บทที่ 5 สรุป / อภิปรายผล / ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาจุดเสียชนิดหลวมคลอนของการหล่อหุ้ม Insert Casting เหล็กหล่อ FCD450 ด้วยอะลูมิเนียม AC4CH ซึ่งจากผลการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดย

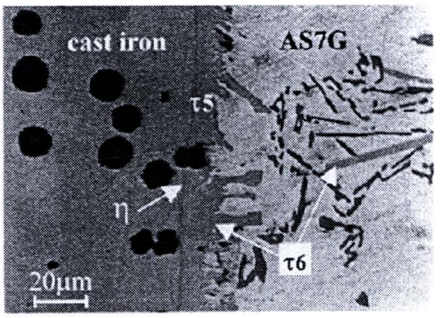
1. การเปรียบเทียบขนาดของช่องว่างระหว่าง Insert Casting กับอะลูมิเนียม ของชิ้นงานที่ Insert Casting หลวมคลอน และไม่หลวมคลอน พบว่าเกิดช่องว่างขึ้นกับชิ้นงานทั้ง 2 แบบ และมีขนาดที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ, จากการวิเคราะห์ Fracture เพื่อดูการยึดเกาะระหว่างผิวของชิ้นงานทั้ง 2 แบบ พบว่าไม่มีการยึดเกาะระหว่างผิวของชิ้นงานทั้ง 2 แบบ แต่ชิ้นงานที่ Insert Casting หลวมคลอนนั้นสามารถตรวจจับได้ด้วยการใช้แกนเพลาโยก เนื่องจากชิ้นงานส่วนบนมีช่องว่างขนาดใหญ่ที่เกิดจากการป้อนเติมน้ำอะลูมิเนียมไม่เพียงพอ และจากการนำผิวอะลูมิเนียมในส่วนที่ติดกับ Insert Casting ของชิ้นงาน ทั้ง 2 แบบมาตรวจสอบโดยใช้ SEM พบ Aluminum Oxide Film ที่ผิวของชิ้นงานทั้ง 2 แบบ ซึ่งสาเหตุเกิดจากกระบวนการเตรียม Insert Casting ก่อนทำการหล่อไม่ดีพอ โดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการอุ่น Insert Casting ซึ่งในกระบวนการนี้จะทำการอุ่น Insert Casting ในบรรยากาศที่มีอากาศส่งผลทำให้เกิดอ๊อกไซด์ที่ผิวของ Insert Casting ซึ่งอ๊อกไซด์ที่เกิดขึ้นจะเป็นชั้น Film ที่ป้องกันไม่ให้เกิดการยึดเกาะ และสร้าง Phase ทางเคมีขึ้นระหว่างผิวของ Insert Casting และอะลูมิเนียม โดยอ้างอิงจากงานวิจัยของ จากงานวิจัยของ J.Pan*, M.Yoshida*, G.Sasaki*, H.Fukunaga*. [1] และ J.C. Viala*, M.Peronnet, F. Barbeau, F. Bosselet, J. Bouix. [2]

2. การหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการอุ่น Insert Casting กับขนาดของช่องว่างระหว่าง Insert Casting กับอะลูมิเนียม พบว่าขนาดของช่องว่างที่เกิดขึ้นไม่มีความสัมพันธ์ กับอุณหภูมิในการอุ่น Insert Casting เนื่องจากแบบหล่อเป็นแบบ Top Gate เป็นการการเทน้ำอะลูมิเนียมด้านบนแบบหล่อ ซึ่งตรงกับตำแหน่ง Insert Casting ส่งผลทำให้เมื่อเทน้ำอะลูมิเนียมลงในแบบหล่อจะทำให้น้ำอะลูมิเนียมโดน Insert Casting โดยตรง ซึ่งเป็นการเพิ่มอุณหภูมิของ Insert Casting ในขณะหล่อ

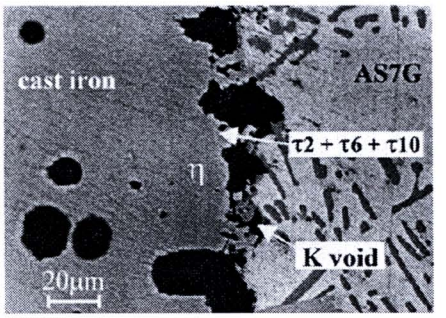
3. การเปรียบเทียบขนาดของช่องว่างระหว่าง Insert Casting กับอะลูมิเนียม ระหว่างชิ้นงานที่หล่อด้วยกระบวนการหล่อแบบ Top Gate และชิ้นงานหล่อแบบ Tilting พบว่าขนาดของช่องว่างที่เกิดขึ้นของทั้ง 2 กระบวนการ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนี้คือ กระบวนการหล่อแบบ Top Gate จะมีขนาดของช่องว่างระหว่าง Insert Casting และอะลูมิเนียม ที่มากกว่า เนื่องจากกระบวนการหล่อแบบ Top Gate มีความผันแปรมากจากปริมาณของน้ำอะลูมิเนียมที่ป้อนเติม เนื่องจากควบคุมปริมาณ และเวลาในการเทด้วยคน ซึ่งอาจส่งผลให้ Gate ป้อนเติมน้ำอะลูมิเนียมบริเวณ Insert Casting ไม่พอ ส่งผลทำให้เกิดช่องว่างตามผลการวิเคราะห์ชิ้นงานที่หลวมคลอนในข้อ 4.1 และการป้อนเติมน้ำอะลูมิเนียมด้านบน Top Gate เป็นการออกแบบ Gate ที่ไม่ถูกต้องซึ่งส่งผลทำให้น้ำอะลูมิเนียมเกิดการไหลที่ปั่นป่วน และทำให้เกิด Aluminum Oxide Film มากกว่ากระบวนการเทหล่อแบบ Tilting ซึ่งเป็นกระบวนการหล่อที่ค่อยๆรินน้ำอะลูมิเนียมเข้าไปในแบบหล่อทำให้เกิดการไหลป่วนที่น้อยกว่า และโอกาสการเกิด Aluminum Oxide Film น้อยกว่า

4. การเปรียบเทียบขนาดของช่องว่างระหว่าง Insert Casting กับอะลูมิเนียม ระหว่างชิ้นงานที่ทำการหล่อแบบ Tilting ซึ่งทำให้เย็นตัวหลังการหล่อด้วยวิธีที่แตกต่างกันคือ เย็นตัวด้วยน้ำ และเย็นตัวในอากาศ ซึ่งผลการเปรียบเทียบพบว่าชิ้นงานทั้ง 2 ชนิดไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากผลของ Difference Thermal Expansion ของกระบวนกรเย็นตัวหลังการหล่อ (260 ^{O}C) ซึ่งน้อยกว่า Difference Thermal Expansion ของกระบวนการ Precipitation Hardening (465 ^{O}C)

5. การเปรียบเทียบขนาดของช่องว่างระหว่าง Insert Casting กับอะลูมิเนียม ระหว่างชิ้นงานหล่อและชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการอบ T6 ซึ่งจากการวิเคราะห์ขนาดของช่องว่างพบว่าชิ้นงานที่ผ่านการอบ T6 มีขนาดที่กว้างกว่าชิ้นงานหล่อ เนื่องจากชิ้นงานเกิดการบิดตัวจาก Difference Thermal Expansion coefficient ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วจากอุณหภูมิ 535 ^{O}C ของกระบวนการ Solution มาที่อุณหภูมิ 70 ^{O}C ด้วยกระบวนการ Quenching น้ำ และกระบวนการอบ T6 เป็นกระบวนการที่เพิ่มขนาดของช่องว่างได้อีก ในกรณีที่มีการยึดเกาะกันระหว่างอะลูมิเนียม และ Insert Casting ซึ่งเมื่อเกิดการยึดเกาะกันระหว่างวัสดุทั้ง 2 ชนิด จะเกิดการสร้าง Phase ใหม่ขึ้นมาระหว่างผิวตามภาพที่ 5.1 ซึ่งเมื่อชิ้นงานนี้ผ่านกระบวนการ T6 จะเกิดช่องว่างขึ้นจาก Kirkendall Voids ตามรูปที่ 5.2



(ก)



(ข)

รูปที่ 5.1 Phase ใหม่ที่เกิดขึ้นที่ผิว และ Kirkendall Voids ที่เกิดหลัง T6 [2]

