

XXII corso di Tecnologia per Tecnici Cartari  
edizione 2015/2016

# **Produzione e lavorazione del cartone ondulato**

***di Gennari Davide***



**Scuola Interregionale  
di tecnologia per tecnici Cartari**

Istituto Salesiano «San Zeno» - Via Don Minzoni, 50 - 37138 Verona  
[www.sanzeno.org](http://www.sanzeno.org) - [scuolacartaria@sanzeno.org](mailto:scuolacartaria@sanzeno.org)



# INDICE

## **1. CONFORMAZIONE DEL CARTONE ONDULATO**

1.1 introduzione sul cartone ondulato

## **2. VARIE TIPOLOGIE DI CARTE UTILIZZATE**

2.1 Carta per copertine

2.1.1 Carta Kraft

2.1.2 Liner e Test liner

2.1.3 Uso semichimica

2.1.4 Accoppiati

2.1.5 Camoscio e Camoscio bianco

2.2 Carta per ondulazioni

2.2.1 Semichimica

2.2.2 Medium

2.2.3 Fluting

2.3 Tipi di onda

2.4 Incollaggio

## **3. MACCHINA PER ODULAZIONI**

3.1 Porta bobine

3.2 Pre-riscaldatori

3.3 Pre-condizionatori

3.4 Cilindri ondulatori

3.5 Incollatore

3.6 Cilindro di pressione

3.7 Ponte di immagazzinamento

3.8 Incollatrice ai piani

3.9 Piani caldi

3.10 Taglia cordona

3.11 Taglierina rotativa

3.12 Raccoglitore impilatore

## **4. PROVE SULLA CARTA**



# INTRODUZIONE

La mia relazione finale del 22° corso cartari è fondata sulla produzione di carta per cartone ondulato. Fin dal mio ingresso in Saci Spa, la mia formazione si è basata su PM2: questa macchina continua produce infatti per la maggior parte carte per cartone ondulato come CO, Fluting, Medium, Liner.

Quello che andrò a trattare in questa ricerca sarà appunto il cartone ondulato andando ad analizzare le caratteristiche, le tipologie, i tipi di carte che lo compongono, e come avviene la trasformazione da “semplici” bobine di carta, in questo straordinario prodotto entrato ormai a far parte del nostro quotidiano ed è praticamente insostituibile.

A confermare quanto detto, ci sono i dati riguardanti l'utilizzo totale degli imballaggi in Europa, i quali vedono al primo posto con il 45% la carta ed il cartone, seguiti dalla plastica, dal vetro ed infine dal legno.

La più importante caratteristica del cartone ondulato, è che il materiale con il quale viene prodotto, è rinnovabile e riciclabile al 100%. La possibilità di riciclare, non solo comporta un vantaggio economico, ma ha anche un buon impatto sull'ambiente, infatti contribuisce a ridurre la quantità di materiale da smaltire nelle discariche.

Il materiale recuperato, cioè il macero, ritorna nel ciclo produttivo del cartone ondulato per ben sette volte nel suo ciclo di vita, e rappresenta in Italia l'80% della materia prima impiegata nella sua produzione. È necessario arricchire le fibre del materiale di recupero che hanno perso con l'uso parte della loro originaria resistenza, con nuove fibre vergini per ripristinare le prestazioni e mantenere uno standard di qualità costante. Per fare tutto ciò, in base alla carta prodotta, c'è una selezione del macero per ricavarne la miglior ricetta.

# 1. CONFORMAZIONE DEL CARTONE ONDULATO

## 1.1 INTRODUZIONE SUL CARTONE ONDULATO

Il sistema per ottenere il cartone ondulato è quello di accoppiare tramite collante tre o più strati di carta ad alcuni dei quali è stata data precedentemente una forma ondulata. Ad operazione finita avremmo quindi un materiale rigido composito utilizzabile in un'ampia gamma legata soprattutto all'imballaggio.

La nascita del cartone ondulato risale al 1871 quando negli Stati Uniti si usava in sostituzione di paglia e trucioli per proteggere oggetti fragili tipo bottiglie. Negli anni successivi si pensò di accoppiarlo con un foglio teso per avvolgere e proteggere oggetti di forma particolare (questo prodotto è chiamato canneté). L'anno successivo si ebbe l'intuizione di aggiungere una copertina così da creare un foglio particolarmente rigido dal quale si potessero ricavare dei contenitori. Da allora l'impiego del cartone ondulato ha ottenuto una vasta diffusione nel settore del packaging e dell'imballaggio grazie soprattutto alla sua leggerezza e allo stesso tempo rigidità.

Nella sua struttura più semplice, il cartone ondulato è costituito da due superfici piane o tese distanziate tra di loro da una superficie di carta ondulata, alla quale sono state unite mediante collatura. Avremo in tal caso un cartone ad onda semplice o ad una sola onda, più correttamente detto un cartone semplice.

Per ottenere una composizione più composita, fermo restando le due superfici piane esterne, all'interno si aggiungerà un'ulteriore onda divisa da una terza superficie piana detta foglio teso. Si avrà in questo caso un cartone denominato a doppia onda.

Questi due sono i tipi di cartone ondulato più comunemente e diffusamente prodotti, e comunque vengono fabbricati e commercializzati per usi specifici nell'imballaggio e nel packaging.

Certamente la più semplice è la carta ondulata, ottenuta dall'accoppiamento di una superficie piana con una superficie ondulata. L'assenza della seconda superficie piana, non conferisce rigidità al sistema, ed infatti viene commercializzata normalmente in rotoli e trova impiego nella protezione, mediante avvolgimento di prodotti aventi una forma anomala.

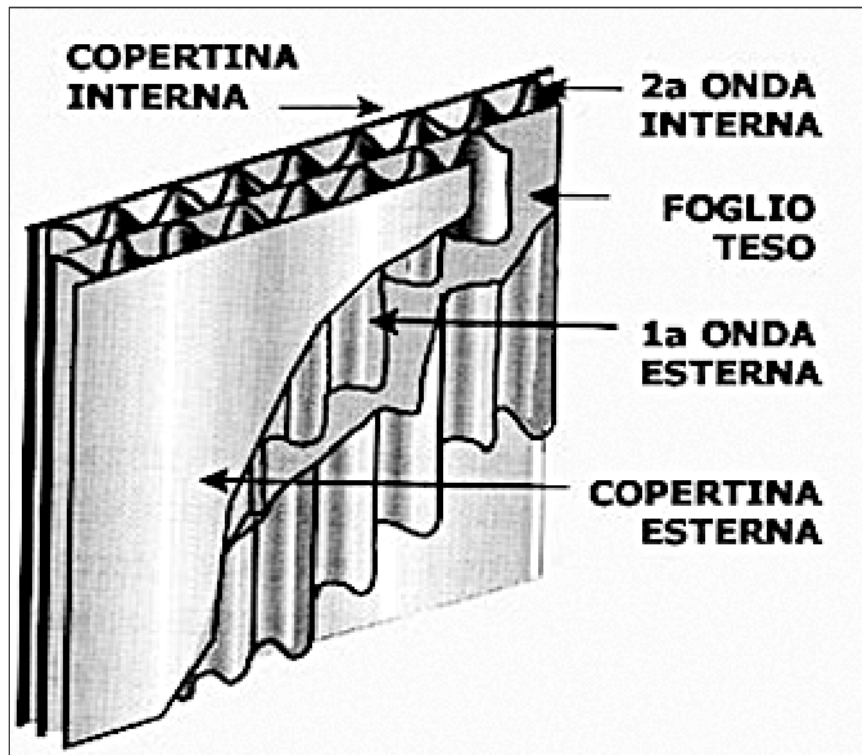
Più composita è invece la composizione del cartone a tripla onda; all'interno delle due copertine esterne, le superfici ondulate diventano tre, collegate e divise da due fogli tesi. Si tratta di un prodotto destinato ad usi specifici.

Viene utilizzato per la fabbricazione di casse da trasporto in sostituzione del legno oppure per contenitori di materiali plastici destinati al settore chimico.

Le carte utilizzate per le superfici vengono chiamate copertine; avremo quindi una copertina esterna ed una copertina interna, identificabili dalla posizione che esse assumono

nell'imballaggio.

Le carte ondulate che servono da distanziatori tra le due copertine, sono chiamate ondulazioni o onde. Infine le carte piane intermedie che, nel cartone a più onde, hanno il compito di collegare le stesse sono dette fogli tesi.



