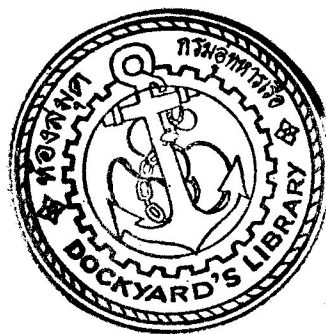




มอว.๒๑๑ - ๐๐๐๑ - ๐๖๓๗

การซ่อมทำใบจักรเรือ

มาตรฐานงานช่างกรมอุทกทหารเรือ



มอว.๒๑๑ - ๐๐๐๑ - ๐๖๓๗

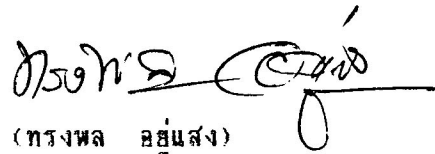
การซ่อมทำใบจักรเรือ

ประกาศ
เรื่อง กำหนดมาตรฐานงานช่างกรรมอุตสาหกรรมเรือ
พ.ศ. ๒๕๓๗

อาศัยอำนาจตามความในข้อ ๗.๓ และข้อ ๑๓ แห่งระเบียบกรมอุตสาหกรรมเรือว่าด้วย
มาตรฐานงานช่าง พ.ศ. ๒๕๒๔ เจ้ากรมพัฒนาการช่าง กรรมอุตสาหกรรมเรือ จึงกำหนดมาตรฐานงานช่าง
กรรมอุตสาหกรรมเรือ หมายเลข มสท.๒๑๑ - ๐๐๐๑ - ๐๖๓๗ การซ่อมทำใบจักรเรือ ไว้ดังรายละเอียด
ต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ ๙ เดือน มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๓๗

(ลงชื่อ) พลเรือตรี



(ทรงพล อุ่นสง)

เจ้ากรมพัฒนาการช่าง

มาตรฐานงานช่างกรมอุทการเรือ
การซ่อมทำใบจักรเรือ

๑. เอกสารอ้างอิง

- ๑.๑ NAVSHIPS 0991 - 023 - 3000 " Repair of Bronze Ship Propellers Straightening and Welding"
- ๑.๒ Ship Repair Technology, by D. Benkovsky & et al., Mir Publication
- ๑.๓ Regulations for Assessment and Repair of Defects on Propellers , Germanischer Lloyd, May, 1983
- ๑.๔ คำนวณน้ำหนักช่าง ค.๐๐๐๑-๓๑ การตรวจสอบสภาพผิวหน้าโลหะ
- ๑.๕ มาตรฐานงานช่าง มอว.๑๑๒-๐๐๐๑๒-๐๕๓๒ การตรวจสอบรอยเชื่อมประสานตัวเรือโดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี

๒. การแจกจ่าย

คู่มือการแจกจ่ายท้ายเล่ม

๓. ความมุ่งหมาย

เพื่อให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมทำใบจักรเรือ ทั้งฝ่ายแผน, ฝ่ายซ่อมและผลิต และฝ่ายควบคุมคุณภาพ ได้ทราบถึงส่วนผสมของวัสดุ, ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับใบจักรเรือ, วิธีการดำเนินการซ่อมทำ ตลอดจนถึงการตรวจสอบผลการซ่อมทำใบจักรเรือ

๔. ขอบเขต

มาตรฐานงานช่างฉบับนี้ใช้ในงานซ่อมทำใบจักรทองแดงเจือ ที่ใช้ในเรือหลวง ซึ่งทำจากวัสดุประเภท แมงกานีสบรอนซ์, นิกเกิลลูมิเนียมบรอนซ์, นิกเกิลแมงกานีสบรอนซ์ และแมงกานีสอลูมิเนียมบรอนซ์หรือ "Superston 40"

๕. กล่าวโดยทั่วไป

ใบจักรเรือเป็นส่วนประกอบสำคัญของเรือที่ผลักดันน้ำทำให้เรือเคลื่อนที่ได้ เนื่องจาก ใบจักรอยู่นอกตัวเรือในสิ่งแวดล้อมที่กัดกร่อน และยังมีโอกาสที่จะเกิดการกระทบกระทั่งกับวัตถุใต้น้ำ ทำให้ต้องมีการซ่อมทำทั้งโดยเหตุปกติ และอุบัติเหตุอยู่เสมอ ในการซ่อมทำใบจักรเรื่อนั้น ผู้ดำเนินการจะต้องรู้ถึงชนิดของวัสดุที่ใช้ทำใบจักรเรือเป็นเบื้องต้น ต้องรู้ว่าลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นเช่นนี้ ควรจะปฏิบัติการซ่อมทำอย่างไร โดยเฉพาะอย่างยิ่งซ่อมทำโดยวิธีการเชื่อมประสาน ซึ่งการเลือกใช้วัสดุในการเชื่อม และวิธีการเชื่อมที่ถูกต้องมีความสำคัญอย่างยิ่ง ต่อผลสำเร็จ ของการซ่อมทำ เนื่องจากกรมอุทการเรือยังขาดแคลนคู่มือภาษาไทยที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมทำใบจักรเรือโดยตรง จึงได้จัดทำมาตรฐานงานช่างฉบับนี้ขึ้น

๖. นิยาม

๖.๑ เกี่ยวกับใบจักร

๖.๑.๑ หน้าด้านผลัก (Pressure Face) คือด้านที่ส่งแรงผลักดันหรือด้านที่อยู่ข้างหลังของใบจักรขณะติดตั้งในเรือ เป็นผิวของใบจักรที่อยู่ด้านเดียวกับส่วนท้ายของคุมใบจักร ซึ่งเรียบเล็กน้อยและมีรูเพลลาเอียงแคบ ในระหว่างที่เรือ "เดินหน้า" หน้าด้านผลักของใบจักร จะถูกแรงกดดันมากกว่าความดันสถิตย์โดยรอบ และทำให้เกิดความเค้นดึงขึ้นตลอดผิวหน้า

๖.๑.๒ หน้าด้านดูด (Suction Face) คือ ด้านที่คูดน้ำหรือด้านที่อยู่ข้างหน้าของใบจักรขณะติดตั้งในเรือ เป็นผิวของใบจักรที่อยู่ด้านเดียวกันส่วนหน้าของคุมใบจักรซึ่งเป็นด้านใหญ่และมีรูเพลลาโต ระหว่างที่เรือ "เดินหน้า" หน้าด้านดูดของใบจักรจะถูกแรงกดดันน้อยกว่าความดันสถิตย์โดยรอบ และทำให้เกิดความเค้นกดขึ้นตลอดผิวหน้า หน้าด้านดูดนี้จะมีผิวเรียบโค้งกว่า ถ้าดูตรงหน้าตัดใบจักรเมื่อเปรียบเทียบกับหน้าด้านผลัก

๖.๑.๓ ขอบนำ (Leading Edge) คือขอบใบจักรที่อยู่ถัดจากด้านหน้าของคุมใบจักรเข้ามา ไม่ว่าจะเป็นแบบใบจักรเกลียวขวา (Right Hand) หรือใบจักรเกลียวซ้าย (Left Hand) ขอบนำจะมีความหนาแน่นกว่าเมื่อเทียบกับขอบตาม

