[Technical Calculations] [การคำนวณทางเทคนิค]
Selection of Timing Belts 1 (การเลือกสายพานฟันเฟืองส่งกำลัง)

การเลือกจะเป็นเรื่องง่ายเมื่อใช้เครื่องมือคำนวณพูลเลย์และสายพานขับโดยอัตโนมัติที่ :
http://fawos.misumi.jp/FA_WEB/pulley_sea/

[ขั้นตอนที่ 1] การตั้งค่าเงื่อนไขที่จำเป็นต่อการออกแบบ

① ชนิดของเครื่องจักร ② กำลังงานที่ต้องการส่ง ③ ระดับการแกว่งของโหลด ④ ชั่วโมงการทำงานต่อวัน ⑤ ความเร็วรอบของพูลเลย์ตัวเล็ก
⑥ อัตราความเร็ว (จำนวนฟันของพูลเลย์ใหญ่/จำนวนฟันของพูลเลย์เล็ก) ⑦ ระยะห่างระหว่างเพลาโดยประมาณ ⑧ ขีดจำกัดของเส้นผ่านศูนย์กลางของพูลเลย์ ⑨ เงื่อนไขอื่นๆ

[ขั้นตอนที่ 2-a] การคำนวณกำลังที่ต้องใช้ในการออกแบบสายพาน ··· ชนิด MXL/XL/L/H/S□M/MTS□M

• กำลังที่ใช้สำหรับออกแบบ (Pd) = กำลังที่ต้องการส่ง (Pt) × สัมประสิทธิ์การรับโหลดเกิน (Ks)
· คำนวณกำลังที่ต้องการส่ง (Pt) ในรูปของกำลังประเมินของมอเตอร์หลัก (โดยปกติในทางอุตมคติจะใช้การที่ทำจริงกับสายพานในการคำนวณ)
· สัมประสิทธิ์การรับโหลดเกิน (Ks) = Ko+Kr+Ki Ko สัมประสิทธิ์การปรับค่าโหลด (ตาราง 1) Kr : สัมประสิทธิ์การปรับค่าสัดส่วนความเร็ว (ตาราง 2) Ki : สัมประสิทธิ์การปรับค่าล้อดึงสายพาน (ตาราง 3)

ตาราง 1 สัมประสิทธิ์การปรับค่าโหลด (Ko)

ชนิดของเครื่องจักรที่ใช้สายพาน	มอเตอร์		
	เอาต์พุตสูงสุดไม่เกิน 300% ของค่าประเมิน		
	มอเตอร์ AC (มอเตอร์มาตรฐาน, ซิงโครนัสมอเตอร์) มอเตอร์ DC (อนุขนาน), เครื่องยนต์ขนาด 2 สูบขึ้นไป		
	จำนวนชั่วโมงการทำงาน		
	ใช้เป็นระยะ 1 วัน 3 ถึง 5 ชั่วโมง	ใช้เป็นประจำ 1 วัน 8 ถึง 12 ชั่วโมง	ใช้ต่อเนื่อง 1 วัน 8 ถึง 12 ชั่วโมง
เครื่องมือจัดแสดง, โปรเจ็คเตอร์, เครื่องมือวัด, เครื่องมือทางการแพทย์	1.0	1.2	1.4
เครื่องทำความสะอาด, จักรเย็บผ้า, เครื่องใช้สำนักงาน, เครื่องกลึงงานไม้, เครื่องเลื่อยสายพาน	1.2	1.4	1.6
สายพานลำเลียงโหลดน้ำหนักเบา, เครื่องบรรจุหีบห่อ, เครื่องกรอง	1.3	1.5	1.7
เครื่องผสมของเหลว, แท่นเจาะ, เครื่องกลึง, เครื่องสกรู, เครื่อง (เลื่อยวงกลม), เครื่องไสไม้, เครื่องซักผ้า, เครื่องผลิตกระดาษ (ยกเว้นเครื่องผลิตกระดาษย่อย), เครื่องพิมพ์	1.4	1.6	1.8
เครื่องผสม (ซีเมนต์และวัสดุที่มีความข้น), สายพานลำเลียง (แร่, ถ่านหิน และทราย), เครื่องบด, เครื่องขึ้นรูป, เครื่องเจาะ, เครื่องไม่, เครื่องอัดอากาศ (ชนิดอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง), เครื่องกรองชนิดสั่น, เครื่องจักรสิ่งทอ (เครื่องทำให้โค้งและเครื่องม้วนด้าย), คอมเพรสเซอร์ชนิดโรตารี, คอมเพรสเซอร์ (ชนิดเรซิโพรคอล)	1.5	1.7	1.9
อุปกรณ์ลำเลียง (ที่กำบัง, กะทะ, กระพ้อลำเลียง (Bucket and Elevator)), การสกัด, พัดลม, เครื่องเป่า (แรงเหวี่ยงฯ, การดูดและคายประจุ), เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า, เครื่องกระตุ้นแม่เหล็กด้วยไฟฟ้า (exciter), กว้าน, เครื่องยก, เครื่องผลิตยาง (วีดเรียบ, ม้วน และตัด), เครื่องจักรสิ่งทอ (เครื่องทอ, เครื่องปั่นละเอียด, เครื่องบิด, เครื่องพันด้ายทางขวาง)	1.6	1.8	2.0
เครื่องแยกสารด้วยแรงเหวี่ยงฯ, อุปกรณ์ลำเลียง (ใบเกลียวและสกรู), ค้อน, เครื่องบด, เครื่องผลิตกระดาษ (กระดาษย่อย)	1.7	1.9	2.1

