



ปีการศึกษา 2532



อ. ศิริชัย พงษ์วัฒน์

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2532

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องทำลายเอกสาร

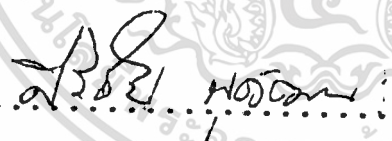
ผู้จัดทำ

นาย ใจริชชัย

หงส์ถาวรสิริ

นาย ศุภกิจ

เวชมาลินนท์

 อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศิริชัย พุชวิฒนะ)

เครื่องทำลายเอกสาร

นาย เจริญชัย หงส์ถาวรสิริ

นาย ศุภกิจ เวชมาลินนท์

อ. ศิริชัย พงษ์วิณะ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2532

บทคัดย่อ

ปฏิญานี้ฉบับนี้เรียบเรียงขึ้น จากผลงานที่ได้พัฒนาเป็น เครื่องทำลายเอกสาร โดยใช้หลักการชกกันของเฟืองในการตัดกระดาษ การขับเฟืองเราจะใช้กำลังจากมอเตอร์ ไปขับเพลลาทำให้เฟืองเกิดแรง ฉื่อนไปตัดกระดาษ นอกจากนี้ยังแสดงรายละเอียดของเครื่อง รวมทั้ง ทฤษฎีและสูตรที่ใช้ในการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆของเครื่อง เครื่องมือที่ พัฒนาขึ้นนี้ สร้างขึ้นให้สอดคล้องกับความต้องการ ชัดความสามารถ และราคาอุปกรณ์ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

1. บทนำ	1
2. ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 การออกแบบเฟือง	2
2.2 การออกแบบสายพานส่งกำลัง	14
2.3 การออกแบบเพลลา	19
3. การคำนวณและการสร้าง	32
4. การทดลอง	40
5. บทวิจารณ์และสรุป	41
ภาคผนวก	42
กิตติกรรมประกาศ	70
หนังสืออ้างอิง	71

บทที่ 1

บทนำ

เนื่องจากเครื่องทำลายเอกสารยังไม่มีการค้าที่ผลิตกันจริงจังในประเทศไทย จึงทำให้ต้องสั่งซื้อเครื่องจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพงมาก จึงมีแนวความคิดว่า น่าจะมีการค้นคว้าและผลิตเครื่องทำลายเอกสารอย่างจริงจัง โดยเลือกวัสดุที่ใช้จากในประเทศเป็นหลัก

ในบทที่ 2 จะแสดงทฤษฎีและหลักการออกแบบเฟือง, สายพานส่งกำลัง, เพลา ที่เป็นส่วนสำคัญของเครื่องทำลายเอกสาร

บทที่ 3 แสดงวิธีการคำนวณการทดค่าอุปกรณ์ที่นำมาประกอบเป็นกลไกที่สำคัญของเครื่องทำลายเอกสาร

บทที่ 4 แสดงผลการทดลองเครื่องทำลายเอกสาร ว่ามีสมรรถภาพเป็นอย่างไร

บทที่ 5 แสดงข้อขัดข้องในการปรับปรุง และสรุปผลการทดลองและเสนอแนวทางเพื่อการปรับปรุง และซ่อมแซมเพื่อให้ใช้งานได้สมบูรณ์ต่อไปในอนาคต

บทที่ 2

การออกแบบเครื่องจักรกล

ในการออกแบบเครื่อง เราจะออกแบบชิ้นส่วนที่สำคัญ ได้แก่

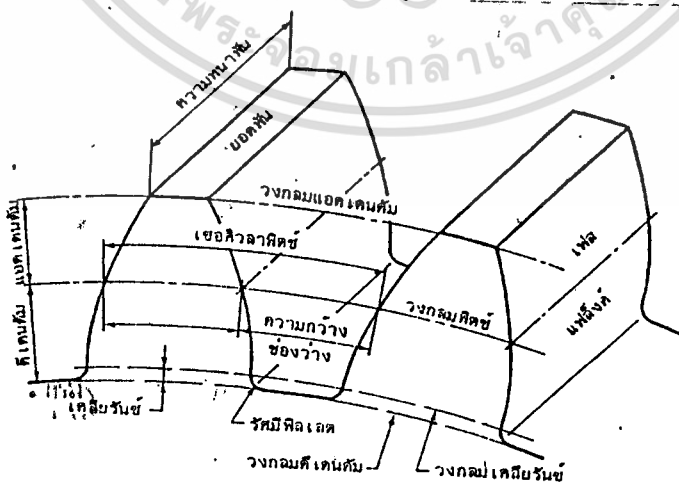
1. การออกแบบเฟือง
2. การออกแบบสายพานส่งกำลัง
3. การหาแบบเพลลา

2.1 การออกแบบเฟือง

เฟืองตรง (spur gear) เป็นส่วนเครื่องจักรกลชนิดหนึ่งที่พบอยู่ในเครื่องจักรกลทั่วไป โดยใช้ทำหน้าที่ส่งกำลังและการหมุนจากเพลลาหนึ่ง ไปยังอีกเพลลาหนึ่งที่ขนานกัน ส่วนมากเฟืองขับ (driving gears) จะมีขนาดเล็กกว่า (driven gears) และมีชื่อเรียกเป็นพิเศษว่า พิเนียน (pinion) ส่วนเฟืองใหญ่เรียกว่าเฟือง แต่การใช้งานบางโอกาสก็อาจใช้เฟืองใหญ่เป็นเฟืองขับก็ได้ เนื่องจากว่าเฟืองที่ผลิตและใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ยังคงใช้ระบบหน่วยอังกฤษอยู่เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งก็จำเป็นต่อการเปลี่ยนเฟืองของเครื่องจักรกลที่ชำรุดเสียหาย ฉะนั้นเฟืองในระบบหน่วยอังกฤษก็ยังคงจะต้องผลิตออกมาอีกเป็นเวลานาน ดังนั้นในบทนี้จึงจะกล่าวถึงการออกแบบหรือการเลือกขนาดเฟือง ทั้งในระบบหน่วยอังกฤษ และในระบบหน่วยเอสไอ (SI) คละกันไป

คำจำกัดความ

ในการให้คำจำกัดความเรียกชื่อส่วนต่าง ๆ ของเฟือง ให้พิจารณารูป 2.1 ดังต่อไปนี้



รูป 2.1 การเรียกชื่อส่วนของฟันเฟือง

วงกลมพิตช์ (pitch circle) เป็นมิติหลักในการเรียกขนาดของเฟือง โดยบอกขนาดของเฟืองด้วยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพิตช์ (pitch diameter) ในทางทฤษฎีแล้วเฟืองคู่ที่ขบกันจะต้องมีเส้นสัมผัสกัน ณ วงกลมพิตช์

เชอควาลาพิตช์ (circular pitch) P เป็นระยะที่วัดบนวงกลมพิตช์ จากจุดหนึ่งบนฟันเฟือง ไปยังอีกจุดหนึ่ง ณ ตำแหน่งเดียวกันบนฟันถัดไป จากรูป 2.1 จะเห็นได้ว่าระยะนี้มีค่าเท่ากับผลรวมของความกว้างฟันและความกว้างช่องว่างระหว่างฟัน

โมดูล (module) m เป็นอัตราส่วนระหว่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพิตช์กับจำนวนฟันบนเฟือง หน่วยที่ใช้วัดโมดูลคือมิลลิเมตร โมดูลนี้เป็นดัชนีสำหรับบอกขนาดของฟันเฟืองในระบบหน่วยเอสไอ

ไดอะมิทริคัลพิตช์ (diametral pitch) P เป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนฟันบนเฟืองกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพิตช์ ฉะนั้นจึงเป็นส่วนกลับของโมดูล ไดอะมิทริคัลพิตช์นี้เป็นดัชนีสำหรับบอกขนาดของฟันเฟืองในระบบหน่วยอังกฤษ ซึ่งกำลังได้รับการเปลี่ยนแปลงให้เป็นระบบหน่วยเอสไออยู่ ดังนั้นความยาวของเส้นผ่าศูนย์กลางพิตช์จึงใช้บอกเป็นนิ้ว

แอดเดนดัม (addendum) a หรือช่วงสูงบน เป็นระยะที่วัดในแนวรัศมีระหว่างยอดฟัน (top land) ถึงวงกลมพิตช์

ดีเดนดัม (dedendum) d หรือช่วงสูงล่าง เป็นระยะที่วัดในแนวรัศมีระหว่างโคนฟัน (bottom land) ถึงวงกลมพิตช์ ฉะนั้นความสูงของฟันเฟืองคือ ผลรวมระหว่าง a กับ d

เคลียร์วันซ์ (clearance) c ในการที่เฟืองสองอันขบกัน ดีเดนดัมของเฟืองหนึ่งต้องมีค่ามากกว่าแอดเดนดัมของอีกเฟือง เพื่อที่จะไม่ให้เกิดการขัดกันขึ้น ผลต่างระหว่างค่าดีเดนดัมและแอดเดนดัมนี้ เรียกว่าเคลียร์วันซ์ c (ดูรูป 2.1 ประกอบ)

แบ็คแลช (backlash) คือผลต่างระหว่างความกว้างช่องว่างระหว่างฟันเฟืองหนึ่งกับความกว้างของฟันเฟืองอีกอันหนึ่งที่ขบกัน โดยวัดตามแนวเส้นวงกลมพิตช์ ฉะนั้นในการขบด้วยเฟืองที่มีแบ็คแลช เฟืองขบจะสามารถหมุนไปได้เป็นมุมเล็กน้อยก่อนที่เฟืองตามจะหมุนไป แบ็คแลชนี้จำเป็นจะต้องมีอยู่เสมอ ทั้งนี้เพื่อให้มีช่องว่างสำหรับน้ำมันหล่อลื่น และเพื่อให้เฟืองสามารถขยายตัวได้เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ตลอดจนมีเผื่อเอาไว้สำหรับความผิดพลาดในการตัดรูปร่างของฟันเฟือง

ความหนาของฟัน (face width) b คือความหนาของฟันเฟืองวัดในทิศทางเดียวกับแนวแกนของเฟือง ซึ่งในที่นี้จะเรียกว่าความหนาเฟืองเท่านั้น ไม่นับขนาดหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดแฟล็งค์ (flank) มีคือผิวทางด้านข้างของฟันเฟือง ซึ่งอยู่ระหว่างวงกลมพิตช์กับ

วงกลมตีเดนดัม

อัตราทด (velocity ratio) m_v คืออัตราส่วนระหว่างความเร็วเชิงมุมของเฟืองขับต่อความเร็วเชิงมุมของเฟืองตาม ถ้าให้ "1" และ "2" แทนเฟืองขับและเฟืองตามตามลำดับ จากความรู้ทางด้านกลศาสตร์จะได้ว่า

$$m_v = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad (2.1)$$

โดยที่ ω = ความเร็วเชิงมุม, rad/s

n = ความเร็วรอบ, rpm

d = เส้นผ่าศูนย์กลางนิตซ์, mm หรือ in.

N = จำนวนนิตซ์

อัตราส่วนเฟือง (gear ratio) m_g คืออัตราส่วนระหว่างจำนวนนิตซ์ของเฟืองต่อจำนวนนิตซ์ของพีเนียน ถ้าพีเนียนเป็นตัวขับแล้ว

$$m_g = m_v = \frac{N_2}{N_1}$$

มาตรฐานการบอกขนาดของฟัน

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ดัชนีสำหรับบอกขนาดของฟันเฟือง อาจจะถูกเป็นนิตซ์ในระบบหน่วยอังกฤษ หรือถูกเป็นโมดูลในระบบหน่วยเอสไอ จากคำจำกัดความที่ผ่านมาจะได้ว่า

ไดอะมิทริลนิตซ์
$$p = \frac{N}{d} \quad (2.2)$$

โดยที่ d มีหน่วยเป็น in.

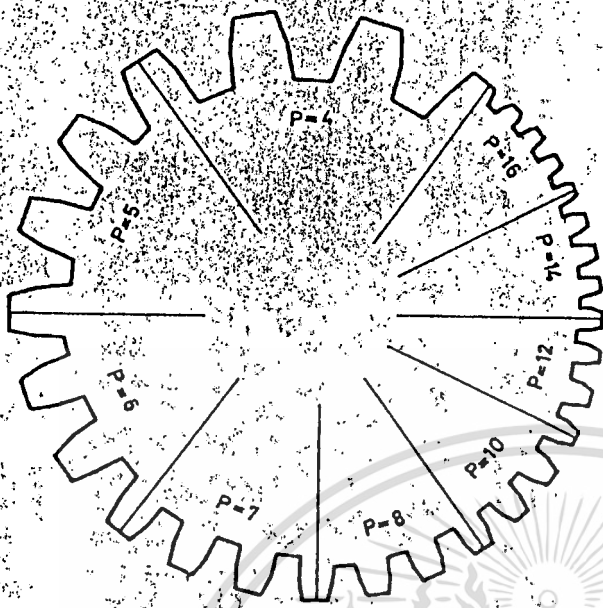
โมดูล
$$m = \frac{d}{N} \quad (2.3)$$

โดยที่ d มีหน่วยเป็น mm

และเชอคิวลาพิตซ์
$$p = \frac{\pi d}{N} = \pi m \quad (2.4)$$

ดังนั้น
$$p_p = \pi \quad (2.5)$$

สำหรับเฟืองที่ผลิตโดยวิธีการหล่อ ควรจะใช้ค่าเชอคิวลาพิตซ์ ทั้งนี้เพราะจะทำให้สามารถทำแบบหล่อได้สะดวก ส่วนเฟืองที่ผลิตโดยวิธีการตัดกลึง (machined) มักจะเรียกเป็นไดอะมิทริลนิตซ์หรือโมดูล เพราะมีอุปกรณ์ในการตัดฟันเฟืองเป็นมาตรฐานอยู่แล้ว ในการเลือกใช้เฟือง ควรจะเลือกให้ตรงกับอุปกรณ์ตัดฟันมาตรฐานที่มีอยู่แล้ว ดังในตาราง 2.1 โปรดสังเกตรด้วยว่า เมื่อขนาดไดคลโตขึ้น ความหนาฟันเฟืองก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนขนาดของไดอะมิทริลนิตซ์ได้นั้น ความหนาฟันเฟืองจะลดลงดังรูป 2.2 นั้น ไม่นอนุญาตให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.2 ผลของค่าโคะมิทลิตซ์ต่อขนาดของฟันเฟือง สำหรับค่าวงกลมพิทซ์ที่กำหนด เมื่อโคะมิทลิตซ์เล็กน้อย ขนาดของฟันเฟืองจะโตขึ้น

ตาราง 2.1 ขนาดเฟืองมาตรฐาน

โมดูล m, mm	โมดูล m, mm	โมดูล m, mm	โคะมิ P, in. ⁻¹	โคะมิ P, in. ⁻¹	โคะมิ P, in. ⁻¹
1	4	16	20	5	1.25
1.25	5	20	16	4	1
1.5	6	25	12	3	0.75
2	8	32	10	2.5	0.625
2.5	10	40	8	2	0.50
3	12	50	6	1.5	

กฎการขับของเฟืองและการทำงานของฟันเฟือง

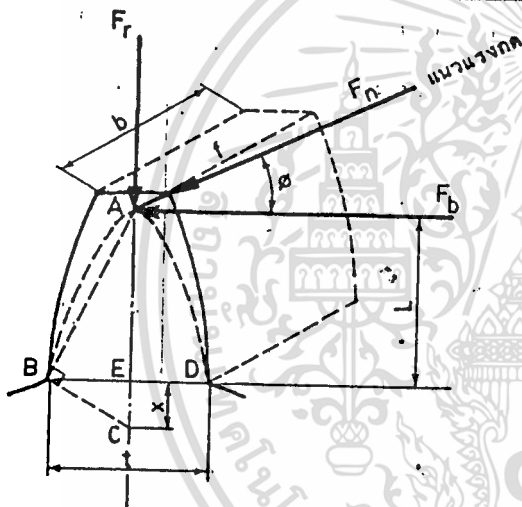
เฟืองสองอันที่ขับกันจะให้อัตราทดคงที่ก็ต่อเมื่อเฟืองคู่นี้เป็นไปตามกฎการขับของเฟือง ซึ่งกล่าวได้ว่า :

รูปร่างของฟันเฟืองจะต้องทำให้เส้นตั้งฉากร่วม (common normal) ที่ลาก ณ จุดสัมผัสระหว่างฟันทั้งสองผ่านจุดคงที่จุดหนึ่ง ซึ่งอยู่บนเส้นที่โยงระหว่างจุดศูนย์กลางของเฟืองทั้งสองและจุดนี้เรียกว่า จุดพิทซ์ (pitch point)
 ไม่ว่าการันใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดังกล่าว และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำความเข้าใจกับข้อความนี้ให้พิจารณารูป 2.3 จุดคงที่ดังกล่าวนี้คือจุด P ซึ่งอยู่บนเส้นที่โยงระหว่างจุดศูนย์กลาง O_1 และ O_2 ของเฟืองทั้งสอง รูปร่างของฟันเฟืองที่เป็นไปตามกฎการขั้วนี้เรียกว่า คอนจูเกตเคิร์ฟ (conjugate curves) และที่นิยมใช้กันมาก ความเค้นในฟันของเฟืองตรง

การออกแบบเฟืองเป็นปัญหาที่ค่อนข้างยาก ทั้งนี้เพราะการออกแบบขึ้นต้นต้องกระทำแบบใช้การทดลองดู การออกแบบขนาดของฟันเฟืองมีอยู่หลายวิธี ที่จะกล่าวต่อไปก็คือการใช้สมการของลูอิส (Lewis)

ลูอิสได้หาสมการสำหรับการคำนวณขนาดของฟันเฟือง โดยสมมติให้ฟันเฟืองมีลักษณะเป็นคานยื่น (cantilever beam) และรับแรงดังในรูป 2.7 ถ้าคิดให้แรงกระทำที่ปลายฟัน แรง F_n จะตั้งฉากกับผิวของฟันไปตามแนวแรงกด ซึ่งสามารถแยกออกเป็นสองแรงตั้งฉากกันคือ F_b และ F_r สมมติให้แรงนี้กระจายออกไปสม่ำเสมอตลอดความหนาของฟัน b และให้คำนวณหาความเค้นแรงของฟัน โดยที่ไม่คิดแรงกดในแนวรัศมี F_r



จากสมการความเค้นในคาน

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{(F_b L)(t/2)}{bt^3/12}$$

$$= \frac{6F_b L}{bt^2}$$

รูป 2.7 ตัวประกอบเรขาคณิตที่ใช้หาตัวประกอบ

รูปแบบของลูอิส

หรือ
$$F_b = \frac{\sigma b t^2}{6L} \tag{2.11}$$

ในการออกแบบคานที่ดี ความเค้นควรจะเท่ากันตลอดทุกหน้าตัดของคาน ถ้าให้ฟันเฟืองในรูป 2.7 มีความเค้นคงที่ ($\sigma =$ ค่าคงที่) และเนื่องจากความหนาของเฟือง b เท่ากันตลอด ดังนั้นสมการ (2.11) จะเขียนได้เป็น

$$L = (\text{ค่าคงที่}) (t^2) \tag{2.12}$$

จากสมการ (2.12) จะเห็นได้ว่า ฟันเฟืองจะต้องมีรูปร่างเป็นพาราโบลา ดังเส้นประในรูป 2.7 แต่ในเฟืองอินวอลูตเนื้อโลหะจะเพิ่มขึ้นจากรูปพาราโบลาดังในรูป ดังนั้น

เอาในฟันเฟืองที่ใช้งานอยู่จริง ความเค้นสูงสุดจะเกิดขึ้นที่หน้าตัด BED ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปสามเหลี่ยมคล้าย ABE และ BCE จะได้ว่า

$$\frac{x}{t/2} = \frac{t/2}{L} \quad \text{หรือ} \quad L = \frac{t^2}{4x}$$

เมื่อแทนค่า L ลงในสมการ (2.11) จะได้ว่า

$$F_b = \frac{\sigma b (2x) p}{3p}$$

โดยที่ p เป็นเชือกเวลาพิตซ์ และค่า $\frac{2x}{3p}$ เรียกว่า ตัวประกอบรูปแบบของลูอิส (Lewis form factor) ใช้แทนด้วย y จึงทำให้เขียนสมการได้เป็น

$$F_b = \sigma b y p \quad (2.13)$$

เนื่องจากเฟืองในระบบหน่วยอังกฤษใช้บอกด้วย ไดอะมิตรัลพิตซ์ p ซึ่ง $p = \pi / p$ ดังนั้นสมการ (2.13) จึงเขียนได้เป็น

$$F_b = \frac{\sigma b Y}{p} \quad (2.14)$$

โดยที่ Y = y เป็นตัวประกอบรูปแบบของลูอิสเช่นกัน

สำหรับในระบบหน่วยเอสไอ ให้บอกขนาดของเฟืองด้วยโมดูล ดังนั้น

$$F_b = \sigma b Y m \quad (2.15)$$

ค่า y และ Y นี้สามารถหาได้โดยการคำนวณจากรูปร่างของฟันเฟือง และหาค่าได้จากตาราง 2.3

เนื่องจากแรงที่กระทำกับฟันเฟืองเป็นแบบกระทำซ้ำกันและมีความถี่ตามความเร็วของเฟือง ดังนั้นเฟืองจึงแตกร้าวโดยผลจากความล้า (fatigue) เสียส่วนใหญ่ เพราะฉะนั้นค่าความเค้นใช้งาน ในสมการ (2.13) (2.14) และ (2.15) จึงต้องเป็นความต้านแรงทนทาน (endurance strength) ดังในรูปตาราง 2.4 ซึ่งแสดงค่าความเค้นใช้งานสำหรับวัสดุชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ทำเฟือง

ในทางปฏิบัติมักจะออกแบบเฟืองให้มีอัตราส่วนการขบอยู่ระหว่าง 1.2 ถึง 1.6 ดังนั้นในขณะที่แรงกระทำอยู่ที่ปลายฟันเฟืองหนึ่งฟัน ฟันคู่ถัดไปก็ยังมีสัมผัสกันอยู่ ฉะนั้นแรงทั้งหมดจึงมิได้กระทำที่ปลายฟันเฟือง เพราะมีฟันคู่อื่นช่วยรับแรงอยู่ด้วย ในขณะที่เฟืองหมุนไปแรงที่ปลายฟันจะค่อย ๆ เคลื่อนลงมาจนเกือบถึงกลางฟัน ฟันอีกคู่หนึ่งจึงผละออกจากกัน ด้วยเหตุนี้เองแรงทั้งหมดจึงกระทำต่อฟันเฟืองให้ลัดกับกลางฟัน (ยกเว้นในกรณีที่มี $m_u < 1$) จากการทำงานของฟันเฟืองดังกล่าวมานี้ทำให้ไม่สามารถที่จะตัดสินใจไปได้ว่า เมื่อใดความเค้นในฟันเฟืองจึงมากที่สุดสำหรับการออกแบบเฟืองเพื่อใช้งานทั่วไปแล้ว มักจะสมมติให้แรงทั้งหมดกระทำที่ปลายฟัน ส่วน

ใกล้กับกลางพื้นเฟือง

ตามทฤษฎีการคำนวณหาขนาดของพื้นเฟืองดังกล่าวมาแล้ว ได้ละทิ้งแรง F_r ในรูป 2.7 ที่กดพื้นอยู่ แรงนี้จะทำให้เกิดความเค้นอัดเพิ่มขึ้นในพื้น ซึ่งเมื่อรวมกับความเค้นเนื่องตาราง 2.4 ค่าความเค้นสถิตย์ใช้งานสำหรับใช้กับสมการของลูอิส

วัสดุ	σ		HB
	ksi	N/mm ²	
SAE 6145 ชุบแข็งโดย OQT วัสดุที่มีทองแดงเป็นส่วนผสม	67.5	465	475
SAE 43 (ASTM B 147-52.8 A) (แมงกานีสบรอนซ์)	20	138	100
SAE 62 (ASTM B 143-52.1 A) (gun metal)	10	69	80
SAE 65 (ASTM B 144-52.3 C) (เฟอสเฟอรับรอนซ์)	12	82	100
SAE 68 (ASTM B 148-52.98) (อลูมิเนียมบรอนซ์ ผ่านกรรมวิธี ทางความร้อน)	22	152	180
อโลหะ Bakelite, Micarta, Celeron	8	55	

หมายเหตุ WQT หมายถึง ชุบแข็งด้วยน้ำแล้วเทมเปอร์ (temper)

OQT หมายถึง ชุบแข็งด้วยน้ำมันแล้วเทมเปอร์

จากแรง F_b แล้ว (แรง F_b ทำให้เกิดความเค้นดึงและความเค้นอัดในพื้น) จะเป็นผลให้ความเค้นในด้านหนึ่งของพื้นลดลงและความเค้นอัดในอีกด้านหนึ่งของพื้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากวัสดุส่วนมากที่ใช้ทำเฟืองสามารถรับแรงอัดได้มากกว่าแรงดึง ฉะนั้นแรง F_r ที่ละทิ้งไปนี้ จึงช่วยให้เฟืองสามารถรับแรงได้สูงขึ้นอีก อีกประการหนึ่งก็คือ ความล้าที่เกิดขึ้นมักจะเกิดในพื้นด้านที่รับแรงดึง ดังนั้นการลดความเค้นดึงทางด้านนี้จึงทำให้พื้นแข็งแรงขึ้นอีก

ในการคำนวณหาแรง F_b ที่พื้นเฟืองจะสามารถรับได้โดยใช้สมการ (2.13)

(2.14) หรือ (2.15) นั้น ให้สังเกตสิ่งต่อไปนี้ สำหรับเฟืองที่มีขาชบกันค้ทั้งจะมีค่าความหนาไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ที่ห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



b และ โมดูลหรือพริชท์เท่ากัน ดังนั้นเฟืองอันที่รับแรงได้น้อยกว่าก็คือ อันที่มีค่า Y น้อยกว่า ถ้า
พินีเยนและเฟืองทำด้วยวัสดุชนิดเดียวกันแล้ว จากตาราง 2.3 จะเห็นได้ว่า ค่า Y ของพินีเยน
จะน้อยกว่าของเฟือง (เฟืองมีจำนวนฟันมากกว่า) ดังนั้นพินีเยนจะรับแรงได้น้อยกว่าเฟือง เมื่อ
เป็นเช่นนี้ในการคำนวณหาขนาดของฟันจึงต้องคำนวณที่พินีเยน

ความเค้นหนาแน่น

ตัวประกอบที่สำคัญอีกค่าหนึ่งซึ่งมีผลต่อความแข็งแรงของฟันเฟืองมากและมีได้รวมอยู่
ในสมการของลูอิสคือ ความเค้นหนาแน่น (stress concentration) ที่โคนฟันเฟือง ซึ่งเป็น
บริเวณที่เชื่อมต่อกันระหว่างอินโวลูตเคอฟ และวงกลมดีเดนดัม และจะมีฟิลเลต (fillet) รัศมี
 r การหาค่าตัวประกอบความเค้นหนาแน่นทางทฤษฎี K_t (theoretical stress con-
centration factor) สำหรับฟันเฟืองเป็นสิ่งที่ทำได้ยากมาก จึงมีเพียงแต่ผลที่ได้จากการ
ทดลองโดยใช้วัสดุยืดหยุ่น โปร่งแสง (photoelasticity material) ของ Dolan และ
Broghamer ซึ่งได้สมการออกมาดังนี้คือ

$$K_t = 0.22 + \frac{(t)^{0.2}}{r} \frac{(t)^{0.4}}{L} \quad \text{สำหรับ } \phi = 14\ 1/2^\circ \quad (2.16 \text{ ก})$$

$$K_t = 0.18 + \frac{(t)^{0.15}}{r} \frac{(t)^{0.45}}{L} \quad \text{สำหรับ } \phi = 20^\circ \quad (2.16 \text{ ข})$$

$$K_t = 0.14 + \frac{(t)^{0.11}}{r} \frac{(t)^{0.5}}{L} \quad \text{สำหรับ } \phi = 25^\circ \quad (2.16 \text{ ค})$$

โดยที่ t เป็นความหนาของฟันเฟือง และ L เป็นระยะห่างของแรง F_b กับหน้าตัด BED ดัง
รูป 2.7

ในทางปฏิบัติค่า t , L และ r เป็นค่าที่ไม่สามารถจะทราบได้ล่วงหน้าก่อนที่จะ
ออกแบบฟันเฟือง นอกจากนี้ยังมีตัวประกอบอย่างอื่นอีก เช่น ความเรียบของผิวหน้า และตัว
ประกอบความไวของรอยเจาะ q (notch sensitivity factor) มาเกี่ยวข้องในการหา
ค่าความเค้นหนาแน่นอีกด้วย ดังนั้นในการคำนวณเกี่ยวกับฟันเฟืองจึงให้ใช้ค่าประมาณดังนี้ คือ

$$1.2 < K_f < 1.7 \quad \text{เมื่อให้แรงกระทำที่ปลายฟัน}$$

$$1.4 < K_f < 2.0 \quad \text{เมื่อให้แรงกระทำใกล้กลางฟัน}$$

โดยที่ K_f เป็นตัวประกอบความเค้นหนาแน่นจริง (actual stress concentration -
factor) ดังนั้นสมการ (2.13) (2.14) และ (2.15) จึงเขียนได้เป็น

$$F_b = \frac{\sigma_b Y}{K_f P} \quad (2.18)$$

$$F_b = \frac{\sigma_b Y m}{K_f} \quad (2.19)$$

ค่าพิทซ์หรือ โมดูลที่ใช้ในการคำนวณออกแบบให้ใช้ตามมาตรฐานดังแสดงในตาราง 2.1

สำหรับการออกแบบเฟืองทั่วไปอาจจะสมมติให้ความหนาของฟันเฟืองมีค่าดังต่อไปนี้

$$8 < b < \frac{12.5}{P} \quad \text{หรือ} \quad 8m < b < 12.5 m$$

ในกรณีที่เนื้อที่ในการติดตั้งเฟืองมีน้อย ก็อาจออกแบบให้ความหนาเพียงน้อยกว่าค่าที่แนะนำเอาไว้ก็ได้ ถ้าความหนาเฟืองน้อยเกินไป จะทำให้เกิดปัญหาในการตั้งศูนย์ (alignment) เฟืองที่ขบกัน แต่ถ้าความหนาเฟืองมากเกินไป อาจทำให้เฟืองบิด อันเนื่องมาจากการกระจายแรงไม่สม่ำเสมอตลอดความหนาฟันเฟือง

แรงพลวัต

จากที่ผ่านมานี้เป็นการคำนวณหาขนาดของเฟือง โดยคิดให้แรง F_b อยู่หนึ่ง แล้วใช้ความรู้ทางด้านกลศาสตร์วัสดุหาสมการสำหรับแรงที่ฟันเฟืองควรจะได้รับเอาไว้ได้ ในทางด้านปฏิบัติเฟืองจะหมุนอยู่ในขณะใช้งาน และแรงที่ส่งผ่านมายังฟันเฟืองจะคำนวณได้จากสมการ

$$F_t = \frac{W_p}{V} \quad (2.20)$$

โดยที่ F_t = แรงเป็น N

W_p = กำลังงานที่ส่งผ่าน เป็น W

V = ความเร็วพิทซ์ (pitch line speed) เป็น m/s

หรือในระบบหน่วยอังกฤษ จะคำนวณหาแรงได้จากสมการ

$$F_t = \frac{33000 \text{ hp}}{V} \quad (2.21)$$

โดยที่ F_t = แรงเป็น lb

V = ความเร็วพิทซ์เป็น ft/min

ตามปกติแล้วแรงที่ส่งผ่านจะมีค่ามากกว่าแรงที่หาค่าได้จากสมการ (2.20) หรือ (2.21) ทั้งนี้เนื่องมาจากตัวประกอบต่าง ๆ เช่น ความผิดพลาดในการตัดรูปร่างของฟันเฟือง ค่าเบ็ดเสร็จทำให้เกิดการกระแทกขึ้น เป็นต้น จากการทดลองพบว่า แรงที่ส่งผ่านมาที่แท้จริงขึ้นอยู่กับความเร็วพิทซ์ เรียกว่าตัวประกอบความเร็ว K_v (velocity factor) ดังนั้นแรงที่กระทำต่อฟันเฟืองในขณะที่ใช้งานควรจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$$F_d = K_v F_t \quad (2.22)$$

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า F_d นี้เรียกว่าแรงพลวัต (dynamic load) ส่วน K_v สำหรับระบบหน่วยเอสไอจะหาได้จากสมการ

$$K_v = \frac{3 + V}{3} \quad \text{สำหรับเฟืองทั่วไป } V < 10 \text{ m/s}$$

$$K_v = \frac{6 + V}{6} \quad \text{สำหรับเฟืองที่ตัดอย่างดี } 5 < V < 20 \text{ m/s}$$

ค่า K_v สำหรับระบบหน่วยอังกฤษ จะหาได้จากสมการ

$$K_v = \frac{600 + V}{600} \quad \text{สำหรับเฟืองทั่วไป } V < 2000 \text{ ft/min}$$

$$K_v = \frac{1200 + V}{1200} \quad \text{สำหรับเฟืองที่ตัดอย่างดี } 1000 < V < 4000 \text{ ft/min}$$

$$K_v = \frac{78 + \sqrt{V}}{78} \quad \text{สำหรับเฟืองที่ตัดอย่างดีมาก } V > 4000 \text{ ft/min}$$

ในการคำนวณหาขนาดของฟันเฟือง ผู้ออกแบบจะต้องตรวจสอบว่าแรงพลวัตนี้มากกว่าแรงที่ฟันเฟืองจะรับได้หรือไม่ และให้ถือว่าฟันเฟืองแข็งแรงพอเมื่อ $F_b > F_d$ โดยที่สมมติว่าแรง F_b กระทำที่ปลายฟัน การที่จะทำให้ F_b มากกว่า F_d ทำได้นั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของแรงที่มากกว่า นั่นคือ

$$\frac{F_b}{F_d} = N_s$$

โดยที่ N_s เรียกว่า ตัวประกอบใช้งาน (service factor) และให้ใช้ค่าโดยประมาณ ซึ่งแสดงไว้ในตาราง 2.5

ตาราง 2.5 ตัวประกอบใช้งาน

ชนิดของแรง	N_s	ตัวอย่าง
แรงเรียบสม่ำเสมอ	1.00-1.25	พัดลมไฟฟ้า
แรงกระแทกเล็กน้อย	1.25-1.50	เครื่องเจาะบ่อน้ำบาดาล เครื่องมือลม
แรงกระแทกอย่างหนัก	1.50-2.00	เครื่องบดหิน

โดยที่ b = ความยาวของทรงกระบอกที่
สัมผัสกัน

E = โมดูลัสความยืดหยุ่น

ν = อัตราส่วนปัวซอง (Pois -
son's ratio)

σ = ความเค้นที่ผิวหน้า

(surface stress)

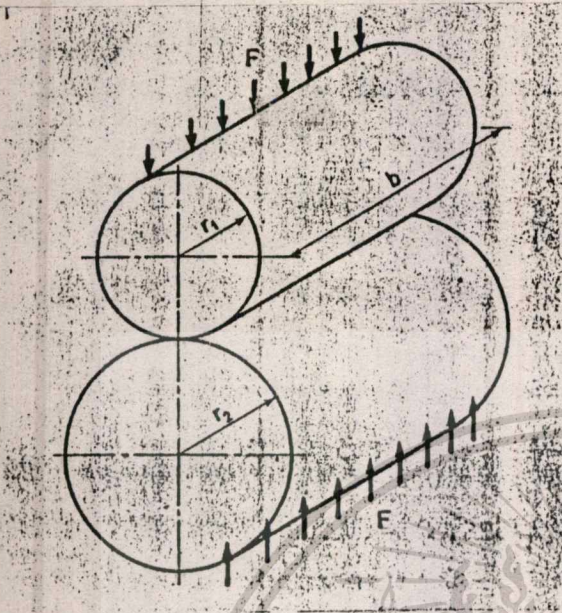
ในการนำสมการ (2.23) มาใช้

กับพื้นผิวที่ขบกัน ณ จุดสัมผัส ดังรูป 2.9

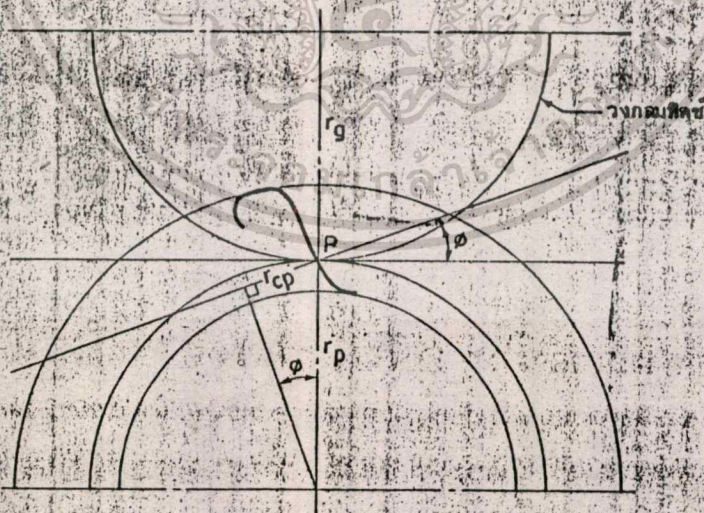
ให้แทน r_1 และ r_2 ด้วยรัศมีความโค้งของ

พื้น ณ จุดสัมผัสของพินในขณะและเฟือง คือ

r_{cp} และ r_{cg} ตามลำดับ



รูป 2.8 ทรงกระบอกสองอันสัมผัสกันแบบโรลลิง
(rolling) ภายใต้แรง F



ลักษณะเช่นนี้โดยพิจารณาทรงกระบอกรัศมี r_1 และ r_2 ซึ่งอยู่ภายใต้แรงกด F ดังรูป 2.8 ความเค้นของเฮิร์ตซ์ (Hertzian stress) คือ

$$\sigma = \sqrt{\frac{F(1/r_1 + 1/r_2)}{\pi b \left[\frac{(1-\nu_1^2)}{E_1} + \frac{(1-\nu_2^2)}{E_2} \right]}} \quad (2.23)$$

นอกจากนี้ยังให้แรง F เป็น แรงสึกกร่อนใช้งาน (allowable wear load) F_w และ σ เป็นความต้านแรงทนทานผิวหน้า (surface endurance strength) เมื่อแทนค่าในสมการ (2.23) จะกลายเป็น

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{F_w \left(\frac{1}{r_p \sin \phi} + \frac{1}{r_g \sin \phi} \right)}{\pi b \left[\frac{(1-\nu_p^2)}{E_p} + \frac{(1-\nu_g^2)}{E_g} \right]}} \quad (2.25)$$

แต่ $\frac{1}{\sin \phi} \left(\frac{1}{r_p} + \frac{1}{r_g} \right) = \frac{1}{\sin \phi} \left(\frac{r_p + r_g}{r_p r_g} \right) = \frac{2(d_p + d_g)}{d_p d_g \sin \phi}$

และสำหรับเหล็ก มีค่าประมาณ 0.3 ซึ่งจะได้ว่า

$$\pi b \left[\frac{(1-\nu_p^2)}{E_p} + \frac{(1-\nu_g^2)}{E_g} \right] = \pi b \left[1 - (0.3^2) \right] \left(\frac{1}{E_p} + \frac{1}{E_g} \right)$$

$$= 2.86 b \left(\frac{1}{E_p} + \frac{1}{E_g} \right)$$

ดังนั้นจึงเขียนสมการ (2.25) ได้ใหม่เป็น

$$F_w = \frac{\sigma_e^2 b \sin \phi \left(\frac{1}{E_p} + \frac{1}{E_g} \right)}{(0.35) (2) \left(\frac{d_p + d_g}{d_p d_g} \right)} \quad (2.26)$$

และถ้าให้

$$K = \frac{\sigma_e^2 \sin \phi}{1.4} \left(\frac{1}{E_p} + \frac{1}{E_g} \right)$$

$$Q = \frac{2 d_g}{d_p + d_g} = \frac{2 N_g}{N_p + N_g} = \frac{2 m_w}{1 + m}$$

$$F_w = d_p bQK \tag{2.27}$$

ค่า K และ σ_e สำหรับวัสดุบางชนิดที่ใช้การทำเฟือง หาค่าได้จากตาราง 2.6 ส่วนวัสดุเหล็กกล้าที่ไม่มีอยู่ในตาราง 2.6 ก็อาจจะหาค่าโดยประมาณได้ดังนี้คือ

$$\sigma_e = 2.76 \text{ (HB)} - 68.96 \text{ N/mm}^2 \tag{2.28 ก}$$

$$\sigma_e = 400 \text{ (HB)} - 10 \text{ 000 psi} \tag{2.28 ข}$$

โปรดสังเกตว่า แรง F_w ในที่นี้ทิศทางตั้งฉากกับส่วนโค้งของฟันเฟือง ณ จุดสัมผัส ถ้าในการคำนวณปรากฏว่า F_w และ F_b มีค่ามากกว่า F_d แล้ว แสดงว่าฟันเฟืองจะไม่เกิดการแตกหักหรือสึกกร่อนมากเกินไปในระยะเวลาดังกล่าว ในกรณีของเฟืองที่มีได้ทำงานหนักตลอดเวลาที่มีออกแบบให้ F_b มากกว่า F_d แต่เพียงอย่างเดียวก็เป็นการเพียงพอแล้ว จากประสบการณ์ของผู้ชำนาญในการออกแบบพบว่า ควรออกแบบให้ F_w มีค่าน้อยกว่า F_b ทั้งนี้เพื่อให้เฟืองเกิดการสึกกร่อนแทนที่จะเกิดการแตกหักเนื่องจากการตัดที่ฟันเฟือง ทั้งนี้เพราะเมื่อเกิดการสึกกร่อน เฟืองคันทันก็จะทำงานด้วยเสียงดังกว่าปกติ ทำให้ทราบได้ล่วงหน้า และเปลี่ยนใหม่ได้ ก่อนที่เฟืองจะเกิดการแตกหักขึ้น

ในกรณีที่ฟันเฟืองชั้นใน (internal gear) ค่า r_g จะเป็นบวก และ r_g จะเป็นลบ (รัศมีมีความโค้งกลับกัน) เมื่อคิดเครื่องหมายนี้ด้วยแล้ว ค่า Q ของสมการ (2.27) จะกลายเป็น

$$Q = \frac{2 d_g}{d_g - d_p} = \frac{2 N_g}{N_g - N_p} = \frac{2 m_w}{m_w - 1}$$

2.2 การออกแบบสายพานลิ่ม

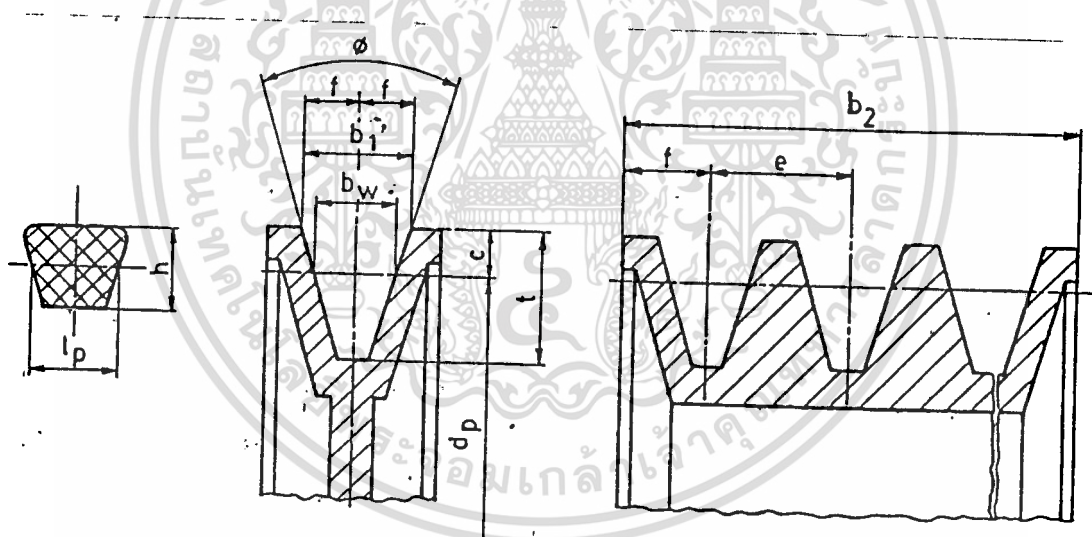
สายพานลิ่ม

สายพานลิ่ม ใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างมาก โดยต้องการแรงดึงขึ้นต้นในสายพานค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เพราะผลจากการเกาะยึดตัวกันระหว่างด้านข้างของสายพานที่เรียบ กับร่องรูปลิ่มของล้อสายพาน ทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง ซึ่งเป็นผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดี แม้ว่าจะมีส่วนโค้งสัมผัสน้อย และมีแรงดึงขึ้นต้นค่อนข้างต่ำ และเหมาะกับการใช้งานในกรณีที่ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางน้อย ในการส่งกำลังจะส่งได้มากที่สุดเมื่อผิวด้านข้างของสายพานอัดแน่นกับร่องบนล้อสายพาน และในกรณีที่มิเหตุฉุกเฉิน ก็อาจใช้ผลจากการอัดแน่นนี้ทำหน้าที่เป็นเบรคได้ด้วย

นอกจากนี้ยังมีขนาดกระทัดรัด มีประสิทธิภาพดี และเบร้งของเพลลาไม่ต้องรับแรงมากเกินไป จึงมักใช้ในการขับเคลื่อนด้านอุตสาหกรรมทั่วไป ซึ่งใช้สายพานขับได้โดยมีอัตราทดสูงประมาณ 7:1 หรืออาจใช้ได้สูงถึง 10:1

ขนาดสายพานและล้อสายพานลิ้ม

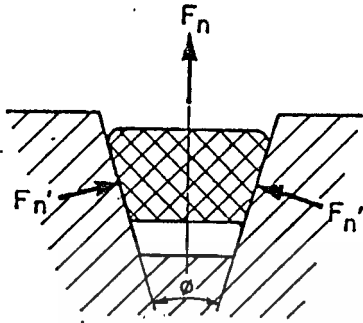
สายพานลิ้ม มีหน้าตัดเป็นรูปลิ้ม ดังนั้นในการกำหนดจึงมักกำหนดโดยใช้ความกว้างพิตช์ (pitch width) และความหนาสายพานโดยใช้ตัวอักษรแทน ซึ่งแบ่งออกเป็นสายพานลิ้มแบบแคบ (narrow V-belts) มีขนาด SPZ SPA SPB และ SPC และสายพานลิ้มแบบธรรมดา มีขนาด Y Z A B C D และ E ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสายพานลิ้มแบบธรรมดาเท่านั้น รูปร่างหน้าตัดของสายพานลิ้มและล้อสายพาน ดูได้จากรูป 10.19 ส่วนขนาดต่าง ๆ ดูได้จากตาราง 10.16 และตาราง 10.17



รูป 10.19 หน้าตัดสายพานลิ้มและล้อสายพาน

กลศาสตร์ของสายพานลื่น

ในการขยับด้วยสายพานลื่น



แรงปฏิกิริยาระหว่างสายพานกับล้อสายพานจะอยู่ในทิศ
ทางตั้งฉากกับผิวสัมผัส ดังรูป 10.20 ให้ เป็น
แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉากระหว่างผิวสัมผัสของสาย -
พานกับร่องบนล้อสายพาน ดังนี้จากสมการ
ของสายพานบน ในกรณีของสายพานลื่นจะกลายเป็น

แรงปฏิกิริยารวมของแรง ทั้งสองแรงคือ

รูป 10.20 แรงบนสายพานลื่น

$$F_n = 2F_{n'} \sin(\phi / 2)$$

หรือ

$$F_{n'} = F_n / (2 \sin \phi / 2)$$

แทนค่า $F_{n'}$ จะได้

$$f F_n / \sin(\phi / 2) = dF$$

เมื่อพิจารณารูป 10.3 และรวมแรงในแนวตั้ง จะได้

$$F_c + F_n = (F + 1/2 dF) d\theta$$

เมื่อกำจัด F_n ออกจากสมการทั้งสองนี้จะได้

$$dF = (f / \sin \phi / 2) (F + 1/2 dF) d\theta - (f / \sin \phi / 2) F_c$$

$$= (f / \sin \phi / 2) (F + 1/2 dF - w a v^2 / g) d\theta$$

$$dF / (F + 1/2 dF - w a v^2 / g) = f (\sin \phi / 2) d\theta$$

อินทิเกรตสมการนี้จาก $\theta = 0$ ถึง α และจาก $F = F_2$ ถึง $F = F_1$ จะได้

$$\ln \{ (F - w a v^2 / g) / (F_2 - w a v^2 / g) \} = e^{\alpha f / (\sin \phi / 2)}$$

หรือ

$$(F_1 - F_c) / (F_2 - F_c) = e^{\alpha f} \tag{10.32}$$

โดยที่ $f' = f / (\sin \phi / 2)$

และกำลังที่ส่งได้ โดยสายพานลื่นหาค่าได้จากสมการ

$$W_p = z (F_1 - F_2) v \tag{10.33}$$

โดยที่ $v =$ ความเร็วของสายพาน เป็น m/s

$z =$ จำนวนสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวพิกซ์โดยประมาณของสายพานลีมหาค่าได้จากสมการ

$$L_p \approx 2C + 1.57(D_p + d_p) + (D_p - d_p)^2 / 4C \quad (10.34)$$

โดยที่สัญลักษณ์ต่างๆ ยังคงมีความหมายเช่นเดียวกับสายพานแบน แต่ในกรณีของสายพานลีมจะใช้ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางพิกซ์แทน หรือในกรณีที่ทราบความยาวพิกซ์แล้วต้องการหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางก็ทำได้โดยใช้สมการ

$$C = p + (p^2 - q)^{1/2}$$

$$\text{โดยที่ } p = 0.25L_p - 0.393(D_p + d_p) \quad (10.35)$$

$$q = 0.125 (D_p - d_p)^{1/2}$$

การทำให้เกิดแรงดึงขึ้นต้นในสายพานลีม

การทำให้เกิดแรงดึงขึ้นต้น จะช่วยทำให้การขับเคลื่อนด้วยสายพานมีประสิทธิภาพดี และยืดอายุการใช้งานของสายพาน ถ้าออกแรงดึงขึ้นต้นไม่เพียงพอจะทำให้ส่งกำลังได้น้อยลง ประสิทธิภาพต่ำลง จะทำให้สายพานมีอายุการใช้งานลดลงเนื่องจากการสลิป แต่ถ้าออกแรงดึงขึ้นต้นมากเกินไป จะทำให้ข้อสายพานยืดตัวมากเกินไป เกิดความเค้นในสายพานมาก แบร็งที่รองรับล้อสายพานจะรับแรงมากเกินไป ด้วยเหตุนี้เองจึงต้องออกแรงดึงขึ้นต้นให้เหมาะสมกับแรงภายนอกที่กระทำกับสายพาน

จากสมการ (10.18) แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลังคือ

$$F = F_1 - F_2 = W_p / v$$

ให้แรงดึงในแนวแกน

$$F_w = F_1 + F_2 = F(e^{\alpha f'} + 1) / (e^{\alpha f'} - 1)$$

แรงที่ศูนย์กลางเนื่องจากน้ำหนักสายพาน

$$F_c = (wAV^2) / g$$

แรงลัพธ์เนื่องจากแรงที่ศูนย์กลาง คือ

$$F_R = 2 \cdot z F_c \sin \alpha / 2$$

โดยที่ z = จำนวนสายพาน

ดังนั้นแรงดึงขึ้นต้นในสายพานจึงหาได้จากการรวมแรงดึงในแนวแกนขณะส่งกำลัง กับแรงลัพธ์เนื่องจากแรงที่ศูนย์กลาง นั่นคือ

$$F_1 = F_w + F_R \quad (10.36)$$

ในทางปฏิบัติมักจะใช้วิธีหาค่าประมาณของแรงดึงในแนวแกนจากสมการ

$$F_w = k_1 \cdot F \cdot \sin \alpha / 2 \quad (10.37)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ k_1 เป็นตัวประกอบใช้งาน ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานซึ่งหาค่าได้จากตาราง 10.18 แล้วใช้แรงนี้เป็นแรงตั้งขึ้นต้น

ในกรณีที่ขั้ว โดยมีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางคองที หรือ ไม่มีอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดแรงดึงในสายพานตลอดเวลา ก็จำเป็นจะต้องนำเอาแรงหนีศูนย์กลางมาคิดด้วย จากสมการ

$$F_R = 2 \cdot z \cdot F_c \sin \alpha / 2$$
$$= 2 \cdot z \cdot (WAV^2) / g \cdot \sin \alpha / 2$$

ซึ่งเขียนได้ใหม่เป็น

$$F_R = z \cdot k_2 \cdot v^2 \sin \alpha / 2$$

ค่า k_2 หาได้จากตาราง 10.19 ดังนั้นแรงตั้งขึ้นต้นในสายพานจึงเท่ากับ

$$F_1 = (k_1 F + z k_2 \cdot v^2) \sin \alpha / 2 \tag{10.38}$$

การคำนวณหาขนาดของสายพานลีม

การคำนวณทางด้านกำลัง โดยสายพานลีมจะใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนิทซ์ของล้อสายพาน d_p เป็นพื้นฐาน และในที่นี้จะแสดงวิธีการเลือกขนาดของสายพานลีมตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต เช่นเดียวกับในกรณีเดียวกับสายพานแบน

ในการเลือกขนาดของล้อสายพาน บริษัทผู้ผลิตได้แนะนำให้เลือกขนาดของล้อสายพานให้โตที่สุดเท่าที่จะทำได้ ขนาดของล้อสายพานไม่ควรจะเล็กกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตาราง 10.16 แต่ข้อควรระวังก็คือ ขณะใช้งานปกติความเร็วของสายพานไม่ควรเกิน 30 m/s

การหาขนาดหน้าตัดโดยประมาณของสายพานลีมสำหรับส่งกำลัง อาจทำได้โดยใช้รูป 10.21 แต่กำลังที่ส่งได้จริงของสายพาน จะต้องตรวจสอบจากตารางการกำหนดสมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลีม ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

การเลือกขนาดของสายพานลีม จะแตกต่างไปจากสายพานแบนเล็กน้อยคือ จะใช้วิธีการคำนวณหาจำนวนเส้นของสายพานที่ต้องการใช้งานจากกำลังงานที่ต้องการขับ และตัวประกอบที่ใช้แก้ไขต่างๆ จำนวนเส้นของสายพานลีมหาได้จากสมการ

$$Z = \frac{W_p \cdot N_u}{P_R \cdot N_u \cdot N_1} \tag{10.39}$$

โดยที่

Z = จำนวนเส้นของสายพานลีม

W_p = กำลังที่ต้องการส่ง

N_u = ตัวประกอบใช้งานหาค่าได้จากตาราง 10.20

N_1 = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส หาค่าได้จากตาราง 10.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องอ้างอิงถึงแหล่งที่มาทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N_1 = ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน (belt length correction factor) หาค่าได้จากตาราง 10.22-10.28

P_R = กำลังที่สายพานลื่นหนึ่งเส้นส่งได้ หาค่าได้จากตาราง 10.22-10.28

2.3 การออกแบบเพลลา

การบิด

ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่มีพื้นที่หน้าตัดกลมอยู่ภายใน (torque) จะบิดไปเป็นมุมเท่ากับ

$$\theta = TL/GJ \tag{3.8}$$

โดยที่ T = โมเมนต์บิด

L = ความยาว

J = โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ (polar area moment of inertia)

= $d^4 / 32$ สำหรับท่อกลมตัน

= $(d_o^4 - d_i^4) / 32$ สำหรับท่อกลมกลวง

d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก

d_i = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน

ความเค้นเฉือนที่เกิดจากการบิดจะมีค่าสูงสุดที่ผิวภายนอกของท่อกลมหนึ่งซึ่งสามารถคำนวณได้จาก สมการ

$$\tau = Tr/J \tag{3.9}$$

โดยที่ r = รัศมีนอกของท่อกลม

ในการที่จะใช้สมการ (3.9) มักจะจำเป็นที่จะต้องหาค่าโมเมนต์บิดให้ได้เสียก่อน สำหรับเครื่องจักรกลที่ส่งกำลังมาตามเพลลา จะคำนวณหาค่าโมเมนต์บิดได้จาก

$$W_p = T = 2\pi nT \tag{3.10}$$

โดยที่ W_p = กำลังงานเป็น W

T = โมเมนต์บิดเป็น Nm

= ความเร็วเชิงมุมเป็น rad/s

n = ความเร็วรอบเป็น rev/s

สำหรับในระบบหน่วยอังกฤษซึ่งยังมีใช้กันอยู่จะบอกกำลังงานเป็นแรงม้า และคำนวณโมเมนต์ได้จาก

คำนวณโมเมนต์ได้จาก

$$T_p = \frac{W_p}{63000} \tag{3.11}$$

โดยที่ $T =$ โมเมนต์บิดเป็น in-lb

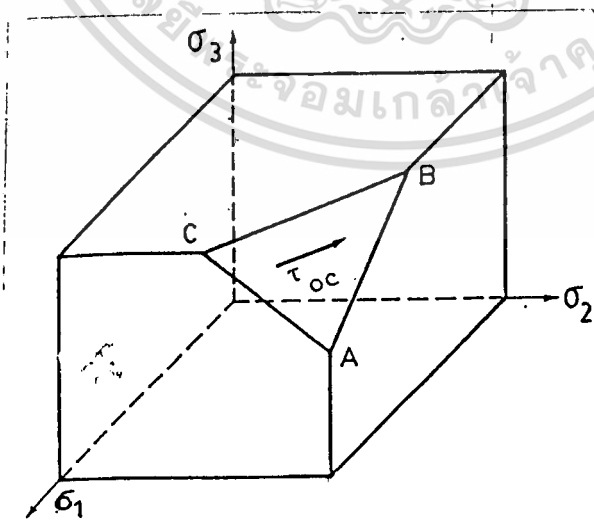
$n =$ ความเร็วรอบเป็น rev/min

ทฤษฎีความเค้นเฉือนออกตะฮีดรัล

ทฤษฎีความเค้นเฉือนออกตะฮีดรัล (octahedral shear stress theory) และทฤษฎีพลังงานแปรรูป (distortion energy theory) ให้ผลในการคำนวณเหมือนกันแต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะทฤษฎีความเค้นเฉือนออกตะฮีดรัลเท่านั้น สำหรับผู้ที่สนใจการหาค่าตอบโดยการใช้อยู่ทฤษฎีพลังงานแปรรูป อาจจะหาได้จากเอกสารอ่านประกอบหมายเลข 1 ได้

ในทางทฤษฎีพลาสติกซ์ติตี้ (Plasticity) มักจะเรียกชื่อทฤษฎีนี้ว่า ทฤษฎีของ Von Mises หรือ Huber-Hencky criterion ทั้งนี้เพื่อเป็นเกียรติยศแก่บุคคลผู้คิดค้นทฤษฎีนี้ขึ้นมาใช้

ระนาบออกตะฮีดรัล (octahedral plane) หมายถึงระนาบที่เอียงทำมุมกับทิศทางของความเค้นหลักทั้งสามเท่ากัน ดังเช่นระนาบ ABC ดังรูป ทิศทางโคไซน์ (directional cosine) ของระนาบนี้เท่ากับ $1/3$ และความเค้นเฉือนระนาบนี้เรียกว่า ความเค้นเฉือนออกตะฮีดรัล τ_{oc} ทฤษฎีนี้กล่าวว่า วัสดุจะเกิดความเสียหายเมื่อความเค้นเฉือนออกตะฮีดรัลในวัสดุ มีค่าเท่ากับความเค้นเฉือนออกตะฮีดรัลที่ได้จากการทดสอบแรงดึงชั้นทดสอบขณะถึงจุดดึงคราก



รูป ระนาบออกตะฮีดรัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ชิ้นส่วนอยู่ภายใต้ความเค้นสามมิติ ค่าความเค้นเฉือนออกตะยัดรัล คือ

$$\tau_{oc} = 1/3 * [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{1/2} \quad (4.17)$$

ในการทดสอบแรงดึง ความเค้นหลัก และ เท่ากับศูนย์ และเมื่อถึงจุดคราก ความเค้นหลัก $\sigma_1 = \sigma_y$ ดังนั้นสความเค้นเฉือนออกตะยัดรัล จะหาได้จากสมการ (4.17)

โดยให้ $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$ และ $\sigma_1 = \sigma_y$ นั่นคือ

$$= \sigma_y * \sqrt{2} / 3 = 0.417 \sigma_y \quad (4.18)$$

จากทฤษฎีความเสียหายหรือการคราก จะเริ่มเกิดขึ้นเมื่อ $\tau_{oc} = \tau$ นั่นคือ เมื่อ

$$2 \sigma_v^2 = (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 \quad (4.19)$$

ในการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลทั่วไป ซึ่งพิจารณาความเค้นในสองมิติต่างรูป 4.1 ซึ่ง $\sigma_3 = 0$ และเมื่อใช้ค่าความปลอดภัย N สมการ (4.19) จะเหลือเพียง

$$(\sigma_v / N)^2 = \sigma_1^2 - \sigma_1 \sigma_2 + \sigma_2^2 \quad (4.20 ก)$$

หรือ

$$1 = x^2 - xy + y^2 \quad (4.20 ข)$$

ซึ่งเป็นสมการของรูปวงรี ซึ่งมีความยาวครึ่งแกนยาวและครึ่งแกนสั้นเท่ากับ $\sqrt{2}$ และ $\sqrt{2}/3$ ตามลำดับ ดังนั้นรูปแสดงขอบเขตของความเค้นที่ยอมรับได้ ในวัสดุสำหรับชิ้นงานที่ออกแบบจึงเป็นรูปวงรี

การเปรียบเทียบขอบเขตของความเค้นจากทฤษฎีความเสียหายทั้งสามทฤษฎี ดูได้จาก รูป 4.6 ซึ่งจะพบว่า ถ้าความเค้นภายในชิ้นงานที่รับแรงอยู่ ณ บริเวณจุด A B C D E หรือ F แล้วทฤษฎีทั้งสามจะให้ขนาดช่องชิ้นงานเท่ากัน แต่ทฤษฎีทั้งสามนี้จะแตกต่างกันมากที่สุดตามแนว แกน GH

เนื่องจากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดล้อมรอบพื้นที่น้อยที่สุด ดังนั้นชิ้นส่วนที่คำนวณหาขนาด โดยใช้ทฤษฎี จะมีขนาดโตกว่าที่คำนวณโดยใช้ทั้งสองทฤษฎี (ยกเว้นที่จุดรวมกัน)

ถ้าสถานะของความเค้นเป็นไปตามรูป 4.3 เช่น กรณีสองเพลาส่งกำลัง เมื่อแทนค่าสมการ (4.8) ลงในสมการ (4.20 ก) แล้วจัดรูปใหม่จะได้

$$\sigma_v / N = (\sigma^2 + 3\tau^2)^{1/2} \tag{4.21 ก}$$

หรือ

$$1 / N = [(\sqrt{3}\tau / \sigma_v)^2 + (\sigma / \sigma_v)^2]^{1/2} \tag{4.21 ข}$$

ถ้าให้ $\tau_v = \sigma_v / \sqrt{3} = 0.577 \tau$ แล้ว อาจจัดรูปสมการ (4.21 ข) ได้เหมือนกับสมการ (4.16) คือ

$$1 / N = [(\tau / \tau_v)^2 + (\sigma / \sigma_v)^2]^{1/2} \tag{4.21 ค}$$

นอกจากนี้ยังมีทฤษฎีความเสียหายอื่น ๆ อีก เช่น ทฤษฎีความเครียดหลักสูงสุด (maximum principal strain theory) และทฤษฎีพลังงานความเครียดสูงสุด (maximum strain energy theory) แต่ไม่เป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย จึงจะไม่กล่าวถึงในที่นี้ ข้อมูลเกี่ยวกับขีดจำกัดความทนทานมีน้อยมาก ดังนั้นจึงใช้วิธีการประมาณค่าขีดจำกัดความทนทาน (สำหรับการคงอยู่ 50%) ในกรณีของการตัด ดังนี้คือ

$$\sigma'_n = 0.5 \sigma_u \text{ สำหรับเหล็กกล้าเหนียว ซึ่ง } \sigma_u < 1380 \text{ N/mm}^2 \text{ และ } HB < 400$$

$$\sigma'_n = 690 \text{ N/mm}^2 \text{ สำหรับเหล็กกล้าเหนียว ซึ่ง } \sigma_u > 1380 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma'_n = 0.4 \sigma_u \text{ สำหรับเหล็กกล้าหล่อ และเหล็กหล่อ}$$

$$\sigma'_n = 0.38 \sigma_u \text{ สำหรับแมกนีเซียมผสมหล่อ และแมกนีเซียมผสมเหนียว (อายุใช้งาน } 10^6 \text{ วัฏจักร)}$$

$$\sigma'_n = 0.45 \sigma_u \text{ สำหรับนิกเกิลผสมและทองแดงผสม}$$

$$\sigma'_n = 0.38 \sigma_u \text{ สำหรับอลูมิเนียมผสมเหนียวที่มีความต้านแรงดึงสูงถึง } 275 \text{ N/mm}^2 \text{ (อายุใช้งาน } 5 * 10^6 \text{ วัฏจักร)}$$

ค่าดังกล่าวนี้เป็นเพียงค่าโดยประมาณเพื่อใช้ประกอบการคำนวณในที่นี้ เท่านั้น ผู้ที่ต้องการค่าที่แน่นอนยิ่งขึ้น ควรจะสอบถามจากผู้ผลิตหรือทดสอบด้วยตนเอง

ตัวประกอบของผิว

ค่าขีดจำกัดความทนทานดังกล่าวมาแล้ว ให้สำหรับชิ้นทดสอบผิวขัดมันเท่านั้น โดยทั่วไปแล้วคุณภาพของผิวชิ้นงานจะต่ำกว่าชิ้นทดสอบ ความขรุขระของผิวหน้าก็ทำให้ชิ้นงานแตก

หักเนื่องจากความล้าได้ง่ายขึ้นอีก เพราะฉะนั้นจึงต้องมีการปรับค่าขีดจำกัดความทนทานของชิ้นงานตามสภาพของผิว ดังรูป ง-1 ซึ่งแสดงตัวประกอบที่ใช้สำหรับลดค่าดังกล่าวนี้ของผิวชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้พิมพ์เอกสารนี้แล้ว กรุณาส่งคืนเอกสารนี้ทันที และอย่าเผยแพร่เอกสารนี้โดยไม่ได้รับอนุญาต

ต่าง ๆ มีชื่อเรียกว่า ตัวประกอบของผิว (surface factor) k_s โปรดสังเกตจากรูป ง-1
ว่า ถ้าชิ้นงานที่มีโอกาสแตกหักเนื่องจากความล้าแล้ว คุณภาพของผิวมีผลต่ออายุการใช้งานของ
ชิ้นงานนั้นมาก

ตัวประกอบของขนาด

การทดสอบหาขีดจำกัดความทนทาน ทำโดยใช้ชิ้นทดสอบขนาดมาตรฐาน เส้นผ่าน
ศูนย์กลาง 8 mm ถ้าขนาดหน้าตัดโตขึ้นไปอีก จะพบว่าขีดจำกัดความทนทานลดลง ดังนั้นจึง
ต้องมีตัวประกอบมาคูณค่าขีดจำกัดความทนทานจากชิ้นทดสอบมาตรฐาน เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสม
กับชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่กว่าชิ้นทดสอบ ซึ่งมีชื่อเรียกว่า ตัวประกอบของขนาด (size factor)
 k_b โดยแนะนำให้ใช้ค่าดังต่อไปนี้

$$k_b = 1.00 \text{ สำหรับ } d < 8 \text{ mm}$$

$$k_b = 0.85 \text{ สำหรับ } 8 < d < 50 \text{ mm}$$

$$k_b = 0.75 \text{ สำหรับ } d > 50 \text{ mm}$$

ตัวประกอบของขนาดนี้ใช้ได้ทั้งการดึง การบิด และการดัด ในกรณีที่มีชิ้นงานมีหน้าตัด
ไม่กลม ก็ให้คิดความยาวส่วนที่สั้นที่สุดของหน้าตัดนั้นเป็นหลัก

ตัวประกอบของแรง

จากการที่ได้ทราบมาแล้วว่า วัสดุทั่วไปมีคุณสมบัติในการรับความเค้นเฉือนได้น้อยกว่า
ความเค้นดึง หรือกด ในกรณีของขีดจำกัดความทนทานก็เช่นเดียวกัน จากการทดสอบจะพบว่า
ขีดจำกัดความทนทานสำหรับการเฉือนมีค่าน้อยกว่าการดัด ตัวประกอบที่ใช้ลดค่าขีดจำกัดความ
ทนทานจากการดัดนี้เรียกว่า ตัวประกอบของแรง (load factor) k_c โดยแนะนำให้ใช้ค่า
ดังต่อไปนี้

$$k_c = 1.00 \text{ สำหรับการดัด}$$

$$k_c = 0.80 \text{ สำหรับการดึงหรือการกด}$$

$$k_c = 0.60 \text{ สำหรับการเฉือน}$$

เพราะฉะนั้น สำหรับการดัด $\sigma_n = k_s k_b \sigma'_n$ (5.2 ก)

สำหรับการดึง $\sigma_n = (0.80) (\sigma'_n \text{ จากการดัด})$ (5.2 ข)

สำหรับการเฉือน $\tau_n = (0.60) (\sigma'_n \text{ จากการดัด})$ (5.2 ค)

ค่า σ_n หรือ τ_n นี้คือ ค่าความต้านแรงทนทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวประกอบความเค้นหนาแน่น

ความต้านแรงทงทานดังกล่าวมาแล้ว เป็นค่าสำหรับชิ้นงานที่มีหน้าตัดคงที่ ในกรณีที่ว-
ไปชิ้นงานอาจมีลักษณะขาดความต่อเนื่อง เช่น มีร่อง รู เจาะ หรือเปลี่ยนขนาด จึงทำให้ความ
เค้นที่เกิดขึ้นในบริเวณที่มีค่าสูงกว่าค่าที่คำนวณตามปกติ นั่นคือ

$$\sigma_{max} = K_t \sigma_o \tag{5.3}$$

โดยที่ σ_o เป็นค่าที่คำนวณจาก F/A Mc/I หรือ Tr/J โดยคิดพื้นที่หน้าตัดสุทธิ (net)
และ K_t มีชื่อเรียกว่าตัวประกอบความเค้นหนาแน่นทางทฤษฎี (theoretical stress con-
centration factor)

ค่า K_t นี้เป็นค่าที่ได้จากการทดลองชิ้นงานชนิดต่าง ๆ โดยใช้วัสดุพิเศษโดยเฉพาะ
เรียกว่า วัสดุยืดหยุ่นโปร่งแสง (photoelastic material) ซึ่งได้แสดงอยู่ในรูป ง-4 ถึง
ง-11 ตามปกติแล้วชิ้นงานจริงจะเป็นวัสดุที่แตกต่างไปจากวัสดุที่ใช้ทดลอง ดังนั้น ความไว
(sensitivity) ของวัสดุต่อการเพิ่มความเค้นบริเวณที่มี ร่อง รู หรือเปลี่ยนขนาดจึงแตกต่าง
กันไปด้วย เช่น เหล็กหล่อเป็นโลหะเนื้อพรุน จะเห็นจึงสัมพันธ์ต่อความเค้นหนาแน่นอยู่แล้ว ค่า
 K_t จึงควรเข้าใกล้ 1 (แสดงว่ามีความเค้นหนาแน่นเพิ่มขึ้น เนื่องจากความไม่ต่อเนื่องของชิ้น
งานอีกน้อยมาก) ดัชนีที่ใช้บอกถึงความไวของวัสดุต่อการเกิดความเค้นหนาแน่น นี้เรียกว่า
ความไวของรอยเจาะ (notch sensitivity) q ซึ่งมีนิยามว่า

$$q = \frac{K_f - 1}{K_t - 1} \tag{5.4 ก}$$

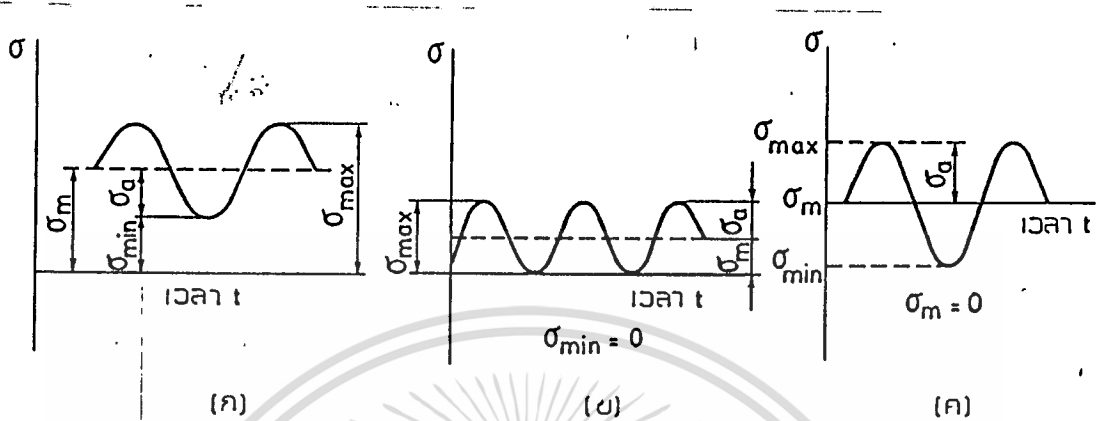
หรือ
$$= 1 + q(K_t - 1) \tag{5.4 ข}$$

โดยที่ K_f เป็นค่าตัวประกอบความเค้นหนาแน่นจริง (actual stress concentration
factor)

ถ้า $q = 0$ จะได้ $K_f = 1$ แสดงว่าไม่มีผลของความเค้นหนาแน่น เนื่องจากความ
ไม่ต่อเนื่องของชิ้นงานอยู่ด้วย แต่ถ้า $q = 1$ จะได้ $K_f = K_t$ ซึ่งแสดงว่าวัสดุมี
ความไวต่อความเค้นหนาแน่นเต็มที่ ค่าความไวของรอยเจาะนี้ได้แสดงอยู่ในรูป ง-2 และ
ง-3

ผู้ออกแบบบางท่านนิยมให้ $K_f = K_t$ (ค่าสูงสุดของตัวประกอบความเค้นหนาแน่น)
ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของชิ้นงาน ดังนั้นในกรณีที่มีข้อมูลไม่เพียงพอก็ควรใช้ $K_f = K_t$ แต่
ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้ออกแบบที่กำหนดค่า K_f ขึ้นมาใช้

เกณฑ์ของโซเดอร์เบอร์ก



รูป 5.4 การเปลี่ยนแปลงความเค้นแบบไซน์ซอยดัล

(ก) เป็นบวกตลอดเวลา (ข) กระทำซ้ำ (ค) กระทำกลับไปกลับมา

ในการออกแบบชิ้นงานโดยคิดถึงความล้า มักนิยมใช้วิธีการที่เรียกว่า เกณฑ์ของโซเดอร์เบอร์ก (Soderberg's criterion) เป็นส่วนมาก แต่ก่อนที่จะถึงวิธีการออกแบบดังกล่าว ให้มาพิจารณาถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงแรง (หรือความเค้น) และนิยมบางคำต่อไปนี้

ในชิ้นงานทั่วไปแล้ว แรงจะเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะที่ไม่อาจจะทราบได้อย่างแน่นอน แต่เพื่อให้สามารถคำนวณได้ จึงสมมุติให้แรงเปลี่ยนแปลงในลักษณะแบบไซน์ซอยดัล (sinusoidal) ดังรูป 5.4 (ก) แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงความเค้นซึ่งมีค่าเป็นบวก (ความเค้นถึง 0 ตลอดเวลา รูป 5.4 (ข) เป็นแบบกระทำซ้ำ คือเปลี่ยนแปลงจากค่าศูนย์ไปเป็นค่าสูงสุดแล้ววกกลับมาเป็นศูนย์อีก ส่วนในรูป 5.4 (ค) เป็นแบบกลับไปกลับมา คือเปลี่ยนแปลงจากค่าบวกสูงสุด ไปยังค่าลบสูงสุดที่มีขนาดเท่ากัน ถ้าให้อัตราส่วน

$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$$

โดยที่ σ_{min} เป็นความเค้นต่ำสุด และ σ_{max} เป็นความเค้นสูงสุด จะได้ว่า

$$R = 0 \text{ ในกรณีที่รูป 5.4 (ข)}$$

$$R = -1 \text{ ในกรณีที่รูป 5.4 (ค)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า นอกจากนี้ยังมีนิยามที่จำเป็นจะต้องทราบอีก คือ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นที่มิมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = \text{ความเค้นส่วนเปลี่ยนแปลง (Stress amplitude)}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} = \text{ความเค้นเฉลี่ย (mean stress)}$$

โดยที่ σ_a และ σ_m สามารถหาได้จากสมการ

$$\sigma_a = \frac{F_a}{A} \text{ หรือ } \frac{M_a c}{I} \text{ หรือ } \frac{\alpha F_a}{A} \text{ หรือ } \frac{T_a r}{J} \quad (5.5 ก)$$

$$\sigma_m = \frac{F_m}{A} \text{ หรือ } \frac{M_m c}{I} \text{ หรือ } \frac{F_m}{A} \text{ หรือ } \frac{T_m r}{J} \quad (5.5 ข)$$

ส่วนค่า F_a , M_a , T_a , F_m , M_m และ T_m หาค่าได้จากสมการ

$$F_a = \frac{F_{max} - F_{min}}{2} \quad (5.6 ก)$$

$$M_a = \frac{M_{max} - M_{min}}{2} \quad (5.6 ข)$$

$$T_a = \frac{T_{max} - T_{min}}{2} \quad (5.6 ค)$$

$$F_m = \frac{F_{max} + F_{min}}{2} \quad (5.6 ง)$$

$$M_m = \frac{M_{max} + M_{min}}{2} \quad (5.6 จ)$$

$$T_m = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \quad (5.6 ฉ)$$

ไซเคิลเบอร์เกอร์ไดพลอต (plot) จุดที่ได้จากการทดลองขึ้นตัวอย่างจนแตก

หักบนแกน $\sigma_a - \sigma_m$ แล้วโยงเส้น AB จากค่า $\sigma_a = \sigma_m$ และพบว่าจุดเหล่านี้อยู่นอกเส้น AB เป็นส่วนใหญ่ แสดงว่า ถ้าหาขนาดของชิ้นงานทำให้สภาพภาพของความเค้น

อยู่บนเส้น AB ชิ้นงานไม่แตกหักเนื่องจากความล้า ในการออกแบบจะเพิ่มค่าความปลอดภัย

N เข้าไปอีก ดังนั้นเส้น GE จึงเป็นเส้นที่ใช้ในการออกแบบ ดังรูป 5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ชิ้นงานมีความเค้นหนาแน่น ผู้ชำนาญการออกแบบได้แนะนำให้ใช้ตัวประกอบความเค้นหนาแน่น K_f กับ เท่านั้น ทั้งนี้เพราะถือว่า ความเค้นเฉลี่ย เปรียบเสมือนแรงที่อยู่หนึ่ง ไม่ทำให้ชิ้นงานเกิดความล้า ดังนั้นสมการ (5.7) และ (5.8) ในกรณีหลังนี้จึงกลายเป็น

$$\frac{1}{N} = \frac{\sigma_m}{\sigma_y} + \frac{K_f \sigma_a}{\sigma_n} \tag{5.9}$$

และ
$$\frac{1}{N} = \frac{\sigma_m}{\sigma_u} + \frac{K_f \sigma_a}{\sigma_n} \tag{5.10}$$

นอกจากสมการที่กล่าวมาแล้ว ยังมีสมการของเกอร์เบอร์ (Gerber) อีก แต่เนื่องจากเป็นสมการพาราโบลา ทำให้การคำนวณไม่ค่อยสะดวกจึงไม่เป็นที่ยอมรับใช้กันนัก ผู้อ่านที่สนใจอาจจะหาได้จากเอกสารอ่านประกอบหมายเลข 2 สมการที่ยอมรับใช้กันมากที่สุดคือ สมการ (5.9) ส่วนสมการ (5.10) ก็มีใช้กันบ้าง แต่จะใช้กับวัสดุเพราะเป็นส่วนใหญ่

สมการดังกล่าวมาแล้วสามารถใช้ได้ในกรณีที่ชิ้นงานรับแรงเฉือนหรือแรงบิด แต่ต้องแทนค่า ด้วย ดังนั้นสมการของไซเดอร์เบิร์ก (5.7) และ (5.9) สำหรับกรณีนี้จะกลายเป็น

$$\frac{1}{N} = \frac{\tau_m}{\tau_y} + \frac{\tau_a}{\tau_n} \tag{5.11}$$

และ
$$\frac{1}{N} = \frac{\tau_m}{\tau_y} + \frac{K_{fs} \tau_a}{\tau_n} \tag{5.12}$$

โดยที่ K_{fs} เป็นตัวประกอบความเค้นหนาแน่นของความเค้นเฉือน

การแตกหักเพราะความล้าเนื่องจากความเค้นผสม

ชิ้นงานจำนวนมากอาจอยู่ภายใต้แรงกระทำหลายชนิด เช่น แรงดึง แรงดัด และแรงบิด แรงบางส่วนหรือทั้งหมดที่กระทำต่อชิ้นงานอาจจะเปลี่ยนค่า จากค่าหนึ่ง ไปเป็นอีกค่าหนึ่งตลอดเวลา ดังนั้นการแตกหักที่เกิดขึ้นจึงเป็นผลมาจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ จากการที่มีความเค้นหลายชนิดในชิ้นงาน จึงต้องรวมความเค้นเหล่านี้ แล้วใช้ทฤษฎีความเสียหายมาเป็นรากฐานในการคำนวณหาขนาดของชิ้นงาน สมการ (5.9) และ (5.12) สามารถจัดรูปใหม่ได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้นำไปเผยแพร่ในสื่อใดๆ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sigma_{eq} = \frac{\sigma_n \sigma_m}{\sigma_y} + K_f \sigma_a \tag{5.13}$$

$$\tau_{eq} = \frac{\tau_n \tau_m}{\tau_y} + K_{fs} \tau_a \tag{5.14}$$

โดยที่ $\sigma_{eq} = \frac{\sigma_n}{N}$ และ $\tau_{eq} = \frac{\tau_n}{N}$ เรียกว่าความเค้นสมมูล (equivalent stress) และเป็นค่าที่อาจจะใช้บอกถึงความปลอดภัยจากความล้าของชิ้นงานได้

จากทฤษฎีความเสียหายในบทที่ 4 สมการ (4.12 ค) ซึ่งเป็นทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดและความเค้นเฉือนออกดัดเว้า คือ

$$\frac{1}{N} = \left[\left(\frac{\tau}{\tau_y} \right)^2 + \left(\frac{\sigma}{\sigma_y} \right)^2 \right]^{1/2}$$

ในการใช้สมการสำหรับความล้าให้แทนค่าในสมการข้างบน ดังนี้

$$\begin{array}{l} \tau \text{ แทนด้วย } \tau_{eq} \qquad \sigma \text{ แทนด้วย } \sigma_{eq} \\ \tau_y \text{ แทนด้วย } \tau_n \qquad \sigma_y \text{ แทนด้วย } \sigma_n \end{array}$$

ดังนั้นสมการที่ใช้ในการคำนวณ คือ

$$\frac{1}{N} = \left[\left(\frac{\tau_{eq}}{\tau_n} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{eq}}{\sigma_n} \right)^2 \right]^{1/2} \tag{5.15}$$

โดยที่ σ_{eq} และ τ_{eq} หาค่าได้จากสมการ (5.13) และ (5.14)

โดยทั่วไปแล้วมักจะใช้ค่าโดยประมาณของ τ_n / τ_y เท่ากับ σ_n / σ_y

จะนี้ถือว่าเป็นทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดแล้ว

$$\tau_y = 0.5 \sigma_y \text{ และ } \tau_n = 0.5 \sigma_n \tag{5.16}$$

ส่วนทฤษฎีความเค้นเฉือนออกดัดเว้า

$$\tau_y = 0.577 \sigma_y \text{ และ } \tau_n = 0.577 \sigma_n \tag{5.17}$$

แต่ถ้าใช้ค่า $\tau_y = 0.6 \sigma_y$ แล้ว $\tau_n = 0.6 \sigma_n$ ด้วย ก็จะเป็นการใช้ตามคำแนะนำในการใช้ตารางดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 1 โดยมีได้ยึดถือทฤษฎีความเสียหายใด ๆ โดยเฉพาะ อย่างไรก็ตามค่าทั้งสามชุดนี้ก็จะให้ขนาดของชิ้นงานที่ใกล้เคียงกันมาก

ในการใช้ทฤษฎีความเสียหายกับความล้าที่เกิดจากความเค้นผสมนี้ ค่าความเค้น

σ_m , τ_m , σ_a และ τ_a อาจจะมาจากรวมหลายชนิด เช่น

$$\sigma_m = \frac{F_m}{A} + \frac{M_m c}{I}$$

เป็นต้น หรือแรงบางแรงอาจจะเป็นแบบอื่นก็ได้ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาอีกด้วยว่าลักษณะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การเปลี่ยนแปลงของแรงต่าง ๆ จะทำให้เกิดความเค้นที่เสริมกัน (in phase) หรือไม่ ถ้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีแนวโน้ม

ความเค้นเสริมกัน จึงจะสามารถนำมารวมกันโดยตรงได้ ซึ่งก็จะต้องอาศัยการพิจารณาถึงปัญหาจริงอย่างถ่องแท้

การออกแบบเพลากายใต้แรงเปลี่ยนแปลง

การออกแบบเพลากายโดยคิดถึงแรงที่เปลี่ยนแปลงขนาดเป็นวัฏจักร ก็สามารถกระทำได้ตามวิธีการออกแบบสำหรับความล้าที่ได้กล่าวมาแล้วในบทก่อนคือ

$$\frac{1}{N} = \left[\frac{(\tau_{eq})^2}{\tau_n} + \frac{(\sigma_{eq})^2}{\sigma_m} \right]^{1/2}$$

แทนค่า σ_{eq} และ τ_{eq} จากคำจำกัดความเดิมลงในสมการข้างบนนี้ จะได้ว่า

$$\frac{1}{N} = \left[\left(\frac{\sigma_m}{\sigma_y} + K_f \frac{\sigma_a}{\sigma_n} \right)^2 + \left(\frac{\tau_m}{\tau_y} + K_{fs} \frac{\tau_a}{\tau_n} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (9.18)$$

ในกรณีที่ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด $\tau = \frac{\tau_y}{N} = \frac{\sigma_y}{2N}$ จะเห็นด้วย τ_y ในสมการ (9.18) จะได้สมการสำหรับออกแบบอีกรูปหนึ่งคือ

$$\tau = \frac{1}{4} \left[\left(\sigma_m + K_f \frac{\sigma_y \sigma_a}{\sigma_n} \right)^2 + \left(\tau_m + K_{fs} \frac{\tau_y \tau_a}{\tau_n} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (9.19)$$

ถ้าไม่มีแรงดึงหรือกด F กระทำต่อเพลาลวง จากสมการ (9.2) และ (9.3) จะได้

$$\sigma_m = \frac{32 M_m}{\pi d^3 (1 - K^4)} \quad \sigma_a = \frac{32 M_a}{\pi d^3 (1 - K^4)} \quad (9.20)$$

$$\tau_m = \frac{16 T_m}{\pi d^3 (1 - K^4)} \quad \tau_a = \frac{16 T_a}{\pi d^3 (1 - K^4)} \quad (9.21)$$

แทนค่าสมการ (9.20) และ (9.21) ลงในสมการ (9.19) แล้วจัดรูปใหม่จะได้

$$\tau = \frac{16}{\pi d^3 (1 - K^4)} \left[\left(M_m + K_f \frac{\sigma_y}{\sigma_n} M_a \right)^2 + \left(T_m + K_{fs} \frac{\tau_y}{\tau_n} T_a \right)^2 \right]^{1/2} \quad (9.22)$$

สมการ (9.22) นี้ก็เป็นสมการสำหรับใช้ออกแบบเพลากายใต้แรงเปลี่ยนแปลง

ในอีกรูปแบบหนึ่ง โดยอาศัยทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต หากต้องการข้อมูลเพิ่มเติมหรือมีข้อสงสัย กรุณาติดต่อฝ่ายวิชาการ โทร. 0-2916-1111 หรือ 0-2916-1112

$$\tau = \frac{\tau_y}{N} = \frac{0.577 \sigma_y}{N} = \frac{\sigma_y}{N \sqrt{3}}$$

ก็สามารถที่จะหารูปสมการทำนองเดียวกันกับสมการ (9.22) ได้โดยเริ่มแทนค่าลงในสมการ (9.18) แล้วรวมพจน์ในทำนองเดียวกัน ซึ่งจะได้ว่า (ผู้อ่านควรทดลองทำดูเอง)

$$\tau = \frac{16}{\pi d^3 (1-K^4)} \left[\frac{4}{3} (M_m + K_f \frac{\sigma_y}{\sigma_n} M_u)^2 + (T_m + K_{f_t} \frac{\tau_y}{\tau_n} T_u)^2 \right]^{1/2} \quad (9.23)$$

ซึ่งเป็นสมการที่สามารถใช้ในการออกแบบได้ อย่างไรก็ตามการที่จะถือทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด หรือทฤษฎีความเค้นเฉือนออกต๊ะฮิลล์เป็นหลักในการออกแบบ ก็อาจใช้สมการ (9.18) เพียงสมการเดียวได้ โดยที่จะต้องเลือกใช้ค่า τ_y และ τ_n ให้ถูกต้องกับทฤษฎีเท่านั้น



บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

การคำนวณเฟือง

เลือกใช้เฟืองระบบ 20°FD พิเนียนและเฟืองมี 20 และ 60 ฟัน ตามลำดับ ความเร็วรอบของพิเนียน 1440/4 rpm เฟืองคู่นี้ทำมาจากเหล็กกล้าคาร์บอน SAE 1045 มีโมดูล 2 mm และความกว้างฟันเฟือง 20 mm

วิธีทำ

วงกลมพิทช์ของพิเนียน

$$d_p = N_p m = 20(2) = 40 \text{ mm}$$

ความเร็วพิทช์

$$V = \pi d_p N_p = 3.14(40/1000)(1440/4 \times 60) = 0.75 \text{ m/s}$$

ตัวประกอบความเร็ว

$$K_v = (3+V)/3 = (3+0.75)/3 = 1.25 \text{ m/s}$$

จากสมการ (2.22) แรงพลวัต

$$F_d = K_v F_t = 1.25 F_t \text{ N}$$

จากตาราง 2.3 และ 2.4 โดยสมมติว่าแรงกระทำที่ปลายฟัน

$$Y_p = 0.320 \quad \sigma = 207 \text{ N/mm}^2 \quad \text{HB} = 215$$

สมมติให้ $K_f = 1.5$ ดังนั้นเมื่อคิดเฉพาะความแข็งแรงของฟัน แรงที่ฟันเฟืองควรจะได้รับ หาได้จากสมการ (2.19) คือ

$$F_b = \sigma b Y_m / K_f = 207(20)(0.320)(2)/1.5 = 1766 \text{ N}$$

กำลังงานส่งผ่านเฟืองมีค่าสูงสุด เมื่อ $F_b = F_d$ นั่นคือ

$$1.25 F_t = 1766 \text{ N}$$

$$F_t = 1412.8 \text{ N}$$

กำลังงานสูงสุด

$$W_p = F_t V = 1412.8(0.75) = 1059.6 \text{ W}$$

เมื่อคิดแรงกร่อนใช้งาน

$$F_w = d_p d Q K$$

จากตาราง 2.6 เมื่อวัสดุของพิเนียนและเฟืองเป็น เหล็กกล้าคาร์บอน SAE 1045

$$K = 0.719 \text{ N/mm}^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเฟืองนอก จากสมการ

$$Q = 2N_2 / (N_p + N_2) = 2(60) / (60+20) = 1.5$$

ดังนั้น

$$F_w = 40(20)(1.5)(0.719) = 862.8 \text{ N}$$

ถ้าจะให้ส่งกำลังงานได้สูงสุด เมื่อ $F_w = F_d$ แล้วจะได้

$$1.25F_c = 862.8 \text{ N}$$

$$F_c = 690 \text{ N}$$

กำลังงานสูงสุด

$$W_p = F_c V = 690(0.75) = 517.5 \text{ W}$$

จะเห็นว่าแรง F_c ที่ได้มีค่าน้อยกว่าค่าที่คำนวณ โดยคิดเฉพาะความแข็งแรงของฟัน ดังนั้น กำลังงานสูงสุดที่เฟืองคู่นี้ จะใช้ส่งได้เท่ากับ 517.5 W (ดังนั้นเราสามารถใส่เฟืองคู่นี้ส่งกำลังจากมอเตอร์ ขนาด 373 W หรือ 1/2 HP ได้)

การคำนวณสายพานส่งกำลัง

ต้องการส่งกำลังจากมอเตอร์กระแสสลับ 373 KW ความเร็วรอบ 1440 rpm ไปยังเพลาชักที่ใช้งานวันละ 8 ชั่วโมง ความเร็วรอบ 360 rpm ให้คำนวณหา

- ขนาดของสายพาน
- จำนวนร่องของสายพาน
- ระยะห่างระหว่าง Center to Center

วิธีทำ

หาขนาดหน้าตัดของสายพาน โดยใช้รูป 10.21

$$\text{กำลังที่ต้องการส่ง } W_p = 0.373 \text{ kw}$$

$$\text{จากตาราง 10.20 ตัวประกอบใช้งาน } N_u = 1.2$$

$$\text{ดังนั้น } W_p \cdot N_u = 0.373(1.2) = 0.448 \text{ kw}$$

จากรูป 10.21 เลือกสายพานหน้าตัด A

$$\text{อัตราทด } m_w = n_1/n_2 = 1440/360 = 4$$

เลือกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางล้อสายพานเล็ก จากตาราง 10.16

$$\text{ให้ } d_p = 50 \text{ mm}$$

$$\text{ดังนั้น } D_p = m_w \cdot d_p = 4(50) = 200 \text{ mm}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษานี้เท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ทดลอง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาความยาวพิกซ์โดยประมาณ จากสมการ (10.34)

$$\begin{aligned}
 L_p &\approx 2C + 1.57(D_p + d_p) + \{(D_p - d_p)^2 / 4C\} \\
 &\approx 2(400) + 1.57(200 + 50) + (200 - 50)^2 / 4(200) \\
 &= 820 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

จากตาราง 10.24 เลือกใช้สายพาน L_p 855 mm

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางคำนวณได้จากสมการ (10.35)

$$\begin{aligned}
 C &\approx p + (p^2 - q)^{1/2} \\
 p &\approx 0.25L_p - 0.393(D_p + d_p) \\
 &\approx 0.25(855) - 0.393(200+50) \\
 &= 115.5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q &\approx 0.125(D_p - d_p)^2 \\
 &\approx 0.125(200 - 50)^2 \\
 &= 2812.5
 \end{aligned}$$

$$C \approx 115.5 + \{(115.5)^2 - (2812.5)\}^{1/2}$$

ส่วนโค้งสัมผัส

$$(D_p - d_p)/C = (200 - 50) / 218 = 0.69$$

จากตาราง 10.21 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส

$$N_u \approx 0.89$$

จากตาราง 10.24 ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน

$$N_1 \approx 0.81$$

และสำหรับดล้อสายพานขนาด 50 mm อัตราทด $m_u = 4$ และ $n = 1440 \text{ rpm}$

จากตาราง 10.24

$$P_R \approx 0.95 \text{ kw ต่อ เส้น}$$

จากสมการ (10.39)

$$\begin{aligned}
 z &= W_p \cdot N_u \cdot / (P_R \cdot N_u \cdot N_1) \\
 &= 0.373 (1.2) / 0.95(0.89)(0.81) \\
 &= 0.65
 \end{aligned}$$

ดังนั้นเลือกใช้ขนาดสายพานหน้าตัด A x 855 จำนวน 1 เส้น

จากสมการ (10.3) มุมสัมพันธ์ของสายพาน

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \pi - 2 \sin^{-1} \{(D_p - d_p)/2C\} \text{ rad} \\ &= \pi - 2 \sin^{-1} \{(200-50)/2(218)\} \text{ rad} \\ &= 139.75^\circ \end{aligned}$$

ความเร็วสายพาน

$$V = \pi d_p n = (50/1000)(1440/60) = 3.77 \text{ m/s}$$

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง

$$F = W_p / V = 373/3.77 = 98.9 \text{ N}$$

จากตาราง 10.18 $k_1 = 1.5$

จากตาราง 10.19 $k_2 = 0.217$

$$\sin \alpha / 2 = 0.9389$$

$$V^2 = 14.21$$

จากสมการ 10.38 แรงดึงขึ้นต้นในสายพาน

$$\begin{aligned} F_1 &= (k_1 F + z k_2 V^2) \sin \alpha / 2 \\ &= \{1.5(98.9) + 1(0.217)(14.21)\} (0.9389) \\ &= 142.18 \text{ N} \end{aligned}$$

จากสมการ 10.37

$$\begin{aligned} F_w &= k_1 \cdot F \cdot \sin \alpha / 2 \\ &= 1.5 (98.9) (0.9389) = 139.3 \text{ N} \end{aligned}$$

จากสมการ

$$F = F_1 - F_2 = 98.9 \text{ N}$$

ให้แรงดึงในแนวแกน

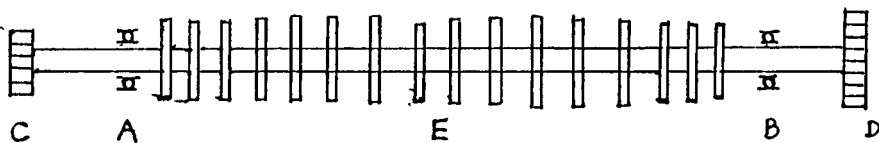
$$F_w = F_1 + F_2 = 139.3 \text{ N}$$

$$F_1 = 119.1 \text{ N}$$

$$F_2 = 20.2 \text{ N}$$

$$F_1 / F_2 = 5.89$$

การคำนวณเพลาค



รูป เพลาคับเฟืองตัดกระดาด

เฟือง C มี $d_p = 80 \text{ mm.}$

เฟือง D มี $d_p = 120 \text{ mm.}$

เฟืองตัดกระดาด (E) มี $d_p = 90 \text{ mm.}$

มอเตอร์ 1/2 HP 1440 rpm

วิธีทำ

เฟือง D เป็นเฟืองรับกำลังจากมอเตอร์ 10 %

$$\begin{aligned}
 T_D &= P/2\pi n \\
 &= 373/2(3.14) (1440/12 \times 60) \\
 &= 29.7 \text{ N.m.}
 \end{aligned}$$

เฟืองตัดกระดาด (E) ซึ่งกำลังออกไป 50 %

$$\begin{aligned}
 T_E &= 0.5 P/2\pi n \\
 &= 0.5 (373) / 2(3.14) (2) \\
 &= 14.85 \text{ N.m.}
 \end{aligned}$$

เฟือง C ส่งกำลังออกไป 50 %

$$\begin{aligned}
 T_C &= 0.5 P/2\pi n \\
 &= 0.5 (373) / 2(3.14) (2) \\
 &= 14.85 \text{ N.m.}
 \end{aligned}$$

แรงในแนวสัมผัสบนเฟือง C , D , E หาได้จาก

$$F_{CT} = T_C/r_C = 14.85/ (0.08/2) = 371 \text{ N}$$

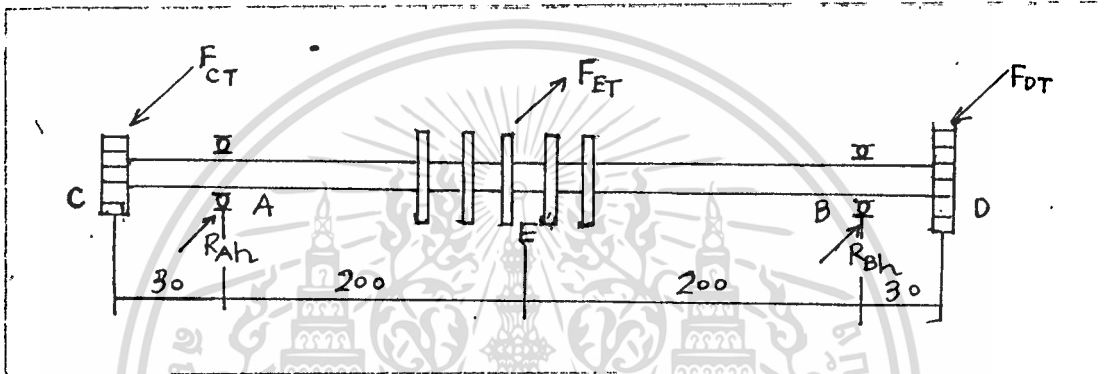
$$F_{DT} = T_D/r_D = 29.7/ (0.12/2) = 495 \text{ N}$$

$$F_{ET} = T_E/r_E = 14.85/ (0.09/2) = 330 \text{ N}$$

แรงในแนวตั้งฉากบนเฟือง C, D และ E หาได้จาก
ผลคูณของแรงในแนวเส้นสัมผัสกับค่า \tan ของมุมกด
ดังรูป 9.7 ดังนี้

$$\begin{aligned} F_{CN} &= F_{CT} \tan 20^\circ = 371 \tan 20^\circ = 135 \text{ N} \\ F_{DN} &= F_{DT} \tan 20^\circ = 495 \tan 20^\circ = 180 \text{ N} \\ F_{EN} &= F_{ET} \tan 20^\circ = 330 \tan 20^\circ = 120 \text{ N} \end{aligned}$$

พิจารณาแรงในแนวระดับ



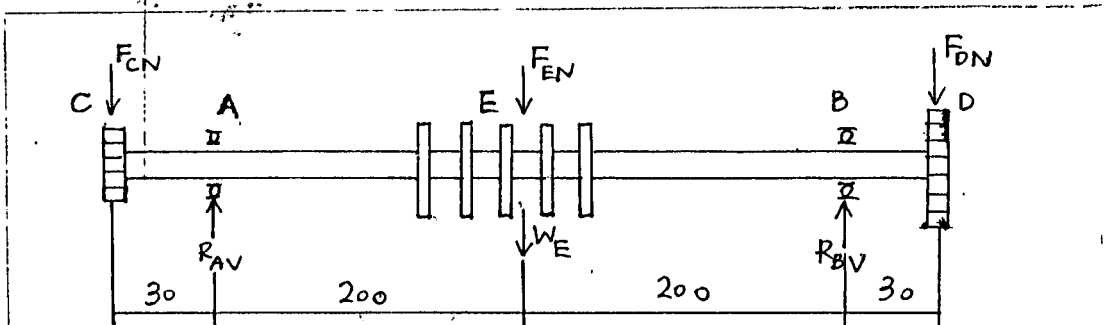
พิจารณาโมเมนต์รอบจุด A

$$\begin{aligned} F_{DT} (430) &= F_{CT} (30) + F_{ET} (200) + R_{Bh} (400) \\ R_{Bh} &= [(495 \times 430) - (371 \times 20) - (330 \times 200)] / 400 \\ &= 339 \text{ N} \end{aligned}$$

พิจารณา $\Sigma F_x = 0$

$$\begin{aligned} F_{CT} + F_{DT} &= R_{Ah} + R_{Bh} + F_{ET} \\ R_{Ah} &= F_{CT} + F_{DT} - F_{ET} \\ &= 197 \text{ N} \end{aligned}$$

พิจารณาแรงในแนวตั้ง



$$W_E = \text{แรงเนื่องจากน้ำหนักของชุดเฟือง} = 50 \text{ N}$$

คิดโมเมนต์รอบจุด A

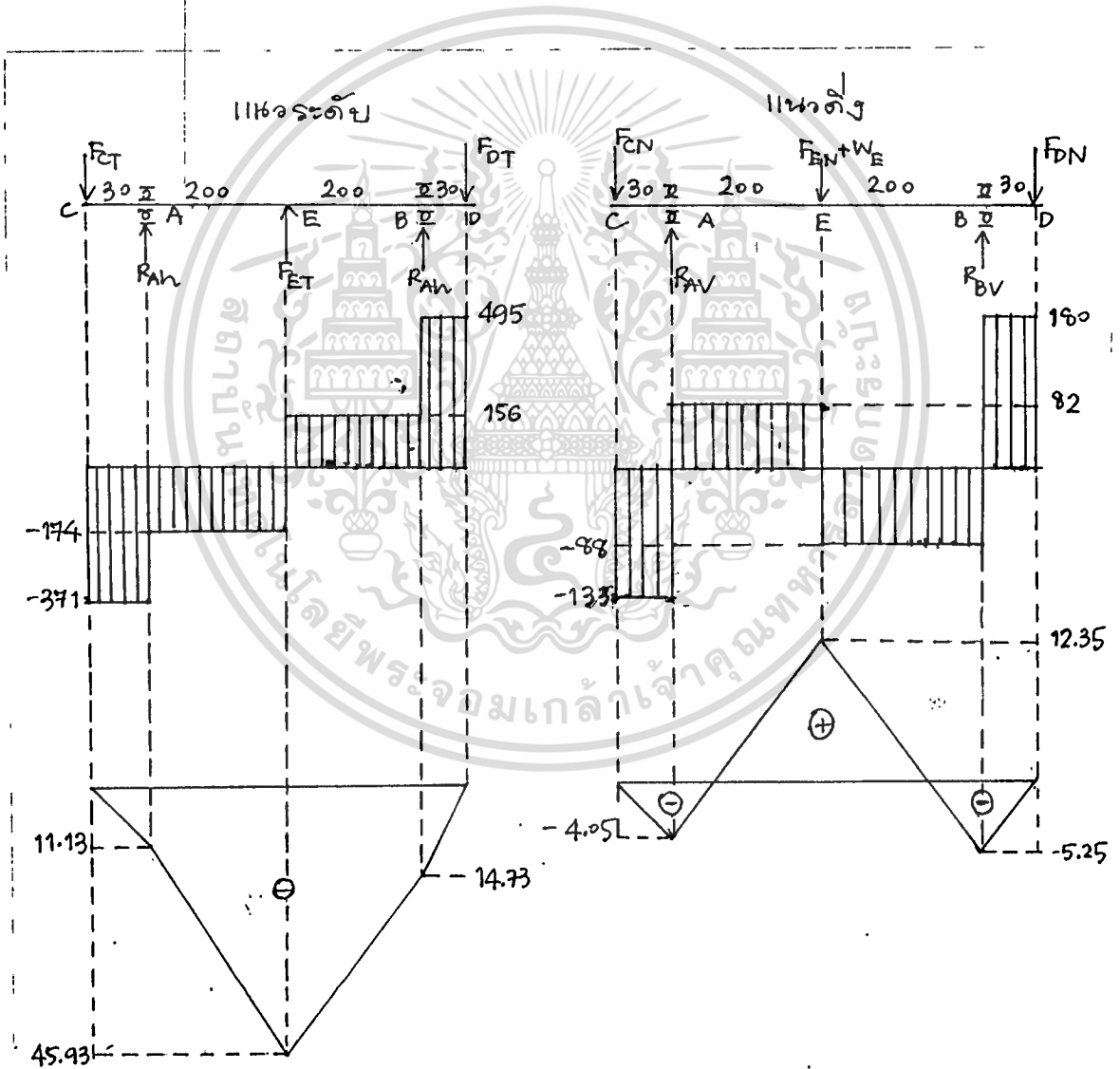
$$(R_{BV} \times 400) + (F_{CN} \times 30) = (F_{EN} + W_E) (200) + F_{DN} (430)$$

$$R_{BV} = 268 \text{ N}$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_{AV} = F_{CN} + F_{EN} + F_{DN} - R_{BV} + W_E$$

$$= 135 + 120 + 180 - 268 + 50 = 271 \text{ N}$$



โมเมนต์ดัดสูงสุดเกิดที่ E ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$M_E = [(45.93)^2 + (12.35)^2]^{1/2} = 47.56 \text{ Nm}$$

นั่นคือ $M_{max} = -M_{min} = 47.56 \text{ Nm}$.

$$M_m = 0 \text{ และ } M_u = 47.56 \text{ Nm}.$$

ค่าโมเมนต์บิดเกิดที่ D แต่เนื่องจากทุกส่วนของผิวนอกของเพลารับแรงบิดในทิศทางเดียวกันเสมอ

$$T_u = 0, T_m = T_D = 26.7 \text{ Nm}.$$

ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนออกดัดบิด จากสมการ (9.23) $K = 0$ เนื่องจากเป็นเพลาดัน

$$\tau = [16/\pi d^3] [4/3(K_{fs} \frac{\sigma_y}{\sigma_u} M_u)^2 + (T_m)^2]^{1/2}$$

เพลามีร่องตื้น $K_{fs} = 1.6$ และเพลาดัดกลิ้ง

จากรูป ง-1 ตัวประกอบผิว $K_u = 0.89$ และให้เพลามีขนาด $8 < d < 50$

$$K_b = 0.85$$

กำหนดให้ใช้ St. 42

$$\sigma_n = 410 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_y = 255 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_n = (0.5 \sigma_u) K_u K_b$$

$$= (0.5) (410) (0.89) (0.85)$$

$$= 155 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \tau_y N = (0.577) (255) / 1.8 = 81 \text{ N/mm}^2$$

แทนค่าทั้งหมดในสมการของการเสียหาย

$$d = 0.02 \text{ m} = 20 \text{ mm}.$$

แต่เลือกใช้เพลขนาด 29.5 mm. ซึ่งเป็นขนาดที่จะทำให้ใบเฟืองตัดกระดาดไม่บิดซ้ายขวา และจะทำให้มีค่า sf ที่ปลอดภัยกว่า และเหมาะสมกับขนาดของใบเฟืองตัดกระดาดที่มีอยู่แล้ว

บทที่ 4

การทดลอง

จะเป็นการหาค่าจำนวนกระดาษที่สามารถตัดได้สูงสุดครึ่งละกี่แผ่น โดยการใส่กระดาษ (A4) เข้าไปในเครื่องเพิ่มขึ้นครึ่งละ 1 แผ่น จนกระทั่งเครื่องไม่สามารถตัดกระดาษได้ จึงหยุดการทดลอง เราก็จะได้ค่า maximum load ของเครื่องตัดกระดาษ

ผลการทดลอง

เครื่องตัดกระดาษเครื่องนี้สามารถตัดกระดาษได้สูงสุด 9 แผ่น



บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

จำกัการทดลองจะเห็นได้ว่า เราสามารถตัดกระดาษได้สูงสุดครั้งละ 9 แผ่น แต่เพื่อความปลอดภัยของเครื่องแล้ว เราควรจะตัดกระดาษ ครั้งละ 6 - 7 แผ่น

ปัญหาที่สำคัญของเครื่อง คือ

1. เวลาใช้งานจะมีเสียงดัง เกิดจากการเสียดสีกันของใบเฟืองตัดกระดาษ ทำให้แรงเฉือนในการตัดกระดาษน้อยลง เนื่องจากชุดเฟืองตัดกระดาษต้องการความเที่ยงตรงมาก แต่ในการผลิตแบบอุตสาหกรรม ทำให้ขนาดชิ้นงานไม่เที่ยงตรง

2. สายพานลิ้มที่ใช้ส่งกำลัง ไม่ใช่สายพานชนิดดีที่สุด แต่เหมาะสมที่จะใช้ เนื่องจากหาซื้อง่าย ราคาไม่แพง และสะดวกในการซ่อมแซมเวลาเสีย

3. บริเวณทางออกของกระดาษที่ถูกต้องมีเพลลาขวางอยู่ ทำให้เศษกระดาษไม่พุ่งออกมา แต่จะไปกองบริเวณทางออกแทน

4. ช่องระบายความร้อนมีน้อย ทำให้มอเตอร์ร้อนเร็วเวลาใช้งาน

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเครื่อง คือ

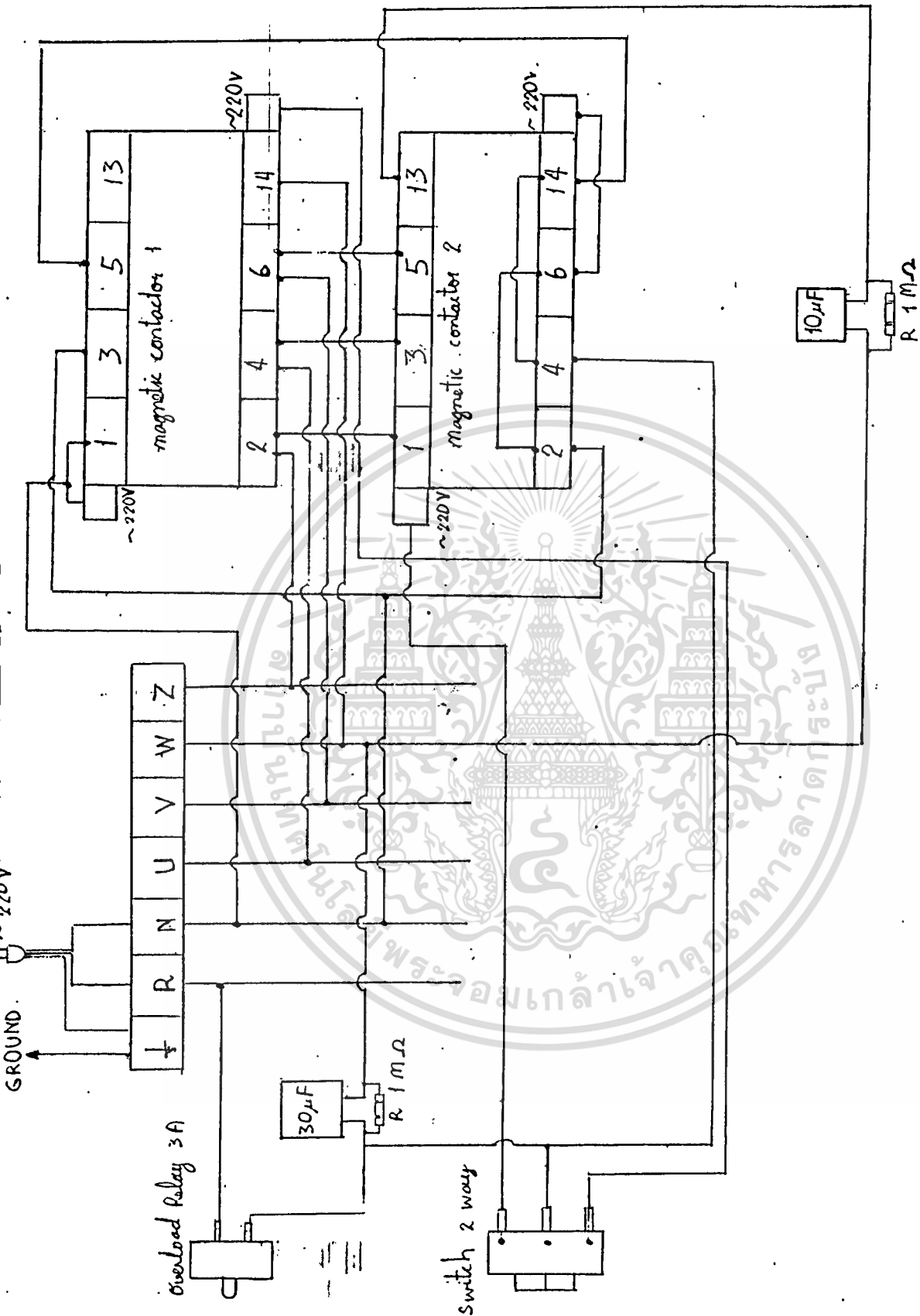
1. เราอาจจะออกแบบให้ชุดเฟืองตัดกระดาษขยับได้ จะช่วยลดแรงเสียดทานลง ทำให้ตัดกระดาษได้มากขึ้น แต่จะมีเสียงดังมากขึ้น เนื่องจากการสั่นของชุดเฟืองตัด

2. เปลี่ยนสายพานจาก V - Belt เป็น Timing Belts

3. ออกแบบเพลลาที่ขวางอยู่ตรงทางออกของเศษกระดาษ ให้ไปอยู่บริเวณอื่น

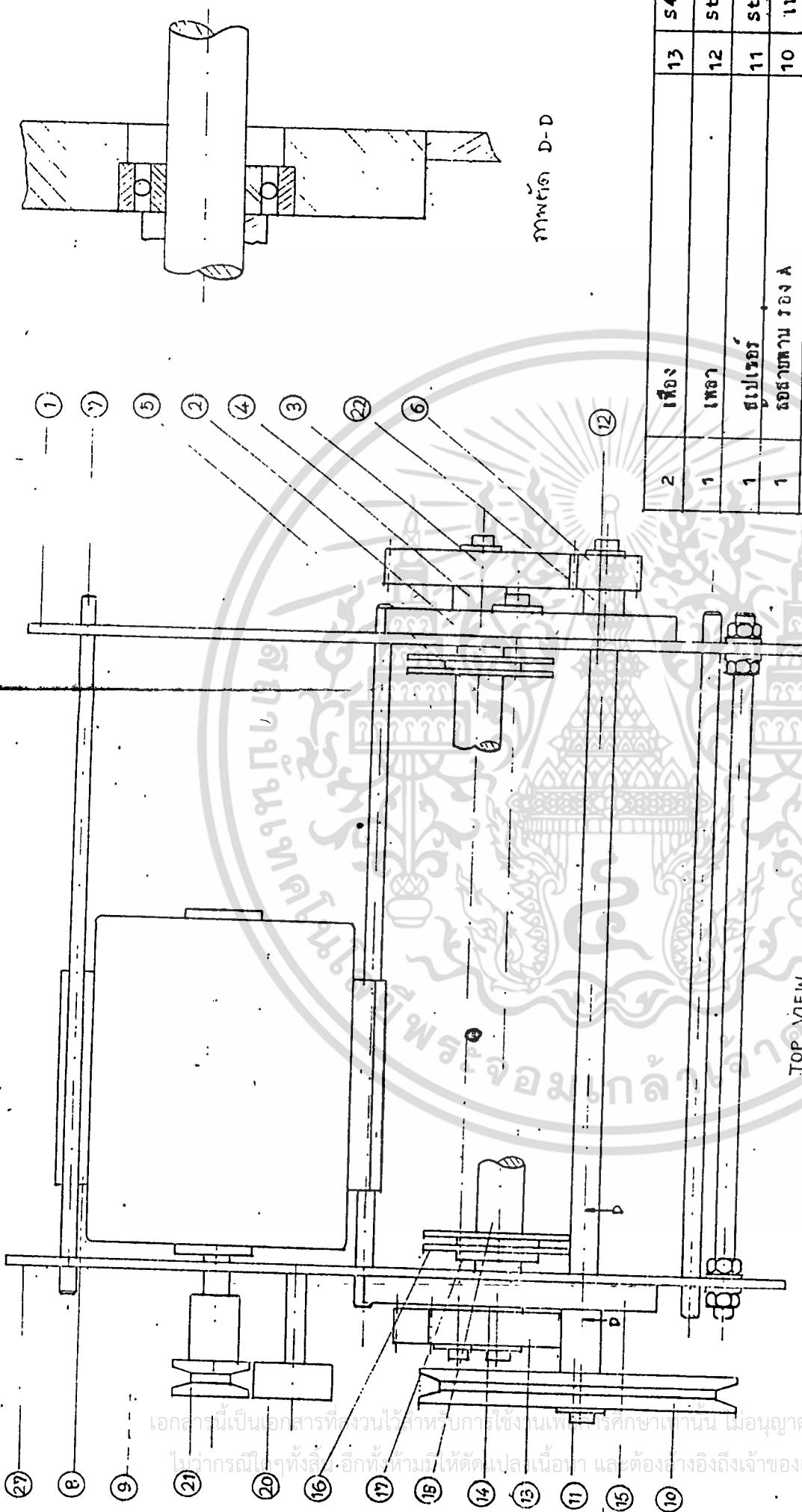
4. ออกแบบกรอบปิดเครื่องให้มีระบายความร้อนได้ดี

จำกันี้



No. of Piece	Nomenclature	Pos No.	Mat/Dim/Misc.
	ตัวควบคุมมอเตอร์		
List of Parts			
King Mongkut's Institute of Technology			
Scale	Name:	Date:	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

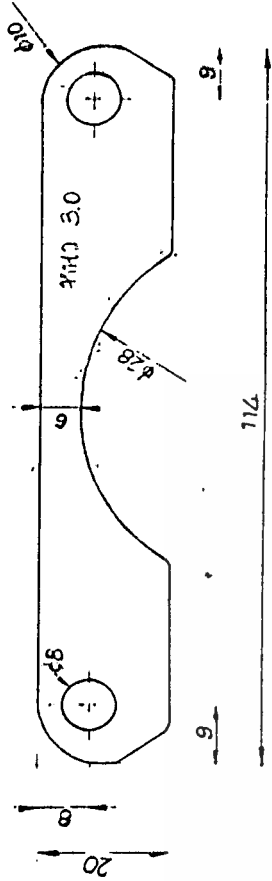


No. of Piece	Nomenclature	Pos No.	Mat/Dim/Misc.
2	เฟือง	13	S45C
1	เพลา	12	St 42
1	สเปโรร	11	St 37
1	ดอกสว่าน ร่อง A	10	เหล็กหล่อ / D 200
1	นอเทอ	9	1/2 HP
1	ฐานรองนอเทอ	8	St 37
5	เพลาขับ	7	St 42
1	เฟือง	6	S45C
1	เหลาดวง	5	St 42
2	สเปโรร	4	St 37
1	เฟือง	3	S45C
1	แขนวงกลมขวา	2	St 37
1	แขนบิดขวา	1	St 37
List of Parts			
King Mongkut's Institute of Technology			
Scale			
Name:			
Date:			

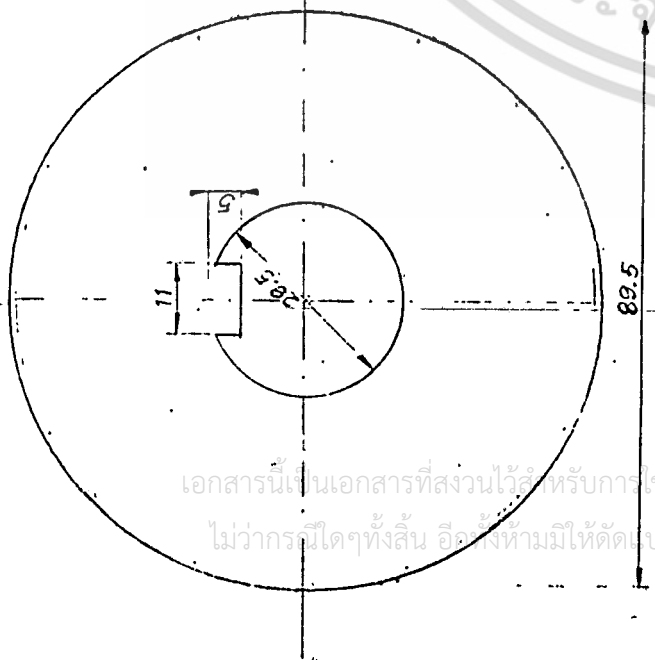
No. of Piece	Nomenclature	Pos No.	Mat/Dim/Misc.
2	Ball Bearing	26	D ₁ 47/D ₀ 35/หนา 10
1	แขนบิดขวา	27	St 37
1	สเปโรร	22	St 37
1	ดอกสว่าน	21	
1	ดอกสว่านทาน	20	
1	เพลาขับ	18	St 42
100	แขน	17	St 00
100	เฟืองทึบกระดาก	16	S45C
1	แขนวงกลมขวา	15	St 37
2	สเปโรร	14	St 37
List of Parts			
King Mongkut's Institute of Technology			
Scale			
Name:			
Date:			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไปวารณี่ใดทางสิ่งอื่นที่ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

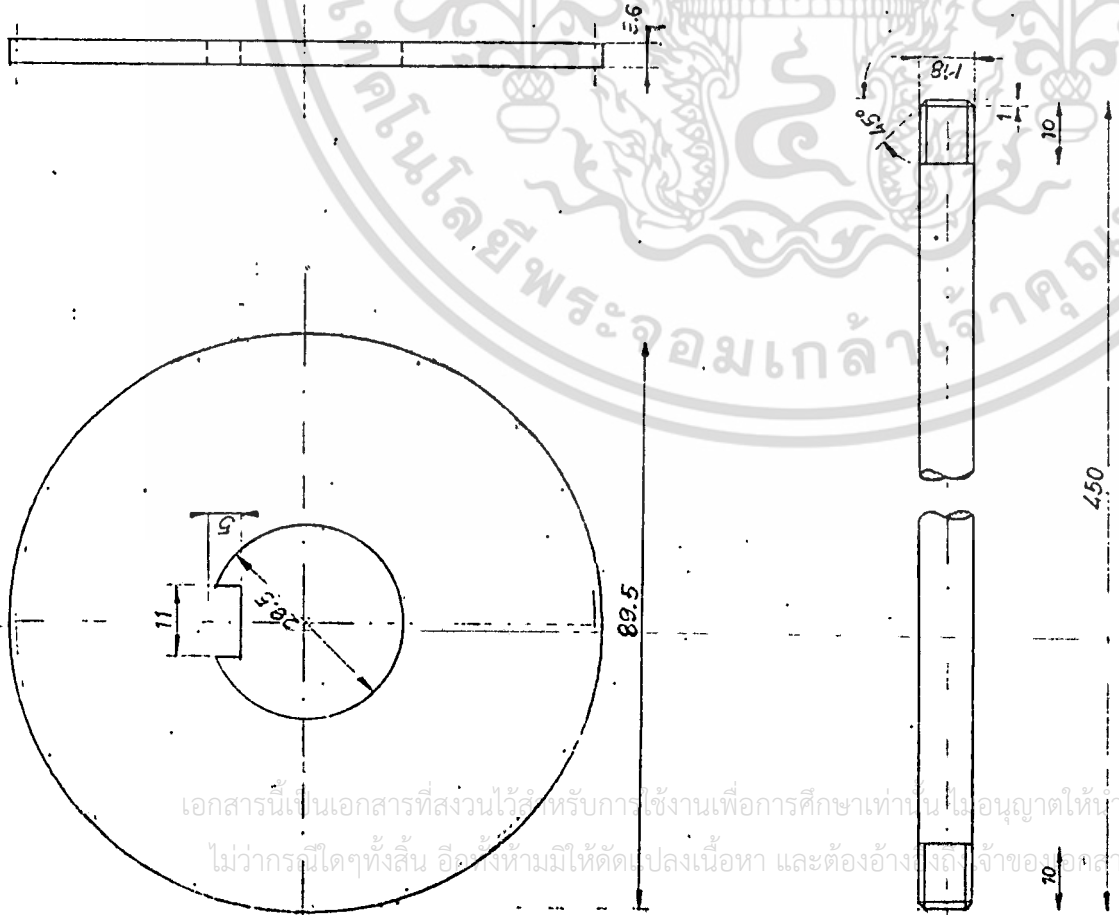
25



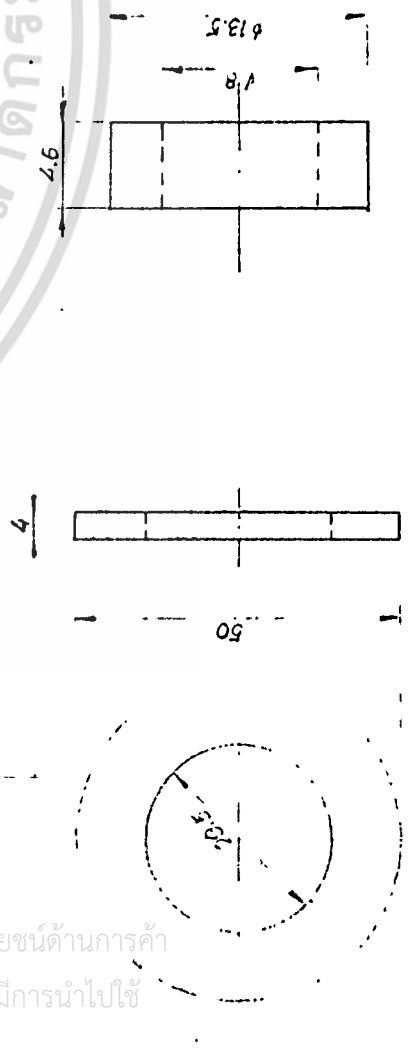
16



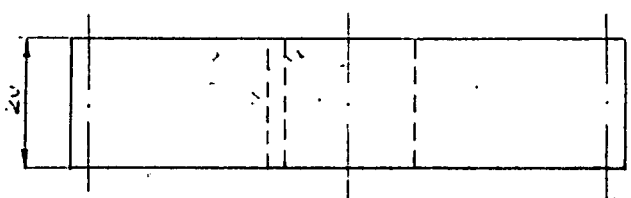
29



17



26



No. of Piece	Nomenclature	Pos No.	Mat/Dim/Misc.
100	สเปซเซอร์	26	ทองแดง / D ₁ 8
100	ตุ้มนกกระดาษ	25	St 00
4	เพลต	19	St 42
100	แหวน	17	St 00
100	เฟืองตักกระดาษ	16	S45C
2	เฟือง	13	S45C

List of Parts

King Mongkut's Institute of Technology

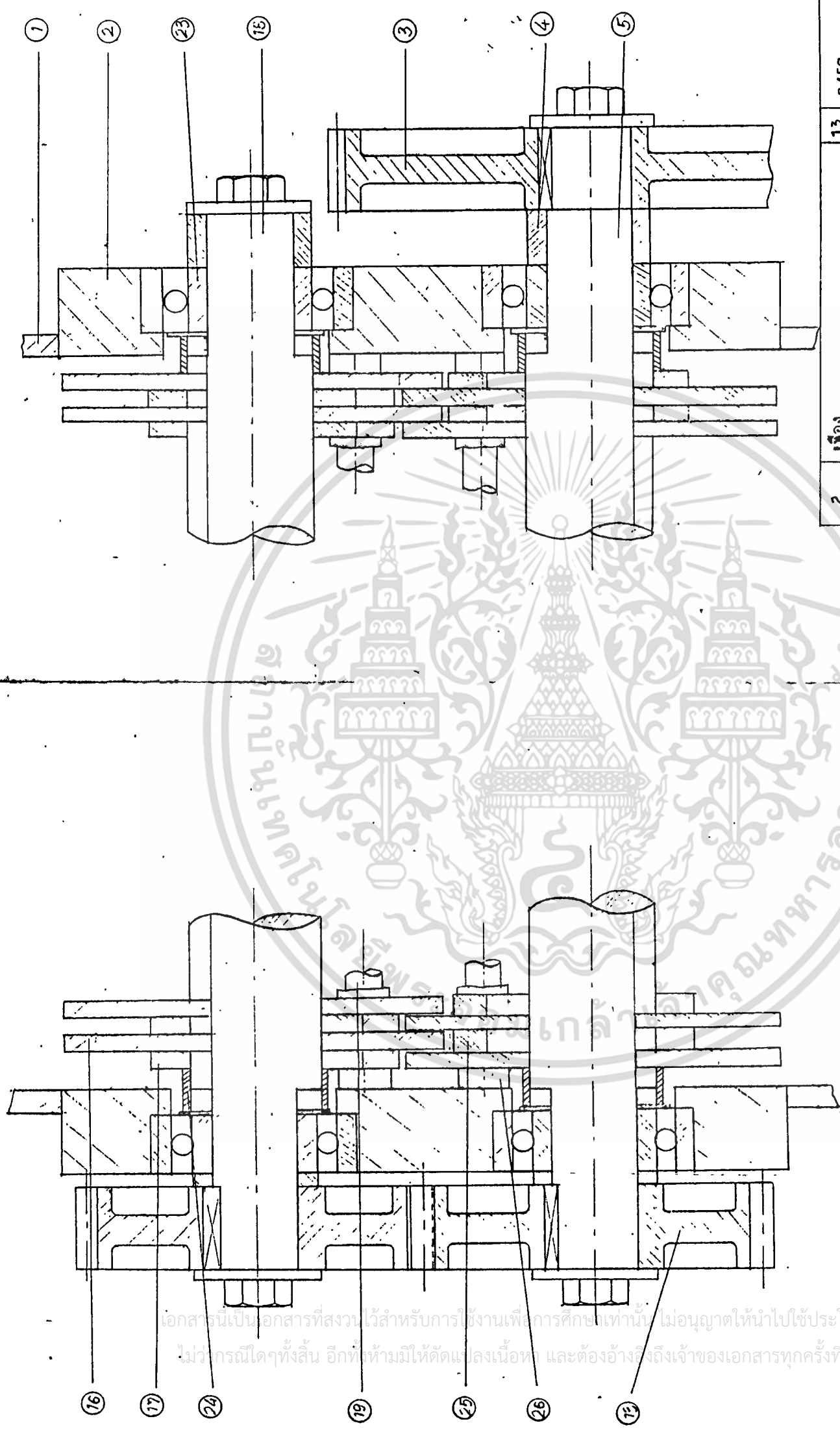
Name:

Date:

Class:

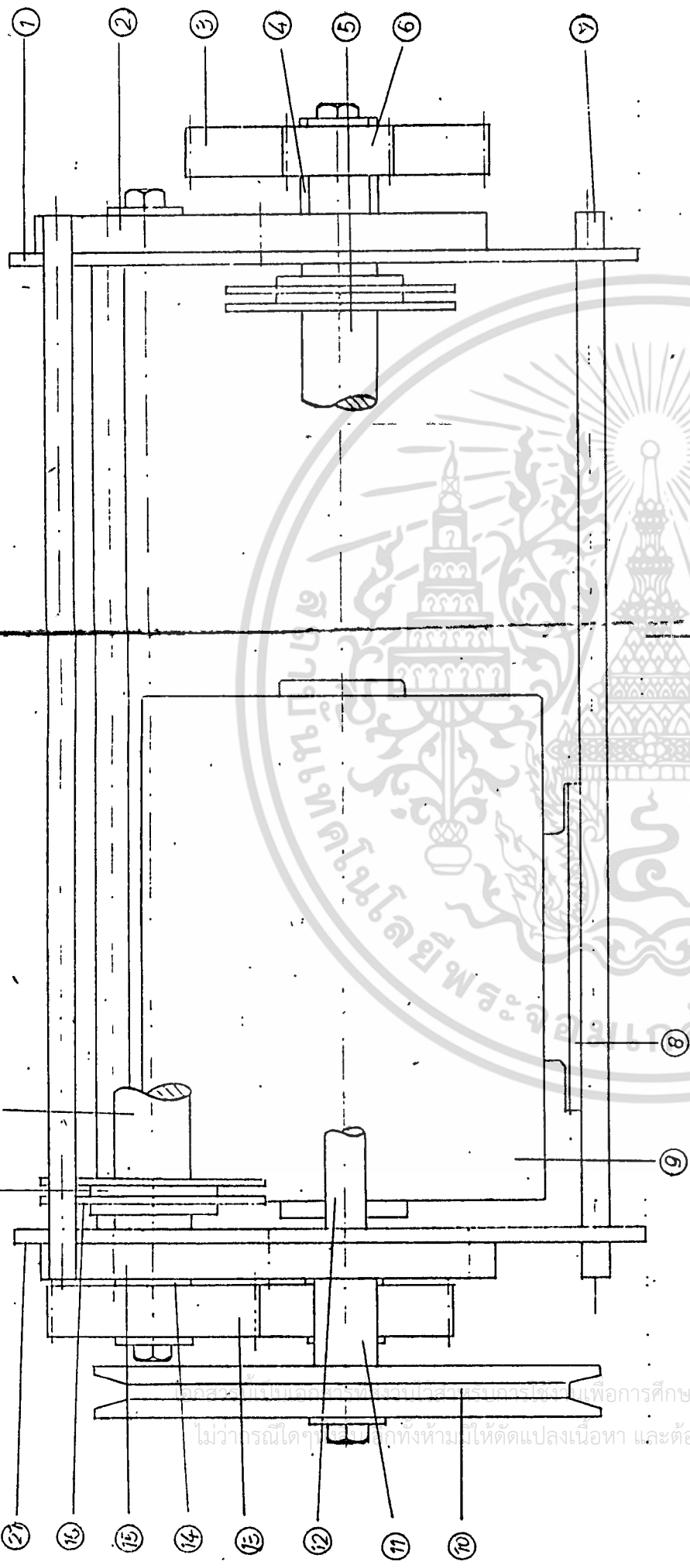
เครื่องทำถาดเอกสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



100	สเปเซอร์	26	ทองแดง / D1 8	2	เฟือง	13	S45C
100	ที่กันกระแทก	25	St 00	1	เพลาต่าง	5	St 42
4	สเปเซอร์	24	St 37	2	สเปเซอร์	4	St 37
4	Ball Bearing	23	D1 20/D0 47 / หน้า 14	1	เฟือง	3	S45C
4	เพลา	19	St 42	1	แขนวงกลมขวา	2	St 37
1	เพลาบน	18	St 42	1	แขนปีกขวา	1	St 37
100	แหวน	17	St 00	No. of Piece Nomenclature		Pos No.	Mat/Dim/Misc.
100	เฟืองที่กระแทก	16	S45C	List of Parts			
No. of Piece			King Mongkut's Institute of Technology			Name:	
Nomenclature			เครื่องทำอาหาร			Date:	
			Scale			Class:	

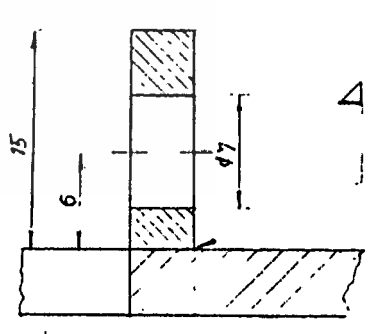
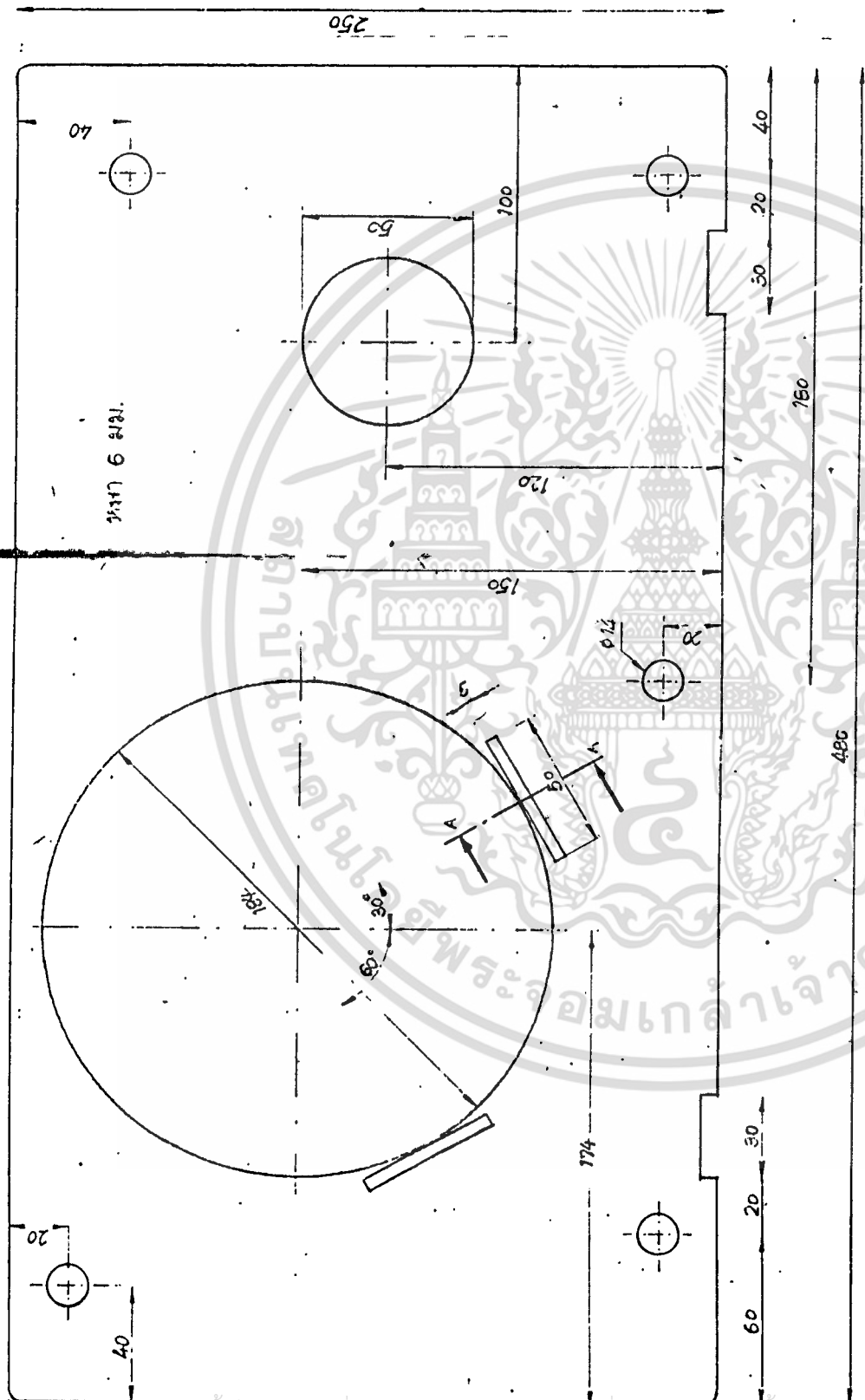
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1	เพล	12	St 42
1	สเปเซอร์	11	St 37
1	ดอตาบแทน ริง A	10	
1	มอเตอร์	9	1/2HP 1440rpm
1	รามาของมอเตอร์	8	St 37
5	เพลย์ค	7	St 42
1	เฟือง	6	S45C
1	เพลาดาง	5	St 42
2	สเปเซอร์	4	St 37
1	เฟือง	3	S45C
1	แฉวงกลมขวา	2	St 37
1	แฉนบึกขวา	1	St 37
No. of Pieces		Pos No.	Mat/Dim/Misc.

List of Parts			
King Mongkut's Institute of Technology			
เครื่องทำยาบเอคตา			
Scale		Name:	
		Date:	
		Class:	
1	แฉนบึกขวา	27	St 37
1	เพลามน	18	St 42
100	แหวน	17	St 00
100	เฟืองทักกระดาก	16	S45C
1	แฉนวงกลมขวา	15	St 37
2	สเปเซอร์	14	St 37
2	เฟือง	13	S45C
No. of Pieces		Pos No.	
		Mat/Dim/Misc.	

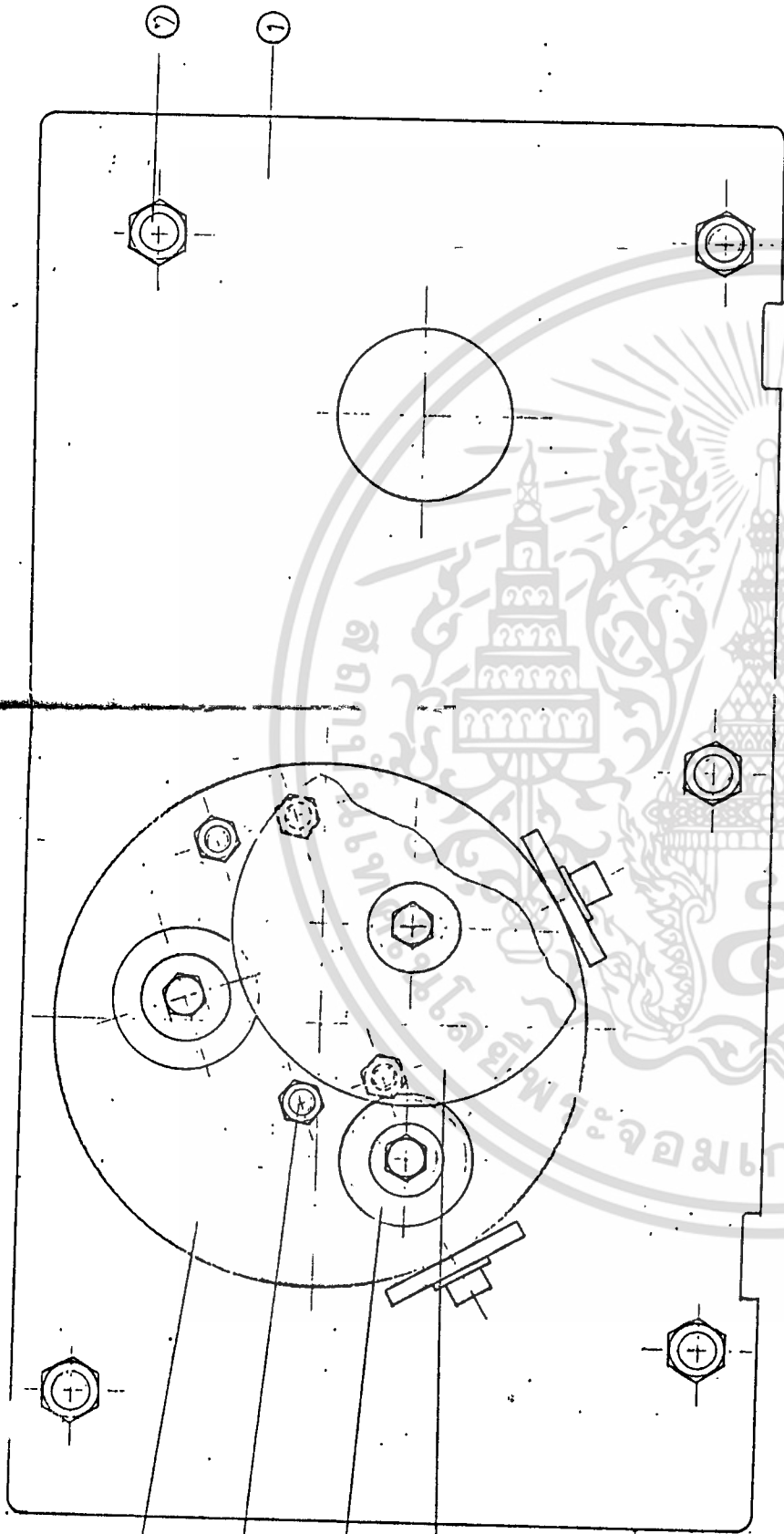
เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ก็ตามทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	แบบยี่สิบ	1	St 37
No. of Piece	Nomenclature	Pos No.	Mt/Dim/Misc.
List of Parts			
King Mongkut's Institute of Technology			
Scale	เครื่องทำรายเอกสาร		
Name:			
Date:			
Clear:			

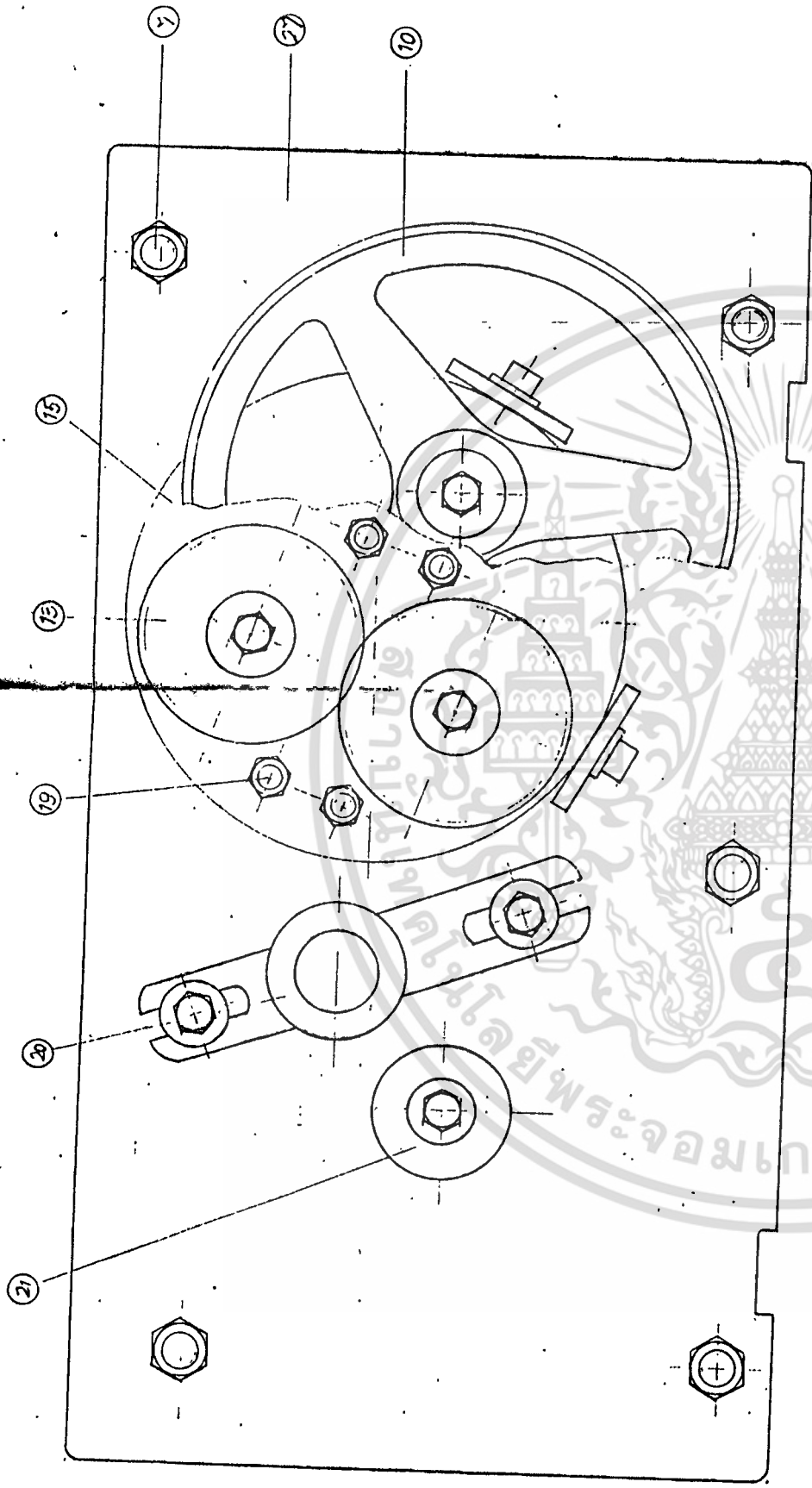
ภาพหน้า 6-A



4	เสา	19	St 42
5	เพลาบึก	7	St 42
1	เฟือง	6	S45C
1	เฟือง	3	S45C
1	แผ่นวงกลมขวา	2	st 37
1	แบบบึกขวา	1	st 37
No. of Pieces	Nomenclature	Pos No.	Mat/Dim/Misc.
List of Parts			
King Mongkut's Institute of Technology			
Scale	เครื่องทำยาบเอกสาร		
	Name:	Date:	Class:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 19 6 3



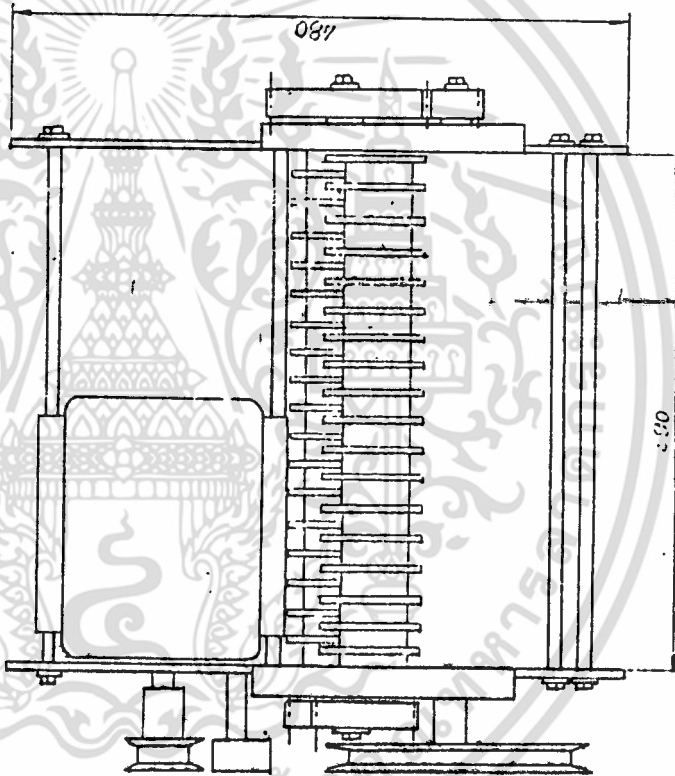
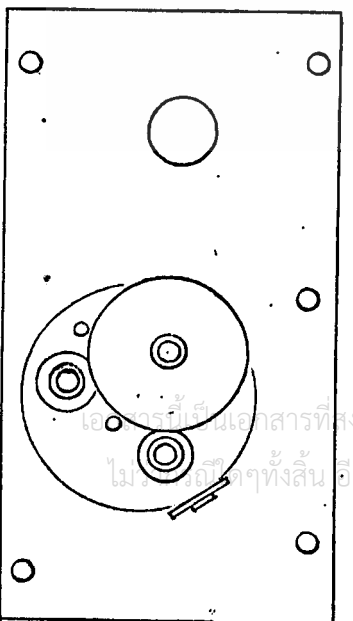
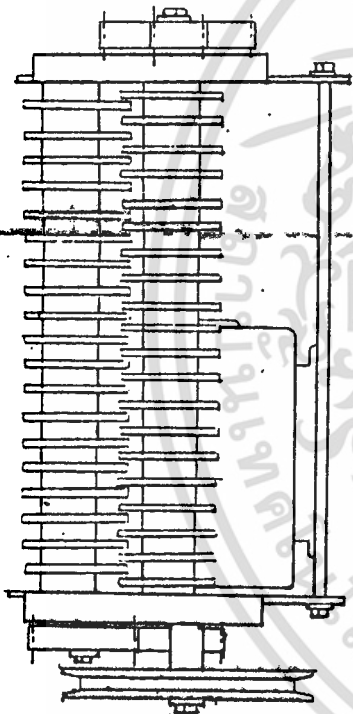
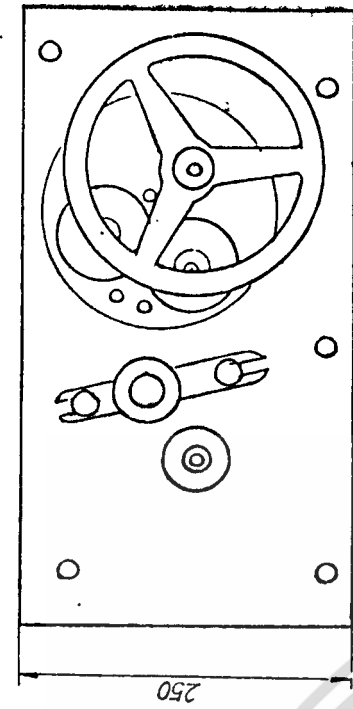
1	แขนยึดขา	27	St 37
1	ดอกลำพาน	21	
1	ดอกท	20	
4	เท้า	19	St 42
1	แขนวงกลมขวา	15	St 37
2	เฟือง	13	S45C
1	ดอกลำพาน รอง	10	เหล็กหล่อ / D _p 200
5	เกลียว	7	St 42
No. of Piece	Nomenclature	Pos No.	Mat/Dim/Misc.

List of Parts

King Mongkut's Institute of Technology
 เครื่องฟาดขาเอกรถ

Name:
 Date:
 Class:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



No. of Piece	Nomenclature	Pos No.	Mat/Dim/Misc.
	List of Parts		
Scale	King Mongkut's Institute of Technology		Name:
	เครื่องทำดาบเขกถาวร		Date:
			Class:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ควรดัดแปลงหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูงและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.3 ค่าตัวประกอบรูปแบบของลูอิส

จำนวน ฟัน	แรงกระทำที่ปลาย								แรงกระทำใกล้กึ่งกลาง			
	14½°FD		20°FD		20°Stub		25°		14½°FD		20°FD	
	Y	y	Y	y	Y	y	Y	y	Y	y	Y	y
10	0.176	0.056	0.201	0.064	0.261	0.083						
11	0.192	0.061	0.226	0.072	0.289	0.092						
12	0.210	0.067	0.245	0.078	0.311	0.099	0.242	0.077	0.355	0.113	0.415	0.133
13	0.223	0.071	0.264	0.083	0.324	0.103	0.258	0.082	0.377	0.120	0.443	0.141
14	0.236	0.075	0.276	0.088	0.339	0.108	0.270	0.086	0.399	0.127	0.468	0.149
15	0.245	0.078	0.289	0.092	0.349	0.111	0.286	0.091	0.415	0.133	0.490	0.156
16	0.255	0.081	0.295	0.094	0.360	0.115	0.298	0.095	0.430	0.137	0.503	0.160
17	0.264	0.084	0.302	0.096	0.368	0.117	0.311	0.099	0.446	0.142	0.512	0.163
18	0.270	0.086	0.308	0.098	0.377	0.120	0.324	0.103	0.459	0.146	0.522	0.167
19	0.277	0.088	0.314	0.100	0.386	0.123	0.336	0.107	0.471	0.150	0.534	0.170
20	0.283	0.090	0.320	0.102	0.393	0.125	0.349	0.111	0.481	0.153	0.544	0.173
21	0.289	0.092	0.326	0.104	0.399	0.127	0.365	0.116	0.490	0.156	0.553	0.177
22	0.292	0.093	0.330	0.105	0.404	0.129	0.377	0.120	0.496	0.158	0.559	0.178
23	0.296	0.094	0.333	0.106	0.408	0.130	0.390	0.124	0.502	0.160	0.565	0.180
24	0.302	0.096	0.337	0.107	0.411	0.132	0.403	0.128	0.509	0.162	0.572	0.183
25	0.305	0.097	0.340	0.108	0.416	0.133	0.415	0.132	0.515	0.164	0.580	0.184
26	0.308	0.098	0.344	0.109	0.421	0.135	0.428	0.136	0.522	0.166	0.584	0.186
27	0.311	0.099	0.348	0.111	0.426	0.136	0.418	0.133	0.528	0.168	0.588	0.187
28	0.314	0.100	0.352	0.112	0.430	0.137	0.409	0.130	0.534	0.170	0.592	0.189
29	0.316	0.101	0.355	0.113	0.434	0.138	0.412	0.131	0.537	0.171	0.599	0.191
30	0.318	0.101	0.358	0.114	0.437	0.139	0.418	0.133	0.540	0.172	0.606	0.193
31	0.320	0.101	0.361	0.115	0.440	0.140	0.421	0.134	0.554	0.173	0.611	0.195
32	0.322	0.101	0.364	0.116	0.443	0.141	0.428	0.136	0.547	0.174	0.617	0.196
33	0.324	0.103	0.367	0.117	0.445	0.142	0.430	0.137	0.550	0.175	0.623	0.198
34	0.326	0.104	0.371	0.118	0.447	0.142	0.434	0.138	0.553	0.177	0.628	0.200
35	0.327	0.104	0.373	0.119	0.449	0.143	0.437	0.139	0.556	0.177	0.633	0.201
36	0.329	0.105	0.377	0.120	0.451	0.144	0.443	0.141	0.559	0.178	0.639	0.203
37	0.330	0.105	0.380	0.121	0.454	0.144	0.446	0.142	0.563	0.179	0.645	0.205
38	0.333	0.106	0.384	0.122	0.455	0.145	0.450	0.143	0.565	0.180	0.650	0.207
39	0.335	0.107	0.386	0.123	0.457	0.146	0.454	0.144	0.568	0.181	0.655	0.209
40	0.336	0.107	0.389	0.124	0.459	0.146	0.460	0.146	0.570	0.182	0.659	0.210
43	0.339	0.108	0.397	0.126	0.467	0.147	0.463	0.147	0.574	0.183	0.668	0.212
45	0.340	0.108	0.399	0.127	0.468	0.149	0.469	0.149	0.579	0.184	0.678	0.214
50	0.346	0.110	0.408	0.130	0.474	0.151	0.478	0.152	0.588	0.187	0.694	0.221
55	0.352	0.112	0.415	0.132	0.480	0.153	0.485	0.154	0.596	0.190	0.704	0.224
60	0.355	0.113	0.421	0.134	0.484	0.154	0.490	0.156	0.603	0.192	0.713	0.227
65	0.358	0.114	0.425	0.135	0.488	0.155	0.496	0.158	0.607	0.193	0.721	0.229
70	0.360	0.115	0.429	0.136	0.493	0.157	0.502	0.160	0.610	0.194	0.728	0.231
75	0.361	0.115	0.433	0.138	0.496	0.158	0.508	0.161	0.613	0.195	0.735	0.233
80	0.363	0.116	0.436	0.139	0.499	0.159	0.510	0.162	0.615	0.196	0.739	0.235
90	0.366	0.117	0.442	0.141	0.503	0.160	0.516	0.164	0.619	0.197	0.747	0.237
100	0.368	0.117	0.446	0.142	0.506	0.161	0.521	0.166	0.622	0.198	0.755	0.240

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวน พื้น	แรงกระทำที่ปลาย								แรงกระทำใกล้กึ่งกลาง			
	14½°FD		20°FD		20°Scub		25°		14½°FB		20°FD	
	Y	y	Y	y	Y	y	Y	y	Y	y	Y	y
150	0.375	0.119	0.458	0.146	0.518	0.165	0.531	0.169	0.635	0.202	0.778	0.247
200	0.378	0.120	0.463	0.147	0.524	0.167	0.538	0.171	0.640	0.204	0.787	0.250
300	0.382	0.122	0.471	0.150	0.534	0.170	0.550	0.175	0.650	0.207	0.801	0.255
แบริค	0.390	0.124	0.484	0.154	0.550	0.175	0.568	0.180	0.660	0.210	0.823	0.262

ตาราง 2.4 ค่าความเค้นสถิตยใช้งานสำหรับใช้กับสมการของลูอิส

วัสดุ	σ		HB
	ksi	N/mm ²	
เหล็กหล่อสีเทา			
ASTM 25	8	55	174
ASTM 35	12	82	212
ASTM 50	15	103	223
เหล็กกล้าหล่อ (คาร์บอนต่ำ)			
0.2% C ไม่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน	20	138	180
0.2% C WQT	25	172	250
เหล็กกล้าคาร์บอนตีขึ้น (forged)			
SAE 1020 case hardened และ WQT	18	124	156
SAE 1030 ไม่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน	20	138	180
SAE 1035 ไม่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน	23	159	190
SAE 1040 ไม่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน	25	172	202
SAE 1045 ไม่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน	30	207	215
SAE 1045 ชุบแข็งโดย WQT	32	220	205
SAE 1050 ชุบแข็งโดย OQT	35	241	223
เหล็กกล้าผสม			
SAE 2320 case hardened และ WQT	50	345	225
SAE 2345 ชุบแข็งโดย OQT	50	345	475
SAE 3115 case hardened และ OQT	37	255	212
SAE 3145 ชุบแข็งโดย OQT	53	365	475
SAE 3245 ชุบแข็งโดย OQT	65	448	475
SAE 4340 ชุบแข็งโดย OQT	65	448	475
SAE 4640 ชุบแข็งโดย OQT	55	379	475

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.6 ตัวประกอบแรงสึกกร่อน K และขีดจำกัดความทนทานผิวหน้า σ_e

วัสดุของผิวเบี่ยงและเพื่อง	σ_e		K, psi			K, N/mm ²		
	ksi	N/mm ²	$\phi=14\frac{1}{2}^\circ$	$\phi=20^\circ$	$\phi=25^\circ$	$\phi=14\frac{1}{2}^\circ$	$\phi=20^\circ$	$\phi=25^\circ$
เพื่องทั้งสอง เป็นเหล็กกล้า ซึ่งมีค่าความแข็งบรินเนล (HB)								
เฉลี่ยของผิวเบี่ยงและเพื่องดังนี้								
150	50	345	30	41	51	0.206	0.281	0.347
175	60	414	43	58	72	0.296	0.405	0.500
200	70	483	58	79	98	0.403	0.551	0.680
225	80	552	76	103	127	0.526	0.719	0.889
250	90	621	96	131	162	0.666	0.910	1.125
275	100	690	119	162	200	0.823	1.124	1.389
300	110	759	144	196	242	0.995	1.360	1.680
325	120	828	171	233	288	1.185	1.618	2.000
350	130	897	196	270	333	1.390	1.899	2.347
375	140	966	233	318	384	1.612	2.203	2.722
400	150	1035	268	366	453	1.851	2.528	3.124
เหล็กกล้า (HB 150) กับเหล็กหล่อ	50	345	44	60	74	0.340	0.465	0.574
เหล็กกล้า (HB 200) กับเหล็กหล่อ	70	483	87	119	147	0.677	0.911	1.125
เหล็กกล้า (HB 250) กับเหล็กหล่อ	90	621	144	196	242	1.102	1.505	1.860
เหล็กกล้า (HB 150) กับฟอสเฟอร์บอนซ์	59	407	46	62	77	0.411	0.562	0.695
เหล็กกล้า (HB 200) กับฟอสเฟอร์บอนซ์	65	448	73	100	123	0.498	0.681	0.841
เหล็กกล้า (HB 250) กับฟอสเฟอร์บอนซ์	85	586	135	184	228	0.853	1.165	1.440
เหล็กหล่อกับเหล็กหล่อ	90	621	193	264	327	1.538	2.100	2.596
เหล็กหล่อกับฟอสเฟอร์บอนซ์	83	572	170	234	288	1.182	1.615	1.996

ตาราง 10.16 ขนาดสายพานลิ่มและล้อสายพานลิ่ม ตามมาตรฐาน ISO/R 52-1957(E) และ ISO/R 256-1962(E)

ขนาดเป็น มม

หน้าสัมผัสสายพาน		Y	Z	A	B	C	D	E	
l _p		5.3	8.5	11	14	19	27	32	
h		4	6	8	11	14	19	25	
b _w		5.3	8.5	11	14	19	27	32	
b _l		6.3	9.7	12.7	16.3	22	32	40	
c		1.6	2	2.8	3.5	4.8	8.1	12	
e		8 ± 0.3	12 ± 0.3	15 ± 0.3	19 ± 0.4	25.5 ± 0.5	37 ± 0.6	44.5 ± 0.7	
f		6 ± 0.5	8 ± 0.6	10 ± 0.6	12.5 ± 0.8	17 ± 1	24 ± 2	29 ± 2	
t _{min}		7	11	14	18	24	28	33	
32°	สำหรับ เส้นผ่าน ศูนย์กลาง คัตซ์ d _p	≤ 63	-	-	-	-	-	-	
34°		-	63 - 80	90 - 118	140 - 190	224 - 315	-	-	
36°		63	-	-	-	-	≤ 500	≤ 630	
38°		-	> 80	> 118	> 190	> 315	> 500	> 630	
b ₂	จำนวน ร่องบน ล้อสาย พาน	1	12	16	20	25	34	48	58
		2	20	28	35	44	59.5	85	102.5
		3	28	40	50	63	85	122	147
		4	36	52	65	82	110.5	159	191.5
		5	44	64	80	101	136	196	236
		6	52	76	95	120	161.5	233	280.5
		7	60	88	110	139	187	270	325
		8		100	125	158	212.5	307	369.5
		9		112	140	177	238	344	411
		10		124	155	196	263.5	381	458.5
		11		136	170	215	289	418	503
		12		148	185	234	314.5	455	547.5
d _{p min}		28	50	80	125	200	355	500	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 10.17 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิศย์ d_p ของล้อยาสายพานลิ้ม
ตามมาตรฐาน ISO/R 52-1975(E) และ
ISO/R 253-1962(E)

