

Tips&Tricks - 9

**Moldex3D –Il governo della funzione di trasferimento di calore
in fase di riempimento della cavità - Numero di Nusselt**

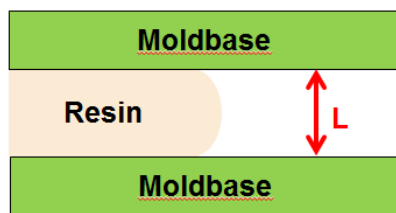
Il fenomeno del trasferimento di calore di una massa fluida, in prossimità dei contorni esterni della superficie di una cavità, è governato da un numero detto “Numero di Nusselt”.

Il numero di Nusselt è un valore adimensionale, dato dal rapporto tra coefficiente di convezione e coefficiente di conduzione, e serve a regolare il passaggio da convezione a conduzione.

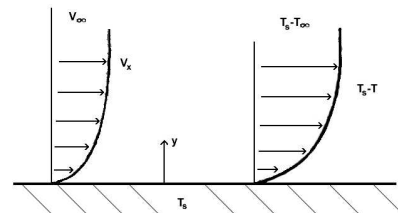
Tale valore di conduzione viene fissato in condizione identica quella di convezione, ma con un ipotetico fluido “fermo”.

Quando il valore del Numero di Nusselt è vicino ad 1, ovvero convezione e conduzione hanno “pari” valore, si ritiene che il fuso fluisca in modo “laminare”, ovvero senza fenomeni di turbolenza superficiale del fronte.

Un valore elevato contraddistingue invece una predominanza degli effetti convettivi ovvero si intende un flusso “turbolento” che innesci forti gradienti nello scambio di temperatura (valori da 100 a 1000).



$$Nusselt\ Number = \frac{h(2L)}{\lambda}$$



Dove “L” è il valore normale della sezione che in presenza di una forma complessa “vale” il volume del fuso/fluido per l’area della superficie che incontra, “h” è il coefficiente di Convezione e λ quello di conduzione.

Quindi nell’utilizzo di Moldex3D:

- **h = Coefficiente di trasferimento di calore (W/m²K)**
- **λ = Conduttività termica della resina (W/mK)**
- **L = Spessore della cavità (m)**

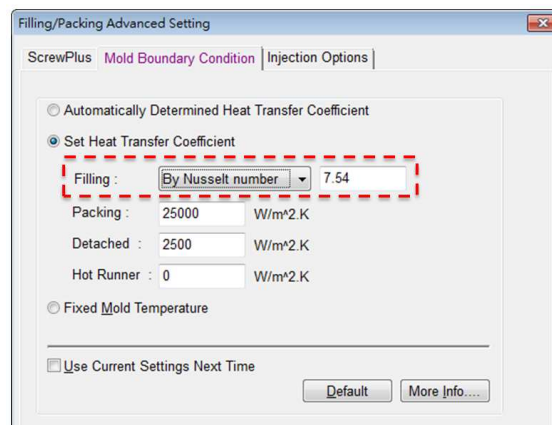
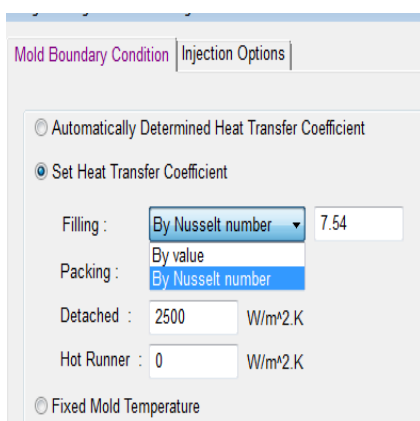
$$\Rightarrow h[HTC] = Nusselt\ Number \times \frac{\lambda}{2L}$$

Ne viene che:

Ad esempio: Una resina con conduttività termica $\lambda = 0.2$ W/mK; Nusselt Number = 7.54, Spessore della parte = 0.2~1.0 mm fornisce un valore di $\Rightarrow HTC = 3800 \sim 750$ W/m²K

Ref: Shah, R. K. and London A. L., *Adv. Heat Transfer. Supplement-I* (1978)

La funzione interna a Moldex3D eDesign permette di governare questi valori (Coefficiente di Trasferimento del Calore) su base della caratteristica reologica del materiale



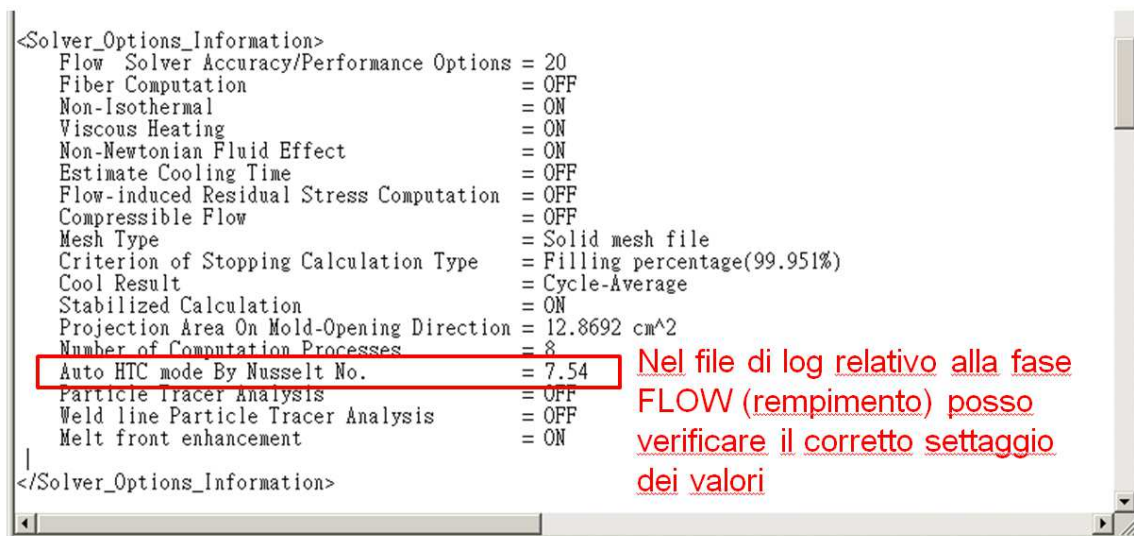
Moldex3D Italia srl

Corso Promessi Sposi 23/D - 23900 Lecco (LC) - Italy

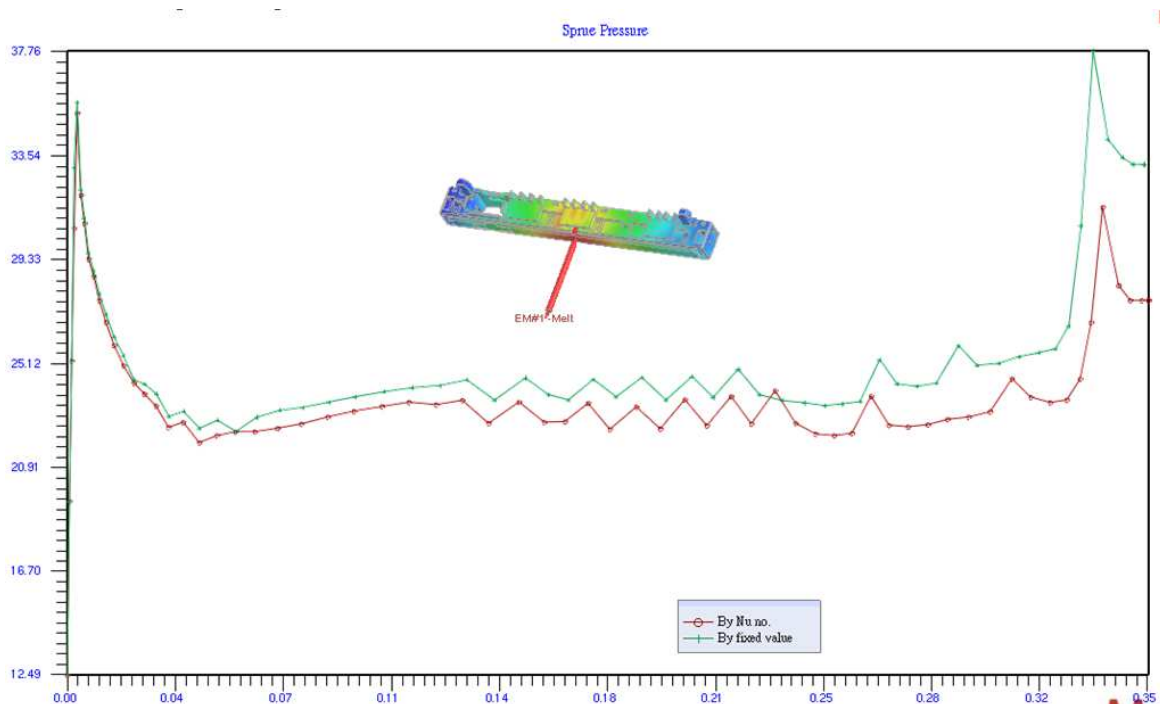
Tel +39 0341 259.259 - Cell. +39 345 6844.016 - Fax +39 0341 259.248

www.moldex3d.it - www.moldex3d.com

All'interno di Moldex3D eDesign, posso andare a verificare nel file di LOG relativo alla fase di riempimento, il corretto settaggio dei parametri, in particolare il valore relativo al Numero di Nusselt per il calcolo della funzione di trasferimento di calore HTC.



L'utilizzo della metodologia di calcolo della funzione di trasferimento di calore basata sul numero di Nusselt, permette di calcolare in modo più preciso i valori, con particolare riguardo al valore di pressione all'ugello (sprue gate pressure), che come si vede nella figura (linea rossa) fornisce un valore più basso e più veritiero, rispetto ai risultati calcolati a valore di coefficiente fisso.



Moldex3D Italia srl

Corso Promessi Sposi 23/D - 23900 Lecco (LC) - Italy

Tel +39 0341 259.259 - Cell. +39 345 6844.016 - Fax +39 0341 259.248

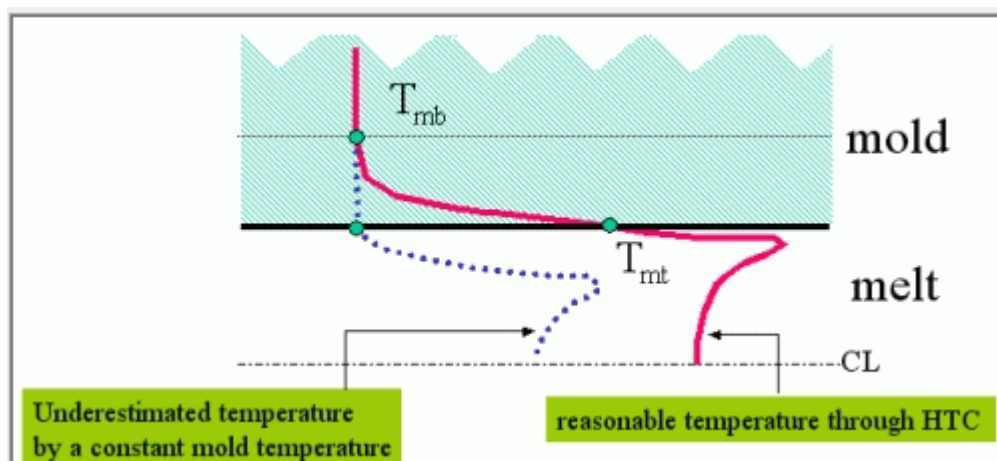
www.moldex3d.it - www.moldex3d.com

In appendice:

Gestione delle aree di contatto tra stampo e fuso: effetto di trasferimento di calore termico

Durante il riempimento dello stampo, nello stampaggio ad iniezione, a causa della resistenza termica di contatto tra stampo e materiale fuso, la temperatura dell'interfaccia intorno allo stampo-fuso (T_{mt}) è generalmente superiore alla temperatura impostata nello stampo (T_{mb}).

La differenza tra T_{mb} e T_{mt} dipende dalle proprietà termiche superficiali del metall, caratteristiche del materiale fuso, e sulle condizioni di processo utilizzate.



Il problema temperatura fissa per la definizione delle condizioni al contorno

In situazioni "standard", la T_{mt} non può essere molto diversa da T_{mb} . Ciò significa che è possibile applicare il T_{mb} per rappresentare la T_{mt} direttamente nella simulazione CAE stampaggio.

Tuttavia, per i casi con parti a parete sottile, riempimenti ad alta velocità o con viscosità fortemente dipendente dalla temperatura, ecc.ecc. l'uso del solo T_{mb} tende a tradursi in temperatura più bassa, di quello che in realtà è, nella zona di interfaccia stampo-fuso, che porta quindi a previsione pressione di iniezione superiore a quello che invece i rilievi fisici/sperimentali riportano.

La necessità di utilizzo del coefficiente composto nella funzione di trasferimento del calore (HTC).

Spesso è conveniente lavorare con il coefficiente di scambio termico (HTC), che è definito da un'espressione analoga alla legge di raffreddamento di Newton.

$$q = hc (T_{mt} - T_{MB})$$

Il coefficiente di trasmissione del calore (hc) tra la base e la parte dello stampo dipende da materiali, temperatura e condizioni di processo. In genere, la gamma di hc è 1000-25000 ($W / m^2 \cdot K$).

Quando si utilizza un hc superiore, il flusso di calore trasferimento " q " è maggiore.

La temperatura T_{mt} sarà più vicina alla temperatura stampo base T_{mb} .

Al contrario, quando si usa un valore hc più basso, la temperatura T_{mt} sarà molto superiore alla temperatura stampo base T_{mb} ; da questo la necessità di effettuare un controllo più sofisticato del fenomeno.

Le nuove funzionalità introdotte, tra cui quella del poter tener conto del Numero di Nusselt, aumentano il livello di affidabilità dei risultati della simulazione con Moldex3D

Giorgio Nava – Moldex3D Italia – PRT.2014009

Moldex3D Italia srl

Corso Promessi Sposi 23/D - 23900 Lecco (LC) - Italy

Tel +39 0341 259.259 - Cell. +39 345 6844.016 - Fax +39 0341 259.248

www.moldex3d.it - www.moldex3d.com