Progetto di Ricerca

Titolo della ricerca: Simulazioni numeriche di flussi non-Newtoniani

Struttura di Ricerca: DIN

**Basi Scientifiche**

Per molti anni la ricerca numerica in ambito fluidodinamico si è occupata prevalentemente di fluidi Newtoniani, ossia di fluidi in cui la relazione tra tensione e velocità di deformazione sia lineare. Tale modello introdotto da Newton e perfezionato da Navier e Stokes è infatti risultato particolarmente robusto per la modellazione del moto dei fluidi più comuni che influenzano le nostre vite come l’aria e l’acqua. Tuttavia in tempi più recenti, anche grazie allo sviluppo di risorse di calcolo che consentono la simulazione di un sempre maggiore numero di gradi di libertà, si è cominciato ad affrontare, anche dal punto di vista computazionale, lo studio di problemi in cui il fluido di esercizio abbia un modello reologico più complesso come nel caso dei flussi viscoelastici. Fluidi di questo tipo sono le soluzioni di polimeri flessibili ad alto peso molecolare mescolate in un fluido altrimenti Newtoniano. Le soluzioni diluite di polimeri sono caratterizzate da una struttura interna molto complessa e da un andamento visco-elastico non Newtoniano. Gli sforzi meccanici dipendono dalla storia del flusso in un tempo caratteristico detto di rilassamento. Questo significa che le tensioni a cui sono sottoposti questi fluidi non diventano zero nel momento in cui le deformazioni cessano ma decadono nel tempo in un intervallo caratteristico che dipende dall'elasticità entropica delle catene di polimeri.

Lo studio della turbolenza in questo tipo di fluidi presenta una gamma molto ricca di fenomenologie. In flussi ad alto numero Reynolds le catene polimeriche possono causare degli sforzi aggiuntivi che modulano le fluttuazioni turbolente fino a causare degli effetti macroscopici quali la riduzione di resistenza in flussi di parete. Mentre in sistemi micro-fluidici a bassi Re si possono generare delle instabilità visco-elastiche che possono essere utilizzate per aumentare la velocità di miscelamento. Inizialmente, questo tipo di flussi venivano studiati esclusivamente del punto di vista sperimentale, invece negli ultimi anni, grazie all’introduzione di modelli matematici basati sull’analisi micro-meccanica delle soluzioni, le stesse osservazioni sono state riprodotte anche nelle simulazioni numeriche.

**Programma di ricerca**

Le principali attività assegno di ricerca riguardano simulazione numerica di flussi non-Newtoniani visco-elastici. Si prevede l’utilizzo di due categorie di codici. La prima parte dello studio riguarderà lo sviluppo di codici ad elevata accuratezza per lo studio di flussi visco-elastici di parete. Si prevede un miglioramento dell’implementazione del modello reologico di un codice già esistente sviluppato presso l’Università di Bologna.

Verranno poi effettuate una serie di simulazioni al variare del regime turbolento. Si partirà da condizioni di turbolenza inerziale fino ad un regime di turbolenza elastica, studiando anche regimi di transizione tra questi due limiti. La dinamica dei flussi turbolenti sarà studiata attraverso statistiche a singolo punto e a due punti. Si prevedono anche analisi di tipo Lagrangiano.

Una seconda parte dello studio sarà invece più applicativa. Gli stessi modelli reologici utilizzati nella prima parte del progetto sono già stati implementati in un codice open-source ai volumi finiti che vengono generalmente utilizzati in applicazioni industriali. Dopo una fase di validazione del solutore in geometrie semplificate effettuata con il confronto con i codici ad elevata accuratezza, è prevista un’attività di simulazione in geometrie più complesse per valutare la fattibilità di problemi di tipo applicativo di interesse industriale.

**Piano di Attività**

Il candidato opererà secondo il seguente piano di attività e programma formativo:

Fase 1: Miglioramento del codice ad elevata accuratezza per flussi viscoelastici

* 1. Studio delle tecniche di simulazione delle soluzioni diluite di polimeri
  2. Implementazione del logaritmo del tensore di conformazione
  3. Miglioramento dei paradigmi di parallelizzazione

Fase 2: Analisi numeriche della turbolenza di parete

* 1. Simulazioni numeriche di turbolenza elastica
  2. Simulazioni numeriche di turbolenza inerziale ed elasto-inerziale

Fase 3: Utilizzo codici open-source per flussi visco-elastici

* 1. Validazione risultati solutore
  2. Simulazioni numeriche di flussi visco-elastici in geometrie complesse

Attività formative

1. Attività formative nel campo metodi numerici per fluidi non-Newtoniani
2. Attività formative nel campo dello studio della turbolenza

Il candidato, in oggetto al presente bando, oltre alle necessarie conoscenze di fluidodinamica numerica e statistica, acquisirà quindi, al termine del progetto di ricerca, anche competenze nel campo della fluidodinamica dei flussi non-Newtoniani e della simulazione industriale di questi.

Infine, saranno previste attività didattiche di supporto nelle discipline inerenti le attività previste dal programma di ricerca

Titolo della ricerca: Simulazioni numeriche di flussi non-Newtoniani

Struttura di Ricerca: DIN – Dipartimento di Ingegneria Industriale

**Sommario**

L’attività di ricerca in oggetto riguarderà lo studio numerico di flussi complessi. In particolare, si prevede lo studio di problemi il cui fluido di esercizio sia un fluido non-Newtoniano. Si affronterà prevalentemente l’analisi di fluidi viscoelastici e verranno analizzati problemi con vari numeri di Reynolds. L’idea è quella di esplorare differenti regimi turbolenti passando da problemi in cui il meccanismo dominante è quello classico inerziale a problemi dove la turbolenza è sostenuta dalle fluttuazioni elastiche.

Verranno utilizzati sia strumenti di calcolo sviluppati presso l’Università di Bologna che programmi di calcolo open-source con particolare attenzione allo sviluppo di competenze di ricerca industriale. Le attività saranno svolte presso la sede di Forlì.

Research title: Numerical simulation of non-Newtonian flows

Institution: DIN – Department of Industrial Engineering

**Abstract**

The proposed research activity will comprise the numerical study of complex flows. The working fluids considered will be non-Newtonian and, in particular, we will study viscoelastic fluid at various Reynolds numbers. The main idea is to explore different turbulent regimes going from inertia dominated ones to cases where the chaotic behaviour is sustained by elastic fluctuations. The tools used will be both in-house codes developed in University of Bologna and open-source ones more suited for applied research. The activities will be mainly carried out in the Forlì campus.