

Wrocław 28.02.2019

STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Mgra inż. Jakuba Niechciała

Separacja ^3He z ciekłego ^4He w oparciu o efekt termomechaniczny

Promotor: dr hab. Wojciech Kempniński, prof. IFM PAN

Promotor pomocniczy: dr inż. Jarosław Poliński

Rozprawa doktorska, zatytułowana "*Separacja ^3He z ciekłego ^4He w oparciu o efekt termomechaniczny*", została zrealizowana w ośrodku badawczym Zakład Fizyki Niskich Temperatur Instytutu Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu z siedzibą w Odolanowie pod opieką naukową dr hab. Wojciecha Kempnińskiego, prof. IFM PAN, promotorem pomocniczym był dr inż. Jarosław Poliński. Praca jest podsumowaniem badań prowadzonych w ramach doktoratu i udziału w programie Narodowego Centrum Badań i Rozwoju – Innotech, realizowanym przez Konsorcjum Naukowe. W jego skład wchodziły następujące podmioty: Instytut Fizyki Molekularnej Państwowej Akademii Nauk – PGNiG SA Oddział w Odolanowie – Politechnika Wrocławska.

Izotop ^3He jest wykorzystywany w wielu dziedzinach nauki i przemysłu. Izotop ^3He w przyszłości może odegrać również ważną rolę w rozwiązywaniu problemów energetycznych naszej planety. Światowy rynek odczuwa obecnie dotkliwe braki zaopatrzenia w ten izotop. Aktualnie głównym źródłem ^3He są składy radioaktywnych produktów, w tym broni jądrowej. Poszukiwania tego rzadkiego na Ziemi izotopu obecnie rozpoczęto również na Księżycu. Brane są też pod uwagę planety naszego układu nie posiadające osłonowego pola magnetycznego. Eksploatacja tych, wprawdzie bogatych źródeł, lecz jednak bardzo odległych, będzie wymagała olbrzymich nakładów finansowych i z konieczności będzie mocno rozciągnięta nie tylko w przestrzeni ale i w czasie. Dlatego zaproponowaną metodą pozyskiwania ^3He w pracy doktorskiej jest metoda kriogenicznego rozdziału mieszaniny $^3\text{He}^4\text{He}$ poniżej temperatury przemiany lambda w ^4He , 2,18 K.

W pracy opisano ogólny proces separacji mieszaniny dwuskładnikowej. Przedstawiono sposoby separacji izotopu ^3He przy użyciu metod kriogenicznych. Omówiono także zjawisko nadciekłości ^4He . Dokonano analizy parametrów termodynamicznych wybranych etapów procesu separacji ^3He .

W części teoretycznej przedstawiono wprowadzenie do dwuptynowego modelu Tiszy i prawa Londona pod kątem wykorzystania ich do optymalizacji procesu separacji. Na podstawie literatury zaprezentowano szereg przykładów wykorzystania metod opartych na efekcie termomechanicznym do optymalizacji procesu separacji ^3He . Bazując na tych przykładach, postawiono tezę mówiącą o możliwości wykorzystania nowoczesnych nanowęglowych materiałów dekorowanych nanocząstkami Fe_3O_4 oraz ZrO_2 do podwyższenia stężenia ^3He w mieszaninie $^3\text{He}^4\text{He}$ przy użyciu efektu

termomechanicznego. Do badań użyto również sproszkowanego nadprzewodnika YBCO-123. W sposób szczególny zaprezentowano różnice pomiędzy filtrami entropowymi.

W części doświadczalnej pracy opisano metody przygotowania materiałów badawczych do procesu filtracji ^3He z mieszaniny $^3\text{He}/^4\text{He}$ na trzech stanowiskach badawczych. Omówiono przygotowanie filtrów entropowych do pomiarów przepływu masy z wykorzystaniem efektu termomechanicznego na stanowisku badawczym podwójnego szklanego dewara. Zaprezentowano przygotowania filtrów entropowych do wzbogacenia mieszaniny $^3\text{He}/^4\text{He}$ w izotop ^3He na stanowisku badawczym układu 25LHe oraz opisano przygotowanie sprasowanych wielościennych nanorurek węglowych dekorowanych tlenkiem żelaza do pomiarów skuteczności mieszaniny $^3\text{He}/^4\text{He}$ w izotop ^3He na stanowisku badawczym separatora półprzemysłowego. Scharakteryzowano wszystkie trzy stanowiska badawcze pod kątem konstrukcyjnym jak również możliwym do uzyskania na nich stopniem wzbogacenia mieszaniny $^3\text{He}/^4\text{He}$ w izotop ^3He .

W końcowej części pracy przedstawiono procedurę pomiarową stężenia ^3He przy użyciu spektrometru masowego. W pracy przedstawiono własne wyniki badań wzbogacenia mieszaniny $^3\text{He}/^4\text{He}$ w izotop ^3He przy użyciu materiałów rurek nanowęglowych z dekoracją Fe_3O_4 oraz ZrO_2 . W badaniach laboratoryjnych uzyskano wzrost koncentracji izotopu dla nanorurek węglowych dekorowanych tlenkiem cyrkonu oraz nadprzewodnika wysokotemperaturowego YBCO-123. W badaniach przemysłowych wykazano możliwość uruchomienia ciągłego procesu separacji ^3He . W procesie tym uzyskano wzrost koncentracji izotopu ^3He z użyciem filtra entropowego wykonanego ze sprasowanych nanorurek węglowych dekorowanych magnetycznym Fe_3O_4 .

W podsumowaniu dysertacji zawarto wnioski mówiące o tym, że zrealizowano wszystkie cele pracy doktorskiej i wykazano prawdziwość jej tezy.

Jakub
Wlecharz