

MUSCAT - Multi-Scale Topology Optimization

Obiettivo del progetto è l'implementazione di un framework per l'ottimizzazione topologica di scambiatori a singolo/doppio fluido con struttura lattice dei micro-canali. Il framework di ottimizzazione sarà testato su un problema reale riguardante l'ottimizzazione topologica di uno scambiatore termico a geometria complessa utilizzato in ambito aeronautico e adatto per la realizzazione in Additive Manufacturing. Uno degli obiettivi primari è l'individuazione di metodi innovativi per lo speed-up dei problemi di ottimizzazione topologica multi-scala, notoriamente difficili da trattare mediante tecniche numeriche standard. L'approccio proposto è basato su un paradigma multi-scala, in cui un solutore CFD standard viene usato all'interno di un loop di ottimizzazione topologica per simulare il flusso alla scala geometrica dello scambiatore (scala macroscopica) ed accoppiato con un modello di micro-scala (scala dei micro-canali).

L'accoppiamento fra le scale viene realizzato attraverso un modello di ML a cui è demandato il compito di inferire il comportamento fluidodinamico della micro-scala a partire dalle condizioni del flusso alla macro-scala in modo da fornire una correzione sulla soluzione della macro-scala.

Tale approccio realizza l'accoppiamento bidirezionale tipico dei problemi multi-scala, che richiederebbe ingenti risorse computazionali se trattato con tecniche basate su simulazione numerica diretta. Al contrario, l'utilizzo di un approccio gerarchico permette la risoluzione del problema aggiunto con costi computazionali ragionevoli. All'interno di questo progetto sarà implementato un codice per la soluzione del problema aggiunto sia alla macro che alla microscala per il calcolo della sensitività della funzione obiettivo (e dei vincoli dell'ottimizzazione) rispetto alle variazioni dei parametri geometrici e topologici. Tale strumento sarà utilizzato come strumento di cross-validation nella definizione dei modelli di Machine Learning.

L'approccio proposto rappresenta una direzione di ricerca promettente e innovativa allo scopo duplice sia di abbattere i tempi di calcolo di una simulazione completa del problema termofluidodinamico che includa i fenomeni di micro-scala, sia di realizzare l'accoppiamento con la macro-scala.

Finalità del progetto: Implementare un framework per l'ottimizzazione topologica di scambiatori termici con struttura a micro-canali lattice, utilizzando un approccio multi-scala accoppiato tramite modelli di Machine Learning. L'obiettivo è ridurre i tempi di calcolo nei problemi di ottimizzazione multi-scala, permettendo la simulazione efficiente di geometrie complesse adatte all'Additive Manufacturing.

Risultati attesi: Sviluppare un codice per il calcolo delle sensitività alla macro e micro-scala e implementare un modello ML per l'accoppiamento bidirezionale tra le scale. Validare il framework su uno scambiatore termico aeronautico reale, ottenendo una significativa riduzione dei tempi di calcolo rispetto alle simulazioni numeriche dirette.