

Introduzione alle instabilità termoacustiche

Isacco Faglioni

December 13, 2025

Contents

1	Acustica	3
----------	-----------------	----------

Introduzione

Queste note sono il frutto di un primissimo approccio alla disciplina *Thermoacoustic instabilities*. E' un campo della combustione difficile, ma abbastanza figo che combina appunto la combustione con la teoria del controllo e la teoria dei sistemi dinamici non-lineari e in parte lineari. Nonostante Soledad dica che non ci sia spazio per Koopman in questo campo non sono convintissimo, e in ogni caso da questa primissima introduzione mi sembra un problema interessantissimo in generale anche per altri approcci.

Queste note altro non sono che la bella degli appunti presi seguendo il corso di Jacqueline O'Connor alla Princeton summer school del 2024. Le 6 ore di lezione sono su youtube al seguente link: https://www.youtube.com/watch?v=PhyY9HYRz8A&list=PLbInEHTmP9VZ_etKwZZvrVutA7F4YN2h1

Le lezioni sono pensate per persone interessate alla combustione ma con nessuna conoscenza pregressa su termoacustica. Gli obbiettivi principali che si pone sono i seguenti:

- Capire le tecnologie per cui le instabilità combustive sono importanti
- Descrivere il coupling termo-acustico
- Spiegare la cinematica di fiamma e la risposta di essa a input armonici
- Definire e capire le basi della *Flame transfer function*
- Spiegare la risposta di fiamma e come essa e' legata alle instabilita'

Queste note sono solo la base, se il lavoro prosegue ha senso ampliarle o direttamente scrivere delle note dove la parte fisica e tecnica e' approfondita meglio.

Overview delle combustion instabilities

Le combustion instabilities sono un problema enorme in un sacco di ambiti: razzi, turbine a gas di ogni tipologia e anche fornaci industriali. Sono responsabili di danni gravissimi agli apparati combustivi, fra cui in alcuni casi anche la distruzione degli stessi. Le instabilita' causano danni economici, aumentano le emissioni e soprattutto riducono il range di instabilita'. In figura 1 e' riportato un apparato usato per testing e quindi disgregato da instabilita' termoacustiche.

Nella pratica e' raro che si arrivi al punto di distruggere un apparato combustivo (succede pero' eh), quello che succede e' che i range di operabilita' degli apparati sono estremamente ridotti per evitare di entrare in zone pericolose in cui potrebbe succedere. Le instabilita' termoacustiche si presentano tutte le volte che una fiamma si trova in uno

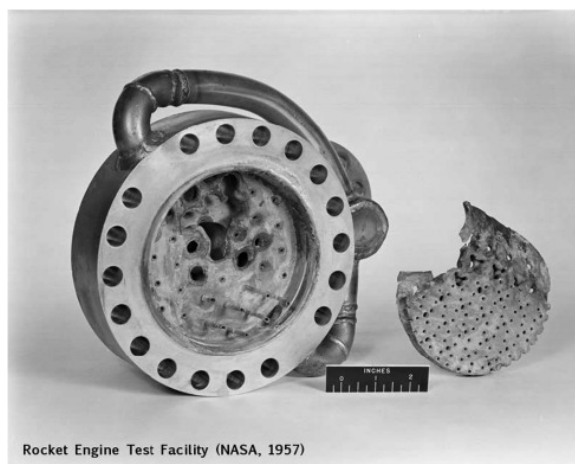


Figure 1: Apparati combustivi danneggiati da instabilità termoacustiche.

spazio chiuso. E' proprio per questo che e' un problema di cosi' larga scala. Nei laboratori che ricercano sta roba si testano dalle propulsioni dei razzi alle caldaie da casa. Un ottimo libro che riporta vari casi reali di instabilita' e come sono stati affrontati nella pratica e' [1].

Chapter 1

Acustica

Il processo riguarda l'acustica, quindi un breve ripassino delle nozioni basi di acustica e' una buona idea.

Un'onda e' una trasmissione di energia senza trasmissione di massa. Le onde possono essere trasversali (come le onde elettromagnetiche) o longitudinali. Le onde sonore sono onde longitudinali. Le onde longitudinali si chiamano cosi' perche' la vibrazione o oscillazione avviene nel verso di propagazione dell'onda, come succede ad esempio in un amolla

Bibliography

- [1] Timothy C Lieuwen and Vigor Yang. *Combustion instabilities in gas turbine engines: operational experience, fundamental mechanisms, and modeling*. American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2005.