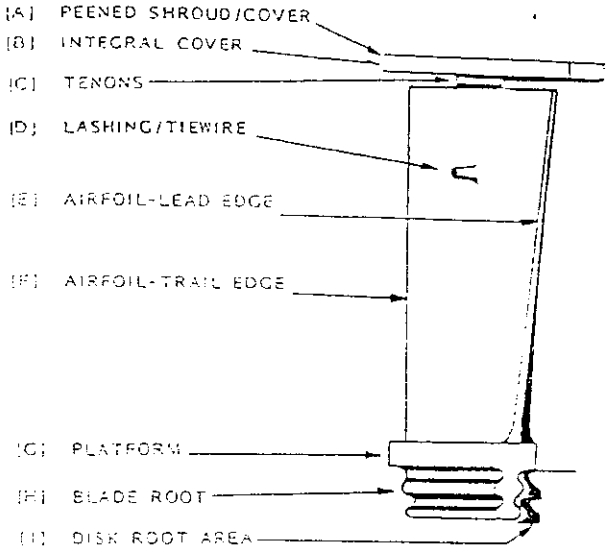
บทที่4
ข้อมูลความเสียหายที่เกิดขึ้นและกรรมวิธีการแก้ไข ใบพัดเครื่องกังหันไอน้ำ

1. ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับใบพัดเครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Blade Failure)

รูปร่างใบพัดของเครื่องกังหันไอน้ำโดยทั่วไปแล้วจะมีลักษณะดังรูป เป็นรูปทรงซึ่งมีรูปร่างซับซ้อนและรับแรงกระทำมากมาย แตกต่างกันทั้งปริมาณและทิศทาง ความบกพร่องในส่วนของใบพัดที่มักพบค่อนข้างมาก เช่น บริเวณ Tenon และ Airfoil เป็นต้น สาเหตุของความเสียหายนั้นส่วนใหญ่จะไม่สามารถชี้ชัดได้ว่ามีต้นเหตุมาจากอะไร เพราะมีปัจจัยที่มีผลกระทบมากมายทั้งระยะสั้นและระยะยาวต่อใบพัด

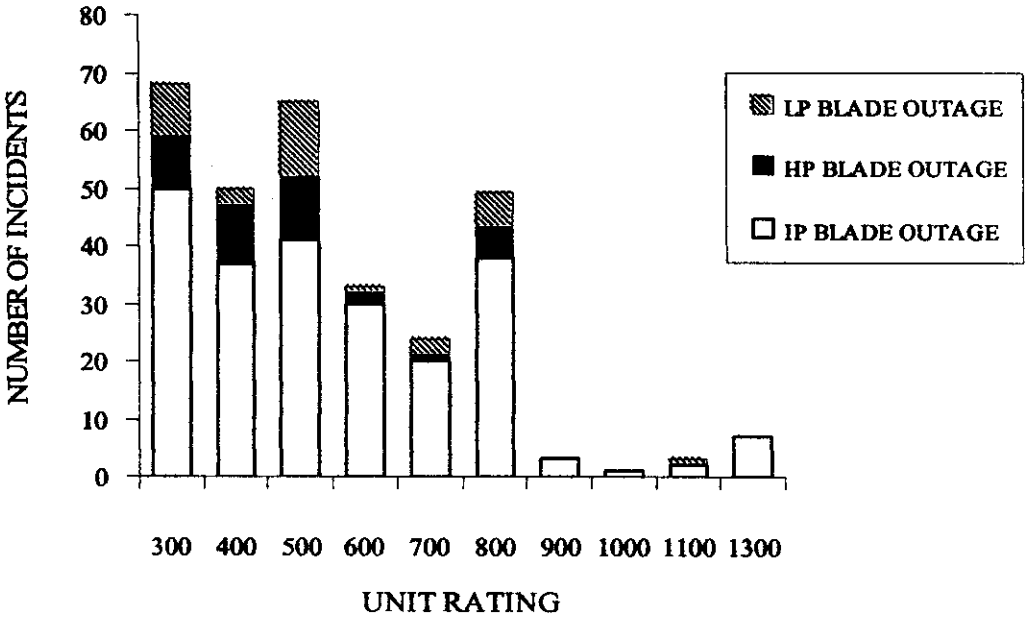


ภาพที่ 23 แสดงส่วนประกอบของใบพัดกังหันไอน้ำ

(ที่มา : Steam Turbine Blade Reliability Seminar and Working, 1985)

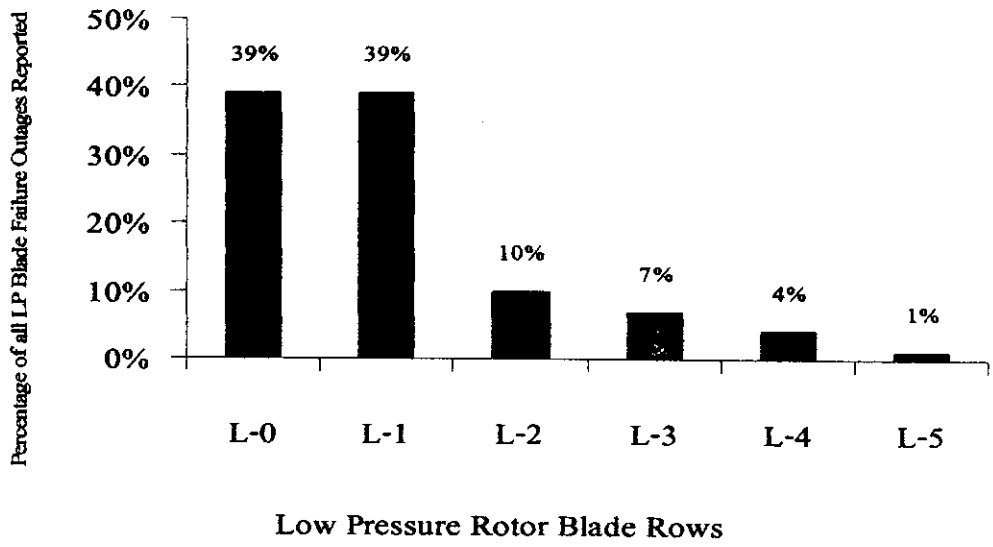
จากการเก็บรวบรวมประวัติการเกิดความเสียหายของใบพัดเครื่องกังหันไอน้ำซึ่งมีปริมาณมาก จึงขอเปรียบเทียบข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนคือ

1.1 ข้อมูลความเสียหายของใบพัดเครื่องกังหันไอน้ำทั่วโลก ที่มีกำลังผลิตมากกว่า 300 เมกกะวัตต์ จำนวน 494 โรงในช่วงระยะเวลา 12 ปี (1970 – 1981) จากการสำรวจโดย Stress Technology Incorporated ร่วมกับ EPRI สามารถแสดงให้เห็นดังรูปกราฟต่อไปนี้



