

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของหน่อไม้

ไม้ไผ่ เป็นพืชที่มีความสำคัญต่อมนุษย์เป็นอย่างมาก เนื่องจากในชีวิตของคนเรานั้นได้รับประโยชน์จากไม้ไผ่อย่างมากมาทั้งทางตรงและทางอ้อมเพราะทุกส่วนของไม้ไผ่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นราก ลำต้น ใบหรือหน่อก็ตาม การใช้ประโยชน์อาจนำมาก่อสร้างเป็นที่พักอาศัย ทำเครื่องจักรสาน เฟอร์นิเจอร์ เครื่องครัวเรือน กระจาด และสิ่งสำคัญคือ หน่อที่คนนำมาใช้รับประทานเป็นอาหาร เป็นต้น [1] อีกทั้งยังมีการเพิ่มมูลค่าของหน่อไม้ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปของหน่อไม้สดเพื่อการบริโภคทั้งภายในและส่งออกต่างประเทศ ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อชุมชนและประเทศเป็นอย่างมาก [2]

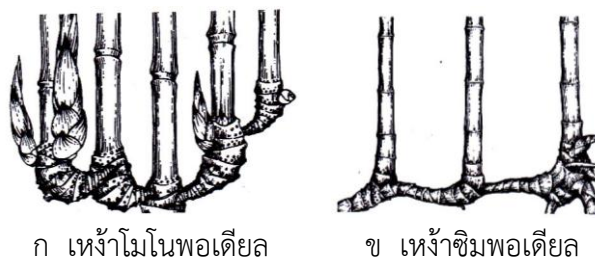
หน่อไม้ เป็นส่วนของเหง้าที่อยู่ใต้ดิน เมื่อแตกหน่อได้ระยะหนึ่งจะเรียกว่าหน่อไม้ แต่ถ้าโตเต็มที่จะเป็นไผ่ต่อไป ซึ่งไผ่แต่ละชนิดจะมีลักษณะที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับประเภทและชนิดของไผ่ สายพันธุ์ของไผ่ในประเทศไทยมีประมาณ 15 สกุล 82 ชนิด [3]

2.1.1 การจำแนกส่วนต่างๆของไผ่ดังต่อไปนี้ [4]

1).เหง้า (Rhizome) คือส่วนของลำต้นที่อยู่ใต้ดิน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

ก) เหง้าโมนอปอดิยัล (Monopodial Rhizome) ลำเหง้าเรียวยาว เจริญงอกงามไปตามแนวระดับ และมีขนาดเล็กกว่าลำที่งอกขึ้นมาจากด้านของเหง้า

ข) เหง้าซิมพอดิยัล (Sympodial Rhizome) ลำเหง้าสั้นและมีขนาดใหญ่กว่าลำที่งอกขึ้นมาจากปลาย ส่วนโคนของแขนงที่งอกออกไปจากเหง้านั้น เรียกว่าคอเหง้า (Rhizome neck)



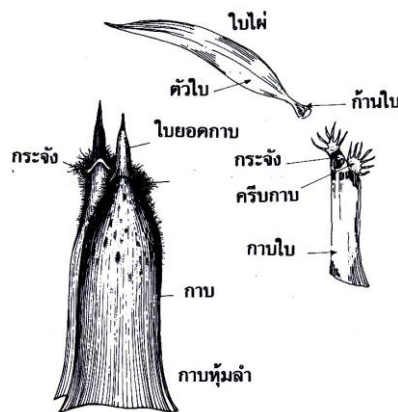
รูปที่ 2.1 ลักษณะของเหง้า [4]

2.กาบหุ้มลำ (Culm Sheath) คือ ส่วนที่หุ้มอยู่รอบลำสำหรับป้องกันเราเมื่อยังอ่อนอยู่ กาบหุ้มนี้นี้มักจะหลุดร่วงไปเมื่อลำเจริญเติบโต แต่มีไม้ไผ่บางชนิดที่กาบหุ้มลำไม่หลุดร่วงไป เช่น ไผ่รวก กาบหุ้มลำแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

ก) กาบ (Sheath) คือส่วนที่หุ้มรอบลำ อาจมีสภาพหนาแข็งกรอบหรือบางอ่อน มีขนคาย หรือเกลี้ยงไม่มีขน สั้นหรือยาว แตกต่างกันไปตามชนิดของไม้ไผ่ ตอนปลายกาบตรงที่ต่อกันกับใบยอดกาบ จะมีส่วนที่เรียกว่ากระจัง ตอนปลายกาบตรงที่ต่อกันกับใบยอดกาบ จะมีส่วนที่เรียกว่ากระจัง

(Ligule) กระจี่นี้อาจจะเป็นขนยาวๆ หรือสั้นๆ หรือเป็นเยื่อบางก็ได้ นอกจากนี้แล้วตรงด้านบนทั้งสองข้างของกาบ บางทีจะมีครีบหรือขนอยู่ เรียกว่าครีบกาบ (Auricle)

ข) ใบยอดกาบ (Sheath blade) ตอนปลายของกาบมีส่วนที่มีลักษณะคล้ายใบ แต่มีขนาดใหญ่ และเนื้อหนากว่า ใบยอดกาบนี้ตามปกติจะหลุดร่วงพร้อมกันกับกาบ แต่มีบางชนิดที่หลุดร่วงไปก่อน อย่างไรก็ตาม ใบยอดกาบจะมีรอยต่ออยู่กับกาบเสมอได้เชื่อมเป็นแผ่นเดียวกันโดยตลอด

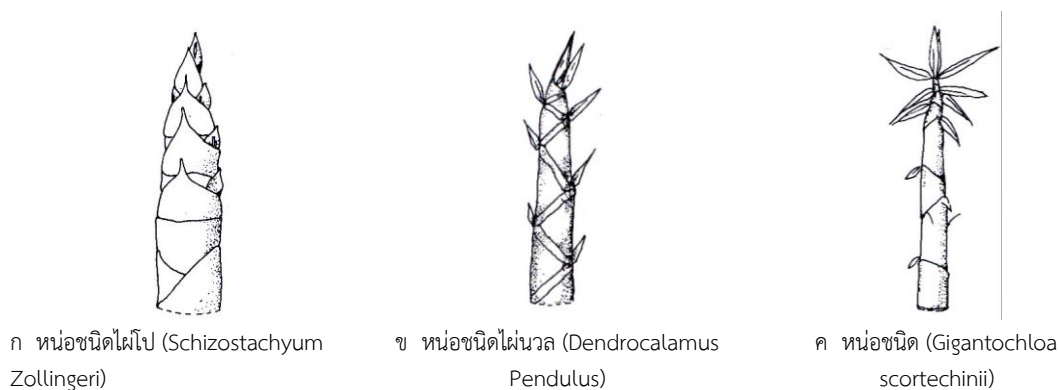


รูปที่ 2.2 ลักษณะกาบหุ้มลำ [4]

3. ดอก (Flower) ดอกไม้ไผ่มีส่วนต่างๆ จำนวน 3 เกือบทุกสกุล และเนื่องจากส่วนต่างๆ ของดอกพันธุ์ไม้จำพวกหญ้าในวงศ์เดียวกัน คือช่อดอก (Inflorescence) หนึ่ง จะมีกลุ่มดอก (Spikelet) หลายดอก และกลุ่มดอกหนึ่งก็มีดอกย่อย (Floret) ดอกเดี่ยวหรือหลายดอก ที่โคนสุดของกลุ่มดอกนั้นมักมีกลีบ (Glume) เรียกว่า กลีบหุ้มดอก ปกติมี 2 กลีบ แต่ละดอกจะมีช่วงระหว่างดอก (Rachilla) สั้นๆ เรียกว่าก้านกลีบหุ้ม (Lemma) มีขนาดใหญ่และจะหุ้มกลีบต่างๆ ของดอกไว้เกือบโดยรอบ กลีบรอง (Palea) มีจำนวน 2 กลีบดอก (Lodicule) ส่วนมากมีจำนวน 3 หรือบางทีมีเพียง 2 เท่านั้น เกสรตัวผู้ (Stamen) มีจำนวน 3 หรือ 6 ก้าน เกสรเชื่อมติดกันหรือแยกกันอยู่ อับเรณู (Anther) ตรงยอดมักพองโตหรือมีขน เกสรเมีย (Pistil) มักมีขนปกคลุม และตอนปลายอันเป็นที่ตั้งของตุ่มเกสร (Stigma) จะเป็นอันเดียวกัน หรือแยกจากกัน 2 หรือ 3 แฉก

4. ผล เป็นชนิดเนื้อนุ่มเปลือกอ่อน (Berry) หรือเนื้อแข็งเปลือกกร่อนแข็ง (Nut) หรือเนื้อแข็งเปลือกแข็งไม่ล่อน เช่นเดียวกับเมล็ดข้าวเปลือก แตกต่างกันไปตามแต่ละเผ่าพันธุ์

5. หน่อ ของไม้ไผ่แต่ละชนิดจะเป็นส่วนหนึ่งซึ่งแสดงลักษณะของกาบลำ ที่ซ้อนทับกันเป็นชั้นๆ อย่างสมบูรณ์ ทำให้หน่อของไม้ไผ่แต่ละชนิดมีรูปร่างลักษณะภายนอกที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนั้นหน่อของไม้ไผ่แต่ละชนิดยังมีสีที่แตกต่างกันออกไปดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ลักษณะของหน่อ [4]

ผลการสำรวจข้อมูลของผู้วิจัยพบว่า ไผ่หวานสามารถเป็นไผ่ที่ถูกนำหน่อมารับประทานมากที่สุดและมีการปลูกเพื่อจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ จึงเป็นเหตุทำให้เกษตรกรต้องลำบากต่อกระบวนการแปรรูปหน่อไม้สดให้ออกมาในรูปของหน่อไม้สำเร็จรูปพร้อมนำมาประกอบอาหารได้ทันที ไผ่หวานเป็นพืชชนิดหนึ่งที่ทำให้หน่อตก ดูแล่ง่าย ไม่ต้องใช้ยาหรือสารเคมีใดๆ ใช้ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยชีวภาพดีที่สุด ลักษณะโดยทั่วไป คล้าย ไผ่ลวก ลำต้นตรง เป็นไผ่ขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ลักษณะกอเป็นพุ่มแน่น ลำอ่อนมีสีเขียวใบไม้ ลำแก่จะมีสีเขียวแก่ ลำต้นมักมีลักษณะคดงอ มีการแตกกิ่งจำนวน 2-5 กิ่งตลอดลำ ลำต้นมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-5 ซม. สูงประมาณ 5-8 เมตร บริเวณเหนือข้อเล็กน้อยจะเห็นเป็นแถบวงแหวนสีขาวรอบลำชัดเจน และมีรากอากาศรอบ ๆ ข้อ ลักษณะที่สังเกตง่ายที่สุด คือ ครีบกาบทั้งสองข้างของกาบหุ้มลำจะมีขนาดไม่เท่ากัน และมีรูปทรงต่างกัน ซึ่งปกติครีบกาบของไผ่ชนิดอื่นจะมีขนาดเท่ากัน หรือเหมือนกัน ไผ่หวานมีใบขนาดกลาง สำหรับผลนั้นเป็นหน่อมีสีเขียวหนักประมาณ 200-300 กรัม พบขึ้นในป่าเบญจพรรณ ทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบมากที่สุดที่จังหวัดเลย สำหรับการขยายพันธุ์และผลิตกล้านั้น สามารถดำเนินการได้โดยการแยกเหง้าหรือเพาะเมล็ด ดินที่เหมาะสมการปลูกไผ่หวานเป็นดินร่วนปนทราย ดินลึก มีการระบายน้ำดี สำหรับความชื้นไผ่หวานเป็นพืชที่ต้องการความชุ่มชื้นมาก [5]

การดูแลรักษา ไผ่หวานเป็นพืชที่ดูแลง่าย ในช่วงแรก ต้องคอยกำจัดวัชพืช หลังจาก 1 ปี จะไม่มีวัชพืชขึ้น เนื่องจากใบของไผ่จะบังแสงแดดไม่ให้ส่องถึงพื้น อีกทั้งใบไผ่จะช่วยคลุมดินดี การให้น้ำถ้าเป็นฤดูร้อน ควรให้น้ำวันเว้นวัน โดยใช้สปริงเกอร์รดให้ทั่วบริเวณ ไม่ใช่เฉพาะโคนต้นทั้งนี้เพราะรากของไผ่จะเจริญเติบโตทั่วบริเวณ ขณะในเดือนที่ 5 – 6 ควรมีลำต้นไว้ไม่เกิน 5 ลำ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ลักษณะบริเวณโคนต้น [5]

การเก็บหน่อหลังจากปลูก 5 เดือน จะเริ่มเก็บหน่อผลผลิตวันเว้นวันหลังจากปลูก 6 เดือน จะเก็บผลผลิตได้ทุกวัน ผลผลิตประมาณ 10-20 กิโลกรัมต่อวันต่อไร่ ใช้มีดปลายแหลมตัดให้ความสูงของหน่อยาวประมาณ 35 เซนติเมตร หรือตามความต้องการของตลาด



รูปที่ 2.5 ลักษณะหน่อไม้ [5]

2.2 การออกแบบเครื่องปอกเปลือกหน่อไม้

หลังจากการศึกษาข้อมูลที่ผ่านมาผู้วิจัยได้ทำการออกแบบเครื่องปอกเปลือกหน่อไม้ โดยมีส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องดังนี้

2.2.1 โครงสร้างเครื่องปอก มีขนาดที่พอเหมาะกับผู้ใช้งานได้อย่างสะดวกและปลอดภัย ดังวงกลมหมายเลข 1 รูปที่ 2.6

