devono ripiegarsi o collassare.

- **CONFORMABILITÀ** per i motivi di cui sopra, per le sue caratteristiche di flessibilità la maglieria si adatta anche a diverse forme; che siano queste indossabili o rivestimenti di altri oggetti. La forma perfetta può essere infatti progettata ad hoc.

- **MORBIDEZZA** questa caratteristica dipende in parte dal materiale che si andrà a scegliere per la creazione dell'oggetto ma essendo l'oggetto flessibile è anche intrinsecamente



fig. 8.3 Tomaia Nike: leggera, elastica, flessibile

morbido e quindi adatto per oggetti che svolgono funzioni a contatto col corpo o che debbano avere caratteristiche di padding o cushioning.

- **ELASTICITÀ** come detto in precedenza le maglie sono tra loro molto elastiche, questa loro caratteristica può essere accentuata utilizzando un filato elastico. Gli oggetti e i capi sfruttando questa caratteristica possono allungarsi molto ed essere utilizzati in molti modi e settori per questa loro capacità.

- **GESTIONE TRASPIRAZIONE E IMPERMEABILITÀ** la gestione delle caratteristiche e le proprietà intrinseche della maglieria sono ormai note, ma si può sfruttare la capacità di scegliere i diversi punti e

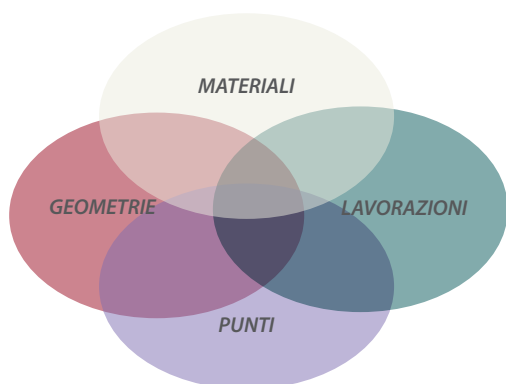


fig. 8.4 Elementi da considerare per la progettazione



fig. 8.5 Custodia tablet

lavorazioni per creare un tessuto che possa essere, indipendentemente dal materiale scelto, più traspirante o più impermeabile.

La cosa importante da considerare approcciando questa tecnologia è sapere quindi che ci sono in gioco molte variabili:

- MATERIALI
- GEOMETRIE
- LAVORAZIONI
- PUNTI

L'attento studio di queste potenzialità può far sì di creare per maglieria oggetti che nessuno prima poteva aspettarsi potessero essere creati. Lo sport e il tempo libero è uno dei settori che più

possiede gamme di oggetti che hanno bisogno di queste caratteristiche ma non solo, anche l'arredamento e l'automotive sono terreno fertile per oggetti in maglia (fig. 8.4).

Prendiamo un esempio effettuato dall'azienda Stoll: un porta tablet (fig. 8.5).

La custodia per il tablet è sicuramente un oggetto che deve essere morbido e protettivo, dato che dovrà contenere un oggetto fragile. Dovrà essere flessibile e non rigido, perchè voglio che non occupi un volume definito, e voglio che abbia delle performance di imbottitura per evitare che il mio tablet all'interno possa subire dei danni. Per i suoi requisiti dunque si decide di





fig. 8.6 Dettaglio frontura

progettarlo attraverso smart knitting.

## 8.2 CONOSCERE E SFRUTTARE LE FRONTURE

Una volta scelto l'oggetto da progettare, bisogna prendere in considerazione quello che è l'elemento più importante per lo smart knitting, un elemento del macchinario: le fronture. Queste non solo determinano la lunghezza massima dell'oggetto ma anche il numero degli aghi del macchinario e la finezza che il capo in maglia avrà (fig. 8.6).

I macchinari per lo smart knitting possiedono due fronture inclinate una rispetto all'altra: la *frontura anteriore* e quella *posteriore*. Le fronture possono

lavorare in maniera indipendente ma si sfrutta al massimo la loro potenzialità quando vengono usate insieme. Sapendo progettare in che punti farle lavorare insieme e in quali altri indipendentemente, sarà possibile al progettista creare lavorazioni utili al proprio oggetto.

Decidere quale parte dell'oggetto andrà posto su una frontura e quale sull'altra è fondamentale per capire come ottenere i vantaggi relativi alla lavorazione scelta, (ad esempio la giusta combinazione delle fronture potrà essere utilizzata per la creazione di tasche o per far passare del materiale al loro interno).

Quando si progetta per smart knitting

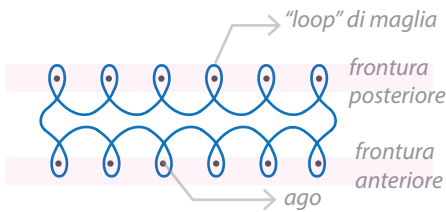


fig. 8.7 Schema frontura vista dall'alto

bisogna pensare che ogni frontura si può occupare di un “piano”, ossia di un lato del lavoro. Per comprendere meglio e riuscire ad avere chiara la loro funzione è bene servirsi di alcuni schemi.

Le fronture vengono solitamente visualizzate dall'alto. In questo modo posso capire layer per layer come lavoreranno: se in maniera indipendente o se insieme. In figura (fig. 8.7) è possibile vedere un esempio di fronture lavorano insieme, esse si passano il filo lateralmente per permettere la creazione di una forma tubolare. Vedendola dall'alto questa è la tipica struttura usata per creare maglie senza cuciture.

Dallo schema (fig. 8.8) si può capire come è stato creato il primo “layer” di questa maglietta. Immaginando

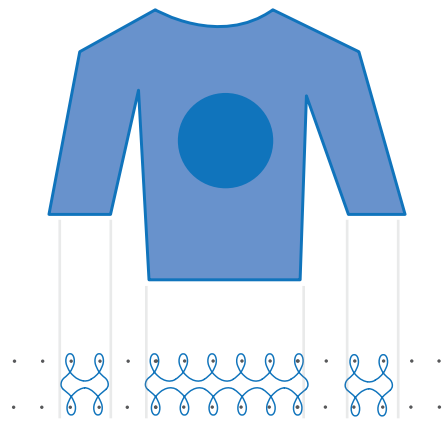


fig. 8.8 Schema fronture per maglia seamless

quindi la creazione della maglia come un tubolare avrò 3 lavorazioni tubolari che lavorano contemporaneamente sulla frontura e che rispettivamente rappresentano le due maniche e il corpo centrale della maglia.

Le fronture lavorano in maniera indipendente per poi unirsi. Con questa lavorazione e utilizzo delle fronture si può anche pensare di fare un lato della maglia di un colore, e l'altro di un'altra.

Oltre alla visualizzazione delle fronture dall'alto, esiste un'altra schematizzazione che può aiutare il progettista. Assimilare le fronture come

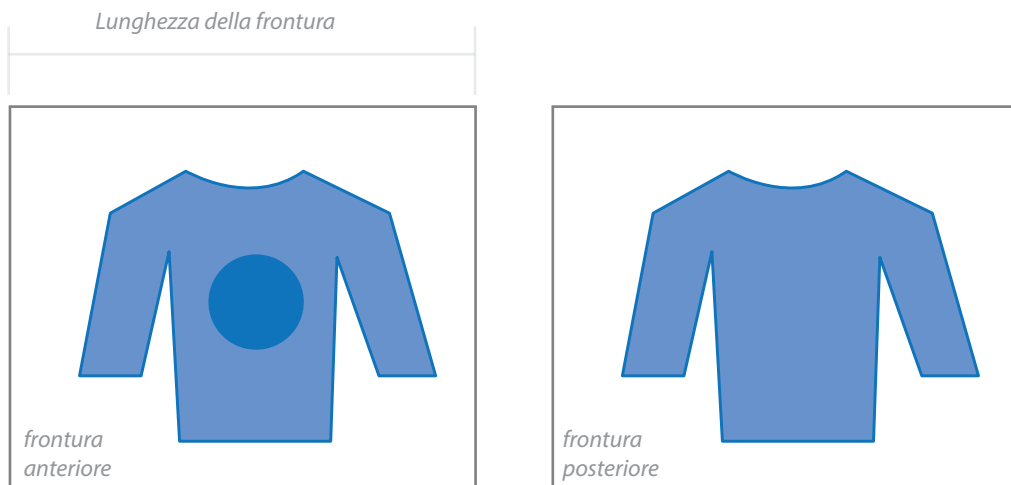


fig. 8.9 Schema fronture piane, anteriore e posteriore

due piani, rende più comprensibile quali lavorazioni verranno effettuate su una frontura e quali sull'altra.

È importante dunque stabilire quale potrebbe essere il fronte e quale il retro dell'oggetto preso in considerazione. E provare a pensarlo sulle due fronture aiuta a visualizzare come lavora la macchina (fig. 8.9, 8.10).

Ricapitolando dunque la visione della frontura dall'alto permette di capire come interconnettere tra loro le fronture e quanti aghi sono coinvolti per ciascuna parte dell'oggetto, mentre la visione delle fronture per piani aiuta invece a comprendere quali parti

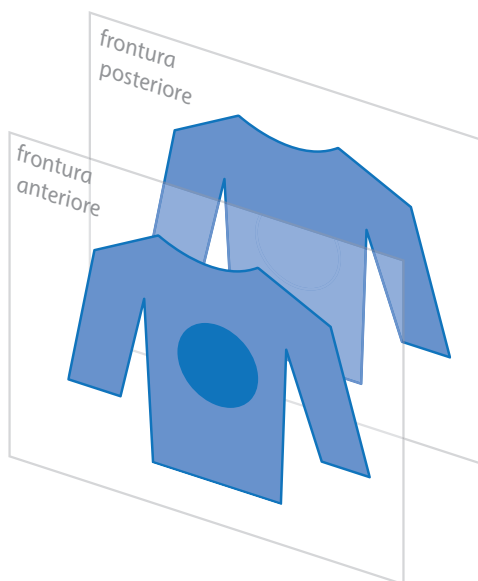


fig. 8.10 Schema fronture per piani

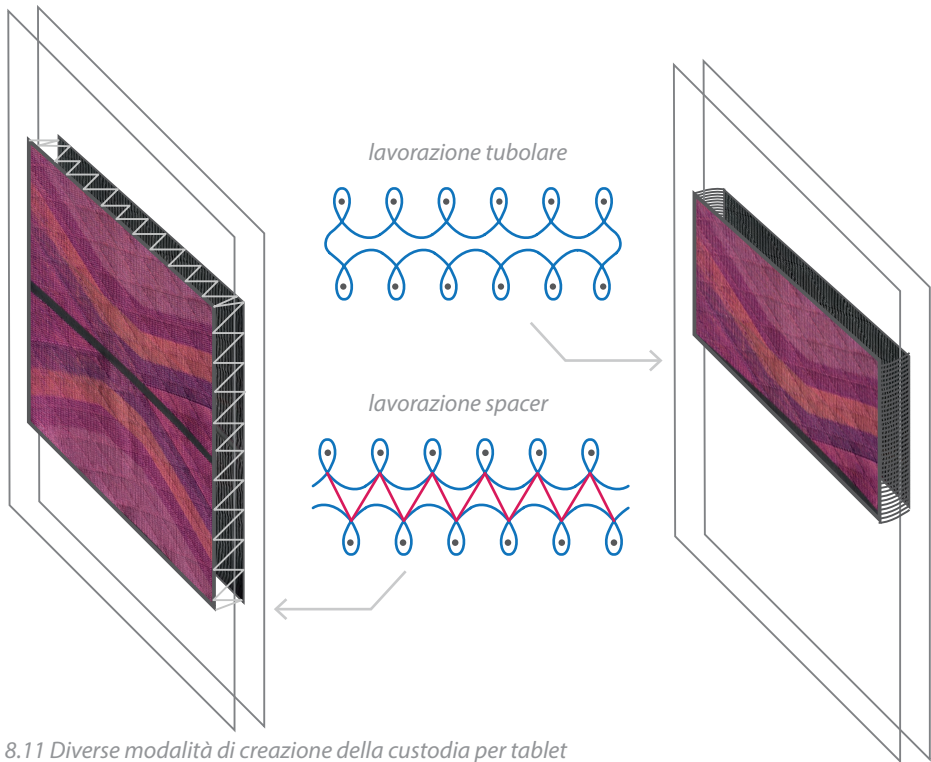


fig. 8.11 Diverse modalità di creazione della custodia per tablet

dell'oggetto saranno creati da una frontura e quali dall'altra.

Tornando all'esempio del porta tablet ragioneremo allo stesso modo, considerando due variabili possibili. L'utilizzo delle fronture determina non solo le caratteristiche dell'oggetto ma anche i post processes successivi allo sviluppo in macchina della maglia.

Il porta tablet sarebbe potuto essere creato in due modi: il primo strutta le due fronture per far passare al loro

interno un terzo filato che creerà tra loro un cosiddetto "spacer" ossia una lavorazione che ha caratteristiche di cushioning. Il secondo invece, proprio come la maglia seamless appena vista, avrebbe creato una custodia chiusa senza cuciture successive ma senza l'effetto spacer che ne dava la morbidezza (fig. 8.11).

Arrivati a questo punto il progettista deve capire quali requisiti dell'oggetto sono più richiesti. In questo caso,



fig. 8.12 Custodia tablet spacer by Stoll

essendo la custodia un oggetto che deve contenere un tablet fragile, si è optato per la scelta della lavorazione spacer anche se questa prevederà due cuciture successive (fig. 8.12).

### 8.3 SVILUPPO PIANO

Per quanto questa tecnologia sia chiamata 3D knitting, il progettista deve dunque pensare in due dimensioni in fase di progettazione, per far sì che l'oggetto che esca dalla macchina possa

considerarsi tridimensionale. Anche la custodia del tablet appena vista ha una sua tridimensionalità, nonostante a prima vista sembri piana: lo spacer che ha all'interno le dona quella terza dimensione che sarebbe impossibile ottenere con un tessuto normale.

Pensare allo sviluppo piano degli oggetti è fondamentale, insieme alla loro disposizione sulle fronture, per ottenere oggetti che hanno una loro forma 3d. Pensiamo ad esempio che il progettista voglia creare uno svuotatasche dalla forma scatolare. Potrebbe trovarsi di fronte ad un problema e scoraggiarsi, pensando che delle forme tridimensionali di questo tipo non possano essere create con



fig. 8.13 Svuota-tasche in maglia by Stoll

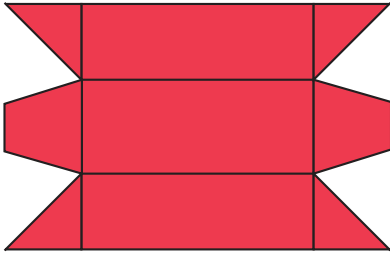


fig. 8.14 Sviluppo piano Svuoja-tasche

questa tecnologia, al contrario invece studiandone lo sviluppo piano e facendo selezionare alla macchina i giusti punti si è in grado di creare oggetti con una vera forma tridimensionale come lo scvuota-tasche in figura (fig. 8.13).

Il macchinario riesce a gestire lo sviluppo di una figura piana e, proprio come farebbe con un foglio di carta poi unito con della colla, riesce a dare informazioni agli aghi per far sì che i punti vengano uniti direttamente in macchina (fig. 8.14).

Questo permette di evitare cuciture successive e di far uscire dal macchinario un oggetto completamente tridimensionale senza bisogno di altre cuciture.

## 8.4 LAVORAZIONI

Come visto in precedenza per il portatubole è possibile scegliere tra diverse alternative di lavorazioni. Due che sono state affrontate precedentemente nel testo sono state la lavorazione tubolare e quella spacer. Queste però non sono le uniche rese possibili dai macchinari; Un altro strumento importante per il progettista è proprio conoscere queste architetture per dare al prodotto le caratteristiche desiderate.

Le tecniche di lavorazione sono il cuore delle capacità di questi macchinari, quello che distingue lo smart knitting da tutte le altre tecnologie: potenza del macchinario e software si fondono per dare al progettista questi strumenti.

È possibile combinare tra loro le diverse lavorazioni, chiaramente questo prevede a monte la comprensione del funzionamento delle fronture (come si è visto in precedenza infatti lavorazione spacer e creazione di un oggetto completamente tubolare non possono convivere nello stesso oggetto). Dato che le lavorazioni sono molte e comprenderle può essere



1		<b>JACQUARD</b>	<i>permette la creazione di disegni sul fronte della maglia</i>
2		<b>INTARSIO</b>	<i>permette zone con lavorazioni e colori diversi</i>
3		<b>VANISÈ</b>	<i>immagliati due fili, permette che uno copra l'altro creando filati diversi sul fronte e sul retro</i>
4		<b>TRAMATO</b>	<i>Lavorazione che fa passare tra le maglie un filo che non viene lavorato, blocca l'elasticità dei loop</i>
5		<b>FORME 3D</b>	<i>capacità della macchina di trasformare lo sviluppo piano di una figura in una forma 3d</i>
6		<b>SPACERS</b>	<i>Effetto cushioning fra due strati di tessuto</i>
7		<b>TUBOLARE</b>	<i>Tra un lato e l'altro della maglia viene lasciata una "tasca" vuota</i>
8		<b>MULTIFINEZZA</b>	<i>Viene sfruttata la flessibilità degli aghi per creare zone di finezza differente</i>
9		<b>IMBOTTITURA</b>	<i>Tra le fronture viene inserita dell'imbottitura o degli inserti</i>
10		<b>2.5D</b>	<i>Per un lato del tessuto le maglie sono "sollevate" creando una lavorazione morbida o spugnosa</i>



fig. 8.15 Lavorazioni custodia tablet

complesso è stato dedicato a queste un intero capitolo (Capitolo 10: tecniche di lavorazione) Per ora ci si limiterà ad elencarle e a descriverle brevemente per dare al lettore almeno la possibilità di vedere di quante lavorazioni si tratta e in cosa ognuna di esse consiste

Come sarà possibile comprendere meglio nei capitoli successivi

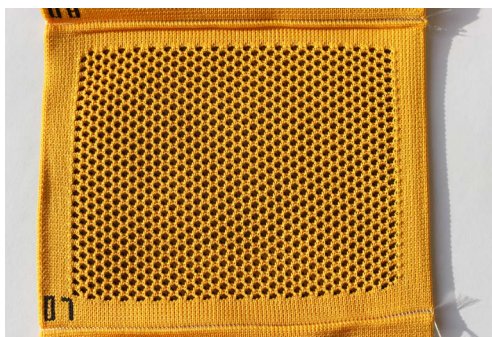
servendosi anche di altri esempi, per la custodia del tablet sono state scelte alcune lavorazioni che, insieme, hanno reso possibile ottenere tutte le caratteristiche cercate dal designer che l'ha progettato (fig. 8.15) ottenendo così un oggetto in maglia dalla completa funzionalità.

## 8.5 PUNTI E FINEZZA

Una volta stabilite le lavorazioni una delle decisioni che a questo punto sono da affrontare è la tipologia di punti.

I punti, caratterizzano l'aspetto che avrà la maglia. I punti possono essere fondamentali per la gestione di certe caratteristiche come ad esempio la traspirabilità o l'impemeabilità. Un punto aperto può far si che il tessuto sia più leggero e traspirante (*fig. 8.16*), uno chiuso può invece renderlo più rigido e strutturale (*fig. 8.17*). Naturalmente la scelta è da fare non solo prendendo in considerazione i requisiti e la funzionalità dell'oggetto ma anche tenendo in considerazione il tipo di filato da utilizzare.

In figura (*fig. 8.18*) vediamo un campionario di punti. Una volta scelta la lavorazione e le geometrie del pezzo si passa alla scelta del tipo di punto da usare. I punti regolano anche caratteristiche come ruvidezza e elasticità, perciò è importante avere sotto mano questi campionari per toccare con mano per meglio comprendere le caratteristiche necessarie all'oggetto.



*fig. 8.16 Esempio di punto aperto*



*fig. 8.17 Esempio di punto chiuso*



*fig. 8.18 Campionario punti*

Insieme a queste è bene anche tenere presente la finezza del proprio macchinario. Le caratteristiche estetiche e meccaniche di una tipologia di punto dipendono anche dalla finezza, ossia dallo spessore del filato, relativo alla macchina che si ha a disposizione.

## 8.6 POST PROCESSES

L'ultima parte da gestire nel processo di progettazione attraverso lo smart knitting è capire dove e come verranno effettuati i processi finali.

Se progettato in maniera corretta l'oggetto che esce dalla macchina è al 90% completo, ma spesso, soprattutto per oggetti complessi, sono necessari processi di finitura successivi. Un post process tipico è il processo di cucitura.

Come abbiamo visto per la custodia del tablet, il numero e la posizione delle cuciture dipendono dalle lavorazioni scelte e dall'utilizzo delle fronture; se a volte non possono essere evitate, possono quanto meno essere ottimizzate e facilitate.

Proprio nel caso della custodia però,



fig. 8.19 Linea di mezzeria per piega

il progettista ha pensato di ottimizzare il processo inserendo nel mezzo della lavorazione una parte senza spacer (in grigio nella figura (fig. 8.19)). Questo ha fatto sì che fosse il punto utile dove la custodia poteva piegarsi e quindi permetter all'addetto alla cucitura di evitare di misurarne la metà, ma cucire semplicemente piegando il pezzo secondo quella linea.

La cucitura è solo uno dei postprocessi che coinvolgono l'utilizzo dello smart

knitting, prenderlo in considerazione fin da subito è essenziale per poter pensare ad un oggetto che riesca ad ottimizzare questa fase successiva.

Si pensi ad esempio alle scarpe da running che Nike e Adidas hanno prodotto negli ultimi anni. Nessuno avrebbe mai pensato possibile la creazione di un'intera scarpa in maglia, per questo motivo infatti una progettazione intelligente è giunta alla creazione solamente della tomaia in maglia, mentre suola, lacci soletta della scarpa sono rimasti invariati. La creazione delle scarpe per maglieria infatti prevede l'utilizzo di diversi post processes come appunto la formatura della tomaia sulla suola, l'incollaggio della soletta e l'inserimento dei lacci, ma l'utilizzo della maglieria anche solo per la creazione della parte della tomaia ha portato grandi vantaggi di processo e soprattutto alla creazione di scarpe con caratteristiche funzionali ben definite che sfruttano un processo produttivo innovativo (fig. 8.20).



fig. 8.20 Nike Magista Obra

CAPITOLO 9

## TIPI DI PRODOTTO





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

Verranno proposte delle schede per esemplificare il processo di produzione delle tecniche di lavorazione utili come linee guida per il progettista che per la prima volta prende in considerazione questa tecnologia come possibile per il progetto.

Lo scopo è prima quello di far comprendere la specifica tecnica e, in un secondo momento, suggerire i modi in cui utilizzarla soprattutto associata ad altre. Prima di introdurre la classificazione di seguito sono espone le diverse tipologie di prodotto che è possibile impiegare per la creazione di capi in maglia. Esse derivano dalla messa a punto dei macchinari che negli anni si sono sempre più evoluti cercando di stare al passo con la

tecnologia e avendo come obiettivo semplificare e ridurre il numero di operazioni per la creazione di un capo in maglia.

Prendendo ad esempio l'azienda Stoll si vede come nel tempo il miglioramento è stato svolto nella direzione di diminuire i post processi, aumentando ripetibilità e precisione. Le tipologie possibili sono (fig. 9.1):

- CUT & SEW
- FULLY FASHION
- COMPLETE GARMENT

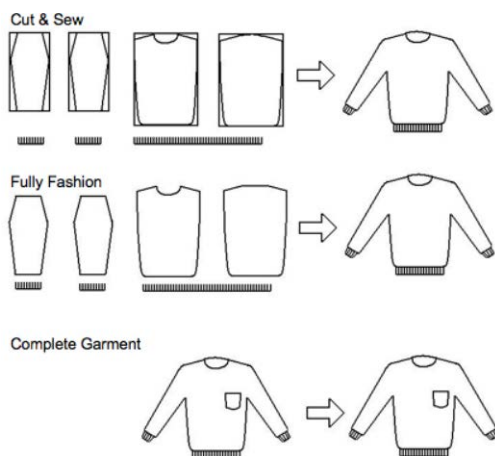


fig. 9.1 I diversi tipi di prodotto in maglia

A seconda delle esigenze tutte e tre le tecniche di produzione possono venire utilizzate. In una macchina che produce *complete garment*<sup>1</sup> è possibile creare capi utilizzando la tecnica *Fully fashion* e *cut&sew*.

Prima di introdurre le tecniche di lavorazioni che possono essere create con questi macchinari è meglio spiegare nello specifico come funzionano le tipologie appena presentate.

Quando si tratta di maglieria ci sono fondamentalmente due modi in cui la forma del capo può essere fatta. Questi due processi sono comunemente noti come 'fully fashioned' e 'cut&sew'.

È possibile combinare i vari pezzi di abbigliamento trattando la maglia quasi come un tessuto, si dispone di una grande tela di maglia su cui si pongono le parti del modello come dima per poi tagliare i pezzi del modello e cucirli insieme. Questo processo è chiamato 'taglia e cucì' (cut&sew). Oppure si

può creare quello che viene chiamato maglieria 'fully fashioned' in cui i singoli pezzi sono costruiti in modo tale che ognuno sia realizzato senza sprechi di tessuto ed i pezzi siano fondamentalmente creati con la loro cimosà. In questo caso ogni parte è modellata utilizzando tecniche che rendono impossibile lo sfilarsi delle maglie.

Questa è naturalmente una semplificazione dei due processi. Non si può stabilire quale sia migliore rispetto all'altra, a volte si utilizza la cucitura delle parti perchè la macchina non potrebbe creare da sola certe lavorazioni nello stesso capo. Altre volte invece si preferisce sfruttare al massimo le capacità del fully fashioned, un caso particolare è infatti stato introdotto attorno all'inizio del ventesimo secolo con la maglieria complete garment. Questa, detta anche tecnologia seamless, non solo permette la confezione di capi già cimosati, ma permette anche la creazione dell'intero capo senza nessuna cucitura, sprechi di materiale e difetti dati dall'unione dei pezzi.

<sup>1</sup> Complete garment o seamless sono i termini generici per rappresentare la tipologia. I leader del settore ne hanno depositato i nomi: knit&wear® per Stoll e Wholegarment® per Shima Seiki

## CUT&SEW

### DESCRIZIONE

La tecnica del cut&sew è di gran lunga il metodo più semplice per costruire un indumento. Le forme vengono ricavate da singolo pannello e sono successivamente tagliate della misura delle dime. I pezzi possono essere creati a partire da tele ottenute da macchine rettilinee o circolari per maglieria.

### COME FUNZIONA

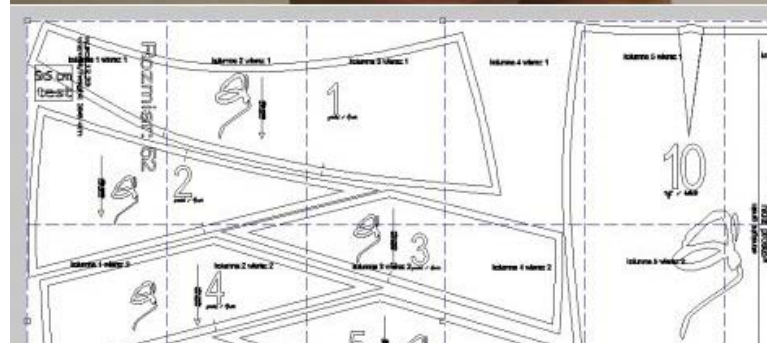
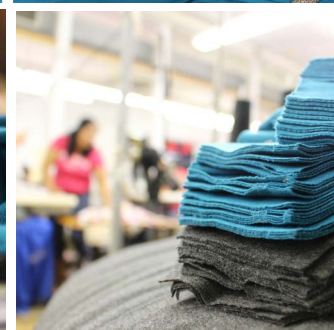
Per la creazione del capo si passa poi all'unione dei pezzi tramite cucitura.

### VANTAGGI

- Velocità e facilità della creazione della tela di maglia
- Facilità nell'assemblaggio e nella successiva creazione del capo
- Possibile assemblare tra loro parti totalmente diverse create anche con processi differenti

### WARNINGS

- Il pezzo tagliato deve essere cucito per bloccare le maglie dallo sfilarsi
- Vengono prodotte cuciture che sono abbastanza evidenti e grosse
- Lo spreco di materiale durante i processi di taglio si avvicina al 25%
- La qualità percepita dei capi fatti con questo metodo è piuttosto bassa





## FULLY FASHIONED

### DESCRIZIONE

Capo completamente cimosato.

### COME FUNZIONA

Il capo viene conformato dalla macchina, che lavora più in alcuni punti rispetto ad altri. Il capo esce dalla macchina cimosato: viene creata una catenella indemagliabile che chiude le parti in modo che le maglie non possano sfilarsi.

### VANTAGGI

- Non ci sono sprechi di materiale (non ci sono sprechi dovuti al taglio della tela)
- La produzione della forma risulta precisa
- Il processo è programmabile, quindi replicabile evitando difetti
- Si riducono i processi rispetto al Cut&Sew

### WARNINGS

Programmare la macchina e i punti in modo da non far risultare difetti. Sono comunque necessari per alcuni modelli, operazioni di cucitura.





## COMPLETE GARMENT

### DESCRIZIONE

Con questa tecnica escono dalla macchina capi completamente formati senza bisogno di cuciture successive.

### COME FUNZIONA

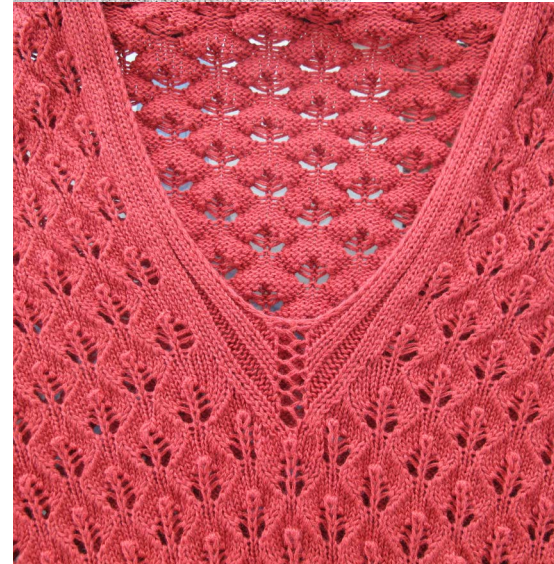
Rispetto alla lavorazione fully fashioned che lavora in 2D aggiunge la possibilità di realizzare un indumento completo 3-dimensionale. A differenza del fully fashioned, dove i pezzi sagomati devono ancora essere cuciti insieme, i capi di maglieria completi non hanno cuciture. Centinaia di aghi si muovono per costruire e collegare diverse forme tubolari a maglia per creare un abito completo in una sola fase di produzione.

### VANTAGGI

- Una ulteriore riduzione dei materiali anche rispetto al fully fashioned poiché si eliminano i margini di cucitura.
- Capo fatto e finito dalla macchina, non ci sono operazioni successive
- Non ci sono cuciture: un sia vantaggio estetico che funzionale.
- Produzione precisa e replicabile, forma e dimensioni corrette, i pezzi risultano sempre uguali tra loro
- Riduzione post process: no taglio, orlatura o altre applicazioni

### WARNINGS

Programmare la macchina e i punti in modo da non far risultare difetti.



## TECNICHE DI LAVORAZIONE

Considerando le tre tipologie di produzione di un capo precedentemente viste, è utile al progettista entrare più nello specifico per comprendere al meglio quale struttura può utilizzare pensando ad un oggetto che debba essere fatto in maglia.

La maggior parte degli esempi, come abbiamo visto, riguardano il mondo del fashion e del wearable, ma questo non significa che questi mondi non mettano a fuoco tecnologie interessanti che presumibilmente possono essere impiantate anche in altri settori e in

altri oggetti.

Per questo motivo è importante delineare le possibilità che la maglieria rettilinea possiede e la modalità scelta è per questo scopo è quella della creazione di schede. Queste si pongono l'obiettivo di mostrare al progettista sia le modalità con cui vengono prodotte le tecniche di lavorazione, sia degli esempi significativi che riescano a far riconoscere e comprendere i vantaggi di queste lavorazioni.











Per chiarezza di esposizione le tecniche di lavorazione verranno



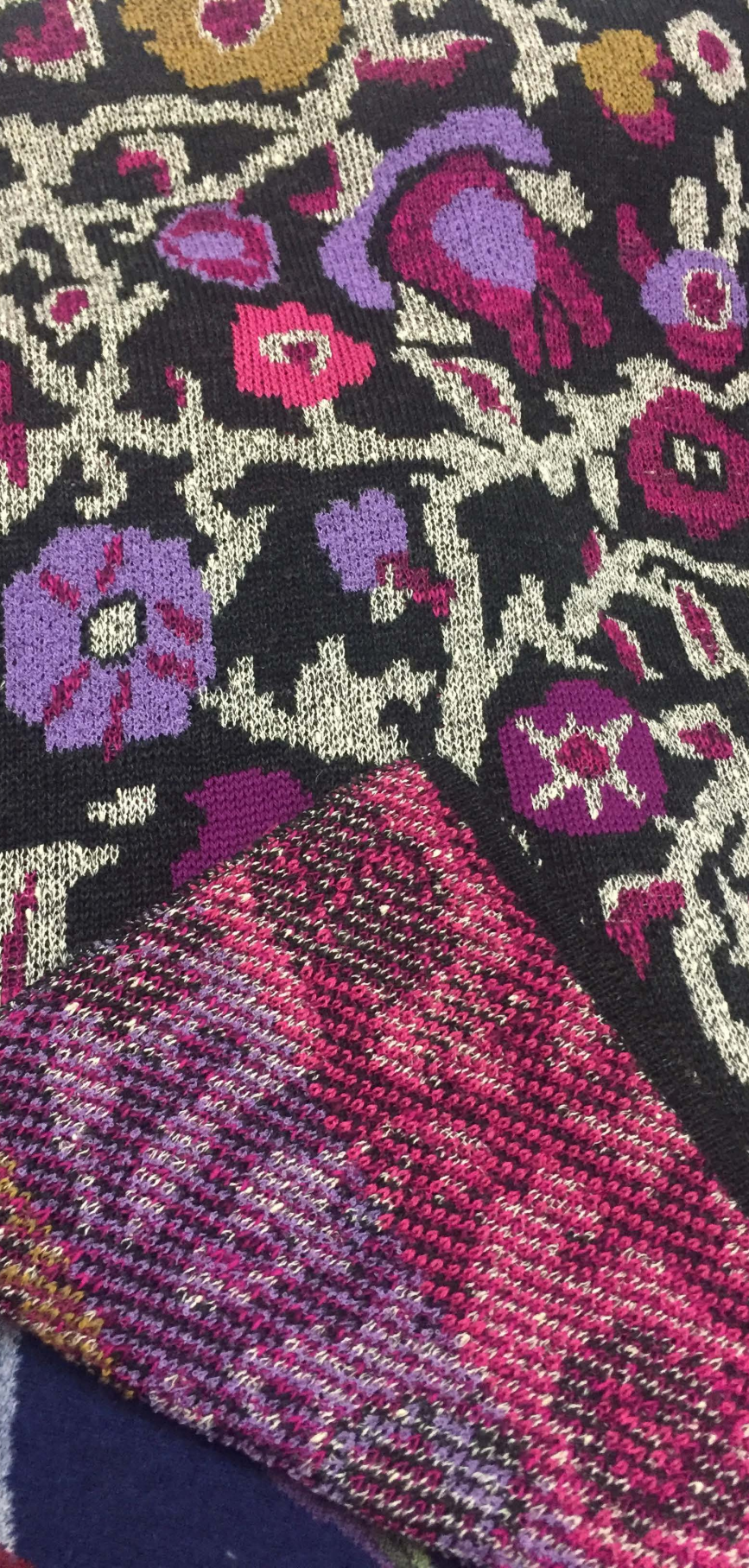
spiegate in maniera individuale prima, e successivamente verranno mostrati degli esempi che le combinano tra loro. Le immagini delle lavorazioni si riferiscono a campioni dell'azienda Stoll chesono tenuti a disposizione per far meglio comprendere ai clienti le potenzialità dei loro macchinari.

L'obiettivo di questa tesi è simile: vuol far sì che sfogliando queste pagine ci si possa rendere conto delle possibilità che si dispongono per la creazione di capi con questa tecnologia.

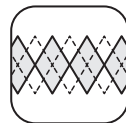
Il 3d knitting, o smart knitting, riprende strutture e lavorazioni che sarebbero impossibili da ottenere con altri processi produttivi, per questo motivo i suoi vantaggi vengono esaltati cercando di rendere più chiaro possibile al progettista la struttura utilizzabile per il progetto senza entrare precisamente nel merito di come la macchina funziona (quest'ultima parte è da lasciare a chi volesse approfondire la maglieria più nel dettaglio) ma facendo in modo che siano sufficienti a comprendere le seguenti tecniche le nozioni relative alla maglieria finora viste.

1		<b>JACQUARD</b>
2		<b>INTARSIO</b>
3		<b>VANISÈ</b>
4		<b>TRAMATO</b>
5		<b>PREFORME 3D</b>
6		<b>SPACERS</b>
7		<b>TUBOLARE</b>
8		<b>MULTI-FINEZZA</b>
9		<b>IMBOTTITURA</b>
10		<b>2.5D</b>





1



## Lavorazione **JACQUARD**

### DESCRIZIONE

Si possono creare disegni sul fronte della maglia.

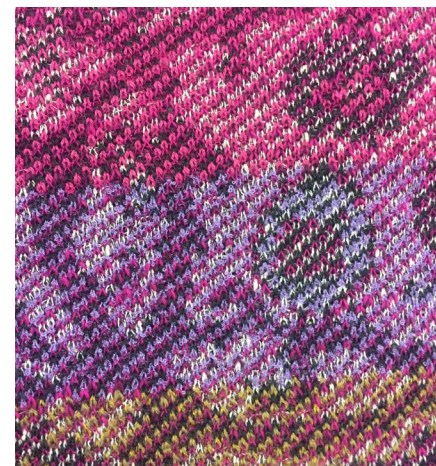
### COME FUNZIONA

Si dice di un punto a maglia col quale, alternando sulla stessa frontura fili di diversi colori, si ottengono disegni spesso geometrici o floreali. Il nome deriva da J.M. Jacquard, l'inventore del meccanismo.

### CAMPIONE



dritto



rovescio

### VANTAGGI

- Quando la tecnica viene usata correttamente la maglia rimane elastica e morbida
- I fili dei vari gomitoli di diverso colore ovviamente non vengono mai spezzati, al rovescio avremo tutti i fili 'passati'.

### WARNINGS

- Poichè i filati non utilizzati devono essere passati orizzontalmente sul rovescio del lavoro, ne consegue che lo spessore della lavorazione si raddoppia



2



## Lavorazione **INTARSIO**

### DESCRIZIONE

Questo metodo permette la creazione di motivi colorati con filati con proprietà diverse in zone specifiche durante la lavorazione

### COME FUNZIONA

Ogni zona di colore è lavorata con una bobina diversa e i fili vengono incrociati tra loro ad ogni cambio di tinta per essere tenuti perfettamente uniti. A differenza della lavorazione jacquard, dritto e rovescio saranno uguali.

### CAMPIONI

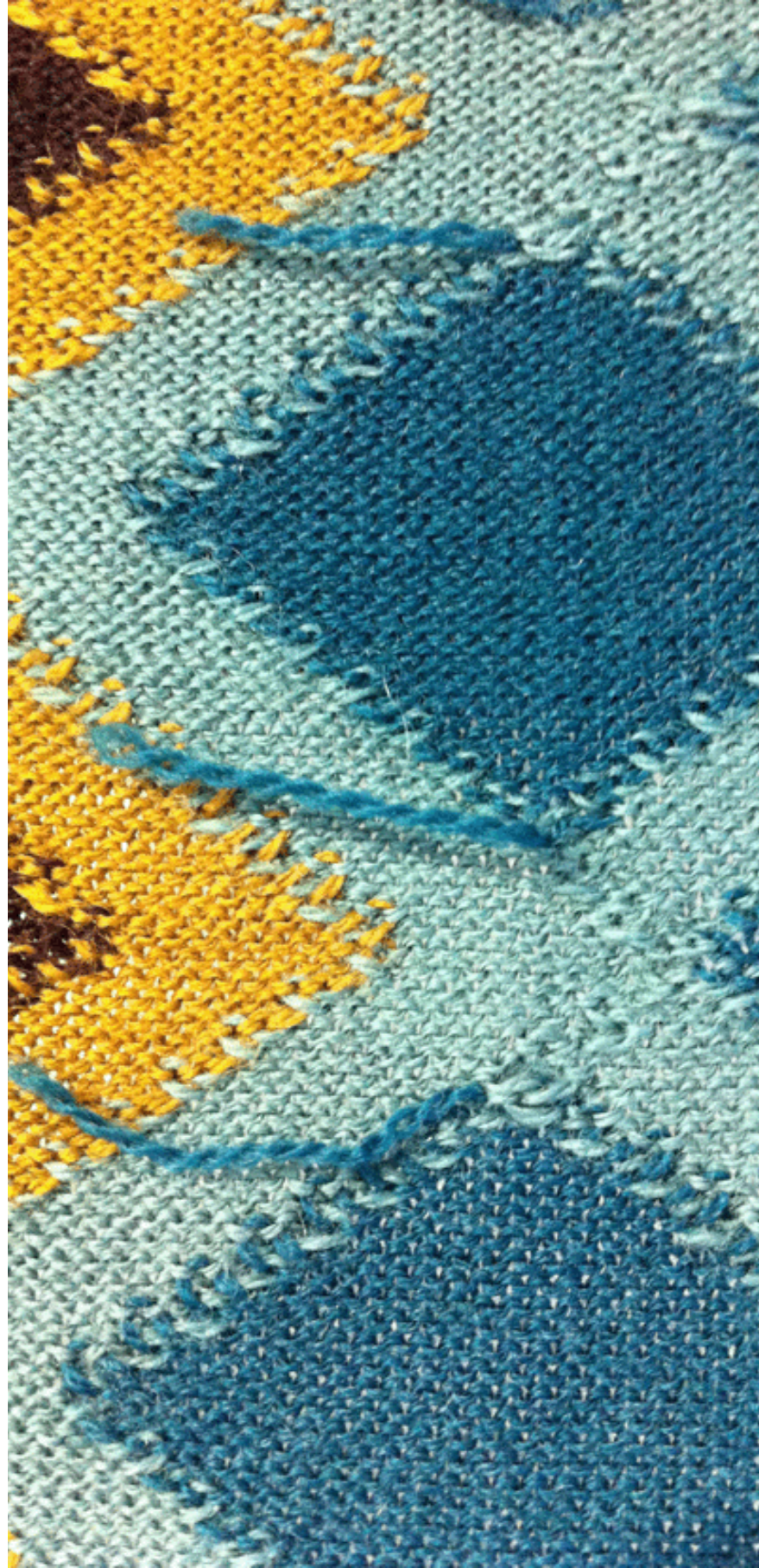


### VANTAGGI

- Posso ottenere proprietà e colori diversi in zone diverse

### WARNINGS

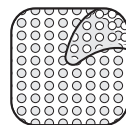
- Il numero di intarsi può pregiudicare il numero di guidafile impiegati, questo può avere conseguenze nel caso di dovessero combinare altre lavorazioni







3



## Lavorazione **VANISÈ**

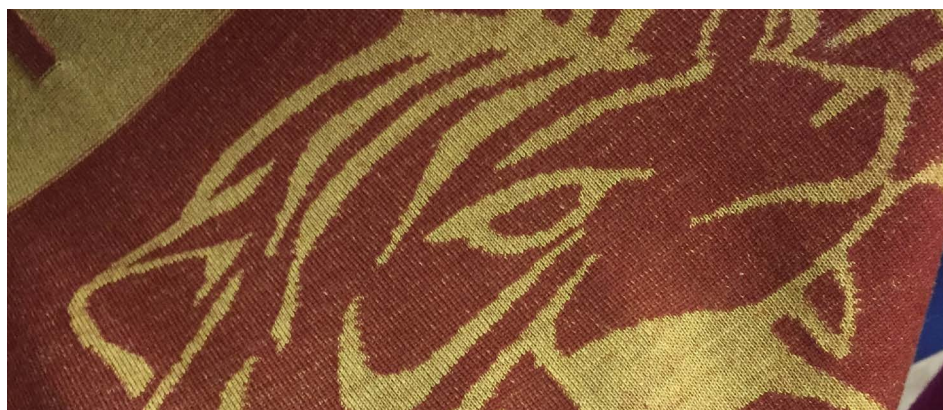
### DESCRIZIONE

Detta anche plating, è una tecnica di lavorazione a maglia mediante la quale sono immagliati due fili, in modo che uno copra uniformemente l'altro e quindi da un lato il tessuto presenterà il primo filo, mentre l'altro lato presenterà il secondo.

### COME FUNZIONA

Utilizzando un guidafile per maglia vanisè (che presenta due fori per il passaggio di due fili) è possibile utilizzare due fili diversi per la creazione di una maglia double-face. Il filato principale risulterà sul dritto del lavoro, mentre il filato vanisè sul rovescio.

### CAMPIONE



### VANTAGGI

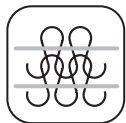
- Si possono ottenere tessuti con faccia non solo di colori diversi ma anche in fibre diverse (ad esempio lana da una parte e cotone dall'altra)

### WARNINGS

- La lavorazione prevede un guidafile particolare



4

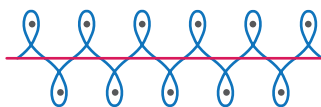


## Lavorazione **TRAMATO**

### DESCRIZIONE

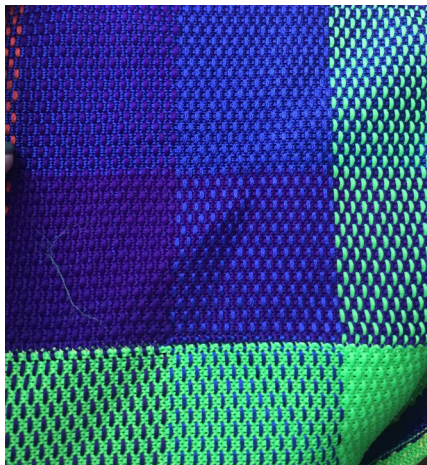
È una struttura a singolo o doppio jersey a cui si aggiunge trasversalmente alle maglie un filo che corre su tutta la lunghezza.

### COME FUNZIONA



Il filo aggiunto aumenta la rigidità della maglia poiché "blocca" il loro movimento elastico

### CAMPIONI

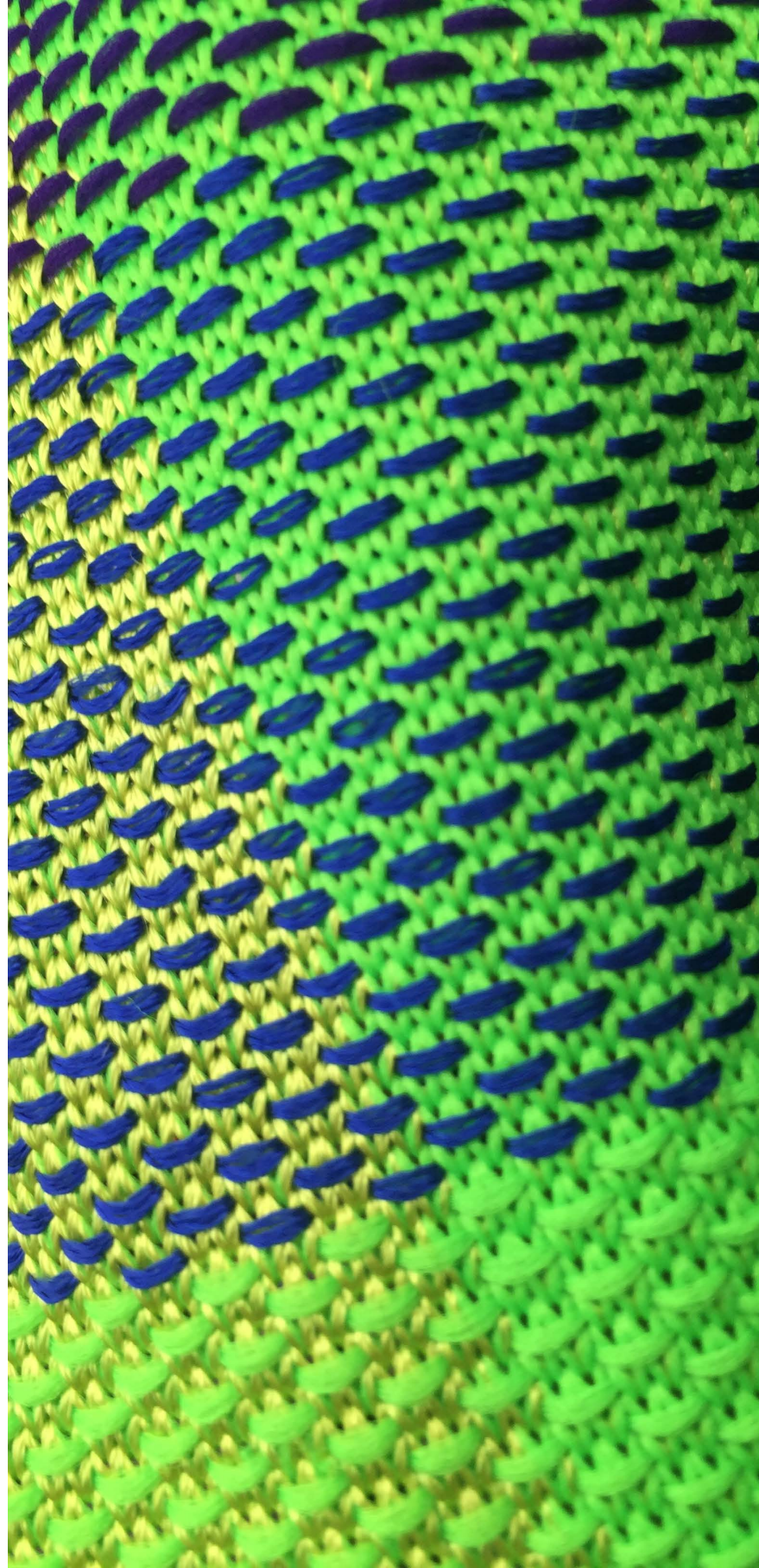


### VANTAGGI

- controllo elasticità, aumentando la rigidità
- è possibile creare effetti di compressione
- possibile ottenere strutture aperte o a rete
- Posso creare imbottiture utilizzando fili che si espandono

### WARNINGS

- Prove e prototipi per studi ottimali sulla rigidità.





5



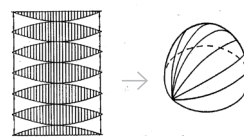
## Lavorazione **PREFORME 3D**

### DESCRIZIONE

È possibile formare geometrie 3D direttamente in macchina. Forme come cupole, sfere e semisfere sono possibili

### COME FUNZIONA

La creazione è possibile perchè gli aghi lavorano più da una parte rispetto che da un'altra. In questo modo la forma riesce a chiudersi.



### CAMPIONI



### VANTAGGI

- Forme possibili direttamente in macchina
- Precisione per preforme e rivestimenti, replicabilità
- No sprechi di materiale (quello utilizzato non eccede quello utile alla forma)

### WARNINGS

- Bisogna appoggiarsi a software e fare una serie di prove per nascondere i segni di giuntura



6

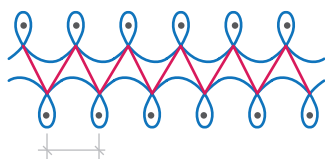


## Lavorazione **SPACERS**

### DESCRIZIONE

Effetto spaziatura, tridimensionalità, si ottiene un tessuto con uno spessore durante la creazione della maglia.

### COME FUNZIONA



Attraverso l'utilizzo di fili più rigidi (solitamente nylon) si saltano le maglie in modo che sfruttando la rigidità del filato, questo si sollevi creando un certo spessore

### CAMPIONI



### VANTAGGI

- Effetto morbidezza senza l'aggiunta di imbottitura
- Grado di spessore e morbidezza desiderata gestibile tramite l'inclinazione e il tipo di filato

### WARNINGS

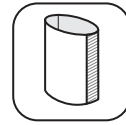
- Scelta corretta del filato che diventa spacer
- Tempi di produzione si allungano più il pezzo viene imbottito







7

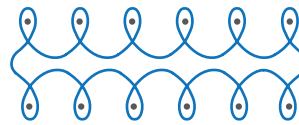


## Lavorazione **TUBOLARE**

### DESCRIZIONE

La lavorazione sul fronte è diversa da quella del retro, con lo stesso principio si possono ottenere tasche e inserti

### COME FUNZIONA



Vengono sfruttate le due fronture per creare una lavorazione tubolare. Essendo le lavorazioni su fronture distinte posso lavorarle in maniera differente

### CAMPIONI



### VANTAGGI

- posso creare capi con fronte e retro completamente diversi, sia come lavorazione che filati
- È possibile creare tasche e alloggiamenti
- evitando post processes o semplificandoli
- No sprechi di tessuto

### WARNINGS

- Occupando le due fronture bisogna fare attenzione durante la lavorazione per creare altre tecniche



8



## Lavorazione **MULTI-FINEZZA**

### DESCRIZIONE

Ottenimento di diverse finezze nello stesso capo con la stessa macchina

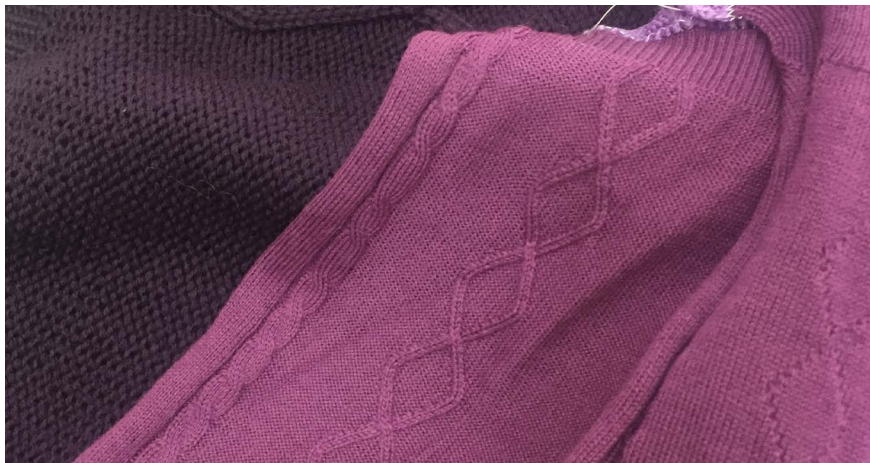
### COME FUNZIONA

FLEXIBLE GAUGE: diverse finezze su ranghi di maglia diversi

MULTI GAUGE: posso ottenere finezze diverse sullo stesso rango

È possibile selezionando filati diversi e aghi diversi in modo da poter sfruttare titoli di grandezze differenti.

### CAMPIONI



### VANTAGGI

- Possibilità di spingere al limite la macchina per lavorare titoli differenti sullo stesso capo
- Proprietà diverse in punti diversi dello stesso pezzo

### WARNINGS

- Servono capacità e conoscenza del macchinario







9

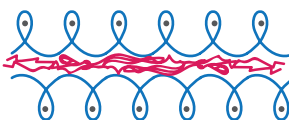


## Lavorazione **IMBOTTITURA/ INSERTI**

### DESCRIZIONE

Vengono inserite durante la creazione della maglia imbottiture come filati o inserti

### COME FUNZIONA



Sfuttando lo spazio tra le fronture vengono inseriti filati imbottiti o inserti (come calamite nella foto)

### CAMPIONI

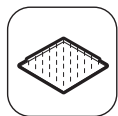


### VANTAGGI

- L'imbottitura è compresa nella lavorazione
- Possibilità di inserire piccoli inserti
- Si dà al tessuto proprietà di morbidezza e ammortizzazione all'impatto

### WARNINGS

- Per l'inserimento di oggetti la macchina va fermata e l'operazione svolta manualmente
- Possono entrare solo oggetti che riescano a passare tra le fronture

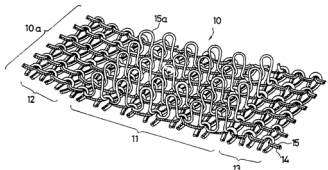
**10**

## Lavorazione 2,5D

### DESCRIZIONE

Tessuti che risultano al tatto morbidi, sono fatti in questo modo: telispugna, velluto, pile, velcro.

### COME FUNZIONA



Tessuti in cui vengono selettivamente tensionati alcune maglie poichè sporgano dalla superficie

### CAMPIONI

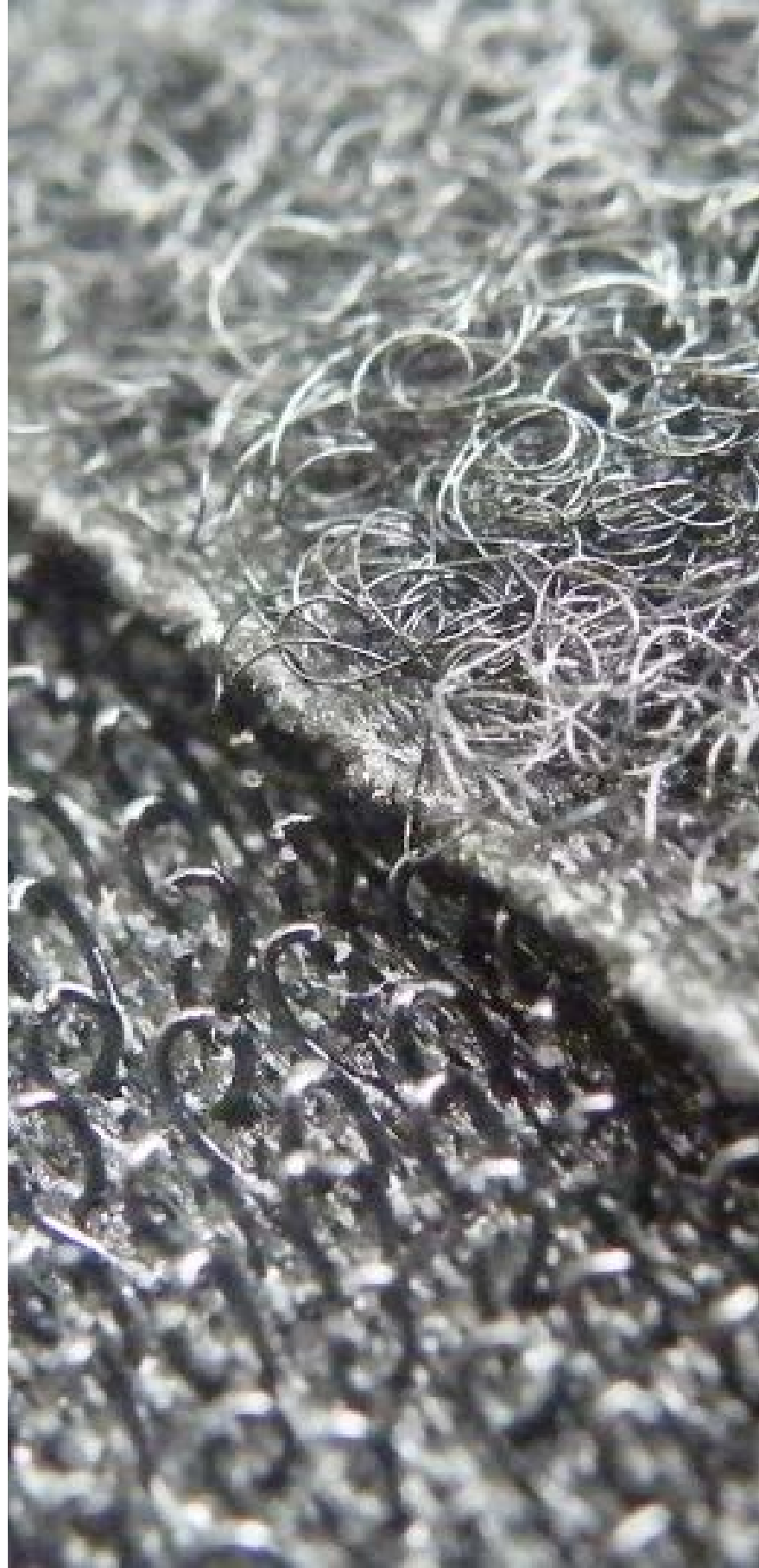


### VANTAGGI

- Selettivamente è possibile far sporgere alcune maglie
- Proprietà diverse in punti diversi dello stesso pezzo
- La scelta del filato influenza le proprietà morbidezza/rigidezza

### WARNINGS

- Servono capacità e conoscenza del macchinario





### 10.11 COMBINAZIONI DI LAVORAZIONI

Come detto in precedenza, le tecniche di lavorazione possono essere tra loro combinate, con le dovute precauzioni, sullo stesso macchinario.

Sfruttando in maniera oculata queste tecniche è possibile progettare il capo, o l'oggetto secondo le proprie esigenze e traendone i relativi vantaggi estetici e funzionali.

Di seguito alcuni esempi che riescono a combinare alcune delle tecniche sopracitate che dimostrano la flessibilità di questa tecnologia a maglia.



*Negli esempi verranno mostrate le intersezioni di più lavorazioni servendoci di alcuni campioni presi dal reparto Fashion&Technology di Stoll*



INTARSIO



INDIANO

Il disegno sfrutta due colori in vanisè, di cui uno è sempre il blu di sfondo. Tramite l'intarsio la figura risulta come stampata.

VANISÈ



TRAMATO



INTARSIO



CUSTODIA TABLET

Questo oggetto è composto da più tecniche. Il fronte e il retro dell'oggetto sono diversi (tubolare) e interconnessi da un filato che crea spessore (spacer). Sul davanti si distingue un motivo a intarsio, ma l'intera struttura è resa rigida grazie ai fili di tramato.

SPACER



TUBOLARE

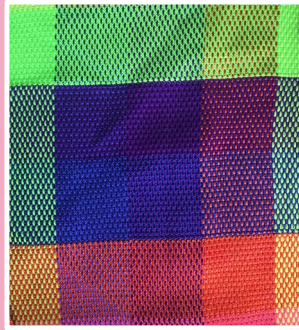




TRAMATO



INTARSIO



PALETTE COLORI

Ogni riga è creata con una lavorazione vanisè, a sua volta intarsiata a quella successiva. Attraversano le maglie fili di tramato. La combinazione di filati permette di ottenere 6x6 combinazioni di colori differenti



VANISÈ



INTARSIO



IMBOTTITO\_1

Il disegno del numero 1 è creato con la tecnica dell'intarsio, circoscritto nell'area del cerchio rosso però, all'interno uno spacer da spessore in quel punto.



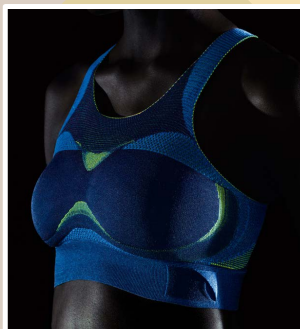
SPACER



TUBOLARE



PREFORMA  
3D



VANISÈ



### REGGISENO SPORTIVO

Il capo fully fashion esce senza cuciture. Le coppe del reggiseno sono preformate 3D, mentre alcune parti (come una piccola tasca) sono ottenute tramite tubolare. L'intero reggiseno è fatto in vanisè che alterna filati verde e blu.



INTARSIO



TRAMATO



### GINOCCHIERA

La scritta e i disegni su questa ginocchiera medica sono fatti ad intarsio mentre la struttura riesce a comprimere perchè al suo interno passano fili di tramato di gomma



**IMBOTTITURE/  
INSERTI**



**INTARSIO**



**BORSA ANGIURIA**

I disegni sono stati creati ad intarsio, sono state inserite 3 calamite per la chiusura della borse e l'intero capo è creato con uno spacer che rende la borsa morbida.

**SPACERS**



**INTARSIO**



**TAPPETO PIZZA**

La forma circolare del tappeto è stata creata direttamente in macchina, i colori e le lavorazioni che la fanno sembrare una pizza margherita sono state fatte ad intarsio

**PREFORME  
3D**







**TUBOLARE**



**INTARSIO**



**RICAMO SIMULATO**

In questo campione si distinguono diverse finzze, la scritta è ottenuta tramite intarsio e viene simulato l'effetto di un'applicazione successiva attraverso la tecnica del tubolare

**MULTI-FINEZZA**



**INTARSIO**



**ROMBO**

Il motivo a forma di rombo è stato ottenuto tramite intarsio, mentre la lavorazione multifinezza determina il fatto che il rombo abbia una finenza maggiore del resto della maglia.

**MULTI-FINEZZA**





INTARSIO



TUBOLARE



**LABBRA**

Il disegno è stato fatto per intarsio, ma il labbro superiore che si arriccia è un lembo di maglia ottenuto tramite tubolare.



VANISÈ

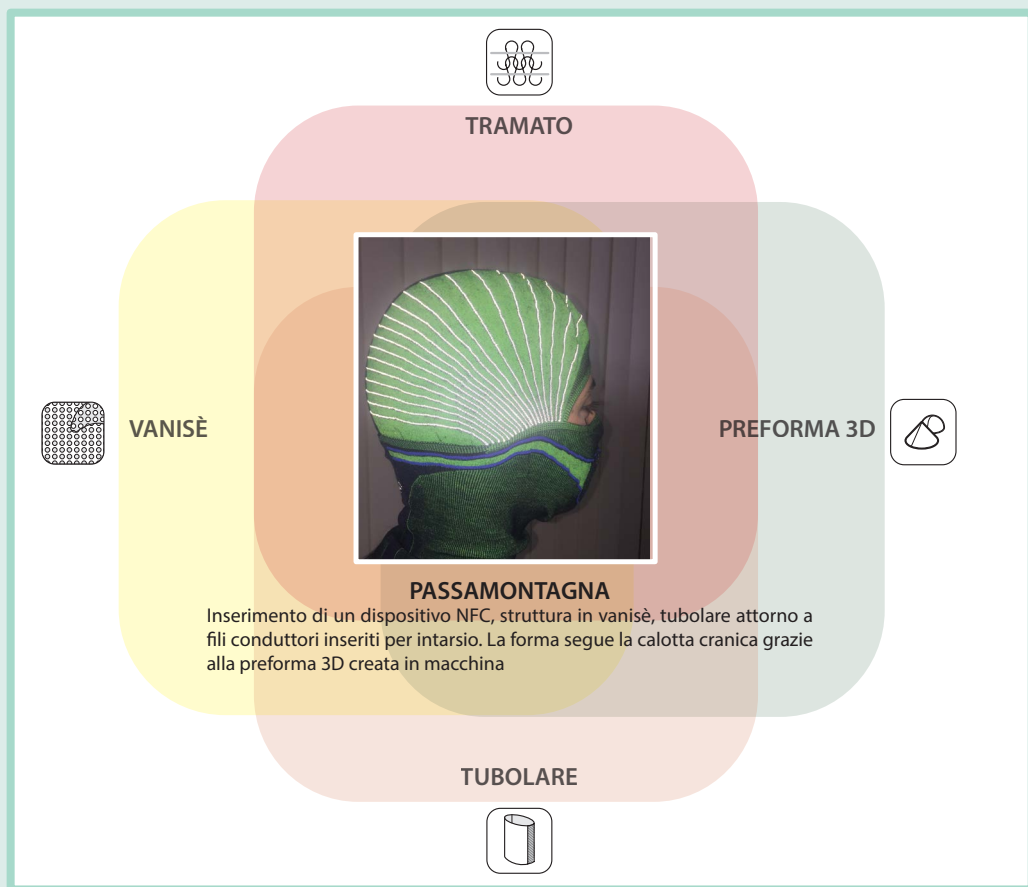


IMBOTTITURE/  
INSERTI



**POLSINO NFC**

Questo polsino è creato vanisè ed è integrato un dispositivo NFC inserito tra le fronture durante la lavorazione.



Questi sono solo alcuni degli esempi di lavorazioni nello stesso pezzo. La maggior parte di questi è stata creata con la tipologia *complete garment* vista in precedenza, ma anche quelle formate per *fully fashioned* sono state progettate per presentare il minimo di cuciture e finiture possibili.

Quello che accomuna questi campioni è la quantità di possibilità che rappresentano in termini di tecniche e tipologie. Con la giusta gestione dei parametri di progetto si possono migliorare prodotti esistenti o pensarne di nuovi che quasi non hanno bisogno dell'intervento umano (se non in fase di progetto) ma risultano perfettamente replicabili e programmabili attraverso la macchina.

Con queste tipologie di lavorazione sarà forse possibile vedere in futuro oggetti, intesi come artefatti non wearable, in maglia.

## 10.12 I PUNTI

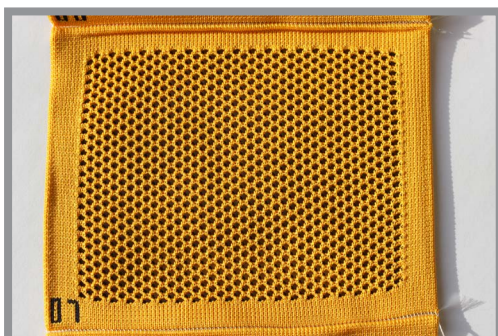
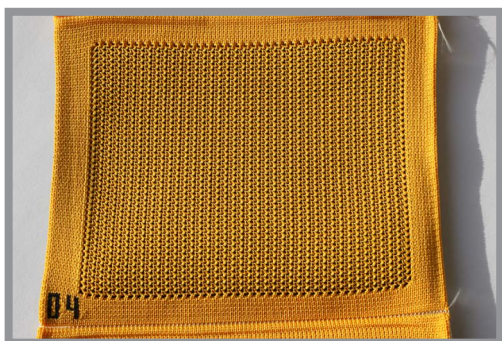
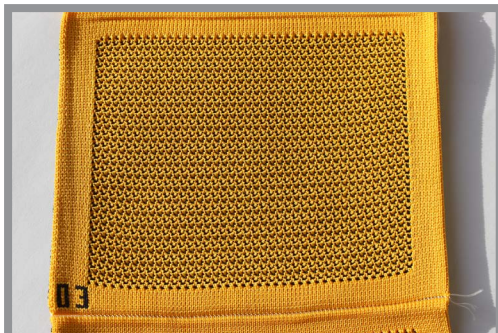
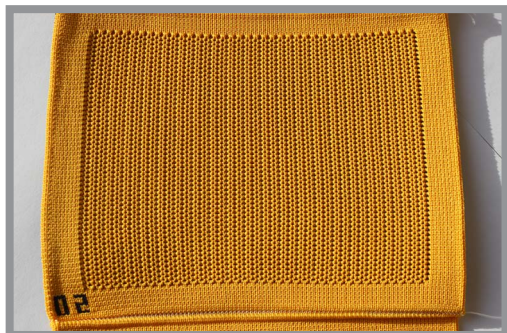
Le schede viste precedentemente sono le tipologie di lavorazioni possibili per la creazione di un capo. Dopo aver capito quali lavorazioni sono necessarie è importante scegliere finezza, tipo di punti e materiali.

La finezza dipende dalla macchina che andrò ad utilizzare, mentre i punti caratterizzeranno la struttura non cui l'oggetto verrà prodotto. Questi ultimi insieme ai materiali determinano le caratteristiche come rigidità, resistenza, impermeabilità, traspirabilità ecc.. Quello che si può comunque progettare e tenere a mente per la scelta sono i diversi tipi di punti possibili che, indipendentemente dal tipo di filato utilizzato, caratterizzano elasticità, rigidità, texture a contatto con la pelle ecc.. Le immagini di seguito si riferiscono ad un campionario "tech knits" solitamente utilizzato come riferimento per la creazione di scarpe in smart knitting, i punti tra loro possono essere combinati come le strutture.

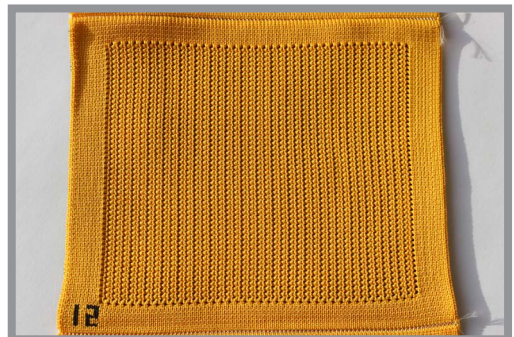
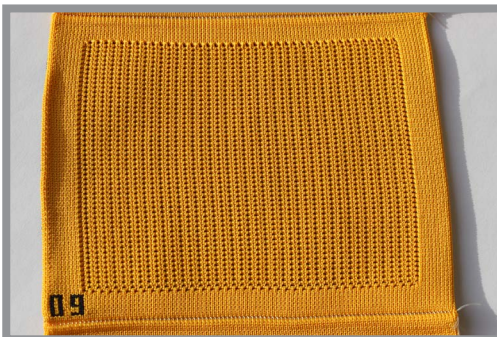
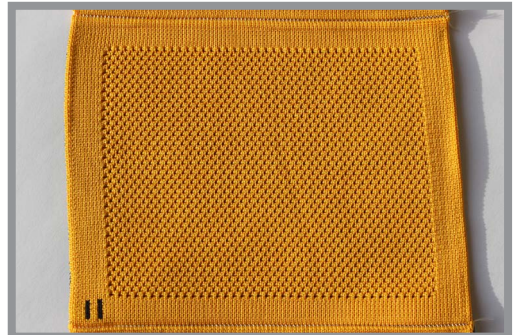
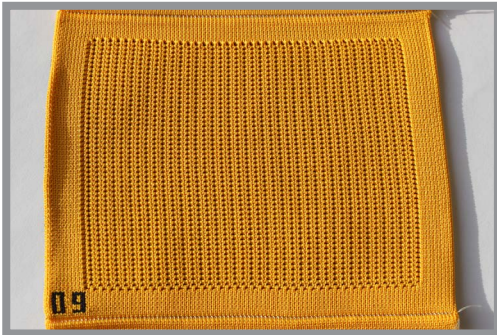
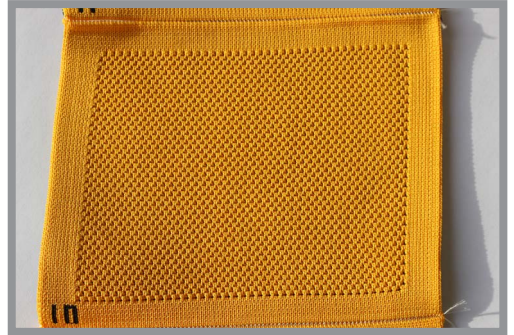
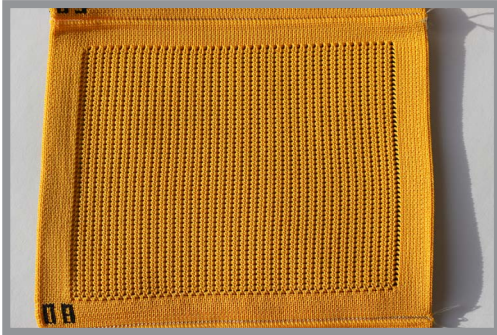
(fig dalla 7.5.1 alla 7.5.21: tech knits basic structures, Gauge 7.2, Materiale: PA 6.6 78dtx/f46x4 Z88 text HE gl [www.patternshop.stoll.com](http://www.patternshop.stoll.com))



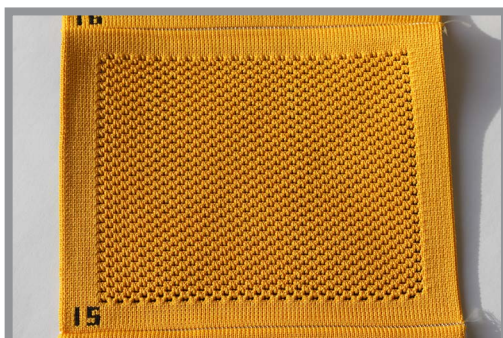
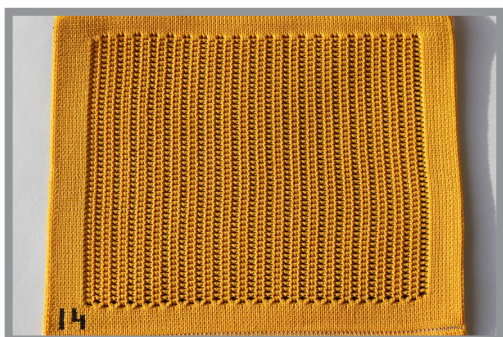
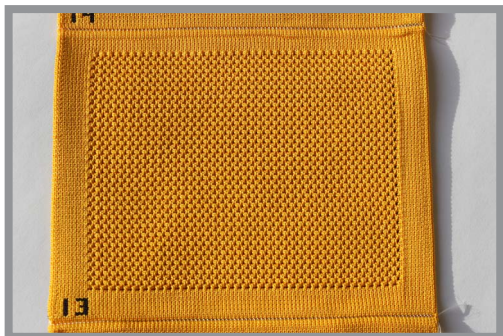


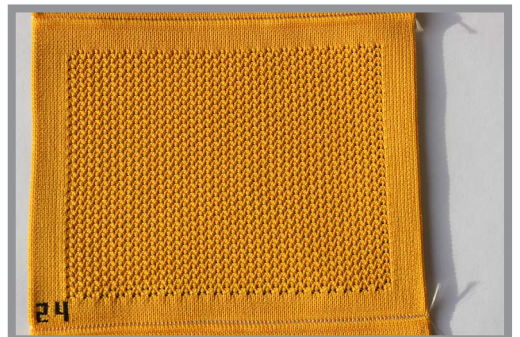
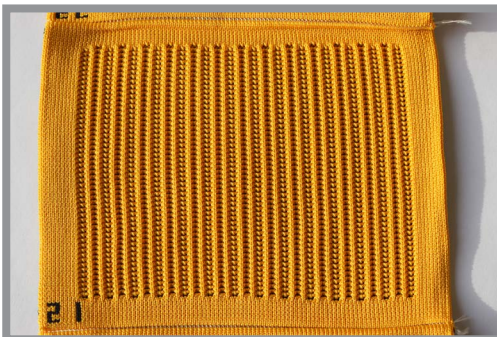
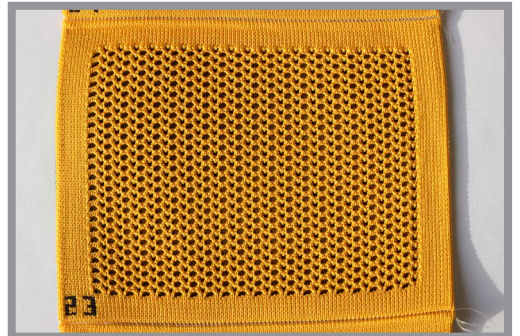
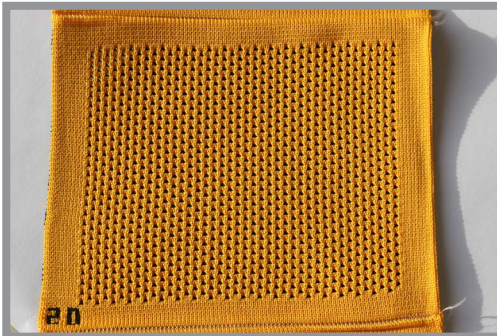
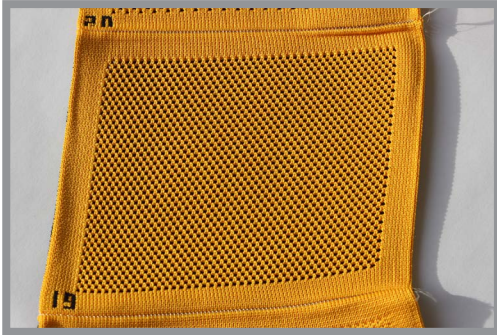




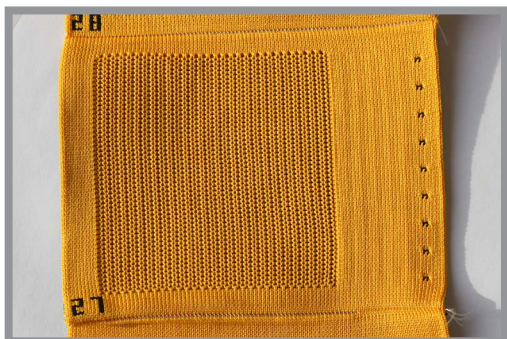
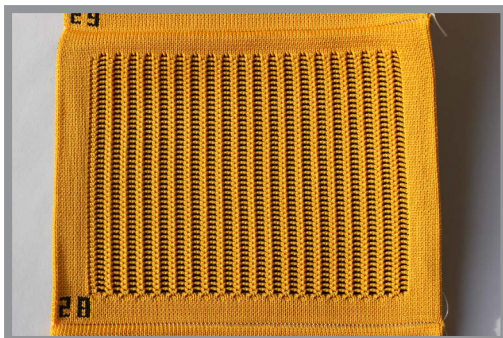
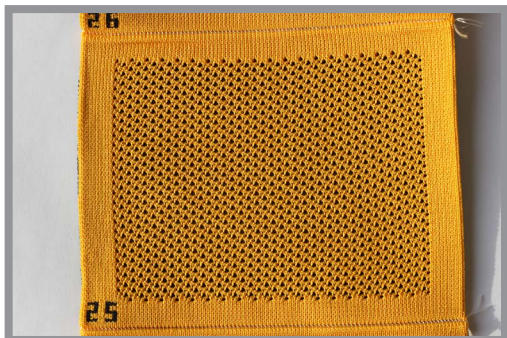














*fig.10.1 Tomaia scarpa by Stoll*



La possibilità di scelta come si vede è molto ampia e comprende diverse tipologie di punti sfruttabili.

Prendendo come esempio proprio le scarpe la cui tomaia è fatta in maglieria vediamo come queste solitamente non presentino nessuna lavorazione (se non quelle riguardanti i colori e i disegni, come l'intarsio e il vanisè), ma siano piuttosto frutto della combinazione dei punti. Come è possibile vedere per questa scarpa Stoll (*fig. 10.1*), fatta proprio per dimostrare come i diversi punti possano combinarsi nello stesso oggetto dando vita a diverse aree con diverse caratteristiche fra loro.

Ad esempio la parte vicino alla caviglia è molto fitta ed elastica, perfetta per aiutare in piede ad entrare (*fig. 10.2*), la parte in punta invece è molto più aperta, ciò consente di creare traspirabilità (*fig. 10.3*). La parte laterale invece presenta dei punti con una rigidezza intermedia e questo rende l'intera scarpa flessibile ma stabile (*fig. 10.4*).

L'insieme di lavorazioni e punti riescono a dare le caratteristiche che cerchiamo all'oggetto.



*fig. 10.2 Dettaglio finale tomaia*



*fig. 10.3 Dettaglio punta tomaia*



*fig. 10.4 Dettaglio laterale tomaia*

## CASO STUDIO: SOCCER SHOES

Un caso studio interessante è quello della scarpa da calcio. Come accennato precedentemente è un prodotto che ha avuto sia una grande evoluzione nel corso degli anni sia perché rappresenta perfettamente quell'esempio di oggetto tridimensionale a cavallo tra la moda e la funzionalità.

Il suo excursus in particolare è stato così ampio e ha sperimentato così tanti materiali e tecniche di produzione che arriva fino alla maglieria. Celebre esempio, nel 2012, è Nike che presenta la tecnologia flyknit che rivoluziona

questo settore, non solo dal punto di vista della performance: la scarpa diventa più leggera e calza meglio al piede, ma anche a livello di processo: di riducono drasticamente sprechi di materiali e scarti inoltre vengono eliminate persino le cuciture.

La tecnologia flyknit e quella primeknit (quest'ultima successivamente presentata da Adidas) fanno uso proprio di quella maglieria smart, che utilizza le tecniche della maglieria rettilinea fino ad ora spiegata.



fig. 11.1 Scarpa da Calcio tradizionale



fig. 11.2 Scarpa da calcio tradizionale: componenti

Cerchiamo di spiegarne i processi e a fare una comparazione partendo da una scarpa tradizionale (fig. 11.1) per arrivare ad una in maglia (Scarpa da calcio o da running per il nostro scopo è indifferente poiché ci concentreremo sui processi di produzione della tomaia).

### 11.1 STEP DI PRODUZIONE DI UNA SCARPA TRADIZIONALE

Il processo classico di produzione di una scarpa da running/da calcio è il cut&sew. I pezzi vengono sagomati, tagliati e cuciti insieme per poi essere connessi alla suola (fig. 11.2). Le fasi per la produzione sono:

1. Progettazione

2. Spianamento
3. Disegno dello stilista
4. Preparazione base per i pezzi che in una scarpa sono:
  - tallone
  - puntale
  - bandina laterale
  - spoiler
  - collarino
  - lingua
  - fodera
  - gambetto
  - rinforzi
5. Taglio delle parti
6. Oratura
7. Montaggio suola



fig. 11.3 Unione delle componenti



fig. 11.5 Applicazione di rinforzi



fig. 11.4 Ottimizzazione tessuto per componenti



fig. 11.6 Cucitura automatica di rinforzi

Il progettista prende una forma, la ricopre di carta disegnandoci sopra il modello. Quando è soddisfatto la carta viene tolta dalla forma e spianata per avere un supporto bidimensionale. Questo costituirà il cartamodello per la creazione dei pezzi. Il cartamodello viene diviso creando le componenti della scarpa che a loro volta verranno

poste sul tessuto scelto e ritagliate. Una volta ottenuti tutti i pezzi ricavati dai rispettivi tessuti scelti, manualmente un operaio di occupa di cucirli insieme per creare la tomaia che verrà successivamente unita alla suola (fig. 11.3). Di questo processo di produzione possiamo notare sia alcuni vantaggi che alcuni svantaggi tipici del cut&sew. Si



fig. 11.7 Dettaglio pattern tomaia



fig. 11.8 Adidas Adizero

possono infatti unire senza problemi tessuti differenti e l'ottenimento dei pezzi è molto semplice dato che prevede il taglio da un tessuto (questo può essere fatto tramite laser, pressa o manualmente) ma di contro pur ottimizzando la disposizione di queste forme nel tessuto, ci sono moltissimi sprechi di materiale (fig. 11.4). Inoltre la cucitura delle parti rimane un processo manuale perciò l'esatta replicabilità rimane un problema e questo può risultare anche in alcuni difetti nel prodotto finito (fig. 11.5, 11.6).

## 11.2 STEP DI PRODUZIONE DI UNA SCARPA IN SMART KNITTING

Il fenomeno che invece abbiamo

visto negli ultimi anni è l'utilizzo della tecnologia dello smart knitting per la creazione della tomaia. Come anticipato questo tipo di processo ha avuto molto successo tra gli utenti in quanto la scarpa risulta più leggera e traspirante, ma è stato anche molto apprezzato quello che viene definito il "knitting pattern" ossia proprio l'effetto visibile delle maglie sulla tomaia (fig. 11.7).

A proposito della scarpa Adidas Adizero che vediamo in figura (fig. 11.8) sul sito si legge:

*"Using the latest design tools with our new seamless engineering technology, adidas has created this first-of-its-kind running shoe, the adizero primeknit.*





fig. 11.9 Tomaie in smart knitting



fig. 11.10 Dettaglio tomaia in smart knitting

*While sport shoes are usually made from lots of separate pieces, this breakthrough method digitally knits the entire upper in just one."*

*"Knitting fused yarn allows us to fine-tune the exact amount of flexibility and support needed in every part of the shoe. This means lightweight comfort that wraps seamlessly around your foot, whilst*

*fewer materials produce less waste."*

Questo è molto importante perché questo oggetto ha iniziato ad aprire la mente ai consumatori facendo sì che il termine maglieria non venisse più solo associato a maglia e maglioni; di conseguenza anche i progettisti hanno cominciato sempre di più a prendere in considerazione questo processo tecnologico di produzione.

Rispetto agli step di produzione di una scarpa tridimensionale c'è un gran risparmio: il gran vantaggio di questa tecnologia sta proprio nel fatto di avere la tomaia già pronta in un unico pezzo invece di doverne cucire insieme le parti (fig. 11.9, 11.10). Gli step di produzione per la creazione di una scarpa in smart knitting (utilizzando quindi una macchina da maglieria rettilinea) sono i seguenti:

1. Progettazione
2. Prova su un campione
3. Disfettamento del campione
4. Scelta del filato
5. Programmazione macchina
6. Chiusura tomaia (cucitura)
7. Montaggio su suola

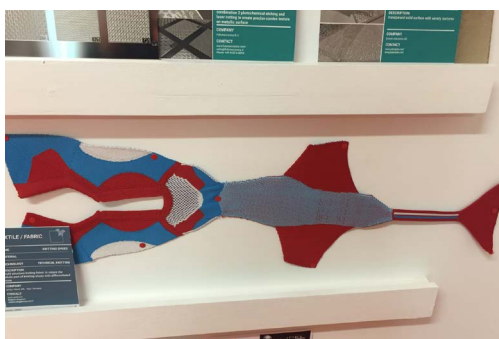


fig. 11.11 Tomaia in maglia by Stoll (1)

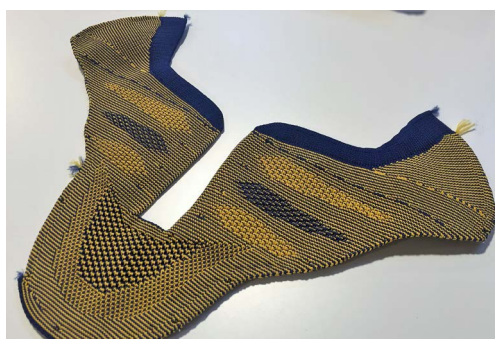


fig. 11.12 Tomaia in maglia by Stoll (2)

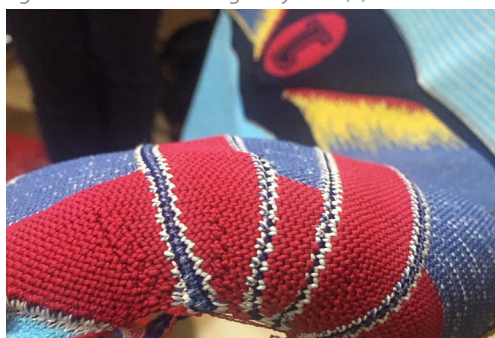


fig. 11.13 Tomaia in maglia by Stoll (3)

La filiera dei processi è molto più breve ed è soprattutto esente da quei difetti che potrebbero accadere durante la cucitura manuale, questo tipo di pezzo invece risulta perfettamente riproducibile<sup>1</sup>.

Quello che risulta interessante è la possibilità di unire le diverse caratteristiche necessarie alla tomaia in un solo pezzo. Quello che col metodo cut&sew veniva fatto scegliendo tessuti diversi, nel caso dello smart knitting viene fatto non solo scegliendo filati e fibre diverse ma anche sapendole

combinare fra loro con strutture scelte ad hoc. Questo è possibile poiché la macchina permette di programmare ogni punto, ogni pixel di tessuto individualmente (fig. 11.11, 11.12, 11.13).

Le lavorazioni viste nel capitolo precedente sono visibili nelle tomaie di queste scarpe, in particolare troviamo le lavorazioni *intarsio*, *vanisè* (per i

<sup>1</sup> Gli unici difetti a cui si potrebbe far fronte sono la temperatura esterna e il lavoro della macchina. Se infatti la macchina risulta troppo calda, essendo gli aghi di metallo potrebbero dilatarsi, dando origine a leggere differenze tra i pezzi creati.



fig. 11.14 Nike Skin Tech



fig. 11.15 Nike Tech Craft



fig. 11.16 Nike Tech Craft, scarpa completa



fig.11.17 Nike Tech Craft componenti

disegni e i colori), *tramato* (per dare rigidezza e sostegno), *preforme 3d* (soprattutto nella punta, per aiutare nell'assemblaggio con la suola), *spacers*, *imbottiti* (per dare l'effetto morbidezza e ammortizzazione), *layering* (per la creazione della fodera e dei piccoli tubi che fanno passare le stringhe).

Questo è un ottimo esempio di come

la produzione sia cambiata evolvendosi da oggetto prodotto per cut&sew a fino a un fully fashioned o in alcuni casi whole garment. La caratteristica più interessante dell'oggetto scarpa rispetto ad altri è la ricerca della performance ma anche l'accoppiamento con altri materiali e lavorazioni.

Senza conoscere le potenzialità di





fig. 11.18 Applicazione dello strato di pelle su tomaia



fig. 11.19 Come risulta lo strato dopo l'applicazione

questa tecnologia sarebbero stati in pochi coloro che avrebbero pensato ad una scarpa da calcio in maglia, rispetto ad una scarpa da running questo tipo di scarpa ha bisogno di essere impermeabile e antigraffio, caratteristiche che purtroppo nella tecnologia della maglieria sono carenti.

Quello che è stato sviluppato da Nike per coprire questa debolezza è la *Nike Skin Tech* e la *Nike Tech Craft*. Queste due tecnologie “ibridano” la tomaia creata tramite smart knitting laminandoci sopra un film sottile di poliuretano, per la Nike skin Tech (fig. 11.14) e di pelle di canguro per la Nike tech Craft (fig. 11.15,11.16,11.17).

Entrambi i film vengono pressati a caldo sulla tomaia con precisione grazie all'utilizzo di una dima (fig. 11.18, 11.19), questo permette alla scarpa non solo di avere le caratteristiche vantaggiose determinate dalla tomaia in maglia ma renderle ancora più performanti grazie all'accoppiamento con un altro materiale e tecnologia.

Questo è sintomo di come pensare di unire processi tecnologici differenti sia sempre vincente nello sviluppo di nuovi prodotti e che quello che si pensa possa essere uno svantaggio, o un limite per l'utilizzo di una determinata tecnologia, in realtà, associata ad un'altra può invece creare innovazione.

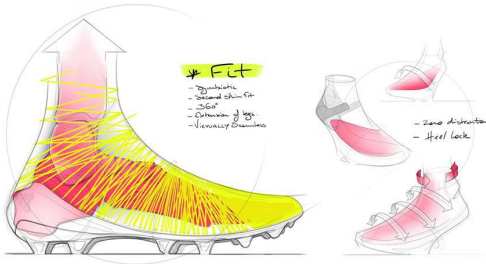


fig. 11.20 Nike Magista, schizzi di progetto



fig. 11.21 Nike Magista, componenti

### 11.3 INNOVAZIONI IN CORSO

Orizzonti, grandi potenzialità si aprono per designer e produttori. I recenti progressi nella scienza dei materiali, dell'informazione e della biologia stanno conferendo al tessile un nuovo ruolo, tale da renderlo potenzialmente disponibile all'impiego di nuove tecnologie basate sull'integrazione di queste discipline.

Il "plus" per il tessile sarà l'utilizzo di piattaforme tecnologiche basate sulla sinergia e multidisciplinarietà, che porterà ad una riconcettualizzazione del tessile del futuro. L'obiettivo ideale a cui si sta puntando oggi è quello di realizzare un abbigliamento che si

comporti come una "seconda pelle" e cioè uno scudo protettivo e funzionale nello stesso tempo. In futuro, l'obiettivo sarà anche quello di poter trascendere dai limiti dell'organismo umano grazie ad un abbigliamento in grado di ridurre la fatica ed incrementare le performance. Attualmente molti centri di ricerca ed università stanno lavorando a sviluppi basati su processi e materiali innovativi. Ad esempio con il processo di trattamento al plasma si può realizzare una modifica superficiale sui tessuti, in tal modo senza alterare le caratteristiche intrinseche del substrato utilizzato, si ottengono funzionalità aggiuntive, quali idrorepellenza, idrofilicità, adesività, comportamento antistatico, lucentezza, permeabilità,



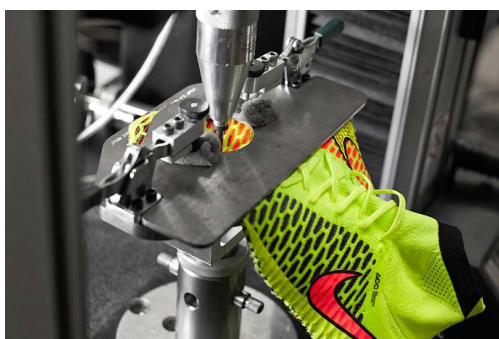


fig. 11.22 Nike Magista, test su Nike Skin

Da ricordare, infine, la frontiera forse più avanzata della ricerca, quella relativa all'abbigliamento "comunicante", cioè quello dotato di micro-sistemi informatici, per un'integrazione globale con telefonia, computer, controlli sanitari a distanza, dispositivi musicali, ecc.<sup>2</sup>

biocompatibilità, tangibilità.

Un altro settore in sviluppo è quello delle nanotecnologie con le quali si opera a livello molecolare, combinando principi di chimica e fisica con elementi di scienza ed ingegneria informatica.

Per nanoprodotti si intendono strutture con dimensioni inferiori ai cento nanometri, cioè circa 800 volte più piccole del diametro di un capello umano, con proprietà totalmente diverse agli stessi materiali a dimensioni maggiori. Applicazioni e studi sono in corso anche in campo tessile per la realizzazione di materiali con effetto camaleonte, antibatterici, protettivi da UV, antifiama, antistatici, per protezione chimica, autopulenti.

---

<sup>2</sup> "Dallo sport alla moda: nuovi trend style", Aldo Tempesti, tratto da *Forma e Materia*, Maggioli Editore, 2012

## ESPERIENZA PROGETTUALE

### 12.1 LA SCELTA DEL GUANTONE

Lo sviluppo della scarpa da calcio, il cui processo di produzione è passato da quello cut&sew ad uno fully fashion/whole garment, dimostra come l'approdo dello smart knitting sia stato inaspettato (chi prima avrebbe pensato possibile una scarpa in maglia?) ma che ha avuto e continua ad avere grande successo nel settore dello sport e degli accessori e che lo sforzo di innovazione verrà sicuramente seguito in altri ambiti.

I motivi che hanno portato la

scarpa da calcio ad essere vincente nel mercato, come detto precedentemente, risiedono nella sinergia tra diverse tecnologie. Vediamo conciliati in un oggetto tutte quelle caratteristiche che rendono lo smart knitting innovativo: Il know how del suo settore di provenienza (la moda), e l'ambito dello sportware wearable dove la maglieria ha avuto una vita lunga e ha sviluppato diverse tecniche e migliorie.

La scarpa da calcio rientra come oggetto anche nel mondo della funzionalità, nel quale tessuti e



fig.12.1 Protezioni nella pallavolo: ginocchiere



fig. 12.2 Protezioni nello scherma

tecnologie si uniscono per creare un prodotto che va oltre l'estetica e possiede delle caratteristiche funzionali ben definite. Inoltre la scarpa concilia le tecnologie tessili con quelle di altri campi come abbiamo visto per la tomaia delle Nike Magista in cui la leggerezza della struttura in maglia è stata conciliata con l'impermeabilità di un film di poliuretano.

### 12.1.1 Il fitting e il wearable

L'input progettuale nasce proprio da questi presupposti. Ipotizzando la felice crescita di questa tecnologia e auspicandone l'approdo anche in altri settori l'intento è quello di riuscire a spingerla nella direzione dei prodotti

industriali che posseggono delle funzionalità e delle performance particolari. Tra tutti gli ambiti fertili il più promettente è sicuro lo sport e il tempo libero.

Guardando il panorama di questo settore, concentrando l'attenzione su tutti gli oggetti utili che appartengono alla categoria abbigliamento sportivo, l'attenzione ricade su tutte quelle attrezzature sportive e protezioni che servono all'atleta per praticare il suo sport (fig. 12.1, 12.2). Leggerezza, calzabilità, ergonomia sono solo alcune delle caratteristiche essenziali per l'atleta che sceglie i suoi strumenti, agonista o dilettante che sia, l'utente è sempre alla ricerca di oggetti di

qualità adatti a lui. L'indossabilità e l'adattabilità vengono spesso tradotte dal progettista come parti in tessuto, soprattutto quelle che hanno la necessità di stare a contatto col corpo ottenendo caratteristiche di traspirabilità, leggerezza, ergonomicità ma anche resistenza.

Finora abbiamo visto con l'esempio della scarpa che la maglieria può garantire traspirabilità, leggerezza, biocompatibilità e adattabilità.

Si potrebbe quindi pensare che un suo limite applicativo potessero essere tutti quelli ambienti dove si richiede anche rigidità, resistenza all'abrasione, resistenza al taglio e idrorepellenza.

Questi limiti tecnologici sono stati colmati, come visto nel capitolo precedente, associando alla maglieria altre tecnologie. Infatti, è bastato un sottile film di poliuretano per rendere lo scarpino da calcio impermeabile e resistente al taglio, senza privarlo però delle caratteristiche della tomaia in maglia che sarebbero state irraggiungibili con qualsiasi altra tecnologia.

Per questo nasce il termine *smart*

*knitting*, quando si riesce a pensare ad una progettazione consapevole che riesca ad utilizzare al meglio le caratteristiche positive della maglieria ma che si riesca a creare innovazione aggiungendo a quelle caratteristiche anche altre funzionalità e vantaggi di altre tecnologie, creando così degli accoppiamenti e delle sinergie utili a alla creazione innovativa di oggetti.

Partendo da questi presupposti di innovazione e sinergia di processi, per dimostrare le potenzialità della maglieria e dello smart knitting nasce la necessità di mettere in pratica linee guida fin qui mostrate e spunti di innovazione per la riprogettazione di un oggetto industriale. Seguendo il caso studio della scarpa da calcio l'attenzione ricade sulle attrezzature sportive che devono avere una performance elevata ma non solo: che possano sfruttare al meglio anche le caratteristiche della maglieria: la forte adattabilità, la possibilità di creazione di diversi pattern, la flessibilità d'uso, la biocompatibilità.

Lo sforzo di progetto è quello di tentare di superare invece i suoi punti



fig.12.3 Tuta ciclista imbottita sul sellino



fig. 12.4 Guanti e paratibie nel calcio

deboli con la giusta scelta dei materiali e con l'accoppiamento con altre tecnologie.

### 12.1.2 Lo sportwear e le protezioni

L'attenzione ricade sulle protezioni sportive poiché, come le scarpe sono oggetti con una loro tridimensionalità e specifiche performance ma hanno anche delle caratteristiche per cui devono essere aderenti al corpo dell'atleta senza intralciarne i movimenti (fig. 12.3, 12.4).

Un buon esempio utile allo scopo della riprogettazione sono gli sport da contatto: MMA, thai boxe, kick boxing e pugilato utilizzano una serie di protezioni che fungono da protezione sia di chi li indossa sia dell'avversario

(fig. 12.5, 12.6, 12.7).

Per unificare queste discipline sotto un comune oggetto è stato preso il guantone da boxe come oggetto di studio.

## 12.2 IL GUANTONE DA BOXE

Il guantone da pugilato è nato appunto con lo scopo di proteggere le mani dei pugili dalle fratture a cui andrebbero incontro colpendo la fronte dell'avversario a mano nuda o semplicemente fasciata. E, viceversa, preservare l'atleta colpito da gravi danni (soprattutto alla testa). Dai primi modelli di guanto le dimensioni sono state gradualmente aumentate arrivando ad una misura standard da





fig.12.5 Allenamento di Muay Thai



fig. 12.6 Incontro di Boxe

combattimento, ovvero le 10 once (284 grammi). Il termine fu introdotto dagli antichi Greci, i quali, avendo un sistema a base duodecimale, indicarono con questo termine una grandezza minima corrispondente alla dodicesima parte di una unità. L'oncia, che si indica con il simbolo OZ, è ancora utilizzata negli Stati Uniti e vale un sedicesimo (1/16) di libbra (pound). Essendo una libbra uguale a 453,59 grammi, un'oncia equivale a 28,35 grammi. A seconda della funzione, si hanno diverse tipologie di guantone. Il guantone da sacco, caratterizzato dall'essere molto leggero e allo stesso tempo poco imbottito, serve a proteggere la mano dal contatto diretto col sacco da allenamento. Può essere disponibile in

diversi pesi e diverse misure.

I guanti da combattimento dilettantistico (10 OZ), necessariamente di colore rosso o blu (a seconda dell'angolo assegnato), caratterizzati dalla parte anteriore (detta target) bianca dotata di sistema antishock, ovvero una particolare imbottitura interna al guanto che consente di assorbire parte dell'urto del colpo. Il guanto dunque protegge non solo la mano di chi sferra il colpo ma anche il corpo di chi il colpo lo riceve (il numero di incontri conclusi con un ko è scesa intorno all' 1-2%). Hanno obbligatoriamente la chiusura in velcro. I guanti da combattimento professionale, caratterizzati dalla



fig.12.7 Match di MMA

tipica allacciatura con lacci regolabili (vengono coperti poi con nastro adesivo). Questi guanti sono del peso di 10 once dalla categoria dei pesi massimi fino alla categoria welter esclusa; dal welter ai mini mosca sono da 8 once. Non presentano né antishock né target. Guanti da sparring (14-16 OZ), concepiti per l'allenamento col compagno o maestro, hanno sia un peso maggiore a quelli da combattimento che un'imbottitura per proteggere l'atleta in allenamento (fig. 12.8).

Per prima cosa si deve iniziare dalla scelta del materiale con cui è realizzato un guantone; i guantoni in vera pelle sono molto più resistenti e una volta



fig.12.8 Revolution gloves Leone 1947, 10 OZ

indossati si uniformano perfettamente alla mano. Secondo aspetto da valutare è il tipo di chiusura; i guantoni con il velcro sono adatti per gli allenamenti in palestra. Il velcro permette una maggior velocità di chiusura e quindi di utilizzo. I guantoni con i lacci sono invece specifici per il combattimento, in genere è il coach che aiuta il fighter ad indossarli e a legarli in modo che i guanti siano ben stretti. Il peso del guantone inoltre è fondamentale. I guantoni da 6 once sono adatti per



fig. 12.9 Yokkao, guanti da combattimento

i giovani fighters mentre gli 8 onces vengono utilizzati per incontri tra professionisti di peso inferiore ai Welter. I guantoni 10 onces sono i più utilizzati in gara e in allenamento si usano durante le passate con il maestro. In ultimo, i guantoni da 12, 14, 16 e 18 onces sono specifici per lo sparring e devono essere scelti in base al proprio peso; quanto maggiore è il tuo peso tanto maggiore dovranno essere le onces dei tuoi guantoni (fig. 12.9). E' sempre consigliabile comunque chiedere un parere al proprio maestro.<sup>1</sup>

### 12.2.1 Come viene prodotto oggi un guantone

<sup>1</sup> M. Febbo, *Sport Design Book*, 2014

La produzione è divisa essenzialmente in due fasi parallele: le imbottiture e i tessuti. Il processo di produzione legato ai tessuti, sia che essi siano di pelle o sintetici è del tipo CUT&SEW.

I componenti vengono tracciati e tagliati sul tessuto grazie ad una dima e vengono successivamente assemblati insieme grazie a operai che cuciono le parti, per fare in modo di riuscire a creare la classica forma del “pugno” viene inserita l’imbottitura aiutandosi con una forma. Una volta cucite insieme tutte le parti e inserite le imbottiture il guantone è completato.

Il processo è molto simile a quello utilizzato per produrre una scarpa da calcio tradizionale ed è proprio questa similitudine tra i due oggetti che spinge a pensare ad una comparazione tra i processi e ad un passaggio verso lo smart knitting.

La produzione delle imbottiture invece deve rispettare le condizioni di peso precedentemente accennate poiché sia adatta al combattimento o all’allenamento.

La differenza sostanziale tra una tomaia di una scarpa e un guantone è



fig. 12.10 Guantone tagliato in due

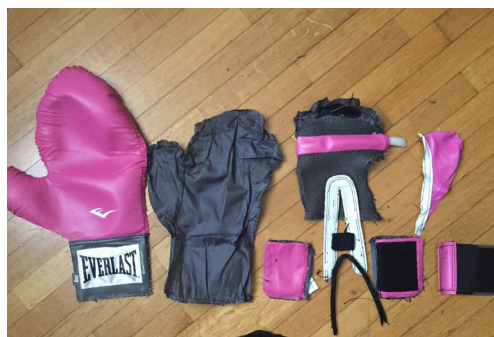


fig.12.11 Componenti di tessuto di un guantone

il numero di pezzi e di caratteristiche. Mentre la tomaia risulta piatta e sfrutta le caratteristiche della maglieria non con diverse lavorazioni ma piuttosto differenziando il tipo di punti (per differenziare le aree a contatto con il piede), la struttura del guantone è invece più complessa e potrebbe riuscire a sfruttare le diverse strutture possibili della maglieria.

Questo perché il guantone possiede diverse fodere: la zona in cui è presente l'imbottitura principale sul pugno, conformata, la zona dell'imbottitura sul polso, la zona dell'imbottitura sul palmo, la zona di grip del pugno e la zona in cui si inserisce la mano. Ciascuna di queste parti è divisa in

uno strato esterno, uno interno e un'imbottitura (ad eccezione della "tasca" in cui viene inserita la mano). Questo fa sì che servano parecchi pezzi per la produzione fatti di materiali molto diversi (fig. 12.10).

Prendendo come esempio il guantone Everlast in figura (fig. 12.11), si può vedere schematizzato le parti in cui viene composto. I pezzi di tessuti che sono a contatto con l'esterno sono lisci e impermeabili, possono presentare una stampa e proseguono su tutto il dorso della mano arricciandosi per seguire la forma del pugno. Lo stesso tipo di tessuti (che in alcuni guantoni è fatto in pelle) è utilizzato anche sul pollice e sul polso.



fig. 12.12 Dime per i diversi modelli



fig. 12.13 Disposizione delle dime su tessuto

Per quanto riguarda la parte interna invece, quella a contatto diretto col dorso della mano è utilizzato un tessuto più sottile ma comunque abbastanza fitto dal momento che lo stesso tessuto è a contatto con la schiuma dell'imbottitura principale è consigliabile che quest'ultima non si impregni di sudore dato che i guantoni non sono sfoderabili questo porta a creare spiacevoli odori e proliferazioni batteriche. La parte invece a contatto col palmo della mano è solitamente ottenuta da un tessuto traspirante per aumentare lo scambio con l'esterno ed evitare che le mani all'interno si bagnino di sudore.

La produzione di questi guantoni

conta moltissime parti diverse, questo fa sì che, come visto in precedenza, il processo di cut&sew risulti utile per unire insieme materiali diversi mentre ha lo svantaggio di creare parecchi sprechi di materiale e moltissimi passaggi di cucitura dato l'elevato numero di pezzi.

### 12.2.2 Step di processo

#### • MODELLO E TAGLIO

Tutti i guantoni vengono tagliati, assemblati, cuciti, imbottiti e rifiniti a mano. La fabbricazione di un guanto inizia con il modello dei singoli pezzi (fig. 12.12). Mentre ogni produttore ha un modello diverso, i pezzi elementari comuni sono palmo, che viene tagliato





fig.12.14 Cucitura a rovescio delle parti



fig.12.15 Cucitura delle rifiniture

con una fessura al suo centro che formerà la sezione di chiusura del guanto;

la zona nocche, che è sempre costituita da un unico pezzo di pelle per evitare cuciture;

il pollice, che è composto da due metà;

il polso, che viene ricavato da una larga striscia;

una striscia sottile che verrà ripiegata e cucita sul bordo del polso formando la zona di chiusura per terminare il guanto. Il pezzo è tagliato per essere sovradimensionato in modo che venga lasciato dello spazio per l'imbottitura.

1. La pelle arriva dalle concerie in grossi pezzi e si estende su

grandi tavoli da taglio. I modelli sono disposti per fare utilizzare nel modo più efficiente la pelle (fig. 12.13). I modelli sono quindi tracciati pezzi e vengono tagliati con grandi forbici. Nel frattempo, altri modelli sono tracciati sul materiale di rivestimento e successivamente tagliati. I pezzi sono fatti per allineare il palmo, il pollice, il polso e la zona delle nocche.

#### • ASSEMBLAGGIO E CUCITURE

2. Il guscio in pelle di un guanto da boxe viene prima cucito insieme a rovescio (fig. 12.14). La cucitura è spesso fatto su una macchina da cucire industriali per pezzi



fig.12.16 Il guantone cucito viene rivoltato



fig.12.17 Preparazione dell'imbottitura

più piccoli mentre il resto viene completato a mano (fig.12.15). Molti dei guanti di qualità superiore sono cuciti interamente a mano, e una doppia cucitura viene utilizzata in tutti i guanti di qualità.

3. La parte superiore che ricopre le nocche è cucita alla parte del palmo. Le due parti sono montate su una forma per assicurare la forma corretta e la cucitura si unisce in modo che il pezzo che ricopre le nocche si gonfi leggermente. L'unione attraverso la cucitura fa sì che il guanto assuma la sua nota forma a pugno chiuso.

4. Successivamente, i pezzi di finitura sono cuciti sopra questa parte appena assemblata e il palmo è riempito con l'imbottitura. Questo cordolo viene lasciato aperto sul fondo del guantone, dove verrà cucita la parte del polso. Su molti modelli la parte del pollice fa parte del pezzo che ricopre il dorso della mano, e la parte interna del pollice è ricavata insieme al palmo. In altri il pollice viene creato e imbottito separatamente per poi essere cucito al resto del guanto

• **IMBOTTITURA**

5. L'intero guanto assemblato è ora rivoltato (fig. 12.16). Poiché è



fig. 12.18 Imbotitura sul polso



fig.12.20 Imbottitura principale conformata

più economico per i produttori di acquistare materiale di imbottitura in fogli standard, il riempimento per l'area del dorso della mano è costituita dalla sovrapposizione di fogli di materiale e poi tagliata nella forma desiderata (fig. 12.17). Ciò consente inoltre usare uno spessore standard di imbottitura per molti guanti con diverse specifiche di peso piuttosto che l'acquisto o la produzione di un pezzo stampato diverso per ogni modello guanto

6. Il modello di imbottitura per il guanto è tracciato sul materiale di imbottitura e viene tagliato



fig.12.21 Imbottitura principale in lattice

(fig.12.18-12.21). A seconda del produttore, pezzi del modello possono essere tagliati in anticipo e tenuti in magazzino per il montaggio.

7. I pezzi tagliati sono stratificati dello spessore specificato e sono inseriti nella tasca tra la zona nocche e il suo rivestimento.

### 12.3 SMART KNITTED GLOVE: APPLICAZIONE DELLE LINEE GUIDA

Una volta capito come sono fatti attualmente i guantoni da boxe, si può cominciare a procedere alla riprogettazione applicando le linee guida precedentemente individuate per la creazione di un oggetto in smart knitting (vedi capitolo 8).

Le linee guida ricordate qui di seguito, verranno seguite passo passo per dimostrare che, seguendo questo processo, è possibile progettare un oggetto tecnico e funzionale, come il guantone da boxe, attraverso le tecnologie dello smart knitting.

Per pensare a riprogettare è importante stabilire quali sono i requisiti e le criticità legate al miglioramento dell'oggetto e, in questo caso, si può agire su due fronti:

- **Miglioramento prodotto lato processo**
- **Miglioramento prodotto lato utente**

Per il miglioramento del processo di produzione l'obiettivo è cambiare processo di produttivo, passando da un processo cut&sew ad uno complete garment.

Per quanto riguarda invece il miglioramento di prodotto per l'utente si cercherà di rendere il guantone ugualmente funzionale apportando alcune piccole migliorie rispetto al guantone attuale che aumenteranno il valore percepito dell'oggetto.

**OGGETTO:**

Guantone da boxe

**OBIETTIVO:**

Riprogettazione cambiando il processo produttivo, utilizzo delle tecnologie *smart knitting*

**REQUISITI DI PROGETTO:**

- Ottimizzare il materiale utilizzato evitando sprechi
- Diminuire il numero delle componenti
- Rendere il processo replicabile facendo sì che presenti meno difetti possibile
- Migliorare alcune caratteristiche del guantone tradizionale
  - difetti nella grafica, grafica che si cancella nel tempo
  - grinze cuffia
  - rotture, difetti del materiale
  - cattivi odori

Come abbiamo visto, attualmente il guantone è composto da più pezzi uniti tramite cucitura. Ogni componente ha un ruolo specifico nel guantone e ogni pezzo è ricavato da un diverso materiale proprio per le diverse caratteristiche che assume. Quando si progetta per il processo dello *smart knitting* l'obiettivo è dare forma alle componenti necessarie utilizzando le tecniche di lavorazione della maglieria. Di seguito questo verrà fatto cercando di applicare le migliorie sopra citate.



### **1. PARAMETRI DI SCELTA**

In questa fase si cerca di capire per la progettazione di quali oggetti sarebbe efficiente l'utilizzo dello smart knitting.

