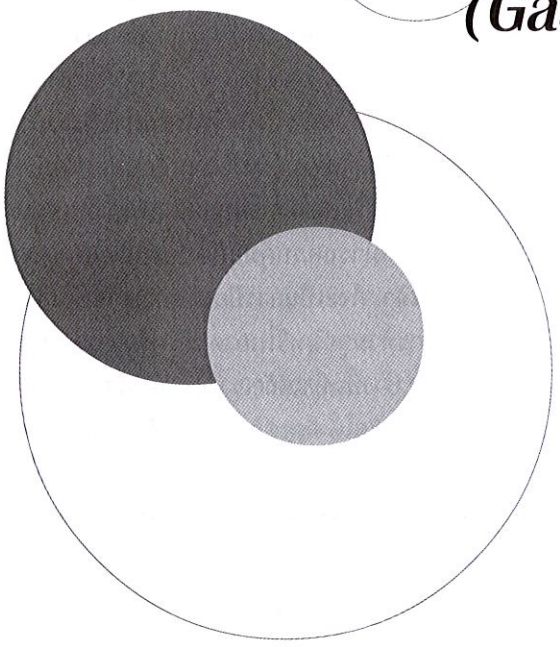
ชัยชาญ ตรีสุคนธ์ภูษา

แก๊สปนเปื้อนในอากาศ (Gaseous Contaminants)



โดยธรรมชาติแล้วแก๊สเป็นของไหลที่ไม่มีรูปร่างและปริมาตรที่แน่นอนขึ้นอยู่กับภาชนะที่บรรจุ อากาศก็เป็นของไหลชนิดหนึ่งที่ประกอบด้วย แก๊สพื้นฐานหลายชนิดคือ 78% เป็น nitrogen 21% เป็น oxygen และที่เหลือ 1% เป็น argon ปนกับแก๊สอื่นที่อาจเป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์

มนุษย์และสัตว์ เมื่อหายใจเอาอากาศเข้าไปก็จะได้กลิ่นด้วยประสาทรับกลิ่น (olfactory organ) และแบ่งแยกอากาศที่หายใจเข้าเป็น 2 ประเภทคือ มีกลิ่นหอมและกลิ่นเหม็นแต่สรุปไม่ได้ว่ากลิ่นหอมและกลิ่นเหม็นเป็นอันตรายต่อร่างกายหรือไม่ เราจึงต้องมีการกำหนดคุณภาพของอากาศที่จะใช้หายใจและการทำกิจกรรมอื่นๆ ไว้เป็นมาตรฐานสำหรับงานระบบปรับอากาศ (HVAC)

การแบ่งกลุ่มแก๊สปนเปื้อน

แก๊สปนเปื้อนในอากาศสามารถแบ่งได้หลายวิธี แต่การแบ่งกลุ่มแก๊สปนเปื้อนที่สัมพันธ์กับงานระบบปรับอากาศมีดังนี้

1. แก๊สกัดกร่อน (Corrosive Gases) เป็นแก๊สที่สามารถทำความเสียหายอุปกรณ์ต่างๆ ในอาคารหรือทำให้อุปกรณ์ต่างๆ ภายในอาคารเสื่อมสภาพลง และอาจมี

วิศวกรเครื่องกล
บริษัท ชัยมิตร เอ็นจิเนียริ่ง อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

อันตรายต่อมนุษย์ด้วย ตัวอย่างแก๊สกัดกร่อนที่พบบ่อย เช่น Sulfur Dioxide (SO_2) ซึ่งเป็นแก๊สกัดกร่อนที่รู้จักกันดี อุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์อาจเสียหายหรือทำงานผิดพลาดได้ หากติดตั้งอยู่ในบริเวณที่มีแก๊สนี้ แก๊ส Sulfur Dioxide ยังเป็นแก๊สปนเปื้อนเฉพาะที่วิศวกรออกแบบระบบปรับอากาศให้ความสนใจเป็นพิเศษ ในการออกแบบระบบปรับอากาศสำหรับพิพิธภัณฑ์ หอสมุด สถานที่เก็บเอกสารสำคัญ เนื่องจากแก๊ส Sulfur Dioxide สามารถทำให้ชิ้นงานหรือเอกสารสำคัญที่ไม่สามารถทำทดแทนขึ้นใหม่ได้ เสื่อมสภาพหรือเสียหายได้

2. แก๊สที่ทำให้ระคายเคือง (Irritant Gases) เป็นแก๊สที่ทำให้เกิดการระคายเคืองกับมนุษย์ หรือบางทีอาจทำให้เป็นอันตรายได้ แก๊สพวกนี้จะทำให้เกิดการเจ็บปวดต่อสายตา ผิวหนังหรือระบบหายใจ ตัวอย่างแก๊สที่ทำให้ระคายเคืองที่พบบ่อย เช่น Ammonia (NH3), Chlorine (Cl_2), Ozone (O_3) and Formaldehyde (HCHO)

3. แก๊สที่มีกลิ่น (Odorous Gases) เป็นแก๊สที่มีผลต่อประสาทรับกลิ่น และเมื่อพูดถึงแก๊สที่มีกลิ่นมักจะหมายถึงกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ แก๊สที่มีกลิ่นอาจเกิดขึ้นได้ทั้งจากอนินทรีย์สาร (Inorganic Compound) เช่น Hydrogen Sulfide, แอมโมเนีย หรือจากอินทรีย์สารเช่น Formaldehyde การบอกชนิดของกลิ่นโดยทั่วไปมักใช้วิธีบอกจากชนิดของแหล่งกำเนิด เช่น กลิ่นจากการปรุงอาหาร กลิ่นอับชื้นจากห้องน้ำ กลิ่นบุหรี่ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การให้ความสนใจที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในเรื่องคุณภาพของอากาศในอาคาร (Indoor Air Quality) ทำให้การวิเคราะห์ปัญหาของกลิ่นในหลายกรณีในปัจจุบัน มักทำโดยการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของกลิ่นนั้นๆ

วิธีควบคุมแก๊สปนเปื้อนในอากาศ (Methods of Control)

การควบคุมแก๊สปนเปื้อนในอากาศมี 3 วิธีคือ การควบคุมแหล่งที่กำเนิดแก๊ส (Source Control) การควบคุมโดยการระบายอากาศ (Ventilation Control) และการควบคุมโดยการกำจัด (Removal Control)

1. การควบคุมที่แหล่งกำเนิดแก๊ส (Source Control) คือการควบคุมแก๊สปนเปื้อนที่แหล่งกำเนิด ซึ่งควรเป็นวิธีแรกที่ใช้ในการควบคุมแก๊สปนเปื้อนเสมอ เนื่องจากหากเราสามารถควบคุมแก๊สปนเปื้อนได้ ตั้งแต่ที่แหล่งกำเนิดแล้ว ก็จะเป็นการป้องกันปัญหาจากแก๊สปนเปื้อนได้ เช่น การห้ามสูบบุหรี่ในอาคาร หรือการกำหนดให้สูบบุหรี่ได้เฉพาะบางพื้นที่ แต่ถ้าเราไม่สามารถควบคุมแก๊สปนเปื้อนที่แหล่งกำเนิดได้ ก็คงต้องเลือกใช้วิธีควบคุมถัดไป

2. การควบคุมโดยการระบายอากาศ (Ventilation Control) จะใช้เมื่อไม่สามารถควบคุมที่แหล่งกำเนิดแก๊สได้ โดยการจัดระบบระบายอากาศเพื่อทำให้แก๊สเจือจางลง ถ้าการควบคุมด้วยวิธีนี้ยังไม่ประสบความสำเร็จก็ต้องเลือกใช้วิธีต่อไป

3. ควบคุมโดยการกำจัด (Removal Control) เป็นการกำจัดโดยวิธีการดูดซับทางกายภาพ (Physical Adsorption) และวิธีการดูดซับทางเคมี (Chemisorption) โดยใช้ activated carbons, activated alumina, silica gel หรือ zeolites

หลักการทั่วไปในการกรองแก๊ส (Overview of Gas-Phase Air Filtration Principles)

การกรองแก๊สในระบบ HVAC มี 2 วิธีการใหญ่ๆ คือ การดูดซับแก๊ส (Adsorption) และ การทำปฏิกิริยาเคมีกับแก๊สเพื่อเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ตัวใหม่ที่สามารถทำลายได้ง่าย (Chemisorption)

1. การดูดซับแก๊ส (Adsorption)

โดยนิยามแล้ว การดูดซับแก๊ส (Adsorption) คือ กระบวนการที่สารหนึ่งถูกดูดและติดอยู่บนอีกสารหนึ่ง ซึ่ง

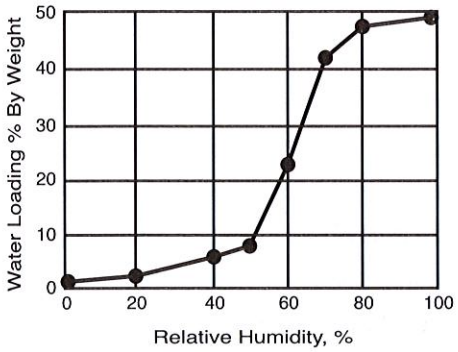
โดยทั่วไปแล้วมักอธิบายกันในรูปของพลังงานพื้นผิว (Surface Energy) ต่อหน่วยพื้นที่ของของแข็ง โดยปกติอะตอมและโมเลกุลของของแข็งจะยึดกันอยู่ด้วยแรงทางกายภาพอย่างเหนียวแน่นด้วยพันธะทางเคมี Valence (Chemical) Bond และแรง Van Der Waals โมเลกุลภายในของของแข็งแต่ละตัวจะถูกดึงดูดจากโมเลกุลอื่นที่อยู่รอบๆจึงเกิดการสมดุลย์ แต่โมเลกุลที่ผิวของของแข็งจะไม่สมดุลย์เนื่องจากมีโมเลกุลอยู่ไม่รอบ จึงเหลือแรงลัพธ์ ซึ่งเป็นแรงดึงดูดโมเลกุลสารอื่นที่เข้ามาใกล้ แรงดังกล่าวทำให้เกิดพลังงานที่ผิวของโมเลกุลเรียกว่า Surface Energy เมื่อ Surface Energy ของของแข็งมีค่าสูงกว่าพลังงานจลน์ของโมเลกุลของแก๊สที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวของของแข็งนั้นๆ โมเลกุลของแก๊สจึงถูกดูดซับไว้ที่ผิวของของแข็ง ตัวอย่างการดูดซับที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ เช่น เสื้อผ้าที่ดูดโมเลกุลของควันบุหรี่ทำให้เสื้อผ้ามีกลิ่นบุหรี่เป็นต้น

การดูดซับแก๊ส (Adsorption) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นโดยอาศัยพื้นที่ผิว ดังนั้นการกำจัดแก๊สจึงขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ผิวของของแข็งที่ใช้เป็นวัสดุดูดซับแก๊ส (adsorbent) การทำให้ adsorbent มีความพรุนมากๆ จึงเป็นการเพิ่มพื้นที่การดูดซับแก๊สให้มากขึ้นด้วย ดังนั้นค่าพื้นที่ผิวสัมผัสต่อปริมาตรจึงเป็นค่าที่บอกความสามารถในการดูดซับแก๊ส ตัว Activated Carbon ก็เป็นของแข็งหรือวัสดุดูดซับแก๊ส (adsorbent) ชนิดหนึ่งที่รู้จักกันดีและมีพื้นที่ผิวสัมผัสต่อปริมาตรสูง (Activated Carbon มีพื้นที่ผิวถึง 1,400 m^2/g) adsorbent ที่มีใช้ในท้องตลาดมีหลายตัว เช่น activated alumina, zeolite และ silica gel ซึ่ง absorbent เหล่านี้มีลักษณะพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงมาก (high surface to volume ratio) เนื่องจากแรงยึดระหว่าง adsorbent กับแก๊สที่ติดอยู่บน adsorbent (เรียกแก๊สที่ถูกแยกออกจากอากาศโดยถูกดูดติดอยู่บน adsorbent ว่า adsorbate) นั้นไม่แข็งแรงนัก ดังนั้น แก๊สที่ติดอยู่บน adsorbent หรือ adsorbate อาจจะหลุดออกจากตัว adsorbent ได้ ซึ่งเรียกขบวนการนี้ว่า Reversible Physical Process

ปัจจัยที่มีผลกับความสามารถในการดูดซับแก๊สมีมากมายหลายอย่างดังต่อไปนี้

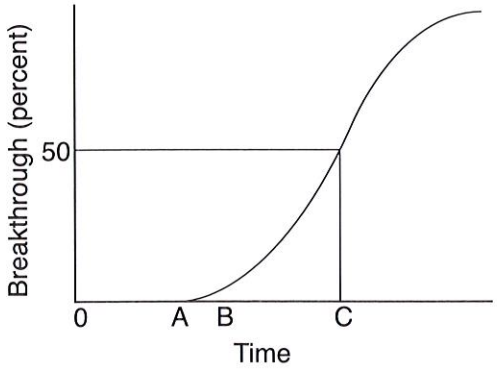
1. ชนิดของ adsorbent ที่มีพื้นที่ผิวและความพรุนแตกต่างกันออกไป
2. ความต้านทานการไหล (Differential Pressure) ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของ adsorbent และความหนาของถาดใส่สาร adsorbent (bed depth)
3. ความเร็วของแก๊สที่วิ่งผ่าน adsorbent
4. ความเข้มข้นและคุณสมบัติของแก๊สปนเปื้อนรอบๆ adsorbent
5. ประสิทธิภาพของการดูดซับที่ต้องการ (Removal Efficiency Required)
6. อุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่มีแก๊สปนเปื้อนเจือปนอยู่

ปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมานั้นสามารถควบคุมได้ ยกเว้นอุณหภูมิ และความชื้น เพราะอากาศแต่ละวันจะมีค่าอุณหภูมิและความชื้นแตกต่างกันไป



รูป G.1 แสดงการดูดซับน้ำที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆ ของ Activated Carbon

การดูดซับแก๊สที่ดีจะอยู่ในสภาวะอุณหภูมิ และความชื้นต่ำ เนื่องจากอุณหภูมิต่ำจะทำให้พลังงานจลน์ (kinetic energy) ของ adsorbate และพลังงานที่จะใช้ในกระบวนการดูดซับจะต่ำลง และเมื่อความชื้นต่ำจะมีน้ำในอากาศที่จะเกาะ adsorbent น้อยลง ปริมาณน้ำที่เกาะตัว adsorbent ทำให้พื้นที่สัมผัสแก๊สน้อยลง การดูดซับน้ำที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆ (water loading and relative humidity) ของ activated carbon ดังแสดงในรูป G.1



รูป G.2 แสดง Typical Breakthrough Curve ของ Activated Carbon

Breakthrough Curves ที่แสดงใน รูป G.2 เป็นกราฟแสดงการ Breakthrough ของ activated carbon ค่า Breakthrough นี้ เป็นค่าแสดงความเป็นไปได้ที่ adsorbate หรือแก๊สที่ถูกดูดติดอยู่บนตัว adsorbent จะหลุดออกจาก adsorbent ซึ่งกราฟที่ได้นี้อาจเรียกว่ากราฟแสดงประสิทธิภาพการกำจัด (Removal Efficiency Curve) ก็ได้ ค่าเวลา 0-A เป็นค่าที่ adsorbent สามารถดูดซับ adsorbate ได้สูง จุด B เป็นจุดที่ adsorbent เริ่มเสื่อมความสามารถและจะเสื่อมเร็วขึ้นเมื่อถึงจุด C ซึ่งเป็นจุดที่ควรเปลี่ยนตัว adsorbent เพราะจะมี adsorbate หลุดเข้าไปปนกับอากาศมากขึ้น

Contact Efficiency/Residence Time การใช้งานสารดูดซับ (ทั้ง Adsorption หรือ Chemisorption) ในการควบคุมแก๊สปนเปื้อนจะต้องพิจารณาจุดที่ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพดีที่สุดในขณะที่มีความต้านทานต่อการไหลของอากาศที่ต่ำที่สุด ซึ่งสามารถทำได้โดยการจัดให้ประสิทธิภาพการสัมผัส (Contact Efficiency) ของระบบมีค่าสูงสุดก่อนอื่นจะต้องเข้าใจก่อนว่าประสิทธิภาพการสัมผัส (Contact Efficiency) ไม่เหมือนกับประสิทธิภาพการกำจัด (Removal Efficiency) ประสิทธิภาพการสัมผัสคือเปอร์เซ็นต์โมเลกุลของแก๊สปนเปื้อนที่สามารถสัมผัสกับ adsorbent ในขณะที่ประสิทธิภาพการกำจัดหมายถึงเปอร์เซ็นต์ของโมเลกุลของแก๊สที่ถูกกำจัดออกจากอากาศเมื่อสัมผัสถูก adsorbent

ในระบบกรองแก๊ส แก๊สปนเปื้อนจะต้องเคลื่อนเข้าสัมผัสกับสารดูดซับก่อนที่จะถูกดูดซับออกจากอากาศด้วยสารดูดซับ ดังนั้น หากระบบกรองแก๊สได้ถูกออกแบบให้มีประสิทธิภาพการสัมผัสสูง (High Contact Efficiency) อย่างน้อยก็จะทำให้มีโอกาสที่จะได้ระบบที่มีประสิทธิภาพการกำจัดสูงสุด ประสิทธิภาพการสัมผัสสำหรับระบบกรองแก๊สสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\varepsilon = (1-2^{-100n})$$

โดย ε = Contact Efficiency และ

n = Residence Time

จากสมการ พบว่าหากแทนค่า Residence Time ด้วยเวลา 0.01 วินาที จะทำให้ได้ประสิทธิภาพการสัมผัสเป็น 50% และหากแทนค่าด้วยเวลา 0.02 วินาที ก็จะได้ประสิทธิภาพการสัมผัสเป็น 75% และหากต้องการประสิทธิภาพการสัมผัสเป็น 100% จะต้องให้ Residence Time เป็น 0.07 วินาที อย่างไรก็ตาม จะต้องไม่ลืมว่าถึงแม้จะให้ระบบมีประสิทธิภาพการสัมผัสสูงสุดแล้ว ก็ไม่ได้หมายความว่าระบบกรองแก๊สจะมีประสิทธิภาพการกำจัดเป็น 100% เพียงแต่การให้ระบบกรองแก๊สมีค่าประสิทธิภาพการสัมผัสสูงสุด จะทำให้ระบบกรองแก๊สนั้นๆมีโอกาสที่จะให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงสุดเท่านั้น Residence Time ที่ใช้ในการคำนวณตามสมการข้างต้น ถ้าจะให้ถูกต้องอย่างสมบูรณ์แล้วควรเรียกว่า "Superficial Residence Time" เนื่องจากเป็นเวลาที่อากาศใช้ในการเดินทางด้วยระยะทางที่เท่ากับความหนาของระบบกรองแก๊ส

Mass Transfer Zone/Critical Bed Depth พื้นที่ Mass Transfer Zone (MTZ) ของการดูดซับกำหนดด้วยพื้นที่ที่ประสิทธิภาพการกำจัด (Removal Efficiency) เป็น 0% (นั้นคือ adsorbent เกิดการอิ่มตัว) พื้นที่ MTZ ขึ้นอยู่กับความเร็วลมและความเข้มข้นของแก๊สที่ผ่าน adsorbent สัดส่วนของแก๊สเจือปน และความเข้มข้นของแก๊ส ความลึกของถาด (Bed Depth) ที่เหมาะสมจะทำให้ MTZ น้อย เช่นในระบบ IAQ จะใช้ Bed Depth 1" ที่ Residence Time 0.1 วินาที ซึ่ง Bed Depth ที่กำหนดเป็น Critical Bed Depth ถ้า Bed Depth น้อยกว่า 1" จะทำให้ Mass Transfer Zone ใหญ่ขึ้น

2. Chemisorption

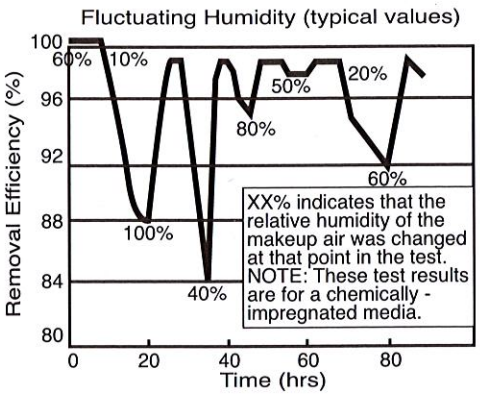
โมเลกุลของแก๊สที่มีขนาดเล็กและมี Molecular-Weight > 80 หรือเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว (non-polar) ที่ adsorbent ดูดซับนั้นมีโอกาสที่จะหลุดออกมามาก จึงมีวิธีดูดซับอีกวิธีหนึ่ง คือ Chemisorption

Chemisorption ใช้สารเคมีที่มีความสามารถทำปฏิกิริยากับแก๊สแล้วได้สารตัวใหม่ที่เสถียร สารเคมีที่ผสมใน adsorbent เรียกว่า Chemical Impregnant

Chemical Impregnant ที่เอามาผสมใน adsorbent ขึ้นอยู่กับชนิดของแก๊สที่จะกำจัด เช่น Sulfur Dioxide จะใช้ Activated carbon มาผสมกับ Sodium (NaOH) หรือ Potassium Hydroxide (KOH)

ตรงข้ามกับวิธีดูดซับสาร adsorbent นั้นคืออุณหภูมิความชื้นสูงๆ วิธีการดูดซับแบบ Chemisorption มักจะเกิดปฏิกิริยาได้ดีขึ้น แต่ความชื้นสูงมากเกินไปก็อาจทำให้ตัว adsorbent ชุ่มเกินไปจนเกิดปฏิกิริยาไม่ได้ รูป G.3 เป็น

กราฟแสดงความชื้นที่เปลี่ยนแปลงจริงๆ ที่มีผลต่อ Removal Efficiency ซึ่งบางช่วงความชื้นสูงจนทำให้ Removal Efficiency ต่ำลง แต่เมื่อความชื้นเหมาะสม ค่า Removal Efficiency ก็จะเพิ่มขึ้นอีก



รูป G.3 กราฟแสดงผลกระทบต่อประสิทธิภาพการกำจัดจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์

Catalysis เป็นสารเคมีที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาโดยที่ตัวมันเองไม่หมดหรือเปลี่ยนเป็นสารอื่น ตัว catalysis มีทั้งเป็นสถานะแก๊ส ของแข็ง ของเหลว ซึ่งสามารถนำมาผสมเพื่อเร่งปฏิกิริยาใน Chemical Impregnate ได้

Gas-Phase Air Filtration Media

Activated Carbon เป็นตัวดูดซับแก๊สที่นิยมใช้ในระบบ HVAC ตัว Activated Carbon ทำมาจากวัสดุหลายชนิด เช่น coal, petroleum coke, wood และกะลามะพร้าว โดยวัสดุแต่ละชนิดก็ให้คุณสมบัติของ Activated Carbon แตกต่างกันออกไป เราสามารถแยกคุณสมบัติของ Activated Carbon ตามลักษณะดังนี้

CTC (Carbon Tetrachoride; CCl_4) วัดโดยมาตรฐาน American Society for Testing and Materials (ASTM) Standard Method D3467-88 ซึ่งวัดความสามารถดูดซับ CCl_4 โดยน้ำหนักของ Activated Carbon

1. Particle/Granule Size ขนาดของ Activated Carbon ต้องมีค่าเหมาะสมเพราะจะช่วยลดความต้านทานการไหลของแก๊ส โดยปกติการบอกขนาดของ Activated Carbon อาจบอกเป็น 90% of 4x6 mesh หมายถึง 90% ของ Activated Carbon สามารถร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 แต่ร่อนไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 6

2. Hardness วัดตามมาตรฐาน ASTM Test Method 3802-79 (1986) ความแข็งของ Activated Carbon ไม่ได้บอกความสามารถในการดูดซับแต่บอกปริมาณฝุ่นที่แตกออกจากเม็ด Activated Carbon เมื่อมีการขัดสีกันของ Activated Carbon

3. Density เป็นลักษณะทางกายภาพที่สำคัญในการเลือกใช้ Activated Carbon ซึ่งจะได้แสดงตัวอย่างในตอนต่อไป

4. Adsorptive Capacity เป็นตัวบอกความสามารถในการดูดซับแก๊สเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของ Activated Carbon เช่น

ตัวอย่าง

มี Activated Carbon 2 ตัว "A" และ "B"

Carbon Sample	"A"	"B"
Density (lbs/ft^3)	28	32
CTC Activity (%)	60	40

ใช้ Activated Carbon 4 ft^3

น้ำหนักของ "A" เท่ากับ 28 x 4 = 112 lbs.

น้ำหนักของ "B" เท่ากับ 32 x 4 = 128 lbs.

ความสามารถในการดูดซับ CCl4 ของ

"A" เท่ากับ 112 x 0.6 = 67.2 lbs.

"B" เท่ากับ 128 x 0.4 = 51.2 lbs.

จากข้อมูลเราจึงควรเลือกใช้ Activated Carbon "A" เพราะเบากว่าและดูดซับ CCl_4 ได้มากกว่า

Chemically Impregnated Adsorbent Medias

Activated Carbon เป็นที่รู้จักกันทั่วไปในฐานะตัวดูดซับแก๊สเพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดซับและ Chemisorption โดยการเติมสารเคมีลงไป สารเคมีที่เติมต้องไม่ทำปฏิกิริยากับ Activated Carbon เช่น

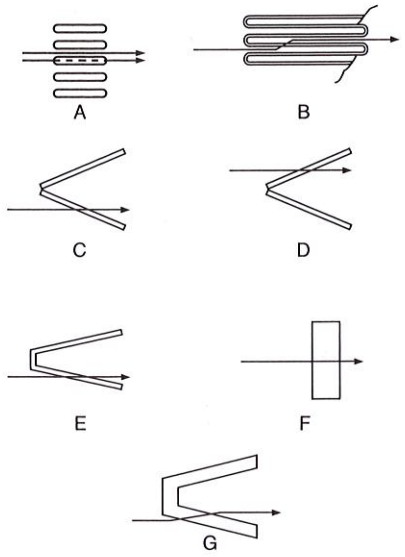
- Caustic-Impregnated Carbon ใช้ดูดซับแก๊สที่เป็นกรดเช่น Sulfur Dioxide (SO_2), Hydrogen Sulfide (H_2S), Chlorine (Cl_2) และ Hydrochloric Acid (HCl)
- Phosphoric Acid หรือ Copper Salt-Impregnated Carbon ใช้ดูดซับ ammonia (NH_3)
- Iodine-Impregnated Carbon ใช้ดูดซับไอปรอท

นอกเหนือจากการเติมสารเคมีใน Activated Carbon แล้ว ยังมีการเติมสารเคมีพวก broad-spectrum chemical impregnated ซึ่งไม่สามารถเติมใน Activated Carbon

เพราะมันทำปฏิกิริยากับ carbon และทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับลดลง สารเคมีดังกล่าว เช่น Potassium Permanganate ($KMNO_4$) ต้องผสมลงใน Activated Alumina เพื่อใช้ดูดซับ แก๊ส SO_2, NO, NO_2 และ Formaldehyde (HCHO)

Gas Phase Air Filtration Equipment Designs

สำหรับระบบ HVAC มีการออกแบบ bed ของ Gas-Phase Air Filter เป็นดังนี้



รูป G.4 ภาพแสดงลักษณะ Bed ที่ใช้ในงานระบบปรับอากาศทั่วไป

1. Partial Bypass มีประสิทธิภาพต่ำเนื่องจากมีช่องให้อากาศผ่านโดยไม่สัมผัสตัว adsorbent ความลึกของถาด (bed depth) ประมาณ 1", 2", 4" ดังรูป G.4A

2. Serpentine เป็นช่องขดไปมา ดังรูป G.4B มีความหนาของช่องที่บรรจุ adsorbent กว้างประมาณ 0.5" มักจะใช้ในระบบลมกลับ (Recirculation) ของระบบปรับอากาศทั่วไป

3. Thin-Bed Tray จะมีความหนาแน่นของถาดประมาณ 0.5"-0.625" ถาดเรียงกันเป็นรูปตัว V เพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสอากาศ ดังรูปที่ G.4C

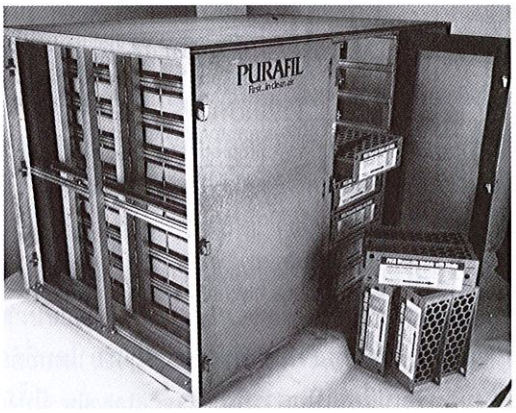
4. Intermediate Bed Depth Tray เหมือนข้อ 3 แต่ถาดมีความหนา 0.875"-1" มีประสิทธิภาพสูงกว่า Thin - Bed Tray ดังรูป G.4D

5. Intermediate Bed Depth "V" มีความหนา Bed ประมาณ 1"-1.125" ถาดเป็นรูปตัว V เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวและลดความเร็วลมผ่านเนื้อดูดตัวซับ ดังรูป G.4E

6. Thick-Bed Trays มีความหนา Bed 2" หรือมากกว่า มีความต้านทานลมมากใช้กับท่อลมที่มีความเร็วต่ำ ดังรูป G.4F

7. Thick-Bed Depth "V" มีความหนา Bed 3" ดังรูป G.4G

Packed-Bed และ Carbon-Impregnated Fiber (CIF) Filters



รูป G.5 a รูปแสดง Packed-Bed Gas Phase Air Filers

ในกรณีที่ไม่สะดวกในการติดตั้งตัวดูดซับแก๊สชนิด Packed Bed ดังรูป G.5 a ซึ่งใช้พื้นที่มากเพราะต้องมี module สำหรับใส่ bed ที่บรรจุตัว adsorbent จึงมีการดัดแปลงโดยเอาสาร adsorbent มาเคลือบตัว filter ที่ใช้กรองฝุ่น แล้วใส่ในท่อลมได้เลยดังรูปที่ G.5 b เราเรียกแผ่นกรองชนิดนี้ว่า "Carbon-Impregnated" Fiber (CIF) Filters

รูป G.5 b ภาพแสดง Carbon-Impregnated Fiber Filters

Service Life of Gas-Phase Air Filtration Media

อายุการใช้งานของวัสดุดูดซับแก๊สปนเปื้อนสามารถกำหนดขึ้นได้หลายวิธี แต่วิธีที่ใช้อ้างอิงกันมากที่สุดคือการดูที่ประสิทธิภาพการกำจัด (Removal Efficiency) เช่น ทำการเปลี่ยนวัสดุดูดซับแก๊สปนเปื้อนเมื่อประสิทธิภาพการกำจัดลดลงต่ำกว่าค่าต่ำสุดที่รับได้) อายุการใช้งานของวัสดุดูดซับจะแปรผันตรงกับความจุในการกำจัด (Removal Capacity) และน้ำหนักของวัสดุดูดซับแก๊ส และแปรผกผันกับประสิทธิภาพการดูดซับ (adsorption efficiency), อัตราการไหลของอากาศ (Airflow) ของระบบ, น้ำหนักโมเลกุลของแก๊สปนเปื้อนและความเข้มข้นของแก๊สปนเปื้อนที่ต้องการกำจัด ซึ่งอาจประมาณอายุการใช้งานได้โดยคำนวณจากสมการอย่างง่ายดังนี้

สมการที่ 1

$$t = (6.43 \times 10^6)SW/EQMC$$

เมื่อ

- t = อายุการใช้งานก่อนวัสดุดูดซับอิ่มตัว (ชั่วโมง)
- S = ความจุของการดูดซับ (Adsorption Capacity) ของวัสดุดูดซับ (เช่น 80% แทนค่าด้วย 80/100)
- W = น้ำหนักของวัสดุดูดซับ (ปอนด์)
- E = ประสิทธิภาพการกำจัด (เช่น 80% แทนด้วย 80/100)
- Q = อัตราการไหลของอากาศผ่านวัสดุดูดซับ (cfm)
- M = น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของแก๊สที่ถูกดูดซับ (gm/mole)
- C = ความเข้มข้นของแก๊สที่ไหลผ่านวัสดุดูดซับ (ppm โดยปริมาตร)

ในทางปฏิบัติ เราอาจแทนค่าประสิทธิภาพการกำจัดขั้นต่ำที่ต้องการในสมการข้างต้นแล้วคำนวณหาประมาณการณ์อายุการใช้งานได้ สมการดังกล่าวข้างต้น ยังสามารถใช้คำนวณเพื่อเปรียบเทียบหาอายุการใช้งานของวัสดุดูดซับแก๊สของแต่ละผู้ผลิตได้ แต่การใช้งานวัสดุดูดซับแก๊สประเภท Activated Carbon ในความเป็นจริง จะไม่สามารถทดสอบหรือคำนวณหาอายุการใช้งานที่ถูกต้องได้เนื่องจากคุณสมบัติของ Activated Carbon ที่สามารถคายแก๊สที่ดูดซับไว้แล้วออกมาได้ดังที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้ (Reversible Physical Process) ดังนั้น ในการบำรุงรักษาใช้งานวัสดุดูดซับแก๊สประเภท Activated Carbon โดยทั่วไป จึงมักอาศัยความรู้สึกของประสาทสัมผัส เช่น การได้กลิ่น การรู้สึกระคายเคือง เป็นต้น ในการบอกว่าวัสดุดูดซับกลิ่นหมดอายุการใช้งานหรืออิ่มตัวแล้ว อย่างไรก็ตาม หากต้องการหาอายุการใช้งานของวัสดุดูดซับประเภทนี้ที่เชื่อถือได้ มีความแม่นยำ คงจะต้องติดอุปกรณ์ตรวจวัดระดับแก๊ส (ซึ่งมักมีราคาแพง) ด้านหลังของวัสดุดูดซับเพื่ออ่านค่าระดับแก๊สเปรียบเทียบกับระดับที่ต้องการควบคุม และทำการเปลี่ยนวัสดุดูดซับหากระดับแก๊สมีค่าสูงกว่าค่าที่ต้องการควบคุม

สำหรับวัสดุดูดซับประเภทที่มีการเติมสารเคมี (Chemically Impregnated) เช่น Activated Alumina Impregnated จะสามารถหาอายุการใช้งานได้โดยการทดสอบหาปริมาณสารเคมีที่ยังไม่ได้ทำปฏิกิริยาจากตัวอย่างวัสดุดูดซับที่ได้ใช้งานไปแล้วระยะหนึ่ง ซึ่งผู้ใช้งานวัสดุดูดซับประเภทนี้ ควรตรวจสอบและเลือกใช้ผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตหรือผู้จัดจำหน่ายที่สามารถให้บริการทดสอบหาอายุการใช้งานวัสดุดูดซับประเภทนี้ได้

<u>เอกสารอ้างอิง :</u>

NAFA Guide to Air Filtration; National Air Filtration Association, Second Edition, 1996