๖.๑.๔ ขอบตาม (Trailing Edge) คือขอบใบจักรที่อยู่ถัดจากด้านท้ายของคุมใบจักรเข้ามา ไม่ว่าจะเป็นใบจักรเกลียวขวา หรือเกลียวซ้าย ขอบตามค่อนข้างบางและมักเกิดรอยแตก (Crack or Nick) และโค้งงอได้ง่าย ระหว่างที่เรือ "ถอยหลัง" ซึ่งมันจะกลับหน้าที่เป็นขอบนำ

๖.๒ เกี่ยวกับการซ่อมทำ

การซ่อมทำใบจักรแบ่งออกเป็น ๒ ระดับ คือการซ่อมทำเล็กน้อย (Minor Repair) และการซ่อมทำใหญ่ (Major Repair)

๖.๒.๑ การซ่อมทำเล็กน้อย คือการซ่อมทำความเสียหายเล็กน้อย โดยการตกแต่งความเสียหายซึ่งปกติเกิดที่ขอบใบจักร ได้แก่ การหักงอ (Kink) การโค้งงอ (Bend) เล็กน้อย การเติมทดแทนชิ้นส่วนเล็ก ๆ ที่หลุดหายไป (Patch) รอยแตกที่ผิวขนาดเล็ก ฯลฯ

๖.๒.๑.๑ การโค้งงอเล็กน้อย ได้แก่การโค้งงอไม่เกินหนึ่งในสิบของความยาวที่หน้าตัดใบจักรนั้น วัดจากขอบ และมีมุมโค้งงอไม่เกิน ๑๕ องศา

๖.๒.๑.๒ รอยแตกเล็กน้อยได้แก่พวกที่เกิดบริเวณขอบใบจักร ที่มีความยาวไม่เกินหนึ่งในสิบของความยาวที่หน้าตัดใบจักรนั้น นอกจากนั้นได้แก่รอยแตกที่ผิว และมีความลึกไม่เกิน หนึ่งในส่วนแปดนิ้ว (๓ มม.) หรือไม่เกินหนึ่งในสี่ของความหนาตรงจุดนั้น

๖.๒.๑.๓ ชิ้นส่วนที่หลุดหาย (Patch) ชิ้นส่วนที่หลุดหายขนาดเล็กคือ ส่วนของขอบ ใบจักรขนาดเล็กที่หลุดหายไป (พื้นที่ไม่เกิน ๒ ตารางนิ้ว หรือ ๖.๔๕ ตารางเซนติเมตร) และสามารถซ่อมทำได้ โดยการเชื่อมประสานเดิมเนื้อ

๖.๒.๑.๔ การเป็นหลุมหน้าข้าวตัง (Cavitation) หรือเกิดการกัดกร่อน (Erosion) การเชื่อมซ่อมหลุมที่เกิดจากการยุบตัวของฟองอากาศ หรือจากการกัดกร่อนซึ่งมีพื้นที่น้อยกว่า ๒ ตารางนิ้ว (๖.๔ ตารางเซนติเมตร) และลึกน้อยกว่าเศษหนึ่งส่วนสองนิ้ว หรือ ๑๒.๗ มม. ถือเป็นการซ่อมทำเล็กน้อย

๖.๒.๒ การซ่อมทำใหญ่ ได้แก่การซ่อมทำนอกเหนือจากที่ระบุไว้ใน ๖.๒.๑

๖.๒.๒.๑ การโค้งงอขนาดใหญ่คือ ที่มีขนาดใหญ่กว่าที่ระบุใน ๖.๒.๑.๑ และอาจเป็นการ ดัดไปด้านหน้า หรือด้านหลังตลอดหน้าตัดของใบจักร

๖.๒.๒.๒ รอยแตกขนาดใหญ่ คือ ที่ใหญ่กว่าที่กล่าวใน ๖.๒.๑.๒ และโดยปกติจะอยู่ หลังขอบใบจักรเข้ามา รอยแตกลึกเข้าไปในเนื้อใบจักรมากกว่าที่จะเป็นรอยแตกที่ผิว หรือเป็นรอยแตกทะลุ ตลอดแผ่น

๖.๒.๒.๓ ชิ้นส่วนที่หลุดหายไปขนาดใหญ่ คือ ที่ใหญ่กว่าที่กล่าวใน ๖.๒.๑.๓ หรือ ชิ้นส่วนที่จำเป็นต้องใช้ ชิ้นส่วนที่หล่อขึ้นใหม่มาเชื่อมต่อทดแทนของเดิม

๖.๒.๒.๔ การเป็นหลุมหน้าข้าวตัง หรือการกัดกร่อน การเชื่อมประสานซ่อมทำส่วน ที่แตกหรือเป็นหน้าข้าวตัง ที่มีพื้นที่มากกว่าที่กล่าวใน ๖.๒.๑.๔ เรียกว่าเป็นการซ่อมทำใหญ่

๗. วัสดุที่ใช้ทำใบจักรเรือ

วัสดุประเภททองแดงเจือ ที่ใช้ทำใบจักรเรือหลวง แบ่งออกเป็น ๕ ประเภทตามที่แสดงในตารางที่ ๑

๘. การดัดให้ตรง (Straightening)

๘.๑ ใบจักรชนิด แมงกานีสบรอนซ์

๘.๑.๑ การดัดเย็น (ที่อุณหภูมิต่ำกว่า ๔๐๐ องศาฟาเรนไฮต์ หรือ ๒๐๔ องศาเซลเซียส) โดยใช้แรงกระแทก(ตี) อาจใช้ในการซ่อมดัดให้ตรงเล็ก ๆ น้อย ๆ บริเวณปลายหรือขอบของปีกใบจักรที่บาง หลังจากที่ดีดให้ตรงแล้วจะต้องทำการคลายความเค้นด้วยความร้อนตามวิธีการในตารางที่ ๓ ถ้าค่อย ๆ ทำการดัดตรงอย่างช้า ๆ ความร้อนที่อุณหภูมิ ๖๐๐ - ๘๐๐ องศาฟาเรนไฮต์ (๓๑๖ - ๔๒๗ องศาเซลเซียส)

๘.๑.๒ การดัดร้อน (ที่อุณหภูมิระหว่าง ๑๑๐๐ - ๑๔๐๐ องศาฟาเรนไฮต์ หรือ ๕๙๓ - ๗๖๐ องศาเซลเซียส) โดยใช้แรงกระแทก ใช้ในการดัดตรงในการซ่อมทำใหญ่ทั้งหมด โดยรักษาอุณหภูมิของส่วน ใบจักรที่ต้องการดัดตรง ให้อยู่ในระดับอุณหภูมิที่แนะนำตลอดเวลา ด้วยเปลวไฟจากหัวเผาแก๊ส หากว่าจำเป็นอาจ ใช้หัวเชื่อมแก๊สออกซิเจนที่ลีน เคลื่อนที่ให้ความร้อนไปมา บริเวณรอบๆ พื้นที่ที่ต้องการดัดตรงต้องให้ความร้อนตลอดความหนา หลังจากที่ดีดตรงเรียบร้อยแล้ว จะต้องให้เย็นตัวลงช้า ๆ สู่อุณหภูมิห้องโดยหุ้มหรือคลุม ด้วยแอสเบสตอส เสริมแล้วจึงค่อยคลายความเค้นด้วยความร้อนตามตารางที่ ๓ ต่อไป โดยเร็วภายหลังการดัดร้อนเสร็จเรียบร้อยแล้ว

๘.๒ ใบจักรชนิด นิเกิลลูมิเนียมบรอนซ์

๘.๒.๑ การตัดเย็น (ที่อุณหภูมิต่ำกว่า ๔๐๐ องศาฟาเรนไฮต์ หรือ ๒๐๔ องศาเซลเซียส) โดยการใช้แรงกระแทก อาจใช้ในการซ่อมตัดตรงเล็ก ๆ น้อย ๆ บริเวณปลาย หรือขอบของปีกใบจักรที่บาง การตัดเย็นควรให้แรงอย่างช้า และสม่ำเสมอ

๘.๒.๒ การตัดร้อน สำหรับใบจักรชนิดนิเกิลลูมิเนียมบรอนซ์นี้ ไม่ให้กระทำนอกจากจะให้ อุณหภูมิจนถึงอย่างน้อย ๑๔๐๐ องศาฟาเรนไฮต์ (๗๖๐ องศาเซลเซียส) และรักษาระดับอุณหภูมิไว้จนกว่า จะตัดเสร็จ เนื่องจากวัสดุชนิดนี้เปราะมากในช่วงอุณหภูมิ ๗๐๐ - ๑๓๐๐ องศาฟาเรนไฮต์ (๓๗๑ - ๗๓๒ องศาเซลเซียส)

"ในการทำอุณหภูมิให้ถึง ๑๔๐๐ องศาฟาเรนไฮต์ (๗๖๐ องศาเซลเซียส) สำหรับใบจักร โดยเฉพาะอย่างยิ่งใบจักรหนา ๆ ให้ดำเนินการให้ความร้อนตามขั้นตอนดังนี้

เผาด้วยหัวเผาแก๊สหุงต้ม เป็นเวลาไม่ต่ำกว่า ๓ ชั่วโมง รูปแบบของการให้ความร้อนควรให้เป็นบริเวณกว้าง ไม่เฉพาะบริเวณพื้นที่ที่จะตัดเท่านั้น พื้นที่ถูกความร้อนควรห่างจากจุดตัดออกไปหนึ่งฟุต ถึง หนึ่งฟุตครึ่ง (๓๐-๔๕ เซนติเมตร) และระดับอุณหภูมิจากบริเวณนี้ไปยังปลาย (Tip) และโคน (Hub) ใบจักร จะต้องค่อย ๆ ลดลง ต้องไม่มีการเปลี่ยนระดับอุณหภูมิอย่างกะทันหัน โดยอาจใช้หัวเผาออกซิอะซีทิลีนให้ความร้อนแทนก็ได้

การตัดต้องค่อย ๆ ทำอย่างเป็นขั้นเป็นตอน เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำกว่า ๑,๔๐๐ องศาฟาเรนไฮต์ (๗๖๐ องศาเซลเซียส) ให้ให้ความร้อนอีกครั้งตามวิธีข้างต้น หลังจากตัดตรงแล้วให้ใบจักรเย็นตัวลงอย่างช้า ๆ ได้ผ้าแอสเบสตอส โดยไม่ต้องปฏิบัติด้วยความร้อนภายหลังการตัดอีก

๘.๓ ใบจักรชนิดนิเกิลแมงกานีสบรอนซ์

๘.๓.๑ การตัดเย็น (ที่อุณหภูมิต่ำกว่า ๔๐๐ องศาฟาเรนไฮต์ หรือ ๒๐๔ องศาเซลเซียส) หรือ การตัดเล็กน้อยให้ทำตามวิธีการที่กล่าวมาแล้วในข้อ ๘.๑.๑ และข้อ ๘.๒.๑ หลังตัดเสร็จแล้ว ให้อบคลายความเค้น ด้วยอุณหภูมิระหว่าง ๘๐๐ - ๘๐๐ องศาฟาเรนไฮต์ (๔๒๗ - ๔๘๒ องศาเซลเซียส)

๘.๓.๒ การตัดร้อนไม่แนะนำให้กระทำสำหรับใบจักรชนิดนี้

๘.๔ ใบจักรชนิดแมงกานีสอลูมิเนียมบรอนซ์หรือ ซูเปอร์สตัน ๔๐

๘.๔.๑ การตัดเย็น (ที่อุณหภูมิต่ำกว่า ๔๐๐ องศาฟาเรนไฮต์ หรือ ๒๐๔ องศาเซลเซียส) อาจทำโดยการใช้แรงกระแทก ใช้ซ่อมปลายใบจักร หรือขอบที่มีหน้าตัดบาง โดยไม่จำเป็นต้องมีการปฏิบัติ ด้วยความร้อนอีก

๘.๔.๒ การตัดร้อนอาจทำที่อุณหภูมิใดก็ได้จนถึง ๑๑๐๐ องศาฟาเรนไฮต์ หรือ ๕๙๓ องศาเซลเซียส โดยออกแรงกระทำอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอ บริเวณโดยรอบที่จะทำการตัด ต้องถูกให้ความร้อนจนอิมัตวนานพอควร ไม่ต้องอบคลายความเค้น ด้วยความร้อนอีกหากปล่อยให้ใบจักรกลับเย็นตัวลงมาอย่างช้า ๆ หากตัดด้วย

ความร้อนโดยใช้อุณหภูมิ ๘๕๐ - ๑๑๐๐ องศาฟาเรนไฮต์ หรือ ๔๕๔ - ๕๙๓ องศาเซลเซียส และใช้แรงกระแทก (ตี) อาจใช้ตัดตรงในการซ่อมทำใหญ่ ได้ทั้งหมดโดยรักษาระดับอุณหภูมิในส่วนของใบจักรที่ตัด ที่อุณหภูมิเหมาะสมระหว่างซ่อมโดยใช้เปลวไฟอ่อน ๆ หรือการใช้หัวเผาออกซิเจนที่เคลื่อนไปมา บริเวณรอบๆ พื้นที่ ที่จะตัด ต้องได้รับความร้อนจนอ้อมตัวตลอดความหนา เมื่อตัดเสร็จแล้วปล่อยให้เย็นตัวลงอย่างช้า ๆ โดยใช้ผ้าแอสเบสตอสคลุมและไม่ต้องทำการอบคลายอีกต่อไป

๕. การเชื่อมประสาน (Welding)

๕.๑ กล่าวโดยทั่วไป ควรหลีกเลี่ยงการเชื่อมซ่อมทำเล็กๆ น้อยๆ เพื่อให้ใบจักรดูดีขึ้นเท่านั้น การซ่อมด้วยการเชื่อมทั้งหมด จะต้องถูกตรวจสอบโดยใช้สารแทรกซึมตามคำแนะนำทางช่างที่ ค ๐๐๐๑ - ๓๑ การตรวจสอบสภาพผิวหน้าโลหะ ข้อบกพร่องขนาดใหญ่ทั้งหมดจะต้องถูกเจาะออกให้ถึงเนื้อโลหะที่แน่นหนาโดยมีรูปร่างของร่องเจาะที่เหมาะสม (ดูในรูปที่ ๑ และ ๒) สำหรับการเชื่อมในท่าราบ ไม่อนุญาตให้ทำการซ่อมทำโดยการบัดกรี ตะกั่ว หรือใช้ลวดประสานเงินบรอนซ์

๕.๒ การตรวจสอบรอยเชื่อมซ่อม การตรวจสอบรอยเชื่อมซ่อมทั้งหมดให้ทำตามคำแนะนำทางมาตรฐานงานช่างที่ ค. ๐๐๐๑ - ๓๑ การตรวจสอบสภาพผิวหน้าโลหะ

