

LASER INDUCED FLUORESCENCE (L.I.F.):

IL LASER PER LO STUDIO DEI PROCESSI DI COMBUSTIONE

La dipendenza globale dai combustibili fossili ed i vincoli normativi in aumento riguardo alle emissioni di sostanze inquinanti, impongono di non poter più sottovalutare l'importanza di una dettagliata comprensione dei meccanismi di combustione.

All'interno di questo scenario, le tecniche spettroscopiche basate sul Laser assolvono a due compiti fondamentali: procurano *in situ*, informazioni in tempo reale sui processi di combustione e forniscono i dati per un controllo completo degli strumenti modellistici utilizzati.

L'impiego dei metodi Laser spettroscopici permette di arrivare a determinare vari parametri di interesse come dimensioni e velocità di particelle aerodisperse, campi termici e distribuzioni di concentrazione di importanti specie.

Per un'approfondita analisi dei processi chimici che presiedono fasi di combustione quali l'ignizione, il rilascio termico, il decadimento collisionale o la formazione di inquinanti sono necessarie diagnostiche come l'assorbimento Laser, la Laser Induced Fluorescence, la spettroscopia multi-fotone o altre tecniche di misura capaci di rilevare a livelli di parti per milione (ppm) forme radicaliche molecolari o atomiche all'interno dei sistemi di combustione.

Tra queste, il L.I.F. (Laser Induced Fluorescence), acquisito dalla SSC nel 2000, permette di rilevare i campi di concentrazione del radicale OH, importante intermedio di combustione, all'interno del fronte di fiamma e di determinare la temperatura della fiamma stessa mediante la diagnostica Rayleigh Scattering.



Fig. 1 – Il sistema diagnostico L.I.F. acquisito dalla SSC nel 2000



Principio di funzionamento

La maggior parte delle specie radicaliche intermedie nei processi di combustione hanno bande di assorbimento nell'UV e spettro di fluorescenza nel range 250-400 nm. La quarta armonica di un Laser a stato solido Nd:YAG sintonizzata alla lunghezza d'onda di 266,15 nm porta ad eccitazione il radicale OH secondo la transizione A-X (2,0) indicata $P_1(10)$. L'emissione di fluorescenza da parte della specie in esame durante il processo di diseccitazione, viene rilevata da una camera ICCD dotata di opportuni filtri. E' possibile in tal modo "mappare" il radicale ossidrilico e tramite un'attenta calibrazione è possibile eseguire misure semi-quantitative.

Utilizzando un Etalon sintonizzabile, in posizione interna alla cavità di emissione della radiazione, è possibile inoltre posizionare l'emissione del Laser Nd:YAG ad una frequenza differente e modulabile rispetto a quella fondamentale di emissione del materiale attivo. In tal modo il Laser, oltre alla quarta armonica alla lunghezza d'onda di 266,15 nm, può emettere una radiazione differente rispetto a quest'ultima, alla lunghezza d'onda di 266,035 nm, adatta ad effettuare la misura termometrica in condizioni tali da attenuare o eliminare del tutto la rilevazione del segnale di fluorescenza da parte del rilevatore. Tale misura si basa dunque sulla mappatura da parte della camera ICCD della radiazione diffusa alla stessa lunghezza d'onda della radiazione incidente (Rayleigh Scattering), da parte dalle molecole nella zona di fiamma.

