

Nation Engineering 2017

Engineering 4.0

The Next Revolution in Engineering

Refrigerant R-32 in Split type air conditioner
: Safety Criteria

Kigali Amendment

A new Chapter for the **Montreal Protocol** on Substance that Deplete **the Ozone Layer**

HFC Phase Down and Climate Protection under **Montreal Protocol**

Start Time Jan 1, 2019 If 20 Countries ratify

| | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|
| Group 1 countries | 2024 | 2029 | 2035 | 2040 | 2045 |
| | 100% | 90% | 70% | 50% | |

20%

BAU as a group

Base HFCs

| HFC | GWP ₁₀₀ |
|---------------|--------------------|
| R134 | 1100 |
| R134a | 1430 |
| R 143 | 353 |
| R245fa | 1030 |
| R365mfc | 794 |
| R227ea | 3220 |
| R236cb | 1340 |
| R236ea | 1370 |
| R236fa | 9810 |
| R245a | 693 |
| R43-10mee | 1640 |

| HFC | GWP ₁₀₀ |
|--------------|--------------------|
| R32 | 675 |
| R125 | 3500 |
| R 134a | 4470 |
| R41 | 92 |
| R152 | 53 |
| R152a | 124 |
| R161 | 12 |
| Blend | |
| R410A | 2080 |
| ETC.... | |

New Refrigerants and Environmental Technology 2014

New Refrigerants

R32 Room A/C

R1234yf Automotive A/C

CO₂, R1234ze(E), R245fa High temp. heat pump

R1336mzz-Z Power cycle

New Refrigerant Oil

New Polyol ester(POE)oil

New Polyvinyl ester(PVE)oil

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

| สารทำความเย็น | ODP | GWP |
|----------------|----------|------------|
| HCFC-22 | 0.055 | 1810 |
| HFC-410A | 0 | 2088 |
| HFC-32 | 0 | 675 |
| CFC-12 | 1 | 10900 |
| Carbon dioxide | 0 | 1 |
| Ammonia | 0 | 0 |

ODP Ozone Depletion Potential

GWP Global Warming Potential

ขนาดทำความเย็นและประสิทธิภาพการทำงาน

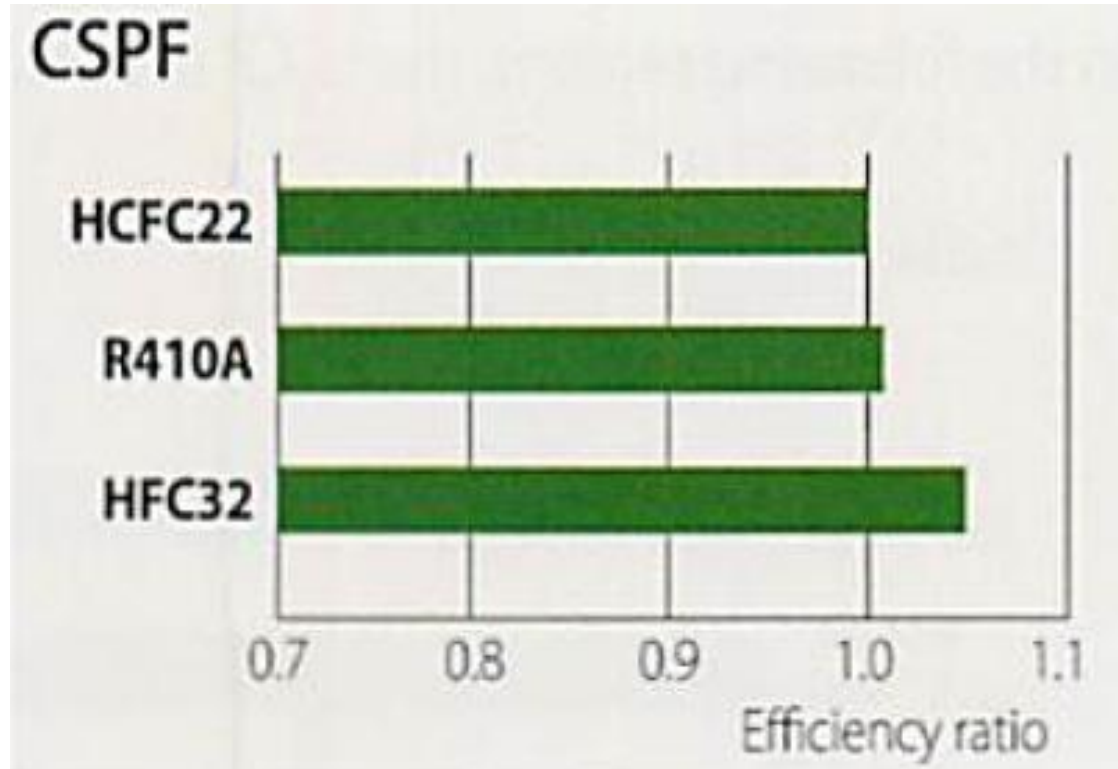
| สารทำความเย็น | ขนาดทำความเย็น | | COP | |
|---------------|-----------------|-----|------|-----|
| | kJ/m^3 | % | w/w | % |
| HCFC-22 | 3957 | 100 | 5.36 | 100 |
| HFC-32 | 6201 | 157 | 5.11 | 95 |
| HFC-410A | 5470 | 138 | 5.11 | 95 |

COP Coefficient of Performance (Thermodynamic cycle)

อุณหภูมิอิ่มตัวของอีวาพอเรเตอร์เป็น $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิร้อนยิ่งยวด $0\text{ }^{\circ}\text{C}$

อุณหภูมิอิ่มตัวของคอนเดนเซอร์เป็น $47\text{ }^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิเย็นเยือก $0\text{ }^{\circ}\text{C}$

ประสิทธิภาพพลังงานต่อปี (Inverter Type)



CSPF Cooling Seasonal Performance

Fire Hazard Assessment

| Flammable Material | P_{\max} 100kPa | K_G 100kPa.ms ⁻¹ | BV cm/s | LFL-UFL % |
|--------------------|----------------------|-------------------------------|------------|------------------|
| Acetylene | 10.6 | 1415 | 166 | 2.5-80 |
| Hydrogen | 6.8 | 550 | 312 | 4.2-75 |
| Propane | 7.9 | 100 | 46 | 2.1-9.5 |
| Methane | 7.1 | 55 | 40 | |
| Ammonia | 5.4 | 10 | 7.2 | 15-28 |
| R-32 | 7.6 | 11 | 9 | 13.3-29.3 |
| R-1234ze | 6.8 | 9 | 5 | 7-9.5 |
| R-1234yf | 6.6 | 8 | 3 | 6.2-12.3 |

Deflagration Index

$$K_G = \left(\frac{dP}{dt}\right)_{\max} V_{vessel}^{1/3}$$

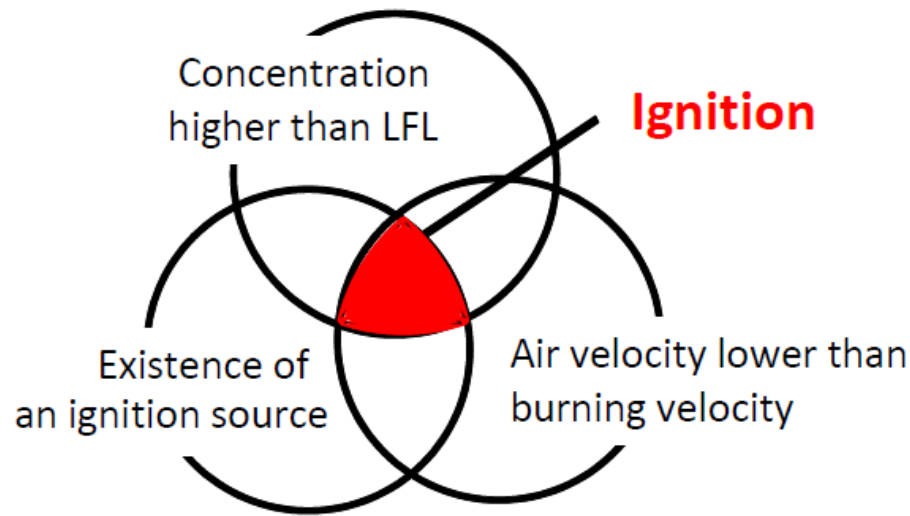
Spherical vessel diameter 1m ,area 0.524 m³

1.การประเมินความเสี่ยง / การประเมินความปลอดภัย

หน่วยงานที่ใช้อ้างอิง

- 1) The Japan Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers (**JSRAE**) of Japan
Report “**Risk Assessment** of Mildly Flammable Refrigerants” JSRAE 2012 ^[9]
- 2) Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute (**AHRI**) of USA
Final Report 8004 “Risk Assessment of Residential Heat Pump System Using 2L
Flammable Refrigerants” AHRI 2012 ^[2]

กลไกการจุดติดไฟ



- 1) ความเข้มข้นของสารทำความเย็นต้องมากกว่า LFL (Lower Flammability Limit)
- 2) พลังงานของแหล่งกำเนิดประกายไฟต้องมากกว่า MIE (Minimum Ignition Energy)
- 3) ความเร็วของอากาศที่อยู่ติดกับแหล่งกำเนิดประกายไฟต้องน้อยกว่า BV (Burning Velocity)

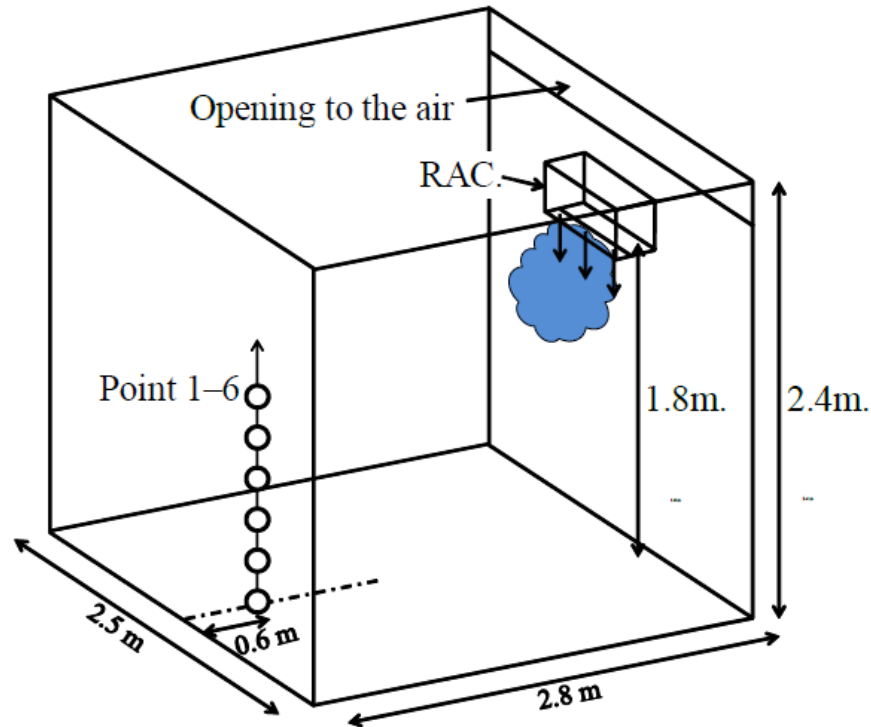
เมื่อครบทั้งสามข้อถึงจะสามารถจุดติดไฟได้

หน่วยงานที่ 1. The Japan Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers (JSRAE)

ได้มีการศึกษาการประเมินความเสี่ยงไว้หลายรูปแบบ ประกอบไปด้วย

- 1) การศึกษาการจำลองการรั่วของสารทำความเย็นไวไฟต่ำ
- 2) การเผาไหม้แบบจุดระเบิดตัวเองโดยการอัดของก๊าซผสมของสารทำความเย็นไวไฟ, น้ำมันหล่อลื่น, และอากาศ
- 3) การประเมินความอันตรายทางกายภาพของสารทำความเย็น
ชั้นความปลอดภัย A2L โดยใช้สถานการณ์อุบัติเหตุชนิดต่าง ๆ ที่เป็นไปได้
- 4) การประเมินแหล่งกำเนิดประกายไฟ

1) การศึกษาการจำลองการรั่วของสารทำความเย็นไวไฟต่ำ



พื้นที่สีเขียวแสดงบริเวณที่มีความเข้มข้นเท่ากับ LFL (14.3 vol%) ของสารทำความเย็น HFC-32 ที่ก๊าซสามารถถูกไหม้ได้

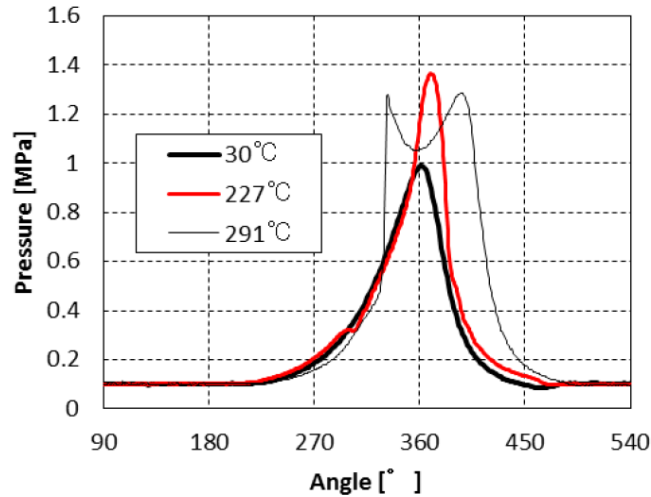
บทสรุปสำหรับการศึกษาในการจำลองการรั่วของ สารทำความเย็นไวไฟต่ำ

- 1.FCU (fan coil unit) แบบ**ติดผนัง**ถ้ามีสารทำความเย็น HFC-32 **รั่วจะไม่เกิดการติดไฟ** ถ้าไม่มีแหล่งกำเนิดประกายไฟภายในตัวเครื่อง
- 2.FCU สำหรับแบบ**ตั้งพื้น** ต้องมีการกฏเกณฑ์ข้อบังคับที่มากกว่าFCU แบบติดผนัง
- 3.การรั่วของ CDU (condensing unit) ที่มีรางระบายน้ำจะช่วยในลดเวลาลง และ FVT (Flammable volume time) จะน้อยกว่า
- 4.ระบบปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น R1234yf จะมีความเสี่ยงสูงกว่า สาร HFC-32

2) การเผาไหม้แบบจุดระเบิดตัวเอง โดยการอัดของก๊าซผสม
ของสารทำความเย็น ไวไฟ, น้ำมันหล่อลื่น, และอากาศ

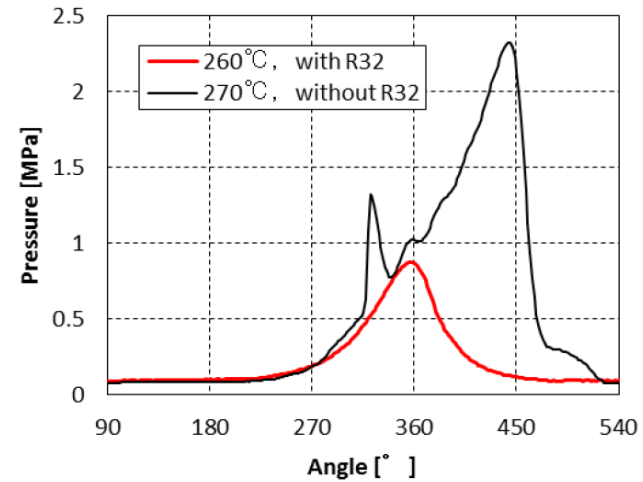
มีการศึกษาการจุดระเบิดและสถานะของการจุดระเบิดด้วย
ตัวเอง โดยอัดส่วนผสมของอากาศ สาร HFC-32 และ
น้ำมันหล่อลื่น PAG (Polyalkylene Glycol) ที่อุณหภูมิต่างๆ
พบว่า การเพิ่มขึ้นของ**ความดันและควันสีขาว** อาจพิจารณา
ใช้เป็น**ตัวบ่งชี้ถึงการจุดระเบิดด้วยตัวเองที่เกิดขึ้น**

ผลการทดสอบ



Air-oil mixed gas

| | |
|----------------------------|-----------------------------|
| Rotational speed [rpm] | 500–1500 |
| Air flow rate [l/min] | 6.3–18.8 |
| Inlet air temperature [°C] | 25–300 |
| Oil flow rate [l/min] | $(5.1–25.7) \times 10^{-4}$ |



Air-R32-oil mixing gas

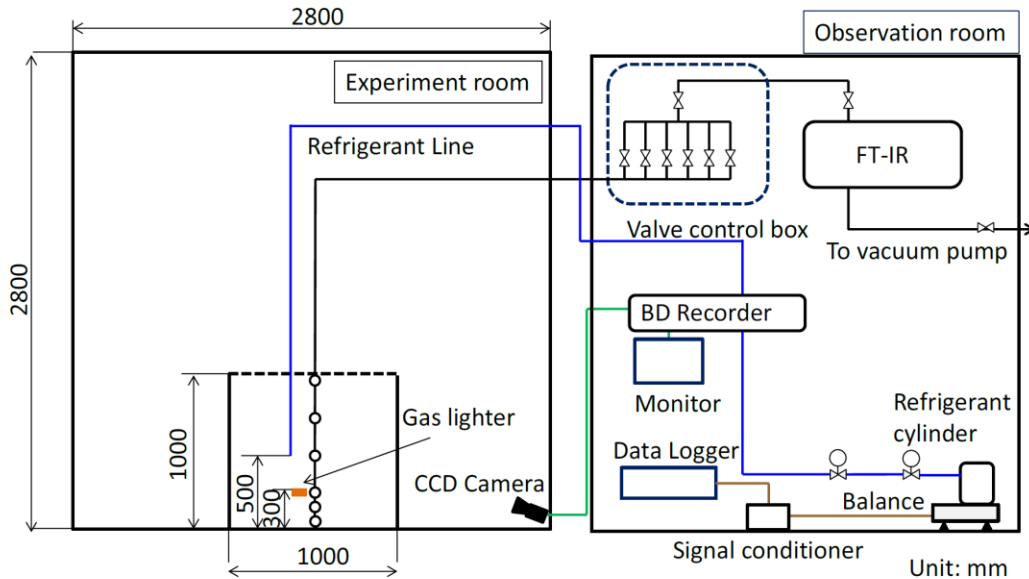
| | |
|------------------------------------|----------|
| Rotational speed [rpm] | 500–1250 |
| Total flow rate [l/min] | 6.3–15.6 |
| Inlet mixture gas temperature [°C] | 260 |
| R32 flow rate [l/min] | 5–14.1 |

ในทางทฤษฎีการเผาไหม้จะ
เกิดขึ้นที่ 250 °C

3) การประเมินความอันตรายทางกายภาพของสารทำ
ความเย็นชั้นความปลอดภัย A2L โดยใช้สถานการณ์
อุบัติเหตุชนิดต่าง ๆ ที่เป็นไปได้

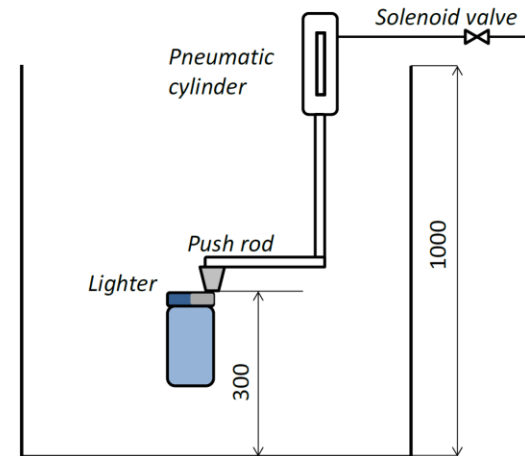
- 1.ระบบทำความร้อนจากเชื้อเพลิงฟอสซิลกำลังทำงานอยู่แล้วใน
ห้อง และสารทำความเย็น A2L เริ่มรั่วไหลออกมาจาก
เครื่องปรับอากาศเข้าสู่ในห้อง
- 2.จุดไฟแช็กแบบพกพาในห้องที่สารทำความเย็นชั้นความ
ปลอดภัย A2L ได้รั่วไหลออกมา

ห้องทดลอง



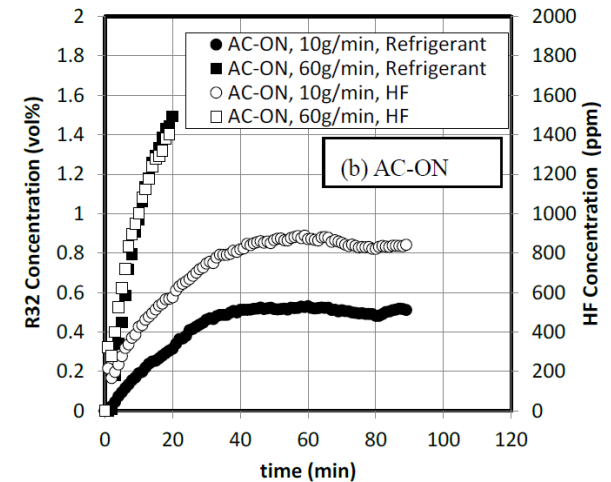
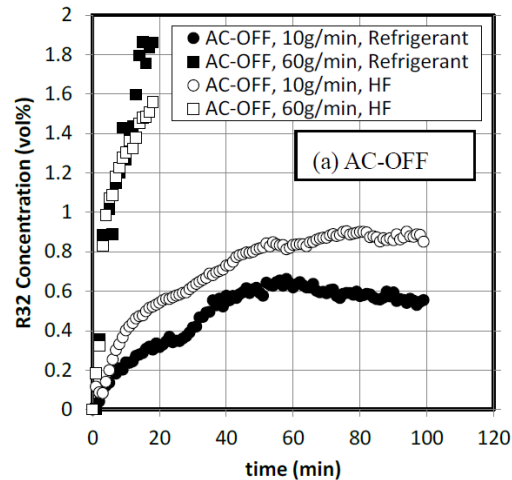
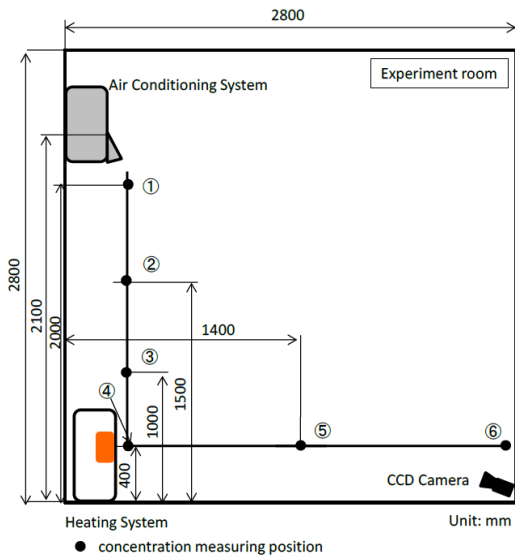
○ measuring position for refrigerant concentration

(a) configuration of experimental apparatus



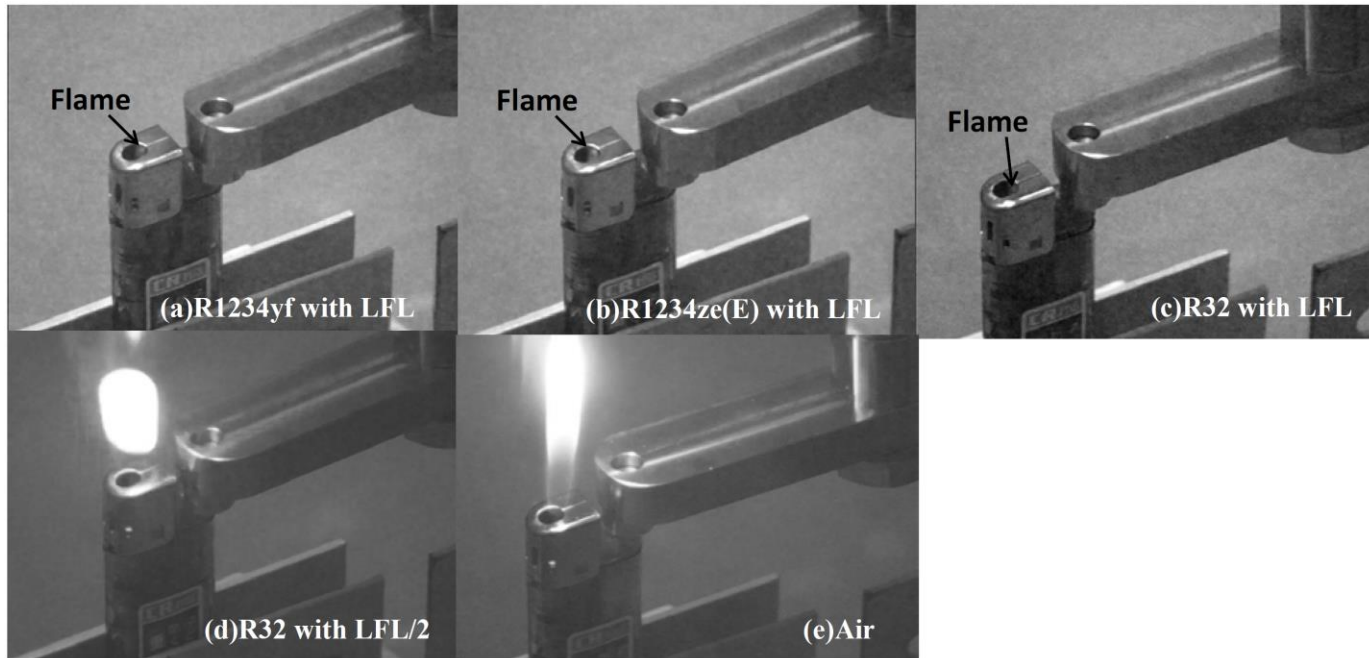
(b) configuration of remote ignition system of a piezo gas lighter

1. ระบบทำความร้อนจากเชื้อเพลิงฟอสซิลกำลังทำงานอยู่ แล้วในห้อง และสารทำความเย็น A2L เริ่มรั่วไหลออกมา จากเครื่องปรับอากาศเข้าสู่ในห้อง



พบว่าไม่มีการลุกลามของเปลวไฟต่อการรั่วไหลและการคง
อยู่ของสารทำความเย็น A2L ในห้องทดลอง และสถานการณ์
ของห้องทดลองไม่เปลี่ยนแปลงทั้งก่อนและหลังการทดลอง

2. จุดไฟแช็กแบบพกพาในห้องที่สารทำความเย็น ชั้นความปลอดภัย A2L ได้รั่วไหลออกมา



พบว่าไม่เกิดการติดไฟขึ้นด้วยเหตุผลหลักสองประการคือ พลังงานประกายไฟจากไฟแช็ก ต่ำกว่าพลังงานที่จะจุดติดไฟของสารทำความเย็นผสมระหว่าง n-butane กับสาร A2L และความเร็วเชื้อเพลิงเร็วกว่าความเร็วการไหม้ของสารทำความเย็น A2L

4) การประเมินแหล่งกำเนิดประกายไฟ

แหล่งกำเนิดประกายไฟของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศ เช่น ประกายไฟที่เกิดขึ้นระหว่างจุดที่สัมผัสกันขณะเปิดใช้เครื่องมือ จาก**แมกเนติกคอนแทคเตอร์** หรือจาก**การลัดวงจร** และจากการใช้งานตามปกติของผู้ที่อยู่ในห้องปรับอากาศ เช่น **เปิดสวิตช์ไฟ** ติดฝาผนังหรือใช้**สว่านไฟฟ้า** จะมีพลังงานไม่พอที่จะทำให้สาร HFC-32 ติดไฟ

หน่วยงานที่ 2. Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute (AHRI) of USA

1. การประเมินความสามารถในการติดไฟของสารทำความเย็น
2. พิจารณาค่าความเป็นพิษที่ปรากฏสำหรับสารทำความเย็นแต่ละตัว รวมไปถึงระดับความปลอดภัยของการได้รับหรือสัมผัส
3. การประเมินของความเข้มข้นของสารทำความเย็น
4. ทำการวิจัยถึงความเป็นไปได้และความถี่ของเหตุการณ์ที่มีส่วนทำให้เกิดการรั่วไหลของสารทำความเย็นโดยบังเอิญ

1. การประเมินความสามารถในการติดไฟของสาร ทำความเย็น

มีทั้งการหาค่าขีดจำกัดสูงสุด และต่ำสุดของการติดไฟได้ (UFL และ LFL) ค่าพลังงานในการติดไฟต่ำสุด (MIE) ค่าอุณหภูมิติดไฟอัตโนมัติ และค่าความเร็วในการไหม้พื้นฐาน (BV)

พบว่า HFC-32 มีค่า LFL 14.4% UFL 29.3% โดยปริมาตร

MIE 30-100 mJ และ BV 6.7 cm/s

2. พิจารณาค่าความเป็นพิษที่ปรากฏสำหรับสารทำความเย็นแต่ละตัว รวมไปถึงระดับความปลอดภัยของการได้รับหรือสัมผัส

ในกรณีที่ได้รับหรือสัมผัสอย่างเฉียบพลันหรือติดต่อกันเป็นเวลานาน

พบว่าสาร HFC-32 ต้องมีความเข้มข้นต่ำสุดที่ผู้ทำงานเผชิญได้เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมงต่อวันหรือ 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ซ้ำๆกัน โดยไม่มีผลร้ายต่อสุขภาพเป็นค่า OEL (Occupational Exposure Limit) **1000 ppm**

3. การประเมินของความเข้มข้นของสารทำความเย็น

ประเมินของความเข้มข้นของสารทำความเย็นในอากาศที่เป็นไปได้ในเหตุการณ์ที่สารทำความเย็นรั่วไหลโดยบังเอิญในตำแหน่งต่าง ๆ ในบ้านที่มีฮีตปั๊มขนาด 3 ตัน ความเย็นติดตั้งอยู่ ว่าเกินค่า LFL หรือไม่

พบว่าผลการจำลองด้วย CFD ให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำเพียงพอในการแทนสถานะการทดลองจริง และความเข้มข้นของสารทำความเย็น ณ ตำแหน่งต่างๆ สำหรับ HFC-32 มีค่าความเข้มข้นโดยส่วนใหญ่ไม่เกินค่า LFL

4. ทำการวิจัยถึงความเป็นไปได้และความถี่ของเหตุการณ์ที่มีส่วนทำให้เกิดการรั่วไหลของสารทำความเย็น โดยบังเอิญ

