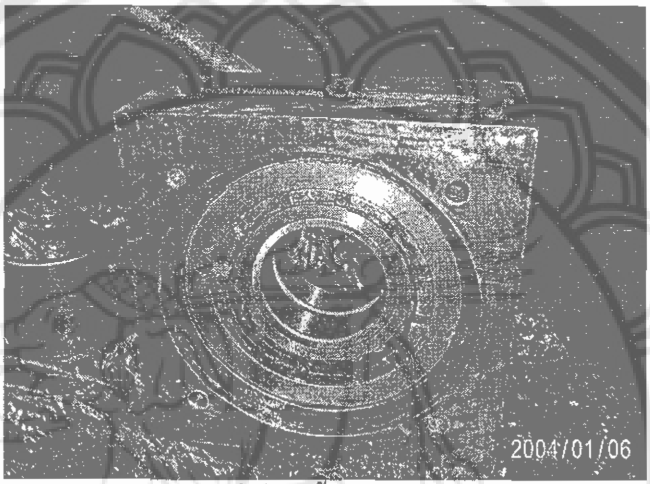
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แสดงภาพรายละเอียดชิ้นส่วน Clinker Grinder และส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

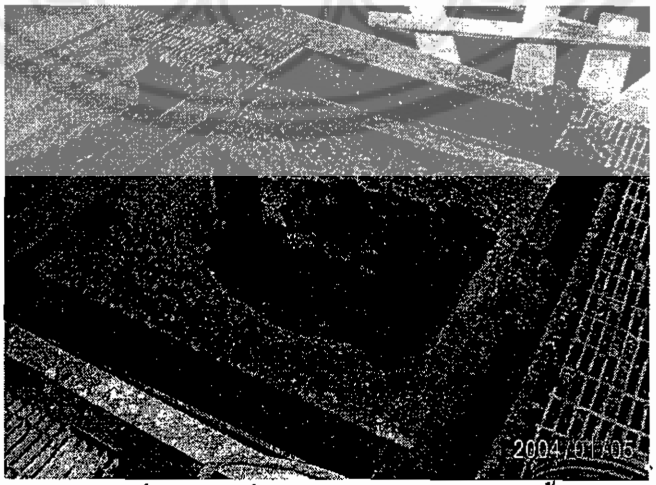
ก.1 แสดงภาพรายละเอียดชิ้นส่วน Clinker Grinder และส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

ก.1.1 การนำตลับลูกปืนเข้าไปติดตั้งในเสื้อตลับลูกปืน ซึ่งเป็นตัวลองรับเพลาของ Grinder Segment เพื่อทำการบดเถ้าหนักต่อไป ดังแสดงในรูปที่ ก.1



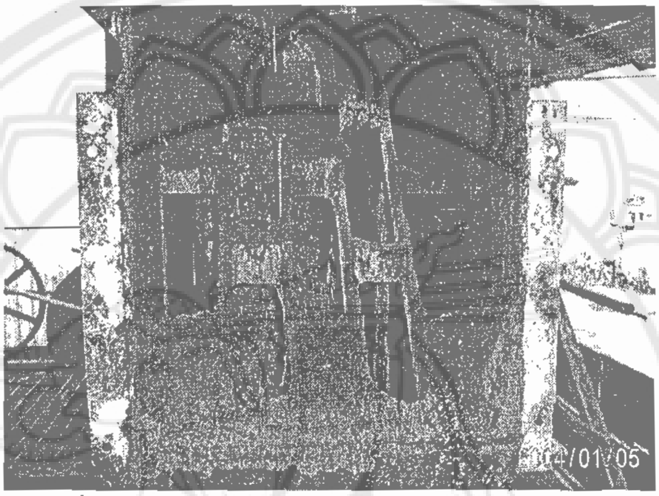
รูปที่ ก.1 เสื้อตลับลูกปืน

ก.1.2 เถ้าหนักที่ทำการบดให้มีขนาดใหญ่ไม่เกิน 10 เซนติเมตร โดยอุปกรณ์บดเถ้าหนัก ก่อนถูกลำเลียงไปทิ้งโดย สายพานลำเลียง เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย ดังแสดงในรูปที่ ก.2



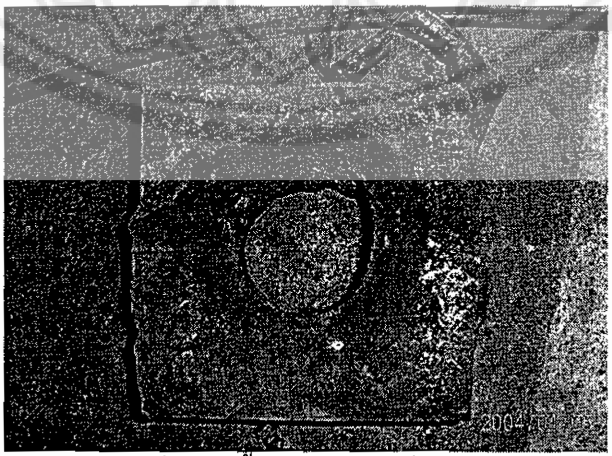
รูปที่ ก.2 เถ้าที่ถูกบดก่อนถูกลำเลียงไปทิ้ง

ก.1.3 เถ้าถูกลำเลียงออกจากใต้เตา โดย Submerged Scraper Conveyor (SSC) จะมาตกที่ช่องคัดขนาดของเถ้า หากเถ้าที่มีขนาดเล็กจะสามารถตกลงไปที่สายพานลำเลียง แต่หากเถ้าที่มีขนาดใหญ่กว่าช่องคัดขนาด จะกลิ้งลงมาที่อุปกรณ์บดเถ้า เพื่อทำการบดให้มีขนาดเล็กลง เพื่อที่จะสามารถนำไปทิ้ง ดังแสดงในรูปที่ ก.3



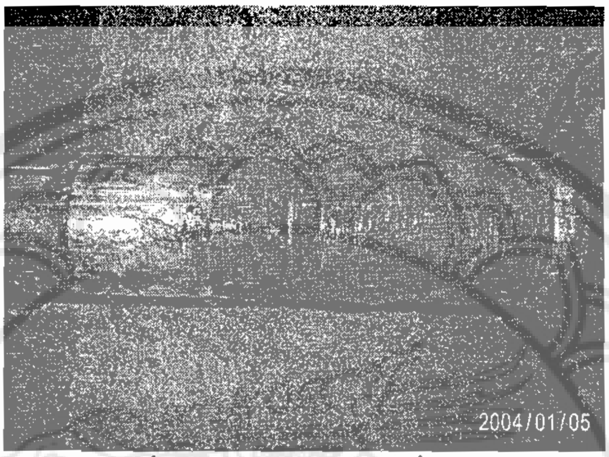
รูปที่ ก.3 ช่องคัดขนาดเถ้าก่อนเข้าอุปกรณ์บดเถ้าหนัก

ก.1.4 แรงสั่นสะเทือน ส่งผลทำให้เกิดความเสียหายต่อเสื้อตลับลูกปืน ได้เนื่องจากการแกว่งของเพลา ดังแสดงในรูปที่ ก.4



รูปที่ ก.4 เสื้อตลับลูกปืน ที่เสียหาย

ก.1.5 เมื่อตลับลูกปืนเสียหาย ตัว Flange Coupling จะหมุนไม่ได้ศูนย์ ทำให้เกิดความเสียหาย ดังแสดงในรูปที่ ก.5