สำหรับเกณฑ์การยอมรับ รอยเชื่อมซ่อมจะต้องปราศจากรอยแตกร้าว และมีรูพรุนได้ไม่เกินครึ่งหนึ่งของที่อนุญาตในเกรด ๒ ตามมาตรฐานงานช่างที่ มอว.๑๑๒ - ๐๐๐๒ - ๐๕๓๒ เรื่องการตรวจสอบรอยเชื่อมประสานด้วยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี

๕.๓ การทดสอบเพื่อรับรองคุณภาพกรรมวิธีการเชื่อม (Welding Procedure Qualification) คือการทดสอบเพื่อให้แน่ใจว่าแบบรอยต่อตลอดจนวิธีการที่ใช้ในการเชื่อมจะให้รอยเชื่อมที่มีคุณสมบัติตรงตามที่ต้องการ

๕.๓.๑ ขั้นตอนทดสอบต้องมีขนาดที่เหมาะสม ตามที่ระบุในมาตรฐานต่อไปนี้

- ขั้นตอนทดสอบถึง ๒ ขั้นรูปร่างและขนาดตามรูปที่ ๒ ของมาตรฐาน MIL - STD - ๔๑๘
- ขั้นตอนทดสอบตัดด้านข้าง ๔ ขั้น ตามรูปที่ ๑๐ ของมาตรฐาน MIL - STD - ๔๑๘
- ขั้นตอนทดสอบตรวจผิวหน้าโลหะ (Macro Test) ๒ ขั้น

๕.๓.๒ การทดสอบกรรมวิธีการเชื่อม ต้องทำทุกครั้งที่ใช้วิธีการเชื่อมซ่อมใหม่ ๆ โดยใช้แผ่นบรอนซ์หล่อ ซึ่งมีความหนาน้อยกว่าหนึ่งนิ้วครึ่ง (๑๘ มม.) และมีส่วนผสมเหมือนกับวัสดุที่ใช้ทำใบจักร เป็นขั้นตอนทดสอบการเชื่อมต้องดำเนินการไปด้วย ขบวนการเชื่อม, เครื่องเชื่อมและลวดเชื่อมชนิดเดียวกันโดยตลอดการพิธีท และการอบคลายความเค้นให้ดำเนินการไปตามวิธีการปกติที่จะใช้ในการซ่อมทำและเป็นไปตามความต้องการต่อไปนี้

- ผลการทดสอบแรงดึง รอยเชื่อมจะต้องมีความแข็งแรงอย่างน้อยเทียบเท่าชิ้นงาน
- ผลการทดสอบตัดด้านข้าง โดยใช้แท่นตัด ตามรูปในมาตรฐานกรมอุทการเรือที่ มอว.-๑๑๒

-๐๐๐๑-๐๘๓๑ ขั้นตอนทดสอบ จะต้องปราศจากรอยแตก หรือมีรอยปริแตกยาวไม่เกินเศษหนึ่งส่วนแปดนิ้ว (๓.๒ มม.) ไม่ว่าในทิศทางใด

- ผลการทดสอบตรวจผิวหน้าโลหะ จะต้องไม่มีสิ่งสกปรกฝังใน(สแลค) ความยาวเกินเศษหนึ่งส่วนแปดนิ้ว (๓.๒ มม.)

๕.๔ การทดสอบฝีมือช่างเชื่อม (Welder Qualification) ให้ทำการทดสอบฝีมือช่างก่อนอนุญาตให้ทำการเชื่อมซ่อมใบจักรตามมาตรฐานกรมอุทการเรือที่ มอว. ๑๑๒ - ๐๐๐๑ - ๐๘๓๑ เรื่อง การทดสอบจัดระดับฝีมือช่างเชื่อมประสานไฟฟ้า โดยใช้ชนิดและความหนาของชิ้นทดสอบตามขนาดความหนาของใบจักรบริเวณที่ต้องเชื่อมซ่อม

๕.๕ การเชื่อมซ่อมใบจักรแมงกานีสบรอนซ์

๕.๕.๑ ขบวนการเชื่อม การเชื่อมซ่อมส่วนที่หนาให้ใช้รูปเชื่อม (SMAW) หรือการเชื่อมอาร์คโลหะใช้แก๊สเฉื่อยคลูมหรือมิก (MIG) การเชื่อมแก๊สให้จำกัดอยู่ที่บริเวณขอบนอก ๑ ใน ๓ ของเส้นผ่าศูนย์กลางใบจักร และมีความหนาไม่เกิน หนึ่งเศษหนึ่งส่วนสี่นิ้ว (๓.๒ มม.) รอยเชื่อมแนวแรก และแนวสุดท้ายไม่ควรเคาะคลายเค้น (Peen) การเคาะรอยเชื่อมระหว่างนั้นอาจทำหรือไม่ก็ได้

๕.๕.๒ ชนิดของลวดเติม (Filler Metal) ลวดเติมสำหรับแต่ละขบวนการเชื่อมที่ควรใช้ในการเชื่อมซ่อม ใบจักรแมงกานีสบรอนซ์ มีดังตารางข้างล่าง

ขบวนการเชื่อม	ชนิดของลวดเชื่อมตาม(MILITARY STD.)	หมายเลขหัวข้อกำหนดตาม(MILITARY STD.)
อาร์คชนิดลวดเชื่อมมีสารพอกหุ้มหรือรูปเชื่อม (SMAW)	MIL-E-CU-AL-A1	MIL-E- 278
แก๊ส	MIL-R-CU-ZN-B	MIL-R-19631
อาร์คดังสแตนเลสใช้แก๊สเฉื่อย	MIL-R-CUAL-A2	MIL-R-19631
คลูมหรือทิก (TIG)	MIL-R-CUAL-A2	MIL-R-19631
อาร์คโลหะใช้แก๊สเฉื่อย	MIL-R-CUAL-A2	MIL-R-21659
คลูมหรือมิก (MIG)	MIL-R-CUAL-A2	MIL-R-21659

๕.๕.๓ Flow Welding การเชื่อมวิธีนี้เหมาะสำหรับการเชื่อมซ่อมใหญ่กับใบจักรแมงกานีสบรอนซ์ ได้แก่ การเชื่อมเรียกเนื้อปลายปีกใบจักร หรือเชื่อมซ่อมรอยแตกเล็ก การเชื่อมแบบนี้ควรเชื่อมลึกตลอดความหนาของงานที่ซ่อม ไม่ใช่เพื่อเติมเนื้อเพียงบางส่วน ต้องตรวจบริเวณด้านล่างของรอยเชื่อมให้แน่ใจว่ามีการละลายเข้าด้วยกันได้ดี เนื่องจากเหตุนี้และการเกิดการบิดงอตัวสูง จึงไม่ใช่ Flow Welding ในการซ่อมทำบริเวณคุมใบจักร สำหรับการซ่อมโดย Flow Welding ให้ใช้อุณหภูมิพรีฮีท ๕๐๐-๖๐๐ องศาฟาเรนไฮต์ (๒๖๐-๓๑๖ องศาเซลเซียส) การคลายความเค้นให้ทำตามตารางที่ ๒ ตามด้วยการให้เย็นตัวลงช้า ๆ

๕.๖ การเชื่อมซ่อมใบจักรนิเกิลลูมิเนียมบรอนซ์

๕.๖.๑ ขบวนการเชื่อม การเชื่อมซ่อมใบจักรนิเกิลลูมิเนียมบรอนซ์ ควรใช้การเชื่อมอาร์คโลหะ ใช้แก๊สเฉื่อยคลุมหรือมิก โดยใช้ลวดเชื่อมเปลี่ยนชนิดหมดเปลือง

