

Modellazione termica semplificata del target di un divertore a metallo liquido

Introduction

L'obiettivo del tokamak "European DEMO" è dimostrare la fattibilità della produzione di energia elettrica da fusione nucleare. Al suo interno, è necessario smaltire dei flussi termici molto elevati, fino a qualche decina di MW/m^2 , durante lunghi periodi (e cioè quasi in condizioni stazionarie) ed in condizioni di elevata fluensa neutronica. Le attuali tecnologie non sono in grado di garantire una soluzione affidabile per il problema dello smaltimento di questi flussi termici, pertanto concetti innovativi sono attualmente in fase di studio. Uno dei più promettenti fra di essi è l'utilizzo di componenti affacciati al plasma rivestiti di metallo liquido, ed in particolare di un divertore a metallo liquido. Questa soluzione è ritenuta interessante perché (i) il metallo liquido evapora quando è esposto a flussi termici elevati, ed in tal modo il calore latente diventa disponibile per smaltire la potenza depositata; (ii) una superficie liquida non subisce un'erosione netta nel tempo, in quanto il materiale superficiale può essere continuamente rimpiazzato; (iii) il vapore di metallo interagisce con il plasma, da cui derivano gli elevati carichi termici, riuscendo parzialmente ad irraggiarne la potenza, distribuendola così su aree più elevate. È altrettanto importante evitare che il detto vapore contaminino il centro del plasma, dal momento che potrebbe portare la reazione di fusione a spegnersi. In Fig. 1 si mostra un possibile schema di un divertore a metallo liquido per DEMO.

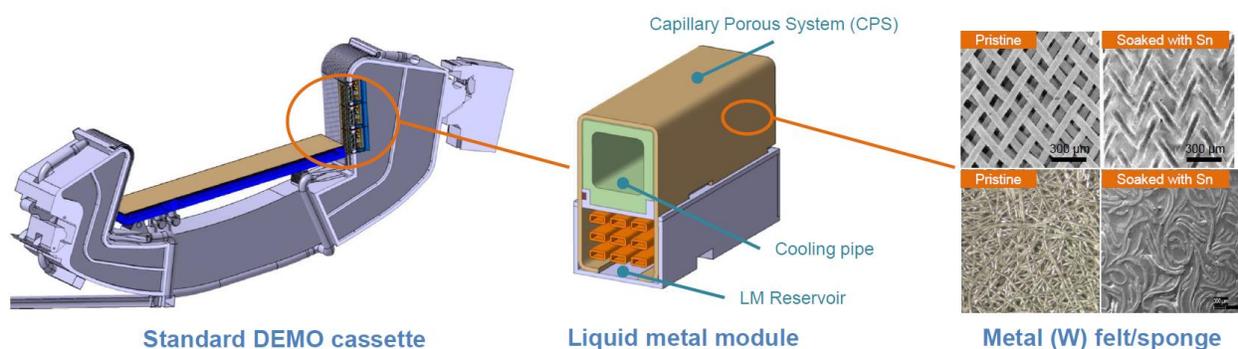


Figure 1: CAD of the standard DEMO divertor cassette (left), ENEA proposal for a liquid metal divertor module (center) and detail of possible capillary structures to be filled with liquid metal (right) **Error! Reference source not found.**

Al PoliTo è in corso lo sviluppo di un insieme di strumenti di calcolo per simulare il comportamento di un divertore a metallo liquido, nell'ottica di supportare la progettazione di un tale sistema da inserire nel tokamak DTT, che verrà costruito in Italia nei prossimi anni, e più avanti in DEMO [2]. Al momento questi strumenti di calcolo comprendono un modello per la superficie evaporante, il trasporto del vapore di metallo liquido nel plasma, le interazioni con le particelle cariche provenienti dal plasma di centro e la sua ri-condensazione sulle pareti attivamente raffreddate. Lo sviluppo del modello attuale è particolarmente focalizzata sul dettaglio del calcolo stazionario, ma un calcolo transitorio sarebbe troppo oneroso. È quindi desiderabile produrre un modello semplificato del target, con lo scopo di simulare il comportamento transitorio del sistema.

Obiettivo del lavoro di tesi

Il presente lavoro mira allo sviluppo di un modello monodimensionale semplificato per l'analisi transitoria del target di un divertore a metallo liquido per DEMO. Il modello dovrà calcolare la distribuzione di temperatura nel circuito di refill del target, includendo il trasporto di massa verso la struttura capillare porosa (Capillary Porous Structure, CPS), e la distribuzione di temperatura superficiale di quest'ultima; i diversi moduli del codice dovranno essere accoppiati tra di loro per consentire una soluzione transitoria consistente del problema. Il codice

potrà essere basato sul metodo delle differenze finite e scritto in linguaggio Matlab/Octave, o un altro linguaggio a scelta dei candidati.

Il modello prenderà in input una distribuzione di carico termico nota.

Keywords: Divertore a metallo liquido, differenze finite, comportamento transitorio

Contact persons

- Ing. Giuseppe Francesco Nallo: giuseppefrancesco.nallo@polito.it
- Dr. Antonio Froio: antonio.froio@polito.it

References

- [1] S. Roccella et al., "Latest Design of ENEA Liquid Metal Plasma Facing Units", presented at WPDTT1-LMD final meeting, Frascati, 28-29 Nov. 2019.
- [2] G. F. Nallo, G. Mazzitelli, L. Savoldi, F. Subba, and R. Zanino, "Self-consistent modelling of a liquid metal box-type divertor with application to the divertor tokamak test facility: Li versus Sn," *Nucl. Fusion*, vol. 59, no. 6, 2019.