# อิทธิพลของอุณหภูมิต่อโฟลว์ไลน์และโคลด์ชัตในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติง

นาย โมษิต สุขก้องวารี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-639-547-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

27 มิ.ย. 2544

I18462564

# INFLUENCE OF TEMPERATURE ON FLOW LINE AND COLD SHUT IN THE ALUMINUM DIE CASTING PROCESS

Mr. Kosit Sookkongwaree

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1998

ISBN 975-639-547-5

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | อิทธิพลของอุณหภูมิต่อโฟลว์ไลน์และโคลด์ชัตในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติง |
| โดย | นายโฆษิต สุขก้องวารี |
| ภาควิชา | วิศวกรรมอุตสาหการ |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม | รองศาสตราจารย์ ดร. ฉัตรชัย สมศิริ |

---

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ จรูญ มหิทธาฟองกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร. ฉัตรชัย สมศิริ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก)

..... กรรมการ

(คุณเศรษฐศักดิ์ เชาวนาจิณ)

บทคัดย่อและบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เป็นบทคัดย่อและบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ที่ผ่านการอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยแล้ว

โฆษิต สุขก้องวารี : อิทธิพลของอุณหภูมิต่อโฟลว์ไลน์และโคลด์ชัตในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติง (INFLUENCE OF TEMPERATURE ON FLOW LINE AND COLD SHUT IN THE ALUMINUM DIE CASTING PROCESS) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.ฉัตรชัย สมศิริ, 85 หน้า. ISBN 974-639-547-5.

งานวิจัยนี้เป็นการหาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อโฟลว์ไลน์และโคลด์ชัตในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติง จากการศึกษาปัจจัยที่คาดว่าน่าจะมีผลต่ออุณหภูมิของแม่พิมพ์ซึ่งมีผลต่อการเกิดโฟลว์ไลน์และโคลด์ชัต มาทำการออกแบบการทดลอง ซึ่งปัจจัยดังกล่าวได้แก่ อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์ และเวลาการพ่นน้ำหล่อลื่นหน้าแม่พิมพ์ ซึ่งเมื่อได้ทำการทดลองแบบฟิกซ์เอฟเฟก (Fixed Effects Model) และวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้วพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อโฟลว์ไลน์และโคลด์ชัต คือ อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์ เวลาการพ่นน้ำหล่อลื่นหน้าแม่พิมพ์ และอิทธิพลร่วมของปัจจัยหลักทั้งสอง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิของแม่พิมพ์คือ อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์ เวลาการพ่นน้ำหล่อลื่นหน้าแม่พิมพ์ และอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยหลักทั้งสอง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 โดยที่อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์จะทำให้อุณหภูมิของแม่พิมพ์คงที่ และเวลาการพ่นน้ำหล่อลื่นหน้าแม่พิมพ์จะทำให้อุณหภูมิของแม่พิมพ์เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์ที่เหมาะสมคือ 6.7-7.2 ลิตร/นาที และเวลาการพ่นน้ำหล่อลื่นหน้าแม่พิมพ์ที่เหมาะสมคือ 2 วินาที และอุณหภูมิของแม่พิมพ์ภายหลังการพ่นน้ำหล่อลื่นที่เหมาะสมคือ 131-140 องศาเซลเซียส โดยชิ้นงานที่ได้จะมีความแข็งอยู่ที่104 BHN และมีโครงสร้างยูเทคติกที่ละเอียด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิศวกรรมอุตสาหการ

ภาควิชา ....วิศวกรรมอุตสาหการ.....

สาขาวิชา ....2541.....

ปีการศึกษา .....

ลายมือชื่อนิสิต โฆษิต สุขก้องวารี

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

บทคัดย่อและบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เป็นการพิมพ์ถ่ายจากต้นฉบับ

3970213521 INDUSTRIAL ENGINEERING
# # : MAJOR
KEY WORD: ALUMINUM DIE CASTING/ FLOW LINE/ COLD SHUT/ FIXED EFFECTS MODEL/ INFLUENCE OF TEMPERATURE

KOSIT SOOKKONGWAREE : INFLUENCE OF TEMPERATURE ON FLOW LINE AND COLD SHUT IN ALUMINUM DIE CASTING PROCESS. THESIS ADVISOR : PROF.SIRICHAN THONGPRASERT, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF.CHATCHAI SOMSIRI, Ph.D. 85 pp. ISBN 974-639-547-5.

