การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 64
The 64th Kasetsart University Annual Conference

การพัฒนาและการทดสอบบรรจุภัณฑ์พลุวัสดุธรรมชาติที่ใช้ในการทำฝนเมฆเย็น

Development and Evaluation of Packaging Designs for Natural Substance Cold Cloud Seeding Powder Flare

ศิริเพ็ญ สมเรือน*, ฉันติ เดชโยธิน, ศรีธรรม ดั่นประดิษฐ์, อริสรา นาคบุรี, จตุรภรณ์ ลีนานนท์
กรมฝนหลวงและการบินเกษตร กรุงเทพฯ 10900
*Corresponding author. E-mail address: siripen888@gmail.com

บทคัดย่อ

พลุวัสดุธรรมชาติในการทำฝนเมฆเย็นถูกติดตั้งที่อากาศยานปรับความดัน ปฏิบัติการบนสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง อุณหภูมิและความดันบรรยากาศต่ำมาก จึงจำเป็นต้องออกแบบบรรจุภัณฑ์พิเศษเพื่อให้ทนต่อสภาพอากาศได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและทดสอบบรรจุภัณฑ์พลุสำหรับบรรจุสาร Natural Ice Nuclei (NIN) โดยออกแบบบรรจุภัณฑ์พลุโมเดล A, B และ C ทดสอบด้วยการจำลองสภาพอากาศที่คล้ายคลึงกับการทำฝนเมฆเย็น พบว่าพลุโมเดล A และ B ไม่สามารถขับดันสาร NIN ได้ แต่พลุโมเดล C มีประสิทธิภาพการขับดันสาร NIN 100% จากนั้นนำพลุโมเดล C ทดสอบภาคอากาศ พบว่าพลุโมเดล C มีการขับสาร NIN 100% จากภาพเอกซเรย์ภายในพลุโมเดล C ที่ผ่านสภาวะจำลองการทำฝนเมฆเย็น พบว่าสาร NIN อยู่หนาแน่นบริเวณฝาปิดท้ายกระสุน ดังนั้น บรรจุภัณฑ์พลุโมเดล C ที่มีวัสดุแกนกระทุ้งที่แข็งแรง จึงสามารถขับดันสาร NIN ที่อยู่หนาแน่นบริเวณฝาปิดท้ายกระสุนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าพลุโมเดล A และ B

คำสำคัญ: การทดสอบบรรจุภัณฑ์พลุ, การทำฝนเมฆเย็น, แกนน้ำแข็งวัสดุธรรมชาติ, บรรจุภัณฑ์พลุวัสดุธรรมชาติ

คำนำ

การดัดแปรสภาพอากาศในเมฆเย็น นิยมใช้ซิลเวอร์ไอโอไดด์ (AgI) เป็นแกนน้ำแข็งและทำให้เกิดฝนตกจากเมฆเย็น ซึ่งมีการใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศ[1] อย่างไรก็ตาม AgI เป็นสารประกอบของโลหะ เมื่อเกิดการสะสมของ AgI ในดินและแหล่งน้ำ อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศ หรือสิ่งแวดล้อมในระยะยาว[2],[3]

กรมฝนหลวงและการบินเกษตร มีการใช้พลุ AgI แบบ Ejectable Flare เพื่อทำฝนจากเมฆเย็นและยับยั้งพายุลูกเห็บ และได้พัฒนาพลุวัสดุธรรมชาติ Natural Ice Nuclei (NIN) ในการทำฝนเมฆเย็น แต่สาร NIN ไม่ติดไฟ จึงพัฒนาเป็นพลุแบบชนิดผง (Powder Flare) ซึ่งพลุถูกขับดันโดยชุดยิงพลุ AgI แบบเดิม

วัตถุประสงค์

พัฒนาและออกแบบบรรจุภัณฑ์พลุวัสดุธรรมชาติประเภท Powder Flare สำหรับการทำฝนเมฆเย็น

วิธีทดลอง

ออกแบบและทดสอบบรรจุภัณฑ์พลุวัสดุธรรมชาติเพื่อใช้ในการทำฝนเมฆเย็น มีขั้นตอนการวิจัยแสดงดัง Fig.1

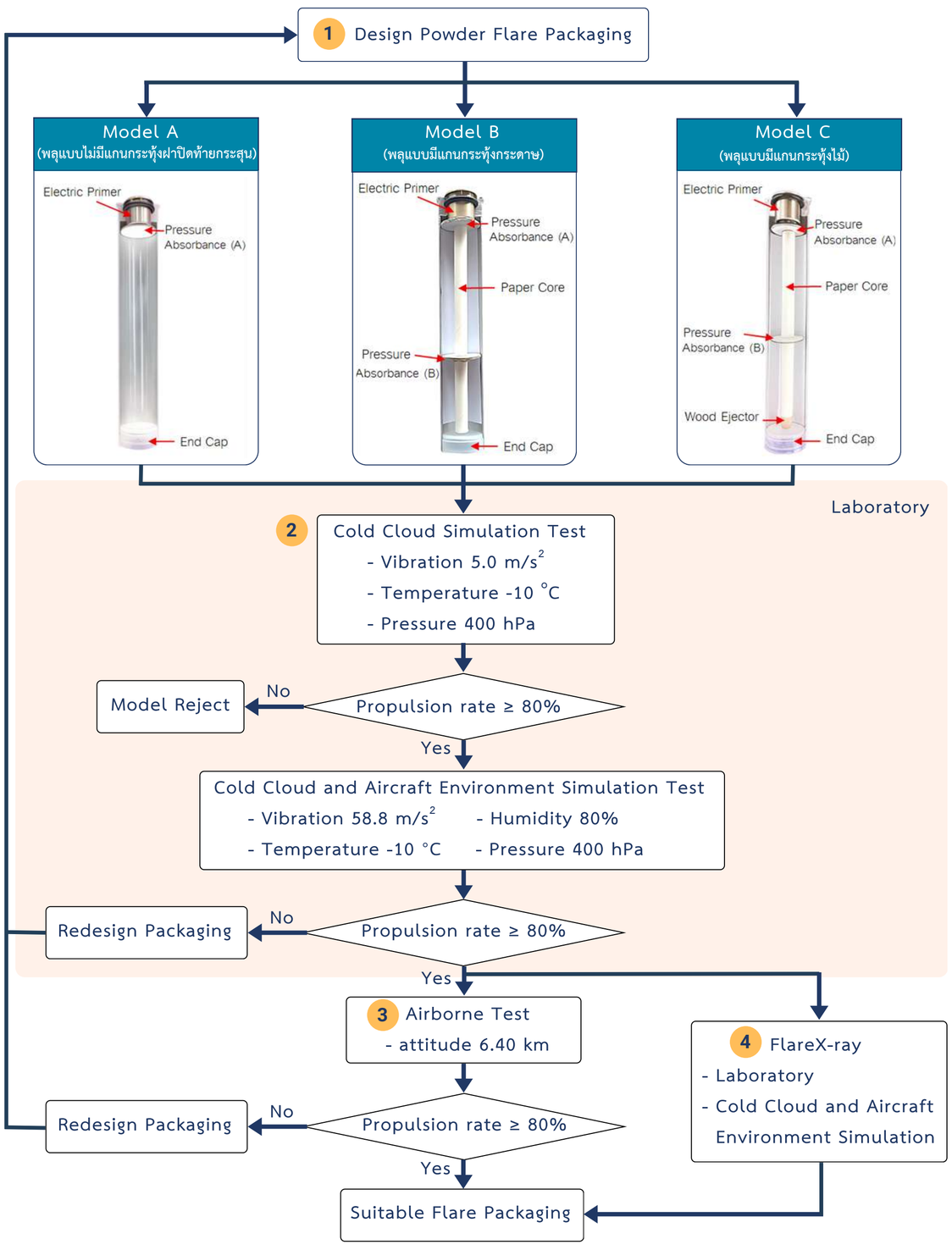

Fig.1 Conceptual Framework for Flare Packing Development and Evaluation

ผลและวิจารณ์ผลการทดสอบ

ผลการขับดันพลุวัสดุธรรมชาติ

- ทดสอบภายใต้การจำลองสภาวะอากาศที่ระดับความสูงในการทำฝนเมฆเย็น

ผลการทดสอบพบว่า พลุโมเดล A และ B ไม่สามารถขับดันสาร Powder NIN ได้ แต่พลุโมเดล C มีประสิทธิภาพการขับดันสาร Powder NIN 100% จึงคัดเลือกเฉพาะพลุวัสดุธรรมชาติโมเดล C ไปทดสอบในขั้นตอนต่อไป

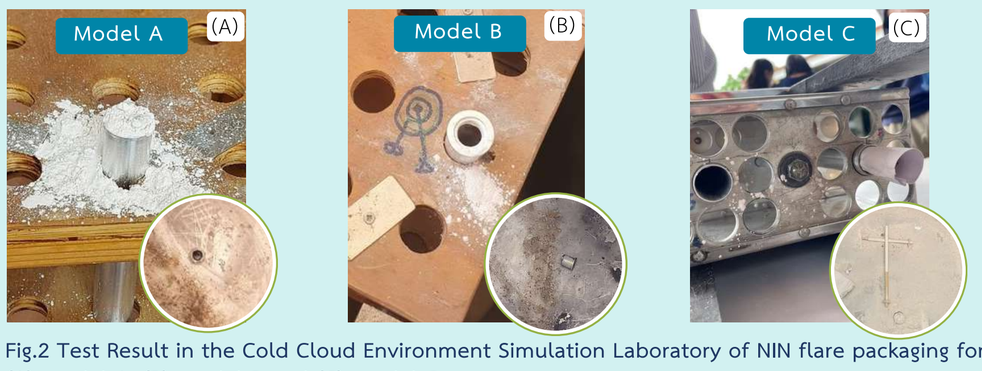

Fig.2 Test Result in the Cold Cloud Environment Simulation Laboratory of NIN flare packaging for (A) model A, (B) model B and (C) model C

- ทดสอบภายใต้การจำลองการสั่นสะเทือนของอากาศยานและสภาวะอากาศที่ระดับความสูงในการทำฝนเมฆเย็น

ผลการทดสอบพบว่า พลุวัสดุธรรมชาติโมเดล C ซึ่งภายในพลุประกอบด้วย Paper Core และ Wood Ejector มีประสิทธิภาพในการผลักดัน End Cap ออกจากพลุ ส่งผลให้มีการขับดันสาร NIN ออกจากปลอกอลูมิเนียมทางด้าน End Cap 100%

Fig.3 Propulsion Test Result of NIN Flare Models C

ผลการขับดันพลุวัสดุธรรมชาติภาคอากาศ

ผลการทดสอบภาคอากาศพบว่า พลุโมเดล C ซึ่งมีวัสดุแกนกระทุ้งและแผ่นรับแรงดันที่แข็งแรงมากกว่าพลุโมเดล A และ B จึงทำให้พลุโมเดล C สามารถขับดันสาร NIN ออกทางฝาปิดท้ายกระสุน 100%

ผลการวิเคราะห์ลักษณะองค์ประกอบภายในพลุวัสดุธรรมชาติ

จากภาพถ่ายรังสีด้วยเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์พบว่า ในสภาวะอากาศผิวพื้นแสดงดัง Fig.4 (A) สีน้ำเงินแสดงถึงสาร NIN มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอภายในพลุ

เมื่อนำพลุวัสดุธรรมชาติผ่านการจำลองการสั่นสะเทือนของอากาศยาน แสดงดัง Fig.4 (B) มีสีน้ำเงินเข้มมากขึ้นบริเวณ End Cap แสดงถึงมีการจัดเรียงตัวของสาร NIN หนาแน่นมากขึ้นบริเวณ End Cap ซึ่งส่งผลให้เกิดช่องว่างระหว่างอนุภาคสาร NIN เพิ่มมากขึ้นบริเวณใกล้ Electrical Primer

ส่วนพลุวัสดุธรรมชาติที่ผ่านการจำลองการสั่นสะเทือนของอากาศยานและสภาวะอากาศในการทำฝนเมฆเย็น แสดงดัง Fig.4 (C) พบว่าบริเวณ End Cap มีสาร NIN อยู่หนาแน่นมากที่สุด สะท้อนถึงการเลือกชนิดวัสดุแกนกระทุ้งที่มีความแข็งแรง จึงมีความสำคัญเพื่อกระทุ้งดัน End Cap ออกจากพลุวัสดุธรรมชาติ มีผลต่อประสิทธิภาพการขับดันสาร NIN ของพลุวัสดุธรรมชาติ

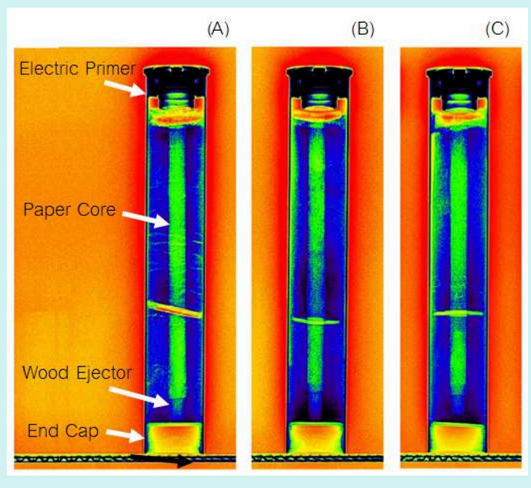

Fig.4 X-ray result of NIN powders inside flare model C (A) Normal Conditions (B) After vibration test at 58.8 m/s^2 and (C) After Cold Cloud and Aircraft environment test

สรุป

การออกแบบ พัฒนาและทดสอบบรรจุภัณฑ์พลุวัสดุธรรมชาติภายใต้การจำลองสภาวะแวดล้อมของอากาศสำหรับการทำฝนเมฆเย็น และการทดสอบภาคอากาศ พบว่าวัสดุแกนกระทุ้งและแผ่นรับแรงดันที่แข็งแรงเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการขับดันสาร NIN ออกทาง End Cap ได้ 100% ดังนั้น พลุวัสดุธรรมชาติโมเดล C จึงมีความเหมาะสมมากที่สุดที่จะนำไปใช้ในการดัดแปรสภาพอากาศเมฆเย็น และควรเพิ่มแผ่นรับแรงดันให้มากขึ้น เพื่อกระจาย Powder NIN ให้สม่ำเสมอภายในปลอกอลูมิเนียม

เอกสารอ้างอิง

[1] Marcolli, C., Nargare, B., Welti, A., Lohmann, U. 2016. Ice nucleation efficiency of AgI: review and new insights. Atmos. Chem. Phys. 16: 8915–8937. doi.org/10.5194/acp–16–8915–2016
[2] Fajardo, C., Costa, G., Ortiz, L.T., Nande, M., Rodriguez-Membibre, M.L., Martin, M., Sanchez-Fortun, S. 2016. Potential risk of acute toxicity induced by AgI cloud seeding on soil and freshwater biota. Ecotoxicol. Environ. Saf. 133: 433–441. doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.06.028
[3] United States Government Accountability Office. 2024. Environmental and health effects of silver iodide and other seeding agents. In: Cloud Seeding Technology: Assessing Effectiveness and Other Challenges. Washington, D.C., pp. 18

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริม ววน. และได้รับความร่วมมือจากศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ ศูนย์วิจัยพัฒนาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีการบินและอวกาศ กองทัพอากาศ สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ รวมถึงเครื่องมือและบุคลากรจากกรมฝนหลวงและการบินเกษตร