



K Dr. Jaén Ocadíz Flores te midden van zijn promotoren: dr. Anna Smith en prof. dr. Rudy Konings, en andere commissieleden.

Twee nieuwe doctoren aan TU Delft op nucleair gebied

© TUDelft - RID

In november en december 2021 ontvingen twee jonge doctoren hun doctoraat aan TU Delft. Jaén Alonso Ocadíz Flores ontving zijn doctoraat voor zijn proefschrift getiteld **Molten Salt Reactor Chemistry**. Promotoren waren dr. Anna Smith en prof. dr. Rudy Konings. Sara Mastromarino ontving haar doctoraat uit handen van haar promotoren dr. ir. Martin Rohde en prof. dr. ir. Jan Leen Kloosterman op basis van haar proefschrift getiteld **New Measurement Methods and Physico-chemical Properties of the MSFR Salt**.

Dr. Jaén Alonso Ocadíz Flores - Molten Salt Reactor Chemistry

Gesmolten zouten vormen een groep van ionaire vloeistoffen die onderwerp van uitgebreid fundamenteel onderzoek zijn geweest in de afgelopen jaren. Een van de meest opmerkelijke toepassingen van gesmolten zouten is als splijtstof en koelvloeistof in de gesmoltenzoutreactor (MSR). Een MSR is een type kernreactor waarin splijtbare isotopen (U-235, U-233, Pu-239) en/of isotopen waaruit splijtbaar materiaal kan worden gekweekt (bijv. Th-232, U-238), zijn opgelost in een zout. Dit mengsel is zowel splijtstof als koelmiddel. De twee prototypes die in het verleden zijn gebouwd, maakten beide

gebruik van een fluoride-splijtstof, wat ertoe heeft geleid dat historisch gezien het meeste onderzoek zich richtte op fluoride-zoutmengsels. Desalniettemin zijn hedendaagse reactorontwikkelaars ook geïnteresseerd in chloride splijtstoffen, dus beide families van gesmoltenzoutsplijtstoffen zijn momenteel relevant. Als gevolg van de kernsplijting is MSR-splijtstof een mengsel met een grote chemische complexiteit. Het bestaat uit een vloeibare oplossing van meerdere componenten, edelgassen en neergeslagen deeltjes van edelmetalen. Een thermodynamische beschrijving van dit complexe systeem ligt ten grondslag aan iedere systematische poging om de initiële zoutsamenstelling te bepalen, het gedrag in de reactorkern – zowel tijdens normaal

bedrijf als ongevalsituaties – te voorspellen, en verwerkingschema's voor de opgebrande splijtstof te ontwerpen.

In dit proefschrift wordt de expliciete link onderzocht tussen de structuur, thermodynamica en toestandseigenschappen (dichtheid, viscositeit) voor een groep zouten die is samengesteld uit alkali-actinide-halogeniden, relevant voor MSR-technologie. Om bovengenoemd doel te bereiken is gebruik gemaakt van diverse experimentele en computationele technieken: differentiële scanning calorimetrie (DSC), röntgendiffractie (XRD), lage-temperatuurcalorimetrie, röntgenabsorptie-spectroscopie (XAS), moleculaire dynamica (MD), en dichtheidsfunctionaaltheorie (DFT). Met behulp computationele thermodynamica zijn verzamelde data in modellen verwerkt. Samenvattend kan worden gesteld dat dit proefschrift de kennis van de topologie van de bestudeerde fase-diagrammen verder heeft gebracht. Dwars door het werk zijn de structuurkenmerken van actinide-houdende gesmolten zouten besproken, met als doel het voorspellen van de eigenschappen van systemen die tot op heden nog niet zijn verkend. Het quasi-chemische formalisme is onderhand gemeengoed geworden in

de computationele thermodynamische beschrijving van de chemie van de MSR. Het aantal geëvalueerde systemen is inmiddels aanzienlijk. Dit werk dient als voorbeeld hoe databases van gesmolten-zoutspijstofen kunnen worden uitgebreid om dichtheid en viscositeit in combinatie met de thermodynamische eigenschappen te beschrijven.

Dr. Sara Mastromarino - New Measurement Methods and Physico-chemical Properties of the MSFR Salt.

De gesmoltenzoutreactor (MSR) is een van de zes typen kernreactoren van de vierde generatie, die wereldwijd grote belangstelling trekt. Talrijke instituten voeren onderzoeksprojecten uit met betrekking tot gesmoltenzoutreactoren. In Europa is het onderzoek toegespitst op de ontwikkeling van een snel-spectrumontwerp, de Molten Salt Fast Reactor (MSFR), die uitgebreid is onderzocht in de Europese SAMOFAR en SAMOSFER-projecten gecoördineerd door TU Delft.

De bijzonderheid en innovatie van de MSR-technologie is het gebruik van vloeibare brandstof; een mengsel van gesmolten zout waarin zowel splijtbare

isotopen als kweekstoffen zijn opgelost. Voor het ontwerp van de reactor moet een aantal technologische uitdagingen worden aangegaan en moet een veiligheidsaanpak worden vastgesteld. Eén van de doelstellingen van het SAMOFAR-project dat tot dit proefschrift heeft geleid, is de karakterisering van het splijstofzout onder normale omstandigheden en bij ongevallen, waarmee de basis wordt gelegd voor de veiligheidsevaluatie van de reactor. Betrouwbare gegevens over de thermische eigenschappen van gesmolten zoutmengsels zijn schaars. Dit onderzoek richt zich op de experimentele meting van diverse thermodynamische eigenschappen van gesmolten zouten. Het proefschrift presenteert nieuwe methoden voor het meten van thermische diffusiviteit en viscositeit, en gevestigde methoden voor het meten van het smeltpunt en het oplossend vermogen van zout in water.

Een nauwkeurige meting van de viscositeit is noodzakelijk om de stroming en de turbulente warmteoverdracht van het splijstofzout door het reactorcircuit te voorspellen. De huidige technieken voor het meten van de viscositeit kunnen niet worden gebruikt voor gesmolten zouten

vanwege de kleine hoeveelheid beschikbaar splijstofzout en de radioactiviteit van de monsters. Daarom is een innovatieve methode ontwikkeld op basis van ultrasone golven. Bij deze methode is gebruik gemaakt van een golfgeleider om ultrasone afschuifgolven op afstand in de vloeistof uit te zenden. De demping van de amplitude van de afschuifgolven is gebruikt om de viscositeit van de vloeistof te bepalen. Metingen aan vloeistoffen met een vergelijkbare viscositeit als gesmolten zout hebben aangetoond dat de methode met succes veranderingen in de demping ten gevolge van de viscositeit van de vloeistof kan meten.

Dit proefschrift verschaft nieuwe gegevens over enkele thermische eigenschappen van gesmolten zoutmengsels en toont de toepasbaarheid aan van nieuwe methoden voor de bepaling van de viscositeit en de thermische diffusiviteit van gesmolten zouten. **K**

Beide proefschriften kunnen worden gedownload via de TU Delft repository website: **scan de Qr code**



Jan Leen Kloosterman, TU Delft.

X Dr. Sara Mastromarino omringd door haar promotoren: dr. ir. Martin Rohde en prof. dr. ir. Jan Leen Kloosterman, en andere commissieleden.

