

UNIVERSITÀ DI PISA



Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Energetica

“Analisi CFD dell’iniezione diretta di idrogeno in un motore due tempi”

Relatori:

Prof. Ing. Luigi Martorano

Dott. Ing. Marco Antonelli

Candidato:

Marco Francesconi

Sessione di laurea del 30/11/2012

Anno Accademico 2011/2012

SOMMARIO

Lo scopo principale del seguente lavoro consiste nell'analisi della formazione della carica aria idrogeno in un motore due tempi originariamente progettato per il funzionamento a benzina attraverso un codice fluidodinamico. Il lavoro consiste nel determinare il numero di iniettori necessari al funzionamento del motore e la relativa disposizione sulla testata al fine di ottenere una carica ben miscelata in ogni zona della camera di combustione. Il modello cad è stato realizzato mediante il programma di modellazione solida Solidworks partendo dal complessivo cartaceo: successivamente è stata creata la mesh di calcolo attraverso il preprocessore Gambit 2.3.16 ed infine, dopo avere definito le varie condizioni al contorno, sono state effettuate le simulazioni mediante il codice Fluent 13. Per stabilire il numero di iniettori è stata effettuata una prova di lavaggio per determinare la capacità del cilindro di ricambiare i gas combusti con l'aria fresca. Ogni modello realizzato presenta una propria disposizione degli iniettori al fine di indagare la formazione della carica aria-idrogeno. Inoltre per i modelli particolarmente validi sono state effettuate delle prove per simulare il comportamento del motore ai carichi parziali. Nella parte finale sono state eseguite diverse simulazioni per studiare il miscelamento attraverso l'uso di differenti pressioni di iniezione e per minimizzare le perdite di idrogeno dallo scarico.

ABSTRACT

The main purpose of this work is the analysis, performed by a thermo-fluid dynamic code, about charge formation due to the mixing between air and hydrogen into a two stroke engine, originally fuelled by petrol. The work has to determine the correct number of injectors and the relative arrangement in the engine in order to obtain a good mixing in every point in the combustion chamber. The 3D model was created using Solidworks CAD and the original paper plan. After, the cad model was imported in Gambit 2.3.16 to create the mesh file and subsequently the mesh file was exported in Fluent 13 to calculate the numerical solution after that correct boundary conditions were stated. In a first moment it was necessary to perform a numerical simulation without hydrogen injection to understand the capability of the engine to change exhaust gas with fresh air and so to determine the right number of injectors. Each model, that it was created, is characterized by a typical arrangement of the injectors to investigate the mixing air-hydrogen: then, the better models were also analyzed during minimum power. In the last part other simulations were performed to study the mixing using different working pressures and to reduce the hydrogen's mass released in the exhaust.

INDICE

Capitolo 1	Metodi di produzione e di accumulo dell'idrogeno	Pag. 1
Capitolo 2	Caratterizzazione dell'idrogeno e motori a combustione interna	Pag. 10
Capitolo 3	Richiami sui motori a due tempi e introduzione all'analisi	Pag. 25
Capitolo 4	Richiami di termofluidodinamica computazionale	Pag. 36
Capitolo 5	Il codice Fluent ed i motori a combustione interna	Pag. 44
Capitolo 6	Creazione del modello e realizzazione della griglia di calcolo	Pag. 48
Capitolo 7	Impostazione del modello nel codice Fluent	Pag. 63
Capitolo 8	Verifica del comportamento del modello: risultati della prova ad aria	Pag. 72
Capitolo 9	Risultati ottenuti	Pag. 80
	Bibliografia	Pag. 142

Introduzione

La crescente domanda di energia accompagnata dalla richiesta di ridurre le sostanze inquinanti costringe a ricercare soluzioni innovative in tutti i settori industriali. In particolare risulta necessario migliorare la tecnologia di quelle fonti energetiche caratterizzate sia da una bassa, se non nulla, produzione di sostanze inquinanti ma anche da una ridotta intensità energetica. In ambito motoristico l'attenzione viene concentrata sull'uso di combustibili alternativi quali i biocombustibili e l'idrogeno soprattutto riguardo l'iniezione e la combustione all'interno di motori endotermici. L'idrogeno rappresenta infatti un vettore che potrebbe essere ottenuto da varie fonti energetiche e che inoltre potrebbe contribuire a ridurre l'inquinamento da gas serra in quanto risulta caratterizzato da una combustione che, in determinate condizioni, risulta priva di sostanze inquinanti. I principali svantaggi associati all'uso dell'idrogeno sono rappresentati dall'assenza di una rete di distribuzione, da problemi di stoccaggio e da alti costi di produzione. Le tecnologie attualmente disponibili per impiegare l'idrogeno sono le celle a combustibile ed i motori endotermici; le prime fanno riferimento a dispositivi caratterizzati da elevati rendimenti di conversione e da forti riduzioni dell'inquinamento acustico e atmosferico ma purtroppo risultano affette da costi elevati. L'altra tecnologia, invece, rappresentata dai motori a combustione interna presenta il vantaggio di lavorare con macchine affidabili caratterizzate da una conoscenza consolidata e su cui risulta possibile eseguire economicamente delle modifiche. Affinchè l'idrogeno possa divenire un vettore energetico, che possa rappresentare un'alternativa ai combustibili fossili, servono ancora numerosi studi perché è necessario ottimizzare i metodi di produzione e le apparecchiature di distribuzione. Il presente lavoro ha quindi come oggetto l'analisi di un modello matematico di un piccolo motore due tempi alimentato ad idrogeno attraverso il software Fluent. Il lavoro è stato articolato nella creazione delle zone del motore riempite dai fluidi attraverso il programma di modellazione SolidWorks, a cui è seguita la realizzazione di una mesh per mezzo del software Gambit 2.3.16 ; l'ultima fase è l'impostazione del modello ottenuto sul codice Fluent che, dopo essere impostato con le condizioni al contorno e con le condizioni iniziali ed i dati geometrici dell'imbiellaggio, permette di avviare la simulazione del comportamento del motore. Ultima, ma non per questo meno importante, risulta la fase di analisi ed elaborazione dei risultati che in un ambito quale quello motoristico risulta fondamentale: la presenza infatti di molte variabili e l'assenza di dati riguardo l'evoluzione di alcune grandezze richiede la necessità di verificare criticamente i risultati ottenuti. Nel corso del lavoro sono stati creati vari modelli dello stesso motore con diverse disposizioni degli iniettori, destinati a scegliere la migliore configurazione per ottimizzare la formazione della miscela aria-idrogeno. La sperimentazione dei motori attraverso i codici CFD è molto importante perché permette di ricavare risultati interessanti senza la necessità di costruire o modificare un motore, risparmiando così tempo e costi; rimane comunque sottinteso che la messa a punto definitiva di qualsiasi modifica apportata o della realizzazione di un prototipo deve essere poi effettuata su un modello reale da cui si ricaveranno i risultati sperimentali, che, in alcuni casi, possono arrivare a differire dai risultati computazionali di un 10-15%.