การหดตัวของชิ้นงานจุดต่อ X และ L ในเหล็กหล่อเทาและเหล็กหล่อกราไฟท์กลม

นาย นพดล อุ่มน้อย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-332-201-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I19002580

THE SHRINKAGE OF X-L JUNCTION CASTING IN GREY AND SPHEROIDAL GRAPHITE CAST IRON

MR. NOPPADON OUMNOI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Metallurgical Engineering
Department of Metallurgical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1998
ISBN 974-332-201-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหดตัวของชิ้นงานจุดต่อ X และ L ในเหล็กหล่อเทาและเหล็กหล่อกราไฟท์กลม
โดย	นายนพดล อุ่มน้อย
ภาควิชา	วิศวกรรมโลหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.สุมาลี วงศ์จันทร์)

....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์)

....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ไสว ด่านชัยวิจิตร)

นพดล อุ่มน้อย : การหดตัวของชิ้นงานจุดต่อ X และ L ในเหล็กหล่อเทาและเหล็กหล่อกราไฟท์กลม (THE SHRINKAGE OF X-L JUNCTION CASTING IN GREY AND SPHEROIDAL GRAPHITE CAST IRON) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์ ; 63 หน้า. ISBN 974-332-201-9.

การศึกษานี้เป็นการศึกษาในเชิงการทดลอง เพื่อเปรียบเทียบปริมาตรการหดตัวของเหล็กหล่อเทาและเหล็กหล่อกราไฟท์กลมในชิ้นงานจุดต่อ X และ L ขนาดความหนา 20-30 มิลลิเมตร และปริมาณคาร์บอน 2.8, 3.1 และ 3.4% ที่หล่อด้วยแบบหล่อทรายฟูราน

จากผลทดลองพบว่า เหล็กหล่อกราไฟท์กลมมีปริมาตรการหดตัวมากกว่าเหล็กหล่อเทา 1.4 เท่า ปริมาตรการหดตัวมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณคาร์บอนเพิ่มขึ้น ชิ้นงานจุดต่อ X มีปริมาตรการหดตัวมากกว่าชิ้นงานจุดต่อ L ประมาณ 4-5 เท่า ชิ้นงานจุดต่อ X (30) มีปริมาตรการหดตัวมากกว่าชิ้นงานจุดต่อ X (20) ประมาณ 2 เท่า และชิ้นงานจุดต่อ L (20) มีปริมาตรการหดตัวมากกว่าชิ้นงานจุดต่อ L (30) ประมาณ 1.6 เท่า

การศึกษานี้ช่วยในการกำหนดขนาดของชิ้นงานและทิศทางเข้าน้ำโลหะ เพื่อลดปัญหาจุดบกพร่องประเภทการหดตัวได้

ภาควิชา ....วิศวกรรมโลหการ........ ลายมือชื่อนิสิต ....นพดล อุ่มน้อย........

สาขาวิชา ....วิศวกรรมโลหการ........ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ....[signature]........

ปีการศึกษา ....2541........ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ....

C818199 : MAJOR METALLURGICAL ENGINEERING

KEY WORD: SPHEROIDAL GRAPHITE CAST IRON / GREY CAST IRON / SHRINKAGE / X-L JUNCTION

NOPPADON OUMNOI : THE SHRINKAGE OF X-L JUNCTION CASTING IN GREY AND SPHEROIDAL GRAPHITE CAST IRON. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. PARITUD BHANDHUBANYONG, DR. 63 pp. ISBN 974-332-201-9.

This study is an experimental research to compare the shrinkage of grey and spheroidal graphite cast iron in X-L junction casting with 20 and 30 mm. thickness and carbon content of 2.8, 3.1and 3.4 % that are formed by furan sand mold.

It was found that spheroidal graphite cast iron exhibited about 1.4 times shrinkage more than grey cast iron, also the shrinkage was decreased when the carbon content increased. X junction casting had about 4-5 times shrinkage more than L junction casting. Moreover, X junction casting with thickness of 30 mm. had about 2 times shrinkage more than the same one with thickness of 20 mm. On the other hand, L junction casting with thickness of 20 mm. had about 1.6 times shrinkage more than the same one with thickness of 30 mm..

Consequently, this study can help to indicate a size of casting and direction of gating system to decrease shrinkage defects of casting.

ภาควิชา วิศกวรรมโลหการ	ลายมือชื่อนิสิต
สาขาวิชา วิศวกรรมโลหการ	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2541	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์ ที่ให้ความกรุณาช่วยเหลือชี้แนะแนวทาง สั่งสอนอบรมและช่วยควบคุมให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จดังจุดมุ่งหมายและขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.สุมาลี วงศ์จันทร์ และอาจารย์ ดร. ไสว ด่านชัยวิจิตร ที่ให้เกียรติมาเป็นกรรมการสอบและตรวจสอบแนะนำแก้ไขให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบคุณ Mr.Isamu Taki ที่กรุณาแนะนำและสั่งสอนเกี่ยวกับการหล่อเหล็กหล่อและเทคนิคต่างๆ และขอขอบคุณ คุณสุนทร รุณรงค์ คุณวรรณชัย พร้อมมูล และเจ้าหน้าที่งานหล่อโลหะ คุณไพบูลย์ ฑีฆะพันธุ์ คุณสหัส ชุ่มสูงเนิน และคุณบรรเทา ว่องประชานุกูล แผนกเครื่องมือกลของสำนักพัฒนาอุตสาหกรรมสนับสนุนที่อนุญาตให้ใช้สถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์ในการทำการวิจัยนี้ ขอขอบคุณ บริษัท Foseco (ประเทศไทย) จำกัด ที่เอื้อเฟื้อสนับสนุนวัสดุเฟอร์โรซิลิกอนและแมกนีเซียมอัลลอย์ผสมในงานวิจัย และขอขอบคุณสำนักพัฒนาเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (สวทช) และภาควิชาวิศวกรรมโลหการที่สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการทำวิจัยครั้งนี้

และท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ มารดาซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูป	ญ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ทั่วไป	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 เหล็กหล่อเทา	4
2.2 โครงสร้างจุลภาคของเหล็กหล่อเทา	5
2.3 เหล็กหล่อกราไฟท์กลม	8
2.4 ฟูรานเรซิ่น	11
2.5 ระบบทางเดินน้ำโลหะ	14
2.6 จุดต่อ (Junction)	19
3. ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดลอง	25
3.1 การเตรียมแบบหล่อ	25
3.2 การหลอมและการเทเหล็กหล่อ	25
3.3 การทดสอบคุณสมบัติของน้ำโลหะ	29
3.4 การหาปริมาตรการหดตัว	30
3.5 การหาปริมาตรชิ้นงานที่หดตัวโดยวิธี Image Analysis เปรียบเทียบกับการชั่งน้ำหนัก	33
4. ผลการทดลอง	34
4.1 อิทธิพลของประเภทเหล็กหล่อที่มีผลต่อปริมาตรการหดตัว	34

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.2 อิทธิพลของปริมาณคาร์บอนที่มีผลต่อปริมาตรการหดตัว	36
4.3 อิทธิพลของความหนาชิ้นงานที่มีผลต่อปริมาตรการหดตัว	37
4.4 อิทธิพลของรูปร่างชิ้นงานที่มีผลต่อปริมาตรการหดตัว	39
5. การอภิปรายผลการทดลอง	48
5.1 อิทธิพลของประเภทเหล็กหล่อที่มีผลต่อปริมาตรการหดตัว	48
5.2 อิทธิพลของปริมาณคาร์บอนที่มีผลต่อปริมาตรการหดตัว	48
5.3 อิทธิพลของความหนาที่มีผลต่อปริมาตรการหดตัว	51
5.4 อิทธิพลของรูปร่างชิ้นงานที่มีผลต่อปริมาตรการหดตัว	52
6. สรุปและข้อเสนอแนะ	53
6.1 สรุป	53
6.2 ข้อเสนอแนะ	54
รายการอ้างอิง	55
ภาคผนวก	56
ประวัติผู้เขียน	63

