

I Tascabili di



Filippo Cangialosi



**CONOSCERE
LE MATERIE
PLASTICHE**

CQC Filippo Cangialosi Editore

Scienza dei polimeri

4.

A mia figlia

Valeria

I libri di Plasticando

Collana Scienza dei Polimeri

- Proprietà e lavorazione delle materie plastiche
Guida pratica per i tecnici dell'industria
di Filippo Cangialosi
- Le parole della plastica
Dizionario in 5 lingue di scienza e tecnologia delle materie plastiche
di Filippo Cangialosi
- Le parole della plastica con CD-Rom
Dizionario elettronico di scienza e tecnologia dei polimeri
di Filippo Cangialosi

Collana Stampaggio ad Iniezione

- Dati di processo per lo stampaggio ad iniezione
Guida pratica alla regolazione ed ottimizzazione dei parametri della pressa
di Filippo Cangialosi
- Conoscere i parametri della pressa
Stampaggio ad iniezione
di Filippo Cangialosi

Sommario

INTRODUZIONE	5
DEFINIZIONI	6
Polimero e Macromolecola	6
Oligomeri ed Alti polimeri	6
Omopolimeri e copolimeri	6
Polimeri lineari e ramificati	6
Termoplastici e termoindurenti	6
STRUTTURA MOLECOLARE	7
Polimeri amorfi e cristallini	7
La misura della cristallinità	7
Proprietà dei polimeri amorfi e cristallini	7
PROPRIETÀ TERMICHE	8
Temperatura di transizione vetrosa	8
Temperatura di fusione	8
PESO MOLECOLARE	9
Peso molecolare dei polimeri	9
Peso molecolare e lavorabilità	9
VISCOSITÀ	10
La curva di flusso	10
Da che cosa dipende la viscosità	10
Il Melt Flow Index	10
RITIRO	11
RIGONFIAMENTO	13
Viscoelasticità dei polimeri	13
MISCELE	14
Miscibilità e immiscibilità	14
Effetto della miscelazione	14
I compatibilizzanti	14
Dispersione	15

Introduzione

Questo *tascabile* è stato pensato e scritto per tutti i tecnici dell'industria delle materie plastiche che vogliono comprendere a fondo il ruolo del materiale nella regolazione ed ottimizzazione dei processi di trasformazione delle materie plastiche.

Questo libro è dedicato a tutti coloro che non hanno mai studiato la chimica e la scienza dei polimeri, ma che hanno imparato a lavorare la plastica con anni di esperienza e di duro lavoro e che, oggi, vogliono ripensare a quello che già sanno in maniera nuova e su solide basi scientifiche.

Il testo vuole guidare il lettore a comprendere il "perché" di certi fenomeni, guardando al processo industriale dal punto di vista del materiale prima a livello microscopico e poi macroscopico.

Questa guida pratica è dedicata ai tecnici della produzione, ai responsabili del controllo qualità, agli addetti alla manutenzione, ai responsabili dell'acquisto delle materie prime che, ogni giorno, sono impegnati nella produzione di prodotti di qualità.

Per maggiori informazioni vi invito a consultare il sito www.plasticando.it

Palermo, 1 Settembre 2002

Filippo Cangialosi

Polimero e Macromolecola

Il **polimero** è una sostanza costituita da **molecole** molto lunghe chiamate **macromolecole**.

Le macromolecole sono formate da una sequenza di unità fondamentali, dette **monomeri**, tenute insieme da **legami chimici**.

Le macromolecole tra loro, invece, non sono legate chimicamente, ma sono tenute insieme da forze di attrazione o da **nodi**.

Oligomeri ed Alti polimeri

In base alla lunghezza delle macromolecole si distinguono due tipi di polimeri:

- gli **oligomeri**, formati da pochi monomeri,
- gli **alti polimeri**, formati da moltissimi monomeri.

Omopolimeri e copolimeri

Il polimero formato da monomeri tutti uguali è detto **omopolimero**.

Il polimero formato da due o più monomeri è detto **copolimero** che, in base all'ordine dei monomeri nella macromolecola, può essere:

- **copolimero statistico**, se i monomeri sono distribuiti in modo casuale;
- **copolimero alternato**, se i monomeri si alternano nella catena;
- **copolimero a blocchi**, se nella macromolecola si alternano pezzi formati da un solo tipo di monomero;
- **copolimero aggraffato**, se si ha una catena costituita da un solo tipo di monomero A, alla quale si legano

catene formate solo da monomeri di tipo B.

Polimeri lineari e ramificati

Un **polimero lineare** si ottiene quando, durante la polimerizzazione, ogni monomero si lega ad altri due monomeri.

Se qualche monomero si lega ad altri tre monomeri, anziché a due, si ottiene un **polimero ramificato**.

Le macromolecole, in alcuni casi, possono reagire fra loro e formare dei legami chimici forti detti **reticolazioni**. Un numero elevato di reticolazioni impedisce alle macromolecole di muoversi le une rispetto alle altre ed il materiale risulta molto rigido.

Termoplastici e termoindurenti

I polimeri possono essere divisi in polimeri termoplastici e termoindurenti:

I polimeri **termoplastici** possono essere più volte senza che la loro struttura chimica cambi.

I polimeri **termoindurenti** dopo essere stati fusi solidificano e non possono essere fusi di nuovo. Durante la fusione, infatti, le molecole reagiscono formando nuovi legami chimici (**reticolazioni**) che ne modificano la struttura.



Struttura Molecolare

La materia allo stato solido può avere due tipi di struttura molecolare: **amorfa** e **cristallina**.

In un solido **amorfo** le molecole sono disposte disordinatamente nello spazio; in un solido **cristallino**, invece, le molecole sono disposte in maniera ordinata nello spazio.

Polimeri amorfi e cristallini

Un polimero è formato da macromolecole molto lunghe che, se riescono a ripiegarsi e a disporsi nello spazio secondo una struttura ordinata, danno origine ad un polimero cristallino. Il processo di ordinamento prende il nome di **cristallizzazione**.

La cristallinità diminuisce all'aumentare della lunghezza delle ramificazioni delle catene polimeriche, poiché le ramificazioni impediscono alle molecole di avvicinarsi fino a disporsi ordinatamente.

La cristallizzazione è favorita dal raffreddamento lento del materiale. Viceversa, i raffreddamenti rapidi favoriscono la formazione di polimeri amorfi.

La misura della cristallinità

I polimeri che possono cristallizzare non sempre raggiungono l'ordine cristallino perfetto e sono detti **semicristallini**. L'entità della cristallizzazione di un polimero è espressa attraverso il **grado di cristallizzazione** che è il rapporto fra la massa di polimero cristallizzato e quella totale.

Non esistono polimeri completamente cristallini, mentre ne esistono di completamente amorfi.

Proprietà dei polimeri amorfi e cristallini

I polimeri amorfi sono:

- **Trasparenti:** poiché i raggi luminosi possono attraversarli.
- **Non hanno un punto di fusione,** ma di rammollimento: poiché, non avendo una struttura molecolare ordinata, non è necessario raggiungere una ben precisa temperatura (**temperatura di fusione**) per distruggere la struttura molecolare e mettere le molecole in movimento.
- **Lavorabili più facilmente:** poiché sono fluidi in un ampio intervallo di temperatura.

I polimeri cristallini o semi-cristallini sono:

- **Opachi:** poiché i raggi luminosi non possono attraversarli dato che vengono riflessi dalla struttura cristallina.
- **Hanno un punto di fusione:** poiché, avendo una struttura molecolare ordinata, è necessario raggiungere una ben precisa temperatura (**temperatura di fusione**) per distruggere la struttura molecolare e mettere le molecole in movimento.
- **Sono più difficili da lavorare:** poiché sono allo stato fuso solo in un intervallo di temperatura ben preciso e devono essere raffreddati nelle condizioni opportune che ne permettono la cristallizzazione.

Proprietà Termiche

Il **calore** è la forma di energia comunemente impiegata per lavorare i polimeri. La somministrazione di energia termica causa l'aumento della temperatura del polimero ed il suo passaggio di stato.

Il passaggio dallo stato solido a quello liquido è detto **fusione** ed avviene quando l'energia termica è sufficientemente alta da indurre la distruzione della struttura cristallina e lo scorrimento delle catene.

In un polimero allo stato liquido si ha un movimento interno alle catene (vibrazioni, rotazioni, movimenti sinusoidali) ed esterno (traslazioni e scorrimento delle molecole).

Temperatura di transizione vetrosa
Le molecole dei polimeri termoplastici amorfi e termoindurenti ad una temperatura più alta di quella di distorsione hanno energia sufficiente per muoversi in maniera coordinata.

La temperatura a cui ciò accade è detta di **transizione vetrosa (T_g)**. Al di sotto della T_g il polimero è duro e rigido; al di sopra della T_g il materiale diventa più malleabile e simile al cuoio. Dal momento che a questa temperatura i polimeri subiscono delle notevoli variazioni strutturali, dovrebbero essere sempre utilizzati ad una temperatura più bassa; come regola generale, possiamo dire che la **temperatura di utilizzo** non dovrebbe superare il 75% della T_g .

Temperatura di fusione

Nei polimeri **termoplastici**, un ulteriore aumento della temperatura determina una grande mobilità delle catene che possono scorrere liberamente. La

temperatura alla quale ciò avviene è detta **temperatura di fusione**.

I polimeri cristallini fondono in un intervallo ristretto di temperatura, corrispondente all'energia termica necessaria per distruggere la struttura ordinata.

I polimeri amorfi, invece, rammoliscono in un ampio intervallo di temperatura corrispondente all'energia termica necessaria a fare scorrere le molecole.

Nei materiali **termoindurenti**, al di sopra della temperatura di transizione vetrosa, le catene polimeriche interagiscono e si legano fra loro con dei legami chimici (reticolazioni) che irrigidiscono la struttura molecolare. Pertanto i polimeri termoindurenti rammoliscono, ma non fondono.



Peso Molecolare

La macromolecola è costituita da un certo numero di unità fondamentali, dette **monomeri**, che si ripetono. Piuttosto che misurare la lunghezza della catena è più conveniente misurare il **peso molecolare**.

Una **molecola** è formata dall'unione di due o più **atomi**, ognuno con una massa data dalla somma delle masse dei **protoni** e dei **neutroni** che compongono il nucleo dell'atomo stesso.

I protoni ed i neutroni hanno la stessa massa, quindi il **peso (o massa) atomico** si ottiene contando il numero di protoni e neutroni che formano il nucleo dell'atomo. Per comodità si è deciso di utilizzare come unità di misura la massa del nucleo dell'atomo di idrogeno, che contiene solo un protone.

Il **peso molecolare** è la somma dei pesi atomici degli atomi che compongono la molecola.

Peso molecolare dei polimeri

Un polimero è formato da macromolecole e di ogni macromolecola si può determinare il peso molecolare. Poiché ogni molecola ha il suo peso, per caratterizzare un polimero si calcola il **peso molecolare medio**, indicato con la lettera **M**.

Il peso molecolare medio da solo non è sufficiente a caratterizzare un polimero; infatti, due polimeri con lo stesso peso molecolare medio possono essere molto diversi fra loro.

Basti pensare che uno può avere tutte catene della stessa lunghezza; l'altro il 50% delle catene con lunghezza doppia ed il 50% di catene lunghe la metà: il peso molecolare medio è lo stesso, ma la distribuzione è molto diversa.

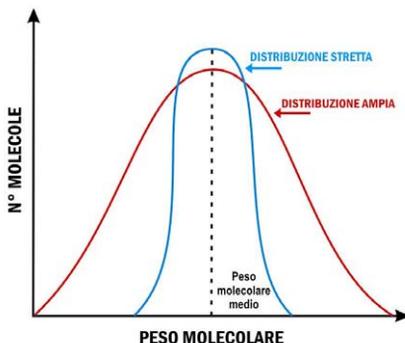
Per caratterizzare il polimero bisogna determinare la **curva di distribuzione** dei pesi molecolari che riporta, per ogni peso molecolare, il numero di macromolecole presenti nel polimero.

Peso molecolare e lavorabilità

Il peso molecolare medio e la distribuzione di peso molecolare influenzano significativamente la lavorabilità dei polimeri.

I polimeri che hanno una curva di distribuzione dei pesi molecolari stretta fondono in un intervallo di temperatura piccolo, poiché le molecole hanno bisogno della stessa energia per scorrere.

I materiali con una curva di distribuzione dei pesi molecolari ampia contengono delle molecole molto corte che fondono per prime ed agiscono come lubrificante della massa rimanente. Le catene più lunghe riescono a scorrere, anche se leggermente intrecciate con le altre, conferendo resistenza al fuso.



Viscosità

La viscosità è **la misura della resistenza che un liquido oppone allo scorrimento**. Più un liquido è viscoso, maggiore sarà la forza da applicare per farlo scorrere con la velocità voluta.

La viscosità di un polimero non è costante, ma diminuisce all'aumentare del gradiente di velocità; infatti, le macromolecole che scorrono con una velocità elevata riescono a sbrogliarsi più facilmente.

Una prima conseguenza pratica di questo fenomeno è che è più conveniente lavorare i polimeri facendoli fluire ad alta velocità.

Un'altra conseguenza è che non è possibile dare un valore unico alla viscosità di un polimero; ma avremo una curva, detta **curva di flusso**, dove sono riportati i valori di viscosità misurati in corrispondenza di ogni singolo gradiente di velocità.

La curva di flusso

All'aumentare del gradiente di velocità la viscosità diventa sempre più bassa. Inoltre, la diminuzione della viscosità è sempre più rapida man mano che si va verso i gradienti più elevati. Viceversa, per valori bassi del gradiente di velocità, la viscosità è quasi costante.

Da che cosa dipende la viscosità

Oltre che dal gradiente di velocità, la viscosità di un polimero dipende dal **peso molecolare** e dalle **ramificazioni**.

All'aumentare del peso molecolare la viscosità aumenta poiché le macromolecole sono più lunghe ed hanno una maggiore tendenza ad aggrovigliarsi; quindi oppongono una maggiore resistenza allo scorrimento.

Le ramificazioni hanno un effetto opposto. Infatti, a parità di peso molecolare, le ramificazioni rendono le macromolecole più ingombranti e quindi più facilmente riescono a sbrogliarsi dalle altre e a fluire velocemente.

Un fattore che influisce sulla viscosità, ma che non è legato alla struttura del polimero, è la temperatura. L'aumento della temperatura corrisponde ad una maggiore quantità di energia termica a disposizione delle molecole. Temperature elevate significano movimenti più veloci e quindi maggior possibilità per le macromolecole di slegarsi e muoversi con una certa libertà.

Pertanto all'aumentare della temperatura diminuisce la viscosità.

COPIA

SAGGIO

Reproduzione vietata

PER ORDINARE

VISITATE

PORTALE

WWW.PLASTICARSO.PE

Melt Flow Index

Determinare la curva di flusso di un polimero richiede tempo ed apparecchiature specifiche. Spesso per evitare questo si fa ricorso al cosiddetto **Melt Flow Index (indice di fluidità del fuso)** o **Grado del polimero**.

Esso corrisponde alla massa di polimero fuso che fluisce in un certo tempo, attraverso un capillare avente un certo diametro, sotto un certo peso e ad una certa temperatura.

Dalla definizione segue che maggiore è l'indice di fluidità di un polimero, più questo risulta essere fluido e quindi poco viscoso.

Corrisponde concettualmente, ma non nel valore, ad un singolo punto della curva di flusso ed è adoperato come un indicatore della viscosità del polimero.

E' importante rilevare che l'indice di fluidità fornisce solo delle informazioni parziali sul comportamento del polimero.

Ritiro

La maggior parte dei materiali presenti in natura riducono il loro volume passando dallo stato liquido a quello solido. Anche i polimeri si comportano in questo modo.

Per comprendere questo fenomeno bisogna ricordare che allo stato fuso le molecole si trovano tutte alla stessa temperatura. L'energia termica è utilizzata dalle molecole per vibrare, piegarsi e ruotare; le molecole allo stato fuso sono molto mobili e tendono ad occupare un certo volume nello spazio. Quando il fuso raffredda cede la sua energia termica, le molecole perdono la loro mobilità e occupano meno volume.

Il **ritiro** è la variazione percentuale del volume di un pezzo nel passaggio dallo stato liquido a quello solido.

Il ritiro è dovuto a due cause.

La prima è la diminuzione di volume dovuta all'abbassamento della temperatura, fenomeno comune a tutte le sostanze.

La seconda è la cristallizzazione, ovvero il disporsi delle macromolecole secondo una struttura ordinata, che determina una maggior vicinanza delle molecole e, quindi, una diminuzione del volume occupato. Ne consegue che il fenomeno del ritiro è più evidente quando si lavorano polimeri che possono cristallizzare.

I fattori che in misura più o meno marcata influenzano l'entità del ritiro sono molti e possono essere divisi in:

- Fattori legati al materiale
- Fattori legati allo stampo
- Fattori legati alle condizioni di processo

Fattori legati al materiale

- **Natura chimica:** il ritiro è una proprietà intrinseca della struttura chimica delle macromolecole, della grandezza dei monomeri, della presenza di ramificazioni, della linearità delle molecole.
- **Cristallinità:** all'aumentare della cristallinità le molecole si ordinano e si allineano occupando meno spazio. Quindi all'aumentare della cristallinità il ritiro aumenta.
- **Riempitivi:** la presenza di fibre di riempimento impedisce la cristallizzazione e, quindi, il ritiro diminuisce. Le fibre sono di natura inorganica e, pertanto, il ritiro percentuale del polimero fuso risulta minore.

Spessore della parte:

Con l'aumentare dello spessore della parte, il raffreddamento del pezzo è più lento, quindi le molecole che si trovano all'interno del pezzo tendono a perdere l'eventuale orientazione e a congelare in una struttura disordinata che determina un maggiore ritiro.

Fattori legati allo stampo

- **Lunghezza del flusso:** la lunghezza del flusso è data dalla lunghezza del canale che deve essere percorso dal fuso per raggiungere la cavità. Se la lunghezza del flusso è elevata, il tempo di permanenza del materiale ad alta temperatura è più alta e vi è una maggiore cristallizzazione, che induce un maggiore ritiro. Inoltre, se il flusso è lungo le molecole riescono ad orientarsi meglio ed il ritiro aumenta nella direzione dell'orientazione.
- **Sezione del punto di iniezione:** il fuso che entra nella cavità dello stampo deve passare attraverso la

sezione del punto di iniezione che è minore di quella del canale di adduzione. Tanto più la sezione è piccola, tanto maggiore è l'orientazione delle molecole che l'attraversano. Ad una maggiore orientazione corrisponde un maggiore ritiro che cresce ulteriormente se il polimero ha la possibilità di cristallizzare.

- **Raffreddamento:** attraverso il raffreddamento le molecole vengono private della loro energia. All'aumentare del raffreddamento dello stampo le molecole vengono congelate nella posizione in cui si trovano senza avere il tempo di riordinarsi e contrarsi. Pertanto all'aumentare del raffreddamento il ritiro diminuisce.
- **Conducibilità termica dello stampo:** uno stampo con una buona conducibilità termica permette il rapido raffreddamento del fuso. Quindi il materiale non ha il tempo di riordinarsi, contrarsi e/o cristallizzare, minimizzando così il fenomeno del ritiro.

- **Temperatura dello stampo:** al diminuire della temperatura dello stampo, aumenta la differenza di temperatura tra il fuso e la temperatura della parete dello stampo. All'aumentare della differenza di temperatura aumenta la velocità di raffreddamento del fuso ed il ritiro diminuisce.
- **Tempo di mantenimento:** Durante il tempo di mantenimento una pressione costante è applicata sul fuso per fare entrare nello stampo una quantità di materiale sufficiente a riempire lo spazio rimasto vuoto dopo il ritiro del materiale. Un tempo di mantenimento insufficiente è causa di un cattivo riempimento dello stampo e quindi del verificarsi di un ritiro complessivo troppo elevato.

Temperatura del fuso: L'aumento della temperatura del fuso equivale ad un aumento dell'energia somministrata alle molecole. L'energia assorbita sotto forma di calore viene utilizzata per fare vibrare, muovere o piegare le molecole. Una maggiore

temperatura equivale a maggiore energia e quindi ad una maggiore mobilità delle molecole che allo stato liquido occupano uno spazio maggiore. Pertanto il ritiro aumenta all'aumentare della temperatura del fuso.

- **Velocità di iniezione:** Se la velocità di iniezione aumenta le molecole sono più orientate e più compatte. Quindi all'aumentare della velocità di iniezione il ritiro aumenta nella direzione del flusso e diminuisce in quella opposta.

Fattori legati alle condizioni di processo

- **Velocità di raffreddamento:** se il fuso è raffreddato velocemente, le molecole perdono l'energia di movimento, occupano meno spazio e quando passano allo stato solido il ritiro percentuale è minore. Quindi, il ritiro diminuisce all'aumentare della velocità di raffreddamento.
- **Pressione sul fuso:** se il fuso è tenuto sotto pressione le molecole sono compatte già allo stato liquido e quando passano allo stato solido il ritiro percentuale è minore. Quindi, il ritiro diminuisce all'aumentare della pressione sul fuso.



Rigonfiamento

Il polimero fuso che esce da un **capillare** rigonfia rispetto al diametro del capillare stesso.

Il **rigonfiamento**, detto in inglese **die swell**, è un fenomeno tipico dei materiali polimerici.

Viscoelasticità dei polimeri

Il rigonfiamento è legato al **comportamento viscoelastico** dei polimeri.

I polimeri per il loro peso molecolare molto elevato possono essere considerati come un incrocio fra il **solido ideale**, che è totalmente elastico, ed un **liquido ideale**, che è totalmente viscoso.

Con il termine **solido ideale** si intende quello che si deforma sotto l'azione dello sforzo, ma torna allo stato iniziale quando lo sforzo cessa, mentre il **liquido ideale** si deforma (o meglio fluisce) sotto l'azione dello sforzo, senza poter più tornare alle condizioni iniziali quando esso cessa. Il solido ideale ed il liquido ideale, come dice la parola stessa, non esistono ed il comportamento dei materiali è sempre intermedio fra questi due estremi. Nel caso dei materiali non polimerici gli scostamenti dall'idealità sono molto piccoli; ad esempio, i metalli sono in pratica dei solidi ideali; mentre la maggior parte dei fluidi sono dei liquidi ideali.

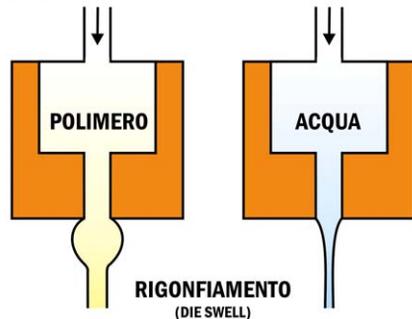
I polimeri si comportano in un modo non assimilabile a nessuno dei due estremi ed il loro comportamento è detto viscoelastico. La **viscoelasticità** è dovuta alla natura delle macromolecole che sono come delle lunghe **cordicelle** aggrovigliate. Se si applica uno sforzo i **nodi** fra le molecole fanno sì che il materiale reagisca come un solido; con il

passare del tempo i nodi tendono a sgrovigliarsi, le macromolecole iniziano a scorrere le une sulle altre e si ha quindi un comportamento più simile a quello di un liquido.

Se spingiamo un polimero fuso attraverso un condotto, possiamo immaginare che il polimero, inizialmente, reagisce come un solido e tende, appena possibile, ad espandersi per tornare alle dimensioni originarie.

Questo fenomeno prende il nome di **die swell**, ed è misurato come il rapporto fra il diametro del flusso di polimero in uscita (una volta raffreddato) ed il diametro del condotto.

COPIA
SAGGIO
Riproduzione
PER ORDINARE
VISITATE
PORTALI
WWW.PLASTICA



L'unione di più polimeri può prendere vari nomi: copolimerizzazione, lega e miscela. Vediamo alcune definizioni:

- **Copolimerizzazione:** è la combinazione chimica di due o più tipi di monomeri.
- **Lega:** è la combinazione, allo stato fuso, di due polimeri o di un polimero ed un monomero. La lega è caratterizzata da una sola fase omogenea e si ottiene se i due polimeri sono miscibili.
- **Miscela:** è la combinazione, allo stato fuso, di due o più polimeri. La miscela è caratterizzata da due o più fasi e si ottiene quando i polimeri sono immiscibili.

Miscibilità e immiscibilità

Se versiamo nello stesso recipiente due liquidi si possono avere due diverse situazioni:

- i due liquidi si mescolano e non è più possibile distinguerli. Ciò accade se mescoliamo latte e caffè.
- i due liquidi rimangono separati, come accade per acqua ed olio.

Nel primo caso si dice che i due liquidi sono **miscibili**, nel secondo che sono **immiscibili** o **incompatibili**. La differenza di comportamento è dovuta alle interazioni che vi sono tra le molecole.

Se le molecole dei due liquidi hanno qualche interazione rimangono vicine e avremo la miscibilità; se invece non vi è alcuna interazione le molecole tendono a rimanere distanti.

Da quanto detto segue che i polimeri tra loro simili sono miscibili, mentre gli altri sono immiscibili. In realtà, i casi di vera miscibilità tra polimeri sono pochissimi, poiché oltre alle differenze di struttura

chimica vi sono anche differenze di peso molecolare, ramificazioni etc.

Effetto della miscelazione

I polimeri sono miscelati per ottenere un materiale che riassume in sé le caratteristiche migliori dei suoi componenti. Consideriamo una qualunque proprietà, ad esempio il modulo elastico E , e vediamo cosa accade miscelando un polimero A con un polimero B in varie proporzioni.

Polimeri miscibili

All'aumentare della percentuale di B nella miscela il modulo elastico aumenta proporzionalmente. Quindi, se la miscela contiene il 50% di A e al 50% di B, la proprietà sarà data dalla media fra il modulo elastico del materiale A (E_A) e quello del materiale B (E_B).

Polimeri immiscibili

Se i due polimeri sono immiscibili la situazione è completamente diversa e non si ha un andamento semplice. La proprietà, il modulo in questo caso, può essere sempre maggiore di quelle dei componenti, oppure sempre minore, può esserci un massimo oppure un minimo.

Questo però non avviene quasi mai ed è quindi necessario intervenire per migliorare l'adesione tra le fasi, cioè fra le masse dei due polimeri. Le strade possibili sono l'uso di compatibilizzanti e/o agire sulla dispersione.

I compatibilizzanti

Se le molecole di due polimeri diversi non interagiscono possiamo aggiungere una sostanza che faccia da *gancio* tra loro. Queste sostanze sono chiamate

compatibilizzanti e, spesso, sono essi stessi dei polimeri.

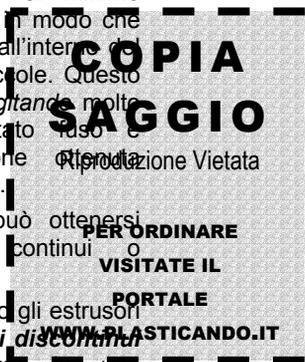
Supponiamo di voler miscelare il polimero A con il polimero B. Per migliorare la miscelazione possiamo aggiungere un copolimero, a blocchi o aggraffato, formato da A e B che con la sua parte "A" si lega alle molecole di A e con la sua parte "B" alle molecole di B.

Dispersione

Le superfici di separazione tra due fasi sono punti di debolezza del materiale, in quanto rappresentano dei difetti interni. Si devono quindi ridurre al minimo queste superfici, cioè fare in modo che le *particelle* di polimero B all'interno del polimero A siano molto piccole. Questo risultato si può ottenere *agitando* molto bene i polimeri allo stato fuso e congelando la dispersione ottenuta abbassando la temperatura.

La dispersione ottimale può ottenersi attraverso **miscelatori** continui o discontinui.

I **miscelatori continui** sono gli estrusori bivate, mentre i **miscelatori discontinui** consistono sostanzialmente in una camera riscaldata al cui interno i materiali vengono energicamente mescolati da organi rotanti.





Sul portale trovi le seguenti sezioni:

- @ Editoria
Libri, CD-Rom, Video, Software, Formazione a distanza
- @ Documenti
Scienza dei polimeri, Stampaggio, Estrusione, Filatura, Filatura, Costruzione stampi, tecnologie, controllo qualità, Sicurezza, Certificazione, Legislazione, ecc.
- @ Notizie
Stampa italiana, Stampa straniera, La voce delle aziende, Fiere, Corsi, Convegni, ecc. Risorse
- @ Risorse
Università, Scuole, Enti di ricerca, Enti di formazione, Consulenza, Progettazione, ecc.
- @ L'esperto risponde
- @ Ricerca dei difetti
Che cosa sono i difetti, Diagnosi dei difetti, I difetti nello stampaggio ad iniezione, i difetti nell'estrusione, ecc.
- @ Glossario