

## 1. บทนำ

### 1.1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

เครื่องครัวและภาชนะสำหรับปรุงอาหารในปัจจุบันนิยมที่จะผลิตมาจากสแตนเลสมากขึ้น กระบวนการผลิตภาชนะดังกล่าวมีความจำเป็นที่จะต้องทำการขึ้นรูป และประกอบให้เกิดเป็นรูปร่างภาชนะตามที่ต้องการ หนึ่งในกระบวนการประกอบคือการบัดกรี (Soldering) ซึ่งเป็นกระบวนการทำให้วัสดุยึดติดกันผ่านตัวประสาน ในประเทศไทยตัวประสานที่นิยมใช้จะมีสารตะกั่วเป็นส่วนประกอบ จึงก่อให้เกิดความเสี่ยงในการมีตะกั่วปนเปื้อนในภาชนะดังกล่าว ดังที่เป็นข่าวอยู่ในสื่อต่าง ๆ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสาธารณสุขของคนไทย

เพื่อเป็นการป้องกันปัญหาสารตะกั่วปนเปื้อน ทางศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) [1] จึงได้ทำการวิจัยเพื่อคิดค้นกระบวนการผลิตใหม่โดยไม่ใช้ตัวประสานที่มีสารตะกั่วเป็นส่วนประกอบ กระบวนการดังกล่าวคือกระบวนการเชื่อมทิกหรือเชื่อมอาร์กอน (GTAW) ซึ่งเป็นกระบวนการที่หลอมเนื้อวัสดุเข้าด้วยกัน โดยกระบวนการเชื่อมโดยไม่จำเป็นต้องใช้ตัวประสาน แต่อาจจะใช้โลหะป้อนเติม (Filler Metal) เพื่อเติมบริเวณรอยเชื่อมแทน

อย่างไรก็ตามกระบวนการเชื่อม โดยเฉพาะการเชื่อมสแตนเลสและโลหะนอกกลุ่มเหล็ก จะก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ทำการเชื่อมหรือช่างเชื่อม รวมทั้งบุคคลที่อยู่ในบริเวณรอบข้าง [2-4] กระบวนการเชื่อมสามารถปล่อยโลหะอันตรายอย่างน้อยถึง 13 ชนิดด้วยกัน [5] เช่น Mn, Be, Cd, Cr, Co, Pb, Fe, Mo, Ni ฯลฯ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นอันตรายต่อช่างเชื่อมอย่างยิ่ง

นอกจากนี้ กระบวนการเชื่อมยังส่งผลให้เกิดสนิมเกิดขึ้นรอบข้างของรอยเชื่อม เนื่องจากความร้อนเข้า (Heat Input) ที่ให้แก่ชิ้นงานสูง เพื่อที่จะสามารถหลอมชิ้นงานให้เป็นติดกันได้ ซึ่งเหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้ง่าย โดยเฉพาะการเชื่อมสแตนเลส ทั้งนี้เนื่องมาจากการสูญเสียธาตุโครเมียม (Chromium; Cr) ผ่านปฏิกิริยาทางโลหะวิทยา (Metallurgical Reaction) สนิมที่เกิดขึ้นดังกล่าวจึงอาจจะเป็นบริเวณให้เกิดการตกค้างและสะสมแบคทีเรียซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ต่อไป

หากพิจารณาถึงความเสี่ยงจากกระบวนการข้างต้นแล้ว จะเห็นได้ว่ามีความเสี่ยงที่สูงเช่นเดียวกับกระบวนการบัดกรีด้วยตัวประสานที่มีสารตะกั่ว ดังนั้นหากสามารถทำการบัดกรีด้วยตัวประสานอื่น ๆ ที่ไร้สารตะกั่วได้ ก็จะส่งเสริมให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นทั้งกับช่างเชื่อมเองและผู้บริโภค เนื่องมาจากการลดความร้อนที่ให้กับชิ้นงานซึ่งจะมีประโยชน์ต่อช่างเชื่อม และร่วมกับการใช้ตัวประสานที่ไร้สารตะกั่ว ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงของการปนเปื้อนสารตะกั่วแก่ผู้บริโภค

ด้วยเหตุผลข้างต้น งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการเปรียบเทียบกระบวนการผลิตระหว่างการเชื่อมทิกและการบัดกรีด้วยตัวประสานไร้สารตะกั่ว ในแง่ของการความแข็งแรงในการรับแรงดึง และความสามารถในการต้านทานการกัดกร่อนเพื่ออายุใช้งานที่ยาวนาน ของภาชนะและเครื่องครัวสแตนเลสที่ผลิตขึ้น ทั้งนี้ผลการวิจัยช่วยในการสร้างทางเลือกให้แก่ผู้ผลิตในการผลิตสินค้า และผู้บริโภคในการเลือกซื้อสินค้าที่ปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

## 1.2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1.2.1. เพื่อศึกษากระบวนการผลิตเครื่องครัวสแตนเลส
- 1.2.2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการบัดกรีเครื่องครัวสแตนเลสด้วยตัวประสานไร้สารตะกั่ว
- 1.2.3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านทานการกัดกร่อนของชิ้นงานที่ผลิตโดยกระบวนการเชื่อมทิก และกระบวนการบัดกรีด้วยตัวประสานไร้สารตะกั่ว
- 1.2.4. เพื่อเสนอทางเลือกสำหรับกระบวนการผลิตเครื่องครัวสแตนเลส
- 1.2.5. เพื่อเป็นการส่งเสริมสาธารณสุขและความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

## 1.3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1.3.1. การศึกษากระบวนการประกอบเครื่องครัวสแตนเลส
- 1.3.2. ศึกษาเฉพาะกระบวนการเชื่อมทิก และกระบวนการบัดกรีด้วยตัวประสานไร้สารตะกั่วเท่านั้น
- 1.3.3. ศึกษาคุณสมบัติด้านทานการกัดกร่อนของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการผลิตข้างต้น
- 1.3.4. ศึกษาคุณสมบัติด้านทานแรงดึงของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการผลิตข้างต้น

## 1.4. ทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

กระบวนการเชื่อมประสาน เป็นกระบวนการที่นำความร้อนเข้าสู่ชิ้นงานในปริมาณมาก ทำให้เกิดควันระลอกโลหะ (Fume) เป็นจำนวนมากซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้ทำการเชื่อม รวมทั้งผู้ใช้ชิ้นงานนั้น ๆ หากควันระลอกโลหะยังคงค้างอยู่บนชิ้นงานโดยไม่ได้รับการทำความสะอาดออกให้หมด

นอกจากนี้ปริมาณความร้อนเข้าที่สูง ยังเสี่ยงต่อการเกิดสนิมตามแนวรอยเชื่อม ซึ่งจะเป็นจุดเสี่ยงในการเป็นบริเวณสะสมของสารตกค้างและแบคทีเรียต่าง ๆ

กระบวนการบัดกรี (Soldering) เป็นกระบวนการที่มีความร้อนเข้าชิ้นงานต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของโลหะชิ้นงาน ทำให้มีควันระลอกโลหะน้อยกว่า อย่างไรก็ตามยังมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของสารตะกั่วที่อยู่ในตัวประสานในกระบวนการบัดกรี

มีการพัฒนาตัวประสานในการบัดกรีเพื่อใช้สำหรับภาชนะที่เกี่ยวข้องกับอาหาร โดยตัวประสานดังกล่าวจะไม่มีตะกั่วเป็นส่วนประกอบ

หากสามารถใช้ตัวประสานไร้สารตะกั่วดังกล่าวแทนตัวประสานเดิมที่มีสารตะกั่วเป็นส่วนประกอบได้ ก็จะสามารถเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งในการผลิตเครื่องครัวสแตนเลสให้ปลอดภัยไร้สารตะกั่วได้ และลดความเสี่ยงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเชื่อมได้ด้วย

### 1.5. การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

การเชื่อมทิก (GTAW) เป็นกระบวนการเชื่อมที่อาศัยการอาร์คระหว่างแท่งทั้งสแตนเลสกับท่อหลอมชิ้นงานเชื่อม [6] เกิดเป็นความร้อนใช้ในการหลอมชิ้นงานเป็นรอยเชื่อมประสานชิ้นงานให้ติดกัน ความร้อนดังกล่าวสามารถแพร่ออกไปยังบริเวณรอบ ๆ รอยเชื่อมทำให้โครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานเชื่อมเปลี่ยนไป เรียกว่า “บริเวณกระทบร้อน (Heat Affected Zone; HAZ)” ซึ่งในบริเวณดังกล่าว คุณสมบัติทั้งทางกลและทางเคมีของวัสดุจะเปลี่ยนไปจากเนื้อวัสดุเดิม (Base Metal)

การบัดกรี (Soldering) เป็นการอาศัยความร้อนเข้าสู่ชิ้นงานไม่ว่าจะเป็นการใช้หัวแรงไฟฟ้าหรือหัวแรงที่ใช้แก๊สในการเผาไหม้ เพื่อทำการหลอมตัวประสานให้แน่นเข้าสู่ช่องว่างระหว่างชิ้นงาน และแข็งตัวสร้างเป็นรอยต่อระหว่างชิ้นงาน [7] ซึ่งรอยต่อดังกล่าวของชิ้นงานจำเป็นต้องเป็นรอยต่อเกย (Lap Joint) ในลักษณะเดียวกันกับการติดกาว

อุณหภูมิที่ใช้ในการบัดกรีจะต่ำกว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมมาก ทั้งนี้ในการบัดกรีชิ้นงานจะไม่หลอมดังเช่นในกรณีของการเชื่อมประสาน ดังนั้นความร้อนที่แพร่ออกจากรอยต่อจึงต่ำกว่า ซึ่งอาจจะต่ำกว่าระดับที่จะทำให้เกิดบริเวณกระทบร้อน (HAZ) คุณสมบัติทางกลและทางเคมีของวัสดุจึงไม่เปลี่ยนแปลงไปจากวัสดุเดิม

ดังที่กล่าวมาข้างต้น กระบวนการเชื่อมประสานจะทำให้เกิดบริเวณกระทบร้อน (HAZ) ซึ่งมีคุณสมบัติทั้งทางกลและทางเคมีที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม [8-9] ในการเชื่อมสแตนเลสก็เช่นเดียวกัน จะทำให้เกิดบริเวณกระทบร้อนที่เสียคุณสมบัติทางด้าน การต้านทานการกัดกร่อนโดยเฉพาะในบริเวณขอบเกรน (Grain Boundary) ซึ่งจะเสี่ยงต่อการเกิดการกัดกร่อนหรือสนิมสูง ดังที่จะเห็นเป็นรอยสนิมตรงบริเวณด้านข้างของรอยเชื่อมทั้งสองข้างในลักษณะของทางรถไฟ

การกัดกร่อนในลักษณะดังกล่าวเรียกว่า Weld Decay [10] ซึ่งเกิดจากการที่บริเวณขอบเกรนของบริเวณกระทบร้อนนั้นขาดคุณสมบัติการเป็นสแตนเลส ในที่นี้คือสูญเสียธาตุโครเมียม (Cr) ไปกับการเกิดการตกผลึกของคาร์ไบด์ ( $Cr_{23}C_6$ ) ทำให้ไม่มีปริมาณธาตุโครเมียมบริเวณนั้นต่ำกว่าเกณฑ์ที่จะให้การปกป้องการกัดกร่อนให้กับชิ้นงาน (ปริมาณโครเมียมที่ต้องการอยู่ที่ประมาณ 12%) บริเวณดังกล่าวจึงเกิดสนิมขึ้นได้อย่างง่ายโดยเฉพาะบริเวณขอบเกรนที่เรียกว่า Intergranular Corrosion (IGC)

ดังนั้นหากสามารถที่จะหลีกเลี่ยงกระบวนการเชื่อมได้ ก็จะเป็นการหลีกเลี่ยงการเกิดบริเวณกระทบร้อน ซึ่งก็คือการหลีกเลี่ยงการเกิดสนิมอันเป็นที่สะสมของสิ่งตกค้างและแบคทีเรียมันเอง หนึ่งในวิธีการหลีกเลี่ยง คือ การใช้กระบวนการบัดกรี (Soldering) ที่ใช้อุณหภูมิต่ำกว่า แต่ทั้งนี้จำเป็นต้องใช้ตัวประสานที่ไร้สารตะกั่ว เพื่อเป็นการป้องกันการปนเปื้อนของสารตะกั่วด้วยนั่นเอง

นอกจากนี้การหลีกเลี่ยงการใช้กระบวนการเชื่อมในสแตนเลส ยังช่วยส่งเสริมสุขภาพของช่างเชื่อมด้วยในเวลาเดียวกัน เนื่องจากควันละอองโลหะ (Fume) ที่เกิดจากกระบวนการเชื่อมเป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อช่างเชื่อมดังกล่าวมาแล้วข้างต้น และการใช้กระบวนการบัดกรีด้วยตัวประสานไร้สารตะกั่วก็ช่วยส่งเสริมสุขภาพช่างบัดกรีด้วยเช่นเดียวกันจากการลดการเกิดของควันละอองตะกั่วที่เกิดขึ้น