

Proprietà

Proprietà meccaniche delle plastiche

La grande varietà delle plastiche possiede una gamma molto ampia di caratteristiche, rendendole adatte per un gran numero di applicazioni.

Le proprietà delle plastiche vengono determinate con prove simili a quelle viste x i metalli. Prima delle prove i campioni vengono portati in una condizione standard (temperatura e umidità) con modalità normate

Resistenza

Le prove di trazione sono condotte su campioni stampati o lavorati e su films. La tipica curva tensione-deformazione può mostrare comportamento puramente fragile nei termoindurenti e nei termoplastici molto al di sotto di T_g (Fig.13-14a)

Oltre T_g si ha strizione, una volta raggiunta la massima tensione, e la forza (e la tensione ingegneristica) cala (Fig. 13-14b)

La strizione si diffonde in tutta la lunghezza del campione a forza circa costante; la forza aumenta solo quando le molecole vengono allungate prima della frattura (in termini di tensione e deformazione vera, la curva è monotona crescente)

L'allungamento dopo strizione aumenta con l'esponente m e perciò con la temperatura oltre T_g

Aumentare la velocità di deformazione ha lo stesso effetto di una riduzione di temperatura e una plastica molto deformabile a bassa velocità può andare incontro a frattura fragile ad alte velocità di deformazione

In molte applicazioni la stabilità dimensionale è un requisito primario, perciò sono accettabili solo deformazioni in campo elastico

La pendenza iniziale della curva forza-spostamento fornisce il modulo elastico E , detto anche modulo di trazione

È di circa 2 ordini di grandezza inferiore rispetto a quello dei metalli e non ben definito perché ci sono deviazioni dalla linearità anche x deformazioni molto piccole

In molti polimeri il modulo cala rapidamente all'aumentare della temperatura (Fig. 13-5b)

Molti termoplastici hanno una certa sensibilità alla velocità di deformazione anche sotto T_g e il modulo di trazione è anche funzione della velocità di applicazione del carico

La resistenza di alcune plastiche, come il nylon 6,6 viene molto ridotta dall'umidità

Quando si considera la deformazione oltre la zona di deflessione lineare, la deformazione sarà prevalentemente elastica, ma la curva di scarico è diversa

L'area del ciclo di isteresi rappresenta il lavoro che è trasformato in calore. La ripetizione del ciclo può portare a surriscaldamento e fatica

Le tensioni di trazione applicate a termoplastici vetrosi e semicristallini possono portare alla localizzazione della deformazione in bande ortogonali alla direzione di carico (Fig. 13-14d)

I vuoti che si formano all'interno di queste bande li rendono visibili come fratture

Sebbene queste bande possano apparire come cricche sottili, le molecole orientate fuoriuscenti dalla massa continuano a sostenere carico. Alla fine la rottura si può avere per carichi molto inferiori alla resistenza a trazione.

La rigidità delle plastiche spesso viene determinate in una prova di piega su 3 punti. La massima tensione alla frattura è la resistenza flessurale; nel caso di plastiche tenaci si prende la massima tensione nelle fibre a una deformazione del 5%.

Il modulo flessurale è la pendenza iniziale della curva forza di piegatura-deformazione e di solito è un po' maggiore del modulo a trazione.

Quando il carico è in compressione, la deformazione localizzata nelle bande soggette a taglio porta a una temporanea diminuzione della tensione di flusso; continuando a deformare la tensione risale.

Le prove di compressione e di durezza mediante indentazione sono usate soprattutto per controlli del processo su specifici tipi di plastiche.

Per applicazioni quali guarnizioni, molle ed elementi per accoppiamenti forzati, si eseguono prove di rilassamento sotto sforzo per avere informazioni sulla diminuzione della tensione sotto condizione di deformazione costante.

Resilienza

Le prove di impatto forniscono una rapida valutazione della resilienza delle plastiche

Di solito si preferisce l'Izod test, in cui il campione intagliato è fissato ad un'estremità

A causa dell'alta velocità di deformazione e della piega imposta, la resilienza ricavata in queste prove può essere molto diversa dalla tenacità ricavata in prove di trazione, e spesso una prova di impatto a trazione si correla meglio con le performance in esercizio.

Nei polimeri termoplastici la resistenza all'impatto è significativa solo sotto T_g

La resilienza può essere aumentata con una moderata cristallinità, diminuendo le dimensioni delle sferule e, talvolta, incorporando un componente che ha un T_g molto al di sotto la temperatura di servizio, dando luogo sostanzialmente ad un elastomero

Nelle lastre e nei film spesso sono importanti la resistenza a taglio e alla puntura

Nelle applicazioni che comportano fatica, si determina un limite di durata

Proprietà ad alta temperatura

La grande sensibilità dei polimeri alla temperatura e al tempo rende significativa la deformazione da creep, che è la causa principale della perdita di stabilità dimensionale. È anche responsabile del rilassamento; quando un componente è soggetto a carico, la tensione iniziale cala progressivamente.

La deformazione imposta al tempo 0 induce una tensione τ_0 ; poiché la deformazione è mantenuta costante, $d\gamma/dt = 0$ e si ottiene la prima formula.

Risolvendola, si ottiene la tensione in ogni istante (formula 2)

Se definiamo η/G come il tempo di rilassamento t_r , otteniamo la terza formula.

Perciò il tempo di rilassamento è il tempo necessario affinché la tensione decada ad $1/e$ del suo valore iniziale. L'equazione può essere scritta in modo simile per tensioni di trazione e di compressione.

Il creep è una funzione molto complessa della temperatura, dell'entità e della struttura dello stato tensionale e dei solventi (e per i materiali igroscopici, dell'umidità) nell'ambiente.

La progettazione è quindi spesso basata su principi pseudoelastici: si presume che la massima temperatura e carico agiscano in tutta la massa e i dati di tensione di creep sono sostituiti in equazioni classiche di elasticità di analisi tensionale.

Il limite superiore di temperatura in esercizio è spesso definito come la temperatura a cui si ha deflessione.

Una barra di 12,7 mm di larghezza, di 127 mm di lunghezza e di 3-13 mm di spessore viene caricata in un test di flessione a tre punti, in una fascia di 102 mm

Il carico viene scelto per dare uno sforzo massimo di 1820 kPa per polimeri molto rigidi e 455 kPa per quelli cedevoli. La barra viene scaldata sotto carico a una velocità di $2^\circ\text{C}/\text{min}$; si definisce temperatura di deflessione quella a cui la deflessione della mezzera è di 0,25 mm

Il test è comunque un cattivo predittore di creep a temperature più basse.

Tensioni residue

Le lavorazioni spesso inducono tensioni residue nelle plastiche

Questo è importante soprattutto nei termoplastici, in cui velocità di raffreddamento diverse portano a vari gradi di cristallizzazione e ritiro

Inoltre, il flusso plastico può determinare vari livelli di avvolgimento di molecole in zone diverse del componente

Gli strati superficiali e centrali di sezioni spesse hanno storie termiche diverse a causa della bassa conduttività termica, il che può indurre ulteriori differenze nella struttura

Sia nei termoplastici che nei termoindurenti, la forma dello stampo può impedire la contrazione uniforme di tutte le sezioni, il che provoca ulteriori tensioni residue

Se è possibile deformazione da creep, le tensioni residue diminuiscono gradualmente con le successive distorsioni e la perdita della stabilità dimensionale

Nei polimeri soggetti ad attacco di solventi, le tensioni portano alla comparsa di cricche; un gran numero di piccole cricche è definito crazing

Queste in superficie si presentano come screziature della superficie

Poiché le molecole lineari sono avvolte e tirate durante i processi, un componente riscaldato oltre T_g può tornare alla forma di partenza

Questo viene sfruttato nelle plastiche a contrazione termica (guaine termorestringenti) ma è sgradito nei componenti strutturali

La densità è importante in molte applicazioni. Gli idrocarburi amorfi hanno una densità vicina a quella dell'acqua (0,86-1,05 g / cm³, per esempio 0,91 per LDPE e 0,96 per HDPE)

I polimeri clorurati sono più pesanti (PVC 1,4, cloruro di polivinilidene 1,7) e il PTFE cristallino è ancora più pesante (2,2)

Le proprietà tribologiche dei polimeri sono generalmente buone. Molti di loro danno un basso coefficiente di attrito sia a causa della bassa adesione (come i cuscinetti fenolici rinforzati in tessuto in presenza di lubrificanti acquosi) o perché si forma una pellicola che assicura quindi un basso attrito a secco (nylon, PTFE)

I polimeri possono avere un'elevata resistenza all'usura in applicazioni particolari (come UHMWPE) o la loro resistenza all'usura può essere aumentata con reticolazione o con riempitivi che aumentano la durezza o forniscono proprietà lubrificanti (come il bisolfuro di molibdeno in nylon)

I polimeri sono, in generale, conduttori di calore scarsi, anche se la conducibilità può essere migliorata in qualche modo usando polveri metalliche come riempitivi

La loro espansione termica è grande, e questo può creare problemi quando gli assemblaggi contengono sia materie plastiche che metalli

La resistenza dei polimeri all'umidità, all'ozono, alla luce UV e alle variazioni di temperatura può essere migliorata grazie all'inserimento di riempitivi opachi e assorbitori UV. Altrimenti possono verificarsi variazioni di colore, il crazing e infragilimento

I polimeri amorfi tendono ad essere trasparenti

I polimeri cristallini sono traslucidi o opachi tranne quando i cristalli sono molto piccoli o pochi o il polimero è sotto forma di film molto sottili

I polimeri hanno molte proprietà elettriche desiderabili: elevata resistenza, resistenza dielettrica, resistenza all'arco e costante dielettrica, nonché un piccolo fattore di dissipazione (cioè, quando viene posto in un campo elettrico, viene generato poco calore), pertanto, essi godono di vaste applicazioni per isolamento e, in generale, come substrati.

Se necessario, possono essere resi conduttori con l'aggiunta di polvere metallica (6-8% se sui bordi, 35-40% se distribuiti a caso)

Una classe speciale di polimeri è intrinsecamente conduttiva e presenta elettroluminescenza e piezoelettricità

Cariche statiche molto elevate possono accumularsi in plastica a causa di attrito contro altre superfici e gli additivi antistatici sono progettati per dissipare la carica mediante conduzione elettrica nel polimero o con radiazioni verso l'atmosfera circostante