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 การเปรียบเทียบแบบหล่อทรายฟูรานกับแบบหล่อทราย CO_2 12

2.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของโลหะระหว่างการแข็งตัว.. 16

3.1 อัตราส่วนวัสดุหลอมต่อหนึ่งครั้ง (60 Kg/charge) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์....................... 25

3.2 ปริมาณธาตุที่ผสมในเหล็กหล่อกราไฟท์กลมและเหล็กหล่อเทา
ในการทำการทดลอง... 26

3.3 ปริมาณวัสดุหลอมและธาตุผสมที่ใช้ในการหลอมแต่ละครั้ง................................ 29

3.4 ปริมาณของธาตุผสมในเหล็กหล่อกราไฟท์กลมและเหล็กหล่อเทา.......................... 30

4.1 ปริมาตรการหดตัวของเหล็กหล่อเทาชิ้นงาน X และ L ที่ 2.91, 3.11
และ 3.40%C.. 34

4.2 ปริมาตรการหดตัวของเหล็กหล่อกราไฟท์กลมชิ้นงาน X และ L ที่ 2.75, 3.10
และ 3.34%C.. 34

ก.1-ก.6 การคำนวณส่วนผสมทางเคมีของวัสดุหลอมในการทดลอง........................... 56

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ความสัมพันธ์ของคาร์บอนและซิลิกอนในเหล็กหล่อ	5
2.2	การกระจายตัวของกราไฟท์	6
2.3	ตัวอย่างยูเทคติกกราไฟท์ของเหล็กหล่อของMorrogh และ Oldfield	7
2.4	รูปแบบรายละเอียดการขยายตัวของกราไฟท์ของ Minkoff และ Lux	8
2.5	ปริมาณคาร์บอนและซิลิกอนในเหล็กหล่อกราไฟท์กลม	9
2.6	ประเภทของรูปร่างกราไฟท์	10
2.7	ตัวอย่างการขยายตัวของกราไฟท์กลมของ Double และ Hallawell	11
2.8	อัตราส่วนปริมาณตัวเร่งในแบบหล่อฟูรานเทียบกับแบบหล่อ CO_2	13
2.9	การเปรียบเทียบปริมาณเรซิ่นต่อความแข็งแรงของแบบหล่อ	14
2.10	สภาพการหดตัวของโลหะทั้ง 3 สถานะ	15
2.11	แผนภูมิเหตุและผลแสดงสาเหตุการหดตัว	17
2.12	(a) การหดตัวภายใน (b) การหดตัวภายนอก	18
2.13	การออกแบบงานหล่อและการแข็งตัวของลิ่ม	19
2.14	ตัวอย่างชิ้นงาน L	20
2.15	การแก้ไขชิ้นงาน L	20
2.16	การแก้จุดร้อนในชิ้นงานรูป X	21
2.17	การออกแบบแก้ไขชิ้นงาน X	21
2.18	ตำแหน่งจุดร้อนในชิ้นงาน L,T และ X	22
2.19	ความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนเทียบเท่ากับปริมาตรการหดตัว	23
2.20	ความสัมพันธ์ของปริมาณอินน้อคคูแลนต์ โมดูลัสที่มีต่อปริมาตรการหดตัว	23
2.21	ความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนอิ่มตัวกับการหดตัว	24
3.1	การวางระบบทางน้ำโลหะของชิ้นงานรูปร่าง X และ L	27
3.2	แผนภูมิขั้นตอนการหล่อชิ้นงานในการทดลอง	28
3.3	รูปหน้าตัดชิ้นงาน X เหล็กหล่อกราไฟท์กลมแสดงการหดตัวที่กึ่งกลางชิ้นงาน	31
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างประเภทของเหล็กหล่อเทาและเหล็กหล่อกราไฟท์กลม ที่ 3.11 และ 3.10% C ต่อปริมาตรการหดตัว	35
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนในเหล็กหล่อเทากับปริมาตรการหดตัว	36
4.3	ความสัมพันธ์ปริมาณระหว่างคาร์บอนของเหล็กหล่อกราไฟท์กลมกับปริมาตรการหดตัว.	37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของชิ้นงานต่อปริมาตรการหดตัวของเหล็กหล่อเทา.... 38

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของชิ้นงานต่อปริมาตรการหดตัวของ เหล็กหล่อกราไฟท์กลม.. 39

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างชิ้นงานต่อปริมาตรการหดตัวของเหล็กหล่อเทา............ 40

4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างชิ้นงานต่อปริมาตรการหดตัวของเหล็กหล่อ กราไฟท์กลม.. 41

4.8 ชิ้นงานจุดต่อ L ความหนา 20 มิลลิเมตรที่ระดับความสูง 50 มิลลิเมตรของ เหล็กหล่อเทาที่ % คาร์บอนต่าง ๆ (ก) 2.91%C (ข) 3.11% C (ค) 3.40%C กำลังขยาย 0.5 เท่า.. 42

4.9 ชิ้นงานจุดต่อ L ความหนา 30 มิลลิเมตรที่ระดับความสูง 50 มิลลิเมตรของ เหล็กหล่อเทาที่ % คาร์บอนต่าง ๆ (ก) 2.91%C (ข) 3.11% C (ค) 3.40%C กำลังขยาย 0.5 เท่า.. 43

4.10 ชิ้นงานจุดต่อ X ความหนา 20 มิลลิเมตรที่ระดับความสูง 50 มิลลิเมตรของ เหล็กหล่อเทาที่ % คาร์บอนต่าง ๆ (ก) 2.91%C (ข) 3.11% C (ค) 3.40%C กำลังขยาย 0.5 เท่า.. 44

4.11 ชิ้นงานจุดต่อ X ความหนา 30 มิลลิเมตรที่ระดับความสูง 50 มิลลิเมตรของ เหล็กหล่อเทาที่ % คาร์บอนต่าง ๆ (ก) 2.91%C (ข) 3.11% C (ค) 3.40%C กำลังขยาย 0.5 เท่า.. 45

4.12 ชิ้นงานจุดต่อ L ความหนา 20 มิลลิเมตรที่ระดับความสูง 50 มิลลิเมตรของ เหล็กหล่อกราไฟท์กลมที่ % คาร์บอนต่าง ๆ (ก) 2.75%C (ข) 3.10% C (ค) 3.34%C กำลังขยาย 0.5 เท่า... 46

4.13 ชิ้นงานจุดต่อ L ความหนา 30 มิลลิเมตรที่ระดับความสูง 50 มิลลิเมตรของ เหล็กหล่อกราไฟท์กลมที่ % คาร์บอนต่าง ๆ (ก) 2.75%C (ข) 3.10% C (ค) 3.34%C กำลังขยาย 0.5 เท่า... 47

4.14 ชิ้นงานจุดต่อ X ความหนา 20 มิลลิเมตรที่ระดับความสูง 50 มิลลิเมตรของ เหล็กหล่อกราไฟท์กลมที่ % คาร์บอนต่าง ๆ (ก) 2.75%C (ข) 3.10% C (ค) 3.34%C กำลังขยาย 0.5 เท่า... 48

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.15 ชิ้นงานจุดต่อ X ความหนา 30 มิลลิเมตรที่ระดับความสูง 50 มิลลิเมตรของเหล็กหล่อกราไฟท์กลมที่ % คาร์บอนต่าง ๆ (ก) 2.75%C (ข) 3.10% C (ค) 3.34%C กำลังขยาย 0.5 เท่า... 49