บทที่ 3

ทฤษฎีการอบแห้ง

3.1 ความรู้พื้นฐานของการอบแห้ง

การอบแห้งคือกระบวนการลดความชื้น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทไปยังวัสดุที่มีความชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย ส่วนใหญ่มักใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการอบแห้ง ความร้อนจะถ่ายเทจากกระแสของอากาศไปยังผิวของวัสดุชื้น ความร้อนส่วนใหญ่จะถูกใช้ไปในการระเหยน้ำ โดยเมื่อวัสดุชื้นได้รับความร้อน อุณหภูมิของวัสดุจะเพิ่มสูงขึ้นและระเหยน้ำหรือความชื้นออกสู่อากาศร้อนที่ไหลผ่านไป การอบแห้งจะสิ้นสุดลงเมื่อวัสดุชื้นมีความชื้นสมดุลกับความชื้นของอากาศร้อน โดยทั่วไปพฤติกรรมของการอบแห้งจะมีลักษณะที่เหมือนกันคือกรณีที่อบแห้งวัสดุชื้นด้วยกระแสลมร้อนที่มีอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมร้อนที่คงที่ อุณหภูมิของวัสดุจะค่อยๆเปลี่ยนไปจนเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของลมร้อน หรือเข้าสู่สภาวะสมดุล(เรียวโซ โทเอ, 2529; สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2535)

3.2- บัญญัติคำ

3.2.1 อัตราส่วนความชื้น (Moisture Content) คือปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในวัสดุชื้น คิดโดยเปรียบเทียบกับวัสดุที่แห้งไร้ความชื้น ถ้าให้ m เป็นมวลของวัสดุชื้น m_d เป็นมวลของวัสดุแห้ง และ w เป็นอัตราส่วนความชื้น จะได้

$$w = \frac{m - m_d}{m_d}$$

แต่ถ้าคิดโดยเปรียบเทียบกับวัสดุชื้น จะเรียกว่า ปริมาณความชื้น และถ้าให้ w_w เป็นปริมาณความชื้น ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนความชื้นและปริมาณความชื้นจะเป็นดังนี้

$$w = \frac{w_w}{1 - w_w}$$

$$w_w = \frac{w}{1 + w}$$

3.2.2 อัตราส่วนความชื้นอิสระ คืออัตราส่วนความชื้นในวัสดุที่สามารถกำจัดออกได้โดยการอบแห้ง ภายใต้เงื่อนไขของการอบแห้งที่อุณหภูมิและความชื้นนั้น

3.2.3 อัตราส่วนความชื้นวิกฤต (Critical Moisture Content) คืออัตราส่วนความชื้นเฉลี่ยของวัสดุที่จุดต่อระหว่างอัตราการอบแห้งที่คงที่กับช่วงอัตราการอบแห้งที่ลดลง

3.2.4 อัตราส่วนความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture Content) คืออัตราส่วนความชื้นของวัสดุที่ต่ำสุดที่สามารถอบวัสดุนั้น ภายใต้เงื่อนไขของการอบแห้งที่อุณหภูมิและความชื้นของลมร้อนคงที่

3.2.5 อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) คืออุณหภูมิที่สภาวะสมดุลระหว่างการแพร่ของมวลและความร้อน ในระบบที่ถือว่ากระแสอากาศต้องมีปริมาณมากและความชื้นที่ระเหยจากหยดน้ำเข้าสู่อากาศจะต้องมีปริมาณน้อยมากซึ่งไม่มีผลกระทบต่อปริมาณความชื้นในอากาศ และความร้อนที่ถ่ายเทจากอากาศเข้าสู่หยดน้ำก็จะต้องมีปริมาณน้อยมากซึ่งไม่มีผลกระทบต่ออุณหภูมิของอากาศ สภาวะสมดุลจะเกิดขึ้นเมื่อหยดน้ำได้รับความร้อนจากอากาศในอัตราที่เท่ากับต้องใช้ในการระเหยน้ำออกไปพอดี

3.2.6 ความชื้น (Humidity) คือปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในอากาศหนึ่งหน่วย คิดโดยเปรียบเทียบกับอากาศแห้ง ในหน่วย กิโลกรัม ไอน้ำ/กิโลกรัม อากาศแห้ง

3.2.7 ความร้อนจำเพาะชื้น (Humid Heat) คือปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศแห้งหนึ่งหน่วยกับไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศนั้นให้ร้อนขึ้น 1 องศาเซลเซียส ในหน่วยของ กิโลแคลอรี/องศาเซลเซียส กิโลกรัม อากาศแห้ง

3.2.8 ปริมาตรจำเพาะชื้น (Humid Volume) คือปริมาตรรวมของอากาศแห้ง 1 กิโลกรัม กับของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศขณะนั้น ในหน่วยลูกบาศก์เมตร/กิโลกรัม อากาศแห้ง

3.3 หลักการของการอบแห้ง (เรียวโซ โทเอ, 2529)

ในการอบแห้งวัสดุชื้นภายใต้เงื่อนไขของการอบแห้งที่อุณหภูมิและความชื้นของลมร้อนที่คงที่ เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง ดังรูปที่ 3.1 คือ

ช่วงที่ 1 คือช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ

ช่วงที่ 2 คือช่วงการอบแห้งที่ความเร็วคงที่

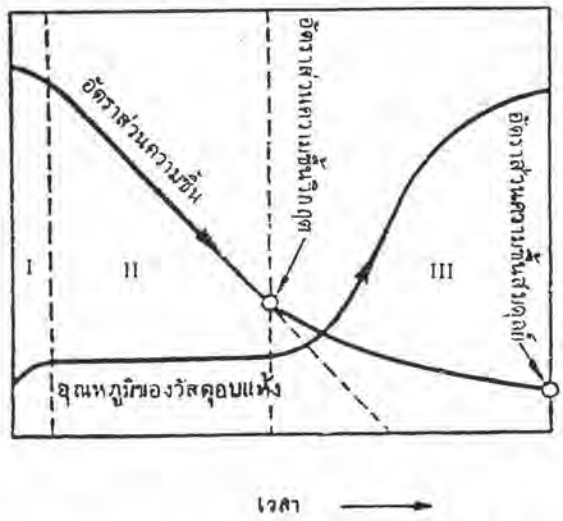
ช่วงที่ 3 คือช่วงการอบแห้งที่ความเร็วลดลง

