บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอะลูมิเนียมจัดเป็นโลหะนอกกลุ่มเหล็กที่มีบทบาทในอุตสาหกรรมต่างๆ เพิ่มมากขึ้น และแนวโน้มในการใช้งานสูงมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพราะอะลูมิเนียมมีสมบัติเด่นหลายด้าน เช่น ความสามารถในการขึ้นรูปเย็น (cold formability) ความสามารถในการหล่อ (cast ability) ต้านทานการกัดกร่อน (corrosion resistance) ทนต่อการสึกหรอ (wear resistance) มีความหนาแน่นต่ำ (low density) มีค่าการนำความร้อนที่สูง (high conductivity) มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนต่ำ (low thermal expansion coefficient) และมีอัตราความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูง (strength per weight ratio) เป็นต้น ด้วยคุณสมบัติพิเศษเหล่านี้ จึงทำอะลูมิเนียมเป็นที่นิยมนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลายในหลากหลายอุตสาหกรรมและเป็นหนึ่งในวัสดุที่มีผลต่อเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก [1]

โลหะอะลูมิเนียม หรือ อะลูมิเนียมผสมจะถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ คือ โลหะอะลูมิเนียมหรือโลหะอะลูมิเนียมผสมแบบหล่อขึ้นรูป (casting aluminum and its alloys) และ โลหะอะลูมิเนียมหรือโลหะอะลูมิเนียมผสมแบบขึ้นรูปทางกล (wrought aluminum and its alloys) [2]

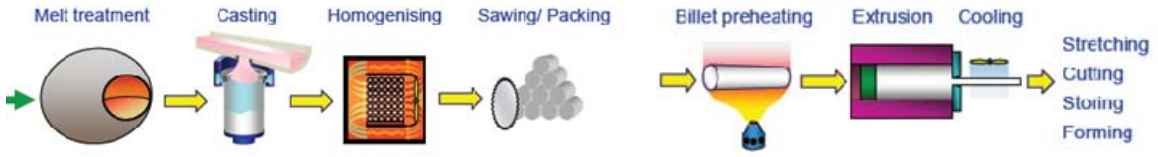
โดยทั่วไปอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ จะมีค่าแรงดึงที่ไม่สูงนัก แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มธาตุบางชนิดเข้าไป เช่น แม็กนีเซียม, ซิลิคอน, ทองแดงหรือแมงกานีส สามารถทำให้เพิ่มคุณสมบัติความแข็งแรงให้กับอลูมิเนียมได้ และได้อะลูมิเนียมผสมที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งานนั้นๆ อะลูมิเนียมผสมถูกนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลายในงานวิศวกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ ด้วยเหตุผลที่สำคัญ คือ อะลูมิเนียมมีอัตราความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูง มีน้ำหนักเบาทำให้สามารถลดน้ำหนักยานยนต์ลงได้

อะลูมิเนียมเป็นตัวนำความร้อนที่ดีเยี่ยม และนำความร้อนได้ดีกว่าเหล็กถึงสามเท่า ด้วยคุณสมบัตินี้ทำให้อะลูมิเนียมเป็นวัสดุที่ถูกเลือกนำมาใช้ทำเป็นชิ้นส่วนที่จะนำมาประกอบขึ้นเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในรถยนต์ (heat-exchangers) ไม่ว่าจะเป็นชิ้นส่วนครีบระบายความร้อนหรือชิ้นส่วนท่อที่ใช้เป็นตัวส่งผ่านของเหลวในระบบแลกเปลี่ยนความร้อนดังตัวอย่างในรูปที่ 1.1 ซึ่งชิ้นส่วนที่เป็นท่อนั้น อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จะนิยมเลือกใช้อะลูมิเนียมผสมประเภทขึ้นรูปทางกล เกรด 3003 (wrought aluminum alloys series 3003) ที่ผ่านกระบวนการอัดรีดขึ้นรูปร้อน (hot extrusion) มาเป็น