ขนาดเป็น mm

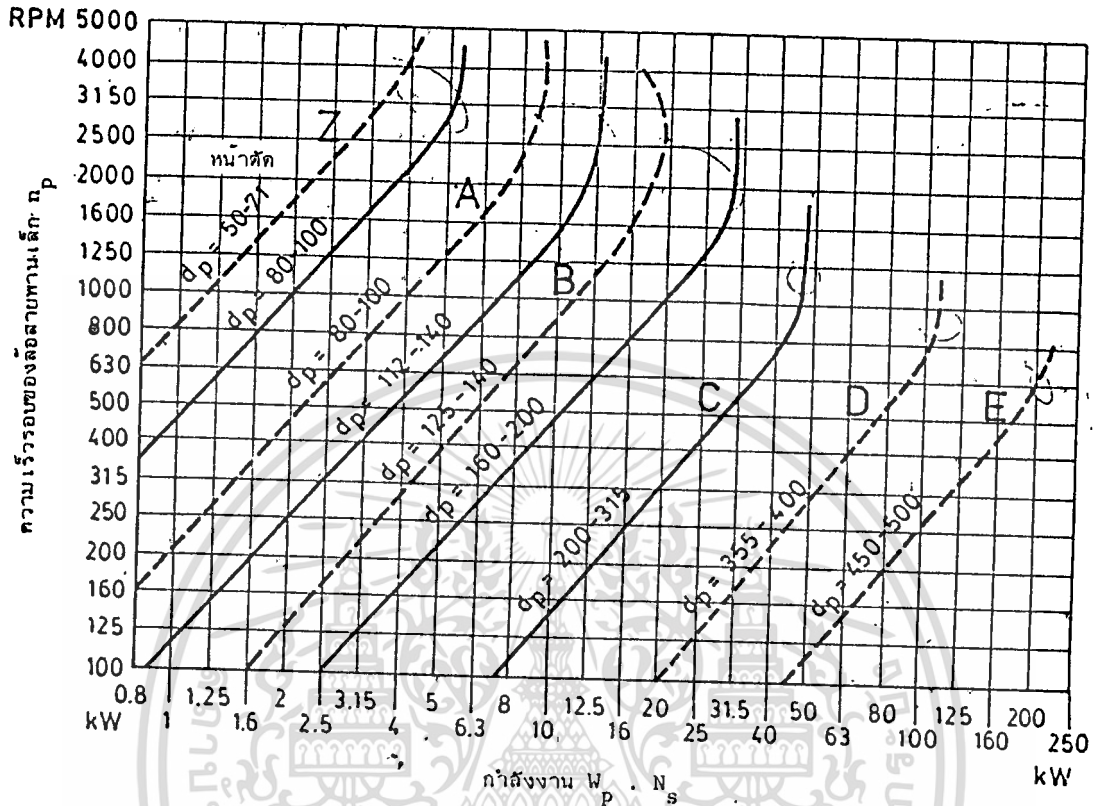
25	60	100	170	280	500	900	1900
28	63	106	180	300	530	1000	2000
31.5	67	112	190	315	560	1060	2240
35.5	71	118	200	355	600	1120	2500
40	75	125	212	375	630	1250	
45	80	132	224	400	670	1400	
50	85	140	236	425	710	1500	
53	90	150	250	450	750	1600	
56	95	160	265	475	800	1800	

ตาราง 10.18 ตัวประกอบใช้งาน

k_1	สภาวะการทำงาน
1.3	งานเบา ทำงานคงที่
1.5	งานปานกลาง
2.0	งานหนัก แรงกระตุก เปิดปิดบ่อยครั้ง

ตาราง 10.19 ค่าตัวประกอบ k_2

หน้าตัดสายพาน	k_2
Y	0.049
Z	0.126
A	0.217
B	0.385
C	0.637
D	1.332



รูป 10.21 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ่ม

ตาราง 10.20 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลิ่ม

ชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ	ชนิดของอุปกรณ์ขับ	
ตัวประกอบใช้งานที่พิจารณาเฉพาะช่วงเวลาใช้งานและชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ แต่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทำงาน ตัวอย่างเช่น ทำงานในสภาวะแวดล้อมเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงอาจเพิ่มค่าขึ้นอีกได้ในกรณีพิเศษ	<u>มอเตอร์กระแสสลับ: normal torque, squirrel cage, synchronous and split phase.</u>	<u>มอเตอร์กระแสสลับ: high torque, high slip, repulsion-induction, single phase, series wound and slip ring.</u>
	<u>มอเตอร์กระแสตรง: shunt wound</u> <u>เครื่องยนต์สันดาปภายใน: ที่มีหลายลูกสูบ ความเร็วรอบสูงกว่า 600 rpm</u>	<u>มอเตอร์กระแสตรง: series wound และ compound wound.</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เครื่องยนตสันดาปภายใน: ที่มี หนึ่งลูกสูบ ความเร็วรอบต่ำกว่า 600 rpm เหลาเมน คลัสต์					
	ชั่วโมงทำงานต่อวัน			ชั่วโมงทำงานต่อวัน		
	≤ 10	10-16	> 16	≤ 10	10-16	> 16
<u>งานเบา :</u> เครื่องกวานของเหลว, เครื่องเป่าลม, เครื่องอัด ลมและเครื่องสูบแบบทอย- ไซ่ง, พัดลมที่มีกำลังสูงถึง 7.5 kW, สายพานลำเลียง งานเบา	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
<u>งานปานกลาง :</u> สายพานลำเลียงทรายหรือ เมล็ดพืช, เครื่องผสมของ ขึ้นเหนียว, พัดลมที่มีกำลัง สูงกว่า 7.5 kW, เครื่อง กำเนิดไฟฟ้า, เหลาเมน, เครื่องชักผ้า, เครื่องมือกล Punches Presses - shears, เครื่องพิมพ์, positive displace- ment rotary pumps, เครื่องเขย่า	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
<u>งานหนัก :</u> เครื่องทำอิฐ, bucket elevators, exciters, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบ แบบลูกสูบ, สายพานลำ - เลียง, hammer mills,	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

positive displacement blowers, เครื่องบด, เครื่องเสียด และเครื่อง - จักรกลงานไม้, เครื่องทอผ้า						
งานหนักพิเศษ : Crushers (Gyratory-Jaw -Roll), mills (Ball-Rod-Tube) รอกไฟฟ้า rubber calenders-extruders-mills.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

ตาราง 10.21 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_a สำหรับสายพานลิ้ม*

$\frac{D - d}{C}$	ส่วนโค้งสัมผัส $\alpha =$	N_a
0	180	1
0.15	170	0.98
0.35	160	0.95
0.5	150	0.92
0.7	140	0.89
0.85	130	0.86
1.0	120	0.82
1.15	110	0.78
1.3	100	0.73
1.45	90	0.68

* ค่าที่อยู่ระหว่างค่าในตาราง อาจหาค่าได้โดยประมาณ โดยใช้การประมาณแบบเชิงเส้น

ตาราง 10.22 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "Y"
 ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว $L_p = 319$ mm
 และส่วนโค้งลิ่ม $\alpha = 180^\circ$

d_p (mm)	m_w	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		400	700	800	950	1200	1450	1600	2000	2400	2850	3200
สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P_R (kW)												
25	1.00	0.02	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.09	0.10	0.11	0.12
	1.05	0.02	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.13
	1.20	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14
	1.50	0.03	0.04	0.05	0.05	0.07	0.08	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14
	≥ 3.00	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.14	0.15
28	1.00	0.03	0.05	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16
	1.05	0.03	0.05	0.05	0.06	0.07	0.09	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16
	1.20	0.03	0.05	0.06	0.06	0.08	0.09	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17
	1.50	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18
	≥ 3.00	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.10	0.12	0.15	0.17	0.18
31.5	1.00	0.04	0.06	0.06	0.07	0.09	0.10	0.11	0.14	0.16	0.18	0.20
	1.05	0.04	0.06	0.06	0.07	0.09	0.11	0.12	0.14	0.16	0.19	0.20
	1.20	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.14	0.17	0.19	0.21
	1.50	0.04	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.15	0.17	0.20	0.22
	≥ 3.00	0.04	0.06	0.07	0.08	0.10	0.12	0.13	0.15	0.18	0.20	0.22
35.5	1.00	0.04	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	0.14	0.17	0.19	0.22	0.24
	1.05	0.04	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	0.14	0.17	0.20	0.23	0.25
	1.20	0.04	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	0.14	0.17	0.20	0.23	0.26
	1.50	0.04	0.07	0.08	0.09	0.12	0.14	0.15	0.18	0.21	0.24	0.26
	≥ 3.00	0.05	0.07	0.08	0.10	0.12	0.14	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27
40	1.00	0.05	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.20	0.23	0.27	0.29
	1.05	0.05	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20	0.23	0.27	0.30
	1.20	0.05	0.08	0.09	0.11	0.13	0.16	0.17	0.21	0.24	0.28	0.31
	1.50	0.05	0.09	0.10	0.11	0.14	0.16	0.17	0.21	0.25	0.28	0.31
	≥ 3.00	0.05	0.09	0.10	0.11	0.14	0.16	0.18	0.21	0.25	0.29	0.32
45	1.00	0.06	0.10	0.11	0.12	0.15	0.18	0.19	0.24	0.27	0.32	0.35
	1.05	0.06	0.10	0.11	0.13	0.15	0.18	0.20	0.24	0.28	0.32	0.35
	1.20	0.06	0.10	0.11	0.13	0.16	0.18	0.20	0.24	0.28	0.33	0.36
	1.50	0.06	0.10	0.11	0.13	0.16	0.19	0.20	0.25	0.29	0.33	0.37
	≥ 3.00	0.06	0.10	0.11	0.13	0.16	0.19	0.21	0.25	0.29	0.34	0.37
50	1.00	0.07	0.11	0.12	0.14	0.17	0.21	0.22	0.27	0.32	0.36	0.40
	1.05	0.07	0.11	0.12	0.14	0.18	0.21	0.23	0.27	0.32	0.37	0.40
	1.20	0.07	0.11	0.13	0.15	0.18	0.21	0.23	0.28	0.33	0.38	0.41
	1.50	0.07	0.11	0.13	0.15	0.18	0.21	0.23	0.28	0.33	0.38	0.42
	≥ 3.00	0.07	0.11	0.13	0.15	0.18	0.22	0.24	0.29	0.33	0.39	0.42

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_1

L_p	284	299	319	354	358	377	419	444	469	519	559	869
N_1	0.97	0.98	1.00	1.02	1.03	1.04	1.06	1.07	1.08	1.11	1.13	1.25

ความยาวคัตช์ที่ใช้ $L_p = L_1 + 15$ mm

L_1	250	265	270	280	300	335	339	400	425	450	500	540
	600	850										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 10.23 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "Z"
 ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว $L_p = 824$ mm
 และส่วนโค้งลิ่มมี $\alpha = 180^\circ$

d_p (mm)	m_w	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		400	700	800	950	1200	1450	2000	2400	2850	3200	3600
50	1.00	0.13	0.20	0.22	0.25	0.30	0.35	0.44	0.50	0.56	0.60	0.65
	1.05	0.13	0.21	0.23	0.26	0.31	0.36	0.46	0.52	0.59	0.63	0.68
	1.20	0.14	0.22	0.24	0.28	0.34	0.39	0.49	0.56	0.64	0.69	0.74
	1.50	0.15	0.23	0.26	0.29	0.35	0.41	0.52	0.60	0.68	0.73	0.79
	≥3.00	0.15	0.24	0.26	0.30	0.36	0.42	0.54	0.62	0.71	0.77	0.83
56	1.00	0.16	0.25	0.28	0.33	0.39	0.45	0.58	0.66	0.75	0.81	0.87
	1.05	0.17	0.26	0.29	0.33	0.40	0.47	0.60	0.68	0.77	0.84	0.90
	1.20	0.17	0.27	0.31	0.35	0.42	0.49	0.63	0.73	0.82	0.89	0.97
	1.50	0.18	0.28	0.32	0.36	0.44	0.51	0.66	0.76	0.86	0.94	1.02
	≥3.00	0.18	0.29	0.32	0.37	0.45	0.53	0.68	0.78	0.89	0.97	1.05
63	1.00	0.20	0.32	0.35	0.41	0.49	0.57	0.74	0.84	0.96	1.04	1.12
	1.05	0.20	0.32	0.36	0.42	0.50	0.59	0.75	0.87	0.98	1.07	1.16
	1.20	0.21	0.34	0.38	0.43	0.52	0.61	0.79	0.91	1.03	1.12	1.22
	1.50	0.22	0.35	0.39	0.45	0.54	0.63	0.82	0.94	1.07	1.17	1.27
	≥3.00	0.22	0.35	0.39	0.46	0.55	0.65	0.84	0.97	1.10	1.20	1.31
71	1.00	0.24	0.39	0.43	0.50	0.61	0.71	0.91	1.05	1.19	1.30	1.40
	1.05	0.25	0.39	0.44	0.51	0.62	0.72	0.93	1.07	1.22	1.32	1.43
	1.20	0.25	0.41	0.45	0.52	0.64	0.75	0.97	1.12	1.27	1.38	1.50
	1.50	0.26	0.42	0.47	0.54	0.65	0.77	0.99	1.15	1.31	1.43	1.55
	≥3.00	0.26	0.42	0.47	0.55	0.67	0.78	1.01	1.17	1.34	1.46	1.58
80	1.00	0.29	0.46	0.52	0.60	0.73	0.85	1.11	1.28	1.45	1.57	1.70
	1.05	0.29	0.47	0.53	0.61	0.74	0.87	1.13	1.30	1.48	1.60	1.73
	1.20	0.30	0.48	0.54	0.63	0.76	0.89	1.16	1.34	1.53	1.66	1.80
	1.50	0.30	0.49	0.55	0.64	0.78	0.91	1.19	1.37	1.57	1.70	1.85
	≥3.00	0.31	0.50	0.56	0.65	0.79	0.93	1.21	1.40	1.59	1.74	1.88
90	1.00	0.34	0.55	0.62	0.71	0.87	1.02	1.32	1.52	1.73	1.87	2.01
	1.05	0.34	0.56	0.62	0.72	0.88	1.03	1.34	1.54	1.75	1.90	2.05
	1.20	0.35	0.57	0.64	0.74	0.90	1.06	1.37	1.58	1.80	1.95	2.11
	1.50	0.36	0.58	0.65	0.75	0.92	1.08	1.40	1.62	1.84	2.00	2.16
	≥3.00	0.36	0.59	0.66	0.76	0.93	1.09	1.42	1.64	1.87	2.03	2.20
100	1.00	0.39	0.63	0.71	0.82	1.01	1.18	1.53	1.76	1.99	2.15	2.31
	1.05	0.39	0.64	0.72	0.83	1.02	1.19	1.55	1.78	2.01	2.18	2.34
	1.20	0.40	0.65	0.73	0.85	1.04	1.22	1.58	1.82	2.06	2.23	2.40
	1.50	0.41	0.66	0.74	0.86	1.05	1.24	1.61	1.85	2.10	2.28	2.45
	≥3.00	0.42	0.67	0.75	0.87	1.07	1.25	1.63	1.88	2.13	2.31	2.49

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_1

L_p	424	474	524	574	624	674	724	774	824
N_1	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96
L_p	924	1024	1144	1274	1424	1624			
N_1	1.03	1.06	1.08	1.11	1.14	1.17			

ความยาวคัตช์ที่ใช้ $L_p = L_1 + 22(\text{mm})$

L_1	375	380	400	425	450	475	500	520	530	560	575	600
	630	670	710	730	750	775	800	820	850	875	900	950
	980	1000	1060	1105	1120	1170	1180	1230	1250	1300	1320	1400
	1450	1500	1525	1580	1600	1680	1700	1730	1800	1830	1900	2000
	2080	2240	2480									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 10.24 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "A"
 ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว $L_p = 1732$ mm
 และส่วนโค้งลิ่มสัมผัส $\alpha = 180^\circ$

d_p (mm)	m_e	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		400	700	800	950	1200	1450	1800	2400	2850	3200	3600
		สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P_R (kW)										
71	1.00	0.29	0.45	0.50	0.56	0.67	0.76	0.88	1.05	1.16	1.22	1.28
	1.05	0.30	0.46	0.51	0.59	0.69	0.80	0.92	1.11	1.22	1.30	1.36
	1.20	0.32	0.50	0.55	0.63	0.75	0.86	1.00	1.22	1.35	1.44	1.52
	1.50	0.33	0.52	0.58	0.66	0.79	0.91	1.07	1.30	1.45	1.55	1.65
	≥ 3.00	0.34	0.54	0.60	0.69	0.82	0.95	1.11	1.37	1.53	1.64	1.74
80	1.00	0.37	0.59	0.65	0.74	0.89	1.02	1.20	1.45	1.61	1.71	1.81
	1.05	0.38	0.60	0.67	0.77	0.92	1.06	1.24	1.51	1.68	1.79	1.89
	1.20	0.40	0.63	0.71	0.81	0.97	1.12	1.32	1.62	1.81	1.93	2.05
	1.50	0.42	0.66	0.73	0.84	1.01	1.17	1.38	1.70	1.91	2.05	2.10
	≥ 3.00	0.43	0.68	0.75	0.87	1.04	1.21	1.43	1.76	1.98	2.13	2.27
90	1.00	0.47	0.74	0.82	0.94	1.13	1.31	1.54	1.88	2.10	2.24	2.36
	1.05	0.47	0.75	0.84	0.96	1.16	1.34	1.58	1.94	2.16	2.31	2.45
	1.20	0.49	0.78	0.87	1.01	1.21	1.41	1.66	2.05	2.29	2.45	2.61
	1.50	0.51	0.81	0.90	1.04	1.26	1.46	1.73	2.13	2.39	2.57	2.74
	≥ 3.00	0.52	0.83	0.92	1.06	1.29	1.50	1.77	2.19	2.47	2.65	2.83
100	1.00	0.56	0.88	0.99	1.14	1.37	1.59	1.88	2.30	2.56	2.73	2.88
	1.05	0.56	0.90	1.01	1.16	1.40	1.62	1.92	2.36	2.63	2.80	2.97
	1.20	0.58	0.93	1.04	1.20	1.45	1.69	2.00	2.46	2.76	2.95	3.13
	1.50	0.60	0.96	1.07	1.24	1.50	1.74	2.06	2.55	2.86	3.06	3.26
	≥ 3.00	0.61	0.98	1.09	1.26	1.53	1.78	2.11	2.61	2.93	3.14	3.35
112	1.00	0.66	1.06	1.19	1.37	1.65	1.92	2.27	2.78	3.09	3.29	3.46
	1.05	0.67	1.08	1.20	1.39	1.68	1.96	2.31	2.84	3.16	3.36	3.54
	1.20	0.69	1.11	1.24	1.43	1.74	2.02	2.39	2.95	3.29	3.51	3.70
	1.50	0.70	1.13	1.27	1.47	1.78	2.07	2.46	3.03	3.39	3.62	3.83
	≥ 3.00	0.71	1.15	1.29	1.49	1.81	2.11	2.50	3.09	3.46	3.70	3.92
125	1.00	0.78	1.25	1.40	1.61	1.95	2.27	2.68	3.28	3.63	3.84	4.01
	1.05	0.79	1.27	1.42	1.64	1.98	2.31	2.73	3.34	3.70	3.92	4.09
	1.20	0.80	1.30	1.45	1.68	2.04	2.37	2.81	3.44	3.83	4.06	4.26
	1.50	0.82	1.32	1.48	1.71	2.08	2.42	2.87	3.53	3.93	4.18	4.39
	≥ 3.00	0.83	1.34	1.50	1.74	2.11	2.46	2.92	3.59	4.00	4.26	4.48
140	1.00	0.91	1.47	1.64	1.89	2.30	2.67	3.15	3.83	4.21	4.42	4.56
	1.05	0.92	1.48	1.66	1.92	2.32	2.70	3.19	3.88	4.27	4.49	4.64
	1.20	0.93	1.51	1.69	1.96	2.38	2.77	3.27	3.99	4.40	4.64	4.80
	1.50	0.95	1.54	1.72	1.99	2.42	2.82	3.33	4.08	4.50	4.75	4.93
	≥ 3.00	0.96	1.56	1.74	2.02	2.45	2.86	3.38	4.14	4.58	4.83	5.02

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_1

L_p	662	742	832	932	1032	1152	1282	1432	1632	1732	1832	2032
N_1	0.81	0.82	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.96	0.99	1.00	1.01	1.03
L_p	2272	2532	2832	3182	4032	5032						
N_1	1.06	1.09	1.11	1.13	1.20	1.25						

ความยาวคัลชท์ที่ใช้ $L_1 = L_p + 30$ (mm)

L_1	483	535	560	580	600	630	655	670	690	710	730	750
	780	787	800	813	825	838	850	855	875	889	900	914
	925	950	965	975	1000	1016	1041	1060	1090	1105	1120	1143
	1168	1180	1200	1220	1250	1270	1300	1320	1346	1372	1400	1422
	1448	1475	1500	1525	1550	1575	1600	1625	1651	1676	1700	1725
	1750	1780	1800	1854	1900	1980	2000	2030	2057	2083	2100	2120
	2150	2200	2240	2285	2360	2435	2475	2500	2650	2730	2800	2840
	3000	3050	3150	3250	3550	3650	4000					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 10.25 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "B"
 ต่อเนื่อง P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว $L_p = 2282$ mm
 และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180^\circ$

d_p (mm)	n	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		700	800	950	1000	1200	1450	1800	2000	2400	2850	3200
112	1.00	1.23	1.36	1.55	1.60	1.83	2.07	2.37	2.51	2.74	2.89	2.93
	1.05	1.27	1.41	1.60	1.66	1.90	2.16	2.48	2.63	2.88	3.06	3.12
	1.20	1.36	1.50	1.71	1.78	2.04	2.33	2.69	2.87	3.16	3.39	3.49
	1.50	1.42	1.58	1.80	1.87	2.15	2.46	2.85	3.05	3.38	3.65	3.78
	≥ 3.00	1.47	1.63	1.86	1.94	2.22	2.56	2.97	3.18	3.54	3.84	3.99
125	1.00	1.56	1.73	1.98	2.06	2.35	2.69	3.10	3.30	3.62	3.84	3.91
	1.05	1.60	1.78	2.03	2.11	2.42	2.77	3.20	3.41	3.76	4.01	4.10
	1.20	1.69	1.87	2.14	2.23	2.56	2.94	3.41	3.65	4.04	4.34	4.47
	1.50	1.75	1.95	2.23	2.32	2.67	3.08	3.58	3.83	4.26	4.60	4.76
	≥ 3.00	1.80	2.00	2.29	2.39	2.75	3.17	3.69	3.96	4.41	4.79	4.97
140	1.00	1.94	2.16	2.47	2.57	2.95	3.38	3.91	4.16	4.57	4.85	4.92
	1.05	1.98	2.20	2.52	2.63	3.02	3.47	4.01	4.28	4.71	5.02	5.11
	1.20	2.06	2.30	2.63	2.74	3.16	3.63	4.22	4.51	4.99	5.35	5.48
	1.50	2.13	2.37	2.72	2.83	3.27	3.77	4.39	4.70	5.21	5.61	5.78
	≥ 3.00	2.17	2.42	2.78	2.90	3.35	3.86	4.50	4.83	5.37	5.80	5.98
160	1.00	2.43	2.71	3.11	3.24	3.72	4.27	4.94	5.26	5.75	6.04	6.06
	1.05	2.47	2.76	3.16	3.29	3.79	4.36	5.04	5.37	5.89	6.21	6.25
	1.20	2.55	2.85	3.27	3.41	3.93	4.53	5.25	5.61	6.17	6.54	6.62
	1.50	2.62	2.92	3.36	3.50	4.04	4.66	5.42	5.79	6.39	6.80	6.91
	≥ 3.00	2.66	2.98	3.42	3.57	4.12	4.76	5.54	5.92	6.55	6.99	7.12
180	1.00	2.92	3.25	3.73	3.89	4.47	5.13	5.91	6.28	6.80	7.04	6.93
	1.05	2.96	3.30	3.79	3.95	4.54	5.22	6.02	6.39	6.94	7.21	7.12
	1.20	3.04	3.39	3.90	4.06	4.68	5.39	6.23	6.63	7.22	7.54	7.49
	1.50	3.10	3.47	3.99	4.16	4.79	5.52	6.39	6.81	7.44	7.80	7.78
	≥ 3.00	3.15	3.52	4.05	4.22	4.87	5.62	6.51	6.94	7.60	7.99	7.99
200	1.00	3.39	3.79	4.35	4.53	5.20	5.96	6.83	7.21	7.73	7.82	7.50
	1.05	3.44	3.83	4.40	4.59	5.27	6.04	6.93	7.33	7.87	7.99	7.69
	1.20	3.52	3.93	4.51	4.70	5.41	6.21	7.14	7.57	8.15	8.32	8.06
	1.50	3.58	4.00	4.60	4.79	5.52	6.35	7.31	7.75	8.37	8.58	8.36
	≥ 3.00	3.63	4.05	4.66	4.86	5.60	6.44	7.43	7.88	8.52	8.77	8.56
224	1.00	3.96	4.41	5.06	5.27	6.05	6.90	7.84	8.23	8.64		
	1.05	4.00	4.46	5.12	5.33	6.12	6.98	7.94	8.35	8.79		
	1.20	4.08	4.55	5.23	5.45	6.26	7.15	8.15	8.58	9.07		
	1.50	4.14	4.63	5.32	5.54	6.37	7.29	8.32	8.76	9.29		
	≥ 3.00	4.19	4.68	5.38	5.60	6.45	7.38	8.44	8.89	9.44		

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_1

L_p	942	1042	1142	1292	1442	1642	1842	2042	2282	2592	2842	3192
N_1	0.81	0.84	0.86	0.88	0.90	0.93	0.95	0.98	1.00	1.03	1.05	1.07
L_p	3592	4042	4542	5042	5642	6342						
N_1	1.10	1.13	1.15	1.18	1.20	1.23						

ความยาวคูลซ์ที่ใช้ $L_p = L_1 + 43$ (mm)

L_1	615	650	670	710	725	750	762	775	800	825	838	850
	875	889	900	925	950	965	975	990	1000	1017	1030	1050
	1060	1075	1090	1120	1150	1175	1180	1200	1215	1225	1250	1300
	1320	1350	1372	1400	1422	1450	1500	1525	1550	1575	1600	1625
	1650	1676	1700	1725	1750	1761	1800	1850	1900	1950	1981	2000
	2030	2060	2083	2108	2120	2160	2200	2240	2286	2300	2360	2400
	2450	2465	2500	2540	2650	2667	2700	2800	2840	2950	3000	3050
	3150	3250	3350	3450	3550	3658	3750	4000	4200	4250	4394	4500
	4572	4750	5000	5300	5600	6000	6300	6700	7000	7100		

ตาราง 10.26 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "C"
 ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว $L_p = 3811$ mm
 และส่วนโค้งลิ่มหน้าตัด $\alpha = 180^\circ$

d _p (mm)	m	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		700	800	950	1000	1100	1200	1300	1450	1800	2000	2400
180	1.00	3.65	4.04	4.57	4.73	5.05	5.34	5.62	5.99	6.64	6.87	6.99
	1.05	3.76	4.16	4.71	4.88	5.22	5.53	5.81	6.20	6.91	7.17	7.35
	1.20	3.97	4.39	4.99	5.18	5.54	5.88	6.20	6.63	7.44	7.76	8.06
	1.50	4.13	4.58	5.21	5.41	5.80	6.16	6.50	6.97	7.86	8.23	8.62
	≥3.00	4.25	4.71	5.37	5.58	5.98	6.36	6.72	7.21	8.16	8.56	9.02
200	1.00	4.50	4.98	5.65	5.86	6.27	6.64	6.99	7.45	8.27	8.55	8.67
	1.05	4.60	5.10	5.80	6.01	6.43	6.82	7.18	7.67	8.54	8.86	9.03
	1.20	4.81	5.34	6.08	6.31	6.76	7.18	7.57	8.10	9.08	9.45	9.74
	1.50	4.98	5.52	6.30	6.54	7.01	7.46	7.87	8.44	9.50	9.92	10.30
	≥3.00	5.09	5.66	6.46	6.71	7.20	7.66	8.09	8.68	9.80	10.25	10.70
224	1.00	5.49	6.09	6.92	7.18	7.68	8.14	8.57	9.13	10.09	10.38	10.36
	1.05	5.60	6.21	7.07	7.34	7.85	8.32	8.76	9.35	10.36	10.68	10.72
	1.20	5.81	6.45	7.35	7.63	8.17	8.68	9.15	9.78	10.89	11.28	11.43
	1.50	5.97	6.64	7.57	7.87	8.43	8.96	9.45	10.12	11.31	11.75	11.99
	≥3.00	6.09	6.77	7.73	8.03	8.61	9.16	9.67	10.36	11.61	12.08	12.39
250	1.00	6.55	7.27	8.26	8.57	9.16	9.70	10.19	10.84	11.86	12.10	11.76
	1.05	6.66	7.39	8.41	8.72	9.32	9.88	10.39	11.06	12.13	12.41	12.12
	1.20	6.86	7.62	8.69	9.02	9.65	10.24	10.77	11.49	12.66	13.00	12.83
	1.50	7.03	7.81	8.91	9.25	9.91	10.52	11.08	11.82	13.08	13.47	13.39
	≥3.00	7.14	7.94	9.07	9.42	10.09	10.72	11.29	12.07	13.38	13.80	13.79
280	1.00	7.74	8.59	9.75	10.11	10.79	11.40	11.96	12.65	13.63	13.72	
	1.05	7.85	8.71	9.90	10.26	10.96	11.59	12.15	12.87	13.90	14.02	
	1.20	8.06	8.95	10.18	10.56	11.28	11.94	12.54	13.30	14.43	14.62	
	1.50	8.22	9.13	10.40	10.79	11.54	12.22	12.84	13.64	14.85	15.08	
	≥3.00	8.34	9.27	10.56	10.96	11.72	12.42	13.06	13.88	15.15	15.42	
315	1.00	9.10	10.08	11.42	11.83	12.58	13.26	13.85	14.55	15.29	15.06	
	1.05	9.21	10.20	11.56	11.98	12.75	13.44	14.04	14.77	15.56	15.37	
	1.20	9.41	10.44	11.84	12.27	13.08	13.80	14.43	15.20	16.09	15.96	
	1.50	9.58	10.63	12.06	12.51	13.33	14.08	14.73	15.54	16.51	16.43	
	≥3.00	9.69	10.76	12.22	12.67	13.52	14.28	14.95	15.78	16.81	16.76	
355	1.00	10.60	11.72	13.22	13.67	14.48	15.19	15.77	16.40	16.59		
	1.05	10.70	11.84	13.36	13.82	14.65	15.37	15.97	16.62	16.87		
	1.20	10.91	12.07	13.64	14.11	14.97	15.72	16.35	17.05	17.40		
	1.50	11.08	12.26	13.86	14.35	15.23	16.00	16.66	17.39	17.82		
	≥3.00	11.19	12.39	14.02	14.51	15.42	16.20	16.87	17.63	18.12		

ค่าประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_1

L_p	1461	1661	1861	2061	2301	2561	2861	3211	3611	3811	4061	4561
N_1	0.81	0.84	0.85	0.88	0.91	0.93	0.95	0.97	0.98	1.00	1.02	1.04
L_p	5061	5661	6361	7161	8061	10061						
N_1	1.07	1.09	1.12	1.15	1.18	1.23						

ความยาวคิซที่ใช้ $L_p = L_1 + 52$ (mm)

L_1	1000	1090	1180	1210	1250	1295	1320	1400	1500	1524	1600	1700
	1727	1800	1900	2000	2057	2159	2286	2360	2450	2500	2560	2670
	2685	2800	2840	2965	3000	3050	3150	3250	3350	3454	3550	3658
	3750	4000	4020	4115	4390	4500	4572	5000	5300	5600	6000	6300
	6700	7100	7500	7650	8000	8500						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 10.27 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "D"
 ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว $L_p = 6380$ mm
 และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180^\circ$

d_p (mm)	m_w	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		400	450	500	550	600	700	800	950	1000	1100	1200
315	1.00	8.22	8.99	9.72	10.41	11.07	12.27	13.34	14.66	15.02	15.61	16.03
	1.05	8.45	9.24	10.00	10.72	11.40	12.67	13.79	15.19	15.58	16.23	16.70
	1.20	8.89	9.73	10.54	11.32	12.06	13.44	14.67	16.23	16.68	17.43	18.02
	1.50	9.24	10.13	10.98	11.80	12.58	14.05	15.36	17.06	17.55	18.35	19.06
	≥3.00	9.48	10.40	11.29	12.14	12.95	14.48	15.86	17.65	18.16	19.07	19.80
355	1.00	10.32	11.31	12.24	13.14	13.99	15.55	16.92	18.60	19.05	19.78	20.27
	1.05	10.55	11.56	12.52	13.45	14.32	15.94	17.37	19.13	19.61	20.40	20.95
	1.20	10.99	12.05	13.07	14.05	14.98	16.71	18.25	20.17	20.71	21.61	22.27
	1.50	11.34	12.44	13.51	14.53	15.50	17.32	18.94	21.00	21.58	22.57	23.31
	≥3.00	11.58	12.72	13.82	14.87	15.87	17.75	19.44	21.59	22.20	23.24	24.05
400	1.00	12.64	13.86	15.02	16.13	17.17	19.09	20.75	22.73	23.24	24.03	24.49
	1.05	12.87	14.11	15.30	16.43	17.51	19.48	21.20	23.26	23.80	24.65	25.16
	1.20	13.30	14.61	15.85	17.04	18.17	20.25	22.08	24.31	24.90	25.86	26.48
	1.50	13.65	15.00	16.29	17.52	18.69	20.86	22.77	25.13	25.77	26.82	27.53
	≥3.00	13.90	15.27	16.59	17.86	19.06	21.29	23.27	25.72	26.39	27.49	28.27
450	1.00	15.16	16.63	18.02	19.34	20.59	22.84	24.75	26.92	27.44	28.16	28.41
	1.05	15.39	16.88	18.30	19.65	20.92	23.23	25.20	27.45	28.00	28.77	29.08
	1.20	15.83	17.37	18.85	20.25	21.58	24.00	26.07	28.49	29.10	29.98	30.40
	1.50	16.17	17.77	19.29	20.73	22.10	24.61	26.77	29.32	29.97	30.94	31.45
	≥3.00	16.42	18.04	19.59	21.07	22.47	25.04	27.26	29.91	30.58	31.62	32.19
500	1.00	17.63	19.32	20.93	22.44	23.86	26.38	28.46	30.64	31.10	31.59	31.45
	1.05	17.85	19.58	21.21	22.75	24.20	26.77	28.90	31.18	31.66	32.20	32.12
	1.20	18.29	20.07	21.76	23.36	24.86	27.54	29.78	32.22	32.76	33.41	33.44
	1.50	18.64	20.46	22.20	23.84	25.38	28.15	30.48	33.05	33.63	34.37	34.48
	≥3.00	18.89	20.74	22.50	24.18	25.75	28.58	30.97	33.63	34.25	35.05	35.22
560	1.00	20.51	22.46	24.30	26.01	27.59	30.34	32.49	34.45	34.74	34.70	
	1.05	20.73	22.72	24.58	26.32	27.93	30.74	32.94	34.99	35.30	35.32	
	1.20	21.17	23.21	25.13	26.92	28.59	31.51	33.82	36.03	36.40	36.53	
	1.50	21.52	23.60	25.56	27.40	29.11	32.12	34.52	36.86	37.27	37.49	
	≥3.00	21.77	23.88	25.87	27.74	29.48	32.55	35.01	37.44	37.88	38.17	
630	1.00	23.77	25.99	28.05	29.94	31.67	34.54	36.59	37.90	37.82		
	1.05	23.99	26.24	28.33	30.25	32.00	34.93	37.03	38.43	38.38		
	1.20	24.43	26.73	28.88	30.86	32.66	35.70	37.91	39.48	39.48		
	1.50	24.78	27.12	29.31	31.34	33.18	36.31	38.61	40.30	40.35		
	≥3.00	25.03	27.40	29.62	31.68	33.55	36.74	39.10	40.89	40.97		

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_1

L_p	3230	3630	4080	4580	5080	5680	6380	7180	7580	8080	8500	9080
N_1	0.86	0.89	0.91	0.93	0.96	0.98	1.00	1.03	1.05	1.06	1.07	1.08
L_p	9580	10080	11280	12580	14080	16080						
N_1	1.10	1.11	1.14	1.17	1.20	1.22						

ความยาวคดขยี้ $L_p = L_1 + 75$ (mm)

L_1	2500	2650	2800	3000	3150	3250	3350	3550	3658	3750	4000	4500
	5000	5300	5330	5600	6000	6300	6700	7100	7500	8000	8500	9000
	9500	10000	11200	12500								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 10.28 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้นหน้าตัด "E"
 ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว $L_P = 7184$ mm
 และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180^\circ$

d_p (mm)	m_w	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	950
		สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P_R (kW)										
450	1.00	17.52	19.09	20.55	21.91	23.16	24.30	25.32	26.22	27.00	27.64	28.52
	1.05	17.95	19.57	21.09	22.50	23.81	25.00	26.08	27.03	27.86	28.56	29.55
	1.20	18.80	20.52	22.15	23.66	25.07	26.37	27.55	28.61	29.55	30.35	31.55
	1.50	19.46	21.27	22.98	24.58	26.07	27.45	28.72	29.86	30.88	31.77	33.13
	≥3.00	19.94	21.81	23.57	25.23	26.78	28.22	29.55	30.75	31.83	32.78	34.26
500	1.00	21.14	23.05	24.83	26.48	27.99	29.35	30.56	31.61	32.50	33.21	34.09
	1.05	21.57	23.54	25.37	27.07	28.63	30.05	31.31	32.42	33.36	34.13	35.11
	1.20	22.42	24.49	26.43	28.23	29.90	31.42	32.79	34.00	35.04	35.92	37.12
	1.50	23.08	25.24	27.26	29.15	30.90	32.50	33.96	35.25	36.38	37.34	38.70
	≥3.00	23.56	25.77	27.85	29.80	31.61	33.27	34.78	36.14	37.33	38.34	39.83
560	1.00	25.38	27.67	29.79	31.74	33.50	35.07	36.43	37.58	38.51	39.20	39.84
	1.05	25.81	28.15	30.33	32.33	34.15	35.77	37.19	38.39	39.37	40.12	40.86
	1.20	26.65	29.10	31.38	33.49	35.41	37.14	38.66	39.97	41.06	41.91	42.86
	1.50	27.32	29.85	32.22	34.41	36.41	38.22	39.83	41.22	42.39	43.33	44.45
	≥3.00	27.79	30.39	32.81	35.06	37.12	38.99	40.66	42.11	43.34	44.33	45.57
630	1.00	30.17	32.86	35.32	37.55	39.53	41.24	42.68	43.82	44.65	45.15	45.12
	1.05	30.60	33.34	35.86	38.14	40.17	41.94	43.43	44.62	45.51	46.07	46.14
	1.20	31.44	34.29	36.91	39.30	41.44	43.31	44.90	46.20	47.19	47.86	48.14
	1.50	32.11	35.04	37.75	40.22	42.44	44.39	46.07	47.46	48.53	49.28	49.73
	≥3.00	32.59	35.57	38.34	40.87	43.15	45.16	46.90	48.34	49.48	50.28	50.85
710	1.00	35.44	38.51	41.28	43.73	45.84	47.58	48.93	49.88	50.39	50.45	
	1.05	35.87	39.00	41.82	44.32	46.48	48.28	49.69	50.69	51.26	51.37	
	1.20	36.71	39.94	42.87	45.48	47.75	49.65	51.16	52.27	52.94	53.16	
	1.50	37.38	40.70	43.71	46.40	48.75	50.73	52.33	53.52	54.28	54.58	
	≥3.00	37.85	41.23	44.30	47.05	49.46	51.50	53.16	54.41	55.22	55.58	
800	1.00	41.09	44.50	47.50	50.05	52.14	53.72	54.75	55.22			
	1.05	41.52	44.98	48.04	50.65	52.78	54.42	55.51	56.03			
	1.20	42.36	45.93	49.09	51.81	54.05	55.78	56.98	57.61			
	1.50	43.03	46.68	49.92	52.72	55.05	56.87	58.15	58.86			
	≥3.00	43.50	47.22	50.52	53.37	55.76	57.64	58.98	59.75			
900	1.00	47.00	50.65	53.75	56.23	58.05	59.18					
	1.05	47.43	51.14	54.28	56.82	58.70	59.88					
	1.20	48.27	52.09	55.34	57.98	59.96	61.25					
	1.50	48.94	52.84	56.17	58.90	60.97	62.33					
	≥3.00	49.41	53.37	56.76	59.55	61.68	63.10					

หัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_1

1.26 บ

L_p	4834	5084	5384	5684	6084	6384	6784	7184	7585	8084	8584	9084
N_1	0.91	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.99	1.00	1.01	1.02	1.03	1.05
L_p	9584	10084	11284	12584	14084	16084						
N_1	1.06	1.07	1.10	1.12	1.15	1.18						

ความยาวติดตั้งที่ใช้ $L_p = L_1 + 82$ (mm)

L_1	3000	3350	4000	5000	5600	6000	6300	7100	7500	8000	9000	10000
	11200	12500										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-2 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาและเหล็กกล้าผสม
(ชั้นทดสอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25 mm)
(Mechanical Properties of Plain Carbon and Alloy Steels)

AISI Type	Condition	Tensile Strength, ksi	Yield Strength, ksi	Elongat. in 2 in., %	Reduction in Area, %	Hardness, BHN	Machinability (Based on 1112 = 100)
1010	HR	64	42	28	67	107	45
	CD	78	68	16	63	129	55
1020	CDA	64	48	28	65	131	55
	HR	63	43	36	59	143	50
1030	CD	78	66	20	55	156	65
	A	57	52	37	66	111	90
	N	64	50	36	68	131	75
	HR & turned	72	44	31	63	140	—
1040	CD	84	76	16	57	177	65
	A	67	50	31	58	126	—
	N	76	51	32	61	149	—
	HR	91	58	27	50	201	63
1045	CD	100	88	17	42	207	65
	A	75	51	30	57	149	—
	N	85	50	28	55	170	60
	HR	98	59	24	45	212	56
1050	CD	103	90	14	40	217	60
	A	90	55	27	54	174	60
	N	99	61	25	49	207	—
	HR	105	67	15	—	—	—
1095	CD	114	104	9	—	—	54
	A	92	43	24	40	187	—
	N	109	62	20	39	217	—
	HR	142	83	18	38	295	—
1118	A	95	38	13	21	192	—
	N	147	73	10	14	293	—
	HR	75	50	35	55	140	—
	CD	85	75	25	55	170	80
2330	A	65	41	35	67	131	80
	N	69	46	34	66	143	80
	CD	105	90	20	50	212	50
	A	86	61	28	58	179	50
3140	N	100	68	26	56	207	—
	CD	107	92	17	50	212	55
	A	100	61	25	51	197	55
4130	N	129	87	20	58	262	—
	HRA	86	56	29	57	183	65
	CDA	98	87	21	52	201	70
	N	97	63	26	60	197	50

SOURCE: *ASME Handbook-Material Properties*, McGraw-Hill Book Co., 1954; *Ryerson Data Book*, Joseph T. Ryerson and Sons, Inc., 1965.

NOTE: HR = hot rolled, HRA = hot rolled annealed, CD = cold drawn, CDA = cold drawn annealed; HRN = hot rolled normalized, A = annealed, N = normalized.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-3 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าที่ชุบแข็งได้
(Mechanical Properties of Carburizing and Hardening Grade Steels^a)

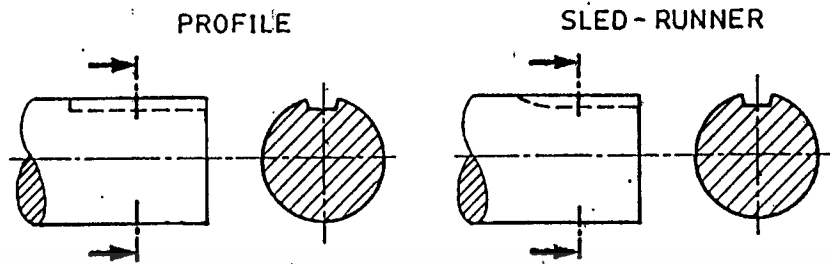
AISI Type	Tensile Strength	Yield Point, ksi	Elongation in 2 in., %	Reduction of Area, %	Impact Strength (Izod), ft-lb	Hardness		Machining	
						Case (Brinell)	Case (Rockwell)		
Plain Carbon, Carburized Steels									
C1015	73	46	32	71	91	149b	C62 (.048 ^b)	Poor	
C1020	75	48	31	71	93	156b	C62 (.046 ^b)	Poor	
C1022	83	47	27	66	81	163b	C62 (.046 ^b)	Good	
C1117	97	59	23	53	33	192b	C65 Ver. g'd. (.045 ^b)	Ver. g'd. to excel.	
C1118	113	77	17	45	16	229b	C61 Ver g'd. (.065 ^b)	Ver g'd. to excel.	
Plain Carbon, Hardened Steels									
C1030	122-75	93-58	18-33	48-71	8-100	495-179d		Fair to good	
C1040	113-89	86-62	19-33	48-68	36-72	262-183d		Fair to good	
C1050	143-96	108-61	10-30	42-63	16-53	321-192d		Fair to good	
C1060	160-103	112-68	12-28	40-60	14-23	321-212d		Must be Ann'd.	
C1080	190-117	142-70	12-24	35-51	10-22	388-223d		Must be Ann'd.	
C1095	188-190	120-74	10-26	30-53	5-6	401-229d		Must be Ann'd.	
C1137	158-87	138-60	6-28	22-70	10-90	352-174d		Good to very good	
C1141	237-94	188-68*	7-28	58-63	9-81	461-192d		Good to very good	
C1144	128-97	91-68	17-24	35-59	7-62	277-201d		Good to very good	
Alloy Steels, Hardening Grades ^b									
	AISI Type	Tensile Strength, ksi	Yield Point, ksi	Elongation in 2 in., %	Reduction of Area, %	Impact Strength (Izod), ft-lb	Hardness		Machining
							Case (Brinell)	Case (Rockwell)	
	4130 ^c	234-98	197-89	12-28	44-71	32-108	461-202d		—
	8630 ^c	250-115	230-93	10-26	47-70	33-114	495-217d		—
	1340	282-100	235-76	9-25	24-61	9-97	578-235d		—
	3140	280-112	249-92	11-23	49-69	9-97	555-223d		—
	4140 ^b	290-117	251-100	11-23	42-65	11-108	578-235d		—
	4340 ^c	284-142	228-130	11-21	48-64	18-77	555-293d		—
	5140 ^b	278-114	228-84	8-28	28-68	9-93	534-207d		—
	8740	290-119	240-100	10-25	42-64	21-88	578-241d		—
	4150	308-128	248-117	10-20	34-60	10-77	578-262d		—
	5150	312-116	250-102	9-22	31-62	7-78	601-241d		—
	6150 ^b	315-118	270-108	7-22	17-61	14-87	601-241d		—
	8650 ^c	282-123	250-114	11-22	41-62	9-78	555-255d		—
	9255 ^a	305-130	288-102	2-22	4-49	3-25	601-262d		—
	5160 ^c	322-115	260-106	4-24	9-60	2-63	627-229d		—
	4063 ^m	345-114	257-103	4-24	8-60	3-67	557-229d		—

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

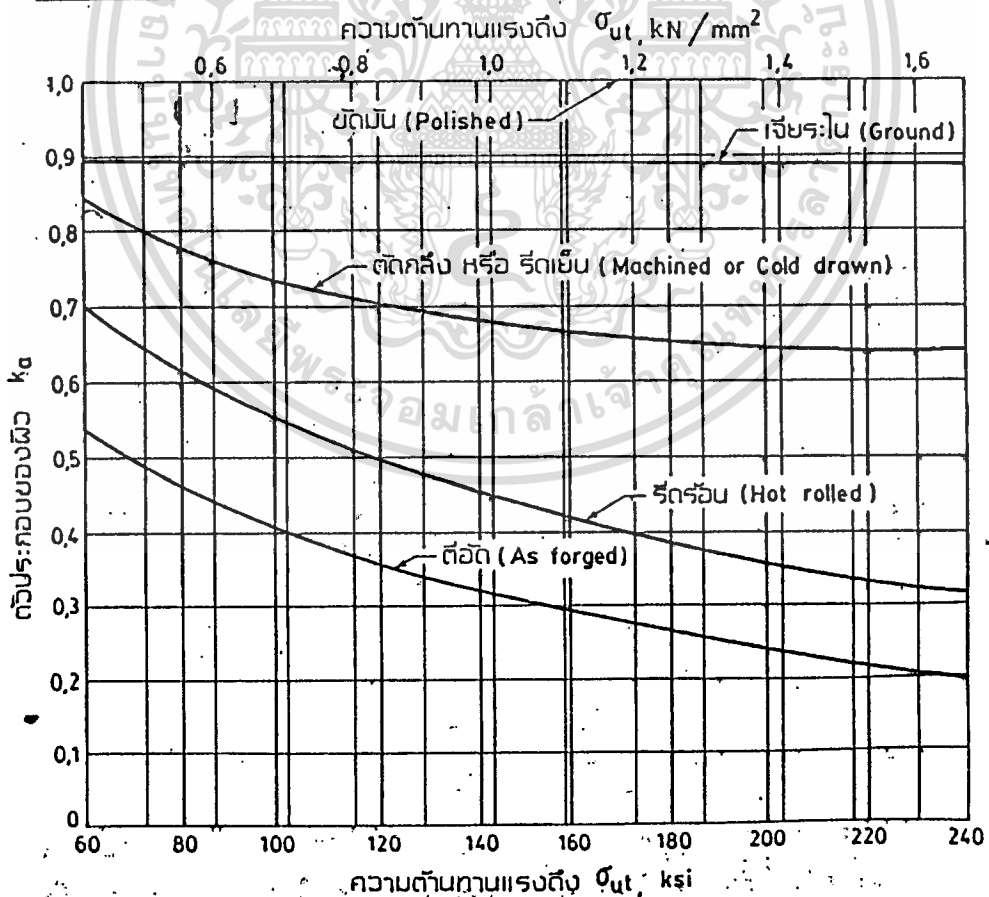
ตาราง ข-16 ค่าคงที่ทางกายภาพของวัสดุวิศวกรรมบางชนิด

วัสดุ	โมดูลัสความยืดหยุ่น E		โมดูลัสความแข็งเกร็ง G		อัตราส่วน	น้ำหนักจำเพาะ w		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lb/in ³	lb/ft ³	kN/m ³
Aluminum(all alloys)	10.3	71.0	3.80	26.2	0.334	0.098	169	26.6
Beryllium copper	18.0	124.0	7.00	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Brass	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Carbon steel	30.0	207.0	11.50	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Cast iron, gray	14.5	100.0	6.00	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Copper	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Douglas fir	1.6	11.0	0.60	4.1	0.330	0.016	28	4.3
Glass	6.7	46.2	2.70	18.6	0.245	0.094	162	25.4
Inconel	31.0	214.0	11.00	75.8	-0.290	0.307	530	83.3
Lead	5.3	36.5	1.90	13.1	0.425	0.411	710	111.5
Magnesium	6.5	44.8	2.40	16.5	0.350	0.065	112	17.6
Molybdenum	48.0	331.0	17.00	117.0	0.307	0.368	636	100.0
Monel metal	26.0	179.0	9.50	65.5	0.320	0.319	551	86.6
Nickel silver	18.5	127.0	7.00	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Nickel steel	30.0	207.0	11.50	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Phosphor bronze	16.1	111.0	6.00	41.4	0.349	0.295	510	80.1
Stainless steel(18-8)	27.6	190.0	10.60	73.1	0.305	0.280	484	76.0

ตาราง ง-1 ตัวประกอบความเค้นหนาแน่นสำหรับร่องลึม ร่องลึม



		PROFILE		SLED - RUNNER	
		ตัด	บิต	ตัด	บิต
K_f	แอนนิล	1,6	1,3	1,3	1,3
	ชุบและรีด	2,0	1,6	1,6	1,6

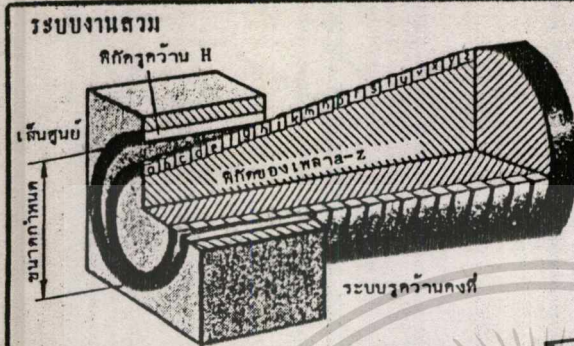


รูป ง-1 ตัวประกอบของผิวสำเร็จสำหรับเหล็กกล้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยประการใดๆ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

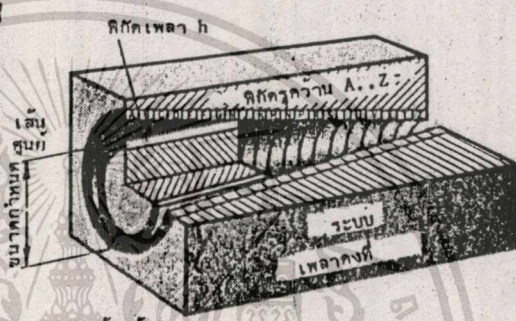
งานสวมและฟักัดความเผื่อ																																																																																	
<p>นิยาม</p> <p>งานสวมคลอน: ระหว่างชิ้นงานที่สวมสอดกันอยู่จะมีช่องว่าง (clearance) อยู่ งานสวมยึด: ชิ้นงานสวมสอดต่อกัน โดยการยึด ชิ้นงานใน มีขนาดโตกว่าชิ้นงานนอก งานสวมพอดี: งานสวมสอดกันพอดีจะมีทั้งงานสวมคลอน และงานสวมยึด ขนาดกำหนด: คือขนาดที่กำหนดใช้ในระบบ ซึ่งมีขนาดอยู่ที่เส้นศูนย์ ขนาดจริง: คือขนาดที่เกิดขึ้นหลังจากทำงานสำเร็จ ค่าพิศักัดความเผื่อ: เป็นขนาดที่บอกค่าโตสุดและขนาดเล็สุดต่างกันเท่าไร ตัวอักษร: เป็นตัวกำหนดตำแหน่งในช่วงพิศักัดความเผื่อว่าอยู่ห่างจาก เส้นศูนย์เท่าไร ตัวเลข: เป็นตัวกำหนดขนาดพิศักัด ขนาดพิศักัดกำหนด (พิศักัดบน และพิศักัดล่าง) เป็นตัวกำหนดขอบเขตของพิศักัดความเผื่อ โดยกำหนดควาขนาดโตสุด และขนาดเล็สุด ห่างจากขนาดกำหนดที่ มม. หรือ ที่ มม เส้นศูนย์: ที่เส้นศูนย์จะมีค่าเพียงเป็นจากขนาดกำหนดเท่ากับ 0 ขนาดโตสุด: ขนาดโตสุดที่ยอมรับได้ ตัวอย่าง: ขนาดเล็สุด: ขนาดเล็สุดที่ยอมรับได้ ขนาดกำหนด ϕ 25 $+0,012$ พิศักัดบน $-0,007$ พิศักัดล่าง ช่องว่าง (Clearance): ค่าแตกต่างระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางของรูควานกับเพลลา เมื่อรูควานโตกว่า เส้นผ่าศูนย์กลางเพลลา ขนาดโตสุด = $25 \text{ mm} + 0,012 \text{ mm} = 25,012 \text{ มม.}$ ขนาดเล็สุด = $25 \text{ mm} - 0,007 \text{ mm} = 24,993 \text{ มม.}$ พิศักัดความเผื่อ = $25,012 \text{ mm} - 24,993 \text{ มม} = 0,019 \text{ มม.}$ ขนาดเกิน: ค่าแตกต่างระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางของเพลลา และรูควานเมื่อเพลลาโตกว่ารูควาน หรือ $0,012 \text{ mm} - (-0,007 \text{ mm}) =$ $= 0,012 \text{ mm} + 0,007 \text{ mm} = 0,019 \text{ มม.}$</p>																																																																																	
<p>การกำหนดพิศักัดความเผื่อตามระบบ ISO DIN 406, ภาค 2 (6-68)</p>																																																																																	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>ชิ้นงานกลึง</p> <p>แบบแยก</p> <p>รูควาน</p> <p>เพลลา</p> <p>แบบประกอบ</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>ชิ้นงานแบบ</p> <p>ขึ้นอกใช้เครื่องมือรูควาน</p> <p>รูปรองและตำแหน่ง</p> </div> </div>																																																																																	
<p>ขนาดที่ไม่ได้กำหนดค่าพิศักัดความเผื่อ (พิศักัดอิสระ Δ พิศักัดรวมค) DIN 7168, ภาค (8.77)</p>																																																																																	
<p>ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้สำหรับขนาดความยาว (ภาค 1) เป็น มม.</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">องศา ความเที่ยงตรง (มุม.)</th> <th rowspan="2">ขนาด กำหนด ถึง 3</th> <th>โตกว่า 3 ถึง 6</th> <th>โตกว่า 6 ถึง 30</th> <th>โตกว่า 30 ถึง 120</th> <th>โตกว่า 120 ถึง 400</th> <th>โตกว่า 400 ถึง 1000</th> <th>โตกว่า 1000 ถึง 2000</th> <th rowspan="2">องศา ความเที่ยงตรง เป็นมุม, ตรง</th> <th rowspan="2">ขนาด กำหนด ถึง 3</th> <th>โตกว่า 3 ถึง 6</th> <th>โตกว่า 6 ถึง 30</th> <th>โตกว่า 30 ถึง 120</th> <th>โตกว่า 120 ถึง 400</th> </tr> <tr> <th>ถึง 6</th> <th>ถึง 30</th> <th>ถึง 120</th> <th>ถึง 400</th> <th>ถึง 1000</th> <th>ถึง 2000</th> <th>ถึง 6</th> <th>ถึง 30</th> <th>ถึง 120</th> <th>ถึง 400</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>f (ละเอียตมาก)</td> <td>$\pm 0,05$</td> <td>$\pm 0,05$</td> <td>$\pm 0,1$</td> <td>$\pm 0,15$</td> <td>$\pm 0,2$</td> <td>$\pm 0,3$</td> <td>$\pm 0,5$</td> <td>f (ละเอียต)</td> <td>$\pm 0,5$</td> <td>$\pm 0,5$</td> <td>± 1</td> <td>± 2</td> <td>± 4</td> </tr> <tr> <td>g (ปานกลาง)</td> <td>$\pm 0,1$</td> <td>$\pm 0,1$</td> <td>$\pm 0,2$</td> <td>$\pm 0,3$</td> <td>$\pm 0,5$</td> <td>$\pm 0,8$</td> <td>$\pm 1,2$</td> <td>g (ปานกลาง)</td> <td>$\pm 0,2$</td> <td>$\pm 0,5$</td> <td>± 1</td> <td>± 2</td> <td>± 4</td> </tr> <tr> <td>h (หยาบ)</td> <td>$\pm 0,15$</td> <td>$\pm 0,2$</td> <td>$\pm 0,5$</td> <td>$\pm 0,8$</td> <td>$\pm 1,2$</td> <td>$\pm 2,0$</td> <td>$\pm 3,0$</td> <td>h (หยาบ)</td> <td>$\pm 0,2$</td> <td>± 1</td> <td>± 2</td> <td>± 4</td> <td>± 8</td> </tr> <tr> <td>js (หยาบมาก)</td> <td>-</td> <td>$\pm 0,5$</td> <td>$\pm 1,0$</td> <td>$\pm 1,5$</td> <td>$\pm 2,0$</td> <td>$\pm 3,0$</td> <td>$\pm 4,0$</td> <td>js (หยาบมาก)</td> <td>$\pm 0,2$</td> <td>± 1</td> <td>± 2</td> <td>± 4</td> <td>± 8</td> </tr> </tbody> </table>		องศา ความเที่ยงตรง (มุม.)	ขนาด กำหนด ถึง 3	โตกว่า 3 ถึง 6	โตกว่า 6 ถึง 30	โตกว่า 30 ถึง 120	โตกว่า 120 ถึง 400	โตกว่า 400 ถึง 1000	โตกว่า 1000 ถึง 2000	องศา ความเที่ยงตรง เป็นมุม, ตรง	ขนาด กำหนด ถึง 3	โตกว่า 3 ถึง 6	โตกว่า 6 ถึง 30	โตกว่า 30 ถึง 120	โตกว่า 120 ถึง 400	ถึง 6	ถึง 30	ถึง 120	ถึง 400	ถึง 1000	ถึง 2000	ถึง 6	ถึง 30	ถึง 120	ถึง 400	f (ละเอียตมาก)	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	f (ละเอียต)	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	± 1	± 2	± 4	g (ปานกลาง)	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	g (ปานกลาง)	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	± 1	± 2	± 4	h (หยาบ)	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2,0$	$\pm 3,0$	h (หยาบ)	$\pm 0,2$	± 1	± 2	± 4	± 8	js (หยาบมาก)	-	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$	$\pm 2,0$	$\pm 3,0$	$\pm 4,0$	js (หยาบมาก)	$\pm 0,2$	± 1	± 2	± 4	± 8
องศา ความเที่ยงตรง (มุม.)	ขนาด กำหนด ถึง 3			โตกว่า 3 ถึง 6	โตกว่า 6 ถึง 30	โตกว่า 30 ถึง 120	โตกว่า 120 ถึง 400	โตกว่า 400 ถึง 1000	โตกว่า 1000 ถึง 2000			องศา ความเที่ยงตรง เป็นมุม, ตรง	ขนาด กำหนด ถึง 3	โตกว่า 3 ถึง 6	โตกว่า 6 ถึง 30	โตกว่า 30 ถึง 120	โตกว่า 120 ถึง 400																																																																
		ถึง 6	ถึง 30	ถึง 120	ถึง 400	ถึง 1000	ถึง 2000	ถึง 6	ถึง 30	ถึง 120	ถึง 400																																																																						
f (ละเอียตมาก)	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	f (ละเอียต)	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	± 1	± 2	± 4																																																																				
g (ปานกลาง)	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	g (ปานกลาง)	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	± 1	± 2	± 4																																																																				
h (หยาบ)	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2,0$	$\pm 3,0$	h (หยาบ)	$\pm 0,2$	± 1	± 2	± 4	± 8																																																																				
js (หยาบมาก)	-	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$	$\pm 2,0$	$\pm 3,0$	$\pm 4,0$	js (หยาบมาก)	$\pm 0,2$	± 1	± 2	± 4	± 8																																																																				
<p>ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้สำหรับ มุมเป็นองศา และลิปดา (ภาค 2)</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">องศา กำหนด ถึง 10</th> <th>โตกว่า 10 ถึง 50</th> <th>โตกว่า 50 ถึง 120</th> <th>โตกว่า 120 ถึง 400</th> <th rowspan="2">องศา ความเที่ยงตรง</th> <th rowspan="2">พิศักัดของการหมุน และการเคลื่อนที่ ในแนวราบ</th> <th rowspan="2">พิศักัดที่โต สักส่วนกัน</th> </tr> <tr> <th>ถึง 50</th> <th>ถึง 120</th> <th>ถึง 400</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>f (ละเอียตมาก)</td> <td>$\pm 1^\circ$</td> <td>$\pm 30'$</td> <td>$\pm 20'$</td> <td>A</td> <td>0,1 mm</td> <td>0,3 mm</td> </tr> <tr> <td>g (ปานกลาง)</td> <td>$\pm 1^\circ$</td> <td>$\pm 30'$</td> <td>$\pm 20'$</td> <td>B</td> <td>0,2 mm</td> <td>0,5 mm</td> </tr> <tr> <td>h (หยาบ)</td> <td>$\pm 1^\circ 30'$</td> <td>$\pm 50'$</td> <td>$\pm 25'$</td> <td>C</td> <td>0,5 mm</td> <td>1,0 mm</td> </tr> <tr> <td>js (หยาบมาก)</td> <td>$\pm 3^\circ$</td> <td>$\pm 2^\circ$</td> <td>$\pm 1^\circ$</td> <td>D</td> <td>1,0 mm</td> <td>2,0 mm</td> </tr> </tbody> </table>		องศา กำหนด ถึง 10	โตกว่า 10 ถึง 50	โตกว่า 50 ถึง 120	โตกว่า 120 ถึง 400	องศา ความเที่ยงตรง	พิศักัดของการหมุน และการเคลื่อนที่ ในแนวราบ	พิศักัดที่โต สักส่วนกัน	ถึง 50	ถึง 120	ถึง 400	f (ละเอียตมาก)	$\pm 1^\circ$	$\pm 30'$	$\pm 20'$	A	0,1 mm	0,3 mm	g (ปานกลาง)	$\pm 1^\circ$	$\pm 30'$	$\pm 20'$	B	0,2 mm	0,5 mm	h (หยาบ)	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 50'$	$\pm 25'$	C	0,5 mm	1,0 mm	js (หยาบมาก)	$\pm 3^\circ$	$\pm 2^\circ$	$\pm 1^\circ$	D	1,0 mm	2,0 mm																																										
องศา กำหนด ถึง 10	โตกว่า 10 ถึง 50		โตกว่า 50 ถึง 120	โตกว่า 120 ถึง 400	องศา ความเที่ยงตรง				พิศักัดของการหมุน และการเคลื่อนที่ ในแนวราบ	พิศักัดที่โต สักส่วนกัน																																																																							
	ถึง 50	ถึง 120	ถึง 400																																																																														
f (ละเอียตมาก)	$\pm 1^\circ$	$\pm 30'$	$\pm 20'$	A	0,1 mm	0,3 mm																																																																											
g (ปานกลาง)	$\pm 1^\circ$	$\pm 30'$	$\pm 20'$	B	0,2 mm	0,5 mm																																																																											
h (หยาบ)	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 50'$	$\pm 25'$	C	0,5 mm	1,0 mm																																																																											
js (หยาบมาก)	$\pm 3^\circ$	$\pm 2^\circ$	$\pm 1^\circ$	D	1,0 mm	2,0 mm																																																																											
<p>ข้อกำหนดตาม DIN 7168 เมือ 1 เป็นความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ตาม DIN 7168 ปากกลางหรือใช้ DIN 7168-3</p> <p>ข้อกำหนดตาม DIN 7168 เมือ 2 เป็นความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ตาม DIN 7168 หรือ Cm DIN 7168</p>																																																																																	

ระบบงานสวมและฟักัดความต่อ



ในระบบรูควานคองที รูควานทุกวงจะถูกปรับไว้ที่คีกรูควาน H ใว้ทำงานสวมจะเป็นการสวมชนิดโค
 -คีกรูควานเล็กสุดของรูควานจะเป็นโคจนถึงศูนย์ โดยมีขนาดเท่ากับขนาดกำหนด
 -คีกรูควานใหญ่สุดจะมากน้อยขึ้นอยู่กับค่าคีกรูควานที่เหนือศูนย์
 -ชนิดของงานสวมจะเลือกโคความคีกรูควานของเพล่า (a...z) (ดูตาราง หน้า 100 และ 101)

ในระบบเพล่าคองที เพล่าทุกอันจะถูกปรับไว้ที่คีกรูควาน h ขนาดโคสุดของเพล่าจะโคที่โคจนถึง ศูนย์คือโคกว่ากับขนาดกำหนด
 ขนาดเล็กสุดของเพล่าจะเล็กกว่าขนาดกำหนดมากน้อยขึ้นอยู่กับคีกรูควานของเพล่า



-ชนิดของงานสวมจะเลือกโคความคีกรูควานของรูควาน (A...Z) (ดูตารางหน้า 102 และ 103)

ในระบบอนุกรม (ตาม DIN 7157) ซึ่งแนะนำให้ใช้ จะมีทั้งระบบเพล่าคองทีและระบบรูควานคองที

ข้อดีของระบบนี้คือ สามารถใช้เครื่องมือ และเครื่องมือวัดจำนวนน้อยขึ้นกว่าเลือกระบบงานสวมตามทีแนะนำไว้ให้

