

การสร้างแบบจำลองและการออปติไมซ์
สภาวะการสร้างชั้นกึ่งฉนวน ซ่อมแซมและตัดแยกของเสียของกระบวนการผลิตชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์



นาง จันทรา ยอดมนต์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-9756-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MODELING AND OPTIMIZATION OF DIELECTRIC LAYER FORMATION,
HEALING AND SCREENING CONDITION OF CHIP TANTALUM CAPACITOR



Mrs. Jantra Yodmon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-9756-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสร้างแบบจำลองและการออปติไมซ์สภาวะการสร้างชั้นกิ่งฉนวน ซ่อมแซมและ ตัดแยกของเสี้ยน ของกระบวนการผลิตชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์
โดย	นาง จันทรา ยอดมนต์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล กิตติศุภกร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นาย ปกรณ์ ตั้งพาณิชย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
ศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ปิยะสาร ประเสริฐธรรม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล กิตติศุภกร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(นาย ปกรณ์ ตั้งพาณิชย์)

..... กรรมการ
(ดร. มนต์รี วงศ์ศรี)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จันทรา ยอดมนต์ : การสร้างแบบจำลองและการออปติไมซ์ สภาวะการสร้างชั้นกึ่งฉนวน ซ่อมแซมและ
 คัดแยกของเสียของกระบวนการผลิตชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์. (Modeling and Optimization of
 Dielectric Layer Formation, Healing and Screening Condition of Chip Tantalum Capacitor)
 อ.ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล กิตติศุภกร, อ.ที่ปรึกษาร่วม : นาย ปกรณ์ ตั้งพาณิชย์ 161
 หน้า. ISBN 974-17-9756-7.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลต่อค่ากระแสรั่วไหลของ
 แทนทาลัมคาปาซิเตอร์ ในขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวน (A-anodization and Anodization) และขั้นตอนการซ่อม
 แซมชั้นกึ่งฉนวนและคัดแยกของเสีย (Aging) แล้วนำมาสร้างแบบจำลองของการถดถอย (Regression Model)
 โดยศึกษาผลิตภัณฑ์ 3 ประเภท คือ ผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันใช้งานสูง (High voltage product), ผลิตภัณฑ์
 ประเภทแรงดันใช้งานกลาง (Middle voltage product) และผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันใช้งานต่ำ (Low voltage
 product)

ในการวิจัยนี้ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Design) แบบ 2^k เมื่อ k คือ
 จำนวนปัจจัยที่ต้องการศึกษา การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลเป็นการออกแบบที่มีประสิทธิภาพสูง
 เนื่องจากสามารถใช้ศึกษาถึงผลตอบ (Response) ของปัจจัยหนึ่ง ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงระดับของอีก
 ปัจจัยหนึ่งได้ นั่นคือสามารถหาอันตรกิริยา (Interaction) ระหว่างปัจจัยได้ งานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น
 สองส่วนคือ ขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวนที่มีปัจจัยที่ต้องการศึกษา 6 ปัจจัย ได้แก่ ค่าความนำไฟฟ้าของโซเดียม
 เตตระโบเรต, แรงดันไฟฟ้าในขั้นตอน A-Anodization, เวลาในขั้นตอน A-Anodization, ค่าความนำไฟฟ้าของ
 กรดฟอสฟอริก, แรงดันไฟฟ้าในขั้นตอน Anodization และเวลาในขั้นตอน Anodization ส่วนขั้นตอนการซ่อม
 แซมและคัดแยกของเสียที่มีปัจจัยที่ต้องการศึกษา 4 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ, แรงดันไฟฟ้า, เวลา และอัตราเร็วใน
 การเพิ่มแรงดันไฟฟ้า

จากผลการวิจัยสามารถทราบความสัมพันธ์และหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์
 ของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อค่ากระแสรั่วไหล (Leakage current) ในขั้นตอนการสร้างและซ่อมแซมชั้นกึ่งฉนวนได้
 โดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสูงสุด 5.9 และ 14.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จากความสัมพันธ์ของปัจจัยหลัก (Main
 Effect) และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้สามารถหาสภาวะปฏิบัติการที่ทำให้กระแสรั่วไหลมีค่าต่ำสุดภายใต้
 ขอบเขตระยะเวลาในการผลิตที่น้อยที่สุด โดยปริมาณกระแสรั่วไหลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ภาควิชา	วิศวกรรมเคมี	ลายมือชื่อนิสิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา	2545	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4271407821 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD : MODELING / OPTIMIZATION

JANTRA YODMON : MODELING AND OPTIMIZATION OF DIELECTRIC LAYER FORMATION,
HEALING AND SCREENING CONDITION OF CHIP TANTALUM CAPACITOR . THESIS

ADVISOR : ASSOC. PROF. PAISAN KITTISUPAKORN, THESIS COADVISOR MR.PAKORN

TUANGPANICH 161 pp. ISBN 974-17-9756-7.