ในทันทีลมร้อนสัมผัสกับวัสดุชื้น อุณหภูมิของวัสดุจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเพื่อเข้าสู่สภาวะสมดุล ที่สภาวะสมดุลนั้นอุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของลมร้อน ช่วงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุจนถึงอุณหภูมิกระเปาะเปียกของลมร้อนคือช่วงที่หนึ่ง ส่วนช่วงที่ 2 อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าคงที่เท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของลมร้อน และความร้อนทั้งหมดที่วัสดุได้รับจะถูกใช้ไปในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุชื้น เนื่องจากอัตราส่วนความชื้นเฉลี่ยของวัสดุจะลดลงเป็นสัดส่วนกับเวลาในช่วงที่สอง ดังนั้นความเร็วของการระเหยจะมีค่าคงที่ เรียกช่วงที่สองนี้ว่า ช่วงการอบแห้งที่ความเร็วคงที่ (Constant Drying Rate Period) ช่วงที่สองจะสิ้นสุดลงเมื่ออัตราส่วนความชื้นของวัสดุลดลงถึงอัตราส่วนความชื้นวิกฤต หลังจากนั้นจะเข้าสู่ช่วงที่ 3 ผิวของวัสดุจะอยู่ในสภาพที่แห้งและอุณหภูมิของวัสดุจะสูงขึ้น เนื่องจากการถ่ายเทความชื้นในรูปของน้ำจากส่วนในของวัสดุเกิดขึ้นไม่ทันกับการระเหยของน้ำจากผิวของวัสดุ สรุปแล้วในช่วงที่สามนี้ความเร็วของการอบแห้งจะลดลง - ซึ่งจะเรียกช่วงนี้ว่า ช่วงการอบแห้งที่ความเร็วลดลง (Falling Drying Rate Period) และการอบแห้งจะสิ้นสุดลงเมื่ออัตราส่วนความชื้นของวัสดุลดลงถึงค่าอัตราส่วนความชื้นสมดุล

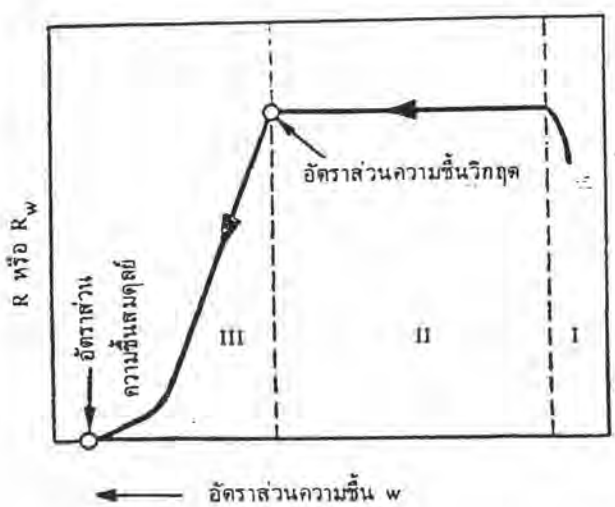
เงื่อนไขของการอบแห้ง อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. เงื่อนไขภายนอกของวัสดุที่ก่อให้เกิดการอบแห้ง จะเกี่ยวกับวิธีการถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุ และวิธีกำจัดไอน้ำที่ระเหยออกมา

2. เงื่อนไขภายในตัววัสดุเอง จะเกี่ยวกับองค์ประกอบและรูปร่าง อัตราส่วนความชื้นและอัตราส่วนความชื้นสมดุลของวัสดุ



รูปที่ 3.1 รูปแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นของวัสดุภายในเครื่องอบแห้ง
(เรียวโซ โทเอ, 2529: 2)



รูปที่ 3.2 รูปแสดงเส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง
(เรียวโซ โทเอ, 2529: 3)

สัญญลักษณ์ที่ใช้แทนความเร็วของการอบแห้ง เช่น R (กิโลกรัมน้ำ/ ชั่วโมง ตารางเมตร ของพื้นที่การอบแห้ง), Rw (กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง กิโลกรัมวัสดุแห้ง) เส้นกราฟที่ได้จากการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการอบแห้ง และอัตราส่วนความชื้น w มีชื่อเรียกว่า เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง อัตราการเปลี่ยแปลงของเส้นอัตราส่วนความชื้นเฉลี่ยกับเวลา คือ Rw (หรือ R) ถ้าเขียนกราฟของ Rw หรือ R จะได้รูป 3.2

3.4 เครื่องอบแห้งแบบต่างๆ

เครื่องอบแห้งมีอยู่หลายประเภท ในกรณีของเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแบบต่อเนื่องก็สามารถแยกออกได้เป็นหลายแบบ อาจขึ้นอยู่กับลักษณะการไหลระหว่างวัสดุกับลมร้อน ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็น

1. ประเภทที่วัสดุกับลมร้อนเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกัน (ไหลขนาน) หรือในทิศทางตรงข้ามกัน (ไหลสวนทาง) ได้แก่เครื่องอบแห้งแบบหมุน, แบบพ่นฝอย และแบบพาหะลม
2. ประเภทที่วัสดุกับลมร้อนเคลท่อนที่ในทิศทางที่ตั้งฉากกัน ได้แก่เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด, แบบไหลผ่าน

3.4.1 เครื่องอบแห้งแบบหมุน (เรียวโซ โทเอ, 2529; สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2535)

เครื่องอบแห้งแบบหมุนจะใช้กับวัสดุเป็นชิ้นหรือพวกเมล็ดพืชที่มีความชื้นสูงมาก ตัวเครื่องอบแห้งทำด้วยถังทรงกระบอกหมุน โดยหมุนรอบแกนกลางวางเอียงกับแนวราบเล็กน้อย วัสดุที่ต้องการอบแห้งจะถูกป้อนเข้าทางปลายด้านสูงของทรงกระบอก และถูกทำให้แห้งโดยการสัมผัสกับลมร้อนที่ไหลผ่านกระบอก และวัสดุจะไหลออกที่ปลายด้านต่ำของถัง เนื่องจากวัสดุแขวนลอยอยู่ในอากาศขณะที่ไหลตกลงมา ทำให้การถ่ายเทความร้อนและความชื้นเป็นไปอย่างรวดเร็ว ในกรณีของการไหลขนาน ถึงแม้ว่าลมร้อนที่ใช้จะมีอุณหภูมิค่อนข้างสูง อุณหภูมิของวัสดุอบแห้งที่สัมผัสกับลมร้อนที่เข้ามายังคงมีค่าเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของลมร้อน เพราะว่าการอบแห้งจะอยู่ในช่วงการระเหยจากผิววัสดุ ส่วนที่ทางออกของเครื่องอบแห้งอุณหภูมิของลมร้อนจะลดน้อยลงแล้ว ดังนั้นอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์อบแห้งจะไม่ขึ้นสูงมากนัก ส่วนการไหลแบบสวนทางจะเหมาะสำหรับกรณีที่ต้องการเพิ่มอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ให้สูงมากๆ

ลักษณะเด่นของเครื่องอบแห้งแบบหมุน

1. สามารถอบแห้งวัสดุปริมาณมากอย่างต่อเนื่องได้ บางเครื่องมากถึง 10 ตัน ต่อชั่วโมง

2. เนื่องจากโครงสร้างของเครื่องอบแห้งแบบหมุนทนอุณหภูมิสูงๆได้ จึงสามารถอบแห้งวัสดุด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิถึง 900 ^{o}C ได้ถ้าใช้การไหลแบบขนาน

3. เนื่องจากโครงสร้างของเครื่องอบแห้งแบบหมุนประกอบด้วยรูปทรงกระบอกที่หมุนรอบแกนกลางโดยการทำมุมกับแนวราบเล็กน้อย จึงสามารถใช้งานได้ง่ายและทนทาน

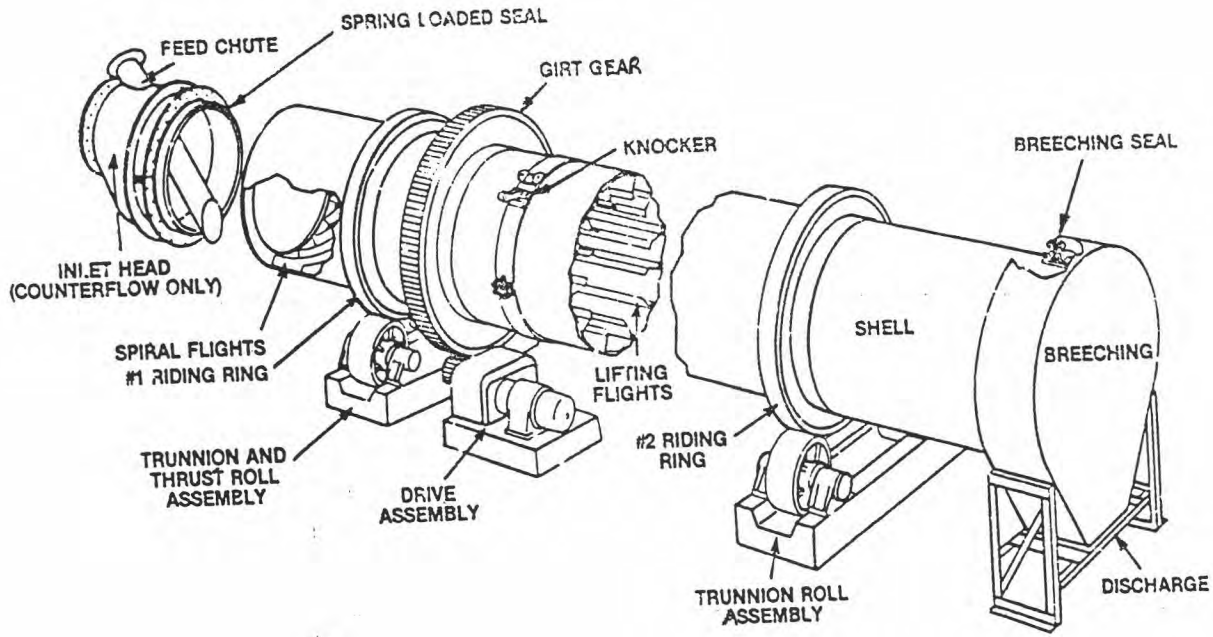
ลักษณะด้อยของเครื่องอบแห้งแบบหมุน

1. ภายในถังทรงกระบอกต้องติดแผ่นยก (Flights หรือ Lifters) เพื่อจะได้แบ่งกระจายวัสดุให้ทั่วผนังของกระบอก

2. ต้องคอยตรวจตราอุปกรณ์ส่วนที่หมุน ต้องดูแลให้เกิดกาหล่อลื่นอย่างดี ไม่ให้มีการสึกหรอ ณ ส่วนต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นลูกล้อ, ลูกกลิ้ง และลูกปืน

ขอบเขตของการประยุกต์เครื่องอบแห้งแบบหมุน

เครื่องอบแห้งแบบหมุน สามารถใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมสาขาต่างๆอย่างมากมาย เช่นอุตสาหกรรมเคมี อาหาร สามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูงและอบแห้งวัสดุได้อย่างต่อเนื่องในปริมาณมาก เช่นในอุตสาหกรรมซีเมนต์, ยิบซั่ม (Gypsum), ถ่านหิน (Petroleum Coke), น้ำตาล, ปุ๋ย ซึ่งจะใช้ในการอบแห้งวัสดุเม็ดละเอียด หรือวัสดุที่เป็นสะเก็ดหรือก้อน และในกรณีที่วัสดุอบแห้งที่สามารถเกาะกันเป็นก้อนใหญ่บนผิวในของตัวเครื่องได้ง่าย จะต้องมีการเคาะตีจากด้านนอก การแขวนโซ่ไว้ในตัวเครื่องหรือมาตราการพิเศษต่างๆ การกำหนดอุณหภูมิสูงสุดของลมร้อนที่ใช้ได้จะต้องพิจารณาสภาพการสัมผัสระหว่างวัสดุและลมร้อนภายในเครื่องอบแห้งตัวจริง เนื่องจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาจเสื่อมลงภายใต้การอบแห้งอย่างอยู่นิ่งที่อุณหภูมิหนึ่งแต่ไม่เสื่อมคุณภาพในเครื่องอบแห้งแบบหมุน



รูปที่ 3.3 รูปแสดงลักษณะเครื่องอบแห้งแบบหมุน แสดงองค์ประกอบของเครื่อง
(Land, C.M. Van't., 1991: 99)

3.4.2 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

ในเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย วัสดุเหลวจะถูกฉีดออกเป็นละอองเหลว เมื่ออบแห้งเสร็จแล้วจะอยู่ในรูปผงหรือของแข็งเม็ดเล็กๆ ขนาด 50 ถึง 500 ไมโครเมตร เช่นนมผง, ไข่ผง, กาแฟ เป็นต้น และเนื่องจากช่วงเวลาในการอบแห้งแบบพ่นฝอยจะสั้นมากประมาณสามถึงสิบวินาทีจึงเหมาะกับอาหารซึ่งคุณภาพสามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่ายเมื่อใช้อุณหภูมิอบแห้งสูง การที่ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นมากเนื่องจากการทำให้วัสดุเป็นละอองโดยการใช้เครื่องทำละออง (Atomizer) ทำให้มีพื้นผิวสำหรับการถ่ายเทความร้อนมาก เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือแบบไหลขนานและไหลสวนทาง และเครื่องทำละอองซึ่งทำหน้าที่ผลิตหยดเล็กๆ ที่ใช้กันในระดับอุตสาหกรรม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือแบบหัวฉีดด้วยความดัน (Pressure Nozzles) และแบบจานหมุน (Rotary Atomizers) เครื่องทำละอองแบบหัวฉีดด้วยความดัน ของเหลวจะถูกอัดให้มีความดัน 30-200 kgf/cm^2 แล้วฉีดออกจากห้องไหลวนก่อนที่จะแตกตัวออกเป็นหยดละออง ส่วนแบบจานหมุนจะทำงานโดยอาศัยแรงเหวี่ยงซึ่งเกิดจากจานหมุนความเร็วสูง ทำให้ของเหลวถูกเหวี่ยงกระจายออกเป็นหยดเล็กๆ โดยของเหลวจะถูกป้อนเข้าบริเวณใจกลางของจานที่กำลังหมุนด้วยความเร็วสูง และถูกทำให้เป็นหยดเล็กๆ ที่บริเวณรอบๆ จานโดยแรงหนีศูนย์กลาง เนื่องจากหยดของเหลวที่ฉีดออกมาในแบบจานหมุนจะมีระยะทางวิ่งในแนวระดับค่อนข้างไกล ดังนั้นเส้นผ่าศูนย์กลางของหอเครื่องอบแห้งต้องมีขนาดโตมากกว่าแบบหัวฉีดด้วยความดัน ซึ่งบางทีความสูงของหออาจเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของหอ (เรียวโซ โทเอ, 2529)

ลักษณะเด่นของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (เรียวโซ โทเอ, 2529)

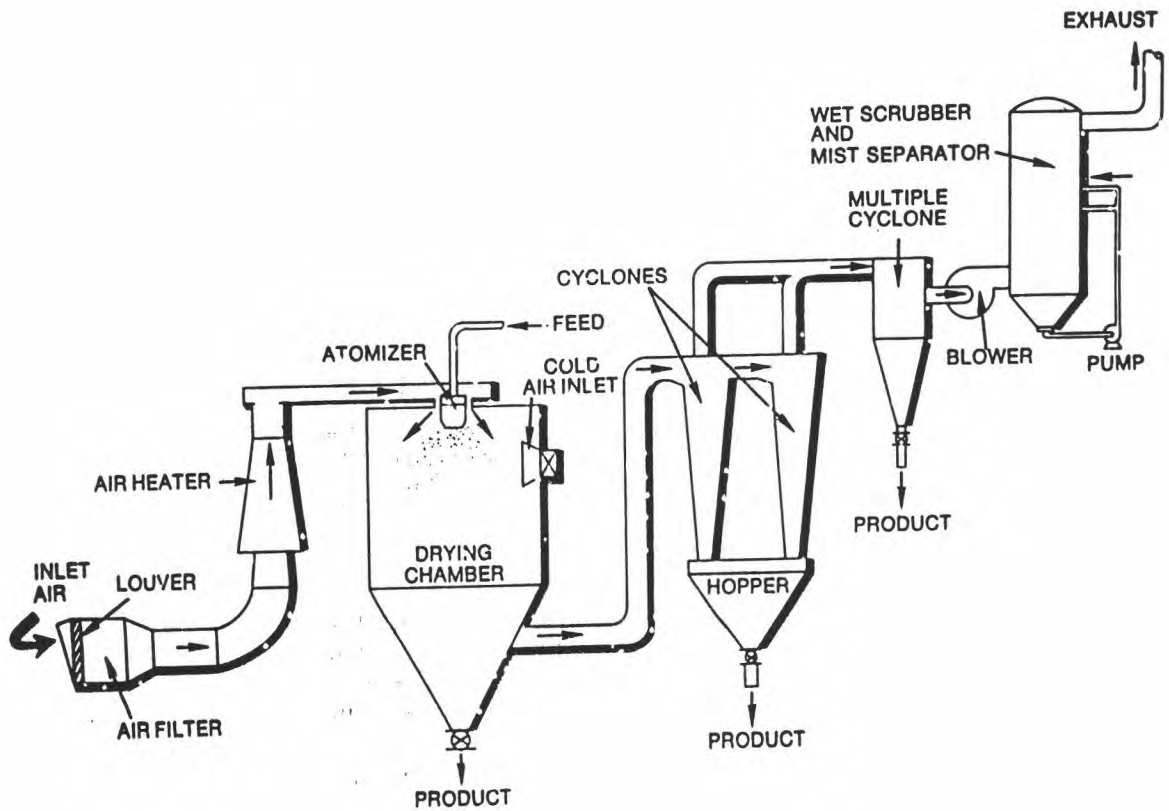
1. เนื่องจากของเหลวจะถูกพ่นฝอยเป็นละอองขนาดเล็กก่อนการอบแห้ง ดังนั้นอัตราการอบแห้งจึงมีความเร็วสูงและเวลาอบแห้งก็สั้นมากจึงสามารถอบแห้งวัสดุที่ไวต่อความร้อน
2. สามารถทำผลิตภัณฑ์แห้งให้เป็นอนุภาคกลมที่ใจกลางพลวง
3. สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ในรูปเม็ดและผงได้โดยตรงจากวัสดุเหลว

ลักษณะด้อยของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Mujumdar,A.S., 1987)

1. ไม่สามารถใช้กับของเหลวที่มีความหนาแน่นสูงมากได้
2. การป้อนวัสดุอบแห้งอาจต้องมีการใช้ปั๊ม
3. การออกแบบไม่สามารถยืดหยุ่น ถ้าออกแบบทำให้หยดละอองเป็นละอองขนาดจิ๋วจะไม่สามารถผลิตเป็นละอองหยาบได้

ขอบเขตการประยุกต์เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่นอุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมอาหาร พอลิเมอร์ เพราะเวลาที่วัสดุอยู่ในเครื่องจะสั้นมาก จึงสามารถอบแห้งวัสดุที่เสื่อมเสียง่ายโดยความร้อน เช่นนมผง, กาแฟ, ชาผง, ผลไม้ผง, ผงซักฟอก, และอุตสาหกรรมยา ส่วนในอุตสาหกรรมเคมีก็ใช้ในกระบวนการผลิตแร่โครเมียม, ทองแดง, สังกะสีเป็นต้น และเนื่องจากการอบแห้งแบบพ่นฝอยจะให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นผงละเอียด ซึ่งไม่เหมาะสมหากต้องการให้กลับคืนรูปได้อย่างรวดเร็วเมื่อผสมกับน้ำ จึงอาจอัดกาซผสมเข้ากับของเหลวก่อนทำให้เป็นหยดเล็กๆ จะทำให้หยดที่ข้างในโปร่งมีผนังบาง อันเนื่องมาจากการขยายตัวของกาซขณะอบแห้ง ทำให้สามารถกลับคืนรูปได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเหมาะกับผลิตภัณฑ์จำพวกน้ำผลไม้แห้งและกาแฟ (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2535)



รูปที่ 3.4 รูปแสดงกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย

(Foust, A.S., 1980: 482)

3.4.3 เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม

เครื่องอบแห้งแบบพาหะลมเป็นเครื่องอบแห้งวัสดุที่มีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ หรือเป็นผง ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมอย่างง่ายเป็นดังรูป 3.5 อากาศแวดล้อมจะถูกพัดลมดูดอากาศ ดูดผ่านเครื่องกรองอากาศ แล้วถูกเป่าเข้าสู่ตัวอุ่นอากาศ ในขณะที่วัสดุชื้นจะถูกป้อนเข้าท่อลมทางด้านล่าง ลมร้อนจากตัวผลิตอากาศร้อนจะเป็นตัวพัดพาวัสดุชื้นไหลไปตามท่อออบแห้ง พร้อมๆกับจะเกิดการถ่ายเทความร้อนและความชื้นระหว่างลมร้อนและวัสดุ ไปยังเครื่องแยกวัสดุซึ่งจะแยกวัสดุและลมร้อนออกจากกันซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ไซโคลน
(สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2535)

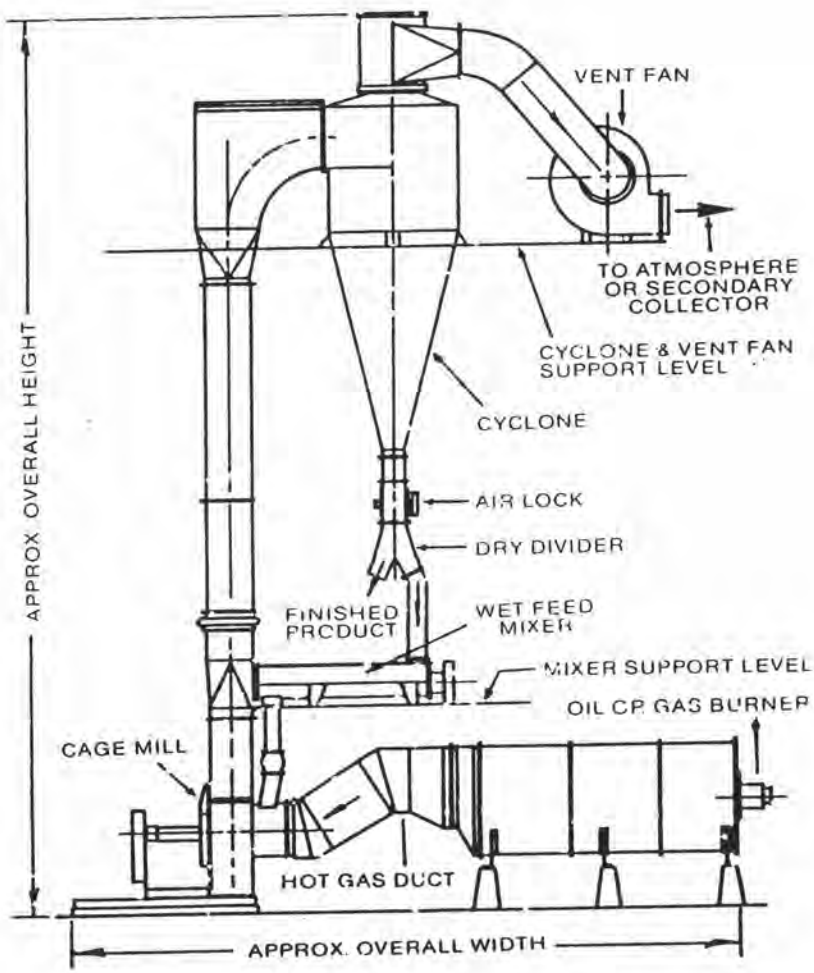
จุดเด่นของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม (เรียวโซ โทเอ, 2529)

1. เนื่องจากการอบแห้งแบบพาหะลมจะเป็นการไหลขนาน และเวลาในการอบแห้งสั้นใช้เวลาเพียงไม่กี่วินาทีจึงเหมาะสมกับวัสดุที่ไวต่อความร้อน และคุณภาพของวัสดุหลังอบแห้งจะดีด้วย
2. เนื่องจากวัสดุอบแห้งกระจายอยู่ในกระแสของลมร้อน จึงก่อให้เกิดการอบแห้งอย่างสม่ำเสมอ
3. อุณหภูมิที่ทางเข้าของเครื่องอบแห้งใช้ได้สูงมากถึง 800 ^{o}C แต่อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จะไม่ขึ้นสูงเกิน 80 ^{o}C สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะมีค่าสูงมาก
4. โครงสร้างของเครื่องอบแห้งเป็นแบบง่ายใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อย และง่ายในการรักษาซ่อมบำรุง
5. เครื่องอบแห้งชนิดนี้ไม่ต้องใช้อุปกรณ์อื่นช่วยลำเลียงวัสดุในระหว่างการอบแห้ง

จุดด้อยของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมลม (เรียวโซ โทเอ, 2529)

1. ไม่ควรใช้อบแห้งวัสดุที่กัดกร่อน
2. ถ้าขนาดของอนุภาคแตกต่างกัน การอบแห้งจะเกิดไม่สม่ำเสมอ
3. ถ้าวัสดุเกาะตัวเป็นก้อนเนื่องจากความชื้น การกระจายตัวของวัสดุจะทำได้ยาก ต้องมีเครื่องกระจายวัสดุ

Flash Drying



รูปที่ 3.5 รูปแสดงลักษณะเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม
(Land, C.M. Van't., 1991: 123)

ขอบเขตการประยุกต์เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม

เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม สามารถใช้ประโยชน์ได้ในอุตสาหกรรมต่างๆ มากมาย สามารถอบแห้งวัสดุต่างๆ ตั้งแต่วัสดุผงจนถึงวัสดุประเภทสเลอรี่ และเนื่องจากเวลาที่วัสดุอยู่ในเครื่องจะสั้นมากประมาณ 0.5 ถึง 3.5 วินาที วัสดุที่ไวต่อความร้อนสามารถอบแห้งได้โดยใช้อุณหภูมิที่ทางเข้าสูงๆ โดยจะไม่ทำให้วัสดุเสื่อมคุณภาพ เช่นในอุตสาหกรรมเคมี แมกนีเซียมซัลเฟต, อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์, อุตสาหกรรมซีเมนต์, ยิบซั่ม และอุตสาหกรรมอาหารเช่นแป้ง, เกลือและอุตสาหกรรมพอลิเมอร์ (เรียวโซ โทเอ, 2529; Mujumdar,A.S., 1987)

3.4.4 เครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน (เรียวโซ โทเอ, 2529)

เครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน ลมร้อนที่ใช้อบแห้งจะไหลตัดผ่านทิศทางการไหลของวัสดุ จะใช้กับวัสดุที่เป็นเม็ด (5-6 มิลลิเมตร), วัสดุที่เป็นเส้นใย เช่นใยฝ้ายและสำลี, วัสดุรูปร่างคล้ายเส้นบะหมี่ โดยจะวางวัสดุบนแผ่นที่มีรูพรุนที่ลมร้อนไหลผ่านได้ ส่วนลมร้อนจะเป่าตั้งฉากกับชั้นวัสดุ เครื่องอบแห้งแบบไหลผ่านแบบต่อเนื่องอาจแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือแบบแบนด์และแบบวางตั้งวัสดุชั้นเคลื่อนที่ เครื่องอบแห้งแบบแบนด์ไหลผ่าน เป็นเครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่องที่นิยมใช้กันมากที่สุด โดยใช้กันมากในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เคมี ยา แร่ โดยวัสดุที่จะอบแห้งจะวางอยู่บนแบนด์ลำเลียงที่เคลื่อนที่อยู่ในแนวระดับ วัสดุจะอยู่แน่นิ่งบนแบนด์ในขณะที่ลมร้อนไหลผ่าน ส่วนเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่านชนิดวางตั้ง วัสดุจะถูกปล่อยให้ตกลงมาโดยน้ำหนักของตัวเอง ส่วนลมร้อนจะไหลผ่านชั้นวัสดุที่กำลังเคลื่อนที่ โดยเครื่องอบแห้งแบบนี้แม้จะถูกจำกัดเฉพาะวัสดุที่ไหลได้ง่ายแต่ก็เหมาะกับงานอบแห้งปริมาณมาก

จุดเด่นของเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน

เครื่องอบแห้งแบบแบนด์จะมีจุดเด่นดังนี้คือ

1. สามารถที่จะวางเรียงวัสดุอบแห้งใหม่หรือพลิกกลับชั้นวัสดุในระหว่างการอบแห้ง
2. วัสดุอบแห้งวางอยู่บนแบนด์ลำเลียงไปในแนวระดับ จะไม่เกิดการสั่นสะเทือนที่อาจก่อให้เกิดการแตกร้าวได้ง่าย

ส่วนเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่านชนิดวางตั้ง จะมีจุดเด่นดังนี้คือ

1. เป็นปฏิบัติการเกี่ยวกับเครื่องอบแห้งที่ง่ายและสะดวกต่อการควบคุม เนื่องจากวัสดุถูกป้อนเข้าที่ยอดของเครื่องและถูกถ่ายออกที่ก้นเครื่องด้วยอัตราที่คงที่

2. ต้องการพื้นที่ในการติดตั้งน้อย เนื่องจากสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตรมีค่าสูง

3. เวลาที่วัสดุอยู่ในเครื่องอบแห้งสามารถปรับเปลี่ยนได้โดยง่าย โดยการปรับอัตราการถ่ายออก

จุดด้อยของเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน

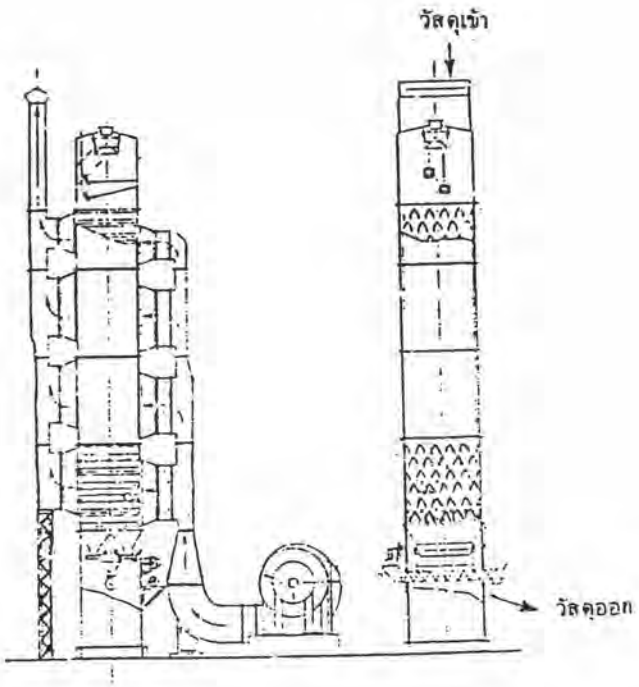
1. ไม่เหมาะสมกับวัสดุที่อยู่ในรูปสเลอรี เนื่องจากสเลอรีจะไม่ยอมให้อากาศไหลผ่านได้โดยสะดวก

2. ความหนาของชั้นวัสดุบนแบนด์ต้องสม่ำเสมอ ไม่เช่นนั้นจะเกิดการไหลผ่านชั้นวัสดุอย่างไม่สม่ำเสมอจะก่อให้เกิดการอบแห้งที่ไม่สม่ำเสมอได้

3. ในเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่านชนิดวางตั้ง จะต้องมีเครื่องมือสำหรับการถ่ายวัสดุออกจากก้นของเครื่องอบแห้งด้วยอัตราที่คงที่

ขอบเขตการประยุกต์เครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน

เครื่องอบแห้งแบบไหลผ่านสามารถใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมสาขาต่างๆ ได้อย่างมากมาย ในกรณีเครื่องอบแห้งแบบแบนด์ไหลผ่านจะใช้ในอุตสาหกรรมสาขาสิ่งทอ, เคมี, ยา, แร่, อาหาร และพอลิเมอร์ ส่วนเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่านชนิดวางตั้ง เหมาะสำหรับการอบแห้งพวกธัญพืช เช่นข้าวสาลี, ข้าวโพด เป็นต้น และเหมาะสำหรับการอบแห้งวัสดุที่ต้องการให้เหลือความชื้นน้อยมาก เช่นการอบแห้งโค๊ก, ถ่านหิน เป็นต้น



รูปที่ 3.6 รูปแสดงลักษณะเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน

(เรียวโซ โทเอ, 2529: 102)

3.4.5 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

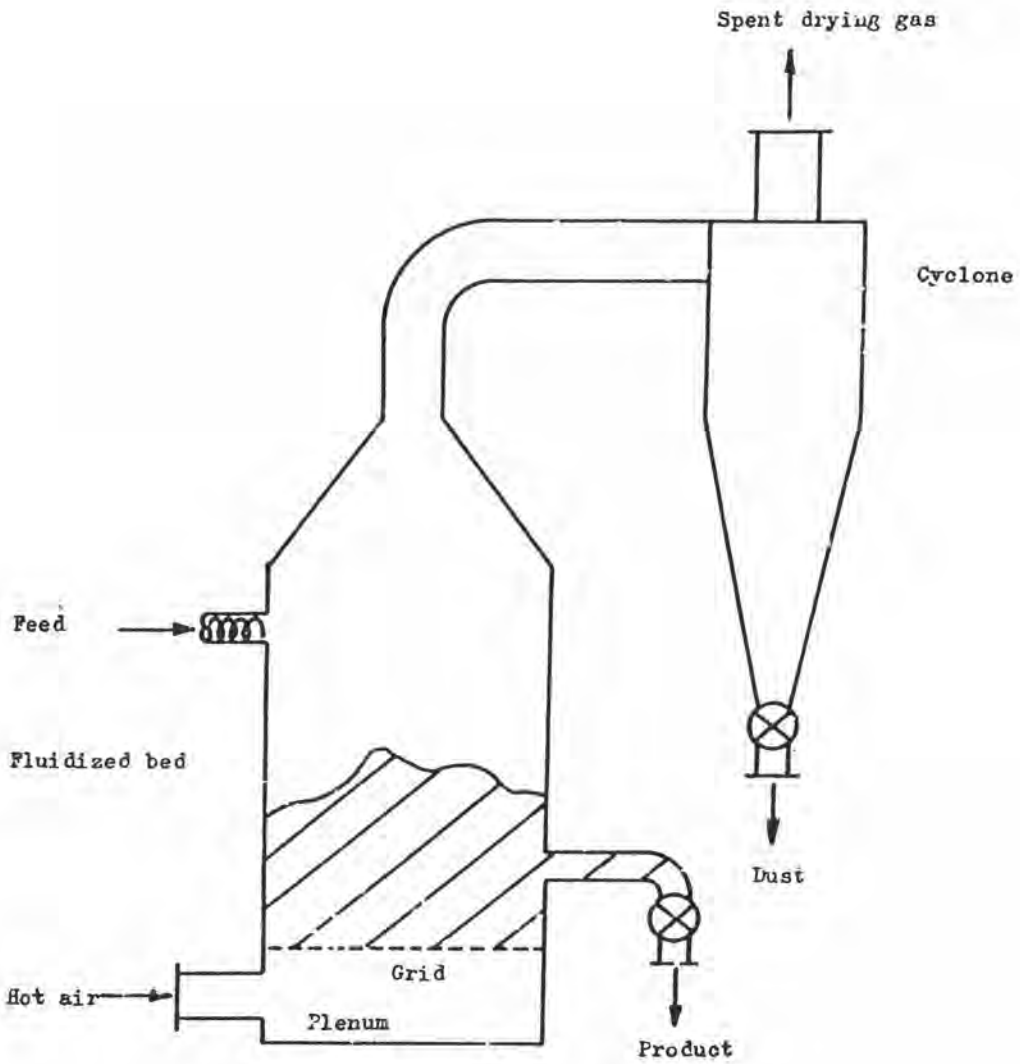
ในเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด วัสดุอบแห้งจะอยู่ในลักษณะของแข็งเป็นชิ้นเล็กๆ ลมร้อนจะถูกเป่าด้วยความเร็วสูงพอที่จะเอาชนะแรงโน้มถ่วงของวัสดุ ทำให้วัสดุลอยตัวอยู่ในอากาศได้ ลักษณะการไหลของลมร้อนจะถือว่าไหลในทิศทางที่ตั้งฉากกับการไหลของวัสดุ รูปที่ 3.7 แสดงเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด พัดลมจะเป่าอากาศผ่านตัวทำลมร้อนและไหลผ่านตะแกรง ส่วนวัสดุจะไหลเข้าเครื่องโดยเครื่องลำเลียงปะทะกับกระแสลมร้อนทำให้วัสดุสามารถแขวนลอยอยู่ในห้องอบแห้ง วัสดุบางส่วนที่ลอยสูงเกินไปก็จะไหลไปที่เครื่องคัดแยกแบบไซโคลน ส่วนวัสดุที่อบแห้งก็จะไหลออกอีกด้านหนึ่งของห้องอบแห้ง เนื่องจากการอบแห้งเป็นแบบฟลูอิดไดซ์เบด ดังนั้นอัตราส่วนความชื้นของวัสดุที่จะอบแห้งต้องมีค่าต่ำกว่าวัสดุที่จะอบแห้งโดยการใช้เครื่องแบบพาหะลมหรือแบบหมุน (เรียวโซ โทเอ, 2529; สมชาติโสภณรณฤทธิ์, 2535)

เครื่องอบแห้งแบบฟลูดิดไดซ์เบดอาจแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

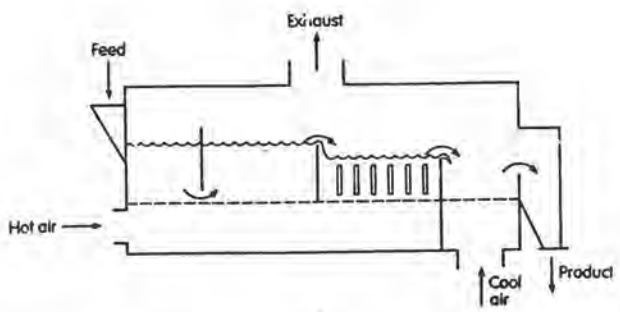
1. เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่มีห้องในแนวระดับหลายห้อง (Horizontal Multi-Chamber Fluidized Bed Dryer) เครื่องอบแห้งชนิดนี้จะมีรูปร่างเพรียวยาว ภายในเครื่องจะติดตั้งแผ่นกั้นในแนวดิ่งไว้ให้สูงกว่าแผ่นที่กั้นประมาณ 2-5 เซนติเมตร เพื่อเหมือนกับการกั้นส่วนบนของชั้นวัสดุออกเป็นห้องๆ ประมาณ 6 ห้องหรือมากกว่า โดยการผสมในแต่ละห้องนั้นถือว่าเกือบสมบูรณ์เนื่องจากเป็นฟลูอิดไดซ์เซชั่น ในขณะที่วัสดุเคลื่อนที่ไปสู่ทางออกผลิตภัณฑ์ กรณีเช่นนี้จะถือว่าการไหลของวัสดุระหว่างทางเข้ากับทางออกเป็นการไหลแบบลูกสูบ

2. เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่ประกอบด้วยทรงกระบอกเดียว (Single Cylinder Fluidized Bed Dryer) เนื่องจากเป็นฟลูอิดไดซ์เบด วัสดุทั้งหมดจะมีการเคลื่อนที่อย่างปั่นป่วนและทั่วถึงจึงถือว่าเกิดการผสมกันอย่างทั่วถึงของวัสดุในเครื่องอบแห้งแบบนี้

ความเร็วของลมร้อนที่จะเลือกใช้สำหรับการทำฟลูอิดไดซ์เซชั่นจะอยู่ระหว่างความเร็วสูงสุดก่อนที่วัสดุจะถูกพัดพาหายไป (ความเร็วบั้นปลาย) กับความเร็วต่ำสุดที่เพียงพอทำให้เกิดฟลูอิดไดเซชั่น



รูปที่ 3.7 รูปแสดงลักษณะเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดทรงกะบอกท่อเดียว
(Land, C.M. Van't., 1991: 123)



รูปที่ 3.8 รูปแสดงลักษณะเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่มีห้องในแนวระดับหลายห้อง
(Cook, Edward M. และ Dumont, Harman D., 1991: 46)

จุดเด่นของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Mujumdar,A.S.,1987)

1. เนื่องจากการไหลของวัสดุเป็นแบบฟลูอิดไดซ์เซชั่นจึงถือว่าต่อเนื่อง ทำให้ง่ายต่อการควบคุมในการป้อนวัสดุและถ่ายวัสดุออก

2. สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนในฟลูอิดไดซ์เบดมีค่าสูงมาก ทำให้การแลกเปลี่ยนพลังงานและมวลระหว่างวัสดุและลมร้อนเป็นไปอย่างรวดเร็ว ไม่เกิดการเสื่อมสภาพของวัสดุที่ไวต่อความร้อน

จุดด้อยของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

1. ต้องมีการติดตั้งไซโคลนเพื่อคัดแยกวัสดุที่ติดออกไปกับลมร้อน

2. เนื่องจากเม็ดของวัสดุมีการเคลื่อนที่อย่างทั่วถึงและปั่นป่วน ดังนั้นวัสดุที่เติมเข้าไปใหม่จึงมีโอกาสหลุดออกไปโดยที่ยังเกิดการอบแห้งไม่เพียงพอ

ขอบเขตการประยุกต์เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดสามารถใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมสขาต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมอาหาร สามารถอบวัสดุขนาดตั้งแต่ 10 ไมโครเมตร ถึง 50 มิลลิเมตร และสามารถอบแห้งวัสดุได้อย่างต่อเนื่องในปริมาณมากเช่น ในอุตสาหกรรมการผลิตไตเตเนียมออกไซด์, เซอร์โคเนียมซิลิเกต, ถ่าน (Coal), ทราย และอาหารที่มีขนาด 10 ไมโครเมตร ถึง 20 มิลลิเมตร (Mujumdar,A.S., 1987)