

Domande composti

INTRODUZIONE

1. Carte di Ashby - indice di merito per classificare materiali destinati alla fabbricazione di componenti che abbiano elevata stabilità dimensionale al variare di T. Definire l'indice di merito in modo tale per cui a valori maggiormente elevati dell'indice corrisponda una migliore stabilità dimensionale.
2. Indice di merito per un tirante rigido e leggero e si rappresentino le curve sul grafico di Ashby.
3. Indice di merito per materiali in cui le onde elastiche si propagano meglio.

MATRICI, RINFORZANTE E INTERFACCE

1. Qual è la funzione delle seconde fasi quando sono abbinata a matrici di tipo:
 - a) polimeriche: \uparrow resistenza, \uparrow resistenza a caldo
 - b) metalliche: \downarrow densità, \uparrow rigidità, \uparrow resistenza al creep
 - c) ceramiche: \uparrow tenacità a frattura
2. Abbinare densità, resistenza a trazione e modulo elastico alle fibre continue elencate:
 - a) Kevlar: $E = 130 \text{ GPa}$, $\sigma = 2900 \text{ MPa}$, $\rho = 1,45 \text{ g/cm}^3$
 - b) Vetro: $E = 80 \text{ GPa}$, $\sigma = 3600 \text{ MPa}$, $\rho = 2,6 \text{ g/cm}^3$
 - c) C ad alto modulo (da PAN): $E = 392 \text{ GPa}$, $\sigma = 2200 \text{ MPa}$, $\rho = 1,8 \text{ g/cm}^3$
 - d) Carbonio ad alta resistenza (da PAN): $E = 230 \text{ GPa}$, $\sigma = 3600 \text{ MPa}$, $\rho = 1,8 \text{ g/cm}^3$
3. Quali tra i seguenti abbinamenti rinforzante/matrice sono adottati per fabbricare i composti?

a) matrice vetroceramica / particelle di acciaio	No
b) matrice vetroceramica / fibre di polietilene	No
c) matrice polimerica / fibre Kevlar	Si
d) matrice polimerica / fibre di vetro	Si
e) matrice di titanio / fibre Kevlar	No
f) matrice di alluminio / fibre di vetro	No
g) matrice di alluminio / particelle di SiC	Si
h) matrice di alluminio / whiskers di SiC	Si
i) matrice di magnesio / particelle di carburo di B	Si
4. Tenacità delle seguenti matrici polimeriche:

a. Polimetacrilato di metile	$K_{Ic} = 1,5 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$
b. Poliestere	$K_{Ic} = 0,5 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$
c. PEEK	$K_{Ic} = 6 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$
d. Epossidica	$K_{Ic} = 0,6 - 1 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$
5. Quali sono gli stadi in cui si articola il processo produttivo di fibre di C ottenute da PAN? Indicare per ogni stadio le condizioni di trattamento del materiale: scopo del trattamento, temperatura, atmosfera gassosa.
6. Produzione di fibre di C a partire da pece mesofasica.
7. Tracciare nel grafico σ - ϵ la curva di una fibra di C posta a trazione e indicare valori di resistenza e deformazione a rottura
8. Le fibre di SiC possono essere ottenute comunemente con 2 \neq processi produttivi (es fibre Nicalon e le SCS Textron). Descrivere il principio su cui si basano le 2 tecniche.
9. Ossidazione attiva e passiva del SiC.

