



# ROTOMOULDING ACADEMY

## **Perché sono tutti entusiasti del RANDUCT**

Il RANDUCT (test ultrasonico non distruttivo del grado di cottura del polimero portato avanti dall'Accademia dello stampaggio rotazionale) ha un potenziale eccezionale per i roto-stampatori per verificare e comprendere il grado di cottura dei propri prodotti. Ovviamente ciò comporta che gli stampatori utilizzino già sistemi di prova post-produzione sui propri prodotti, e mentre ciò avviene quotidianamente in alcune aree del mondo, in altri luoghi a livello di prove viene fatto poco o nulla. Ciò può essere una conseguenza dei costi aggiuntivi, del basso livello di rischio di rottura dei prodotti o della scarsa comprensione dell'importanza di un corretto grado di cottura sulle proprietà finali dei pezzi.

In molte aree del mondo la polvere per lo stampaggio rotazionale viene fornita agli stampatori già compoundata. In altre aree, gli stampatori lavorano in prima persona il polietilene dai pellet naturali alle polveri di cui necessitano per la produzione di pezzi e magari aggiungono anche colore e altri additivi. Indipendentemente dal modo in cui ci si procura il materiale, l'Accademia del Rotostampaggio reputa di vitale importanza che lo staff comprenda bene le proprietà del polietilene che viene utilizzato.

## **Effetto della temperatura sui risultati delle prove effettuate sui pezzi stampati**

Quando si aumenta la temperatura del polietilene, le molecole assumono maggiore mobilità, rendendo il polietilene più flessibile. Per questa ragione le proprietà del materiale dipendono spesso dalla temperatura considerata. A causa di questa sensibilità termica, le prove sulle proprietà fisiche comportano uno stretto controllo della temperatura. Se fattibile, le prove sui prodotti dovrebbero essere eseguite a una temperatura simile a quella di esercizio del prodotto, sebbene in alcune applicazioni si possano usare temperature maggiori per accelerare gli effetti.

C'è da notare che le prove sui pezzi finiti dipendono anche dal tempo. Il polietilene continua a modificarsi significativamente dopo lo stampaggio. Per impostare prove per la produzione, è necessario estrarre due campioni: il primo andrebbe testato a temperatura e ambiente costanti (raggiunta la temperatura ambiente), il secondo 24 o 48 ore dopo (idealmente sempre mantenendolo ad ambiente costante - cioè 20°C o 23°C). Quindi si dovrebbe tracciare una curva di scostamento tra i due risultati in modo che la produzione possa prevedere il risultato finale ma possa intervenire entro un tempo ragionevole. Per ottenere una curva di scostamento statisticamente accurata occorre ottenere diversi set di dati e eseguire regolarmente test per verificare e mantenere la curva. Quando si introducono modifiche al tipo di polimero, al produttore o significative modifiche al processo, occorre costruire nuove curve di scostamento.

## **Effetti delle proprietà della polvere**

Gli stampatori di norma utilizzano i polimeri in sotto forma di polvere. Le proprietà della polvere possono influenzare la distribuzione del polimero all'interno dello stampo la densità del polimero durante il processo. Le prove più semplici per confrontare le proprietà delle polveri sono la prova di scorrimento e il test della densità apparente. Il settore dello stampaggio rotazionale ha adottato un nuovo standard mondiale ARMO che adesso usa apparecchiature con tolleranze significativamente più strette, il che consente confronti accurati tra i materiali dei diversi fornitori di polveri.

## **Effetti delle condizioni di stampaggio**

Tutte le proprietà finali del polimero possono essere influenzate dalle condizioni di stampaggio adottate nel processo di stampaggio rotazionale. La variazione delle condizioni di lavorazione durante il riscaldamento e il raffreddamento e dell'ambiente successivo allo stampaggio determinano le proprietà diverse nel pezzo stampato. Le condizioni di lavorazione e dell'ambiente successivo allo stampaggio devono essere mantenuti quanto più possibile costanti, concentrandosi sulla temperatura massima dell'aria interna, sulla velocità di raffreddamento, sullo spessore del pezzo e sulla temperatura dell'ambiente successivo (per consentire la completa cristallizzazione). Questi devono corrispondere alle condizioni produttive standard (ad esempio, la velocità di raffreddamento dei pezzi posti all'interno di una scatola è minore della velocità di raffreddamento dei pezzi stesi sul pavimento del reparto produttivo o del raffreddamento in dima).

## Prova di impatto a bassa temperatura

La procedura di prova più comunemente usata è basata sul metodo ARM che è stato sviluppato specificatamente per gli elementi rotostampati. La resilienza di un campione di polietilene riflette la capacità del materiale di assorbire l'energia di un impatto. L'assorbimento dell'energia di un impatto è basato tutto sulla mobilità delle molecole e dei segmenti di molecole del polimero, e questa mobilità è fortemente influenzata dalla temperatura del materiale. Pertanto, per ottenere risultati significativi, la prova di impatto è condotta a basse temperature (generalmente  $-40^{\circ}\text{C}$ ).

Nello stampaggio rotazionale, i pezzi vengono formati attraverso la sinterizzazione della polvere, senza alcun taglio o pressione che favorisca la fusione delle particelle. La lenta dissoluzione dell'aria intrappolata tra le particelle di polvere nel polimero fuso è una parte importante del processo. Se il pezzo non è cotto a sufficienza, nel materiale rimangono piccole sacche di bolle d'aria. Questi difetti riducono significativamente la resilienza del materiale. La cottura eccessiva di un pezzo, d'altra parte, può causare la degradazione del materiale sulla superficie interna, che pure causa una grave riduzione della resistenza all'impatto.

Quando viene utilizzata per prove di controllo qualità, ad esempio quando è richiesta la conformità agli standard, la prova di impatto a bassa temperatura viene eseguita come test passa / non passa a una determinata energia d'impatto. Poiché la sollecitazione a cui è sottoposto il campione è più elevata sulla superficie opposta all'impatto, e il grado di cura sia eccessivo che insufficiente si manifesta soprattutto sulla superficie interna, il test di impatto viene eseguito con la superficie interna rivolta verso il basso. I risultati del test possono essere "passa" (che indica una cottura del pezzo corretta), "rottura duttile" (che di solito indica un grado di cottura leggermente insufficiente, la duttilità è segno di un buon grado di cottura, ma occorre sempre guardare i numeri e il campione testato prima di trarre qualsiasi conclusione) o "rottura fragile" (che indica un grado di cottura significativamente insufficiente o eccessiva cottura dell'elemento). L'AS/NZS 4766 richiede il test di impatto di controllo qualità a intervalli regolari, per assicurare un grado di cottura costantemente corretto. La resistenza agli urti a bassa temperatura riportata nella scheda del materiale fornisce informazioni sulla resilienza dei pezzi lavorati in condizioni ottimali. Di solito si ottiene colpendo un gran numero di campioni (circa 20) a diverse energie d'impatto, seguendo una procedura definita (metodo di Bruceton per incremento e decremento). I risultati vengono quindi valutati statisticamente. La forza d'impatto non può essere determinata colpendo solo 2 o 3 campioni.

La prova di impatto ci consente di definire la finestra di lavorazione di un materiale in un determinato contesto macchina/stampo. Naturalmente la prova di impatto attualmente è usata soprattutto per il PE. Il RANDUCT sarà utile per altri polimeri come il PP, il PA e l'EVA che sono fragili a  $-40^{\circ}\text{C}$  o strutture multistrato. La prova non distruttiva sarà un vantaggio per questi materiali! Se gli stampatori che usano regolarmente la prova di impatto hanno sviluppato una profonda comprensione dei suoi benefici, è anche vero che ha le sue difficoltà:

- Richiede la distruzione del pezzo o la pianificazione del punto in cui rimuovere il campione
- Ci dice solo del pezzo che viene testato, non necessariamente dell'intero pezzo
- Non è accurata per elementi con pareti molto spesse
- Richiede un ritardo nella cottura del pezzo e per l'accuratezza dei risultati
- L'attrezzatura per la prova aggiunge dei costi (anche se l'investimento vale la pena)
- Il tempo per eseguire le prove può creare difficoltà nello stabilimento produttivo

Nel suo primo progetto di ricerca, l'Accademia del Rotostampaggio porterà avanti un progetto inoltrato dall'ARMA per sviluppare una nuova metodologia di prova che possa sostituire la prova di impatto a caduta, utilizzata dalla maggior parte del mondo dello stampaggio. L'ARMA ha cercato per oltre un decennio un test non distruttivo per valutare il grado di cottura che possa essere facilmente utilizzato in produzione. Il socio ARMA Rapidspray ha preso un dispositivo disponibile in commercio (un ecografo equino usato dai veterinari per guardare le ossa di cavalli e bovini) e l'ha utilizzato per guardare attraverso le pareti dei propri prodotti per appurare se potevano usare la foto del test per verificare il grado di cottura.

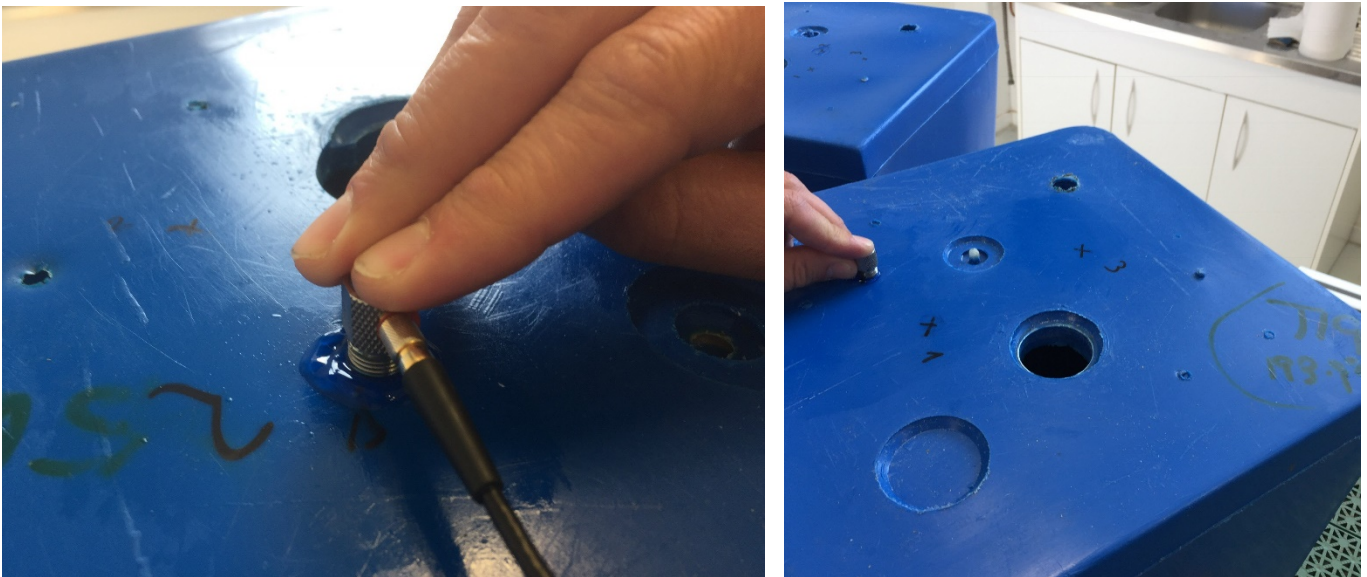


Questo è diventato un progetto di proporzioni planetarie che ha coinvolto i leader del settore. Il fornitore di materiali Total, con sede in Belgio, aveva già precedentemente portato a termine un progetto denominato TP-Picture® che valutava la rimozione delle bolle dal materiale a diverse temperature utilizzando un microscopio poi diventato parte integrante del successivo progetto. Paul Nugent, per conto di ARM, ha svolto ricerche approfondite su come la dimensione, la posizione e la quantità di bolle nella parete del pezzo possano essere relazionate al grado di cottura, lavoro supportato

dall'enorme biblioteca di immagini sul grado di cottura attualmente disponibili. L'Accademia del Rotostampaggio ha identificato e finanziato privatamente un gruppo di soci con maggiore esperienza al mondo nella ricerca tecnica per portare a termine il progetto. I provini sono stati prodotti da Mark Kearns e dalla sua squadra presso la Queens University utilizzando sia materiali compoundati che miscelati a secco con diversi tempi di cottura e di valore di picco della temperatura dell'aria interna. Nello studio sono stati inclusi campioni con livelli di cura insufficienti, ottimali ed eccessivi.

Per svolgere la prova a ultrasuoni, l'Accademia del Rotostampaggio ha scelto di lavorare con l'Institut de Soudure, con sede fuori Saint-Avold in Francia. Il Gruppo Institut de Soudure fa uso di tutte le competenze, il know-how e le strutture di cui dispone – in particolare quelle del suo centro Ricerca e Sviluppo – per elaborare soluzioni innovative, di cui il settore avrà bisogno in futuro, e per svilupparle attraverso l'industrializzazione e la loro piena implementazione da parte del cliente. L'Istituto è riconosciuto come esperto mondiale nel campo delle prove non distruttive per il settore aerospaziale, incentrato in particolare sui materiali compositi. Durante un incontro tra i rappresentanti dell'Accademia e l'Istituto nel settembre 2018, è apparso ovvio che mentre venivano discusse diverse nuove metodologie di prova, gli ultrasuoni avevano il maggior potenziale per mostrare risultati ed essere facilmente utilizzati quotidianamente negli impianti di produzione di tutto il mondo.