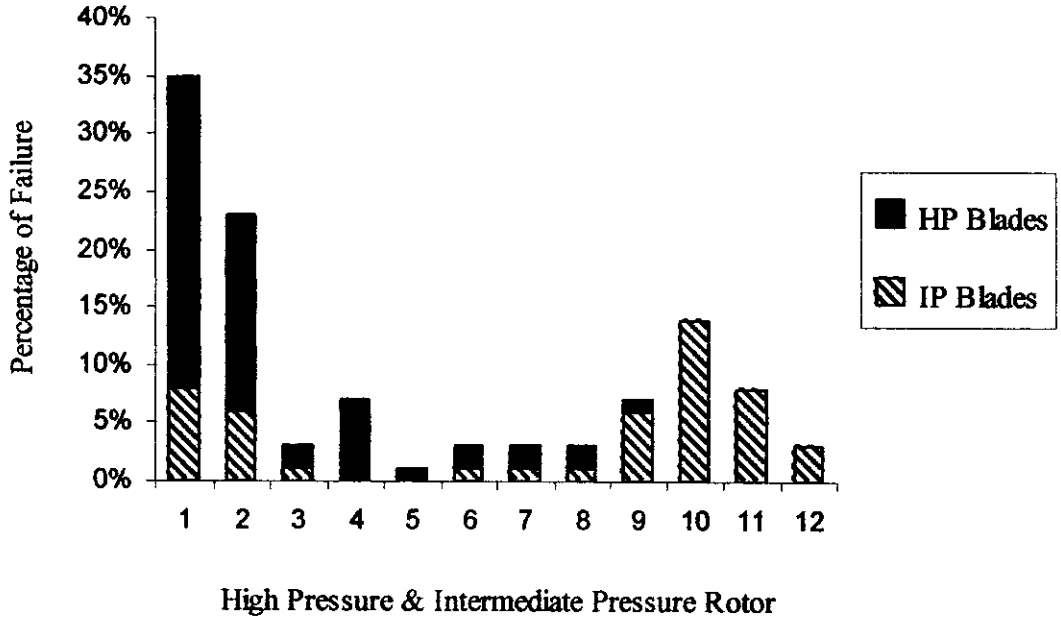
กราฟที่ 2 LP, IP and HP Blade Failure Reported for Unit 300 to 1300 MW

(ที่มา : Steam Turbine Blade Reliability Seminar and Working, 1985)



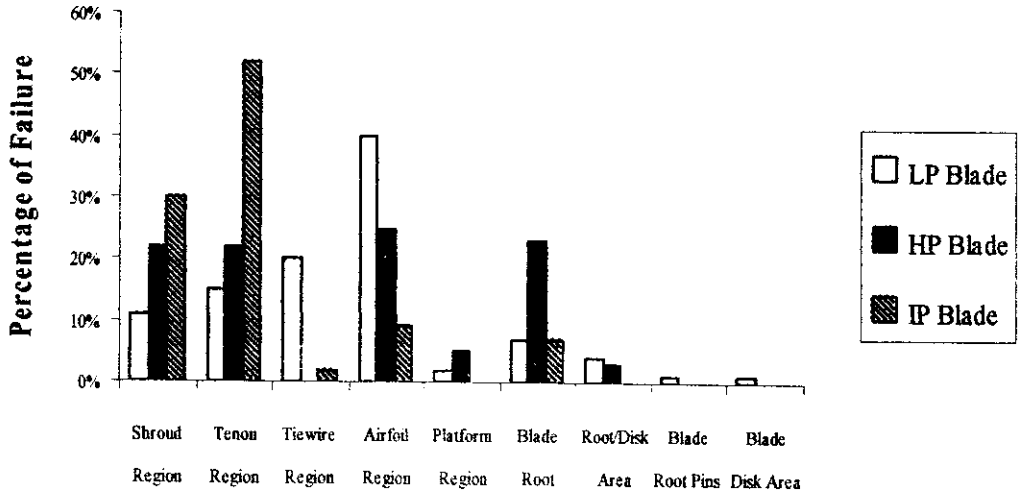
กราฟที่ 3 Distribution of Blade Failure among LP Rotor Blade Rows

(ที่มา : Steam Turbine Blade Reliability Seminar and Working, 1985)



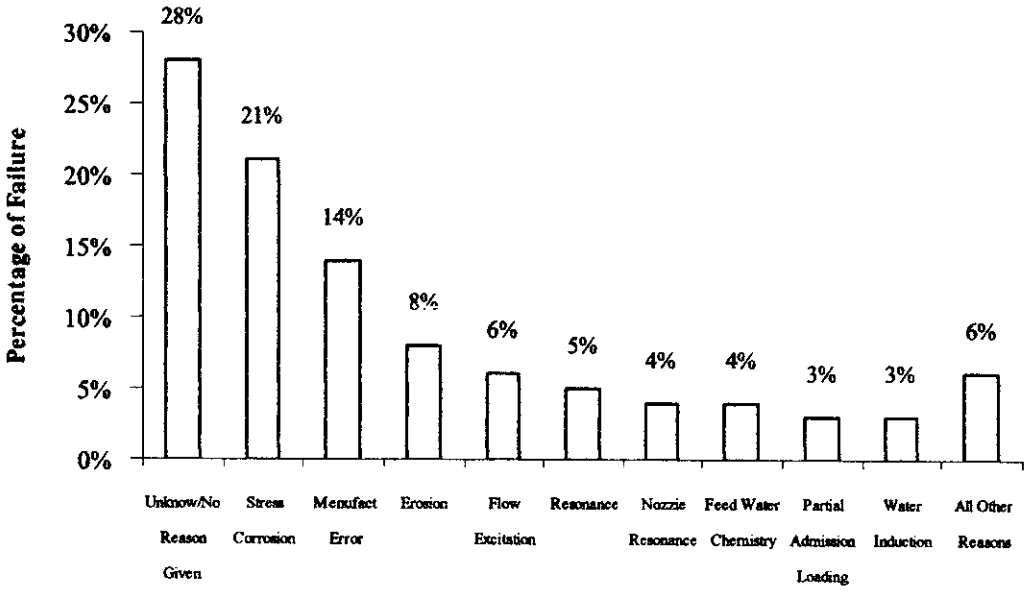
กราฟที่ 4 Row on HP and IP Rotors Where Blade Failure Was Reported

(ที่มา : Steam Turbine Blade Reliability Seminar and Working, 1985)



กราฟที่ 5 Indicated Location of Failure on LP, IP and HP Blades as Reported by Utilities

(ที่มา : Steam Turbine Blade Reliability Seminar and Working, 1985)



กราฟที่ 6 Principle Causes of Reported Blade Failure Indicated by Utilities
(ที่มา : Steam Turbine Blade Reliability Seminar and Working, 1985)

นอกจากนี้ยังมีข้อมูลที่น่าสนใจสรุปดังนี้

1.1.1 ผลจากความเสียหายของใบพัดเครื่องกังหันไอน้ำ ทำให้โรงไฟฟ้าหยุดเดินเครื่องเฉลี่ยประมาณ 40 วันต่อครั้ง สูญเสียรายได้จากการผลิตไฟฟ้าประมาณ 4-6 ล้านดอลลาร์ และเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อใบพัดอะไหล่อย่างน้อยปีละ 1.6 แสนดอลลาร์ต่อปี

1.1.2 ชิ้นส่วนที่พบความเสียหายมากที่สุดคือ ใบพัด 2 แถวสุดท้ายของเครื่องกังหันไอน้ำความดันต่ำ (Low Pressure Turbine) บริเวณตำแหน่งของ Airfoil Region, Tie wire และ Tenon ตามลำดับ

1.1.3 90 % ของโรงไฟฟ้าที่พบความเสียหายของใบพัดเครื่องกังหันไอน้ำมีอายุการใช้งานต่ำกว่า 10 ปี

1.1.4 สาเหตุของความเสียหายของใบพัดเครื่องกังหันไอน้ำส่วนใหญ่เกิดจาก Stress Corrosion cracking และ High Cycle Fatigue

1.2 ข้อมูลความเสียหายของใบพัดเครื่องกังหันไอน้ำที่เกิดขึ้นในโรงไฟฟ้าของ กฟผ. โดยรวมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2529-2542 จากจำนวนโรงไฟฟ้าที่พบความเสียหาย 19 โรง สามารถสรุปได้ดังนี้

1.2.1 พบความเสียหายของใบพัดเครื่องกังหันไอน้ำรวมทั้งหมด 30 ครั้ง แยกเป็นเครื่องกังหันไอ น้ำความดันต่ำ 24 ครั้ง , เครื่องกังหันไอน้ำความดันสูง 5 ครั้ง และเครื่องกังหันไอน้ำความดันปานกลาง 1 ครั้ง

1.2.2 ใบพัดของเครื่องกังหันไอน้ำความดันต่ำที่พบความเสียหายมากที่สุดคือ แถว L-0 จำนวน 12 ครั้ง , แถว L-1 จำนวน 8 ครั้ง และแถว L-2 จำนวน 4 ครั้ง

1.2.3 บริเวณที่พบความเสียหายมากที่สุดคือ Airfoil จำนวน 17 ครั้ง , Blade Root 4 ครั้ง และ Tenon 1 ครั้ง

1.2.4 ความเสียหายที่พบคือ เป็นรอยร้าว 19 ครั้ง บิดงอ 10 ครั้ง และใบพัดขาดจากกัน 3 ครั้ง

1.2.5 กลไกความเสียหายเกิดจาก Corrosion Fatigue จำนวน 10 ครั้ง ถูกกระแทกจากวัสดุอื่น 6 ครั้ง กระบวนการผลิต 1 ครั้ง การออกแบบไม่ดี 1 ครั้ง และไม่มีระบุสาเหตุ 12 ครั้ง

2. ขั้นตอนการดำเนินการ

เนื่องจากความเสียหายที่เกิดกับใบพัดเครื่องกังหันไอน้ำ สามารถเกิดขึ้นได้เสมอถึงแม้โรงไฟฟ้าจะเดินเครื่องเพียงไม่กี่ปีก็ตาม ดังนั้นหากพบเสียงดังผิดปกติหรือสัญญาณอื่น ๆ ที่คาดว่าใบพัดอาจเกิดความเสียหายขึ้น เช่นค่าอัตราการไหลของไอ ความสั่นสะเทือน ความดันหรืออุณหภูมิที่ผิดปกติไป ควรรีบตรวจสอบหาสาเหตุทันที หากไม่สามารถหาสาเหตุที่ชัดเจนควรหยุดเดินเครื่องทันที และเปิด Turbine Casing ที่สงสัยออกตรวจสอบทันที รวมถึงการตรวจสอบความเสียหายเมื่อหยุดเดินเครื่องตามวาระ(Planed Outage) หลังจากเปิด Turbine Casing ออกแล้วควรรีบดำเนินการดังนี้

2.1 ตรวจสอบสภาพความเสียหาย ควรใช้วิธีการตรวจสอบด้วยสายตาโดยละเอียด ทั้งส่วนใบพัดเคลื่อนที่และไม่เคลื่อนที่ (Rotating & Stationary Blade) และหมุนเพลา 180 องศา เพื่อตรวจสอบใบพัดที่อยู่ภายใน Lower Half Casing ด้วย หากพบความเสียหาย ควรเก็บข้อมูลเบื้องต้นของความเสียหายเกี่ยวกับจำนวนใบพัด , แถวและตำแหน่งของใบพัดที่เสียหาย รวมถึงสำรวจความเสียหายถึงอุปกรณ์อื่นที่อาจเสียหายได้ด้วยเช่น Heater , Condenser ฯลฯ

2.2 วิเคราะห์ความเสียหาย เนื่องจากหลักฐานบางชิ้นอาจถูกทำลายได้จากคน และสภาพแวดล้อมหากปล่อยเวลาทิ้งไว้นาน การวิเคราะห์ความเสียหาย ในขั้นตอนนี้จะเป็นการวิเคราะห์ความเสียหายเบื้องต้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขชั่วคราวเพื่อให้เดินเครื่องได้อย่างรวดเร็วที่สุด ส่วนการวิเคราะห์ความเสียหายโดยละเอียดนั้นต้องใช้ขบวนการในการหาคำตอบหลายขั้นตอนเช่น การตรวจสอบระดับโครงสร้างจุลภาค การตรวจสอบโดยการทำลาย ตรวจสอบข้อมูลด้านเดินเครื่อง บำรุงรักษา ฯลฯ ซึ่งใช้เวลานานและนำมาเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาในระยะยาว

2.3 ขีดจำกัดในการซ่อม จากข้อกำหนดการเดินเครื่องโดยทั่วไปของผู้ผลิต กำหนดให้การเดินเครื่องจะต้องไม่มีความบกพร่องบนใบพัดเคลื่อนที่ เป็นการซ่อมแซมโดยชั่วคราวสามารถใช้งานได้ไม่เกิน 1 ปี และจำเป็นต้องจำกัดสภาวะการเดินเครื่อง การหาขีดจำกัดการแก้ไขชั่วคราวสามารถทำได้ยาก เนื่องจากจะต้องพิจารณาถึงความแข็งแรงของใบพัดในสภาวะการเดินเครื่องในไอน้ำ ซึ่งเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาไม่สามารถกำหนดปริมาณและทิศทางได้ชัดเจน ปัจจุบันการหาลักษณะความเสียหายของวัสดุที่ใกล้เคียงกับภาวะความเป็นจริงได้ใกล้เคียงที่สุดคือ การใช้ระเบียบวิธีทาง Finite Element จากประสบการณ์การแก้ไขชั่วคราวบนใบพัดเครื่องกังหันไอน้ำ และผู้ผลิตบางรายกำหนดให้แก้ไขชั่วคราวที่ระยะ 1ส่วน 3-ของความสูงใบพัดจากส่วนบน เนื่องจากเป็นส่วนที่ได้รับความเค้นน้อยกว่าส่วนอื่น

