

Praca dyplomowa inżynierska

Badanie efektu Joule'a-Thomsona



Autor: Mateusz Kamiński

Nr albumu: 253292

Promotor: dr inż. Piotr Machniewski

Rok akademicki: 2015/2016

Wprowadzenie

Powszechne wykorzystanie efektu Joule'a-Thomsona we współczesnym przemyśle świadczy o jego wielkim znaczeniu dla nowoczesnej gospodarki. Zjawisko to odgrywa kluczową rolę w technice skraplania gazów i chłodnictwie przemysłowym oraz znalazło zastosowanie w urządzeniach użytku domowego. Efekt ten polega na zmianie temperatury gazu dławionego w sposób izentalpowy, a więc bez wymiany ciepła i pracy z otoczeniem. Gaz przepływa przez porowate ciało lub zawór dławiący z obszaru o wyższym ciśnieniu do obszaru o ciśnieniu niższym, przy małej różnicy prędkości po obu stronach przegrody. Zmiana temperatury na wyższą lub niższą zależy od tego jaki gaz jest dławiony oraz jakie są parametry tego gazu.

Cel i zakres pracy

Podstawowym celem niniejszej pracy jest modernizacja dydaktycznego stanowiska do pomiaru współczynnika Joule'a-Thomsona w Laboratorium Termodynamiki Procesowej. Zakres pracy obejmował również zbadanie tego efektu dla wybranych gazów, a także analizę metody pomiaru i uzyskanych wyników pod względem ich dokładności. Zakres działań w celu skutecznej modernizacji stanowiska obejmuje:

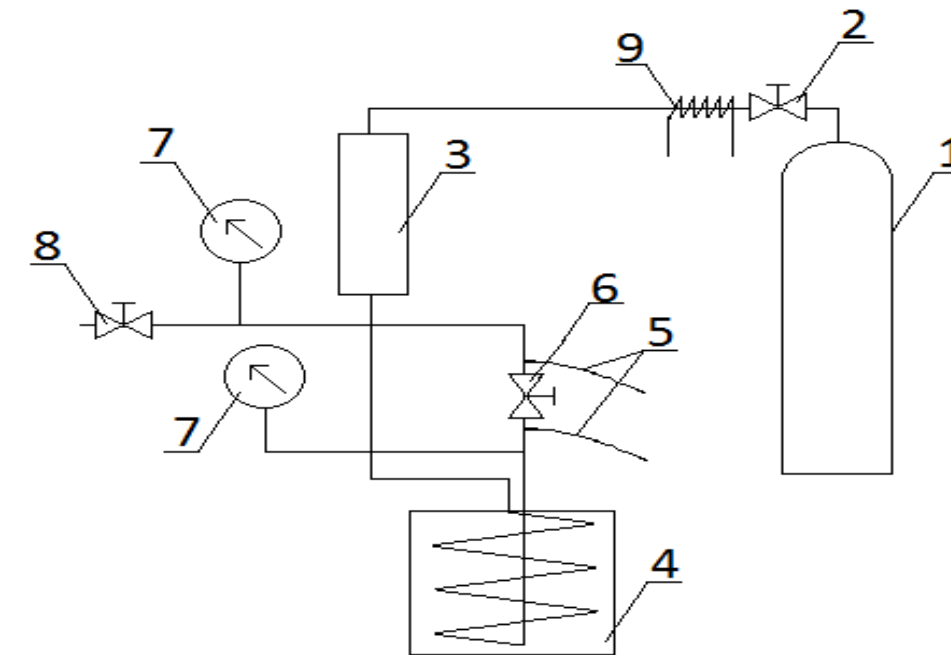
- Wykonanie pomiarów wyjściowych przy użyciu istniejącego układu (przed modernizacją);
- Porównanie obliczonych na podstawie pomiarów wartości współczynnika Joule'a-Thomsona z danymi literaturowymi i określenie przyczyn uzyskiwania błędnych wartości współczynnika;
- Krytyczna analiza możliwych rozwiązań mających na celu poprawę działania;
- Implementacja wybranych rozwiązań oraz wykonanie ponownych pomiarów, a także ocena wpływu dokonanych zmian na dokładność i poprawność uzyskanych wyników;

Część teoretyczna

W części teoretycznej wyprowadzono z wirialnego równania stanu gazu zależność na wartość współczynnika Joule'a-Thomsona, która może być stosowana dla gazów znajdujących się pod niskim ciśnieniem. Uzyskane na podstawie tej zależności wartości współczynnika zostały porównane z danymi literaturowymi, a także z wynikami obliczeń przeprowadzonych przy wykorzystaniu równania Beattie-Bridgmana. Przeprowadzono również obliczenia przebiegu krzywych inwersji wykorzystując do tego równanie Redlicha-Kwonga, równanie Martina oraz równanie Millera, a otrzymane wyniki porównano z danymi literaturowymi. Przedstawiono także zastosowanie efektu Joule'a-Thomsona we współcześnie projektowanych instalacjach, służących do skraplania i oczyszczania gazu ziemnego.

Część doświadczalna

W tej części przeprowadzono pomiary wyjściowe przy użyciu istniejącego układu. Obliczone na podstawie wyników pomiarowych wartości współczynnika Joule'a-Thomsona porównano z wartościami literaturowymi. Przeprowadzono analizę przyczyn występowania błędów pomiarowych, a także zaproponowano możliwe sposoby modernizacji układu.



Rys.1. Schemat zmodyfikowanego układu pomiarowego

Dokonano przebudowy układu pomiarowego polegającej na zastosowaniu dokładniejszej metody pomiaru różnicy temperatury, zastąpieniu elementu dławiącego o stałym oporze zaworem regulacyjnym izolowanym termicznie oraz zastosowaniu dogrzewacza gazu, który opuszcza butlę przez zawór redukcyjny. Przy pomocy zmodernizowanego układu pomiarowego wykonano serię pomiarów współczynnika Joule'a-Thomsona dla dwutlenku węgla.

Wnioski

Obliczenia przeprowadzone w części teoretycznej pozwalają stwierdzić, że zarówno równania stanu gazu rzeczywistego (równanie Redlicha-Kwonga, równanie Martina) jak i empiryczne równanie Millera w zadowalającym stopniu odwzorowują faktyczny przebieg krzywych inwersji (wg. danych literaturowych). Ponadto na podstawie przeprowadzonych dla dwutlenku węgla i powietrza obliczeń wykazano, że równanie Beattie-Bridgmana może być z dobrą dokładnością stosowane do wyznaczenia wartości współczynnika Joule'a-Thomsona. Stwierdzono znaczną poprawę zgodności wyników pomiarów tego współczynnika, przeprowadzonych dla dwutlenku węgla przy pomocy zmodernizowanego stanowiska pomiarowego, z danymi literaturowymi (średni błąd ok. 10 - 15%), co dowodzi, że zastosowane rozwiązania pozytywnie wpłynęły na dokładność wyznaczenia wartości współczynnika Joule'a-Thomsona. Wykorzystanie regulowanego zaworu w celu dławienia gazu pozwala na dostosowanie oporu przepływu do stosowanego gazu, a tym samym zwiększa stabilność działania układu i dokładność pomiarów. W przyszłości planowana jest także zmiana metody pomiaru ciśnienia przed i za elementem dławiącym, pozwalająca zwiększyć dokładność wyznaczanego współczynnika Joule'a-Thomsona.