เครื่องจักรที่ใช้สายพานได้แสดงไว้ตามรายการด้านบน สำหรับเครื่องจักรที่ใช้สายพานนอกเหนือจากนี้สามารถระบุค่าสัมประสิทธิ์การปรับตั้งโหลดได้จากนี้ สามารถหาได้จากตารางด้านบนแล้วคูณด้วย 1.3
ในกรณีที่มีการเริ่มและหยุดการทำงานมากกว่า 100 ครั้งต่อวัน หรือมีการเร่งและหน่วงอย่างรวดเร็ว ตรวจสอบโดยใช้ค่าข้างบนคูณด้วย 1.3 (MTS□M เท่านั้น)

ตาราง 2 สัมประสิทธิการปรับค่าสัดส่วนความเร็ว (Kr)

สัดส่วนความเร็ว	สัมประสิทธิ์ (Kr)
1.00 ถึง 1.25	0
1.25 ถึง 1.75	0.1
1.75 ถึง 2.50	0.2
2.50 ถึง 3.50	0.3
3.50 ขึ้นไป	0.4

ตาราง 3 สัมประสิทธิ์การปรับค่าลูกกลิ้ง (Ki)

ตำแหน่งของลูกกลิ้ง	สัมประสิทธิ์ (Ki)
ภายในด้านหลวมของสายพาน	0
ภายนอกด้านหลวมของสายพาน	0.1
ภายในด้านหลวมของสายพาน	0.1
ภายนอกด้านหลวมของสายพาน	0.2

[ขั้นตอนที่ 2-b] การคำนวณการออกกำลังที่ใช้สำหรับออกแบบ ··· กรณีชนิด P□M

•กำลังที่ใช้สำหรับออกแบบ (Pd) =กำลังที่ต้องการส่ง (Pt)X สัมประสิทธิ์การรับโหลดเกิน (Ks)
· คำนวณกำลังส่ง (Pt) ในรูปของกำลังประเมินของมอเตอร์หลัก (อันที่จริง การคำนวณโดยใช้โหลดจริงที่กระทำต่อสายพานจะถูกต้องที่สุด)
· สัมประสิทธิ์การรับโหลดเกิน (Ks) =Ko+Ki+Kr+Kh

Ko : สัมประสิทธิ์การใช้งานจริง (ตาราง 4) Ki : สัมประสิทธิ์การปรับค่าเมื่อมีการใช้ลูกกลิ้ง (ตาราง 5) Kr : สัมประสิทธิ์การปรับค่าการเพิ่มความเร็ว (ตาราง 6) Kh : สัมประสิทธิ์การปรับค่าการทำงาน (ตาราง 7)

ตาราง 4 สัมประสิทธิ์การใช้งานจริง (Ko)

อุปกรณ์ทำงานปลายทาง \ ชนิดของมอเตอร์ เอาต์พุตสูงสุด/เอาต์พุตปกติ			I 200% หรือน้อยกว่า	II 200 ถึง 300	III 300% หรือมากกว่า
A	การส่งกำลังแบบราบเรียบมาก		1.0	1.2	1.4
B	การส่งกำลังแบบราบเรียบพอใช้		1.3	1.5	1.7
C	การส่งกำลังแบบได้รับแรงกระแทกปานกลาง		1.6	1.8	2.0
D	การส่งกำลังแบบได้รับแรงกระแทกพอสมควร		1.8	2.0	2.2
E	การส่งกำลังแบบได้รับแรงกระแทกมาก		2.0	2.2	2.5
มอเตอร์	มอเตอร์ AC	1 เฟส	–	–	ทุกชนิด
		เหนี่ยวนำ แบบกรงกระรอก 2 ขั้ว	100kW หรือมากกว่า	90~3.7kW	2.2kW หรือน้อยกว่า
		เหนี่ยวนำ แบบกรงกระรอก 4 ขั้ว	55kW หรือมากกว่า	45kW หรือน้อยกว่า	–
		เหนี่ยวนำ แบบกรงกระรอก 6 ขั้ว	37kW หรือมากกว่า	30kW หรือน้อยกว่า	–
		เหนี่ยวนำ แบบกรงกระรอก 8 ขั้ว	15kW หรือมากกว่า	11kW หรือน้อยกว่า	–
		แบบลวดพัน 4 ขั้ว	–	15kW หรือน้อยกว่า	11kW หรือน้อยกว่า
		แบบลวดพัน 6 ขั้ว	–	11kW หรือน้อยกว่า	7.5kW หรือน้อยกว่า
		แบบลวดพัน 8 ขั้ว	–	5.5kW หรือน้อยกว่า	3.7kW หรือน้อยกว่า
		ซิงโครนัสมอเตอร์	–	แรงบิดเฉลี่ย	แรงบิดสูง
	มอเตอร์ DC		อนุขนาน	ผสม	อนุกรม
	เครื่องยนต์สันดาปภายใน		8 สูบขึ้นไป	7 ~ 5 สูบ	4 ~ 2 สูบ
	มอเตอร์ไฮดรอลิก		–	–	ทุกชนิด

หมายเหตุ) หากการส่งต้องมีการหมุนและย้อนกลับเป็นประจำ โมเมนต์มากหรือแรงกระแทกรุนแรง สามารถใช้ค่าสัมประสิทธิ์ค่าปกติ 2.5 หรือมากกว่า

ตาราง 5 สัมประสิทธิ์การปรับค่าเมื่อมีการใช้ลูกกลิ้ง (Ki)

ตำแหน่งลูกกลิ้งที่ใช้	ภายใน	ภายนอก
ด้านหลวมของสายพาน	0	+0.1
ด้านตึงของสายพาน	+0.1	+0.2

ควรบวกเพิ่มสำหรับลูกกลิ้งแต่ละตัว

ตาราง 6 สัมประสิทธิ์การปรับค่าการเพิ่มความเร็ว (Kr)

สัดส่วนการเพิ่มความเร็ว	สัมประสิทธิ์การปรับค่า
1 ถึง 1.25	0
1.25 ถึง 1.75	+0.1
1.75 ถึง 2.5	+0.2
2.5 ถึง 3.5	+0.3
3.5 ขึ้นไป	+0.4

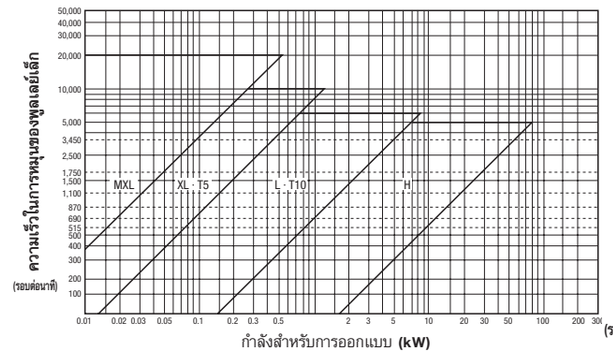
ชนิด	อุปกรณ์ทำงานปลายทาง (passive unit) โดยทั่วไป
A	เครื่องมือวัด,อุปกรณ์กล้อง, เรดาร์, เครื่องมือทางการแพทย์, โปรเจ็คเตอร์
B	สายพานลำเลียง (สำหรับโหลดน้ำหนักเบา) ไซ่ลำเลียง (สำหรับโหลดน้ำหนักเบา) แท่นเจาะ, เครื่องกลึง, เครื่องสกรู เครื่องพิมพ์ดีดไฟฟ้า, เครื่องคิดเลข, เครื่องถ่ายเอกสาร, แท่นพิมพ์, เครื่องตัด, เครื่องพับกระดาษ, เครื่องพิมพ์, เครื่องผสม, เครื่องวีดเรียบ, เครื่องกลึง, เครื่องเลื่อยสายพาน, เลื่อยตัดเหล็ก, เลื่อยวงกลม, เครื่องไสไม้, เครื่องผสม (ของเหลว), เครื่องทำขนมปัง, เครื่องนวดแป้ง, เครื่องกรอง (ดรัมและโคน), เลื่อย
C	สายพานลำเลียง (แร่, ถ่านหิน และทราย), เครื่องยก, เครื่องเจาะ, เครื่องบด, เครื่องไม่, เครื่องขึ้นรูป, เครื่องเลื่อยโลหะ, เครื่องยกที่ใช้ท่อลม, เครื่องเป่าแห้ง, เครื่องซักผ้า (รวมเครื่องปั่น), เครื่องขุด, เครื่องผสม, เครื่องอัดเม็ด, ปั๊ม (แรงเหวี่ยง, เฟืองและโรตารี), คอมเพรสเซอร์ (ศูนย์กลางความเร็วสูง), เครื่องคน, เครื่องผสม (วัสดุที่มีความข้น), เครื่องเบ้ารนิลอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง, เครื่องจัดการเกี่ยวกับยางทั่วไป, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, เครื่องกรอง (ไฟฟ้า)
D	อุปกรณ์ลำเลียง (ที่กำบัง, กระพ้อลำเลียง, ใบเกลียว, สกรู), เครื่องยก, แท่นตัด, เครื่องบดให้แตก, เครื่องผลิตกระดาษ, เครื่องทอ, เครื่องปั่น, เครื่องบิดเกลียว, เครื่องผสม, เครื่องแยกโดยใช้แรงเหวี่ยงฯ, เครื่องเป่า (เป่าตามแนวแกน, สำหรับงานเหนียงแร่), อุปกรณ์ก่อสร้างทั่วไป, ค้อนบด, Rollgang
E	ข้อเหวี่ยง, ปั๊ม (เรซิโพรคอล), คอมเพรสเซอร์ (เรซิโพรเคท), งานวิศวกรรมโยธา, อุปกรณ์เกี่ยวกับงานเหมืองแร่ รวมถึงเครื่องไม่บด (ลูกกลม, แท่ง, กรวด), เครื่องผสมยาง

ตาราง 7 สัมประสิทธิ์การปรับค่าการทำงาน (Kh)

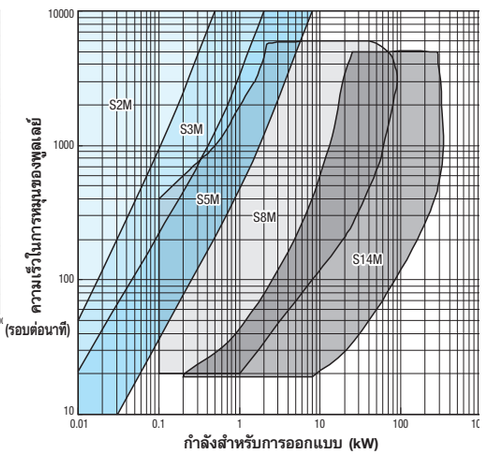
จำนวนชั่วโมงการทำงาน	สัมประสิทธิ์การปรับค่า
ทำงาน 10 ชั่วโมงขึ้นไปต่อวัน	+0.1
ทำงาน 20 ชั่วโมงขึ้นไปต่อวัน	+0.2
ทำงาน 500 ชั่วโมงหรือน้อยกว่า (สำหรับการทำงานเป็นคลู่)	−0.2

[ขั้นตอนที่ 3] การเลือกประเภทของสายพานจากตารางแนะนำการเลือกชั่วคราว

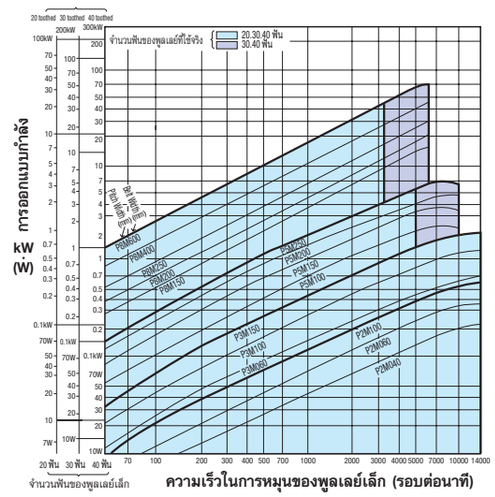
ตาราง 8 ตารางแนะนำการเลือก 1 (MXL,XL,L,H,T5,T10)



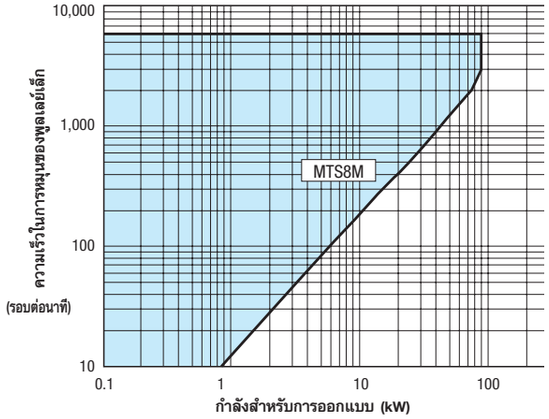
ตาราง 9 ตารางแนะนำการเลือก 2 (ชนิด S□M)



ตาราง 10 ตารางแนะนำการเลือก 3 (ชนิด P□M)



ตาราง 11 ตารางแนะนำการเลือก 4 (ชนิด MTS8M)



[ขั้นตอนที่ 4] การกำหนดจำนวนฟันของพูลเลย์ใหญ่และเล็ก, ความยาวสายพาน, ระยะห่างระหว่างคาน

① เลือกจำนวนฟันของพูลเลย์ใหญ่และเล็กจาก P.2827-2835 ที่เหมาะสมกับสัดส่วนความเร็วที่กำหนดไว้
(อย่างไรก็ตาม จำนวนฟันสำหรับพูลเลย์เล็กควรจะมากกว่าจำนวนฟันต่ำสุดที่แสดงในตาราง 12)

$$\text{สัดส่วนความเร็ว} = \frac{\text{จำนวนฟันของพูลเลย์ใหญ่}}{\text{จำนวนฟันของพูลเลย์เล็ก}}$$

ตาราง 12 จำนวนฟันต่ำสุดของพูลเลย์

ความเร็วในการหมุนของพูลเลย์เล็ก (รอบต่อนาที)		ประเภทสายพาน, จำนวนฟันต่ำสุด											
		MXL	XL	L	H	S2M	S3M	S5M	S8M	S14M	MTS8M	T5	T10
	900 หรือน้อยกว่า	12	10	12	14	14	14	14	22	–	24	12	14
มากกว่า 900	แต่ไม่เกิน 1200	12	10	12	16	14	14	16	24	34	24	12	16
มากกว่า 1200	แต่ไม่เกิน 1800	14	11	14	18	16	16	20	26	38	24	14	18
มากกว่า 1800	แต่ไม่เกิน 3600	16	12	16	20	18	18	24	28	40	24	16	20
มากกว่า 3600	แต่ไม่เกิน 4800	–	16	20	24	20	20	26	30	48	24	20	22
มากกว่า 4800	แต่ไม่เกิน 10000	–	–	–	–	20	20	26	–	–	–	–	–

② ค่าประมาณความยาวรอบสายพาน (Lp') ในรูปของระยะห่างระหว่างเพลาชั่วคราว (C'), เส้นผ่านศูนย์กลางพูลเลย์ใหญ่ (Dp) และเส้นผ่านศูนย์กลางพูลเลย์เล็ก (dp)

$$Lp' = 2C' + \frac{\pi(Dp+dp)}{2} + \frac{(Dp-dp)^2}{4C'}$$

C' : ระยะห่างระหว่างเพลาชั่วคราว
dp : เส้นผ่านศูนย์กลางของพูลเลย์เล็ก (mm.)
Dp : เส้นผ่านศูนย์กลางของพูลเลย์ใหญ่ (mm.)
Lp' : ค่าประมาณความยาวรอบสายพาน

③ หาค่าความยาวรอบสายพาน (Lp') ที่ใกล้เคียงที่สุดกับค่าประมาณความยาวรอบสายพานจาก P.2013~2020 แล้วทำการคำนวณระยะห่างระหว่างคานที่ถูกต้องโดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(Dp-dp)^2}}{8}$$

$$b = 2Lp - \pi(Dp+dp)$$

Dp : เส้นผ่านศูนย์กลางของพูลเลย์ใหญ่ (mm.)
dp : เส้นผ่านศูนย์กลางของพูลเลย์เล็ก (mm.)
Lp : ความยาวรอบสายพาน (mm.)
C : ระยะห่างระหว่างเพลา