

# Simulazione MFBD Multi Flexible Dynamic Body di macchina utensile

A cura di **Paolo Petaccia**, Application Engineer, **Mauro Parodi**, Technical Manager - Exemplar srl (Torino)

L'obiettivo dell'attività è la simulazione di un sistema mecatronico cartesiano considerando la deformabilità dei componenti simulati. In particolare è d'interesse verificare l'influenza della deformabilità delle parti sul controllo attivo della macchina utensile.

Il programma utilizzato è Recurdyn® Versione 7R2, un codice multibody di nuovissima generazione, caratterizzato dalla capacità di gestire in un unico ambiente due tipologie di corpi deformabili:

- Recurdyn Fflex bodies (Full Flexible), caratterizzati da una formulazione completa ad elementi finiti dei corpi modellati (nodal deformation);
- Recurdyn Rflex bodies (Reduced Flexible), caratterizzati da una formulazione condensata dei corpi modellati (modal deformation).

La macchina utensile in esame è composta da una base ed un tavola portapezzo traslante. Le guide tra base e tavola sono simulate utilizzando Recurdyn "user defined force function" (UDF), che riproduce la distribuzione

della pressione di carico degli appoggi sulla guida.

Per definire questa force function è stata utilizzata un'interfaccia utente personalizzata sviluppata in ambiente Recurdyn NetProcess developer tool.

Il controllo attivo del modello è gestito dal tool di controllo COLINK® completamente integrato in Recurdyn e gestito dallo stesso solver MB.

## Simulazione Recurdyn con corpi Fflex (Full Flexible)

Usando Recurdyn Flex bodies toolkit vengono inseriti nel modello MultiBody corpi flessibili con formulazione piena, ossia vengono risolti (con metodo esplicito non lineare)

tutti i gradi di libertà dei singoli nodi.

Il complesso del modello (Full flexible, corpi rigidi e controllo) è sempre gestito da un unico solver.

I risultati ottenuti in termini di velocità di traslazione della tavola sono confrontati con la richiesta dal controllo nel grafico di Fig. 3.

Inoltre utilizzando elementi flessibili Fflex è possibile postprocessare direttamente le tensioni e/o deformazioni delle singole parti generate durante la simulazione.

## Simulazione Recurdyn con corpi Reduced Flexible

Un approccio che porta a tempi di calcolo più contenuti prevede l'uso di corpi flessibili con formulazione condensata.

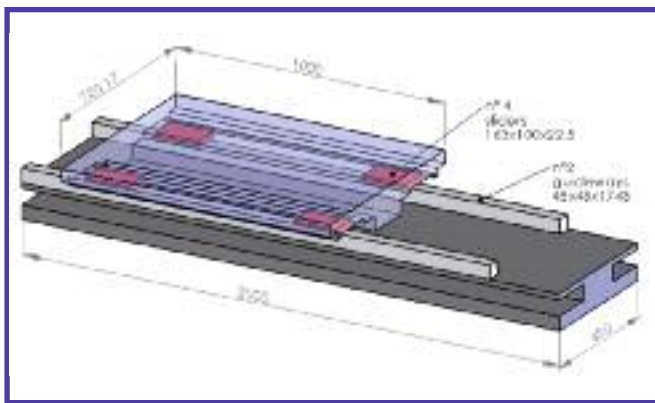


Fig. 1 - Modello CAD della base e della tavola traslante.

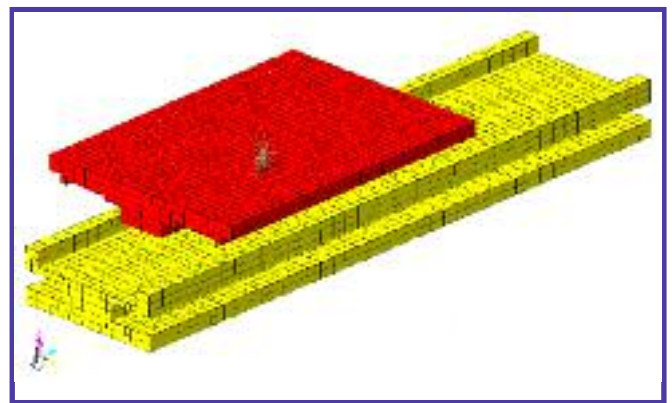


Fig. 2 - Modello FEM della base e della tavola traslante.



Fig. 3 - Simulazione con corpi Fflex - Confronto velocità.

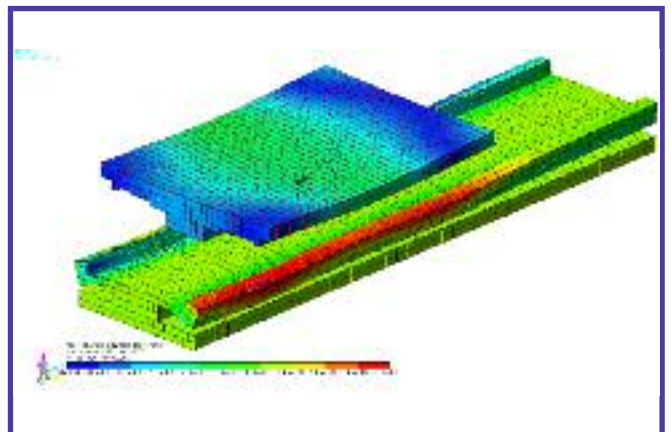


Fig. 4 - Fflex simulation - Stress contour.

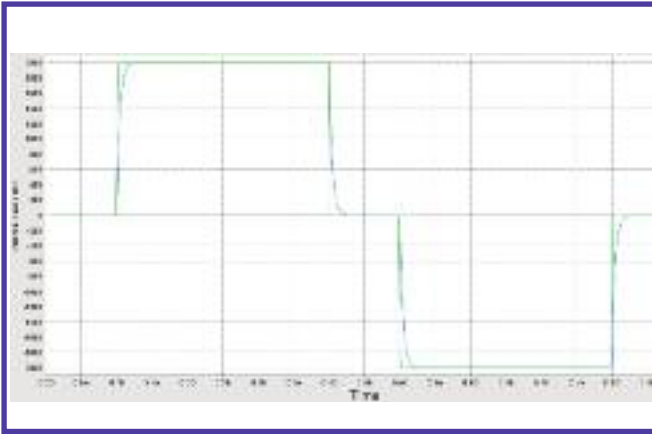


Fig. 5 - Simulazione con corpi Rflex – Confronto velocità.

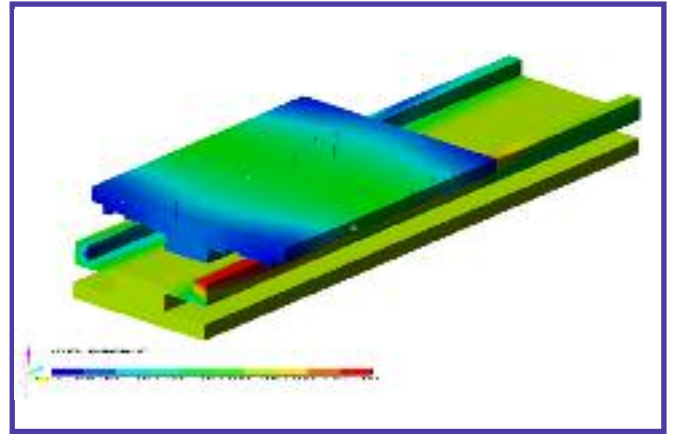


Fig. 6 - Rflex simulation - Displacement.

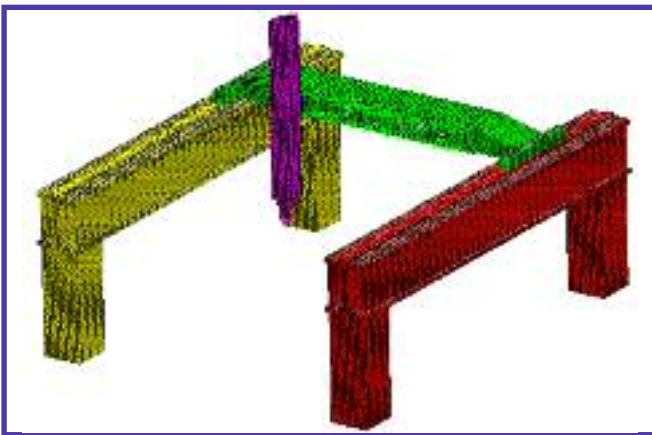


Fig. 7 - Modello FEM Macchina utensile a portale.

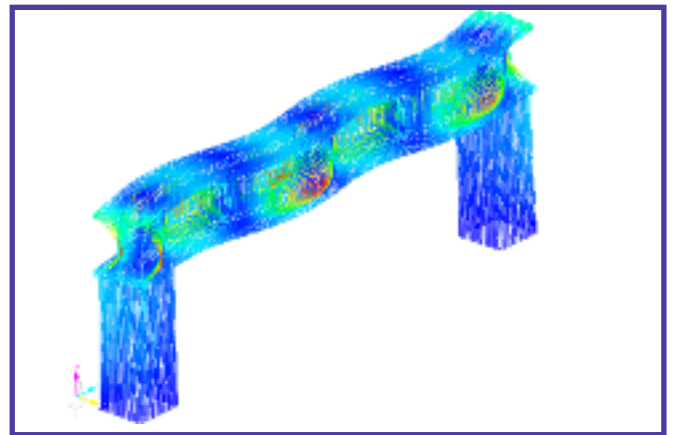


Fig. 8 - 19th modo (1249 Hz) della trave CORRENTE.

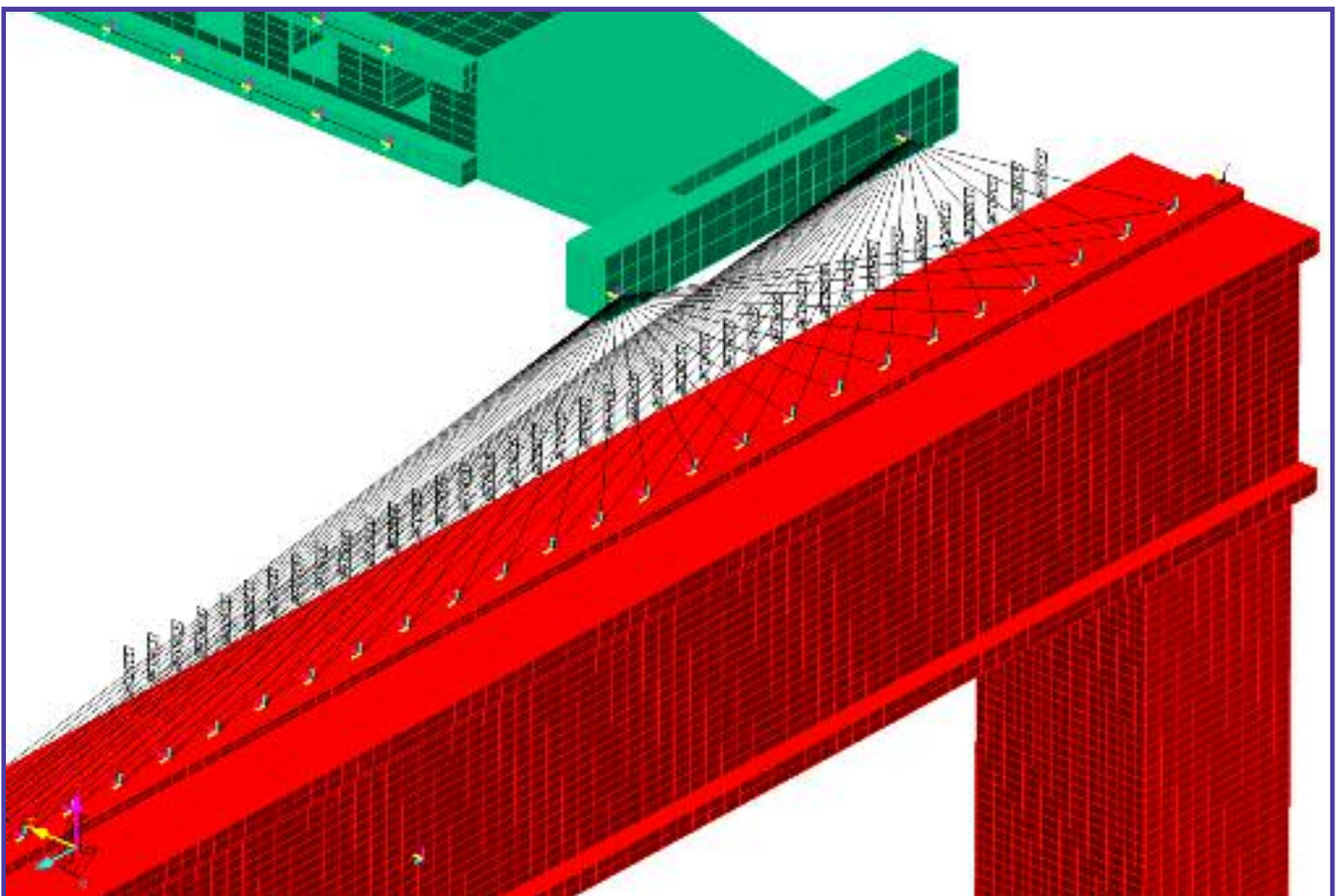


Fig. 9 - Dettaglio dello spider di forze tra CORRENTE\_Z e TAVOLA\_X.

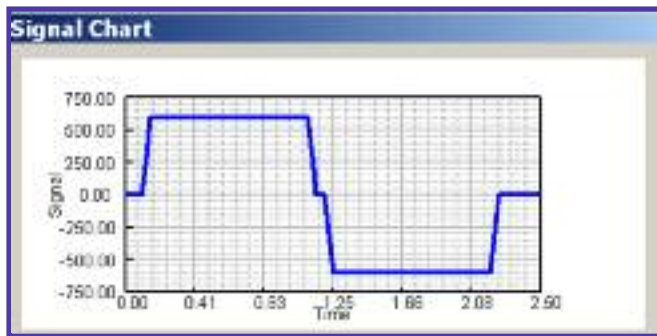


Fig. 10 - Legge di velocità richiesta al corpo TAVOLA\_X.

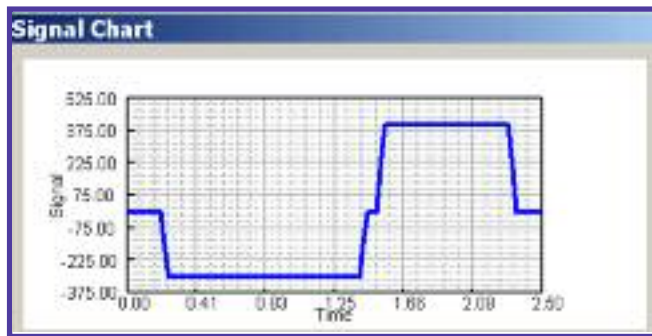


Fig. 11 - Legge di velocità richiesta al corpo PORTAUTENSILE\_Z.

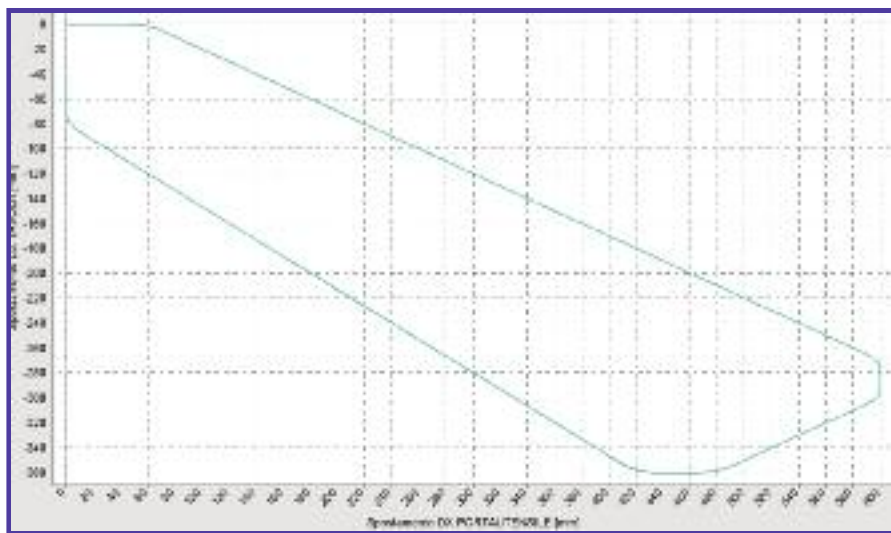


Fig. 12 - Confronto traiettorie.

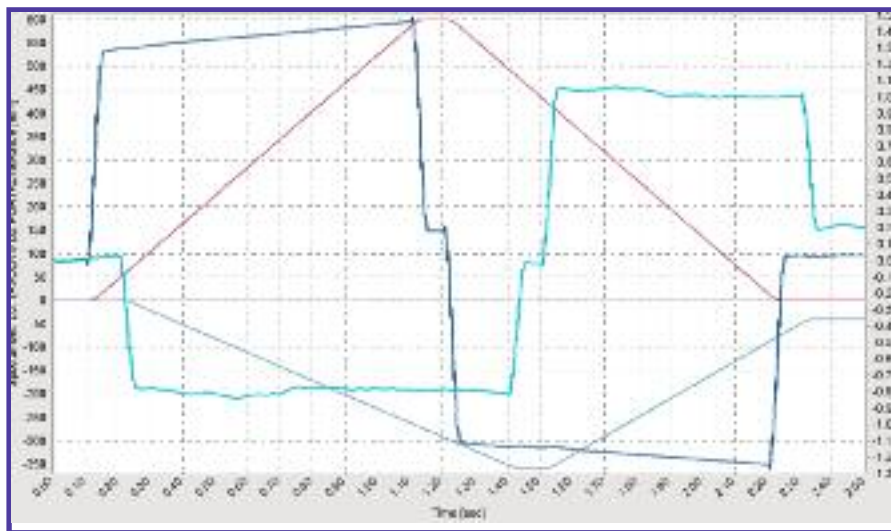


Fig. 13 - Errore spostamento [mm].

In dettaglio si tratta di approssimare tutte le possibili deformate di un modello FE completo con un numero congruo di deformate (statiche e modi di vibrare) in numero inferiore ai gradi di libertà iniziali del modello. RecurDyn divide questo approccio in altre due possibili scelte:

- Approccio utilizzando la Component Mode Synthesis (CMS), basata sulla formulazione di Craig-Bampton. Utilizzando questo approccio vengono definiti un numero di

nodi esterni che rappresentano il collegamento tra il corpo condensato e il restante modello MultiBody.

- Approccio modale generico, in cui il corpo deforma secondo la sovrapposizione lineare di un definita base modale, restando però disponibili per l'interfaccia tutti i nodi del modello FEM di partenza.

Per questa simulazione è stato usato il secondo metodo, in quanto rende disponibili l'intera fila di nodi sulle guide per l'inter-

faccia con la tavola.

In Fig. 5 è riportato il confronto in termini di velocità di traslazione della tavola traslante come già effettuato per i corpi Fflex.

I principali risultati ottenuti in uscita da un'analisi dinamica utilizzando un approccio modale sono le accelerazioni, le velocità e gli spostamenti modali del corpo.

Da queste informazioni RecurDyn è in grado effettuare un recovery dei relativi stress e strain indotti nei corpi condensati durante la simulazione (Fig. 6).

L'approccio modale risulta inevitabile per simulare modelli MultiBody con alto numero di nodi, come la macchina utensile cartesiana a portale illustrata in Fig. 7 (68700 nodi).

In questo modello di macchina utensile a portale sono presenti 5 corpi Reduced Flexible, con una base modale compresa tra i 30 e 40 modi per ciascun corpo in maniera tale da attivare circa il 90% della massa del modello FEM originale (Fig. 8).

I 5 corpi Reduced Flexible (Rflex) sono collegati tramite 136 "user defined force function" (UDF) suddivise su 5 guide lineari.

Nei corpi Rflex lo smorzamento è definito come percentuale del valore critico  $2 \omega_n m_n$  e per questa simulazione è stato fissato al 2%. Il controllo attivo del sistema è affidato anche in questa simulazione al tool COLINK di RecurDyn, realizzando un controllo su 3 assi (2 assi indipendenti in X ed un asse in Z).

Le leggi richieste di spostamento sono state generate direttamente nell'ambiente COLINK tramite Signal Chart signal generator.

I tempi di calcolo per tale modello sono di 35h su Laptop Intel® Core™Duo CPU T7300@2.00GHz 788MHz, 2.00 GB of Ram, 32bit.

In Fig. 12 è riportato il confronto tra la traiettoria richiesta del controllo e quella effettuata nella simulazione.

L'errore registrato tra le due curve (Fig. 13) assume un valore massimo 1.4 mm in corrispondenza dei cambi di velocità sull'asse X (curva in blu).

## Ringraziamenti

Si ringrazia per la gentile collaborazione il team di SINTESE che ha fornito i dati di input per l'analisi sopra descritta: in particolare l'Ing. Enrico Cattani, l'Ing. Ivano Leone e l'Ing. Nicola Gramegna.

Per ulteriori informazioni:  
[www.exemplarsolutions.it](http://www.exemplarsolutions.it)