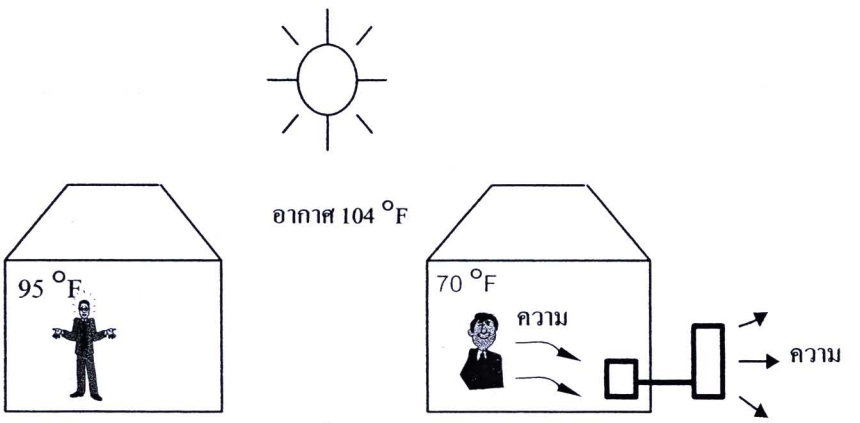
บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พื้นฐานการทำความเย็น

หลักการทำความเย็น เป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากพื้นที่หนึ่ง ซึ่งต้องการทำความเย็น โดยความร้อนจะถูกส่งผ่านน้ำยา จากนั้นน้ำยาจะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศภายนอกพื้นที่ น้ำยาจะเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน โดยอาศัยกระบวนการอัดน้ำยาให้เป็นไอ กระบวนการควบแน่น กระบวนการขยายตัว และกระบวนการระเหย ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะเกิดตามส่วนต่างๆ ของระบบ เช่น ที่คอมเพรสเซอร์ ที่คอนเดนเซอร์ ที่อุปกรณ์ควบคุมการไหล เป็นต้น ดังนั้นการเรียนรู้เกี่ยวกับหลักการทำความเย็นในบทนี้ จึงเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้เพื่อให้นักศึกษาสามารถวิเคราะห์ระบบทำความเย็นได้ถูกต้อง และสามารถซ่อมบำรุงระบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

หลักการทำความเย็น

1. การทำความเย็น (Refrigeration) คือกระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากพื้นที่ หรือวัตถุที่ต้องการทำความเย็น หรือเป็นกระบวนการลดอุณหภูมิ และรักษาอุณหภูมิของพื้นที่ หรือวัตถุที่ต้องการทำความเย็นให้ต่ำกว่าอุณหภูมิรอบๆ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การทำความเย็น

2.2 ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor Compression System)

ระบบทำความเย็นและปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบันอาศัยการทำงานแบบอัดไอน้ำยาทำความเย็นด้วยคอมเพรสเซอร์เพื่อนำน้ำยาที่ทำความเย็นแล้วกลับมาใช้อีก น้ำยาทำความเย็นจะไหลเวียนภายในระบบปิดอยู่ตลอดเวลา รูปที่ 2.2 เป็นระบบทำความเย็นแบบอัดไอซึ่งประกอบด้วย อีแวปปอเรเตอร์ ท่อดูด คอมเพรสเซอร์ ท่อจ่าย คอนเดนเซอร์ ถังรับน้ำยา ท่อของเหลว และอุปกรณ์ควบคุมการไหล ซึ่งอุปกรณ์แต่ละส่วนมีหน้าที่ดังนี้

2.2.1 อีแวปปอเรเตอร์ (Evaporator) ทำหน้าที่ดูดความร้อนจากพื้นที่ หรือวัตถุที่ต้องการทำความเย็นไปใช้ในการเดือดกลายเป็นไอของน้ำยา

2.2.2 ท่อดูด (Suction Line) ทำหน้าที่ส่งไอน้ำยาที่เดือดจากอีแวปปอเรเตอร์แล้ว เข้าคอมเพรสเซอร์

2.2.3 คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่สูบน้ำยาให้ไหลเวียนภายในระบบพร้อมกับอัด ไอน้ำยาที่มีความดันต่ำ ให้เป็นไอน้ำยาที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง

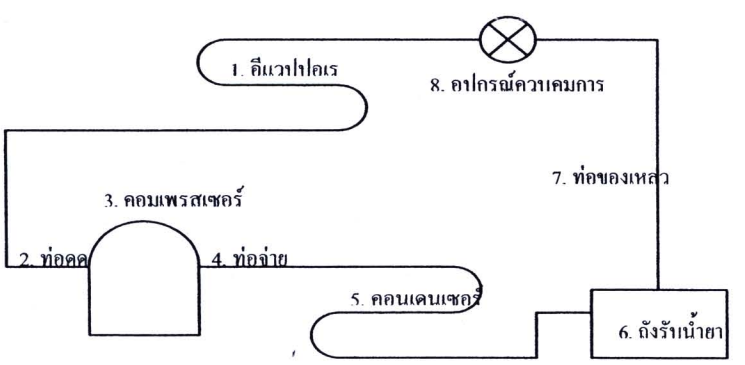
2.2.4 ท่อจ่าย (Discharge Line) ทำหน้าที่ส่งไอน้ำยาที่มีความดันสูง และอุณหภูมิสูงเข้าคอนเดนเซอร์

2.2.5 คอนเดนเซอร์ (Condenser) ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับไอน้ำยาที่มีอุณหภูมิสูง ออกสู่อากาศภายนอกระบบ เมื่อไอน้ำยาได้รับการระบายความร้อนจะเกิดการควบแน่นเป็นน้ำยาเหลวความดันและอุณหภูมิสูง

2.2.6 ถังรับน้ำยา (Receivers) ทำหน้าที่เก็บน้ำยาที่เป็นของเหลว ที่ออกมาจากคอนเดนเซอร์ เพื่อจ่ายให้กับอีแวปปอเรเตอร์ต่อไป

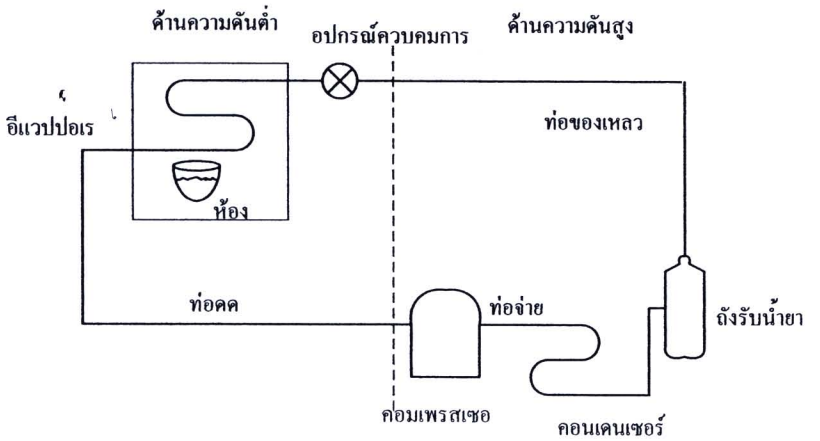
2.2.7 ท่อของเหลว (Liquid Line) ทำหน้าที่ ส่งน้ำยาที่เป็นของเหลวจากถังรับน้ำยาเข้าอุปกรณ์ควบคุมการไหล

2.2.8 อุปกรณ์ควบคุมการไหล ทำหน้าที่ควบคุมน้ำยาที่ไหลเข้าอีแวปปอเรเตอร์



รูปที่ 2.2 องค์ประกอบของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

เมื่อพิจารณาความดันของน้ำยาทำความเย็นในระบบเป็นหลัก สามารถแบ่งระบบทำความเย็นแบบอัดไอออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ความดันของน้ำยาต่ำ ส่วนนี้เรียกว่า ด้านความดันต่ำ (Lowside Pressure) หรือความดันอีแวปปอเรเตอร์ หรือความดันด้านดูด (Suction Pressure) ด้านนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์ควบคุมการไหล อีแวปปอเรเตอร์ ท่อดูด ดังรูปที่ 2.3 ส่วนที่สองคือส่วนที่ความดันของน้ำยาสูง ส่วนนี้เรียกว่า ด้านความดันสูง (Highside Pressure) หรือความดันคอนเดนซิ่ง (Condensing Pressure) หรือความดันด้านจ่าย (Discharge Pressure) ด้านนี้ประกอบด้วยคอมเพรสเซอร์ ท่อจ่าย คอนเดนเซอร์ ถังรับน้ำยา และท่อของเหลว ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ด้านความดันต่ำและด้านความดันสูง

2.3 วัฏจักรของการทำความเย็น (Refrigeration Cycle)

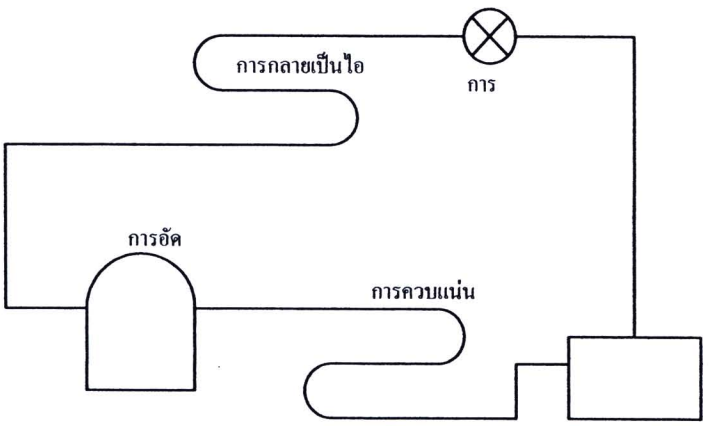
ในระบบทำความเย็นแบบอัดไอ น้ำยาทำความเย็นจะไหลเวียนผ่านส่วนต่างๆ ของระบบอยู่ตลอดเวลา ในแต่ละรอบ น้ำยาจะต้องผ่านกระบวนการต่อไปนี้

2.3.1 การขยายตัว (Expansion) เกิดที่อุปกรณ์ควบคุมการไหล

2.3.2 การกลายเป็นไอ (Vaporization) เกิดที่อีแวปปอเรเตอร์

2.3.3 การอัดไอ (Compression) เกิดที่คอมเพรสเซอร์

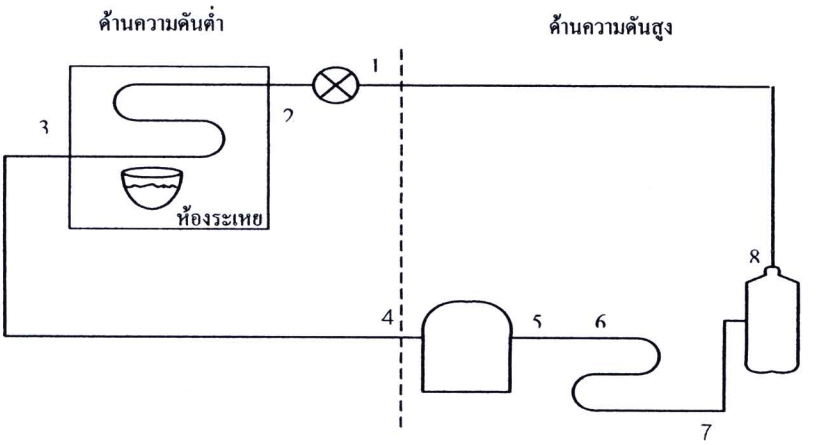
2.3.4 การควบแน่น (Condensation) เกิดที่คอนเดนเซอร์ ดังรูปที่ 2.4 ในหนึ่งวัฏจักรของการทำความเย็นเบื้องต้น จะต้องประกอบด้วยกระบวนการหลัก 4 กระบวนการดังที่ได้กล่าวมาแล้ว



รูปที่ 2.4 กระบวนการที่เกิดขึ้นกับน้ำยาในหนึ่งวัฏจักร

การทำงานของระบบทำความเย็น

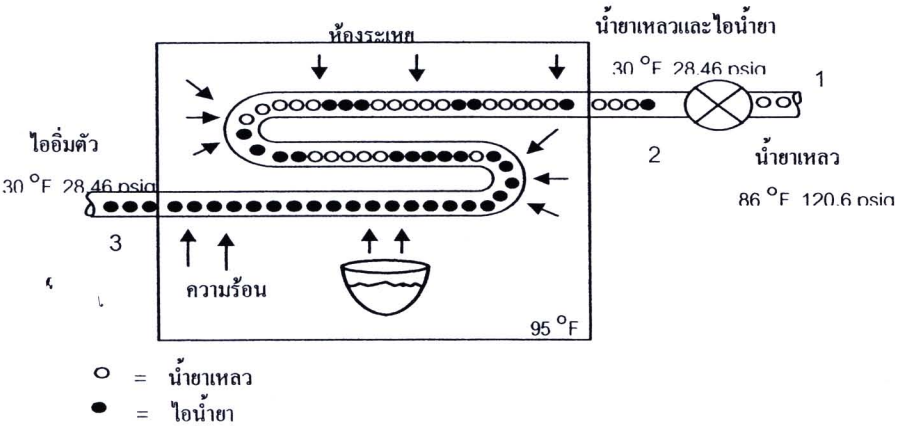
ระบบทำความเย็นจะทำความเย็นได้ น้ำยาภายในระบบจะต้องไหลเวียนอุปกรณ์ที่ทำให้น้ำยาไหลเวียนในระบบคือ คอมเพรสเซอร์ ซึ่งเปรียบเสมือนเครื่องสูบ ที่สูบน้ำยาให้ไหลเวียนอยู่ตลอดที่ระบบทำงาน รูปที่ 2.5 แสดงวงจรน้ำยาของระบบทำความเย็นแบบอัดไอการทำงานของระบบทำความเย็นอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 2.5 วงจรน้ำยาของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

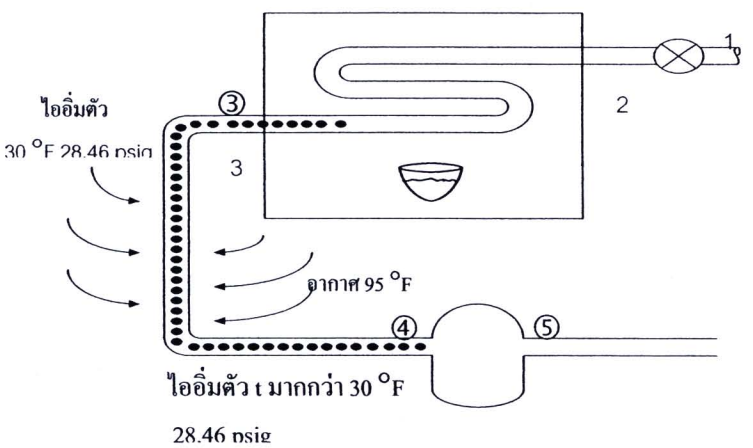
ที่จุด 1 น้ำยาที่ไหลเข้าอุปกรณ์ควบคุมการไหล จะอยู่ในสถานะของเหลวที่มีความดันสูงอุณหภูมิสูง อุปกรณ์ควบคุมการไหลจะลดความดันของน้ำยาลงทำให้จุดเดือดของน้ำยาลดต่ำลง

ที่จุด 2 น้ำยาที่ออกจากอุปกรณ์ควบคุมการไหล จะไหลเข้าอีแวปปอเรเตอร์เป็นละอองน้ำยา โดยน้ำยาจะมีจุดเดือดต่ำกว่าอุณหภูมิของวัตถุที่แช่อยู่ในห้องทำความเย็น ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากวัตถุที่แช่ไปให้น้ำยาๆ เกิดการเดือดกลายเป็นไอ โดยที่อุณหภูมิและความดันของน้ำยาคงที่ ความร้อนที่ใช้ในการเดือดกลายเป็นไอคือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ ดังรูปที่ 2.6



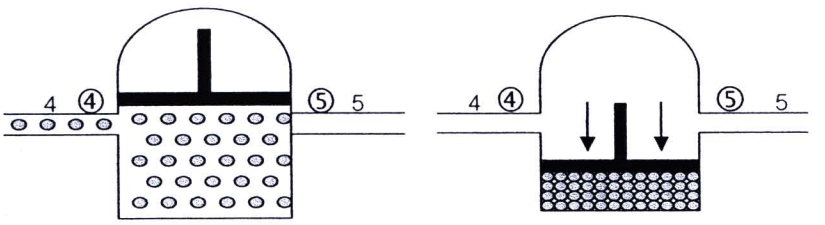
รูปที่ 2.6 การระเหยของน้ำยาในห้องระเหย

ที่จุด 3 น้ำยาที่ออกจากอีแวปปอเรเตอร์ จะอยู่ในสถานะไอที่ความดันต่ำ, อุณหภูมิต่ำ ถูกส่งผ่านทางท่อดูด เข้าคอมเพรสเซอร์ ขณะที่ผ่านท่อดูด ไอของน้ำยาจะได้รับความร้อนจากอากาศรอบๆ ทำให้ไอน้ำยามีอุณหภูมิสูงขึ้นแต่ความดันยังคงที่ ความร้อนช่วงนี้คือ ความร้อนยิ่งยวด ดังรูปที่ 2.7



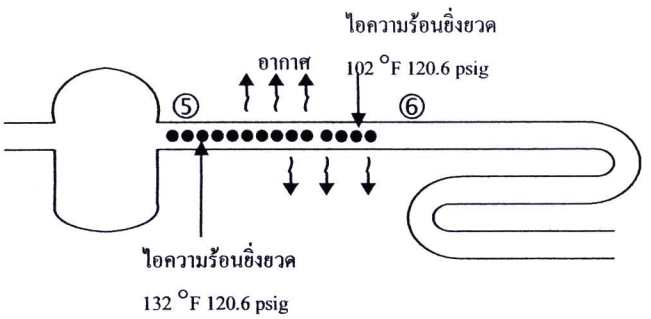
รูปที่ 2.7 การให้ความร้อนยิ่งยวดกับไออิ่มตัว

ที่จุด 4 น้ำยาที่เข้าคอมเพรสเซอร์ จะอยู่ในสถานะไอที่ความดันต่ำ อุณหภูมิต่ำ จากนั้นคอมเพรสเซอร์จะอัดไอน้ำยาให้มีปริมาตรลดลง ทำให้ความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น โดยอุณหภูมิของไอจะสูงกว่าอุณหภูมิไออิ่มตัว กระบวนการนี้แสดงดังรูปที่ 2.8



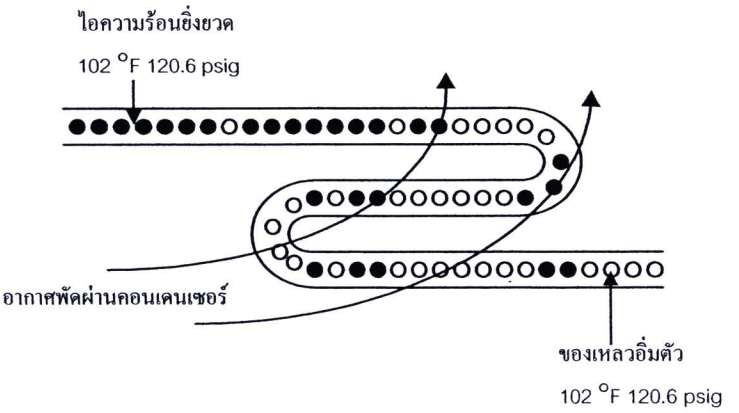
รูปที่ 2.8 การอัดไออิ่มตัวในคอมเพรสเซอร์

ที่จุด 5 ไอน้ำที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศรอบๆ ทำให้เกิดการระบายความร้อนให้กับอากาศ ขณะถูกส่งผ่านท่อจ่ายไปยังคอนเดนเซอร์ทำให้อุณหภูมิของไอน้ำลดลงเท่ากับอุณหภูมิไอน้ำอิ่มตัว แต่ยังคงสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศรอบๆ คอนเดนเซอร์ ดังรูปที่ 2.9



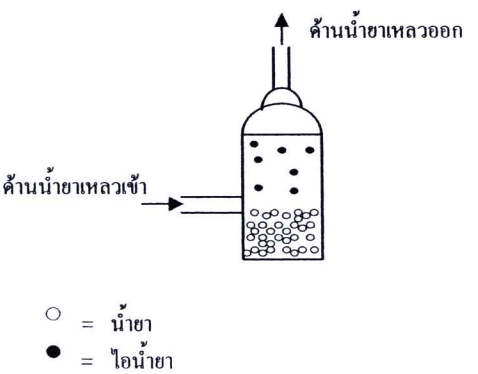
รูปที่ 2.9 การระบายความร้อนของไอความร้อนยิ่งยวด

ที่จุด 6 ไอน้ำที่เข้าคอนเดนเซอร์จะมีความดันสูง อุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิอิ่มตัวแต่สูงกว่าอุณหภูมิของอากาศรอบๆ คอนเดนเซอร์ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อน จากไอน้ำให้กับอากาศรอบๆ คอนเดนเซอร์ ผ่านพื้นผิวคอนเดนเซอร์ ไอน้ำเกิดการควบแน่นเป็นของเหลว โดยที่ความดันและอุณหภูมิยังคงที่ความร้อนที่ถ่ายเทให้กับอากาศคือ ความร้อนแฝงของการควบแน่นกระบวนการนี้แสดงดังรูปที่ 2.10



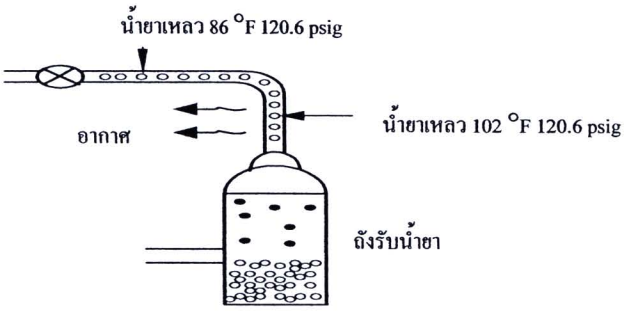
รูปที่ 2.10 การทำงานของคอนเดนเซอร์

ที่จุด 7 น้ำยาที่ออกจากคอนเดนเซอร์ จะอยู่ในสถานะของเหลวอุณหภูมิสูง ความดันสูงจะไหลเข้าถังรับน้ำยา ภายในถังรับน้ำยาจะประกอบด้วยน้ำยาที่อยู่ในสถานะของเหลวกับน้ำยาที่อยู่ในสถานะไอซึ่งยังไม่ควบแน่นลอยอยู่ด้านบน



รูปที่ 2.11 น้ำยาเหลวและไอน้ำยาในถังรับน้ำยา

ที่จุด 8 น้ำยาเหลวจะถูกปล่อยออกจากถังรับน้ำยา ส่งผ่านทางท่อของเหลวเข้าอุปกรณ์ควบคุมการไหล ระหว่างทางน้ำยาซึ่งเป็นของเหลวอิ่มตัวจะมีอุณหภูมิอิ่มตัวสูงกว่าอากาศรอบๆ ท่อทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากน้ำยาไปยังอากาศ ทำให้อุณหภูมิของน้ำยาลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิอิ่มตัว ซึ่งกระบวนการนี้คือ การซับคูล และเรียกของเหลวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอิ่มตัวว่า ของเหลวซับคูล ดังรูปที่ 2.12 ต่อจากนี้การไหลเวียนของน้ำยาทำความเย็นก็จะเริ่มรอบใหม่ซึ่งจะผ่านกระบวนการขยายตัว กระบวนการเดือดเป็นไอ กระบวนการอัดไอและกระบวนการควบแน่นกลับเป็นของเหลวตามเดิม โดยจะหมุนเวียนไปเรื่อยๆ ตลอดเวลาของการทำงาน



รูปที่ 2.12 การระบายความร้อนของน้ำยาเหลวที่ท่อของเหลว

สรุป

1. การทำความเย็น เป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากพื้นที่หรือวัตถุที่ต้องการทำความเย็น

2. ระบบทำความเย็นแบบอัดไอมีอุปกรณ์หลักคืออีแวปปอเรเตอร์คอมเพรสเซอร์ ท่อดูด ท่อจ่าย คอนเดนเซอร์ ถังรับน้ำยา ท่อของเหลวและอุปกรณ์ควบคุมการไหล

3. วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ น้ำยาจะต้องผ่านกระบวนการขยายตัวการเกิดไอ การอัดไอ และการควบแน่น

4. การทำงานของระบบทำความเย็นเริ่มที่ไอน้ำยาถูกอัดออกจากคอมเพรสเซอร์เข้าไปควบแน่นกลายเป็นน้ำยาเหลวที่คอนเดนเซอร์ จากนั้นผ่านถังรับน้ำยาเข้าอุปกรณ์ควบคุมการไหล ทำให้น้ำยาเหลวขยายตัว ระเหยกลายเป็นไอน้ำยาที่อีแวปปอเรเตอร์ จากนั้นไอน้ำยาจะถูกคอมเพรสเซอร์อัดอีกครั้งเป็นวัฏจักรหมุนเวียนอย่างนี้ไปเรื่อยๆ

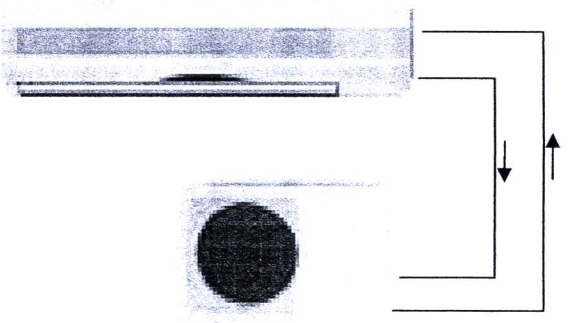
2.4 ประเภทของเครื่องปรับอากาศ

ปัจจุบันเครื่องปรับอากาศที่ใช้กันทั่วไปนั้น สามารถจำแนกของระบบปรับอากาศออกได้เป็น 2 แบบ คือ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Ttpe Air-cConnditioning System) และเครื่องปรับอากาศแบบระบบทำความเย็นส่วนกลาง (Central Air-Conditionings System) มีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

เครื่องปรับอากาศแบบนี้สามารถแยกออกได้เป็น 2 ส่วน ดังรูปที่ 2.13 ส่วนแรกคือส่วนที่อยู่ภายในห้องเรียกว่าแฟนคอยล์ยูนิต (Fan Coil Unit) ประกอบด้วย ตัวตู้พัดลม อีวาโปเรเตอร์ ลิ้นลดความดันและแผงกรองอากาศ ส่วนที่สองคือส่วนที่อยู่ภายนอกห้องเรียกว่าคอนเดนซิ่งยูนิต (Condensing Unit) ซึ่งประกอบไปด้วยคอมเพรสเซอร์ พัดลม คอนเดนเซอร์ แผงสวิตซ์และอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน

แฟนคอยล์ยูนิต



คอนเดนซิ่งยูนิต

รูปที่ 2.13 เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วน

2. เครื่องปรับอากาศแบบระบบทำความเย็นส่วนกลาง

เครื่องปรับอากาศแบบระบบทำความเย็นส่วนกลางหมายถึงกลุ่มของเครื่องทำความเย็นหนึ่งเครื่องหรือมากกว่าที่จ่ายน้ำเย็นให้กับเครื่องส่งลมเย็นขนาดเล็กและเครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่ที่ติดตั้งอยู่จุดต่างๆ ของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร โดยเครื่องทำน้ำเย็นไม่จำเป็นต้องว่างอยู่ตำแหน่งศูนย์กลางเมื่อเทียบกับอาคารทั้งหลายและจำนวนเครื่องทำความเย็นอาจมีหนึ่งหรือสองเครื่องหรือมากกว่าตามขนาดและการใช้งานของอาคาร ซึ่งอาจมีการกระจายสถานที่ติดตั้งเครื่อง ปรับอากาศแบบระบบทำความเย็นส่วนกลางออกไปถึงสองสามแห่งเนื่องจากพื้นที่การติดตั้งในช่วงแรกไม่เพียงพอสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบระบบทำความเย็นส่วนกลางระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller Air-Conditioning System) และเครื่องปรับอากาศแบบระบบทำน้ำเย็นส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller Air-Conditioning System) จากการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศพบว่าเครื่องปรับอากาศแบบระบบทำน้ำเย็นส่วนกลางระบายความร้อนด้วยน้ำ มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงเนื่องจากมีอุปกรณ์ประกอบระบบหลายประเภทที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้า เช่น หอผึ่งน้ำและเครื่องส่งน้ำระบายความร้อน เป็นต้น

สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบระบบทำความเย็นส่วนกลางนั้น สามารถแยกออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนระบบทำความเย็นและส่วนระบบระบายความร้อน ซึ่งในส่วนของระบบทำความเย็นจะใช้คอมเพรสเซอร์ในการขับเคลื่อนสารทำความเย็นซึ่งพลังงานที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์จะเป็นพลังงานไฟฟ้า สามารถแบ่งขนาดของเครื่องปรับอากาศได้ตามลักษณะคอมเพรสเซอร์ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ขนาดตันความเย็นของคอมเพรสเซอร์

ชนิดของคอมเพรสเซอร์	ขนาดตันความเย็นโดยประมาณ
1.แบบลูกสูบ (Reciprocating)	3 – 200 ตันความเย็น
2.แบบสโครล (Scroll)	15 – 60 ตันความเย็น
3.แบบโรตารี่ (Rotary)	50 – 1300 ตันความเย็น
4.แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal)	150 – 2000 ตันความเย็น

2.5 ชนิดของคอมเพรสเซอร์ (Type of Compressor)

1. คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor) หน้าที่การทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ ดังรูปที่ 2.14 คือจะดูดและอัดน้ำยาในสถานะที่เป็นแก๊ส โดยดูดน้ำยาในสถานะแก๊สที่มีความดันต่ำ และอุณหภูมิต่ำเข้ามาอัดตัวให้เป็นแก๊สที่มีความดันสูง และอุณหภูมิสูงขึ้น ถูกส่งไปคอนเดนเซอร์ หลักการทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบคือ ในแต่ละกระบอกสูบจะประกอบด้วยชุดของลิ้นทางดูดและลิ้นทางอัดซึ่งติดอยู่กับวาล์วแฟลต ขณะที่ลูกสูบหนึ่งลงในจังหวะดูด อีกลูกหนึ่งจะเคลื่อนที่ขึ้นในจังหวะอัดคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบเป็นแบบที่มีการใช้งานแพร่หลาย มีให้เลือกใช้กับงานต่างๆได้อย่างกว้างขวาง

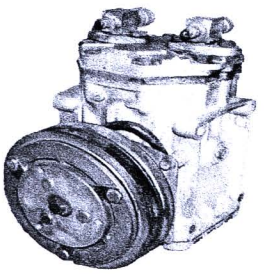
การออกแบบคอมเพรสเซอร์จะต้องเลือกให้เหมาะสมที่สุดกับการทำงานภายในขอบเขตที่กำหนดกับสารทำความเย็นที่ใช้การให้คอมเพรสเซอร์ทำงานภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง โดยออกแบบใช้วาล์วทำงานที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้เกิดการสูญเสียความสามารถในการดูดถึง 10 % คอมเพรสเซอร์จำนวนมากมีการใช้งานเกินกำลังของมอเตอร์และเป็นผลให้อุปกรณ์ป้องกันตัดทำให้มอเตอร์หยุดทำงาน

คอมเพรสเซอร์ได้มีการพัฒนาประสิทธิภาพสูงขึ้นตลอดเวลาส่วนสำคัญที่มีการปรับปรุงได้แก่ การลดปริมาตรช่องว่างของลูกสูบปรับปรุงการไหลผ่านวาล์ว

- เส้นทางการไหลที่คล่องขึ้น
- ลดการสูญเสียความดัน

ลดการสูญเสียความร้อนจากไอด้านส่งออกไปสู่ด้านดูดการปรับปรุงดังกล่าวอาจจะทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ถึง 20% แต่อย่างไรก็ตามต้นทุนการผลิตคอมเพรสเซอร์ก็สูงตามไปด้วยเนื่องจากความซับซ้อนในการผลิตที่เพิ่มขึ้น สิ่งที่มีความสำคัญของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบอยู่ที่การป้องกันไม่ให้สารทำความเย็นเหลวหรือน้ำมันหล่อลื่นจำนวนมากหลุดเข้าไปในกระบอกเนื่องจากจะทำให้เคลื่อนที่ขัดข้อง

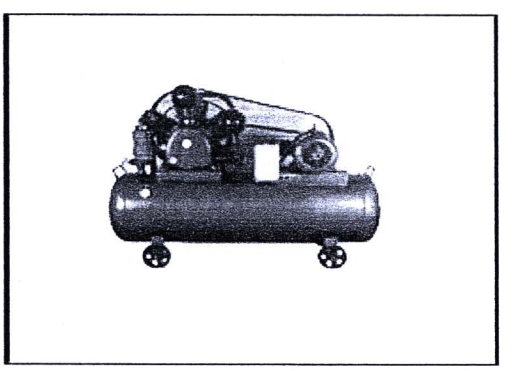
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย



รูปที่ 2.14 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ

2. คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw Compressor) มีขนาดให้เลือกใช้ได้ตั้งแต่ขนาด 50 Kw โดยทั่วไปถูกนำไปใช้กับงานที่มีอุณหภูมิปานกลางถึงอุณหภูมิสูง รูปทรงทางเรขาคณิตของมันจะเป็นตัวกำหนดอัตราส่วนความดันที่เหมาะสมที่สุดการทำงานที่อัตราส่วนความดันผิดไปจากนี้จะทำให้ประสิทธิภาพตกลงไป ด้วยเหตุนี้ผู้ผลิตจึงมักผลิตคอมเพรสเซอร์ให้มีการทำงานที่กว้างเพื่อให้ได้ลักษณะสมบัติการทำงานที่แตกต่างกัน

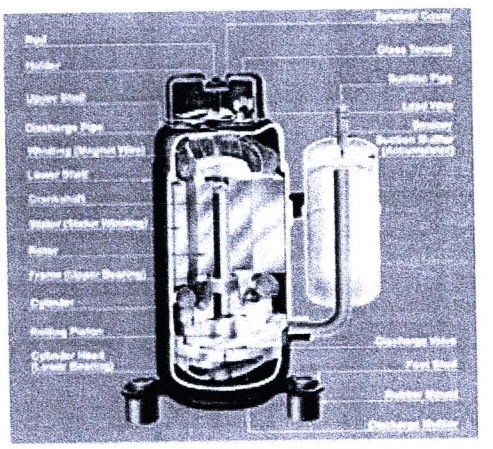
น้ำมันหล่อลื่นจำนวนมากจะถูกฉีดเข้าไปในคอมเพรสเซอร์แบบสกรูเพื่อเป็นการซีลช่องห่างระหว่างโรเตอร์กับเปลือกหุ้ม น้ำมันดังกล่าวจะต้องแยกออกจากสารทำความเย็นโดย ตัวแยกที่มีขนาดที่เหมาะสม สำหรับความร้อนที่เกิดจากการอัดส่วนหนึ่งจะดูดกลืนไว้โดยน้ำมัน ซึ่งจะต้องได้รับการระบายทิ้งไปโดยตัวระบายความร้อนซึ่งตามปกติมักใช้อากาศหรือน้ำ การใช้สารทำความเย็นเป็นตัวระบายความร้อนจะทำให้กำลังความจุของระบบหายไป 10% และทำให้ประสิทธิภาพลดลงไปด้วย ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 24 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 247477
เลขเรียกหนังสือ

3. คอมเพรสเซอร์แบบก้นหอย (Scroll Compressor) ได้รับความสนใจเมื่อไม่นาน และได้มีการพัฒนาอย่างกว้างขวางด้วยเทคนิคการผลิตที่ดีขึ้นทำให้สามารถผลิตคอมเพรสเซอร์ชนิดนี้เป็นที่แพร่หลาย ได้มีงานปรับอากาศขนาดเล็กและขนาดกลาง เนื่องจากการทำงานที่เงียบ การสั่นสะเทือนต่ำ รวมทั้งมีประสิทธิภาพสูงที่เหนือกว่าคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบซึ่งอัตราการอัดต่ำทำให้คอมเพรสเซอร์แบบก้นหอยมีความเหมาะสมกับการทำความเย็นที่มีอุณหภูมิสูง เช่นช่องเก็บเบียร์ ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 คอมเพรสเซอร์แบบก้นหอย

2.6 ข้อมูลเกี่ยวกับสมรรถนะของคอมเพรสเซอร์ (Scroll Compressors)

อัตราการดึงความร้อนออกและกำลังป้อนเข้าคอมเพรสเซอร์ โดยมากจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการระเหยและอุณหภูมิการควบแน่นสมรรถนะของคอมเพรสเซอร์ตามปกติจะแสดงเป็นรูปกราฟ

ข้อมูลเหล่านี้ถูกแสดงไว้เป็นสภาวะที่บุไว้ ตามข้อกำหนดจำเป็นต้องทำการปรับแก้เพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะการทำงานจริงกล่าวคือ

อุณหภูมิไอทางด้านดูด

ระดับความเย็นยิ่งของของเหลว (Liquid Sub cooling) สำหรับคอมเพรสเซอร์ชนิดเปิด (Open type) จะต้องระมัดระวังเรื่องความเร็วที่ใช้งานจริงของคอมเพรสเซอร์ ส่วนคอมเพรสเซอร์ชนิดกึ่งปิดความเร็วจะถูกกำหนดตายตัวโดยมอเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ภายใน

2.7 การควบคุมพิกัดการทำความเย็น (Capacity control)

สิ่งที่สำคัญจะต้องรักษาประสิทธิภาพของระบบให้สูงอยู่เสมอในขณะที่ระบบมีการเปลี่ยนแปลงของภาระในช่วงกว้างดังนั้น คอมเพรสเซอร์จะต้องสามารถทำงานเปลี่ยนแปลงการทำงานตามภาระได้ในระบบที่ใช้คอมเพรสเซอร์หลายตัวเราสามารถแปรเปลี่ยนพิกัดทำความเย็นได้โดยไม่ต้องหยุดการทำงานของคอมเพรสเซอร์บางตัวหรือลดกำลังความจุของคอมเพรสเซอร์บางตัววิธีที่ดีที่สุดที่จะช่วยประหยัดพลังงานคือหยุดการทำงานของเครื่องที่ไม่จำเป็น

2.8 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating Compressors)

วิธีการในการลดกำลังความจุของคอมเพรสเซอร์มีหลายวิธีคือ การปิดกั้นการไหลของแก๊สทางด้านดูด การยกวาล์วทางด้านดูดขึ้น การให้ไอร้อนด้านอัดไหลหมุนเวียนกลับมาที่เดิม

สิ่งที่สำคัญในการเลือกคอมเพรสเซอร์ คือจะต้องตรวจสอบข้อมูลของผู้ผลิตเพื่อให้มั่นใจว่ารุ่นที่เลือกเป็นชนิดที่ประหยัดพลังงานการใช้พลังงานต้องสอดคล้องกับภาระงานเมื่อภาระการทำความเย็นลดลงการใช้พลังงานก็จะลดลงด้วย

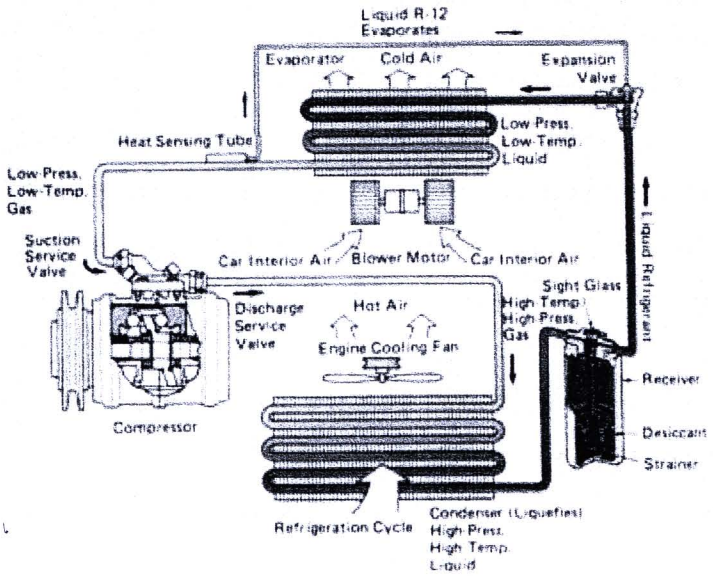
ควรทำการตรวจสอบด้วยว่าคอมเพรสเซอร์จำเป็นต้องมีการระบายความร้อนเสริมหรือไม่ในขณะที่มีการควบคุมพิกัดการทำความเย็นเนื่องจากการระบายความร้อนดังกล่าวต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้น

จำนวนของขั้นตอนในการลดกำลังความจุที่สามารถยอมรับได้ของคอมเพรสเซอร์จะขึ้นอยู่กับการออกแบบคอมเพรสเซอร์และมีผลโดยตรงกับจำนวนกระบอกสูบสำหรับคอมเพรสเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยไอของสารทำความเย็นด้านดูดกำลังความจุบางส่วนถูกใช้ไปในการระบายความร้อนให้กับมอเตอร์

2.9 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw compressors)

ขนาดพิกัดทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์แบบสกรูขนาดใหญ่สามารถแปรเปลี่ยนได้จาก 100% ถึง 10% โดยใช้แผ่นเลื่อน (Slide Vane) ขณะเปิดเครื่องที่ภาระบางส่วน (Portland) ประสิทธิภาพจะลดลงเหลือ 50% ของพิกัดการทำความเย็นแต่ถ้าค่าพิกัดการทำความเย็นต่ำกว่านี้ประสิทธิภาพก็จะตกลงอย่างรวดเร็ว

คอนเดนเซอร์ (Condoner) ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายมี 3 ชนิดคือชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ ใช้อากาศจากบรรยากาศระบายความร้อนด้วยน้ำ (ใช้น้ำประปา น้ำแม่น้ำ หรือจากหอผึ่งน้ำ Cooling tower) ระบายความร้อนโดยการระเหย (Evaporative Cooled) ใช้อากาศจากบรรยากาศและน้ำที่ไหลเวียนสองชนิดหลังมีข้อดี คืออุณหภูมิกระเปาะเปียกที่ต่ำกว่าอุณหภูมิรอบๆ และการถ่ายเทความร้อนของน้ำดี สามารถทำงานที่อุณหภูมิควบแน่นที่ต่ำลงได้ สำหรับการเปรียบเทียบการใช้งานของ



รูปที่ 2.17 คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ

คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-Cooled Condensers) จะเป็นแบบเปลือก และท่อ (Shell and tube) โดยน้ำที่ระบายความร้อนจะไหลอยู่ในท่อภายในเปลือกหุ้มส่วนสารทำความเย็นจะไหลอยู่ในเปลือกหุ้มและเกิดการควบแน่นตามบริเวณพื้นผิวภายนอกของท่อที่เย็นการถ่ายเทความร้อนจากคอนเดนเซอร์จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นประมาณ 5 °C ส่วนอุณหภูมิของน้ำที่ออกจากคอนเดนเซอร์จะมีค่าแตกต่างกับอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่เกิดการควบแน่น ประมาณ 5°C

สำหรับระบบทำความเย็นขนาดเล็กมากที่ใช้ในเชิงพาณิชย์โดยทั่วไปจะใช้น้ำประปาระบายความร้อนโดยตรง แต่ถ้าระบบใหม่ๆ จะมีการออกแบบให้มีการใช้น้ำน้อยลงเนื่องจากราคาน้ำประปามีราคาสูงขึ้น

ส่วนระบบขนาดใหญ่น้ำระบายความร้อนจะถูกทำให้เย็นลงโดยใช้หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) ผลของการระบายความร้อนให้กับน้ำน้ำบางส่วนก็ระเหยไปกับอากาศ และถ้าหากทางเดินของอากาศและน้ำเกิดการอุดตันจะทำให้ประสิทธิภาพของการระบายความร้อนลดลงอย่างมาก การอุดตันดังกล่าวเกิดขึ้นได้เสมอโดยมีต้นเหตุจากตะกรันในน้ำกระด้างหรือตะไคร่น้ำ ดังนั้นน้ำที่ระบายความร้อนได้รับการบำบัดเพื่อป้องกันปัญหาข้างต้นและป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสำหรับหอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) ควรมีอุณหภูมิระหว่าง 13-18 °C ของอุณหภูมิของกระเปาะเปียกของอากาศ (ซึ่งอาจจะต่ำกว่าอุณหภูมิของกระเปาะแห้ง 10°C)

คอนเดนเซอร์ต่างชนิดกันต้องนำเอากำลังป้อนเข้าของพัดลมปั๊มน้ำและเครื่องทำความร้อนมาคิดด้วย โดยทั่วไประบบทำความเย็นขนาดกำลังความจุต่ำกว่า 100 kW จะใช้คอนเดนเซอร์ชนิดที่ระบายความร้อนด้วยอากาศเว้นแต่จะมีข้อจำกัดทางด้านเนื้อที่และเสียงรบกวน

กรณีที่มีการกำหนดกำลังความจุค่าหนึ่ง และมีการเลือกคอนเดนเซอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่าจะมีผลทำให้อุณหภูมิควบแน่นต่ำกว่าปกติซึ่งมีผลทำให้ประสิทธิภาพดีกว่าปกติ แต่อาจจะมีปัญหาเกิดขึ้นในกรณีที่ระบบมีการใช้วาล์วขยายตัวแบบเทอร์โมสแตติกได้ถ้าความดันควบคุมการไหลของสารทำความเย็นอย่างถูกต้องภายใต้สภาวะดังกล่าว ก็จะมีผลต่อความน่าเชื่อประสิทธิภาพของระบบได้ ในกรณีเช่นนี้สามารถทำการควบคุมความดันควบแน่น โดยเพิ่มความดันเทียมเข้าไปในระบบ ถึงแม้ว่าการกระทำเช่นนี้จะให้ประสิทธิภาพที่ไม่ดี และอาจจะไม่จำเป็นถ้าใช้อุปกรณ์ขยายตัวที่ซับซ้อนขึ้นแทนเช่น วาล์วขยายตัวแบบอิเล็กทรอนิกส์