The purpose of this thesis is to study the relation of factors that effect the leakage current of Tantalum capacitor and to develop regression models of dielectric layer formation processes (A-anodization and Anodization) and an aging process. Three kinds of products studied were high voltage product, middle voltage product and low voltage product.

Design of experiment for this research was 2^k factorial design when k was number of interested factors to study. This experimental design was a highly effective method because it can be used to study the interaction between each other factors. This study was separated to two groups base on a production process. In dielectric layer formation process, there were 6 factors : conductivity of Sodium tetraborate, A-Anodization voltage, A-Anodization time, conductivity of Phosphoric acid, Anodization voltage and Anodization time. In aging process, there were 4 factors : temperature, voltage, time and voltage increasing speed.

Experimental results showed the relationship between each factor that could effect the leakage current. This could be based to develop the regression models of dielectric layer formation and aging process. The mean absolute percentage error of dielectric layer formation process and aging process were maximum 5.9 % and 14.8 % respectively. From the relationship of main effects and the developed regression model, the optimal production condition which would give the lowest leakage current at the minimum production time could be identified.

Department	Chemical Engineering	Student's signature
Field of study	Chemical Engineering	Advisor's signature
Academic year	2002	Co-advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ รองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล กิตติศุภกร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการช่วยเหลือ แนะนำและให้ คำปรึกษา ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ รวมทั้ง ศาสตราจารย์ ดร. ปิยะสาร ประเสริฐ ธรรม ประธานกรรมการ

วิทยานิพนธ์ และ ดร. มนต์รี วงศ์ศรี กรรมการวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณ เอกนรินทร์ ไพรงแก้ว, คุณสุรัชย์ จิระวุฒิพงศ์ และ คุณวรพจน์ ยอดมนต์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและ คำแนะนำในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ มารดา-บิดา และอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสาทวิชาแก่ผู้ วิจัย รวมถึงเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่ช่วยเหลือ และให้กำลังใจจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลงด้วยดี

จันทร์ธา ยอดมนต์



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.2 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
2. ทฤษฎีที่สำคัญ	5
2.1 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับแทนทาลัมคาปาซิเตอร์	5
2.2 ไฟฟ้ากระแสตรง (DC current) ในคาปาซิเตอร์	14
2.3 กลไกการเสีย (Failure Mechanism) ของแทนทาลัมคาปาซิเตอร์	16
2.4 การออกแบบการทดลอง	20
3. การศึกษาและเก็บข้อมูล	37
3.1 ขั้นตอนการสร้างชิ้นกึ่งฉนวน	37
3.2 ขั้นตอนการซ่อมแซมชิ้นกึ่งฉนวน และตัดแยกของเสีย	53
3.3 สรุปการเก็บข้อมูล	58
4. การสร้างแบบจำลองของการถดถอยและการหาสภาวะปฏิบัติงานที่เหมาะสม	62
4.1 การสร้างแบบจำลองของการถดถอย	62
4.2 การหาสภาวะปฏิบัติงานที่เหมาะสม	66
5. สรุปและข้อเสนอแนะ	71
5.1 สรุปผลการวิจัย	71
5.2 ข้อเสนอแนะ	75
รายการอ้างอิง	76
ภาคผนวก	77
ภาคผนวก ก	
การสร้างแบบจำลองของการถดถอยโดยใช้โปรแกรม MINITAB	78
ภาคผนวก ข	
ผลการทดลองของขั้นตอนการสร้างชิ้นกึ่งฉนวน และขั้นตอนการซ่อมแซมและตัดแยกของเสีย	92
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	161

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1.1 การเปรียบเทียบค่าคงที่ได้อิเล็กตริก ของวัสดุชนิดต่างๆ.....	2
ตารางที่ 2.1 ขั้นตอนการผลิตชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์.....	12
ตารางที่ 2.2 ลำดับการเกิดการซ่อมแซมตัวเอง(Self-Healing)ของแทนทาลัมคาปาซิเตอร์ ในชั้นTa ₂ O ₅ และชั้น MnO ₂	20
ตารางที่ 2.3 ANOVA ของตัวอย่างในรูปที่ 2.22.....	29
ตารางที่ 2.4 เครื่องหมายทางพีชคณิตสำหรับการคำนวณผลในการออกแบบ 2 ²	30
ตารางที่ 3.1 แสดงสภาวะปฏิบัติการของปัจจัยที่ศึกษาในแต่ละขั้นตอนของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท.....	38
ตารางที่ 3.2 แสดงจำนวนครั้งในการทดลอง.....	39
ตารางที่ 3.3 แสดงจำนวนชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง.....	39
ตารางที่ 3.4 แสดงสภาวะปฏิบัติการของแต่ละทรีทเมนต์ในขั้นตอนการสร้างชิ้นกึ่งฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับสูง.....	40
ตารางที่ 3.5 แสดงสภาวะปฏิบัติการของแต่ละทรีทเมนต์ในขั้นตอนการสร้างชิ้นกึ่งฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับกลาง.....	44
ตารางที่ 3.6 แสดงสภาวะปