

Resum

L'esforç continuat per reduir la quantitat d'actínids minoritaris (MA) provinents del combustible cremat als reactors d'aigua lleugera (*Light Water Reactor*, LWR) i d'aquesta manera reduir la radiotoxicitat, ha dut al desenvolupament de nous conceptes de combustible nuclear. El combustible per empaquetament d'esferes (*Sphere-Pac*, SP) ofereix l'oportunitat de reintroduir els MA en una matriu pròpia i cremar-los en un reactor ràpid de neutrons, el qual facilita cicles múltiples per transmutació d'elements. Aquest combustible també pot ser utilitzat en un sistema subcrític ràpid de neutrons, és a dir, un sistema nuclear accionat per un accelerador de partícules (*Accelerator Driven System*, ADS), on la subcriticitat (seguretat de parada del reactor) permet utilitzar combustibles amb major contingut de MA que a un reactor normal amb la consegüent reducció de la radiotoxicitat en un sol pas.

El combustible SP es produeix a partir d'una solució base, formada per metalls i elements químics, per gelificació interna. Aquest mètode garanteix l'homogeneïtat del producte final i un risc de contaminació molt menor si es compara amb la fabricació clàssica de *pellets* (combustible comprimit) ja que s'evita l'ús de premses i esmoladores. La gelificació interna és una reacció química aquosa que es produeix en escalfar la solució fins $80 \pm 5^\circ\text{C}$. Quan es realitza el procés per escalfament electromagnètic, apareixen alguns avantatges respecte al sistema tradicional per conducció, contacte de la mostra amb oli de silici precalfat: s'evita l'etapa de reciclatge de l'oli i dels dissolvents orgànics necessaris per eliminar l'oli de la superfície de les partícules produïdes. A la unitat de gelificació interna per microones (*Microwave Internal Gelation*, MIG), les microones representen una alternativa simple i segura: l'escalfament volumètric sense contacte facilita la producció a distància del combustible en cel·les calentes i a més redueix els residus de líquid contaminat.

Aquesta tesi està emmarcada dins del projecte *Platform for Innovative Nuclear Fuels* (PINE), l'objectiu fonamental del qual és la producció de combustible SP per MIG. Al sistema MIG, el temps d'escalfament és molt curt (desenes de mil·lisegons), per tant, s'han d'optimitzar els paràmetres que contribueixen al calfament per microones i s'ha de conèixer en profunditat la interacció entre les microones i les mostres.

A la primera part d'aquest treball s'investiga un model tèrmic basat en diferències finites en el domini del temps (FDTD), el qual és capaç de determinar, a cada instant durant tot el procés d'escalfament, el comportament tèrmic d'un punt definit dins del material calfat. A més, es presenta una descripció detallada dels paràmetres més rellevants del model, on s'inclouen les condicions de contorn, entre d'altres la convecció. Per una altra banda, el model s'implementa analíticament i es valida amb diferents tècniques: una basada en teoria de la física, la segona basada en l'eina d'equacions diferencials parcials (PDEtools) i per últim una basada en exemples de la literatura.

En segon lloc, s'investiguen els possibles dissenys de cavitats de microones per a la seua aplicació en MIG. Tant les cavitats (selecció dels modes, freqüència de ressonància, factors de qualitat, etc.) com la seua posterior caracterització, es detallen amb l'objectiu d'especificar l'acoblament d'energia. Els mecanismes de transferència d'energia de les cavitats s'expliquen amb l'ús del mètode de pertorbació, amb què s'analitzen les pèrdues de la cavitat quan es col·loca una mostra dielèctrica en el seu interior. Amb el model de transferència d'energia desenvolupat s'obté la taxa de generació de calor per microones que s'aplica al model tèrmic FDTD esmentat al paràgraf anterior. Els resultats analítics proporcionen dades molt positives pel que fa a la viabilitat en el procés de producció d'esferes gelificades per MIG.

Seguidament s'introdueixen els principals paràmetres relacionats amb l'escalfament d'un material per microones, és a dir, les propietats dielèctriques. Es desenvolupa un nou procediment que permet la medició d'aquestes propietats en gotes que cauen lliurement a través d'una cavitat de microones. Es presenta el muntatge experimental i la viabilitat es prova mitjançant diferents experiments. Les propietats dielèctriques mesurades s'inclouen als models (pertorbacional i tèrmic) amb la intenció de determinar la potència absorbida pel material en forma de gotes i, a més, la temperatura que aconsegueix.

Dins l'última part del treball es presenta la implementació del sistema MIG aplicada al projecte PINE, fonamental per a la pràctica d'escalfament (en freqüències altes) dins del laboratori. Les propietats de cada dispositiu s'avaluen per realitzar un estudi de potència abans de l'acoblament del sistema MIG. D'aquesta manera s'eviten errors quan es posa el sistema en funcionament. A més, es presenten les tècniques experimentals i els resultats. La producció amb èxit d'esferes gelificades demostra, sens dubte, l'ús

favorable de les microones en la producció de combustible SP per gelificació interna.

Paraules Clau: Gelificació Interna per Microones, Combustible per Empaquetament d'Esferes, Cavitats Ressonants, Freqüència de Resonància, Factor de Qualitat, Propietats Dielèctriques, Mètode Pertorbacional.