ลูกกระพ้อเรื่องจริงยิ่งต้องรู้(ตอน 3) การรับ(Pick Up) และการจ่าย (Discharge) วัสดุของระบบกระพ้อลำเลียงแบบแรงหนีศูนย์กลาง(Centrifugal Discharge Elevator)

1.ลูกกระพ้อจากอดีตถึงปัจจุบัน

เรื่องนี้ผู้เขียนได้รับแรงบันดาลใจมาจากลูกค้า เมื่อลูกค้าส่งคำถามมาว่าต้องการที่จะเปลี่ยนลูกกระพ้อที่ติดมากับเครื่องจักรจากต่างประเทศ ให้เหมือนเดิมทุกประการทั้งรูปร่าง สี ขนาดและชนิดของวัสดุ หลังจากผู้เขียนได้สอบถามรายละเอียดการใช้งานตลอดจน Specificationแล้ว ผู้เขียนเห็นว่าลูกกระพ้อผลิตในประเทศไทยสามารถทดแทนกันได้ เพราะลูกกระพ้อที่ผลิตจากต่างประเทศนั้นราคาแพงและต้องใช้เวลานานในการขนส่งก่อนส่งมอบลูกค้าจะเสียโอกาสในการผลิตไป ดังนั้นผู้เขียนจึงแนะนำลูกค้าให้ใช้ลูกกระพ้อที่ผลิตในประเทศไทยที่มีรูปร่างใกล้เคียงกันและใช้วัสดุที่ดีเหมาะสม และทนทานกว่าวัสดุอันเดิม แต่คำตอบจากลูกค้า **(ส่วนมากจะเป็นช่างที่ดูแลงานซ่อมบำรุง ซึ่งเป็นเรื่องที่เข้าใจได้ว่าทำไม ต้องปฏิเสธเอาไว้ก่อน เพราะทำดีก็เสมอตัว ทำพลาดโดนยำเละ เฉย ๆดีและสบายกว่า แต่ถ้าเสนอเรื่องนี้ให้ผู้ประกอบการ เจ้าของหรือเฒ่าแก่ จะชอบมากเพราะจะได้ของดี เหมาะสมกับการใช้งาน และราคาคุ้มค่า)** ก็คือ ลูกค้าปฏิเสธพร้อมกับพูดด้วยประโยคทองที่ทำให้ผู้เขียนถึงกับ อึ้ง แบบไปไม่เป็นว่า **..”ใครจะรับผิดชอบหากของใหม่ดีไม่เท่าเดิม เกิดเครื่องจักรต้องหยุดงานความเสียหายเป็นล้าน คุณรับผิดชอบได้มั๊ย ผมไม่เสี่ยง ”** ผู้เขียนได้แค่คิดในใจว่า...เรื่องอย่างนี้แค่ เปิดใจ ฟังเหตุฟังผลก่อนลูกกระพ้อราคาแค่หลักร้อย กำไรแค่หลักสิบ อะไรจะให้รับผิดชอบได้มากมายขนาดนั้น แต่เรื่องเหล่านี้จะไม่เกิดขึ้นเลยถ้า ผู้ผลิต ผู้ขายและผู้ใช้งานและผู้จ่ายเงิน มาเรียนรู้ประวัติศาสตร์เรื่องจริงเกี่ยวกับลูกกระพ้อ ปัญหาความไม่รู้นี้ก็จะเป็นเรื่องง่ายที่สามารถจะจูนความคิดของผู้ผลิต ผู้ขาย ผู้ใช้งาน และผู้จ่ายเงิน ให้เข้าใจร่วมกันได้ ประโยชน์ก็จะเกิดกับทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็น ผู้ผลิต ผู้ขาย ผู้ใช้งานและเจ้าของโรงงานผู้จ่ายเงิน ผู้ขายก็สามารถขายของได้มีกำไร ผู้ใช้งานและเจ้าของโรงงานก็ได้สินค้าที่ดีประหยัดราคาถูกคุ้มค่า

และก็ส่งมอบได้รวดเร็ว ดังนั้นเรามาทำความเข้าใจกับประวัติศาสตร์ลูกกระพ้อกัน การเรียนรู้ประวัติศาสตร์จะช่วยสนองความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องแทนการคาดเดา หรือความเชื่อถือที่ปราศจากหลักฐานเป็นบันทึกประสบการณ์ของมนุษยชาติที่มีคุณค่าควรแก่การศึกษา

2. การรับ (Pick-Up) และการจ่าย (Discharge) วัสดุของระบบกระพ้อลำเลียงแบบแรงหนีศูนย์กลาง(Centrifugal Discharge Elevator)

2.1 **คำจำกัดความของ ระบบกระพ้อลำเลียงแบบจ่ายวัสดุด้วยแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Discharge Elevator) คือระบบกระพ้อลำเลียงที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงเพียงพอที่จะจ่าย (Discharge) วัสดุออกให้หมดจากลูกกระพ้อก่อนที่ลูกกระพ้อจะเคลื่อนที่อยู่ในตำแหน่งขาลง** (Down Leg)

2.2คำจำกัดความของวัสดุ ไหลง่าย (Free Flow)

สมมุติฐานประเด็นเกี่ยวกับวัสดุไหลง่ายจะนิยามว่าอย่างไร

การทดลองอะไรก็ตามก็จะมีการตั้งสมมติฐานไว้เพื่อให้มีขอบเขตการทำงาน ในที่นี้ก็เช่นกันผู้ทดลอง ตั้งสมมติฐานว่า วัสดุที่ลำเลียง เป็นวัสดุประเภทแห้ง(Dry) ไหลง่าย ภาษาอังกฤษเรียกว่า Free Flow แต่มันก็ทำให้พี่ น้อง งงและสงสัยเหมือนกันว่า อาการไหลง่าย ๆนี้มันเป็นยังไง เอาอะไรมาวัดมาตรฐาน แค่ไหนที่เรียกว่าไหลง่าย แค่ไหนเรียกไหลยาก ดังนั้นเพื่อให้พี่น้องมองเห็นภาพและ สามารถเข้าใจได้ง่ายๆ ผู้เขียนจะขอตั้งสังเกตโดยอิงจากภาคปฏิบัติในสนามก็แล้วกัน ผู้เขียนจะถือว่าเมื่อวัสดุกองที่ Boot Pulley แล้วลูกกระพ้อสามารถตัก(Dig) ได้โดยวัสดุและลูกกระพ้อไม่เสียหาย วัสดุสามารถไหลเข้าลูกกระพ้อได้ง่าย ขนาด(Size)ของวัสดุไม่ใหญ่เกินไป หากลูกกระพ้อตักวัสดุไม่เต็มถ้วย ยังสามารถเติมวัสดุให้เต็มได้ผ่านทางช่องเติมหรือช่องโหลด(Loading Leg) เหนือ Center LINE ของ Boot Pulley **วัสดุมีพฤติกรรมประมาณนี้ก็ถือว่าเป็นวัสดุที่ไหลง่ายก็แล้วกัน**

ผู้เขียนพยายามหาข้อมูลจากแหล่งอ้างอิงอื่นๆบ้าง ขออ้างอิง CEMA ก็แล้วกันโดย CEMA ได้จัดแบ่งความสามารถการไหล (Flow ability) ของวัสดุแปรตาม Angle of repose **(มุมกอง)** ไว้ 4 แบบคือ

- **ไหลง่ายมาก** มีมุมกองน้อยกว่า 19 องศา
- **ไหลง่าย** มีมุมกองอยู่ระหว่าง 20 ถึง 29 องศา
- **ไหลได้ง่ายปานกลาง** มีมุมกลองอยู่ประมาณ 30 ถึง 39 องศา
- **ไหลยาก** มีมุมกองมากตั้งแต่ 40 องศาขึ้นไป

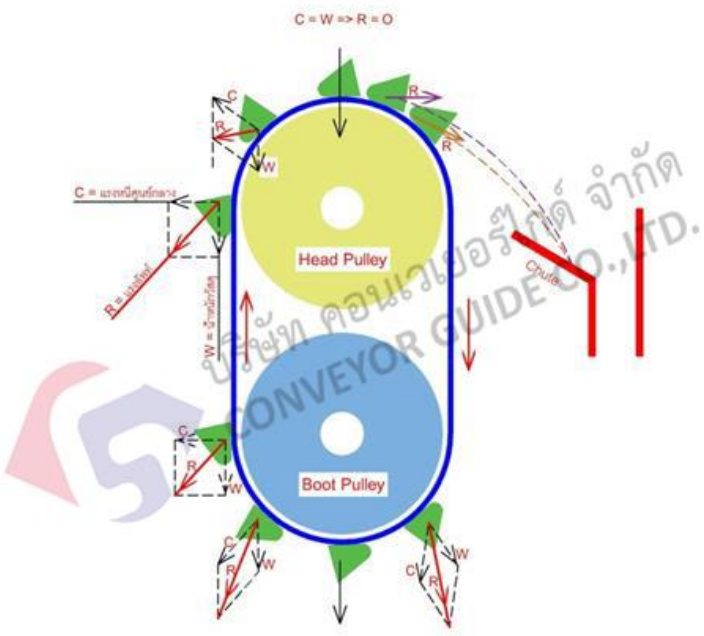
Material Class Description *Cont.*

	Material Characteristics	Code
Size	Very Fine – 100 Mesh and Under	A
	Fine – 1/8 inch and Under	B
	Granular – Under 7 inch	C
	Lumpy – Containing Lumps Under 16 inch	D
	Irregular – Stringy, Interlocking, Mats Together	E
Flowability Angle of Repose	Very Free Flowing – Angle of Repose < 19 deg.	1
	Free Flowing – Angle of Repose 20 to 29 deg.	2
	Average Flowing Angle of Repose 30 to 39 deg.	3
	Sluggish – Angle of Repose > 40 deg.	4
Abrasiveness	Nonabrasive	5
	Abrasive	6
	Very Abrasive	7
	Very Sharp – Cuts or Gouges Belt Covers	8
Miscellaneous Characteristics (More than one may apply)	Very Dusty	L
	Aerates and Develops Fluid Characteristics	M
	Contains Explosive Dust	N
	Sticky – Adheres Easily	O
	Contaminable, Affecting Sale or Use	P
	Degradable, Affecting Sale or Use	Q
	Gives off Harmful Fumes or Dust	R
	Highly Corrosive	S
	Mildly Corrosive	T
	Hygroscopic	U
	Interlocks or Mats	V
	Oils or Chemicals Present – May Affect Rubber	W
	Packs under Pressure	X
	Very Light and Fluffy – May be Wind Swept	Y
	Elevated Temperature	Z

Table 3.4
CEMA Material Classification Code System

เพื่ออธิบายให้พี่น้องเข้าใจพฤติกรรมของการทำงานของลูกกระพ้อ มันจำเป็นจะต้องมีสูตรหรือสมการประกอบการอธิบาย พี่น้อง เห็นรูป เห็นสูตรและสมการ ต่างๆแล้วอย่าเพิ่งเบื่อและท้อใจนะครับ ผู้เขียนจะพยายามอธิบายง่ายๆให้เข้าใจ เท่าที่จำเป็น เป็นเรื่องพื้นฐานเพื่อการเข้าใจพฤติกรรมของระบบกระพ้อลำเลียงแบบจ่ายวัสดุ โดยใช้แรงหนีศูนย์กลางรับรองว่าถ้าพี่น้องใช้เวลากับมันสักนิด ทำความเข้าใจว่าทำไม ระบบของเราถึงมีปัญหาไม่ได้ Capacity ที่ต้องการ เหตุใดลูกกระพ้อจึงรับวัสดุได้ไม่เต็มถ้วย มันเกิดจากสาเหตุอะไรหรือทำไมวัสดุไม่สามารถจ่ายออกให้หมดจากถ้วยได้ ความเร็วสายพานที่เราใช้อยู่ในปัจจุบันมัน เหมาะสมมากหรือน้อยอย่างไร เส้นผ่าศูนย์กลางของ Pulley ของเราเหมาะสมหรือไม่ ถ้าเรามีปัญหาแล้วเราจะสามารถแก้ไขมันได้อย่างไรและ บลา.....ๆๆๆๆๆๆๆ เริ่มต้นกันเลยนะครับ

มีการศึกษาระบบกระพ้อลำเลียงที่ใช้ความเร็วสูง (High Speed Bucket Elevator) โดยกูรูหลายคน ใช้กฎพื้นฐานของการเคลื่อนที่ตามแนววงกลมของนิวตัน (f = ma) หาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของสายพาน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ Head Pulley และทำนายพฤติกรรมของวัสดุในลูกกระพ้อผ่านแรงต่างๆที่เกิดขึ้น ระหว่างที่ลูกกระพ้อเคลื่อนที่ในระบบ ตั้งแต่ตัก(Dig) วัสดุที่ Boot การป้อน (Loading) ที่ Loading leg เหนือ Center line ของ Boot Pulley และการปล่อยวัสดุ(Discharging)ที่ Head Pulley อธิบายให้เข้าใจง่ายๆได้ตามรูปข้างล่างนี้ครับ



รูป 1. ทิศทางของแรงขณะที่ลูกกระพ้อตักและจ่ายวัสดุ

บริษัท คอนเวเยอร์ไกด์ จำกัด
CONVEYOR GUIDE CO.,LTD
E-mail: info@conveyorguide.co.th
www.conveyorguide.co.th
Line ID: @cg1356 Tel: 090-907-6077 , 02-992-1025 / Fax.02-992-1022

เมื่อสายพานกระพ้อ(Bucket Elevator Belt)เคลื่อนที่ภายในระบบกระพ้อลำเลียง วัสดุ (Material) ที่อยู่ในลูกกระพ้อที่มีน้ำหนัก W ก็จะเคลื่อนที่ไปรอบ ๆด้วย ทั้งลูกกระพ้อ(Bucket) และ วัสดุ(Material) จะอยู่ภายใต้อิทธิพลของแรง 2 ชนิดคือ

- แรงโน้มถ่วง (g =Gravity) ซึ่งจะมีทิศทางเคลื่อนที่ลงในแนวดิ่ง
- แรงหนีศูนย์กลาง(F=Centrifugal) ที่จะมีทิศทางเปลี่ยนตำแหน่งไปตามแนวรัศมีของ Pulley (มีทิศเคลื่อนที่ออกจากจุดศูนย์กลางของจุดหมุน) โดยมีค่าดังนี้คือ

$$F = \frac{WV^2}{gr} \text{.....}\textbf{สูตรที่ 1}$$

F = แรงหนีศูนย์กลาง **(ในรูป1 แทนด้วยค่า C)**

W = น้ำหนักของวัสดุ

V = ความเร็วของสายพานลำเลียง (Ft/Second)

g = แรงโน้มถ่วง (32.2 foot/second)

r =ระยะรัศมีของจุดหมุนถึงจุดศูนย์กลางของวัสดุ (foot)

จากการศึกษาการเคลื่อนที่และทิศทางของแรงและพฤติกรรมของวัสดุ แนวดิ่ง **(โดยสมมติว่าค่า F เท่ากับค่า W)**ที่กระทำกับวัสดุภายในลูกกระพ้อเป็นดังนี้

- **(จุด 3)** เมื่อลูกกระพ้อเริ่มเคลื่อนที่เข้า Head Pulley แรงหนีศูนย์กลางจะอยู่ในแนวราบ (แนวแรงพุ่งออกจากจุดศูนย์กลางของ Pulley) และค่า W น้ำหนักของวัสดุจะอยู่ในแนวดิ่ง **สมมติว่าค่า F เท่ากับค่า W** โดยใช้วิชาเรขาคณิตในมัธยมต้น แตกแรง รวมแรง จะได้ค่า R(Resultant force) หรือแรงลัพธ์ในแนวทแยงเท่ากับ$\sqrt{2}$W

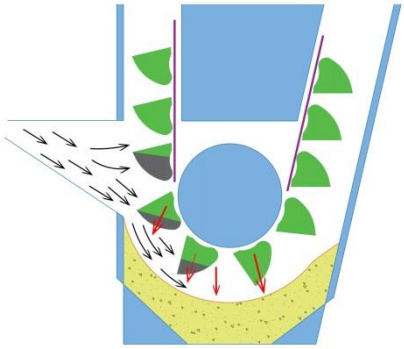
หรือ R = 1.414 W ซึ่งแนวแรง R ยังตกอยู่ภายในลูกกระพ้อ วัสดุยังคงอยู่ในลูกกระพ้อไม่ปลิวหรือกระเด็นออกไป

- **(จุด 4)** แรงลัพธ์ R(Resultant force) จะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับจุด3และจะค่อยๆลดลงเรื่อยๆขณะที่เคลื่อนที่ต่อไป (วัสดุยังคงอยู่ในลูกกระพ้อ)
- **(จุด 5)** แรงลัพธ์ R(Resultant force) และมีค่าเท่ากับ **0 (ณ.จุดนี้จะเกิดความสมดุลระหว่างแรงหนีศูนย์กลางและน้ำหนักวัสดุเมื่อค่า F เท่ากับค่า W พอดี)** วัสดุจะอยู่ในสภาพลอยตัวในอากาศ พร้อมที่จะเคลื่อนตัวไปทิศไหนก็ได้ ทั้งลอยขึ้นด้านบน หรือตกลงสู่ด้านล่าง แต่มีแนวโน้มที่จะถูกผลักออกไปเนื่องจากแรงลัพธ์ R(Resultant force) มีทิศขับเคลื่อนวัสดุออกไปจากปากของลูกกระพ้อเมื่อเคลื่อนที่ต่อไป
- **(จุด 6)** แรงลัพธ์ R(Resultant force มีค่าประมาณ ¾ g จะผลักวัสดุให้เคลื่อนที่ออกจากลูกกระพ้อ
- **(จุด 7)** แรงลัพธ์ R(Resultant force) วัสดุที่จ่ายออกจากรูปกระพ้อไปยัง Chute
- **(จุด 10)** แรงลัพธ์ R(Resultant force) มีทิศการเคลื่อนที่พ้นออกจากปากลูกกระพ้อพอดี ดังนั้น ณ.ตำแหน่งนี้ลูกกระพ้อ(เปล่า-ไม่มีวัสดุแล้ว)ไม่สามารถที่จะตักและกักเก็บวัสดุไว้ในถ้วยได้ เพราะแรงลัพธ์มีทิศผลักวัสดุออกนอกลูกกระพ้อ
- **(จุด 0)** แม้ว่าตำแหน่งแรงลัพธ์ R(Resultant force) ยังตกอยู่ภายในลูกกระพ้อ(ในแนวดิ่ง) แต่ตัววัสดุที่ถูกตักจะอยู่ในสภาพ ลอยหมุนวนรอบๆตัวเองอยู่ปากกระพ้อ(เปรียบคล้ายลักษณะของกังหันน้ำหมุนวนรอบจุดศูนย์กลาง) วัสดุอยู่ในสภาพที่มีแนวโน้มพร้อมจะถูกผลักออกจากลูกกระพ้อตามแนวทิศของแรงลัพธ์
- **(จุด 1)** แรงลัพธ์ R(Resultant force) ค่อยๆลดลง แรงผลักวัสดุออกจากลูกกระพ้อน้อยกว่าตำแหน่งศูนย์(0)ลูกกระพ้อสามารถตักวัสดุได้บ้าง
- **(จุด2)** เป็นจุดที่ลูกกระพ้อกำลังจะออกจาก Boot Pulley แรงลัพธ์ R(Resultant force) จะลดลงและมีแรงผลักวัสดุออกจากลูกกระพ้อน้อยกว่าตำแหน่ง 1 **ลูกกระพ้อสามารถตักวัสดุได้ดีแต่ไม่เต็มถ้วย** เพราะขณะนี้ลูกกระพ้อยังอยู่ภายใต้อิทธิพล

ของค่า R = 1.14 g ที่พยายามผลักวัสดุออกจากลูกกระพ้อ ทำให้มีวัสดุบางส่วนกระเด็นออกจากลูกกระพ้อ (ดังนั้นจึงต้องมีการเติมวัสดุให้เต็มถ้วยผ่านทางช่องเติมหรือช่องโหลดเหนือ Center LINE ของ Booth Pulley)

จากคำอธิบายจากรูป1 ข้างต้น ก็มาถึงบทสรุปที่ว่าระบบกระพ้อลำเลียงแบบแรงหนีศูนย์กลาง ลูกกระพ้อจะไม่สามารถตัก(ขุด)วัสดุประเภทเมล็ดธัญพืช (Grain) ที่ไหลตัวได้ดี (Free Flow) ให้เต็มถ้วยได้เลย ขณะที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของ แรงหนีศูนย์กลางค่า R = **1.14** g แต่ปัญหานี้สามารถปรับปรุงได้ โดยการติดตั้งช่องป้อน 2 แบบดังนี้

- แบบที่ 1 ติดตั้งช่องป้อน(Loading Leg) ที่ตำแหน่งเหนือ Boot Pulley เพื่อเติมวัสดุให้ลูกกระพ้อ เมื่อลูกกระพ้ออยู่เหนือกว่าตำแหน่งที่ 2 ซึ่งเมื่อลูกกระพ้อออกจาก Pulley แล้ว (ณ.ตำแหน่งนี้จะไม่อยู่ภายใต้แรงหนีศูนย์กลางที่จะผลักวัสดุออกแล้ว) วัสดุจะสามารถไหลเติมเต็มลูกกระพ้อได้ง่าย

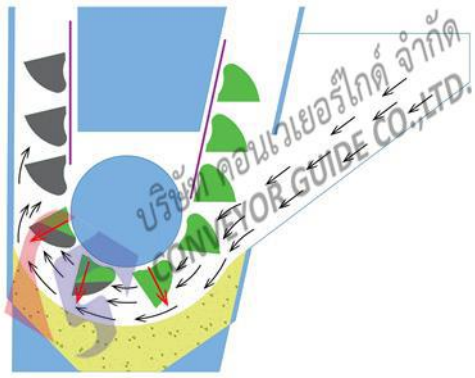


รูป 2 การเติมวัสดุให้เต็มถ้วยผ่านทางช่องเติมหรือช่องโหลด(Loading Leg)

เหนือ Center LINE ของ Booth Pulley

- แบบที่ 2 ติดตั้งช่องป้อน การเติมวัสดุทางด้านหลัง (Down Leg)เหมาะสำหรับวัสดุที่ไหลง่ายมากเท่านั้น แต่ถ้าวัสดุเป็นก้อนใหญ่ ไหลยาก มีน้ำหนักมาก (ไม่แนะนำให้ใช้แบบนี้) จะทำความเสียหาย(ฉีก-ขาด-บิดงอ-เสียรูป)ให้แก่ลูกกระพ้อและสายพาน(ฉีก-ขาด-น็อตหลุดจากสายพาน) ได้ แม้ว่าวัสดุไม่สามารถไหลเข้าถ้วยได้ในทันทีขณะที่

ลูกกระพ้อเคลื่อนที่ลง(Down Leg) แต่ลูกกระพ้อจะตักเข้าวัสดุเข้าถ้วยได้ที่ด้านหน้าขณะวิ่งในทิศขาขึ้น(Up Leg)



รูป 3 การเติมวัสดุให้เต็มถ้วยทางด้านหลัง(Down Leg)

3. Best Speed for Elevator Discharge แรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Force)

ตอนนี้เราจะมาดูกันว่าถ้าหากเราต้องการให้ระบบกระพ้อลำเลียงมีประสิทธิภาพ มากที่สุดเราควรจะเลือกความเร็วที่ดีที่สุดได้อย่างไร

จากรูปที่ 1 ระบบกระพ้อลำเลียงจะมีประสิทธิภาพที่สุดเมื่อลูกกระพ้อจ่ายวัสดุออกให้หมดโดยวัสดุไม่กระจัดกระจาย(Scattering) กระเด็นออกจากลูกกระพ้อ **แรงหนีศูนย์กลาง(F) และน้ำหนักของวัสดุ(W)ต้องมีค่าเท่ากัน** ณ.บริเวณใกล้ๆกับจุดสูงสุดของ Head Pulley (Top of Head Pulley) ซึ่งตำแหน่งนี้วัสดุจะอยู่ในสภาพลอยแขวน ในลักษณะสมดุล พร้อมที่จะเคลื่อนที่ออกมาจากลูกกระพ้อ เมื่อประยุกต์กฎข้อ2 การเคลื่อนที่แบบวงกลมของนิวตันเพื่อหาความสัมพันธ์ของรอบการหมุนและรัศมีของ Head Pulley

$$\mathrm{F} = \frac{WV^2}{gr}$$

เมื่อ F = W

ดังนั้น $V^2 = gr$

แต่ $V = \frac{2\pi rN}{60}$

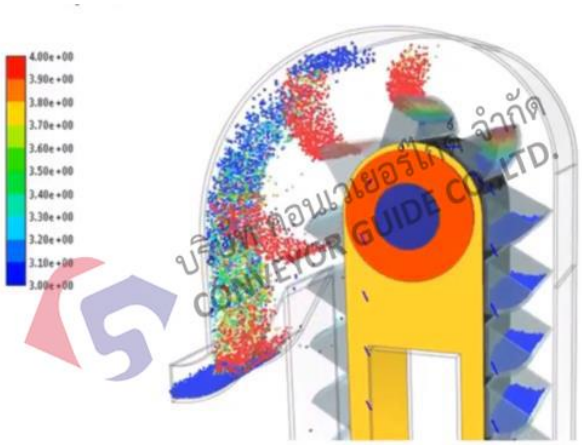
ดังนั้น $N = \frac{54.19}{\sqrt{r}}$ **.....สูตรที่ 2**

เมื่อ N = จำนวนรอบของการหมุน

จากความสัมพันธ์ของสูตรที่ 2 ระหว่างรัศมีของ (Pulley) และจำนวนรอบของการหมุน N **สามารถคำนวณทำเป็นตารางที่1**. แสดงค่าตัวแปรเหล่านี้โดย โดยมีสมมุติฐานว่าวัสดุเป็นวัสดุที่ไหลได้ง่าย(Free Flow) แห้ง(Dry) ใช้กับลูกกระพ้อทรงปกติเพื่อให้จ่ายวัสดุออกได้หมดจากลูกกระพ้อ **(ตารางที่ 1ใช้ในการออกแบบได้)**

Diameter of Wheel, Inches	Revolutions per Minute	Belt Speed Feet per Minute	Diameter of Wheel, Inches	Revolutions per Minute	Belt Speed, Feet per Minute
12	69	217	42	39	429
15	62	247	48	37	465
18	56	264	54	35	495
21	53	292	60	33	518
24	50	314	66	32	553
27	47	333	72	31	584
30	45	353	84	29	637
33	43	372	96	27	679
36	41	386	108	25	707
39	40	408	120	24	754

ตารางที่ 1. ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางของพูเล่ (Diameter of Wheel) และความเร็วของสายพาน(Belt Speed) สำหรับระบบกระพ้อลำเลียงแบบใช้ความเร็วสูง (centrifugal Discharge Elevator) ที่ถือว่าเป็นค่าที่ดีและเหมาะสมที่สุดในการออกแบบ



รูป 4 วัสดุจะเริ่มถูกจ่ายออกจากลูกกระพ้อที่จุดสูงสุดของ Head Puylley

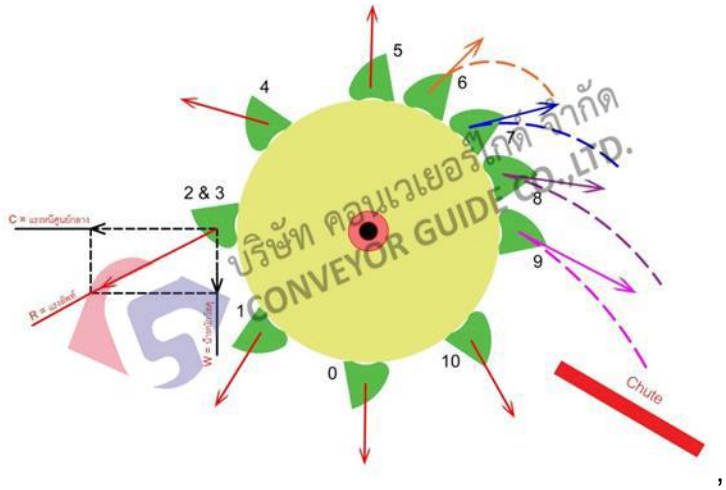
หมายเหตุ ตารางที่ 1 นี้จะเห็นว่า การจ่ายวัสดุออกจากลูกกระพ้อที่ดี ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความเร็วของสายพานอย่างเดียวแต่ขึ้นอยู่กับ รัศมีของ Head Pulley กับความเร็วรอบของ Pulley ด้วย ระบบจะดีหรือไม่ดีก็ขึ้นอยู่กับการเลือกค่าตัวแปรในตารางนี้ไปออกแบบใช้งาน ต้องเลือกไปคู่กันเป็นชุด แต่เท่าที่เคยสอบถามผู้สร้างกระพ้อในบ้านเราส่วนมากจะไม่ค่อยศึกษาหรือให้ความใส่ใจเกี่ยวกับค่าเหล่านี้เลย ดังนั้นผู้เขียนจึงจะขอเน้นให้ให้พี่น้องที่เป็นผู้ออกแบบ ได้พิจารณาเรื่องนี้และใช้ประโยชน์กับมัน อย่างเป็นจริงเป็นจังด้วย

4.อะไรจะเกิดขึ้น (Effect of High Speed)เมื่อเพิ่มความเร็ว(จากตารางที่ 1)ให้สูงขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า ในการออกแบบหากใช้ค่าพารามิเตอร์ตาม**ตาราง 1** ที่ให้มา ถือว่าเป็นค่าที่เหมาะสม ที่จะทำให้ระบบสามารถรับและจ่ายวัสดุได้อย่างสมบูรณ์ แต่อาจจะมีบางคนที่สงสัยคิดเล่นๆว่า ถ้าเราอยากจะเพิ่ม capacity ก็ทำได้ง่ายๆแค่เพิ่มความเร็วก็จะได้ Capacity มากขึ้น โดยไม่ได้มีอะไรเพิ่มเติมอุปกรณ์อะไรเลย ไอเดียนี้เป็นไอเดียที่ใช้ได้ ถูกหรือผิดอย่างไร เหมาะสมที่จะทำหรือไม่ เราลองมาดูการวิเคราะห์กันดีไหม

สมมุติว่าเราเพิ่มความเร็วโดยเพิ่มจำนวนรอบการหมุนของ Pulley ให้สูงขึ้นจากตารางที่ 1 จนทำให้ค่าแรงหนีศูนย์กลาง **(C ในรูป1**) มีค่าเท่ากับ 2 เท่าของน้ำหนักของวัสดุ (W) **(ลองสมมุติเป็นค่าอื่น ๆใด ๆก็ได้**) นำค่าต่างๆมาเข้าสูตรคำนวณ แล้วเขียนลูกศรแสดงทิศทางและขนาดตามจริงของแรงจะได้ดังปรากฏในที่รูป 5 เมื่อจะพิจารณาพฤติกรรมการรับและการจ่ายวัสดุของลูกกระพ้อจะเป็นดังนี้

- **มาดูพฤติกรรมกันได้เลย**



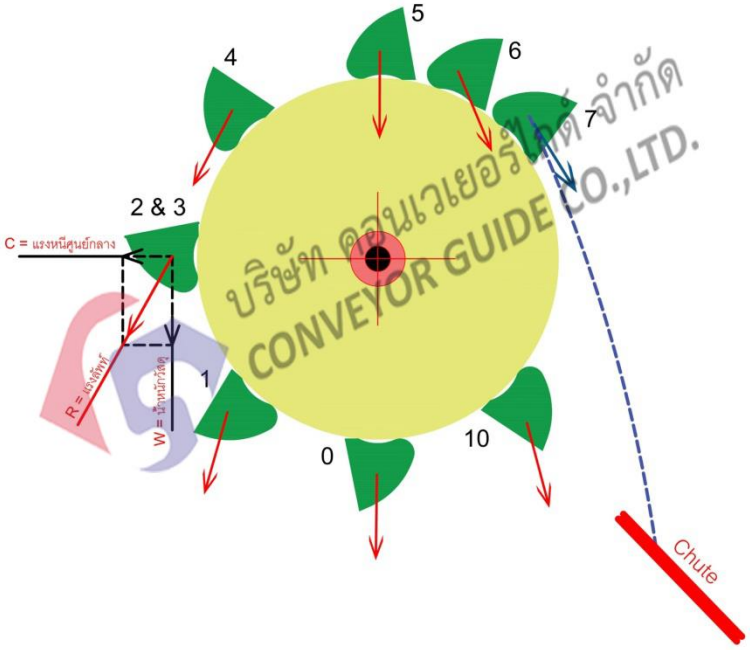
รูปที่ 5 แสดงทิศทางของแรงประเภทต่าง ๆที่กระทำบนวัสดุในรูปกระพ้อบน Discharge Pulley (ส่วนบนของวงกลม) และ Boot Pulley (ส่วนล่างของวงกลม) ที่ความเร็วเท่ากับ 41 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าค่าที่แสดงไว้ใน ตารางที่ 1

- **ที่จุด 2 และ 3** เมื่อลูกกระพ้อกำลังเคลื่อนที่ขึ้น เข้าสู่ตำแหน่ง Head Pulley ณ. จุดนี้จะเห็นว่าลูกกระพ้ออยู่ ภายใต้อิทธิพลอยู่ของแรงหนีศูนย์กลาง = 2.23 เท่าของน้ำหนักวัสดุ (W ที่กระทำโดยแรงโน้มถ่วง) ทำให้วัสดุบางส่วน สามารถที่จะหมุนกลิ้ง (Spill) หลุดออกจากขอบปากของลูกกระพ้อ และตกลงสู่ด้านล่าง(Boot) ของต้นกระพ้อได้ นั่นคือวัสดุจะไม่เต็มลูกกระพ้อก่อนถึงตำแหน่งจ่าย ทำให้ capacity ที่ต้องการหายไป
- **ณ.จุดที่ 4** แรงลัพธ์มีทิศทางชี้เฉียงขึ้นสู่ด้านบน วัสดุที่อยู่ในลูกกระพ้อจะถูกผลักออกไปในทิศทางในแนวเฉียงนั้น บางส่วนจะหลุดออกจากลูกกระพ้อไปตกลงBoot ด้านล่าง
- **ณ.จุดที่ 5** จะชี้ในแนวแนวดิ่งขึ้นด้านบน วัสดุที่อยู่ในลูกกระพ้อจะถูกเหวี่ยงหรือถูกผลักออกไปในทิศทางในแนวดิ่งนั้น บางส่วนจะหลุดออกจากลูกกระพ้อไปตกลงBoot ด้านล่างก่อนตกลงChute ทำให้ Capacity ลดลง
-

> **หมายเหตุ** ตัวอย่างข้างบนเป็นเพียงแค่ยกตัวอย่างเดียวเท่านั้น ถ้าต้องการทางเลือกเป็นแบบอื่น เราสามารถเพิ่มความเร็วโดยเพิ่มจำนวนรอบของการหมุน ให้สูงขึ้น(จากตารางที่ 1)ตามที่เราต้องการ จากนั้นก็นำค่าต่าง ๆ มาเข้าสูตรคำนวณ เขียนแนวแรงซึ่งแสดงทั้งขนาดและทิศทางเรา เราก็จะทราบว่าพฤติกรรมของวัสดุที่อยู่ภายในลูกกระพ้อเป็นอย่างไร

- **ณ.จุดที่ 6-7-8และ 9** เมื่อผ่านจุด 5 มาแล้ว วัสดุที่เหลือจะอยู่ในลูกกระพ้อจะถูกสาดออกในแนวรูปกราฟ พาราโบลาดังที่แสดงอยู่ที่จุด 6-7-8 และ 9 อย่างไรก็ดีถ้าหากดูทิศทาง(Direction)ของแรงลัพธ์(แสดงทิศทางที่วัสดุถูกสาดออก) แล้วจะเห็นว่ายังชี้ไปที่ขอบปาก(Lip) ไม่ได้ออกหรือชี้ไปโดยตรงกลางปากของลูกกระพ้อ ดังนั้นเมื่อลูกกระพ้อเคลื่อนที่เร็วเกินไป **ก็จะมีวัสดุส่วนหนึ่งไม่สามารถสาดออกไปได้หมด ยังติดค้าง(Trap) อยู่ในลูกกระพ้อและตกลงด้านล่างของต้นกระพ้อได้** นั่นคือลูกกระพ้อจ่ายวัสดุออกไม่หมดทำให้ capacity ที่ต้องการหายไป (หากเกิดเหตุเช่นนี้ทางแก้ต้องคำนวณแนวตกของวัสดุ (Trajectory) อาจจะ ต้องลดระดับของ Chute ให้ต่ำลงเพื่อเก็บตกวัสดุที่สาดออกไม่หมดที่ ตกค้างอยู่ใน ลูกกระพ้อเหล่านี้)
- เมื่อเราพิจารณาที่ Boot Pulley **(ส่วนล่างของวงกลมในรูปที่5)** จะพบว่าเมื่อเราเพิ่มความเร็วของสายพาน**(ยิ่งเร็วมากแรงหนีศูนย์กลางก็ยิ่งมาก)** นั่นหมายถึงว่ายิ่งเป็นการเพิ่มค่าแรงหนีศูนย์กลาง ด้วย ($F = \frac{WV^2}{gr}$) แรงนี้มีทิศผลักวัสดุให้ออกจากลูกกระพ้อ ณ.จุดนี้ ลูกกระพ้อจะไม่สามารถตักวัสดุให้เต็มถ้วยได้ ทำให้ capacity ลดลง

5.อะไรจะเกิดขึ้น (Effect of Low Speed) เมื่อลดความเร็วให้ต่ำลง (จากตารางที่ 1)



รูปที่ 6 แสดงทิศทางของแรงประเภทต่าง ๆที่กระทำบนวัสดุในรูปกระพ้อบน Discharge Pulley (ส่วนบนของวงกลม) และ Boot Pulley (ส่วนล่างของวงกลม) ที่ความเร็วเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ของค่าที่แสดงไว้ใน ตารางที่ 1

ลองลดความเร็วลง 30 เปอร์เซ็นต์ให้มีค่าประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของตารางที่ 1 สภาพอย่างนี้จะทำให้แรงหนีศูนย์กลางมีค่าแค่ครึ่งเดียวของน้ำหนักวัสดุ ดังนั้นการรับ-จ่ายวัสดุจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

- **ณ.จุด 2.,3** วัสดุจะไม่กระเด็นออกจากลูกกระพ้อเนื่องจากขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์และ น้ำหนักวัสดุมีค่าไม่ได้แตกต่างกันมาก
- **ณ. จุด 4** ทิศทางของแรงลัพธ์ก็มีทิศทางชี้ลงด้านล่างตกลงมาภายในลูกกระพ้อ ดังนั้นวัสดุก็จะไม่กระเด็นออกจากลูกกระพ้อ
- **ณ.จุด 5** ทิศทางของแรงลัพธ์มีค่าแค่ครึ่งเดียวของน้ำหนักวัสดุ อาจจะมีวัสดุจำนวนเล็กน้อยหลุดออกมาจากลูกกระพ้อ
- **ณ.จุด 6** จะมีวัสดุบางส่วนหลุดออกมาจากลูกกระพ้อตกลงสู่ ด้านล่าง (ไม่ตกลง Chute) ตามทิศทางของแรงลัพธ์ที่มีทิศชี้ลง

- **ณ.จุด 7** วัสดุจะถูกสาดออกจากลูกกระพ้อตามทิศทางลูกศรที่ชี้ลงด้านล่าง ซึ่งลักษณะนี้จะต้องจัดตำแหน่งของChute ให้พอดีที่จะรับกับแนวทิศที่วัสดุที่ตกลงมา

สรุปว่าลักษณะของการจ่ายวัสดุด้วยความเร็วประมาณ 70%ของตารางที่ 1 (ทำให้ capacity ลดลงประมาณ 30%) นี้เหมาะสำหรับที่จะใช้กับระบบสายพานแนวเอียง(incline) แต่ช้าเกินไปสำหรับใช้กับระบบสายพานกระพ้อตามแนวดิ่ง ที่จ่ายวัสดุแบบใช้แรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Discharge)

ขอประชาสัมพันธ์ล่วงหน้าไว้ก่อนสำหรับเนื้อหาตอนที่ 4 ที่ผู้เขียนกำลังจะเขียนถึง ในตอนที่ผ่านมาเรา ได้เรียนรู้ถึงระบบสายพานลำเลียงแบบ centrifugal ที่จ่ายวัสดุที่มีลักษณะเป็น Free Flow คือแห้ง ไหลง่าย แต่ในตอนหน้าถ้าวัสดุไม่มีคุณสมบัติแบบนั้น เช่นไหลยากกว่า ก้อนใหญ่กว่าวัสดุ อาจจะเป็นถ่านหิน สินแร่ เหล็ก ถ่านหรือ วัสดุที่ชื้น หรือมีก้อนขนาดใหญ่ หรือเป็นผงละเอียด เราจะมีวิธีจัดการเรื่องนี้อย่างไร โปรดติดตามให้ได้ในตอนต่อไปนะครับ

ความในใจของทีมงานคอนเวเยอร์ไกด์

เป็นความตั้งใจของทีมงานที่จะไม่นำเสนอเรื่องที่คนอื่นจัดให้มากอยู่แล้วเช่น เรื่องแคตตาล็อก(Catalog) ต่างๆ แต่เราจะนำเสนอเรื่องราวความรู้ในแง่มุมของ**หลักการ(Principle)**และ**เหตุผล(Reasons)** ว่าจะต้องทำ**ยังไง(How)**และ**ทำไม(Why)**จะต้องทำอย่างนั้น ซึ่งเป็นเรื่องที่หาข้อมูลได้ยากพอสมควร แม้แต่ในตำราก็ไม่เคยบอกไว้ และก็ไม่มีใครเขาอยากจะบอกกัน หรือ ดังนั้นเนื้อหาบางเรื่องจึงเป็นเรื่องที่ผ่านการลงพื้นที่จริงของทีมงานแล้วนำมาวิเคราะห์บอกกล่าวผู้อ่านกันเอง

ลองถามมาเลยครับถ้าเป็น**เรื่องสายพานลำเลียง** (Conveyor Belt) ไม่ว่าจะเป็นสายพานยางดำ (Rubber Belt), **สายพานกระพ้อ (Elevator Belt)** **สายพานพลาสติกโมดูลาร์ (Modular Belt)** สายพาน PVC BELT , PU BELT, , **สายพานท็อปเชน(Flat Top Chain)** ทีมงานวิศวกรจาก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือที่มีเบื้องหลังและประสบการณ์การทำงานด้านระบบสายพานลำเลียงทั้งระบบสายพานลำเลียงทั้งขนาดใหญ่(Heavy Duty)ที่และขนาดเบา(Light Duty) ร่วมกันแบ่งปันความรู้กับท่านผู้อ่านผ่าน website นี้

ยินดีแชร์กันทุกแง่มุม ตั้งแต่ การออกแบบ การผลิต การเลือก การเก็บรักษา การบำรุงรักษา การซ่อมแซม การต่อสายพาน การใช้งาน การ Modify**มีของเท่าไหร่ปล่อยหมด ไม่มีกั๊ก ไม่มีดึง ไม่มีเม้ม เปิด ๆกันไปเลย เราบริการ ดัง** MOTTO **" บอกทุกเรื่อง...ที่คนอื่นไม่อยากให้คุณรู้ "เสิร์ฟข่าวสาร อาหารสมอง" อย่างจุใจจริง ๆ" "ตอบโจทย์เฉพาะเรื่อง....ครบเครื่องเรื่องสายพาน"**

ขอขอบคุณ Supplier ทั้งใน อเมริกา ยุโรปและเอเชีย ที่ให้โอกาสเราได้เยี่ยมชมโรงงานและขบวนการผลิตตลอดจนให้ข้อมูลด้านเทคนิคลึกๆที่เป็นประโยชน์....ขอบคุณปัญหาทุกรูปแบบที่ทุกผู้บริโภคหรือผู้อ่านเป็นผู้นำโอกาสมาให้เราได้เรียนรู้....ขอบคุณผู้ที่เขียนตำราทั้งใน Website และText book.... ขอบคุณเพื่อนๆร่วมอาชีพที่ได้แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์....ขอบคุณ Maker ผู้สร้างเครื่องจักรทั้งหลาย ที่ให้ข้อคิดเห็นดีๆที่เป็นประโยชน์ และสุดท้ายขอบคุณฝ่ายMaintenance ฝ่ายจัดซื้อและบัญชีการเงินของลูกค้าทุกท่านที่จ่ายเงินตรง Due....เราหวังว่าเราจะเดินทางไกลไปพร้อมๆกับคุณ ..**If you want to walk fast...work alone. If you want to walk far...walk together.** จึงเป็นที่มาของแนวคิดเรื่องการแบ่งปัน **'Together we Share'** ผลงานที่นำมาเสนอ อาจจะ ออกช้าบ้างแต่ที่แน่ๆคือมันจะมีออกมาเรื่อยๆ....นี่คือคำสัญญาจากเรา

สนใจสอบถามได้ที่

ID LINE : @cg1356 (ตอบเร็วมาก)

E-mail : info@conveyorguide.co.th

Tel : 090-907-6077 , 02-992-1025 , 083-131-8644