บทที่ 5
อภิปรายผลการทดลอง

5.1 อิทธิพลของประเภทเหล็กหล่อที่มีผลต่อปริมาตรการหดตัว

เหล็กหล่อเทาและเหล็กหล่อกราไฟท์กลมถูกเทลงในแบบหล่อทรายฟูรานชนิดเดียวกัน ซึ่งมีความแข็งแรงประมาณ 30-45 kg/cm^2 กำหนดขนาดทางเดินน้ำโลหะของเหล็กหล่อทั้งสองประเภทให้มีขนาดเท่ากันเพื่อให้น้ำโลหะสามารถไหลเข้าเต็มแบบหล่อได้พร้อมกัน จากผลการทดลองรูปที่ 4.1 แสดงปริมาตรการหดตัวของเหล็กหล่อเทาของรูปร่างชิ้นงาน X และ L ที่ปริมาณคาร์บอน 3.11% มีค่าประมาณ 20,000-68,000 ลบ.มม. และปริมาตรการหดตัวของเหล็กหล่อกราไฟท์กลมของรูปร่างชิ้นงาน X และ L ที่ปริมาณคาร์บอน 3.10% มีค่าประมาณ 20,000-95,000 ลบ.มม. ปริมาตรการหดตัวของเหล็กหล่อกราไฟท์กลมมากกว่าเหล็กหล่อกราไฟท์เทาประมาณ 1.4 เท่า เป็นผลมาจากลักษณะการแข็งตัวของกราไฟท์กลมและกราไฟท์แผ่นอธิบายได้ดังบทที่ 2 ที่กล่าวถึงการเกิดกราไฟท์กลมและกราไฟท์แผ่น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Wallace[15] ที่ชิ้นงานจะขยายตัวเพิ่มขึ้นเมื่อโครงสร้างของกราไฟท์เปลี่ยนจากแผ่นเป็นกลม ลักษณะการแข็งตัวของเหล็กหล่อกราไฟท์กลมมีลักษณะกึ่งเหลวกึ่งแข็งมากกว่าเหล็กหล่อเทาทำให้เวลาการแข็งตัวช้า ซึ่งการแข็งตัวของกราไฟท์กลมเกิดขึ้นจากการถ่ายเทความร้อนแผ่งของการเกิดผลึกหรือนิวเคลียสผ่านโลหะหลอมเหลว กราไฟท์ที่เกิดขึ้นในเหล็กหล่อเทาสามารถถ่ายเทความร้อนสู่ผนังแบบหล่อได้ง่ายกว่าการแข็งตัวของกราไฟท์กลมโดยความร้อนแผ่งของกราไฟท์จะถ่ายเทผ่านของเหลวที่อยู่ล้อมรอบผลึกออสเตนไนท์ ทำให้แรงดันจากการเกิดกราไฟท์ดันให้ผนังแบบหล่อขยายตัว ผลการทดลองหาปริมาตรการหดตัวของดุมขนาด 3 นิ้วของเหล็กหล่อกราไฟท์กลมกับเหล็กหล่อเทาในแบบหล่อทรายฟูราน พบว่าปริมาตรการหดตัวของเหล็กหล่อกราไฟท์กลมมากกว่าปริมาตรการหดตัวของเหล็กหล่อเทา จากการทดลองของ Hummer[17] แสดงปริมาตรการหดตัวของเหล็กหล่อเทาและเหล็กหล่อกราไฟท์กลมที่มีค่าคาร์บอนสมมูลย์เท่ากันว่าปริมาตรการหดตัวของเหล็กหล่อกราไฟท์กลมมากกว่าเหล็กหล่อเทา เนื่องมาจากการขยายตัวของแบบหล่อทราย

5.2 อิทธิพลของปริมาณคาร์บอนที่มีผลต่อปริมาตรการหดตัว

จากรูปที่ 4.3 เมื่อเพิ่มปริมาณคาร์บอนลงในเหล็กหล่อกราไฟท์กลมจาก 2.75-3.4% มีผลทำให้ปริมาตรการหดตัวของชิ้นงานมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากปริมาณคาร์บอนที่เพิ่มในน้ำโลหะภายหลังที่เกิดการเย็นตัวลงจะเกิดกราไฟท์ขึ้นมาแทนที่ปริมาตรการหดตัวของน้ำโลหะ ซึ่ง

