

Praca dyplomowa inżynierska

Modelowanie wpływu szybkości dozowania cieczy na stopień spienienia w procesie napełniania



Autor: Piotr Grochowiecki

Nr albumu: 268672

Promotor: prof. nzw. dr hab. inż. Łukasz Makowski

Rok akademicki: 2017/2018

Wprowadzenie

W branży dóbr szybko zbywalnych (ang. FMCG – fast-moving consumer goods) dozowanie ciekłego produktu do pojemników jest jednym z ostatnich elementów procesu przemysłowego. Różne ciecze w zależności od właściwości fizykochemicznych w trakcie dozowania mogą powodować niepożądane efekty, takie jak pienienie lub uleganie dekarbonizacji. W przypadku złego doboru parametrów dozowania może dojść do wytworzenia piany w układzie. Efekt ten jest niepożądany, ponieważ czas potrzebny na degradację piany wielokrotnie wydłużyłby cały etap dozowania. Zjawiska sprzyjające formowaniu piany to przede wszystkim złożony i burzliwy ruch cieczy prowadzący do uwięzienia kieszeni powietrza.

Cel i zakres pracy

Głównym celem niniejszej pracy jest przedstawienie wyników modelowania matematycznego procesu dozowania z wykorzystaniem obliczeniowej mechaniki płynów. Poprzez odpowiednią zmianę parametrów ograniczono do minimum niekorzystne zjawiska, takie jak uwięzienie kieszeni powietrznych oraz chlapanie. Przede wszystkim skupiono się na modelowaniu szybkości wysuwania dyszy dozującej z pojemnika. użytym narzędziem był program Fluent.

Część teoretyczna

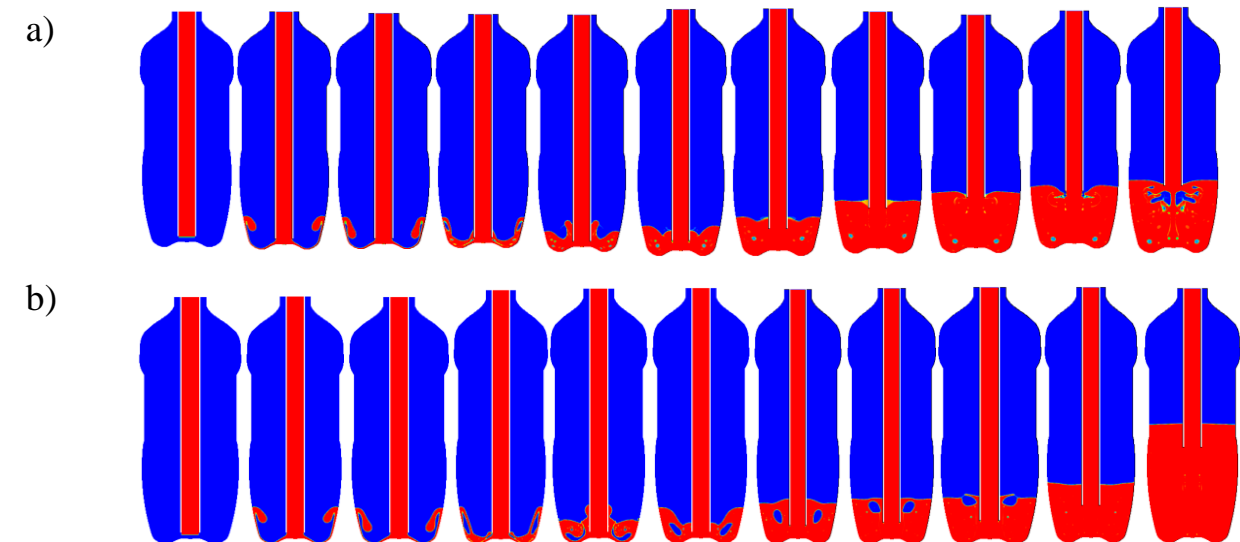
Na podstawie przeglądu literaturowego, omówiono zagadnienia związane z termodynamiką roztworów przesyconych dwutlenkiem węgla oraz kinetyką nukleacji pęcherzy tego gazu. Następnie przeanalizowano pianę jako dwufazowy układ gaz-ciecz, sposoby jej formowania oraz efekt drenażu wody. W dalszej części omówiono zjawiska prowadzące do uwięzienia gazu wokół cieczy na skutek jej złożonego ruchu. Ze szczególną uwagą przedstawiono efekty towarzyszące uderzeniu strumienia cieczy w zbiornik wypełniony tą cieczą.

Wizualizacja wyników

Do modelowania przygotowano dwa profile szybkości wysuwania dyszy dozującej:

Przypadek I. W początkowym okresie dozowania, dysza pozostaje nieruchoma; po czasie $t=0,35s$ zaczyna poruszać się z prędkością $v=3,9$ cm/s.

Przypadek II. Dysza pozostaje nieruchoma aż do czasu $t=0,5s$, później porusza się ze stałą prędkością $v=3,0$ cm/s.



Rys.1. Rozkład ułamka objętościowego wody w trakcie dozowania:
a) przypadek I, b) przypadek II.

W przypadku I (rys.1.a), początkowo dozowanie przebiega z niewielkim wzburzeniem cieczy. Woda wznosi się po ściankach butelki, a następnie zapada zamykając wokół siebie pewną ilość powietrza. Jednak efekt ten nie jest intensywny, możliwe jest wytworzenie niedużej ilości piany, która mimo to nie stanowi zagrożenia dla dalszego prawidłowego przebiegu procesu. Dochodzi jednak do sytuacji, kiedy końcówka dyszy zrównuje się z powierzchnią cieczy. W dalszym czasie ma miejsce porywanie znaczących objętości powietrza. Zjawisko sprzyja intensywnemu pienieniu, a rozpatrywany profil prędkości dyszy nie jest prawidłowy. Efekt został wyeliminowany w przypadku II.

Wnioski

W wyniku modelowania z wykorzystaniem obliczeniowej mechaniki płynów uzyskano obrazy zmian powierzchni międzyfazowej. W obydwu przypadkach, ciecz w początkowej fazie procesu jest wypychana ku ściankom butelki i wznosi się do około 1/5 jej wysokości. Wraz z upływem czasu zwiększa się objętość wody w pojemniku, a powierzchnia wody nie jest już tak złożona, jak tuż po rozpoczęciu dozowania. Przyczyną jest zatopiony wypływ z dyszy, który nie powoduje chlapania. Dla drugiego, wolniejszego profilu uzyskano zadawalające rezultaty. Ponieważ wypływ jest zatopiony przez cały czas, nie dochodzi do gwałtownej zmiany powierzchni gaz-ciecz.