

## SCHEDA di ISCRIZIONE

Nome e Cognome \_\_\_\_\_  
Ruolo \_\_\_\_\_  
Azienda/Ente \_\_\_\_\_  
Attività \_\_\_\_\_  
Tel \_\_\_\_\_  
Fax \_\_\_\_\_  
E-mail \_\_\_\_\_

### DATI PER INTESAZIONE FATTURA

Ragione Sociale \_\_\_\_\_  
Indirizzo \_\_\_\_\_  
Comune \_\_\_\_\_  
CAP \_\_\_\_\_  
Prov. \_\_\_\_\_  
P.IVA \_\_\_\_\_

### Allego fotocopia del bonifico bancario

Firma e timbro \_\_\_\_\_

Data \_\_\_\_\_

Da inviare via fax alla  
Segreteria Consorzio TCN  
Via Galimberti, I-24124 Bergamo  
Tel. 035.368711 **Fax 035.362970**  
All'att.ne della Sig.ra Mirella Prestini

Sede del Corso  
c/o Engin Soft Trading  
Via Galimberti - Bergamo



Uscita Casello di BERGAMO  
Seguire per Alzano 2.8 km  
Alla grande rotonda a 180° lasciare concessionario Volkswagen sulla destra Proseguire sul cavalcavia e girare a destra alla prima traversa in direzione Centro Don Orione.



Instabilità termoelastica per attrito in freni e frizioni: Teoria e applicazioni



**Bergamo, 11-12-13 Novembre 2002**

*Il corso è inserito nel programma di formazione 2002 del Consorzio TCN (Tecnologie per il Calcolo Numerico. Fondato dal CRS4 (Cagliari), dal Centro Ricerche Fiat (Orbassano), dall'ITC-IRST (Trento) e dalla EnginSoft (Trento) il Consorzio ha l'obiettivo di promuovere attività di Alta Formazione per preparare, attraverso percorsi formativi mirati, le risorse chiave per assicurare la competitività delle imprese, sfruttando le potenzialità offerte dalle nuove tecnologie.*

sito web [www.consorziotcn.it](http://www.consorziotcn.it)



Evento organizzato con la partecipazione  
di NAFEMS Italia

## PRESENTAZIONE

### Generalità:

Il calore generato per attrito durante l'operazione di frenatura o innesto di frizioni è in genere non uniformemente distribuito all'interfaccia fra le superfici di contatto. Questo porta a deformazioni termoelastiche superficiali non uniformi che a loro volta alterano le pressioni di contatto modificando ulteriormente il calore prodotto per attrito. Pertanto possono insorgere problemi di instabilità termoelastica: se le velocità di slittamento sono sufficientemente elevate, la perturbazione della pressione di contatto cresce nel tempo portando alla progressiva localizzazione del carico e del calore prodotto per attrito, ovvero l'area di contatto effettiva è minore dell'area di contatto nominale coincidente con l'intera circonferenza (frizioni piane) o al pattino (freni a disco). Il progressivo incremento della pressione e localizzazione del contatto è noto come fenomeno della Instabilità Termoelastica per Attrito (TEI).

### Obiettivi:

Il corso ha per obiettivo introdurre nozioni relative al fenomeno della instabilità termoelastica per attrito e per resistenza termica da contatto e fornire gli strumenti necessari per analizzare e risolvere i problemi connessi col verificarsi di tali fenomeni. Verranno illustrate tecniche analitiche e numeriche che possono essere adoperate per modellare il fenomeno della instabilità termoelastica. Si mostrerà come simulazioni numeriche dirette con tradizionali codici agli elementi finiti possono essere condotte in modo efficace ed efficiente solo per casi semplici, mentre per problemi più complessi, quali la modellazione di freni e frizioni, si deve ricorrere a tecniche più sofisticate quali i metodi perturbativi.

### Argomenti:

- Introduzione alla meccanica del contatto e nozioni di tribologia. Rugosità delle superfici, calore generato per attrito, condizioni al contorno termomeccaniche.

- Modelli termomeccanici semplici riguardanti problemi di stabilità. Influenza della resistenza termica in problemi statici di contatto.
- Analisi della stabilità mediante tecniche alle piccole perturbazioni. Formulazione agli autovalori e soluzione del problema al transitorio mediante espansione delle autofunzioni. Applicazione a problemi di solidificazione.
- Evidenza sperimentale della instabilità termoelastica innescata dal calore generato per attrito in applicazioni ferroviarie, automobilistiche ed aerospaziali. Hot spots, hot bands, transfer films, regioni metallurgicamente alterate, heat checks.
- Modelli analitici per geometrie semplici (metodo di Burton). Influenza delle proprietà del materiale sulla velocità critica e di migrazione degli hot spots.
- Influenza delle geometrie del sistema. Modelli a più strati. Modi simmetrici ed antisimmetrici. Modello di Leex per freni in applicazioni automobilistiche. Lunghezza d'onda dominante e conseguente frequenza per hot judder. Formulazione viscoelastica ed effetto delle proprietà viscoelastiche sulla instabilità termoelastica in frizioni in bagno d'olio.
- Implementazione numerica del metodo di Burton per geometrie assialsimmetriche impiegando la decomposizione di Fourier. Influenza dei termini convettivi. Strato limite termico. Criteri per il meshing in FEA. Applicazioni a frizioni multidisco. Considerazioni pratiche. Effetto delle proprietà dei materiali e delle dimensioni sulla velocità critica e modo dominante per dischi singlesided e double sided.
- Modelli FE per focal hot spots in geometrie 2D. Aspetti numerici e fisici. Soluzioni al transitorio non lineari. Formulazione del modello, influenza delle proprietà del materiale sul comportamento del sistema e implicazioni per il progetto.
- Modelli FE al transitorio per frizioni/freni pluridisco assialsimmetrici. Formulazione del modello, aspetti numerici e fisici. Soluzioni al transitorio per frizioni e freni. Separazione del contatto ed effetti non lineari. Confronto fra diverse soluzioni progettuali per freni e frizioni.
- Modelli non assialsimmetrici. Freni a disco. Soluzione analitica approssimata e approssimazione numerica impiegando il modello assialsimmetrico. Formulazione del problema 3D completo e confronto con evidenze sperimentali. Analisi di differenti soluzioni progettuali.
- Impiego dell'espansione in autofunzioni al fine di studiare il comportamento al transitorio di freni/frizioni. scelta delle autofunzioni. Fattori influenzanti l'accuratezza del modello.
- Presentazione del codice HotSpotter TM, sviluppato all'University of Michigan, e determinazione delle condizioni critiche per alcuni casi di interesse pratico.

- Validazione sperimentale delle simulazioni per il TEI in freni/frizioni multidisco. Studio dell'effetto di imperfezioni geometriche sull'innescamento del TEI.
- Nuove metodologie progettuali per ridurre l'insorgere del TEI e confronto con approcci progettuali classici.

### Docenti:

J.R. Barber  
M.Ciavarella  
P.Decuzzi  
P.Zagrodzki

---

## Instabilità termoelastica per attrito in freni e frizioni: Teoria e applicazioni

---

**Bergamo, 11-12-13 Novembre 2002**

### Costo del corso:

**Costo di partecipazione € 525,00 (+IVA 20%)**  
(Costo per i soci NAFEMS € 420,00 +IVA 20%)

*La quota di partecipazione è comprensiva di materiale didattico, attestato di partecipazione, pranzi e coffee break.*

### Modalità di iscrizione/pagamento:

Inviare la scheda di iscrizione allegando copia del bonifico da effettuare a favore di TCN S.Cons. a r.l. via Malfatti, 21 - 38100 Trento sul c/c 03/304330, ABI 08304, CAB 01804 della CASSA RURALE DI TRENTO Ag. Via Don Sordo. La fattura verrà inviata dopo lo svolgimento del Corso.

*E' fissato il numero massimo di 25 partecipanti al corso.*

### Termine ultimo per l'iscrizione:

**Giovedì 7 Novembre 2002**

*L'attestato di partecipazione è valido con riferimento all'iniziativa europea dell'albo degli analisti certificati.*