



CFD-Simulation der Ausbreitung des radioaktiven Schwerwassers in der Neutronanlage am PSI

Aus der CFD-Studie können die folgenden Schlussfolgerungen gezogen werden. • Zuerst wurde mit der Knudsen-Zahl das Kontinuum des Fluids überprüft. Um die Gültigkeit der Navier-Stokes-Gleichungen zu gewährleisten, wurde ein Vakuumdruck von 4 Pascal gewählt. Die Numerik zeigt eine erschwerte Konvergenz, wenn der Vakuumdruck weiter gesenkt ist. • Das multiphasige VOF-Modell (volume of fluid model) kann die blitzschnelle Verdampfung des Schwerwassers gut beschreiben, aber verlangt eine extreme kurze Zeitschrittweite von $1E-9$ Sekunde und die Berechnung ist nicht stabil. Dies verursacht eine inakzeptable Rechenzeit von Jahren auf unserem Cluster. • Mit einem einphasigen Spezies-Modell, nämlich den Schwerwasserdampf unter der Einbruchstelle als eine Massenquelle einzugeben, kann die Zeitschrittweite auf $1E-7$ Sekunde erhöht werden und die Berechnung bleibt stabil. • Die von der heftigen Verdampfung ausgelöste Druckwelle (komprimierte Luft) breitet sich deutlich schneller als die D₂O-Konzentration aus. Im Worst-Case-Szenario, nämlich der Vakuumsensor löst erst bei 14 Pa ein Signal aus und die Druckfront mit 4.1 Pa erreicht den Auslass, zeigt sich eine Ausbreitungszeit von 54.4 ms für den kleinen Massenstrom und 44.3 ms für den verzehnfachten Massenstrom. Sie sind jeden Fall länger als die spezifizierte Schliesszeit von 25-40 ms, d.h. die Schnellschlussklappe kann im Notfall rechtzeitig schliessen.

FHNW, Weiqun Geng



Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik