



ดิลก ปานานนท์  
บริษัท แคนฟอสส์ (ประเทศไทย) จำกัด

# กรดในระบบทำความเย็น

## กับ ฟิลเตอร์ดรายเออร์ (Filter Driers)

### บทนำ

บทความนี้ผู้เขียนมีจุดมุ่งหมายที่จะให้ผู้อ่านมีความเข้าใจเพิ่มเติมในเรื่องของกรดอินทรีย์ (Inorganic Acid) และกรดอินทรีย์ (Organic Acid) ที่เกิดขึ้นในระบบทำความเย็น ว่ามีผลกระทบอย่างไรกับความสามารถในการทำน้ำที่ของฟิลเตอร์ดรายเออร์ รวมถึงจะทำให้ผู้อ่านมีข้อมูลในการเลือกใช้ฟิลเตอร์ดรายเออร์ให้เหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้น

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า ระบบทำความเย็นที่ใช้ฟรอนเป็นสารทำความเย็น (Fluorinated Refrigerants) นั้น ไม่ควรจะมีควมชื้นปนเปื้อนอยู่ในระบบ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้อุปกรณ์ส่วนที่เป็นโลหะ ที่สัมผัสโดยตรงกับสารทำความเย็น และ/หรือน้ำมันหล่อลื่นของคอมเพรสเซอร์นั้น

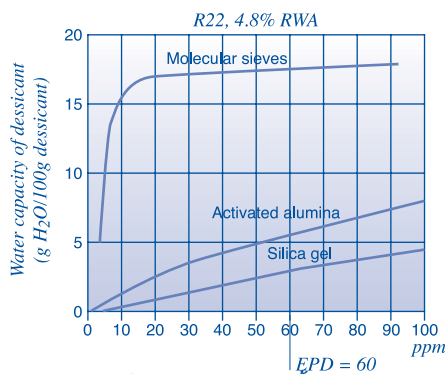
เกิดความเสียหายได้ ซึ่งผู้เขียนจะได้กล่าวต่อไปว่า ความชื้นกับกรดในระบบทำความเย็นนั้น มีความสัมพันธ์กันอย่างไร และจะทำให้เกิดผลกระทบอะไรบ้างกับอุปกรณ์หลักในระบบทำความเย็น

การศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการดูดซับของอุปกรณ์ดูดซับ ที่ใช้ในระบบทำความเย็น ซึ่งก็คือ ฟิลเตอร์ดรายเออร์ นั้น มีค่อนข้างน้อย และไม่มีกรทดลองใดที่สามารถได้ข้อสรุปในสภาวะที่ซับซ้อนมากๆ ในการใช้งานจริงของระบบทำความเย็น

การที่จะทำการทดลองแบบเต็มรูปแบบ สำหรับการใช้งานจริงของระบบทำความเย็นนั้น เป็นเรื่องที่ยากมาก และอาจจะเป็นไปได้ เพราะว่าการใช้งานจริงนั้น มีตัวแปรหรือพารามิเตอร์

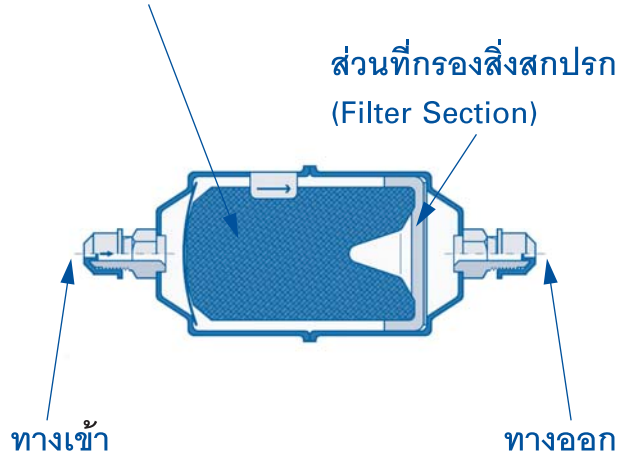
หลายตัว ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการทำงานที่ได้อัตโนมัติ และคงเป็นไปได้ที่จะศึกษา หรือสรุปเฉพาะการทำงานของฟิลเตอร์ทรายเออร์โดยลำพัง โดยปกติแล้วเรามักจะติดตั้ง ฟิลเตอร์ทรายเออร์ ไว้ในระบบทำความเย็น เพื่อกรองสิ่งสกปรก และกำจัดความชื้นที่อาจปนเปื้อนอยู่ในระบบ ในช่วงระหว่างการติดตั้ง หรืออาจปนมากับสารทำความเย็น และ/หรือน้ำมันหล่อลื่นคอมเพรสเซอร์

ฟิลเตอร์ทรายเออร์ มีหน้าที่หลักอยู่ 2 ประการ คือ กรองสิ่งสกปรก (Filter) และทำให้ระบบนั้นปราศจากความชื้น (Driers) แต่จริงๆ แล้ว ในหน้าที่หลักของการเป็นทรายเออร์นั้น ยังมีหน้าที่ย่อยอีก 2 อย่าง ซึ่งก็คือ ดูดซับความชื้น และ ดูดซับกรด ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้ในระบบทำความเย็นบางระบบ ที่มีสภาวะเหมาะสมในการเกิดกรด นั้นหมายความว่า สารดูดซับที่ถูกบรรจุอยู่ในส่วนของทรายเออร์ หรือ Desiccants นั้น อาจประกอบด้วยสารดูดซับความชื้น เช่น Molecular Sieves หรือ Silica Gel หรือสารดูดซับกรด เช่น Activated Alumina หรือประกอบด้วยทั้งสารดูดซับความชื้น และสารดูดซับกรดในอัตราส่วนผสมโดยเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่างกันไป เพื่อให้เหมาะสมกับงานที่จะนำไปใช้จริง



รูปที่ 1 ความสามารถในการดูดซับความชื้นของสารดูดซับแต่ละชนิด

ส่วนที่ดูดซับความชื้น และ/หรือกรด (Driers Section)



รูปที่ 2 ภาพผ่าของฟิลเตอร์ทรายเออร์

กรดอินทรีย์ (Inorganic Acid)

กรดอินทรีย์ จะเกิดขึ้นในระบบที่ใช้สารทำความเย็นที่มีอะตอมของธาตุหมู่ 7 ตามตารางธาตุ หรือก๊าซเฉื่อย (Halogenic) เป็นส่วนประกอบ ซึ่งได้แก่ คลอรีน (Cl) และ/หรือฟลูออรีน (F) และสารทำความเย็นนั้นเกิดการแตกตัว (Decomposing) ตัวแปรหรือพารามิเตอร์สำคัญที่มีอิทธิพลอย่างมากต่ออัตราการแตกตัวของสารทำความเย็น ได้แก่

- อุณหภูมิ
- ความจุของออกซิเจน (O<sub>2</sub> Content) ในระบบ
- ความจุของน้ำ (H<sub>2</sub>O Content) ในระบบ
- พฤติกรรมของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้อง
- เสถียรภาพทางเคมีของสารทำความเย็นนั้นๆ

เมื่อพารามิเตอร์บางตัวถูกทำให้ลดลง สารทำความเย็นนั้นจะยังคงมีเสถียรภาพ โดยอิทธิพลจากพารามิเตอร์ตัวอื่นๆที่เหลืออยู่ ตัวอย่างเช่น ถ้าอุณหภูมิ, น้ำ และพฤติกรรมของตัวเร่งปฏิกิริยาถูกทำให้ลดลง ระดับของออกซิเจนที่สูงขึ้นจะทำให้สารทำความเย็นนั้นไม่แตกตัว หรือมีความเป็นเสถียรภาพเหมือนเดิม

ในระบบที่ใช้งานจริง สาเหตุหลักของการเกิดกรดอนินทรีย์ก็คือ อุณหภูมิที่สูงในคอมเพรสเซอร์ ก่อนที่กรดที่ก่อตัวขึ้นนี้จะสร้างความเสียหายให้กับระบบ โมเลกุลของกรดอนินทรีย์จะต้องทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของน้ำ ซึ่งเราเรียกปฏิกิริยานี้ว่า “ปฏิกิริยาการแยกตัว” หรือ Dissociation ซึ่งจะมีรูปแบบสมการต่างๆ ดังนี้



ถ้าสารทำความเย็นนั้นมีน้ำ หรือความชื้นปนเปื้อนอยู่ในระดับที่สูง ปฏิกิริยาการแยกตัวข้างต้นก็จะมีโอกาสเกิดขึ้นได้มาก อนุมูลของกรด (Hydronium) หรือ  $\text{H}_3\text{O}^+$  ที่เกิดขึ้นนั้น ก็จะทำปฏิกิริยากับอุปกรณ์ที่เป็นโลหะส่วนที่สัมผัสโดยตรงกับสารทำความเย็น และเกิดเป็นคลอไรด์ของโลหะ ดังตัวอย่างสมการข้างล่าง



คลอไรด์ของโลหะที่เกิดขึ้นนี้จะเกาะติดอยู่บริเวณผิวของโลหะ ณ จุดที่ก่อตัวขึ้น และสามารถที่จะถูกพัดพาไปกับสารทำความเย็นหรือ

น้ำมันหล่อลื่นที่ไหลผ่านผิวของโลหะนั้นๆ เหมือนกับเศษโลหะ และจะถูกกรองเอาไว้โดยฟิลเตอร์ดรายเออร์ ถ้าสารทำความเย็นนั้นๆ มีน้ำหรือความชื้นผสมอยู่ในระดับที่ต่ำมากๆ โมเลกุลของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) นี้ ก็จะไม่เกิดปฏิกิริยาแยกตัวดังกล่าวกับสารทำความเย็น และจะผ่านฟิลเตอร์ดรายเออร์ไปโดยไม่เกิดปฏิกิริยาใดๆ

ถ้าสารทำความเย็นที่ผ่าน Molecular Sieves และ/หรือ Activated Alumina มีปริมาณของน้ำ ความชื้น และ/หรือกรดผสมอยู่มาก ก็จะทำให้เกิดปฏิกิริยาดังกล่าวข้างต้นโดยทันที และจะถูกดูดซับเอาไว้ในส่วนของฟิลเตอร์ดรายเออร์ ทำให้ Molecular Sieves และ/หรือ Activated Alumina ถูกทำลายหรือเกิดการอิ่มตัว และไม่สามารถที่จะทำหน้าที่ของมันได้อีกต่อไป วิธีการแก้ไขนั้นมีเพียงวิธีเดียว ซึ่งก็คือ ต้องเปลี่ยนฟิลเตอร์ดรายเออร์ตัวใหม่เท่านั้น

สารทำความเย็นบางชนิดมีความเป็นเสถียรภาพในตัวเองสูง ในขณะที่บางชนิดมีเสถียรภาพต่ำ ภายใต้สภาวะการทดลองกับสารทำความเย็นที่ไม่ค่อยมีเสถียรภาพ เช่น R-22 การแตกตัวของสารทำความเย็นมักจะเกิดขึ้นจากอุณหภูมิที่สูง และพฤติกรรมของตัวเร่งปฏิกิริยาจากสารดูดซับ (Desiccants) ภายในฟิลเตอร์ดรายเออร์เองนั้น ก็จะถูกควบคุม และกำหนดโดยตัวของมันเอง

แต่โดยปกติเราจะติดตั้งฟิลเตอร์ดรายเออร์ไว้ที่ท่อสารทำความเย็นเหลว (Liquid Line) ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 40 - 50 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำเกินไปที่จะเกิดกรดอนินทรีย์ในฟิลเตอร์ดรายเออร์

### กรดอินทรีย์ (Organic Acid)

กรดอินทรีย์ คือ การรวมตัวกันของกรดหลายๆ ตัว (หรืออาจเพียงตัวเดียว) ซึ่งเราเรียกกลุ่มของกรดเหล่านี้ว่า กรดคาร์บอกซิลิก (Carboxylic Acid) เช่น กรดฟอร์มิก (Formic Acid) หรือ กรดอะซิติก (Acetic Acid) กรดอินทรีย์นี้เอง จะเป็นตัวเตือน (Indicator) ให้เราสังเกตเห็นถึงข้อบกพร่องในการทำงานของระบบทำความเย็นนั้นๆ

สภาวะและตำแหน่งที่กรดอินทรีย์จะก่อตัวขึ้นในระบบทำความเย็นที่ใช้แร่ธรรมชาติ (Mineral Oil) กับน้ำมันสังเคราะห์ (Polyolester Oil) เป็นสารหล่อลื่นคอมเพรสเซอร์นั้น แตกต่างกันโดยสิ้นเชิง ซึ่งผู้เขียนจะขออธิบายพอสังเขปดังนี้

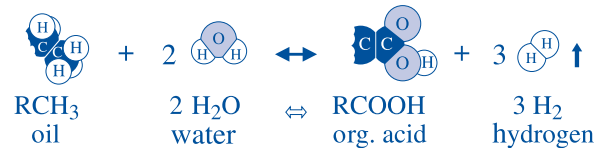
### น้ำมันธรรมชาติ (Mineral Oil)

การก่อตัวขึ้นของกรดคาร์บอกซิลิกจาก Mineral Oil นั้น เกิดจากการที่ตัวของน้ำมันเองนั้นได้รับความร้อน หรือภาวะทางกลมากเกินกว่าที่ตัวของมันเองจะรับเอาไว้ได้ ณ ที่สภาวะการมีอยู่ของน้ำ หรือออกซิเจน หรือพฤติกรรมของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีอยู่ในขณะนั้น

ผลที่ได้ คือ Broad Spectrum ของกรดคาร์บอกซิลิก ซึ่งเป็นการรวมตัวกันของกรดอินทรีย์หลายๆ ตัวในเวลาเดียวกัน แต่จะมีกรดอยู่ 2 ตัวที่มีคุณสมบัติเป็นกรดอย่างชัดเจน คือ กรดอะซิติก (Acetic Acid) และกรดฟอร์มิก (Formic Acid)

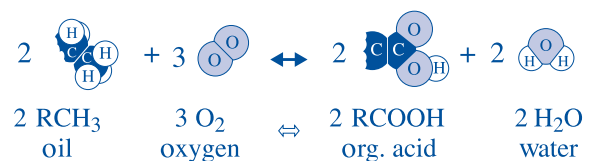
น้ำมันธรรมชาติ หรือ Mineral Oil สามารถที่จะเกิดการแตกตัว (Decomposition) ได้ 2 แบบ ได้แก่

1. การที่น้ำมันทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของน้ำ โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Agent) ซึ่งมักจะเกิดที่ทางด้านอัดของคอมเพรสเซอร์ (Discharge) เนื่องจากเป็นส่วนที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดในระบบทำความเย็น (ประมาณ 80 - 100 °C) ผู้เขียนขอเรียกปฏิกิริยานี้ว่า การแตกตัวเนื่องจากความร้อน (Thermic, Catalytic Oil Decomposition) ซึ่งมีรูปแบบดังนี้



รูปที่ 3 Thermic, Catalytic Oil Decomposition

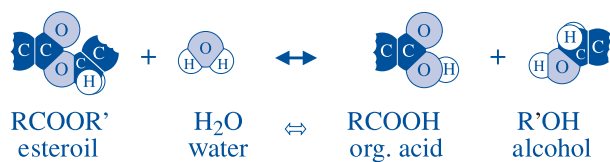
2. การที่น้ำมันทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของออกซิเจน หรือเป็นที่รู้จักกันในชื่อของ **ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation)** ซึ่งมีรูปแบบดังนี้



รูปที่ 4 Oxidation

## น้ำมันสังเคราะห์ (Polyolester Oil; POE )

โมเลกุลของน้ำมัน POE นั้นจะมีโมเลกุลที่ใหญ่กว่า Mineral Oil ซึ่งกรดคาร์บอกซิลิกที่ได้เกิดจากการแตกตัวของ POE นั้น ก็จะมีขนาดใหญ่ตามไปด้วย ถ้าในระบบมีความชื้นอยู่มากพอ POE ก็จะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของน้ำได้ในสภาวะปกติ คือไม่จำเป็นต้องมีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น ความร้อน มาช่วย เราเรียกปฏิกิริยานี้ว่า **ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)** และจะได้ผลลัพธ์เป็นกรดคาร์บอกซิลิกเพียงตัวเดียว คือ ตัวที่ใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตน้ำมัน POE นั้นๆ ซึ่งอาจจะมีความเป็นกรดเล็กน้อยแตกต่างกันไป รูปแบบของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส สามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้



รูปที่ 5 POE Hydrolysis

จากข้อมูลข้างต้น การจำกัด Broad Spectrum ของกรดคาร์บอกซิลิก ที่เกิดขึ้นจากการแตกตัวของ Mineral Oil เป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง แต่อาจจะไม่จำเป็นที่จะต้องกำจัดกรดอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ที่เกิดจาก POE เพราะมันจะเกิดการแตกตัวไม่มากนักโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส และความชื้นของมันก็ค่อนข้างจะต่ำด้วย

ดังนั้นเราควรเลือกใช้ฟิลเตอร์ทรายเออร์ที่มีส่วนประกอบของ Activated Alumina กับระบบทำความเย็นที่ใช้ Mineral Oil เป็นน้ำมันหล่อลื่น

คอมเพรสเซอร์ เนื่องจากว่าสารดูดซับตัวนี้ มีความสามารถในการดูดซับสารประกอบที่มีขั้ว แต่ Mineral Oil เป็นสารประกอบประเภทที่ไม่มีขั้ว และสภาวะแวดล้อมในการใช้งานจริงของฟิลเตอร์ทรายเออร์ นั้น ก็มีอุณหภูมิไม่สูงมากพอที่จะก่อให้เกิดกรดอินทรีย์จากการแตกตัวของสารทำความเย็น ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้น Activated Alumina จึงแทบไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อ Mineral Oil เลย

ในทางตรงกันข้าม การเลือกใช้ฟิลเตอร์ทรายเออร์ ที่มีส่วนผสมของ Activated Alumina กับระบบที่ใช้ POE กลับจะสร้างปัญหาให้กับระบบมากกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าสภาพของตัว POE เองนั้น มีความเป็นกรดอินทรีย์อยู่แล้ว จึงมีความเป็นไปได้สูง ที่ Activated Alumina จะเกิดการอิ่มตัว เนื่องจากดูดซับโมเลกุลที่มีขั้วของ POE เอาไว้ ทำให้ความสามารถในการดูดซับกรดของสารดูดซับ (Desiccants) ลดลงอย่างมาก

ลองนึกถึงสมภาวะที่ว่าโมเลกุลของ POE และโมเลกุลของน้ำ ถูกดูดซับเอาไว้ในทีเดียวกันในฟิลเตอร์ทรายเออร์ ซึ่งจะเป็นสมภาวะที่เหมาะสมมากที่จะเกิดกรดคาร์บอกซิลิกขึ้นอีกครั้งจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ณ จุดนี้

ฉะนั้นการเลือกใช้ฟิลเตอร์ทรายเออร์ที่ไม่มีส่วนผสมของ Activated Alumina กับระบบทำความเย็น ที่ใช้ POE เป็นน้ำมันหล่อลื่นคอมเพรสเซอร์นั้นจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด ด้วยเหตุผลที่ว่า Molecular Sieves ในทรายเออร์นั้น จะดูดซับความชื้นในระบบเอาไว้ให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อป้องกันการเกิดกรดอินทรีย์จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

## สรุป

จากข้อมูลเบื้องต้นทั้งหมดที่กล่าวมา เราจะได้ข้อสรุปดังนี้

- กรดอนินทรีย์ (Inorganic Acid) เกิดจากการแตกตัวของสารทำความเย็น ที่มีส่วนประกอบของคลอรีน (Cl) หรือฟลูออรีน (F) เช่น CFC, HCFC หรือ HFC เป็นต้น

- กรดอนินทรีย์ที่เกิดขึ้นในระบบทำความเย็นนั้น จะไม่มีผลกระทบโดยตรงต่อชิ้นส่วนที่เป็นโลหะที่สัมผัสกับกรด เช่น ลูกสูบของคอม-เพรสเซอร์ เป็นต้น

- ตัวที่สามารถทำให้ชิ้นส่วนที่เป็นโลหะเกิดความเสียหายได้นั้น คือ อนุมูลของกรด หรือไฮโดรเนียม (Hydronium;  $H_3O^+$ ) ซึ่งเกิดจากการที่กรดอนินทรีย์ทำปฏิกิริยากับความชื้น หรือโมเลกุลของน้ำที่ปนเปื้อนอยู่ในระบบทำความเย็น

- ถ้าเราสามารถลดความชื้น หรือโมเลกุลของน้ำในระบบลงได้มากเท่าใด โอกาสที่จะเกิดอนุมูลของกรด หรือไฮโดรเนียม (Hydronium;  $H_3O^+$ ) ก็จะมีน้อยลงไปได้มากเท่านั้น

- กรดอินทรีย์ (Organic Acid) เกิดจากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นคอมเพรสเซอร์ ที่ใช้ในระบบทำความเย็นนั้นๆ ขึ้นอยู่กับว่า เป็นน้ำมันธรรมชาติ (Mineral Oil) หรือน้ำมันสังเคราะห์ (Polyester Oil; POE)

- กรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากการแตกตัวของน้ำมันธรรมชาติ หรือ Mineral Oil นั้น เป็นส่วนที่ควรกำจัดออกไปโดยสารดูดซับกรด เช่น Activated Alumina

- กรดอินทรีย์ที่เกิดจากการแตกตัวของ POE นั้น จะมีขนาดของโมเลกุลที่ใหญ่กว่า และ

ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องกำจัดออกไปจากระบบ เพราะอาจจะสร้างปัญหาให้กับระบบมากกว่าประโยชน์ที่จะได้รับ อีกทั้งยังอาจมีผลกระทบกับตัวของน้ำมัน POE เอง เนื่องจากว่าส่วนประกอบพื้นฐานของน้ำมัน POE นั้น ก็คือกรดคาร์บอกซิลิกนั่นเอง

- ถ้าเราสามารถลดความชื้น หรือโมเลกุลของน้ำในระบบลงได้มากเท่าใด โอกาสที่จะเกิดกรดคาร์บอกซิลิกจากการแตกตัวของ Mineral Oil และปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของน้ำมัน POE ก็จะมีน้อยลงไปเช่นกัน

ดังนั้น การที่จะเลือกใช้ฟิลเตอร์ทรายเออร์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เราควรที่จะคำนึงถึงทั้งประเภทของสารทำความเย็น และชนิดของน้ำมันหล่อลื่นคอมเพรสเซอร์ที่ใช้ในระบบทำความเย็นนั้นๆ เพื่อให้ง่ายแก่ความเข้าใจ รวมถึงความสะดวกในการเลือกใช้ฟิลเตอร์ทรายเออร์ ให้เหมาะสมกับระบบทำความเย็นแต่ละประเภท ผู้เขียนขอสรุปอีกครั้งในรูปของตาราง ดังนี้



Filter Drier

		ฟิลเตอร์ทรายเออร์ที่มี ส่วนผสมของ Activated Alumina	ฟิลเตอร์ทรายเออร์ที่ไม่มี ส่วนผสมของ Activated Alumina
สารทำความเย็น	CFC (R-12, R-502)	แนะนำให้ใช้	ไม่แนะนำให้ใช้
	HCFC (R22)	แนะนำให้ใช้	สามารถใช้ได้
น้ำมันหล่อลื่นคอมเพรสเซอร์	HFC (R-134a, R-407C, R-404a/R507,...etc)	สามารถใช้ได้	แนะนำให้ใช้
	Mineral Oil	แนะนำให้ใช้	สามารถใช้ได้
	POE Oil	ไม่แนะนำให้ใช้	แนะนำให้ใช้

ตารางที่ 1 ข้อมแนะนำในการเลือกใช้ ฟิลเตอร์ทรายเออร์