

L'INFLUENZA DEI PARAMETRI DI INTAGLIO DEL NOTCH SUL VALORE DELLA RESILIENZA PER I MATERIALI POLIMERICI

A. Calzolari^a, M. Bronzoni^a e S. Brigante^a

^a CEAST S.p.A., Via Airauda 12 – 10044 Pianezza (TO), e-mail: a.calzolari@ceast.com

ABSTRACT

Questo lavoro, che è il frutto di una tesi di laurea in fase di svolgimento presso l'azienda CEAST di Pianezza, ha come scopo il confronto dei valori di resilienza che si ottengono da diverse serie di provini preparati utilizzando parametri di intaglio del notch differenti. Gli intagli (conformi allo standard definito come tipo A nella norma ISO 179) sono stati praticati su quattro famiglie di provini polimerici con caratteristiche chimico-fisiche differenti, mediante un apparecchio automatico del tipo a brocciatrice. Una prima serie di test è stata condotta variando il raggio del profilo del coltello utilizzato per intagliare i provini e i parametri di taglio stessi. Una seconda serie di provini è stata invece preparata variando solamente i parametri di taglio, in modo da poter valutare l'eventuale influenza della zona di strato rifuso.

Per entrambe le tipologie di test, i provini preparati e precedentemente analizzati sono stati impattati secondo il metodo Charpy. L'analisi e il confronto dei dati ricavati ha permesso così di ottimizzare la scelta dei parametri di intaglio e di fare una serie di considerazioni circa l'andamento dei valori di resilienza, in funzione dei parametri di intaglio, e circa lo strato di materiale rifuso nella zona del notch.

1. INTRODUZIONE

La geometria dell'intaglio (notch) praticato su un provino di materiale polimerico prima di effettuare una prova di resilienza è da molto tempo oggetto di un attento studio da parte dei centri di standardizzazione, dei laboratori specializzati e dei vari gruppi di ricerca del settore. La forma, in special modo il raggio all'apice dell'intaglio, può influire in maniera piuttosto marcata sul valore della resilienza che si ricava dal test di impatto. Alcuni materiali polimerici risultano poi essere particolarmente sensibili alle condizioni con cui tale intaglio viene praticato e, anche se quest'ultimo risulta compreso all'interno delle tolleranze stabilite dalle varie norme, è possibile ottenere una deviazione standard dei risultati insolitamente alta qualora i parametri di intaglio adottati non siano quelli corretti.

Il responso del materiale ad un test di impatto è stato il primo, importante, storico risultato conseguito dalla meccanica della frattura adottato anche in ambito industriale. Un oggetto, il provino, è preparato a partire dal materiale in esame e le sue proprietà all'impatto dipendono dal materiale stesso, dalla forma del provino, dalle dimensioni e dalla temperatura a cui il test viene condotto. Per tutti questi motivi, il provino deve essere preparato e testato nella maniera più ripetibile possibile e gli strumenti utilizzati per preparare il campione, specialmente quelli utilizzati per praticare il notch, hanno un ruolo fondamentale. La maggior parte degli standard internazionali prevedono delle dimensioni (con relative tolleranze) e delle forme ottimali sia per ciò che concerne il provino sia per il notch. Dal momento che un test di impatto è un test di tipo distruttivo, l'accuratezza nella preparazione del campione è fondamentale tanto quanto l'affidabilità dello strumento di misura utilizzato per il test. La preparazione del notch è dunque il processo più critico nella preparazione del provino. Ogni imperfezione dovuta alla non perfetta esecuzione di questa operazione si riflette in un aumento nello scattering dei dati acquisiti e in uno spostamento del valor medio misurato. Se il notch è praticato adottando i parametri di taglio ottimali non si ottiene, in pratica, alcuno stress residuo o aumento della tenacità del materiale nell'intorno dell'apice dell'intaglio. Altrimenti, la presenza di questi difetti locali (strato rifuso del

materiale) verrà confusa con le proprietà globali del materiale. Come conseguenza di ciò il materiale sembrerà più tenace di quanto non sia in realtà.

2. STUDIO DEI PARAMETRI DI INTAGLIO

I provini utilizzati per analizzare le proprietà dell'intaglio al variare delle condizioni di lavorazione avevano forma di barretta, con dimensioni in accordo con quanto raccomandato dalla standard ISO 179 (80 mm x 10 mm x 4mm), ed appartenevano alle famiglie dei seguenti materiali:

- Polipropilene (PP), fornito dalla Basell, un materiale appartenente al gruppo delle poliolefine dotate di resilienza medio-bassa;
- Una poliammide (PA) denominata RADILON S, fornito dalla ditta Radici, rappresentativo dei materiali semi-cristallini dotati di basso valore di resilienza;
- Un composto a base di poliammide, RADILON A, fornito dalla ditta Radici, dotato di alta resilienza e caratteristico della tipologia di materiali tenaci.

L'apparecchio utilizzato per praticare l'intaglio, sui provini dei materiali sopra citati, è uno strumento completamente automatico (CEAST Notchvis Automatic Plus) in grado di intagliare fino a 50 provini contemporaneamente. Lo strumento effettua una lavorazione del tipo a broccatura, i provini vengono cioè intagliati mediante un coltello a profilo costante, costituito di carburo di tungsteno, dotato di movimento lineare. La lavorazione consta essenzialmente di una serie di passate effettuate dal coltello sui provini, preventivamente chiusi entro un apposito caricatore, che vengono inizialmente impostate in modo da ottenere il profilo dell'intaglio e le dimensioni in accordo con quanto richiesto dalla norma.

Una volta appurato che il coltello utilizzato avesse dimensioni in accordo con lo standard adottato e che non presentasse imperfezioni sul profilo, si è provveduto ad intagliare diverse serie di provini al variare dei seguenti parametri:

- Raggio del coltello e conseguentemente raggio del notch intagliato;
- Profondità di passata per ogni singola passata del coltello sui provini;
- Velocità di avanzamento del coltello durante la lavorazione.

Ogni singola lavorazione è costituita da un gruppo di 50 provini dello stesso materiale che sono stati intagliati contemporaneamente una volta impostati i parametri sopra citati. Le dimensioni di ogni singolo provino sono state misurate mediante un comparatore elettronico. Alcuni dei notch per ogni gruppo sono stati in seguito analizzati mediante un sistema ottico di acquisizione digitale delle immagini (Mitutoyo QS E1020), in grado di ingrandire l'immagine fino a 148 volte e di analizzarla in condizione di luce differenti.

Per ogni parametro sono stati selezionati tre valori, o livelli ("alto", "medio" o "basso", in accordo con i valori che sono riportati nella Tabella 1). Tre differenti coltelli sono stati selezionati tra quelli disponibili in modo da poter variare il raggio dell'apice del notch cos come descritto. I rimanenti parametri son o invece stati variati direttamente sulla macchina utilizzata.

Tabella 1 – Elenco dei parametri utilizzati durante la preparazione dei provini.

	<i>Basso</i>	<i>Medio</i>	<i>Alto</i>
Raggio	0.246 mm	0.262 mm	0.277 mm
Profondità di passata	0.01 mm	0.05 mm	0.25 mm
Velocità	6 m/min	12 m/min	18 m/min

Ogni singolo set di provini è stato preparato per le misure sperimentali nel modo descritto nella successiva Tabella 2.

Tabella 2 – Organizzazione dei provini per le successive prove sperimentali.

	Velocità: basso	Velocità: medio	Velocità: alto
Passata: basso		Raggio: medio	
Passata: medio	Raggio: medio	Raggio: basso	Raggio: medio
		Raggio: medio	
		Raggio: alto	
Passata: alto		Raggio: medio	

2.1 Prove di impatto

Le prove di impatto sono state condotte in accordo alla normativa standard ISO 179-1 ed utilizzando un pendolo CEAST della serie Resil Impactor 25J. Per il PP e il RAD S è stata selezionata una mazza non strumentata da 1J di energia potenziale (velocità di impatto 2,9 m/s), mentre per il RAD A è stata utilizzata una mazza da 5J (velocità di impatto 2,9 m/s). Lo strumento di misura, dotato di un sistema di acquisizione dei risultati (software Visual Impact) consente di ottenere immediatamente, previo inserimento delle dimensioni del provino, il valore di resilienza.

Tale sostituzione si è resa necessaria a causa dell'elevata energia assorbita dai provini al momento dell'impatto del provino con il percussore. L'urto di una mazza da 1J su un provino di RAD A non permette di ottenere la rottura completa di quest'ultimo, mentre per gli altri materiali l'energia assorbita risulta sempre compresa tra il 10 e l'80% dell'energia potenziale della mazza.

E' da menzionare anche il fatto che, a causa dell'elevata igroscopicità della poliammide (RAD A e RAD S), è stato necessario, subito prima di effettuare le prove al pendolo, mantenere i provini per circa 4 ore in una stufa sotto vuoto, alla temperatura di 80°C per poter eliminare l'umidità assorbita e quindi non alterare le proprietà intrinseche del materiale. Per ogni lotto preparato si è deciso di sottoporre a rottura dieci provini.

I risultati ottenuti nelle varie prove di impatto per ogni lotto di provini intagliati seguendo lo schema precedente e per ogni materiale testato sono stati organizzati nel modo riportato in Figura 1 a titolo di esempio.

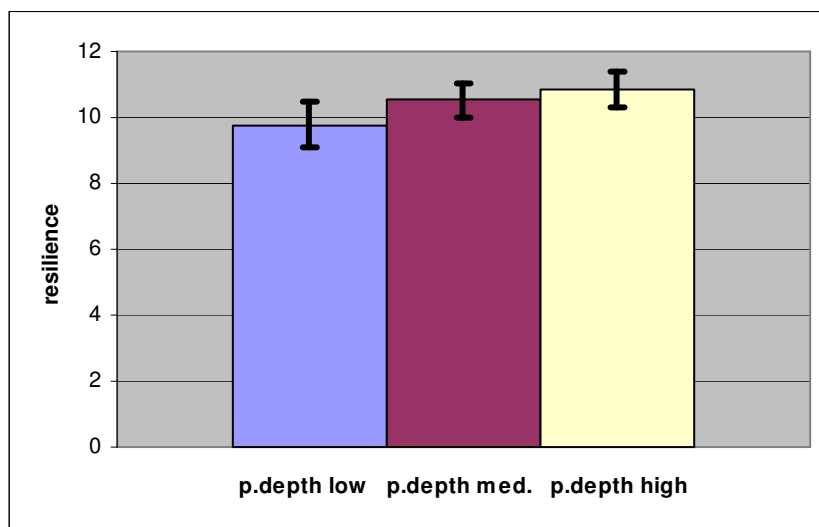


Figura 1 – Valori di resilienza ottenuti dalle prove di impatto sul PP utilizzando per la preparazione del notch i seguenti valori: raggio **medio** e valore di velocità **medio**.

I risultati sperimentali sono stati organizzati in questo modo per mettere in risalto possibili trend del valore di resilienza in funzione dei parametri di notch. Senza saltare immediatamente alle conclusioni è comunque possibile, analizzando i dati ricavati, trarre le seguenti informazioni:

- le differenze tra i valori di resilienza ottenuti sono all'incirca dello stesso ordine di grandezza delle deviazioni standard e, quindi, sono spesso poco significative dal punto di vista puramente statistico;
- in due soli casi non si è trovata (considerando il solo valore medio) una correlazione con un trend monotono. Tali dati si riferiscono alla PA (RAD A e RAD S) e sono ottenuti in funzione della velocità, tenendo costanti i valori di profondità di passata e raggio del notch;
- in alcuni casi è stato possibile distinguere chiaramente (considerando i soli valori medi) un trend della resilienza al variare di un solo parametro, così come indicato:
 - RAD A, il valore di raggio alto fornisce valori di resilienza più elevati;
 - RAD A, il valore di passata alto fornisce valori di resilienza più bassi;
 - RAD S, il valore di raggio alto fornisce valori di resilienza più elevati;
 - RAD S, il valore di passata alto fornisce valori di resilienza più bassi;
 - PP, il valore di passata alto fornisce valori di resilienza più elevati;
- in un solo caso si è trovata una differenza statisticamente significativa tra i valori medi. Ciò porta ad affermare che per il PP una velocità di avanzamento alta fornisce valori di resilienza più bassi.

3. STUDIO DELLA QUALITÀ DEL NOTCH

Una seconda serie di test è stata in seguito approntata in modo da poter analizzare anche l'influenza che la zona di strato rifuso intorno al notch ha sul valore di resilienza che si ottiene in seguito al test di impatto. Per fare ciò sono state utilizzate le tre famiglie di materiali precedentemente studiate (PP, RAD A e RAD S) più una quarta tipologia di materiale: il polibutilentereftalato PBT, fornito dalla ditta Toray, che ha caratteristiche simili a quelle del PET ed appartiene alla famiglia dei poliesteri termoplastici.

In questo caso si è però lavorato con un unico coltello di profilo costante e variando opportunamente i parametri di velocità di avanzamento e di profondità di passata. In seguito alla lavorazione di una serie di sette provini per ogni materiale in esame mediante l'apparecchiatura Notchvis Automatic Plus, si è cercato innanzi tutto di analizzare la qualità del profilo del notch ottenuto. Per fare ciò si è utilizzato anche in questo caso il microscopio dotato di un sistema di acquisizione digitale delle immagini (Mitutoyo QS E1020). I primi due provini e gli ultimi due sono stati scartati in modo da evitare eventuali effetti dovuti all'ingresso e all'uscita del coltello sul lotto di provini, i provini analizzati sono stati dunque i tre posizionati centralmente nel blocchetto.

Per poter fornire una valutazione quanto più oggettiva dei risultati ottenuti sono stati individuati una serie di parametri che si è deciso di analizzare per dare un giudizio su quanto ottenuto. Essi sono: l'aspetto generale nel suo insieme, la presenza di un eventuale strato di materiale rifuso intorno al notch, le dimensioni dell'intaglio e l'eventuale presenza di materiale in eccesso e sbavature.

L'aspetto generale del notch è stato così valutato utilizzando una scala di lettere e associando ad ognuna di esse le seguenti indicazioni:

- A** - aspetto generale ottimo, strato termicamente alterato praticamente assente e uniforme, raggio all'apice e angolo all'interno delle tolleranze, assenza di sbavature.
- B** - aspetto generale molto buono, strato termicamente alterato molto sottile e uniforme, raggio all'apice e angolo all'interno delle tolleranze, presenza di lievi sbavature.
- C** - aspetto generale buono, strato termicamente alterato uniforme e abbastanza sottile, raggio all'apice e angolo all'interno delle tolleranze, presenza di lievi sbavature.
- D** - aspetto generale discreto, strato termicamente alterato non uniforme e spesso, raggio all'apice e angolo all'interno delle tolleranze, presenza di sbavature.
- E** - aspetto generale mediocre, strato termicamente alterato non uniforme e molto spesso, raggio all'apice e angolo all'interno delle tolleranze, presenza di vistose sbavature ed errori di forma del profilo.
- F** - aspetto generale mediocre, strato termicamente alterato non uniforme e molto spesso, raggio all'apice e angolo fuori tolleranza, presenza di vistose sbavature.

L'identificazione di ogni campione in seguito alla lavorazione è stata effettuata associando ad ogni intaglio una lettera seguita da un numero. La lettera identifica i parametri di taglio selezionati, mentre il numero determina la posizione del provino all'interno del blocchetto (1 identifica il primo provino dei tre selezionati che raggiunge il coltello durante la lavorazione, 2 il secondo e così via), così come riportato a titolo di esempio per una serie di lavorazioni sulla poliammide RAD A nella Tabella 3.

Tabella 3 – Un esempio di organizzazione dei dati per la valutazione dei notch intagliati mediante l'apparecchio automatico a brocciatura sul RADILON A (PA).

<i>Vel di taglio (m/min)</i>	<i>Passata (mm)</i>	<i>Notch</i>		
11	0,05	A1 R= 0,2486mm $\beta= 44^{\circ}23'$ valutazione:E	A2 R=0,2454mm $\beta=44^{\circ}47'$ valutazione:D	A3 R=0,2517mm $\beta=44^{\circ}23'$ valutazione:C
10	0,1	B1 R= 0,2431mm $\beta=44^{\circ}21'$ Valutazione:D	B2 R= 0,2462mm $\beta= 44^{\circ}36'$ valutazione:D	B3 R= 0,2413mm $\beta=44^{\circ}29'$ valutazione:C
16	0,03	C1 R= 0,2457mm $\beta=44^{\circ}30'$ valutazione:C	C2 R= 0,2510mm $\beta=44^{\circ}46'$ valutazione:C	C3 R= 0,2440mm $\beta=44^{\circ}29'$ valutazione:C
10	0,01	D1 R= 0,2363mm $\beta=44^{\circ}32'$ valutazione:C	D2 R= 0,2357mm $\beta= 44^{\circ}23'$ valutazione:D	D3 R= 0,2411mm $\beta= 44^{\circ}34'$ valutazione:C
10	0,07	F1 R= 0,2467mm $\beta= 44^{\circ}35'$ valutazione:D	F2 R= 0,2428mm $\beta= 45^{\circ}01'$ valutazione:D	F3 R= 0,2421mm $\beta= 44^{\circ}16'$ valutazione:D

In Figura 2 viene riportato a titolo di esempio un'immagine acquisita mediante il microscopio ottenuta analizzando un provino di PBT lavorato con i parametri di intaglio riportati nella didascalia della figura.

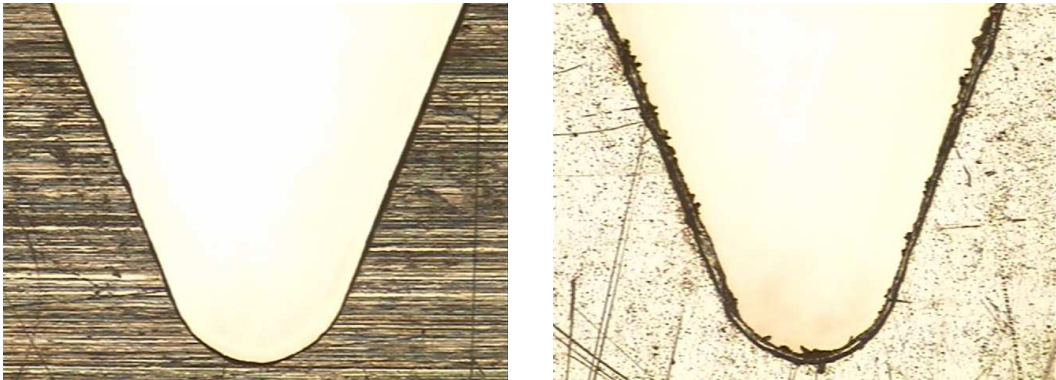


Figura 2 – Esempio di notch ottenuto sul PBT con intagliatrice automatica CEAST Notchvis Automatic Plus impostando una velocità di taglio pari a 10 m/min e una profondità di passata di 0,01 mm. In base alla valutazione precedentemente introdotta, questo provino è stato decretato come di tipo B. La figura a sinistra si riferisce al lato di ingresso del coltello mentre quella a destra al lato di uscita.

Anche in questo caso, senza voler anticipare le conclusioni, possiamo riassumere nel seguente modo le informazioni ottenute dall'analisi dei profili dei provini intagliati:

- PP: tutti i notch ottenuti sono conformi alla normativa adottata e la qualità generale risulta buona. I parametri ottimali individuati sono: $v = 11$ m/min e $p = 0.05$ mm. Si riscontra talvolta una leggera differenza tra il profilo del notch sul lato di ingresso e quello sul lato di uscita.
- PBT: discreta qualità e tutti i notch conformi alla normativa di riferimento. I parametri ottimali individuati sono: $v = 10$ m/min e $p = 0.01$ mm.
- RAD A: discreta qualità e tutti i notch conformi alla normativa di riferimento. Anche questo materiale si presta ad essere lavorato con passate poco profonde: $v = 16$ m/min e $p = 0.03$ mm.
- RAD S: il materiale decisamente più ostico da lavorare. Sul profilo del notch del lato posteriore sono riscontrabili delle vistose scheggiature, pur essendo il notch conforme alle

tolleranze imposte dalle norme. I parametri ottimali per minimizzare tali effetti ed ottenere dei buoni profili sono: $v = 16$ m/min e $p = 0.03$ mm.

3.1 Prove di impatto

Come nel caso della prima serie di test, per eseguire le prove di impatto sono stati intagliati degli ulteriori provini, in accordo con quanto descritto dalla norma ISO 179.

Un primo lotto di provini per ogni tipologia di materiale è stato preparato mediante la Notchvis Automatic utilizzando i parametri di intaglio ottimali riportati in precedenza. Un secondo lotto di provini è stato invece intagliato in modo da avere le peggiori condizioni di taglio possibili. In questo caso, dato che pur variando i parametri di taglio con la Notchvis Autoplus non sono stati ottenuti profili del notch particolarmente differenti tra loro, si è deciso di impostare dei valori estremi di taglio (velocità di taglio pari a 20 m/min e passata di 0,2 mm).

Dalle immagini ottenute in seguito alle lavorazioni più critiche si osserva chiaramente un aumento dello spessore dello strato termicamente alterato, causato dalle condizioni critiche di intaglio a cui sono stati sottoposti tutti i materiali. Per quanto riguarda le dimensioni invece, si può confermare la loro conformità alle normative. Tutto ciò è stato fatto proprio per poter ottenere dei provini che fossero tutti in accordo con quello che definiscono le norme per la geometria dell'intaglio ma che fossero, da un punto di vista qualitativo, ben differenti tra di loro. Nella seguente tabella, Tabella 4, viene riportato un sunto di tutti i lotti preparati per le prove di impatto.

Tabella 4 – Parametri di taglio adottati per ogni singola lavorazione e ogni singolo materiale in preparazione alle prove di impatto.

Lotto	Mat.	Intagliatrice	Param.taglio	Qualità
1	PP	Notchvis Autoplus	vel=11m/min;p=0,05mm	migliore
2	PP	Notchvis Autoplus	vel=3m/min;p=0,2mm	peggiore
3	PBT	Notchvis Autoplus	vel=10m/min;p=0,01mm	migliore
4	PBT	Notchvis Autoplus	vel=3m/min;p=0,2mm	peggiore
5	RAD A	Notchvis Autoplus	vel=16m/min;p=0,03mm	migliore
6	RAD A	Notchvis Autoplus	vel=3m/min;p=0,2mm	peggiore
7	RAD S	Notchvis Autoplus	vel=16m/min;p=0,03mm	migliore
8	RAD S	Notchvis Autoplus	vel=3m/min;p=0,2mm	peggiore

Le prove di impatto sono state condotte in accordo alla normativa standard ISO 179-1 ed utilizzando un pendolo CEAST della serie Resil Impactor 25J. Per il PP, il PBT e il RAD S è stata selezionata una mazza non strumentata da 1J di energia potenziale (velocità di impatto 2,9 m/s), mentre per il RAD A è stata utilizzata una mazza da 5J (velocità di impatto 2,9 m/s). Le condizioni di test e di condizionamento dei provini sono state del tutto simili a quelle esposte per la prima serie di test.

In seguito agli impatti sui diversi lotti di provini preparati, e da un'osservazione degli scostamenti tra i valori di resilienza di ogni singolo provino e il valore medio ottenuto per ogni prova, si è potuto appurare che alcuni provini presentano un valore di resilienza che si discosta anche parecchio dal valore medio. Si è quindi deciso di applicare un metodo oggettivo per valutare se mantenere o rigettare il dato controverso. A tal proposito si è applicato il criterio di Chauvenet, grazie al quale è possibile quantificare fino a che punto la misura sospetta sia anomala.

In seguito alle considerazioni fatte applicando tale criterio e alla conseguente analisi statistica sono stati ottenuti per ogni lotto di ogni singolo materiale i valori riportati nella Tabella 5.

Tabella 5 – Resilienze ottenute sui vari materiali in seguito ai test di impatto.

Materiale	Strumento	Parametri	Qualità	Resilienza media [kJ/m ²]	Deviazione standard [kJ/m ²]	Dev. St. Media [kJ/m ²]
PP	Notchvis	vel=11m/min; p=0,05mm	migliore	8,774	0,359	0,113
PP	Notchvis	vel=3m/min; p=0,2mm	peggiore	9,159	0,144	0,045
PBT	Notchvis	vel=10m/min;p=0,01mm	migliore	3,045	0,037	0,012
PBT	Notchvis	vel=3m/min;p=0,2mm	peggiore	3,096	0,067	0,021
RAD A	Notchvis	vel=16m/min; p=0,03mm	migliore	83,176	1,518	0,480
RAD A	Notchvis	vel=3m/min; p=0,2mm	peggiore	82,032	0,955	0,302
RAD S	Notchvis	vel=16m/min; p=0,03mm	migliore	4,841	0,163	0,051
RAD S	Notchvis	vel=3m/min; p=0,2mm	peggiore	4,767	0,108	0,034

4. CONCLUSIONI

Questo lavoro consta essenzialmente di due parti distinte.

In una prima serie di prove sono stati analizzati i parametri che maggiormente influenzano la preparazione del notch e l'influenza che ognuno di questi parametri apporta al valore di resilienza che si ottiene in seguito al test di impatto.

I risultati conseguiti possono essere riassunti nel seguente modo, differenziando il comportamento riscontrato in base alla modifica del singolo parametro:

- **Raggio:** tutti i materiali testati risultano sensibili alla sua variazione. La resilienza diviene tanto maggiore tanto più il valore di questo parametro è grande. E' decisamente il parametro che più di tutti influenza il valore della resilienza. Dal momento che tutti i valori di raggio adottati per i test ricadono all'interno delle tolleranze prescritte dalla norma, si può immediatamente intuire come queste tolleranze non siano così restrittive da assicurare un'adeguata riproducibilità dei risultati.
- **Profondità di passata:** l'effetto di questo parametro sul valore di resilienza sembra andare in direzioni differenti a seconda del materiale analizzato. Per esempio, la resilienza sembra essere aumentata utilizzando passate elevate per la poliolefina, mentre sembra diminuire al crescere della profondità di passata per le poliammidi. Può avere una forte influenza sul valore finale, ma occorrono diversi ordini di grandezza di differenza per poter influenzare sensibilmente il valore di resilienza.
- **Velocità di avanzamento:** gli effetti sulla resilienza sono in questo caso davvero piccoli e limitati ad alcuni materiali. Anche variando questo valore del 50% l'effetto netto è una variazione pari all'incirca all'1%, il che significa che la normale dispersione dei risultati maschera l'effetto dovuto alle differenti velocità.

In seguito a questa prima serie di risultati conseguiti si è ritenuto opportuno cercare di capire quanto lo strato di materiale rifuso che si ottiene, in alcuni casi, in seguito alla lavorazione potesse influire sul valore di resilienza. Dato che il raggio è il parametro che maggiormente influenza il risultato finale, si è cercato di minimizzare l'effetto dovuto a tale parametro selezionando un coltello a profilo costante con un valore ben determinato del raggio sul profilo di taglio. In seguito a ciò sono stati determinati i valori di velocità di avanzamento e di profondità di passata tali da poter ottenere notch con strati rifusi di materiale molto contenuti e uniformi (in alcuni casi praticamente assenti). Una seconda serie di parametri impostati ha invece portato ad ottenere dei provini con una qualità di intaglio decisamente inferiore e con una zona di strato rifuso nell'intorno dell'apice decisamente maggiorata rispetto al caso precedente.

Il confronto dei risultati ottenuti in seguito alle prove di impatto, sulle diverse famiglie di materiali testati, ha permesso di poter asserire che l'aumento della zona di strato rifuso, ottenuta utilizzando dei parametri di lavorazione non ottimali, ha portato ad un generale aumento del valore di resilienza. Come è lecito attendersi, l'aumento della zona di strato rifuso del materiale ha portato ad un aumento della tenacità locale del materiale e, come conseguenza, si ha un aumento del valore di resilienza.

Quanto esposto sembra essere verificato per il polipropilene e per il polibutilentereftalato, mentre per le due diverse poliammidi i valori medi di resilienza sembrano indicare l'esatto opposto. Tuttavia è da notare come, prendendo in esame la deviazione standard ottenuta in seguito all'analisi statistica sulle

poliammidi, sia assolutamente difficile trarre delle conclusioni a riguardo dato che i valori sembrano sovrapporsi. Per il PBT poi i valori ottenuti sono molto simili, il che fornisce un'ulteriore prova del fatto che questo materiale è particolarmente insensibile ai parametri adottati durante il ciclo di preparazione del notch e che, quindi, esistono delle famiglie di materiali la cui sensibilità ai parametri di taglio è decisamente ridotta.

In seguito a tutte le considerazioni precedentemente esposte bisogna però puntualizzare che, nonostante la mole di provini intagliati e analizzati sia stata decisamente ampia, sarà necessario approfondire lo studio sperimentale sui parametri di intaglio. Questo permetterà di correlare con maggior precisione i risultati osservati con i differenti modi di propagazione della frattura, con i modi di dissipazione dell'energia e del calore per i materiali utilizzati in questo lavoro e per altre famiglie di materiali polimerici.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ISO 179-1: Plastic – Determination of Charpy impact properties. ISO 2000.
- [2] ISO 2818: Plastic – Preparation of test specimens by machining. ISO 1994.
- [3] G. Locati e S. Poggio: Some observations on the criticality of the notch in Impact testing. CEAST FR153 2005.
- [4] M. J. Wioncek e R. Malloy: The Effect of Notch Preparation Technique on the Pendulum Impact Resistance of Thermoplastics. Tesi di dottorato UML University, PL-18 1997.
- [5] R. Brown: Handbook of Polymer testing. Rapra technology 2002.