



สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)
Synchrotron Light Research Institute (Public Organization)
เอกสารความรู้ (knowledge documents)

ประเภทเอกสาร

- TR: รายงานเชิงเทคนิค (TECHNICAL REPORT)
 TN: รายงานเชิงเทคนิค (ฉบับย่อ) (TECHNICAL NOTE)
 MN: คู่มือการดำเนินงาน (Operation Manual) / คู่มือการใช้งาน (Instruction Manual) /
แผนปฏิบัติการ (Operation Plan)

หมายเลขเอกสาร(For QDS) KM Document No.	SLRI-TN-2025-175
ชื่อเรื่อง Title	การบำรุงรักษาระบบทำไอเย็นจากไนโตรเจนเหลวในกรณีเกิดเกล็ดน้ำแข็งเกาะบริเวณปลายหัวฉีดไนโตรเจนเหลว
ชื่อฝ่าย Department	ฝ่ายระบบลำเลียงแสง
วันที่เผยแพร่ Release date	21 พฤศจิกายน 2568
ระดับการเปิดเผยข้อมูล Level of Disclosure	<input type="checkbox"/> ข้อมูลในรายงานเป็นความลับ (Undisclosed)
	<input type="checkbox"/> เปิดเผยข้อมูลเฉพาะภายในฝ่ายหรือส่วนงาน (Information can be disclosed within department/section)
	<input type="checkbox"/> เปิดเผยข้อมูลได้สำหรับพนักงานของสถาบันฯ และอนุญาตให้บันทึกข้อมูลเข้าเป็นส่วนหนึ่งของระบบ Knowledge Management ภายในสถาบันฯ (Information can be disclosed for SLRI staffs and can be part of SLRI's Knowledge Management System)
	<input checked="" type="checkbox"/> เปิดเผยข้อมูลได้เพื่อเป็นองค์ความรู้สาธารณะ เช่นเว็บไซต์ของสถาบันฯ (Information is available for public)
คำสำคัญ Keyword	Beamline 7.2W: MX, cryostream, cryojet, Oxford Cryosystem

รายชื่อผู้จัดทำรายงานหรือผู้ดำเนินโครงการ (Name)	ส่วนร่วมในการปฏิบัติงานในโครงการ Responsible tasks in the project
ดร. จักรีรดา อัครธัญญา	ติดตามการทำงานของเครื่องมือ ปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญ เขียนรายงานเชิงเทคนิค
ดร. รัตนา เจริญวัฒนาเสถียร	ติดตามการทำงานของเครื่องมือ
น.ส.นฤมล ไม้ทอง	ระบุปัญหา ทดสอบการใช้งาน ติดตามการทำงานของ เครื่องมือ
นายสรารุณี หงวนกระโทก	ระบุปัญหา ทดสอบการใช้งาน บำรุงรักษาเครื่องมือ ติดตามการทำงานของเครื่อง

บทคัดย่อ

ระบบลำเลียงแสง BL7.2W: Macromolecular Crystallography (MX) ของสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอนใช้ระบบทำไอเย็นจากไนโตรเจนเหลวรุ่น Cryostream 700 ของบริษัท Oxford Cryosystems เพื่อรักษาอุณหภูมิตัวอย่างผลึกโปรตีนที่ประมาณ 100 K ระหว่างการเก็บข้อมูลการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ อย่างไรก็ตาม ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2562 พบปัญหาเกล็ดน้ำแข็งเกาะบริเวณปลายหัวฉีดไนโตรเจนเหลว ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของอุณหภูมิและคุณภาพของข้อมูลที่เก็บได้ รายงานฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สาเหตุและนำเสนอแนวทางการบำรุงรักษาระบบทำไอเย็นดังกล่าว โดยดำเนินการตรวจสอบทั้งทิศทางของปลายหัวฉีด สภาวะแวดล้อม อัตราการไหลของไอเย็น ตลอดจนสภาพการทำงานของ Dry Air Unit (AD51) ผลการตรวจสอบร่วมกับคำแนะนำจากบริษัทผู้ผลิตพบว่าสาเหตุหลักมาจากการอุดตันและการกัดกร่อนภายในตัวกรองอากาศ (De-pressurisation filter) ซึ่งไม่ได้รับการทำความสะอาดและบำรุงรักษามาเป็นเวลานานกว่าสิบปี จึงได้ทำการเปลี่ยนเครื่องทำอากาศแห้งสำรองมาทดแทน พร้อมทดสอบการทำงานเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าสามารถขจัดปัญหาเกล็ดน้ำแข็งเกาะปลายหัวฉีดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบ Cryostream สามารถกลับมาทำงานได้เป็นปกติ ผลจากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การตรวจสอบและเปลี่ยนอะไหล่ที่เสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน เพื่อให้ระบบทำไอเย็นทำงานได้อย่างต่อเนื่องและน่าเชื่อถือ รองรับการให้บริการผู้ใช้บนลำเลียงแสง BL7.2W: MX และระบบ cryosystem ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันในอนาคต

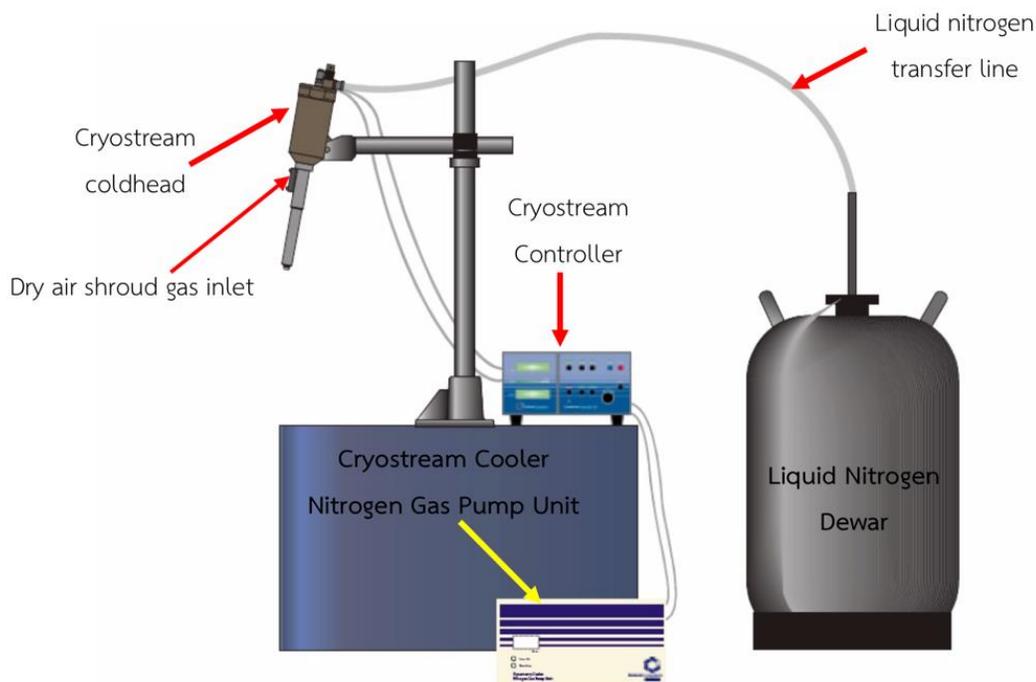
1. บทนำ



รูปที่ 1 ระบบทำไอเย็นจากไนโตรเจนเหลว ณ ปลายสถานีทดลองที่ระบบลำเลียงแสง BL7.2W: MX

ระบบลำเลียงแสง BL7.2W: Macromolecular Crystallography (MX) ได้ใช้ระบบทำไอเย็นจากไนโตรเจนเหลวของบริษัท Oxford Cryosystems รุ่น Cryostream 700 โดยเครื่องมือดังกล่าวติดตั้งที่ปลายสถานีทดลองของระบบลำเลียงแสง ซึ่งปลายหัวฉีด (Cryostream Cooler Coldhead) จะถูกวางใกล้ตำแหน่งของตัวอย่างผลึกโปรตีน ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยทำหน้าที่ให้ความเย็นแก่ตัวอย่างผลึกโปรตีน ซึ่งตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 100 เคลวิน เพื่อป้องกันไม่ให้ผลึกโปรตีนเสียหายอันเกิดจากลำแสงรังสีเอ็กซ์ (Radiation damage) ในระหว่างทำการทดลองเก็บข้อมูลการเลี้ยวเบน

การทำงานของระบบไอเย็น ดังแสดงในรูปที่ 2 ไนโตรเจนเหลวจะถูกปั๊มจากถังเก็บ (Supply Vessel) ไปยังปลายหัวฉีด โดยจะมีอุปกรณ์ทำความร้อน (Evaporator Heater) ทำหน้าที่เปลี่ยนสถานะไนโตรเจนเหลวกลายเป็นไอเย็น และรักษาอุณหภูมิคงที่ 100 เคลวิน โดยมีอัตราการไหล (flow rate) ของไอเย็นอยู่ระหว่าง 10-12 ลิตรต่อนาที ซึ่งใช้ไนโตรเจนเหลวในอัตรา 0.6 และ 1.2 ลิตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 2 ระบบ Cryostream Cooler

ปัญหาทางเทคนิค

ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2562 พบว่า เมื่อ Cryostream cooler ทำงานได้ระยะหนึ่ง พบว่า มีเกล็ดน้ำแข็งเกาะทบริเวณปลายหัวฉีดไนโตรเจน แสดงดังรูปที่ 3 เมื่อตรวจสอบระบบการทำงานของ controller ท่อส่งไนโตรเจนเหลวและสถานะแวดล้อมโดยรอบเบื้องต้นพบว่าระบบทำงานปกติ ณ อุณหภูมิ 100 เคลวิน รวมทั้ง flow rate ด้วยความเร็วปกติ



รูปที่ 3 รูปแสดงปัญหาเกล็ดน้ำแข็งเกาะบริเวณปลายหัวฉีดไนโตรเจนเหลว

2. วัตถุประสงค์

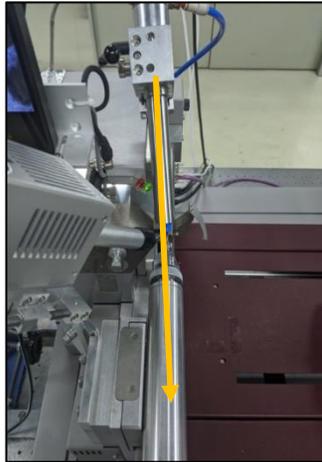
1. แก้ปัญหาการเกิดเกล็ดน้ำแข็งเกาะปลายหัวฉีดไนโตรเจนเหลว และระบุสาเหตุต่าง ๆ ของการเกิดปัญหานี้
2. เสนอแนวทางการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เพื่อป้องกันเกิดปัญหาอีกครั้งในอนาคต

3. วิธีการดำเนินงาน

เบื้องต้นทำการตรวจสอบระบบทำไอเย็น เพื่อหาสาเหตุ และระบุปัญหาทางเทคนิคที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า ทิศทางของปลายหัวฉีดเบนออก หรือระบบไหลเวียนของลมโดยรอบเปลี่ยนแปลง หรืออุณหภูมิ/ความชื้นโดยรอบเปลี่ยนแปลงเฉียบพลัน หรืออาจเป็นสาเหตุอื่นๆ ได้ โดยประสานงานกับทางบริษัทที่เป็นผู้จำหน่ายระบบทำไอเย็น (Oxford Cryosystems)

3.1 ปัญหาทิศทางของปลายหัวฉีดไนโตรเจนเปลี่ยนแปลง อาจเกิดขึ้นในระหว่างซ่อมแซมเครื่องควบคุม Goniometer ซึ่งกล่องส่วนควบคุมนั้นอยู่ติดกับท่อหัวฉีดไนโตรเจน อาจเกิดการขยับก้านท่อหัวฉีด ทำให้เกิดทิศทางของปลายท่อเบี้ยว

การแก้ปัญหา เช็คแนวทิศของปลายท่อ พร้อมกับกล่องส่วนควบคุมว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

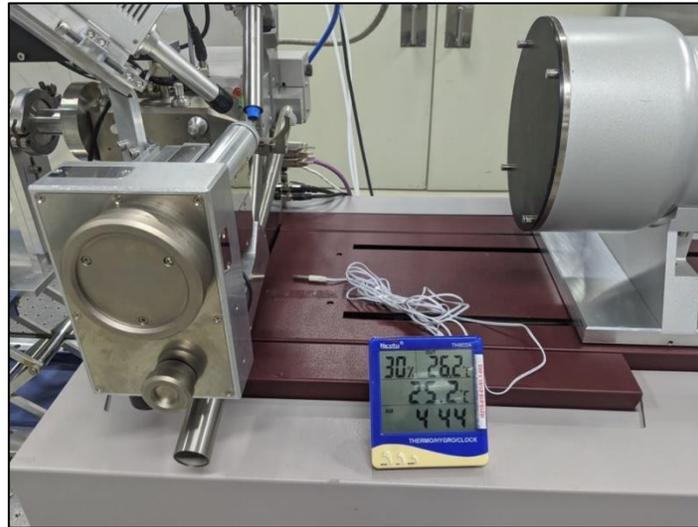


รูปที่ 4 แสดงแนวทิศทางของปลายท่อหัวฉีดไนโตรเจนเหลว

เมื่อทำการตรวจสอบตามข้อ 2.1 ตามสันนิษฐานเบื้องต้น ยังคงพบปัญหาเดิม

3.2 ปัญหาอัตราการไหล (flow rate), อุณหภูมิ และความชื้นโดยรอบเปลี่ยนแปลง อาจเกิดขึ้นจากระบบเปิดของปลายสถานีทดลอง และภายในห้องมีตู้ของระบบควบคุมหัววัดรังสีเอกซ์ CCD และระบบทำไอเย็นจากไนโตรเจนเหลว ซึ่งระบบดังกล่าวจะปล่อยความร้อนออกมาตลอดเวลาขณะที่ทำงาน และไม่มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ อาจทำให้สภาวะแวดล้อมในห้องปลายสถานีทดลองมีความแปรปรวน ส่งผลกระทบต่อการควบแน่นของไอน้ำ ณ ปลายหัวฉีดไนโตรเจน

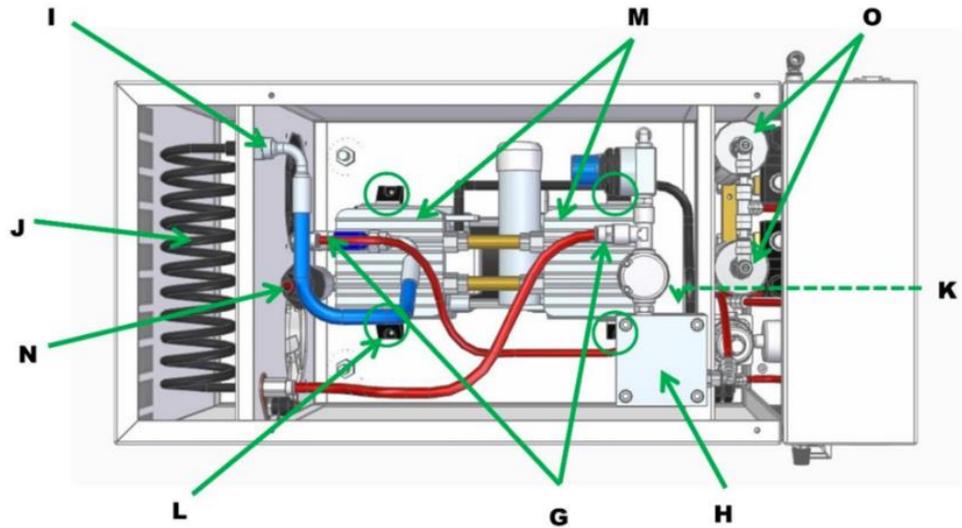
การแก้ปัญหา ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น ทำการวัดบริเวณปลายหัวฉีด เทียบกับสภาวะแวดล้อมรอบห้องปลายสถานีทดลอง



รูปที่ 5 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นวัดบริเวณปลายหัวฉีดไนโตรเจน

ผลจากการวัดปรากฏว่า ไม่ค่อยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยอุณหภูมิต่างกันไม่เกิน 3 องศาเซลเซียส และความชื้นยังคงเท่าเดิม

3.3 ปัญหาอาจเกิดจากความผิดปกติของเครื่อง Dry air unit หรือชุดปั๊ม Cryostream Cooler Nitrogen Gas Pump Unit จึงทำการติดต่อยังบริษัท Oxford Cryosystems สอบถามถึงสาเหตุของปัญหาเกล็ดน้ำแข็งเกาะปลายหัวฉีด และทางบริษัทชี้แจงว่า สาเหตุอาจเกิดจากอะไหล่บางส่วนภายในเครื่อง Dry air unit (AD51) พร้อมกับแนบคู่มือเปิดและตรวจสอบเครื่อง AD51 ดังเอกสารแนบในเอกสารอ้างอิง



- G. Gas Tubing
- H. Delivery Filter Head
- I. Compressor Delivery Hose
- J. Aftercooler
- K. Compressor Power Connector
- L. 4x Rubber Mounts
- M. Compressor Cylinder Heads
- N. Inlet Filter
- O. Drying Columns

Figure 2 - AD51 Internal View

รูปที่ 6 แผนผังอะไหล่ภายในเครื่องทำอากาศแห้ง (AD51)

ทางแก้ปัญหา ได้ให้คุณสรวิทย์ หงวนกระโทก เจ้าหน้าที่ส่วนระบบอิเล็กทรอนิกส์ของสถาบันฯ ทำการเปิดและตรวจสอบอะไหล่ที่ละส่วนภายในเครื่อง AD51 ดังแสดงในรูปที่ 6 จึงพบสาเหตุของปัญหาคือการอุดตันและการขึ้นสนิมภายในหลอด De-pressurization filter ดังรูปที่ 7 อันเกิดจากไม่เคยทำความสะอาดมากกว่า 10 ปีตั้งแต่ติดตั้งเครื่องทำไอเย็น จึงได้ทำการประสานงานยังบริษัทผู้จำหน่ายเพื่อจัดซื้ออะไหล่มาทดแทน



รูปที่ 7 De-pressurization filter แสดงการอุดตันและการขึ้นสนิมภายในหลอด

จากการค้นพบสาเหตุและทำการประสานงานยังบริษัทผู้จำหน่าย Oxford Cryosystem เพื่อทำการซื้อ อะไหล่มาทดแทนซึ่งคาดว่าจะต้องใช้เวลาอย่างน้อย 1 เดือน ในขณะที่เดียวกันมีเครื่องทำอากาศแห้งใหม่ที่ถูกติดตั้งภายใน ปลายสถานีทดลองดังรูปที่ 8 จึงทำการถอนสายเชื่อมต่อกับเครื่องทำอากาศแห้ง (AD51) มาเชื่อมต่อกับเครื่องทำ อากาศแห้งใหม่ และทำการทดสอบระบบ cryostream เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ระบบทำไอเย็นจาก ไนโตรเจนเหลวทำงานได้ปกติ โดยไม่เกิดปัญหาเกล็ดน้ำแข็งเกาะบริเวณปลายของหัวฉีดไนโตรเจนอีก จึงใช้เครื่องทำ อากาศแห้งตัวใหม่ทดแทนตัวเดิมต่อไป



รูปที่ 8 เครื่องทำอากาศแห้งที่ติดตั้งภายในปลายสถานีทดลองที่ 7.2W

4. ผลลัพธ์ และอภิปรายผล

เมื่อพบปัญหาทางเทคนิคที่ทำให้ระบบทำไอเย็นจากไนโตรเจนเหลว ซึ่งก่อให้เกิดเกล็ดน้ำแข็งเกาะปลายหัวฉีด อันเกิดจากการอุดตันของ air filter ภายใน Dry Air Unit จึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการแก้ปัญหาโดยเร็วที่สุด จากการหาสาเหตุและปัญหาที่อาจเป็นไปได้ ทำให้เกิดแนวทางการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่เช็คตำแหน่งหัวฉีดไอไนโตรเจนเหลว ตรวจสอบชุดเครื่องปั๊มอากาศ ตลอดจนตรวจสอบสถานะแวดล้อมโดยรอบภายในปลายสถานีทดลอง จนกระทั่งการตรวจสอบเครื่องทำอากาศแห้ง AD51 นำไปสู่การเปลี่ยนตัว Air filter ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาทางเทคนิคที่เกิดขึ้น โดยหลังจากเชื่อมต่อกับเครื่องทำอากาศแห้งถาวรที่ติดตั้งภายในปลายสถานีทดลองที่ 7.2W พบว่าระบบ Cryostream cooler สามารถกลับมาทำงานได้เป็นปกติ

6. สรุปผล

ระบบทำไอเย็นจากไนโตรเจนเหลว Cryostream Cooler ซึ่งติดตั้ง ณ ปลายสถานีทดลองของระบบลำเลียงแสงที่ 7.2W: MX ซึ่งใช้งานมาเป็นเวลานาน และขาดการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ เมื่อเกิดความผิดปกติในการทำงานของระบบทำไอเย็น ควรทำการสังเกตการทำงานของอุปกรณ์ และส่วนประกอบต่างๆ ของระบบและทำการแก้ไขเบื้องต้นจากสมมติฐานที่เป็นไปได้ จนสามารถพบสาเหตุความผิดปกติที่เกิดขึ้นได้โดยเกิดจากความเสื่อมและการอุดตันของตัว Air filter ภายในเครื่องทำอากาศแห้ง (AD51) ตามอายุการใช้งาน เมื่อมีการเปลี่ยนใช้เครื่องทำอากาศแห้งตัวใหม่ จึงทำให้ระบบทำไอเย็น สามารถกลับมาทำงานได้เป็นปกติ

7. กลุ่มผู้ใช้ประโยชน์

เจ้าหน้าที่และผู้ให้บริการที่ใช้ระบบ Cryostream ณ ระบบลำเลียงแสงที่ 7.2W: MX รวมทั้งระบบลำเลียงแสงอื่นที่ใช้ระบบ cryosystem ใกล้เคียง

เอกสารอ้างอิง

- 700 Series Cryostream Cooler Operation & Instruction Guide 5.2 from OXFORD CRYOSYSTEMS.
- Tech Note Number 3202: AD51 – Service Instructions provided from Oxford Cryosystems