



Introduzione
ai materiali
compositi

Cosa sono i
materiali
compositi

Rinforzi

Matrici
Polimeriche

Cenni sulle
proprietà
meccaniche

Tecniche di
fabbricazione

Applicazioni

Introduzione ai materiali compositi

ing. Guido Tognan
guido.tognan@atengineeringsrl.it

AT Engineering Srl

CONFINDUSTRIA UDINE 28/11/16
La risposta dei PRFV alla dispersione idrica nella Regione
Friuli Venezia Giulia.

Contenuto della presentazione



Introduzione
ai materiali
compositi

Cosa sono i
materiali
compositi

Rinforzi

Matrici
Polimeriche

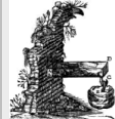
Cenni sulle
proprietà
meccaniche

Tecniche di
fabbricazione

Applicazioni

- 1 Cosa sono i materiali compositi
- 2 Rinforzi
- 3 Matrici Polimeriche
- 4 Cenni sulle proprietà meccaniche
- 5 Tecniche di fabbricazione
- 6 Applicazioni

Cosa sono i materiali compositi



Introduzione
ai materiali
compositi

Cosa sono i
materiali
compositi

Rinforzi

Matrici
Polimeriche

Cenni sulle
proprietà
meccaniche

Tecniche di
fabbricazione

Applicazioni

Definizione

Materiale costituito da due o più componenti che mantengono la loro identità chimica e fisica producendo una combinazione di proprietà che non si possono ottenere dai costituenti presi singolarmente.

Cosa sono i materiali compositi



Introduzione
ai materiali
compositi

Definizione

Materiale costituito da due o più componenti che mantengono la loro identità chimica e fisica producendo una combinazione di proprietà che non si possono ottenere dai costituenti presi singolarmente.

Materiali compositi a matrice polimerica

Sono materiali bi-componente costituiti da una **matrice** e da un **rinforzo**.

Cosa sono i
materiali
compositi

Rinforzi

Matrici
Polimeriche

Cenni sulle
proprietà
meccaniche

Tecniche di
fabbricazione

Applicazioni



Principali tipi di fibre

- 1 Vetro
- 2 Carbonio
- 3 Aramidiche (Kevlar®)



Principali tipi di fibre

- 1 Vetro
- 2 Carbonio
- 3 Aramidiche (Kevlar®)



Principali tipi di fibre

- 1 Vetro
- 2 Carbonio
- 3 Aramidiche (Kevlar®)



Principali tipi di fibre

- 1 Vetro (E, C, S e D)
- 2 Carbonio
- 3 Aramidiche (Kevlar®)



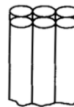
Formati



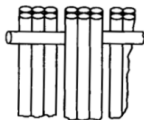
STRAND



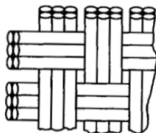
FILAMENT YARN



ROVING



NONWOVEN
ROVING



WOVEN
ROVING
(PLAIN WEAVE)



MAT

Introduzione
ai materiali
compositi

Cosa sono i
materiali
compositi

Rinforzi

Matrici
Polimeriche

Cenni sulle
proprietà
meccaniche

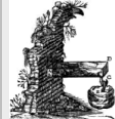
Tecniche di
fabbricazione

Applicazioni



Generalità

Le resine in forma liquida più o meno viscosa con l'aggiunta di opportuni induritori polimerizzano assumendo una forma definita dando origine alle matrici polimeriche termoindurenti.



Generalità

Le resine in forma liquida più o meno viscosa con l'aggiunta di opportuni induritori polimerizzano assumendo una forma definita dando origine alle matrici polimeriche termoindurenti.

Quali sono le funzioni della matrice

- Tenere assieme le fibre
- Trasmettere e distribuire le sollecitazioni tra le fibre
- Proteggere le fibre



Generalità

Le resine in forma liquida più o meno viscosa con l'aggiunta di opportuni induritori polimerizzano assumendo una forma definita dando origine alle matrici polimeriche termoindurenti.

Quali sono le funzioni della matrice

- Tenere assieme le fibre
- Trasmettere e distribuire le sollecitazioni tra le fibre
- Proteggere le fibre



Generalità

Le resine in forma liquida più o meno viscosa con l'aggiunta di opportuni induritori polimerizzano assumendo una forma definita dando origine alle matrici polimeriche termoindurenti.

Quali sono le funzioni della matrice

- Tenere assieme le fibre
- Trasmettere e distribuire le sollecitazioni tra le fibre
- Proteggere le fibre



Resine per usi strutturali

- 1 Resine poliesteri
- 2 Resine vinilesteri
- 3 Resine epossidiche
- 4 Resine fenoliche



Introduzione
ai materiali
compositi

Cosa sono i
materiali
compositi

Rinforzi

Matrici
Polimeriche

Cenni sulle
proprietà
meccaniche

Tecniche di
fabbricazione

Applicazioni

Resine per usi strutturali

- 1 Resine poliesteri
- 2 Resine vinilesteri
- 3 Resine epossidiche
- 4 Resine fenoliche



Introduzione
ai materiali
compositi

Cosa sono i
materiali
compositi

Rinforzi

Matrici
Polimeriche

Cenni sulle
proprietà
meccaniche

Tecniche di
fabbricazione

Applicazioni

Resine per usi strutturali

- 1 Resine poliesteri
- 2 Resine vinilesteri
- 3 Resine epossidiche
- 4 Resine fenoliche



Introduzione
ai materiali
compositi

Cosa sono i
materiali
compositi

Rinforzi

Matrici
Polimeriche

Cenni sulle
proprietà
meccaniche

Tecniche di
fabbricazione

Applicazioni

Resine per usi strutturali

- ① Resine poliestere
- ② Resine vinilestere
- ③ Resine epossidiche
- ④ Resine fenoliche



Resine poliestere

Sono le resine più economiche, presentano stabilità dimensionale, buona resistenza meccanica e chimica, discrete proprietà elettriche, generalmente utilizzate con fibra di vetro.

Resine vinilestere

Sono una via di mezzo tra le poliestere e l'epossidiche, adatte ad applicazioni in cui sono presenti sollecitazioni ripetute, hanno eccellente resistenza all'acqua, ai solventi organici e agli alcali, minore resistenza agli acidi rispetto alle poliestere, generalmente utilizzate con fibra di vetro, fibra di carbonio.



Resine epossidiche

Sono note per eccellenti proprietà di adesione, resistenza chimica, meccanica, al calore, isolamento elettrico. Utilizzate in applicazioni critiche con fibra di vetro, di carbonio e aramidiche. Presentano bassissimo ritiro, buona stabilità dimensionale, buon comportamento a fatica.

Resine fenoliche

Ideali per applicazioni in condizioni di temperature elevate. Hanno ottime proprietà di resistenza al calore, chimica, e di non conduttività elettrica, non propagano la fiamma e sono a ridotta emissione di fumi tossici. Sono utilizzate generalmente con fibra di vetro.



Le proprietà fisico-meccaniche del composito dipendono da:

- ① Proprietà del rinforzo e della matrice
- ② Interazione rinforzo-matrice
- ③ Concentrazione del rinforzo nella matrice
- ④ Orientamento del rinforzo all'interno della matrice



Le proprietà fisico-meccaniche del composito dipendono da:

- 1 Proprietà del rinforzo e della matrice
- 2 Interazione rinforzo-matrice
- 3 Concentrazione del rinforzo nella matrice
- 4 Orientamento del rinforzo all'interno della matrice



Le proprietà fisico-meccaniche del composito dipendono da:

- ① Proprietà del rinforzo e della matrice
- ② Interazione rinforzo-matrice
- ③ Concentrazione del rinforzo nella matrice
- ④ Orientamento del rinforzo all'interno della matrice



Le proprietà fisico-meccaniche del composito dipendono da:

- ① Proprietà del rinforzo e della matrice
- ② Interazione rinforzo-matrice
- ③ Concentrazione del rinforzo nella matrice
- ④ Orientamento del rinforzo all'interno della matrice



Esempio: Condotta in PRFV

Resistenza a trazione longitudinale (EN 1393) e circonferenziale (EN 1394) della parete di una condotta in PRFV realizzata con resina poliestere ortoftalica, fibra di vetro E, orientamento delle fibre 55° rispetto all'asse longitudinale, $m_f = 70\%$ e spessore strutturale di 30mm. I valori unitari sperimentali risultano:

$$\sigma_{1C,i} = 2200 \text{ N/mm}$$

$$\sigma_{cF,i} = 8700 \text{ N/mm}$$

La resistenza a trazione in termini di tensione si calcola dividendo i valori unitari per lo spessore del laminato, ottenendo 73 MPa e 290 MPa.



Introduzione
ai materiali
compositi

Cosa sono i
materiali
compositi

Rinforzi

Matrici
Polimeriche

Cenni sulle
proprietà
meccaniche

Tecniche di
fabbricazione

Applicazioni

Manuali

- 1 Hand Lay-Up
- 2 Spray-Up

Parzialmente automatizzate

- 1 Bag molding
- 2 Resin transfer molding

Automatizzate

- 1 Pultrusion
- 2 Filament Winding



Introduzione
ai materiali
compositi

Cosa sono i
materiali
compositi

Rinforzi

Matrici
Polimeriche

Cenni sulle
proprietà
meccaniche

Tecniche di
fabbricazione

Applicazioni

Manuali

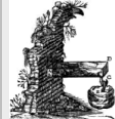
- 1 Hand Lay-Up
- 2 Spray-Up

Parzialmente automatizzate

- 1 Bag molding
- 2 Resin transfer molding

Automatizzate

- 1 Pultrusion
- 2 Filament Winding



Introduzione
ai materiali
compositi

Cosa sono i
materiali
compositi

Rinforzi

Matrici
Polimeriche

Cenni sulle
proprietà
meccaniche

Tecniche di
fabbricazione

Applicazioni

Manuali

- 1 Hand Lay-Up
- 2 Spray-Up

Parzialmente automatizzate

- 1 Bag molding
- 2 Resin transfer molding

Automatizzate

- 1 Pultrusion
- 2 Filament Winding



Introduzione
ai materiali
compositi

Cosa sono i
materiali
compositi

Rinforzi

Matrici
Polimeriche

Cenni sulle
proprietà
meccaniche

Tecniche di
fabbricazione

Applicazioni

Manuali

- 1 Hand Lay-Up
- 2 Spray-Up

Parzialmente automatizzate

- 1 Bag molding
- 2 Resin transfer molding

Automatizzate

- 1 Pultrusion
- 2 Filament Winding



Introduzione
ai materiali
compositi

Cosa sono i
materiali
compositi

Rinforzi

Matrici
Polimeriche

Cenni sulle
proprietà
meccaniche

Tecniche di
fabbricazione

Applicazioni

Manuali

- 1 Hand Lay-Up
- 2 Spray-Up

Parzialmente automatizzate

- 1 Bag molding
- 2 Resin transfer molding

Automatizzate

- 1 Pultrusion
- 2 Filament Winding



Introduzione
ai materiali
compositi

Cosa sono i
materiali
compositi

Rinforzi

Matrici
Polimeriche

Cenni sulle
proprietà
meccaniche

Tecniche di
fabbricazione

Applicazioni

Manuali

- ① Hand Lay-Up
- ② Spray-Up

Parzialmente automatizzate

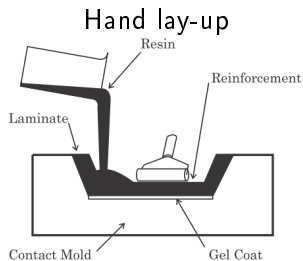
- ① Bag molding
- ② Resin transfer molding

Automatizzate

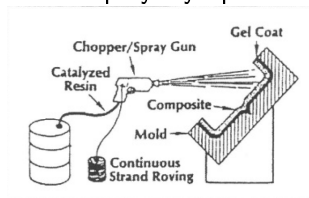
- ① Pultrusion
- ② Filament Winding



Manuali



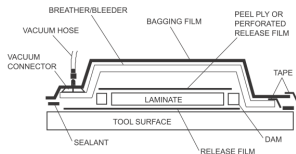
Spray lay-up



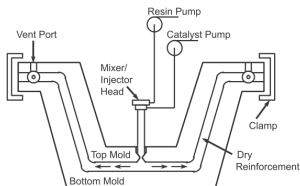


Parzialmente automatizzate

Bag molding



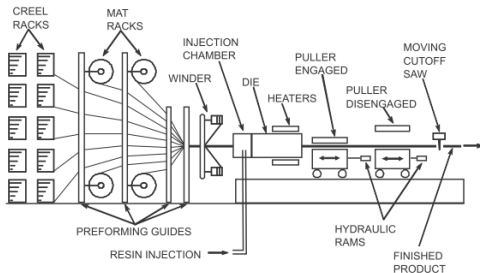
Resin transfer molding





Automatizzate

Pultrusion



Introduzione
ai materiali
compositi

Cosa sono i
materiali
compositi

Rinforzi

Matrici
Polimeriche

Cenni sulle
proprietà
meccaniche

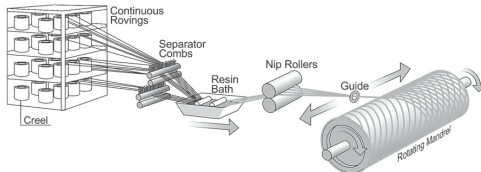
Tecniche di
fabbricazione

Applicazioni



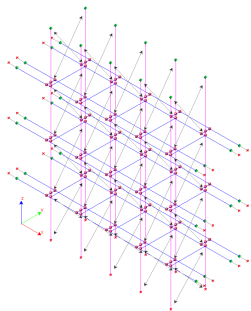
Automatizzate

Filament winding





Supporto per pannelli filtranti



Dati generali:

Dimensioni 15 m x 15 m

Struttura a telaio

Vincoli alle estremità di colonne
e trasversi

Calcolo AT Engineering - Realizzazione Carbon Compositi Srl



Dati di progetto

- Corrente di gas di combustione ad elevata salinità
- Temperatura di esercizio compresa tra 40°C e 65 °C
- Pressione su filtri sporchi 4 kPa

Soluzione adottata

Matrice in resina vinilestere, rinforzo in fibra di vetro con preaccoppiati mat/stuoia, produzione hand lay-up di profili a C, a croce di Lorena e piatti, bulloneria di collegamento in AstelloyTMC-276



Introduzione
ai materiali
compositi

Montaggio della struttura



Cosa sono i
materiali
compositi

Rinforzi

Matrici
Polimeriche

Cenni sulle
proprietà
meccaniche

Tecniche di
fabbricazione

Applicazioni



Dettaglio dei profili





Introduzione
ai materiali
compositi

Cupola per planetario c/o centro interculturale di Hamman



Cosa sono i
materiali
compositi

Rinforzi

Matrici
Polimeriche

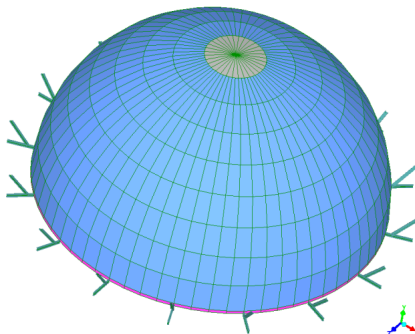
Cenni sulle
proprietà
meccaniche

Tecniche di
fabbricazione

Applicazioni



Modello di calcolo



Calcolo AT Engineering - Realizzazione Carbon Compositi Srl



Dati di progetto

- Carichi verticali (peso proprio e accesso per manutenzione)
- Carichi orizzontali (sisma)

Soluzione adottata

Guscio con struttura a sandwich, vetroresina - core in schiuma di PVC - vetroresina, matrice in resina poliestere, rinforzo in fibra di vetro con preaccoppiati mat/stuoia, produzione hand lay-up su stampo aperto in settori, assemblaggio settori in opera