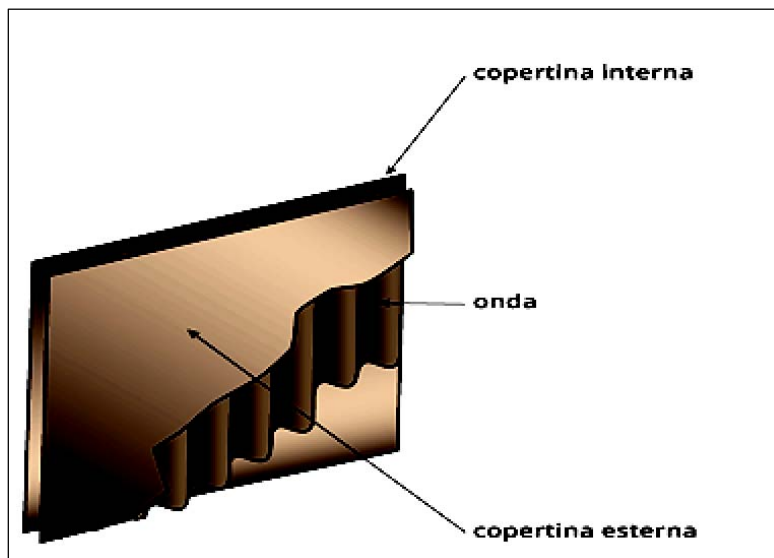
## 2. VARIE TIPOLOGIE DI CARTE UTILIZZATE

Gli elementi che compongono un foglio di cartone ondulato sono, nella forma più semplice, tre: la copertina interna, la copertina esterna e l'ondulazione (viene usato un foglio teso all'interno quando si realizzano cartoni a doppia o tripla onda).

Le caratteristiche tecniche del cartone ondulato dipendono strettamente dalle diverse tipologie di carte utilizzate.

Le carte utilizzate per questo motivo si possono distinguere in due macro categorie:

1. carta per copertina;
2. carta per onda.



### 2.1 CARTE PER COPERTINA

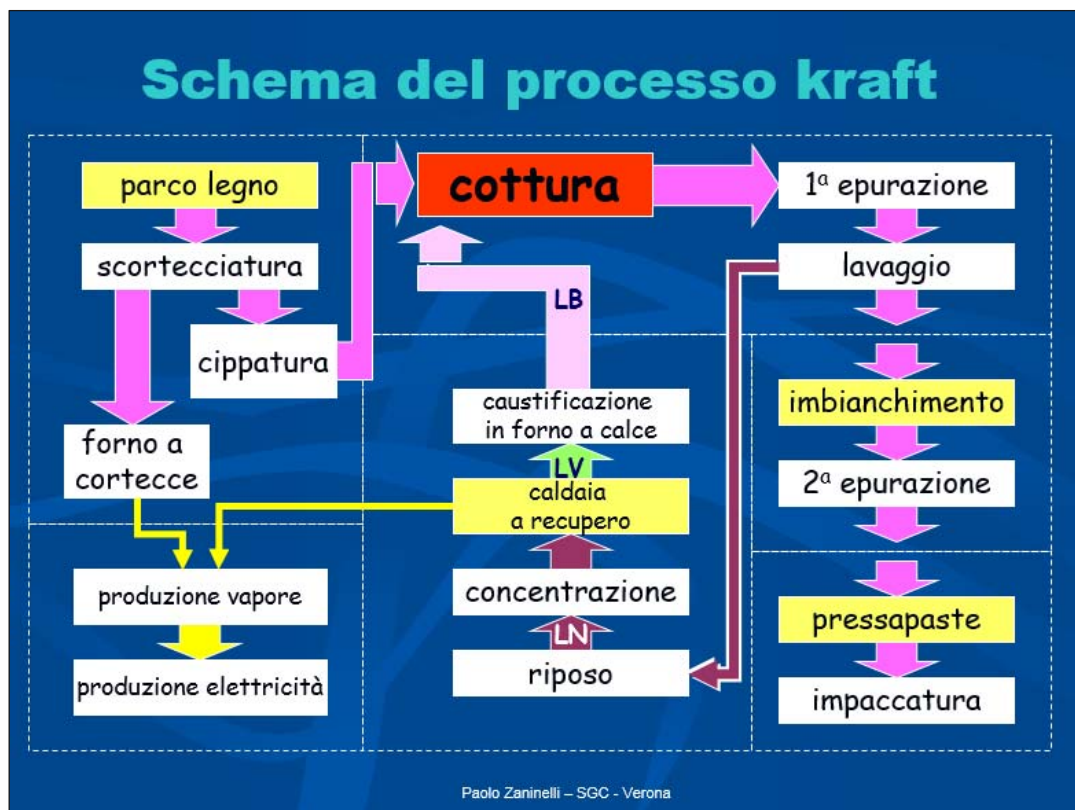
Le carte utilizzate per la fabbricazione di copertina possono essere avana o bianche (per esigenze di stampa):

- Kraft avana (simbolo K) e Kraft bianco (simbolo Kb);
- Liner avana (simbolo L), Test avana (simbolo T), Liner bianco (simbolo Lb), Test bianco (simbolo Tb).
- Uso semichimica (simbolo Us)
- Accoppiati
- Camoscio (simbolo C), Camoscio bianco (simbolo Cb) poco utilizzato.

### 2.1.1 CARTA KRAFT

In tedesco kraft significa forte, resistente. Questa carta è fatta principalmente con cellulosa (sono ammesse altre sostanze fibrose purché non superino una percentuale del 20%), ottenuta con il processo al solfato; la cellulosa presenta le fibre non completamente disincrostate, dotate di ottime proprietà meccaniche, ma non perfettamente bianche (nelle carte kraft avana). Questo tipo di carte sono adatte a formare le copertine esterne del cartone ondulato in quanto hanno un buon comportamento quando sottoposte a determinate sollecitazioni quali urti, trazione, pressione e piegatura.

Il processo kraft (o al solfato) consente di ottenere paste dotate di caratteristiche meccaniche molto alte, ma la resa del processo è abbastanza bassa (circa il 45 %). Questo tipo di lavorazione ha dei grandi vantaggi: il procedimento al solfato può essere applicato a qualsiasi materiale legnoso, si possono utilizzare temperature molto alte di cottura (attorno 170°-200°) abbreviando i cicli produttivi e infine può disporre di un sistema di recupero di prodotti chimici e di autoproduzione di energia rendendo tutto processo “autosufficiente”.



### 2.1.2 LINE E TEST LINER

Questo tipo di carta è prodotta con macero senza un composizione fibrosa ben stabilita ma principalmente con provenienza sacco e cartone kraft. Questa carta, pur essendo di provenienza da macero presenta buone caratteristiche meccaniche. Parlando di carta riciclata, mi sembra doveroso, parlare delle varie categorie in qui è suddiviso il macero.

Principalmente si possono inquadrare 4 macro famiglie:

- GRUPPO 01: sono le qualità inferiori quali cartaccia, raccolta urbana ecc;
- GRUPPO 02: qua sono racchiuse le carte con una qualità media quali principalmente resi di giornale e scarti di stampa;
- GRUPPO 03: sono le qualità superiori quali i rifili e gli sfridi privi di stampa;
- GRUPPO 04: sono le qualità migliori, quelle ottenute da cartoni e supporti fatti con carta kraft.

#### **GRUPPO 01 - Qualità inferiori.**

- 01.0 - **cartaccia mista non assortita**: materiali misti non cerniti provenienti dalle famiglie, senza garanzia di materiali estranei.
- 01.1 - **cartaccia e cartoni misti non assortiti**: consiste in un misto di cartacce e cartoni di diverse qualità senza limitazioni di carte in genere a base di fibre corte.
- 01.2 - **cartaccia e cartoni misti assortiti**: misto di cartacce e cartoni contenenti meno del 40% di giornali illustrati.
- 01.3 - **fustellati di cartone**: rifili e altri cascami nuovi di cartoni grigi o di cartoni misti senza cartone paglia o ondulato.
- 01.4 - **cartone ondulato non selezionato**: imballaggi provenienti da grandi magazzini, contenenti almeno il 60% di cartone ondulato, il resto è costituito da cartoni pieni e carte da imballaggio.
- 01.5 - **cartone ondulato**: casse e fogli usati, rifili di cartone ondulato.
- 01.6 - **giornalame**: opuscoli, riviste, cataloghi, stampati, quotidiani, annuari letti o usati, mischiati, con o senza punti metallici ed esenti da libri rilegati.
- 01.7 - **resa illustrata invenduti**: opuscoli e riviste invenduti, con o senza collanti.
- 01.8 - **resa illustrati invenduta senza dorsi collati**: sono uguali ai precedenti, ma sono senza dori collati.
- 01.9- **resa quotidiani e riviste**: macero misto di quotidiani e riviste letti, contenenti almeno i 50% di quotidiani con o senza dorsi collati.
- 01.10 - **resa quotidiani e riviste senza dorso**: differiscono dai precedenti per l'assenza dei dorsi collati.
- 01.11- **quotidiani e riviste**: misto di vecchi periodici e riviste, cataloghi, materiali

stampati, annuari e quotidiani con o senza copertine dure.

- 01.12- **carta d'ufficio triturata non cernita**: carta d'ufficio triturata non cernita.

## **GRUPPO 02 - Qualità medie.**

- 02.1 - **resa quotidiani**: quotidiani letti contenenti meno del 5% di inserti colorati o prospetti pubblicitari.
- 02.2- **resa quotidiani invenduti**: giornali invenduti tipo quotidiani, stampati su carta da giornale bianca, esenti da inserti o illustrati aggiunti a posteriore.
- 03.3 - **fustellati di cartone multistrato con una copertina bianca**: rifili ed altri cascami di cartone duplex e multiplex con almeno una copertina bianca e l'interno o il retro grigio, con o senza stampa.
- 02.4- **rifili colorati misti**: rifili di tipografia o di riviste senza limitazione di colori, di carte a base di pasta meccanica o patinate.
- 02.5- **rigatino di edizione senza colla**: rifili bianchi, stampati di colore misti, composti in massima parte da carte a base di pasta meccanica, con o senza dorsi collati.
- 02.6- **rigatino di edizione senza colla**: differiscono dai primi per l'assenza di dorsi collati.
- 02.7- **archivio colorato**: carta da stampa e da scrivere già usata con o senza stampa, colori misti, esenti da copertine dure e carta carbone.
- 02.8- **libri bianchi scartonati senza legno**: libri scartonati senza legno, stampati soltanto in nero, 10% max. di carte patinate.
- 02.9- **book quire**: libri senza legno stampati in bianco e nero, senza copertine.
- 02.10 - **periodici e riviste colorate**: periodici e riviste patinate e non, colorate o bianche, senza copertine rigide, dorsi collati, senza inchiostri non disperdenti, adesivi e carta da manifesti.
- 02.11- **carta bianca autocopiante**: carta bianca copiativa senza carbone.
- 02.12- **carta colorata autocopiante**: carta colorata copiativa senza carbone.
- 02.13- **cartone bianco politenato**: cartone bianco politenato derivante dalla lavorazione dell'impacchettamento dei liquidi.
- 02.14- **cartone politenato**: cartone politenato nel quale ci può essere cartone non bianchito.
- 02.14.1- **cartone politenato usato**: cartone politenato bianchito e non, derivante dalle scatole, raccolto separatamente dagli altri tipi di macero.
- 02.15- **moduli continui da cartoleria contenenti legno**: moduli continui da cartoleria, possono contenere fibre riciclate.

## **GRUPPO 03 - Qualità superiori.**

- 03.1- **rifili misti di tipografia, colori chiari**: rifili di carte da stampa e da scrivere, di colori

chiari misti, contenenti almeno il 50% di carte senza legno.

- 03.2- **rifili senza legno colori chiari**: rifili di carte da stampa e da scrivere, contenenti almeno il 90% di carte senza legno.
- 03.3- **schede meccanografiche a colori misti**: schede meccanografiche a colori misti e stampati.
- 03.4- **schede meccanografiche classificate per tinta**: schede meccanografiche senza legno classificate per tinta e stampati.
- 03.5- **schede meccanografiche color naturale**: schede senza legno color naturale chiaro, stampate, max. l'1% schede colorate.
- 03.6- **archivio bianco n.1 e n.2 con e senza legno**: carte bianche selezionate provenienti da archivi d'ufficio, contenenti un min. per balla del 60% di carte senza legno, esenti da blocchi di cassa, da carta carbone, da dorsi collati insolubili in acqua, con un max. del 3% di carte coloranti autocopianti.
- 03.7- **archivio bianco n.1 senza legno**: differiscono dalle precedenti per l'assenza di carta fatta con pasta legno.
- 03.8- **tabulati in continuo bianchi senza legno**: blocchi tabulati in continuo, senza legno, bianchi, con un max. del 3% di carte autocopianti.
- 03.9- **tabulati in continuo senza legno e senza coloranti**: blocchi e tabulati in continuo, senza legno, bianchi, senza carte autocopianti coloranti.
- 03.10- **cartone bianco multistrato stampato**: ritagli di cartone bianco multistrato nuovo, senza strati grigi con leggere tracce di stampa.
- 03.11- **cartone bianco multistrato senza stampa**: è analogo al precedente ma è esente da qualsiasi tipo di stampa.
- 03.12- **bianco giornale da quotidiani**: rifili e fogli di carta bianca per giornale non stampati, esente da carta per periodici.
- 03.13- **bianco giornale per periodici**: rifili e fogli di carta per riviste, bianca non stampata, esente da carta per quotidiani.
- 03.14- **bianco patinato con legno**: rifili e fogli di carte patinate bianche con legno e non stampate.
- 03.15- **bianco patinato senza legno**: come il precedente solo esente da legno.
- 03.16- **rifili bianchi n.2 con legno**: rifili e fogli di carta bianca non stampata con legno, escluso bianco giornale da quotidiani e periodici. Possono contenere al max. 20% di carte patinate.
- 03.17- **rifili bianchi n.1 e n.2 con e senza pasta meccanica**: rifili e fogli di carta bianca non stampata esente da bianco giornale da quotidiani e periodici, con un min. di 60% di carta senza legno. max. 10% di carte patinate.
- 03.18- **rifili bianchi n.1 senza pasta meccanica**: rifili e fogli di carta bianca senza legno

non stampata, con un max. del 5% di carte patinate.

- 03.19- **rifili bianchi senza legno non patinati**: rifili e fogli di carta bianca senza legno, non stampata, esente da carta patinata.
- 03.20- **rifili bianchi**: rifili bianchi di libri o opuscoli leggermente stampati con dorsi collati. max. 50% di legno.
- 03.21- **rifili bianchi senza dorsi collati**: rifili di carte da stampa e da scrivere poco stampate senza dorsi collati, max. 10% di legno.

#### **GRUPPO 04 - Qualità Kraft.**

- 04.1- **ondulato kraft II**: casse, fogli e ritagli di cartone ondulato con le copertine in kraft o test liner.
- 04.2- **ondulato kraft I**: casse, ritagli e fogli di cartone ondulato con le copertine in kraft e l'interno ondulato in pasta chimica o semichimica.
- 04.3- **sacchi kraft usati**: sacchi kraft usati, non spolverati. Utilizzati ad esempio per contenere materiali da costruzione o concimi chimici, ad esclusione di materie coloranti e/o ad odore persistente.
- 04.4 - **sacchi kraft usati e puliti**: sacchi kraft usati, puliti, la cui utilizzazione precedente non necessita di spolveratura, o che sono stati spolverati meccanicamente.
- 04.5- **kraft usato**: carta e cartone kraft usato, di colore naturale o bianco.
- 04.6- **kraft nuovi**: ritagli ed altri scarti di carta e cartone kraft nuovi di colore naturale.
- 04.7- **kraft avana**: kraft avana, stampato e non politenato da un solo lato.



### 2.1.3 USO SEMICHIMICA

Questo tipo di carta viene prodotta con 100% macero con successivo trattamento superficiale di amido in size press per diminuirne l'assorbimento. Le caratteristiche meccaniche alle quali deve rispondere questo tipo di carta sono con valori decisamente alti, dato che questo trattamento in size-press è finalizzato ad aumentare appunto le caratteristiche fisico-meccaniche della carta.

### 2.1.4 ACCOPPIATI

Questo è un tipo di carta prodotta al 100% con macero composta da uno strato bianco di macero bianco o disinchiostrato a bassa grammatura accoppiata in macchina continua con una base cartacea tipo liner.



### 2.1.5 CAMOSCIO E CAMOSCIO BIANCO

Tra tutte le carte prese in esame fino ad ora, è senza dubbio quella qualitativamente inferiore ma non per questo trascurabile dall'essere menzionata e spesso utilizzata nel cartone ondulato. Viene prodotta con macero misto di non alta qualità, e viene impiegata esclusivamente come foglio teso all'interno delle ondulazioni.

## **2.2 CARTE PER ONDULAZIONI**

Come le carte per copertine, anche le carte per ondulazione si dividono in tre gruppi:

- Semichimica;
- Medium;
- Fluting.

### 2.2.1 SEMICHIMICA

Le paste semichimiche hanno caratteristiche qualitative intermedie tra le paste chimiche e le paste ad alta resa. Questo tipo di paste stanno lentamente scomparendo in quanto i costi di produzione risultano essere molto alti in funzione anche della bassa resa che si ottiene a prodotto finito.

In alternativa vengono utilizzate paste denominate ad alta resa, CMP o CTMP. Questo processo consiste nella parziale solubilizzazione e leggero imbianchimento della lignina (con soda caustica) a temperatura spontanea (circa 50°). Successivamente si sfibra la pasta ottenuta in dei raffinatori a dischi a pressione atmosferica. Infine si procede ad una eventuale sbianca (con perossido di ossigeno).

Le carte prodotte con questo processo risultano avere buone caratteristiche meccaniche.

### 2.2.2 MEDIUM

Carta prodotta con il 100 % di macero di media qualità. Grazie all'utilizzo dell'amido in impasto si ottengono caratteristiche meccaniche medio-alte.

### 2.2.3 FLUTING

Carta prodotta con 100% di macero con uso principale di macero A0 (cartaccia mista con raccolta urbana). Il range di grammatura è abbastanza ampio ed è da considerare la carta con minor qualità e caratteristiche meccaniche medio-basse. Per concludere una delle carte più economiche.

## 2.3 TIPI DI ONDA

I tipi di onda si dividono in base al loro spessore:

Onda A, = onda alta;

Onda C= onda media;

Onda B = onda bassa;

Onda E-F-G= micro-onda.

**Onda alta (A):** Determina un cartone con una altezza minima di 4,5 mm.

Con questo tipo di onda si hanno dei vantaggi sulla resistenza alla compressione verticale degli imballaggi e sul loro potere ammortizzante. Gli svantaggi che si possono rilevare invece sono, minore resistenza alla compressione in piano e una stampabilità di non elevata qualità, in quanto il passo dell'onda non facilita una perfetta planarità delle copertine.

**Onda media (C):** La sua altezza è compresa tra 3,5 e 4,4 millimetri.

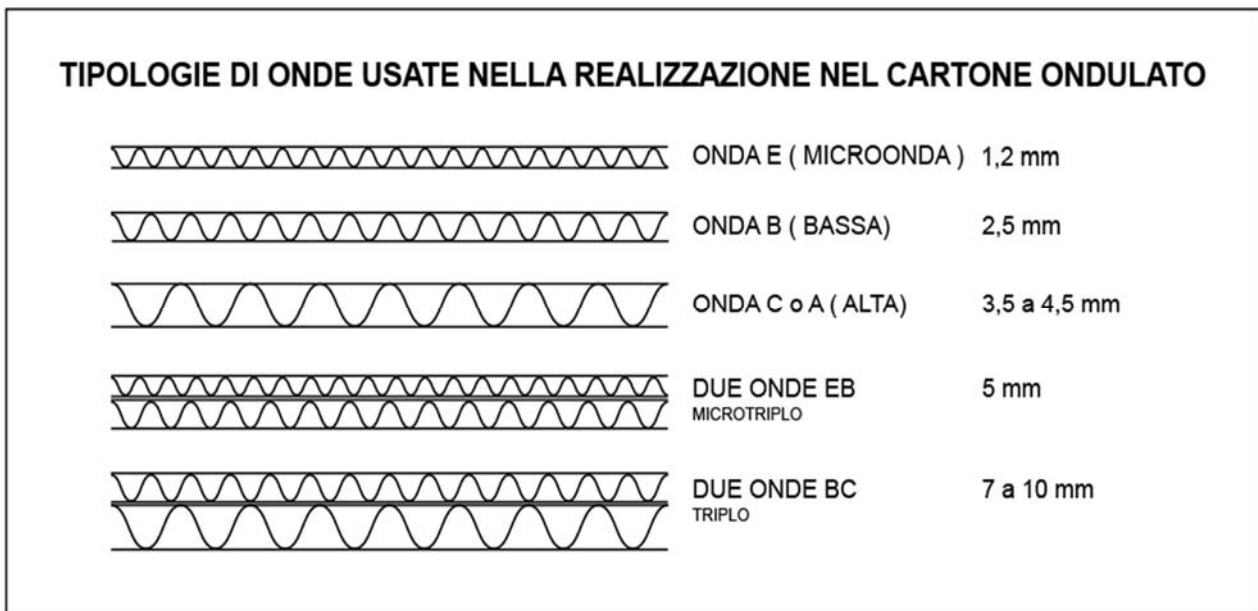
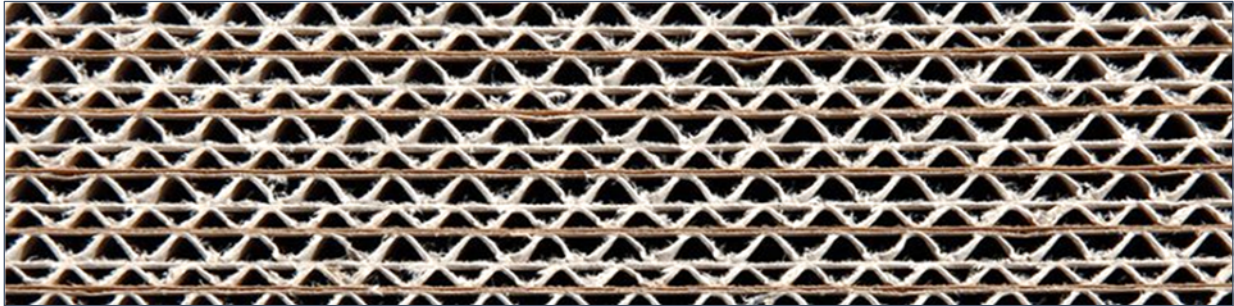
Questo tipo di onda rappresenta un ottimo compromesso tra il consumo di carta e la qualità delle prestazioni. Rispetto alla onda A infatti, garantisce una buona stampabilità e più elevate resistenze sia alla compressione in piano che a quella verticale in quanto, sia nelle fasi di trasformazione, imballo e spedizione subisce un minore stress.

**Onda bassa (B):** L'altezza di questa onda è compresa tra 2,5 e 3,4 millimetri. Il numero di onde contenuto in un metro lineare assicura una buona stampabilità e una buona resistenza alla compressione in piano. A causa del suo ridotto spessore invece, la resistenza alla compressione verticale non è ottimale.

**Micro- onda (E):** la sua altezza è compresa tra 1,2 e 2,4 millimetri.

**Micro- onda (F):** la sua altezza minima è di 0,8 millimetri.

**Micro- onda (G):** altezza dell'onda in millimetri 0,5-0,6.



I parametri che ci consentono di capire meglio quando si parla di ondulazioni sono principalmente:

- **Altezza:** è la misura che troviamo tra la sommità e la cavità dell'onda. Non dobbiamo fare confusione tra l'altezza dell'onda e lo spessore del cartone perché, in tale caso, andrebbero prese in considerazione anche lo spessore delle carte che lo compongono;
- **Passo:** è la distanza tra la sommità di due onde vicine;
- **Numero:** è la quantità di ondulazioni contenute in un metro lineare;
- **Coefficiente di ondulazione:** è il rapporto intercorrente fra la lunghezza della carta da ondulare impiegata per ottenere la lunghezza della copertina e la lunghezza della copertina stessa. In poche parole tale coefficiente indica il consumo di carta da ondulare.

## IDENTIFICAZIONE E NOMENCLATURA DEL CARTONE ONDULATO

Le carte che andranno a formare il cartone ondulato, sia per le copertine che per le ondulazioni, vengono classificate in base alla loro grammatura come possiamo osservare nelle tabelle sottostanti.

### CARTA PER COPERTINE:

|                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| g/m <sup>2</sup> | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 275 | 300 | 337 | 400 | 440 |
| n° di classifica | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 8   | 9   | 02  | 04  | 06  |

### CARTA PER ONDULAZIONE:

|                  |     |     |     |     |
|------------------|-----|-----|-----|-----|
| g/m <sup>2</sup> | 112 | 127 | 150 | 180 |
| n° di classifica | 2   | 4   | 6   | 9   |

A questo punto abbiamo molti dati a disposizione: i tipi di carta, le varie tipologie di cartone ondulato, i tipi di onda e queste tabelle che ci danno informazioni sulle grammature e il numero di classifica alle quali appartengono i tipi di carta.

Ora, in base a tutto questo, dovremmo essere in grado di identificare un cartone ondulato. Prendiamo come esempio il caso di produzione di un cartone a onda singola C: per la copertina esterna viene scelta una carta kraft (K) 175 g/m<sup>2</sup>, per l'ondulazione si scelga il medium (M) 127 g/m<sup>2</sup> e la copertina interna in test-liner (T) 150 g/m<sup>2</sup>. La sigla che andrà a identificare il prodotto con le sopraccitate caratteristiche sarà la seguente: **KMT 443 C**.

## 2.4 INCOLLAGGIO

Per unire il nastro ondulato con il foglio teso è necessario un processo di incollaggio, che costituisce parte integrante della macchina per cartone. Tale processo avviene nel nip tra il cilindro ondulatorio inferiore e il cilindro di pressione e i tempi a disposizione, in relazione alla velocità della macchina, sono molto brevi (0,01 secondi). Per tale motivo si ha bisogno di un adesivo in grado di penetrare molto rapidamente nella copertina.

Agli inizi della produzione del cartone ondulato, il processo di incollatura tra le due superfici di carta, quella ondulata e quella piana, avveniva fuori macchina mediante un adesivo vegetale ad alta viscosità, che veniva spalmato su tutta la superficie della copertina per poi essere assemblata con l'ondulazione.

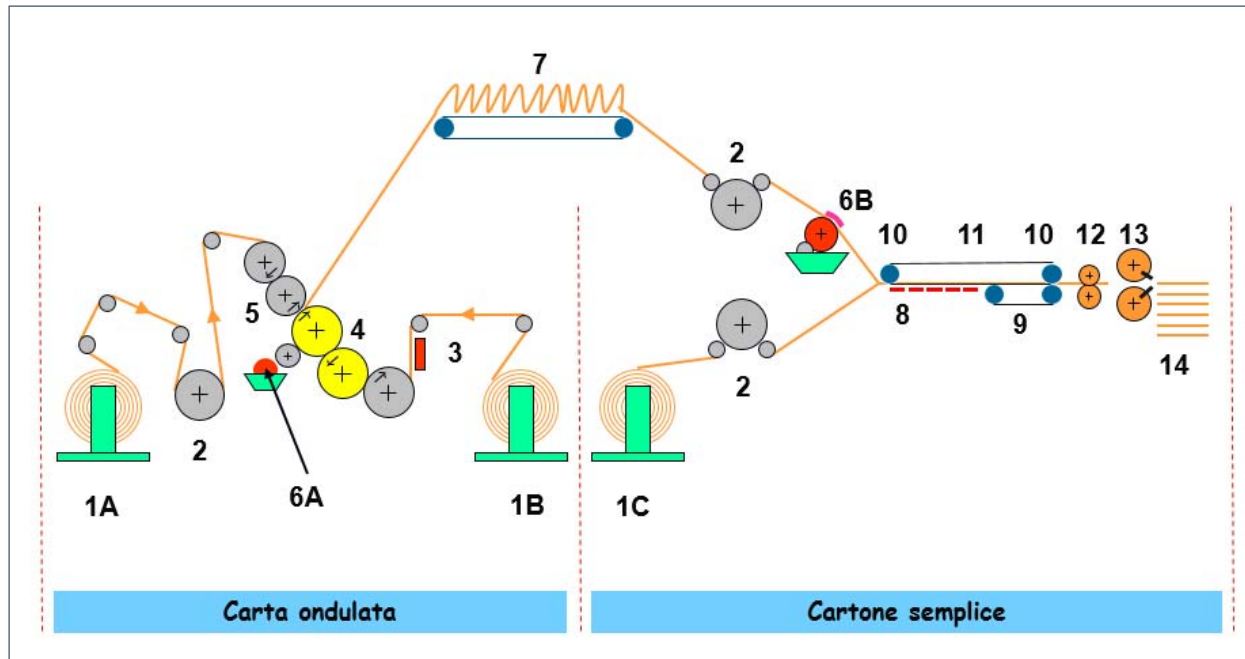
Nel frattempo si fecero delle prove per applicare il collante sui risalti delle onde, ma fallirono sia per le proprietà reologiche degli adesivi sia per la tecnologia non ancora avanzata delle macchine.

Nelle continue ricerche di adesivi sufficientemente veloci come presa, si arrivò all'utilizzo di silicato di sodio: questo però fu ben presto abbandonato in quanto risulta essere altamente alcalino con conseguente corrosione di parti della macchina.

Il collante, dopo continue ricerche, comunemente usato è l'amido naturale: normalmente si tratta di destrine che vengono disperse in acqua e successivamente additivate con soda caustica. La soda produce due effetti: una "maturazione termica" che produce la salda d'amido e una depolimerizzazione dell'amido che ne modifica la viscosità.

Il tempo intercorso tra l'additivazione della soda e il suo utilizzo è fondamentale: se troppo breve la colla non è ancora sufficientemente "appiccicosa", se il tempo è troppo lungo l'amido si depolimerizza quasi completamente.

### 3. MACCHINA PER ONDULATORI



|                                      |                                       |                                      |                    |
|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| 1A=PORTA BOBINE<br>COPERTINA INTERNA | 1B=PORTA BOBINE<br>CARTA PER ONDULARE | 1C=PORTA BOBINE<br>COPERTINA ESTERNA | 2=PRE-RISCALDATORI |
| 3=PRE-<br>CONDIZIONATORI             | 4=CILINDRI<br>ONDULATORI              | 5=CILINDRO DI<br>PRESSIONE           | 6A= INCOLLATORE    |
| 6B=INCOLLATRICE AI<br>PIANI          | 7=PONTE                               | 8=PIANI CALDI                        | 9=FELTRO INFERIORE |
| 10=CAPO FELRTO                       | 11=FELTRO SUPERIORE                   | 12=TAGLIA CORDONA                    | 13=TAGLIERINA      |
| 14=RACCOGLI FOGLI                    |                                       |                                      |                    |

Lo schema proposto si riferisce alla produzione di cartone ad onda semplice, quindi copertina-onda-copertina. Per la produzione di cartone a doppia o tripla onda si ha bisogno di disporre in linea con il primo gruppo ondulatorio un altro gruppo ondulatorio e di conseguenza tutte le altre parti della macchina. Generalmente il primo gruppo ondulatorio dispone di onde alte (onda di tipo A o C), mentre il secondo gruppo è di onda a profilo basso (onda B).

### **3.1 PORTA BOBINE**

Nei moderni impianti di produzione gli svolgitori sono privi di asse, quindi due coni penetrano lateralmente nelle anime delle bobine per fissarle. La costruzione dei porta bobine o svolgitori, è la medesima sia per la carta da ondulare sia per le copertine. Ciascuno porta bobine è dotato di un sistema frenante che serve per regolare la tensione del nastro durante lo svolgimento dove l'operatore può talvolta agire per sistemare eventuali errori durante la fase di ribobinatura. Il cambio rotolo è una delle fasi più delicate in quanto la bobina nuova deve subire una brusca accelerazione la quale può provocare rotture e perdite di produzione e materiale. La nuova bobina viene preparata in prossimità del rotolo e quando sta per finire viene incollata così da ridurre al minimo il tempo di cambio rotolo.

### **3.2 PRE-RISCALDATORI**

Il preriscaldatore, è un grosso cilindro liscio e cavo, in grado di ruotare, riscaldato internamente con vapore a circa 180-190°C sul quale la carta si avvolge, in misura più o meno ampia, regolabile con piccoli rulli di servizio, a seconda della necessità. Il suo compito principale è, tramite il calore, quello di regolare l'umidità (circa 7-8 %) contenuta nella carta da copertina per prepararla alla successiva rapida fase di incollatura.

I cilindri riscaldati non sono azionati ma girano liberamente e possono essere dotati di sistema frenante per regolare la tensione della copertina. Il lato della copertina a contatto con il cilindro solitamente è quello che poi andrà incollato, ma in certi casi per evitare troppe differenze e problemi di incollaggio si riscaldano tutti e due i lati.

### **3.3 PRE-CONDIZIONATORI**

Questo dispositivo è riservato alla carta da ondulare, che dopo essere stata rilasciata, viene avvolta nel pre-condizionatore. Questo ha le stesse caratteristiche e le stesse funzioni del preriscaldatore, in aggiunta però sul cilindro riscaldato, è collocata una barra fissa munita di forellini regolabili (umidificatori) dai quali esce vapore destinato ad inumidire la carta. Questa operazione di ammorbidimento effettuata dal pre-condizionatore, fa sì che le fibre possono essere modellate nella caratteristica forma ondulata.

### **3.4 GRUPPO ONDULATORE E CILINDRI ONDULATORI**

Il gruppo ondulator è il punto più delicato dell'interna macchina: infatti qua la carta, in base al profilo di ondulazione scelto, da superficie piana diventerà ondulata. Successivamente verrà accoppiata e incollata con la copertina.

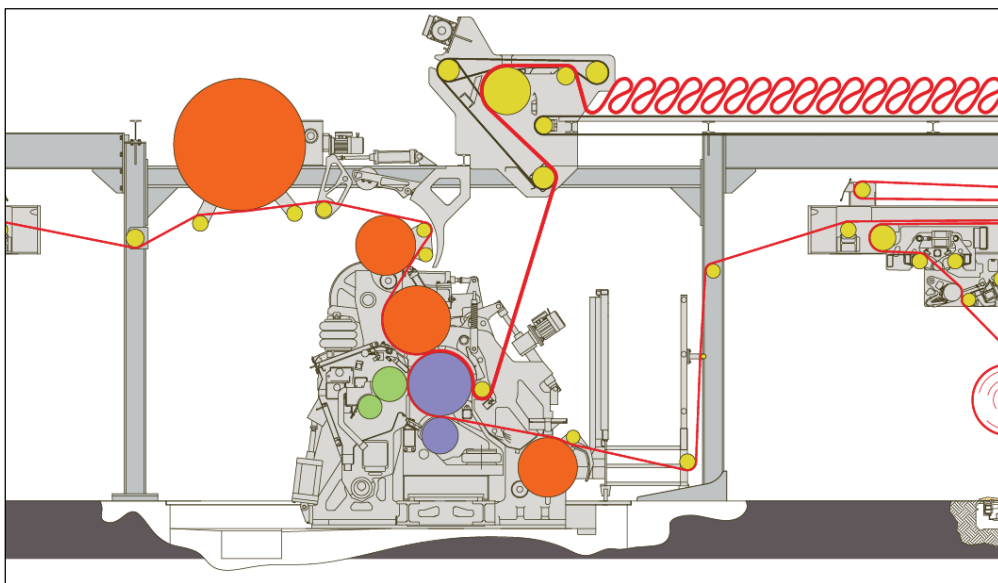
È a questo punto che la carta viene modellata, utilizzando energia meccanica (pressione fra i cilindri) ed energia termica (calore dei cilindri), per assumere il suo andamento ondulato. Si tratta di due cilindri sovrapposti, riscaldati con vapore a circa 180°C, in modo da ottenere il profilo desiderato. Il loro movimento rotatorio si svolge come quello di due ingranaggi ed è nel punto di contatto dei due, che viene formata l'ondulazione. La pressione di contatto è variabile in funzione della qualità delle carte impiegate e della grammatura.

Dal momento in cui la carta ha preso la forma ondulata, per consentire l'aderenza della stessa al cilindro inferiore fino al momento in cui verrà incollata con la copertina, vengono utilizzati dei dispositivi chiamati pettini o guida, disposti sul cilindro inferiore in corrispondenza delle scanalature. La distanza tra le scanalature, che determina il numero di pettini, dipende dal profilo dell'onda e deve essere scelta in modo che la carta rimanga sempre aderente al cilindro ondatore per tutta la sua larghezza. La regolazione dei pettini risulta essere molto difficoltosa e può causare difetti di lavorazione quali righe, rotture.

Per ovviare a questi inconvenienti, nelle macchine più moderne, il sistema è stato sostituito con dispositivi di aspirazione, i quali oltre a eliminare i problemi legati ai pettini, consentono una migliore formazione dell'onda e un sensibile aumento della produzione.

### 3.5 INCOLLATORE

L'incollatore ha il compito di depositare una quantità stabilita ed uniforme di colla sulla sommità di ciascuna onda. Esso è composto da una vasca che contiene il collante, mantenuto in circolazione per impedirne la decantazione, da un rullo incollato liscio che "pesca" il liquido dalla vasca, ed un secondo rullo più piccolo che ne dosa lo spessore.



### **3.6 CILINDRO DI PRESSIONE**

Il cilindro di pressione preme contro il cilindro ondulatore inferiore a pressione regolabile. Anch'esso è riscaldato internamente con vapore a 180°C circa per facilitare l'incollatura. Tale cilindro è liscio e ruotante per favorire il trascinamento della copertina. In questo punto avviene l'incontro tra la sommità delle onde, già intinte nella colla, e la copertina per la definitiva coesione tra le due superfici: in questo modo viene a formarsi la carta ondulata che una volta abbandonato il cilindro di pressione viene trasferita al ponte di immagazzinaggio.

### **3.7 PONTE DI IMMAGAZZINAMENTO**

Il ponte di immagazzinamento è situato al di sopra del gruppo della macchina ondulatrice con il compito appunto di "immagazzinare", per un breve periodo di tempo, la carta ondulata che vi è stata trasferita, a mezzo di un sistema di cinghie, direttamente dalla pressa liscia e di farla avanzare verso le successive fasi di lavorazione.

In questa fase si completa l'essiccamento del collante e soprattutto si crea una scorta di carta ondulata che si dimostrerà particolarmente utile quando il gruppo ondulatore, in occasione di cambi di bobina, dovrà ridurre la propria velocità, senza influenzare quella della incollatrice ai piani e delle successive lavorazioni.



### **3.7 INCOLLATRICE AI PIANI**

L'incollatrice ai piani, ha il compito di depositare sulla sommità delle ondulazioni della carta ondulata che proviene dal ponte un sottile ed uniforme strato di collante, per consentire l'adesione della seconda copertina.

Il dosaggio della colla avviene attraverso il passaggio della carta ondulata tra due cilindri

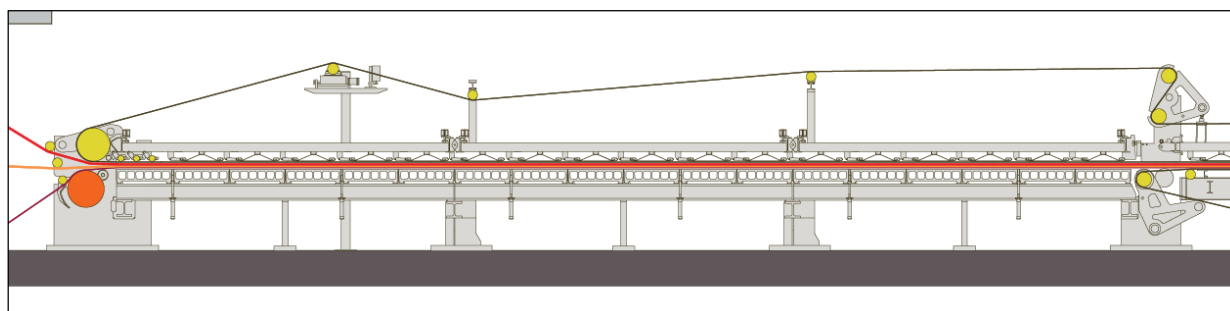
sovrapposti. Quello superiore esercita una leggera pressione sulla carta ondulata dal lato della copertina, in modo da portare l'ondulazione a contatto del cilindro inferiore che, a sua volta provvederà al deposito di un'uniforme dose di collante. Naturalmente la pressione esercitata fra i due cilindri deve essere accuratamente messa a punto al fine di evitare schiacciamento o deformazione della parte ondulata.

A questo punto sono terminate le lavorazioni effettuate su quella che è definita la “parte umida” di una macchina ondulatrice. Il susseguirsi delle operazioni che vengono fatte riguarda quella parte di macchina che può essere definita “parte secca”.

### 3.8 PIANI CALDI

I piani caldi, in genere a temperatura elevata sui primi e piano decrescente, sono la parte essiccatrice della macchina e servono alla completa cottura dell'amido nativo e all'allontanamento dell'acqua residua.

L'essiccamento del cartone ondulato avviene per contatto e quindi viene fatto passare su dei piani lisci riscaldati a vapore da 120° a 180°C, posti uno accanto all'altro. La temperatura del vapore è regolabile in funzione del tipo di cartone prodotto e, con cartoni pesanti, è necessario ridurre la velocità della macchina per facilitarne l'essiccamento. Per mantenere la striscia continua di cartone a contatto dei piani ci si avvale di un feltro guidato da un tamburo di rinvio posto all'inizio dei piani e da un tamburo di trascinamento o capo-feltro posto alla fine. La pressione del feltro, per aumentare l'incollaggio, è regolabile mediante dei rulli di pressione. Il feltro inoltre, impedisce la dispersione del calore.



### 3.9 TAGLIA CORDONA

La striscia continua di cartone che si forma, deve essere tagliata, sia in senso longitudinale che in senso trasversale, per ottenere fogli di cartone in formato idoneo alla lavorazione. Il taglio in senso longitudinale, cioè perpendicolare alla direzione di avanzamento della striscia di cartone, viene effettuato sul taglia-cordona.

