ROTARY VALVES

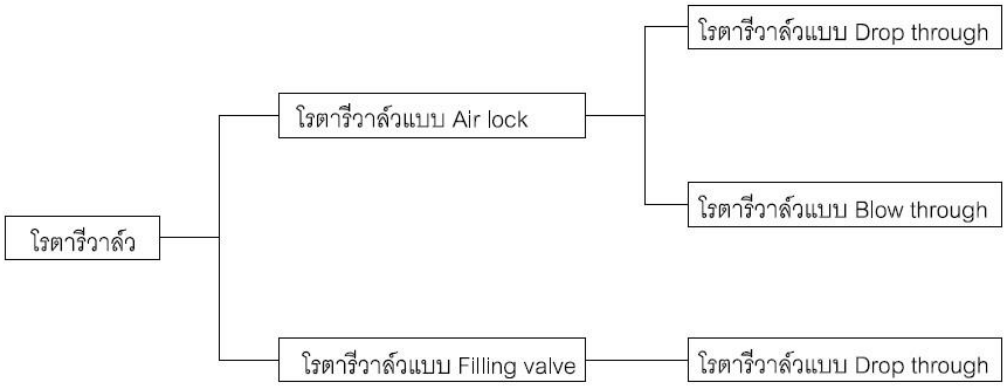
โรตารี่วาล์ว

โรตารี่วาล์วถือเป็นตัวจ่ายในระบบขนถ่ายวัสดุด้วยลมที่มีความสำคัญ ทำหน้าที่จ่ายวัสดุลงในระบบเพื่อขนถ่ายไปยังจุดที่ต้องการ ซึ่งสามารถกำหนดปริมาณ (Capacity) ที่จะจ่ายเข้าในระบบได้ โรตารี่วาล์วสามารถจำแนกได้ 2 ประเภทคือ

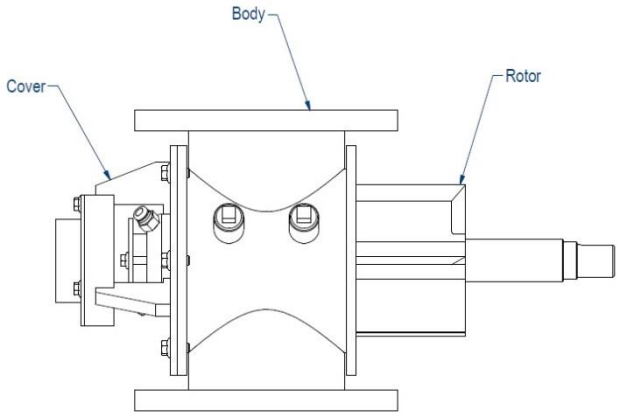
1. Air lock Valve คือ โรตารี่วาล์วที่สามารถป้องกันการรั่วของลมที่มีแรงดันไม่ให้ออกนอกระบบได้ สามารถรับแรงดัน (Pressure) ได้สูงสุดถึง 2 บาร์ โรตารี่วาล์วชนิดนี้มีราคาสูงและส่วนใหญ่นำเข้ามาจากต่างประเทศ

2. Filling Valve คือ โรตารี่วาล์วที่ไม่สามารถป้องกันการรั่วของลมได้เนื่องจากมีระยะ Clearance มาก ใช้กับระบบขนถ่ายวัสดุที่ไม่มีแรงดัน หรือมีแรงดันเป็นลบ (Vacuum) โรตารี่วาล์วชนิดนี้จะมีราคาต่ำกว่า Air Lock Valve เพราะคุณภาพต่ำกว่าและกระบวนการผลิตไม่ยากเหมือน Air Lock Valve

การจำแนกประเภทของโรตารี่วาล์ว



ส่วนประกอบสำคัญของของโรตารี่วาล์ว

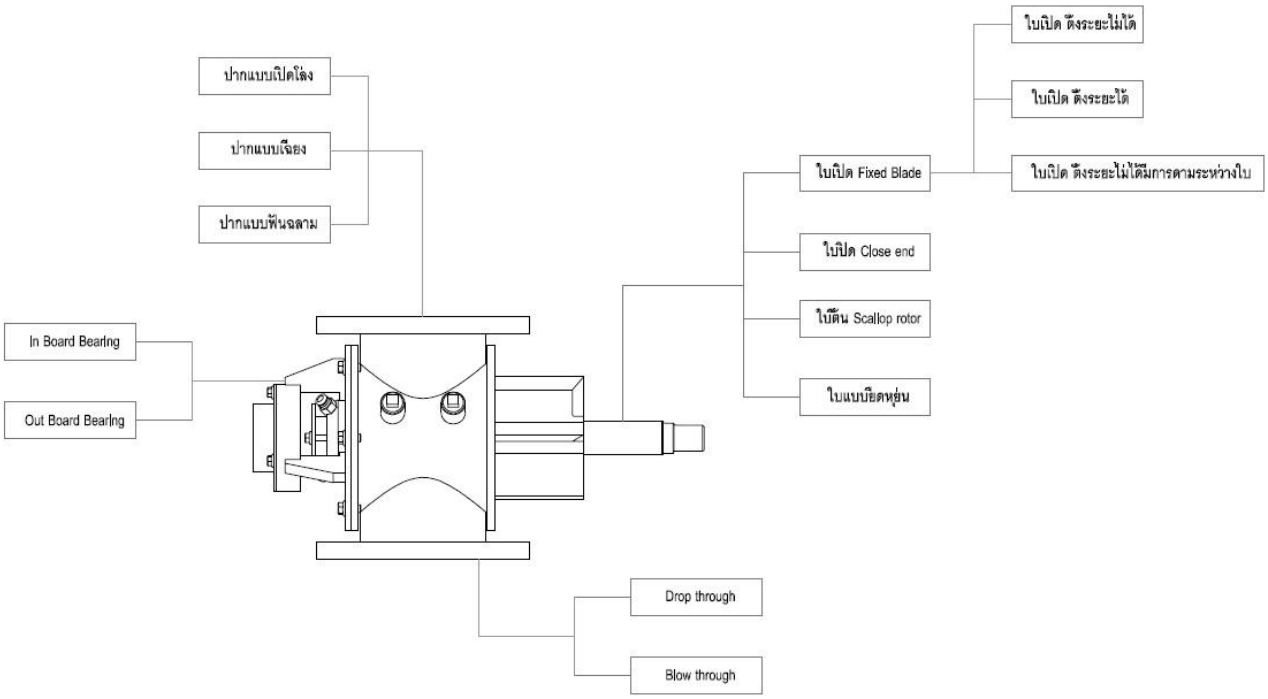


รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบหลักของโรตารี่วาล์ว

1. ตัวเรือน (Body)

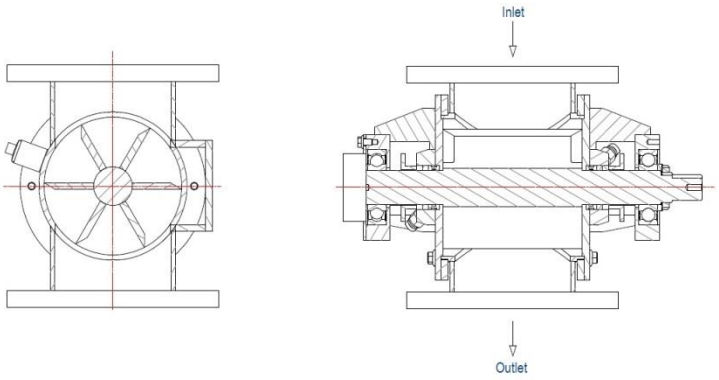
2. ใบ (Rotor)

3. ฝาข้าง (Cover)



ชนิดของโรตารีวาล์ว

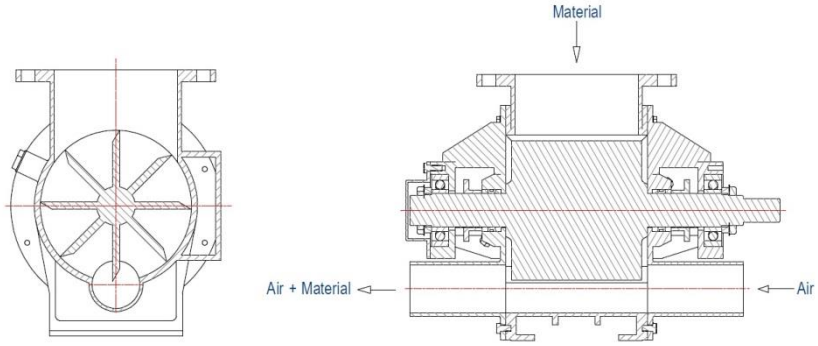
1. Drop through



รูปที่ 2.2 ลักษณะโรตารี่วาล์วแบบ Drop through

เป็นโรตารี่วาล์วที่มีลักษณะการรับ-จ่ายวัสดุในลักษณะเข้าด้านบนและจ่ายให้ไหลลงด้านล่างตามแรงโน้มถ่วงเพื่อจ่ายเข้าระบบ โรตารี่วาล์วชนิดนี้เป็นชนิดที่นิยมใช้กันทั่วไป

2. Blow through



รูปที่ 2.3 ลักษณะโรตารี่วาล์วแบบ Blow through

เป็นโรตารี่วาล์วที่มีลักษณะการไหลของวัสดุในลักษณะการจ่ายออกด้านข้างตัววาล์วโดยอาศัยแรงดันของระบบที่เป่าผ่านตัววาล์วโดยตรง เหมาะสมกับวัสดุที่ไหลยากเพราะแรงดันที่ผ่านตัววาล์วจะช่วยให้วัสดุที่มีความเหนียวที่เกาะติดกับวาล์วสลัดออกง่ายขึ้น และโรตารี่วาล์วชนิดนี้ยังใช้ในการติดตั้งในระบบที่มีระยะความสูงจำกัด อย่างเช่นการจ่ายวัสดุผ่านโรตารี่วาล์วชนิด Drop through ลงในท่อระบบโดยมี Drop out box เป็นตัวรับ สามารถใช้โรตารี่วาล์วชนิด Blow through จ่ายวัสดุลงในระบบได้เลย จึงไม่ต้องใช้ Drop out box ซึ่งจะช่วยลดระยะความสูงของการติดตั้งในระบบได้ แต่โรตารี่วาล์วชนิดนี้ก็มีข้อจำกัดในการใช้งานคือ ไม่เหมาะกับวัสดุที่มีความคมเพราะแรงดันที่เป่าผ่านตัววาล์ว หากวัสดุที่มีความคมและมีความเร็วในการขนถ่ายสูงอาจจะทำให้ตัววาล์วเกิดความเสียหายและอายุการใช้งานจะสั้นลงตามไปด้วย

ชนิดทางเข้า Inlet Rotary Valve

1. ปากแบบเปิดโล่ง

รูปที่ 2.4 ลักษณะปากแบบเปิดโล่ง

ปากมีลักษณะแบบเปิดโล่งวัสดุจะไหลลงสู่ห้องใบโดยตรง เหมาะกับวัสดุที่ไม่มีความแข็งหรือเหนียว เนื่องจากปากแบบเปิดโล่งทำให้เกิดมุมเฉือนระหว่างตัวเรือนน้อยมาก หากวัสดุมีความแข็งจะทำให้เกิดการสะท้านและมีเสียงดัง

2. ปากแบบปากเฉียง

รูปที่ 2.5 ลักษณะปากแบบปากเฉียง

ปากมีลักษณะลาดเอียงเพื่อทำให้เกิดมุมในการตัดเฉือนที่ดีขึ้นเมื่อเกิดการกระทบระหว่างวัสดุ ตัวเรือน และชุดใบ จะช่วยลดการสะท้านและเสียงดังได้เหมาะกับวัสดุที่มีความแข็งปานกลาง

การทำปากแบบเฉียงจะไม่เหมาะกับโรตารี่วาล์วขนาดเล็กกว่า 8” (Size 200) เนื่องจากปากแบบเฉียงจะกินพื้นที่ทางเข้า (Inlet) ของวาล์วหากโรตารี่วาล์วมีขนาดเล็ก วัสดุจะไม่ไหลเข้าตัวโรตารี่วาล์วเพราะจะกองอยู่ที่ทางเข้าของโรตารี่วาล์ว และเกิดการบล็อคของวัสดุ

3. ปากแบบฟันฉลาม

รูปที่ 2.6 ลักษณะปากแบบฟันฉลาม

ปากทางเข้ามีลักษณะแหลมเป็นหยักคล้ายกับฟัน ออกแบบเพื่อใช้กับวัสดุประเภทเม็ดที่มีความแข็งโดยเฉพาะ ช่วยเพิ่มมุมและพื้อที่ในการตัดเฉือนวัสดุ ลดการกระแทกในขณะที่เกิดการงับ ลดการสะท้านและเสียงดังได้ดี เหมาะกับวัสดุที่มีความแข็งมากๆเช่น เม็ดพลาสติก

ชนิดชุดใบ (Rotor)

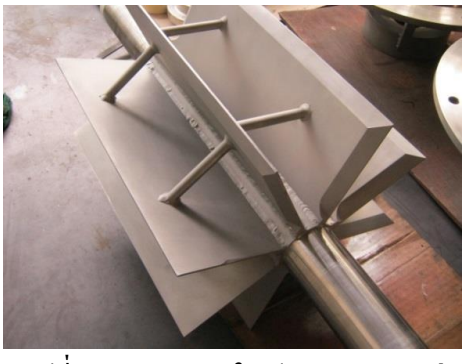
1. แบบใบเปิด (Fixed Blade)

รูปที่ 2.7 ลักษณะชุดใบแบบใบเปิด

เป็นแบบใบเปิด จะไม่มีฝาปิดที่ด้านข้างของใบทั้ง 2 ด้าน มีการลบมุมเพื่อให้เกิดความคมในการตัดทั้ง 3ด้านเหมาะสมกับวัสดุประเภทเม็ด ไม่เหมาะกับวัสดุที่มีความเหนียวเพราะจะทำให้ติดตรงซอกใบและทำให้ปริมาตรของห้องใบลดลงและทำความสะอาดยาก หรือหากวัสดุเป็นอาหารก็จะทำให้เกิดการเน่าเสียได

รูปที่ 2.8 ลักษณะชุดใบเปิดแบบไม่สามรถตั้งระยะใบได้รูปที่

2.9 ลักษณะชุดเปิดแบบสามารถตั้งระยะใบได้



รูปที่ 2.10 ลักษณะชุดใบเปิดแบบดามระหว่างใบ

2. แบบใบปิด (Close end)

รูปที่ 2.11 ลักษณะชุดใบแบบใบปิด

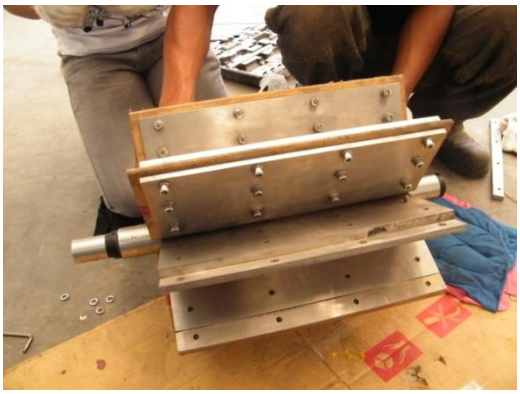
แบบใบปิดจะมีฝาปิดข้างใบทั้ง 2 ด้าน มีความแข็งแรงมากกว่าแบบใบเปิด เหมาะกับการใช้งานกับวัสดุประเภทผง ไม่เหมาะกับวัสดุประเภทเม็ดและวัสดุที่มีความคมเพราะจะเข้าแทรกระหว่างใบและฝาข้างทำให้ใบโรตาริ่วาล์วติดหรือเกิดการเสียดสีจนเกิดเสียงดัง และเกิดความเสียหายกับโรตาริ่วาล์วได้

3. แบบใบตื้น (Scallop rotor)

รูปที่ 2.12 ลักษณะชุดใบแบบใบตื้น

แบบใบตื้นจะออกแบบมาเพื่อใช้งานกับวัสดุที่มีความเหนียวชอบติดสะสมใบห้องใบ ร่องใบที่โค้งมนเพื่อไม่ให้วัสดุติดที่ห้องใบ ทำความสะอาดง่าย แต่ก็จะทำให้ปริมาตรห้องใบน้อยลงไปด้วยและกระบวนการผลิตยากกว่าแบบใบเปิดและปิด

4. แบบใบผ้าใบ หรือ ใบยาง



รูปที่ 2.13 ลักษณะชุดใบแบบใบผ้าใบ

ใบแบบผ้าใบจะใช้ สายพานผ้าใบที่ผลิตจากผ้าฝ้าย มาทำใบของชุดโรเตอร์และผ้าใบจะเป็นตัวเสียดสีกับวัสดุ การใช้งานจะเหมาะกับวัสดุที่มีความคมมากๆเช่น ทราย ปูนซีเมนต์ เพราะหากใช้ใบเป็นเหล็กเมื่อเกิดการเสียดสีตัวเรือนและใบจนเกิดการกัดเซาะและจะเกิดการเสียหายแก่โรตารี่วาล์ว ข้อเสียของใบแบบผ้าใบคือมีอายุการใช้งานสั้นและไม่สามารถกักลมได้ เนื่องจากเมื่อใบผ้าใบสึกหรอจะมีค่า Clearance สูงจึงไม่เหมาะจะนำมาใช้กับโรตารี่วาล์วที่กักลมได้ Air lock valve แต่จะเหมาะกับโรตารี่วาล์วที่ตัวจ่ายอย่างเดียว Filling valve

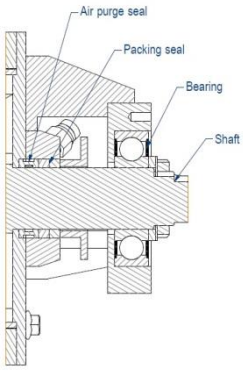
รูปที่ 2.14 ลักษณะสายพานผ้าใบ

จำนวนใบของโรเตอร์ (Rotor)

จำนวนใบของโรเตอร์จะมีผลต่อประสิทธิภาพการกักลมและอัตราการขนถ่าย(Capacity) ของวาล์ว หากมีจำนวนใบมากจะช่วยให้การกักลมดีขึ้นแต่ก็จะทำให้ปริมาตรห้องใบลดลง เนื่องจากระยะในแต่ใบลดลงทำให้การไหลของวัสดุลงในห้องใบในขณะที่ใบหมุนทำได้ไม่เต็มที่ซึ่งจะมีผลต่ออัตราการขนถ่าย(Capacity) โดยทั่วไปการออกแบบใบของโรตี่วาล์วจะมีจำนวนใบอยู่ที่ 6-8 ใบ

ลักษณะของฝาโรตารี่วาล์ว (Cover)

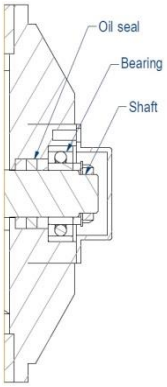
1. Out board Bearing



รูปที่ 2.15 ลักษณะฝาแบบ Out board bearing

Out board bearing ลักษณะของฝาโรตารี่วาล์วที่แบริ่งอยู่ด้านนอกฝาโรตารี่วาล์วทำให้มีพื้นที่ที่จะใส่ซีลกันลมรั่วได้มากขึ้น มีข้อดีคือ ป้องกันการรั่วของแรงดันลมและวัสดุที่รั่วออกมาได้ดีเพราะมีซีล 2 ชนิดคือ Air purge seal และ Packing seal และ Packing Seal สามารถปรับความแน่นได้เมื่อใช้แล้วเกิดการสึกหรอ ทำให้ยืดอายุการใช้งานของแบริ่งได้มากขึ้น และยังมีความแข็งแรงสามารถรับแรงแรงได้ดีหากเกิดการกระแทกหรือเกิดการเสียดสีของวัสดุ

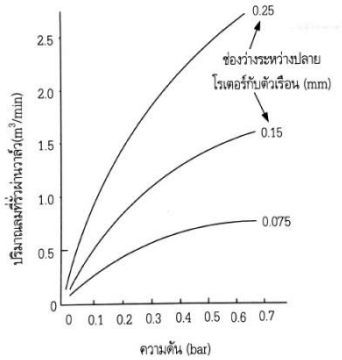
2. In board bearing



รูปที่ 2.16 ลักษณะฝาแบบ In board bearing

In board bearing แบริ่งจะติดกับฝาโรตารี่วาล์วโดยจะมีซีลเป็นตัวกั้นระหว่างห้องวาล์วและแบริ่งเพื่อไม่ให้ลมและวัสดุรั่วออกด้านนอก ข้อดีคือราคาต่ำกว่าชนิด Out board bearing เพราะกระบวนการผลิตง่ายกว่า แต่ประสิทธิภาพจะด้อยกว่าชนิด Out board bearing เนื่องจากประสิทธิภาพของซีลทำให้รับแรงดันลมอัดได้น้อยและความแข็งแรงต่ำกว่าเพราะเมื่อเปรียบเทียบที่วาล์วขนาดเดียวกันฝาแบบ In board bearing เพลาโรเตอร์จะเล็กกว่า
ระยะห่างระหว่างตัวเรือนและใบ Clearance

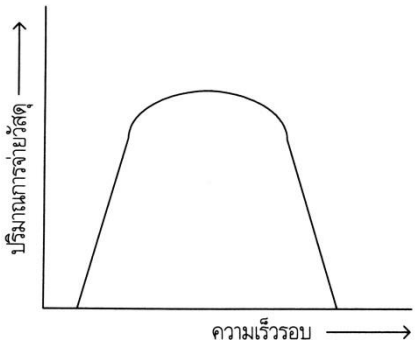
ระยะ Clearance มีความคัญต่อประสิทธิภาพการกักลมของโรตาริ่วาล์ว ที่รั่วผ่านขอบใบทั้ง 3 ด้าน Clearance Leakage โรตาริ่วาล์วที่มีระยะ Clearance น้อยจะกักลมได้ดี แต่มีความยากในการผลิตต้องใช้เครื่องจักรที่มีความแม่นยำในการ Machine สูง และส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ระยะ Clearance ที่ทางผู้ผลิตทำได้ดีที่สุดคือ 0.13 mm.- 0.2 mm.



รูปที่ 2.17 การเพิ่มขึ้นของช่องว่างระหว่างปลายโรเตอร์กับตัวเรือนจะทำให้การรั่วเพิ่มมากขึ้น

ความเร็วรอบของโรตาริ่วาล์ว

รอบการหมุนของโรตาริ่วาล์วเป็นตัวกำหนด Capacity ที่จ่ายออกจากตัววาล์ว หากความเร็วรอบต่ำก็จะได้ Capacity น้อยถ้าความเร็วรอบสูงก็จะได้ Capacity สูงตามไปด้วย แต่ใช่ว่าความเร็วรอบยิ่งสูงก็จะได้ Capacity มากเพราะหากรอบการหมุนสูงเกินไปการเติมเต็มในห้องใบก็จะยิ่งต่ำลง ซึ่งจะทำให้ Capacity ต่ำลงไปด้วย ซึ่งเป็นผลจากรอบการหมุนที่สูงเกินไปทำให้วัสดุลงสู่ห้องใบไม่ทัน นอกจากนั้นความเร็วรอบที่สูงเกินไปยังมีผลต่อการกระแทกของชุดโรเตอร์ที่กระทบกับวัสดุที่มีความแข็ง อาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่ตัววาล์วได้ และหากวัสดุที่มีค่าความถ่วงจำเพาะน้อย ความเร็วรอบที่สูงจะทำให้วัสดุมีอัตราการไหลลงสู่ห้องใบที่ต่ำลงเนื่องจากใบของชุดโรเตอร์ที่ทำงานคล้ายใบพัดจะพัดวัสดุที่กำลังจะไหลลงสู่ห้องใบออกทำให้วัสดุไม่ลงสู่ห้องใบและจะได้ Capacity ที่ต่ำลง ซึ่งการคำนวณความเร็วรอบผู้ออกแบบไม่ควรให้ความเร็วรที่ปลายใบชุดโรเตอร์ไม่ควรเกิน 0.66 m/s

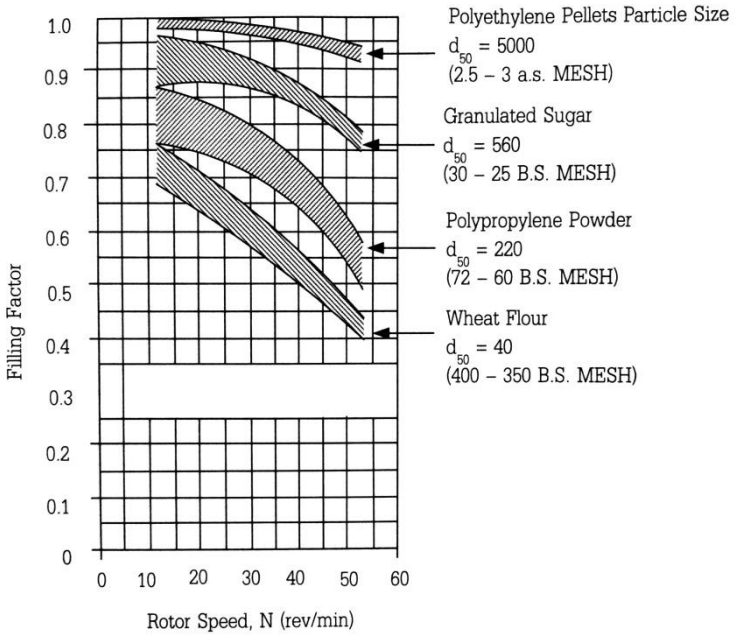


รูปที่ 2.18 อัตราการจ่ายวัสดุกับความเร็วรอบของโรตาริ่วาล์ว

เปอร์เซ็นการไหลของวัสดุ (%Filling)

คุณสมบัติของตัววัสดุก็เป็นส่วนสำคัญอีกประการที่มีผลต่อ Capacity นอกจากความเร็วรอบโรตารี่วาล์ว วัสดุแต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติต่างกัน ผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงส่วนนี้ด้วย โดยปกติแล้วเปอร์เซ็นการไหลของวัสดุจะอยู่ที่ 70%-90% โดยพิจารณาจาก

- ค่าความถ่วงจำเพาะ
- มุมกองของวัสดุ
- ความชื้น
- ความหนืด
- ลักษณะรูปร่างของวัสดุ

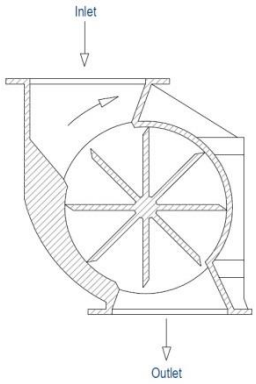


รูปที่ 2.19 แฟกเตอร์การเติมเต็มวัสดุ

โรตารี่วาล์วชนิดพิเศษ

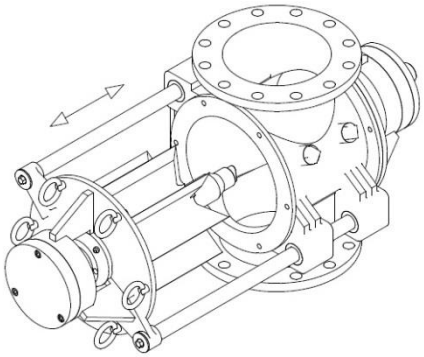
ในการออกแบบโรตีวาล์วผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงประโยชน์การใช้งานเป็นหลักเพื่อให้ได้โรตารี่วาล์วที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งประโยชน์การใช้งานนั้นก็ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ชนิดของวัสดุที่จะลำเลียงและความสะดวกสบายในการใช้งานดังตัวอย่างเช่น

- โรตารี่วาล์วที่ออกแบบมาใช้กับวัสดุที่เป็นเม็ด ซึ่งมีลักษณะช่องทางเข้า และทางออกเยื้องกันเพื่อไม่ให้มีการเติมเต็มในห้องใบมากเกินไปเพื่อลดการตัดเฉือนของวัสดุในขณะที่ปลายใบโรเตอร์หมุนผ่านปากตัวเรือน ป้องกันการเสียหายของวัสดุหรือเสียดสี จนเกิดการสะท้านจนส่งเสียงดังจนถึงชุดโรเตอร์ติดและไม่สามารถหมุนได้



รูปที่ 2.20 ลักษณะโรตารี่วาล์วที่ใช้กับวัสดุที่เป็นเม็ด

- โรตารี่วาล์วที่ง่ายต่อการทำความสะอาด (Ezy Clean) ออกแบบเพื่อให้ง่ายต่อการถอดทำความสะอาดใช้ในอุตสาหกรรมประเภทอาหารที่ต้องทำความสะอาดบ่อยครั้ง



รูปที่ 2.21 ลักษณะโรตารี่วาล์วที่ง่ายในการทำความสะอาด (Eazy Clean)

-

-

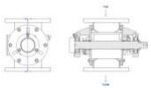
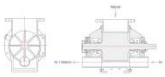
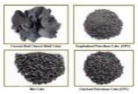
โรตารี่วาล์วสำหรับวัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใย

ปัญหากับการลำเลียงวัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใย เช่น เศษไม้จากเครื่องเลื่อย คือ ใยบางส่วนจะติดในช่องว่างระหว่างฝาข้างกับชุดใบขณะที่ชุดใบหมุนทำให้เกิดการติดขัด ดังนั้นการออกแบบการออกแบบปากทางเข้า Inlet ของโรตารี่วาล์ว จะมีช่องลักษณะลึกเข้าไปด้านฝาข้าง เพื่อให้มีพื้นที่ในการตัดเฉือนวัสดุให้เล็กลง ส่วนด้านทางออก Outlet มีจะมีลักษณะคล้ายกันแต่ช่องจะลึกเลยผิวขอบชุดใบเพื่อให้เศษที่ติดค้างในช่องว่างหลุดออกมาได้ ส่วนการออกแบบชุดใบจะมีลักษณะเป็นใบปิด เพื่อป้องกันไม่ให้วัสดุเข้าไปติด และมีการดามระหว่างใบเพิ่มความแข็งแรงและลดเสียงหากเกิดการสะท้าน

รูปที่ 2.22 ลักษณะโรตารี่วาล์วสำหรับวัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใย

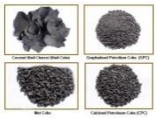
การเลือกประเภทของโรตารี่วาล์ว

ตารางเรียบเทียบการเลือกใช้งานของวัสดุกับชนิดตัวเรือนโรตารี่วาวล์

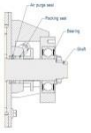
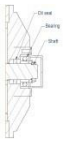
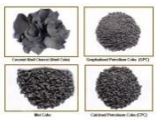
ชนิดของวัสดุ/ลักษณะโรตารี่วาล์ว	 Drop throuth	 blow throuth	แบบเปิดโล่ง	แบบปากเฉียง	แบบฟันฉลาม
ประเภทเม็ด	**F**	**F**	**F**	**G**	**G**
ประเภทผง	**F**	**F**	**F**	**F**	**F**
 มีความแข็ง	**F**	**F**	**F**	**F**	**F**
มีความคม	**F**	**P**	**F**	**F**	**F**
มีความชื้น	**F**	**F**	**F**	**F**	**P**
มีความเหนียว	**F**	**F**	**F**	**F**	**P**

ตารางเรียบเทียบการเลือกใช้งานของวัสดุกับชนิดชุดโรเตอร์โรตารี่วาวล์

ชนิดของวัสดุ/ลักษณะโรตารี่วาล์ว	แบบใบเปิด	แบบใบปิด	แบบใบตื้น	แบบใบผ้าใบ

ประเภทเม็ด	**G**	**P**	**F**	**P**
ประเภทผง	**F**	**G**	**F**	**P**
 มีความแข็ง	**F**	**F**	**F**	**G**
มีความคม	**F**	**P**	**F**	**G**
มีความชื้น	**F**	**P**	**G**	**P**
มีความเหนียว	**F**	**P**	**G**	**P**

ตารางเรียบเทียบการเลือกใช้งานของวัสดุกับชนิดฝาข้างโรตารี่วาวล์

ชนิดของวัสดุ/ ลักษณะโรตารี่ วาล์ว	 Out board bearing	 In board bearing
ประเภทเม็ด	**F**	**F**
ประเภทผง	**F**	**P**
 มีความแข็ง	**F**	**F**
มีความคม	**F**	**F**
มีความชื้น	**F**	**F**
มีความเหนียว	**F**	**F**

G Good (เหมาะสม)

F Fair (พอใช้)

P Poor (ไม่เหมาะสม)

การเพิ่มความแข็งผิวโรตารี่วาล์ว

การเพิ่มความแข็งผิวโรตารี่วาล์วด้วยการชุบฮาร์ทโครม (Hard chrome) เป็นกระบวนการชุบทางไฟฟ้าด้วยโครเมี่ยม (Chromium) มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อยืดอายุการใช้งานของโรตารี่วาล์ว ใช้ในกรณีที่นำไปจ่ายวัสดุที่มีความคม การชุบฮาร์ทโครมสามารถชุบให้แข็งได้ถึง 70 Rockwell C หรือ 800 Brinell คุณสมบัติที่ได้จากการชุบฮาร์ทโครม มีดังต่อไปนี้

- ค่าความแข็งสูง (High Hardness)
- ต้านทานการสึกกร่อนได้ดี (Good Wear Resistance)
- ต้านทานการกัดกร่อนจากสารเคมีได้ดี (Good Corrosion Resistance)
- สัมประสิทธิ์การเสียดทานต่ำ (Low Coefficient of Friction)
- ใช้อุณหภูมิในการซ่อมแซมต่ำ (Low Temperature Treatment)

การคำนวน

1. การคำนวนรอบการหมุน

ตัวอย่างที่ 2.1 จงหารอบการหมุนของโรตารี่วาล์วมีปริมาตรห้องใบ 10.5 Lit ขนาดความโตนอกของชุดโรเตอร์ 250 mm. ใช้จ่ายเม็ดพลาสติก ขนาด 5 mm. มีความหนาแน่น 500 kg./m3 อัตราการจ่ายที่ต้องการ 3000 kg./hr.

V = 10.5 Ltr/rev

D = 250 mm.

Ms = 3000 kh/hr

Pb = 500 kg/m3

α = 0.97 (จากกราฟที่)

N =?

สมการ $N = ((\frac{3000}{500x0.0105})/60)x(\frac{1}{0.97})$

$N = 9.52x1.03$

$N = 9.8$

ความเร็วรอบของโรตารี่วาล์ว 9.8 rpm

2. คำนวนหาความเร็วที่ปลายใบชุดโรเตอร์

สมการ $L = \frac{\pi x 250 x 9.8}{60000}$

$L = 0.128$

ความเร็วที่ปลายใบชุดโรเตอร์ **0.128 m/s**

ค้นคว้าและเรียบเรียง โดย

นัฐพงษ์ สุขหิรัญ / Mechanical Design Engineer

Therec Corporation Ltd. / Engineering Department