This study addresses effects of die temperature on flow line and cold shut in aluminum die casting operation. The factors incorporated in the experiment were water flow rate and lubricant spray time on the die face. The experiment utilized the fixed effects model and analysis of variance. The study showed that main factors which control flow line and cold shut were water flow rate, lubricant spray time and interaction between them with level of significance of 0.05. Factors that controlled the die temperature were water flow rate through die, lubricant spray time and interaction between them with level of significant of 0.10. The water flow rate through die helped maintain the die temperature and it was found that the lubricant spray time on die face could rapidly change the die temperature. The optimum condition found by experiment occurred at the water flow rate between 6.7-7.2 liter/minute, 2 seconds of lubricant spray time and 131-140 °C of the die face temperature. The conditions yield work pieces having hardness of 104 BHN and fine eutectics structure.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา INDUSTRIAL ENGINEERING ลายมือชื่อนิสิต โกสิต สังข์ของการี

สาขาวิชา INDUSTRIAL ENGINEERING ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 1988 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

# กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย สมศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รวมทั้งรองศาสตราจารย์ จรูญ มหิทธาฟองกุล ประธานกรรมการและ รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก และคุณเศรษฐศักดิ์ เชาวนาจิณ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการช่วยเหลือให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ อีกทั้งขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาและให้คำแนะนำต่างๆตลอดการวิจัย อีกทั้งขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือต่างๆในการวิจัย และ คณาจารย์สาขาวิชาหล่อโลหะ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่เอื้อเฟื้อเครื่องวัดความแข็ง และให้คำปรึกษา และโรงงาน ทีบีเค กรุงเทพ จำกัด ที่ให้ความสะดวกด้านสถานที่และอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลองตลอดช่วงของการวิจัยตลอดจนผู้เกี่ยวข้องทุกๆท่าน และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนงานวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งให้การสนับสนุนในด้านการเงิน และกำลังใจ ตลอดจนสมาชิกในครอบครัวและเพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

นายโฆษิต สุขก้องวารี


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ฌ
สารบัญรูป.....ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....ฒ
บทที่
1. บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญและที่มาของเรื่องที่ศึกษา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3
1.6 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3
2. ทฤษฎีและการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....6
2.1 ทฤษฎีและความสำคัญของกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติง.....6
2.2 องค์ประกอบและคุณสมบัติของอะลูมิเนียม-ซิลิกอนอัลลอย.....7
2.3 ลักษณะโครงสร้างของอะลูมิเนียม-ซิลิกอนอัลลอย.....10
2.4 ทฤษฎีการไล่ก๊าซไฮโดรเจนในอะลูมิเนียมเหลว.....14
2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการฉีดอะลูมิเนียมด้วยความดันในแม่พิมพ์โลหะ.....19
2.6 การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง.....26
3. สภาพปัญหาในโรงงานตัวอย่าง.....34
3.1 สภาพปัญหาในโรงงานตัวอย่าง.....34
3.2 สรุปปัญหาด้านคุณภาพของชิ้นงานฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติงของโรงงานตัวอย่าง.....37
4. วิธีการทดลอง.....40
4.1 การจัดเตรียมอุปกรณ์การทดลอง.....40
4.2 ขั้นตอนการทดลอง.....41

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล.....47
5.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ.....47
5.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน.....47
5.3 การวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัย.....49
5.4 โครงสร้างทางจุลภาค.....56
5.5 การวิเคราะห์ความแข็ง.....59
6. สรุปโครงการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....60
6.1 ข้อสรุปผลของการออกแบบการทดลองเชิงสถิติวิศวกรรม.....60
6.2 ข้อสรุปอุณหภูมิผิวหน้าแม่พิมพ์และสภาวะการฉีดที่เหมาะสม.....60
6.3 ข้อสรุปอิทธิพลของอุณหภูมิต่อคุณสมบัติทางกายภาพของชิ้นงาน.....61
6.4 ประโยชน์ที่ได้จากโครงการและการประยุกต์ใช้.....61
6.5 ข้อเสนอแนะ.....61
รายการอ้างอิง.....63
ภาคผนวก.....65
ภาคผนวก ก.....66
ก.1 ข้อมูลดิบจากการทดลอง.....67
ก.2 การทดสอบการกระจายของข้อมูล.....73
ก.3 การทดสอบความสม่ำเสมอของข้อมูล.....76
ก.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน.....81
ประวัติผู้เขียน.....85

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 แสดงอัลลอยที่นิยมใช้ในงานฉีดอะลูมิเนียมและส่วนผสม....8
2.2 แสดงอัลลอย 380 และส่วนผสมเทียบกับมาตรฐานอื่นๆ....8
2.3 แสดงความสามารถในการละลายของไฮโดรเจน....16
2.4 แสดงตัวอย่างตาราง ANOVA....31
3.1 แสดงข้อบกพร่องที่พนักงานแผนกฉีดตรวจสอบ....35
3.2 แสดงข้อบกพร่องที่พนักงานแผนกแมชชีนทำการตรวจสอบ....35
3.3 แสดงปริมาณการผลิต(แผนกฉีด)ของชิ้นงานตัวอย่าง(ปั๊มน้ำมันรถบรรทุกขนาด 1 ตัน) เทียบกับปริมาณการผลิตทั้งหมด(แผนกฉีด)....36
3.4 แสดงข้อบกพร่องที่พบในแผนกฉีด....36
3.5 แสดงสาเหตุของข้อบกพร่อง....37
5.1 แสดงตาราง ANOVA แสดงผลการวิเคราะห์ปัจจัยกับอุณหภูมิของแม่พิมพ์....48
5.2 แสดงตาราง ANOVA แสดงผลการวิเคราะห์ปัจจัยกับคุณภาพของผิวชิ้นงาน (พิจารณาโฟลว์ไลน์และโคลด์ชัต)....49
5.3 แสดงค่าอุณหภูมิของแม่พิมพ์เปรียบเทียบกับคุณภาพผิวที่สภาวะการฉีดต่างๆ....53
5.4 แสดงผลสรุประหว่างอุณหภูมิแม่พิมพ์กับคุณภาพผิวชิ้นงานในการยอมรับชิ้นงานหรือไม่...55
5.5 แสดงค่าความแข็ง (BHN) ของชิ้นงานที่ระดับคุณภาพผิวต่างๆ....59
ก.1 แสดงอุณหภูมิผิวหน้าแม่พิมพ์(°C) ที่สภาวะการฉีดต่างๆ....66
ก.2 แสดงอุณหภูมิผิวหน้าแม่พิมพ์เฉลี่ย(°C) ที่สภาวะการฉีดต่างๆ....70
ก.3 แสดงระดับคุณภาพผิวที่สภาวะการฉีดต่างๆ ....72
ก.4 แสดงค่า Residuals ของการทดลอง (อุณหภูมิผิวหน้าแม่พิมพ์)....76
ก.5 แสดงค่า Residuals ของการทดลอง (ระดับคุณภาพผิวชิ้นงาน)....79
ก.6 แสดงตารางANOVA แสดงผลการวิเคราะห์ปัจจัยกับอุณหภูมิของแม่พิมพ์....83
ก.7แสดงตารางANOVA แสดงผลการวิเคราะห์ปัจจัยกับคุณภาพของผิวชิ้นงาน (พิจารณาโฟลว์ไลน์และโคลด์ชัต)....84

# สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

2.1 แสดงขนาดเกรนของอะลูมิเนียมที่ผ่านกรรมวิธีการหล่อต่างๆ.....6
2.2 แสดงแผนภาพสมดุลของอะลูมิเนียม-ซิลิกอนอัลลอย.....9
2.3 แสดงโครงสร้างยูเทคติก.....10
2.4 แสดงโครงสร้างไฮเปอร์ยูเทคติก.....10
2.5 แสดงคุณสมบัติต่างๆของอะลูมิเนียม-ซิลิกอนเปรียบเทียบระหว่างแบบไม่ปรุง
และแบบที่ปรุงด้วยโลหะโซเดียม.....11
2.6 a.แสดงระดับจุลภาคของอะลูมิเนียม-ซิลิกอนอัลลอยยังไม่ได้ปรุง ที่ซิลิกอน 12%
โดยเย็นตัวอย่างช้าๆ.....12
b.แสดงเกล็ดซิลิกอนในอะลูมิเนียม-ซิลิกอนอัลลอย.....12
2.7 a.แสดงระดับจุลภาคของอะลูมิเนียม-ซิลิกอนอัลลอยปรุงแล้วที่ซิลิกอน 12.7%(x120).....13
b.แสดงซิลิกอนรูปแท่งในอะลูมิเนียม-ซิลิกอนอัลลอย.....13
2.8 แสดงภาคตัดแสดงการแข็งตัวของอะลูมิเนียมที่มีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนต่างๆ.....15
2.9 แสดงการปล่อยก๊าซเฉื่อยผ่านแท่งเซรามิกที่มีรูพรุน.....17
2.10 แสดงการกระจายของฟองก๊าซที่เกิดจากการปล่อยก๊าซเฉื่อยผ่านใบพัดหมุน.....18
2.11 แสดงการไหลของน้ำโลหะตามทฤษฎีของ Frommer.....20
2.12 แสดงการไหลของน้ำโลหะตามทฤษฎีของ Brandt.....21
2.13 แสดงการไหลของน้ำโลหะตามทฤษฎีของ Koester และ Goehring.....22
2.14 แสดงอุณหภูมิของแม่พิมพ์ในการฉีดน้ำหล่อลื่นหน้าแม่พิมพ์ โดยน้ำหล่อลื่น
เป็นแบบที่มีน้ำเป็นส่วนผสมหลัก.....25
2.15 แสดงปัจจัยและพารามิเตอร์ของกระบวนการ.....26
2.16 แสดงการกระจายของฟิชเชอร์.....31
3.1 a,b,c แสดงตำแหน่งที่มักพบข้อบกพร่อง.....39
4.1 แสดงคุณภาพผิวระดับที่ 1 (โคลด์ชัต).....43
4.2 แสดงคุณภาพผิวระดับที่ 2 (โฟลว์ไลน์ค่อนข้างลึก).....44
4.3 แสดงคุณภาพผิวระดับที่ 3 (โฟลว์ไลน์).....44
4.4 แสดงคุณภาพผิวระดับที่ 4(ไม่มีโฟลว์ไลน์และโคลด์ชัต).....45
5.1 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยกับอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์แบ่งตามเวลา
การพ่นน้ำหล่อลื่นหน้าแม่พิมพ์.....50

# สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

5.2 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยกับเวลาการพ่นน้ำหล่อลื่นหน้าแม่พิมพ์แบ่งตามอัตราการไหล ของน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์.....50
5.3 แสดงคุณภาพผิวงานกับอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์แบ่งตามเวลาการพ่น น้ำหล่อลื่นหน้าแม่พิมพ์.....51
5.4 แสดงคุณภาพผิวงานกับเวลาการพ่นน้ำหล่อลื่นหน้าแม่พิมพ์แบ่งตามอัตราการไหล ของน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์.....51
5.5 แสดงโครงสร้างทางจุลภาคของชิ้นงานคุณภาพผิวระดับที่ 1 หลังกัดกรด (500x).....56
5.6 แสดงโครงสร้างทางจุลภาคของชิ้นงานคุณภาพผิวระดับที่ 2 หลังกัดกรด (500x).....57
5.7 แสดงโครงสร้างทางจุลภาคของชิ้นงานคุณภาพผิวระดับที่ 3 หลังกัดกรด (500x).....57
5.8 แสดงโครงสร้างทางจุลภาคของชิ้นงานคุณภาพผิวระดับที่ 4 หลังกัดกรด (500x).....58
ก.1 แสดงตำแหน่งที่ทำการวัดอุณหภูมิของผิวหน้าแม่พิมพ์ทั้ง 3 จุด.....69
ก.2 แสดงกราฟ Normal Probability Plot ของอุณหภูมิผิวหน้าแม่พิมพ์ (°C).....74
ก.3 แสดงกราฟ Frequency Histogram ของอุณหภูมิผิวหน้าแม่พิมพ์ (°C).....75
ก.4แสดงความสม่ำเสมอของข้อมูล(อุณหภูมิผิวหน้าแม่พิมพ์)แบ่งตามอัตราการไหล ของน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์.....78
ก.5แสดงความสม่ำเสมอของข้อมูล(อุณหภูมิผิวหน้าแม่พิมพ์)แบ่งตามเวลาการพ่น น้ำหล่อลื่นหน้าแม่พิมพ์.....78
ก.6แสดงความสม่ำเสมอของข้อมูล(ระดับคุณภาพผิวชิ้นงาน)แบ่งตามอัตราการไหล ของน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์.....80
ก.7แสดงความสม่ำเสมอของข้อมูล(ระดับคุณภาพผิวชิ้นงาน)แบ่งตามเวลาการพ่น น้ำหล่อลื่นหน้าแม่พิมพ์.....81

# คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

| | |
|---|---|
| ADC12 | สัญลักษณ์ของอะลูมิเนียม-ซิลิกอนอัลลอยเกรดที่ใช้ในการทดลองตามมาตรฐานอุตสาหกรรมของญี่ปุ่น |
| ANOVA | การวิเคราะห์ความแปรปรวน |
| BHN | หน่วยวัดความแข็งแบบบริเนล |
| Contrast | การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปัจจัยโดยเทียบกับศูนย์ |
| Controllable fator | ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ |
| df | ขั้นความเป็นอิสระ |
| Effect | อิทธิพล |
| Error | ความผิดพลาดหรือความคลาดเคลื่อน |
| Factor | ปัจจัย |
| Factorial design | การออกแบบการทดลองแบบแฟคโทเรียล |
| F-distribution | การกระจายแบบแจกแจงเอฟ |
| Fixed level | ระดับแบบกำหนด |
| Interaction effect | อิทธิพลร่วม |
| JIS | มาตรฐานอุตสาหกรรมของญี่ปุ่น (Japanese Industrial Standard) |
| Model adequacy checking | การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ |
| MS | ค่าเฉลี่ยกำลังสอง |
| NID (Normal independent) | รูปแบบของการกระจายแบบแจกแจงปกติอิสระ |
| Normal distribution | การกระจายแบบแจกแจงปกติ |
| Randomization | การทำแบบสุ่ม |
| Replication | การทำซ้ำ |
| SS | ผลรวมกำลังสอง |
| Uncontrollable factor | ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ |
| Variance | ความแปรปรวน |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย