

## Nowatorskie podejście do modelowania złożonych przepływów granularnych

Ciągle zaostrzane normy ochrony środowiska dotyczące konwersji energii chemicznej paliw kopalnych wymuszają od sektora energetycznego ciągłego udoskonalanie/poprawy parametrów pracy istniejących oraz budowanych jednostek wytwórczych. Jednym ze sposobów pozwalających na ograniczenie emisji szkodliwych gazów jest współspalanie tradycyjnych paliw z paliwem niskoemisyjnym np. biomasą lub szczególnego rodzaju odpadów. W celu spełnienia ściśle określonych wymogów środowiskowych w przypadku współspalania odpadów (ang. Refuse Derived Fuel - RDF) konieczne jest stosowanie zaawansowanych rozwiązań technologicznych. Wykorzystanie techniki fluidalnym jest właśnie jedną z dostępnych opcji. Fluidyzacja znalazła zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu tj. energetycznym, hutniczym, rafineryjnym, chemicznym oraz spożywczym. Proces fluidyzacji jest zorganizowany poprzez doprowadzenie gazu przez dysze znajdujące się w dolnej części komory spalania, która częściowo wypełniona jest materiałem sypkim. W sytuacji, gdy siła oporu pomiędzy gazem a materiałem zrównoważy się z siłą grawitacji następuje unoszenie się cząstek, gdzie zachowanie złoża można porównać do gotującej się wody. Dzięki gwałtownemu mieszaniu materiału, następuje znaczna intensyfikacja wymiany masy oraz ciepła, a także przyspieszenie reakcji chemicznych. Rozprowadzenie materiału w komorze spalania zapewnia wyrównany rozkład temperatury a przez to możliwe jest spełnienie stawianych wymogów zdefiniowanych w przypadku współspalania paliwa konwencjonalnego z RDF-ami.

Ważnym aspektem w przypadku dostosowywania istniejących oraz budowie nowych jednostek jest poprawna organizacja procesu spalania. W celu wizualizacji procesu fluidyzacji coraz częściej wykorzystywane są zaawansowane modele numeryczne bazujące na numerycznej mechanice płynów. Metody numeryczne pozwalają na modelowanie złożonych procesów fizyko-chemicznych zachodzących w gęstych przepływach granularnych. Modelowanie numeryczne procesu fluidyzacji, ze względu na zróżnicowane skal przestrzennych oraz czasowych nie jest zadaniem trywialnym. Zachodzące zjawiska opisane są za pomocą złożonych modeli matematycznych, których dokładność zależy od zadanych parametrów modelu.

Ze względu na złożoność aparatu matematycznego, używanego do modelowania procesu fluidyzacji jest on widziany, jako jeden z trudniejszych procesów fizycznych do poprawnego zamodelowania. Jednym z głównych wyzwań w modelowaniu procesu fluidyzacji jest konieczność budowy dokładnego, stabilnego oraz szybkiego aparatu matematycznego do przewidywania procesu kolizji pomiędzy cząsteczkami w gęstym przepływie granularnym. Obecnie stosowane techniki obliczeniowe, tj. Euler-Euler, hybrydowy model Euler-Lagrange, model dyskretny (ang. Discret Element Model –DEM *Soft or Hard Sphere*) charakteryzowane są wieloma niedoskonałościami.

Jedną z najdokładniejszych technik obliczeniowych pozwalających na dokładne śledzenie procesu kolizji pomiędzy cząsteczkami jest wykorzystanie modelu DEM. Ze względu na bardzo dużą liczbę cząsteczek śledzonych w układzie, których liczba często przekracza milion, model ten nie może być bezpośrednio stosowany do modelowania dużych procesów przemysłowych. Zaproponowane w projekcie wieloskalowe podejście, tj. ograniczenie modelu kolizji do małej objętości modelowanego złoża fluidalnego. Uzyskane wyniki, aproksymowane modelem statycznym bazującym na przestrzennej dekompozycji ortogonalnej (ang. Proper Orthogonal Decomposition) pozwalają na stworzenie modelu zastępczego (ang. *surrogate model*). Uproszczony model umożliwia uzyskanie dokładnego rozwiązania w skali czasowej znacznie znacznie mniejszej niż pełno skalowy model numeryczny stosowany w modelowaniu procesu fluidyzacji.

Proces budowy modelu numerycznego, w celu zapewnienie wymaganej, jakości dla uzyskiwanych wyników zostanie poddany procesowi walidacji oraz kwantyfikacji niepewności (ang. Validation and Uncertainty Quantification - VUQ). Cel zostanie osiągnięty poprzez stopniowe zwiększanie złożoności modelu oraz jego walidacja w oparciu o dane pomiarowe, których skala będzie adekwatna do tworzonego budowanego modelu.

