

	<p><i>agenti nelle cartiere Italiane di ditte fornitrici di: impianti, macchinari, ricambi, servizi</i></p>	<p>Tecnicart sas Via Torre Pellice 17 - 10156 Torino tel 011 22 37 383 Fax 011 22 37 385 E-mail info@tecart.com</p>
---	---	--

Prove sul cartone ondulato. Stato dell'arte e proiezioni future.

di Michael Moore – TMI –Testing Machines Inc.– Principal Scientist

RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE

Il metodo più attendibile per valutare la resistenza di un contenitore in cartone ondulato consiste nel testare campioni interi e di dimensioni reali con una pressa per scatole (prova BCT, Box Compression Test). Gli svantaggi di tale approccio sono i seguenti: l'esito della prova è successivo alle fasi di progettazione e fabbricazione e pertanto non fornisce indicazioni in tempo utile perché venga dedicata l'opportuna attenzione ai problemi che possono incorrere, né si ottengono informazioni sulla loro probabile causa di questi problemi; inoltre, per i contenitori più voluminosi, l'attrezzatura di prova necessaria è grande e costosa. Per questi motivi la maggior parte dei produttori di cartone ondulato valutano il loro prodotto conducendo una serie di misure sulle sue componenti o sul cartone finito. Prove come il Ring Crush Test (RCT), l'Edge Crush Test (ECT), il Concora Medium Test (CMT), il Corrugated Compression Test (CCT) ed il Flat Crush Test (FCT) possono essere condotte in una pressa da laboratorio per le prove di compressione, un apparecchio compatto e standardizzato⁽¹⁾, mentre altri produttori si affidano a strumenti speciali, come lo Short-Span Compression Tester (per prove di SCT). Sono diversi i metodi di previsione per correlare i valori dei test condotti su campioni dei materiali che costituiscono i componenti della scatola alle prestazioni del prodotto finale, ma molti produttori sono convinti che tali metodi non siano ancora sufficientemente attendibili per poter sostituire le prove di compressione condotte sulle scatole quale giudice finale.

L'equazione di McKee

È probabilmente l'equazione di previsione più usata. Secondo McKee⁽²⁾ la resistenza alla compressione di un contenitore in cartone ondulato (BCT) può essere prevista attraverso la misura della resistenza alla rottura dei bordi di un campione di cartone (edgewise crush resistance, ECT), della resistenza alla piegatura (bending stiffness, Sb), ovvero dal valore dello spessore del cartone (T), e della superficie esterna della scatola(Z). L'equazione nella sua forma consueta è:

$$BCT = K1 \times ECT^{0.75} \times Sb^{0.25} \times Z^{0.5} \quad (i)$$

dove S_b è la media geometrica della resistenza alla piegatura (o rigidità) del cartone ondulato in MD e CD e K_1 è una costante scelta affinché il valore BCT risulti in newtons.

Per alcuni tipi di liner la rigidità è proporzionale allo spessore, quindi talvolta può essere applicata una versione semplificata della formula di McKee:

$$BCT = K_2 \times ECT \times T^{0.5} \times Z^{0.5} \quad (ii)$$

dove K_2 è una costante scelta affinché il valore di BCT risulti in newtons.

McKee – Proiezioni *versus* realtà

La nostra esperienza⁽³⁾ ci porta ad affermare che l'effettiva resistenza alla compressione della scatola è normalmente inferiore ai valori previsti; un tipico esempio è il seguente:

valore di BTC calcolato dall'equazione (i) = 986.9N

valore di BTC calcolato dall'equazione (ii) = 985.4N

valore di BTC ottenuto dalla prova di compressione della scatola = 800.4N

Non si conoscono tutte le ragioni di tale differenza ed il lavoro per la sua completa comprensione è ancora in corso, ma è noto che è necessaria un'accurata scelta dei valori ottenuti dalla prova di compressione dei bordi del campione sotto esame (ECT). L'utilizzo della misura dello spessore in luogo del valore della rigidità non sembra avere un effetto significativo sui valori di BCT previsti nei campioni da noi testato.

La resistenza alla compressione dei bordi (ECT) può essere misurata direttamente su piccoli campioni di cartone ondulato oppure può essere prevista dai valori del Crush Test delle componenti del cartone (a monte dell'assemblaggio). Molti produttori preferiscono quest'ultimo metodo perché le misure possono essere effettuate all'inizio del processo di produzione, ma occorre tener presente che i due metodi hanno procedure di prova differenti e non forniscono necessariamente gli stessi risultati.

Misurazioni dirette della resistenza alla compressione dei bordi (ECS) di un campione di cartone ondulato

L'ECT è normalmente misurata comprimendo fino al suo collasso un campione di cartone ondulato, sostenuto da un apposito accessorio perché resti in verticale rispetto ai piatti di compressione (larghezza campione pari a 25 o 50 mm).

Il semplice collocare il campione da testare fra i piatti della pressa non è consigliabile perché può verificarsi una sua deformazione locale dovuta al non perfetto parallelismo delle superfici di compressione della pressa, oppure può avvenire la deformazione globale del cartone. Sono tre i metodi di uso comune che consentono di minimizzare tali inconvenienti. Il metodo Wax Dip⁽⁴⁾ usa cera paraffinata fusa per rinforzare i bordi del campione sotto esame, così da facilitarne il collasso nella zona centrale. Questo risultato può anche essere ottenuto utilizzando un'apposita

apparecchiatura per “strozzare” il campione nella regione centrale (metodo Neckdown)⁽⁵⁾. Il terzo metodo utilizza dei morsetti meccanici per sostenere il campione e prevenirne la deformazione in zone indesiderate⁽⁶⁾. Questi tre metodi non forniscono gli stessi risultati per i vari tipi di cartone; la nostra esperienza suggerisce che i valori della resistenza alla compressione dei bordi forniscono valori classificabili in quest’ordine: metodo Neckdown > utilizzo di morsetti > metodo Wax Dip.

Previsione della ECS dalle prove sui singoli componenti

In teoria, l’ECS di un cartone ondulato può essere prevista dalla somma delle resistenze alla compressione dei suoi singoli componenti. L’equazione per cartone ondulato a onda singola è $ECS = L_1 + L_2 + a*M$ dove L_1 ed L_2 sono le resistenze dei liners (ovvero delle copertine), M è la resistenza dell’onda centrale ed a è il fattore di tensione, il rapporto fra la lunghezza dello strato centrale quando è piatto e la sua lunghezza una volta ondulato.

Tre sono le prove comunemente utilizzate per la determinazione della resistenza dei componenti: il Concora Liner Test (CLT), il Ring Crush Test (RGT) ed il Corrugated Crush Test (CCT). In tutte queste prove il campione di un singolo componente (liner o onda) viene sostenuto verticalmente da morsetti lasciando una porzione libera di 6.35mm.

Nel metodo CLT si utilizza un singolo morsetto piatto, mentre il metodo RCT prevede l’uso di un morsetto circolare. La prova CCT è simile alla CLT, se non che le ganasce del morsetto sono modellate per accogliere una striscia del componente centrale del cartone, precedentemente ondulata in un ondulator (fluter) da laboratorio.

Tutti questi metodi sono soggetti ad errori dovuti alla deformazione parziale dei bordi, dalle condizioni di posizionamento e tenuta campioni inadatte o dal non perfetto parallelismo dei piatti di compressione della pressa utilizzata per i test. Un’analisi completa di questi metodi di prova è stata pubblicata da Fellers⁽⁷⁾. Fellers concluse che i metodi CLT e RCT possono fornire risultati errati ($CLT > RCT$ quando la realtà può essere opposta) perché la resistenza alla compressione è fortemente influenzata dalla grammatura e dalla densità del campione sotto esame. I risultati ottenuti con il metodo CCT risultavano essere superiori a quelli ottenuti con il metodo RCT, ma ciò era applicabile correttamente solo alla componente centrale ondulata e non alle copertine. Fellers affermò inoltre che un metodo di prova relativamente nuovo, lo Short Span Compression (la compressione su piccole porzioni di campione) offriva un miglioramento rispetto agli altri tre metodi riducendo gli effetti di deformazione dei bordi.

Lo Short Span Compression Test (SCT)

Questa prova, spesso chiamata STFI test dall’Istituto di Ricerca Svedese dei prodotti forestali (Swedish Forest Products Research Institute) ove è stata sviluppata, è nata per tentare di eliminare gli effetti dei bordi del campione, misurando la

resistenza alla compressione su una superficie molto piccola di un campione sostenuto da una coppia di morsetti molto vicini fra loro.

Un campione di larghezza pari a 15 mm è serrato da due morsetti distanti fra loro solamente 0.7mm. L'apparecchiatura, appositamente progettata per questo tipo di prova, è costruita di modo che i due morsetti comprimano contemporaneamente le due estremità del campione. Lo strumento solitamente presenta un miglior controllo dei parametri di prova rispetto alle presse tradizionali, essendo un'apparecchiatura dedicata ad un singolo metodo di prova anziché uno strumento adatto a molteplici test.

Seth⁽⁸⁾ usò questo tipo di strumento per valutare la resistenza alla compressione delle componenti del cartone e ne confrontò la somma con la resistenza alla compressione dei bordi del cartone ondulato (prodotto finito). Come Fellers, egli concluse che lo Short Span Compression Test era superiore ai Crush Test convenzionali. Egli inoltre rilevò che la resistenza del cartone ondulato finito rappresentava solitamente solo il 70-80% della resistenza presentata dai singoli componenti. Tali differenze possono essere attribuite alle disomogeneità nelle procedure delle prove quali la velocità di applicazione del carico e la distanza tra i morsetti (ovvero la larghezza della parte del cartone sottoposta a compressione). Certamente produce anche un effetto, nel caso del cartone ondulato finito, il rinforzo dato dall'adesivo, così come l'indebolimento del cartone dovuto alle fasi di trasformazione e/o all'utilizzo di vapore e calore.

Un altro vantaggio dello Short Span Compression Test rispetto alle altre prove di compressione consiste nel fatto che i risultati ottenibili con l'SCT sono molto meno influenzati dalla grammatura rispetto al CCT, all'RCT o al CLT. I dati pubblicati mostrano che i risultati dello Short Span Compression Test sono costanti al variare della grammatura per campioni sotto i 100g/m², mentre i valori delle misurazioni effettuate con i metodi CCT, RCT e CLT diminuiscono in modo sostanziale quando le grammature sono comprese fra 200 e 100 g/m².

Previsioni della resistenza alla compressione delle scatole – conclusioni

Non siamo ancora in grado di prevedere al 100% la resistenza alla compressione delle scatole in base alle proprietà del cartone ondulato finito o delle sue componenti.

È improbabile che si possa ottenere una previsione perfetta a causa di fattori quali la resistenza dell'adesivo impiegato, i difetti presentati dalle superfici della scatola finita (più ampie di quelle dei campioni generalmente testati), etc.

Nonostante per semplicità sembri che la resistenza alla compressione del cartone ondulato possa essere misurata direttamente sul prodotto finito, le deficienze presenti dalle procedure di tale prova dimostrano che non è questa la scelta migliore.

I valori della resistenza alla compressione dei componenti offrono il mezzo migliore per la formulazione di previsioni, attraverso l'utilizzo dell'equazione di McKee e il miglior metodo per determinare i suddetti valori è probabilmente lo Short Span Compression Test.

ADESIONE STRATI

Prova di resistenza alla scollatura (Glue Bond testing) – Addio al cosiddetto “pollice calibrato”?

La resistenza al distacco per scollatura della copertina dall'onda è uno dei fattori critici nella determinazione della resistenza alla compressione della scatola. Questa prova viene normalmente eseguita su un campione di cartone umido poiché solitamente l'adesione degli strati del cartone ondulato difetta nel momento in cui le scatole sono soggette ad alta umidità o a ciclici periodi di umidità.

Le prove generalmente eseguite in passato sono le seguenti:

- “Calibrated Thumb” o “pollice calibrato”

I campioni vengono immersi in acqua per un periodo predeterminato e quindi “torti” fra il pollice e le altre dita. Il valore assegnato al risultato ottenuto è frutto dell'esperienza ed è fortemente dipendente dall'operatore.

- Dead Weight Test o prova con applicazione di un carico

Il campione viene immerso nell'acqua e quindi sottoposto all'applicazione di un carico. Si registra il tempo necessario al danneggiamento del cartone, che può essere spesso pari a di diverse ore.

- Dead Pin Adhesion Test (PAT) o prova di adesione strati sottoposti a trazione tramite “pettini”

Il campione viene posizionato su di un accessorio formato da due “pettini” (i cui denti vengono inseriti negli spazi vuoti dell'onda) ed immerso in acqua per un periodo di tempo predefinito, al termine del quale il campione viene sottoposto ad una trazione operata sui due pettini (che sono disposti l'uno in senso inverso all'altro). In realtà le scatole raramente si danneggiano nella direzione Z.

Un nuovo strumento, il Glue Bond Integrity Tester (apparecchiatura per le prove di scollatura), utilizza il principio del “pollice calibrato”, ma fa ricorso a moderni metodi strumentali onde eliminare la soggettività della valutazione.

La prova di Glue Bond Integrity (GBI) i campioni vengono tagliati, inumiditi e posizionati su di un accessorio speciale che a sua volta viene montato su di uno strumento che esercita trazione orizzontale. I campioni di dimensioni pari a 200 mm x 25 mm sono tagliati da un pezzo rappresentativo del cartone da testare e poi ulteriormente rifilati in modo che sul lato da testare siano presenti 4 linee di incollatura, mentre sull'altro lato ne siano presenti 5. I campione così preparato viene quindi fissato tramite nastro adesivo al relativo supporto.

I campioni da testare, già posizionati sul supporto, vengono immersi in acqua 10 alla volta per 3 minuti, quindi montati sullo strumento e sottoposti ad una forza di trazione di 10 N/min fino al distacco degli strati del campione (il tempo necessario è generalmente pari a circa 2 minuti). Lo strumento registra il picco di massimo della forza applicata.

Questo metodo di prova, sviluppato in origine da uno dei più importanti produttori di cartone ondulato, è stato successivamente inserito nelle norme Tappi ⁽⁹⁾.

PROPRIETÀ SUPERFICIALI

Verifica dell'aspetto / indagine visiva della copertina (liner)

La rapida crescita dell'uso dei contenitori in cartone ondulato nei punti di vendita ha portato ad un crescente interesse per la qualità della superficie di tale materiale (il suo aspetto e la qualità di stampa che ne deriva). Nello stesso tempo, l'aumento dell'utilizzo di fibre riciclate nella produzione del cartone ha portato come risultato una maggiore probabilità di bassa qualità superficiale. Fortunatamente la disponibilità di scanner di buona qualità e l'applicazione di un sofisticato software di analisi dell'immagine forniscono al produttore ed al trasformatore di cartone ondulato un potente strumento con il quale valutare la qualità della superficie e monitorare le materie prime utilizzate ed i processi di stampa.

Rilevazione e valutazione dei difetti del liner per mezzo dell'analisi dell'immagine

I tipici difetti del liner prodotto da fibra riciclata sono: pasticche (grumi di fibre), particelle residue di inchiostro, cere e colle. Anche il liner prodotto da fibra vergine può contenere pasticche che ne rovinano l'aspetto. Fortunatamente, con l'utilizzo dell'analisi di immagini acquisite con scanners, è possibile non solo rilevare tali difetti, ma anche contarli, misurarli e classificarli in base al tipo ed alla probabile causa.

Essendo cere e colle l'interesse primario per quanto riguarda l'OCC, Rosonberger ⁽¹⁰⁾ ha sviluppato una tecnica per rendere cere e colle visibili per il conteggio ed il dimensionamento dei difetti. Tale tecnica richiede semplicemente la preparazione (tramite l'utilizzo di un formafogli da laboratorio) di fogli ricavati dalla materia prima da testare, seguita dalla scansione del foglio ancora umido: in tal modo le particelle di cera o colla possono essere chiaramente rilevate ed osservate a occhio nudo.

Analisi dei difetti di stampa

Usando uno scanner ad alta risoluzione ed uno speciale disegno di stampa è possibile valutare i difetti di quest'ultima, incluse le sbavature, le imperfezioni del bordo (colore su base e colore su colore), la puntinatura (o disuniformità di stampa) etc. Il colore, talvolta scuro, del liner non presenta problemi, dal momento che le lunghezze d'onda delle

caratteristiche di interesse sono facilmente selezionabili e, pertanto, separabili dallo sfondo. La tecnica è applicabile a tutti i processi di stampa.

Metodi di test per il futuro – Di che cosa abbiamo bisogno?

Durante la mia esperienza di sviluppo di strumentazione ho potuto notare che i migliori metodi di prova si sviluppano in risposta a necessità definite, quali l'inadeguatezza di un metodo già esistente, il bisogno di miglior precisione nella misura o la necessità di misurare una proprietà considerata fino ad allora scarsamente importante o non misurabile. Nel settore particolare del cartone ondulato la necessità che ho rilevato più sovente è quella di un miglior metodo per misurare la ruvidità superficiale del liner, di modo da poterla correlare alla stampabilità con macchine per stampa flexo. La ruvidità superficiale, così come il suo inverso, il liscio, è comunemente misurata con metodi air-leak, nei quali è il flusso d'aria fra la superficie sotto esame ed un piano di riferimento ad essere rilevato e considerato un indice di ruvidità. Alcuni dei più comuni strumenti per la misura della ruvidità sono elencati nella tabella 1.

Tipologia di strumento	Larghezza della corona della testa di misura [mm]	Pressione di serraggio [kPa]	Deformabilità supporto campione
Bekk	13,5	100	si
Williams	12,7	210	si
Gurley – Hill	5,9	2,1	no
Sheffield	0,38	100	no
Bendtsen	0,15	100	no
Parker Print Surf	0,051	500, 1.000 oppure 2.000	sia deformabile che duro

Tab. 1 Confronto fra gli strumenti per la misura della ruvidità di uso comune

Tutti gli strumenti per la misura della ruvidità che vengono utilizzati per ottenere indicazioni sulla stampabilità devono avere delle componenti che simulano il processo di stampa. Nella maggior parte dei casi, per il cartone si usa la stampa flexo, che utilizza rulli di stampa morbidi e basse pressioni di stampa. Rispetto a carte da stampa più tradizionali, la copertina del cartone ondulato è piuttosto ruvida, spesso tale valore è fuori dal range di misura degli strumenti più comuni. Inoltre, la lunghezza d'onda della curva di variazione della ruvidità di un liner è sovente più ampia e di quella

di altri tipi di carte e/o cartoni. In pratica, sembra che gli strumenti Bendtsen e di Sheffield abbiano il range di misura appropriato per le prove sul liner, ma possono mancare di sensibilità nel distinguere fra buona e cattiva qualità di stampa per quanto concerne le copertine di cartone ondulato. Difettano anche nella simulazione della stampa flexo, in quanto non utilizzano un supporto morbido, ed le pressioni impiegate nell'esecuzione delle prove sono troppo alte se confrontate con le attuali pressioni tipiche del processo di stampa flexo ⁽¹¹⁾.

Da quando circa il 45% delle caratteristiche di stampabilità del liner possono essere attribuite agli effetti della ruvidità, la realizzazione di uno strumento per la misura del grado di ruvido adatto a previsioni di stampabilità su questo tipo di materiale è diventato di grande interesse per i produttori ed i trasformatori di cartone ondulato. Tale strumento dovrebbe presentare un ampio range di flusso d'aria insieme ad un sostegno flessibile per il campione da testare, ad un sistema per la regolazione della pressione di serraggio del campione stesso (tale pressione, come già precedentemente indicato, deve avere valori bassi) ed una testa di misura sensibile alla lunghezza d'onda della variazione di ruvidità nel materiale sotto esame.