

Assegno di ricerca

Sviluppo e validazione di un modello per la simulazione del processo di ablazione della protezione termica di un motore a solido finalizzato alla stima della spinta residua generata nelle fasi di tail-off

Progetto di ricerca

Il progetto si inserisce nell'ambito della collaborazione in atto con l'azienda AVIO, con l'obiettivo di realizzare un modello del processo di ablazione della protezione termica di un motore a propellente solido e del suo consumo. L'ablazione della protezione termica può avere infatti un grande impatto sulla prestazione di una motorizzazione, in particolare durante il tail off del motore, visto lo sviluppo di portata che può scaturire dai gas di pirolisi generati dal processo di ablazione. Tale portata di gas espandendo attraverso l'ugello determina una spinta residua che rende complessa la fase di separazione del motore. Durante la separazione infatti il motore, esaurito il propellente, viene distaccato attraverso meccanismi di sgancio e/o piccoli motori ausiliari che lo portano ad allontanarsi dalla struttura del lanciatore, che proseguirà invece la fase di accelerazione tramite l'accensione degli stadi successivi.

Nelle fasi di distacco, dal momento che il propellente è completamente esaurito, il motore non dovrebbe essere in grado di produrre alcuna spinta e dovrebbe pertanto allontanarsi progressivamente dal lanciatore iniziando la sua traiettoria di caduta verso la superficie terrestre (tipicamente in mare), sulla quale si distruggerà o verrà successivamente recuperato. La presenza di una spinta residua data dalla eiezione dei gas di pirolisi fa invece sì che il motore possa accelerare e riavvicinarsi nuovamente e pericolosamente al lanciatore. Se le tempistiche di accensione dello stadio successivo non sono trascurabili e l'entità delle spinte residue del motore sono particolarmente rilevanti, il motore può accelerare riavvicinandosi al lanciatore fino ad entrare in collisione con lo stesso, determinandone nel caso più grave una modifica dell'assetto non più recuperabile e tale da richiedere la distruzione del lanciatore stesso e di tutto il suo carico pagante, determinandone quindi la perdita completa. Per evitare che questo accada occorre prevedere con estrema accuratezza l'entità e la durata della spinta residua che si può verificare per effetto della pirolisi della protezione termica e della espulsione dei corrispondenti gas prodotti dal processo di ablazione. Questa previsione si può ottenere valutando con precisione la portata di gas di pirolisi prodotti sulla base delle condizioni al contorno esistenti durante la fase di tail off, quali lo stato termico della camera di combustione, gli scambi di calore per irraggiamento, convettivi, e conduttivi, fra la protezione termica e i vari componenti del motore, e lo spessore di char eventualmente formatosi sulla protezione termica per effetto delle tempistiche di scopertura delle varie superfici di protezione termica.

Il modello che deve essere sviluppato deve quindi essere in grado di stimare la portata di gas di pirolisi in tutte le fasi di funzionamento del motore a solido, prevedendo anche il transitorio di formazione del char e la sua eventuale erosione. I dati di partenza per la definizione del modello dovranno essere le caratteristiche termochimiche del materiale costituente la protezione termica, e lo sviluppo del modello dovrà essere tale da poter essere adattato a diverse tipologie di materiale. Ulteriori dati di input del modello saranno le caratteristiche geometriche del motore e le tempistiche di scopertura delle varie porzioni di superficie di protezione termica. L'output del modello, sotto forma di portata di gas di pirolisi e rispettive caratteristiche fisiche, dovrà essere successivamente integrato con un modello balistico del motore a solido, in grado di simulare il profilo di pressione interna del motore stesso, e di valutare l'entità della spinta generata.

Il modello in questione dovrà essere sviluppato in una prima fase in ambiente di simulazione Matlab ed essere eventualmente convertito in linguaggio C per questioni di velocità di esecuzione. L'interfacciabilità del modello in sviluppo con il software RoBoost sviluppato all'interno del

Laboratorio di Propulsione e Macchine è un requisito fondamentale per poter ottenere la stima della spinta residua a partire dalla geometria delle varie motorizzazioni investigate.

Piano delle attività

Le attività oggetto dell'incarico sono le seguenti:

- a. Valutazione e comparazione dei modelli presenti in letteratura in grado di stimare il modello di ablazione di una protezione termica.
- b. Applicazione del/dei modello/i maggiormente rappresentativo alla geometria di un motore noto, in modo da determinare la potenza irradiata sulla protezione termica del motore stesso e la potenza termica scambiata per convezione con i gas di combustione prodotti in camera.
- c. Sviluppo di un modello di stima della portata di ablazione in funzione della potenza termica scambiata, dello spessore del char e delle caratteristiche termo-fluidodinamiche della camera di combustione.
- d. Sviluppo del modello di erosione del char in modo da poter rappresentare istantaneamente lo spessore dello stesso sulla base dei tempi di scoperta della protezione termica
- e. Implementazione del modello di stima della portata di ablazione e della valutazione dell'irraggiamento all'interno dell'ambiente di simulazione RoBoost sviluppato nel Laboratorio di Propulsione e Macchine dell'Università di Bologna

Il Tutor
Prof. Fabrizio Ponti

Bologna, 28/10/2020

