

# 2013 Molding Innovation Day

Materiali speciali  
Caratterizzazione e classificazione

## LATI in breve

- Azienda italiana nata nel 1945
- 280 dipendenti
- 2 stabilimenti in Italia
- 1 toll compounding in Cina
- 38,000 tonnellate annue
- 1200 formulazioni attive
- 150 progetti nuovi ogni anno
- 60 FEA all'anno



## Materiali speciali

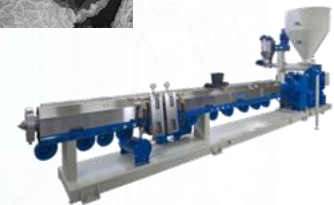
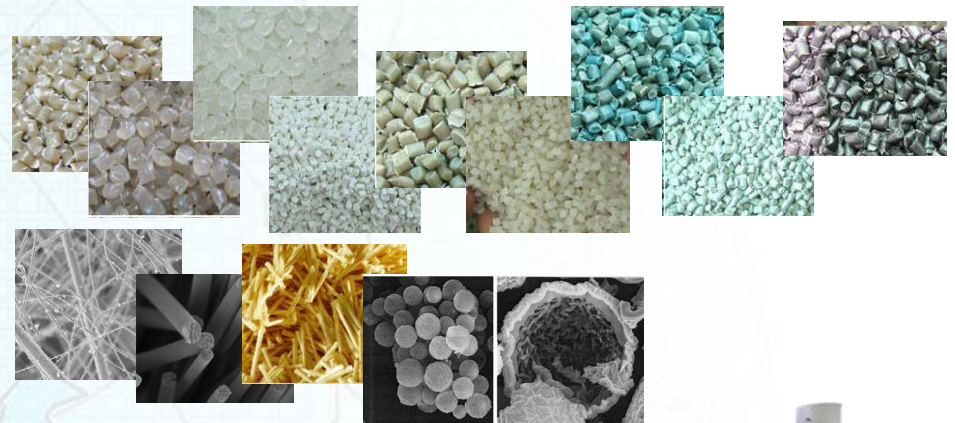
- Cosa rende un materiale “speciale”?

- Il tipo di resina

- Il tipo di additivo

- La miscelazione e compoundazione

- I controlli di qualità



Presenza di polverino: A NORMA	Tipo 1(A)	Tipo 1(A)	Tipo 1(A)
Dispersione: A NORMA	Regolare(A)	Regolare(A)	Regolare(A)
Uniformità dimensionale: Regolare	Tipo 1(A)	Tipo 2(A)	Tipo 1(A)
Contaminazione granuli: ASSENTE	Assente(A)	Assente(A)	Assente(A)
Aspetto del granulo	Regolare(A)	Regolare(A)	Regolare(A)
Spiral Flow Length	164,000(A)	164,000(A)	170,000(A)
Ceneri	26,820(A)	28,840(A)	28,790(A)

## Materiali speciali

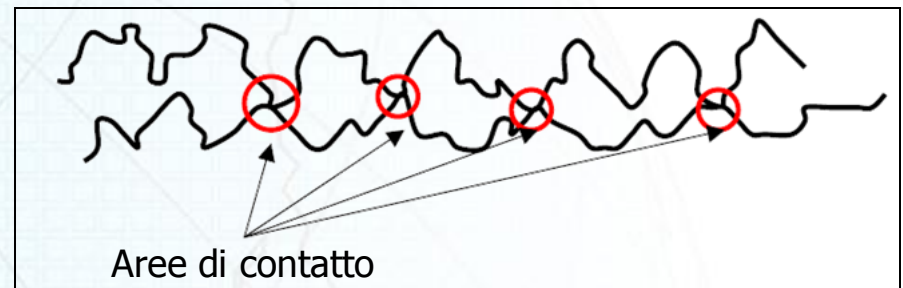
- Si possono distinguere materiali speciali
  - “comuni”
    - Formulazioni già presenti sul mercato da anni
    - Nate per rispondere a esigenze standard
  - “particolari”
    - Formulazioni recenti
    - Nate per rispondere alle nuove esigenze

## Materiali speciali particolari Classificazione

- Due livelli
  - Esigenza primaria
    - Proprietà autolubrificanti
    - Proprietà elettriche
    - Proprietà termiche
    - Proprietà strutturali
    - Proprietà fisiche
    - Proprietà schermatura
    - Proprietà magnetiche
  - Prestazioni termiche e/o chimiche della resina di base

## Materiali speciali Autolubrificanti

- Proprietà lubrificanti
  - Migliore scorrevolezza in contatto con acciaio o plastica
- Resine amorfe peggiori delle resine semicristalline
- Proprietà richieste
  - Coefficiente attrito statico/dinamico
  - Fattore di usura
  - Limite PV

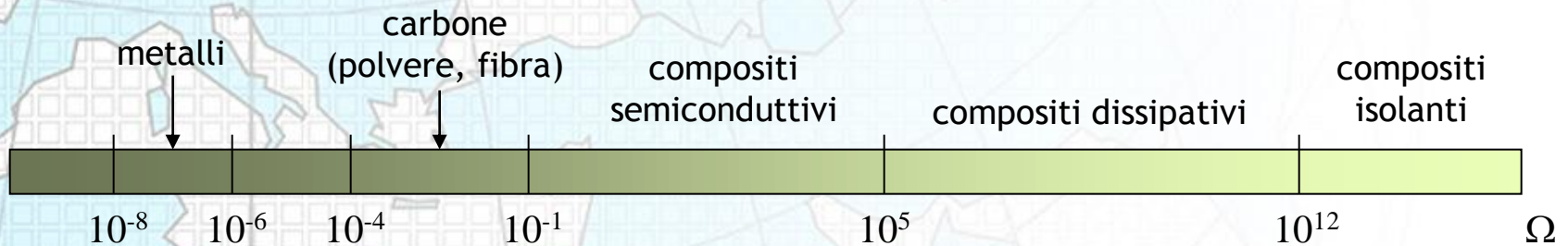


# Materiali speciali Autolubrificanti

- **Additivi**
  - Bisolfuro molibdeno
    - Durezza superficiale migliorata
  - Olio di silicone
    - Formazione di strato lubrificante in superficie
  - Grafite
    - Scorrimento relativo degli strati
  - PTFE, UHMWPE
    - Basso coefficiente d'attrito
    - Riempimento delle porosità
  - Fibre aramidiche
    - Non apportano miglioramenti meccanici
    - Minore abrasione per minore presenza di particelle libere

## Materiali speciali Semiconduttivi / Dissipativi

- Proprietà di dissipazione di cariche elettrostatiche
  - Resine sono isolanti elettrici
- Proprietà richieste
  - Resistività di superficie
  - Resistività di volume
- Resistività superficiale delle resine:  
 $10^{13} - 10^{18}$  ohm.cm



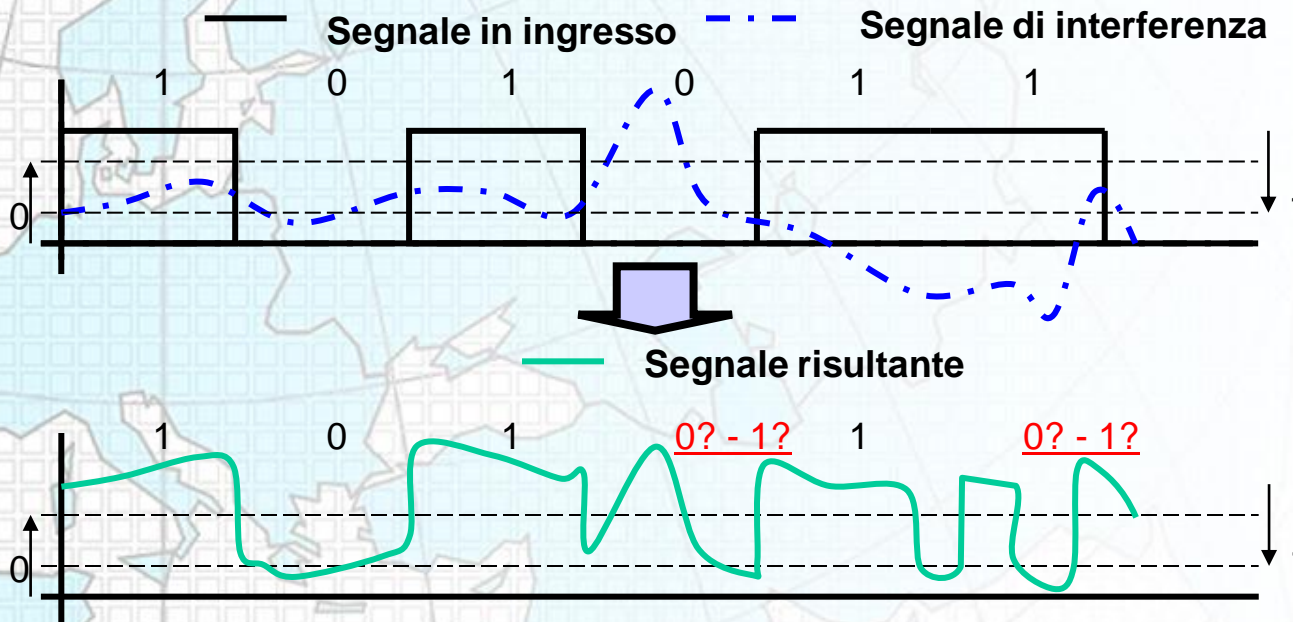


# Materiali speciali Semiconduttivi / Dissipativi

- Additivi
  - Composti del carbonio
    - Colorazione nerastra, o comunque scura
    - Bassa resistività (anche  $<10 \text{ ohm.cm}$ )
    - Resistività più controllabile in caso di nanotubi
  - Impurità metalliche
    - Colorabili
    - Elevato peso specifico
  - IDP
    - Colorabili
    - Media/alta resistività (Limite di percolamento)

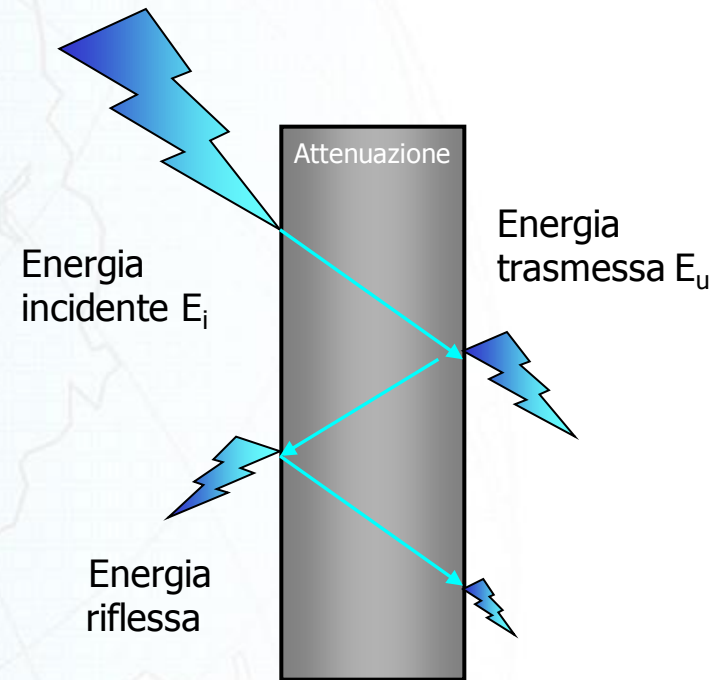
# Materiali speciali Schermatura EMI

- Dissipazione elettrostatica
- Schermatura alle onde elettromagnetiche



# Materiali speciali Schermatura EMI

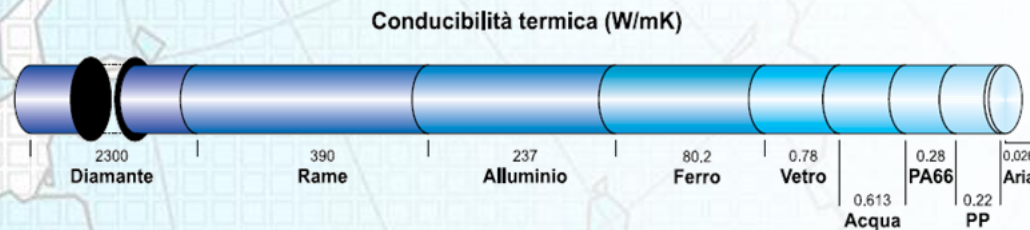
- Schermatura alle onde elettromagnetiche
  - Gabbia di Faraday
- Proprietà richieste
  - Resistività di superficie
  - Riflessione elettromagnetica
- Additivi
  - Fibre di acciaio
    - Problemi di dispersione delle fibre



*Campo elettrico*  $SE = 20 \cdot \log \frac{E_i}{E_u} \quad [dB]$

## Materiali speciali Termicamente conduttivi

- Proprietà di elevata dissipazione termica
  - Resine sono isolanti termici



- Proprietà richieste
  - **Conducibilità termica**
- Conducibilità termica resine: 0.2-0.4 W/m/K
- Anche aria ferma o in lento movimento è isolante

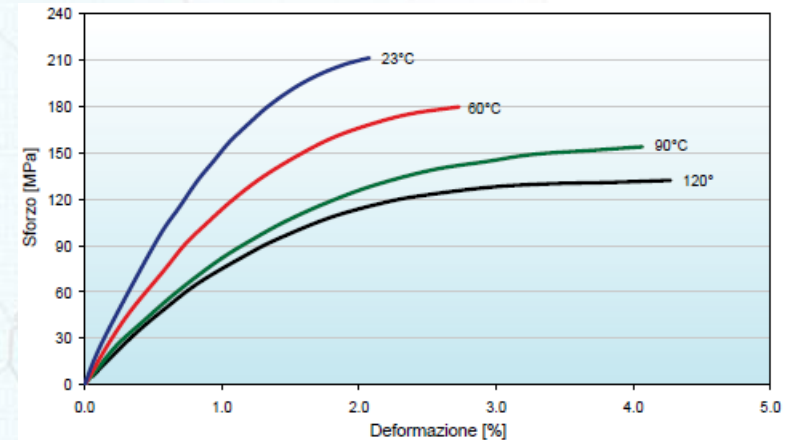
# Materiali speciali

## Termicamente conduttivi

- **Additivi**
  - **Mix di additivi ceramici**
    - Isolanti termicamente
    - Bassa/media conducibilità termica
    - Colorabili
    - Conducibilità termica fino 10 W/m/K
  - **Additivi su base carbonio**
    - Elevata conducibilità termica
    - Colorazione nera
    - Conduttivi elettricamente
    - Conducibilità termica fino a 15 W/m/K

## Materiali speciali Strutturali

- Prestazioni strutturali superiori alla resina di base
- Proprietà richieste:
  - Carico trazione
  - Modulo trazione
- Proprietà resine di base molto inferiori ai metalli



Resina base PEEK (80€/kg)  
Carico trazione: 95MPa  
Modulo trazione: 3500MPa

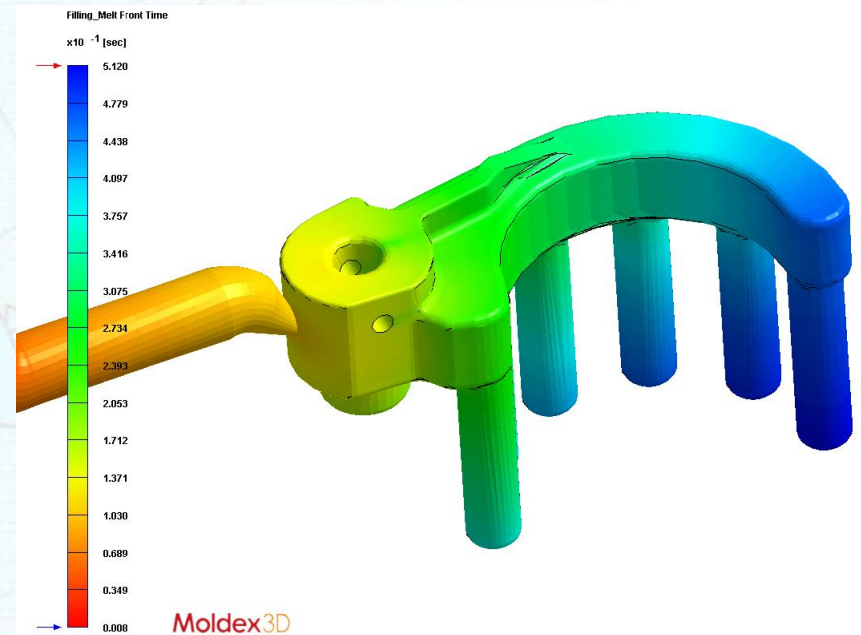
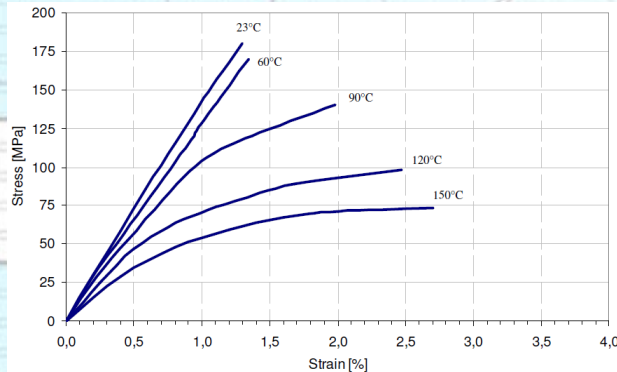
Resina base PA6.6 (3€/kg)  
Carico trazione: 85MPa  
Modulo trazione: 3000MPa

## Materiali speciali Strutturali

- **Additivi**
  - **Fibra vetro**
    - Medio/alto carico/modulo trazione
  - **Fibra carbonio**
    - Alto carico/modulo trazione
  - **Fibra carbonio alto modulo**
    - Elevatissimo modulo trazione
  - **Fibra vetro, estetica migliorata**
    - Medesime prestazioni del fibra vetro
    - Estetica paragonabile a quella della resina base

## Materiali speciali Strutturali

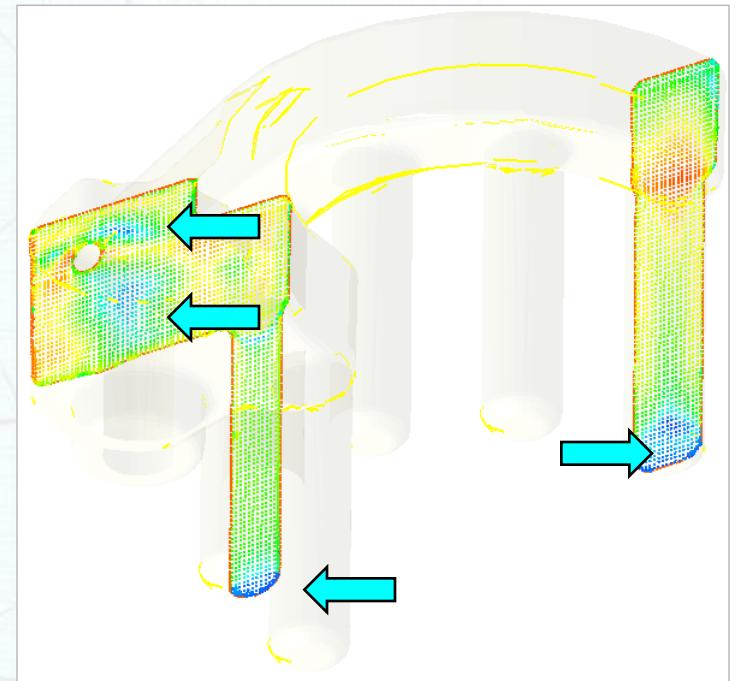
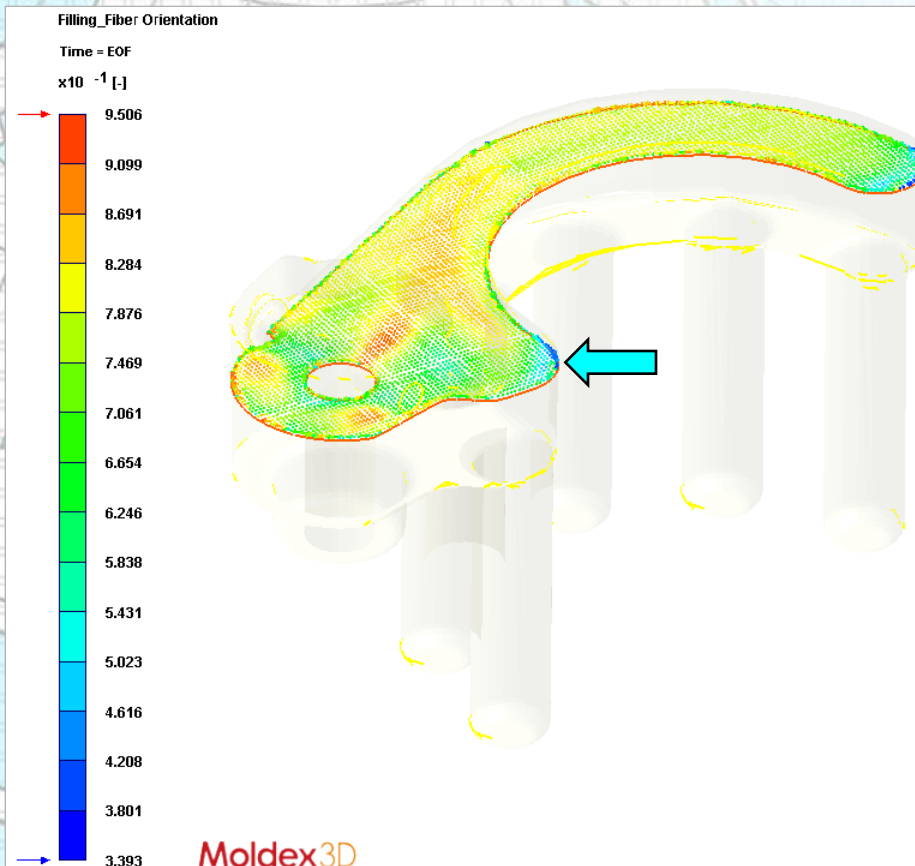
- Perno di bloccaggio
- Materiale strutturale a elevate termiche
  - Resina base: PPS
    - C.U.T. lungo termine: 220 °C
  - Carica: fibra vetro 40%
  - Modulo trazione: 16,000 MPa





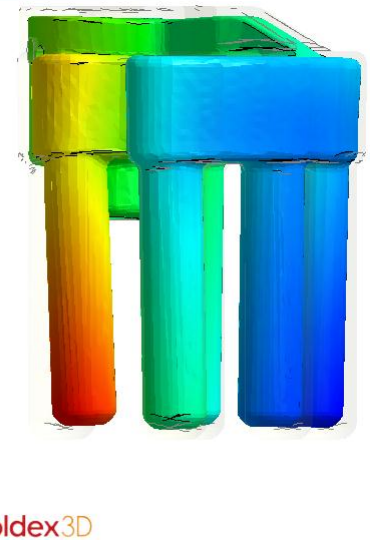
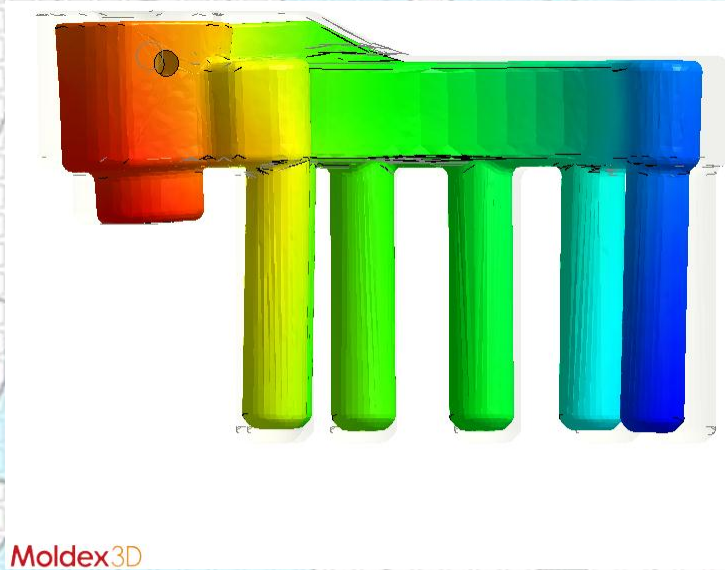
# Materiali speciali Strutturali

## Orientamento delle fibre



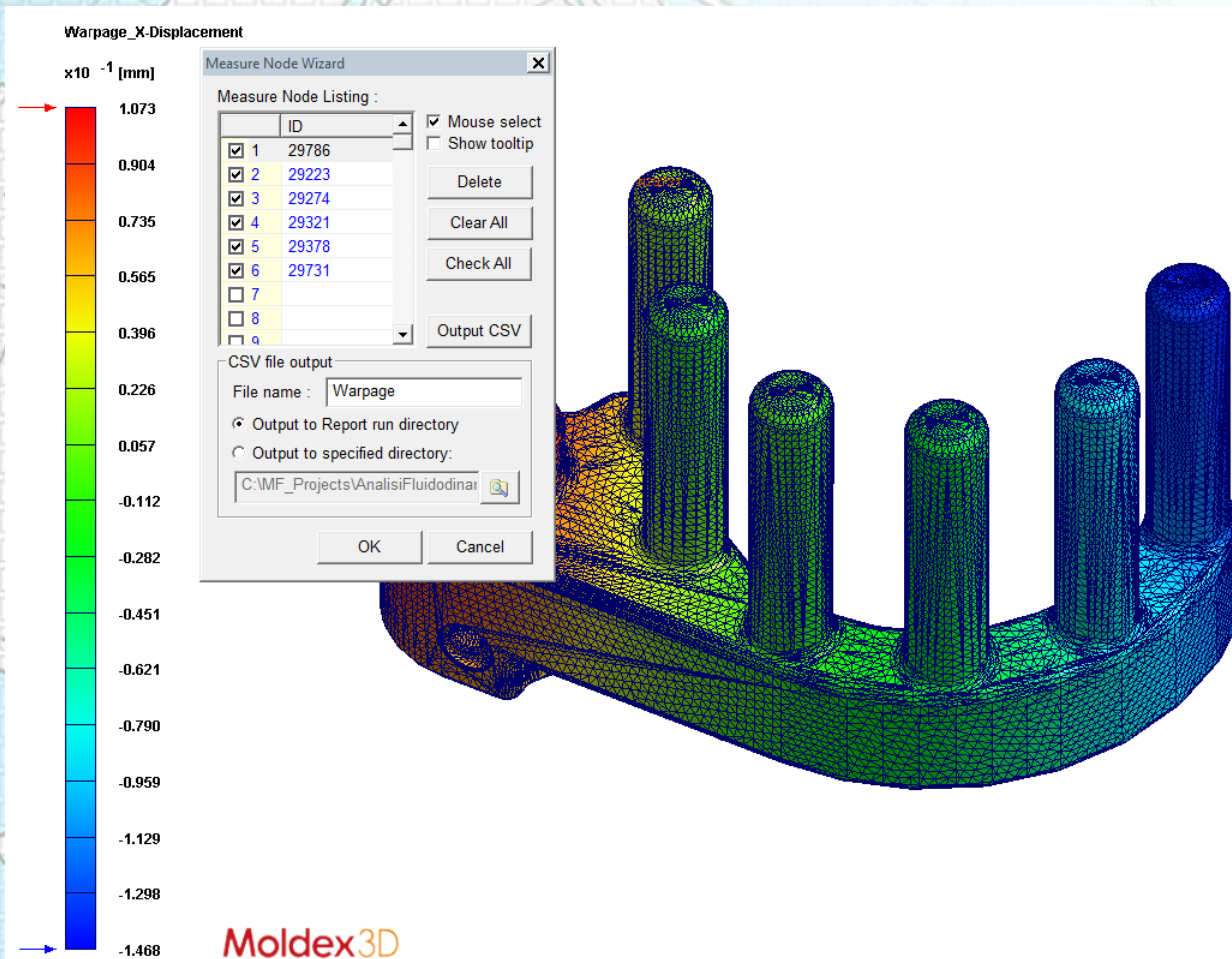
# Materiali speciali Strutturali

Deformazione enfatizzata 10 volte



# Materiali speciali Strutturali

## Verifica delle tolleranze



x	y
-0.045	0.092
-0.073	0.003
-0.039	-0.010
-0.035	-0.008
-0.050	-0.011
-0.096	0.016

## Materiali speciali A densità controllata

- Originariamente pensati per sostituzione piombo
- Proprietà richiesta
  - **Densità specifica controllata**
- Densità delle resine di base:  $0.95 - 1.45 \text{ g/cm}^3$

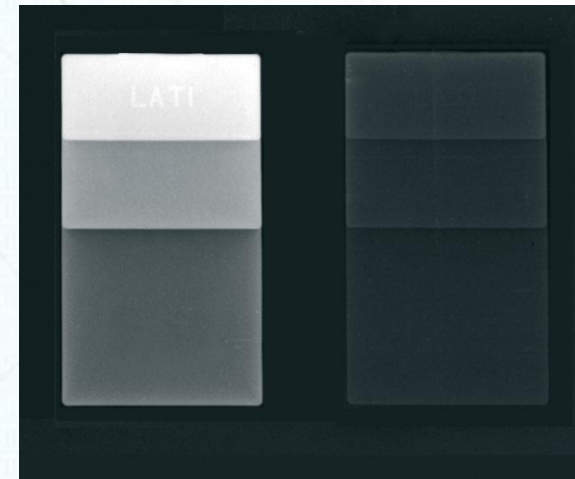


## Materiali speciali A densità controllata

- Additivi
  - Cariche ceramiche / metalliche
    - Densità molto alte (fino a  $11 \text{ g/cm}^3$ )
  - Cariche minerali
    - Densità intermedie (fino a  $2 \text{ g/cm}^3$ )
  - Sfere vetro speciali
    - Densità molto basse (fino a  $0,85 \text{ g/cm}^3$ )

## Materiali speciali Schermatura/Contrasto ai raggi X

- Pensati per la sostituzione del piombo
  - Resine sono trasparenti
- Disponibili anche in versioni adatte per contatto con alimenti
- Proprietà richieste
  - Spessore emivalente (solo per schermatura)
  - Resistività di superficie (isolamento elettrico)



# Materiali speciali

## Schermatura/Contrasto ai raggi X

- Additivi
  - Mix di cariche ceramiche speciali
    - Contrasto / Bassa schermatura
    - Isolamento elettrico
  - Mix di cariche metalliche
    - Alta schermatura

## Materiali speciali

# Rilevabili magneticamente / Magnetizzabili

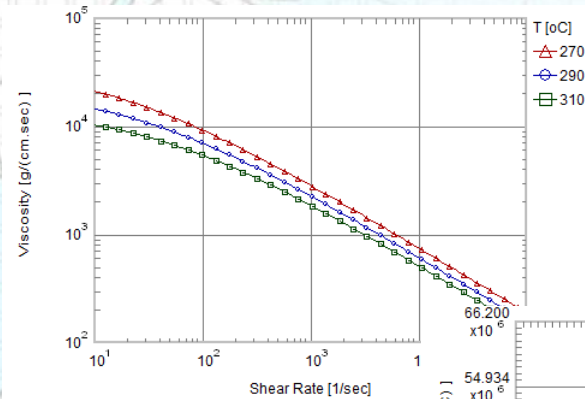
- Rilevabili magneticamente
  - Usati essenzialmente nell'industria alimentare
  - Proprietà richieste:
    - Non ancora definite
- Magnetizzabili
  - Realizzazione di magneti semipermanenti e permanenti
  - Proprietà richieste:
    - Rimanenza
    - Coercività
    - Coercività intrinseca
    - Densità di energia
- Additivi
  - Mix di cariche metalliche



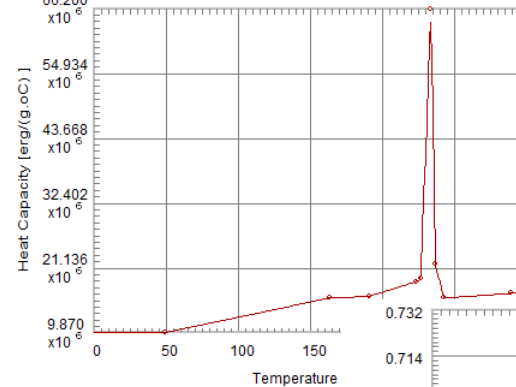


# Caratterizzazione per FEA

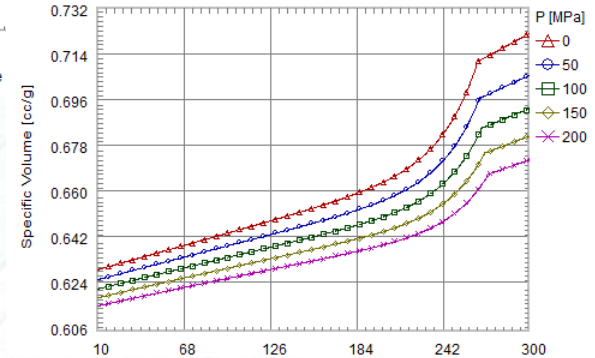
- Viscosità



- Termiche ( $C_p$ ,  $\lambda$ )



- pvT



# Caratterizzazione per FEA

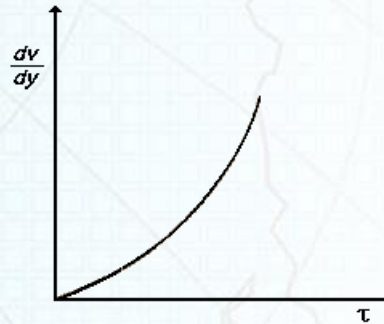
- Meccaniche
  - Modulo a trazione:  $E_{11}$ ,  $E_{22}$
  - Modulo di shear:  $G_{12}$
  - Rapporto di Poisson:  $\mu_{12}$
  - Coefficiente di dilatazione termica:  $CTE_L$ ,  $CTE_T$
- Filler
  - Aspect ratio
  - Percentuale in peso
  - Coefficiente d'interazione

Poisson's ratio v12	0.388 (-)
Poisson's ratio v23	0.453 (-)
Modulus E1 (fiber direction)	1.6e+011 (dyne/cm <sup>2</sup> )
Modulus E2 (transverse direction)	6.5e+010 (dyne/cm <sup>2</sup> )
Shear Modulus G	1.96e+010 (dyne/cm <sup>2</sup> )
CLTE a1 (fiber direction)	1.59e-005 (1/K)
CLTE a2 (transverse direction)	2.88e-005 (1/K)
Fiber Length/Diameter (L/D)	25 (-)
Interaction coefficient	0.01 (-)
Fiber weight percentage	50 (%)

# Materiali speciali particolari

## Problematiche caratterizzazione

- Viscosità
  - Viscosità elevata
    - Limite di pressione del macchinario
  - Interazione tra gli additivi e tra additivi e resina
    - Effetti di nucleazione o lubrificazione

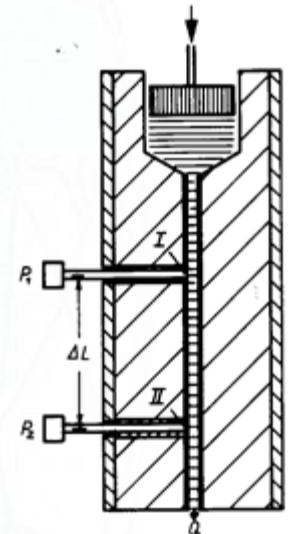
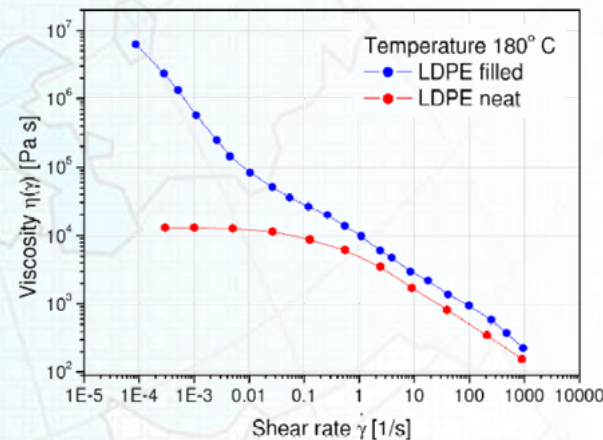


$$\eta_{sp} = \eta_r - 1 = \eta/\eta_s - 1 = 2.5\phi$$

$$\frac{\eta}{\eta_s} = 1 + 2.5\phi + 6.2\phi^2$$

$$\frac{\eta}{\eta_s} = (1 - k\phi)^{-1}$$

$$\frac{\eta}{\eta_s} = \left( \frac{1}{1 - \phi/\phi_m} \right)^{[\eta]$$

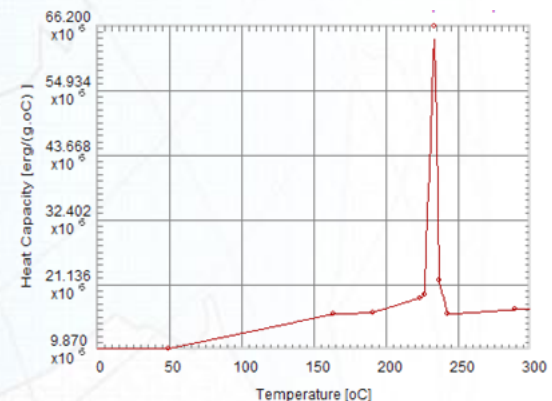


## Materiali speciali particolari Problematiche caratterizzazione

- Cinetica di raffreddamento
  - Equazione del calore
  - Diffusività termica
  - Conducibilità termica
  - Calore specifico

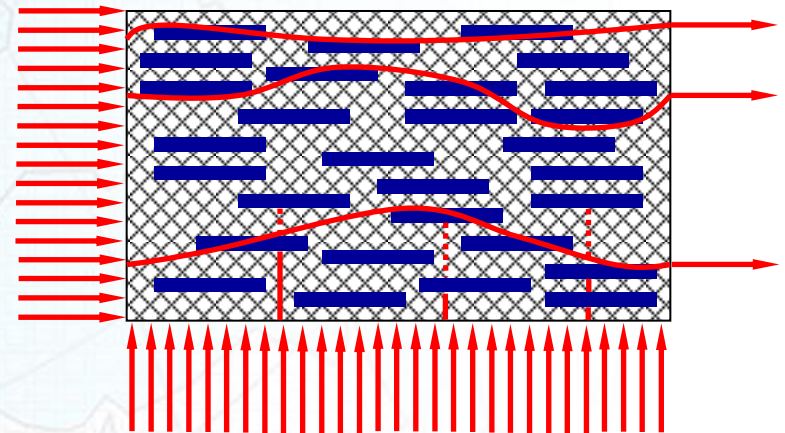
$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \nabla^2 T.$$

$$\alpha = \frac{k}{\rho c_p}$$



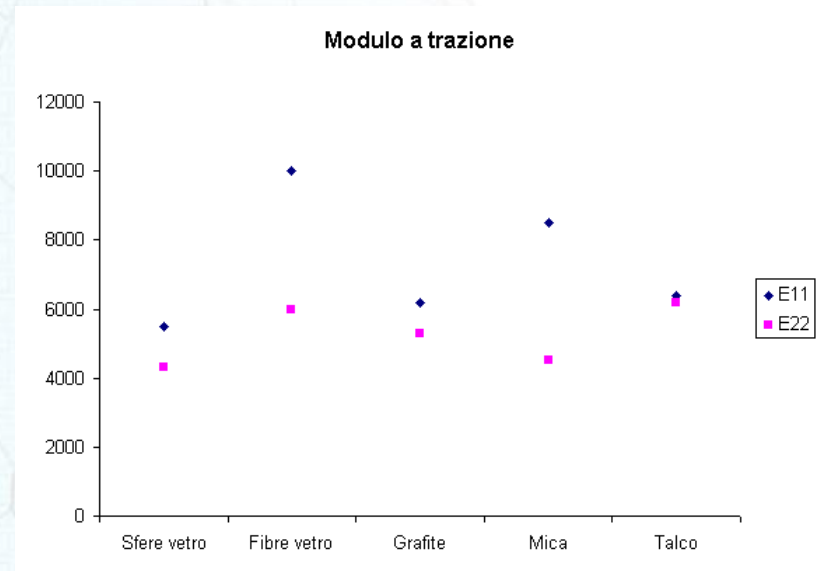
## Materiali speciali particolari Problematiche caratterizzazione

- Conducibilità termica
  - Elevati valori di  $\lambda$  sono ottenibili solo da apparecchiature specializzate
  - Valori di  $\lambda$  variabili con la temperatura
    - Solo dato a 23 °C
  - Valori di  $\lambda$  variabili con la direzione



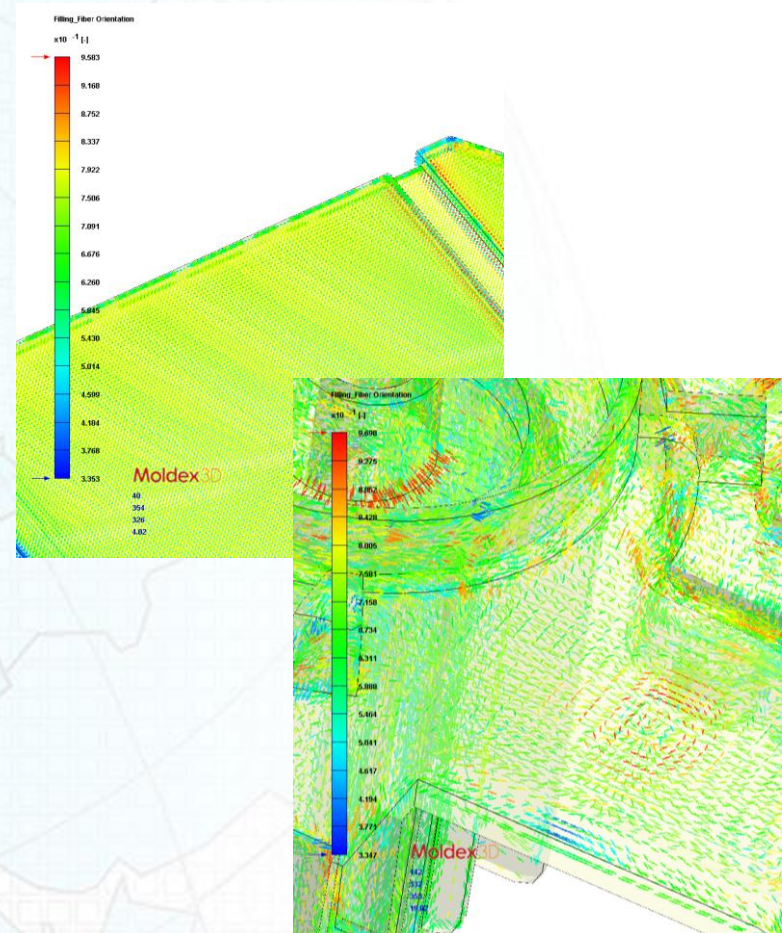
## Materiali speciali particolari Problematiche caratterizzazione

- Contributo delle cariche alle proprietà meccaniche
  - Interazione tra cariche diverse
- Cariche isotrope e anisotrope
  - Orientamento delle cariche



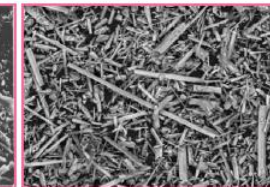
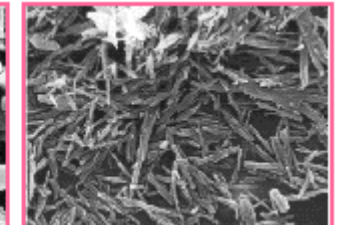
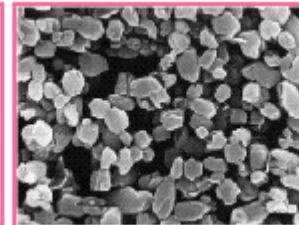
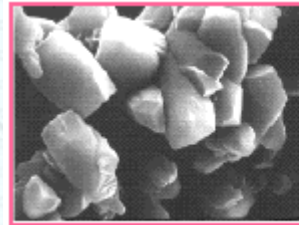
## Materiali speciali particolari Problematiche caratterizzazione

- Dispersione delle cariche
  - Funzione della carica
  - Funzione della geometria
  - Funzione dello stampaggio



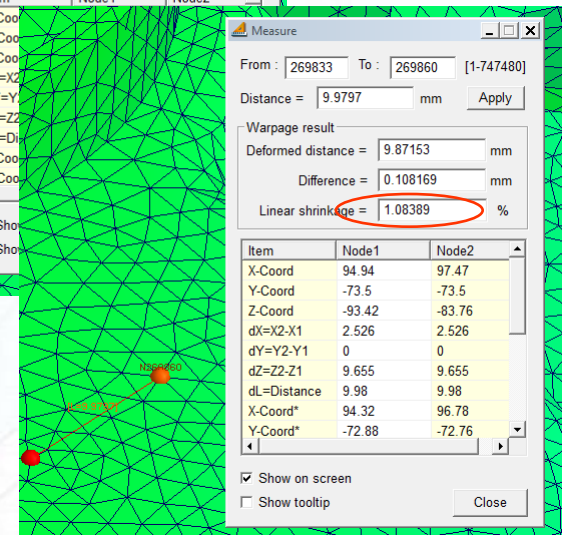
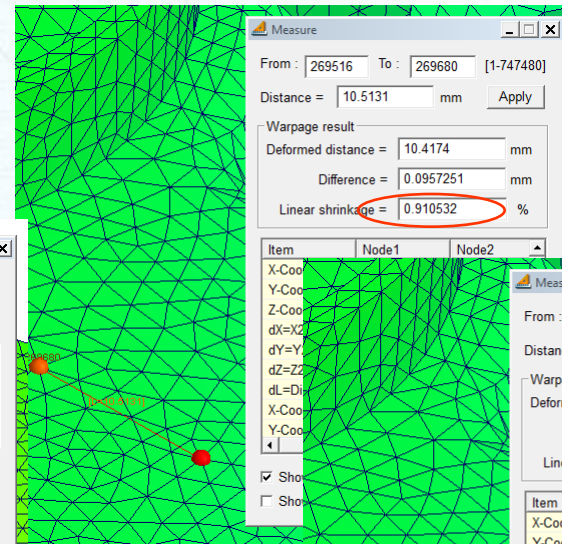
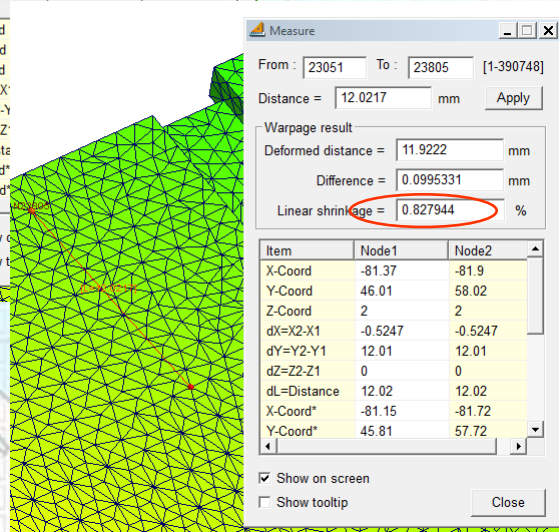
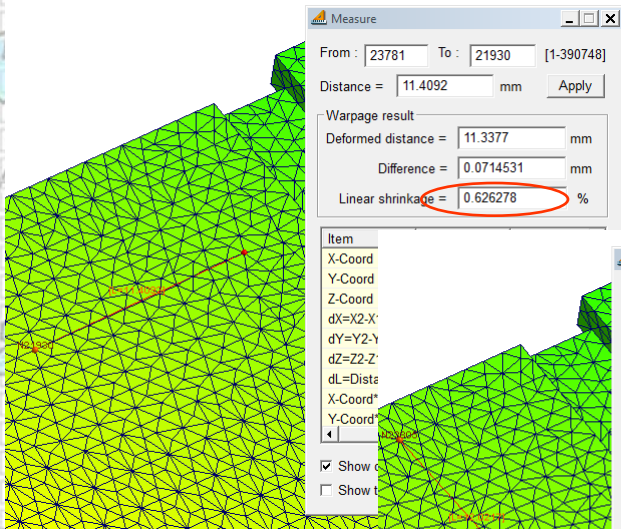
## Materiali speciali particolari Problematiche caratterizzazione

- Influenza sul ritiro
  - Cariche isotrope
    - Ritiro uguale nelle due direzioni?
    - Rapporto di forma
  - Cariche anisotrope
  - Efficacia dell'appretto





# Materiali speciali particolari Problematiche caratterizzazione

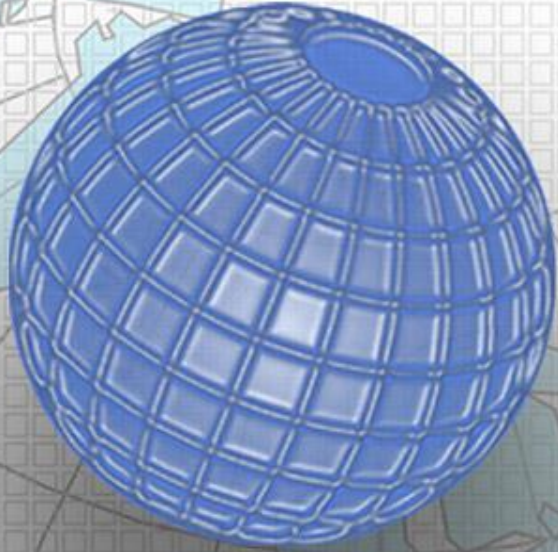


## Caratterizzazione

- Laboratorio specializzato (Moldex)
- 20 materiali da caratterizzare entro l'anno
- Primi cinque materiali
  - PA66, 20% fibra vetro, conduttivo elettricamente
    - Usato nell'automotive (filtri gasolio)
  - PA6, 50% grafite, conduttivo termicamente e elettricamente
    - Usato nell'elettrico (dissipatori per lampade a LED)
  - PPA, 40% fibra vetro, approvato contatto con alimenti / acqua
    - Usato nell'elettrodomestico (vending machine)
  - PA66, 25% fibra vetro, autoestinguente privo di alogeni
    - Usato nell'elettrico (guancette interruttori)
  - PA6, 65% fibra vetro
    - Usato nell'elettrodomestico (pulegge per lavatrice)

LATI Industria Termoplastici S.p.A.  
Via F. Baracca, 7  
I - 21040 VEDANO OLONA (VA)  
Tel.: +39 - 0332 409111  
Fax.: +39 - 0332 409307

HIGH  
PERFORMANCE  
THERMOPLASTICS



# 2013 Molding Innovation Day

Fine