

SALDABILITA' DEI FLUSSI E COMPORTAMENTO A FRATTURA DI SISTEMI A BASE DI POLIPROPILENE

T. Riccò e A. Valla

Dipartimento di Ingegneria dei Materiali
Università di Trento
Via Mesiano, 77 - 38050 - Trento

SOMMARIO

Scopo del presente lavoro è lo studio della saldabilità e della resistenza a frattura di sistemi, sia semplici che tenacizzati, a base di polipropilene. In particolare, si è studiato l'effetto di caratteristiche strutturali della matrice polipropilenica, quale la distribuzione dei pesi molecolari, sulle proprietà di resistenza meccanica delle linee di saldatura ottenute in determinate condizioni di processo.

INTRODUZIONE

Una delle tecniche più versatili per l'ottenimento di manufatti di materiali polimerici termoplastici è lo stampaggio ad iniezione. Quando tale processo viene applicato alla produzione di manufatti di forma complessa, l'esigenza di ottenere il completo riempimento dello stampo rende necessario l'uso di più punti di iniezione. Questo comporta, nelle zone in cui i fronti dei flussi separati di materiale fuso si congiungono, la formazione di linee di saldatura, le quali hanno frequentemente l'effetto di provocare una riduzione della proprietà di resistenza meccanica dei prodotti finiti.

Da questo punto di vista, la saldabilità dei flussi è una proprietà di primaria importanza in diversi settori di applicazione dei materiali polimerici, soprattutto quando si devono produrre pezzi di forma complessa e/o di grandi dimensioni.

Tali problematiche risultano essere particolarmente rilevanti in vari settori dell'industria trasformatrice come, ad esempio, nel caso della

produzione di paraurti nel settore automobilistico, dove sono usualmente impiegati materiali a base di polipropilene.

Attraverso processi di sintesi innovativi, tali materiali sono stati negli ultimi anni notevolmente sviluppati e resi molto versatili sotto il profilo dell'ottimizzazione delle proprietà di rigidità e di tenacità, miratamente alle particolari applicazioni.

Recentemente é stato realizzato un processo per la produzione sperimentale di polipropilene ad ampia distribuzione dei pesi molecolari, e dei relativi sistemi modificati con gomma, che consente di ottenere materiali aventi modulo elastico più elevato rispetto a quelli già in commercio. Questa proprietà, di per sé, consentirebbe una riduzione del dimensionamento dello spessore dei manufatti con conseguente risparmio di materiale, e quindi dei costi, soprattutto nel caso di produzione di pezzi su larga scala, come nell'esempio sopra citato.

Nel presente lavoro si sono studiati due sistemi a base di polipropilene i quali differiscono per la diversa distribuzione dei pesi molecolari della matrice polipropilenica. L'obiettivo della ricerca consiste nell'individuare le correlazioni che intercorrono tra le caratteristiche di saldabilità dei sistemi di cui sopra con le loro caratteristiche sia meccaniche che strutturali.

SPERIMENTAZIONE

I materiali studiati nel presente lavoro sono stati gentilmente forniti dalla società Himont Italia SpA (Ferrara). I due polipropileni (PP) di base, pur avendo lo stesso peso molecolare medio, differiscono marcatamente per la distribuzione dei pesi molecolari. Tra questi, quello a larga distribuzione dei pesi molecolari (indice di polidispersità di circa 40) verrà nel seguito indicato con la sigla PPDL, mentre quello a distribuzione stretta dei pesi molecolari (indice di polidispersità circa 4) con la sigla PPDS. Entrambi i tipi di PP sono stati studiati anche nella forma tenacizzata, ottenuta tramite l'aggiunta di gomma etilene-propilene (EPR). In particolare sono stati esaminati i seguenti sistemi: PPDS, PPDL, PPDS + 26% (vol) EPR, PPDL + 26% (vol) EPR, PPDL + 35% (vol) EPR.

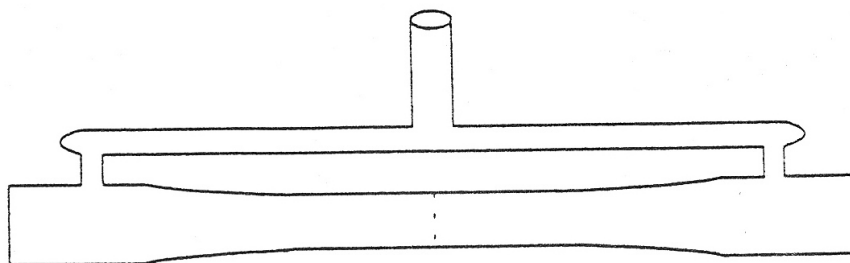


Fig. 1. - Posizione dei punti di iniezione per lo stampaggio di provini "dumbbell" biiniettati.

Per ciascun materiale provini tipo "dumbell" (1) sono stati stampati ad iniezione nelle stesse condizioni di stampaggio, ma secondo due diverse modalità: a) attraverso due ugelli di iniezione posti alle estremità del provino, come mostrato in Fig. 1, in modo da creare una regione di saldatura approssimativamente al centro del provino (provini biiniiettati), e b) attraverso un solo ugello di iniezione posto ad una sola estremità del provino (provini monoiniettati). Dalla parte centrale di provini "dumbell" così ottenuti si sono anche ricavate barrette di dimensioni 60X12.7X3.2 mm per prove di frattura.

Prove tensili sono state eseguite tramite un dinamometro Instron a temperatura ambiente e alla velocità di trazione di 10 mm/min. Sono anche state eseguite prove di resistenza a frattura per impatto a diverse temperature, sia nella configurazione di flessione in tre punti, tramite un pendolo Charpy strumentato, sia nella configurazione di flessione biassiale, per mezzo di una macchina strumentata a massa cadente (Falling Weight).

Per i materiali modificati con gomma, prove di meccanica della frattura, per la determinazione delle curve di resistenza J_R , sono state eseguite sui campioni biiniiettati a temperatura ambiente e alla velocità di sollecitazione di 10 mm/min.

L'esame microstrutturale dei campioni considerati, così come l'analisi frattografica, sono state eseguite sia tramite microscopia ottica in luce polarizzata che elettronica in scansione (SEM).

RISULTATI E DISCUSSIONE

L'indagine eseguita al microscopio ottico ha messo in evidenza decise differenze microstrutturali tra le zone interessate dalle linee di saldatura e le regioni più lontane. Sono stati evidenziati i seguenti aspetti, tipici delle linee di saldatura dei flussi dei materiali polimerici: i) orientazioni del materiale in direzione parallela all'interfaccia dei fronti fusi (effetto fontana), ii) effetto di intaglio a V attorno alle linee di saldatura, (2). In particolare, per il PPDL + 35% gomma si osserva nella zona di saldatura la nucleazione di sferuliti diversi rispetto a quelli tipici di questo materiale. Si è potuto, inoltre, osservare che lungo la linea di saldatura, le particelle elastomeriche si schiacciano assumendo una forma a disco e si dispongono parallelamente alla linea di saldatura. Naturalmente, tale configurazione può creare un notevole ostacolo all'interdiffusione delle molecole della matrice di PP (3,4).

Per tutti i materiali studiati le curve sforzo-deformazione, ottenute nelle prove tensili, sono riportate in Fig.2. Emerge decisamente la differenza di comportamento tra i sistemi a base di PPDL e PPDS, così come il diverso comportamento tra i materiali saldati e quelli non saldati. Il confronto tra le Fig. 2a e 2b mette innanzi tutto in evidenza, a pari contenuto di fase elastomerica, una maggiore rigidità dei sistemi a base di PPDL rispetto a quelli a base di PPDS. In base all'entità dell'allungamento a frattura, si riscontra inoltre una migliore saldabilità del PPDL puro rispetto al PPDS puro, mentre nei sistemi tenacizzati si ha marcatamente l'effetto opposto. Ciò sta ad indicare che la saldabilità del polipropilene a larga distribuzione dei pesi

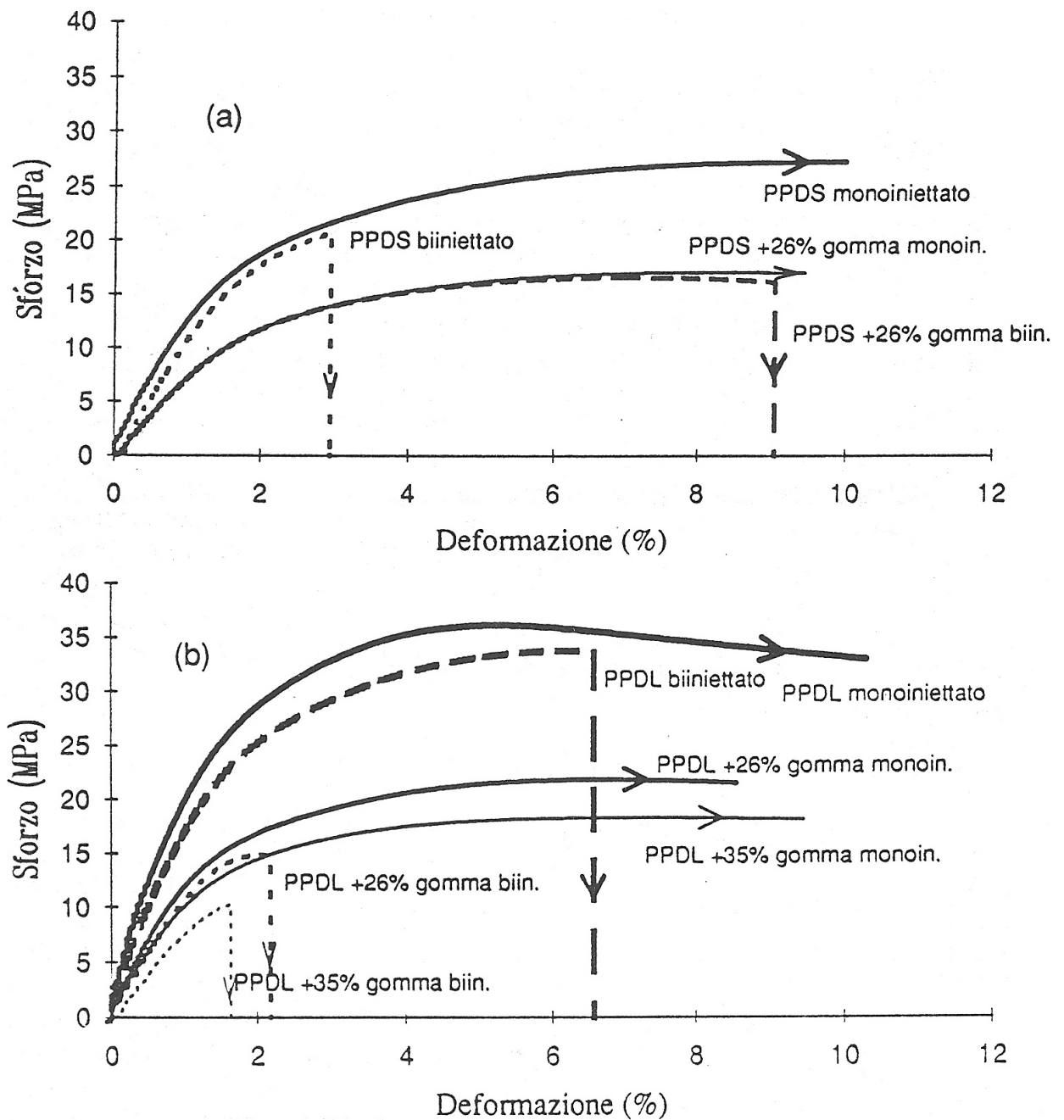
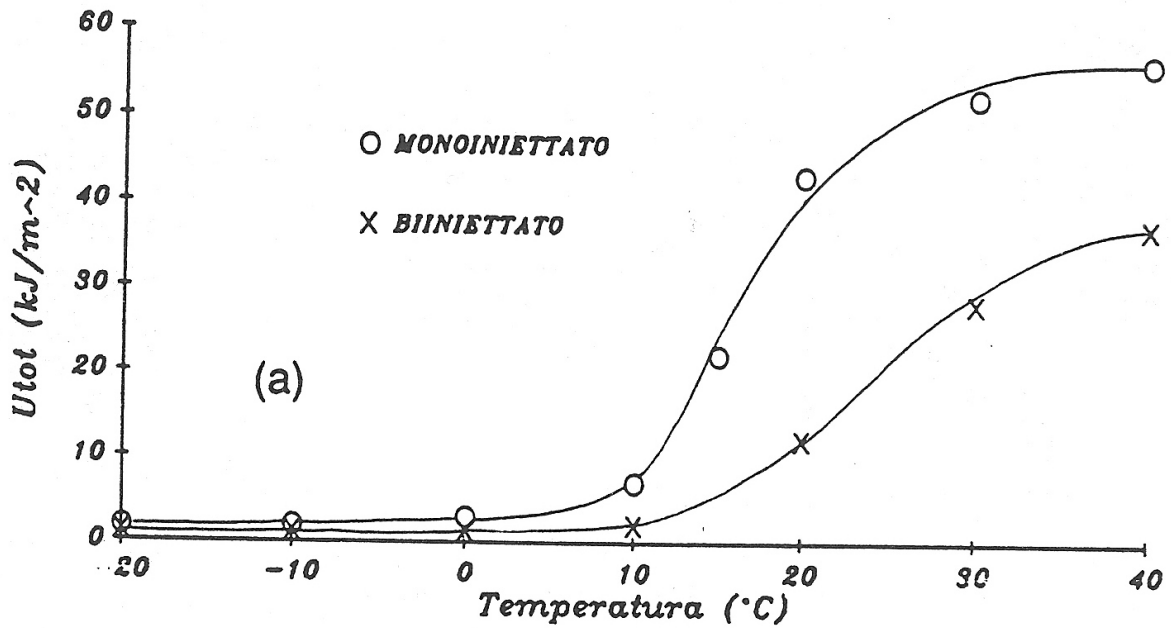