สอดคล้องกับการทดลองของ Wallace [15] และ Li [16] ว่าปริมาณของคาร์บอนเทียบเท่า (CE) ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาตรการหดตัวลดลงเนื่องจากปริมาณกราไฟท์ที่เพิ่มขึ้น

เหล็กหล่อเทา จากการทดลองในรูปที่ 4.2 แสดงว่า เมื่อเพิ่มปริมาณคาร์บอนในชิ้นงาน X จะทำให้ปริมาตรการหดตัวเพิ่มขึ้น และถ้าเพิ่มปริมาณคาร์บอนในชิ้นงาน L พบว่าปริมาตร การหดตัวมีแนวโน้มลดลงรวมถึงการหาปริมาตรของกราไฟท์ที่ส่วนผสมต่างๆ พบว่าเมื่อปริมาณคาร์บอนเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณของกราไฟท์เพิ่มขึ้นตามประมาณ 5% จากภาพหน้าตัดชิ้นงานที่ 4.8 พบว่าเมื่อปริมาณคาร์บอนเพิ่มขึ้นจะทำให้พื้นที่หดตัวลดน้อยลง ดังนั้นผลการทดลองในรูปที่ 4.2 ของเหล็กหล่อเทาชิ้นงานจุดต่อ X มีแนวโน้มการหดตัวลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณคาร์บอน

5.3 อิทธิพลของความหนาที่มีผลต่อปริมาตรการหดตัว

จากผลการทดลองรูปที่ 4.4 และ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ของความหนาชิ้นงานที่ 20 และ 30 มิลลิเมตร ที่มีผลต่อปริมาตรการหดตัวของเหล็กหล่อเทาและเหล็กหล่อกราไฟท์กลมตามลำดับ พบว่าปริมาตรการหดตัวของชิ้นงานรูป X ที่มีความหนา 30 มิลลิเมตร จะหดตัวมากกว่า 20 มิลลิเมตรประมาณ 2 เท่าและสำหรับชิ้นงาน L ที่มีความหนา 20 มิลลิเมตรจะหดตัวมากกว่าขนาด 30 มิลลิเมตรประมาณ 1.6 เท่า แสดงให้เห็นว่าความหนามีส่วนสัมพันธ์กับรูปร่างของชิ้นงาน กล่าวคือ ชิ้นงานรูปร่าง X จะมีปริมาตรการหดตัวเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของความหนาชิ้นงานเพิ่มขึ้นที่เป็นเช่นนี้เพราะความหนาที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อขนาดของจุดต่อที่เพิ่มขึ้นด้วย ทำให้เวลาในการเย็นตัวของชิ้นงานเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของชิ้นงาน X จะยากกว่ารูปร่างชิ้นงานอื่นๆมาก จึงทำให้โอกาสของการหดตัวเพิ่มขึ้น

แต่สำหรับชิ้นงานรูปร่าง L ปริมาตรการหดตัวจะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดความหนาของชิ้นงานลดลงทั้งนี้เพราะว่าพื้นที่หน้าตัดทางเข้าน้ำโลหะบริเวณแขนของชิ้นงานมีขนาดเล็กกว่าชิ้นงาน L ความหนา 30 มิลลิเมตรทำให้ปริมาณของน้ำโลหะไหลเข้าไปได้น้อยทำให้อุณหภูมิของน้ำโลหะลดลง จึงเป็นสาเหตุให้แขนของชิ้นงานแข็งตัวก่อน จึงกล่าวได้ว่าการออกแบบชิ้นงานให้มีลักษณะการการออกการแข็งตัวแบบมีทิศทาง (Directional solidification) ตามหลักการของChvorinov โดยพิจารณาขนาดของโมดูลัสของชิ้นงานเพื่อกำหนดทิศทางการเข้าน้ำโลหะ และจากการทดลองนี้กับชิ้นงานจุดต่อ L พบว่าเมื่อค่าของโมดูลัสของจุดต่อชิ้นงานเมื่อเทียบกับแขนของชิ้นงานมีค่าต่ำกว่าไม่มากจะทำให้เกิดการหดตัวน้อยซึ่งสอดคล้องกับหลักการของBradley[19]ได้ทำการทดลองกับชิ้นงานที่มีรูปร่างเป็นตัว T ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่าทิศทางเดินน้ำโลหะควรติดอยู่ในตำแหน่งที่มีขนาดโมดูลัสใกล้เคียงกับจุดต่อจะทำให้สามารถลดการหดตัวลง

5.4 อิทธิพลของรูปร่างชิ้นงานที่มีผลต่อปริมาตรการหดตัว

จากผลการทดลองรูปที่ 4.6 และ 4.7 พบว่าปริมาตรการหดตัวของชิ้นงานรูปร่าง X ความหนา 30 มิลลิเมตรจะมีปริมาตรการหดตัวมากกว่าชิ้นงานรูปร่าง L ความหนา 30 มิลลิเมตร ประมาณ 4-5 เท่า และชิ้นงานรูปร่าง X ความหนา 20 มิลลิเมตรจะมีปริมาตรการหดตัวมากกว่าชิ้นงานรูปร่าง L ความหนา 20 มิลลิเมตรการหดตัวของชิ้นงานรูปร่างทั้งสองเกิดขึ้นเนื่องจากบริเวณจุดต่อของชิ้นงานทั้งสองมีขนาดที่แตกต่างกันทำให้เวลาการแข็งตัวจึงต่างกัน การแข็งตัวของชิ้นงานทั่วไป เริ่มขึ้นบริเวณขอบริมด้านในที่น้ำโลหะผ่านเข้าไปถึงก่อน ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ไกลจากทางเข้าน้ำโลหะ การแข็งตัวจึงเริ่มขึ้นเข้ามาหาส่วนปลายบริเวณทางเข้าน้ำโลหะ เรียกว่า การแข็งตัวแบบมีทิศทาง แต่สำหรับชิ้นงานจุดต่อนั้นบริเวณหน้าตัดของชิ้นงานจะมีขนาดแตกต่างมากกว่าบริเวณส่วนแขนหรือส่วนประกอบอื่นๆ จึงทำให้บริเวณจุดต่อแข็งตัวช้า โดยภายหลังจากที่น้ำโลหะไหลเข้าไปเต็มแบบหล่อแล้ว ความร้อนจากน้ำโลหะจะถ่ายเทไปสู่แบบหล่อทรายในทิศทางตั้งฉากกับผิวและในแนวรัศมีกับบริเวณส่วนโค้ง พื้นที่ผิวที่กว้างจะมีการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าบริเวณที่แคบ ซึ่งบริเวณรอยต่อมุมด้านในมีพื้นที่ในการถ่ายเทความร้อนน้อยกว่าที่ผิวด้านนอก เป็นผลให้โลหะบริเวณมุมด้านในจะเย็นตัวช้าสุดกลายเป็นจุดร้อนและอาจเกิดการหดตัวขึ้นได้

จากการทดลองครั้งนี้พบว่าเมื่อจำนวนแขนเพิ่มจะทำให้เกิดการหดตัวเพิ่มขึ้นซึ่ง ปรากฏการณ์นี้สามารถอ้างอิงได้จากผลการทดลอง[14] ระหว่างชิ้นงานที่มีรูปร่างชิ้นงานจุดต่อ X เทียบกับ L พบว่า อุณหภูมิของจุดร้อนที่เกิดขึ้นในบริเวณรอยต่อของชิ้นงานจุดต่อ X มีค่ามากกว่าชิ้นงานจุดต่อ L ซึ่งจะมีโอกาสทำให้เกิดการหดตัวที่ชิ้นงานจุดต่อ X มากกว่าชิ้นงานจุดต่อ L