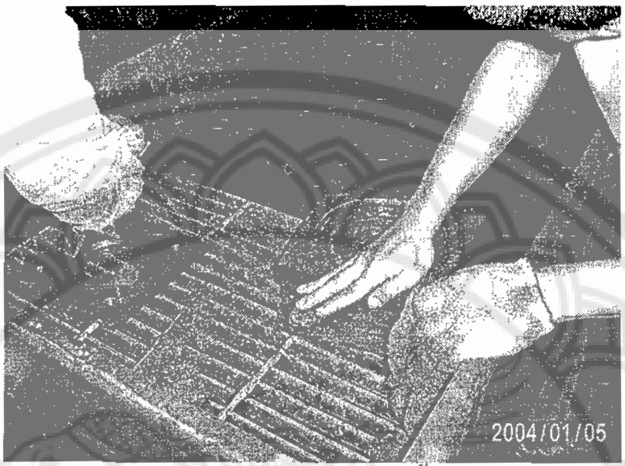


รูปที่ ก.5 Flange coupling ที่เสียหาย

ก.1.6 เฟืองเกียร์จะอยู่ใน กล่องครอบเกียร์ ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางการหมุนของ Grinder Segment ดังแสดงในรูปที่ ก.6

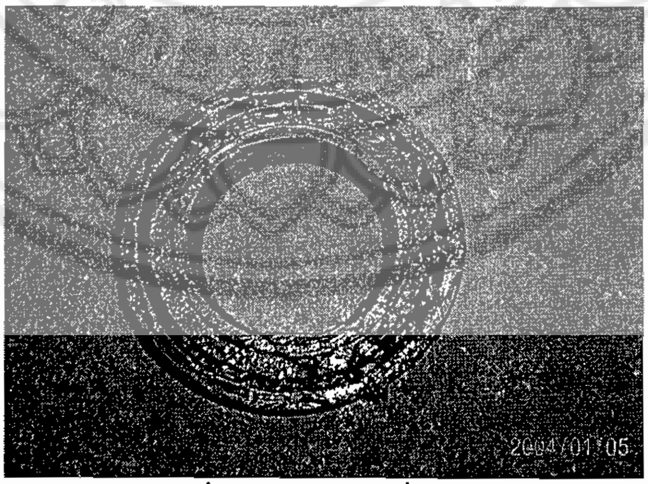
รูปที่ ก.6 เกียร์

ก.1.7 การทำความสะอาด เสื้อตลับลูกปืน เพื่อไม่ให้มีเศษเถ้าค้างอยู่ซึ่งจะ ทำความเสียหายต่อตลับลูกปืน ดังแสดงในรูปที่ ก.7



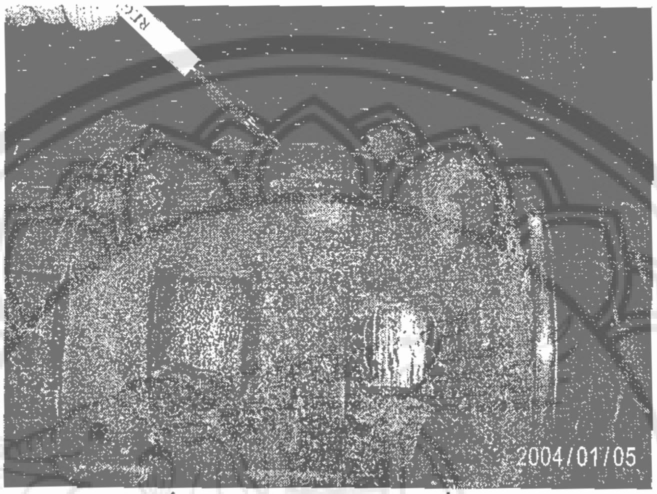
รูปที่ ก.7 การทำความสะอาด เสื้อตลับลูกปืน

ก.1.8 เมื่อเศษผงเถ้าเข้าไปใน เสื้อตลับลูกปืน จะทำให้เกิดความเสียหายต่อตลับลูกปืน ดังแสดงในรูปที่ ก.8



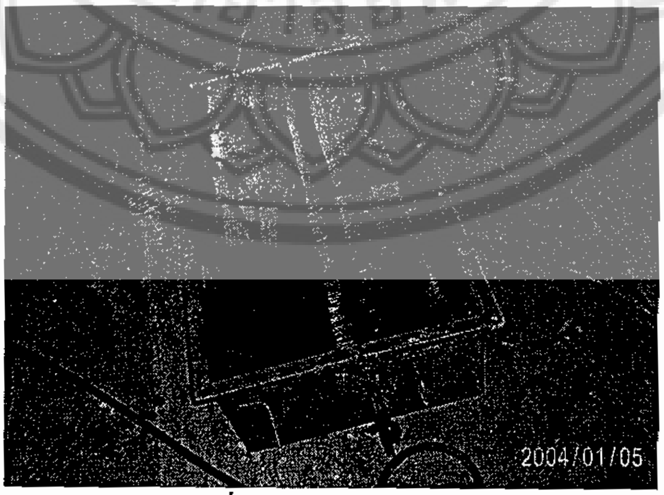
รูปที่ ก.8 ตลับลูกปืนที่เสียหาย

ก.1.9 การใช้ อุปกรณ์บดเถ้าหนัก เป็นระยะเวลานาน ก็ส่งผลทำให้ Grinder Segment เกิดการสึก และชำรุดได้ ดังแสดงในรูปที่ ก.9



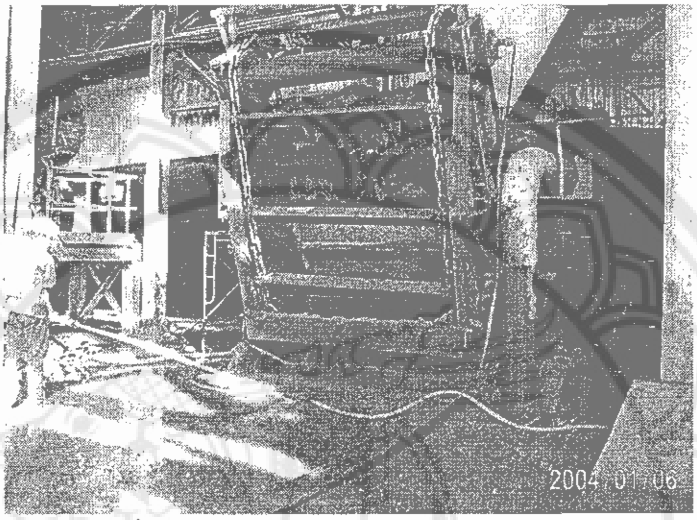
รูปที่ ก.9 Grinder Segment ที่เสียหาย

ก.1.10 ภายใน กล่องครอบเกียร์ ก็จะมี น้ำมันหล่อลื่นเพื่อหล่อลื่นชุดเกียร์ และช่วยลดอุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ ก.10



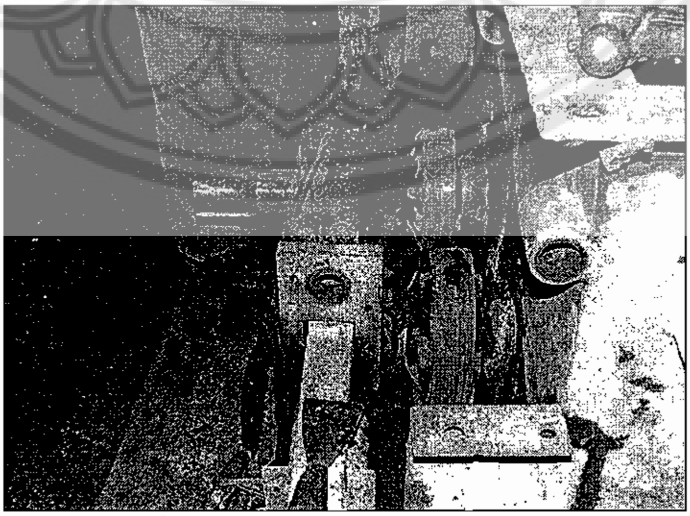
รูปที่ ก.10 กล่องครอบเกียร์

ก.1.11 Submerged Scraper Conveyor (SSC) เป็นอุปกรณ์ลำเลียงเถ้าออกมาจากใต้เตา เพื่อที่จะส่งเถ้าต่อไปยัง อุปกรณ์บดเถ้าหนัก ดังแสดงในรูปที่ ก.11