### **2. CONOSCERE E SFRUTTARE LE FRONTURE**

Le fronture sono un elemento fondamentale per ottimizzare la progettazione dell'oggetto scelto, conoscere il loro funzionamento è il primo step per comprendere la tecnologia

### **3. SVILUPPO PIANO**

Per quanto questa tecnologia sia anche conosciuta come 3D knitting, i software lavorano in 2D, le forme da ottenere devono quindi essere sviluppate in piano

### **4. LAVORAZIONI**

Queste sono le capacità che la maglieria possiede, conoscerle e sapere come combinarle farà sì di poter progettare evitando sprechi e operazioni successive

### **5. PUNTI E FINEZZA**

Proprio come uno schermo, il macchinario semplifica i punti di maglia a dei pixel, la gestione del loro posizionamento e del loro pattern avrà come principale risultato l'aspetto estetico dell'oggetto.

### **6. POST PROCESSES**

A volte la gestione delle fasi successive alla macchina deve essere preso in considerazione ma l'obiettivo rimane ridurre al minimo questa fase.

APPLICAZIONE LINEE GUIDA  
OGGETTO: GUANTONE DA BOXE

**PER QUALI CARATTERISTICHE IL GUANTONE PUÒ ESSERE  
PROGETTATO CON QUESTA TECNOLOGIA?**

**COME È POSSIBILE DISPORRE LE PARTI IN MODO DA  
SFRUTTARE AL MEGLIO LE FRONTURE?**

**COME È POSSIBILE DISEGNARE IN 2D LE PARTI  
DEL GUANTONE CHE AVRANNO UNA FORMA  
TRIDIMENSIONALE?**

**QUALI LAVORAZIONI È POSSIBILE SFRUTTARE PER  
OTTIMIZZARE I PROCESSI DELLO SMART KNITTING  
EVITANDO SPRECHI E CREANDO FUNZIONI?**

**QUALI SONO I PUNTI E LA FINEZZA ADATTA PER  
L'OGGETTO GUANTONE DA BOXE?**

**DI QUALI PROCESSI SUCCESSIVI ALLA MAGLIERIA HO  
BISOGNO PER DARE AL GUANTO PIÙ PERFORMANCE?**

### 12.3.1 Parametri di scelta

*“In questa fase si cerca di capire per la progettazione di quali oggetti sarebbe efficiente l'utilizzo dello smart knitting”.*

In questa fase il progettista deve capire se l'oggetto che vuole progettare o riprogettare è adatto ad essere pensato per smart knitting.

Sono state precedentemente elencate le caratteristiche che questa tecnologia può trasmettere ad un oggetto, in breve:

- **LEGGEREZZA**
- **COLLASSABILITÀ**
- **CONFORMABILITÀ**
- **MORBIDEZZA**
- **ELASTICITÀ**
- **GESTIONE TRASPIRAZIONE E IMPERMEABILITÀ**

Il guantone da boxe non solo presenta le sopra elencate caratteristiche ma è un oggetto wearable, quindi il fitting, il comfort, la capacità di avere un buon contatto con la pelle e con l'uomo sono caratteristiche fondamentali. Allo stesso modo della scarpa da calcio, per cui le caratteristiche erano simili, si potranno sfruttare per questo oggetto le caratteristiche della maglieria.

La sfida in questo caso è rappresentata dal fatto che il guantone è sì un oggetto estetico ma ancor più tecnico della scarpa da calcio, perchè deve svolgere una funzione importante non solo calzabilità e comodità ma soprattutto di protezione.

Questa riprogettazione è pensata quindi per rappresentare tutti quegli oggetti che svolgono una funzione specifica. Il guantone da boxe è solo un esempio per raccogliere tutte quelle protezioni che vengono utilizzate nelle diverse discipline sportive.



fig.12.22 Giorgio Petrosyan



fig.12.23 Guantoni sintetici "Carbon"



fig.12.24 Guantoni in pelle "Vintage"

### 12.3.2 Conoscere e sfruttare le fronture

*“Le fronture sono un elemento fondamentale per ottimizzare la progettazione dell’oggetto scelto, conoscere il loro funzionamento è il primo step per comprendere la tecnologia”*

Dopo aver capito che lo smart knitting è la tecnologia adatta per la riprogettazione, il primo passo da affrontare è operativamente come accedere a questa tecnologia sfruttando le fronture.

Ma prima di affrontare questa fase è necessario uno studio più approfondito dell’oggetto che si andrà a progettare.

#### **Studio delle componenti**

L’obiettivo in questo caso è riprogettare il guantone con la tecnologia dello smart knitting per far emergere tutti i vantaggi che è possibile ottenere sia dal punto di vista di processo sia da quello di prodotto. Proprio come precedentemente fatto con il caso studio della scarpa da calcio. Per capire come riprogettare il guantone è stato necessario studiare gli step di produzione attuali.

Attualmente il processo di comporre di diversi passaggi manuali, moltissimi pezzi e altrettante cuciture e materiali diversi.

È fondamentale, al fine della riprogettazione, capire perché i guantoni sono fatti così e di quali parti sono composti e suddivisi. Per scoprirlo sono stati presi due guantoni di brand diversi come esempio. Uno è stato tagliato a metà (fig. 12.25, 12.26), l’altro scucito (fig. 12.27, 12.28) .





fig.12.25 Guantone Leone 10 OZ



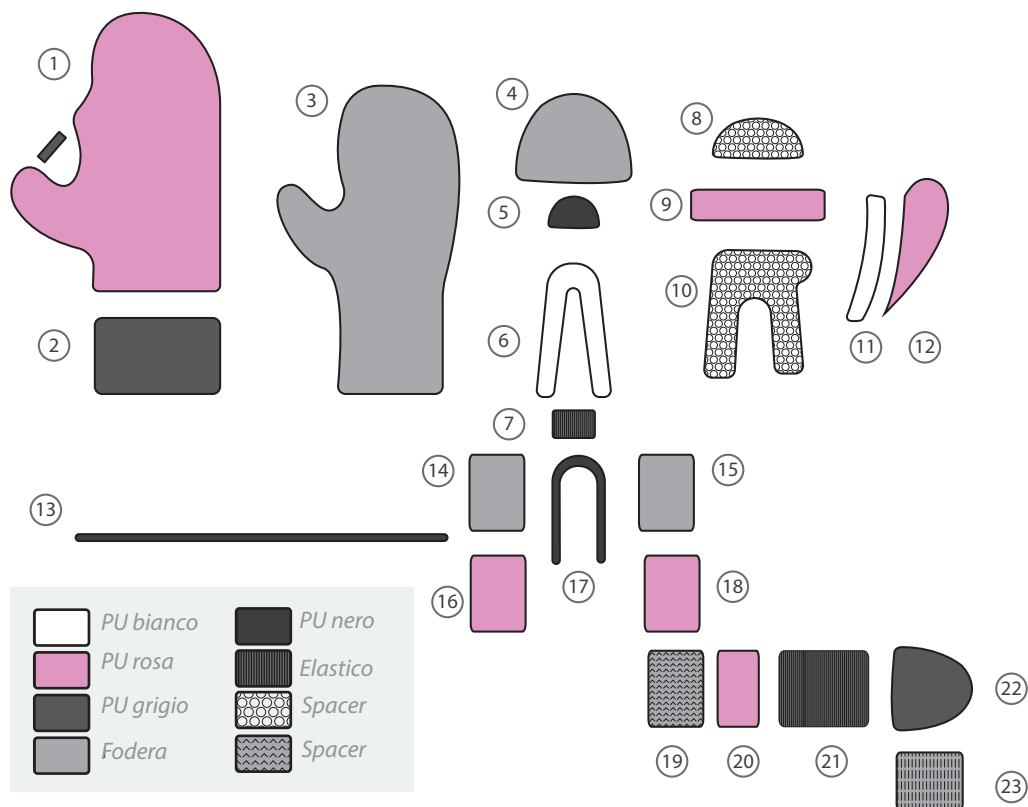
fig.12.26 Vista dell'imbottitura



fig.12. 27 Guantone smontato

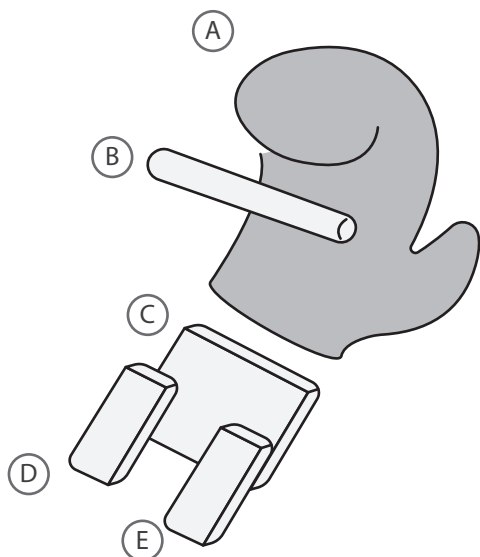


fig.12.28 Guantone everlast, 8 OZ



## TESSUTI

1. Parte superiore, dorso mano
2. Parte superiore, polso
3. Fodera a contatto dorso mano
4. Fodera a contatto dita
5. Rinforzo fodera (4)
6. Rinforzo chiusura
7. Elastico chiusura
8. Spacer traspirante dita
9. Tasca tubo grip pugno
10. Spacer traspirante palmo
11. Rinforzo Pollice
12. Copertura inferiore pollice
13. Cordolo chiusura polso
14. Fodera polso sx
15. Fodera polso dx
16. Parte inferiore polso sx
17. Cordolo chiusura apertura
18. Parte inferiore polso dx
19. Femmina velcro
20. Base velcro femmina
21. Elastico per chiusura velcro
22. Base velcro maschio
23. Velcro maschio



### **IMBOTTITURE**

- A. Imbottitura principale
- B. Tubolare grip pugno
- C. Imbottitura polso (dorso)
- D. Imbottitura polso lat. sx (int.)
- E. Imbottitura polso lat. dx (int.)

Nonostante i brand differenti i guantoni sono fatti in modo molto simile e si compongono essenzialmente degli stessi pezzi.

Come è possibile vedere dagli schemi si può suddividere il guantone essenzialmente in 2 macro-categorie: i tessuti e le imbottiture.

I primi sono almeno 8 diversi. Ognuno è stato ricavato con una certa forma. I materiali a contatto con l'esterno sono lisci e impermeabili, nel caso di questo guantone sono fatti in PU (ecopelle) mentre in altri modelli li troviamo in vera pelle. Questo perché la superficie di contatto tra sacco o tra atleti deve essere liscia per evitare che oltre al colpo vengano create escoriazioni da contatto. Inoltre il materiale trattiene in modo saldo al suo interno l'imbottitura principale (A) e deve fare in modo che essa o suoi pezzi vengano trattenuti all'interno. Inoltre il pezzo (1) è molto più lungo rispetto alla reale dimensione della mano proprio perché, una volta cucito al pezzo (3) e (4), forma l'effetto cuffia che sarà poi riempita con l'imbottitura. Questa parte è quella che presenta la grafica del guantone, stampata sopra per serigrafia. Nei guantoni molto usati la grafica rovinata è il primo segno tangibile di usura che il guantone mostra, infatti la grafica tende a sgretolarsi, raggrinzirsi e spesso a staccarsi, rovinando l'impatto visivo dell'intero guantone.



fig. 12.29 Fasce da indossare prima del guantone



fig. 12.23 Sottiguanti

A contatto con la pelle si trovano invece le fodere. La fodera (3) separa l'imbottitura principale (A) dal dorso della mano e lo stesso ruolo hanno i pezzi (14) e (15) con le imbottiture (D) ed (E). Questo materiale deve essere a trama fitta dal momento che l'obiettivo è quello di far in modo che il sudore della mano non venga assorbito dall'imbottitura. Deve essere dunque abbastanza impermeabile. A contatto con il palmo troviamo invece materiali traspiranti (8,10) questi fanno in modo che il sudore esca lasciando il guantone il più possibile asciutto al suo interno. Le parti elastiche (7, 21) fanno in modo che possa essere infilata la mano agevolmente e che la chiusura sia confortevole. Il pollice (12) viene unito al resto del guantone per evitare sia all'atleta di slogarselo sia all'avversario di essere colpito in un occhio.

Il sudore è un reale problema per l'utilizzo del guantone. Dopo qualche tempo, a seconda dell'uso che ne fa l'atleta, il guantone rischia di creare sgradevoli odori e essere un ambiente in cui proliferano i germi e batteri.

Anche per questo motivo vengono utilizzate dall'atleta delle fasce prima di indossare il guantone, esse hanno lo scopo primario di dare un supporto aggiuntivo ai movimenti del polso ed aumentare l'imbottitura soprattutto nella zona nocche ma aiutano anche ad assorbire la maggior parte del sudore e, a differenza del



fig.12.31 *Imbottitura*

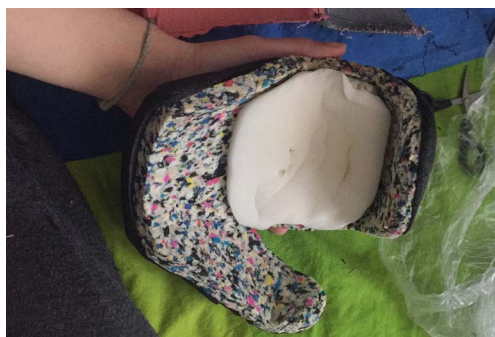


fig.12.32 *Imbottitura da riciclo*

guantone, possono essere lavate (fig. 12.29). In alternativa alle fasce, per comodità di utilizzo vengono anche utilizzati dei sottoganti (fig. 12.30).

L'imbottitura principale, come detto precedentemente, rispetta un peso per categoria, per quanto riguarda invece le altre imbottiture non sono normate e forma dimensione o aggiunte variano da produttore a produttore. Per esempio il tubo in polistirolo che serve a creare grip al pugno chiuso può essere creato anche grazie a scarti di fili delle lavorazioni.

Il fatto che si creino così tanti scarti è tipico del processo cut&sew. Che prevede non solo l'utilizzo di diversi materiali ma anche l'inevitabile spreco degli stessi in quanto il modello che viene ricavato, anche ottimizzando la materia prima, creerà sempre un gran numero di tessuto che deve essere buttato. La schiuma infatti viene riciclata e non sempre la troviamo vergine all'interno di guantoni (fig. 12.30, 12.31). Lo smart knitting viene sicuramente in aiuto a questa fase, dato che non si creano sprechi di materiale ed è possibile unire tutte queste componenti all'interno di un solo pezzo. L'obiettivo sarà dunque sfruttare al massimo questa tecnologia per diminuire e ottimizzare il numero di pezzi utilizzati.



Dopo aver studiato le componenti, avendo compreso il ruolo di ciascuna all'interno del guantone, lo step da seguire è pensare come poter utilizzare le fronture per ottimizzare le componenti e il numero di cuciture successive.

Se volessimo creare un guanto senza cuciture basterebbe pensarlo come è stato fatto per la custodia del tablet chiusa presa in esempio nel capitolo 8: una frontura si occupa della parte che ricopre il palmo e una frontura della parte che ricopre il dorso. Ma in questo modo, come per la custodia, si rinunciarebbe a tutte le imbottiture che il guantone possiede, quello che si otterrebbe sarebbe un guscio vuoto.

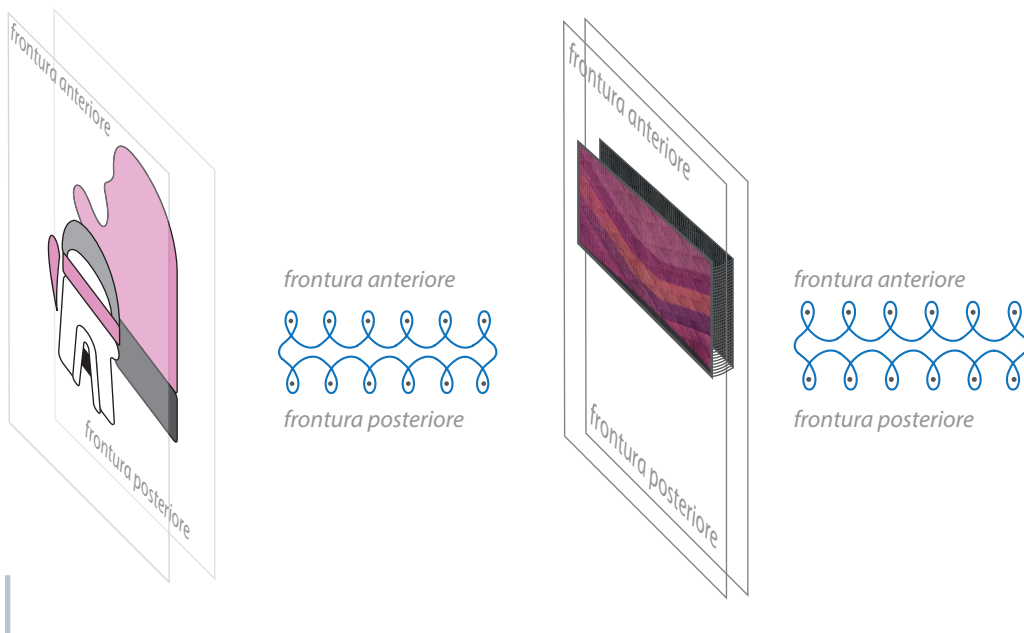
Dato che fa parte degli obiettivi anche la creazione di un guanto che abbia le stesse performance di uno tradizionale, questa ipotesi è evidentemente da scartare. Si dovrà pensare a come piuttosto ottimizzare le cuciture successive che si presenteranno.

Quindi se immaginiamo che le due fronture possano essenzialmente dar vita a delle "tasche" si può notare che nel caso del guantone le tasche presenti sono essenzialmente 3:

- 1. La parte del dorso della mano che contiene l'imbottitura principale e quella del polso**
- 2. La parte del guanto in cui si infila la mano**
- 3. La parte del palmo che contiene spacer e le altre imbottiture**

Per procedere basterà dunque sfruttare le fronture in modo che creino le componenti del palmo e successivamente quelle del dorso.

Unendo le due si otterà la terza tasca in cui si infilerà la mano.



NON SI POSSONO CEARE IMBOTTITURE

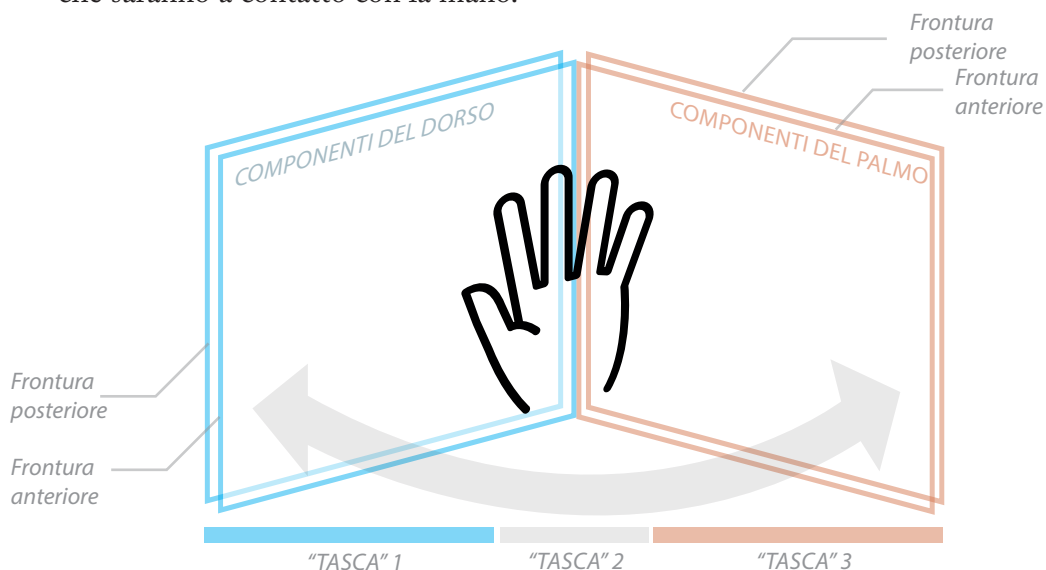
SARANNO NECESSARIE CUCITURE SUCCESSIVE

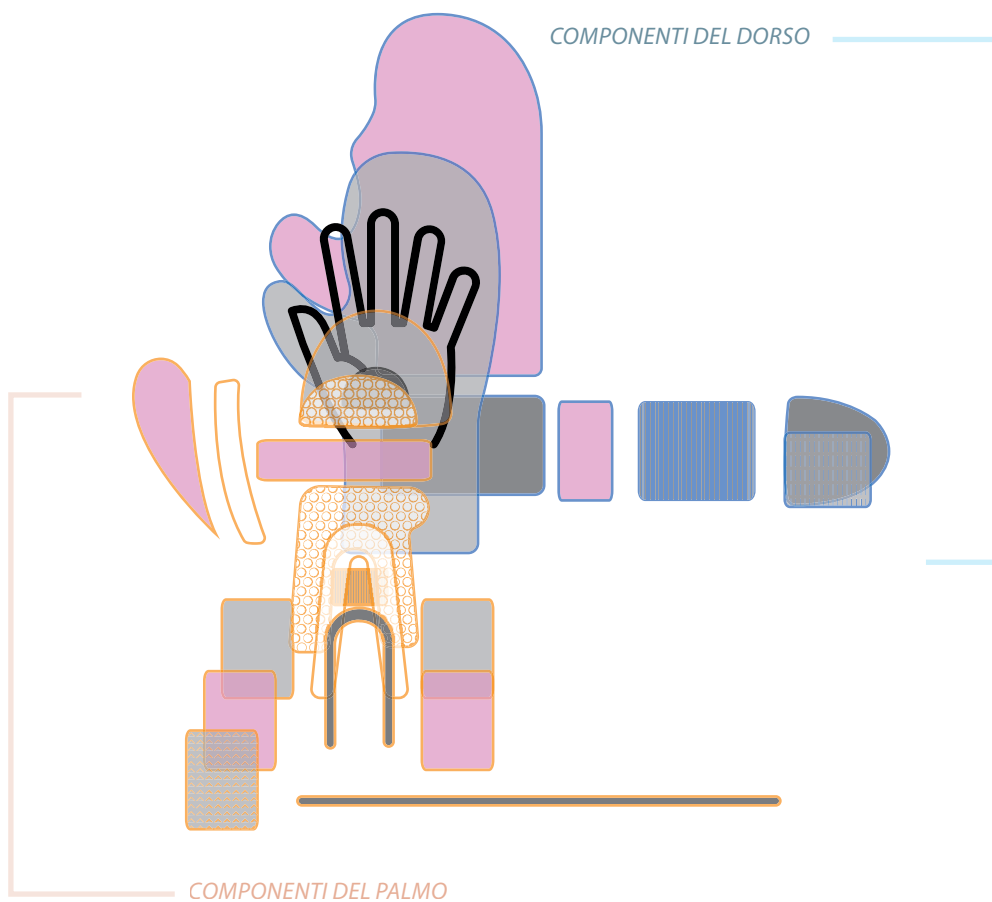
Quello che verrà fatto in questa fase è utilizzare le fronture in modo che creino prima il dorso, e successivamente il palmo. Dallo schema sulla destra si può vedere come la mano sia racchiusa tra diverse componenti.

La parte del dorso conterrà l'imbottitura principale, per questo motivo c'è la necessità di utilizzare due fronture. Allo stesso modo la parte del palmo presenta delle imbottiture che dovranno essere create grazie a due fronture.

L'unione della parte posteriore del dorso con quella anteriore del palmo creerà la tasca principale che contiene la mano dell'atleta.

Lo step successivo è quindi immaginare le parti accoppiate per fronture come se fossero dei piani, questo rende più chiaro il processo e rende comprensibile al progettista quale parte sarà creata sulla frontura anteriore e quale su quella posteriore. Nel caso del guantone saranno sulla frontura posteriore tutte le componenti a contatto con l'esterno, saranno invece su quella anteriore le parti che saranno a contatto con la mano.





STUDIARE E DIVIDERE LE COMPONENTI PRESENTI NEL PROCESSO DI PRODUZIONE ATTUALE AIUTA IL PROGETTISTA A CAPIRE COME ACCORPARE LE COMPONENTI SFRUTTANDO LE FRONTURE.

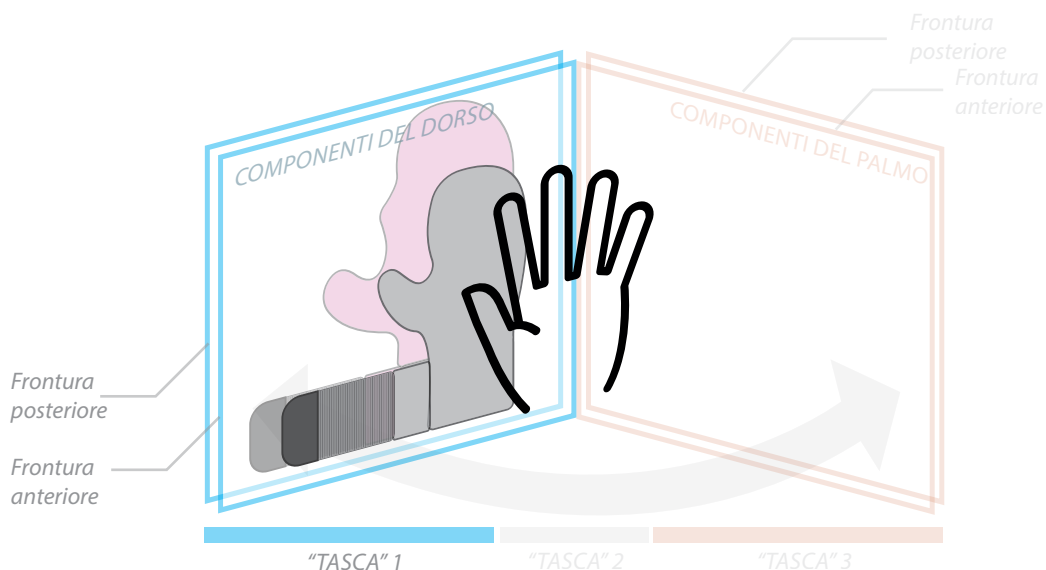
## COMPONENTI DEL DORSO

Suddividendo le parti del dorso nelle due fronture si potrà scegliere la lavorazione adatta per connetterle in modo da creare parti imbottite o tasche.

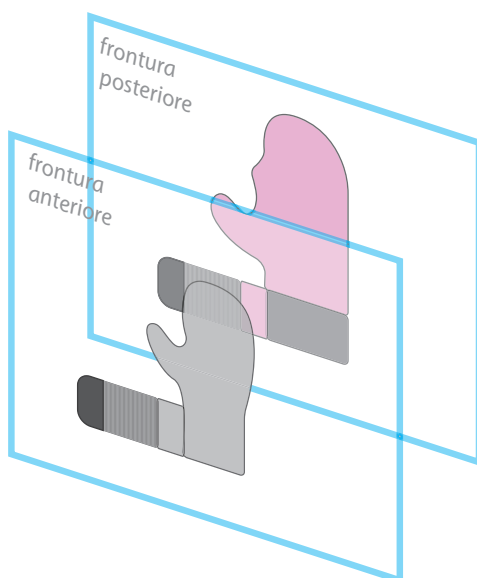
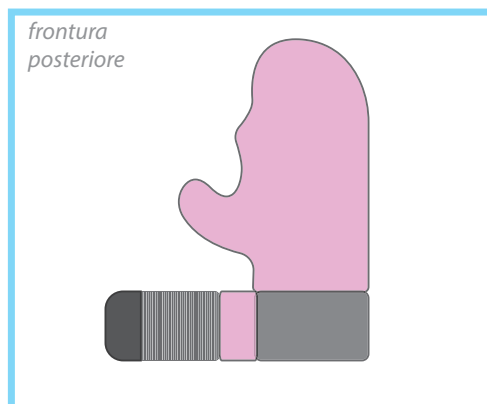
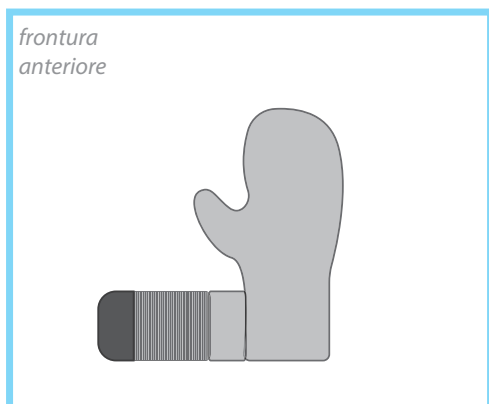
L'importante è avere separato la lavorazione della fodera (in grigio) da quella dell'esterno del guantone.

Questo permetterà non solo di poter lavorare insieme sulla stessa frontura le componenti che hanno le stesse caratteristiche ma di creare tra le due fronture quella "tasca" che sarà poi utile per l'inserimento dell'imbottitura principale, vincolo posto a monte del progetto.

Impostando le fronture come se fossero dei piani rende comprensibile al progettista che queste lavorano in due dimensioni, sarà quindi più semplice effettuare lo sviluppo piano delle figure per la creazione del pezzo.







