

ROTARY VALVES

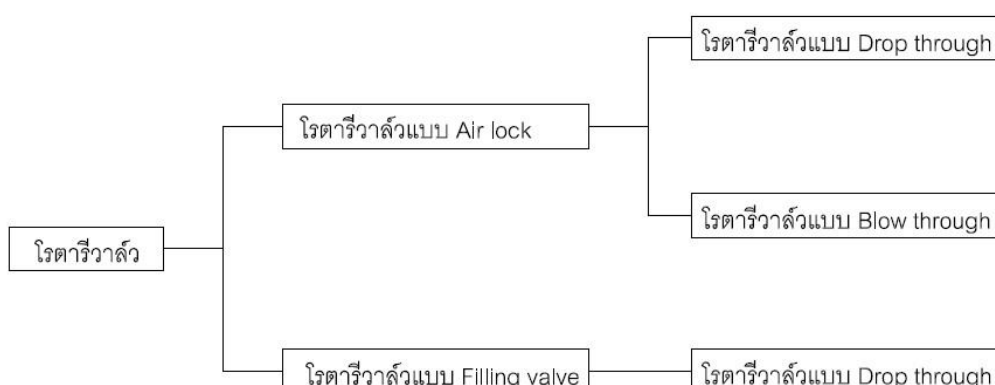
โรตารีวาล์ว

โรตารีวาล์วถือเป็นตัวจ่ายในระบบขนถ่ายวัสดุด้วยลมที่มีความสำคัญ ทำหน้าที่จ่ายวัสดุลงในระบบเพื่อขนถ่ายไปยังจุดที่ต้องการ ซึ่งสามารถกำหนดปริมาณ (Capacity) ที่จะจ่ายเข้าในระบบได้ โรตารีวาล์วสามารถจำแนกได้ 2 ประเภทคือ

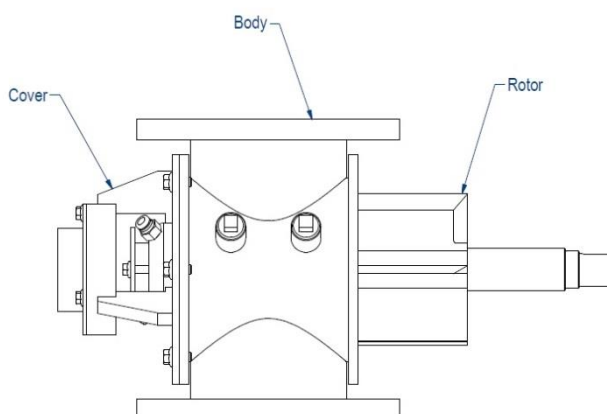
1. Air lock Valve คือ โรตารีวาล์วที่สามารถป้องกันการรั่วของลมที่มีแรงดันไม่ให้ออกนอกระบบได้ สามารถรับแรงดัน (Pressure) ได้สูงสุดถึง 2 บาร์ โรตารีวาล์วชนิดนี้มีราคาสูงและส่วนใหญ่นำเข้าจากต่างประเทศ

2. Filling Valve คือ โรตารีวาล์วที่ไม่สามารถป้องกันการรั่วของลมได้เนื่องจากมีระยะ Clearance มาก ใช้กับระบบขนถ่ายวัสดุที่ไม่มีแรงดัน หรือมีแรงดันเป็นลบ (Vacuum) โรตารีวาล์วชนิดนี้จะมีราคาต่ำกว่า Air Lock Valve เพราะคุณภาพต่ำกว่าและกระบวนการผลิตไม่ยากเหมือน Air Lock Valve

การจำแนกประเภทของโรตารีวาล์ว

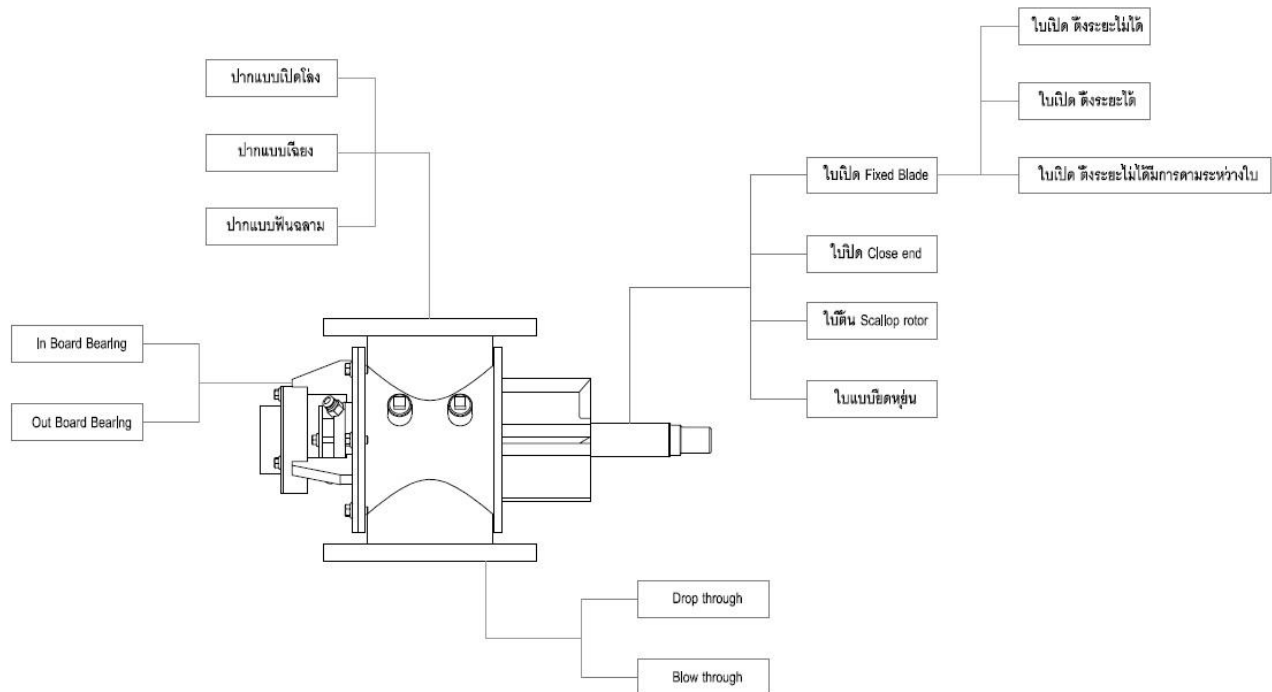


ส่วนประกอบสำคัญของของโรตารีวาล์ว



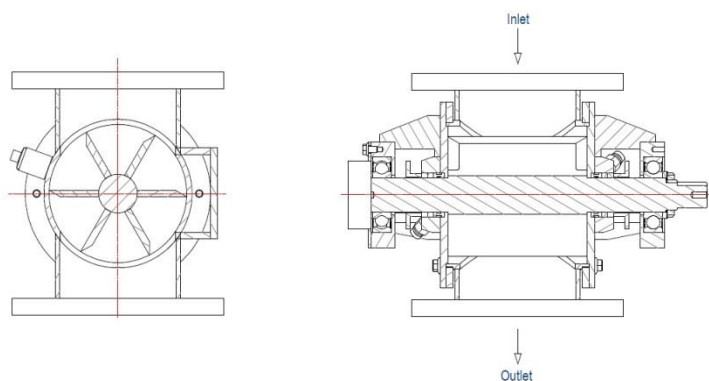
รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบหลักของโรตารีวาล์ว

1. ตัวเรือน (Body)
2. ใบ (Rotor)
3. ฝาข้าง (Cover)



ชนิดของโรตารีวาล์ว

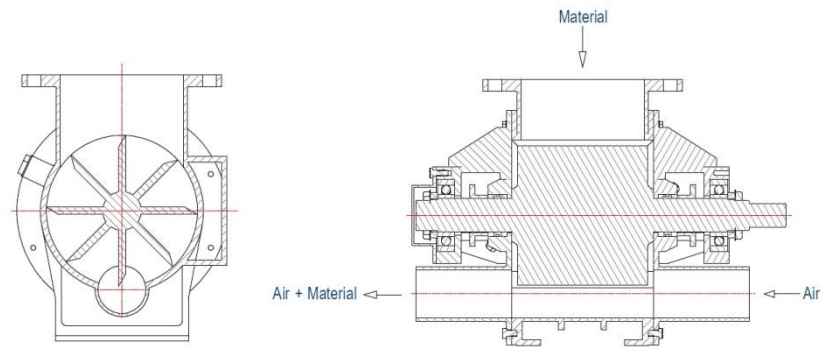
1. Drop through



รูปที่ 2.2 ลักษณะโรตารีวาล์วแบบ Drop through

เป็นโรตารีวาล์วที่มีลักษณะการรับ-จ่ายวัสดุในลักษณะเข้าด้านบนและปล่อยให้ไหลลงด้านล่างตามแรงโน้มถ่วงเพื่อจ่ายเข้าระบบ โรตารีวาล์วชนิดนี้เป็นชนิดที่นิยมใช้กันทั่วไป

2. Blow through



รูปที่ 2.3 ลักษณะโรตารีวาล์วแบบ Blow through

เป็นโรตารีวาล์วที่มีลักษณะการไหลของวัสดุในลักษณะการจ่ายออกด้านข้างตัววาล์วโดยอาศัยแรงดันของระบบที่เป่าผ่านตัววาล์วโดยตรง เหมาะสมกับวัสดุที่ไหลยากเพราะแรงดันที่ผ่านตัววาล์วจะช่วยให้อายุการใช้งานที่เกาะติดกับวาล์วหลุดออกง่ายขึ้น และโรตารีวาล์วชนิดนี้ยังใช้ในการติดตั้งในระบบที่มีระยะความสูงจำกัด อย่างเช่นการจ่ายวัสดุผ่านโรตารีวาล์วชนิด Drop through ลงในท่อระบบ โดยมี Drop out box เป็นตัวรับ สามารถใช้โรตารีวาล์วชนิด Blow through จ่ายวัสดุลงในระบบได้เลย จึงไม่ต้องใช้ Drop out box ซึ่งจะช่วยลดระยะความสูงของการติดตั้งในระบบได้ แต่โรตารีวาล์วชนิดนี้ก็มีข้อจำกัดในการใช้งานคือ ไม่เหมาะกับวัสดุที่มีความคมเพราะแรงดันที่เป่าผ่านตัววาล์ว หากวัสดุที่มีความคมและมีความเร็วในการขนถ่ายสูงอาจจะทำให้ตัววาล์วเกิดความเสียหายและอายุการใช้งานจะสั้นลงตามไปด้วย

ชนิดทางเข้า Inlet Rotary Valve

1. ปากแบบเปิดโล่ง



รูปที่ 2.4 ลักษณะปากแบบเปิดโล่ง

ปากมีลักษณะแบบเปิดโล่งวัสดุจะไหลลงสู่ห้องใบโดยตรง เหมาะกับวัสดุที่ไม่มีความแข็งหรือเหนียว เนื่องจากปากแบบเปิดโล่งทำให้เกิดมุมเฉือนระหว่างตัวเรือนน้อยมาก หากวัสดุมีความแข็งจะทำให้เกิดการสะท้อนและมีเสียงดัง

2. ปากแบบปากเฉียง



รูปที่ 2.5 ลักษณะปากแบบปากเฉียง

ปากมีลักษณะลาดเฉียงเพื่อทำให้เกิดมุมในการตัดเฉือนที่ดีขึ้นเมื่อเกิดการกระทบระหว่างวัสดุ ตัวเรือน และชุดใบ จะช่วยลดการสะท้อนและเสียงดังได้เหมาะกับวัสดุที่มีความแข็งปานกลาง การทำปากแบบเฉียงจะไม่เหมาะกับโรตารีวาล์วขนาดเล็กกว่า 8" (Size 200) เนื่องจากปากแบบเฉียงจะกินพื้นที่ทางเข้า (Inlet) ของวาล์วหากโรตารีวาล์วมีขนาดเล็ก วัสดุจะไม่ไหลเข้าตัวโรตารีวาล์วเพราะจะกองอยู่ที่ทางเข้าของโรตารีวาล์ว และเกิดการบดอัดของวัสดุ

3. ปากแบบฟันฉลาม



รูปที่ 2.6 ลักษณะปากแบบฟันฉลาม

ปากทางเข้ามีลักษณะแหลมเป็นหยักคล้ายกับฟัน ออกแบบเพื่อใช้กับวัสดุประเภทเม็ดที่มีความแข็งโดยเฉพาะ ช่วยเพิ่มมุมและพื้นที่ในการตัดเฉือนวัสดุ ลดการกระแทกในขณะที่เกิดการจับ ลดการสะท้อนและเสียงดังได้ดี เหมาะกับวัสดุที่มีความแข็งมากๆ เช่น เม็ดพลาสติก

ชนิดชุดใบ (Rotor)

1. แบบใบเปิด (Fixed Blade)



รูปที่ 2.7 ลักษณะชุดใบแบบใบเปิด

เป็นแบบใบเปิด จะไม่มีฝาปิดที่ด้านข้างของใบทั้ง 2 ด้าน มีการลบมุมเพื่อให้เกิดความคมในการตัดทั้ง 3 ด้านเหมาะสมกับวัสดุประเภทเม็ด ไม่เหมาะกับวัสดุที่มีความเหนียวเพราะจะทำให้ติดตรงซอกใบและทำให้ปริมาตรของห้องใบลดลงและทำความสะอาดยาก หรือหากวัสดุเป็นอาหารก็จะทำให้เกิดการเน่าเสียได้



รูปที่ 2.8 ลักษณะชุดใบเปิดแบบไม่สามารถตั้งระยะใบได้รูปที่



2.9 ลักษณะชุดเปิดแบบสามารถตั้งระยะใบได้



รูปที่ 2.10 ลักษณะชุดใบเปิดแบบตามระหว่างใบ

2. แบบใบปิด (Close end)



รูปที่ 2.11 ลักษณะชุดใบแบบใบปิด

แบบใบปิดจะมีฝาปิดข้างใบทั้ง 2 ด้าน มีความแข็งแรงมากกว่าแบบใบเปิด เหมาะกับการใช้งานกับวัสดุประเภทผง ไม่เหมาะกับวัสดุประเภทเม็ดและวัสดุที่มีความคมเพราะจะเข้าแทรกระหว่างใบและฝาข้างทำให้ใบโรตารีวาล์วติดหรือเกิดการเสียดสีจนเกิดเสียงดัง และเกิดความเสียหายกับโรตารีวาล์วได้

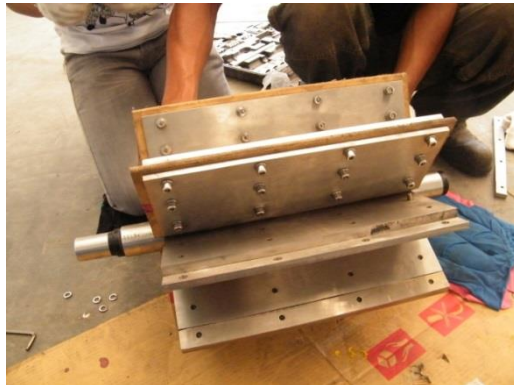
3. แบบใบตื้น (Scallop rotor)



รูปที่ 2.12 ลักษณะชุดใบแบบใบตื้น

แบบใบตื้นจะออกแบบมาเพื่อใช้งานกับวัสดุที่มีความเหนียวชอบติดสะสมใบห้องใบ ร่องใบที่โค้งมนเพื่อไม่ให้วัสดุติดที่ห้องใบ ทำความสะอาดง่าย แต่ก็ทำให้ปริมาตรห้องใบน้อยลงไปด้วยและกระบวนการผลิตยากกว่าแบบใบเปิดและปิด

4. แบบใบผ้าใบ



รูปที่ 2.13 ลักษณะชุดใบแบบใบผ้าใบ

ใบแบบผ้าใบจะใช้ สายพานผ้าใบที่ผลิตจากผ้าฝ้าย มาทำใบของชุดโรเตอร์และผ้าใบจะเป็นตัวเสียดสีกับวัสดุ การใช้งานจะเหมาะกับวัสดุที่มีความคมมากๆ เช่น ทราย ปูนซีเมนต์ เพราะหากใช้ใบเป็นเหล็กเมื่อเกิดการเสียดสีตัวเรือนและใบจนเกิดการกัดเซาะและจะเกิดการเสียหายแก่โรตารีวาล์ว ข้อเสียของใบแบบผ้าใบคือมีอายุการใช้งานสั้นและไม่สามารถกักลมได้เนื่องจากเมื่อใบผ้าใบสึกหรอจะมีค่า Clearance สูงจึงไม่เหมาะจะนำมาใช้กับโรตารีวาล์วที่กักลมได้ Air lock valve แต่จะเหมาะกับโรตารีวาล์วที่ตัวจ่ายอย่างเดียว Filling valve



รูปที่ 2.14 ลักษณะสายพานผ้าใบ

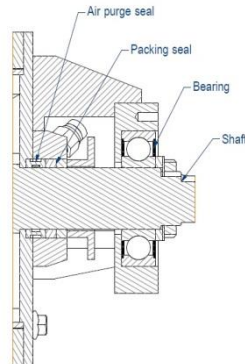
จำนวนใบของโรเตอร์ (Rotor)

จำนวนใบของโรเตอร์จะมีผลต่อประสิทธิภาพการกักลมและอัตราการขนถ่าย(Capacity)ของวาล์ว หากมีจำนวนใบมากจะช่วยให้การกักลมดีขึ้นแต่ก็จะทำให้ปริมาตรห้องใบลดลงเนื่องจากระยะในแต่ใบลดลงทำให้การไหลของวัสดุลงในห้องใบในขณะที่ใบหมุนทำได้ไม่เต็มที่

ซึ่งจะมีผลต่ออัตราการขนถ่าย(Capacity) โดยทั่วไปการออกแบบใบของโรตารีวาล์วจะมีจำนวนใบอยู่ที่ 6-8 ใบ

ลักษณะของฝาโรตารีวาล์ว (Cover)

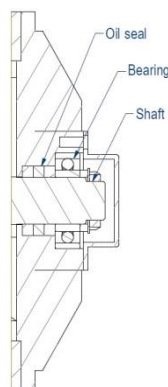
1. Out board Bearing



รูปที่ 2.15 ลักษณะฝาแบบ Out board bearing

Out board bearing ลักษณะของฝาโรตารีวาล์วที่แบริงอยู่ด้านนอกฝาโรตารีวาล์วทำให้มีพื้นที่ที่จะใส่ซิลกันลมรั่วได้มากขึ้น มีข้อดีคือ ป้องกันการรั่วของแรงดันลมและวัสดุที่รั่วออกมาได้ดีเพราะมีซีล 2 ชนิดคือ Air purge seal และ Packing seal และ Packing Seal สามารถปรับความแน่นได้เมื่อใช้แล้วเกิดการสึกหรอ ทำให้ยืดอายุการใช้งานของแบริงได้มากขึ้น และยังมีความแข็งแรงสามารถรับแรงแรงได้ดีหากเกิดการกระแทกหรือเกิดการเสียดสีของวัสดุ

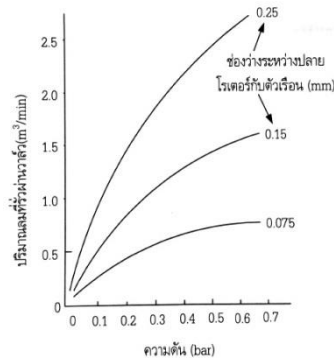
2. In board bearing



รูปที่ 2.16 ลักษณะฝาแบบ In board bearing

In board bearing แบริงจะติดกับฝาโรตารีวาล์วโดยจะมีซีลเป็นตัวกั้นระหว่างห้องวาล์วและแบริงเพื่อไม่ให้ลมและวัสดุรั่วออกด้านนอก ข้อดีคือราคาต่ำกว่าชนิด Out board bearing เพราะกระบวนการผลิตง่ายกว่า แต่ประสิทธิภาพจะด้อยกว่าชนิด Out board bearing เนื่องจากประสิทธิภาพของซีลทำให้รับแรงดันลมอัดได้น้อยและความแข็งแรงต่ำกว่าเพราะเมื่อเปรียบเทียบที่วาล์วขนาดเดียวกันฝาแบบ In board bearing เพลารอเตอร์จะเล็กกว่า ระยะห่างระหว่างตัวเรือนและใบ Clearance