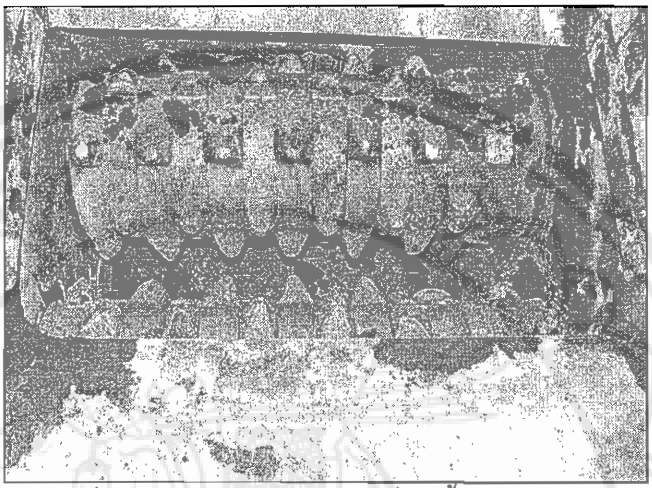
รูปที่ ก.11Submerged Scraper Conveyor (SSC)

ก.1.12 ผงเถ้าที่สร้างความเสียหายต่อ ตลับลูกปืนใน เสื้อตลับลูกปืน ดังแสดงในรูปที่ ก.12



รูปที่ ก.12 การเกิดความเสียหาย จากผงเถ้า

ก.1.13 Grinder Segment ที่ติดตังใน อุปกรณ์บดเถ้าหนัก ที่พร้อมใช้งานในการบดเถ้าหนัก ดังแสดงในรูปที่ ก.13



รูปที่ ก.13อุปกรณ์บดเถ้าหนักที่ติดตั้งพร้อมใช้งาน

ภาคผนวก ข

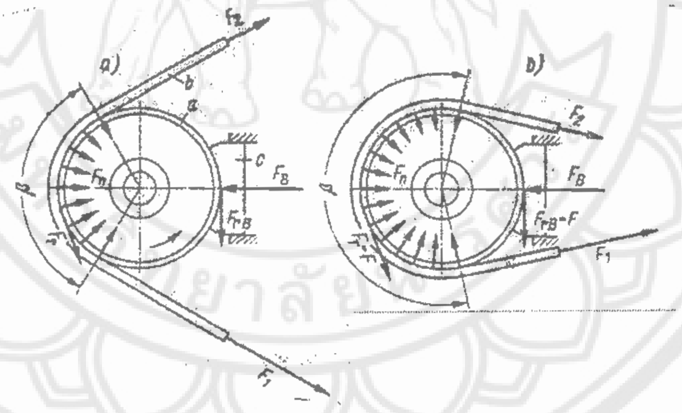
ทฤษฎีการส่งถ่ายกำลัง

ข.1 ทฤษฎีการส่งถ่ายกำลัง

ข.1.1 สายพาน จะใช้ในการส่งกำลัง ระหว่างเพลาโดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อเพลามีระยะห่างกันมากๆ เนื่องจากสายพานมีการยืดหยุ่นได้ จึงทำงานนิ่มนวลกว่าโซ่หรือเฟือง

- แรงเสียดทานบนสายพาน (F_r) จะเล็กกว่า $\sum (F_n , \mu)$ แต่โตกว่าแรงเสียดทานของก้ามเบรก $F_{RB} = F_B \cdot \mu_B$ สายพานดึงล้อให้หมุนได้เพราะว่า แรงเสียดทานบนสายพานเอาชนะแรงเสียดทานบนก้ามเบรก และความเสียดทานที่ก้ามเบรก และความเสียดทานที่ก้ามเบรกเปลี่ยนจากความเสียดทานหยุดนิ่ง เป็นความเสียดทานเคลื่อนที่

- เมื่อแรงเสียดทานบนสายพาน F น้อยกว่าแรงเสียดทานบนก้ามเบรค $F_B \cdot \mu_B$ มู่เล่จะหยุด และสายพานจะลื่นไปบนมู่เล่ เมื่อ F1-F2 < $\sum (F_n , \mu)$ มู่เล่ก็จะหยุดเหมือนกัน ถ้า F1-F2 > $\sum (F_n , \mu)$ ในกรณีแรก ความเสียดทานคงที่ของสายพาน เปลี่ยนไปเป็นความเสียดทานเคลื่อนที่
(สายพานจะลื่น)



รูปที่ ข.1 การกระทำของแรงเมื่อสายพานขับ a) เมื่อมุมโอบเล็ก b) เมื่อมุมโอบใหญ่

ความสามารถในการส่งกำลังของสายพานจะขึ้นอยู่กับ แรงดึง F_1 , F_2 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน และมุมโอบของสายพานรอบมู่เล่ (β)

จากสมการของ Eytelwein

แรงดึงของสายพาน	$F1 = F2 \cdot e^{\mu \cdot \beta}$

F_1 , F_2 = แรงดึงของสายพาน (N)

e = 2.718…….

μ = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างสายพานกับมู่เล่

β = มุมโอบของสายพานรอบมู่เล่เป็นเรเดียน (Radian)

ข.1.2 วัสดุทำสายพานและการต่อ

คุณสมบัติของวัสดุทำสายพานที่ดี คือ จับกับผิวมู่เล่ได้ดี (มีค่าความฝืดมาก) เหนียวยืดหยุ่นได้ดี ยืดตัวถาวรได้น้อย ทนต่อการอัดไปมา ทนต่อดินฟ้าอากาศ น้ำมันและสารเคมีได้ดี ความต้องการต่างๆ เหล่านี้จะใช้วัสดุชนิดเดียวมาทำสายพานไม่ได้ ปัจจุบันได้มีการผลิตสายพานพลาสติก และสายพานหลายชั้น ซึ่งสามารถใช้งานได้กว้างขวางมาก วัสดุใช้ทำสายพานแบนมีดังนี้ คือ

หนัง มีสัมประสิทธิ์ความฝืดสูง ไม่มีวัสดุใดเทียบเท่า มี 2 ชนิด คือ แบบหุ้มด้วยสารอินทรีย์ และแบบหุ้มด้วยสารอนินทรีย์

การแบ่งประเภทของสายพานหนัง แบ่งตามปริมาณไขมันของหนัง ดังนี้ Standard leather (s) หนังที่อ่อนตัวได้ (G) และหนังที่อ่อนตัวได้มาก (HG)

S-leather ใช้ในงานหมุนช้าๆ สายพานที่ต้องเลื่อนออกจากมู่เล่ได้ และใช้กับงานหยาบ

G-leather ใช้สำหรับงานทั่วๆ ไป ระบบสายพานไขว้และมู่เล่เรียว

HG-leather เหมาะสำหรับงานทุกชนิดทั้งที่มีความเร็วสูง ความถี่ในการตัดตัวสูง และระยะห่างระหว่างมู่เล่น้อย และมุมโอบของสายพานน้อย ใช้กับระบบสายพานที่มีมู่เล่กดสายพาน และสายพานกึ่งไขว้

ผ้า ทำจาก Organic หรือ Synthetic Material แบบแรกทำจากฝ้ายและใยไม้ ขนสัตว์ (ขนอูฐ และขนแพะ) ใยไหม, ป่านและลินิน เป็นต้น แบบหลังทำจากไหมสังเคราะห์ Nylon และ per ion ข้อดีของสายพานผ้าใบ เมื่อเปรียบเทียบกับสายพานหนังก็คือ สามารถพอให้มีโครงสร้างสม่ำเสมอกันได้ตลอดความยาว และสามารถจะทำสายพานได้โดยไม่มีรอยต่อ ซึ่งจะทำให้การวิ่งเรียบกว่า แต่จะมีจุดอ่อนอยู่ตรงขอบของสายพาน คือ ถ้ามีรอยขาดที่ขอบเพียงเล็กน้อย จะทำให้สายพานขาดง่าย

ความหนาของสายพานขนาดต่างๆ จะทำได้โดยการวางผ้าใบเรียงกันหลายๆชั้น โดยการเย็บติดกัน ติดด้วยกาวทำด้วย Balata หรือ Gutta-percha, หรือการหล่อยางหุ้ม โดยทั่วไปใช้สายพาน Balata Star apple เป็นสารที่ยืดหยุ่นดีมาก

สายพาน Balata จะเหนียวกว่าสายพานหนัง สองถึงสามเท่า แต่ไม่เหมาะที่จะใช้ในห้องที่มีอุณหภูมิสูง ไม่ทนต่อน้ำมันและเบนซิน แต่ทนต่อความชื้นและฝุ่นละอองได้ดี

ถ้าใช้ยางพาราเป็นกาว เรียกว่าสายพานกาว ถ้าหล่อ Burma หรือ Perbuma หุ้มเป็นผิวบางๆจะทำให้ทนต่อน้ำมันและเบนซิน ได้เป็นอย่างดี และสามารถใช้กับอุณหภูมิได้ถึง 70............80 องศาเซลเซียส ทนต่อความชื้นและฝุ่นละออง แต่มีน้ำหนักจำเพาะมากกว่าสายพานยาง และ สายพาน Balata ขณะวิ่งจะมีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์มาก

- <u>สายพานพลาสติก</u> เช่น Polyamide Nylon และ per ion สายพานที่ทำจากพลาสติกอย่างเดียวมีใช้น้อยมาก ส่วนมากจะทำด้วยผ้า Nylon แบบไม่มีตะเข็บและเพื่อเพิ่มความฝืด โดยจะหุ้มยางเทียมไว้อีกทีหนึ่ง มีความเหนียวมากและไม่มีการยืดตัวในขณะวิ่ง สามารถใช้ความเร็วได้ถึง 100 m/s ดัดตัวได้ดีมาก ทนต่อน้ำมันหล่อลื่นและสภาพดินฟ้าอากาศ

ข.1.3 การคำนวณ

<u>อัตราทด</u> หมายถึง อัตราส่วนของความเร็วที่มู่เล่

อัตราทด $I = n_1/n_2 = D_2/D_1$

ความเร็วรอบของมู่เล่ตัวเล็ก	n_1	เป็นรอบ/นาที
ความเร็วรอบของมู่เล่ตัวโต	n_2	เป็นรอบ/นาที
เส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่ตัวเล็ก	D_1	เป็นเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่ตัวโต	D_2	เป็นเมตร

อัตราทด	$i \leq 6$	ใช้สายพานตรงธรรมดา
	$i \leq 15$	ใช้สายพานแบบมีมู่เล่
	$i \leq 20$	ใช้สายพานหลายชั้น

<u>Torsion moment ของมู่เล่ตัวเล็ก หาได้จากกำลังงานและความเร็วรอบ</u>

Torsion moment $T_1 = P / \omega_1$

กำลังงานที่มู่เล่ตัวขับ P เป็น Watt

ความเร็วเชิงมุมของมู่เล่ตัวเล็ก ω เป็น Rad /s = $2\pi \cdot n_1 / 60$

ความเร็วของสายพาน

$$V \approx D_1 \cdot \pi \cdot n_1 / 60 = R_1 \omega_1$$
$$D_2 \cdot \pi \cdot n_2 / 60 = R_2 \omega_2$$

ความเร็วสายพาน ความเร็วขอบของมู่เล่ทั้งสองตัว V เป็นเมตร / วินาที

เส้นผ่าศูนย์กลางของมู่เล่ทั้งสองตัว D_1 , D_2 เป็นเมตร

รัศมีของมู่เล่ทั้งสอง R_1 , R_2 เป็นเมตร

ความเร็วเชิงมุมของมู่เล่ทั้งสอง ω_1 , ω_2 เป็น rad / s

ความยาวด้านในของสายพาน

สายพานแบบตรง $$Li = \beta (D_1/2) + Z(2\pi - \beta) D_2/2 + 2a \sin \beta/2$$

สายพานแบบไขว้ $$Li = \beta (D_1 + D_2/2) + 2a \sin \beta/2$$

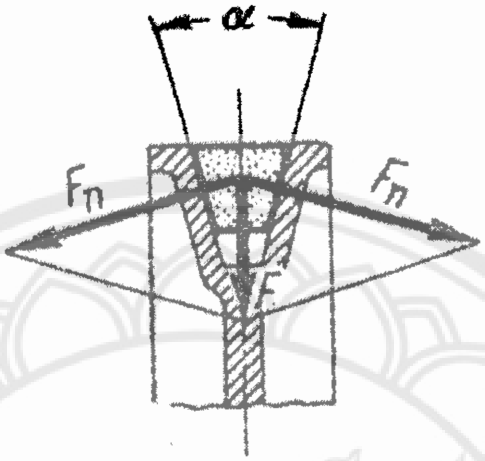
ความยาวด้านในของสายพาน	Li	เป็นมิลลิเมตร
มุมโอบของสายพาน	β	เป็นเรเดียน
เส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่ตัวเล็ก	D_1	เป็นมิลลิเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่ตัวโต	D_2	เป็นมิลลิเมตร
ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของมู่เล่	a	เป็นมิลลิเมตร

ความยาวใช้งานของสายพาน

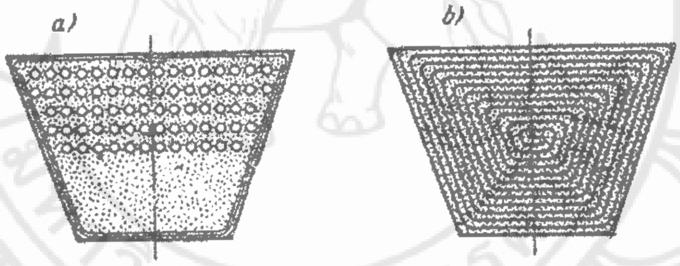
$$L_W = 2e \sin \beta/2 + \pi/2 \ (d_{w2} + d_{w1}) + \gamma \ (d_{w2} - d_{w1})$$

ข.1.4 การส่งกำลังด้วยสายพานลิ่ม (V-Belt)

ในปัจจุบันนี้สายพานขนาดเล็ดที่ต้องใช้ล้อกดสายพานได้ถูกสายพานลิ่มแทนที่หมดโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในงานเครื่องมือกล และในงานสร้างยานยนต์ต่างๆ เมื่อเทียบกับสายพานแบนแล้ว ถ้ามีแรงกดสายพานเท่าๆ กัน สายพานลิ่มจะรับโหลดได้มากกว่าสามเท่า วิ่งเงียบกว่าและไม่มีระยะลื่น นอกจากนี้ยังใช้อัตราทดได้สูง กินเนื้อที่น้อยกว่าแรงกระทำที่เพลา และแบริ่งน้อยกว่าข้อดีอีกข้อหนึ่งก็คือสายพานลิ่มสามารถใช้ได้หลายเส้นเรียงกันบนมู่เล่เดียวกันได้