การวิจัยทำภายใต้สถานการณ์ที่แตกต่างกัน (เช่น ระบบเปิด, ระบบปิด, ระหว่างการซ่อมบำรุง) และอัตราการรั่วไหลที่เป็นไปได้

พบว่าความเสี่ยงโดยรวมของการติดไฟที่เกิดจากการรั่วของสารทำความเย็น HFC-32 ไม่เกิน 9×10^{-5} เหตุการณ์ต่อเครื่องต่อปี (เกือบทั้งหมดมาจากการรั่วที่ ชุดภายนอก CDU) ซึ่งต่ำกว่าความเสี่ยงของการเกิดไฟไหม้บ้านที่ได้รับรายงานจากทุกสาเหตุไม่เกิน 1×10^{-3} เหตุการณ์ ต่อบ้านต่อปี

2.ความปลอดภัยในการติดตั้ง การใช้งานและการซ่อม บำรุงเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็นHFC-32

มาตรฐานที่ใช้อ้างอิง

1.มาตรฐานสากล International Standard **IEC 60335-2-40** “Household for Similar Electrical Appliances Safety: Part 2-40 Particular Requirements for Electrical Heat Pumps, Air Conditioners and Dehumidifiers

2.ANSI/ASHRAE Standard 34-2010 “Designation and Safety Classification Refrigerant

การจัดชั้นความปลอดภัยตาม ASHRAE

| | | SAFETY GROUP | |
|--|----------------------|--|--------------------|
| I N C R E A S I N G | Higher Flammability | A3 | B3 |
| | Lower Flammability | A2 --- A2L* --- | B2 --- B2L* --- |
| | No Flame Propagation | A1 | B1 |
| | | Lower Toxicity | Higher Toxicity |
| | | I N C R E A S I N G | |

ตัวอักษรตัวใหญ่หมายถึงชั้นความเป็นพิษ (Toxicity)

ชั้น A ไม่พบความเป็นพิษของสารทำความเย็นที่ความเข้มข้นมากกว่าหรือเท่ากับ 400 ppm

ตัวเลขหมายถึงชั้นการติดไฟ (Flammability)

ตัวอย่างการจัดชั้นความปลอดภัยตาม ASHRAE

| ชั้นความปลอดภัย | ชั้น 3 | ชั้น 2 | ชั้น 2L | | ชั้น 1 |
|------------------------------|---------|--------|---------|---------|---------|
| | A3 | A2 | A2L | B2L | A1 |
| สารทำความเย็น | Propane | R-152a | HFC-32 | Ammonia | HCFC-22 |
| ความเร็วการลามไฟ ,cm/s | 39 | 23 | 6.7 | 7.2 | - |
| ความร้อนการเผาไหม้ ,MJ/kg | 46 | 16 | 9 | 18.6 | - |

ชั้น 1 ไม่ลามไฟ ชั้น 2, LFL > 0.1 kg/m³ หรือ combustion heat < 19 MJ/kg

ชั้น 3, LFL ≤ 0.1 kg/m³ หรือ combustion heat ≥ 19 MJ/kg

สารทำความเย็น HFC-32

สารทำความเย็น **HFC-32** ถูกจัดอยู่ในชั้นความปลอดภัย **A2L** ติดไฟได้ยากเพราะต้องใช้พลังงานในการจุดติดไฟสูงในช่วง 30 -100 mJ และหากเมื่อติดไฟก็มีความเร็วในการลามไฟต่ำ โดยมีความเร็วในการลามไฟ 6.7 cm/sec เมื่อเทียบกับ

สารทำความเย็น **R-290 (Propane)** ถูกจัดอยู่ในชั้นความปลอดภัย **A3** ติดไฟได้ง่ายเพราะใช้พลังงานในการจุดติดไฟต่ำเพียง 0.14 mJ และหากเมื่อติดไฟก็มีความเร็วในการลามไฟสูง โดยมีความเร็วในการลามไฟ 39 cm/sec

อันตรายต่อสุขภาพ

| สารทำความเย็น | RCL ppm by volume | OEL ppm by volume |
|---------------|-------------------|-------------------|
| HCFC-22 | 59000 | 1000 |
| HFC-32 | 36000 | 1000 |
| HFC-410A | 130000 | 1000 |

RCL (Refrigerant Concentration Limit) ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารทำความเย็นเพื่อลดความเสี่ยงอันตรายจาก**ความเป็นพิษและการติดไฟในสถานที่ปิด**

OEL (Occupational Exposure Limit) ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ผู้ทำงานเผชิญได้เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมงต่อวันหรือ 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ซ้ำๆกัน โดย**ไม่มีผลร้ายต่อสุขภาพ**

อันตรายจากสารทำความเย็น HFC- 32, HCFC-22, และ HFC-410A

| | สาร HFC-32 | HCFC-22 | HFC-410A |
|--|--|------------------|--|
| สูตรทางเคมี | CH_2F_2 | CHClF_2 | CH_2F_2 (50%) + CHF_2CF_3 (50%) |
| จุดเดือด/จุดควบแน่น (101.3kPa) | -51.7°C | -40.8°C | -51.4 °C |
| สารสัมผัสผิวหนัง (สถานะไอ) | เกิดอาการผื่นแดง เนื่องจากการระคายเคืองของเนื้อเยื่อ | | |
| สารสัมผัสผิวหนัง (สถานะของเหลว) | อาจทำให้เนื้อเยื่อตายจากความเย็นจัด | | |
| สูดดม | เกิดอาการวิงเวียนศีรษะ เนื่องจากได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ | | |
| ความไวไฟ | ไวไฟต่ำ | ไม่ไวไฟ | ไม่ไวไฟ |
| ความเป็นพิษ | ไม่เป็นพิษ | | |
| สารอันตรายเมื่อสลายตัว ด้วยความร้อน | HF | HF, HCl | HF |

อันตรายจากการขาด ออกซิเจน

ODL (Oxygen Deprivation Limit) ค่าความเข้มข้นของ
สารทำความเย็น **เกิน 140,000 ppm** โดยปริมาตร อาจทำ
ให้ร่างกายขาด ออกซิเจนได้

3.การวิเคราะห์ความปลอดภัยในการนำสารทำความเย็น HFC R-32 มาใช้ในเครื่องปรับอากาศในประเทศไทย

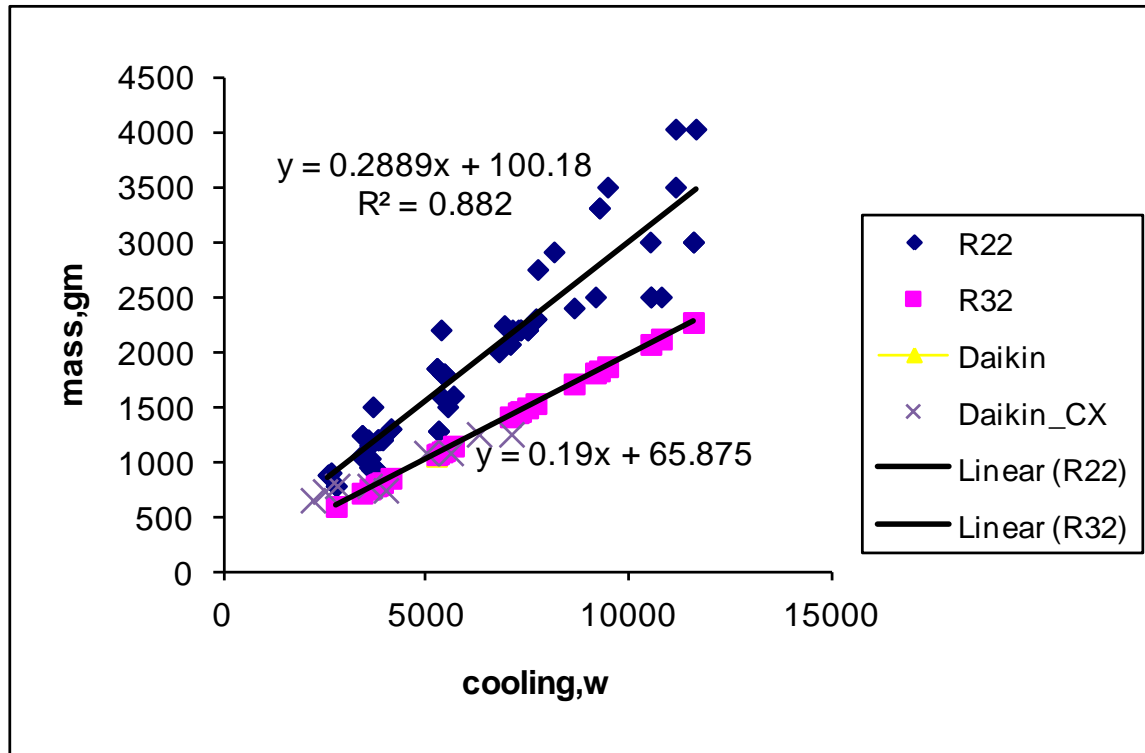
มาตรฐานที่ใช้อ้างอิง

1.International Standard IEC 60335-2-40 “Household for Similar
Electrical Appliances Safety: Part2-40 Particular Requirements for
Electrical Heat Pumps, Air Conditioners and Dehumidifiers

ขนาดพื้นที่ห้องต่ำสุดสำหรับสารทำความเย็น HFC-32

| ระยะความสูง h_0 m | ปริมาณสารทำความเย็นที่บรรจุ M หน่วยเป็น Kg พื้นที่ห้องต่ำสุด A หน่วยเป็น m^2 | | | | | | |
|-------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| | 1.224 | 1.836 | 2.448 | 3.672 | 4.896 | 6.12 | 7.956 |
| แบบตั้งพื้น $h_0 = 0.6$ | - | 29 | 51 | 116 | 206 | 321 | 543 |
| แบบติดหน้าต่าง $h_0 = 1.0$ | - | 10 | 19 | 42 | 74 | 116 | 196 |
| แบบติดผนัง $h_0 = 1.8$ | - | 3 | 6 | 13 | 23 | 36 | 60 |
| แบบติดฝ้าเพดาน $h_0 = 2.2$ | - | 2 | 4 | 9 | 15 | 24 | 40 |

มวลสารทำความเย็นที่บรรจุในเครื่องปรับอากาศ



HCFC-22 ซึ่งได้มาจากข้อมูลของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม ส่งมาทดสอบที่คณะวิศวกรรมศาสตร์

HFC-32 ประเมินจากค่าความร้อนแฝงของสารทำความเย็น

พื้นที่ห้องปรับอากาศต่ำสุดสำหรับเครื่องปรับอากาศที่ใช้สาร ทำความเย็น HFC-32

(a) เมื่อภาระทำความเย็นสูง (12 m²/3500W)

| | | | | | | |
|--|---------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| Cooling Load,w | 3500 | 5250 | 7000 | 10500 | 14000 | 15750 |
| Estimated Area,m ² | 12 | 18 | 24 | 36 | 48 | 54 |
| R22 mass,gm | 1.11 | 1.62 | 2.12 | 3.13 | 4.14 | 4.65 |
| R32 mass,gm | 0.73 | 1.06 | 1.40 | 2.06 | 2.73 | 3.06 |
| | Min.Area for R32,m ² | | | | | |
| Floor Installation,h _o =0.6 | 4.58 | 9.70 | 16.72 | 36.44 | 63.76 | 80.26 |
| Window Installation,h _o =1.0 | 1.65 | 3.49 | 6.02 | 13.12 | 22.95 | 28.89 |
| Wall Installation,h _o =1.8 | 0.51 | 1.08 | 1.86 | 4.05 | 7.08 | 8.92 |
| Ceiling Installation,h _o =2.2 | 0.34 | 0.72 | 1.24 | 2.71 | 4.74 | 5.97 |
| | Max.Mass of R32,kg | | | | | |
| Floor Installation,h _o =0.6 | 1.18 | 1.45 | 1.67 | 2.05 | 2.37 | 2.51 |

พื้นที่ห้องปรับอากาศต่ำสุดสำหรับเครื่องปรับอากาศที่ใช้สาร ทำความเย็น HFC-32

(b) เมื่อภาระทำความเย็นต่ำ (18 m²/3500W)

| | | | | | | |
|--|---------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| Cooling Load,w | 3500 | 5250 | 7000 | 10500 | 14000 | 15750 |
| Estimated Area,m ² | 18 | 27 | 36 | 54 | 72 | 81 |
| R22 mass,gm | 1.11 | 1.62 | 2.12 | 3.13 | 4.14 | 4.65 |
| R32 mass,gm | 0.73 | 1.06 | 1.40 | 2.06 | 2.73 | 3.06 |
| | Min.Area for R32,m ² | | | | | |
| Floor Installation,h _o =0.6 | 4.58 | 9.70 | 16.72 | 36.44 | 63.76 | 80.26 |
| Window Installation,ho=1.0 | 1.65 | 3.49 | 6.02 | 13.12 | 22.95 | 28.89 |
| Wall Installation,ho=1.8 | 0.51 | 1.08 | 1.86 | 4.05 | 7.08 | 8.92 |
| Ceiling Installation,ho=2.2 | 0.34 | 0.72 | 1.24 | 2.71 | 4.74 | 5.97 |
| | Max.Mass of R32,kg | | | | | |
| Floor Installation,h _o =0.6 | 1.45 | 1.77 | 2.05 | 2.51 | 2.90 | 3.07 |

ขนาดทำความเย็นสูงสุดของเครื่องปรับอากาศ

เสนอให้ใช้เครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็นสูงสุด **15750 W** ในสำนักงานหรือในบ้านอยู่อาศัยได้อย่างปลอดภัย เมื่อ ติดตั้งเครื่องปรับอากาศเป็นแบบ **แชนแนลคิลฝ้าเพดาน**

และเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกขนาดเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับภาระทำความเย็นในห้องปรับอากาศ ผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศต้องกำหนด **ปริมาณสารทำความเย็นที่บรรจุในเครื่องปรับอากาศ** และพื้นที่ห้องปรับอากาศต่ำสุดที่จะใช้งานได้ อย่างปลอดภัยให้กับผู้ใช้งานด้วย

ข้อห้ามเพื่อความปลอดภัย

1. ห้ามไม่ให้เชื่อมต่อด้วยลวดเชื่อมโลหะเจืออโลหะหุ้มฉนวน เช่น โลหะเจือตะกั่วผสมดีบุก
2. ห้ามนำ ภาชนะที่มีผิวหน้าร้อนจัดเช่นเตาไฟฟ้า หม้อต้มน้ำ หม้อต้มสุก เข้าไปในห้องปรับอากาศ หรือตู้บุงหรือภายในห้องเพราะมีโอกาสเกิดไฟไหม้ หากมีสารทำความเย็นรั่วสะสมอยู่ในห้อง
3. ห้ามใช้ออกซิเจนอัดเข้าระบบสารทำความเย็น เพื่อป้องกันการระเบิด
4. ห้ามใช้อากาศอัดเข้าระบบเพื่อป้องกันการระเบิด และป้องกันความชื้นเข้าสู่ระบบ
5. ห้ามใช้ก๊าซไนโตรเจนอัดเข้าระบบจากถังโดยตรง ต้องต่อผ่านวาล์วควบคุมความดัน เพื่อป้องกันความดันเข้าระบบเกินขนาดอาจทำให้เกิดการระเบิดได้
6. ห้ามใช้เปลวไฟสำหรับเพิ่มความร้อนให้แก่ถังบรรจุสารทำความเย็น
7. ห้ามใช้หัวเปลวไฟตรวจรั่ว (halide torch) (หรืออุปกรณ์ตรวจหาอื่นๆโดยการใช้เปลวไฟเปลือย) ตรวจหาการรั่วของสารทำความเย็น
8. ห้ามบรรจุสารทำความเย็นเข้าถังบรรจุเกิน (ของเหลวไม่มากกว่า 80 % ของปริมาตรถังบรรจุ)

ข้อต้องทำ

1. ต้องต่อสายดินกับอุปกรณ์หรือเครื่องไฟฟ้า
2. ต้องใช้อุปกรณ์ที่ได้มาตรฐาน
3. ต้องตัดไฟฟ้าออกจากระบบก่อนการซ่อม
4. ต้องเสียบหรือขันข้อต่อสายไฟฟ้าให้แน่นเพื่อป้องกันความร้อนที่เกิดขึ้นอาจทำให้เกิดไฟไหม้
5. ต้องต่อสายดินเข้ากับระบบสารทำความเย็นก่อนบรรจุสาร
6. ต้องขันข้อต่อเฟร็ดด้วยประแจวัดแรงเพื่อป้องกันไม่ให้ขันแน่นเกินไปจนเกิดรอยร้าวทำให้สารทำความเย็นรั่วออกมาได้
7. ต้องกู้คืนสารทำความเย็นทั้งหมดอย่างปลอดภัยเมื่อมีการซ่อมระบบสารทำความเย็น
8. ต้องไม่นำสารทำความเย็นที่กู้คืนไปบรรจุในระบบสารทำความเย็นอื่น
เว้นแต่มีการทำความสะอาด และตรวจสอบคุณสมบัติก่อนนำไปใช้
9. ต้องติดฉลากที่ระบุว่าได้ทำตามขั้นตอนหลังการเดินเครื่องและไม่มีสารทำความเย็นเหลืออยู่
ฉลากต้องลงวันที่ และลงลายมือชื่อ ต้องมั่นใจว่ามีฉลากติดบนอุปกรณ์ โดยระบุว่าอุปกรณ์มี
สารทำความเย็นติดไฟได้

ข้อปฏิบัติที่ดี (Good Practice)

เมื่อต้องการตัดระบบสารทำความเย็นที่ติดไฟได้เพื่อทำการซ่อมต้องขจัด และสุบสารทำความเย็นออกจากระบบก่อนโดยควรปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

1. ขจัดสารทำความเย็นออกใส่ในถังเก็บ โดยเฉพาะ
2. ไล่วงจรสารทำความเย็นด้วยก๊าซเฉื่อยที่ไม่มีออกซิเจนปน (OFN)
3. สูบก๊าซออกจากวงจร
4. ไล่วงจรด้วยก๊าซเฉื่อยอีกครั้ง
5. เปิดวงจร โดยการตัด หรือเล่นประสาน

จบการนำเสนอ

ขอบคุณครับ