Per il taglio longitudinale vengono utilizzati coltelli circolari, che lavorano in base al principio del taglio per incisione.

Per evitare uno schiacciamento del cartone, sia il coltello superiore che quello inferiore hanno fianchi slanciati e sono montati suddivisi in due, su manicotti spostabili sull'albero per semplificarne la manualità.

La cordonatura consiste nel parziale schiacciamento del cartone e definire quindi, in modo più preciso possibile, gli spigoli facilitandone la piegatura.

Il cartone ondulato viene fatto passare attraverso dei dischi rotanti. In funzione del tipo di cordonatura scelta, si otterrà una marcatura più o meno accentuata.

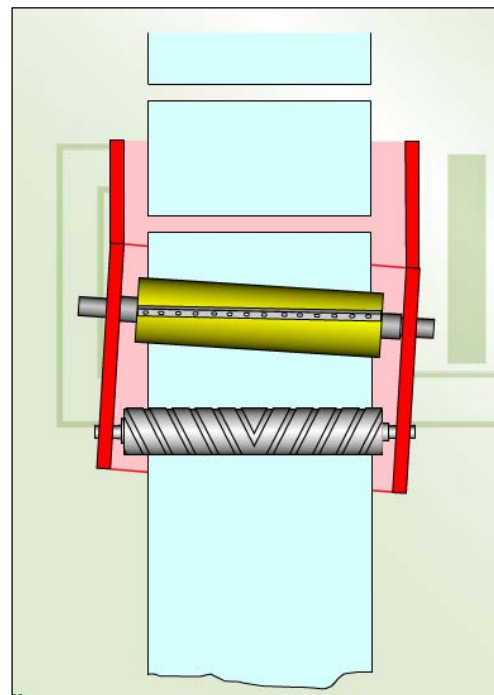
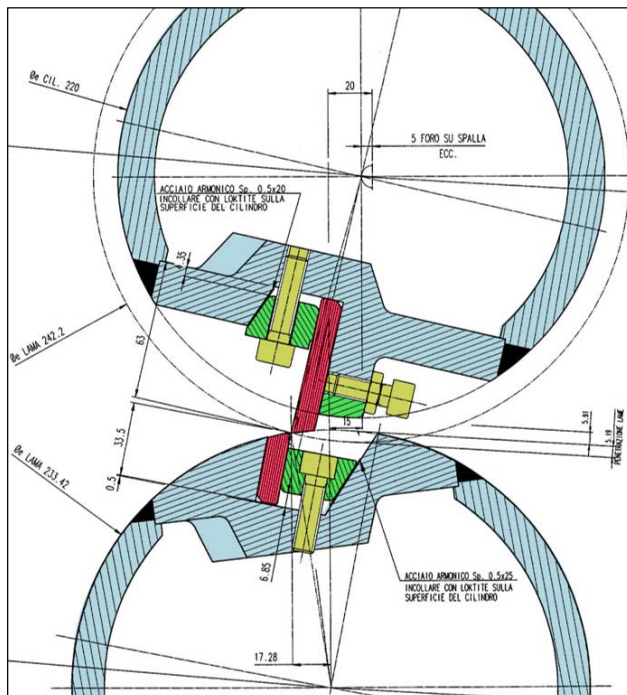
In questa fase possono riscontrarsi dei problemi relativi all'umidità del cartone infatti, ad esempio, con una umidità troppo alta o troppo bassa, le copertine possono andare incontro a rotture.

### 3.10 TAGLIERINA ROTATIVA

Ha il compito di tagliare in senso trasversale la striscia continua di cartone che diventa un foglio di cartone avente le dimensioni determinate.

La taglierina rotativa è, in genere, dotata di due dispositivi di taglio, indipendenti tra di loro e installati su apposite "spalle", ciascuno dei quali è composta da due alberi porta-lame.

Terminata qui la lavorazione del cartone ondulato, non rimane che raccogliere i fogli ed accatastarli.



### **3.11 RACCOGLITORE IMPILATORE**

All'uscita di ogni gruppo della taglierina trasversale, i fogli cadono su un tappeto trasportatore il quale, muovendosi a velocità ridotta rispetto a quella della macchina, consente una disposizione dei fogli stessi a "lisca di pesce".

Il tappeto deposita i fogli su una piattaforma che, azionata da fotocellule, si abbassa gradatamente man mano che riceve i fogli di cartone; quando la catasta è formata e la piattaforma è al suo livello più basso, un dispositivo devia i cartoni verso un'altra piattaforma, precedentemente predisposta ad accogliere i fogli di cartone.

## 4. PROVE SULLA CARTA

Tutta la carta che viene prodotta, a seconda del suo utilizzo, dovrà essere sottoposta ad una serie di prove, utili a verificarne le caratteristiche fisico-meccaniche alle quali essa dovrà rispondere.

| CARTE PER COPERTINE   | CARTE PER ONDULAZIONE   |
|---|---|
| Resistenza allo scoppio<br>Resistenza alla lacerazione<br>Resistenza alla compressione verticale<br>Resistenza all'assorbimento di umidità<br>Grado di permeabilità all'aria<br>Resistenza alle doppie pieghe<br>Lunghezza di rottura | RCT -Ring Crush Test<br>CCT - Corrugated Crush Test<br>CMT - Concora Medium Test<br>SCT - Short-span Compression Test |

Oltre a queste prove che sono specifiche per le due tipologie di carta, ce ne sono altre che si effettuano su entrambi:

- Porosità;
- Pulizia;
- Spessore;
- Grammatura.

La resistenza alla scoppio della carta è la resistenza che questa presenta quando è sottoposta ad una pressione agente perpendicolare alla sua superficie. Essa è determinata con lo scoppiometro, nel quale, su una provetta ben tesa e saldamente fissata lungo un contorno circolare, si fa agire, attraverso una membrana di gomma, una pressione uniforme e crescente, che porta alla rottura la provetta. La pressione applicata alla rottura è detta appunto pressione di scoppio ed è espressa in kPa oppure kg/cm<sup>2</sup>.

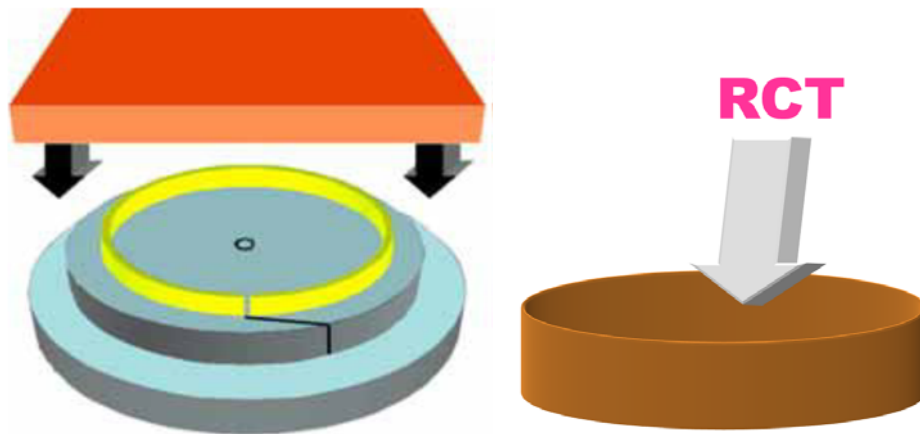


La resistenza alla lacerazione tende a stabilire la resistenza che presenta un foglio di carta alla rottura per lacerazione nei due sensi (MD-CD).



La resistenza alla compressione del cartone ondulato dipende essenzialmente dai suoi componenti, la copertina e il centro ondulato. Pertanto la determinazione della resistenza alla compressione di questi materiali ha un'importanza essenziale e parecchi sono i metodi in uso per determinare tale caratteristica.

Quello più usato per la copertina è il Ring Crush Test (RCT). La prova fa uso di una striscia lunga 152,4 mm e larga 12,7 mm la quale viene introdotta in un supporto portante una fessura circolare, in modo che la striscia assuma la forma di un anello, dopo di che viene messa sotto ad una pressa elettronica a cella di carico, la quale rileva il carico massimo applicato alla provetta al momento della rottura. Il valore è espresso in kPa. Tale prova evidenzia la resistenza della carta allo schiacciamento verticale indicato oltre che per le copertine Kraft, Liner e Test-liner, anche alle carte per onda come Medium e Fluting.



La resistenza all'assorbimento di umidità viene fatta per verificare il grado di collatura della carta, molto importante per ricevere la stampa e rallentare la penetrazione dell'acqua. Il metodo più usato è il Cobb che si esprime in  $g/m^2$ .