รูปที่ ข.2 การกระทำของแรงในระบบส่งกำลังด้วยสายพานลิ่ม



รูปที่ ข.3 หน้าตัดของสายพานลิ่ม a) แบบไม่มีรอยต่อ b) แบบมีรอยต่อ

รูปที่ ข.2 แสดงการกระทำของแรงระบบส่งกำลังด้วยสายพานลิ่ม มุมลิ่ม ที่ต่ำกว่า 20 องศา จะทำให้เกิดแรงยึดตัวเองและสายพานขณะเมื่อทำงานจะมีแรงกระตุกมาก และมีประสิทธิภาพต่ำ ดังนั้น มุมลิ่มบนสายพานส่วนมากจะใช้ประมาณ 36 องศา

รูปที่ ข.3a แสดงสายพานลิ่มแบบไม่มีตะเข็บเป็นสายพานยาว ซึ่งมีไส้เส้นด้าย (เส้นด้ายควั่นและวางเรียงกันหลายๆ ชั้น) เป็นตัวรับแรงและเรียงกันอยู่ในบริเวณที่มีความเครียดมากที่สุด

ข.1.5 มู่เล่สายพานลิ่ม

ร่องของมู่เล่สำหรับสายพานแบบธรรมดาจะมีมาตรฐาน และสำหรับสายพานหน้าแคบ การผลิตมู่เล่ทำได้โดยการหล่อ เชื่อมหรือปั๊มขึ้นรูปแผ่นเหล็ก เช่น ใช้ในงานสร้างรถยนต์แบบต่างๆ ของมู่เล่ สำหรับการเลือกใช้ขนาดของมู่เล่ต้องห้ามเลือกใช้ขนาดมู่เล่เล็กกว่าขนาดที่เขากำหนดมา ถ้าไม่ทำตามกฎนี้จะทำให้ส่งกำลังได้น้อยลง เพื่อให้ใช้งานได้ดี และอายุใช้งานของสายพานยาวนาน จะต้องทำให้ร่องสายพานเรียบและสะอาดที่สุด

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก ค

ค่าจำเพาะต่างๆ

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ค.1 นิยาม / คำจำกัดความ

ค.1.1 Age

อายุของอุปกรณ์ที่ถูกใช้งานเพียงบางส่วนหรือทั้งหมด นับตั้งแต่อุปกรณ์ติดตั้งใหม่ ในรูปของระยะเวลาตามปฏิทิน ระยะเวลาเดินเครื่อง จำนวนครั้งการขึ้น- ลงของเครื่อง ปริมาณการผลิตของเครื่อง เป็นต้น

ค.1.2 Appropriate Task

งานที่สามารถกระทำได้และมีคุณค่า (ใช้งานได้และมีประสิทธิผล)

ค.1.3 Conditional Probability of Failure

ความน่าจะเป็นที่ความเสียหายจะเกิดในช่วงเวลาที่กำหนด โดยอุปกรณ์จะต้องทำงานได้ตามปกติจนถึงช่วงเริ่มต้นของช่วงเวลาที่กำหนดไว้

ค.1.4 Desired Performance

ระดับของสมรรถนะที่เจ้าของหรือผู้ใช้งานต้องการจากการทำงานของอุปกรณ์หรือระบบ

ค.1.5 Environmental Consequences

Failure Mode หรือ Multiple Failure ที่เกิดขึ้นแล้วทำให้ผลของการทำงานของอุปกรณ์นั้นขัดกับมาตรฐานหรือข้อบังคับขององค์กรต่างๆ ทั้งภายในและต่างประเทศด้านสิ่งแวดล้อม

ค.1.6 Evident Failure

Failure Mode ใดๆ ซึ่งผลของมันปรากฏให้ผู้ใช้งานทราบภายใต้สภาวการณ์ปกติ

ค.1.7 Evident Function

Function ใดๆ ซึ่งความผิดปกติที่เกิดขึ้นปรากฏให้ผู้ใช้งานทราบภายใต้สภาวการณ์ปกติ

ค.1.8 Failure Consequences

ผลกระทบที่เกิดขึ้นเนื่องจาก Failure Mode หรือ Multiple Failure (ความเสียหายต่ออุปกรณ์, ความปลอดภัย, สิ่งแวดล้อม, ผลผลิต และค่าใช้จ่ายในการซ่อมทั้งทางตรงและทางอ้อม)

ค.1.9 Failure Effect

สิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อเกิด Failure Mode

ค.1.10 Failure- Finding Task

งานตาม Schedule ที่ใช้ในการค้นหาว่ามี Hidden Failure เกิดขึ้นหรือไม่

ค.1.11 Failure Management Policy

นโยบายที่เกี่ยวข้องกับความเสียหายในช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งจะประกอบไปด้วย On-Condition Task, Scheduled Restoration, Scheduled Discard, Failure-Finding, Run-to-Failure และ One-Time Changes

ค.1.12 Failure Mode

สภาพเหตุการณ์หนึ่งที่เป็นสาเหตุทำให้เกิด Functional Failure

ค.1.13 Function

หน้าที่การทำงานของอุปกรณ์หรือระบบตามผู้ใช้งานต้องการ

ค.1.14 Function Failure

สภาวะที่อุปกรณ์หรือระบบไม่สามารถทำหน้าที่ได้ตาม Desired Performance

ค.1.15 Hidden Failure

Failure Mode ใดๆ ซึ่งผลของมันไม่ปรากฏให้ผู้ใช้งานทราบภายใต้สภาวการณ์ปกติ

ค.1.16 Hidden Function

Function ใดๆ ซึ่งความผิดปกติที่เกิดขึ้นไม่ปรากฏให้ผู้ใช้งานทราบภายใต้สภาวะปกติ

ค.1.17 Initial Capability

ระดับของสมรรถนะที่อุปกรณ์หรือระบบสามารถทำได้เมื่อเริ่มนำเข้าใช้งาน

ค.1.18 Multiple Failures

เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เมื่อ Function ที่ถูกป้องกันไว้เกิดผิดปกติขึ้น ในขณะที่อุปกรณ์ป้องกันหรือระบบป้องกันของมันอยู่ในสภาวะที่ผิดปกติอยู่ก่อน

ค.1.19 Non-Operational Consequences

ประเภทของ Failure Consequence ที่ไม่กระทบต่อความปลอดภัย สิ่งแวดล้อม หรือ การเดินเครื่อง เพียงแต่ต้องมีการซ่อมหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนใดๆ ที่ถูกกระทบต่อ Failure นั้น

ค.1.20 on-Condition Task

งานตาม Scheduled ที่ใช้ตรวจจับ Potential Failure

ค.1.21 One-Time Change

การกระทำใดๆ เพื่อเปลี่ยนลักษณะทางกายภาพของอุปกรณ์หรือระบบ เพื่อเปลี่ยนวิธีการเดินเครื่อง หรือ การบำรุงรักษาไว้ให้มีรูปแบบจำเพาะ เพื่อเปลี่ยน Operating Context ของระบบ หรือเพื่อเปลี่ยนขีดความสามารถในการทำงานของพนักงานเดินเครื่องหรือพนักงานบำรุงรักษา (การอบรม)

ค.1.22 Operating Context

สภาวการณ์ที่อุปกรณ์หรือระบบถูกคาดหมายว่าสามารถทำงานได้

ค.1.23 Operational Consequence

ประเภทของ Failure Consequence ที่มีผลกระทบต่อขีดความสามารถในการเดินเครื่องของอุปกรณ์หรือระบบ (ได้แก่ ปริมาณ/คุณภาพของผลผลิต, การบริการลูกค้า, หรือค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่อง ตลอดจนค่าบำรุงรักษา)

ค.1.24 Owner

บุคคลหรือองค์การที่ได้รับความเสียหายหรือเสียค่าใช้จ่ายที่เกิดจาก Failure Mode ภายใต้อำนาจของการเป็นเจ้าของอุปกรณ์หรือระบบ

ค.1.25 P-F Interval

ช่วงระยะเวลาระหว่างจุดที่เริ่มตรวจพบ Potential Failure ไปยังจุดที่มันจะเสื่อมลงจนเกิด Functional Failure

ค.1.26 Potential Failure

สภาพของอุปกรณ์ที่สามารถระบุได้ว่ากำลังจะเกิด Failure ขึ้น หรือเริ่มกระบวนการพัฒนาไปสู่การเกิด Failure ได้ต่อไป

ค.1.27 Protective device or Protective system

อุปกรณ์หรือระบบที่มีไว้เพื่อช่วยหลีกเลี่ยงป้องกันหรือลดผลกระทบของความเสียหายที่จะมีต่ออุปกรณ์หรือระบบ

ค.1.28 Primary Function(s)

หน้าที่หลักของอุปกรณ์ตามวัตถุประสงค์ของ Owner หรือ User ที่ต้องการให้มันทำงาน

ค.1.29 RCM (Reliability-Centered Maintenance)

กระบวนการเฉพาะที่ใช้เพื่อกำหนดนโยบายงานบำรุงรักษาที่จะต้องนำไปปฏิบัติเพื่อที่จะทางกายภาพใดๆ ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เป็นเงื่อนไขการทำงานของทรัพย์สินนั้นๆ

ค.1.30 Run-to-Failure

เป็นนโยบายข้อหนึ่งของ Failure Management ที่ยอมให้อุปกรณ์ถูกใช้งานไปจนเกิด Failure Mode เฉพาะตัว (ไม่มีผลกระทบกับสิ่งใดๆ) โดยไม่มีการป้องกันใดๆเลย

ค.1.31 Safety Consequences

ผลสืบเนื่องต่อความปลอดภัยจาก Failure Mode หรือ Multiple Failure ที่ทำให้บุคคลบาดเจ็บหรือเสียชีวิต

ค.1.32 Scheduled

การปฏิบัติภายใต้ช่วงเวลาที่แน่นอนหรือมีการกำหนดไว้ล่วงหน้าและรวมถึง Continuous Monitoring (เมื่อกำหนดด้วยช่วงเวลาไม่เหมาะสม)

ค.1.33 Scheduled Discard

Schedule Task ที่ตัดรายการออกได้ก่อนที่อุปกรณ์ตัวนั้นจะหมดอายุการใช้งาน โดยไม่ต้องคำนึงถึงสภาพของอุปกรณ์ในขณะนั้น

ค.1.34 Scheduled Restoration

Schedule Task ที่สามารถเพิ่มรายการเข้าไปได้ก่อนที่อุปกรณ์ตัวนั้นจะหมดอายุการใช้งาน หรือก่อนที่อุปกรณ์นั้นจะหมดอายุการใช้งาน โดยไม่ต้องคำนึงถึงสภาพของอุปกรณ์ขณะนั้น ซึ่งเมื่อกระทำแล้วอุปกรณ์ตัวนั้นจะต้องสามารถเดินเครื่องอยู่ได้ถึงช่วงเวลาที่ต้องการ

ค.1.35 Secondary Function

Function อื่นๆ ที่เพิ่มเข้าไปนอกเหนือจาก Primary Function เพื่อช่วยให้อุปกรณ์หรือระบบทำงานได้อย่างสมบูรณ์ เช่น ระบบป้องกัน ระบบควบคุม Containment Comfort Appearance Energy efficiency และ Structured integrity

ค.1.36 User

บุคคลหรือองค์กรที่ใช้งานอุปกรณ์หรือระบบนั้นๆ และอาจเป็นผู้ที่ได้รับความเสียหายหรือเสียค่าใช้จ่ายอันเกิดจากผลกระทบของ Failure Mode

ภาคผนวก ง

การซ่อมบำรุงโดยการคาดคะเน

มหาวิทยาลัยนเรศวร

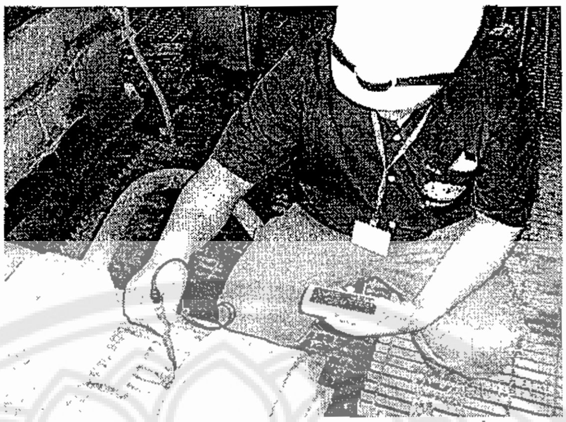
ง.1 การซ่อมบำรุงโดยการคาดคะเน
(Condition Base Maintenance หรือ Predictive Maintenance)

โดยทั่วไปในปัจจุบัน เป็นที่ทราบกันแล้วว่า เครื่องจักรจะมีกลไก และวิธีการทำงานที่สลับซับซ้อนมากกว่าเครื่องจักรกลในสมัยก่อนๆ รวมทั้งเป็นการยากที่จะทำการถอดเปลี่ยนหรือทำการตรวจเช็คตามจุดที่สำคัญของงานการบำรุงรักษาป้องกัน วิธีการในงานการซ่อมบำรุงโดยการคาดคะเนนับได้ว่าเป็นปรัชญาใหม่ในศาสตร์ของการซ่อมบำรุงเครื่องจักร แนวความคิด โดยสรุปก็คือ การใช้วิธีการหรือ เทคนิคใหม่ๆของเครื่องมือวัดชนิดต่างๆ เช่น อุปกรณ์ในการวัดความสั่นสะเทือน กล้องอินฟราเรด เทอร์โมกราฟฟี่ ฯลฯ โดยพื้นฐานแล้วพอที่จะจัดแบ่งการซ่อมบำรุงแบบนี้ออกเป็นวิธีย่อยๆ คือ Vibration Analysis, Oil/Wear Particle Analysis, Performance Monitoring, Temperature Monitoring

ซึ่งในการติดตั้งอุปกรณ์อัตจาระบีอัตโนมัติ จะใช้อยู่ 2 วิธีด้วยกันในการคาดคะเนความเสียหายล่วงหน้า คือ

ง.1.1 การตรวจสอบอุปกรณ์โดยการวัดการสั่นสะเทือน (Vibration Analysis)

ในการบำรุงรักษา อุปกรณ์ที่หมุนทั้งหลาย (ROTATING MACHINE) ตัวแปรที่ควรจะทำการ ตรวจวัดที่สำคัญคือ เรื่องการสั่นสะเทือน (VIBRATION) เพราะ VIBRATION สามารถบอกให้เราทราบว่า อุปกรณ์นั้นมีแนวโน้มเป็นอย่างไร เราจะได้ทำการตรวจสอบ และแก้ไขอุปกรณ์นั้นได้ทัน ก่อนที่จะเกิดการชำรุดเสียหายมาก (BREAK DOWN) เช่น ถ้าเราพบว่า ค่า VIBRATION ที่วัดจากอุปกรณ์หนึ่งมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ เราจะขอหยุดอุปกรณ์นั้นลงมาตรวจสภาพ ชิ้นส่วนภายใน และทำการแก้ไข เป็นต้น



รูปที่ ง.1 การตรวจสอบอุปกรณ์โดยการวัดการสั่นสะเทือน

ตามมาตรฐาน VDI 2056 สามารถแบ่งเครื่องจักรทั้งหลาย ออกเป็น GROUP ต่างๆได้ดังนี้

GROUP K: เป็นเครื่องจักรขนาดเล็ก MOTOR DRIVE มีกำลังตั้งแต่ 0-15 Kw.

GROUP M: เป็นเครื่องจักรขนาดกลาง MOTOR DRIVE มีกำลังตั้งแต่ 15-75 Kw.

GROUP G: เป็นเครื่องจักรขนาดใหญ่ MOTOR DRIVE มีกำลังมากกว่า 75 Kw. มีฐานที่มั่นคง แข็งแรง (RIGID AND HEAVY FOUNDATION)

GROUP T: เป็นเครื่องจักรขนาดใหญ่ MOTOR DRIVE มีกำลังมากกว่า 75 Kw. มีฐานที่มั่นคง แข็งแรง (FLEXIBLE FOUNDATION)

ช่วงค่า VIBRATION ต่างๆ สามารถแยกออกได้ 4 ช่วง ดังนี้

Good: VIBRATION ควรอยู่ใน RANGE นี้ เมื่อติดตั้งหรือประกอบ หลังการตรวจซ่อม ถือว่าดี

Admissible: VIBRATION ควรอยู่ใน RANGE นี้ ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ ใช้งานได้

Still admissible: VIBRATION ค่อนข้างสูง ควรหยุดตรวจสอบ เมื่อมีโอกาส

Inadmissible: VIBRATION สูงมาก ต้องหยุดอุปกรณ์ ลงมาแก้ไขด่วน

หมายเหตุ : กรณีแยกกลุ่มอุปกรณ์ ถ้าที่ MOTOR บอกกำลังเป็น Hp. มา ต้องทำการแปลงเป็น Kw. โดยการคูณด้วย 0.7457 จะได้ค่าออกมาเป็น Kw.

I Hp. = 0.7457 Kw.

ในที่นี้เราจะมาทำการวัด VIBRATION ของ CLINKER GRINDER เพื่อจะติดตามผลการทำงานของอุปกรณ์นี้ ก่อนที่จะเกิดความเสียหาย

CLINKER GRINDER

MOTOR: กำลัง 15 Hp. หรือ 11.19 Kw. ความเร็วรอบ 1460 rpm. 380 v. 24 Apm. 3 Phase.

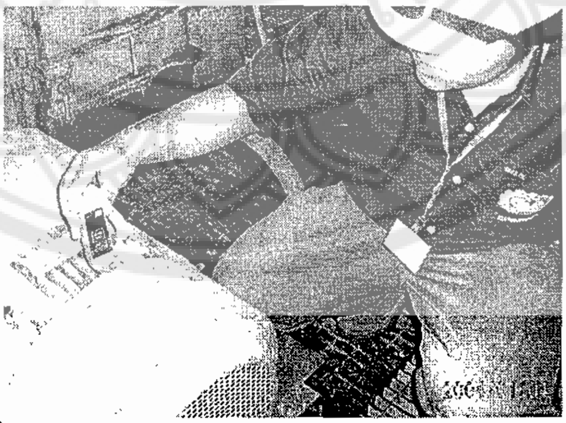
GROUP K

VIBRATION: Velocity (RMS)

0 - 0.7	mm / s	=>	Good
0.7 - 1.8	mm / s	=>	Admissible
1.8 - 4.5	mm / s	=>	still admissible
มากกว่า 4.5	mm / s	=>	Inadmissible

ง.1.2 การตรวจสอบอุปกรณ์โดยการวัดอุณหภูมิใช้งาน (Temperature Monitoring)

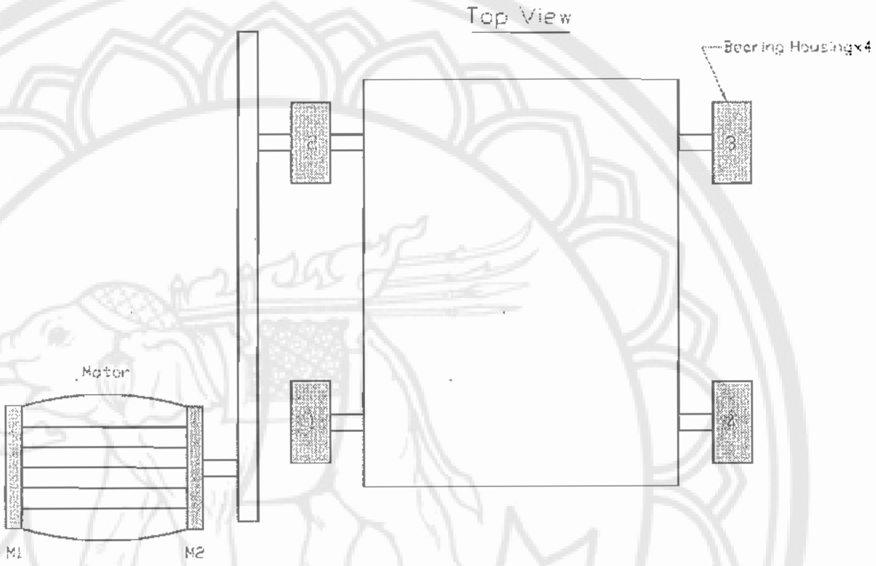
โดยทั่วไปแล้ว วิศวกร หรือ ผู้ควบคุมเครื่อง ก็ใช้สามัญสำนึกในการดูแลรักเครื่องจักรอยู่แล้ว เช่น การใช้สายตาตรวจดูลักษณะ โดยทั่งไป, การใช้จมูกดมกลิ่นไม้, การใช้หูฟังเสียงที่ดังผิดปกติ และการใช้นิ้วมือสัมผัส (ความร้อน) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม วิธีการตรวจสอบดังกล่าวจะเป็นลักษณะการประเมินสภาพเครื่องจักรที่ไม่มีข้อยุติที่แน่นอน ทั้งนี้เนื่องมาจากความไม่เที่ยงตรงของประสาทสัมผัสของคนแต่ละคนที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นการใช้เครื่องมือตรวจวัดเชิงปริมาณสำหรับการซ่อมบำรุงแบบคาดคะเนจึงเป็นสิ่งสำคัญ ทั้งนี้เพราะทำให้ได้ข้อสรุปที่ไม่มีการบิดพลิ้วได้ในการประเมินสภาพของเครื่องจักร



รูปที่ ง.2 การตรวจสอบอุปกรณ์โดยการวัดอุณหภูมิใช้งาน

ง.2 การวัด และติดตามผล

ง.2.1 การวัดค่าแรงสั่นสะเทือน และอุณหภูมิ ของอุปกรณ์บดเถ้าหนัก หน่วยที่ 12 เปรียบเทียบกับ หน่วยที่ 13



รูปที่ ง.3 ตำแหน่งการวัดค่าแรงสั่นสะเทือน และอุณหภูมิ

ตารางที่ ง.1 แสดงค่าแรงสั่นสะเทือน และอุณหภูมิของอุปกรณ์บดเถ้าหนัก ของโรงไฟฟ้าหน่วย12 (วันที่ 6 มกราคม 2549)

UNIT 12	V (mm / s)	H (mm / s)	A (mm / s)	T(°C)
M1	0.7	0.9	0.6	39
M2	0.9	1.0	-	43
1	0.8	0.8	-	41
2	0.7	0.8	-	43
3	0.4	0.7	-	44
4	0.7	0.7	-	45

ตารางที่ ง.2 แสดงค่าแรงสั่นสะเทือน และอุณหภูมิของอุปกรณ์บดเถ้าหนัก ของโรงไฟฟ้าหน่วยที่13 (วันที่ 6 มกราคม 2549)

UNIT 13	V (mm / s)	H (mm / s)	A (mm / s)	T(°C)
M1	0.8	0.7	2.0	36
M2	1.0	0.8	-	42
1	1.7	1.0	-	34
2	1.2	0.7	-	36
3	0.7	0.6	-	39
4	0.9	0.7	-	37

ตารางที่ ง.3 แสดงค่า แรงสั่นสะเทือน และอุณหภูมิของอุปกรณ์บดเถ้าหนัก ของโรงไฟฟ้าหน่วยที่ 12 (วันที่ 9 มกราคม 2549)

UNIT 12	V (mm / s)	H (mm / s)	A (mm / s)	T(˚C)
M1	0.8	1.2	0.9	35
M2	0.7	1.1	-	39
1	0.9	0.9	-	37
2	0.7	1.0	-	39
3	0.7	0.8	-	41
4	1.1	0.7	-	42

ตารางที่ ง.4 แสดงค่า แรงสั่นสะเทือน และอุณหภูมิของอุปกรณ์บดเถ้าหนัก ของโรงไฟฟ้าหน่วยที่ 13 (วันที่ 9 มกราคม 2549)

UNIT 13	V (mm / s)	H (mm / s)	A (mm / s)	T(˚C)
M1	0.8	2.1	0.9	33
M2	0.7	0.8	-	30
1	2.3	1.8	-	30
2	1.2	0.6	-	29
3	0.7	0.7	-	34
4	0.8	0.7	-	33

ตารางที่ ง.5 แสดงค่า แรงสั่นสะเทือน และอุณหภูมิของอุปกรณ์บดเถ้าหนัก ของโรงไฟฟ้าหน่วยที่ 12 (วันที่13 มกราคม 2549)

UNIT 12	V (mm / s)	H (mm / s)	A (mm / s)	T(°C)
M1	0.7	1.0	1.0	35
M2	0.9	1.1	-	35
1	0.8	0.7	-	38
2	0.7	0.9	-	38
3	0.8	0.8	-	43
4	0.8	0.7	-	42

ตารางที่ ง.6 แสดงค่า แรงสั่นสะเทือน และอุณหภูมิของอุปกรณ์บดเถ้าหนัก ของโรงไฟฟ้าหน่วยที่ 13(วันที่13 มกราคม 2549)

UNIT 13	V (mm / s)	H (mm / s)	A (mm / s)	T(°C)
M1	1.0	1.3	2.1	33
M2	1.0	0.7	-	37
1	2.0	1.6	-	32
2	1.1	0.6	-	33
3	0.8	0.6	-	35
4	0.9	0.8	-	32

ตารางที่ ง.7 แสดงค่า แรงสั่นสะเทือน และอุณหภูมิของอุปกรณ์บดเถ้าหนัก ของโรงไฟฟ้าหน่วยที่ 12 (วันที่16 มกราคม 2549)

UNIT 12	V (mm / s)	H (mm / s)	A (mm / s)	T(°C)
M1	0.7	1.0	1.0	37
M2	0.9	1.0	-	35
1	0.7	0.8	-	38
2	0.7	0.9	-	39
3	0.7	0.8	-	41
4	0.9	0.7	-	40

ตารางที่ ง.8 แสดงค่า แรงสั่นสะเทือน และอุณหภูมิของอุปกรณ์บดเถ้าหนัก ของโรงไฟฟ้าหน่วยที่ 13(วันที่ 16 มกราคม 2549)

UNIT 13	V (mm / s)	H (mm / s)	A (mm / s)	T(°C)
M1	0.7	1.3	1.7	31
M2	0.8	0.7	-	35
1	2.5	1.7	-	32
2	1.6	0.6	-	33
3	0.7	0.7	-	36
4	1.3	0.8	-	32

ตารางที่ ง.9 แสดงค่า แรงสั่นสะเทือน และอุณหภูมิของอุปกรณ์บดเถ้าหนัก ของโรงไฟฟ้าหน่วยที่ 12 (วันที่ 25 มกราคม 2549)

UNIT 12	V (mm / s)	H (mm / s)	A (mm / s)	T(°C)
M1	0.8	1.1	0.9	35
M2	0.7	1.0	-	38
1	0.9	0.9	-	37
2	0.7	1.0	-	39
3	0.7	0.8	-	40
4	1.1	0.7	-	41

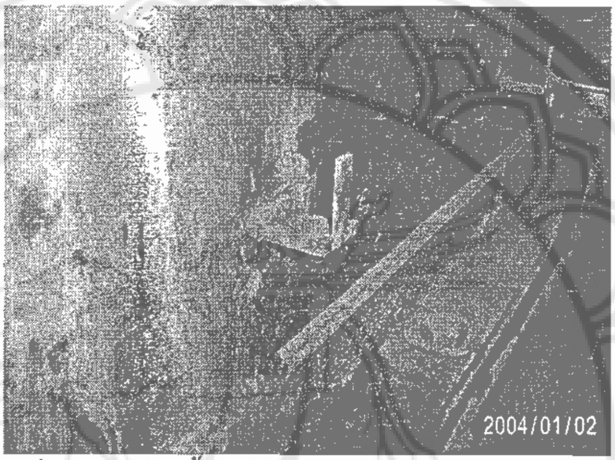
ตารางที่ ง.10 แสดงค่า แรงสั่นสะเทือน และอุณหภูมิของอุปกรณ์บดเถ้าหนัก ของโรงไฟฟ้าหน่วยที่ 13(วันที่ 25 มกราคม 2549)

UNIT 13	V (mm / s)	H (mm / s)	A (mm / s)	T(°C)
M1	0.8	2.0	0.9	33
M2	0.7	1.0	-	30
1	2.3	1.8	-	31
2	1.2	0.6	-	28
3	0.7	0.7	-	33
4	0.8	0.7	-	33

ภาคผนวก จ
วิธีการติดตั้งอุปกรณ์อัดจาระบีอัตโนมัติ

จ.1 วิธีการติดตั้ง

จ.1.1 เชื่อมขายึดติดกับตัวถังของอุปกรณ์บดเถ้าหนัก เพื่อความแข็งแรง ดังแสดงในรูปที่ จ.1

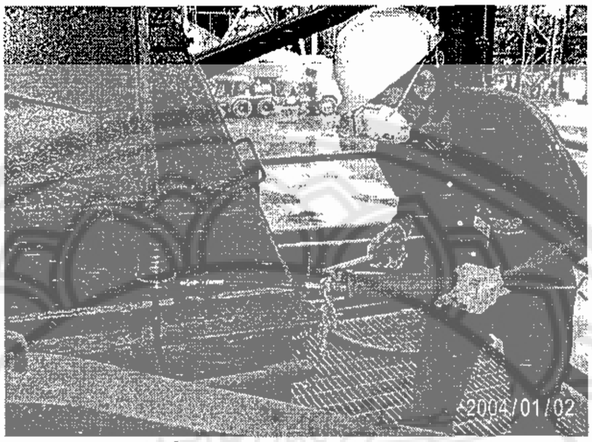


รูปที่ จ.1 การติดตั้งขายึดอุปกรณ์อัดจาระบีอัตโนมัติ

จ.1.2 นำอุปกรณ์อัดจาระบีอัตโนมัติมาติดที่ขายึดโดยใช้เข็มขัดรัดท่อเป็นตัวยึดติด ดังแสดงในรูปที่ จ.2

รูปที่ จ.2 การติดตั้งเครื่องอัดจาระบีอัตโนมัติ เข้ากับขายึด โดยใช้เข็มขัดรัดท่อเป็นตัวยึดติด

จ.1.3 ต่อสายอัดจาระบีกับอุปกรณ์อัดจาระบีอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ จ.3



รูปที่ จ.3 การต่อสายอัดจาระบี

จ.1.4 อัดจาระบีเข้าไปในอุปกรณ์อัดจาระบีอัตโนมัติให้พอดีกับปริมาณของอุปกรณ์

จ.1.5 ปรับอัตราการไหลของจาระบี

* <u>หมายเหตุ</u> โดยในครั้งแรกที่ปรับอัตราการไหล จะปรับให้จาระบีไหล 100 เปอร์เซ็นต์