10. Sulle sup di fibre di vetro destinate a rinforzare le matrici polimeriche sono depositati appretti specifici con la funzione di agenti accoppianti. Descrivere la loro funzione.
11. Stabilire i corretti abbinamenti tra i seguenti precursori e le fibre che vengono ottenute da essi.
Precursori: pece, PPTA, BCl₃ + H₂, polycarbosilano, CH₃SiCl₃.
Fibre: Kevlar, carbonio B, SiC
12. Abbinare i nomi commerciali al componente: Fibre Nextel, Nicalon, Kevlar, P100, Borsic.
13. Le fibre di Al₂O₃ (ad eccezione delle Saphikon) non sono costituite da Al₂O₃ pura. Quale altro ossido è sempre contenuto? **SiO₂**
14. Descrivere in cosa consiste in processo CVD per la fabbricazione di fibre lunghe di SiC e di B.
15. Nel processo di fabbricazione di compositi con matrice allo stato fuso assume grande importanza la bagnabilità del rinforzante da parte della matrice. La bagnabilità è definita in base all'angolo di contatto θ . Descrivere cosa si intende per angolo di contatto con un disegno e scrivere la relazione che lega l'angolo di contatto alle tensioni superficiali tra le \neq fasi coinvolte nelle condizioni di equilibrio. Indicare il significato dei simboli.
16. T_g del PEEK = 143°C, T_{max} di utilizzo è superiore (250°C) perchè?
T_g riguarda solo la frazione amorfa del PEEK, che invece ha per larga parte struttura cristallina.
17. Spiegare cosa sono le fibre lunghe Kevlar
18. Indicare l'unità ripetitiva delle fibre aramidiche
19. Vetroceramici
20. Quali tra i seguenti materiali può subire processi di reticolazione: PP (NO), PE (NO), Resina epossidica (Si), Resina fenolformaldeidica (Si), PEEK (NO), Resina poliammidica (NO), Resina poliimmidica (Si).
21. Bonifica in leghe di Al (stadi, microstruttura). Che effetto ha la presenza del rinforzante? **Il trattamento si articola in 3 stadi che sono condotti con t e T \neq rispetto a quelle adottate per una lega non rinforzata.**
22. Mg (E=44 GPa, σ =310 MPa), Ti (E=110 GPa, σ =900 MPa), Al (E=70 GPa, σ =500 MPa)
23. Cosa si intende per whiskers, quali differenza incorrono tra i whiskers e le particelle ceramiche?
24. Tra le seguenti fibre indicare quale ha modulo maggiore e quale densità minore: Vetro E, C (HM), C (HS), SiC, Polietilene.

CMP

1. Descrivere il metodo di formatura in stampo aperto (metodo sacco-vuoto-autoclave) di compositi a matrice polimerica TI con fibre lunghe di C.
2. Metodi di fabbricazione di compositi a matrice polimerica con fibre continue.
3. Descrivere il processo di Hot-pressing - diffusion bonding
4. Nel caso di CMP con fibre lunghe ud, la resistenza a trazione è normalmente > della resistenza a compressione perchè? **La matrice non mantiene le fibre nella corretta posizione.**
5. Alcuni processi di fabbricazione di materiali compositi con matrice polimerica sono adatti alla produzione di compositi contenenti rinforzante discontinuo ad altri sono adatti quando si usa un rinforzante continuo. Indicare per ciascun metodo il tipo di rinforzante.
 - a. Stampaggio ad alta pressione: **lunghe/corte**
 - b. Metodi semi-manuali (a spruzzo): **corte**
 - c. Formatura a bassa pressione in stampo aperto: **lunghe**
 - d. Poltrusione: **lunghe**
 - e. Formatura a bassa pressione in stampo chiuso: **lunghe**
 - f. Filament winding: **lunghe**

6. Elencare almeno 5 pr meccaniche di un materiale polimerico che sono migliorate dall'aggiunta di fibre ceramiche. Durezza, resistenza al creep, resistenza, rigidità, tenacità.
7. Metodo di formatura in stampo aperto usato nel settore aeronautico per la fabbricazione di CMP.
8. Abbinando a matrici polimeriche fibre di C: ↑resistenza a trazione a T amb e a caldo, ↑resistenza a creep.
9. Tra matrice polimerica TP o TI quale garantisce migliore tenacità a frattura?
10. La massima T di utilizzo di un composito a matrice TP rinforzata con fibre di C dipende dalle proprietà della matrice: Quale T caratteristica della matrice determina la max T di lavoro del composito nel caso di:
 - a) composito con matrice TP con struttura amorfa? Tg
 - b) composito con matrice TP ad elevato grado di cristallinità? Tm

CMM

1. Cosa si intende per metodi "in situ" di fabbricazione di compositi a matrice metallica?
2. Quali vantaggi presentano i compositi Al/SiC rispetto gli altri materiali convenzionali usati per la fabbricazione del packaging di dispositivi elettronici?
3. Elencare in quali stadi si può articolare il processo produttivo di un composito con matrice di Ti rinforzata da fibre lunghe di SiC. ([vacuum hot pressing e laminazione a caldo \(HIP\)](#))
4. Elencare 2 tecniche di fabbricazione di CMM che comportano l'uso della matrice allo stato fuso e 2 tecniche che invece sono condotte con la matrice allo stato solido.
5. Fabbricazione laminato con squeeze casting.
6. In un CMM con fibre ceramiche ud che stress residui si manifestano in matrice e fibre al termine del diffusion bonding al raffreddamento?
7. Abbinando a matrici metalliche fibre di SiC: ↓ρ, ↑resistenza a trazione a caldo, ↑resistenza a creep, ↑tenacità a frattura, ↑resistenza a usura, ↑durezza, ↑resistenza a fatica.
8. Compositi a matrice Me con rinforzante ceramico, quali affermazioni sono V o F?
 - a) Resistenza a trazione del composito è > di quella della matrice pura.
 - b) Modulo elastico composito > di quello della matrice pura. V
 - c) Allungamento composito > di quello della matrice pura. F
 - d) Tenacità a frattura di composito con fibre continue > di quello della matrice pura. V
 - e) Tenacità a frattura di composito con whiskers > di quello della matrice pura. F
9. Abbinare i CMM con le coppie di densità e resistenza a trazione:
 - a. 2124/SiCp (20% vol) T6: $\rho = 2,78 \text{ g/cm}^3$, $\sigma = 552 \text{ MPa}$ (lega di Al)
 - b. Ti-6Al-4V/SiCf (35% vol): $\rho = 3,32 \text{ g/cm}^3$, $\sigma = 2013 \text{ MPa}$
 - c. AZ91/SiCp (20% vol) T6: $\rho = 2,07 \text{ g/cm}^3$, $\sigma = 230 \text{ MPa}$ (lega di Mg)

CMC

1. Disegnare 2 possibili curve di trazione (σ - ϵ) relative a un ceramico monolitico e a un composito con matrice rinforzata da fibre lunghe.
2. Cosa si intende per vetroceramico e come si ottengono i materiali vetroceramici?
3. Quale metodo è usato per compositi C/Cf? [CVI e PIP](#)
4. Nei compositi SiC/SiCf sulle fibre di SiC sono depositate interfasi con lo scopo di realizzare un legame interfacciale di forza appropriata. Da quali sostanze possono essere costituite queste interfasi?
5. I compositi Ce/Ce con fibre lunghe possono essere prodotti utilizzando CVI che può essere condotto con ≠ modalità tra CVI isoterma e CVI con gradiente di T.

6. Descrivere il metodo di Liquid Silicon Infiltration per compositi con SiC/C
7. Quale tra i seguenti tipi di CMC è > idoneo a operare a T elevate?
 - a. LASII / SiC_f (fino a 1200°C)
 - b. SiC/C_f
 - c. SiC/SiC_f (fino a 1200°C)
 - d. C/C_f (fino a 1600-1800°C)
8. Con riferimento alla fabbricazione di compositi SiC/C_f, ordinare le 3 tecniche fabbricazione sotto elencate, partendo da quella che (a parità di %vol di rinforzante) consente di ottenere i compositi con < resistenza e terminando con quella che permette di ottenere resistenza >.
 - a. Impregnazione di preforma con polimeri e successiva pirolisi (PIP) (2)
 - b. Infiltrazione chimica in fase vapore (CVI) (3)
 - c. Infiltrazione di preforme di fibre di C con Si fuso (LSI) (1)
9. Obiettivo principale dell'introduzione di fibre lunghe in matrice ceramica. ↑ tenacità
10. I CMC hanno sempre porosità residua? **No**
11. In seguito all'aggiunta di una seconda fase (fibre o particelle) a una matrice ceramica, quale caratteristica fisica aumenta in ogni caso?
 - a) densità
 - b) E
 - c) deformazione a rottura
 - d) tenacità a frattura

TEST DI CARATTERIZZAZIONE

1. Su quale principio si basano i metodi di ispezione mediante ultrasuoni, ovvero perchè l'onda sonora è riflessa in presenza di un difetto come superfici di delaminazione o cricche?
2. Descrivere su quale principio si basa il controllo non distruttivo mediante radiografia di raggi X.
3. Con riferimento alla prova di trazione condotta su materiali compositi, in quale non si utilizza un provino sagomato a osso di cane?
4. Normativa ASTM per la forma delle provette per prova a trazione per le seguenti tipologie di compositi: matrice polimerica/fibre continue ceramiche; matrice Me/particelle ceramiche
5. Descrivere in cosa consistono i metodo di misura della tenacità a frattura di materiali compositi: IM, SENB, CSF.
6. Esistono metodi di misura della tenacità che comportano la rottura del provino. mentre altri no. Indicare quali comportano rottura del provino tra IM, SENB e CSF.

PROPRIETA' ELASTICHE

1. Cosa si intende per resistenza e modulo specifici di un materiale?
2. Scrivere la relazione che lega ϵ_{xy} e σ_{xy} e indicare come si ricava la matrice \hat{S} .
3. Rappresentare in modo esplicito la seguente architettura $(\pm 45, 0, 90, \pm 45)_{2s}$
4. Per un composito con fibre lunghe ud rappresentare qualitativamente nello stesso grafico il possibile andamento di E_2 in funzione di V_f , calcolato in base a Reuss, Reuss modificata tenendo conto di v_m , T-H con fattore di rinforzo $\zeta = 2$, T-H con fattore di rinforzo $\zeta = 4$.
5. Per quali compositi posso utilizzare T-H per calcolare E_2 e G_{12} ?
6. Riportare in un grafico E_1 a compressione in funzione di V_f .
7. Ordinare in modo decrescente i coefficienti di Poisson ν_{12} , ν_{23} , ν_{21} .

8. Dato un composito con fibre lunghe ud tracciare i grafici che descrivono come variano E e G con la direzione, ovvero con θ , angolo formato tra la direzione considerata e quella in cui sono allineate le fibre.
9. Per un composito con fibre lunghe ud rappresentare in grafico la variazione di E_1 ed E_2 (Voigt e Reuss) in funzione di V_f .
10. Nel caso di una lamina di composito con fibre lunghe ud, quale relazione c'è tra ν_{12} e ν_{21} e i valori di deformazione ε_1 e ε_2 ? Quale tra i 2 coeff presenta valore maggiore?
11. Quanti e quali costanti elastiche sono necessarie per descrivere il comportamento in campo elastico di una lamina di un composito con fibre continue unidirezionali?
12. Spiegare perchè l'elemento \hat{S}_{11} della matrice \hat{S} coincide con il reciproco del modulo elastico.
13. Quali proprietà dei compositi possono essere calcolate con la regola delle miscele?
14. Quale proprietà di un composito con fibre lunghe ud non può essere prevista dalla legge delle miscele? E_1 , ρ , σ_1 , G o capacità termica volumica?
15. In un composito con fibre lunghe ud perchè nella direzione di allineamento delle fibre il modulo elastico a trazione è > di quello a compressione?
16. Equazione che descrive come si ripartisce il carico tra fibre e matrice.

RESISTENZA

1. Tracciare nello stesso grafico 2 curve di distribuzione di probabilità relative alla resistenza di 2 set di fibre, ciascuno dei quali è caratterizzato dal seguente valore del modulo di Weibull m: set A $m = 2$; set B $m = 5$.
2. Nel caso di un test a flessione a 3 punti condotto su un provino con fibre lunghe ud, quale condizione (condizione quantitativa riguardante la geometria del provino) deve essere rispettata affinché il provino subisca frattura con meccanismo di scorrimento interlaminare?
3. Che relazione intercorre tra la resistenza a trazione di fibre lunghe ceramiche e la loro lunghezza? Perchè la resistenza a parità di diametro, dipende dalla lunghezza? **Resistenza inversamente proporzionale alla radice m della lunghezza delle fibre.**
4. In cosa consiste il test di pull-out che permette di misurare la resistenza di taglio dell'interfaccia fibra/matrice?
5. Descrivere come ricavare sperimentalmente il valore di lunghezza critica l_c mediante test di pull-out. (non conoscendo la resistenza di taglio)
6. Con riferimento alla prova di pull-out quale condizione comporta la frattura della fibra e quale l'estrazione dopo rottura del legame interfacciale (pull-out)?
7. Un composito con fibre corte allineate in direzione longitudinale sia sottoposto a uno sforzo di trazione; rappresentare graficamente come varia lo sforzo di trazione all'interno delle fibre in funzione della distanza dall'estremità nei seguenti casi:
 - a) lunghezza fibra < l_c
 - b) lunghezza fibra = l_c
 - c) lunghezza fibra > l_c
8. Un metodo proposto da H&S per il calcolo della resistenza di un laminato multistrato contenente fibre lunghe diversamente orientate nelle varie lamine è la cosiddetta "regola del 10%". Descrivere in cosa consiste.
9. Con riferimento alla resistenza di una lamina di composito con fibre ud, cosa si intende per valore critico della frazione in volume di fibre?
10. Per un composito con fibre lunghe ud ceramiche in una matrice ceramica tracciare la curva reale σ - ε che si otterrebbe sottoponendo il materiale ad una prova di trazione.
11. Rappresentare in un grafico σ - ε la curva di trazione di fibre ceramiche (SiC), mat metallico (lega di Al) e del composito contenente il 50% di fibre ceramiche ud nella matrice metallica.

12. Rappresentare in un grafico $\sigma-\epsilon$ la curva di trazione di fibre ceramiche (SiC), mat ceramico e del composito contenente il 50% di fibre ceramiche ud nella matrice vetroceramica.
13. Quando un composito contiene fibre corte ud di lunghezza $>$ di l_c e il composito è sollecitato a trazione che fenomeni sono coinvolti nel processo di frattura del materiale? E quando $l < l_c$.
14. La statistica di Weibull propone 2 funzioni di probabilità (pdf e cdf). Disegnare in un grafico la possibile forma che assumono.
15. Spiegare il significato di m , a , b , nelle eq di Weibull.
16. Push-out per misurare la resistenza di taglio all'interfaccia fibre/matrice.
17. Modello di Arsenault e Shi, perchè i CMM con particelle ceramiche presentano maggiore resistenza allo snervamento rispetto alla matrice metallica non rinforzata?
18. Durante il raffreddamento si generano delle tensioni residue in fibre e matrice. In quale caso si equivalgono? $V_f = V_m = 0.5$
19. Qual è la condizione geometrica che determina durante la prova di flessione di un laminato composito frattura finale con meccanismo di trazione?
20. Con quale modalità deve essere condotta una prova di flessione per la misura della resistenza allo scorrimento interlaminare?
 - a) comune prova di flessione a 4 punti
 - b) prova di flessione a 3 punti senza particolari accorgimenti
 - c) prova di flessione a 3 punti con provini caratterizzati da $L/D < \sigma_c/2\tau_{IL}$
 - d) prova di flessione a 3 punti con provini con $L < \sigma_c/2\tau_{IL}$

TENACITA'

1. Le fibre lunghe ceramiche consentono di incrementare la tenacità rispetto a quella della matrice non rinforzata perché durante il processo di frattura viene dissipata energia secondo vari meccanismi. Elencare almeno 2 dei 3 meccanismi principali di dissipazione di energia.
2. Lavoro di debonding.
3. Con riferimento alla tenacità a frattura di compositi a matrice metallica quale affermazione è errata?
 - a) La presenza di fibre lunghe ceramiche aumenta sempre la tenacità
 - b) La presenza di un qualunque tipo di rinforzante incrementa la tenacità
 - c) La presenza di particelle ceramiche peggiora la tenacità rispetto alla matrice metalliche non rinforzata.
4. Con riferimento a un composito Ce/Ce con rinforzate discontinuo indicare quale tipo di rinforzante permette di ottenere migliore tenacità:
 - a) Sfere
 - b) Fibre lunghe 1 mm
 - c) Placchette
 - d) Fibre lunghe 5 mm
5. Si consideri un composito contenente particelle ceramiche, come deviano le cricche?
6. Quali sono i fenomeni che causano tenacizzazione di compositi con fibre continue fragili quando il materiale è caricato nella direzione longitudinale??

COMPORAMENTO A FATICA

1. La fatica dei compositi con fibre continue ceramiche in matrice polimerica può essere spiegata con la regola delle miscele?
2. Indicare il significato delle grandezze della legge empirica che descrive il comportamento a fatica di materiali compositi con matrice polimerica con fibre lunghe.

3. In compositi con fibre lunghe in matrice polimerica a quale proprietà del materiale è correlata la resistenza a fatica?
4. I compositi ceramico-ceramico possono presentare limite di fatica? **Si**
5. Il comportamento a fatica di CMM con fibre o whiskers ceramici è migliore o peggiore rispetto alla matrice non rinforzata? **Migliore, con particelle peggiora per bassi carichi**

EFFETTI AMBIENTALI - DEGRADAZIONE

1. Quale dei seguenti compositi può essere usato a T elevate in ambiente non ossidante?
 - a) Matrice di Mg / fibre di C
 - b) Matrice di Al / fibre di C
 - c) Resina epox / fibre di vetro
 - d) **Matrice a base di SiC / fibre di C**
 - e) Resina epox / fibre di C
2. Elencare almeno 3 possibile cause di degrado di compositi a matrice polimerica.
3. Cause di degradazione di CMM dovuta a fattori ambientali. **Creep, alte T, corrosione**
4. La resistenza a corrosione di un composito a matrice metallica con rinforzante ceramico è normalmente superiore a quella della matrice non rinforzata?
5. Con riferimento ai compositi con matrice polimerica contenenti fibre continue, quale affermazione relativa a processi di degradazione è errata:
 - a) Un aumento di T può causare fenomeni di creep della matrice
 - b) Radiazioni ultraviolette possono causare fenomeni di degradazione sia della matrice sia di alcune fibre polimeriche
 - c) **L'umidità può causare degradazione della matrice ma non danneggia nessun tipo di fibra**
 - d) L'assorbimento di umidità può causare un indebolimento dei legami all'interfaccia fibre/matrice
6. In quale dei seguenti casi non si osserva mai frattura al creep di un materiale composito: Perché?
 - a) composito con fibre continue soggette a creep in una matrice soggetta a creep (nelle condizioni di carico e T adottate per il test)
 - b) **composito con fibre continue ceramiche non soggette a creep in una matrice soggetta a creep (nelle condizioni di carico e T adottate per il test)**
 - c) composito con fibre corte soggette a creep in una matrice soggetta a creep (nelle condizioni di carico e T adottate per il test)
 - d) composito con fibre corte non soggette a creep in una matrice soggetta a creep (nelle condizioni di carico e T adottate per il test)
7. Tra i seguenti compositi quale è meno soggetto al pericolo di reazioni chimiche all'interfaccia rinforzante/matrice? Che interfasi si formano?
 - a) Mg/C_f
 - b) Mg/SiC → **MgC₃ o MgC₂**
 - c) Ti/SiC_f → **TiC o Ti₅Si₃**
 - d) Al/Al₂O_{3p} → **non reagisce se fibre e matrice pure**
 - e) Al/C_f → **Al₄C₃**
 - f) Al/SiC → **Al₄C₃**
 - g) Al/B_f → **AlB₂ e AlB₁₂**

8. Con riferimento a fenomeni di corrosione e ossidazione di compositi a matrice metallica quale affermazione è errata?
- a) La resistenza a corrosione del composito può essere peggiore di quella della matrice non rinforzata se si formano coppie galvaniche tra matrice e rinforzante
 - b) L'umidità presente nell'atmosfera può essere sufficiente ad innescare fenomeni di corrosione
 - c) I compositi con matrice a base di Al non subiscono ossidazione perchè si forma un film superficiale di ossido passivante
 - d) I compositi con matrici a base di Mg o Ti si ossidano facilmente a causa della reattività intrinseca del metallo che costituisce la matrice