Si prende un campione di carta, ritagliato con apposita dima di dimensioni note, e lo si chiude in una apposita morsettiera, quindi viene versato sulla carta 100 ml di acqua per 45 secondi, dopodiché tolta l'acqua si appoggia il provino su della carta assorbente e con un apposito rullo metallico (dal peso di 10 kg) si esercita una leggera pressione per due volte. Finite tutte le operazioni citate si pesa il campione di carta e si verifica quanta acqua è stata assorbita facendo la differenza tra la carta prima e dopo la prova.

Una precisazione andrebbe fatta a riguardo il tipo di colla che viene usata in cartiera infatti, se si adoperava una colla sintetica del tipo AKD, prima di effettuare la prova è necessario provocare una maturazione forzata della stessa in quanto a fondo macchina questo fenomeno non è del tutto avvenuto. Quindi bisogna mettere il campione di carta in un forno a  $105^{\circ}C$  per 5 minuti che corrisponde alla completa maturazione della colla come dopo 24 ore di maturazione spontanea. Questo si rende necessario ai fini di poter eseguire il test in tempi rapidi. Questo tipo di colla è già pronta all'uso, però si rende efficace ad un range di PH neutro alcalino 6,5-8,5.

Se invece viene usata un altro tipo di colla sintetica del tipo ASA questo non è necessario perché la colla matura già a fondo macchina.



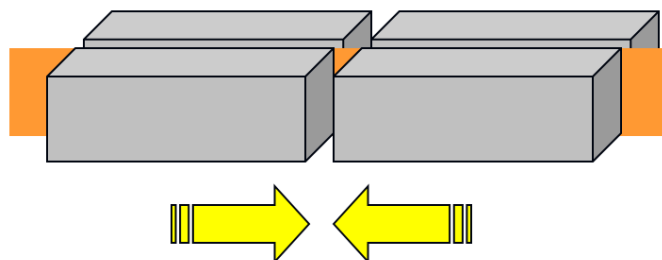
La permeabilità all'aria è quella prova che misura la resistenza all'aria della carta determinando il tempo necessario per una data quantità di aria, a pressione costante, ad attraversare un campione di carta di dimensioni standard. La misura viene effettuata in secondi e, più è alto il valore, maggiore è la resistenza al passaggio di aria, quindi la porosità è inferiore. Lo strumento più conosciuto e utilizzato è il porosimetro Gurley.



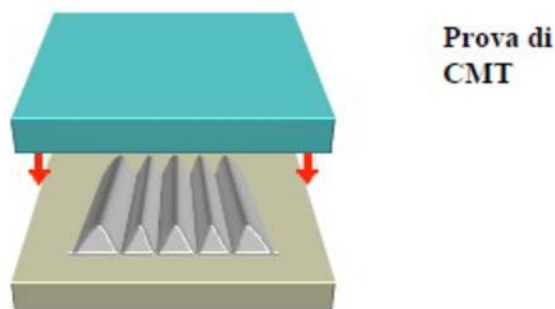
SCT (Short-span Compression Test) cioè prova di compressione a breve distanza, determina la resistenza alla compressione del foglio di carta sia nella direzione di macchina che in quella trasversale. Si definisce come forza di compressione, la massima forza, per unità di grandezza, che un provino di carta può sopportare su se stesso prima di arrivare alla rottura, e come indice di compressione la forza di compressione divisa la grammatura.

La prova è eseguita con campioni da 15 mm di grandezza, i quali vengono inseriti in un'apposita macchina e fermati con due pinze distanti 0,7 mm, quindi le pinze vengono forzate l'una contro l'altra fino alla rottura per compressione del provino di carta. La particolarità di questo strumento è quella di vincolare la striscia a rimanere distesa su di un piano, impedendo eventuali flessioni, e di esercitare lo sforzo di compressione su una distanza molto breve (0,7mm) di modo che il rapporto di esilità che ne risulta è sufficientemente piccolo anche per basse grammature.

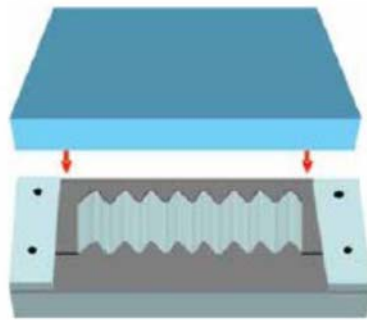
$$\text{Esilità } S = 3,46 \times (\text{lunghezza/spessore})$$



L'espressione CMT deriva da Concora Medium Test (o compressione in piano delle onde). Questo metodo permette di misurare la resistenza allo schiacciamento di una striscia campione di carta ondulata. Tali strisce vengono tagliate nel senso di macchina con una taglierina a doppia lama, vengono ondulate con un'apposita macchina da laboratorio ondulatorice e tenute nella giusta posizione da un nastro adesivo. L'applicazione del nastro adesivo è eseguita per mezzo di uno speciale dispositivo, costituito da una cremagliera e da un pettine, per impedire deformazioni delle ondulazioni durante l'operazione stessa. La prova di schiacciamento è condotta in una pressa che cessa di pressare appena la carta cede rapidamente al carico, tale misura rimane indicata nel display ed è espressa in Newton. Il provino di carta viene fatto condizionare in laboratorio per 30' ad una temperatura di 23°C ed un'umidità relativa del 50% prima di essere sottoposto al test. In alcuni casi la prova viene fatta istantanea.



Il secondo test che viene eseguito è il CCT (Corrugated Crash Test). Questa prova, come per il CMT, viene condotta sempre con una striscia di carta precedentemente ondulata, solo che viene tenuta in posizione da una apposita morsa metallica. Tale test tende a verificare la resistenza della carta allo schiacciamento verticale come per la prova di RCT menzionata prima, con l'unica differenza che nel CCT la carta viene ondulata.



**Prova di CCT**

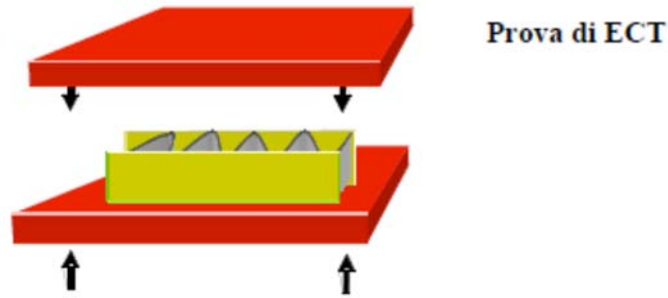


**Morsa metallica per sostenere il provino di CCT**

Considerando che la buona qualità del cartone è determinante per ottenere le previste prestazioni dell'imballaggio finito ne deriva che, anche il cartone (il prodotto finito), debba essere sottoposto ad una serie di prove, tendenti ad accertare che esso abbia mantenuto le qualità che erano state previste al momento in cui era stata operata la scelta delle carte che lo compongono. Andiamo ad analizzare, quelli che sono ritenute i più importanti controlli da effettuare sul cartone.

Un test molto importante, per l'imballaggio finito, è la resistenza alla compressione verticale cioè l'ECT (Edge Compression Test). Tale prova si effettua comprimendo il bordo di una striscia di cartone ondulato in senso perpendicolare all'andamento dell'onda e si esprime in kPa necessari a deformare il campione. Se il cartone è prodotto a regola d'arte, il suo ECT dovrà, quanto meno, essere pari alla somma dei valori riscontrati sulle carte che lo compongono nella prova di RCT (Ring Crash Test) maggiorate, per la carta ondulata, del CO, ovvero il Coefficiente di Ondulazione, il quale varia a seconda del tipo di onda. Quindi una volta noti i valori di RCT delle carte impiegate, l'ECT del cartone si ricava da questa semplice formula:

$$ECT = RCT \text{ copertina esterna} + RCT \text{ parte ondulata} \times CO + RCT \text{ copertina interna}$$



Un altro test per il prodotto finito è il BTC cioè il Box crash test è la resistenza alla compressione della scatola finita, fondamentale per il cliente finale della scatola.

Tale prova è eseguita con presse munite di due piastre con piano orizzontale, fra le quali si collocano le casse o le scatole sotto esame; una delle piastre è fissa, mentre l'altra è mobile ed esercita la compressione contro la piastra fissa. Le piastre devono avere dimensioni tali da contenere completamente l'imballaggio.

Il dispositivo di rilevamento del carico è solitamente con celle di carico e comunque è presente un registratore che permette di tracciare la curva di carico-deformazione e quindi di rilevare sia il carico massimo raggiunto, che è appunto la resistenza alla compressione della scatola, sia la deformazione alla rottura.