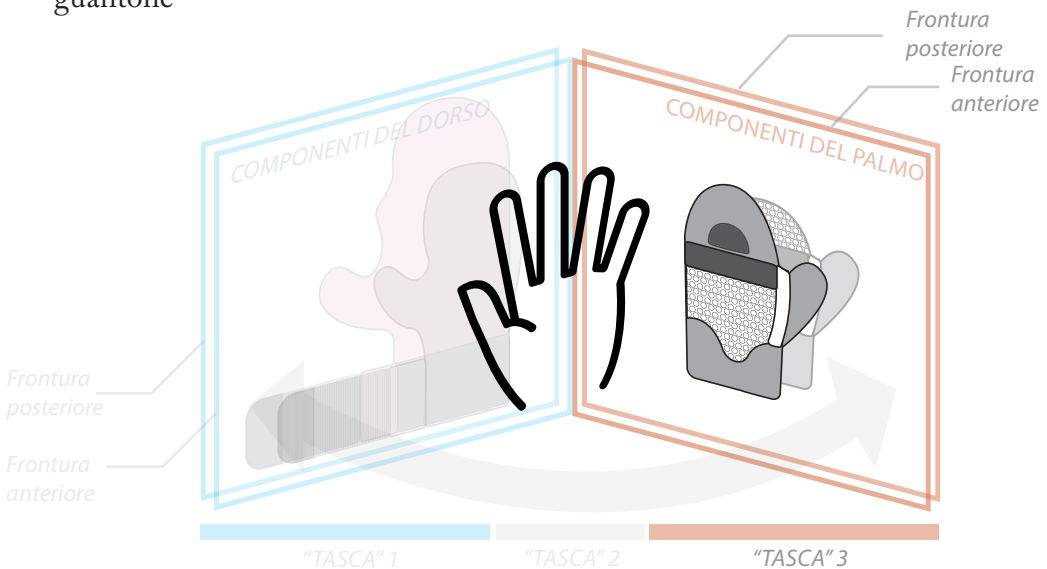
## COMPONENTI DEL PALMO

Allo stesso modo è stato fatto per le componenti del palmo. dividerle in due parti è necessario per garantire che al loro interno sia possibile creare delle lavorazioni (come ad esempio le imbottiture) dato che sfruttare in coppia le fronture è quello di permette di usare al meglio la tecnologia.

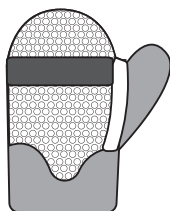
In una frontura saranno presenti gli elementi a contatto col palmo, nell'altra, invece, gli elementi a contatto con l'esterno.

Utilizzando lo scema che mostra l'unione delle due "tasche" che contengono le lavorazioni del dorso e quelle del palmo, si comprende quale parte dovrà essere lavorata sulla frontura posteriore e quale su quella anteriore, in modo che chiudendosi creino la tasca adatta alla mano.

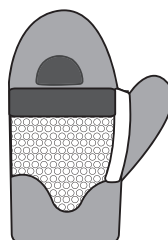
Una volta definiti questi step si può iniziare a pensare lo sviluppo piano del guantone



frontura  
posteriore

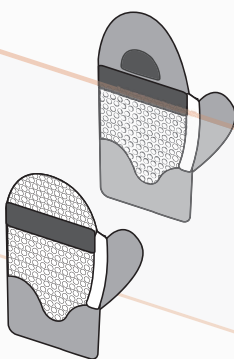


frontura  
anteriore



frontura  
anteriore

frontura  
posteriore



### 12.3.3 Sviluppo piano

*“Per quanto questa tecnologia sia anche conosciuta come 3D knitting, i software lavorano in 2D, le forme da ottenere devono quindi essere sviluppate in piano”*

Grazie al fatto che nel caso del guantone si tratta di una riprogettazione e non di un progetto di un oggetto da zero, si sono potute sfruttare le componenti create per il processo precedente, il cut&sew, che sono anche queste sviluppate in piano.

Una volta stabilito come utilizzare le fronture nella progettazione bisogna procedere allo sviluppo piano delle figure. Questo perché i macchinari per maglieria che creano smart knitting sono, come abbiamo visto, macchine rettilinee, cioè lavorano in 2D. Il fatto che dalla macchina possano uscire prodotti tridimensionali è dovuto alle informazioni che si danno per la creazione dei punti.

Prendiamo come esempio la scatola fatta in maglia . Come si può notare non presenta cuciture successive. Per crearla è stato necessario farne lo sviluppo piano e grazie alle informazioni date in macchina l'unione automatica delle aree “vuote” ha fatto sì che questa si conformasse come una scatola senza bisogno di processi di cucitura successivi.

Questo è il principio sottostante alla lavorazione “preforma 3d” vista nelle schede. Lo sviluppo piano dovrà essere fatto anche per il guantone per evitare i processi successivi di cucitura.

Il guantone infatti possiede la sua parte terminale a forma di “cuffia” in cui viene inserita l'imbottitura principale.

La sua creazione, nel processo tradizionale, viene così ottenuta perché la parte del dorso è molto più lunga della sua fodera e del palmo. L'addetto a cucire le due parti è costretto a creare queste “grinze” per fare in modo che queste due parti coincidano e che siano successivamente imbottite.



fig.12.33 Dettaglio grinze guantone



fig.12.34 Dorso e fguanto (1)



fig. 12.35 Scatola in maglia



fig.12.36 Dorso e guanto (2)



Questa operazione nel processo dello smart knitting non è più necessaria se si utilizza, come si è fatto nella scatola, lo sviluppo piano della forma che si vuole creare.

La creazione dello sviluppo del dorso va pensata come se fosse un foglio di carta. Poiché la sua forma è assimilabile a quella di una cupola, il suo sviluppo sarà presumibilmente simile a quello riportato in figura.<sup>1</sup>

Sfruttando questa grande caratteristica del macchinario dunque verranno evitate quelle grinze che invece sono molto evidenti attualmente.

In un oggetto a contatto con la pelle, che sia la propria o che sia, come in questo caso, quella dell'avversario è sempre positivo ridurre al minimo le parti che possono creare graffi ed escoriazioni. Attualmente questi piccoli difetti del guantone sono anche caratteristici dell'oggetto e gli donano riconoscibilità, ma nell'ottica del miglioramento dal punto di vista delle performance, evitare che sia presente qualsivoglia sporgenza può solo giovare all'atleta.

Il fatto che non siano presenti delle grinze aiuta anche la grafica del guantone, nei guantoni attuali il punto di connessione e arricciamento è quello più soggetto a rovinarsi, mentre se tutta questa parte in maglia risulta liscia ne gioveranno anche i disegni e la grafica scelta.

Creare l'oggetto con questa lavorazione inoltre farà risparmiare moltissimo materiale dato che attualmente la componente del dorso è molto più lunga del guantone stesso.

---

<sup>1</sup> La sfera, a differenza di un poliedro che può essere "tagliato" lungo gli spigoli fino a distenderlo su un piano, non ha spigoli e qualsiasi taglio permette di ottenere solo uno sviluppo approssimato. Tale sviluppo approssimato è ottenibile effettuando una suddivisione della superficie in spicchi, ciascuno dei quali risulta avere una altezza pari alla semicirconferenza ( $Qr$ ) mentre gli spicchi accostati daranno la lunghezza dell'intera circonferenza ( $2Qr$ ).

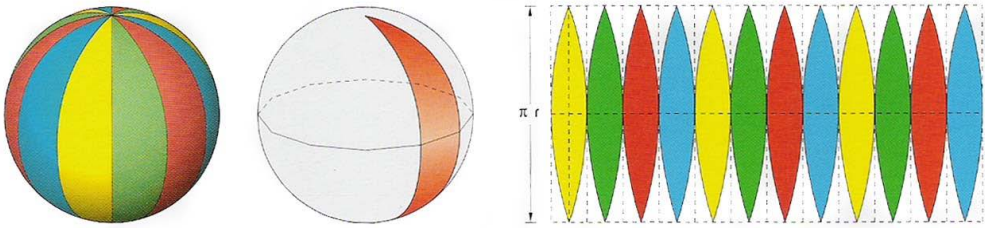


fig.12.37 Sviluppo piano sfera

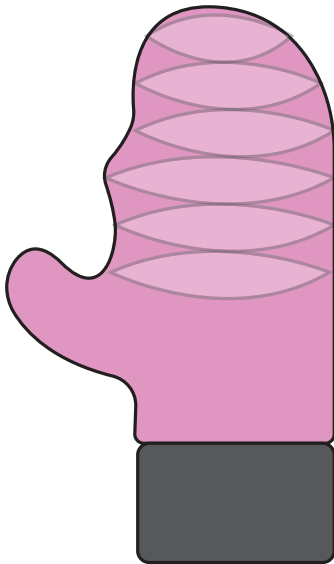


fig.12.38 Sviluppo dorso guantone

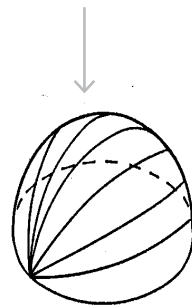
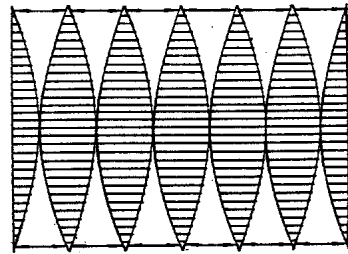


fig.12.39 Sviluppo piano cupola

#### 12.3.4 Lavorazioni

*“Queste sono le capacità che la maglieria possiede, conoscerle e sapere come combinarle farà sì di poter progettare evitando sprechi e operazioni successive”*

Sfruttando le due fronture si potranno lasciare aperte le parti in cui verrà inserita l'imbottitura. Per forma e dimensione, rimanendo fedeli all'obiettivo di ridurre i pezzi il più possibile, l'obiettivo della riprogettazione è quello di mantenere solo una imbottitura, quella principale, e sostituire invece tutte le altre.

La scelta di tenere l'imbottitura principale come vincolo è stata dettata dal fatto che per dimensione e performance, ad oggi sarebbe difficile sostituire questa grande imbottitura. Si è anche deciso di mantenerla dato che è la principale fonte del peso del guantone, il peso per questo oggetto è molto importante dato che sancisce la categoria di riferimento (once, OZ) e ha delle performance difficili da replicare.

Tutte le altre imbottiture invece possono essere create attraverso lo smart knitting e in seguito vedremo in che modo.

Dunque il primo obiettivo è certamente diminuire il numero di componenti rispetto a quelle create con il guantone tradizionale.

Grazie alle tecniche di lavorazione l'obiettivo da porsi è:

- **Eliminare tutte le imbottiture, eccetto quella principale**
- **Creare la maggior parte delle altre componenti del guantone attraverso un solo pezzo in smart knitting**

1



Lavorazione **JACQUARD**

---

2



Lavorazione **INTARSIO**

---

3



Lavorazione **VANISÈ**

---

4



Lavorazione **TRAMATO**

---

5



Lavorazione **PREFORME 3D**

---

6



Lavorazione **SPACERS**

---

7



Lavorazione **TUBOLARE**

---

8



Lavorazione **MULTI-FINEZZA**

---

9



Lavorazione **IMBOTTITURA/ INSERTI**

---

10



Lavorazione **2.5D**

## LAVORAZIONI DEL DORSO

Si inizierà a considerare arbitrariamente dalle lavorazioni del dorso.

Quello che è necessario per la creazione di questa parte che coinvolge gli elementi del dorso è :

1. La creazione di una **preforma 3D** che renda possibile l'inserimento dell'imbottitura principale
2. L'utilizzo di una lavorazione di **spacer** che possa sostituire quella attualmente presente sul polso per ottenere la riduzione delle componenti delle imbottiture esistenti.
3. La possibilità di sostituire la stampa per serigrafia con cui viene creata la grafica con una lavorazione **intarsio o vanisè** che permettano la composizione direttamente possibile
4. l'utilizzo di una lavorazione che renda il guanto stabile come il **tramato** sulla parte del dorso
5. La possibilità di creare il velcro già nel suo posto con una **lavorazione 2,5D**, punto spugna.

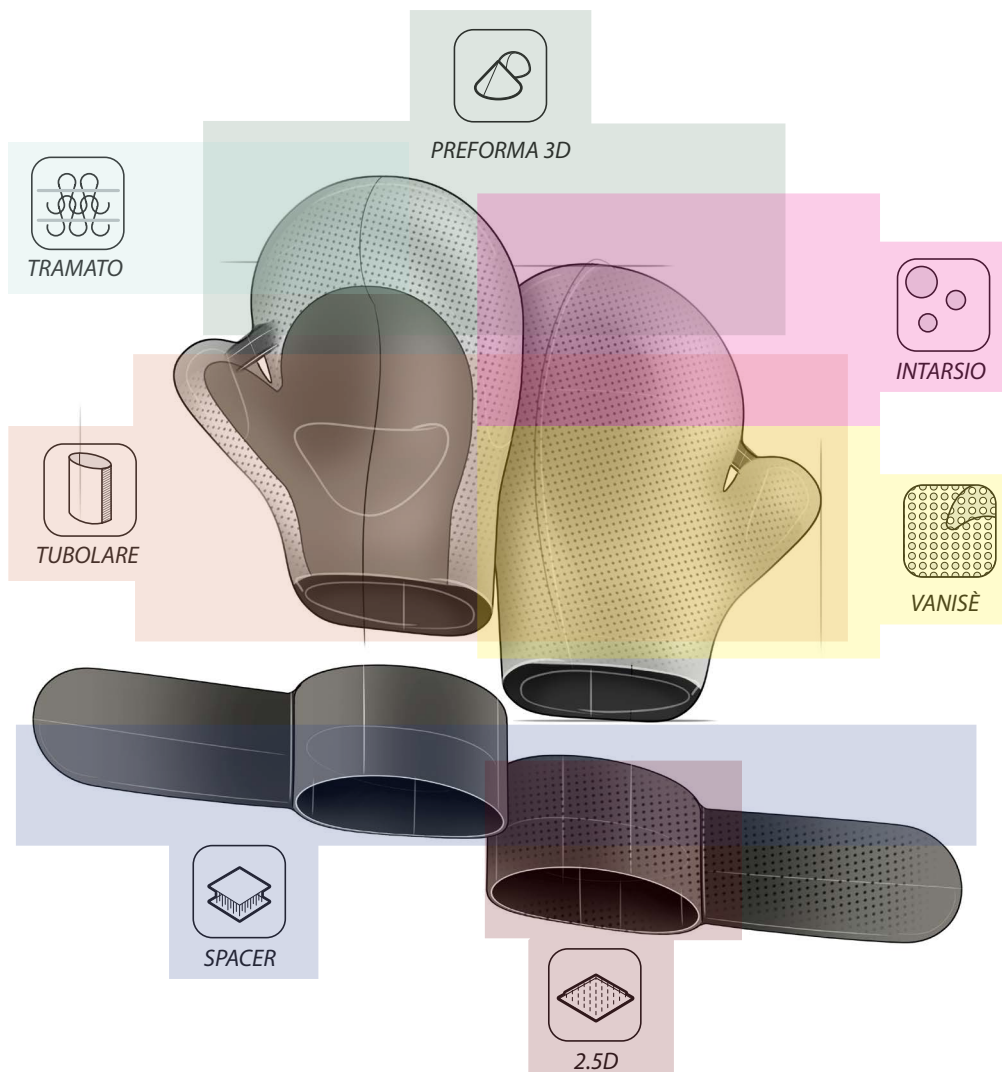
Utilizzando queste tecniche è possibile creare con il lavoro di due fronture, quindi in una sola lavorazione, tutti quei pezzi che prima venivano cuciti insieme.

Grazie a questo metodo si possono ottenere alcuni vantaggi rispetto al guantone tradizionale che comprendono l'utilizzo di meno pezzi possibile, l'assenza di cuciture, la possibilità di creare una grafica in macchina.

Allo stesso modo si dovrà quindi creare la seconda "tasca" del guantone ossia gli elementi che coinvolgono il palmo.

In questo caso le fronture lavoreranno collegate dato che non c'è bisogno di lasciare aperto nessun tubolare per l'inserimento di imbottiture poiché l'obiettivo è quello di sostituire le più piccole con una lavorazione spacer.





## LAVORAZIONI DEL PALMO

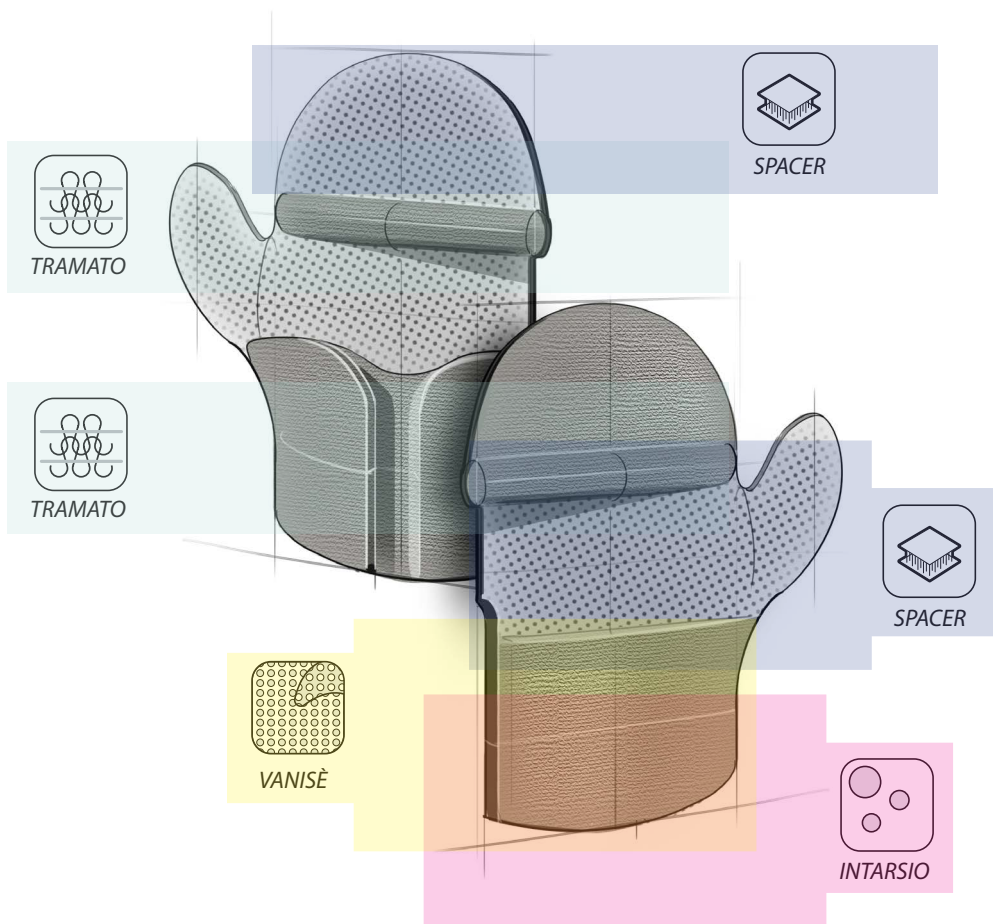
Data la configurazione del guantone, si progettano le sue forme per fare in modo che la parte del palmo rimanga più traspirante possibile in modo che non resti all'interno del guantone il sudore che può portare a cattivi odori e al deterioramento dell'imbottitura.

Le caratteristiche che avremo sono:

1. Lavorazione **spacer/tramato** per sostituire per sostituire le 3 imbottiture de palmo
2. Lavorazione **spacer** a punto aperto per favorire la traspirazione e creare uno spessore per aumentare la morbidezza
3. Lavorazione **tramato** nell'area delle dita e del pollice per dare supporto e rigidità al pugno.
4. la creazione di una lavorazione a **intarsio/vanisé** per riprendere la grafica del dorso anche sul palmo.

Sfruttando le lavorazioni dello smart knitting si possono prima di tutto sostituire tutte le imbottiture presenti sul palmo della mano, in questo modo si otterrà una notevole diminuzione delle componenti. Inoltre grazie alla lavorazione tramato verranno rese ancor più rigide e supportate le parti del polso e delle dita e sarà possibile creare la grafica fatta sul dorso anche sul palmo della mano poichè è un processo fatto direttamente in macchina e non crea ulteriori processi successivi.

Avendo stabilito la tipologia delle lavorazioni che si avranno per le due parti, è il momento di pensare a come poterle unire per fare in modo di creare la terza "tasca", quella in cui entrerà la mano.



## LE LAVORAZIONI ACCOPPIANDO LE FRONTURE

Dopo aver stabilito la tipologia delle lavorazioni che si avranno per le due parti, è il momento di pensare a come poterle unire per fare in modo di creare la terza “tasca”, quella in cui entrerà la mano.

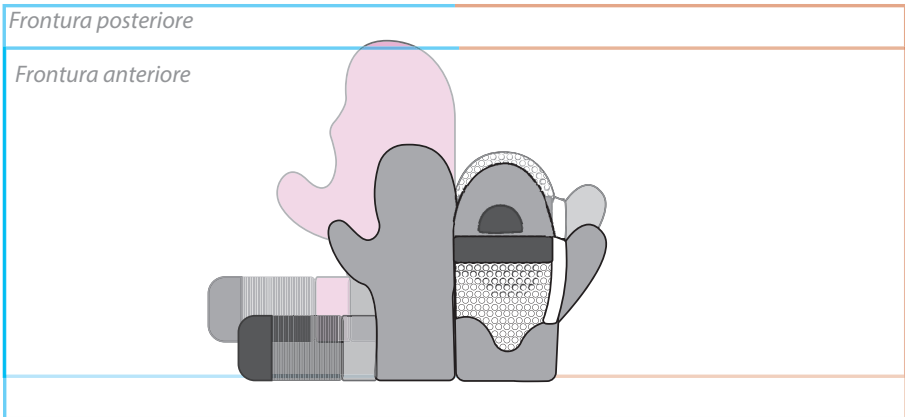
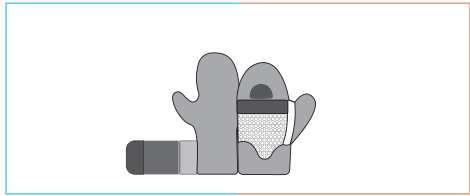
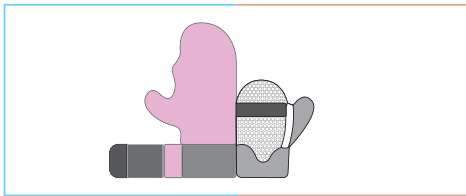
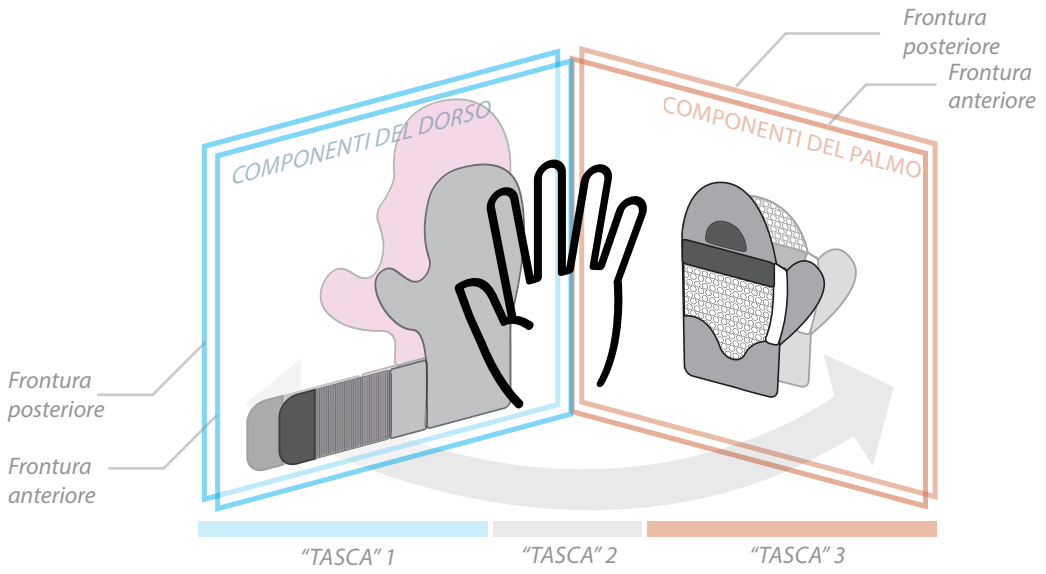
Per prima cosa quindi si procede a combinare le lavorazioni di palmo e dorso per far sì che possano venir create in un unico pezzo sulle fronture.

Questa disposizione permette che per chiudere l'intero guantone sia necessaria una sola cucitura.

Pensando poi di dover inserire l'imbottitura principale e un'apertura per l'inserimento della mano, si può pensare di ottimizzare queste due necessità facendo sì che l'imbottitura venga inserita dall'alto mentre l'apertura per la mano sia lateralmente, in questo modo si può risparmiare sulla lunghezza della cucitura stessa, ottimizzando questo post processo.

Attualmente il guantone viene cucito a rovescio, lasciando una piccola parte aperta per l'inserimento dell'imbottitura. Questa operazione viene fatta manualmente ed è molto faticosa, l'operatore deve mettere tutta la sua forza per far entrare l'imbottitura in sede.

In questo modo, poiché tutta la parte dovrà essere cucita è possibile lasciare la parte anche tutta aperta per permettere di infilare l'imbottitura con facilità, e poi cucire il tutto. In alternativa a questa soluzione è possibile lasciare un'apertura per l'imbottitura sul dorso del guantone, in corrispondenza del polso, in modo da poter tenere chiusa questa parte.



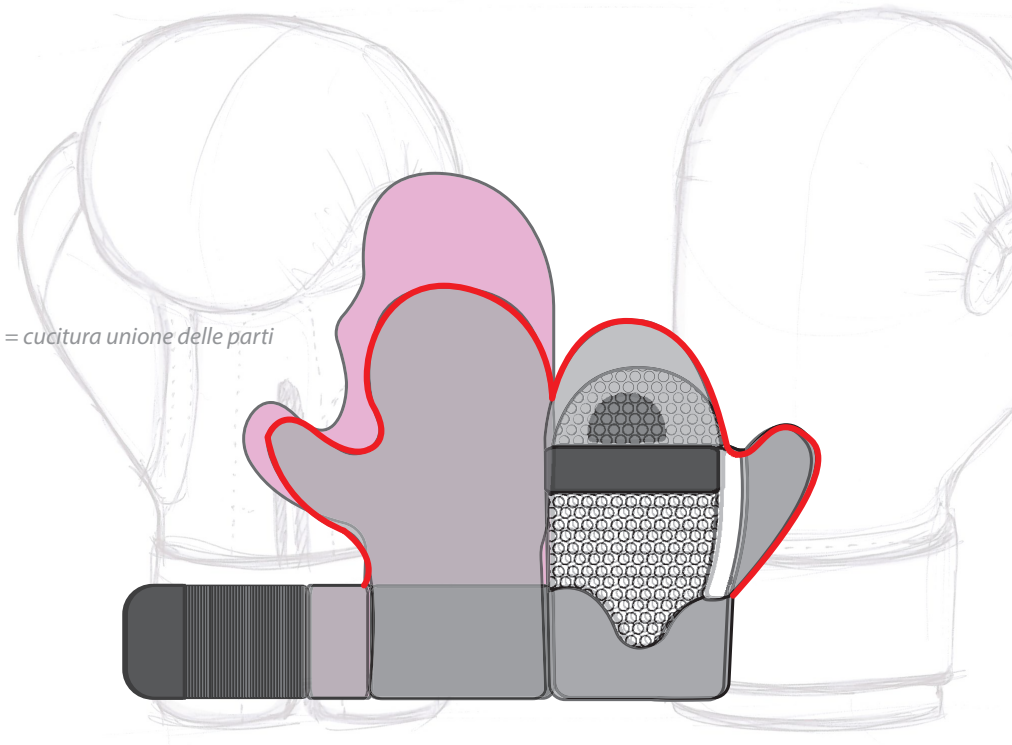


QUANTITÀ DA BOXE, RIPROGETTO  
DA OUT & SEW → SMART KNITTING

IMBOTTITURA  
PRINCIPALE

PARTE III: ELABORATO

 = cucitura unione delle parti

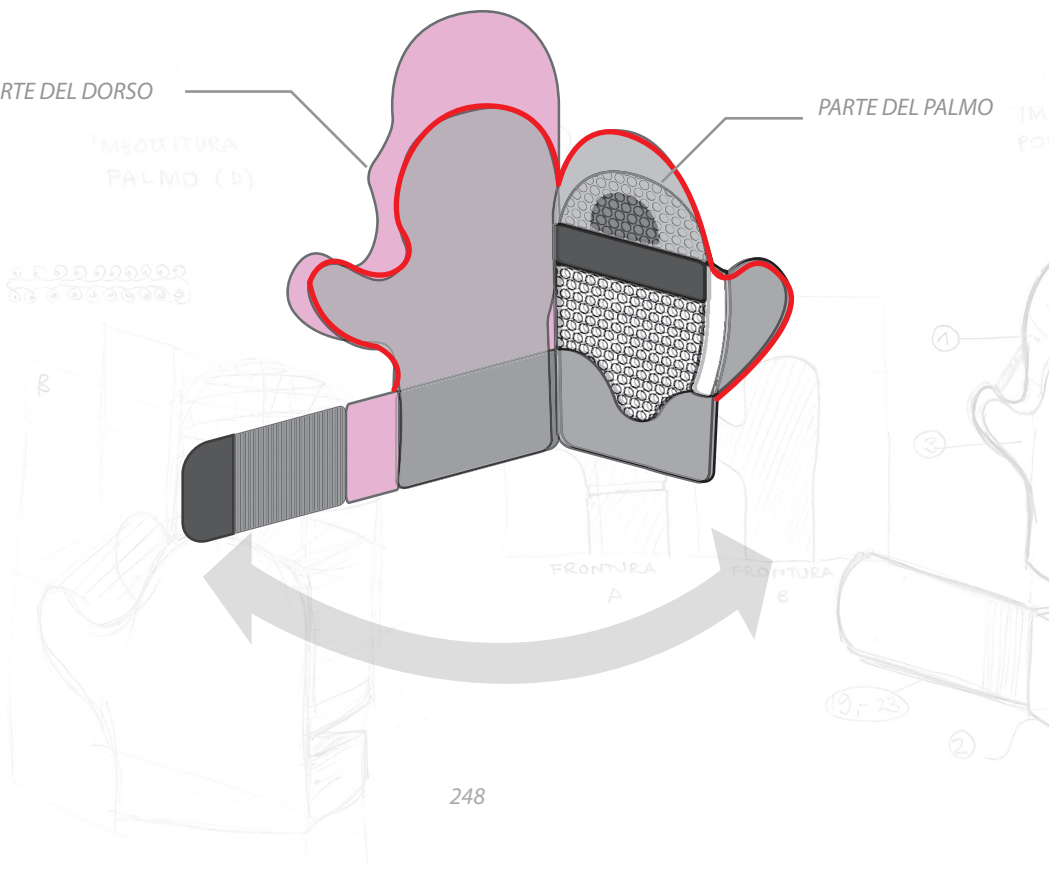


PARTE DEL DORSO

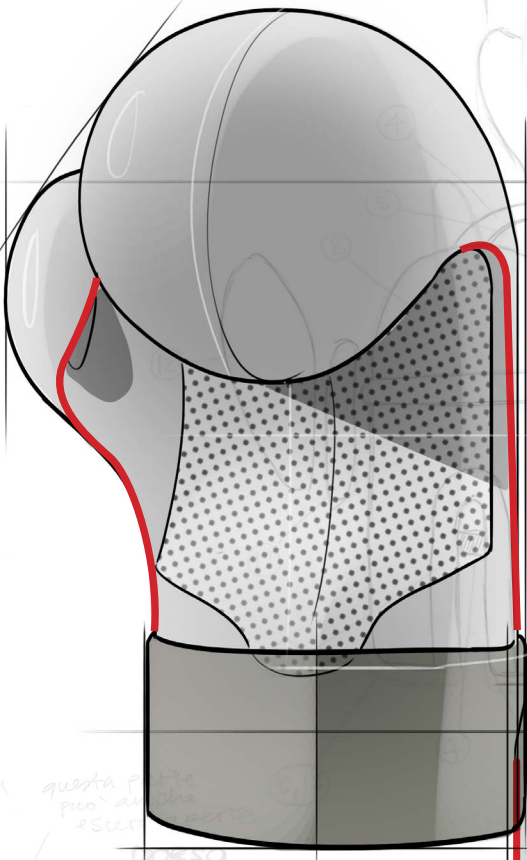
PARTE DEL PALMO

IMBOTTITURA  
PALMO (D)

