หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของการวิจัย

ชิ้นงานหล่อขึ้นรูปด้วยอะลูมิเนียมนั้น มีการคิดค้นและนำมาใช้ในทางอุตสาหกรรมตั้งแต่ศตวรรษที่ 19 แล้วมีการเจริญเติบโตมาตามลำดับ โดยการใช้เพื่อเชิงการค้าในตอนแรกนั้น จะพบว่าเป็นการใช้เกี่ยวกับอุปกรณ์ในการทำครัว และอุปกรณ์เครื่องประดับตกแต่ง แต่ในปัจจุบันได้มีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในหลากหลายด้านของอุตสาหกรรม รวมถึงการนำธาตุผสมอื่นมาช่วยพัฒนาและปรับปรุงสมบัติในด้านต่างๆ เช่น สมบัติทางกายภาพ หรือแม้กระทั้งสมบัติเชิงกลต่างๆ รวมไปถึงการปรับปรุงวิธีการหล่อขึ้นรูปให้เหมาะสมกับความต้องการและกำลังการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม ตลอดจนการพัฒนาประยุกต์เทคโนโลยีต่างๆ ให้ทันสมัย ตอบสนองความต้องการและความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์จากอะลูมิเนียมหรืออะลูมิเนียมผสม

ในปัจจุบันการหล่ออะลูมิเนียมนั้นสามารถจำแนกวิธีการเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ 1. การหล่อในแบบหล่อ (Mold casting) ซึ่งเป็นการเทน้ำโลหะอะลูมิเนียมหลอมเหลวลงในแบบหล่อที่ทำจากทรายหรือทำจากเหล็ก อันเป็นแบบหล่อชั่วคราวหรือถาวร ตามลำดับ แล้วให้อะลูมิเนียมแข็งตัวในแบบเพื่อให้ได้ชิ้นงานเป็นรูปร่างตามแบบหล่อที่ทำขึ้น 2. การหล่ออย่างต่อเนื่อง (Continuous casting, เช่นกรรมวิธี Conventional DC casting) ซึ่งจะได้ชิ้นงานที่แข็งตัวแล้วเป็นลักษณะของแท่งโลหะ (Ingot) หรือแผ่นโลหะ (Slab) แล้วจึงนำไปผ่านกระบวนการขึ้นรูปอีกครั้งต่อไป ซึ่งในหัวข้องานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเกี่ยวกับแท่งโลหะที่ได้จากวิธีการในข้อ 2. คือการหล่ออย่างต่อเนื่อง

เนื่องจากการประยุกต์ใช้งานวัสดุจากอะลูมิเนียมมีอย่างกว้างขวาง กระจายไปอยู่ในอุตสาหกรรมหลายด้าน เช่น อุตสาหกรรมเกษตร อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ และอุตสาหกรรมการขนส่ง อันได้แก่อุตสาหกรรมยานยนต์ หรืออุตสาหกรรมอากาศยาน เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่มาของการพัฒนาสมบัติของอะลูมิเนียมในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นสมบัติทาง

กายภาพและสมบัติเชิงกลให้สอดคล้องกับลักษณะการประยุกต์ใช้งานต่ออุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน โดยการนำธาตุอื่น ๆ มาผสมรวมกับอะลูมิเนียมให้เกิดเป็นโลหะผสมของอะลูมิเนียม เช่น การผสมธาตุทองแดง ซิลิกอน แมกนีเซียม และธาตุอื่นๆ เพื่อปรับปรุงสมบัติด้านต่าง ๆ จึงเป็นที่มาของการกำหนดมาตรฐานชนิดและส่วนผสมของธาตุต่าง ๆ เพื่อการอ้างอิงให้เป็นสากลและสะดวกต่อการปฏิบัติงาน เช่น รหัสมาตรฐาน 1xxx แสดงถึงโลหะอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ ไม่มีการผสมธาตุอื่นๆ หรือ 2xxx แสดงถึงโลหะอะลูมิเนียมผสมทองแดง เป็นต้น แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นการผสมธาตุต่างๆ ในกระบวนการหล่อโลหะหลอมเหลวไม่ใช่เป็นเพียงวิธีการเดียวที่สามารถปรับปรุงสมบัติของชิ้นงานอะลูมิเนียมได้ เพราะนอกเหนือจากนั้นการปรับแต่งหรือประยุกต์ใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ กับเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการหล่อโลหะ เช่นในขั้นตอนระหว่างกระบวนการผลิตได้มีการนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าไปทำการกวนน้ำโลหะหลอมเหลวก่อนที่จะเริ่มการหล่อให้แข็งตัว และวิธีการนี้ก็กลายมาเป็นทางเลือกที่จะใช้ในการปรับปรุงสมบัติด้านต่างๆ ของแท่งโลหะอะลูมิเนียมผสม ที่ผลิตด้วยกระบวนการหล่อแบบต่อเนื่อง และเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่กระจ่างมากยิ่งขึ้นเกี่ยวกับผลกระทบของการนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าไปทำการกวนน้ำโลหะหลอมเหลวก่อนที่จะเริ่มการหล่อให้แข็งตัวของแท่งโลหะอะลูมิเนียมผสม ที่ผลิตด้วยกระบวนการหล่อแบบต่อเนื่องนั่นเอง จึงทำให้งานวิจัยนี้มีการตั้งวัตถุประสงค์เพื่อที่จะเปรียบเทียบผลของการศึกษาเกี่ยวกับชิ้นงานที่มาจากแท่งโลหะหล่ออย่างต่อเนื่องอะลูมิเนียมผสม ที่ผลิตด้วยกระบวนการหล่อแบบต่อเนื่องประเภท Direct Chilled (conventional DC. Casting) ที่ไม่มีการประยุกต์ใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าหรือที่จะเรียกโดยย่อว่าวิธีการแบบ DC. กับชิ้นงานที่มาจากแท่งโลหะหล่ออย่างต่อเนื่องอะลูมิเนียมผสม ที่ผลิตด้วยกระบวนการหล่อแบบต่อเนื่องประเภท Direct Chilled (conventional DC. Casting) ที่มีการประยุกต์ใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้า(Low frequency electromagnetic field) หรือที่จะเรียกโดยย่อว่าวิธีการแบบ LFEC.โดยมุ่งเน้นทำการวิจัยในขอบเขตของพฤติกรรมการแข็งตัวของแท่งโลหะอะลูมิเนียมผสมสังกะสี-แมกนีเซียม-ทองแดง ที่พบว่า ความสำคัญในการพยายามปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพของชิ้นงานหล่อโลหะอะลูมิเนียมผสมสังกะสี-แมกนีเซียม-ทองแดงชนิดนี้ ทำให้สามารถผลิตได้ชิ้นงานหล่ออะลูมิเนียมผสมที่มีสมบัติความแข็งแรงสูงมากพิเศษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องนำชิ้นงานนี้ไปใช้งานที่มีข้อจำกัดพิเศษหรือความต้องการเฉพาะอย่างในเกณฑ์คุณภาพที่สูง เช่น การใช้งานเกี่ยวกับอากาศยาน เป็นต้น

เกี่ยวกับการใช้งานด้านอุตสาหกรรมอากาศยานนั้น โลหะหรือวัสดุที่นำมาใช้นั้นต้องมีสมบัติทางกลที่ดีเยี่ยม เช่น ความแข็งแรงของวัสดุต้องสูงมากเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงมีการพยายามปรับปรุงสมบัติทางกลของชิ้นงานอะลูมิเนียม ซึ่งวิธีการที่นิยมเลือกปฏิบัติมากที่สุดก็คือการ

พยายามปรับปรุงสมบัติทางกลของชิ้นงานอะลูมิเนียมโดยการผสมธาตุต่างๆ ลงไปในกระบวนการหล่อโลหะหลอมเหลว แต่เพราะการผสมธาตุต่างๆ ลงไปหลายชนิดในปริมาณสูงนี้เองที่เป็นสาเหตุ

หลักอันหนึ่งที่ทำให้เกิดรอยร้าวของชิ้นงานอะลูมิเนียมผสมหล่อที่ผลิตด้วยวิธีการหล่อแบบต่อเนื่องแบบ DC.

ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นสำหรับการศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงสมบัติทางกลของชิ้นงานอะลูมิเนียมด้วยวิธีอื่นๆ เช่นการนำเทคโนโลยีรูปแบบใหม่ๆมาปรับเปลี่ยนหรือประยุกต์ใช้กับกระบวนการหล่ออย่างต่อเนื่อง ดังที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ซึ่งก็คือวิธีการที่เรียกว่า LFEC (low frequency electromagnetic field) หรือการนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าไปทำการกวนน้ำโลหะหลอมเหลวในระหว่างที่จะเริ่มการหล่อให้แข็งตัวในกระบวนการหล่อแบบต่อเนื่องประเภท Direct Chilled (conventional DC. Casting) ซึ่งการประยุกต์ใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าโดยนำเข้ามาเพิ่มระหว่างกระบวนการหล่อนั้นเป็นวิธีการใหม่อย่างหนึ่งที่ถูกนำมาศึกษา เพื่อวัตถุประสงค์ในการป้องกันการเกิดรอยร้าวในแท่งโลหะหล่ออย่างต่อเนื่องอะลูมิเนียมผสมสังกะสี-แมกนีเซียม-ทองแดง โดยวิธีการนี้พบว่าส่งผลให้ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในกึ่งกลางกับที่ผิวนอกของน้ำโลหะหลอมเหลวขณะเริ่มการหล่อให้แข็งตัวมีค่าลดลง แต่กลับเพิ่มความสม่ำเสมอของการกระจายตัวของธาตุผสมต่างๆ และช่วยลดระดับความลึกของแอ่งกลางน้ำโลหะหลอมเหลวหรือ sump depth ขณะทำการหล่อ จนท้ายที่สุดพบว่า สามารถลดค่าความเค้นตกค้าง และป้องกันการเกิดรอยร้าวภายในของแท่งโลหะหล่ออย่างต่อเนื่องอะลูมิเนียมผสมสังกะสี-แมกนีเซียม-ทองแดงได้ อีกทั้งในทางกลับกันยังพบว่าความแข็งแรงของเนื้อวัสดุของแท่งโลหะหล่ออย่างต่อเนื่องอะลูมิเนียมผสมสังกะสี-แมกนีเซียม-ทองแดงเพิ่มขึ้น และความต้านทานการแตกร้าวก็เพิ่มขึ้นด้วย ด้วยเหตุนี้เองจึงมีความจำเป็นที่ต้องศึกษาพฤติกรรมการแข็งตัวของแท่งโลหะหล่ออย่างต่อเนื่องอะลูมิเนียมผสมสังกะสี-แมกนีเซียม-ทองแดงที่ผลิตด้วยกระบวนการหล่อแบบต่อเนื่องประเภท Direct Chilled (conventional DC. Casting) ที่มีการประยุกต์ใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้า(Low frequency electromagnetic field) หรือที่จะเรียกโดยย่อว่าวิธีการแบบ LFEC.นี้ จากโครงสร้างมหภาคและจุลภาค ซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยพื้นฐานหลักในทางโลหะวิทยา

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบพฤติกรรมการแข็งตัวของแท่งโลหะหล่ออย่างต่อเนื่องอะลูมิเนียมผสมสังกะสี-แมกนีเซียม-ทองแดง ที่ผลิตด้วยกระบวนการหล่อแบบต่อเนื่องประเภท Direct Chilled (conventional DC. Casting) ที่ไม่มีการประยุกต์ใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (LFEC, low frequency electromagnetic field) กับแท่งโลหะหล่ออย่างต่อเนื่องอะลูมิเนียมผสมสังกะสี-แมกนีเซียม-ทองแดง ที่ผลิตด้วยกระบวนการหล่อแบบต่อเนื่องประเภท Direct Chilled (conventional DC. Casting) ที่มีการประยุกต์ใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (LFEC, low frequency electromagnetic field) โดยมุ่งเน้นผลการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างมหภาค (Macrostructure) และโครงสร้างจุลภาค (Microstructure)

2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบพฤติกรรมการแข็งตัวของแท่งโลหะหล่ออย่างต่อเนื่องอะลูมิเนียมผสมสังกะสี-แมกนีเซียม-ทองแดง ที่ผลิตด้วยกระบวนการหล่อแบบต่อเนื่องประเภท Direct Chilled (conventional DC. Casting) ที่มีการประยุกต์ใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (LFEC, low frequency electromagnetic field) โดยมุ่งเน้นผลการศึกษาเกี่ยวกับเส้นทางการแข็งตัว ตลอดจนชนิด, ลักษณะ และปริมาณการเกิดโครงสร้างยูเท็คติกระหว่างแข็งตัว ด้วยการตรวจสอบชิ้นงานจริง กับการคำนวณสมการการแข็งตัวตามทฤษฎีแบบGulliver-Scheil และแบบจำลองการแข็งตัวทางคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Thermo Calc

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 ขอบเขตการศึกษา

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาพฤติกรรมการแข็งตัวของแท่งโลหะหล่ออย่างต่อเนื่องอะลูมิเนียมผสมสังกะสี-แมกนีเซียม-ทองแดง ที่ผลิตด้วยกระบวนการหล่อแบบต่อเนื่องประเภท Direct Chilled (conventional DC. Casting) ที่ไม่มีและมีการประยุกต์ใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (LFEC, low frequency electromagnetic field) โดยใช้

1. แท่งโลหะอะลูมิเนียมผสมสังกะสี-แมกนีเซียม-ทองแดง ที่นำมาศึกษาจะใส่ส่วนผสมดังนี้คือ อะลูมิเนียม 85.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักโลหะผสมทั้งหมดผสมกับ สังกะสี 9.8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักโลหะผสมทั้งหมด แมกนีเซียม 2.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักโลหะผสมทั้งหมด และทองแดง 2.3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักโลหะผสมทั้งหมด (Al – 9.8Zn – 2.5Mg – 2.3Cu) โดยนำมาจากกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันคือ แท่งโลหะที่หนึ่งผลิตด้วยกระบวนการหล่ออย่างต่อเนื่อง Direct Chilled (Conventional DC. Casting) โดยไม่มีการประยุกต์ใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (LFEC, low frequency electromagnetic field) และแท่งโลหะที่สองผลิตด้วยกระบวนการหล่ออย่างต่อเนื่อง Direct Chilled (Conventional DC. Casting) โดยมีการประยุกต์ใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำ (LFEC, low frequency electromagnetic field)

2. ศึกษาโครงสร้างมหภาค (Macrostructure) และโครงสร้างจุลภาค (Microstructure) ของชิ้นงานทดสอบที่ได้จากข้อ1. ด้วยการตรวจสอบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แสง(Optical microscope), กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบกวาด (Scanning electron microscope, SEM.) และเครื่อง Electron probe micro analyzer, EPMA เพื่อการวิเคราะห์ผลในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณเกี่ยวกับเรื่องต่างๆดังนี้ 1.) ขนาดและการกระจายตัวของเกรน 2.) ชนิดและปริมาณของเฟสหรือโครงสร้างยูเท็คติกต่างๆ ในเนื้อโลหะ 3.) นำผลวิเคราะห์จากเครื่อง EPMA ไปศึกษารูปแบบการแข็งตัวจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนผสมของธาตุต่างๆ (% Composition) กับสัดส่วนมวลที่แข็งแล้ว (fs) ในลักษณะของ Solute Redistribution

3. ทำการศึกษาพฤติกรรมการแข็งตัว โดยการคำนวณจากทฤษฎีโดยอาศัยการอ่านแผนภูมิสมดุลย์ 3 ธาตุ (Ternary phase diagram) ร่วมกับการคำนวณสมการการแข็งตัวแบบ Gulliver-Scheil's equation เพื่อศึกษาเส้นทางการแข็งตัวและลำดับในการแข็งตัวแล้วเกิดเป็นเฟสหรือโครงสร้างยูเท็กติคต่างๆ (Solidification path & sequence)

4. ทำการศึกษาพฤติกรรมการแข็งตัวจาก แบบจำลองการแข็งตัวทางคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาเส้นทางการแข็งตัวและลำดับในการแข็งตัวแล้ว เกิดเป็นเฟสหรือโครงสร้างยูเท็คติกต่างๆ (Solidification path & sequence) ด้วยโปรแกรม Thermo-calc.

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบและเข้าใจถึงพฤติกรรมการแข็งตัวเกี่ยวกับโครงสร้างมหภาค (Macrostructure) และโครงสร้างจุลภาค (Microstructure) เช่นขนาดและการกระจายตัวของเกรน, ชนิดและปริมาณของเฟสหรือโครงสร้างยูเท็คติกต่างๆ ในเนื้อโลหะของแท่งโลหะอะลูมิเนียมผสมสังกะสี-แมกนีเซียม-ทองแดง (Al – 9.8Zn – 2.5Mg – 2.3Cu) ที่ผลิตด้วยกระบวนการหล่ออย่างต่อเนื่อง Direct Chilled (Conventional DC. Casting) โดยไม่มีการประยุกต์ใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (LFEC, low frequency electromagnetic field) และแท่งโลหะที่ผลิตด้วยกระบวนการหล่ออย่างต่อเนื่อง Direct Chilled (Conventional DC. Casting) โดยมีการประยุกต์ใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำ (LFEC, low frequency electromagnetic field)

2. ได้ทราบข้อเปรียบเทียบของพฤติกรรมการแข็งตัวเกี่ยวกับเส้นทางการแข็งตัวและลำดับในการแข็งตัวแล้วเกิดเป็นเฟสหรือโครงสร้างยูเท็คติกต่างๆของแท่งโลหะอะลูมิเนียมผสมสังกะสี-แมกนีเซียม-ทองแดง (Al – 9.8Zn – 2.5Mg – 2.3Cu) ที่ผลิตด้วยกระบวนการหล่ออย่างต่อเนื่อง Direct Chilled (Conventional DC. Casting) โดยมีการประยุกต์ใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำ (LFEC, low frequency electromagnetic field) ที่ได้จากผลการตรวจสอบจากชิ้นงานจริงกับผลจากการคำนวณจากทฤษฎีโดยอาศัยการอ่านแผนภูมิสมดุลย์ 3 ธาตุ (Ternary phase diagram) ร่วมกับการคำนวณสมการการแข็งตัวแบบ Gulliver-Scheil's equation และจากแบบจำลองการแข็งตัวทางคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาเส้นทางการแข็งตัวและลำดับในการแข็งตัวแล้วเกิดเป็นเฟสหรือโครงสร้างยูเท็คติกต่าง ๆ (Solidification path & sequence) ด้วยโปรแกรม Thermo-calc.

3. ได้ทราบผลกระทบของวิธีการผลิตแท่งโลหะอะลูมิเนียมผสมสังกะสี-แมกนีเซียม-ทองแดง (Al – 9.8Zn – 2.5Mg – 2.3Cu) ที่ผลิตด้วยกระบวนการหล่ออย่างต่อเนื่อง Direct Chilled (Conventional DC. Casting) โดยมีการประยุกต์ใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (LFEC, low frequency electromagnetic field) ที่ช่วยเพิ่มความต้านทานการแตกร้าวภายในแท่งโลหะหล่อ โดยอธิบายจากประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับในข้อ1. และข้อ2.