

Streszczenie

mgr inż. Bartosz Kraszewski

Wychwytywanie gwałtownych zjawisk nieliniowych za pomocą sprzężonej termicznej analizy numerycznej Fluid-Solid Interaction

Koncepcja interakcji płyn-ciało stałe pojawiła się w literaturze już w latach 70-tych XX wieku. Biorąc dodatkowo pod uwagę obecny stan zaawansowania metod obliczeniowej dynamiki ciała stałego oraz obliczeniowej dynamiki płynów, metodologia Thermal Fluid-Solid Interaction (Thermal FSI) wydaje się niezwykle słabo rozwinięta. Biorąc pod uwagę współczesne wyzwania przemysłowe w dziedzinie energetyki, lotnictwa i transportu raketowego, a także obecny stan wiedzy na temat metodologii Thermal FSI w literaturze, określono dwa cele niniejszej rozprawy. Pierwszym z nich jest określenie, czy współczesne komercyjne narzędzia numeryczne nadają się do symulacji szybkich, nieliniowych zjawisk termicznych z wykorzystaniem metodologii Thermal FSI do celów przemysłowych. Drugim celem jest porównanie i zademonstrowanie zalet i wad metody Thermal-FSI w porównaniu z metodami Thermal Structural i Conjugated Heat Transfer. Ponadto nałożono również warunek odtworzenia nieliniowego zachowania konstrukcji.

W tym celu, po wstępnej selekcji, do testów wybrano otwarty zbiornik cienkościenny. Zbiornik charakteryzował się powtarzalnym wyboczeniem dna w kontakcie z gorącą wodą. Następnie przygotowano stanowisko testowe dla wybranego obiektu, w którym gorąca woda była dozowana na dno zbiornika w kontrolowany sposób. W wybranych punktach mierzono przemieszczenie dna zbiornika, jego temperaturę oraz temperaturę wody wlotowej. Eksperyment został następnie odtworzony numerycznie, przy użyciu dwukierunkowej metody Thermal FSI w ramach pakietu ANSYS Workbench. Domena płynu, przy użyciu metody Volume of Fluid w programie Fluent, została sprzężona za pomocą modułu System Coupling z domeną ciała stałego w module Mechanical. W celu porównania przeprowadzono również niesprężone analizy Conjugated Heat Transfer i termiczną analizę strukturalną. Na koniec zestawiono wyniki trzech analiz, określając ich odchylenia od eksperymentu. Metodologia Thermal FSI nie tylko zapewniła najmniejsze odchylenie, ale także jako jedyna była w stanie uchwycić nieliniowe zachowanie wyboczeniowe konstrukcji.

W celu jasnego omówienia powyższych kwestii, w pierwszej kolejności rozdział 2: "Przegląd literatury" przedstawia pozycje literaturowe od momentu pojawienia się terminu FSI. Omówiono tu zastosowania, kwestie rozwojowe i narzędzia, dzieląc rozdział na bardziej popularny typ analizy Momentum FSI i docelowy Thermal FSI.

Następnie w rozdziale 3: "Teoria modelu" najpierw przedstawiono idealny model numeryczny FSI, a następnie omówiono modele faktycznie wykorzystywane w solverach Computational Fluid Dynamics i Computational Solid Dynamics do docelowej analizy numerycznej. Na koniec omówiono sprzężenie obu solverów.

Rozdział 4: "Stanowisko eksperymentalne - stalowy pojemnik cienkościenny" zawiera szczegółową prezentację struktury wybranej do analizy, a także stanowiska eksperymentalnego. Następnie przedstawiono wyniki pomiarów w postaci krzywych temperatury i przemieszczenia w wybranych punktach, uzupełnione zdjęciami przepływu wody.

W rozdziale 5: "Sprężona analiza numeryczna Thermal-FSI", będącym sercem niniejszej dysertacji, skupiono się na docelowej analizie Thermal FSI, a także na analizie porównawczej Thermal Structural i Conjugated Heat Transfer. Najpierw przeprowadzono prostą analizę gęstości siatki dla domeny płynu.

Następnie opisano warunki brzegowe, dane materiałowe oraz ustawienia solvera CFD i CSD. Na koniec przedstawiono zakres wyników dla trzech typów analiz, porównując je z wynikami eksperymentalnymi. Uwzględniono tu również różnice w wynikach obliczeń naprężeń. Wreszcie, rozdział 6: "Wnioski" krótko podsumowuje każdy z poprzednich rozdziałów. Ponadto omówiono tu wyniki analiz numerycznych i przedstawiono porównanie odchyleń od wyników eksperymentalnych.

Wreszcie, rozdział 6: "Wnioski" krótko podsumowuje każdy z poprzednich rozdziałów. Ponadto omówiono tu wyniki analiz numerycznych i przedstawiono porównanie odchyleń od wyników eksperymentalnych. Wyszczególniono również szereg spostrzeżeń dotyczących metodologii Thermal FSI.