FRONTURA B  
FRONTURA A

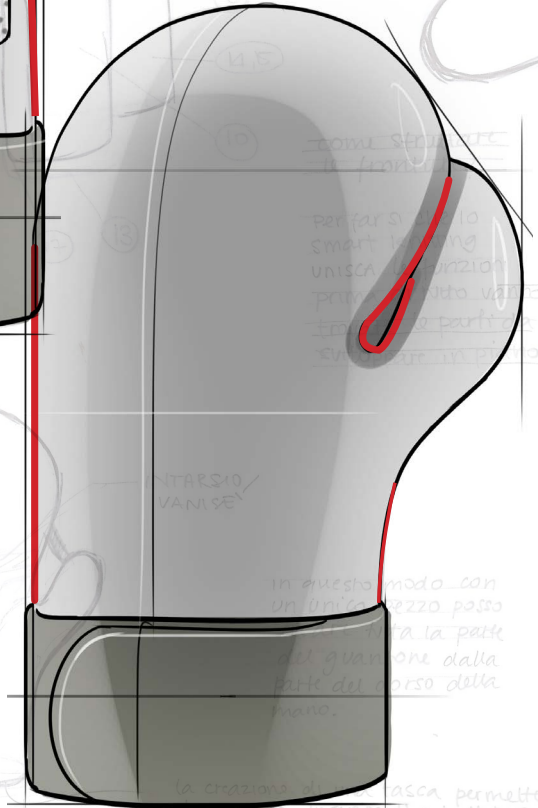


GUANTONE  
DESTRUTTURATO



UNENDO LE PARTI IN QUESTO MODO SI  
AVRÀ UNA SOLA CUCITURA LUNGO IL  
GUANTONE

IL NUMERO DI PEZZI PER COMPORRE IL GUANTO SI  
È RIDOTTO AD UN UNICO ELEMENTO A CUI DOVRÀ  
ESSERE AGGIUNTA SOLAMENTE L'IMBOTTITURA  
PRINCIPALE.



TRAMATO/  
SPACER

LAYERING

PUNTO  
SFIGNA  
(2,5D)

FRONTURA  
POSTERIORE

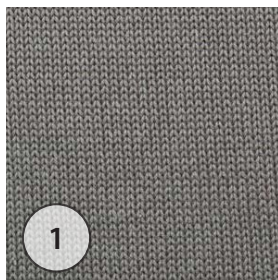
### 12.3.5 Punti e finezza

*“Proprio come uno schermo, il macchinario semplifica i punti di maglia a dei pixel, la gestione del loro posizionamento e del loro pattern avrà come principale risultato l’aspetto estetico dell’oggetto”.*

I punti sono la caratteristica della maglieria che influenza l'estetica di un oggetto, ma non solo, i punti possono anche aggiungere importanti caratteristiche funzionali. Per il guantone infatti, la selezione dei punti e della finezza sarà fondamentale per aumentare alcune delle sue caratteristiche.

- **Parte esterna del guanto**, quella che ricopre le nocche, è necessario che questa parte sia liscia ed esente da texture. Questo per due motivi: primo per evitare graffi o danni all'avversario o a chi riceve il colpo, secondo per far sì che l'imbottitura all'interno rimanga stabile e che delle eventuali “briciole” di imbottitura fuoriescano dalle maglie. Si è tentato di arginare questo problema utilizzando la lavorazione tramato, in modo che il movimento delle maglie fosse bloccato e che il tessuto rimanesse il più stabile possibile. Ma si può aumentare questa caratteristica scegliendo sicuramente una finezza molto sottile, usando degli aghi piccoli e dei fili sottili infatti si riuscirà ad avere una texture ancora più fitta, inoltre la scelta di un tipo di punto compatto e liscio come la maglia unita sarà perfetto.
- **Fodera interna**. Per questo elemento valgono le stesse considerazioni del precedente. Questo infatti non è a contatto con nessun la pelle dell'avversario, ma con la pelle di chi lo indossa, per questo motivo la texture deve essere liscia e non creare irritazioni. Inoltre è a contatto con l'imbottitura principale del guantone che deve rimanere solida e al suo posto. In più il sudore della mano non deve raggiungere l'imbottitura perchè potrebbe impregnarsi di sudore e creare cattivi odori. Un punto molto fitto, insieme ad un filato impermeabile (come il Nylon) aiuta a raggiungere lo scopo.
- **Polsino esterno**. La parte del polso sarà ricoperta da il punto spugna che, creato con un materiale sintetico come il nylon, sarà il velcro femmina.

*Fodera interna*



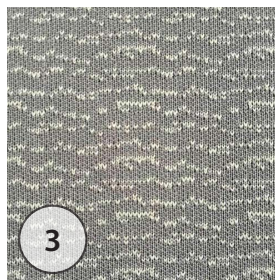
*Finezza sottile, punti fitti, permette che il sudore non raggiunga l'imbottitura*

*Polsino esterno*



*Finezza sottile, punti aperti e sollevati, funge da velcro femmina*

*Copertura esterna*



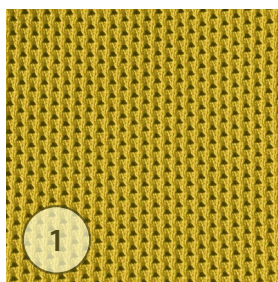
*Finezza sottile, punti fitti, rendono la texture liscia. I fili di tramato rendono la struttura più rigida e permettono maggiori possibilità per la grafica*



- **Fodera interna.** La fodera interna in questo caso, a differenza di quella del dorso non è a contatto con l'imbottitura ma con l'esterno. Questo fa sì che si può sfruttare più superficie possibile per rendere questa parte traspirante verso l'esterno. Anche in concomitanza con l'imbottitura infatti questa può essere traspirante, dato che gli spacer sono fatti al loro interno con fili sintetici (solitamente nylon) per questo motivo e per il fatto che non hanno una texture fitta il sudore può passare attraverso facilmente senza rinunciare all'effetto imbottitura che questo tipo di lavorazione offre. La finezza però sarà fine per essere coerente con tutto il resto dell'oggetto.
- **Palmo.** Per quanto riguarda questo elemento i punti possono essere larghi e traspiranti. L'ispirazione a questa tipologia di punto viene dal modo delle calzature sportive in maglia che la utilizzano per avere uno scambio maggiore d'aria con l'esterno. Questo tipo di punto non va a compromettere la finezza sottile dell'intero oggetto. Se può sembrare che questo tipo di pattern sia al tatto più ruvido e spesso dei punti a maglia unita, è bene tenere presente che i guanti devono sempre essere indossati con le fasce e che quindi in questa zona si può scegliere una texture anche più spessa.
- **Copertura esterna polso.** Allo stesso modo della copertura esterna del guantone si è scelta questa tipologia di punto per dare una grafica coerente anche alla parte interna del guantone. Questo perché attualmente la grafica viene ricavata solamente sull'esterno per questione di processi e di costi mentre in questo caso, dal momento che questo tipo di lavorazione viene fatta in macchina, non ho problemi di lavorazioni successive e si può dare all'oggetto una coerenza estetica in ogni sua parte perché non si è vincolati dai diversi materiali che formano le parti.

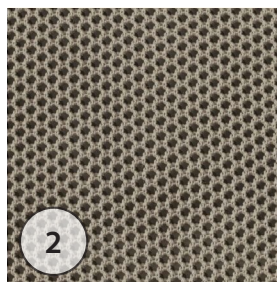


Grip



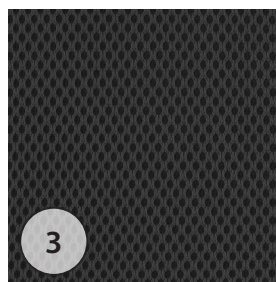
*Mesh leggermente aperta, contiene l'imbottitura per dare grip*

Palmo



*Punti aperti, completamente traspiranti e leggeri*

Copertura esterna polso

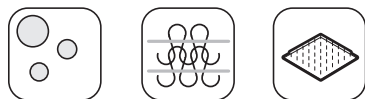


*Finezza sottile, punti fitti, rendono la texture liscia ma allo stesso tempo creano l'imbottitura a spacer.*



PARTE III: ELABORATO





### 12.3.6 Post processes

*“A volte la gestione delle fasi successive alla macchina deve essere presa in considerazione ma l’obiettivo rimane ridurre al minimo questa fase”.*

Si è arrivati infine alla gestione dei post processi. Come si è visto il guanto uscirà dalla macchina completo al 90%. Per ottenere la sua forma e la sua completa funzionalità è necessaria:

- **Una cucitura che unisca le parti**
- **L’inserimento dell’imbottitura principale del guantone**
- **L’applicazione della parte maschio del velcro**
- **Stesura di un layer impermeabile sulla parte esterna del guanto**

### **CUCITURA**

Per quanto riguarda la cucitura, questa è necessaria a chiudere il guantone ma quello che è stato possibile fare per agevolare questa operazione successiva è stato innanzitutto combinare le lavorazioni dorso-palmo in modo che risultassero sulla stessa frontura avendo così l’intero guantone in un pezzo anziché due. Questo ha avuto il vantaggio di permettere all’operatore che si occuperà della cucitura delle parti di avere una metà su cui piegare e aumentare così la precisione del centraggio e quindi la replicabilità di questo processo seppur manuale.

Per sfruttare il fatto che questa cucitura fosse necessaria inoltre sono state ricavate due features importanti.

La prima è l’apertura che permette alla mano di entrare nel guantone. Nei guantoni attuali questa è al centro del palmo, Sfruttando invece la separazione delle parti è stato possibile crearla a lato della mano semplicemente interrompendo la linea di cucitura.





## **IMBOTTITURA**

Il secondo vantaggio deriva dal fatto di poter sfruttare questa cucitura per l'inserimento dell'imbottitura principale. Attualmente questa è un'operazione faticosa che si fa a fine processo, ma si può semplificare lasciando aperta la lavorazione tra palmo e fodera del dorso per poi cucire tutte insieme queste parti successivamente.

Sempre per quanto riguarda l'imbottitura principale ci sono più di un'opzione possibile. Infatti si può pensare di rendere l'imbottitura sfoderabile aggiungendo un bottone o un velcro (o qualsiasi altro tipo di chiusura) sul polso per far sì di poter estrarre l'imbottitura dal guantone per lavare il resto o semplicemente per sostituire il componente dopo un utilizzo eccessivo.

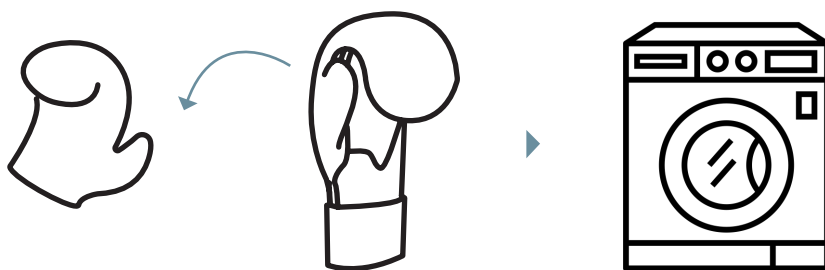
Sicuramente il cattivo odore è uno dei problemi principali legati al guantone. Questo si genera perché il sudore si impregna nelle imbottiture e ristagna creando lo sgradevole odore. Purtroppo anche lavare il guantone non è un'operazione consigliata dato che rischia di rovinarsi e di sbriciolare l'imbottitura, oltre alla mera difficoltà che comporterebbe l'asciugarlo.

La struttura in smart knitting aiuta la traspirabilità ma qualora non fosse abbastanza sfoderare il guantone dalla sua imbottitura sarebbe ideale per poterlo lavare comodamente a mano o in lavatrice.

In alcuni modelli si inserisce l'imbottitura in un involucro di plastica per aumentare l'isolamento tra l'imbottitura e il resto dei tessuti.

Lo stesso principio può essere applicato nell'ottica della vendita e della completa customizzazione: la scelta dell'imbottitura può essere una discriminante per la scelta delle onces del proprio guantone o il fatto che possano essere possibili diverse colorazioni. Queste possono essere combinate con le texture dei guantoni.

Le strade su questo punto sono aperte, sta al progettista gestire le caratteristiche dello smart knitting in modo da raggiungere i suoi obiettivi di progetto.



Con l'imbottitura resa sfoderabile è possibile lavare il guanto

## **VELCRO**

Un'altra operazione necessaria sarà quella di applicare il velcro maschio sulla striscia di chiusura in modo che si accoppi con quello femmina. Attualmente purtroppo non è un componente replicabile dalla macchina ma riduce le componenti da acquistare separatamente. Verrà applicato tramite cucitura in una zona della striscia lasciata libera per favorirne il posizionamento.

## **LAYER IN POLIURETANO**

Un post process fondamentale che aumenterà la performance del guanto è sicuramente la stesura di un layer impermeabile sulla parte esterna del guantone.

Questo perché, come più volte ripetuto, si cerca di evitare che l'atleta che subisce il colpo venga anche graffiato dal guanto. Nello smart knitting glove la possibilità di graffi è ridotta al minimo proprio perché sono ridotte al minimo le cuciture ma anche la texture stessa della maglia nonostante la scelta dei punti e della finezza potrebbe non essere abbastanza liscia e soprattutto non impermeabile.

La maglieria ha come punto debole il fatto che può rovinarsi e i fili possono tirarsi, e questo sarebbe un problema perché al di sotto di questo strato è presente l'imbottitura principale. Dunque per far in modo che il tessuto si inspessisca e che risulti più resistente ma anche più liscio e soprattutto impermeabile è necessario unire questa lavorazione con un'altra: un layer di poliuretano come quello che Nike ha usato brevettandolo sotto il nome di Nikeskin.

L'applicazione di questo layer trasparente sul guantone avrebbe anche il vantaggio di "bloccare" la grafica creata in modo che, a differenza dei guantoni attuali in cui la stampa può rovinarsi, questo non può succedere dato che il disegno è intarsiato direttamente nella lavorazione a maglia.

Per l'applicazione si può procedere con due modalità. La prima è quella fatta come quella delle nikeskin: la tomaia viene stesa e il layer di poliuretano viene scaldato e pressato sopra. Allo stesso modo la lavorazione del guantone verrà

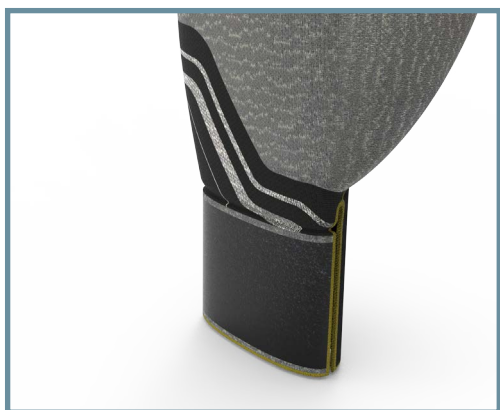


fig. 12.40 Velcro femmina creato sul guantone



fig 12.41 Velcro maschio applicato sulla striscia

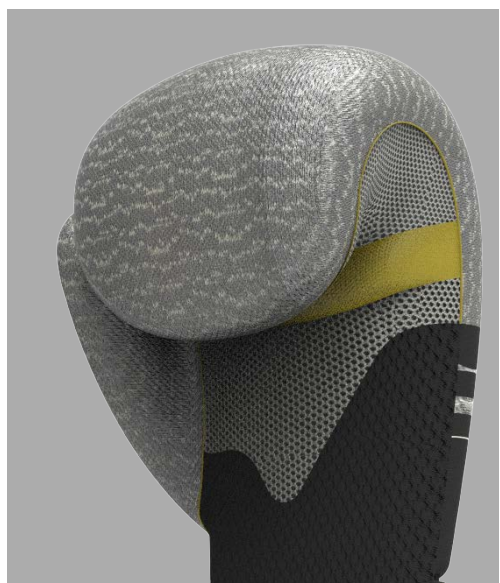


fig 12.42 Film di poliuretano su guantone



fig. 12.43 Film di poliuretano su scarpa

appiattita (prima dell'inserimento dell'imbottitura); il layer trasparente in poliuretano verrà applicato, l'imbottitura inserita e le cuciture eseguite.

STEP\_1° soluzione:

1. Smart knitting guantone
2. Applicazione layer
3. Cucitura di unione

La seconda modalità di applicazione invece è la possibilità di applicare questo layer alla fine del processo, con il guantone già imbottito e cucito. Questo processo è quello che solitamente si applica ai guanti da lavoro per conciliare la comodità del tessuto con la resistenza dello strato poliuretano.

In questo caso il guanto viene posto su delle barre, che muovendosi lo immergono in vasche di poliuretano liquido, il guanto viene estratto e lo strato plastico si asciuga, solidificandosi.

STEP\_2° soluzione

1. Smart knitting guantone
2. Cucitura di unione
3. Applicazione layer

Definire quale delle due è la scelta migliore è molto difficile senza averle prototipate. Quello però che si può vedere è che il poliuretano è usato per le sue caratteristiche di trasparenza e impermeabilità anche in altri settori, ad esempio il medicale, lo sportswear ecc (vedi articolo)

Questi film possono essere progettati per far sì che possano essere più o meno sottili, più o meno traspiranti a seconda delle esigenze di utilizzo.





fig. 12.44 Guanti da lavoro



fig 12.45 Applicazione Nike skin



fig 12.46 Processo produttivo applicazione layer su guanti da lavoro

## 12.4 COMPARAZIONE TRA PROCESSI

Come ultima fase non resta che fare una comparazione tra processi per capire se il riprogetto ha avuto successo.

Sicuramente si è riusciti a portare a termine gli obiettivi che ci si era posti, grazie allo smart knitting infatti è stato possibile:

- **Evitare sprechi di materiale**, rispetto al processo tradizionale del cut&sew infatti non ci sono sprechi di materiali poichè le parti non vengono ricavati da teli di tessuto tra loro diversi ma vengono creati grazie a diverse bobine di filo.
- **Diminuire il numero delle componenti**. E' stato possibile creare tutti i tessuti del guantone in un unico pezzo e, con una sola cucitura, il guanto è completo. Unica componenti in più è l'imbottitura principale che rimane invariata rispetto al guantone tradizionale.
- **Diminuire il numero di processi**. Conseguentemente alla drastica riduzione del numero di pezzi è stato possibile ridurre il numero delle operazioni fatte a macchina o manualmente con grande risparmio di tempi e di persone.
- **Implementare la replicabilità**. Una volta impostata la macchina e i filati, il macchinario può ricreare un numero infinito di pezzi che saranno sempre uguali tra loro. In questo modo si esclude i difetti che può creare sia l'addetto alla cucitura, sia i difetti che possono trovarsi in certe parti del telo di tessuto.
- **Migliorare la grafica**. La grafica del guantone rispetto ai modelli attuali è stata implementata dal momento che è direttamente intarsiata in maglia. Essendo ricoperta da un layer impermeabile non può rovinarsi come invece attualmente accade alla grafica stampata per serigrafia. Possono essere ricavati moltissimi effetti di colori e texture, inoltre i brand possono essere intarsiati nella grafica del guantone stesso.

- **Eliminare le grinze.** Il guantone in maglia è esente dalle grinze che ha attualmente il guantone tradizionale, questo permette di avere una texture liscia che favorisce il contatto e migliora la resa estetica della grafica.
- **Evitare rotture e difetti del materiale.** Sono proprio le cuciture a tirare il tessuto e a creare difetti, senza di queste il guanto risulta più stabile e compatto.
- **Contenere i cattivi odori.** È possibile strutturare il guanto in modo che l'imbottitura sia sfoderabile per essere sostituita, in modo da poter lavare il resto del tessuto del guanto.

In generale si può dire che il processo tradizionale rispetto quello di smart knitting ha una fase molto più breve di progettazione. Poiché lo smart knitting si appoggia sulle tecnologie di un macchinario, è infatti necessario assimilare questa tecnologia, comprenderla e riportare la parte progettata come istruzioni software alla macchina. Di contro il processo di smart knitting è molto più rapido nell'utilizzo della macchina, non ci sono azioni logistiche di acquisto tessuto, di addetti al taglio o alla cucitura, ma le operazioni manuali si limitano al caricamento delle bobine in macchina.

Si auspica che nel futuro, con l'avanzare della tecnologia, i macchinari diventino sempre più rapidi e precisi, e che la loro diffusione rientri in tanti altri ambiti.





*Naturalmente il guantone è un oggetto iconico, non è detto che il suo appeal “in maglia” soddisfi gli atleti più conservatori, ma guardando verso l’innovazione i vantaggi che queste nuove tecnologie ci offrono ci danno gli strumenti per cercare di creare una novità, ci spingono a provare per prevedere le tendenze future.*



## CONCLUSIONI

La tesi aveva come obiettivo principale quello di individuare le linee guida per progettare al meglio prodotti con lo smart knitting, detto anche 3d knitting, maglieria intelligente: quali strumenti occorrono per comprendere, capire e progettare sfruttando al meglio le potenzialità di questa tecnologia tessile.

L'importanza di conoscere a 360° la tecnologia tessile è per il progettista fondamentale nella creazione di prodotti in cui è presente l'elemento tessile che, per le sue naturali

caratteristiche, è applicabile sia nel mondo della moda che in quello più tecnico.

La tesi è stata organizzata in tre parti per agevolare al lettore la comprensione del tema e del progetto:

Ricerca e comprensione delle tecnologie tessili e, quindi, individuazione della tecnologia più promettente per la creazione di prodotti industriali: lo smart knitting.

Creazione di uno strumento replicabile consistente negli step da seguire quando si progetta.

Progettazione di un guantone da boxe sulla base delle linee guida proposte, che si sono rivelate utili per validarne la funzionalità e spiegarne l'utilizzo.

Dalla trattazione della prima parte è emersa l'importanza di conoscere, per il progettista, i vantaggi e gli svantaggi di ogni tecnologia al fine di poter individuare quella più performante per il proprio progetto.

E' chiaro che per creare innovazione e dare vita ad un prodotto di successo è fondamentale la comunicazione tra le varie parti coinvolte nelle diverse fasi di produzione: il dialogo tra il progettista, il tecnico del macchinario, il produttore, il responsabile acquisti e il cliente.

Nell'ambito della tecnologia tessile tridimensionale l'investimento in ricerca e sviluppo sta sempre più aumentando negli anni. Sebbene oggi sia ancora più economico produrre capi manualmente, in futuro, quando questa tecnologia sarà nel pieno delle sue potenzialità, sarà possibile ottenere un notevole risparmio in termini di tempo e costo per l'azienda e quindi per il consumatore finale: queste tecnologie permetteranno di dar vita ad un prodotto finito, di qualità, all'uscita dalla macchina senza post processes, senza sprechi di materiale ed ad un minor costo.

Ad oggi l'ambito in cui si è investito maggiormente in termini di R&D è stato il settore della moda, ma è sempre più evidente che la parte estetica di un oggetto si integra con quella funzionale: le due non sono slegate e una non esclude l'altra. Basti pensare ai capi di abbigliamento sportivo: la moda cambia, fashion, cool e di tendenza non significano solo "bello" ma, sempre di più, anche "comodo" e "funzionale".

La moda, il benessere e il tempo libero sono ormai parti integranti della nostra vita e queste nostre esigenze si rispecchiano nei prodotti che ricerchiamo.

Il prodotto frutto di questa evoluzione tecnologica e dei trend è stato sicuramente la scarpa da running, un oggetto dalle caratteristiche così interessanti da essere il caso studio principale di questo elaborato.

Grazie a questo esempio, si è riproposto il concetto della convergenza e sovrapposizione tra estetica e funzionalità. E il settore sportivo risulta essere terreno fertile per la crescita, lo sviluppo e la sperimentazione di queste nuove prospettive.

Nella tesi si è quindi deciso di applicare questa nuova tecnologia tridimensionale e smart nell'ambito tecnico-sportivo. L'applicazione delle

tecnologie dello smart knitting ad un guantone da boxe rappresenta, in termini di progetto, la volontà di sperimentare questa innovazione in un settore più funzionale.

Questo progetto ha fatto proprio un concetto della open-innovation: trasferire l'utilizzo di una tecnologia propria di un ambito in settori che possono sembrare distanti.

Per realizzare questo progetto sono state delineate le fasi di progettazione, fasi che rappresentano uno strumento replicabile che possa essere compreso e seguito step by step durante l'iter del progetto.

Le nozioni che vengono spiegate nelle linee guida e nelle schede delle lavorazioni sono volutamente basilari, proprio perché l'interlocutore potenziale, è un progettista che approccia il tema per la prima volta.

Infine, l'esperienza progettuale che ha portato al prodotto guantone da boxe è stata servita a validare le best practices create.

Il guantone, a differenza della scarpa, apre un orizzonte applicativo

completamente slegato dal mondo della moda per avvicinarsi a quello della funzionalità proprio dell'oggetto tecnico. Il guantone è rappresentativo di tutti quegli oggetti che hanno delle grandi performace ma che ad oggi, essendo capi con molte parti in tessuto, non vengono progettati completamente dal designer, che non conosce a pieno le potenzialità del tessile. La speranza è quella di aver sensibilizzato i designers sul tema del tessile, quella di aver mostrato nuovi ambiti applicativi, aprendo così nuove strade all'innovazione in atto nel mondo del tessile e ispirato la creazione di altri oggetti in maglia seguendo il metodo proposto.

L'innovazione nasce dallo studio di quello che si conosce, dalla curiosità per ciò che ancora non si conosce e della capacità di creare connessioni tra mondi che a primo impatto sembrano lontani.



## RINGRAZIAMENTI

In un lavoro di tesi come questo i ringraziamenti servono perchè diventi abbastanza maturo per capire che le cose importanti della vita non possono essere fatte da soli.

A volte qualcuno ti aiuta concretamente, a volte qualcuno ti supporta, a volte qualcuno c'è per condividere il momento con te. Io ho avuto la fortuna di aver accanto persone che hanno ricoperto tutti questi diversi ruoli durante questo mio importante percorso e ho quindi tante persone da ringraziare. Voglio

cominciare da chi è riuscito a darmi un aiuto concreto. Primo fra tutti ringrazio Design Innovation che mi ha permesso di creare un contatto concreto con l'azienda Stoll e che mi ha insegnato tutto quello che per ora so (anche se poco e mai abbastanza) del mondo del lavoro come designer, facendomi scoprire che è un lavoro vero e il più bello che potessi scegliere. Grazie a tutti ragazzi! Tra di loro il mio grazie speciale va a Mark Salerno, un grande amico e ancor più grande insegnante che non si è limitato ad aiutarmi "giving me the fish" ma mi ha



dato una cosa ancora più preziosa: “the fishing rod”. Grazie di cuore.

Se Design Innovation mi ha messo in contatto con Stoll, qui hanno fatto il resto. Ringrazio Monica Lasagni per il suo entusiasmo, la sua passione per il suo lavoro e il suo dichiarato amore per la maglieria è riuscito trasmettermi la voglia di approfondire l'argomento. Ringrazio un altro appassionato di maglieria, il professor Giovanni Conti che, anche se la nostra conoscenza è stata breve, è stato entusiasta di vedere un cambiamento di approccio verso la maglieria “non più applicata alla calzetta della nonna”. Ringrazio la professoressa Del Curto che si è sempre dimostrata interessata, disponibile e un'attenta ascoltatrice. Ringrazio anche Marco Febbo, designer alla Leone 1947, che mi ha accolto nel suo laboratorio per farmi scoprire il mondo dei guantoni da boxe Leone, non sono l'unica che si diverte a distruggere i guantoni per capire come sono fatti! Grazie a Mauro, il mio maestro, che mi ha trasmesso tutta la passione che ho per questo sport tanto da farla diventare oggetto di tesi!

Ringrazio tutti voi che lavorate con passione! Passo ora a ringraziare i miei supporter più accaniti, che questa tesi non avranno mai il coraggio di leggerla ma sono stati con me in tutto questo mio percorso supportandomi e sopportandomi con grande dedizione. Grazie a Musa, Puso e al Doich e Oppi, il più recente ma il più accanito tra i miei fan, un team di supporto più speciale di così non potrebbe esistere. Grazie ai miei amici che fanno per te cose...che tu per loro non faresti mai: grazie ad Alessandra, che ha avuto il coraggio di correggermi tutta la grammatica di questa tesi, non sai quanto lo apprezzi. E alla cara Boo a cui ho fatto i miei resoconti di fine giornata e che si è sorbita tutti i miei importanti sbalzi d'umore.

Grazie ai miei compagni di corso. A chi è stato con me solo 2 e chi 5 anni.. Grazie per essere stati il gran gruppo che siamo e di essere rimasti insieme anche quando questo lungo percorso di fatica ma di grande soddisfazione è finalmente terminato.

Grazie a chi sarà con me nello scoprire cosa succederà dopo!

## Indice delle figure

<i>fig. 1.1 Nike Running 5.0</i> .....	16
<i>fig. 1.2 Fodera casco Tucano Urbano</i> .....	17
<i>fig. 1.3 Ingrandimento di una gonna in Ryon (viscosa) , una delle prime fibre artificiali scoperte. .</i>	18
<i>fig. 1.4 Esempio di tessuto ‘flame retardant’</i> .....	21
<i>fig. 1.5 Giacca Patagonia in tessuto traspirante</i> .....	21
<i>fig. 2.1 Matrice e rinforzo</i> .....	23
<i>fig. 2.2 Tessuto 3D</i> .....	24
<i>fig. 2.3 Trama non interlacciata (ortogonale)</i> .....	28
<i>fig. 2.4 Trama Multilayer</i> .....	28
<i>fig. 2.5 Trama interlacciata attraverso spessore</i> .....	28
<i>fig. 2.6 Trama interlacciata layer to layer</i> .....	28
<i>fig. 2.7 3D cavo, superficie piana</i> .....	29
<i>fig. 2.8 3D cavo, superficie irregolare</i> .....	29
<i>fig. 2.9 Tessuto a guscio</i> .....	30
<i>fig. 2.10 3D guscio, tessuto direttamente</i> .....	31
<i>fig. 2.11 Guscio termoformato</i> .....	31
<i>fig. 2.13 Strutture nodali di varie fibre. (a) Poliestrere. (b) Fibra di vetro. (c) Fibra di carbonio</i> .....	32
<i>fig. 2.14 Schema struttura pile</i> .....	33

fig. 2.15 Dettaglio giacca di finta pelliccia.....	33
fig. 2.16 Coperta in velluto.....	33
fig. 2.17 Velcro.....	33
fig. 2.18 Maglia sportiva whole garment.....	34
fig. 2.19 Guanti a compressione.....	34
fig. 2.20 Seamless sportsware.....	34
fig. 2.21 Tomaia scarpe running.....	35
fig. 2.22 Dettaglio sedile auto.....	35
fig. 2.23 Combinazione di spacers.....	36
fig. 2.24 Pouf She design.....	36
fig. 2.25 Spacer estetico.....	36
fig. 2.26 tessuto per materassi Innofa.....	36
fig. 2.27 Conformato per Sedia da ufficio.....	37
fig. 2.28 Passamontagna funzionale Stoll.....	37
fig.2.29 Mazza da lacrosse Stoll.....	37
fig. 2.30 Dettaglio tessuto per composito.....	38
fig. 2.31 Casco in fibra di carbonio.....	38
Fig. 3.1 Fibre naturali da norma UNI-ISO 6938.....	41
fig. 3.2 Cotone.....	42
fig. 3.4 Lana di pecora.....	42
fig. 3.6 Fibra di vetro.....	42
fig. 3.3 Fibra di lino.....	42
fig. 3.5 Bozzolo del baco da seta.....	42
fig. 3.7 Flocchi di fibra di carbonio.....	42
Fig. 3.8 Fibre Man-made da norma UNI-ISO 6938.....	44
fig. 3.9 Fibra poliammidica (Nylon).....	45
fig. 3. 10 Fibra elastomerica.....	45
fig. 3.11 Ryon viscosa.....	45
fig. 3. 12 Lana, fibre corte: morbidezza.....	46
fig. 3. 13 Corda in Juta, molto tenace.....	46
fig. 3.14 Nylon, estremamente elastico.....	48
fig. 3. 15 Reti protettive.....	51

fig. 3. 16 Filtri sigarette in acetato di cellulosa.....	52
fig. 3.17 Filtro metallico di un'asciugatrice .....	52
fig. 3. 18 Test su cemento rinforzato con PVA.....	53
fig. 3. 19 Mascherina medica in TNT .....	55
fig. 3. 20 Protesi legamento in tessuto sintetico .....	55
fig. 3. 21 Abbigliamento da lavoro protettivo in fibre aramidiche (kevlar®) .....	56
fig.3.22 Costume da competizione, poliuretano (lycra) .....	57
fig. 3. 23 Tende, fibra di vetro e polietilene.....	57
fig. 3. 24 Cinture di sicurezza in fili polimerici .....	59
fig. 3. 25 Airbag, nylon o altro materiale sintetico.....	59
fig.3.26 Corda da ormeggio in juta.....	60
fig. 3. 27 Scivolo gonfiabile aereo .....	62
fig. 4. 1 Trama e ordito nella tessitura a navetta .....	65
fig. 4.2 Telaio .....	66
fig. 4. 3 Tela .....	67
fig. 4. 4 Armatura Tela .....	68
fig. 4.6 Grosgrain.....	68
fig. 4.5 Armatura Basket o Panama.....	68
fig. 4.7 Armatura Saia.....	69
fig. 4.8 Denim.....	69
fig. 4.9 Tweed .....	69
fig. 4.10 Raso.....	70
fig. 4.11 Satin .....	70
fig. 4.12 Schema maglia in trama.....	72
fig. 4.13 Cappellino in jersey, fronte e retro.....	73
fig. 4.14 Maglione in doppio jersey (maglia a costa) .....	73
fig. 4.15 Schema maglia in trama.....	74
fig. 4.16 Coperta in tricot.....	75
fig. 4.17 Lavorazioni in pizzo, scarpe Superga.....	75
fig. 4.18 Knitted underwear.....	75
fig. 4.19 Cradle collection, dettaglio seduta .....	76
fig. 4.20 Dettaglio trecciatura.....	77

fig. 4.21 Overbraiding su cavo elettrico.....	78
fig. 4.22 BraidRunner fatte tramite overbraiding.....	78
fig. 4.23 Filo da sutura.....	79
fig. 4.24 Corda da alpinismo.....	79
fig. 4.25 Dischetti struccanti.....	80
fig. 4.26 Fogli di feltro.....	81
fig. 4.27 Dischi abrasivi.....	81
fig.4.28 Nonwoven idrofobico.....	81
fig. 5.1 Aghi di diverse dimensioni.....	83
fig. 5.2 T-shirt, finezza sottile.....	83
fig. 5.3 Sciarpa, finezza grossa.....	83
fig. 5.4 Macchina rettilinea STOLL.....	84
fig. 5.5 Dettagli macchina rettilinea.....	84
fig. 5.6 Rappresentazione grafica dei punti di diverse tipologie di maglieria.....	85
fig. 5.7 Macchina circolare.....	86
fig. 5.8 Macchina circolare dettaglio aghi.....	86
fig. 5.9 Rappresentazione in digitale di una tomaia.....	87
fig. 5.10 Lampada Naomi Paul.....	87
fig. 5.11 Produzione di una maglia a Capo Integrale.....	88
fig. 5.12 Vestito a capo integrale con features.....	89
fig. 5.13 Seamless top.....	89
fig. 5.14 Rivestimento di un bracciolo di auto by Stoll.....	90
fig. 5.15 Nike Magista (made by Stoll machines).....	90
fig. 5.16 Schema di produzione cupola.....	91
fig. 5.17 Sotto casco in kevar by Stoll.....	91
fig. 5.18 Reggiseno sportivo by Stoll.....	91
fig. 5.19 Punta scarpa by Stoll.....	91
fig. 5.20 Dettaglio tasca cappotto by Stoll.....	92
fig. 5.21 Dettaglio alloggiamento stringa by Stoll.....	92
fig. 5.22 Ventaglio in maglia by Stoll.....	92
fig. 5.23 Vestito con features decorative by Stoll.....	93
fig. 5.24 Custodia tablet in maglia tramata by Stoll.....	93



fig. 5.25 Ginocchiera di compressione by Stoll .....	93
fig. 5.26 Diverso effetto in uno stesso capo di maglia e maglia fitta in trama by Stoll .....	94
fig. 5.27 Tessuto con parti conduttive .....	95
fig. 5.28 Filo conduttivo, dettaglio .....	95
fig. 5.29 Leggings che si illuminano Nike .....	95
fig. 5.30 Spacer e maglieria piana nello stesso tessuto .....	97
fig. 5.31 Imbottitura cucita in maglia .....	97
fig. 5.32 Trama creata con imbottitura .....	97
fig. 5.33 Stoll Balaclava, PERFORMANCE+ .....	98
fig. 5.34 Plissetatura .....	100
fig. 5.35 Loop pile fabric .....	100
fig. 5.36 Multilayer fabric .....	101
fig. 5.37 Non interlaced fabric .....	101
fig. 5.8 Loop pile fabric .....	102
fig. 5.38 true 3D weaving .....	102
fig. 5.39 Scarpe Jordan in 3d weaving .....	103
fig. 5.40 tessuto come rinforzo al cemento .....	104
fig. 5.42 Pantaloni in capo completo .....	104
fig. 5.41 Tessuto per composito in fibra di carbonio .....	104
fig. 5.43 Braidrunning shoe .....	105
fig. 5.44 Braidrunning process scheme .....	105
fig. 5.45 Dettaglio ricamo di un cappellino .....	106
fig. 5.46 Sfilatura della schiuma in eccesso .....	106
fig. 5.47 Sarah J. Perry, bird .....	106
fig. 5.48 3D textile printer .....	107
fig. 5.49 Tessuto termoformato .....	107
fig. 6.1 Stone Island's Heat Reactive Jacket .....	109
fig. 6.2 Progettazione CAD di un capo .....	109
fig. 6.3 Tessuto Alluminizzato per scafandri .....	110
fig. 6.4 Philips Design, Skin Dresses .....	110
fig. 6.5 "BIO SKIN" tessuto che si apre quando hai caldo .....	112
fig. 6.6 Tessuti luminosi: Luminex SPA .....	113

<i>fig. 6.7 Lo sportwear come anello di congiunzione fra estetica e funzionalità</i> .....	114
<i>fig. 6.8 Homepage Nikefliknit.com</i> .....	115
<i>fig. 6.9 Andrés Iniesta per Nike Flyknit</i> .....	115
<i>fig. 6.10 Luis Suarez per Adidas Primeknit</i> .....	115
<i>fig. 6.11 Costume da competizione Speedo Fastskin</i> .....	116
<i>fig. 6.12 Nike running suit</i> .....	116
<i>fig. 6.13 Guanciaie antiacaro</i> .....	117
<i>fig. 6.14 Tessuto "transol" lascia passare gli UV</i> .....	118
<i>fig. 6.15 Tessuto a fibre ottiche</i> .....	118
<i>fig. 6.16 Ohuhu, guanti antifiama</i> .....	119
<i>fig. 6.18 Baby Bjorn Mini Bouncer</i> .....	121
<i>fig. 6.17 Passeggino Quinny Yezz Air</i> .....	121
<i>fig. 6.19 Blown fabric lamp by Nendo</i> .....	122
<i>fig. 6.20 Diffusore TTI</i> .....	123
<i>fig. 6.22 Christian Tse, orologio</i> .....	123
<i>fig. 6.21 Nytech Audiowear</i> .....	123
<i>fig. 6.23 Google daydream</i> .....	123
<i>fig. 7.1 Una maglia</i> .....	129
<i>fig. 7.2 Macchinari da maglieria, tabella</i> .....	130
<i>fig. 7.3 Tipi di aghi</i> .....	131
<i>fig. 7.4 Fronture con diverse finzze</i> .....	132
<i>fig. 7.5a Formazione dela maglia con ago a linguetta</i> .....	133
<i>fig. 7.5b Formazione dela maglia con ago a becco</i> .....	133
<i>fig. 7.5c Formazione dela maglia con ago a slitta</i> .....	133
<i>fig. 7.6 Frontura di un telaio con aghi a becco</i> .....	134
<i>fig. 7.7 Frontura di una macchina rettilinea</i> .....	134
<i>fig. 7.8 Larghezza utile della frontura rettilinea</i> .....	135
<i>fig. 7.9 Larghezza utile della frontura circolare</i> .....	135
<i>fig. 7.10 Macchine rettilinee</i> .....	136
<i>fig. 7.11 Dettaglio frontura macchina manuale</i> .....	137
<i>fig. 7.12 Dettaglio frontura macchina automatica</i> .....	137
<i>fig. 7.13 Macchina rettilinea elettronica</i> .....	138

fig. 7.14 La scelta del filato, step di inizio .....	140
fig. 7.15 Guidafili .....	140
fig. 7.16 Movimento del guidafilo .....	141
fig. 7.17 Gestione Software .....	141
fig. 7.18 Computer in macchina Stoll .....	142
fig. 7.19 Carrello macchina STOLL .....	143
fig. 7.20 Gestione dei fili da parte del macchinario .....	143
fig. 7.21 Esempi di bobine di filato metallico .....	143
fig. 8.1 Mazza da lacrosse in maglia by Stoll (1) .....	146
fig. 8.2 Mazza da lacrosse in maglia by Stoll (2) .....	146
fig. 8.3 Tomaia Nike: leggera, elastica, flessibile .....	147
fig. 8.4 Elementi da considerare per la progettazione .....	148
fig. 8.5 Custodia tablet .....	148
fig. 8.6 Dettaglio frontura .....	149
fig. 8.7 Schema frontura vista dall'alto .....	150
fig. 8.8 Schema fronture per maglia seamless .....	150
fig. 8.9 Schema fronture piane, anteriore e posteriore .....	151
fig. 8.10 Schema fronture per piani .....	151
fig. 8.11 Diverse modalità di creazione della custodia per tablet .....	152
fig. 8.12 Custodia tablet spacer by Stoll .....	153
fig. 8.13 Svuota-tasche in maglia by Stoll .....	153
fig. 8.14 Sviluppo piano Svuota-tasche .....	154
fig. 8.15 Lavorazioni custodia tablet .....	156
fig. 8.16 Esempio di punto aperto .....	157
fig. 8.17 Esempio di punto chiuso .....	157
fig. 8.18 Campionario punti .....	157
fig. 8.19 Linea di mezzeria per piega .....	158
fig. 8.20 Nike Magista Obra .....	159
fig. 9.1 I diversi tipi di prodotto in maglia .....	161
fig. 10.1 Tomaia scarpa by Stoll .....	192
fig. 10.2 Dettaglio finale tomaia .....	193
fig. 10.3 Dettaglio punta tomaia .....	193

<i>fig. 10.4 Dettaglio laterale tomaia</i> .....	193
<i>fig. 11.1 Scarpa da Calcio tradizionale</i> .....	195
<i>fig. 11.2 Scarpa da calcio tradizionale: componenti</i> .....	195
<i>fig. 11.3 Unione delle componenti</i> .....	196
<i>fig. 11.4 Ottimizzazione tessuto per componenti</i> .....	196
<i>fig. 11.5 Applicazione di rinforzi</i> .....	196
<i>fig. 11.6 Cucitura automatica di rinforzi</i> .....	196
<i>fig. 11.7 Dettaglio pattern tomaia</i> .....	197
<i>fig. 11.8 Adidas Adizero</i> .....	197
<i>fig. 11.9 Tomaie in smart knitting</i> .....	198
<i>fig. 11.10 Dettaglio tomaia in smart knitting</i> .....	198
<i>fig. 11.11 Tomaia in maglia by Stoll (1)</i> .....	199
<i>fig. 11.12 Tomaia in maglia by Stoll (2)</i> .....	199
<i>fig. 11.13 Tomaia in maglia by Stoll (3)</i> .....	199
<i>fig. 11.14 Nike Skin Tech</i> .....	200
<i>fig. 11.16 Nike Tech Craft, scarpa completa</i> .....	200
<i>fig. 11.15 Nike Tech Craft</i> .....	200
<i>fig. 11.17 Nike Tech Craft componenti</i> .....	200
<i>fig. 11.18 Applicazione dello strato di pelle su tomaia</i> .....	201
<i>fig. 11.19 Come risulta lo strato dopo l'applicazione</i> .....	201
<i>fig. 11.20 Nike Magista, schizzi di progetto</i> .....	202
<i>fig. 11.21 Nike Magista, componenti</i> .....	202
<i>fig. 11.22 Nike Magista, test su Nike Skin</i> .....	203
<i>fig. 12.1 Protezioni nella pallavolo: ginocchiere</i> .....	205
<i>fig. 12.2 Protezioni nello scherma</i> .....	205
<i>fig. 12.3 Tuta ciclista imbottita sul sellino</i> .....	207
<i>fig. 12.4 Guanti e paratibie nel calcio</i> .....	207
<i>fig. 12.5 Allenamento di Muay Thai</i> .....	208
<i>fig. 12.6 Incontro di Boxe</i> .....	208
<i>fig. 12.7 Match di MMA</i> .....	209
<i>fig. 12.8 Revolution gloves Leone 1947, 10 OZ</i> .....	209
<i>fig. 12.9 Yokkao, guanti da combattimento</i> .....	210

<i>fig. 12.10 Guantone tagliato in due</i> .....	211
<i>fig.12.11 Componenti di tessuto di un guantone</i> .....	211
<i>fig. 12.12 Dime per i diversi modelli</i> .....	212
<i>fig. 12.13 Disposizione delle dime su tessuto</i> .....	212
<i>fig.12.14 Cucitura a rovescio delle parti</i> .....	213
<i>fig.12.15 Cucitura delle rifiniture</i> .....	213
<i>fig.12.16 Il guantone cucito viene rivoltato</i> .....	214
<i>fig.12.17 Preparazione dell'imbottitura</i> .....	214
<i>fig. 12.18 Imbotitura sul polso</i> .....	215
<i>fig.12.20 Imbottitura principale conformata</i> .....	215
<i>fig.12.21 Imbottitura principale in lattice</i> .....	215
<i>fig.12.22 Giorgio Petrosyan</i> .....	221
<i>fig.12.23 Guantoni sintetici "Carbon"</i> .....	221
<i>fig.12.24 Guantoni in pelle "Vintage"</i> .....	221
<i>fig.12.25 Guantone Leone 10 OZ</i> .....	223
<i>fig.12. 27 Guantone smontato</i> .....	223
<i>fig.12.26 Vista dell'imbottitura</i> .....	223
<i>fig.12.28 Guantone everlast, 8 OZ</i> .....	223
<i>fig. 12.29 Fasce da indossare prima del guantone</i> .....	226
<i>fig. 12.23 Sottiguanti</i> .....	226
<i>fig.12.31 Imbottitura</i> .....	227
<i>fig.12.32 Imbottitura da riciclo</i> .....	227
<i>fig.12.33 Dettaglio grinze guantone</i> .....	237
<i>fig. 12.35 Scatola in maglia</i> .....	237
<i>fig.12.34 Dorso e fguanto (1)</i> .....	237
<i>fig.12.36 Dorso e guanto (2)</i> .....	237
<i>fig.12.37 Sviluppo piano sfera</i> .....	239
<i>fig.12.38 Sviluppo dorso guantone</i> .....	239
<i>fig.12.39 Sviluppo piano cupola</i> .....	239
<i>fig. 12.40 Velcro femmina creato sul guantone</i> .....	261
<i>fig 12.42 Film di poliuretano su guantone</i> .....	261
<i>fig 12.41 Velcro maschio applicato sulla striscia</i> .....	261
<i>fig. 12.43 Film di poliuretano su scarpa</i> .....	261
<i>fig. 12.44 Guanti da lavoro</i> .....	263
<i>fig 12.46 Processo produttivo applicazione layer su guanti da lavoro</i> .....	263
<i>fig 12.45 Applicazione Nike skin</i> .....	263





## Bibliografia

A. Carrettini, R. De Maria, *Tessili per impieghi tecnici*, Tecnica snc

Abounaim Md., *Process development for the manufacturing of knitted innovative 3D spacer fabrics for high performance composite applications*, Technischen Universitat, Dresden, 2010

Akleman E., Chen J., Xing Q., Gross J. L., *Cyclic Plain-Weaving on Polygonal Mesh Surfaces*, n.l, n.d.

Anbumani, N. *Knitting Fundamentals, Machines, Structures and Developments. Chapter 2, Knitting terms and functional elements*, Textile Technology, P.S.G. College of Technology, Coimbatore, Tamilnadu. N.d.

Au K. F., *Advances in knitting technology*, Woodhead Publishing , 2011

Bannister M. K., Mouritz A. P., Tong L., *3D fibre reinforced polymer composite*, Elsevier, Oxford, 2002

Behera B. K., *3D fabric and its application in clothing*, Indian Institute of technology, Delhi, n.d.

Behera B. K., *3D profile structures*, Indian Institute of technology, Delhi, n.d.

Behera B.K., Mishra R., *3-dimensional weaving*, Indian Institute of technology, Delhi, 2008

Bilisik A., *New method of weaving multiaxis three dimensional flat woven fabric: feasibility of prototype tube carrier weaving*, fibre&textiles in eastern europe, 2009, vol.17

Bilisik K., *Multiaxis Three Dimensional (3D) Woven Fabric*, Erciyes University Department of Textile Engineering, Turkey, 2001

Bilisik K., *Multiaxis three-dimensional weaving for composites: A review*, in “Textile research journal”, 2012

Blaga M., Ciobanu R., Penciu M., *Principle of creating 3D effects on knitted fabrics developed on electronic flat knitting machines*, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iasi Tomul LVI (LX), Fasc. 4, 2010

Branscomb D., Beale D., Broughton R., *New Directions in Braiding*, Auburn University, Auburn, Alabama United States, 2013

Briggs-Goode A., Townsend K., *Textile Design: Principles, Advances and Applications*, n.l., n.d.

Castiglioni M., *Tecnologia tessile III: maglieria e confezione. Le macchine di maglieria rettilinea*, Università degli Studi di Bergamo –Facoltà di Ingegneria, 2010

Cebulla H., Diestel O., Offermann P., *Fully fashioned biaxial weft knitted fabrics*, in “AUTEX Research Journal, Vol2, No1, March 2002

Centro tessile cotoniero e abbigliamento S.p.A, *Il futuro nel tessile. Linee di tendenza nella ricerca e sviluppo e per l'innovazione*, Varese, n.d.

Cercal, Politecnico Calzaturiero, *La progettazione di una calzatura*, n.l.,n.d

Chen X., Hearle J. W., *3D woven preforms and properties for textile composite*, Manchester, UK, 2003

Chen, Taylor, Tsai, *An overview on fabrication of three-dimensional woven textile preforms for composites*, Textile reserch journal, 2011

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*, Faculty of Mechanical Engineering, Technische Universität Dresden, Dresden, 2013

Ciobanu L., Development of *3D Knitted Fabrics for Advanced Composite Materials*, „Gheorghe Asachi” Technical University of Iasi Romania, n.d.

D’Ercole M., Rosa G., *Industria tessile*, Enciclopedia italiana Treccani. V appendice, 1995

Del Curto B., Marano C., *Materiali per il design, introduzione ai materiali e alle loro proprietà*, casa editrice ambrosiana, 2012

Dominioni A., Tempesti A., *Forma e materia. Design e innovazione per il tessile italiano*, Maggioli Editore, 2012

Febbo M., *Sport design book*, Politecnico di Milano, 2014

Frassine, Soldati, Rubertelli, *Textile design - materiali e tecnologie*, serie di architettura e design Francoangeli, 2015

Gaddi R., *Textile Vivant. Scenari dell’innovazione del tessile*, Politecnico di Milano, 2015

Gokarneshan N., Alagirusamy R., *Weaving of 3D fabrics: A critical appreciation of the development*, Taylor&Francis, The textile Institute, 2007

Hong H., Filho A. A., Fangueiro R., De Araujo M. D., *The developmente of 3D shaped knitted fabrics for tecnical purposes on a flat knitting machine*, 1994



Horrocks A. R., Anand S. C., *Handbook of technical textile*, The Textile Institute, woodhead Publishing Limited, England, 2000

Joel Salamin, *Braided shoes*, ECAL,n.l., 2013

Knitting Industries, *Electric balaclava to avert chest infections in cold weather*, Nottingham, 2016

Khokar N., Noobing: *A Nonwoven 3D Fabric forming Process Explained*, in "Journal of the Textile Institute", Vol. 93, No. 1, 2002

Larry E. *Three dimensional weaving of tubular Structures*, Massachussets Institute of technology, 2004

Marinella Ferrara, Sabrina Lucibello, *Design follows materials*, Alinea Editrice, 2009

Mazza C., Zonda P., *La maglieria*, quaderni di tecnologia tessile, Fondazione ACIMIT, 2001

McCann J., Albaugh L. Narayanan V., Grow A., Matusik W., Mankoff J., Hodgins J., *A Compiler for 3D Machine Knitting*, Disney Research, UC Santa Cruz, Massacusetts Institute of Technology, Carnegie Mellon University, n.d.

N.A. *Il comfort tessile: tutti i sensi del tessuto* in "Textile innovation", febbraio 2015, tex club tech

N.A. *Il tessile per lo sport fra evoluzione tecnologica e nuovi scenari di mercato* in “Textile innovation”, febbraio 2015, tex club tech

N.A., *Tecnologia tessile III: maglieria e confezione*, Università degli Studi di Bergamo – Facoltà di Ingegneria A.A. 2009-2010

Nike, Inc. *United states patent, No US2013/0239625 A1, Method of knitting a knitted component with and integral knit tongue*, Sep. 19, 2013

Onal L., Adanur S., *A novel 3d structure, 3D hybrid woven/knitted fabric*, Auburn University, Department of Textile Engineering, Auburn, Alabama, USA, n.d.

Pompas R., *Textile design: ricerca, elaborazione, progetto*, Hoepli editore, 1994

Raz S., *Flat knitting, the new generation*, Meisenbach, 1991

Redi G., *Tessuto tra le due e le tre dimensioni*, Politecnico di Milano, 2014

Shukla A., *3D fabric and it's application in clothing*, indian institute of technology, Delhi, 2013

Soldati M., Sabbioni A., *Tecnologia e innovazione per l'industria tessile*, Lupetti 2012

Spencer D. J., *Knitting technology. A comprehensive handbook and practical guide*, Third edition, Woodhead Publishing, 2001

STOLL, 2011. *M1plus pattern software*. [Online]. Available from: <http://www.stoll.com/stoll-software-solutions/en/4/pattern-software-m1plus/3-1>.

Stoll, *knit&wear*

Stoll, *Macchina per maglieria performer*. Il lavoro a maglia del futuro

Stoll, *Performance+*, Fashion & Technology, 2016 [nfc.stoll.com/video/stoll\\_performance\\_plus.mp4](http://nfc.stoll.com/video/stoll_performance_plus.mp4)

Stoll, *Technical textile*. The intelligent combination of textile, functionality, technique and aesthetic

Taylor LW. , *Design and manufacture of 3D nodal structures for advanced textile composites*. PhD Thesis, School of Materials, The University of Manchester, 2007.

Trivellin E., *Tessuto: matrici di superfici evolute*, Università di Firenze, Dipartimento di Architettura DIDA, n.d.

Unal P. G., *3D woven fabrics*, Namuk Kemal University Department of Textile Engineering, Turkey, 2012

Underwood J., *The Design of 3D Shape Knitted Preforms*, School of Fashion and Textiles, RMIT University, Melbourne, 2009

Siti di aziende consultati:

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

Adidas [www.adidas.com](http://www.adidas.com)

Gaetano Rossini [www.gaetanorossini.it](http://www.gaetanorossini.it)

Karl Mayer [www.karlmayer.com](http://www.karlmayer.com)

Leone [www.leone1947.com](http://www.leone1947.com)

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

Santoni [www.santoni.com](http://www.santoni.com)

Shima Seiki [www.shimaseiki.com](http://www.shimaseiki.com)

Stoll [www.stoll.com](http://www.stoll.com)

Tessili tecnici [www.technica.net](http://www.technica.net)