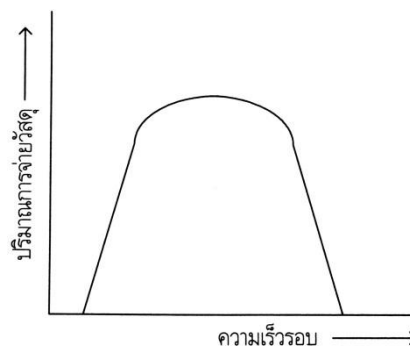
ระยะ Clearance มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการกักลมของโรตารีวาล์ว ที่รั่วผ่านขอบใบทั้ง 3 ด้าน Clearance Leakage โรตารีวาล์วที่มีระยะ Clearance น้อยจะกักลมได้ดี แต่มีความยากในการผลิตต้องใช้เครื่องจักรที่มีความแม่นยำในการ Machine สูงและส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ระยะ Clearance ที่ทางผู้ผลิตทำได้ดีที่สุดคือ 0.13 mm.- 0.2 mm.



รูปที่ 2.17 การเพิ่มขึ้นของช่องว่างระหว่างปลายโรเตอร์กับตัวเรือนจะทำให้การรั่วเพิ่มมากขึ้น

ความเร็วรอบของโรตารีวาล์ว

รอบการหมุนของโรตารีวาล์วเป็นตัวกำหนด Capacity ที่จ่ายออกจากตัววาล์ว หากความเร็วรอบต่ำก็จะได้ Capacity น้อยถ้าความเร็วรอบสูงก็จะได้ Capacity สูงตามไปด้วย แต่ใช้ว่าความเร็วรอบยิ่งสูงก็จะได้ Capacity มากเพราะหากรอบการหมุนสูงเกินไปการเติมเต็มในห้องใบก็จะยิ่งต่ำลง ซึ่งจะทำให้ Capacity ต่ำลงไปด้วย ซึ่งเป็นผลจากรอบการหมุนที่สูงเกินไปทำให้วัสดุลงสู่ห้องใบไม่ทัน นอกจากนั้นความเร็วรอบที่สูงเกินไปยังส่งผลต่อการกระแทกของชุดโรเตอร์ที่กระทบกับวัสดุที่มีความแข็ง อาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่ตัววาล์วได้ และหาวัสดุที่มีค่าความถ่วงจำเพาะน้อย ความเร็วรอบที่สูงจะทำให้วัสดุมีอัตราการใช้ลดลงสู่ห้องใบที่ต่ำลงเนื่องจากใบของชุดโรเตอร์ที่ทำงานคล้ายใบพัดจะพัดวัสดุที่กำลังจะไหลลงสู่ห้องใบออกทำให้วัสดุไม่ลงสู่ห้องใบและจะได้ Capacity ที่ต่ำลง ซึ่งการคำนวณความเร็วรอบผู้ออกแบบไม่ควรให้ความเร็วที่ปลายใบชุดโรเตอร์ไม่ควรเกิน 0.66 m/s



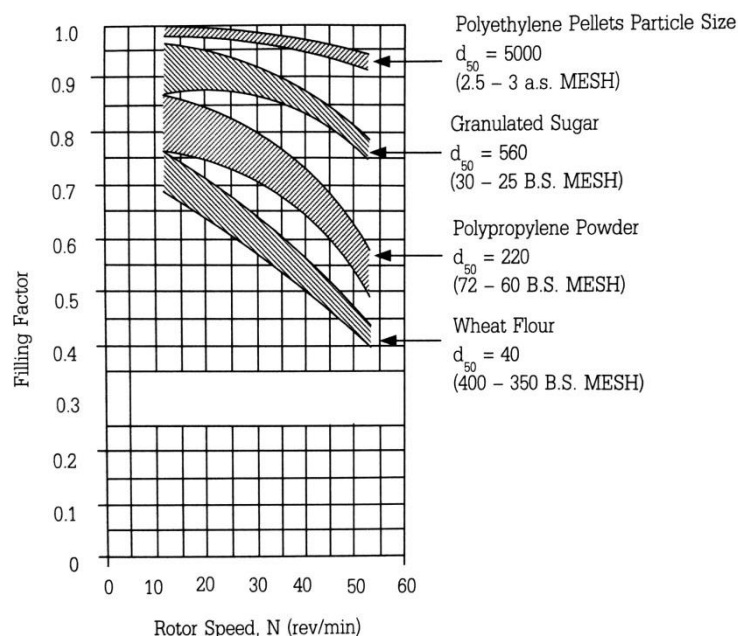
รูปที่ 2.18 อัตราการจ่ายวัสดุกับความเร็วรอบของโรตารีวาล์ว

เปอร์เซ็นต์การไหลของวัสดุ (%Filling)

คุณสมบัติของตัววัสดุก็เป็นส่วนสำคัญอีกประการที่มีผลต่อ Capacity นอกจากความเร็วรอบโรตารีแล้ว วัสดุแต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติต่างกัน ผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงส่วนนี้ด้วย โดยปกติแล้ว

เปอร์เซ็นต์การไหลของวัสดุจะอยู่ที่ 70%-90% โดยพิจารณาจาก

- ค่าความถ่วงจำเพาะ
- มุมกองของวัสดุ
- ความชื้น
- ความหนืด
- ลักษณะรูปร่างของวัสดุ

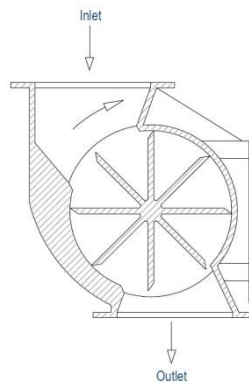


รูปที่ 2.19 แฟกเตอร์การเติมเต็มวัสดุ

โรตารีวาล์วชนิดพิเศษ

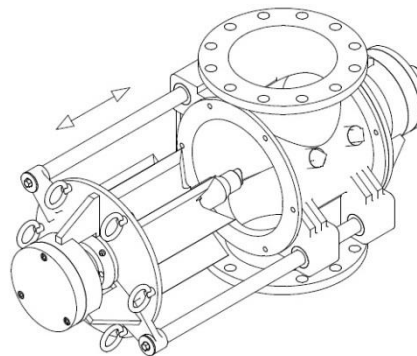
ในการออกแบบโรตารีวาล์วผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงประโยชน์การใช้งานเป็นหลักเพื่อให้ได้โรตารีวาล์วที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งประโยชน์การใช้นั้นก็ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ชนิดของวัสดุที่จะลำเลียงและความสะดวกสบายในการใช้งานดังตัวอย่างเช่น

- โรตารีวาล์วที่ออกแบบมาใช้กับวัสดุที่เป็นเม็ด ซึ่งมีลักษณะช่องทางเข้า และทางออกเฉียงกันเพื่อไม่ให้เกิดการเติมเต็มในห้องใบมากเกินไปเพื่อลดการคัดเฉือนของวัสดุในขณะที่ปลายใบโรเตอร์หมุนผ่านปากตัวเรือน ป้องกันการเสียหายของวัสดุหรือเสียดสี จนเกิดการสะสมจนส่งเสียดจนถึงชุดโรเตอร์ติดและไม่สามารถหมุนได้



รูปที่ 2.20 ลักษณะโรตารีวาล์วที่ใช้กับวัสดุที่เป็นเม็ด

- โรตารีวาล์วที่ง่ายต่อการทำความสะอาด (Ezy Clean) ออกแบบเพื่อให้ง่ายต่อการถอดทำความสะอาดใช้ในอุตสาหกรรมประเภทอาหารที่ต้องทำความสะอาดบ่อยครั้ง



รูปที่ 2.21 ลักษณะโรตารีวาล์วที่ง่ายในการทำความสะอาด (Ezy Clean)

- โรตารีวาล์วสำหรับวัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใย ปัญหาเกี่ยวกับการลำเลียงวัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใย เช่น เศษไม้จากเครื่องเลื่อย คือ ใบบางส่วนจะติดในช่องว่างระหว่างฝาข้างกับชุดใบ ขณะที่ชุดใบหมุนทำให้เกิดการติดขัด ดังนั้นการออกแบบการออกแบบปากทางเข้า Inlet ของโรตารีวาล์ว จะมีช่องลักษณะลึกเข้าไปด้านฝาข้าง เพื่อให้มีพื้นที่ในการตัดเฉือนวัสดุ

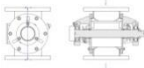
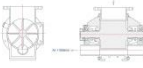
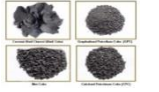
ให้เล็กลง ส่วนด้านทางออก Outlet มีจะมีลักษณะคล้ายกันแต่ช่องจะเล็กเล็ขียวขอบชุดใบ เพื่อให้เศษที่ติดค้างในช่องว่างหลุดออกมาได้ ส่วนการออกแบบชุดใบจะมีลักษณะเป็นใบ ปิด เพื่อป้องกันไม่ให้วัสดุเข้าไปติด และมีการตามระหว่างใบเพิ่มความแข็งแรงและลด เสี่ยงหากเกิดการสะท้าน



รูปที่ 2.22 ลักษณะโรตารีวาล์วสำหรับวัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใย

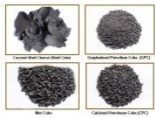
การเลือกประเภทของโรตารีวาล์ว

ตารางเปรียบเทียบการเลือกใช้งานของวัสดุกับชนิดตัวเรือนโรตารีวาล์ว

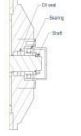
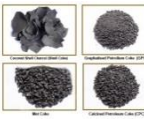
ชนิดของวัสดุ/ ลักษณะโรตารี วาล์ว	 Drop through	 blow through	 แบบเปิดโล่ง	 แบบปากเฉียง	 แบบพื้นฉลาม
 ประเภทเม็ด	F	F	F	G	G
 ประเภทผง	F	F	F	F	F
 มีความแข็ง	F	F	F	F	F
 มีความคม	F	P	F	F	F
 มีความชื้น	F	F	F	F	P
	F	F	F	F	P

มีความเหนียว					
--------------	--	--	--	--	--

ตารางเปรียบเทียบการเลือกใช้งานของวัสดุกับชนิดชุดโรเตอร์โรตารีวาล์ว

ชนิดของวัสดุ/ ลักษณะโรตารี วาล์ว	 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

ตารางเปรียบเทียบการเลือกใช้งานของวัสดุกับชนิดฝาข้างโรตารีวาล์ว

ชนิดของวัสดุ/ ลักษณะโรตารี 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)

การเพิ่มความแข็งผิวโรตารีวาล์ว

การเพิ่มความแข็งผิวโรตารีวาล์วด้วยการชุบฮาร์ดโครม (Hard chrome) เป็นกระบวนการชุบทางไฟฟ้าด้วยโครเมียม (Chromium) มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อยืดอายุการใช้งานของโรตารีวาล์วใช้ในกรณีที่นำไปจ่ายวัสดุที่มีความคม การชุบฮาร์ดโครมสามารถชุบให้แข็งได้ถึง 70 Rockwell C หรือ 800 Brinell คุณสมบัติที่ได้จากการชุบฮาร์ดโครม มีดังต่อไปนี้

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

การคำนวณ

1. การคำนวณรอบการหมุน

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

$$V = 10.5 \text{ Ltr/rev}$$

$$D = 250 \text{ mm.}$$

$$Ms = 3000 \text{ kg/hr}$$

$$Pb = 500 \text{ kg/m}^3$$

$$\alpha = 0.97 \text{ (จากกราฟที่)}$$

$$N = ?$$

$$\text{สมการ } N = \left(\frac{3000}{500 \times 0.0105} \right) / 60 \times \left(\frac{1}{0.97} \right)$$

$$N = 9.52 \times 1.03$$

$$N = 9.8$$

ความเร็วรอบของโรตารีวาล์ว 9.8 rpm

2. คำนวณหาความเร็วที่ปลายใบชุดโรเตอร์

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

$$L = 0.128$$

ความเร็วที่ปลายใบชุดโรเตอร์ 0.128 m/s