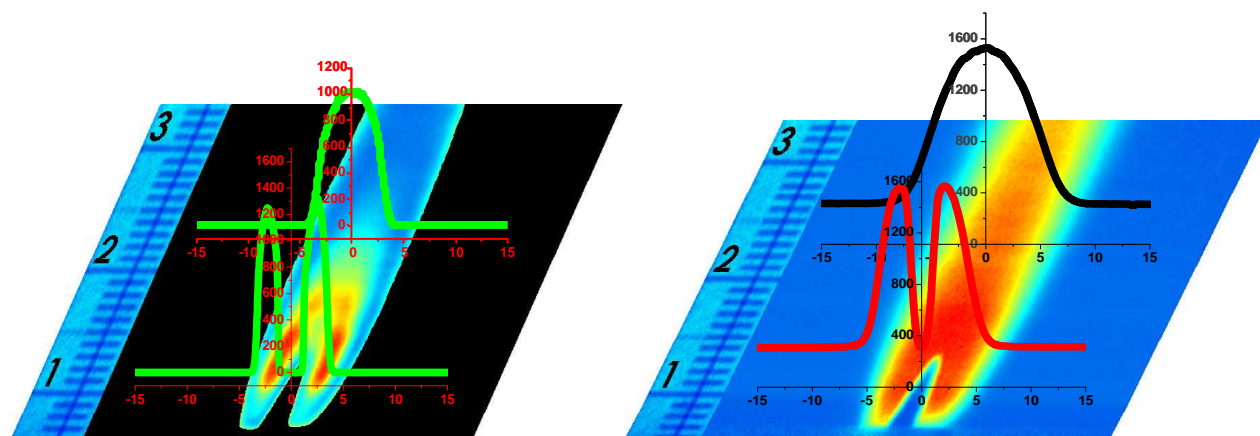


Fig. 2 – Immagini acquisite dal sistema L.I.F.: distribuzione dei radicali OH (a sinistra) e campo termico (a destra) di una fiamma con relativi profili quantitativi acquisiti a due differenti altezze di un bruciatore Bunsen



Attività alla SSC

- 1) Misura e "mappatura" della concentrazione (ppm) dei radicali OH in fiamme, alimentate con diversi combustibili, all'interno di sistemi di combustione reale, come strumento per lo studio della complessa interazione fra i fenomeni chimici, fisici e fluidodinamici che sono alla base della combustione e della conseguente formazione di inquinanti.
- 2) Determinazione dei campi di temperatura di fiamma, al variare delle condizioni operative, come ulteriore mezzo per la comprensione dei meccanismi di generazione di inquinanti come gli ossidi d'azoto, la cui formazione dipende fortemente dalla presenza di picchi locali di temperatura.
- 3) Accoppiamento di una tecnica sperimentale avanzata e sofisticata, come il L.I.F., a calcoli di natura modellistica, sia di tipo chimico-cinetico, che fluidodinamico, al fine di permettere una più certa validazione dei modelli ed una più accurata predizione del comportamento dei sistemi di combustione.

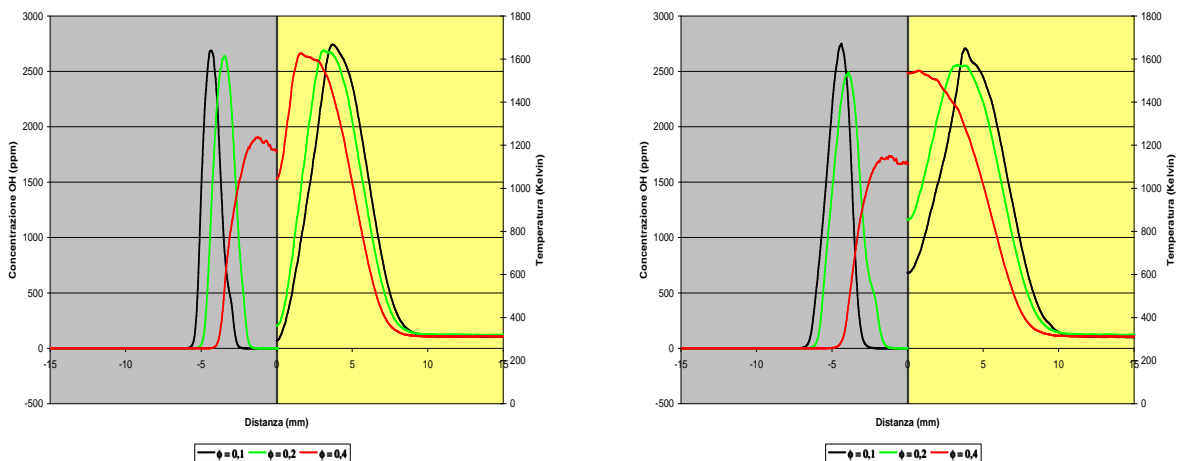


Fig. 3 - Sovrapposizione di profili di fiamme a differenti rapporti stechiometrici. Concentrazione dei radicali OH in ppm (metà sinistra) e temperatura in Kelvin (metà destra) al variare della distanza dal centro di un bruciatore Bunsen

Contatti:

Stazione sperimentale per i Combustibili

Viale A. De Gasperi, 3
20097 San Donato Milanese, MI
Tel. 02 516041;
Fax 02 514286;
email marengo@ssc.it - migliavacca@ssc.it



Maggio 2005