งานสวมที่แนะนำให้ใช้ (คัดลอกจาก DIN 7157 (1. 66))				ตัวอย่างงานสวม	
อนุกรมที่แนะนำให้ใช้ (ให้เลือกชั้นทับก่อนเลือกรูควาน เพล่า)		ระบบงานสวม		สัญลักษณ์	ข้อสังเกตและตัวอย่างการใช้งาน
รูควาน	เพล่า	รูควานคองที	เพล่าคองที		
สรวมคองที					
2	2	H11	s11	A11	h11
2	2	H11	e11	G11	h11
1	2	H11	e9	D10	h11
1	1	H11	e9	G7	h6
1	1	H8	s9	B7	h9
1	1	H8	e8	E9	h9
1	1	H8	e7	F8	h9
1	1	H8	e7	F8	h6
1	1	H7	e7	F8	h6
1	2	H7	e6	G7	h6
2	2	H11	h11	H11	h11
2	1	H8	h9	H11	h9
1	1	H8	h9	H8	h9
1	1	H7	h6	H7	h6
สรวมคองที					
1	2	H7	k6	ไม่กำหนด	
1	2	H7	k6	แน่นอน	
1	1	H7	n6	ไม่กำหนด	
สรวมคองที					
1	1	H7	f6	ไม่กำหนด	
1	2	H7	f6	แน่นอน	
1	1	H8	u8	ขนาด (โตกว่า) กำหนด	
1	1	H8	u8	-เล็กกว่า) 24 มม.	
				สรวมคองที	สรวมคองที
				H7 = k6	K7 = h6
				H7 = m6	M7 = h6
				H7 = n6	N7 = h6
				H7 = f6	S7 = h6

หลักความเผื่อตามระบบ ISO ค่าพิทคเบน μm ($1 \mu\text{m} = 0,001 \text{mm}$) DIN 7160 (8. 65) และ 7161 (8. 65)

ค่าพิทคสำหรับเขต							ขนาดกำหนดช่วง โตกว่า...ถึง	ค่าพิทคสำหรับรูควาน									
h7	h3	h10	h12	js4	js8	js9		H9	H10	H12	js5	js6	js7	js8	js9	js10	js11
0 -10	0 -14	0 -40	0 -100	± 3	± 7	$\pm 12,5$	von 1...3	+25 0	+40 0	+100 0	+12 -13	± 3	± 7	$\pm 12,5$	-4 -29	-6 -31	
0 -12	0 -18	0 -48	0 -120	± 4	± 9	± 15	3...6	+30 0	+48 0	+120 0	± 15	± 4	± 9	± 15	0 -30	-12 -42	
0 -15	0 -22	0 -58	0 -150	$\pm 4,5$	± 11	± 18	6...10	+36 0	+58 0	+150 0	± 18	$\pm 4,5$	± 11	± 18	0 -36	-15 -51	
0 -18	0 -27	0 -70	0 -180	$\pm 5,5$	$\pm 13,5$	$\pm 21,5$	10...18	+43 0	+70 0	+180 0	+21 -22	$\pm 5,5$	$\pm 13,5$	$\pm 21,5$	0 -43	-18 -61	
0 -21	0 -33	0 -84	0 -210	$\pm 6,5$	$\pm 16,5$	± 26	18...30	+52 0	+84 0	+210 0	± 26	$\pm 6,5$	$\pm 16,5$	± 26	0 -52	-21 -74	
0 -25	0 -39	0 -100	0 -250	± 8	$\pm 19,5$	± 31	30...50	+62 0	+100 0	+250 0	± 31	± 8	$\pm 19,5$	± 31	0 -62	-25 -88	
0 -30	0 -46	0 -120	0 -300	$\pm 9,5$	± 23	± 37	50...80	+74 0	+120 0	+300 0	± 37	$\pm 9,5$	± 23	± 37	0 -74	-30 -106	
0 -35	0 -54	0 -140	0 -350	± 11	± 27	$\pm 43,5$	80...120	+87 0	+140 0	+350 0	+43 -44	± 11	± 27	$\pm 43,5$	0 -87	-35 -124	
0 -40	0 -63	0 -160	0 -400	$\pm 12,5$	$\pm 31,5$	± 50	120...180	+100 0	+160 0	+400 0	± 50	$\pm 12,5$	$\pm 31,5$	± 50	0 -100	-40 -143	
0 -46	0 -72	0 -185	0 -460	$\pm 14,5$	± 36	$\pm 57,5$	180...250	+115 0	+185 0	+460 0	+57 -58	$\pm 14,5$	± 36	$\pm 57,5$	0 -115	-46 -165	
0 -52	0 -81	0 -210	0 -520	± 16	$\pm 40,5$	± 65	250...315	+130 0	+210 0	+520 0	± 65	± 16	$\pm 40,5$	± 65	0 -130	-52 -186	
0 -57	0 -89	0 -230	0 -570	± 18	$\pm 44,5$	± 70	315...400	+140 0	+230 0	+570 0	± 70	± 18	$\pm 44,5$	± 70	0 -140	-57 -202	
0 -63	0 -97	0 -250	0 -630	± 20	$\pm 48,5$	$\pm 77,5$	400...500	+155 0	+250 0	+630 0	+77 -78	± 20	$\pm 48,5$	$\pm 77,5$	0 -155	-63 -223	

1) J 9 เป็นอนุกรมจากมาตรฐาน ISA 1คิม ซึ่งยังใช้ได้กับมิม และแม่เหล็กช่วงพิทค ISO js และ JS จะเป็นสัดขนาดกับเส้นศูนย์สำหรับทุกคุณภาพ 1 ถึง 18 ค่าพิทคเท่ากับ $\frac{1}{2}$ IT ของแต่ละคุณภาพ

หลักพื้นฐานตามระบบ ISO ค่าพิทคความเผื่อเป็น ($1 \mu\text{m} = 0,001 \text{mm}$) DIN 7151 (11. 64)

ขนาดกำหนดช่วง โตกว่า...ถึง	IT																			
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
โตกว่า1...3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	—	—
3...6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	—	—
6...10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	—
10...18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700
18...30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	3300
30...50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900
50...80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4600
80...120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400
120...180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300
180...250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200
250...315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	8100
315...400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	8900
400...500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	9700

ค่าของพิทคความเผื่อตามระบบ ISO ที่คุณภาพ 15 ใช้ IT 15 ซึ่ง(ขอมมาจาก ISO-Tolerance-series, Quality grade 15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานผิวทาสีระบบ ISO											DIN 7154-0701 (8.66)										
ระบบความคงที่											ขนาดเบส (1 μm = 0,001 มม.)										
ค่าดัชนีบนหน้าใบโม่																					
ขนาดกำหนด ตั้งแต่ ถึง มม.	H6	เทา					H7	เทา													
		p5	n5	k6	l6	h5		s6	r6	n6	m6	k6	l6	h6	s6	r6					
จาก 1...3	0	+10	+8	+6	+4	0	+10	+20	+16	+10	+8	+6	+4	0	-2	-4					
	0	+6	+4	0	-2	-4	0	+14	+10	+4	+2	-0	-2	-6	-8	-16					
3...6	0	+17	+13	+9	+6	0	+12	+27	+23	+16	+12	+9	+6	0	-4	-10					
	0	+12	+8	+1	-2	-5	0	+19	+15	+8	+4	+1	-2	-8	-12	-22					
6...10	0	+21	+16	+10	+7	0	+15	+32	+28	+19	+15	+10	+7	0	-5	-13					
	0	+15	+10	+1	-2	-6	0	+23	+19	+10	+6	+1	-2	-9	-14	-22					
10...14	0	+26	+20	+12	+8	0	+18	+39	+34	+23	+18	+12	+8	0	-6	-16					
	0	+18	+12	+1	-3	-8	0	+28	+23	+12	+7	+1	-3	-11	-17	-34					
18...24	0	+31	+24	+15	+9	0	+21	+48	+41	+28	+21	+15	+9	0	-7	-20					
	0	+23	+15	+2	-4	-9	0	+35	+28	+15	+8	+2	-4	-13	-20	-41					
30...40	0	+37	+28	+18	+11	0	+25	+59	+50	+38	+25	+18	+11	0	-9	-25					
	0	+26	+17	+2	-5	-11	0	+43	+34	+17	+9	+2	-5	-16	-25	-50					
50...65	0	+45	+33	+21	+12	0	+30	+72	+60	+49	+38	+21	+12	0	-10	-30					
	0	+32	+20	+2	-7	-13	0	+53	+41	+20	+11	+2	-7	-19	-29	-60					
								+78	+62	+30	+11	+2									
								+59	+45												
80...100		+52	+38	+25	+13	0	+35	+93	+73	+65	+55	+35	+25	+13	0	-12	-36				
		+37	+23	+3	-9	-15	0	+71	+51	+23	+13	+3	-9	-22	-36	-71					
100...120								+101	+76												
								+79	+54												
120...140		+61	+45	+28	+14	0	+40	+117	+88	+52	+40	+28	+14	0	-14	-43					
								+92	+63												
140...160								+123	+90												
		+43	+27	+3	-11	-18	0	+100	+65	+27	+15	+3	-11	-23	-39	-83					
160...180								+133	+93												
								+108	+68												
180...200		+70	+51	+33	+16	0	+45	+151	+106	+60	+46	+33	+16	0	-15	-50					
								+122	+77												
200...225								+159	+109												
		+50	+31	+4	-13	-20	0	+130	+80	+31	+17	+4	-13	-29	-44	-96					
225...250								+169	+113												
								+140	+84												
250...280		+79	+57	+36	+16	0	+52	+190	+126	+66	+52	+36	+16	0	-17	-56					
		+56	+34	+4	-16	-23	0	+158	+94	+34	+20	+4	-16	-32	-49	-106					
280...315								+202	+130												
								+170	+98												
315...355		+87	+62	+40	+18	0	+57	+226	+144	+73	+57	+40	+18	0	-18	-62					
		+62	+37	+4	-18	-25	0	+190	+108	+37	+21	+4	-18	-36	-54	-119					
355...400								+244	+150												
								+208	+114												
400...450		+95	+67	+45	+20	0	+65	+272	+166	+80	+63	+45	+20	0	-20	-68					
		+67	+40	+5	-28	-27	0	+232	+126	+40	+23	+5	-28	-40	-60	-131					
450...500								+292	+172												
								+252	+132												

รูคว้านซึ่งมีขีดความเผื่อ H (รูคว้านคงที่) เมื่อสวมกับเพลาขีดความเผื่อ h จะเป็นงานสวมคั่น,
j ถึง n จะเป็นงานสวมพอดี และ p ถึง z เป็นงานสวมยึด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานตัวมระบบ ISO													DIN 716 ภาค 1 (8.66)	
ระบบรูคว้านคอกี้													ขนาดคอกี้เป็นไมครอน (1 μm = 0,001 mm)	
ช่วงขนาดกำหนด โตกว่า... ถึง น้อยกว่า...	ขนาด H8	เสา					ขนาด H11	เสา						
		x8	u8	h9	s8	d9		h9	h11	d9	s11	a11		
จาก 1...3	+14 0	+34 +20	—	0 -25	-14 -28	-20 -43	+60 0	0 -25	0 -60	-20 -45	-60 -120	-370 -330		
3...6	+10 0	+46 +28	—	0 -30	-20 -38	-30 -60	+75 0	0 -30	0 -75	-30 -60	-70 -145	-270 -345		
6...10	+23 0	+56 +34	—	0 -36	-25 -47	-40 -76	+90 0	0 -36	0 -90	-40 -76	-80 -170	-280 -370		
10...14	+27 0	+67 +40	—	0 -43	-32 -59	-50 -93	+110 0	0 -43	0 -110	-50 -93	-95 -205	-290 -400		
14...18	+33 0	+87 +54	—	0 -52	-40 -73	-65 -117	+130 0	0 -52	0 -130	-65 -117	-110 -240	-300 -430		
18...24	+39 0	+119 +80	+99 +60	0 -62	-50 -89	-80 -142	+160 0	0 -62	0 -160	-80 -142	-120 -280	-310 -470		
24...30	+46 0	+136 +97	+109 +70	0 -74	-60 -106	-100 -174	+190 0	0 -74	0 -190	-100 -174	-140 -330	-340 -530		
30...40	+53 0	+178 +124	+178 +124	0 -87	-72 -136	-120 -207	+220 0	0 -87	0 -220	-120 -207	-170 -390	-380 -600		
40...50	+63 0	+232 +178	+178 +124	0 -100	-85 -148	-143 -245	+250 0	0 -100	0 -250	-143 -245	-200 -450	-460 -710		
50...65	+72 0	+311 +248	+333 +170	0 -115	-100 -172	-170 -285	+290 0	0 -115	0 -290	-170 -285	-240 -530	-660 -950		
65...80	+81 0	+422 +350	+308 +236	0 -130	-110 -191	-190 -320	+350 0	0 -130	0 -320	-190 -320	-300 -630	-920 -1240		
80...100	+90 0	+457 +385	+330 +258	0 -140	-125 -214	-210 -350	+400 0	0 -140	0 -360	-210 -350	-360 -720	-1200 -1560		
100...120	+100 0	+497 +423	+356 +284	0 -155	-135 -232	-230 -385	+460 0	0 -155	0 -400	-230 -385	-440 -840	-1350 -1900		
120...140	+110 0	+554 +473	+396 +315	0 -160	-140 -240	-240 -390	+530 0	0 -160	0 -460	-240 -390	-480 -960	-1450 -2050		
140...160	+120 0	+606 +525	+431 +350	0 -170	-150 -260	-260 -420	+600 0	0 -170	0 -500	-260 -420	-560 -1120	-1650 -2350		
160...180	+130 0	+679 +590	+479 +390	0 -180	-160 -280	-280 -450	+680 0	0 -180	0 -560	-280 -450	-600 -1200	-1750 -2500		
180...200	+140 0	+742 +647	+524 +435	0 -190	-170 -300	-300 -480	+770 0	0 -190	0 -600	-300 -480	-640 -1280	-1850 -2650		
200...225	+150 0	+811 +706	+587 +490	0 -200	-180 -320	-320 -500	+870 0	0 -200	0 -660	-320 -500	-700 -1400	-1950 -2800		
225...250	+160 0	+887 +772	+654 +565	0 -210	-190 -340	-340 -530	+980 0	0 -210	0 -700	-340 -530	-760 -1520	-2050 -2950		
250...280	+170 0	+968 +843	+731 +642	0 -220	-200 -360	-360 -560	+1100 0	0 -220	0 -750	-360 -560	-800 -1600	-2150 -3100		
280...315	+180 0	+1056 +931	+818 +729	0 -230	-210 -380	-380 -590	+1230 0	0 -230	0 -800	-380 -590	-840 -1680	-2250 -3250		
315...355	+190 0	+1152 +1027	+914 +825	0 -240	-220 -400	-400 -620	+1370 0	0 -240	0 -850	-400 -620	-880 -1760	-2350 -3400		
355...400	+200 0	+1256 +1131	+1019 +930	0 -250	-230 -420	-420 -650	+1520 0	0 -250	0 -900	-420 -650	-920 -1840	-2450 -3550		
400...450	+210 0	+1368 +1243	+1134 +1045	0 -260	-240 -440	-440 -680	+1680 0	0 -260	0 -950	-440 -680	-960 -1920	-2550 -3650		
450...500	+220 0	+1488 +1383	+1259 +1170	0 -270	-250 -460	-460 -710	+1850 0	0 -270	0 -1000	-460 -710	-1000 -2000	-2650 -3750		

ช่วงขนาดกำหนดจะมีค่าจาก "โตกว่าถึง" อยู่เสมอ หวังเช่นขนาดรูคว้าน 50 H8 จะมีขนาดคอกี้ +60 และ 0 ไมครอน ขนาดรูคว้าน 51 H8 จะมีขนาดคอกี้ +46 ไมครอน และ 0 ไมครอน หวังเลือกใช้ข้อมูกร 1 ก่อนข้อมูกร 2 ช่วงขนาดกำหนดโตกว่า 500 ไมครอนถึง 3150 ไมครอน. โทลงใน DIN 7172 (มาตรฐานเก่า, กรกฎาคม 1965)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานส่วนตามระบบ ISO																	DIN 7155 ภาค 1 (8. 66)	
ระบบพลาสต์																	ค่าพิทคิม (1 $\mu\text{m} = 0,001$ มม.)	
ลำดับชั้นและขนาด ท่อไซ	พลา	จุกวาม					พลา	จุกวาม										
		P6	M6	M6	J6	N6		S7	R7	N7	M7	K7	J7	H7	G7	F7		
จาก 1...3	0 -4	-6 -12	-4 -10	-2 -8	+2 +4	+6 0	0 -6	-14 -24	-10 -20	-4 -14	-2 -12	0 -10	+4 -6	+10 0	+12 +2	+16 +6		
3...6	0 -5	-9 -17	-5 -13	-1 -9	+5 +3	+8 0	0 -8	-15 -27	-11 -23	-4 -16	0 -12	+3 -9	+6 -6	+12 0	+16 +4	+22 +10		
6...10	0 -6	-12 -21	-7 -16	-3 -12	+5 +4	+9 0	0 -9	-17 -32	-13 -28	-4 -19	0 -15	+5 -10	+8 -7	+15 0	+20 +5	+28 +13		
10...18	0 -8	-15 -26	-9 -20	-4 -15	+6 +5	+11 0	0 -11	-21 -39	-16 -34	-5 -23	0 -18	+6 -12	+10 -8	+18 0	+24 +6	+34 +16		
18...30	0 -9	-18 -31	-11 -24	-4 -17	+8 +5	+13 0	0 -13	-27 -48	-20 -41	-7 -28	0 -21	+6 -15	+12 -9	+21 0	+28 +7	+41 +20		
30...40	0	-21	-12	-4	+10	+16	0	-34	-25	-8	0	+7	+14	+25	+34	+50		
40...50	-11	-37	-28	-20	-6	0	-16	-59	-50	-33	-25	-18	-11	0	+9	+25		
50...65	0	-26	-14	-5	+13	+19	0	-42	-30	-9	0	+9	+18	+30	+40	+60		
65...80	-13	-45	-33	-24	+6	0	-19	-72	-60	-39	-30	-21	-12	0	+10	+30		
80...100	0	-30	-16	-6	+16	+22	0	-58	-38	-10	0	+10	+22	+35	+47	+71		
100...120	-15	-52	-38	-28	-6	0	-22	-93	-73	-45	-35	-25	-13	0	+12	+36		
120...140	0	-36	-20	-8	+18	+25	0	-77	-48	-12	0	+12	+26	+40	+54	+83		
140...160	-18	-61	-45	-33	-7	0	-25	-85	-50	-52	-40	-28	-14	0	+14	+43		
160...180								-125	-90									
180...200	0	-41	-22	-8	+22	+29	0	-93	-53	-14	0	+13	+30	+46	+61	+96		
200...225	-20	-70	-51	-37	-7	0	-29	-105	-60	-60	-46	-33	-16	0	+15	+50		
225...250								-151	-106									
250...280	0	-47	-25	-9	+25	+32	0	-113	-63	-14	0	+16	+36	+52	+69	+108		
280...315	-23	-79	-57	-41	-7	0	-32	-159	-109	-66	-52	-36	-16	0	+17	+56		
315...355	0	-51	-26	-10	+29	+36	0	-202	-130	-14	0	+17	+39	+57	+75	+119		
355...400	-25	-87	-62	-46	-7	0	-36	-169	-87	-73	-57	-40	-18	0	+18	+62		
400...450	0	-55	-27	-10	+33	+40	0	-187	-93	-17	0	+18	+43	+63	+83	+131		
450...500	-27	-95	-67	-50	-7	0	-40	-244	-150	-80	-63	-45	-20	0	+20	+68		

พลาซึ่งมีค่าพิทคิมความเมื่อ h (ระบบพลาสต์) เมื่อรวมกับจุกวาม ซึ่งมีพิทคิมความเมื่อ A ถึง H จะเป็นงาน
 สวมคลอน J ถึง N เป็นงานสวมพอดี และ P ถึง Z เป็นงานสวมยัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานส่วนตารระบบ ISO													DIN 7155 ภาค 1 (8.66)	
ระบบเกลางที่		ค่าพิคัดเบ้น μm ($1 \mu\text{m} = 0,001 \text{mm}$)												
ลำดับที่ หน่วยนำไทย	1	1	2	1	1	1	1	2	2		1	8		
ช่วงขนาดค่า หนคโตกว่า ... ถึง มม.	เพลว	H8	จกวาน					เพลว	จกวาน					
		H8	H11	F8	E9	D10	C11		H11	D11	C11	A11		
von 1...3	0 -25	+14 0	+60 0	+20 +6	+39 +14	+60 +20	+120 +60	0 -60	+60 0	+80 +20	+120 +60	+330 +270		
3...6	0 -30	+18 0	+75 0	+28 +10	+50 +20	+78 +30	+145 +70	0 -75	+75 0	+105 +30	+145 +70	+345 +270		
6...10	0 -36	+22 0	+90 0	+35 +13	+61 +25	+98 +40	+170 +80	0 -90	+90 0	+130 +40	+170 +80	+370 +280		
10...18	0 -43	+27 0	+110 0	+43 +16	+75 +32	+120 +50	+205 +95	0 -110	+110 0	+160 +50	+205 +95	+400 +290		
18...30	0 -52	+33 0	+130 0	+53 +20	+92 +40	+149 +65	+240 +110	0 -130	+130 0	+195 +65	+240 +110	+430 +300		
30...40	0 -62	+39 0	+160 0	+64 +25	+112 +50	+180 +80	+280 +120 +290 +130	0 -160	+160 0	+240 +80	+280 +120 +290 +130	+470 +310 +480 +320		
50...65	0 -74	+46 0	+190 0	+76 +30	+134 +60	+220 +100	+330 +140 +340 +150	0 -190	+190 0	+290 +100	+330 +140 +340 +150	+530 +340 +550 +360		
65...80	0 -87	+54 0	+220 0	+90 +36	+159 +72	+260 +120	+390 +170 +400 +180	0 -220	+220 0	+340 +120	+390 +170 +400 +180	+600 +380 +620 +410		
80...100	0 -100	+63 0	+250 0	+106 +43	+185 +85	+305 +145	+450 +200 +460 +210 +480 +230	0 -250	+250 0	+395 +145	+450 +200 +460 +210 +480 +230	+710 +460 +770 +520 +830 +580		
100...120	0 -115	+72 0	+290 0	+122 +50	+215 +100	+355 +170	+530 +240 +550 +260 +570 +280	0 -290	+290 0	+460 +170	+530 +240 +550 +260 +570 +280	+950 +660 +1030 +740 +1110 +820		
120...140	0 -130	+81 0	+320 0	+137 +56	+240 +110	+400 +190	+620 +300 +650 +330	0 -320	+320 0	+510 +190	+620 +300 +650 +330	+1240 +920 +1370 +1050		
140...160	0 -140	+89 0	+360 0	+151 +62	+265 +125	+440 +210	+720 +360 +760 +400	0 -360	+360 0	+570 +210	+720 +360 +760 +400	+1560 +1200 +1710 +1350		
160...180	0 -155	+97 0	+400 0	+165 +68	+290 +135	+480 +230	+840 +440 +880 +480	0 -400	+400 0	+630 +230	+840 +440 +880 +480	+1900 +1500 +2050 +1650		
180...200														
200...225														
225...250														
250...280														
280...315														
315...355														
355...400														
400...450														
450...500														

ค่าช่วงขนาดกำหนดจะมีค่าโตกว่า จนถึงอยู่เสมอ ตัวอย่างเช่น ระบบเกลางที่ 50 h 9 มีค่าพิคัด 0 μm และ -62 μm ระบบเกลางที่ 51 h 9 มีค่าพิคัด 0 μm และ -74 μm โทเือกใช้ค่าพิคัดที่ 1 ก่อนลำดับที่ 2 ช่วงขนาดกำหนดโตกว่า 500 ถึง 3150 มม. กำหนดใช้ใน DIN 7172 (มาตรฐานฐานเก่า เมื่อมิถุนายน 1965)

ค่าพิสัยความเค้น ของแบริ่งลูกปืน

DIN 5425 (3.56)

สภาพการหมุน	ช่วงพิสัยความเค้นสำหรับ รูเจาะที่เรียวแบริ่ง
รับแรงเป็นจุด	G7; H8; J7
รับแรงรอบ ๆ	M7; N7; P7
สภาพการหมุน	ช่วงพิสัยความเค้นสำหรับ รูเจาะที่เรียวแบริ่ง
รับแรงเป็นจุด	g5; h6
รับแรงรอบ ๆ	k5; m5; p6

ถ้าเหล็กและกรอบในของแบริ่งหมุนรอบ (กรอบนอกและเรียวแบริ่งอยู่กับที่) สลักจะหนีกรอบในจะโค้งรับแรงรอบ ๆ และกรอบนอกได้รับแรงเป็นจุด ถ้ากรอบนอกและเรียวแบริ่งหมุนรอบ (เหล็กและกรอบในของแบริ่งอยู่กับที่) สลักจะหนีกรอบนอกจะโค้งรับแรงรอบ ๆ และกรอบในได้รับแรงเป็นจุด

ปลอกสำหรับแบริ่งปลอกห่างจากทองแดงผสม

DIN 1850/ปร 1 (10.76)

แบบ G

ค่าขอบโทคลาดเคลื่อน
โทตาม DIN 7168

แบบ U

ขนาดและรายละเอียด
ที่ขาดเหมือนแบบ G

d ₁ E6	d ₂ s6			b ₁ h13				d ₁ E6	d ₂ s6	d ₃ d11	b ₁ h13			b ₂	f	u
	a	b	c	a	b	c	f				b	c				
10	12	14	16	6	10	—	0,3	10	16	20	10	—	3	0,3	1	
14	16	18	20	10	15	20	0,5	14	20	25	15	20	3	0,5	1	
20	23	24	26	15	20	30	0,5	20	26	32	20	30	3	0,5	1,5	
25	28	30	32	20	30	40	0,5	25	32	38	30	40	4	0,5	1,5	
32	36	38	40	20	30	40	0,8	32	40	46	30	40	4	0,8	2	
40	44	48	50	30	40	60	0,8	40	50	58	40	60	5	0,8	2	
50	55	58	60	40	50	60	0,8	50	60	68	50	60	5	0,8	2	
60	65	70	75	40	60	80	0,8	60	75	83	60	80	7,5	0,8	2	
80	85	90	95	60	80	100	1	80	95	105	80	100	7,5	1	3	
90	100	105	110	60	80	120	1	90	110	120	80	120	10	1	3	
100	110	115	120	80	100	120	1	100	120	130	100	120	10	1	3	

ปากปลายสำหรับการยึดแบริ่งมุม 45° จะมีความละเอียดพิเศษ และมุม 15° โทกาทันตัว Y, เอาไว้ หุอบเริ่ม
ปากครีมนอก
การกำหนดขนาดของแบริ่งปลอกแบบ G มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน d₁ = 20 มม. ปากปลายมุม 15° และเส้นผ่าศูนย์กลาง
นอก d₂ = 24 มม. ความหนา b₂ ที่มีค่าพิสัยความเค้นตามระบบ ISO s6 และกว้าง b₁ = 20 มม. ทำด้วยวัสดุ
Cu Sn 8 ตาม DIN 1850 แบริ่งปลอก G 20 x 24 x 20 Y DIN 1850 - CuSn 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็กเหนียว (Steel)									
เหล็กโครงสร้างทั่ว ๆ ไป (Structural steel)								DIN 17100 (9. 66)	
1 คุณสมบัติ ทั่วไป	2 คุณสมบัติสูงขึ้น		3 คุณสมบัติ พิเศษ		C เป็น%	ทนแรงดึง Rm N/mm ²	ทนแรงดึง ที่จุด ต่ำสุด Rp N/mm ²	อัตรา การ ยืด As in %	คุณสมบัติและการใช้งานของ เหล็กโครงสร้างทั่ว ๆ ไป ตาม DIN 17100 โดยไม่มี การปรับปรุงคุณภาพด้วยความ ร้อน
	ชื่อย่อ	เลขรหัส	ชื่อย่อ	เลขรหัส					
St 33-1	1.0033	St 33-2	1.0035	—	—	320...490	185	18	สำหรับชิ้นส่วนที่ไม่สำคัญ
U St 34-1	1.0055	U St 34-2	1.0028	—	—	0.17 330...410	205	28	สำหรับโครงสร้างธรรมดา งานค้ำยันรูป, เหล็ก, สลัก
U St 37-1	1.0065	U St 37-2	1.0036	St 37-3	1.0116	0.20 360...440	235	25	
U St 42-1	1.0075	U St 42-2	1.0042	St 42-3	1.0136	0.25 410...490	255	22	
—	—	R St 46-2	1.0477	St 46-3	1.0483	0.20 430...530	285	22	
—	—	—	—	St 52-3	1.0570	0.20 510...610	355	22	สำหรับความแข็งแรงสูง
St 50-1	1.0052	St 50-2	1.0050	—	—	0.25 490...590	295	20	เฟือง, รั้ว, สลักกลาง
St 60-1	1.0062	St 60-2	1.0060	—	—	0.35 590...710	335	15	ชิ้นส่วนที่รับภาระมาก
—	—	St 70-2	1.0070	—	—	0.50 690...840	365	10	
<p>ในตารางนี้เป็นหมายเลขวัสดุที่บริษัทผู้ผลิตเหล็กใช้กันเป็นส่วนมาก ซึ่งบางส่วนใช้แทนหมายเลขวัสดุตาม DIN 17100 กรรมวิธีหล่อ : เหล็กทั้งหมดของทุกคุณภาพ 1 และ 2 หล่อแบบไม่กำจัดแก๊ส (unkilled) หรือกำจัดแก๊ส(killed) ซึ่งจะมีตัวอักษร U หรือ R นำหน้าเช่น U St 37-2 หรือ R St 37-2 เหล็กตั้งแต่ St 42-3 ถึง St 70-2 จะหล่อแบบกำจัดแก๊ส (killed) กลุ่มคุณภาพ 3 หล่อแบบกำจัดแก๊สพิเศษ Special Killed) ไม่ต้องเขียนตัวอักษรกรรมวิธีหล่อ ยกเว้นเหล็ก R St 46-2 สำหรับเหล็กกลุ่มคุณภาพ 2 และ 3 ผู้ซึ่งสามารถตกลงกรรมวิธีหลอมกับบริษัทผู้ผลิตได้ตามต้องการ เช่น YRST 37-2 (เหล็กเป่าออกซิเจน หล่อแบบกำจัดแก๊ส (killed)) ความหนาแน่นของเหล็กโครงสร้างทั่ว ๆ ไป $\rho = 7.85 \text{ kg/dm}^3$</p>									
เหล็กแผ่นบาง (เหล็กแผ่นที่มีความหนาน้อยกว่า 3 มม.) สลักตะดาว								DIN 1623 T 1 (11. 72)	
ชนิดของผิว				ลักษณะผิว					
สัญลักษณ์	ลักษณะ			สัญลักษณ์	ลักษณะ				
01	ขบไล้กลอง ผิวหยาบสัมผัสดัด			m	ผิวเรียบ มงกุฎเรียบ				
02	Normalized ผิวหยาบสัมผัสดัด				เป็นเส้น เส้นสม่ำเสมอ				
03	ผิวเรียบขรุขระ มีรูพูนโต				หยาบ ทำให้ผิวหยาบ				
04	ผิวเรียบดี								
05	ผิวเรียบที่สุด								
คุณภาพ กลุ่ม	ชื่อย่อ	เลข รหัส	C เป็น%	ทนแรง ดึง Rm N/mm ²	ทนแรง ดึงที่จุด ต่ำสุด Rp N/mm ²	อัตรา การ ยืด As เป็น%	ชนิดและลักษณะผิว		
คุณภาพ ทั่วไป	TS10 St 10	1.0022.1 1.0022.5	0,15	280...500	—	—	01	02	03
ในการ ดึงยึด	WUS112 US112	1.0330.3 1.0330.5	0,10	280...420	—	24	03	04	05
ในการขึ้น รูปด้วย ค้อน	US113 RS113	1.0333.5 1.0333.6	0,10	280...400	270	27	03	04	05
ในการขึ้น รูปด้วย พิเศษ	US114 RRS114	1.0336.5 1.0336.6	0,10	280...380	240	30	—	04	05
<p>ตัวอย่าง สัญลักษณ์ T St 10 02 หมายความว่า TSt 10 = สุนัขเหล็กแผ่นบาง ทั่ว ๆ ไป จากเตาไฟฟ้า 02 = ผิวสัมผัสดัด Normalizing, RRSt 14 05 หมาย ความว่า RRSt 14 = เหล็กแผ่นบางสำหรับขึ้นรูปด้วยพิเศษที่ผ่านการหล่อโดยกำจัด แก๊ส (killed); 0,5 = ผิวเรียบที่สุด m = ผิวเป็นเส้น</p>									
เหล็กแผ่นบางจากเหล็กโครงสร้างทั่วไป								DIN 1623 T 2 (1. 61)	
จากเหล็กโครงสร้างทั่วไปตาม DIN 17100 St 37, St 37-2, St 42-2, St 50-2, St 52-2, St 52-3 St 60-2, St 70-2 ทั่ว ๆ ไป ผลิตเป็นเหล็กแผ่นบาง สัญลักษณ์ชนิดผิวสำหรับเหล็กแผ่นบางใช้เช่นเดียวกับเหล็กแผ่นบาง ตาม DIN 1623/1 ส่วนมากผิวหยาบเป็นเส้น									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ศิริชัย พุฒวัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ มณฑา เทียมเมือง อาจารย์และเจ้าหน้าที่
ทุกท่าน ในโรงประลองวิศวกรรม 1 และ 2 ตลอดจนเพื่อนๆภาคอื่นๆที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำ จนปริญญาณิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณเพื่อนๆภาคเครื่องกลทุกคนที่ให้ความสนใจมาตลอด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ดร. วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ และ ช่าง อดิเตชัน , "การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1 " , บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด , 345 หน้า , 2531
2. ดร. วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ และ ช่าง อดิเตชัน , "การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2 " , บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด , 349 หน้า , 2531
3. รศ. บรรณ เลิศ ศรีนิล และ ผศ. ประเสริฐ คุ้มสมบัติ "ตาราง-งานโลหะ" , โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตพระนครเหนือ , 234 หน้า , 2524