(ก) Phase ใหม่ที่เกิดขึ้นที่ผิว

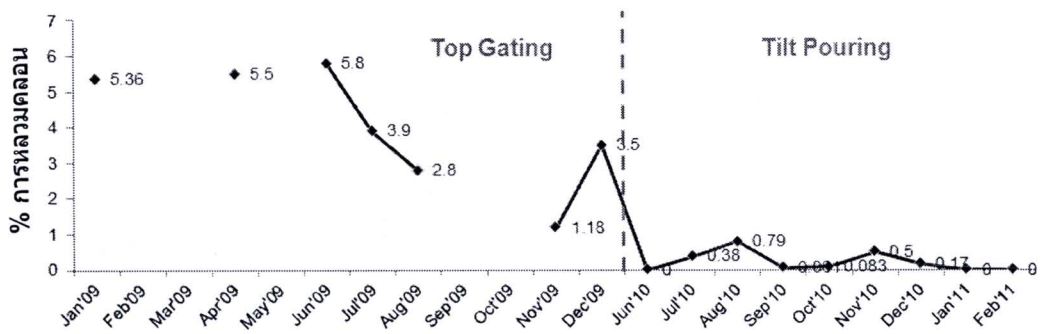
(ข) Kirkendall Voids

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

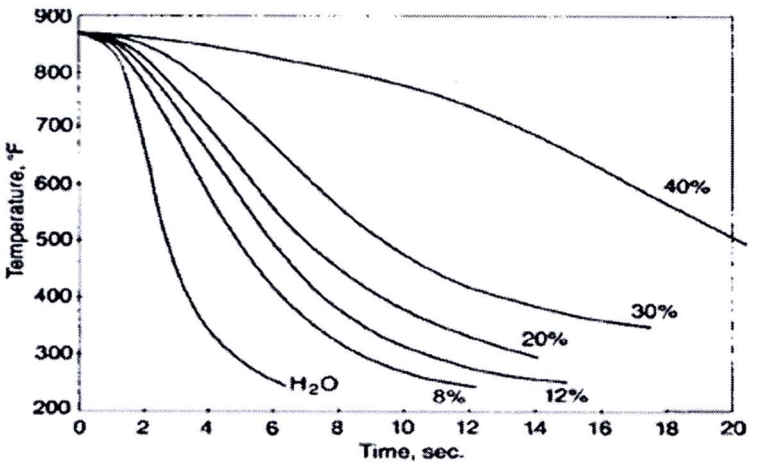
5.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการวิเคราะห์กระบวนการที่เกี่ยวข้องทั้หมด ซึ่งสามารถสรุปแนวทางการแก้ไขปัญหาได้ดังนี้ คือ

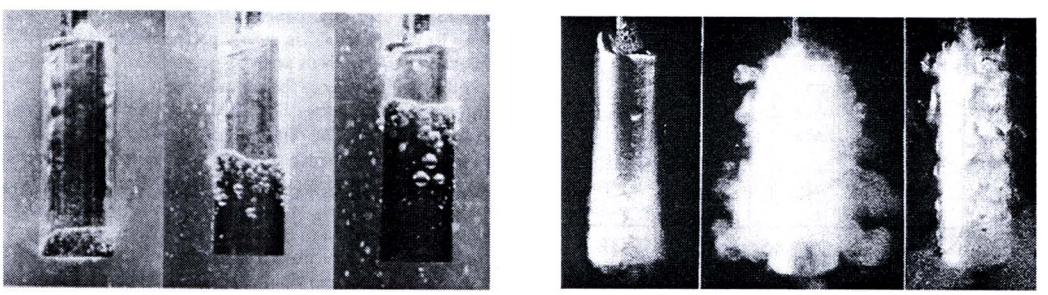
   1.1 ทำการออกแบบ Mold โดยหลีกเลี่ยงการออกแบบ Gating System แบบ Top Gate เพื่อลดปัญหาการไหลป่วนของน้ำอะลูมิเนียม และป้องกันการเกิดอ๊อกไซด์ฟิลม์ โดยให้เลือกใช้กระบวนการเทแบบ Tilting ซึ่งเมื่อทำการเปลี่ยนกระบวนการหล่อสามารถลดจดเสียแบบหลวมคลอนได้ดังนี้



1.2 ป้องกันปัญหาการเกิดช่องหลังจากกระบวนการอบ T6 ซึ่งเกิดจากการบิดตัวของชิ้นงานจาก Difference Thermal Expansion coefficient สามารถทำได้โดยการปรับปรุง Quenching Mediate โดยการผสม Polymer ในน้ำ เพื่อลดปัญหาการบิดตัวที่เกิดจาก Difference Thermal Expansion ซึ่งจากงานวิจัยของ G.E. Totten [11] พบว่าการผสม Polymer ลงไปในน้ำมีผลทำให้อัตราการเย็นตัวของชิ้นงานช้าลง ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ Polymer ดังกราฟที่ 5.3 ซึ่งกลไกที่ทำให้การเย็นตัวของชิ้นงานเปลี่ยนแปลงไป คือ เมื่อผสม Polymer ลงไปในน้ำ เมื่อนำชิ้นงานที่มีอุณหภูมิสูงจุ่มลงไป จะทำให้เกิดฟองอากาศปกคลุมชิ้นงาน ส่งผลทำให้ความเร็วในการถ่ายเทอุณหภูมิลดลง ตามภาพที่ 5.4



กราฟที่ 5.2 อัตราการเย็นตัวของชิ้นงานเปลี่ยนแปลงตามความเข้มข้นของเปอร์เซ็นต์ Polymer [11]



(ก) **(ข)**

รูปที่ 5.3 ชิ้นงานที่ Quench หลังกระบวนการ Solution

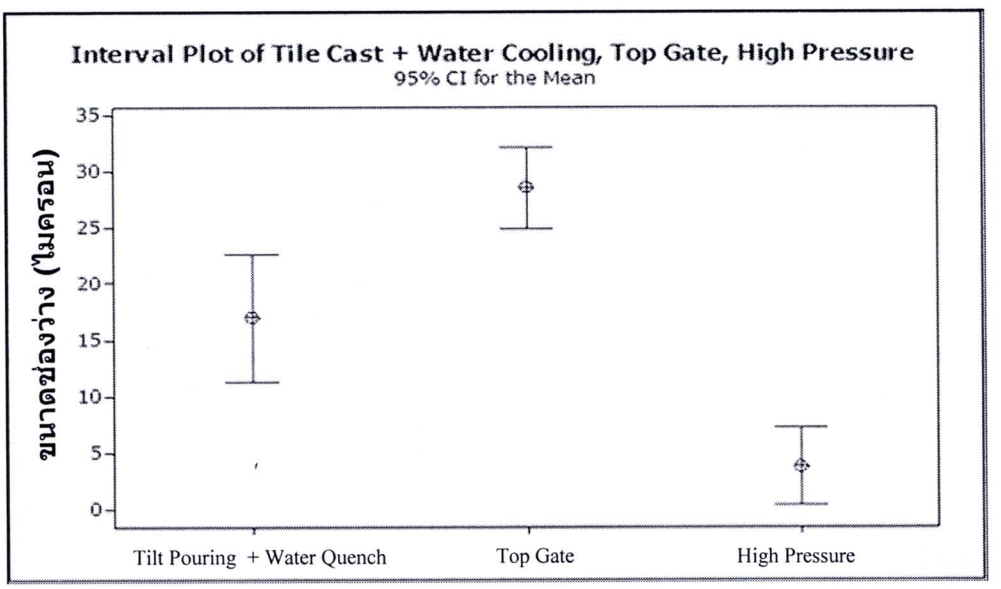
(ก) จุ่มชิ้นงานในน้ำ [11]

(ข) จุ่มชิ้นงานในน้ำผสม Polymer [11]

1.3 ลดกระบวนการอบ T6 ซึ่งจะสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนวัตถุดิบในการหล่อจาก AC4C ซึ่งเป็นเกรดที่งานหล่อ และต้องอบเพื่อเพิ่มคุณสมบัติทางกล เป็นอะลูมิเนียมเกรดที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน เช่น ADC12 และเปลี่ยนกระบวนการเป็น High Pressure Die Casting ซึ่งไม่ต้องผ่านกระบวนการอบ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติทางกล ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกลตามตารางที่ 5.1 และทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาช่องว่างระหว่าง Insert Casting กับอะลูมิเนียมของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการผลิตด้วย High Pressure Die Casting ซึ่งการเปรียบเทียบขนาดของช่องว่างตามรูปที่ 5.2.2

คุณสมบัติทางกล	**AC4C + T6**	**ADC12**
Tensile Strength	255 MPa	331 MPa
Yield Strength	179 MPa	165 MPa
Elongation	≥ 5 %	2.5 %
Hardness	70 – 100 HB	85 HB

ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติทางกลของอะลูมิเนียม AC4C และ ADC12



รูปที่ 5.4 เปรียบเทียบช่องว่างของชิ้นงานที่หล่อด้วยวิธีการต่างๆ

ซึ่งจากรูปการเปรียบเทียบกระบวนการผลิตจะเห็นได้ว่ากระบวนการที่ทำให้มีขนาดของช่องว่างที่น้อยที่สุดคือกระบวนการผลิตแบบ High Pressure Die Casting

2. การวัดขนาดของช่องว่างของวัสดุ 2 ชนิดที่ต่างชนิดกัน โดยใช้กล้อง Microscope จะพบเงาที่เกิดขึ้นจากระดับที่แตกต่างกันของการขัดเตรียมผิวของชิ้นงาน เนื่องจากความแข็งของผิวชิ้นงานที่แตกต่างกัน ทำให้ความลึกในการขัดของผิวทั้ง 2 ที่ขัดพร้อมกันมีความลึกไม่เท่ากัน การขัดเตรียมผิวชิ้นงานต้องทำการขัดโดยใช้แรงทีละน้อย เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว