

Celem niniejszego projektu są eksperymentalno-numeryczne badania materiałów granularnych pozwalające na lepsze zrozumienie zachodzących w nich procesów cieplno-przepływowych. Materiały granularne i porowate są stosowane powszechnie i znajdują zastosowanie w bardzo wielu gałęziach przemysłu (budownictwie, przemyśle chemicznym, spożywczym, transportowym, meblarskim itp.). Mogą to być materiały naturalne lub stworzone sztucznie, ich budulcem może być materiał jednego rodzaju (np. węgiel w kolumnie filtracyjnej, szklane kulki w kolumnach absorpcyjnych, poliuretan w piankach technicznych, styropian w izolacjach budowlanych) lub mogą składać się z ich różnych kombinacji (np. piasek-żwir-węgiel w złożach filtracyjnych, szkło piankowe w izolacjach, żwir-kamienie w izolacjach i podkładach drogowych). Zbudowane z materiałów granularnych warstwy mogą być izotropowe charakteryzujące się uporządkowaną strukturą wewnętrzną lub anizotropowe, w której rozmieszczenie przestrzeni międzyziarnowych oraz fragmentów materiałów stałych ma charakter losowy. Poza parametrami wytrzymałościowymi tego typu warstw jednymi z głównych czynników decydującymi o ich praktycznej aplikacyjności są przepuszczalność i charakterystyka termiczna.

Z uwagi na powszechność wykorzystania materiałów granularnych stanowią one obecnie jeden z ważniejszych kierunków badań, zarówno w ośrodkach przemysłowych jak i w instytucjach badawczych. W dużej mierze jest to podyktowane coraz większym naciskiem na ograniczanie zużycia energii i związane z tym działania mające na celu zapewnienie efektywności energetycznej. Ponieważ sektor budownictwa w którym materiały granularne odgrywają niebagatelną rolę odpowiada za 40 % końcowego zużycia energii w Unii Europejskiej, dlatego inwestycje w poprawę efektywności energetycznej w tym sektorze są szczególnie duże. Jednym z działań jakie są podejmowane w celu poprawienia parametrów energetycznych w istniejących budynkach jest ocieplenie ścian zewnętrznych. W tym celu dodaje się do istniejącej ściany od zewnątrz dodatkowego materiału izolacyjnego. Zwykle jest nim styropian lub wełna mineralna, a coraz częściej stosuje się izolację zbudowaną z materiałów granularnych, których wytrzymałość jest większa niż typowych warstw izolacyjnych.

Elementy (warstwy, przegrody itp.) zbudowane z materiałów granularnych charakteryzują się bardzo złożoną strukturą wewnętrzną z dużą ilością obiektów stałych, zwanych ziarnami lub granulatem, oraz przestrzeni międzyziarnowych. Poszczególne ich fragmenty mogą się różnić m.in. ze względu na rozmiary i kształty oraz własności fizyczne. Taki rodzaj materiałów zachowuje się inaczej niż dobrze znane ciała stałe, ciecze czy gazy. Różnica ta powoduje, że materiały granularne można by z fizykalnego punktu widzenia traktować jako dodatkowy stan materii charakteryzujący się zdecydowanie innymi właściwościami niż stan stały będący jego głównym budulcem. Niestety w praktyce parametry materiałów granularnych określa się przeważnie w skali makro traktując je jako jednorodną masę. Na przykład przewodność cieplna warstwy określana jest na podstawie przewodności cieplnej materiału, granulatu natomiast zaniedbywane są przestrzenie międzyziarnowe, które w istotny sposób wpływają na przepływ ciepła. Rozpatrując warstwę wypełnioną materiałem granularnym obserwuje się, że część objętości zajmowana jest przez fazę stałą, czyli granulaty. Pozostałość jest pustą przestrzenią, która może być wypełniona przez pojedyncze fazy, ciekłą lub gazową, bądź ich mieszaninę. W tym ostatnim przypadku każda faza zajmuje fragment pustej przestrzeni, lecz teoretycznie nie ma możliwości określenia jej dokładnego położenia. Intensywność przepływu pomiędzy ziarnami lub jego całkowity brak mają bardzo istotny wpływ na szybkość wymiany ciepła pomiędzy fazą płynną i granulatem i tym samym na efektywność termiczną analizowanych materiałów.

Zadania projektu będą obejmowały szczegółowe analizy przepływu gazu/cieczy pomiędzy ziarnami granulatu oraz zjawiska przepływu ciepła pomiędzy fazami gazowymi i stałymi w obrębie granulatu oraz w sytuacjach gdy jego warstwy są łączone z materiałami jednolitymi. Prowadzone badania będą wykorzystywały zarówno specjalistyczne metody pomiarowe jak i zaawansowane techniki modelowania matematycznego CFD (Computational Fluid Dynamics). Badania eksperymentalne pozwolą na określenie podstawowych wielkości charakterystycznych analizowanego procesu (np. zmiennych w czasie i przestrzeni profili temperatury) służących do weryfikacji modelu numerycznego. Rozpatrywane będą warstwy (przegrody izolacyjne) złożone wyłącznie z materiału granularnego jak również w połączeniu z innymi materiałami o jednorodnej strukturze. Badaniu poddane zostaną materiały o znanych własnościach fizycznych i geometrycznych, jak również nowe materiały wymagające badań wstępnych. Jednym z kluczowych zadań projektu będzie zbadanie jaki wpływ na rozkład temperatury we wnętrzu badanych warstw ma ich struktura (np. budowa granularna losowa lub zdeterminowana), szerokość oraz sposób ułożenia. W symulacjach numerycznych nie występują problemy, które w badaniach eksperymentalnych nastroczają ogromnych trudności, szczególnie w warstwach granulatu (np. jednoczesny pomiar temperatury i prędkości płynu), co nie oznacza jednak, że wykonanie precyzyjnych obliczeń jest rzeczą prostą. Istniejące „narzędzia numeryczne” w większości bazują na uproszczonych modelach fizykalnych przez co uzyskiwane wyniki niejednokrotnie odbiegają od wyników pomiarów. Jednym z celów projektu jest ich udoskonalenie co pozwoli na wnikliwą analizę procesów cieplno-przepływowych zachodzących zarówno w obrębie ziaren granulatu jak i pomiędzy nimi.