ตัวอย่างการแก้ไขชั่วคราวได้แก่

- ไม่ต้องแก้ไขเลย เช่น กรณีเกิดรอยบุบขนาดค่อนข้างใหญ่ไม่เหมาะที่จะ Grind Out
- Grind Out กรณีพบรอย Crack หรือรอยบุบขนาดเล็ก
- Cut Blade กรณีเกิดความเสียหายมาก และสภาพใบพัดที่เหลืออยู่ไม่มีความบกพร่องเหลืออยู่ การตัดใบพัด หากเสียหายเพียง 1-2 ใบ สามารถใช้การตัดเฉพาะใบพัดที่มีความเสียหาย และใบพัดที่อยู่ด้านตรงข้าม เพื่อความสมดุลหรือบางกรณีอาจจะต้องตัดใบพัดทั้งแถวเป็นจำนวนหลายแถว
- Repair Blade การเชื่อมซ่อมใบพัดให้มีรูปทรงเหมือนเดิม วิธีการนี้ใช้ค่าใช้จ่ายสูงและเวลาดำเนินการนาน

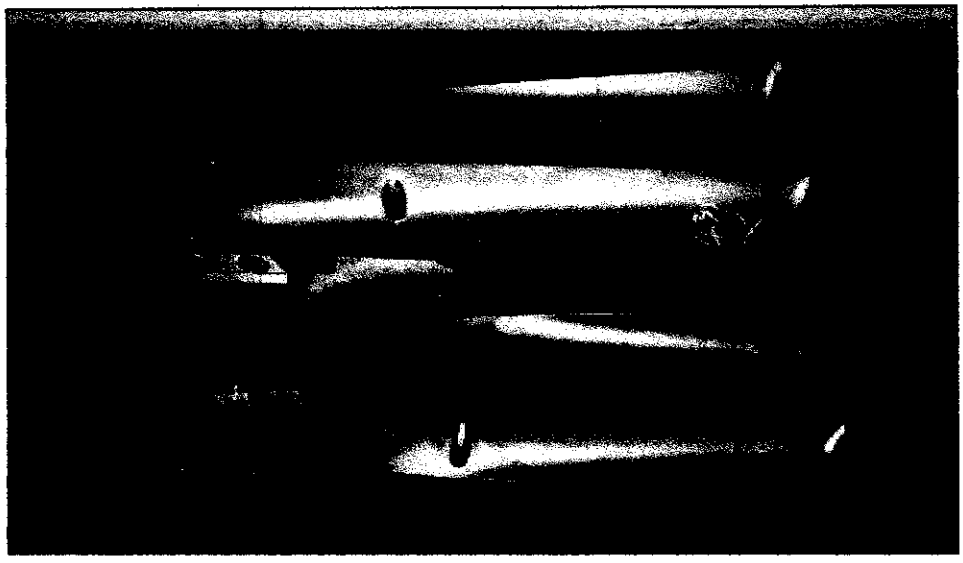
2.4 สรุปแนวทางการแก้ไข ภายหลังจากได้ผลการวิเคราะห์ความเสียหายเบื้องต้น จะต้องมีการประชุมเพื่อกำหนดแนวทางการแก้ไข ตารางเวลา ผู้รับผิดชอบ และแนวทางแก้ไขระยะยาว การประชุมจะต้องประกอบด้วยตัวแทนโรงไฟฟ้า หน่วยงานด้านวิศวกรรม หน่วยงานด้านเครื่องมือ เครื่องจักร (โรงงาน) และหน่วยทดสอบอุปกรณ์ ทั้งนี้ควรมีการสอบถามข้อมูลการแก้ไขกับผู้ผลิตใบพัดของโรงไฟฟ้านั้น เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจหรือในบางกรณีจะต้องจ้างผู้เชี่ยวชาญจากบริษัทผู้ผลิตนั้นสำหรับการแก้ไขทั้งระยะสั้นและระยะยาว

3. การแก้ไขใบพัดกังหัน

ใบพัดกังหันไอน้ำ สามารถแยกได้ 5 แบบใหญ่ ๆ ตามชนิดของโคนใบพัดกังหันดังนี้

1. ใบพัดกังหันไอน้ำแบบโคนใบพัดรูปตัวที (T-Root)
2. ใบพัดกังหันไอน้ำแบบโคนใบพัดรูปต้นสน (Fir Tree)
3. ใบพัดกังหันไอน้ำแบบโคนใบพัดรูปเหยี่ยว (Dovetail)
4. ใบพัดกังหันไอน้ำแบบโคนใบพัดรูปนิ้วมือ (Finger Root)
5. ใบพัดกังหันไอน้ำแบบโคนใบพัดรูปก้านลูกบอล (Ball + Shank Root)

ใบพัดกังหันไอน้ำที่มีใช้อยู่ในการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เราจะพบอยู่ 3 แบบ คือ แบบโคนใบพัดรูปตัวที แบบโคนใบพัดรูปต้นสน และแบบโคนใบพัดรูปนิ้วมือ



ภาพที่ 24 แสดงลักษณะโคนใบพัดกังหันชนิดต่าง ๆ
(ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย)

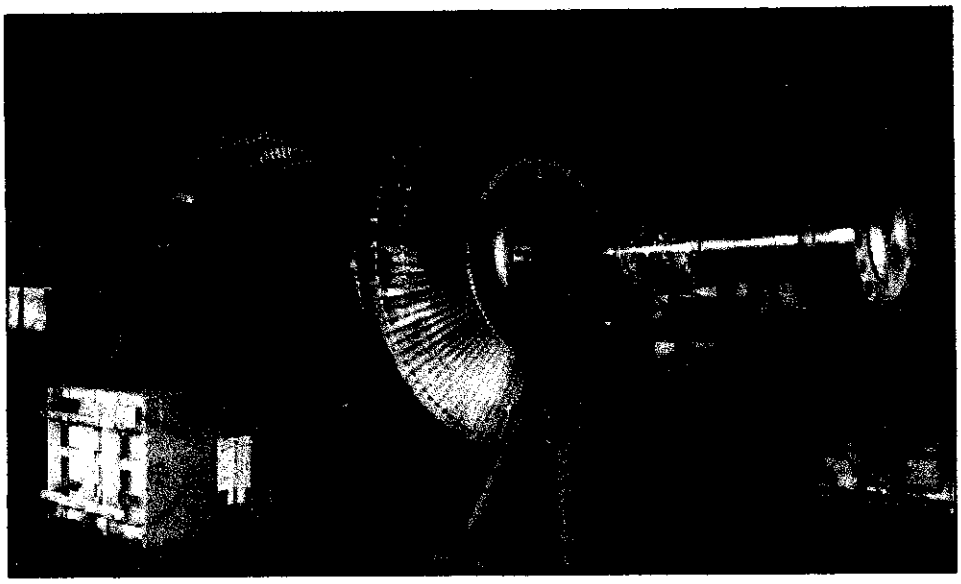
การแก้ไขความเสียหายของใบพัดกังหัน สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

3.1 การแก้ไขแบบชั่วคราว

การแก้ไขแบบชั่วคราว จะดำเนินการเมื่อหน่วยงานซ่อมบำรุง ตรวจพบความเสียหายใบพัดกังหัน ในขณะที่ตรวจซ่อมใหญ่ หรือ เครื่องหยุดฉุกเฉินและไม่มีชิ้นส่วน (Spare Part) สำรองคลัง เพราะไม่มีอยู่ในแผนงานที่จะทำการเปลี่ยนใหม่

3.1.1 การเตรียมงานการแก้ไขแบบชั่วคราว

สิ่งที่จำเป็นจะต้องได้รับการพิจารณาเป็นอันดับแรกคือ สถานที่ที่จะดำเนินการว่าจะปฏิบัติที่โรงไฟฟ้าหรือจำเป็นจะต้องยกชิ้นงานไปดำเนินการที่โรงงาน ในบางกรณีจำเป็นจะต้องทำการซ่อมแซมแก้ไขที่โรงงานเท่านั้น ซึ่งที่โรงงานจะมีเครื่องจักรและเครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้ในการซ่อมแซมแก้ไข เช่น เครื่องกลึงขนาดใหญ่ เครื่องกลึงขนาดกลาง เครื่องเจียร เครื่องกัด และอุปกรณ์ช่วยอื่น ๆ อีกมากมาย



ภาพที่ 25 แสดงการซ่อมแซมแก้ไขที่โรงไฟฟ้า
(ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย)

3.1.2 การดำเนินการตามวิธีการแก้ไขแบบชั่วคราว

3.1.2.1 การตัดเจียรใบพัดกังหันที่บิดเบี้ยวหรือฉีกขาด เมื่อตรวจพบใบกังหันที่บิดเบี้ยว หรือฉีกขาดแล้ว ให้ทำเครื่องหมายและบันทึกประวัติลงในใบรายงานการตรวจสอบชิ้นส่วน (Inspection Sheet) พร้อมการร่างแบบคร่าว ๆ (Sketch) ซึ่งครอบคลุมถึงขนาดลักษณะความเสียหาย ซึ่งจากข้อมูลในรายงานนี้ จะใช้เปรียบเทียบกับค่าที่บริษัทผู้ออกแบบได้กำหนดไว้ หลังจากนั้นจึงทำการตัดแต่งส่วนที่บิดเบี้ยวหรือฉีกขาดออก โดยจะต้องตกแต่งให้เรียบที่สุดพร้อมกับทำการตรวจสอบโดยไม่ทำลาย ด้วยวิธี การสารแทรกซึม (Dry – Penetrant Testing Method) เพื่อให้มั่นใจได้ว่าบริเวณที่ทำการเจียรแต่ง ไม่มีรอยแตกร้าวเหลืออยู่

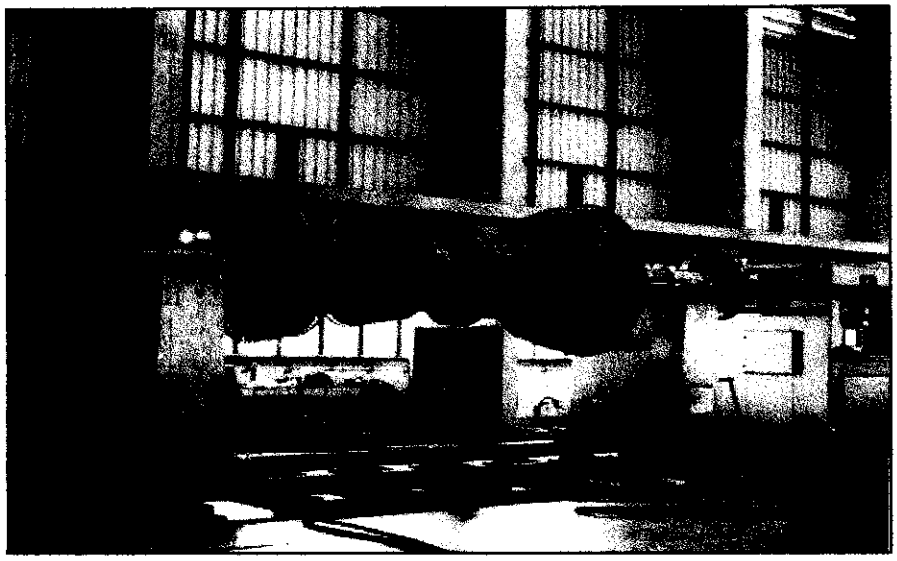
3.1.2.2 การตัดใบพัดกังหันออกเป็นบางส่วน ต้องได้รับข้อมูลขนาด และตำแหน่งจากหน่วยงานวิศวกรรม เมื่อได้รับข้อมูลแล้วจะทำการถอดใบพัดกังหันออกจากตัวเทอร์ไบน์โรเตอร์ (Turbine Rotor) การถอดจะต้องระมัดระวังมิให้เกิดความเสียหายเพิ่มเติมกับใบพัดกังหัน นำใบพัดกังหันไปทำการตัดออก โดยใช้เครื่องตัดไฟฟ้าและกัดให้ได้ระยะตำแหน่งตามที่กำหนด ใบพัดกังหันทุก ๆ ใบจะถูกตัด กัด ด้วยวิธีการและตำแหน่งเดียวกัน หลังจากที่ได้ทำการกัดเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำการตรวจหารอยแตกร้าวโดยไม่ทำลายด้วยวิธีอนุภาพแม่เหล็ก (Magnetic Test) ในส่วนของร่องโคนใบพัดที่ตัวเทอร์ไบน์โรเตอร์จะต้องทำการตรวจสอบหารอยแตกร้าวด้วยวิธีเดียวกัน จากนั้นจึงทำการประกอบตามตำแหน่งเดิมโดยมีการเปลี่ยนสปริง หรือสลักล็อคใหม่ทุก ๆ ตัว

3.1.2.3 การกลึงใบพัดกังหันเก่าออกให้เหลือเฉพาะโคนใบ ในบางกรณีเกิดความเสียหายกับใบพัดกังหันมาก จนไม่สามารถตัดออกเป็นบางส่วนได้ เพื่อให้เทอร์ไบน์โรเตอร์

สามารถนำกลับเข้าใช้งานได้ จึงมีความจำเป็นจะต้องทำการกลึงตัดใบพัดกังหัน โดยการยกขึ้นกลึงบนเครื่องกลึงขนาดใหญ่ กลึงตัดบริเวณที่เหนือโคนใบเล็กน้อยให้ขาดก่อน จึงกลึงเก็บเพื่อให้ได้ผิวเรียบ

3.1.2.4 การใส่ Dummy แทนตำแหน่งใบพัดกังหัน ใบพัดกังหันบางรุ่นจะออกแบบโคนใบพัดเป็นรูปนิ้วมือ หรือแบบเจาะร้อยสลัก เมื่อเกิดความเสียหายในลักษณะที่เกิดการแตกร้าวผ่ากลางแนวของรูสลักร้อยใบพัด การแก้ไขชั่วคราวจำเป็นต้องทำการถอดใบพัดกังหันเก่าออกแล้วจึงทำดัมมีสวมใส่แทนในตำแหน่งโคนใบพัดกังหัน โดยการออกแบบให้ Dummy 1 ชิ้นแทนใบพัด 3-5 ใบ การทำดัมมีสามารถทำได้โดยการลอกขนาดของโคนใบพัดกังหันเก่า แล้วใช้เครื่องกัดทำการกัดให้ได้รูปร่างตามขนาดที่ต้องการ นำมาใส่ในร่องโคนใบพัดกังหัน ทำการเจาะรูร้อยใส่สลักใหม่ให้ครบ จากนั้นจึงทำการกลึงผิวนอกของชุด Dummy ให้เรียบและสูงกว่าขอบของตำแหน่งโคนใบพัดกังหันเล็กน้อย

3.1.3 การทำ Shop Balance เมื่อทำการแก้ไขใบพัดกังหันแบบชั่วคราวเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายจำเป็นจะต้องทำการถ่วงโรเตอร์ให้อยู่ในสภาพที่สมดุล โดยการใช้เครื่องถ่วงสมดุล (Shop Balance) ทำการถ่วงเทอร์ไบน์โรเตอร์ให้อยู่ในสภาวะที่สมดุล ตามมาตรฐาน ISO 1940/1-1986(E)



ภาพที่ 26 แสดงการถ่วงสมดุลย์เทอร์ไบด์โรเตอร์
(ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย)

3.2 การแก้ไขแบบถาวร

การแก้ไขแบบถาวร หมายถึงการเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่เข้าไปแทนชิ้นส่วนที่เกิดความเสียหาย ซึ่งจะต้องมีการเตรียมจัดซื้อ จัดหาชิ้นส่วน (Spare Part) ใหม่ ให้พร้อมที่ทำการจะหยุดเครื่องจักร ซึ่งขั้นตอนในการดำเนินงานสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

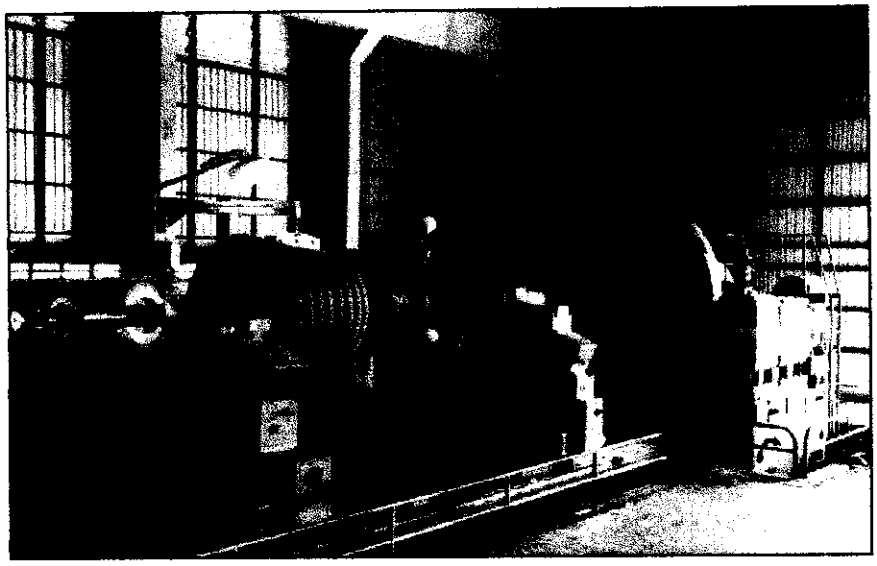
3.2.1 การเตรียมการ

3.2.1.1 การจัดซื้อจัดหาชิ้นส่วนใหม่

3.2.1.2 สถานที่ที่จะทำการเปลี่ยน อาจเป็นโรงไฟฟ้าหรือโรงงาน

3.2.1.3 การตรวจเช็คชิ้นส่วนใหม่ที่ได้รับพร้อมเอกสารการผลิต

3.2.1.4 การเตรียมเครื่องจักร เครื่องมือ พร้อมอุปกรณ์ช่วยที่จะใช้ในการเปลี่ยน



<u>ภาพที่ 27</u> แสดงการเตรียมการกลึงใบพัดบนเครื่องกลึงขนาดใหญ่

(ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย)

3.2.2 การถอดใบพัดกังหันเก่า

การถอดใบพัดกังหันเก่า จากประสบการณ์ของกังหันไอน้ำที่มีใช้อยู่ในการไฟฟ้าฝ่ายผลิตเท่านั้น ซึ่งมีอยู่ 3 แบบ คือ

3.2.2.1 การถอดใบพัดกังหันแบบโคนใบพัดรูปตัวที ทำการตัดใบพัดกังหันในตำแหน่งที่ห่างจากโคนใบประมาณ 200-300 Mm. โดยใช้เครื่อง Plasma หรือ เจียรตัดแล้วทำการถอดชุดล็อค (Stopper) ออก จากนั้นดันใบพัดกังหันออก

3.2.2.2 การถอดใบพัดกังหันแบบโคนใบพัดรูปต้นสน วิธีการถอดเหมือนกับใบพัดกังหันแบบโคนใบพัดรูปตัวที แตกต่างตรงที่เวลาดันใบพัดออกให้ดันออกด้านข้าง

3.2.2.3 การถอดใบพัดกังหันแบบโคนใบพัดรูปนิ้วมือ สามารถทำการถอดได้ 2 วิธี คือ

- การเจาะนำโดยใช้ดอกสว่านขนาดเล็กกว่าสลักเล็กน้อย ให้ลึกพอประมาณแล้วจึงใช้แม่แรงทำการดันสลักเก่าออกให้หมด จากนั้นทำการดึงใบพัดกังหันเก่าออกจากเทอร์ไบน์โรเตอร์

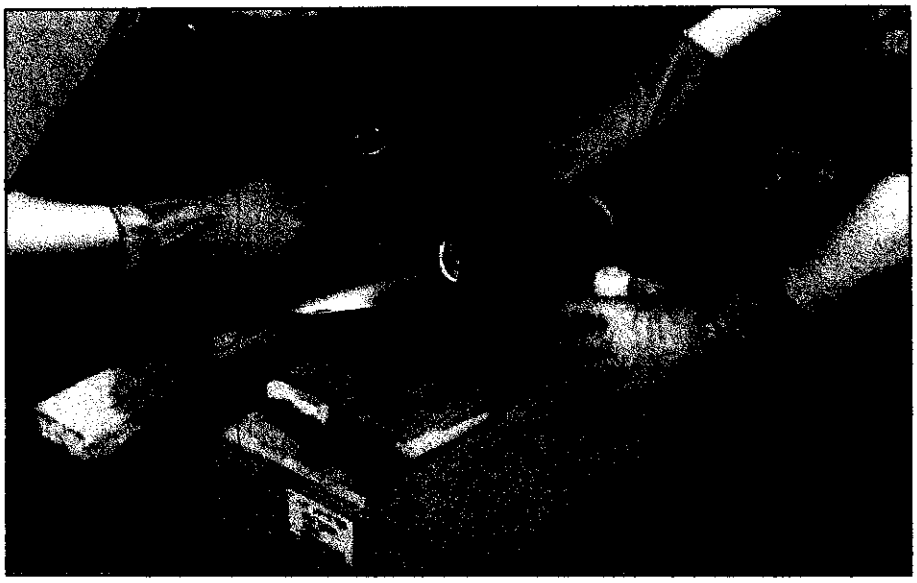
- ทำการกลึงโคนใบพัดกังหันเก่าออกให้หมด แล้วจึงดันสลักเก่าที่เหลืออยู่ออก

3.2.3 การทำความสะอาดร่องโคนใบพัดกังหัน

การทำความสะอาดร่องโคนใบพัดกังหัน ทำการขัดเอาสเกลที่จับผิวออกให้หมด บริเวณร่องแคบหักมุมต้องทำความสะอาดจนสามารถที่จะทำการตรวจสอบการแตกร้าวได้

การตรวจสอบหารอยแตกร้าวของร่องโคนใบพัดกังหันที่เทอร์ไบน์โรเตอร์

ทำการตรวจสอบโดยไม่ทำลายด้วยวิธีอนุภาพแม่เหล็ก (Magnetic Test) ซึ่งผลการตรวจสอบจะต้องไม่มีรอยแตกร้าว



<u>ภาพที่ 28</u> แสดงการตรวจสอบรอยแตกร้าวด้วยวิธีอนุภาคแม่เหล็ก
(ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย)

3.2.4 การประกอบใบพัดกังหัน การประกอบสามารถแยกออกได้ตามลักษณะการออกแบบ คือ

3.2.4.1 การถอดใบพัดกังหันแบบโคนใบพัดรูปตัวที (T-Root)

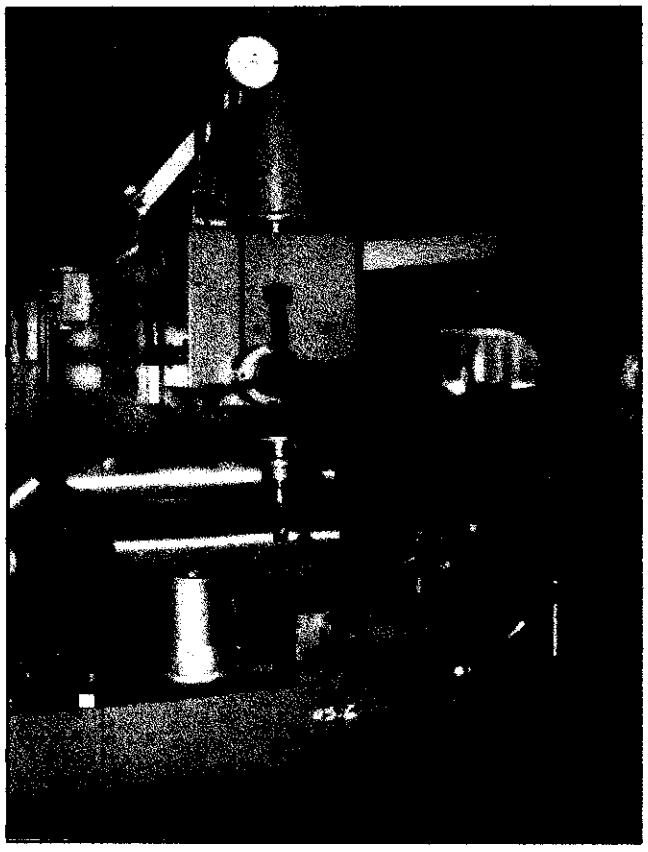
- การทดลองประกอบ (Pre Assembly) นำใบพัดกังหันใหม่ที่จะประกอบจัดเรียงตามตำแหน่งการจัดถ่วงสมดุลที่ได้จัดทำไว้ จากนั้นทำการประกอบใบพัดกังหันเข้าในตำแหน่งร่องโคนหนีบจนเหลือใบพัดใบสุดท้าย วัดช่องว่างที่เหลืออยู่ เทียบกับความหนาของใบพัดใบสุดท้าย

เพื่อทำให้ระยะพอดีโดยเสริมแผ่นเหล็กบาง ๆ (Shim) หรือทำการกัดความหนาของโคนใบพัดกังหันออก โดยเฉลี่ยค่ากัดออกให้เท่ากันทุก ๆ ใบประมาณ 5-10 ใบ ทดลองประกอบชุดล็อค (Stopper) เช่นเดียวกัน ทำการปรับแต่งจนสามารถประกอบเข้าได้โดยง่าย

- การประกอบจริง ถอดใบพัดกังหันที่ทดลองประกอบออกให้หมด แล้วเริ่มทำการประกอบจริง โดยเริ่มประกอบจากใบแรกพร้อมใส่สปริงดันหลังโคนใบพัด ทำการประกอบจนครบทุกใบจากนั้นจึงใส่ชุดล็อคใบพัด

3.2.4.2 การประกอบใบพัดกังหันแบบโคนใบพัดรูปนิ้วมือ (Finger Root)

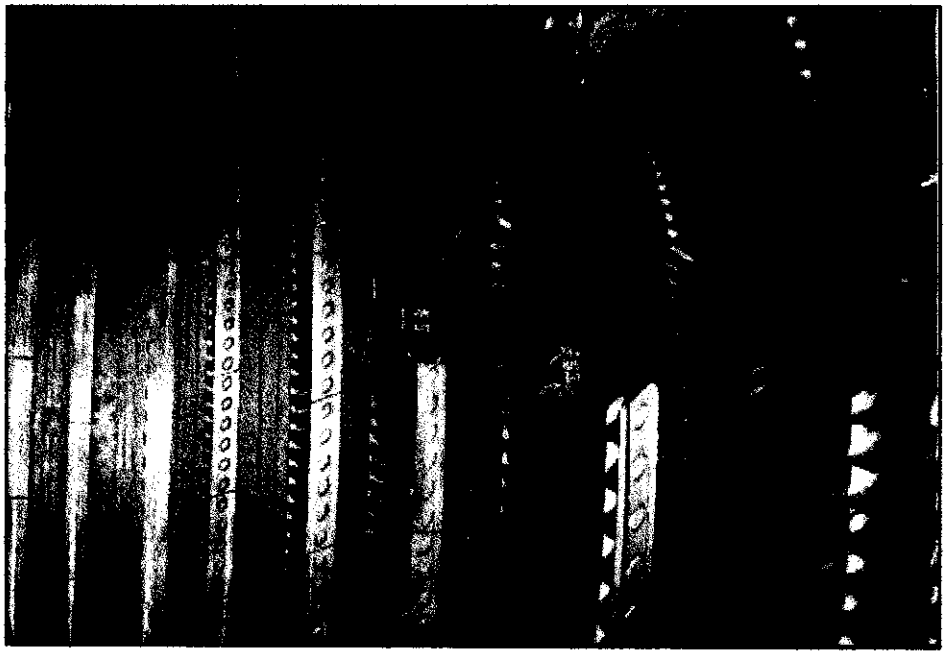
- การทดลองประกอบ นำใบพัดกังหันใหม่ที่มีอยู่มาเรียงเขียนเลขตามข้อมูลการจัดถ่วงสมดุลใบพัดกังหัน เสร็จแล้วทดลองประกอบใบพัดกังหันเข้ากับร่องของเทอร์ไบน์โรเตอร์ โดยมีเครื่องมือพิเศษ (Jig ประกอบ) สำหรับรองรับใบพัดกังหัน ใบพัดทุกใบจะต้องสามารถประกอบเข้าได้โดยง่ายและมีช่องว่าง (Clearance) อยู่ในค่าพิกัดที่กำหนด ถ้าค่าพิกัดน้อยเกินไปให้นำใบพัดกังหันไปทำการกัดความหนาออก ถ้าค่าพิกัดมากเกินไปให้เสริมแผ่นเหล็กบาง



<u>ภาพที่ 29</u> แสดงการกัดความหนาของใบพัดกังหันออก
(ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย)

- การประกอบจริง ให้ทำเครื่องหมายกึ่งกลางใบพัดกังหันใบแรก แล้วจัดตำแหน่งเครื่องหมายของใบพัดใบแรกให้ตรงกับตำแหน่งที่ร่องของเทอร์ไบน์โรเตอร์ที่ได้ทำเครื่องหมายไว้ จากนั้นใช้เครื่องมือพิเศษ (Jig ยันใบพัด) ทำการยันกึ่งกลางใบพัดกังหันให้ลงจนสุดขอบบ่าในของร่องโรเตอร์ ใบพัดกังหันทุก ๆ ใบให้ทำเช่นเดียวกัน โดยจัดให้ช่องว่างระหว่างใบพัดให้อยู่ในค่าพิกัดที่กำหนด เมื่อทำการกวดยันใบพัดกังหันครบทุกใบแล้ว จึงทำการถอดเครื่องมือพิเศษ (Jig ประกอบ) ออก ทำการเจาะและรีมเทอร์ไบน์ตำแหน่งร้อยสลักทุก ๆ ตำแหน่ง จากนั้นทำการกลึงสลักให้ได้ขนาดตามแต่ละรูที่เจาะ แล้วจึงทำการใส่สลักจนครบทุกรู ทำการยึดสลักด้วยวิธีการบานหรือย้ำหัวสลัก

3.2.4.3 การประกอบใบพัดกังหันแบบโคนใบพัดรูปต้นสน (Fir Tree) นำใบพัดกังหันใหม่มาทำการเขียนเรียงเลข ตามข้อมูลการจัดถ่วงสมดุลใบพัดกังหันให้ครบทุก ๆ ใบ ในกรณีที่ปลายใบพัดเป็นชนิดยึดด้วย Shroud ให้ทำการเขียนตำแหน่ง Shroud มาประกอบเข้าตำแหน่งที่ได้กำหนดหน้าสัมผัสระหว่างปลายใบพัดกับผิวสัมผัสของ Shroud ด้านในเท่ากันทุก ๆ ใบในแต่ละกรุ๊ฟ จากนั้นจึงทำการย้ำปลายหัวใบพัดกังหัน (Tenon) ให้แนบเป็นชิ้นเดียวกับ Shroud ส่วนในกรณีที่ใบพัดกังหันเป็นชนิดปลายยึดเป็นกรุฟด้วยการเชื่อมยึดระหว่างใบ ทำการจัดแบ่งชื่อช่องว่างให้เท่า ๆ กันเสร็จแล้วจึงทำการเชื่อมยึดเป็นกรุฟ โดยวิธีการเชื่อมแบบ TIG



ภาพที่ 30 แสดงการเชื่อมยึดระหว่างใบเป็นกรุ๊ฟ
(ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย)

3.2.5 การกลึงใบพัดหลังจากประกอบเสร็จแล้ว ใบพัดกังหันใหม่ที่ได้ทำการประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ในบางแบบมีความจำเป็นต้องทำการกลึง เพื่อให้ได้ขนาดตามที่บริษัทผู้ผลิตออกแบบกำหนดไว้ เช่น แบบโคนใบพัดรูปนิ้วมือปลายใบมี Shroud แบบโคนใบพัดรูปตัวทีปลายใบมี Shroud ยึดติดเป็นกรูฟ ส่วนใบพัดกังหันบางแบบก็ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องทำการกลึงในขั้นตอนสุดท้าย เช่น ใบพัดกังหันแบบชนิดโคนต้นสนปลายใบยึดติดเป็นกรูฟโดยการเชื่อม

3.2.6 การทำ Shop Balance

ใบพัดกังหันที่ได้ทำการเปลี่ยนใหม่แล้ว ถ้าการเปลี่ยนได้นำเทอร์ไบน์โรเตอร์ไปดำเนินการที่โรงงาน จะได้รับการถ่วงสมดุลของเทอร์ไบน์โรเตอร์ โดยใช้เครื่องถ่วงสมดุล (Balance Machine) เพื่อให้เทอร์ไบน์โรเตอร์ที่จะนำไปประกอบที่โรงไฟฟ้ามีความสมดุลมากที่สุด เป็นการลดปัญหาการสั่นสะเทือนเมื่อเครื่องจักรได้ทำการเดินเครื่องอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งการถ่วงสมดุลจะทำตามมาตรฐาน ISO 1940/1-1988(E)

4. การจัดหาใบพัด

การจัดหาใบพัดสำหรับการแก้ไขระยะยาวนั้นสามารถแยกพิจารณาได้ 2 ส่วนคือ ใบพัดและผู้ผลิตใบพัด พิจารณาการจัดหาใบพัดสามารถแยกได้เป็น 2 ส่วนคือ

4.1 Original Design ใช้ได้ในกรณีที่ความเสียหายของใบพัดเกิดมาจากอุปกรณ์อื่น เช่น กรณีใบพัดความดันต่ำถูกกระแทกจาก Bellows ใบพัดความดันปานกลางถูกกระแทกจาก Steam Valve Strainer สภาพ Erosion ของใบพัดความดันสูงจากสิ่งแปลกปลอมที่ปนมากับไอน้ำ เป็นต้น สาเหตุเหล่านี้สามารถใช้ใบพัดชนิดเดิมโดยไม่ต้องปรับปรุงได้ แต่ต้องไปแก้ไขต้นเหตุของปัญหานั้น ๆ

4.2 Modified Design ใช้ในกรณีที่ความเสียหายของใบพัดเกิดมาจากตัวหรือส่วนประกอบของใบพัดเอง และไม่สามารถแก้ไขสภาวะแวดล้อมให้เหมาะกับการเดินเครื่องได้ เช่นกรณีพบรอยร้าวบริเวณ Blade Root มีกลไกความเสียหายชนิด Corrosion Fatigue โดยสาเหตุหลักเกิดจากมีรอยรั่วของ Condenser Tube จำนวนมากปัญหาการกัดเซาะของ Water Steam Mixture Erosion บริเวณใบพัดความดันต่ำแถวด้านท้าย ซึ่งแก้ไขโดยปรับปรุงเนื้อวัสดุใบพัดให้แข็งแรงทนทานขึ้น หรือการใช้การติดวัสดุที่ทนทานต่อการกัดกร่อน (Satellite Strip) เป็นต้น