๕.๖.๒ ลวดเติม ให้ใช้ลวดเชื่อมตามมาตรฐาน MIL-E 21659 ชนิด CU-AL-AZ ตราอักษร Ampco Trode 46 หรือ Airco 100 หรือเทียบเท่า

๕.๗ การเชื่อมซ่อมใบจักรนิเกิลแมงกานีสบรอนซ์

๕.๗.๑ ขบวนการเชื่อมซ่อมใบจักรชนิดนี้ให้ใช้การเชื่อมอาร์คทั้งสแตนเลสใช้แก๊สเฉื่อยคลุมหรือทิก

๕.๗.๒ ลวดเติม ให้ใช้ลวดนิเกิลแมงกานีสบรอนซ์ที่ตัดออกมาจากแผ่นขนาด เศษหนึ่งส่วนแปด คุณสมบัติหนึ่งส่วนแปดนิ้ว (๓x๓ มม.) ความยาวลวดอาจต่อได้โดยใช้หัวเผาแก๊สละลายต่อลวด

๕.๘ การเชื่อมซ่อมใบจักรแมงกานีสอลูมิเนียมบรอนซ์ หรือ ซูเปอร์สตัน ๔๐

๕.๘.๑ ขบวนการเชื่อม การเชื่อมซ่อมใบจักรชนิดนี้อาจใช้ ขบวนการเชื่อมใช้รูปเชื่อมหรือ การเชื่อมมิก โดยใช้ลวดเชื่อมเปลี่ยนชนิดหมดเปลือง

๕.๘.๒ ลวดเติม ลวดเติมสำหรับแต่ละขบวนการเชื่อมดังแสดงในตารางข้างล่าง

ขบวนการเชื่อม	ลวดเชื่อม
รูปเชื่อม	Ampco Trode 40 หรือเทียบเท่า
อาร์คโลหะใช้แก๊สเฉื่อยคลุมหรือมิก	Ampco Trode 40 ชนิดลวดเปลือย หรือเทียบเท่า

๑๐. การปฏิบัติด้วยความร้อน (Heat Treatment)

๑๐.๑ การอุ่นงานก่อนเชื่อมหรือการพรีฮีทโดยทั่วไป อุณหภูมิของพรีฮีท จะต้องสม่ำเสมอตลอดความหนาของ หน้าตัดส่วนของใบจักรที่จะทำการซ่อมทำ แล้วขยายออกไปเป็นรัศมี ๑๒ นิ้ว ในบริเวณด้านข้างเพื่อให้ระดับความแตกต่างของอุณหภูมิไม่ให้เกิน ๑๐๐ องศาฟาเรนไฮต์ ต่อฟุต (๑.๒๕ องศาเซลเซียส ต่อ ซม.) โดยรอบบริเวณ ที่ซ่อมทำ อาจให้หัวเผาแก๊สหุงต้ม (Soft Gas Torch) หรือขดลวดความร้อนไฟฟ้า (Strip Heater) ดีกว่าใช้หัวเชื่อม ออกซิเจนอะซิไธน และควรตรวจสอบอุณหภูมิอยู่เสมอ ด้วยเทอร์มอสถูปอุณหภูมิ หรือเครื่องวัดอุณหภูมิแบบสัมผัส อุณหภูมิพรีฮีทนั้นจะต้องรักษาระดับไว้ตลอดเวลาในการซ่อมทำ

๑๐.๑.๑ จัดตั้งรองรับและจับยึดชิ้นงานให้ เพียงพอตลอดเวลาที่ทำการพรีฮีทและทำการเชื่อม

๑๐.๑.๒ อุณหภูมิพรีฮีทสำหรับขบวนการเชื่อมต่างๆ แสดงในตารางที่ ๒

๑๐.๒ การอุ่นงานหลังเชื่อมหรือโพสฮีทโดยทั่วไป เมื่อต้องการคลายความเค้น ปกติจะทำทันทีหลัง เชื่อมเสร็จ การปล่อยให้รอยเชื่อมเย็นตัวอย่างช้า ๆ จนถึงอุณหภูมิห้องก่อนไม่ถือว่าเป็นอันตรายแต่ควรจะทำ การคลายความเค้นให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้

๑๐.๒.๑ การอบคลายความเค้นในเตา วิธีนี้แนะนำให้ใช้หากทำได้โดยอาจจะให้ความร้อนใบจักร ทั้งใบในเตา หรือเพียงส่วนของใบจักรที่รับการซ่อมทำ การคลายความเค้นใบจักรทั่วไป โดยการให้ความร้อน

อย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอถึงระดับอุณหภูมิที่ระบุไว้ในตารางที่ ๒ การอบอุ่นทั่วถึงที่ อุณหภูมินั้นจะต้อง ไม่น้อยกว่า ๖ ชั่วโมง ถ้าเป็นการให้ความร้อนเพียงบางส่วนของใบจักรเวลาที่ใช้รักษาอุณหภูมิต้องสั้นอย่างน้อย ๒๐ นาทีต่อความหนา ใบจักร ๑ นิ้ว (๒๕ มม.) วัดที่พื้นที่ซ่อมทำ การให้ความร้อนและการเย็นตัวของใบจักร หรือบางส่วนของใบจักร จะต้องเป็นไปอย่างช้า ๆ จนทำให้ความแตกต่างของระดับอุณหภูมิไม่เกิน ๑๐๐ องศาฟาเรนไฮต์ ต่อฟุต (๑.๒๕ องศาเซลเซียสต่อ ซม.) ไม่ว่าจะเป็นส่วนไหนของใบจักร

๑๐.๒.๒ การอบคลายความเค้นเฉพาะที่ วิธีที่เหมาะสมคือให้ความร้อนเป็นแถบกว้าง ๒๔ นิ้ว (๖๑ ซม.) ครอบคลุมความหนาของใบจักรโดยให้ความร้อนขึ้นอย่างช้า ๆ ไปจนถึงระดับอุณหภูมิอบคลายความเค้น (Stress Relieving Temperature) เพื่อให้ระดับความแตกต่างของอุณหภูมิไม่เกิน ๑๐๐ องศาฟาเรนไฮต์ต่อฟุต (๑.๒๕ องศาเซลเซียส ต่อ ซม.) ในบริเวณนี้ แถบที่ให้ความร้อนนั้นจะต้องมีพื้นที่ที่ทำการซ่อมทำ อยู่ตรงกลาง ของแถบ และการให้ความร้อนด้วยหัวเผาแก๊สหรือขดลวดไฟฟ้า จะดีกว่าใช้หัวเชื่อมออกซิเจนที่ลิ้น เวลารักษาระดับอุณหภูมิให้ความร้อนนี้ต้องไม่ต่ำกว่า ๒๐ นาทีต่อความหนา ๑ นิ้ว (25 มม.) ในบริเวณที่ทำการซ่อม หน้าตัดบริเวณนั้นจะต้องให้เย็นตัวลงช้า ๆ โดยการพันหรือคลุมด้วยผ้าแอสเบสตอส สำหรับการให้ความร้อนเฉพาะ ที่เพื่อคลายความเค้น ในการซ่อมทำเล็กน้อย (คือพื้นที่ที่รับความเค้นน้อย เช่นบริเวณขอบใบหรือปลายใบ) การปฏิบัติคือค่อย ๆ กระจายความร้อน และรักษาระดับอุณหภูมิโดยใช้หัวเผาแก๊ส เเผาในบริเวณที่ทำการเชื่อม จนระดับอุณหภูมิการคลายความเค้นครอบคลุมความหนาใบจักร และแผ่ไปรอบ ๆ บริเวณ ๑๒ นิ้วจากพื้นที่ซ่อมทำ ให้ความแตกต่างของอุณหภูมิไม่เกิน ๑๐๐ องศาฟาเรนไฮต์ ต่อฟุต (๑.๒๕ องศาเซลเซียสต่อเซนติเมตร) โดยให้ เย็นตัวลงช้า ๆ ตามวิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว

๑๐.๒.๓ การรองรับ จะต้องจัดให้มีการรองรับใบจักรอย่างเพียงพอ ระหว่างการให้ความร้อน เพื่อคลายความเค้น

๑๐.๓ การคลายความเค้น ใบจักรแมงกานีสบรอนซ์ และนิเกิลแมงกานีสบรอนซ์วิธีการคล้ายกับกล่าวมาแล้ว ในหัวข้อ ๑๐.๒ และช่วงอุณหภูมิของการให้ความร้อนทำตามตารางที่ ๒

๑๐.๓.๑ สำหรับใบจักร แมงกานีสบรอนซ์ และนิเกิลแมงกานีสบรอนซ์ ก่อนนำไปใช้ต้องมีการ อบคลายความเค้นก่อน เมื่ออยู่ในสภาพต่อไปนี้

๑๐.๓.๑.๑ ใบจักรถูกเก็บรักษาไว้ ใบจักรที่ไม่สามารถบอกได้ว่ามีการอบคลายความเค้น แล้วหรือไม่ ในเวลาที่ทำการปรับซ่อมใหม่หรือก่อนที่จะเก็บ

๑๐.๓.๑.๒ ใบจักรที่ถูกปรับซ่อมใหม่

(ก) ใบจักรที่ต้องการการซ่อมทำเล็กน้อย หรือซ่อมทำใหญ่โดยการัดตรง หรือซ่อมใหญ่ด้วยการเชื่อมประสาน

(ข) ใบจักรที่ต้องการซ่อมทำเล็กน้อย ด้วยการเชื่อมประสาน และในช่วงการ ใช้งานภายหลังที่ได้มีการคลายความเค้นเกิน ๑ ปี มาแล้ว

๑๐.๔ การอบคลายความเค้นใบจักร นิเกิลลูมิเนียมบรอนซ์ และแมงกานีสอลูมิเนียมบรอนซ์ หรือชุบเปอร์สตัน ๔๐ ไม่จำเป็นต้องอบคลายความเค้นหลังซ่อม

๑๐.๕ การให้เครื่องหมาย เมื่อใบจักรได้รับการซ่อมทำใหม่ จะต้องมีการบันทึกไว้โดยให้เครื่องหมาย "ซ่อมทำใหม่"(Reconditioned) และ "อบคลายความเค้น" (Stress Relieved) ถ้าทำได้ให้ลงวันที่และกิจกรรมซ่อมทำที่ได้ดำเนินไปไว้ที่คัม (Hub) ของใบจักรด้วย และอยู่ด้านซ้ายของข้อมูลต่างๆ ที่มีอยู่บนใบจักร

๑๑. การตรวจสอบโดยใช้สารแทรกซึม (Liquid Penetrant Inspection)

๑๑.๑ กล่าวโดยทั่วไป ใบจักรที่นำออกมาจากการเก็บหรือที่ซ่อมทำให้จะต้องนำมาตรวจสอบผิว ก่อนนำไปติดตั้ง ใบจักรที่ติดตั้งกับเรือควรจะได้รับ การตรวจสอบ ระหว่างใช้งานเป็นระยะเวลาไม่เกิน ๕ ปี

๑๑.๒ วิธีการให้ทำตาม คำแนะนำทางช่างที่ ก.๐๐๐๑ - ๓๑ เรื่องการตรวจสอบผิวหน้าโลหะ

๑๑.๓ การซ่อมทำข้อบกพร่อง รุพูนทั้งหมด ข้อบกพร่องรูปเส้น รวมทั้งรอยแตกและรุพูนลักษณะเส้น จะต้องถูกเจียรนัยออกถึงเนื้อโลหะเต็ม ข้อบกพร่องที่มีความลึกเกินเศษหนึ่งส่วนแปดนิ้ว (๓.๒ มม.) หรือเกินหนึ่งในสี่ของความหนาใบจักรส่วนนั้น อย่างใดอย่างหนึ่งที่น้อยกว่า ให้ทำการเชื่อมซ่อมด้วยวิธีการที่เหมาะสม ข้อบกพร่องที่ลึกน้อยกว่านั้นให้เจียรนัยออกให้กลมกลืนไปกับผิวโดยรอบ

๑๑.๔ การตรวจสอบรอยเชื่อมซ่อม รอยเชื่อมซ่อมทั้งหมดต้องตรวจสอบตามวิธีการในข้อ ๕.๒ และเกณฑ์การยอมรับตามข้อ ๕.๒ เช่นเดียวกัน

๑๒. การเก็บรักษาและการป้องกันใบจักร

๑๒.๑ กล่าวโดยทั่วไป ใบจักรทั้งหมดที่ได้รับการเก็บก่อนนำมาใช้งาน จะต้องได้รับการขโลม สารเคลือบอย่างสมบูรณ์เพื่อป้องกันจากบรรยากาศ

๑๒.๒ สารใช้เคลือบ สารที่ใช้เคลือบต้องเป็นชนิดที่ I ตามมาตรฐาน MIL-C-16555 (Coating Compound, Solvent Cutback, Cold Application)

๑๒.๓ การเคลือบป้องกัน วิธีการเคลือบสารเคลือบตาม MIL-C-16555 ให้ทำตาม Buweps Publication OP 1485 (Strippable Coating Application and Maintenance) ส่วนสารเคลือบตาม MIL-C-16173 ให้ใช้แปรงทาหรือพ่นเคลือบ

ข้อสังเกต ๑) ใบจักรนิเกิลลูมิเนียมบรอนซ์ ตามปกติจะมีคุณสมบัติโดยประมาณดังนี้

อลูมิเนียม ๕.๐ ถึง ๑๑.๕ %

ความแข็งแรงดึง ๘๐,๐๐๐ PSI (๕๕๒ MPa.)

ความยืดตัวในระยะ ๒ นิ้ว ๑๕.๐ เปอร์เซ็นต์

ข้อสังเกต ๒) ใบจักรแมงกานีสบรอนซ์ และนิเกิลแมงกานีสบรอนซ์ ซึ่งมีค่า"สังกะสีสมมูลย์" (Zinc Equivalent) ที่หาได้ตามสูตรต่อไปนี้เกิน ๔๕% ไม่เหมาะสมที่จะซ่อมทำด้วยการเชื่อม

$$\text{เปอร์เซ็นต์สังกะสีรวมมูลย์} = \frac{100 \times (100 \times \% \text{ทองแดง})}{100 + A}$$

เมื่อ A - ผลบวกของสิ่งต่อไปนี้ คือ ดีบุก = + ๑.๐ x %ดีบุก

$$\text{อลูมิเนียม} = + ๕.๐ \times \% \text{อลูมิเนียม}$$

$$\text{แมงกานีส} = - ๐.๕ \times \% \text{แมงกานีส}$$

$$\text{เหล็ก} = - ๐.๑ \times \% \text{เหล็ก}$$

$$\text{ตะกั่ว} = ๐.๐$$

$$\text{นิกเกิล} = - ๒.๓ \times \% \text{นิกเกิล}$$

$$\text{*ซิลิกอน} = + ๕.๐ \%$$

*ส่วนของซิลิกอนที่เป็นสารละลายของแข็ง (Solid Solution) เท่านั้นที่สามารถนับเป็นตัวแทน ที่สังกะสีได้ การวิเคราะห์ทางเคมีปกติจะรวมซิลิกอนที่อยู่ในรูปของซิลิกา หรือซิลิเกตด้วย โดยที่ซิลิกอนปริมาณเกินครึ่งหนึ่งของปริมาณทั้งหมด มักจะไม่อยู่ในรูปของซิลิกอนในสารละลายของแข็ง

ตารางที่ 1

ส่วนผสมและคุณสมบัติของทองแดงเจือที่ใช้ทำใบจักร

ประเภท	Cu	Mn	Ni	Fe	Al	Sn	Pb	Zn	ความ แข็งแรง PSI (MPA)	การ ยืดตัว %
แมงกานีสบรอนซ์ (QQ - B - 726 - C1 A) นิกเกิลลูมิเนียมบรอนซ์	55/60	1.5 **	-	0.4/2.0	0.5/1.5	1.0**	0.4**	ที่เหลือ	65000* (448)	20*
ก) ชนิด Alloy 1 (Mil - B - 21230)	78.0*	3.5**	30/55	3.0/5.0	8.5/11	-	0.03**	-	85000* (586)	15*
ข) ชนิด Class 4 (Mil - B - 16033)	78.0*	3.5**	3.0/5.5	3.0/5.0	10/11.5	-	-	-	90000* (620)	6*
นิกเกิลแมงกานีสบรอนซ์ (Mil - B - 19708) แมงกานีสอลูมิเนียม บรอนซ์ หรือ ซูเปอร์สตัน (Superston) 40	53.5/57	2.5/4.0	2.5/4.0	1.0/2.5	2.0**	1	0.2**	ที่เหลือ	78000* (538)	18*
ชนิด Alloy 2 (Mil - B - 21230)	71.0*	11.0/14	1.5/3.0	2.0/4.0	7.0/8.5	-	0.03**	-	90000* (620)	20*

หมายเหตุ

* ค่าต่ำสุด

** ค่าสูงสุด

ตารางที่ 2

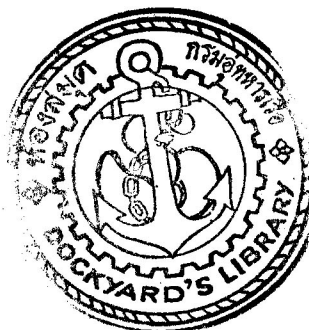
อุณหภูมิ อุณหภูมิงานก่อนเชื่อม (Preheat) ระหว่างเชื่อม (Interpass) และอุณหภูมิอบคลายเค้น (Stress Relieving)

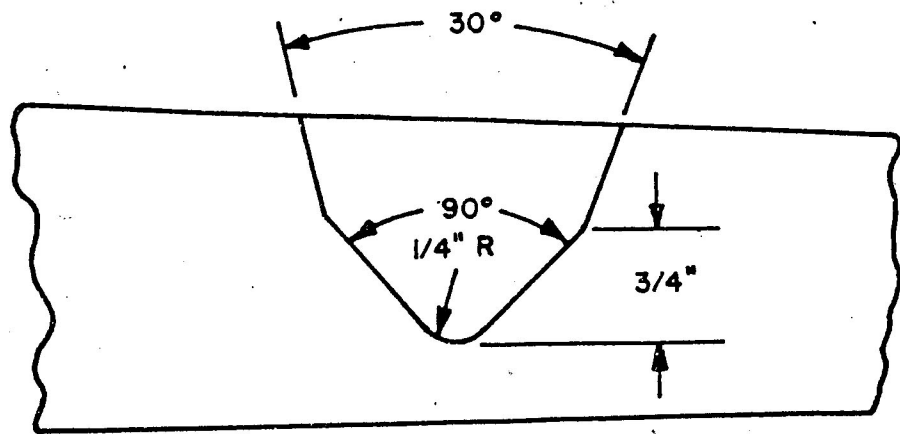
วัสดุ	ขบวนการเชื่อม	อุณหภูมิงานก่อนเชื่อม และระหว่างเชื่อม		อุณหภูมิอบคลาย ความเค้น	
		° F	(° C)	° F	(° C)
แมงกานีสบรอนซ์	ขบวนการเชื่อมอาร์คใช้แก๊สเฉื่อยคลุม (มิก + ทิก)	อย่างน้อย 300	(149)	600 - 800	(316 - 427)
	ขบวนการเชื่อมใช้รูปเชื่อม	500 - 800	(260 - 427)	600 - 800	(316 - 427)
	ขบวนการเชื่อม แก๊ส	600 - 800	(316 - 427)	600 - 800	(316 - 427)
	ขบวนการเชื่อม Flow	500 - 600	(260 - 316)	600 - 800	(316 - 427)
นิกเกิลลูมิเนียมบรอนซ์	ขบวนการเชื่อมอาร์คโลหะใช้แก๊สเฉื่อยคลุม(มิก)	ไม่ต้อง		ไม่ต้อง (ให้เย็นช้า ๆ)	
นิกเกิลแมงกานีสบรอนซ์	ขบวนการเชื่อมอาร์คโลหะใช้แก๊สเฉื่อยคลุม	ไม่ต้อง		800 - 900 (316 - 482)	
แมงกานีสอลูมิเนียมบรอนซ์	ขบวนการเชื่อมใช้รูปเชื่อม	150 - 200 (66 - 93)		ไม่ต้อง	
หรือชุบเปอร์สตัน 40	ขบวนการเชื่อมใช้แก๊สเฉื่อยคลุม (มิก + ทิก)	150 - 200 (66 - 93)		ไม่ต้อง	

ตารางที่ 3

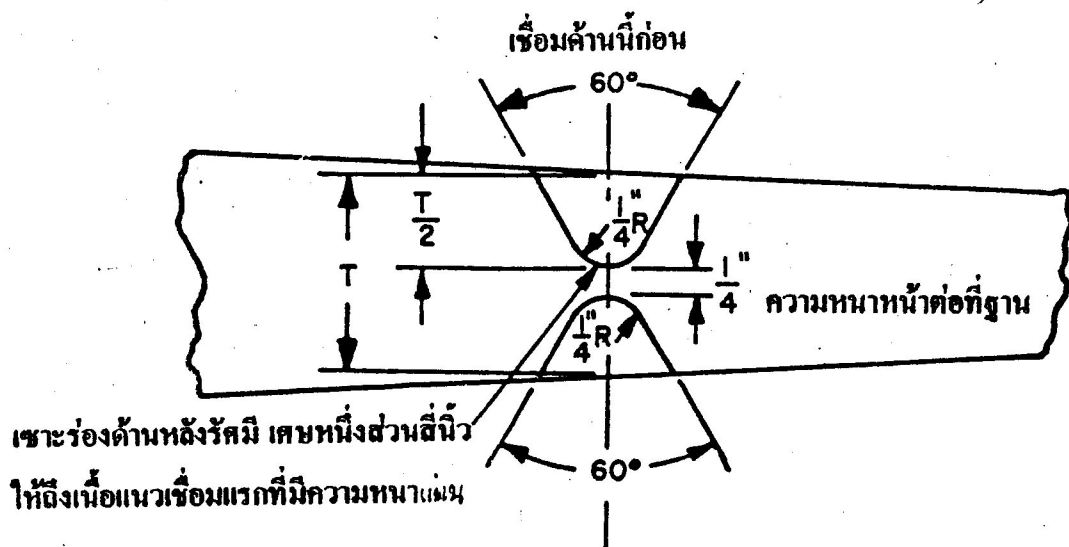
วิธีการดัดตรง (Straightening Procedures)