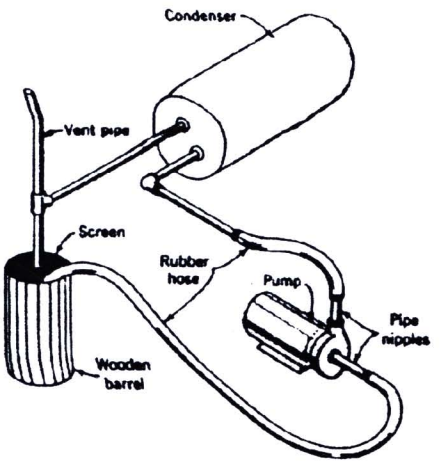
คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Condensers) ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศนั้น สารทำความเย็นจะเกิดการควบแน่นภายในท่อโดยใช้พัดลมพัดอากาศให้ไหลผ่านผิวท่อด้านนอกเพื่อทำให้การถ่ายเทความร้อนดีขึ้นพื้นผิวภายนอกของท่อมักจะได้รับการเสริมด้วยครีบโลหะลูกฟูก

ระบบทำความเย็นที่ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมควรจะทำงานโดยมีอุณหภูมิควบแน่นสูงกว่าอุณหภูมิรอบข้างไม่เกิน 14 $^{\circ}$C สำหรับคอนเดนเซอร์ขนาดใหญ่ วิธีปฏิบัติทั่วไปในการควบคุมความดันคอนเดนเซอร์ก็คือการปิดพัดลมหรือให้พัดลมหมุนช้าลงแม้จะเป็นวิธีที่ประสิทธิภาพไม่ดีนักก็ตาม

ถ้าคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศทำงานในบริเวณที่มีการกัดกร่อน เช่น อยู่ใกล้ทะเลหรือในอากาศที่มีมลพิษ ควรเลือกใช้วัสดุสำหรับท่อหรือครีบ ให้เหมาะสมและทำการเคลือบป้องกันผิว

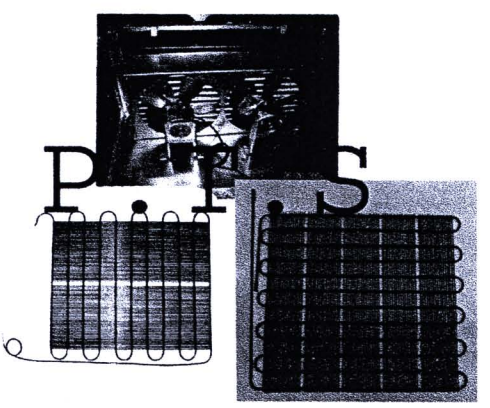
คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศมักจะมีความเสี่ยงต่อการอุดตันจากเศษวัสดุที่ลอยมาในอากาศเช่น ฝุ่น ขนนก เป็นต้นจึงต้องมีการทำความสะอาดเป็นระยะๆ (ไม่ใช้ด้วยสารทำความเย็น) เพื่อป้องกันการสะสมของสิ่งสกปรกซึ่งจะลดการไหลผ่านของอากาศ และทำให้ความดันควบแน่นสูงขึ้น

สำหรับน้ำที่ใช้กับคอนเดนเซอร์อาจมีการเสี่ยงต่อการอุดตัน เนื่องจากตะกรันของน้ำกระด้าง กรณีที่มีแนวโน้มว่าเกิดปัญหาดังกล่าวควรเลือกคอนเดนเซอร์ที่สามารถทำความสะอาดได้



รูปที่ 2.18 คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ

คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนโดยการระเหย (Evaporative Condensers) โดยการระเหยนั้น สารทำความเย็นจะเกิดการควบแน่นในท่อภายนอกเปียกน้ำ มีอากาศพัดผ่านสำหรับน้ำที่ใช้ในการฉีดพ่นพื้นผิวผ่านนอกของท่อจะถูกปั๊มให้หมุนเวียน โดยต้องมีการเติมน้ำ เพื่อชดเชยน้ำที่หายไป คอนเดนเซอร์ ชนิดระบายความร้อนโดยการระเหยควรจะทำงานที่อุณหภูมิคล้ายคลึงกันกับคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนโดยใช้หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) สำหรับน้ำที่ใช้จำเป็นต้องได้รับการบำบัดเช่นเดียวกับในคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ



รูปที่ 2.19 คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนโดยการระเหย

2.10 การสูญเสียประสิทธิภาพของคอนเดนเซอร์ เนื่องจากมีอากาศปนอยู่ในระบบ (Loss of Condenser Efficiency due to air in system)

อากาศและก๊าซต่างๆ ที่ควบแน่นโดยปนอยู่ในระบบทำความเย็นจะทำให้อุณหภูมิควบแน่นสูงขึ้นซึ่งทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง ตัวอย่างเช่น ระบบทำความเย็นอุณหภูมิปานกลางที่ใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น เมื่อทำงานในขณะที่มีอากาศปนอยู่ในคอนเดนเซอร์ 15%จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องเพิ่มขึ้นถึง 12

อากาศที่ค้างอยู่ในระบบหลังการติดตั้งหรือการให้บริการถ้าดูดอากาศออกมาจากระบบไม่ได้ดีพอ หรือในระบบมีการซีลไม่ดีพอเมื่อทำการอัดสารทำความเย็นเข้าไป ขณะที่ทำการเดินระบบ ถ้าหากระบบมีการรั่วด้านแรงดันต่ำอากาศภายนอกสามารถไหลเข้าไปในระบบได้เนื่องจากในระบบมีความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

มีความเป็นไปได้ที่จะทำการตรวจหาอากาศหรือก๊าซอื่นๆที่ไม่ควบแน่นในขณะที่ระบบหยุดทำงานและปล่อยให้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะเสถียร ถ้าไม่มีอากาศปนอยู่ในคอนเดนเซอร์ควรจะมีอุณหภูมิของอากาศรอบข้างหรืออุณหภูมิของน้ำที่ไหลผ่านเพื่อระบายความร้อนแก่คอนเดนเซอร์ ถ้ามีอากาศตกค้างอยู่ในระบบอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์จะสูงขึ้น ดังนั้นการไล่อากาศหรือก๊าซใดๆ จะต้องไล่ออกไปจากระบบอย่างปลอดภัยโดยช่างเครื่องทำความเย็นที่ชำนาญโดยให้มีการรั่วไหลของสารทำความเย็นออกไปสู่อากาศน้อยที่สุด

คอนเดนเซอร์ คืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่ง ซึ่งมักจะมีโครงสร้างคล้ายกับอีวาพอเรเตอร์ การระบายความร้อนจากสารทำความเย็นจะใช้อากาศหรือน้ำก็ได้ ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการเลือกคอนเดนเซอร์จะคล้ายกับการเลือกอีวาพอเรเตอร์คอนเดนเซอร์ที่มีขนาดใหญ่จะสามารถลดความดันควบแน่นให้ต่ำลงได้ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้น ตามราคาของคอนเดนเซอร์จะสูงขึ้นเป็นสัดส่วนกับขนาดของมัน ในการเลือกคอนเดนเซอร์จะต้องไม่ลืมว่าระบบท่อและการระบายความร้อนโดยอุปกรณ์เก็บคืนความร้อนจะมีการสูญเสียความร้อนอยู่บ้างเล็กน้อยแต่มีคอนเดนเซอร์เป็นอุปกรณ์หลักที่ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากระบบทำความเย็นซึ่งเป็นความร้อนที่มาจากอีวาพอเรเตอร์ คอมเพรสเซอร์ ภาระเสริมต่างๆ เช่น แสงสว่าง ปั๊ม พัดลม เป็นต้น

1. การหุ้มฉนวนความร้อนปกติความร้อนจะส่งผ่านจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังที่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า คือจะมีความร้อนไหลเข้ามาอย่างต่อเนื่องอยู่เสมอจากสภาพรอบนอก ที่อุ่นกว่าไปยังบริเวณทำความเย็น เพื่อที่จะจำกัดการไหลของความร้อนไม่ให้เข้ามาในบริเวณทำความเย็นให้มีค่าต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในทางปฏิบัติจำเป็นต้องแยกบริเวณทำความเย็นออกจากสภาพแวดล้อมด้วยฉนวนกันความร้อน

2. ภาระความร้อน อัตราความร้อนที่ต้องนำออกจากบริเวณทำความเย็น วัตถุเพื่อที่จะสร้างและรักษาสภาวะที่มีอุณหภูมิตามที่ต้องการเราเรียกกว่า ภาระความร้อน ในการทำความเย็นโดยทั่วไป ภาระความร้อนรวมของอุปกรณ์ทำความเย็น คือผลรวมของความร้อนที่รั่วไหลเข้าสู่บริเวณทำความเย็นผ่านผนังที่หุ้มห่อด้วยฉนวนกันความร้อนที่ไหลเข้าสู่บริเวณทำความเย็นโดยเปิดประตูรวมทั้งความร้อนที่ต้องเอาออกจากวัตถุเป้าหมายการทำความเย็นเพื่อที่จะลดอุณหภูมิของวัตถุนั้นให้เท่ากับอุณหภูมิของบริเวณที่ทำความเย็น นอกจากนี้ความร้อนที่ปล่อยออกมาจากคนที่กำลังทำงานมอเตอร์ แสงไฟ และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ในบริเวณทำความเย็นก็จะต้องนับรวมเข้ามาเป็นภาระของเครื่องทำความเย็นด้วย

2.11 ก๊าซโอโซน

เป็นก๊าซที่เกิดขึ้นในโลกนี้ควบคู่กับการเกิดก๊าซออกซิเจน ในบรรยากาศชั้นสูงขึ้นไป 10-50 Km มีก๊าซโอโซนหนาแน่น และรวมตัวเป็นชั้นบางๆ ทำหน้าที่เป็นเกราะหรือหลังคาป้องกันรังสีจากภายนอกไม่ให้ตกกระทบผิวโลกมากจนเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม หากไม่มีก๊าซโอโซนสิ่งแวดล้อมก็จะถูกทำลายเสียสมดุล สิ่งมีชีวิตก็ไม่อาจดำรงชีวิตอยู่ได้ โอโซนจึงเปรียบเสมือนเป็นผู้ให้ชีวิตแก่โลกของเรา

สำหรับก๊าซโอโซนธรรมชาติซึ่งมีอยู่ใกล้ผิวโลก แม้จะมีในปริมาณเล็กน้อย แต่ก็มีประโยชน์ที่เป็นตัวช่วยทำให้พื้นดินพื้นน้ำสะอาด มีอากาศที่บริสุทธิ์ ดังที่เราจะสามารถสัมผัสได้กับความสดชื่นของบรรยากาศแถบชายทะเล บนภูเขาสูง ที่โล่งแจ้งภายหลังฝนตก เพราะเป็นบริเวณที่มีก๊าซโอโซนอยู่มาก มนุษย์ที่อาศัยอยู่ในถิ่นฐานที่มีก๊าซโอโซนอยู่ด้วยก็มักจะมีสุขภาพที่ดี และมีอายุยืน พืชพันธุ์ธัญญาหารอุดมสมบูรณ์ต้นไม้มีภูมิต้านทานต่อโรคพืชได้ดีกว่า แต่ในเมืองใหญ่ๆ ก๊าซโอโซนอาจเกิดขึ้นร่วมกับควันพิษจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของยวดยานพาหนะ โรงงานอุตสาหกรรม มีการใช้ก๊าซโอโซนเป็นตัวชี้บ่งระดับมลพิษของอากาศ ทำให้มีการเข้าผิดคิดกว่าก๊าซโอโซนเป็นก๊าซพิษ ที่จริงก๊าซโอโซนในปริมาณความเข้มข้นที่มีอยู่ตามธรรมชาติกลับเป็นสลายสารพิษ ไม่ได้จัดอันดับของก๊าซโอโซนไว้ในก๊าซพิษอันตรายรายแรงอย่าง เช่น ก๊าซคลอรีน ไซยาไนด์ มีการพิสูจน์ได้กว่าก๊าซโอโซนไม่ได้เป็นอนุมูลอิสระและไม่เป็นสารก่อมะเร็ง

ก๊าซโอโซนสามารถผลิตขึ้นได้ด้วยกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ โดยการแยกสลายก๊าซออกซิเจนโดยที่ก๊าซโอโซนจะให้พลังงานที่สูงกว่า มีความไวในการทำปฏิกิริยากับสารต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว ไม่ทำให้เกิดสารตกค้างที่เป็นพิษเหมือนสารเคมีอย่างอื่น เมื่อสลายตัวก็จะให้ก๊าซออกซิเจนซึ่งยังคงเป็นประโยชน์ต่อการหายใจ จึงมีการผลิตเครื่องให้กำเนิดโอโซนเพื่อประยุกต์ใช้กับวงการต่างๆ โดยเริ่มมีการนำมาใช้ในการป้องกันโรคระบาดในประเทศเยอรมันและการทำน้ำดื่มในประเทศเนเธอร์แลนด์เมื่อราวร้อยปีเศษมาแล้ว ปี ค.ศ. 1973 มีการก่อตั้งสมาคมโอโซนนานาชาติหรือไอโอเอ โดยมีสำนักงานใหญ่อยู่ที่

ประเทศสหรัฐอเมริกาเพื่อเป็นองค์กรระหว่างประเทศในการศึกษาวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตเครื่องให้กำเนิดโอโซนที่ปลอดภัย และมีประสิทธิภาพกับการใช้งานทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม เกษตรกรรม การแพทย์ อื่นๆ ทั้งนี้เพราะก๊าซโอโซนมีคุณสมบัติที่เด่นชัดในการฆ่าเชื้อโรค กำจัดสารพิษ ดับกลิ่น ฟอกสี และการเพิ่มออกซิเจนในน้ำ

สำหรับประเทศไทย ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา มีการใช้ก๊าซโอโซนในการบำบัดน้ำเสียและอากาศเสียกันบ้าง แต่มีไม่มากนัก จะมีใช้กันอย่างแพร่หลายก็ในระยะ 3-4 ปีมานี้ ซึ่งมักเป็นเครื่องที่มีกำลังผลิตขนาดเล็ก เพื่อใช้การดับกลิ่นและบำบัดอากาศเสียภายในบ้าน สำนักงาน ยานพาหนะ ใช้น้ำโอโซนแช่พืชผัก เนื้อสัตว์ และมีแนวโน้มที่จะขยายตัวมากขึ้นเช่นเดียวกับในต่างประเทศ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ทำน้ำดื่มการใช้ในอุตสาหกรรมผลิตอาหาร การถนอมอาหาร การเลี้ยงสัตว์ การประมง การเพาะปลูก การใช้ในสระว่ายน้ำ การบำบัดน้ำเสีย การกำจัดขยะ การแพทย์และการป้องกันโรคระบาด

ก๊าซโอโซนธรรมชาติเริ่มเกิดขึ้นตั้งแต่เช้าทันทีที่บรรยากาศชั้นบนได้รับแสงแดด บริเวณเหนือเส้นศูนย์สูตรซึ่งเป็นเขตร้อนได้รับรังสียูวีมาก ก็จะเกิดก๊าซโอโซนได้มากกว่าดินแดนแถบขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ โดยเพราะในฤดูหนาวซึ่งมีรังสีน้อยราว 400-600 เท่าในชั้นบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกทั้งหมดมีก๊าซโอโซนสะสมอยู่ในชั้นร้อยละ 90 ที่เหลือจะกระจายตัวลงต่ำ และพัดพาตามกระแสลมไปได้ไกลๆ ทะเล มหาสมุทรซึ่งเป็นพื้นน้ำอันกว้างใหญ่ถึง 3 ใน 4 ของผิวโลกจึงเป็นแหล่งที่มีก๊าซโอโซนสะสมอยู่มาก มีเพียงเล็กน้อยที่ประจุไฟฟ้าแรงสูงจากฟ้าผ่าสลายโมเลกุลของก๊าซออกซิเจนให้กลายเป็นก๊าซโอโซน

บรรยากาศใกล้ผิวโลกที่ระดับความสูงไม่เกิน 10 km ประกอบด้วยก๊าซผสมมากกว่า 10 ชนิด ถ้านำอากาศแห้งที่ระดับน้ำทะเลมาวิเคราะห์จะได้สัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซต่างๆดังนี้

ไนโตรเจน	78.110	
ออกซิเจน	20.953	
อาร์กอน	0.934	
คาร์บอนไดออกไซด์	0.01-0.10	
นีออน	0.001818	(18 PPM)
ฮีเลียม	0.000524	(5.2 PPM)
มีเธน	0.0002	(2 PPM)
คริพตอน	0.000114	(1.14 PPM)
ไฮโดรเจน	0.00005	(0.5 PPM)
ไนตรัสออกไซด์	0.00005	(0.5 PPM)
ซีนอน	0.0000087	(0.08 PPM)

(จาก Russell Ash, The Top 10 of Everything 1999, DK p26)

ชนิดของก๊าซอาจแตกต่างกันไปตามปริมาณไอน้ำ ฝุ่นละออง ก๊าซโอโซนและก๊าซอื่นๆ ที่เจือปนเพิ่มขึ้นไป

สำหรับก๊าซโอโซนที่เกิดตามธรรมชาติใกล้ผิวโลก มีปริมาณอยู่น้อยมาก คิดเป็นร้อยละได้ 0.000001-0.000004 เพื่อให้ง่ายขึ้นจึงปรับหน่วยวัด เป็นปริมาณส่วนในล้าน หรือย่อว่า (สนล.) (part per million, PPM) ก็ได้ 0.01-0.04 โดยปริมาตร หรือคิดเป็นน้ำหนักได้ 20-80 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (มคก./ลบ.ม, $\mu g/m^3$) สำหรับบริเวณชายทะเล มักจะมีระดับเฉลี่ยสูงกว่า เป็น 0.03-0.35 PPM ซึ่งถ้าวัดความเข้มข้นในชั้นโอโซนบางแห่งก็อาจจะสูงถึง 0.040 PPM หรือ 1000-4000 เท่าของที่พบบนผิวโลก ในการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซโอโซน (Ozone monitoring) ในชั้นโอโซน อาจใช้ดาวเทียมตรวจดูการดูดซับรังสียูวี หรือใช้เครื่องบินเก็บตัวอย่างของก๊าซไปตรวจสอบทางเคมี โดยทำปฏิกิริยากับสารโปแตสเซียมไอโอไดด์ (Potassium Iodide) ส่วนการวัดที่ผิวโลก (Ground Base) ก็สามารถใช้การดูดซึมรังสียูวีหรือการทำปฏิกิริยาเคมีเดียวกันซึ่งมักจะตอนกลางวันที่ชายทะเลและตามชนบท เพราะเมื่อเข้าเขตตัวเมือง มีสิ่งกีดขวางปิดบังทิศทางลม และมีสิ่งที่จะทำปฏิกิริยากันได้ง่าย ไม่ว่าจะเป็นก๊าซพิษ ควันพิษ ไอเสีย สารเคมี ฝุ่นละออง เชื้อโรค ขยะ สิ่งปฏิกูล หรือสารกัมมันตรังสี จนสลายไปด้วยกัน จนมักไม่มีก๊าซโอโซนธรรมชาติหลงเหลือให้ตรวจสอบ ชาวเมืองได้สูดหายใจใครอยากได้กลิ่นอายของก๊าซโอโซนก็ต้องขึ้นไปบนภูเขาสูง หรือไม่ก็ไปพักผ่อนที่ชายทะเล ซึ่งหลายคนจะปฏิเสธไม่ได้ว่าเป็นสถานที่ที่มีอากาศสดชื่น รู้สึกหายใจโล่งอก หายใจได้เต็มปอดมากกว่าอยู่ในเมือง และยังมีเหตุผลที่น่าเชื่อถือว่าผู้ที่อาศัยอยู่ในดินแดนที่มีก๊าซโอโซนธรรมชาติอยู่ตลอดเวลา มักมีสุขภาพดี และอายุยืน

นายแพทย์เฮลเฟรด เออร์วิน ซาโตรี ผู้เชี่ยวชาญทางด้านก๊าซโอโซนผู้หนึ่งของสหรัฐอเมริกา ได้กล่าวถึงการค้นคว้าพบว่าชาวพื้นเมืองที่อาศัยบนเขาสูงอย่างชาวอินเดียนแดงบนเทือกเขาแอนดีส ทวีปอเมริกาใต้ชาวอับกาเซียนบนเทือกเขาคอเคซัส ชาวจีนบนที่ราบสูงธิเบตชาวฮันซาบนเทือกเขาหิมาลัย ซึ่งแต่ละแห่งมีความสูงมากกว่า 5,000 mหรือ 5 km จากระดับน้ำทะเล และมีก๊าซโอโซนธรรมชาติอยู่โดยเฉลี่ย 0.2 PPM มากกว่าที่ราบ 5-10 เท่าผู้ที่อาศัยอยู่ไม่ค่อยมีการเจ็บป่วยด้วยโรคหัวใจ โรคมะเร็ง และโรคร้ายแรงอื่นๆ คณะแพทย์จากอังกฤษ อเมริกาได้สำรวจชาวฮันซาซึ่งมีอยู่ราว 70,000 คน พบว่ามีอายุเฉลี่ยถึง 120 ปี และก็มีหลายคนที่มีอายุถึง 140 ปี

ปี ค.ศ. 1999 หรือ พ.ศ. 2542 ชาวไทยมีอายุคาดหวังเฉลี่ย 66 ปี หญิง 71 ปี สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุขรายงานว่า มีคนไทยที่มีอายุเกิน 100 ปีมีอยู่ 256 คนโดยทั้งหมดอาศัยอยู่ต่างจังหวัด ถ้าจะเทียบกับคนที่อยู่ในเมืองใหญ่อย่างกรุงเทพมหานคร จะพบว่ามีอัตราการเจ็บป่วยโรคติดต่อร้ายแรงมากกว่าต่างจังหวัด โดยเฉพาะโรคมะเร็งก็สูงกว่า 3 เท่า จากรายงานประจำปีของสถาบันทรัพยากรโลกระบุปัญหาสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมมีผลทำให้เด็กทั่วโลกเสียชีวิตปีละไม่น้อยกว่า 11 ล้านคนมีผู้ตั้งสังเกตว่าที่เป็นเช่นนี้เป็นเพราะว่าในเมืองใหญ่มีก๊าซโอโซนธรรมชาติน้อยมาก หรือ

อาจจะไม่มีเลย พื้นที่สีเขียวถูกแทนที่ด้วยอาคารตึกสูง ก๊าซออกซิเจน และอากาศบริสุทธิ์ถูกแทนที่ด้วยมลพิษ ซึ่งมีข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดว่าที่ใดไม่มีก๊าซโอโซน อากาศเสีย ของเสียก็จะมีมากขึ้นที่ใดมีก๊าซโอโซน พื้นดิน พื้นน้ำ อากาศ อาหารและสิ่งแวดล้อมก็จะมีแต่ความสะอาด มีการศึกษาพบว่าพืชที่เจริญเติบโตในที่ที่มีก๊าซโอโซนอยู่ด้วยจะมีความต้านทานต่อโรคพืชดีกว่าพืชทั่วๆไป ส่วนมนุษย์และสัตว์ก็จะมีความต้านทานดี มีสุขภาพแข้งแรงสมบูรณ์ ผู้ที่อยู่ท่ามกลางก๊าซโอโซนธรรมชาติจึงกลายเป็นมนุษย์โอโซนที่มีอายุเกินร้อยปีกันทุกคน

2.12 โอโซนพิษ

สาเหตุของมลภาวะอากาศในตัวเมืองส่วนใหญ่เกิดจากฝุ่นละออง และก๊าซพิษ ซึ่งเป็นปัจจัยส่งเสริมให้มีอัตราการเกิดโรคมะเร็งปอดมากขึ้น สารก่อมะเร็งที่ร้ายแรงที่สุดก็คือ เบนโซไพริน (Benzopyrene) เมื่อเกาะติดกับฝุ่นละอองก็จะมีความคงทน 4-40 วัน สามารถปลิวไปได้ไกล มีฝุ่นละอองมากกว่า 100 ชนิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงพวกปิโตรเลียม น้ำมันเบนซินและดีเซลที่ตรวจพบสารก่อมะเร็ง ส่วนในรูปก๊าซพิษมักจะเกิดจากควันของโรงงานอุตสาหกรรม ไอเสียของรถยนต์ และก๊าซจากแหล่งธรรมชาติ

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าก๊าซโอโซนธรรมชาติในตัวเมืองมักสลายตัว ทำปฏิกิริยากับสารอื่นไปจนไม่มีหลงเหลืออยู่ แต่ในระยะ 50 ปีที่มีการขยายตัวของตึกรามบ้านช่องในตัวเมือง มีการหุงต้ม มียวดยานพาหนะ โรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น จึงเกิดการสะสมของก๊าซโอโซน และก๊าซพิษอื่นจากการเผาไหม้มาแทนก๊าซธรรมชาติ เมื่อร่วมตัวกับฝุ่นละอองก็จะกลาเป็นหมอกควันสีน้ำตาล สม็อก (Smog) โดยกลุ่มก๊าซพิษชนิดหนึ่งเรียกว่าน็อกซ์ หรือไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen oxides, OX) มีบทบานสำคัญในการเกิดก๊าซโอโซน น็อกซ์ตัวแรกเป็นก๊าซไนโตรเจน (Nitrogen dioxide, NO_2) ถูกรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีพลังงานต่ำ (ความยาวคลื่นสูงกว่า 400 นาโนเมตร) ซึ่งไม่มีพลังงานพอที่จะแยกโมเลกุลของก๊าซออกซิเจน แต่เพียงพอสำหรับการแยกโมเลกุลของน็อกซ์ สารประกอบที่มีออกซิเจนอื่นจนเกิดเป็นอะตอมอิสระของก๊าซออกซิเจน แล้วทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของออกซิเจนกลายเป็นก๊าซโอโซน ไนโตรเจนออกไซด์ตอนเริ่มต้นอาจจะเปลี่ยนเป็นก๊าซไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide, NO) ซึ่งเป็นน็อกซ์อีกตัวหนึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีดังนี้

$NO_2 + hv$ ----------> $NO+O$

$O_2 + O + M$ ----------> O_3+M

$O_3 + NO$ ----------> NO_2+O_2

$[NO_2]/[NO]$ ----------> $k_3[O_3]/k_1$

สารไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) ที่เกิดจากการเผาไหม้แล้วเจือปนออกมากับน็อกซ์ จะทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระ แล้วร่วมตัวกับไนตริกออกไซด์ก็จะได้สารเพอรอกซีอะเซติล ไนเตรต หรือพีเอเอน (Peroxyl Acety Nitrate, PAN) และก๊าซโอโซนขึ้น

การที่ก๊าซโอโซนมีที่มาแหล่งกำเนิดมาจากก๊าซพิษ ผสมรวมอยู่กับก๊าซพิษอื่นประกอบกับการตรวจสอบความเข้มข้นได้ง่ายกว่า จึงมีการใช้ก๊าซโอโซนเป็นตัววัด ตัวเปรียบเทียบความเป็นพิษของมลภาวะอากาศ ทำให้คนหลายคนเข้าใจว่าก๊าซโอโซนเป็นพิษ แล้วเรียกกันติดปากว่าโอโซนพิษ

ในปี ค.ศ. 1921 มีรายงานผลการตรวจสอบความเป็นพิษของโอโซนเป็นสหรัฐอเมริกา โดยกำหนดความเป็นพิษของก๊าซโอโซนไว้ที่ 1 PPM และระบุการสัมผัสที่ระดับ 20 PPM นาน 2 ชั่วโมง อาจทำให้เสียชีวิตได้ มีการโทษว่าคนอเมริกันเสี่ยงต่อการเป็นโรคปอดมากขึ้นเพราะได้รับก๊าซโอโซนพิษ ที่นิวซีแลนด์ และอีกหลาประเทศก็มีการระบุอัตราการเกิดมะเร็งเพิ่มขึ้นจากอากาศเป็นพิษเพราะก๊าซโอโซน ทำให้ผู้คนตื่นตระหนกหวาดกลัวเพราะเข้าใจผิดคิดว่าโอโซนเป็นก๊าซพิษตัวฉกาจ มีคำเตือนว่าใครที่ได้กลิ่นฉุนของก๊าซโอโซนจะต้องรีบระบายอากาศออก ไม่ก็หนีออกไปให้ไกล แต่เมื่อทำการวิจัยซ้ำ และทดสอบใหม่อีกหลายครั้งก็พบว่าที่แท้จริงเป็นพิษที่เกิดขึ้นสืบเนื่องมาจากการปนเปื้อนของก๊าซพิษของก๊าซพิษอื่น โดยเฉพาะก๊าซในกลุ่มของไนโตรเจนออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอนจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่ติดมากับท่อไอเสีย จากโรงงานผลิตเครื่องยนต์ โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานผลิตสารเคมีและอุตสาหกรรมอื่นๆ โดยมีข้อสรุปได้รับการยืนยันอย่างชัดเจนว่าในสถานที่มีก๊าซโอโซนซึ่งปราศจากก๊าซพิษอื่นๆ แม้ว่าจะสัมผัสสูงถึงระดับ 50 PPM ก็ยังไม่มีอันตรายแต่อย่างใด

ที่กล่าวมาข้างต้น เกี่ยวกับปัญหาต่อสุภาพ เพราะมีบางรายที่มีความไวต่อก๊าซโอโซนก็อาจจะเกิดปฏิกิริยาภูมิแพ้ แม้แต่สัมผัสในระดับความเข้มข้นเพียง 0.001 PPM ซึ่งต่ำกว่าที่มีอยู่ในบรรยากาศทั่วไป 10-40 เท่า ซึ่งคนปกติก็มักจะไม่ค่อยจะได้กลิ่น อาการที่เกิดขึ้นอาจจะเป็นผื่นคันตามผิวหนัง น้ำตาไหล จาม มีน้ำมูก ไปจนถึงหอบหืด มีบางประการณ์มีการสะสมของก๊าซโอโซนมากจนไปทำปฏิกิริยาเคมีกับเยื่อบุในทางเดินหายใจ แต่ที่ร้ายแรงที่สุดยังไม่ถึงแก่ชีวิต เช่นการเกิดหมอกสีน้ำตาลในนครลอสแองเจลลีส เมื่อปี 1985 ซึ่งมีความเข้มข้นสูงกว่าระดับที่อาจเป็นอันตรายถึง 3.3 เท่า

กลิ่นฉุนของก๊าซโอโซนปกติจะรับรู้ได้ที่ระดับความเข้มข้น 0.0008-0.02 PPM โดย ทั่วไปไม่มีอันตราย เพียงแต่บางคนอาจจะไม่คุ้นเคย แต่จมูกของคนเราจะปรับจนเคยชิน และไม่รู้สึกได้กลิ่นเลยในเวลา 1-2 นาที ก๊าซโอโซนที่ระดับความเข้มข้นเฉลี่ย 0.1 PPM (200 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ใน 1 ชั่วโมงเป็นเกณฑ์สูงสุดที่จะต้องมีควบคุมเพราะถ้าความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 0.10-0.15 PPM จะทำให้เคืองตา น้ำตาไหล แต่ถ้าเปรียบกับสารออกซิแดนท์อื่นๆ เช่น พีเอเอ็น พีบีเอน และอะโครลีน ก๊าซโอโซนยังระคลายเคืองน้อยกว่าจากการทดลองของแฮมเมอร์และคณะกับนักเรียนพยาบาลในนครลอสแองเจลีสเมื่อ 1970 พบอาการตามความเข้มข้น ดังนี้

0.05 PPM มีอาการปวดศีรษะ

0.15 PPM เคืองตา

0.27 PPM ไอ

0.29 PPM ทำให้แน่นหน้าอก

จากการสังเกตอาการของเด็กนักเรียนญี่ปุ่น ที่กรุงโตเกียวเมื่อปี 1975 ก็ได้ผลเช่นเดียวการสูดหายใจในที่มีก๊าซโอโซน 0.15-2 PPM จะทำให้เกิดแรงเสียดทานในหลอดลมสูงขึ้น สมรรถภาพในการขับก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ลดลง ความยืดหยุ่นของปอดลดลง อาจทำให้เกิดอาการปากแห้ง คอแห้ง แน่นหน้าอก สมองเฉื่อย พูดไม่รู้เรื่อง เบื่ออาหาร และไอ แต่จะหายใจได้เองภายใน 1-14 วัน ไม่พบการเปลี่ยนแปลงหรือทำให้เจ็บป่วยอย่างถาวรบางคนที่ทนได้ แม้ว่าจะเพิ่มความเข้มข้นเป็น 10 PPM และหายใจติดต่อกัน 1 นาทีก็ยังไม่มีอาการผิดปกติ

ในเดือนกันยายน ปี 1979 นครลอสแองเจลีส ซึ่งมีความเข้มข้นของก๊าซโอโซนใน 1 ชั่วโมงที่สูงถึง 0.35 PPM ติดต่อกับเป็นเวลา 10 วันหลังจากกลุ่มหมอกควันหายไปมีการสำรวจอาการผิดปกติกับประชากรตัวอย่างกลุ่มหนึ่ง ก็พบว่าร้อยละ 83 รู้สึกหายใจไม่สะดวกร้อยละ 57 รู้สึกปวดแสบปวดร้อนในตา เคืองตา ร้อยละ 25 มีรายงานการปวดหัว หายใจขัด เจ็บคอ และแน่นจมูก ที่โรงพยาบาลมีการรับผู้ป่วยหอบหืด และถุงลมโป่งพองเพิ่มขึ้นร้อยละ 50 จากการทดลองในสัตว์ที่หายใจในก๊าซโอโซนที่มีความเข้มข้น 0.02 PPM เป็นเวลานาน พบอาการทางเดินหายใจเป็นลักษณะปอดของผู้สูงอายุผู้ป่วยเป็นโรคหอบหืด การทดลองเมื่อความเข้มข้นของก๊าซโอโซนสูงขึ้น ไม่ได้มีส่วนทำให้อัตราการตายเพิ่มขึ้น จากการประชุมของสมาคมโอโซนนานาชาติ ที่สหรัฐอเมริกาเมื่อปี 1979 สรุปว่าก๊าซโอโซนไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมการพิการแต่กำเนิด การหมันและการเกิดโรคมะเร็ง

ผลของก๊าซโอโซนมีต่อวัตถุ และพันธุพืช ที่มีระดับความเข้มข้น 0.01-0.02 PPM ในเวลา 1 ชั่วโมง อุปกรณ์ที่ผลิตภัณฑ์ที่ทำด้วยยาง เช่น ยางรถยนต์ ฉนวนยาง จะถูกออกซิไดซ์จนเสียหาย บางครั้งกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำให้เกิดก๊าซโอโซนโดยรอบ แล้วกัดกร่อนสายไฟฟ้าทำให้เกิดการลัดวงจร โอโซนที่มีความเข้มข้นสูงจะทำปฏิกิริยากับเซลลูโลสของผิวผนัง ภาพเขียนวัตถุโบราณในพิพิธภัณฑ์ทำให้ใบพืชที่มีจุดสีน้ำตาล รอยด่างขาว เติบโตช้าและขยายพันธุ์ช้า ป่าไม้เสียหายพืชที่มีความไวต่อก๊าซโอโซนได้แก่ ผักโขม มะเขือเทศ ถั่วพินโตและยาสูบ จะเสียหายเมื่อสัมผัสก๊าซโอโซนที่มีความเข้มข้น 0.05 PPM เป็นเวลา 3 ชั่วโมงหรือ 0.03 PPM เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

สำหรับสถานการณ์โอโซนพิษในประเทศไทย ยังมีไม่มากนัก เพราะที่สำรวจตัวเมืองใหญ่เฉพาะกรุงเทพมหานคร โดยกรมควบคุมมลภาวะ เมื่อปี 1998 พบว่าปัญหาหลักของมลพิษและฝุ่นละอองจะมีก๊าซโอโซนบนท้องถนนเกินมาตรฐาน (<0.1 PPM) ก็เฉพาะช่วงลาดพร้าวถึงรังสิต เฉลี่ยที่ 0.080-

0.174 PPM ส่วนที่อื่นๆ เฉพาะตัวเมืองเล็ก ต่างจังหวัด และในชนทบ ไม่มีรายงานก๊าซโอโซนพิษการทำลายทรัพย์สิน พืช และสัตว์จากก๊าซโอโซน

2.13 มาตรฐานโอโซนในอากาศ

เพื่อป้องกันอันตรายผลเสียต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นจากการสูดลมหายใจเอาก๊าซโอโซนที่มีความเข้มข้นสูงเข้าไป องค์กรอนามัยโลกจึงได้กำหนดมาตรฐานความเข้มข้นโดยปริมาตรของก๊าซโอโซนในอากาศที่หายใจไว้ที่ 0.1-0.12 PPM หรือ 100-120 $\mu g/m^3$ (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) สำหรับการหายใจติดต่อกันนาน 8 ชั่วโมง ในปริมาณ 0.15-0.2 PPM สำหรับการหายใจติดต่อกันนาน 1 ชั่วโมง ประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรปกำหนดไว้ที่ 0.11 PPM ในเวลา 8 ชั่วโมง ในปริมาณ 0.18 PPM ถ้าในเวลา 1 ชั่วโมง สหรัฐอเมริกากำหนดไว้ที่ 0.08 PPM ในการหายใจเป็นเวลา 8 ชั่วโมงที่ปริมาณ 0.12 PPM ในเวลา 1 ชั่วโมง ส่วนของประเทศไทยเราใช้ตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก

ปี ค.ศ. 1997 สมาคมโอโซนนานาชาติ ได้รวบรวมผลกระทบของก๊าซโอโซนที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันดังนี้

0.001 PPM เป็นความเข้มข้นต่ำสุดของผู้ที่มีประสาทสัมผัสไวจะรู้สึกได้กลิ่น เป็นความเข้มข้นต่ำกว่าที่เครื่องมือจะวัดได้

0.003 PPM สามารถได้กลิ่นในห้องทดลอง

0.003-0.010 PPM สามารถได้กลิ่นในสถานที่ตากอากาศบริสุทธิ์

0.001-0.125 PPM เป็นความเข้มข้นที่พบตามธรรมชาติซึ่งขึ้นกับความสูง ลักษณะอากาศ และพื้นที่

0.040 PPM ความเข้มข้นสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ในที่อยู่อาศัย

0.050 PPM ความเข้มข้นสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ได้ในห้องที่มีเครื่องปรับอากาศ และพื้นที่ที่มีการระบายอากาศได้ เป็นความเข้มข้นสูงสุดที่อนุญาตให้มีการผลิตเป็นเครื่องฟอกอากาศที่ใช้ระบบไฟฟ้า

0.064 PPM ข้อเสนอของสำนักงานมาตรฐานคุณภาพอากาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา ที่ให้ก๊าซโอโซนรวมทั้งสารออกซิแดนอื่นในอากาศที่หายใจได้ไม่เกิน 1 ชั่วโมง ให้เกิดขึ้นได้ไม่เกินปีละครั้ง

0.100 PPM เป็นความเข้มข้นสูงสุดที่อนุญาตให้ให้มีอย่างต่อเนื่องในสถานที่พักที่จำกัดอากาศของกองทัพเรือสหรัฐอเมริกา เช่นในเรือดำน้ำปรมาณู

0.100 PPM เป็นความเข้มข้นสูงสุดที่อนุญาตให้มีโรงงานอุตสาหกรรม สถานที่สาธารณะที่พักอาศัยในประเทศอังกฤษ ญี่ปุ่น ฝรั่งเศส เนเธอร์แลนด์ และเยอรมนี

0.15-0.51 PPM เป็นความเข้มข้นที่เคยพบในตัวเมืองของสหรัฐอเมริกา

0.200 PPM เป็นความเข้มข้นที่สามารถได้รับเป็นเวลานานโดยไม่ทำให้เกิดการเจ็บป่วย

0.300 PPM อาจมีการระคายเคืองต่อจมูก ลำคอ ทำให้จามมีน้ำมูกไหล เจ็บคอ

0.500 PPM เป็นระดับที่ประกาศเตือนครั้งที่ 1 ในเมืองลอสแองเจลีส สหรัฐอเมริกา สามารถทำให้เกิดอาการคลื่นไส ปวดศีรษะ ถ้าได้รับเป็นเวลานาน อาจเป็นสาเหตุของน้ำคั่งในปอด และติดเชื้อได้ง่าย

1.00-2.00 PPM ที่ปริมาณ 1.00 PPM เป็นระดับที่ประกาศเตือนครั้งที่ 2 ในเมืองลอสแองเจลีส สหรัฐอเมริกา ที่ปริมาณ 1.50 PPM เป็นระดับที่ประกาศเตือนครั้งที่ 3 ในเมืองลอสแองเจลีส สหรัฐอเมริกา ถ้าสูดหายใจเข้าไปมากช่วงความเข้มข้น ผู้ที่ไม่สามารถทนได้จะมีอาการปวดศีรษะเจ็บอก และทางเดินหายใจแห้ง

1.40-5.60 PPM มีการทดลองพบว่าใบแก่ของถั่วพินโตถูกทำลายถ้าให้อยู่ในที่มีก๊าซโอโซนในระดับนี้นานเกิน 70 นาที

5.00-25.00 PPM หนูตะเภาจะตายถ้าสูดหายใจในก๊าซโอโซนที่ระดับ 12.00 PPM ในเวลานาน 3 ชั่วโมง ช่างเชื่อมโลหะที่ได้รับก๊าซโอโซนขนาด 9.00 PPM ร่วมกับก๊าซมลพิษอื่น จะทำให้เกิดสภาวะน้ำคั่งในปอด แต่อีก 2-3 สัปดาห์ ผลการถ่ายรังสีเอ็กซเรย์ทรวงอกก็จะเป็นปกติ แต่อีก 9 เดือนต่อมาจะมีอาการเมื่อยล้า และหอบเหนื่อยเวลาทำงาน

25.00- มากกว่า PPM ที่ความเป็นจริงความเข้มข้นที่จะเป็นอันตรายต่อมนุษย์จริงๆ ยังไม่มีใครทราบ แต่อาจจะทำให้สัตว์ที่ทดลองตาย เมื่อสูดหายใจที่ความเข้มข้น 50.00 PPM เป็นเวลาติดต่อกัน 60 นาที

2.14 คุณสมบัติ และปฏิกิริยาเคมีของโอโซน

ชื่อทางเคมี OZONE (โอโซน)

สูตรเคมี O_3 ประกอบด้วยธาตุออกซิเจน 3 อะตอม น้ำหนักโมเลกุล 48

คุณสมบัติของเครื่องผลิตก๊าซโอโซน

1. สามารถทำลายและยับยั้งการแพร่เจริญพันธุ์ของเชื้อโรคภายในห้องทดลอง และภายในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

2. สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา เชื้อไวรัส สลายความมีพิษของไอระเหย เช่น ควันบุหรี่ ไอพิษจากอากาศภายนอก ก๊าซโอโซนทำปฏิกิริยาเคมีกับผนังเซลล์ของเชื้อโรคทำให้เสื่อม

3. สามารถกำจัดกลิ่น กลิ่นอับ กลิ่นบุหรี่ กลิ่นสัตว์เลี้ยง กลิ่นอาหาร กลิ่นสี (ก๊าซโอโซน ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารมีกลิ่นทำให้โครงสร้างเปลี่ยนกลิ่นจึงสลายไป)

4. สลายพิษให้เป็นกลางเพื่อให้เป็นอากาศบริสุทธิ์เสมือนท่านอยู่ภายในป่าเขา

เพื่อการใช้งานตามบ้าน

1. คืนความใสให้ใบหน้าคุณ
2. ฆ่าเชื้อโรคบริเวณแผลติดเชื้อ
3. ล้างสารพิษในผักสด และเนื้อสด
4. กำจัดกลิ่นอับชื้นในห้อง
5. ฆ่าเชื้อโรคในอากาศ

เพื่อการใช้ในงานพาณิชย์

1. กำจัดกลิ่นต่างๆ และอากาศที่ไม่บริสุทธิ์
2. กำจัดกลิ่นอับชื้น กลิ่นเหม็นของพรมในห้องทำงานสำนักงาน Office
3. ฆ่าเชื้อโรคในอากาศ

การใช้ในงานอุตสาหกรรม

1. ฆ่าเชื้อโรคในน้ำ และบ่อบำบัด
2. กำจัดก๊าซพิษ ในงานอุตสาหกรรมต่างๆ
3. กำจัดกลิ่นอับชื้นในห้องทำงานสำนักงานและโรงงาน
4. สลายตะกรันใน Cooling Tower

ระบบการทำงานของเครื่องผลิตก๊าซโอโซน

อากาศที่มีมลพิษเป็นอันตรายต่อสุขภาพ สาเหตุทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ เช่น ฝุ่นละออง เศษผง เกสรดอกไม้ ขนสัตว์ เส้นใย จุลชีพ เชื้อแบคทีเรีย ไวรัส สิ่งขับถ่ายของเสียจากจุลชีพ สัตว์ต่างๆ ก๊าซพิษ ไอระเหยสารเคมี ควันบุหรี่ โอโซนออกซิไดซ์ จะเป็นตัวทำลาย และสลายมลพิษนั้น