บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 สรุปผลการจำลองการหล่อด้วยคอมพิวเตอร์

การทำโครงงานวิจัยครั้งนี้ผลจากการทดลองจำลองการหล่อโลหะด้วยคอมพิวเตอร์ทำให้เราทราบถึงทิศทางการไหลและความเร็วในการไหลเข้าของน้ำโลหะหลอมเหลวซึ่งในความเป็นจริงเราไม่อาจที่จะสามารถทำนายถึงทิศทางของการไหลและการแข็งตัวของน้ำโลหะได้ ผลจากการนำเทคโนยีการจำลองการหล่อมาประยุกต์ใช้เพื่อทดแทนการหล่อจริงสามารถสรุปได้ดังนี้

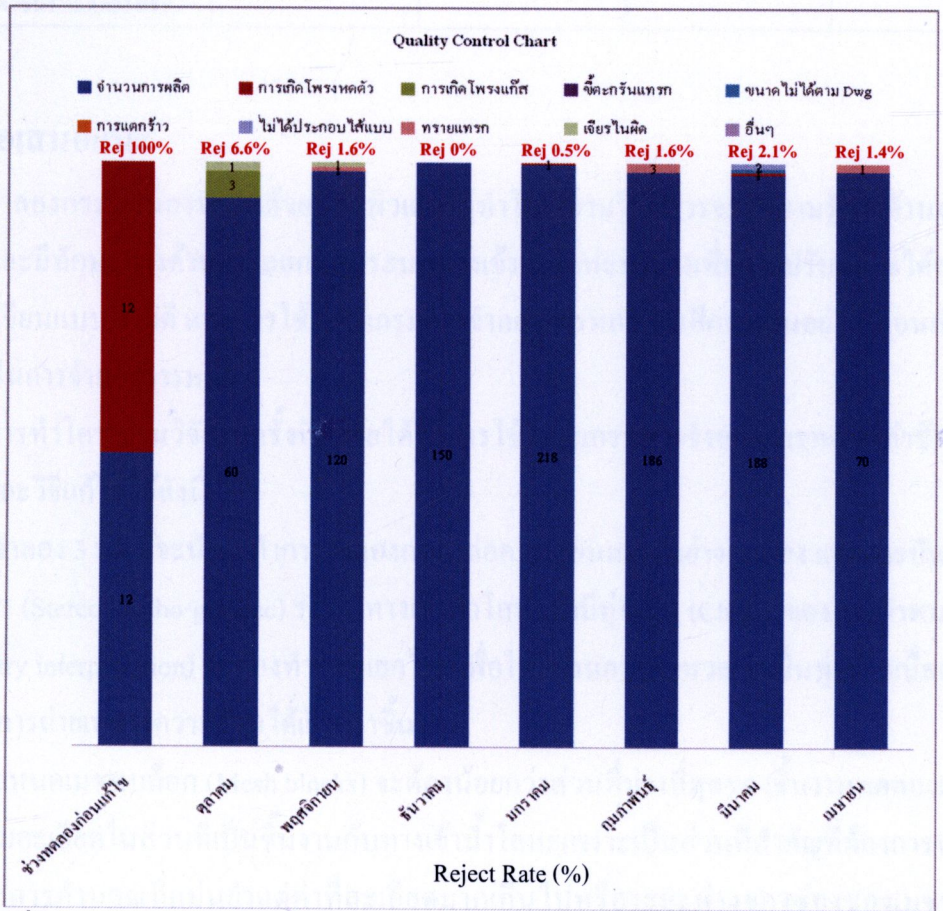
- ผลการไหลเข้าของน้ำโลหะ (Filling Metal) จากการออกแบบระบบทางเข้าน้ำโลหะระบบเดิมนั้นมีการไหลเข้าจากด้านบนลงสู่ด้านล่างทำให้มีการไหลเข้าแบบปั่นป่วนทำให้เราสามารถตัดสินใจได้ว่าควรที่จะกลับฝาเทจากฝาล่างเป็นฝาบนนั้นจะทำให้การไหลตัวของแก๊สที่เกิดจากการหล่อไหลได้ดีกว่าและลดการไหลแบบปั่นป่วนจากการไหลเข้าจากด้านบนลงด้านล่างอีกทั้งยังทำให้สามารถเจียระไนครีบที่เกิดจากการวางทุ่นเย็นทำได้ง่ายและรวดเร็วกว่า

- จากผลการจำลองการแข็งตัวของโลหะ (Solidification Metal) ทำให้เราทราบได้ว่าบริเวณพื้นที่ที่มีการแข็งตัวช้าจะส่งผลต่อการเกิดโพรงหดตัวได้เมื่อเทียบกับชิ้นงานหล่อจริงจากการทดลองแบบหล่อปัจจุบัน และหลังจากได้ผลการทดลองทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์และปรับแก้ไขระบบทางเข้าน้ำโลหะโดยการวางทุ่นเย็นตรงบริเวณพื้นที่ที่มีการแข็งตัวช้าสุดและเพิ่มรูล้นตรงจุดที่ยังเกิดโพรงหดตัว จากผลการทดลองที่ 5 นั้นสามารถลดโอกาสการเกิดโพรงหดตัวได้โดยการหดตัวจะไปอยู่ที่รูล้น (Riser) แทนที่ชิ้นงานทดลองเราจึงเลือกผลการทดลองที่ 5 มาทำการทดลองหล่อจริง

จากตารางที่ 5.1 ทำการเปรียบเทียบการเกิดโพรงหดตัวช่วงระยะเวลาก่อนการแก้ไขและหลังการแก้ไขระบบทางเข้าน้ำโลหะเพื่อลดจุดเสียจากการหล่อชิ้นงาน โดยรูปที่ 5.1 แผนภูมิการเปรียบเทียบการเกิดโพรงหดตัวและจุดเสียอื่นๆจากจำนวนการผลิต การรวบรวมข้อมูลทั้งหมดพอสรุปได้ว่าชิ้นงานที่ทำการจำลองกระบวนการหล่อโลหะด้วยคอมพิวเตอร์สามารถแก้ไขการเกิดจุดเสียจากโพรงหดตัวของชิ้นงานหล่อลดลงจากการผลิตและยังสามารถลดต้นทุนในกระบวนการผลิตได้อีกด้วยสามารถนำมาทำการหล่อจำนวนมากต่อไป

ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองหล่อชิ้นงานและผลการเก็บข้อมูลการตรวจสอบ

	ช่วงทดลองก่อนแก้ไข	ช่วงเวลาเก็บข้อมูลหลังการทดลอง						
		ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธุ์	มีนาคม	เมษายน
จำนวนการผลิต	12	60	120	150	218	186	188	70
การเกิดโพรงหดตัว	12				1		1	
การเกิดโพรงแก๊ส		3						
ขี้ตะกรันแทรก								
ขนาดไม่ได้ตาม Dwg							1	
การแตกร้าว								
ไม่ได้ประกอบไส้แบบ							2	
ทรายแทรก			1			3		1
เจียระไนผิด		1	1					
%ของเสีย	100%	6.6%	1.6%	0%	0.5%	1.6%	2.1%	1.4%



รูปที่ 5.1 แผนภูมิการเปรียบเทียบการเกิดโพรงหดตัวและจุดเสียอื่นๆจากจำนวนการผลิต

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบผลการออกแบบระบบทางเข้าน้ำโลหะและกระบวนการหล่อจากการทดลองหล่อชิ้นงาน

รายการการเปรียบเทียบ	การทดลองการหล่อชิ้นงานอื่น ข้อมูลที่ผ่านมา ชื่องาน Lap plate	การทดลองการหล่อชิ้นงานอื่น ข้อมูลที่ผ่านมา ชื่องาน Holder	การทดลองหล่อแบบไม่ใช้โปรแกรมจำลองการหล่อก่อนการแก้ไข	การทดลองหล่อแบบใช้โปรแกรมจำลองการหล่อหลังการแก้ไข
จำนวนครั้งการทดลองการหล่อจริงและผลที่ได้	10	6	6 ครั้ง (ไม่ผ่าน)	1 ครั้ง (ผ่าน)
จำนวนการทดลองออกแบบระบบทางเข้าน้ำโลหะ	8 แบบทดลอง	6 แบบทดลอง	4 แบบทดลอง	5 แบบทดลอง
การตรวจพบโพรงหดตัวหลังการทดลองหล่อครั้งสุดท้าย	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน
ต้นทุนการทดลองหล่อ (ไม่นับการทดลองครั้งแรก)	มี (สูง)	มี (สูง)	มี (สูง)	ไม่มี (ต่ำ)
รวมระยะเวลาในกระบวนการทดลองการหล่อ	-	-	42 วัน	35 วัน
ระยะเวลาในการเจียระไนตกแต่งชิ้นงานเฉลี่ยต่อชิ้น	-	-	3 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง

5.2 ข้อเสนอแนะ

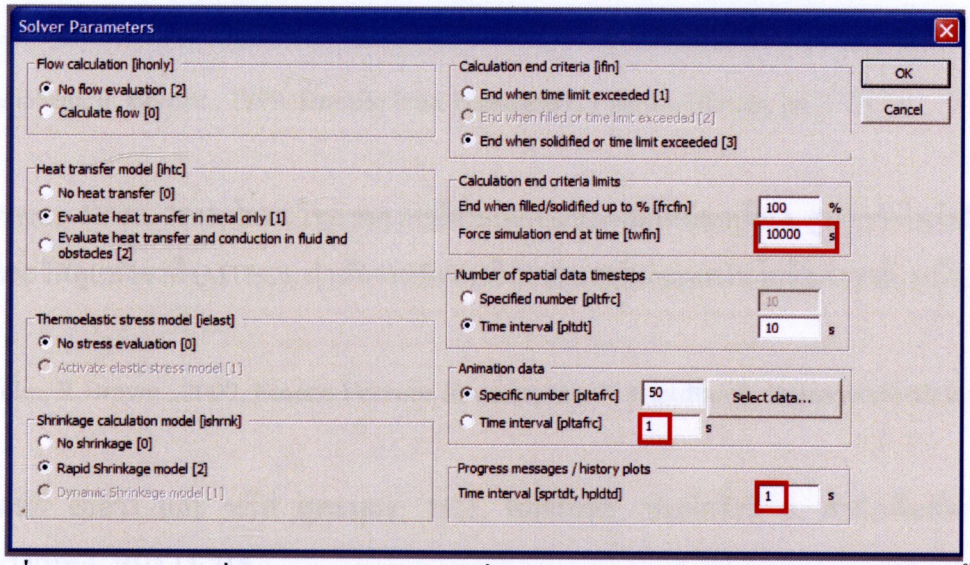
1. การจำลองกระบวนการหล่อด้วยคอมพิวเตอร์ผู้ทำโครงงานวิจัยควรจะมีความรู้ทางด้านงานหล่อโลหะ และมีทักษะทางด้านการออกแบบระบบทางเข้าน้ำโลหะมาบ้างเพื่อการปรับแก้ไขได้อย่างตรงจุด การเขียนแบบ 3 มิติ และการใช้โปรแกรมการจำลองการหล่อควรศึกษาเป็นอย่างดีก่อนเพื่อความรวดเร็วในการจำลองการหล่อ

2. จากการทำโครงงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการใช้โปรแกรมการจำลองการหล่อที่ล่าช้าพอสรุปสาเหตุและวิธีแก้ไขได้ดังนี้

- แบบจำลอง 3 มิติ ที่จะนำมาทำการจำลองการหล่อควรเขียนมาได้อย่างถูกต้อง และการบันทึกไฟล์เป็น .Stl (Stereo Litho-graphic) ระบบทางเข้าน้ำโลหะถ้ามีทุ่นเย็น (Chill) ของการกำหนดข้อมูล (Geometry interpretation) จะต้องทำการแยกไฟล์เพื่อให้โปรแกรมคำนวณว่าเป็นทุ่นเย็นเนื่องจากทุ่นเย็นจะมีการถ่ายเททางความร้อนได้เร็วกว่าชิ้นงาน
- การกำหนดเมชทบล็อก (Mesh blocks) จะต้องน้อยกว่าส่วนที่บางที่สุดของชิ้นงานทดลองและควรเน้นความละเอียดในส่วนที่เป็นชิ้นงานกับทางเข้าน้ำโลหะเพราะเป็นส่วนที่สำคัญที่ต้องการทราบผล ทั้งนี้เพื่อการคำนวณที่แม่นยำแต่ค่าที่ละเอียดมากเกินไปหรือระยะห่างของช่องของเมชทบล็อคละเอียดเกินไปจะทำให้ใช้ระยะเวลาในการคำนวณยาวนาน ดังนั้นจึงควรสร้าง New gridline เพื่อช่วย

ลดจำนวนของเมชบล็อก โดยเน้นตรงส่วนที่เป็นชิ้นงานกับระบบทางน้ำโลหะให้ละเอียดส่วนที่อยู่รอบนอกนั้นไม่สำคัญให้กำหนดจำนวนเมชบล็อคหยาบลงได้เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการคำนวณ

- การกำหนดเงื่อนไขและข้อกำหนดเพื่อการประมวลผลการจำลองการหล่อ (Solver Parameters)



รูปที่ 5.2 การกำหนดเงื่อนไขและข้อกำหนดเพื่อการประมวลผลการจำลองการหล่อที่เร็วขึ้น

จากเดิมผู้วิจัยได้กำหนดค่าที่ละเอียดเกินไปทำให้ใช้ระยะเวลาในการประมวลผลที่ยาวนาน เพราะฉะนั้นเราควรกำหนดดังรูปที่ 5.2 คือระยะเวลาในการคำนวณหาประมาณ 10000 วินาที ส่วนการจำลองผลข้อมูลเป็นภาพเคลื่อนไหว (Animation data) ให้กำหนดเวลาระหว่างการบันทึกการประมวลผลทุกๆ 1 วินาทีก็เพียงพอแล้ว จะช่วยทำให้ได้ผลการจำลองการหล่อที่รวดเร็วขึ้น

3. อย่างไรก็ตามผลการใช้โปรแกรมการจำลองการหล่อด้วยคอมพิวเตอร์อาจเกิดความผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการป้อนค่าต่างๆให้ถูกต้อง ให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดผลที่ออกมาจึงจะตรงกับความเป็นจริง และการจำลองการหล่อด้วยคอมพิวเตอร์โดยการใช้วิธีการผลต่างสืบเนื่อง (Finite Different Method) นั้นยังคงมีขีดจำกัดในการใช้งานบางประการ ดังนั้นผู้ที่ต้องการจะใช้โปรแกรมเพื่อจำลองงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นอาจจะพิจารณาโปรแกรมคำนวณและประมาณค่าด้วยวิธีอื่นๆ เช่น ไฟไนท์เอลิเมนต์ เป็นต้น