

ผลกระทบของปริมาณซัลไฟด์ต่ออายุการล้างของอะลูมิเนียมผสมหล่อขึ้นรูป

นายพีระพงษ์ ท้าวเพชร



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำเนินการตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-749-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**EFFECTS OF SILICON CONTENT ON FATIGUE LIFE OF AS-CAST
ALUMINIUM ALLOYS**



Mr. Peerapong Taopetch

**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 1996

ISBN 974-636-947-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลกระทบของปริมาณซิลิคอนต่ออายุการล่าของอะลูมิเนียมผสม
หล่อขึ้นรูป

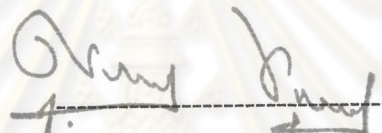
โดย นายพีระพงศ์ ท้าวเพชร

ภาควิชา วิศวกรรมโลหการ

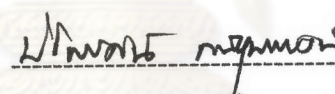
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ นิสารัตนพร

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม พันเอก (พิเศษ) วีระ พลวัฒน์ Ph.D.

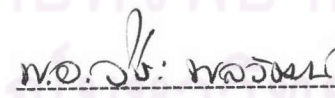
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

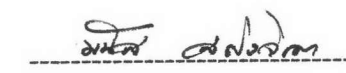

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ สุภวัฒน์ ชุตินวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์)


อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ นิสารัตนพร)


อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(พันเอกพิเศษ วีระ พลวัฒน์ Ph.D.)


กรรมการ
(ศาสตราจารย์มนัส สติรจินดา)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

ทีระพงศ์ ท้าวเพชร: ผลกระทบของปริมาณซิลิกอนต่ออายุการล้าของอะลูมิเนียมผสมหล่อขึ้นรูป

(EFFECTS OF SILICON CONTENT ON FATIGUE LIFE OF AS-CAST ALUMINIUM ALLOYS)

อ. ที่ปรึกษา : ดร.เอกสิทธิ์ นิสารัตนพร, อ.ที่ปรึกษาร่วม : พันเอก (พิเศษ) วีระพลวัฒน์ Ph.D. ; 72 หน้า. ISBN 974-636-749-8

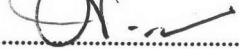
การศึกษาผลกระทบของปริมาณซิลิกอนต่ออายุการล้าของอะลูมิเนียมผสมหล่อเกรด JIS AC2B-F และ AC4B-F โดยได้ทำการทดสอบอายุการล้าขึ้นทดสอบในสภาพหล่อ โดยทำการเปลี่ยนแปลงส่วนผสมของปริมาณซิลิกอน 3 ระดับ คือ 5% 7% และ 10% โดยน้ำหนัก จากผลการทดลองพบว่า การเพิ่มปริมาณซิลิกอนที่ทำให้อายุการล้าของชิ้นงานลดลง นอกจากนี้การวิเคราะห์ผิวการแตกหักโดยใช้เครื่อง SEM พบว่ารอยร้าวจะเริ่มเกิดที่ตำแหน่ง รุพรุน การขยายตัวของรอยร้าวมักผ่านเข้าไปในเฟสซิลิกอนของโครงสร้างยูเทคติก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมโลหการ

สาขาวิชา วิศวกรรมโลหการ

ปีการศึกษา 2539

ลายมือชื่อนิติ 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 101688 นิสารัตนพร

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม นอ. ว. พลวัฒน์

C617851 : MAJOR METALLURGICAL ENGINEERING

KEY WORD: SILICON / FATIGUE LIFE / AL-SI ALLOY / HYPOEUTECTIC / ROTATING BENDING FATIGUE
PEERAPONG TAOPETCH : EFFECTS OF SILICON CONTENT ON FATIGUE LIFE OF AS -
CAST ALUMINIUM ALLOYS , THESIS ADVISOR : DR.EKASIT NISARATANAPORN, THESIS
COADVISOR : COL.WEERA PHLAWADANA Ph.D. 72 pp. ISBN 947-636-749-8


Studying on the effects of silicon content on fatigue life of as-cast aluminium alloys, grade JIS AC2B-F and AC4B-F, was performed. Silicon content was varied as follows: 5 wt.% , 7 wt.% and 10 wt.%. The results showed decreasing in fatigue life with increasing the silicon content. In addition, the fracture surface of specimens were investigated using Scanning Electron Microscope. It was found that the crack origin of fracture occurred at a porous location and these cracks intended preferably to propagate along the silicon phase in eutectic structure.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมโลหการ

สาขาวิชา วิศวกรรมโลหการ

ปีการศึกษา 2539

ลายมือชื่อนิสิต 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 1015105 นิสิตนพ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม 

กิตติกรรมประกาศ



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ นิสารัตนพร และ พันเอก (พิเศษ) วีระ พลวัฒน์ Ph.D. อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการวิจัยมาด้วยดีตลอด ขอขอบคุณ คุณกนก สุวรรณฉาย บริษัท ไคชิน โคเกียวก จำกัด ที่เอื้อเฟื้อวัสดุงานวิจัย และทุนการวิจัยครั้งนี้ได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย



ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความนำ	1
1.2 คำสำคัญ.....	6
1.3 วัตถุประสงค์.....	6
1.4 ขอบเขตการศึกษา.....	6
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
2. การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น.....	7
2.1 โลหะผสมอะลูมิเนียมซิลิกอน.....	7
2.2 การหล่ออะลูมิเนียมผสม.....	18
2.3 พฤติกรรมการล้าของอะลูมิเนียมผสมหล่อ.....	22
2.4 การเปลี่ยนแปลงเฟสของอะลูมิเนียมผสม.....	23
3. ทฤษฎีเกี่ยวกับการล้า.....	26
3.1 อายุการล้า.....	26
3.2 สมการความล้าพื้นฐาน.....	27
4. อุปกรณ์และการทดลอง.....	31
4.1 การหล่อขึ้นรูป.....	32
4.2 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค.....	33
4.3 การทดสอบความเค้นแรงดึง.....	36

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.4 การทดสอบอายุการล้า.....	38
4.5 การวิเคราะห์ผิวการแตกหัก.....	42
5. ผลการทดลอง และวิจารณ์.....	44
5.1 ผลการหล่อขึ้นรูป.....	44
5.2 ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค.....	46
5.3 ผลการตรวจสอบความเค้นแรงดึงสูงสุด.....	50
5.4 ผลการทดสอบอายุการล้า.....	53
5.5 ผลการวิเคราะห์ผิวการแตกหัก.....	58
6.สรุปและข้อเสนอแนะ.....	65
รายการอ้างอิง.....	67
ภาคผนวก ก.....	69
ประวัติผู้เขียน.....	72

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 1.1	ตัวอย่างการใช้งานของโลหะผสมอะลูมิเนียมหล่อ.....	2
ตารางที่ 2.1	ส่วนประกอบทางเคมีของโลหะผสมกลุ่ม Al-Si เปรียบเทียบกับ AC2B (319.0) และ AC4B (333.0).....	8
ตารางที่ 2.2	เฟสที่เกิดขึ้นในโลหะผสมอะลูมิเนียม-ซิลิกอน.....	12
ตารางที่ 2.3	สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน (10^{-6} m/m/ K) ของอะลูมิเนียมผสม Al-Si ซึ่งมี Co Cr Cu Fe Mg Ni Ti Zr ผสมรวมไม่เกิน 2%.....	15
ตารางที่ 2.4	คุณสมบัติทางกลของอะลูมิเนียมผสม Al-Si	17
ตารางที่ 2.5	คุณสมบัติทางกลของอะลูมิเนียมผสม AC2B และ AC4B.....	18
ตารางที่ 2.6	ปัจจัยที่สำคัญในการเลือกกรรมวิธีการหล่อ สำหรับอะลูมิเนียม.....	19
ตารางที่ 5.1	ส่วนประกอบทางเคมีของชิ้นงานหล่อ (Wt %).....	44
ตารางที่ 5.2	สัดส่วนพื้นที่ของเฟส α -Al และเฟสที่อยู่ระหว่างแซนเดนไดรต์....	45
ตารางที่ 5.3	ผลการทดสอบความเค้นแรงดึงสูงสุด	49
ตารางที่ 5.4	ผลข้อมูลอายุการดำ.....	50

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
รูปที่ 1.1	แผนภูมิสมมูลเฟสของ อะลูมิเนียม-ซิลิคอนและโครงสร้างจุลภาคจากการหล่อที่มีปริมาณซิลิคอนแตกต่างกัน.....	4
รูปที่ 1.2	อิทธิพลของซิลิคอนต่อคุณสมบัติทางกลของอะลูมิเนียมผสม.....	5
รูปที่ 2.1	อะลูมิเนียมผสม 12 % Si 0.3% Fe ผ่านการปรับโครงสร้าง หล่อในแบบทรายกำลังขยาย 250 เท่า ไม่ผ่านการกัดด้วยกรด รูปเข็มสีเทาจางคือ $FeSiAl_5$ รูปร่างก่อนข้างกลม และสีเทาเข้มคือ Si.....	11
รูปที่ 2.2	อะลูมิเนียมผสม 10% Si 0.9% Fe หล่อในแบบทราย ไม่ผ่านการปรับโครงสร้างจุลภาค กำลังขยาย 250 เท่า ไม่ผ่านการกัดด้วยกรด รูปร่างเข็มสีเทาเข้มคือ Si สีเทาจางคือ ผลิตภัณฑ์ของ $FeSiAl_5$	13
รูปที่ 2.3	อะลูมิเนียมผสม 5% Si 0.2% Fe และ P กำลังขยาย 250 เท่า ไม่ผ่านการกัดด้วยกรด โครงสร้างจุลภาคประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ของ Si และยูเทคติกของ Al - $FeSiAl_8$ - Si ละเอียด.....	13
รูปที่ 2.4	อะลูมิเนียมผสม 5% Si 0.7% Fe 0.35% Mn 1.5% Cu 1% Mg หล่อด้วยแบบทราย กำลังขยาย 250 เท่า ผ่านการกัดด้วยสารละลายกรด HF $(FeMn)_3Si_2Al_5$ มีรูปร่างตัวหนังสือจีน $CuAl_2$ สีเทาจาง.....	14
รูปที่ 2.5	อะลูมิเนียมผสม 7% Si 0.5% Fe 0.6% Mg ปรับโครงสร้างจุลภาคด้วยโซเดียม หล่อในแบบโลหะ กำลังขยาย 250 เท่าไม่ได้กัดด้วยกรด สีเทาจางคือ $FeMg_3Si_6Al$ สีเทาเข้มคือ Si.....	14
รูปที่ 2.6	รูปพรุนรูปร่างเป็นมุมที่ระหว่างแกนเดนไดรต์ของแท่งอะลูมิเนียมหล่อ 6063 ⁽¹³⁾	25
รูปที่ 3.1	เส้นโค้ง S-N ของโลหะวิศวกรรม.....	27
รูปที่ 3.2	ความหมายของสัญลักษณ์ที่เกี่ยวข้องกับแรงสลัป.....	28
รูปที่ 3.3	พฤติกรรมการขยายตัวของรอยร้าวแบบล้า.....	30
รูปที่ 4.1	การหล่อหลอมอะลูมิเนียมผสม.....	33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
รูปที่ 4.2	ตำแหน่งการตัดชิ้นตัวอย่างจากชิ้นทดสอบเพื่อตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค	34
รูปที่ 4.3	ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงาน และการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค.....	35
รูปที่ 4.4	ขั้นตอนการเตรียมชิ้นทดสอบความแข็งแรงดึงสูงสุด.....	36
รูปที่ 4.5	เครื่องทดสอบความเค้นแรงดึง.....	37
รูปที่ 4.6	ชิ้นงานทดสอบความเค้นแรงดึง.....	37
รูปที่ 4.7	ขั้นตอนการเตรียมชิ้นทดสอบความล้า.....	39
รูปที่ 4.8	ชิ้นทดสอบการล้าแบบปลายหมุนอิสระ.....	39
รูปที่ 4.9	ชิ้นงานที่ได้จากการหล่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ผ่านการกลึงขึ้นรูป.....	40
รูปที่ 4.10	ชิ้นงานที่ผ่านการขัดเงาเป็นชิ้นงานที่พร้อมจะทดสอบอายุการล้า.....	40
รูปที่ 4.11	เครื่องทดสอบการล้า.....	41
รูปที่ 4.12	ตำแหน่งการตัดชิ้นทดสอบ เพื่อนำไปศึกษาลักษณะผิวการแตกหัก.....	42
รูปที่ 5.1	ชิ้นงานหล่อก่อนการตัดกลึง.....	43
รูปที่ 5.2	โครงสร้างของอะลูมิเนียมผสม 5% Si.....	46
รูปที่ 5.3	โครงสร้างของอะลูมิเนียมผสม 7% Si.....	46
รูปที่ 5.4	โครงสร้างของอะลูมิเนียมผสม 10% Si.....	47
รูปที่ 5.5	รูพรุนของอะลูมิเนียมผสม 5% Si.....	47
รูปที่ 5.6	รูพรุนของอะลูมิเนียมผสม 7% Si.....	48
รูปที่ 5.7	รูพรุนของอะลูมิเนียมผสม 10% Si.....	48
รูปที่ 5.8	อายุการล้าของอะลูมิเนียมผสม 5% ซิลิคอนและซิคจำกัด บนและล่างของความเชื่อมั่น 95%.....	51
รูปที่ 5.9	อายุการล้าของอะลูมิเนียมผสม 7% ซิลิคอนและซิคจำกัด บนและล่างของความเชื่อมั่น 95%.....	52
รูปที่ 5.10	อายุการล้าของอะลูมิเนียมผสม 10% ซิลิคอนและซิคจำกัด บนและล่างของความเชื่อมั่น 95%.....	53

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
รูปที่ 5.11	ผลของปริมาณซิลิคอนต่ออายุการล้าเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเค้น 70 100 140 MPa.....	54
รูปที่ 5.12	ลักษณะผิวการแตกหักทั่วไปของอะลูมิเนียมผสมหล่อผิวการแตกหักจากการทดสอบการล้าแบบหมุนคัตของอะลูมิเนียมผสม 5% ซิลิคอน ความเค้นสูงสุด 80 Mpa อายุการล้า 698,890 รอบ	56
รูปที่ 5.13	บริเวณผิวเริ่มต้นการแตกหักที่ 1 ของอะลูมิเนียมผสม 5% ซิลิคอน	57
รูปที่ 5.14	บริเวณเริ่มต้นการแตกหักที่ 2 ของอะลูมิเนียมผสม 5% ซิลิคอนของผิวการแตกหักรูปที่ 5.12	57
รูปที่ 5.15	ผิวการแตกหักจากการทดสอบการล้าแบบหมุนคัต ของอะลูมิเนียม 7% ซิลิคอน ความเค้นสูงสุดที่กระทำ 60 Mpa อายุการล้า 3,487,470 รอบ.....	58
รูปที่ 5.16	บริเวณเริ่มต้นการแตกหักของอะลูมิเนียมผสม 7% ซิลิคอนของผิวการแตกหักรูปที่ 5.15	58
รูปที่ 5.17	ผิวการแตกหักจากการทดสอบการล้าแบบหมุนคัต ความเค้นสูงสุด กระทำ 40 Mpa อายุการล้า 2,953,860 รอบ.....	59
รูปที่ 5.18	บริเวณเริ่มต้นการแตกหักของอะลูมิเนียมผสม 10% ซิลิคอนของผิวการแตกหักรูปที่ 5.17	59
รูปที่ 5.19	บริเวณเริ่มต้นการแตกหักของอะลูมิเนียมผสม 10% ซิลิคอนที่กำลังขยายสูง	60
รูปที่ 5.20	พื้นผิวการแตกหักบริเวณการขยายตัวของรอยแตก.....	61
รูปที่ 5.21	โครงสร้างจุลภาคใต้ผิวการแตกหักของอะลูมิเนียมผสมหล่อ 5% ซิลิคอน กำลังขยาย 100 เท่า กัดด้วยสารละลายกรด 0.5% HF.....	62
รูปที่ 5.22	โครงสร้างจุลภาคใต้ผิวการแตกหักของอะลูมิเนียมผสมหล่อ 7% ซิลิคอน กำลังขยาย 100 เท่า กัดด้วยสารละลายกรด 0.5% HF.....	62
รูปที่ 5.23	โครงสร้างจุลภาคใต้ผิวการแตกหักของอะลูมิเนียมผสมหล่อ 10% ซิลิคอน	63
รูปที่ 5.24	ลักษณะผิวการแตกหักขั้นสุดท้ายของอะลูมิเนียมผสมซิลิคอน.....	63