วัตถุดิบตั้งต้นที่จะต้องนำไปผ่านกระบวนการในสายการผลิต เช่นการรีดเย็น การดัดขึ้นรูปเย็น และการเชื่อม เพื่อประกอบเป็นชิ้นส่วนสำเร็จต่อไป ทั้งนี้เนื่องจากอะลูมิเนียมผสมเกรดนี้มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนได้ดี มีความแข็งแรง มีความเหนียวที่ต้านการแตกหักสูง สามารถขึ้นรูปได้ง่าย และมีความสามารถในการเชื่อมที่สูง จึงทำให้อะลูมิเนียมผสมเกรดนี้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ผลิตเป็นชิ้นส่วนดังกล่าว

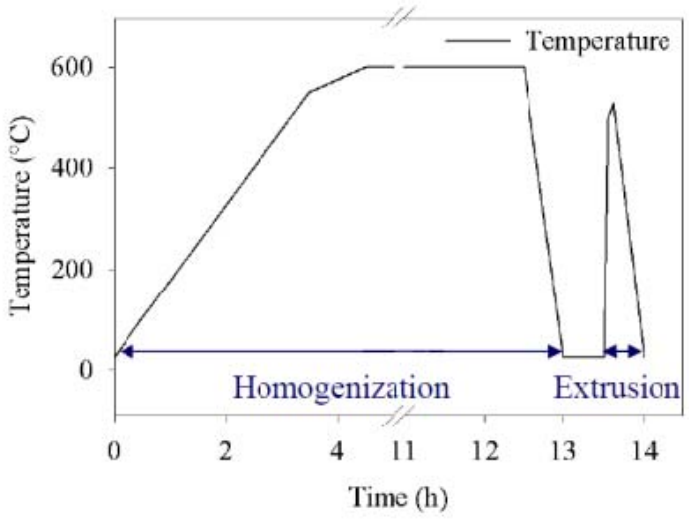
รูปที่ 1.1 ตัวอย่างชิ้นงานอะลูมิเนียมผสมเกรด 3003 ที่ใช้ทำเป็นชิ้นส่วนของระบบแลกเปลี่ยนความร้อนในรถยนต์ [3]

งานอัดรีดขึ้นรูปร้อนของอะลูมิเนียมผสมเกรด 3003 สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วยยานยนต์นั้นจะต้องผ่านกระบวนการผลิตทั้งหมด 4 กระบวนการหลักดังนี้ คือ กระบวนการหล่อโลหะ (casting) กระบวนการโฮโมจีไนซ์ (homogenization) กระบวนการอบโลหะก่อนอัดรีดขึ้นรูป (re-heat) และกระบวนการอัดรีดขึ้นรูปร้อน (hot extrusion) ตามรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 แผนภาพกระบวนการอัดรีดขึ้นรูปร้อนผลิตภัณฑ์อะลูมิเนียมหน้าตัดต่างๆ [3]

กระบวนการผลิตที่สำคัญที่ทำให้ผลิตภัณฑ์งานอัดรีดขึ้นรูปร้อนมีคุณภาพดี คือกระบวนการโฮโมจีไนซ์ ซึ่งกระบวนการอบโฮโมจีไนซ์คือกรรมวิธีที่หลังจากที่อะลูมิเนียมบิลเลทถูกขึ้นรูปจากการหล่อหลอม (casting) แล้วถูกนำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิสูงในช่วง 550-630°C ตามระยะเวลาที่กำหนด จากนั้นอะลูมิเนียมบิลเลทจะถูกทำให้เย็นตัว ก่อนนำไปเข้าสู่กระบวนการอัดรีดขึ้นรูปต่อไป ซึ่งกระบวนการอบโฮโมจีไนซ์นี้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางจุลภาคของโลหะอะลูมิเนียมผสมหรือแท่งบิลเลท ซึ่งนำไปสู่การปรับปรุงความสามารถในการอัดรีดขึ้นรูป (extrude ability) และขนาดเกรนของชิ้นงานภายหลังการอัดรีดขึ้นรูป (grain size) รวมถึงปรับปรุงคุณภาพผิวของผลิตภัณฑ์เมื่อสิ้นสุดกระบวนการอัดรีดขึ้นรูป สำหรับรูปแบบของกระบวนการทางความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการอบโฮโมจีไนซ์และการอัดรีดขึ้นรูปมีลักษณะรูปแบบตามตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 กระบวนการทางความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างการอบโฮโมจีไนซ์และการอัดรีดขึ้นรูป [4]

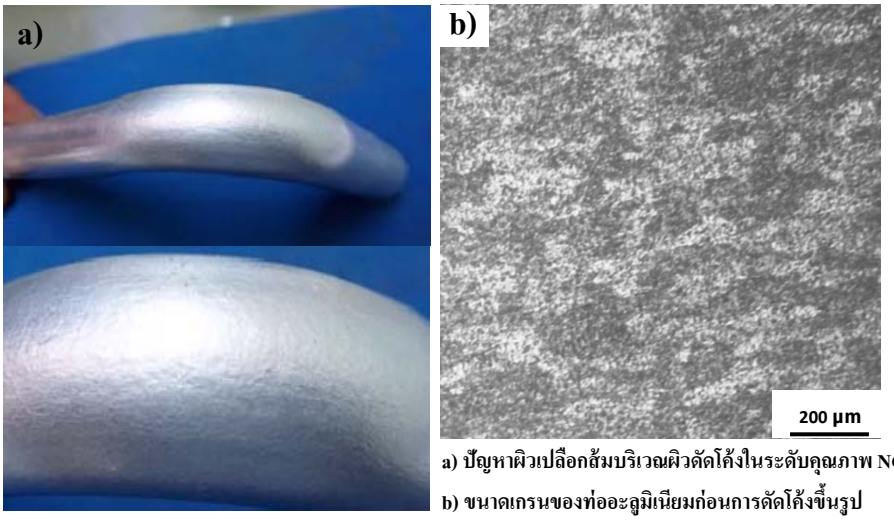
สำหรับอะลูมิเนียมอัลลอยหมายเลข 3003 นั้น โครงสร้างจุลภาคที่เปลี่ยนไปในระหว่าง กระบวนการอบโฮโมจีไนซ์คือการลดปริมาณความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสที่ละลายอยู่ในสารละลายของแข็ง เปลี่ยนแปลงขนาด ความหนาแน่น และ การกระจายตัวของอนุภาคสารประกอบอินเตอร์เมทัลลิกที่อยู่ภายในของแท่งอลูมิเนียมบิลเลท [5] รวมถึงการควบคุมการตกตะกอนของธาตุแมงกานีสภายใต้การควบคุมอุณหภูมิ เวลาและรูปแบบของการอบที่เหมาะสม เพราะโครงสร้างของบิลเลทที่ได้หลังจากการอบ

โฮโมจีไนซ์จะมีผลอย่างมากต่อพฤติกรรมการเกิดผลึกใหม่ ขนาดของเกรนและสมบัติเชิงกลของชิ้นงานภายหลังการนำไปอัดรีดขึ้นรูปร้อน [6]

จากประสบการณ์ของผู้เขียนซึ่งปฏิบัติงานอยู่ในบริษัทฯซึ่งเป็นผู้ผลิตท่ออะลูมิเนียมอัดรีดร้อน (aluminum tube extrusion) ส่งให้กับบริษัทฯผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ พบว่าคุณภาพของชิ้นงานภายหลังการแปรรูปเย็นเป็นสิ่งที่ลูกค้าให้ความสำคัญเป็นอย่างมากโดยเฉพาะปัญหาของผิวหยาบหรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าผิวเปลือกส้ม (orange peel surface) ที่เกิดขึ้นบริเวณผิวดัดโค้งของชิ้นงาน ถึงแม้ว่าชิ้นงานดังกล่าวจะถูกแปรรูปเย็นได้ตามรูปร่างที่ลูกค้าต้องการก็ตาม ทั้งนี้เพราะปัญหาผิวเปลือกส้มที่เกิดขึ้นมีผลทำให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์เกิดความไม่มั่นใจในคุณภาพและวิตกกังวลในเรื่องของปัญหารอยแตกร้าวตรงบริเวณข้อบกพร่องดังกล่าว และจำเป็นต้องทำการแยกชิ้นงานดังกล่าวทิ้งในกระบวนการผลิต

