ผลกระทบของสัดส่วนเชิงปริมาตรและความดันการฉีดต่ออันตรกิริยาระหว่างไนโตรเจนเหลวกับน้ำ

นายอุริช อัชชโคสิต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546
ISBN 974-17-3688-6

EFFECT OF VOLUMETRIC RATIO AND INJECTION PRESSURE ON LIQUID NITROGEN-WATER INTERACTION

Mr. Urith Archakositt

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Doctor of Engineering in Nuclear Technology

Department of Nuclear Technology

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic year 2003

ISBN 974-17-3688-6

Thesis Title	Effect of Volumetric Ratio and Injection Pressure on Liquid Nitrogen-Water Interaction
By	Urith Archakositt
Field of Study	Nuclear Technology
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Tatchai Sumitra
Thesis Co-advisor	Assistant Professor Dr. Sunchai Nilsuwankosit

---

Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Doctor's Degree

..... Dean of the Faculty of Engineering
(Professor Dr. Somsak Panyakeow)

THESIS COMMITTEE

..... Chairman
(Associate Professor Virul Mangclavirat)

..... Thesis Advisor
(Associate Professor Dr. Tatchai Sumitra)

..... Thesis Co-advisor
(Assistant Professor Dr. Sunchai Nilsuwankosit)

..... Member
(Associate Professor Dr. Supitcha Chanyotha)

..... Member
(Assistant Professor Dr. Visit Thaveeprungsriporn)

..... Member
(Associate Professor Dr. Asi Bunyajitradulya)

..... Member
(Associate Professor Dr. Takatoshi Takemoto)

อุริช อัชชโคสิต : ผลกระทบของสัดส่วนเชิงปริมาตรและความดันการฉีดต่ออันตรกิริยาระหว่างไนโตรเจนเหลวกับน้ำ. (EFFECT OF VOLUMETRIC RATIO AND INJECTION PRESSURE ON LIQUID NITROGEN-WATER INTERACTION) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ธัชชัย สุมิตร, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.ดร. สัญชัย นิลสุวรรณโฆษิต, 217 หน้า. ISBN 974-17-3688-6.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาอันตรกิริยาระหว่างเชื้อเพลิงและสารหล่อเย็นที่อุณหภูมิต่ำ โดยมีน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเชื้อเพลิงและไนโตรเจนเหลวที่สภาวะอิ่มตัวภายใต้ความดันบรรยากาศเป็นสารหล่อเย็น การทดลองกระทำโดยการฉีดน้ำผ่านท่อนำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑.๕ เซนติเมตร ลงไปในท่อทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๑๐ เซนติเมตร ความสูง ๑ เมตร ที่มีไนโตรเจนเหลวบรรจุอยู่ภายในจำนวน ๒๐๐๐ ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยทำการศึกษาผลกระทบจากพารามิเตอร์ที่สำคัญ ๒ ค่าคือ สัดส่วนเชิงปริมาตรของน้ำต่อไนโตรเจนเหลวและความดันการฉีด สัดส่วนเชิงปริมาตรที่ใช้มีค่า ๐.๐๕ ๐.๑๐ ๐.๑๕ และ ๐.๒๐ และความดันการฉีดมีขนาด ๒ บาร์เกจ ๓ บาร์เกจ และ ๔ บาร์เกจ

ผลการทดลองพบว่า ความดันที่บันทึกได้ระหว่างการทดลองภายใต้เงื่อนไขต่างๆมีทั้งลักษณะที่เป็นคลื่นยอดแหลมปรากฏชัดเจนและที่ไม่ปรากฏให้เห็นเป็นยอดแหลม ความดันที่เป็นคลื่นยอดแหลมมีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงถึง ๒๕ บาร์ต่อวินาที ตรงกันข้าม ความดันที่ไม่ปรากฏให้เห็นเป็นยอดแหลมมีอัตราการเพิ่มขึ้นเพียง ๐.๒ บาร์ต่อวินาที ซากน้ำแข็งที่สังเกตได้หลังการทดลองกับลักษณะความดันที่เป็นคลื่นยอดแหลมแสดงถึงการเกิดอันตรกิริยาอย่างรุนแรงระหว่างน้ำและไนโตรเจน เมื่อเปรียบเทียบเวลาที่แตกต่างกันระหว่างทรานสดิวเซอร์ความดันที่ด้านล่างและด้านบนของระบบสำหรับยอดความดันเดียวกันพบว่า ความดันที่เป็นคลื่นยอดแหลมแผ่ออกไปและมีอัตราเร็วเทียบกันได้กับอัตราเร็วเสียงในทางทฤษฎีของของผสมเอกพันธุ์ระหว่างของเหลวและก๊าซ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 26 ถึง 50 เมตรต่อวินาที ภายใต้เศษส่วนที่ว่างระหว่าง 0.1 ถึง 0.9 การเกิดขึ้นของความดันที่เป็นคลื่นยอดแหลมมีอัตราเร็วเข้าใกล้อัตราเร็วเสียงนี้ยืนยันว่ายอดความดันที่ได้เป็นคลื่นกระแทกเนื่องจากการระเบิดเป็นไอของไนโตรเจนเหลว

ผลที่ได้นี้แสดงว่าการระเบิดเป็นไอมีความเป็นไปได้จากอันตรกิริยาระหว่างน้ำกับไนโตรเจน และมีคุณลักษณะคล้ายคลึงกับที่เกิดขึ้นในอันตรกิริยาระหว่างเชื้อเพลิงนิวเคลียร์หลอมละลายที่อุณหภูมิสูงกับสารหล่อเย็น อาศัยแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับอันตรกิริยาที่อุณหภูมิสูง (TEXAS) ซึ่งปรับและประยุกต์เพื่อใช้จำลองปรากฏการณ์ผสมกันระหว่างน้ำและไนโตรเจนเหลว พบว่ามีความสอดคล้องกันกับช่วงการผสมกันของน้ำและไนโตรเจนที่สังเกตได้จากการทดลอง แต่ไม่พบว่าเกิดความดันที่เป็นคลื่นยอดแหลม ซึ่งชี้ว่าลักษณะการเกิดความดันที่เป็นคลื่นยอดแหลมจากการทดลองดังกล่าวมิได้เป็นผลจากปรากฏการณ์ผสมกันแต่น่าจะเป็นผลจากอันตรกิริยาที่รุนแรงกว่า

จากผลการศึกษานี้ แผนผังแสดงแนวโน้มการเกิดอันตรกิริยาอย่างรุนแรงเช่นการระเบิดเป็นไอระหว่างน้ำและไนโตรเจนเหลวจึงถูกจัดสร้างขึ้น เพื่อใช้ทำนายผลกระทบจากสัดส่วนเชิงปริมาตรของน้ำและไนโตรเจนเหลวและค่าความดันการฉีดน้ำต่ออันตรกิริยาระหว่างน้ำและไนโตรเจนเหลว

ภาควิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี	ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา	วิศวกรรมนิวเคลียร์	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา	๒๕๔๖	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

C1827621 : MAJOR NUCLEAR ENGINEERING
KEY WORD: VAPOR EXPLOSION / FUEL COOLANT INTERACTION / CRYOGENIC / SEVERE ACCIDENT / NUCLEAR SAFETY

URITH ARCHAKOSITT : EFFECT OF VOLUMETRI RATIO AND INJECTION PRESSURE ON LIQUID NITROGEN-WATER INTERACTION. THESIS ADVISOR : ASSC. PROF. TATCHAI SUMITRA, THESIS COADVISOR : ASST. PROF. SUNCHAI NILSUWANKOSITT, 217 pp. ISBN 974-17-3688-6.

To study the fuel-coolant interaction (FCI) at the low temperature, the water and the liquid nitrogen were used respectively as the molten fuel and the coolant. To initiate the interaction, the water at room temperature in a storage was injected via a 1.5-cm diameter guide tube into the 10-cm diameter and 1-m height cylindrical chamber to come into contact with the 2000-cc liquid nitrogen at atmospheric saturation. The experiments were conducted with two key parameters, the water/liquid nitrogen volumetric ratio and the water injection pressure, to study their effects on the interaction. The volumetric ratios were 0.05, 0.10, 0.15 and 0.20 with the injection pressure of 2, 3, and 4 bar (g).

The pressure recorded during the experiments showed the profiles with the observable pressure spikes and without. The maximum pressurization rate of the spike was up to 25 bar/s. On the other hand, it was 0.2 bar/s without the spike. Ice debris collected post experiments and the pressure profiles with spikes suggested the strong interaction between the water and the liquid nitrogen. The occurrence of the spikes and their inceptions recorded by two pressure transducers at different heights also indicated the pressure wave propagation. The propagation velocities due to the observed strong interactions were comparable with the theoretical sound speed of the liquid/vapor nitrogen mixture, which ranged from 26 to 50 m/s with the void fraction of 0.1 to 0.9. Such velocities confirmed that the pressure spikes were the shock wave caused by the vapor explosion of liquid nitrogen.

These results suggested the possibility of the vapor explosion-liked interaction between the water and the liquid nitrogen like that observed in the FCI at the high temperature. The experiments also were simulated by an available FCI code, TEXAS, modified for the mixing phase of water and liquid nitrogen. The simulations agreed with the mixing experiments and did not exhibit any pressure spike. It indicated that the spike was not the result from the mixing process but from the more violent process.

Finally, the interaction zone of the vapor explosion-liked interaction was created to predict the effect of the volumetric ratio and the injection pressure on the liquid nitrogen-water interaction.

Department	Nuclear Technology	Student's signature Urith A.
Field of study	Nuclear Technology	Advisor's signature Tatchai Sumitra
Academic year	2003	Co-advisor's signature

Acknowledgements

The author is really indebted to the Thailand Research Fund for its financial support and would like to express his gratitude to Assc. Prof. Dr. Tatchai Sumitra, Assc. Prof. Nares Chankow, and Asst. Prof. Dr. Sunchai Nilsuwankosit for giving the most precious chance to the author to join the Ph.D. program at Chulalongkorn University. The author also would like to thank Asst. Prof. Dr. Sunchai Nilsuwankosit for his guidance and valuable discussions during the whole course. The author is deeply appreciated to Assc. Prof. Virul Mangclavirat, Assc. Prof. Dr. Tatchai Sumitra, Assc. Prof. Dr. Supitcha Chanyotha and Asst. Prof. Dr. Visit Thaveeprungsriporn for their contribution and continuously following up the author's progress. The author also would like to thank Assc. Prof. Dr. Asi Bunyajitradulya, and Assc. Prof. Dr. Takatoshi Takemoto for their kind acceptance to review and enter to the author's examination. Prof. Dr. Michael L. Corradini, who gave the original TEXAS code to the author, is the one the author would like to thank for.

All of the work has been done at the Department of Nuclear Technology, Chulalongkorn University. The author is appreciated for the space and some basic facilities provided for the author to conduct his experiment. Even though some difficulties still exist due to the limitation of the resources, in turn such a difficult environment forges the strength and honor in the author's mind to keep his promise to both of his advisors until his success.

The author would like to express his gratitude to Assc. Prof. Chyagrit Siri-Upathum, Assc. Prof. Suvit Punnachaiya, Assc. Prof. Somyot Srisatit, Asst. Prof. Attaporn Pattarasumant, Mr.Decho Thong-Aram, Assc. Prof. Siriwattana Bunchorndhewakul, Mr.Bancha Ounpanich, Dr. George Bereznai and all other professors in the department who educate the author in nuclear engineering and guiding both systematic and creative way of thinking to the author.

Thank Ms.Puchawadee Kiewrod, Ms.Temsiri Pomprapha, Ms.Pinyaphat Srikrishna, Mr.Wasan Amphuchinee, Mr.Soodkhet Imlao, Ms.Supalak Luadlai, Mr.Prasit Siritiprussamee, Mr.Kanpong Choophan, Mr.Chadet Yenchai, Ms.Napalai Kumsrimuang, Ms.Kwanchanok Chansawang, Mr.Anurak Bannasak, Ms.Saraparn Pojchanachai, Ms.Patrisa Pumpruek, Mr.Narai Ratanapirojkajee, Ms.Chutima Kranrod, Mr.Sarawut Prommed, Mr.Thananchai Piroonpan, Ms.Wanvimol Pasanapan, Mr.Oranop Boonpattanaporn, Mr.Kittisak Kosolwantana, Mr.Paisan Temsinvanich, Mr.Chaiwat Muncharoen, Ms.Warangkana Homchan, Mr.Tanasun Nirunrach, Mr.Uaychai Taweechaipaisankul, Mr.Hudsaleark Neam-in, Ms.Ampai, Mr.Akekarat Rittiniam, Ms.Rattanapond Gulchusak and Ms.Rapeapohn Chokwanich for spending the time doing many unforgettable activities and charging the battery of life to each other.

Finally, the author would like to thank all members of his family, Asst. Prof. Dr. Monvipa Anantasetkul, Ms.Oranee Varasumanta, and his friends for being patient and looking after the health of the author until this moment of time.

Contents

Contents (Continued)

Contents (Continued)

Contents (Continued)

List of Tables

List of Figures

List of Figures (continued)

List of Figures (continued)

List of Figures (continued)

List of Figures (continued)

List of Figures (continued)

List of Figures (continued)

List of Figures (continued)