Fig. 2. - Curve sforzo-deformazione in prove tensili: a) sistemi a base di PPDS; b) sistemi a base di PPDL.

molecolari risulta pesantemente compromessa dall'aggiunta della fase elastomerica, fino a vanificarne l'effetto tenacizzante.

La presenza delle linee di saldatura influenza notevolmente anche il comportamento a frattura per impatto dei sistemi studiati. In particolare, essa da' luogo ad un marcato spostamento della temperatura di transizione fragile-duttile verso temperature piu' elevate, come appare in Fig. 3. Un comportamento analogo si riscontra per le condizioni di impatto biassiale.

PPDS CON 26% GOMMA



PPDL CON 35% GOMMA

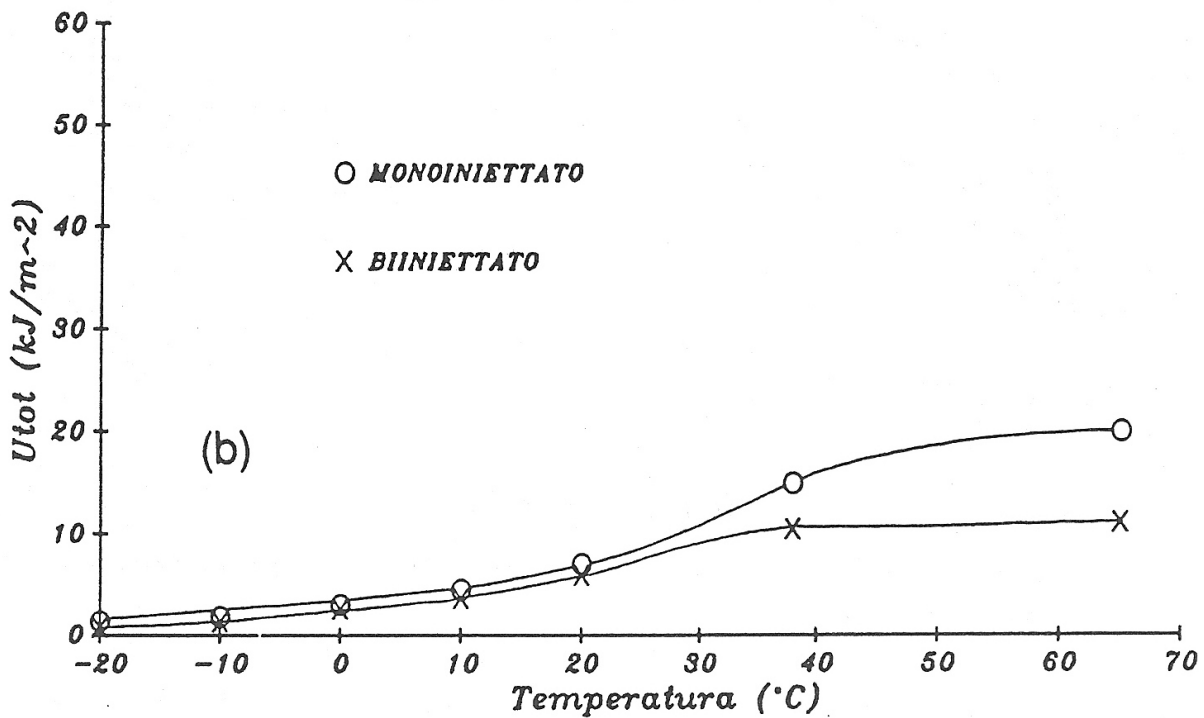


Fig. 3. - Energia totale di frattura in funzione della temperatura in prove d'impatto in flessione in tre punti: a) PPDS+26%gomma, b) PPDL+35%gomma

Per i materiali tenacizzati biiniettati, sono state determinate, le curve di resistenza J_R , relativamente alla linea di saldatura. Queste sono state determinate adottando una tecnica monocampione, che comportava l'esecuzione di una ripresa televisiva della prova sincronizzata con la registrazione della curva carico-spostamento durante la prova stessa. I dati sperimentali sono poi stati elaborati secondo il protocollo ESIS P1-92 (5). Le curve J_R diagrammate in Fig.4 mostrano un'apprezzabile differenza di comportamento tra il sistema a matrice di PPDS e quelli a matrice di PPDL, confermando i risultati precedentemente illustrati.

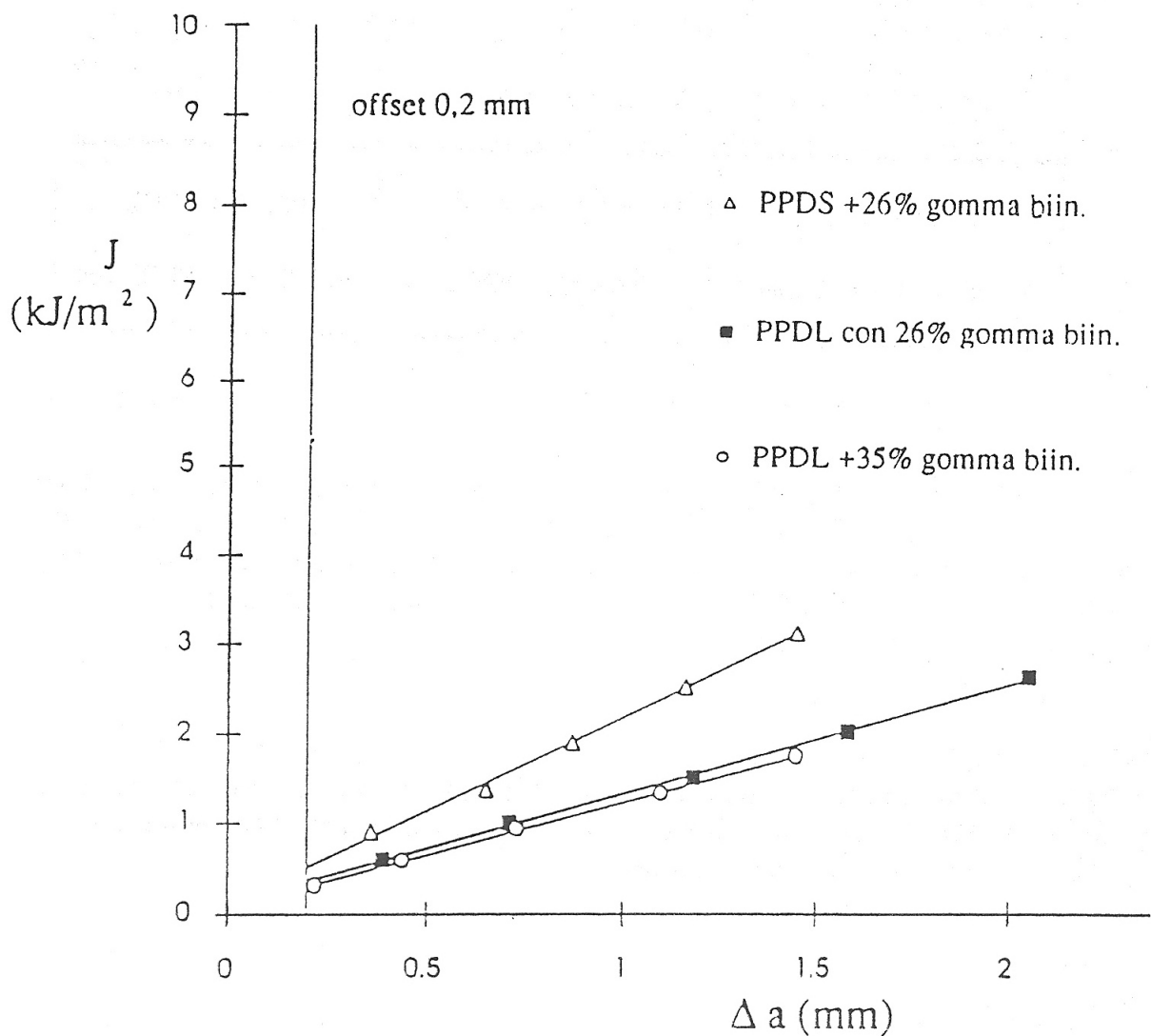


Fig. 4. - Curve di resistenza $J_R^{(5)}$.

Al fine di quantificare la saldabilità dei materiali esaminati, si è introdotto un parametro che è stato chiamato "grado di saldatura". Esso è stato definito dal rapporto del valore di una certa proprietà resistenziale, in presenza della linea di saldatura, e il valore corrispondente del materiale integro. Tale parametro risulta pressocchè costante per le diverse proprietà considerate (ad es. l'energia totale di frattura, l'energia fino al carico massimo, ecc.), mentre assume valori anche assai diversi per i diversi materiali.

Le principali correlazioni ottenute tra il "grado di saldatura" dei materiali studiati, sia puri che modificati, e le proprietà di primario interesse ingegneristico, quali la rigidità e la tenacità, sono riportate schematicamente in Tabella I.

Grado di saldatura	Tenacità	Rigidità
PPDS < PPDL	PPDS >> PPDL	PPDS < PPDL
PPDS _{mod} >> PPDL _{mod}	PPDS _{mod} >> PPDL _{mod}	PPDS _{mod} < PPDL _{mod}

Tabella I

Risulta evidente che una distribuzione molto ampia dei pesi molecolari, pur conferendo ai materiali un notevole incremento di rigidità, compromette comunque la loro tenacità. Tale aspetto risulta decisamente rilevante per i materiali modificati con gomma ed in presenza di linee di saldatura.

RINGRAZIAMENTI. Questo lavoro è stato parzialmente finanziato dal "Progetto Finalizzato Chimica Fine II". Gli autori desiderano ringraziare anche la società Himont Italia SpA (Ferrara) per aver fornito i materiali e aver contribuito alla loro caratterizzazione.

BIBLIOGRAFIA

1. Normativa ASTM D 638M-84
3. Z. Tadmor; J. Appl. Polym. Sci. 19, 1753(1974)
4. R.C. Tahamm; Rubber Chem. Technol. 50, 293(1977)
2. S.G. Kim and N. P. Suh; Polym. Eng. Sci. 26, 1200(1986)
- 5.ESIS Recommendations for determining the fracture resistance of ductile materials - ESIS P1-92 (1992)