L'Istituto ha usato due diversi metodi per investigare le potenzialità dello stampaggio rotazionale. Test a ultrasuoni a sonda singola (per misurare l'eco rispetto alla parete posteriore del campione) e FMC/TFM Phased Array (per vedere le bolle nel campione appena sotto la sonda). I provini sono stati rimossi dai pezzi da testare utilizzando campioni di dimensioni diverse e un test iniziale ha dimostrato che i risultati ottenuti dallo stampatore australiano Rapidplas potevano essere replicati utilizzando i metodi scientifici ad ultrasuoni.



La conclusione dell'Istituto è stata che si è potuto osservare un buon rapporto tra l'eco ultrasonico e il valore di picco della temperatura dell'aria interna (PIAT) in diversi tipi di campioni e che poteva essere determinata una curva standard per ciascun tipo di materiale, ad esempio diversi tipi di PE o altri, rispetto ai vari spessori della parete.

Mentre il test iniziale è stato condotto con una sonda di laboratorio costosa, la misurazione può essere eseguita con un unico sistema al costo di 7.500€ o meno. La schermata dei risultati della sonda fornisce valori definiti che indicano che la seconda fase del progetto, quella pensata per identificare il software di riconoscimento delle immagini per un passa/non passa non sarà necessaria. La fase successiva del progetto, attualmente in procinto di iniziare, è di sottoporre gli stessi campioni alla prova di impatto a caduta e confrontare i risultati per dimostrare il livello di cottura raggiunto attraverso le prove ultrasoniche. La parte finale del progetto che verrà portata avanti da Carla Martins dell'Università di Minho consisterà nell'analisi microscopica dei pezzi per verificare il contenuto di bolle e la microstruttura e quindi correlare questi risultati con i segnali ultrasonici e i valori di picco della temperatura dell'aria interna.

## Il RANDUCT ci può dire tutto ciò che abbiamo bisogno di sapere sulla qualità del prodotto?

La prova di impatto a caduta ci dice qualcosa sul grado di cottura finale del prodotto e può identificare ogni eventuale problema del materiale stesso, ad esempio rottura fragile dovuta a macinazione inadeguata (che dovrebbe essere visibile) o contaminazione (nell'estrusione i pellet passano in un setaccio con un magnete prima di riempire la tramoggia). Gli ultrasuoni possono dirci ancora di più sul grado di cottura finale, ma non necessariamente su eventuali problemi del materiale che possano accrescere il rischio di rottura, come la macinazione della polvere o la distribuzione delle particelle. Mentre alla fine il costo del pacchetto di attrezzature per gli ultrasuoni sarà inferiore all'apparecchio e al congelatore per la prova di impatto a caduta, c'è ancora bisogno di eseguire in produzione semplici prove sui materiali che possano aiutare a prevedere eventuali problemi sulla qualità dei pezzi. Tuttavia, è ormai chiaro che i metodi di prova a ultrasuoni possono dimostrare la qualità dei pezzi rotostampati finiti di quasi qualsiasi spessore, sebbene per le parti molto spesse possano essere necessarie diverse sonde. L'attrezzatura per la prova comporta un investimento di tempo e denaro relativamente piccolo e facilmente raggiungibile nella produzione quotidiana. Qualsiasi pezzo può essere rapidamente testato in diverse posizioni, fornendo statistiche migliori sulla costanza della macchina, dal lunedì al venerdì, notte e giorno, e l'analisi può essere completamente automatizzata. Infine, la qualità della cottura verrà registrata, così come lo spessore della parete, risparmiando sia ulteriori prove di post-produzione, laddove richiesto, che l'acquisto di altre attrezzature. Questo potrebbe spingere ad aumentare l'uso dei test negli stabilimenti di stampaggio rotazionale di tutto il mondo e rendere il rotostampaggio un po' meno "arte" e un po' più "scienza", rispondendo alle aspettative dei clienti e aiutandoci a competere con altri tipi di produzione della plastica che ricercano una maggior sicurezza nella qualità del prodotto finale.

I soci dell'Accademia del Rotostampaggio sono giustamente orgogliosi di essere promotori del progetto e si aspettano di essere in grado di pubblicare nel prossimo futuro, a vantaggio del settore in tutto il mondo, un pacchetto che includerà i dettagli delle attrezzature più appropriate e una metodologia di prova scritta.