2.2.2 รางเลื่อนถาดรอง ใช้สำหรับเลื่อนแท่นรองหน่อไม้ให้เข้าไปอยู่ตรงกับบริเวณแท่นดันเพื่อที่จะได้ดันหน่อไม้เข้าไปในชุดใบมีดกรีด ดังวงกลมหมายเลข 2 รูปที่ 2.6

2.2.3 แท่นรองหน่อไม้ ใช้รองหน่อไม้ที่จะทำการปอก ออกแบบให้มีขนาดที่สามารถจับยึดได้กับหน่อไม้ที่มีขนาดที่ต่างกัน ดังวงกลมหมายเลข 3 รูปที่ 2.6

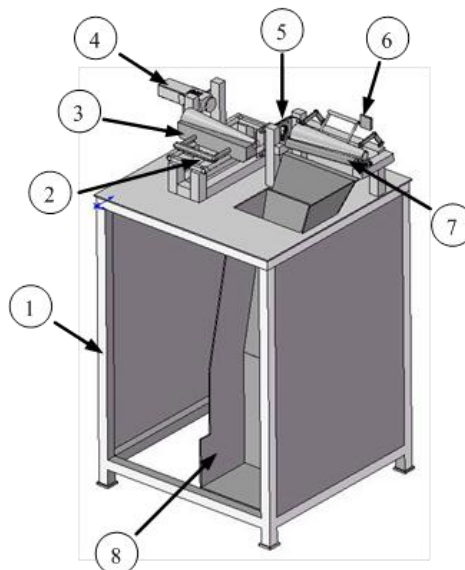
2.2.4 แท่นดัน ใช้ระบบนิวเมติกส์เข้ามาช่วยในการดันหน่อไม้ให้เข้าไปในชุดใบมีดกรีดและชุดลูกกลิ้ง เพื่อทำการตัดเฉือนเปลือกหน่อไม้ ดังวงกลมหมายเลข 4 รูปที่ 2.6

2.2.5 ชุดมีดกรีด ติดตั้งในทิศทางตามยาวของหน่อ 4 ทิศทาง ใช้สำหรับกรีดที่เปลือกของหน่อไม้ก่อน เพื่อง่ายต่อการลอกของลูกกลิ้งที่มีลักษณะเป็นพื้นเลื้อย ดังวงกลมหมายเลข 5 รูปที่ 2.6

2.2.6 ชุดก้านกด ใช้กดและประคองหน่อไม้ให้ให้อยู่บนลูกกลิ้งขณะทำการลอกเปลือก ดังวงกลม หมายเลข 6 รูปที่ 2.6

2.2.7 ลูกกลิ้ง มีลักษณะเป็นพื้นเลื้อย เพื่อใช้ในการจิกเข้าไปในเปลือกของหน่อไม้ขณะทำการหมุน ของลูกกลิ้งที่มีทิศทางการหมุนเข้าหากัน ดังวงกลมหมายเลข 7 รูปที่ 2.6

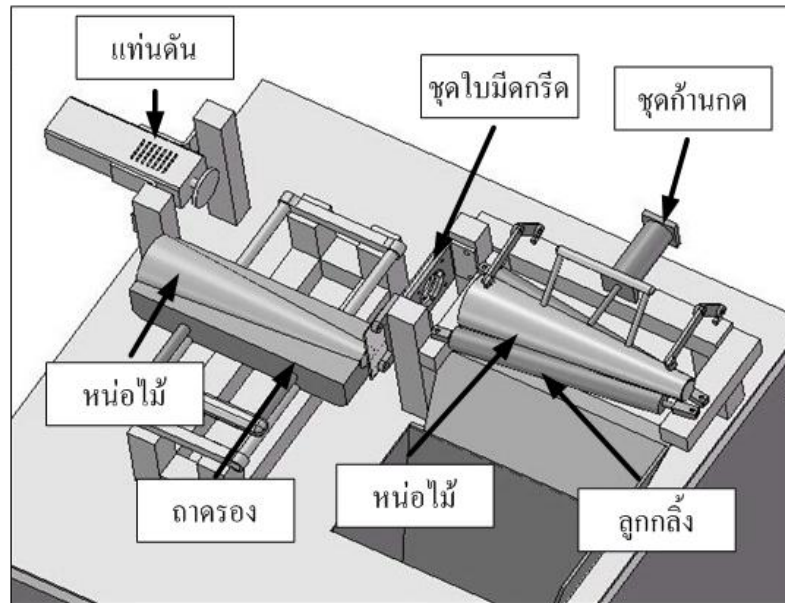
2.2.8 ถาดรอง ใช้รองรับหน่อไม้ที่ทำการลอกเสร็จเรียบร้อยแล้ว ดังวงกลมหมายเลข 8 รูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบของเครื่องลอกเปลือกหน่อไม้

ลักษณะการทำงานของเครื่องลอกเปลือกหน่อไม้

นำหน่อไม้ที่ได้เตรียมไว้พร้อมสำหรับที่จะทำการลอกมาวางใส่แท่นรองซึ่งวางด้านโคนหน่อไม้ มาในทิศด้านของแท่นดัน จากนั้นแท่นรองจะทำการจับยึดหน่อไม้ไว้เพื่อให้หน่อไม้ถูกนำเลื่อนไปอยู่ ตรงกับแท่นดันโดยมีรางเลื่อนเป็นตัวขับเคลื่อน แท่นดันจะทำงานด้วยระบบลมเพื่อที่จะดันหน่อไม้เข้าไปในชุดใบมีดกรีดและทำการตัดเฉือนบริเวณรอบๆ เปลือกของหน่อไม้ก่อนที่จะถูกดันไปวางไว้บน ลูกกลิ้งพื้นเลื้อย หลังจากทีหน่อไม้ได้ถูกกรีดที่เปลือกแล้วจะถูกส่งผ่านมาวางอยู่ด้านบนของลูกกลิ้ง เพื่อทำการจับยึดด้วยก้านกดอีกครั้งไม่ให้หน่อไม้หลุดออกจากลูกกลิ้งขนาดทำการหมุน อธิบายดังรูป ที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การทำงานในส่วนต่างๆ ของเครื่องปอกเปลือกหน่อไม้

2.3 เหล็กกล้าคาร์บอน [6]

เหล็กกล้าคาร์บอนเป็นเหล็กกล้าที่มีธาตุคาร์บอนผสมอยู่และมีธาตุอื่นๆ ปนอยู่บ้างแต่น้อย เหล็กกล้าคาร์บอนยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

2.3.1 เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steel) เป็นเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกิน 0.30% เป็นเหล็กกล้าที่อ่อน ไม่สามารถชุบแข็งได้ มีความแข็งแรงต่ำ สามารถที่จะรีดหรือตีขึ้นรูปได้ง่าย เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำบางครั้งก็เรียกว่า เหล็กกล้าละมุน (Mill Steel) เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนที่มีในเหล็กกล้าและการใช้งานมีดังนี้

- มีคาร์บอน 0.02 ถึง 0.10% ใช้ทำตะปู วัสดุงานเชื่อม รีเวต
- มีคาร์บอน 0.10 ถึง 0.20% ใช้ทำวัสดุตัดง่าย เหล็กกล้าโครงสร้าง โบลต์งานหนัก
- มีคาร์บอน 0.20 ถึง 0.30% ใช้ทำลูกเบี้ยว เฟาลูกเบี้ยว เฟาลูกเบี้ยว เฟือง เหล็กกล้าโครงสร้าง เฟลาข้อเหวี่ยง

2.3.2 เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium Carbon Steel) เป็นเหล็กที่มีคาร์บอนผสมอยู่ตั้งแต่ 0.30 ถึง 0.70% เป็นเหล็กที่มีความแข็งเพิ่มขึ้น สามารถทำการชุบแข็งได้เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนที่มีในเหล็กกล้าและการใช้งานมีดังนี้

- มีคาร์บอน 0.30 ถึง 0.40% ใช้ทำโบลต์ สกรู นอต เฟลา เหล็กกล้าแมงกานีสตัดง่าย ชิ้นส่วนเครื่องจักร
- มีคาร์บอน 0.40 ถึง 0.50% ใช้ทำชิ้นงานที่สามารถปรับปรุงคุณภาพได้ เฟลา โบลต์ เฟาลูกเบี้ยว สัตต เฟือง
- มีคาร์บอน 0.50 ถึง 0.60% ใช้ทำเฟืองชุบแข็งในน้ำมัน
- มีคาร์บอน 0.60 ถึง 0.70% ใช้ทำแวนล้อค ไชควง เหล็กเครื่องมือคาร์บอนปานกลาง

2.3.3 เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High Carbon Steel) เป็นเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนผสมอยู่ตั้งแต่ 0.70 ถึง 1.40% เป็นเหล็กกล้าที่มีความแข็ง มีความแข็งแรง สามารถ ทำการอบชุบเปลี่ยนแปลงสมบัติต่างๆ ได้กว้างขวาง ใช้ผลิตชิ้นส่วนเครื่องมือ เครื่องจักรกล และเครื่องใช้ ที่ต้องการความคงทนต่อการสึกหรอ และทนความร้อนได้ดี เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนที่มีในเหล็กกล้าและการใช้งานมีดังนี้

- มีคาร์บอน 0.70 ถึง 0.80% ใช้ทำประแจ เลื่อยมือ ค้อน
- มีคาร์บอน 0.80 ถึง 0.90% ใช้ทำเหล็กกล้าเครื่องมือการเกษตร มีด เหล็กกล้าสปริง สกัดใบมีดตัดเฉือน ดอกสว่านเจาะหิน

- มีคาร์บอน 0.90 ถึง 1.00% ใช้ทำสปริง มีด ตัวตัดเกลียวนอก
- มีคาร์บอน 1.00 ถึง 1.10% ใช้ทำลูกปืน ดอกสว่าน มีดตัด ตัวตัดเกลียวใน
- มีคาร์บอน 1.10 ถึง 1.20% ใช้ทำมีดตัด
- มีคาร์บอน 1.20 ถึง 1.30% ใช้ทำตะไบ มีดตัด
- มีคาร์บอน 1.30 ถึง 1.40% ใช้ทำใบเลื่อย เครื่องมือ

นอกจากนั้นได้มีกำหนดระบบการแบ่งกลุ่มเหล็กกล้าคาร์บอนตามสถาบันเหล็กและเหล็กกล้าของอเมริกา โดยกำหนดตัวเลข 4 ตัว เช่น 10XX เลข 10 หมายถึงเหล็กกล้าคาร์บอน ขณะที่ตัวเลขสองตัวสุดท้าย XX หมายถึง ปริมาณคาร์บอนที่อยู่ในเหล็กกล้าคาร์บอน ตัวอย่างของเหล็กกล้าคาร์บอน เช่น 1020 มีปริมาณคาร์บอน 0.2% ตัวอย่างของเหล็กกล้าคาร์บอนแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 2.1 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าตาม AISI และ ASME [6]

AISI-SAE Number	% C	% Mn	% Si	% Ni	% Cr	Others
1020	0.18–0.23	0.30–0.60				
1040	0.37–0.44	0.60–0.90				
1060	0.55–0.65	0.60–0.90				
1080	0.75–0.88	0.60–0.90				
1095	0.90–1.03	0.30–0.50				
1140	0.37–0.44	0.70–1.00				0.08–0.13% S
4140	0.38–0.43	0.75–1.00	0.15–0.30		0.80–1.10	0.15–0.25% Mo
4340	0.38–0.43	0.60–0.80	0.15–0.30	1.65–2.00	0.70–0.90	0.20–0.300% Mo
4620	0.17–0.22	0.45–0.65	0.15–0.30	1.65–2.00		0.20–0.30% Mo
52100	0.98–1.10	0.25–0.45	0.15–0.30		1.30–1.60	
8620	0.18–0.23	0.70–0.90	0.15–0.30	0.40–0.70	0.40–0.60	0.15–0.25% Y
9260	0.56–0.64	0.75–1.00	1.80–2.20			

มาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่นกำหนดให้เหล็กกล้าคาร์บอนสำหรับโครงสร้างเครื่องจักรซึ่งผลิตจากการขึ้นรูปร้อน เช่น การรีดร้อน หรือการตีขึ้นรูปร้อน หลังจากนั้นไปทำการตัด การขึ้นรูป และการปรับปรุงสมบัติด้วยความร้อน เรียกลักษณะนี้ว่าเหล็กกล้า เหล็กกล้าแบ่งกลุ่มออกเป็น 22 กลุ่ม และมีสัญลักษณ์ดังแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ส่วนผสมจากเป้าหมาย สารมลทินต่างๆ เช่น Cu Ni Cr Ni+Cr สำหรับกลุ่ม S09CK S15CK S20CK มีปริมาณไม่เกิน 0.25% 0.20% 0.30% และ Cu Ni Cr และ Ni+Cr สำหรับกลุ่มอื่นๆ ไม่ควรเกิน 0.30% 0.20% 0.20% และ 0.35% เหล็กกล้า 3 กลุ่ม คือ S09SK S15K และ S20CK ใช้สำหรับจุดมุ่งหมายในการทำชุบผิวแข็ง

ด้วยคาร์บอน (Case hardening) เหล็กกล้าควรทำการผลิตจากแท่งอินกอตเหล็กกล้าคิล (Killed steel ingot) และทำการรีดหรือตีขึ้นรูปจากแท่งอินกอตที่อัตราส่วนการตีขึ้นรูปไม่น้อยกว่า 4S [7]

ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์และส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้ามาตรฐาน JIS G4051 [7]

สัญลักษณ์	ส่วนผสมทางเคมี (% โดยน้ำหนัก)				
	C	Si	Mn	P	S
S 10C	0.08-0.13	0.15-0.35	0.30-0.60	0.030 max.	0.035 max.
S 12C	0.10-0.15	0.15-0.35	0.30-0.60	0.030 max.	0.035 max.
S 15C	0.13-0.18	0.15-0.35	0.30-0.60	0.030 max.	0.035 max.
S 17C	0.15-0.20	0.15-0.35	0.30-0.60	0.030 max.	0.035 max.
S 20C	0.18-0.23	0.15-0.35	0.30-0.60	0.030 max.	0.035 max.
S 22C	0.20-0.25	0.15-0.35	0.30-0.60	0.030 max.	0.035 max.
S 25C	0.22-0.28	0.15-0.35	0.30-0.60	0.030 max.	0.035 max.
S 28C	0.25-0.31	0.15-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.
S 30C	0.27-0.33	0.15-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.
S 33C	0.30-0.36	0.15-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.
S 35C	0.32-0.38	0.15-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.
S 38C	0.35-0.41	0.15-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.
S 40C	0.37-0.43	0.15-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.
S 43C	0.40-0.46	0.15-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.
S 45C	0.42-0.48	0.15-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.
S 48C	0.45-0.51	0.15-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.
S 50C	0.47-0.53	0.15-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.
S 53C	0.50-0.56	0.15-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.
S 55C	0.52-0.53	0.15-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.
S 58C	0.55-0.61	0.15-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.
S 09C K	0.07-0.12	0.10-0.35	0.30-0.60	0.025 max.	0.025 max.
S 15C K	0.13-0.18	0.15-0.35	0.30-0.60	0.025 max.	0.025 max.

2.4 เหล็กกล้าไร้สนิม

เหล็กกล้าไร้สนิม เป็นเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำ (น้อยกว่า 2%) มีส่วนผสมของโครเมียมอย่างน้อย 10.5% เมื่อนักวิทยาศาสตร์พบว่าการเติมนิเกิล โมลิบดีนัม ไททาเนียม ไนโอเนียม หรือโลหะอื่นแตกต่างกันไปตามชนิดของสมบัติเชิงกลและการใช้ลงในเหล็กกล้าธรรมดา ทำให้เหล็กกล้ามีความต้านทานการเกิดสนิมได้ [8] จุดประสงค์หลักในการเติมโครเมียม เพื่อป้องกันการเกิดการกัดกร่อน (Corrosion) ในเหล็กกล้า โครเมียมในเหล็กกล้าจะก่อให้เกิดฟิล์มบางๆ ของโครเมียม

ออกไซด์ (Cr_2O_3) เคลือบที่ผิวป้องกันไม่ให้ออกซิเจนสัมผัสกับผิวหน้าของเหล็กจึงไม่เกิดการกัดกร่อนขึ้น นอกจากนั้นจากการเติมโครเมียมสูงทำให้ความแข็งแรงและความเหนียวเนื่องจากแรงดึงขึ้น ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2.3 ส่วนผสมทางเคมีและกลสมบัติของเหล็กกล้าไร้สนิม [8]

ชนิด	ส่วนผสมทางเคมี(%)					ความแข็งแรงสูงสุด (MPa)	%การยืดตัว
	Cr	Ni	C	Mn	อื่นๆ		
เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก							
301	17.0	7.0	0.15	2.0	-	620	40
302	18.0	8.0	0.15	2.0	-	515	40
304	18.0	8.0	0.08	2.0	-	515	4
309	23.0	13.0	0.15		-	515	
316	17.0	12.0	0.08	2.0	2.5	515	
เหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติก							
405	13.0	-	0.08	1	-	415	20
430	17.0	-	0.12	1	-	415	20
เหล็กกล้าไร้สนิมมาเทนเชดิก							
403	12	-	0.15	1	-	485	20
เหล็กกล้าไร้สนิมมาเทนเชดิก							
403 ^b	12	-	0.15	1	-	825	12
416	13	-	0.15	1	-	485	20
416 ^b	13	-	0.15	1	-	965	10
440	17	-	0.65	1	-	725	20

หมายเหตุ^b คือ การอบชุบด้วยความร้อน

2.4.1) ประเภทของโลหะผสม

- เบอร์ 304 เป็นเหล็กกล้าไร้สนิมพื้นฐานที่ใช้ในการตกแต่งเพื่อความสวยงาม เหล็กกล้าไร้สนิมชนิดนี้ง่ายต่อการขึ้นรูปและป้องกันการเกิดสนิมได้เป็นอย่างดี
- เบอร์ 304L เป็นเหล็กกล้าไร้สนิมเบอร์ 304 ที่ใช้คาร์บอนเป็นส่วนประกอบน้อยลงมาใช้ในการเชื่อมอย่างกว้างขวาง
- เบอร์ 316 เป็นเหล็กกล้าไร้สนิมที่ถูกออกแบบให้มาป้องกันการเกิดสนิมได้เป็นอย่างดีถูกใช้ในงานอุตสาหกรรมหนักและสถานที่ใกล้ทะเล
- เบอร์ 316L เป็นเหล็กกล้าไร้สนิมเบอร์ 316 ที่มีส่วนประกอบของคาร์บอนน้อย
- เบอร์ 430 เป็นเหล็กกล้าไร้สนิมที่ใช้โครเมียมเป็นส่วนประกอบ 100% และมีโอกาสเกิดสนิมน้อยกว่าเบอร์ 300 พวกนี้นิยมใช้ตกแต่งภายใน [9]

2.4.2) สมบัติทางกายภาพ

- สมบัติทางกายภาพของเหล็กกล้าไร้สนิม เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุประเภทอื่น ในส่วนของสมบัติเกี่ยวกับความร้อนความสามารถทนความร้อนของเหล็กกล้าไร้สนิม มีข้อสังเกต 3 ประการคือ
- การที่มีจุดหลอมเหลวสูง ทำให้มีอัตราความคืบดี เมื่อเทียบกับเซรามิกที่อุณหภูมิต่ำกว่า 1000 องศาเซลเซียส
- การที่มีค่านำความร้อนระดับปานกลาง ทำให้เหล็กกล้าไร้สนิมเหมาะที่จะใช้ในงานที่ต้องทนความร้อน (คอนเทนเนอร์) หรือต้องการสมบัตินำความร้อนได้ดี (เครื่องถ่ายเทความร้อน)
- การมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวระดับปานกลาง จึงสามารถใช้ความยาวมากๆได้โดยใช้ตัวเชื่อมร้อย (เช่น ในการทำหลังคา) [9]

2.4.3) สมบัติเชิงกล

เหล็กกล้าไร้สนิมโดยทั่วไปจะมีส่วนผสมของเหล็กประมาณ 70-80% จึงทำให้มีสมบัติของเหล็กที่สำคัญ 2 ประการคือ ความแข็งและความแกร่ง จะเห็นว่าพลาสติกซึ่งเป็นวัสดุที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางมีความแข็งแรง และโมดูลัส ความยืดหยุ่นต่ำ ส่วนเซรามิกมีความแข็งแรงและความเหนียวสูงแต่มีความแกร่งหรือความสามารถรับแรงกระแทกโดยไม่แตกหักต่ำ เหล็กกล้าไร้สนิมให้ค่าที่เป็นกลางของทั้งความแข็ง ความแกร่ง และความเหนียว เนื่องจากมีส่วนผสมของธาตุเหล็กอยู่มาก

โลหะทุกชนิดทั่วไปจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นฟิล์มออกไซด์บนผิวโลหะหรือออกไซด์ที่เกิดบนผิวเหล็กทั่วไปจะทำปฏิกิริยาออกซิไดซ์และทำให้เกิดสภาพพื้นผิวเหล็กผุกร่อนที่เราเรียกว่า เป็นสนิม แต่เหล็กกล้าไร้สนิม มีโครเมียมผสมอยู่ 10.5% ขึ้นไป ทำให้สมบัติของฟิล์มออกไซด์บนพื้นผิวเปลี่ยนแปลงไปกลายเป็นฟิล์มปกป้อง หรือพาสซีฟเลเยอร์ (Passive Layer) ที่เหมือนเกราะป้องกันการกัดกร่อน ซึ่งปรากฏการณ์นี้เรียกว่า พาสซีวิตี (Passivity) ฟิล์มปกป้องนี้จะมีขนาดบางมาก (สำหรับแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมบางขนาด 1 มม. ฟิล์มหรือพาสซีฟ เลเยอร์นี้ จะมีความบางเทียบเท่ากับวาทะดาศ 1 แผ่น บนตึกสูง 20 ชั้น) และมองตาเปล่าไม่เห็นฟิล์มนี้จะเกาะติดแน่น และทำหน้าที่ปกป้องเหล็กกล้าไร้สนิม จากการกัดกร่อนทั้งมวลหากนำไปผลิตแปรรูปหรือใช้งานในสภาพเหมาะสม เมื่อเกิดมีการขีดข่วน ฟิล์มปกป้องนี้จะสร้างขึ้นใหม่ได้เองตลอดเวลา

ความคงทนของพาสซีฟเลเยอร์ เป็นปัจจัยหลักของความต้านทานการกัดกร่อนของเหล็กกล้าไร้สนิม นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาพการกัดกร่อนอันได้แก่ ความรุนแรง ของปฏิกิริยาออกซิไดซ์ ความเป็นกรดปริมาณสารละลายคลอไรด์ และอุณหภูมิ โดยทั่วไปแล้วการเพิ่มปริมาณ โครเมียมจะช่วยให้เพิ่มความต้านทาน การกัดกร่อนของเหล็กกล้าไร้สนิม การเติมนิเกิลจะช่วยให้เพิ่มความต้านทานการกัดกร่อนโดยทั่วไป ให้ทนสภาวะกัดกร่อนรุนแรงได้ส่วนโมลิบดีนัมจะช่วยให้เพิ่มความต้านทานการกัดกร่อนเฉพาะที่ เช่นการกัดกร่อนแบบรูเข็ม (Pitting Corrosion) [9]

2.5 มอเตอร์ (Motor) [10]

เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ประกอบด้วยขดลวดที่พันรอบแกนโลหะที่วางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก โดยเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดที่อยู่ระหว่างขั้ว แม่เหล็ก จะทำให้ขดลวดหมุนไปรอบแกน และเมื่อสลับขั้วไฟฟ้า การหมุนของขดลวดจะหมุนกลับทิศทางเดิม มอเตอร์ มี 2 ประเภท คือ

2.5.1 มอเตอร์กระแสตรง (DC) เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้ ไฟฟ้ากระแสตรงผ่านเข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์ เพื่อทำให้เกิดการดูดและผลักกันของแม่เหล็กถาวรกับแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากขดลวด มอเตอร์จึงหมุนได้ ข้อดีของมอเตอร์กระแสตรง คือ

- ก) การควบคุมแรงบิดหรือความเร็วทำได้ง่ายและดีมาก
- ข) มีผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง (Response) ได้รวดเร็ว
- ค) การปรับความเร็วสามารถทำได้ในช่วงกว้าง

2.5.2 มอเตอร์เกียร์

การใช้งานมอเตอร์เกียร์นั้น มีหลักการง่าย ๆ ก็คือการแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกลนั่นเอง อุปกรณ์หลักก็คือมอเตอร์ที่รับพลังงานไฟฟ้า (อาจจะเป็นไฟกระแสตรง, กระแสสลับ เฟสเดียว หรือสามเฟสก็ได้) แล้วทำการเปลี่ยนรูปพลังงานจากไฟฟ้าที่สเตเตอร์ (Stator) มาเป็นพลังงานกลในรูปของการหมุนของแกนมอเตอร์ (Rotor) เรียกกระบวนการนี้ว่า Electro-mechanical energy conversion โดยความเร็วของการหมุนของแกนมอเตอร์จะถูกกำหนดโดย ความถี่ของกระแสไฟฟ้า (Hz) และจำนวนขั้วของมอเตอร์ (Poles) เช่นมอเตอร์ 2 Poles จะมีความเร็วประมาณ 2800 รอบต่อนาที (หน่วยรอบต่อนาทีนี้ ต่อไปจะใช้สัญลักษณ์ว่า RPM ซึ่งย่อมาจาก Revolute per minute) มอเตอร์ 4 Poles จะมีความเร็วรอบประมาณ 1400 RPM จะเห็นได้ว่าความเร็วรอบของมอเตอร์นั้นมีค่าสูงมาก สูงเกินกว่าที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานได้โดยตรงในหลาย ๆ กรณี นอกจากความเร็วรอบที่ออกมาจากมอเตอร์จะมีความเร็วสูงมากแล้ว แรงบิดจากมอเตอร์ก็มีค่าน้อยเกินกว่าที่จะนำไปใช้งานได้ ทำงานของมอเตอร์เกียร์คือเป็นตัวลดความเร็วของความเร็วรอบที่ออก และเพิ่มแรงบิดให้เหมาะสมกับการใช้งานนั่นเอง ภารกิจของมอเตอร์และข้อพิจารณาในเชิงกลเบื้องต้น ภารกิจของมอเตอร์ได้แก่ ปริมาณ ภาระหรือโหลด และปริมาณทอร์กที่ต้องใช้ทำงาน ลักษณะอื่นๆ ที่สำคัญต่อภารกิจของมอเตอร์ได้แก่ สภาพของมอเตอร์ว่าติดตั้งใช้งาน ณ ตำแหน่งใด อุณหภูมิบริเวณงานเป็นเท่าใดเป็นเท่าใดลักษณะติดตั้ง มอเตอร์ แนวตั้งหรือนอน และมอเตอร์นั้นๆ มีกราฟแสดงสมรรถนะภาระ ความเร็วรอบ เป็นอย่างไร มอเตอร์ที่เลือกใช้งาน เหมาะสมกับภารกิจ และลักษณะอื่นๆ ที่จำเป็นด้วยดังกล่าว ภารกิจของมอเตอร์ ที่สำคัญจะอธิบายพอสังเขปได้ดังนี้ ภารกิจมอเตอร์หมายถึง จำนวนกำลังของมอเตอร์ ตัวนั้นจะสามารถให้กำลังขับได้ กล่าวคือมอเตอร์จะสามารถให้กำลังขับที่เพียงพอกับงาน เรียกว่า กำลังเพลลา ข้อนี้เป็นสิ่งสำคัญประการแรก แต่แท้จริงความสามารถประการที่สองในการขับภาระนั้นคือ ทอร์กและทอร์กกำลัง นั้นเกี่ยวข้องกัน

สูตรหาและกำลังของมอเตอร์

$$T = (9.55 \times P)/\text{rpm} \quad (1)$$

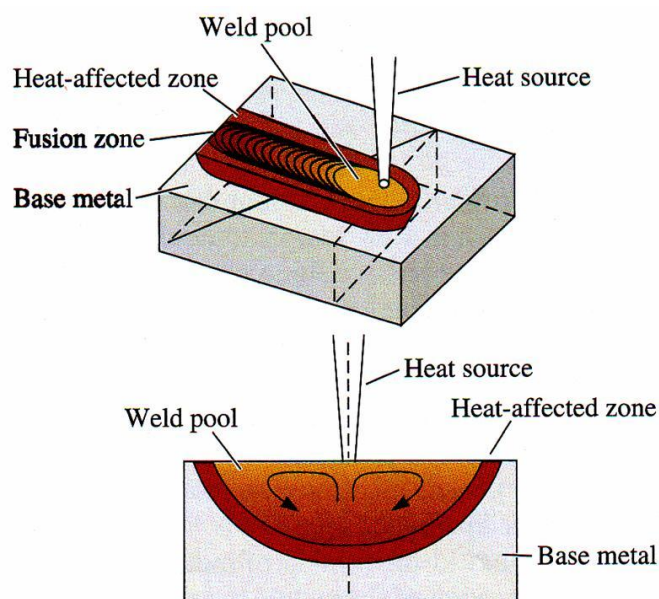
เราสามารถแปลงจากแรงบิดมาเป็นน้ำหนักที่มอเตอร์สามารถหุดได้จากสูตร

$$F = (\text{torque}/9.8) \times r \quad (2)$$

r = รัศมีของ พูลเลย์ หรือ เฟืองที่สวมที่เพลลา motor หน่วย เมตร

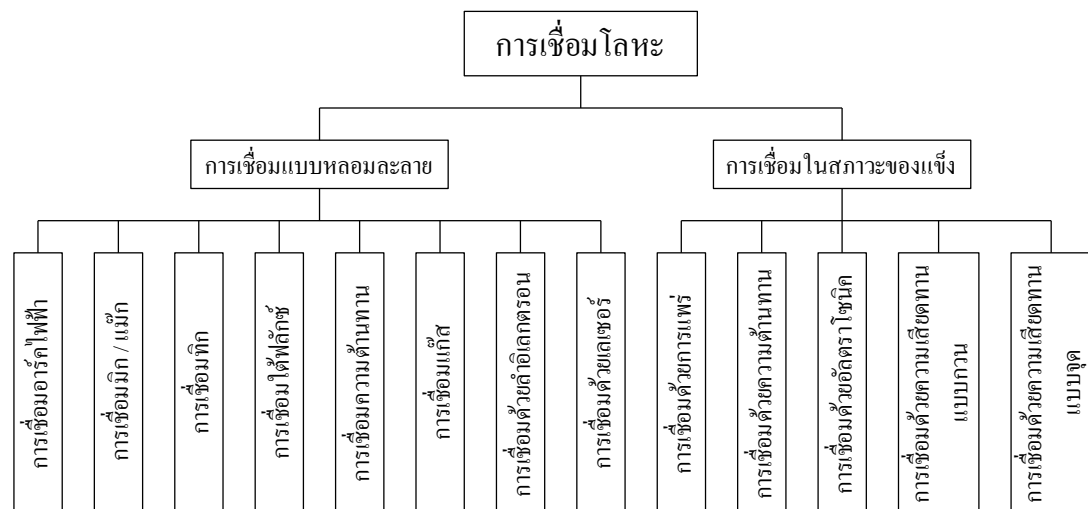
2.6 การเชื่อม [11]

การเชื่อมโลหะ คือ การต่อชิ้นโลหะเข้าด้วยกันโดยอาศัยความร้อนในการหลอมละลายรอยต่อระหว่างโลหะสองชิ้นให้หลอมละลายเข้าด้วยกันและเปลี่ยนเป็นโลหะชิ้นเดียวกัน โดยขณะที่โลหะที่บริเวณรอยต่อเกิดการหลอมละลายเข้าด้วยกันนั้น อาจเติมโลหะผสมบางตัวในลักษณะที่เรียกว่าลวดเชื่อม (Filler metal) ลงไปเพื่อปรับปรุงสมบัติบางตัวในแนวเชื่อมให้ดีขึ้น ตัวอย่างการเชื่อมโลหะอย่างง่ายแสดงในรูปที่ 2.8 ความร้อนจากแหล่งจ่ายความร้อน (Heat source) ถูกส่งผ่านไปทั้งบริเวณรอยต่อระหว่างโลหะสองแผ่น (Base metals) ทำให้เกิดการหลอมละลายรวมกันที่บริเวณบ่อเชื่อม (Weld pool) และเมื่อเคลื่อนที่แหล่งให้ความร้อนไปตามแนวรอยต่อ จะทำให้เกิดแนวเชื่อมขึ้น โดยบริเวณบ่อเชื่อมหรือพื้นที่หลอมละลาย (Fusion zone) นี้ จะก่อให้เกิดการแข็งตัวเป็นแนวเชื่อมที่มีโครงสร้างแตกต่างจากโลหะหลัก (Base metal) ในการเชื่อมพื้นที่สำคัญอีกพื้นที่ที่มีความสำคัญ คือ พื้นที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อน (Heat affected zone) พื้นที่นี้อยู่ถัดออกไปจากพื้นที่การหลอมละลาย เป็นพื้นที่ๆ ไม่มีการหลอมละลาย แต่ความร้อนที่เกิดจากพื้นที่หลอมละลายทำให้โครงสร้างบริเวณนี้เกิดการเปลี่ยนแปลง และส่งผลทำให้สมบัติของโลหะเปลี่ยนแปลงไป



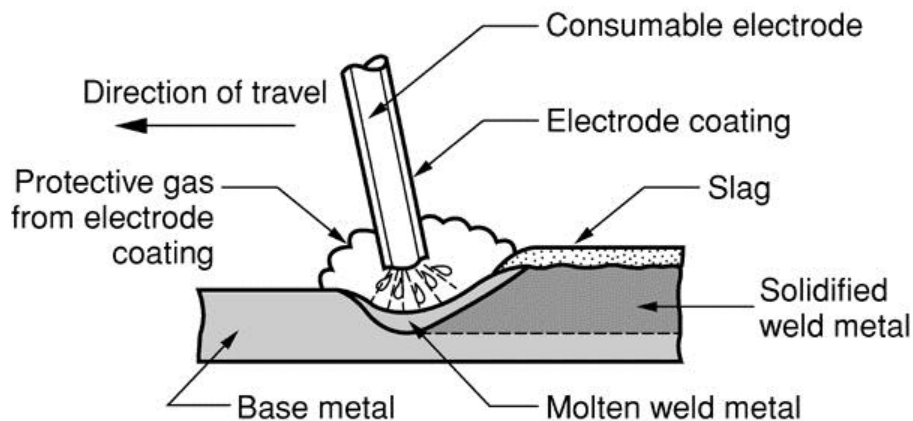
รูปที่ 2.8 หลักการพื้นฐานในการเชื่อมโลหะ [11]

เทคโนโลยีการเชื่อมในปัจจุบันได้แบ่งการเชื่อมออกเป็น 2 กลุ่ม ดังแสดงในรูปที่ 2.9 คือ การเชื่อมแบบหลอมละลาย (Fusion welding) และการเชื่อมในสถานะของแข็ง (Solid state welding) การเชื่อมแบบหลอมละลาย หรือบางครั้งเรียกว่า การเชื่อมหลอมละลายแบบดั้งเดิม (Conventional fusion welding) ความหมายของการเชื่อมแบบหลอมละลายนี้มีลักษณะเดียวกันดังอธิบายในรูปที่ 2.8 การเชื่อมหลอมละลายสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายวิธี ขณะที่การเชื่อมในสถานะของแข็ง คือ การเชื่อมในสภาวะที่โลหะหลักไม่เกิดการหลอมละลาย แต่อาศัยความร้อนที่เกิดจากแรงทางกลทำให้โลหะเกิดการเชื่อมประสานกัน



รูปที่ 2.9 รูปแบบของกระบวนการเชื่อม [11]

2.6.1 การเชื่อมอาร์กลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (Shielded Metal Arc Welding) กล่าวคือ สมมติให้ลวดเชื่อม (Consumable electrode) และชิ้นงาน (Base metal) ต่อเข้ากับเครื่องเชื่อม ทำให้ชิ้นงานและลวดเชื่อมแสดงตัวเป็นขั้วบวกและลบ เมื่อลวดเชื่อมเคลื่อนที่เข้ามาใกล้ชิ้นงานในระยะที่เหมาะสม ทำให้เกิดการถ่ายเทอิเล็กตรอนระหว่างลวดเชื่อมและชิ้นงาน และกระแสไฟฟ้าไหลผ่านช่องว่างเล็กๆ ขึ้น ลักษณะนี้เรียกว่าเกิดการอาร์ก (Arc) การอาร์กที่เกิดขึ้นส่งผลทำให้เกิดความร้อนสะสมที่ชิ้นงานและลวดเชื่อม จนถึงระยะเวลาหนึ่งทำให้เกิดการหลอมละลาย โลหะที่อยู่ในแกนกลางของลวดเชื่อมหล่นเข้าเติมในชิ้นงานส่วนหลอมละลาย (Molten weld metal) ทำให้เกิดแนวเชื่อมขึ้น โดยทั่วไปลวดเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมชิ้นงานนี้มีโลหะผงพอกหุ้มรอบๆ แกนเหล็ก สารพอกหุ้มนี้คือผงโลหะวิทยาที่ต้องการเติมเพื่อปรับปรุงสมบัติของโลหะเชื่อมตามต้องการ และขณะเดียวกันมีส่วนผสมของสารทำให้เกิดแก๊สปกคลุมไม่ให้โลหะหลอมเหลวทำปฏิกิริยากับบรรยากาศภายนอก เมื่อทำการเคลื่อนลวดเชื่อมไปในทิศทางที่ที่กำหนด (Direction of travel) ทำให้เกิดแนวเชื่อมขึ้น ขณะที่สารพอกหุ้มและสารทำให้เกิดแก๊สปกคลุมแนวเชื่อมบางส่วนจะทำปฏิกิริยากับมลทินในปอหลอมละลาย และลอยขึ้นสู่ผิวหน้าของแนวเชื่อม เรียกว่า ขี้ตะกรัน (Slag) และปกคลุมแนวเชื่อมจนกว่าจะทำการกำจัดออก ทำให้ได้แนวเชื่อมโลหะตามต้องการ



รูปที่ 2.10 การเชื่อมอาร์กสวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ [8]

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัทมมานีย์ วงษ์คำจันทร์ [12] ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพของหน่อไม้ และออกแบบสร้างเครื่องฝานหน่อไม้ ทดสอบและประเมินผลและศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของหน่อไม้ขนาดของหน่อไม้ที่ปอกเปลือกแล้ว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ส่วนโคน ส่วนกลาง ส่วนปลาย 37.08 31.12 และ 14.53 มิลลิเมตร ตามลำดับ ความยาว 30 เซนติเมตร น้ำหนัก 224.46 กรัม และน้ำหนักเปลือกของหน่อไม้ 142.87 กรัม ตามลำดับ ส่วนหน่อไม้ที่ยังไม่ปอกเปลือกพบว่า มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ส่วนโคน ส่วนกลาง ส่วนปลาย 40.14 32.66 และ 19.53 มิลลิเมตร ความยาว 47.30 เซนติเมตร น้ำหนัก 366.74 กิโลกรัม ตามลำดับ เครื่องฝานหน่อไม้ มีขนาดเท่ากับ 50 x 70 เซนติเมตร ทำงานโดยใช้มอเตอร์ขนาด 746 วัตต์ ความเร็วรอบ 1450 รอบต่อนาที เพื่อขับล้อสายพานที่ความเร็วรอบ 70 100 และ 200 รอบต่อนาที ความสามารถในการทำงานเปรียบเทียบกับความเร็วรอบ 70 100 และ 200 รอบต่อนาที และ ที่ระยะความสูงของใบมีดที่ 1.3 2.1 และ 3.1 มิลลิเมตร พบว่า เครื่องฝานหน่อไม้ สูงสุดอยู่ที่ระดับความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ที่ระยะความสูง 2.1 มิลลิเมตร ได้ความหนาของหน่อไม้ 2.04 มิลลิเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับความหนาที่เกษตรกรต้องการคือ 2.00 มิลลิเมตร