วัสดุ	วิธีการ	อุณหภูมิตัด		วิธีการอบด้วยความร้อน	
		° F	(° C)	° F	(° C)
แมงกานีสบรอนซ์	ดัดเล็กน้อย	น้อยกว่า 400	(204)	400 - 800	(316 - 482)
	ดัดเล็กน้อยหรือมาก	1100 - 1400	(593 - 760)	600 - 800	(316 - 482)
นิกเกิลลูมิเนียมบรอนซ์	ดัดเล็กน้อย	ต่ำกว่า 400	(204)	ไม่ต้อง	
	ดัดมาก	สูงกว่า 1400	(760)	เย็นช้า ๆ , ไม่ต้อง	
นิกเกิลแมงกานีสบรอนซ์ "	ดัดเล็กน้อย	ต่ำกว่า 400	(204)	800 - 900	
แมงกานีสอลูมิเนียมบรอนซ์	ดัดเล็กน้อย	ต่ำกว่า 400	(204)	ไม่ต้อง	
หรือ ซูเปอร์สตัน 40	ดัดมาก	850 - 1000	(454 - 538)	เย็นช้า ๆ , ไม่ต้อง	

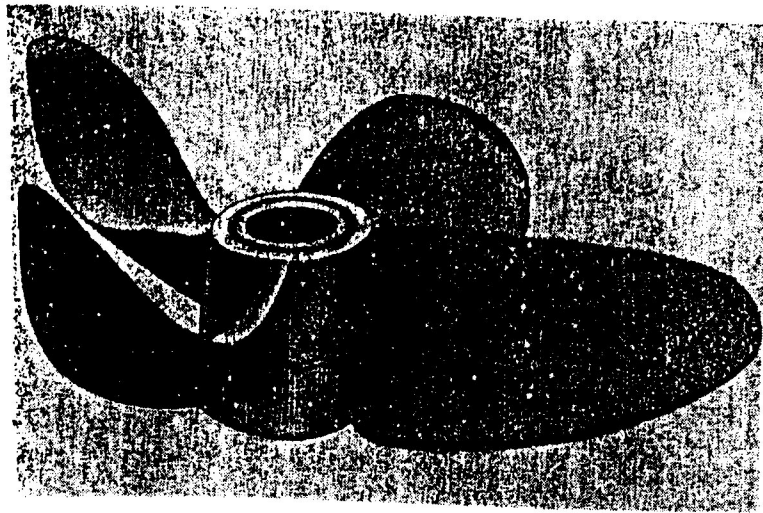




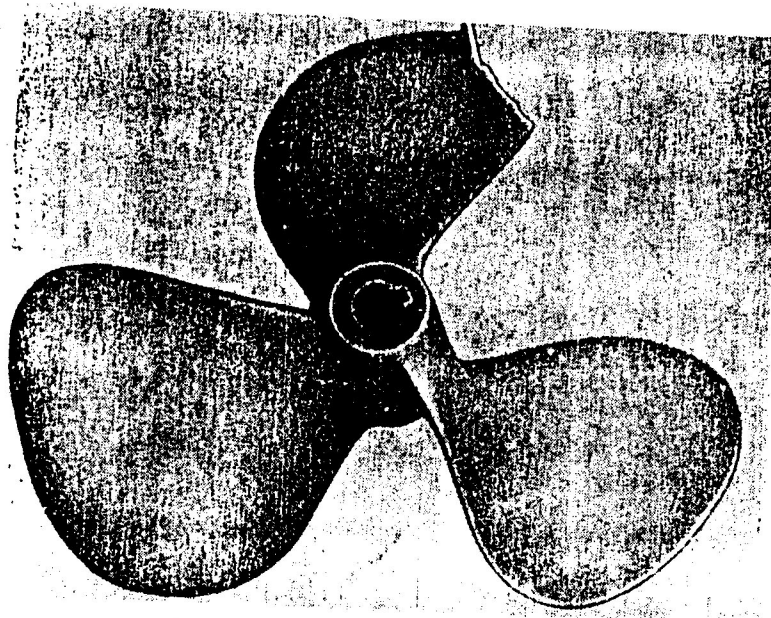
รูปที่ 1 การเตรียมเซาะร่องเพื่อเชื่อมโดยการเชื่อมประสาน



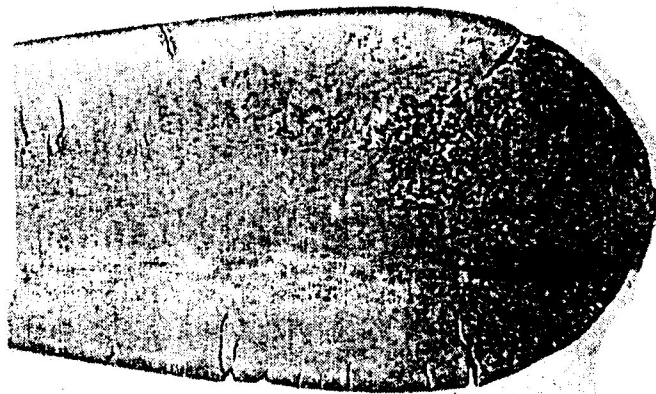
รูปที่ 2 แบบรอยต่อโดยทั่วไปที่ใช้ในการเชื่อมทำบริเวณปลายใบจักร



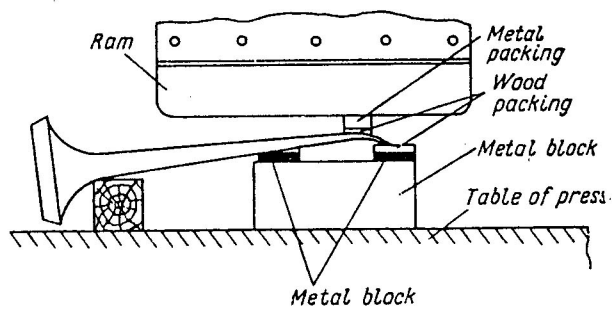
รูปที่ 3 ลักษณะการโค้งงอของใบจักร



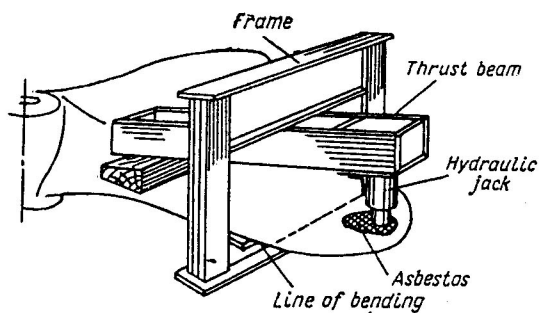
รูปที่ 4 ลักษณะปลายใบจักรแตกหลุดไป



รูปที่ 5 ลักษณะการอัดก้อนและแตกร้าวบนใบจักร



รูปที่ 6 การตัดใบจักรโดยใช้กระบอกอัดไฮดรอลิก (Hydraulic Jack)



รูปที่ 7 การตัดใบจักรโดยใช้แท่นตัด (Press)