ในปัจจุบันบริษัทฯที่ผู้เขียนกำลังปฏิบัติงานอยู่มีความต้องการที่จะลดต้นทุนการผลิตโดยลดการนำเข้าแท่งอะลูมิเนียมบิลเลทผสมหมายเลข 3003 จากต่างประเทศที่มีราคานำเข้าสูงมาก โดยจะทำการผลิตแท่งอะลูมิเนียมบิลเลทขึ้นมาใช้เองเพื่อเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตผลิตภัณฑ์ท่ออัดรีดขึ้นรูปร้อนเพื่อส่งขายให้กับบริษัทฯ ผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ นำไปใช้ในการแปรรูปเย็นต่อไป การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ทางผู้เขียนจึงมีความมุ่งหวังที่จะทำการศึกษาถึงกระบวนการผลิตแท่งอะลูมิเนียมบิลเลทที่นำไปใช้ในกระบวนการผลิตท่ออัดรีดขึ้นรูปร้อนโดยมุ่งเน้นไปที่รูปแบบของการอบโฮโมจีไนซ์ที่เหมาะสมที่ให้ผลลัพธ์ด้านคุณภาพในเรื่องของขนาดเกรนหลังการอัดรีด (extrusion) และปัญหาการเกิดผิวส้ม (orange peel surface) ภายหลังการแปรรูปเย็นที่เทียบเท่าหรือดีกว่าแท่งอะลูมิเนียมบิลเลทที่นำเข้าจากต่างประเทศซึ่งทางผู้ผลิตถือเป็นความรู้และทักษะ (knowhow) ที่ไม่สามารถเปิดเผยให้ทราบได้

รูปที่ 1.4 และ 1.5 แสดงภาพตัวอย่างระดับคุณภาพของการเกิดปัญหาผิวส้มที่ลูกค้าผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ยอมรับไม่ได้ (NG) และยอมรับได้ (OK) ตามลำดับ

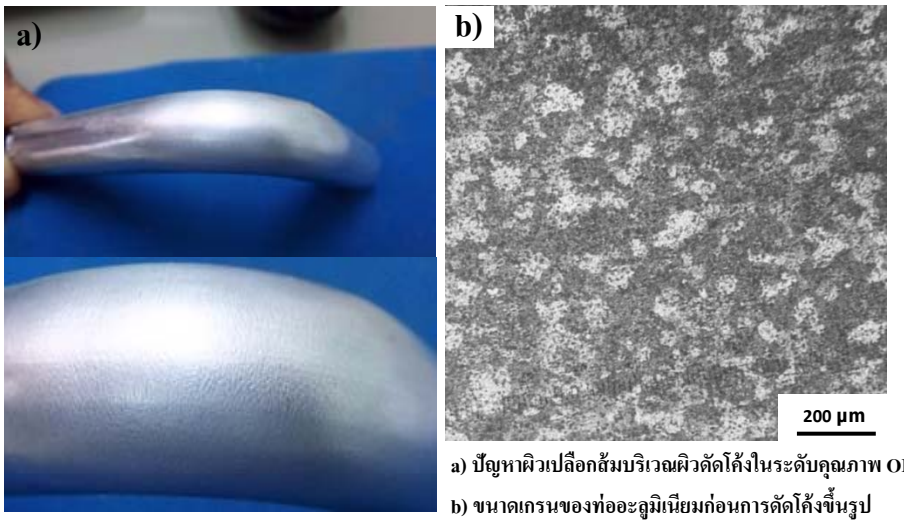


a) ปัญหาผิวเปลือกส้มบริเวณผิวดัดโค้งในระดับคุณภาพ NG

b) ขนาดเกรนของท่ออะลูมิเนียมก่อนการดัดโค้งขึ้นรูป

รูปที่ 1.4 แสดงรูปชิ้นงานของลูกค้าที่ผลิตจากท่ออะลูมิเนียมที่ส่งมอบมาจากผู้ผลิตอื่น

หมายเหตุ *: ไม่ทราบแหล่งที่มาของผู้ผลิตแท่งอะลูมิเนียมบิลเลท*



a) ปัญหาผิวเปลือกส้มบริเวณผิวดัดโค้งในระดับคุณภาพ OK

b) ขนาดเกรนของท่ออะลูมิเนียมก่อนการดัดโค้งขึ้นรูป

รูปที่ 1.5 แสดงรูปชิ้นงานของลูกค้าที่ผลิตจากท่ออะลูมิเนียมที่ส่งมอบจากบริษัทฯที่ผู้เขียนปฏิบัติงานอยู่

หมายเหตุ *: แท่งอะลูมิเนียมบิลเลทนำเข้าจากต่างประเทศ*

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อแก้ไขปัญหาผิวเปลือกส้ม (Orange peel surface) ที่ผิวชิ้นงานบริเวณดัดโค้งขึ้นรูปเย็นซึ่งมี

สาเหตุมาจากขนาดเกรนที่โตขึ้นจากกระบวนการอัดรีดขึ้นรูป (extrusion) ก่อนการขึ้นรูปเย็น

1.2.2 ศึกษาการแก้ไขปัญหาการโตของขนาดเกรนด้วยวิธีการอบโฮโมจีไนซ์ ที่ส่งผลต่อการลดขนาดเกรน ซึ่งจะศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการอบโฮโมจีไนซ์ ได้แก่ อุณหภูมิ, เวลา และอัตราการเย็นตัวของแท่งอะลูมิเนียมบิลเลท

1.3 ขอบเขตของการดำเนินการวิจัย

1.3.1 ดำเนินการเตรียมแท่งอะลูมิเนียมบิลเลทอะลูมิเนียมผสมเกรด 3003 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 178 มิลลิเมตร

1.3.2 นำไปอบโฮโมจีไนซ์ในรูปแบบกระบวนการทางความร้อนที่แตกต่างกัน

1.3.3 วิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของแท่งอะลูมิเนียมบิลเลทด้วยเทคนิคกล้องจุลทรรศน์แสง และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

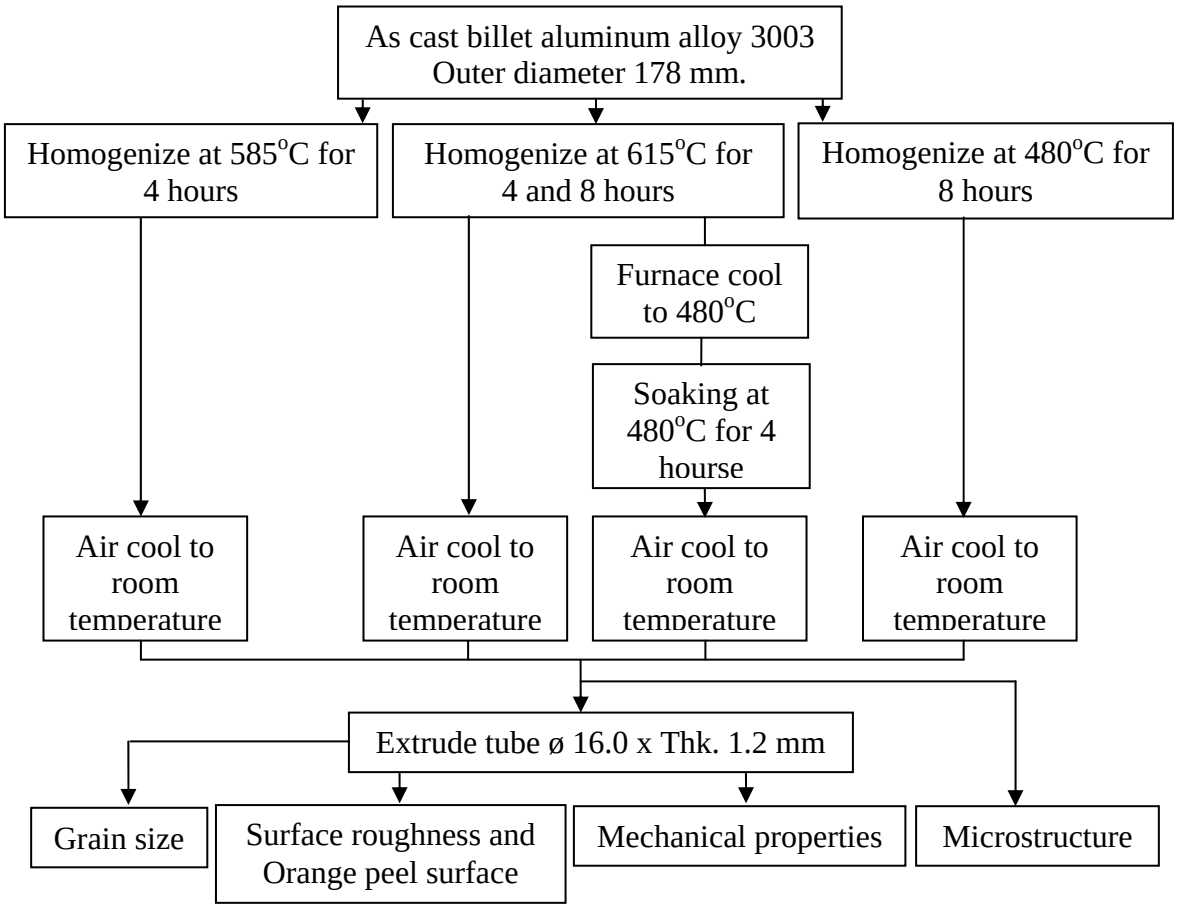
1.3.4 นำแท่งอะลูมิเนียมบิลเลทไปรีดอัดขึ้นรูปเป็นรูปทรงท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16.0 มิลลิเมตร ความหนา 1.2 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องรีดอัดขึ้นรูปขนาด 1,650 ตัน ภายใต้เงื่อนไขการกำหนดพารามิเตอร์เดียวกันในการรีด

1.3.5 วิเคราะห์ขนาดเกรนที่ได้ของชิ้นงานท่อที่ได้หลังการรีดอัดขึ้นรูปด้วยกล้องจุลทรรศน์แสง

1.3.6 ทดสอบสมบัติเชิงกลด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง

1.3.7 ตรวจสอบการเกิดผิวเปลือกส้มที่ผิวของชิ้นงานภายใต้การดึงขึ้นรูปเย็น

1.4 กระบวนการศึกษาวิจัย



1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 มีความรู้ความเข้าใจเรื่องกระบวนการโฮโมจีไนซ์ของอะลูมิเนียมผสมเกรด 3003

1.5.2 ทราบถึงความแตกต่างของขนาดเกรนที่ได้ของชิ้นงานหลังกระบวนการรีดอัดขึ้นรูปจากโครงสร้างจุลภาคของโลหะอะลูมิเนียมผสมเกรด 3003 เมื่อผ่านกระบวนการโฮโมจีไนซ์ที่อุณหภูมิ ระยะเวลา และอัตราการเย็นตัวที่แตกต่างกัน

1.5.3 เพื่อเป็นข้อมูลในการประยุกต์ใช้งานและกำหนดเป็นมาตฐานการอบโฮโมจีไนซ์อะลูมิเนียมผสมเกรด 3003 ในกระบวนการผลิตจริงเพื่อได้มาซึ่งคุณภาพของชิ้นงานหลังผ่านกระบวนการรีดอัดขึ้นรูปร้อน (hot extrusion)

1.5.4 แก้ปัญหาผิวหยาบหรือผิวเปลือกส้มที่บริเวณผิวของชิ้นงานในกระบวนการแปรรูปเย็น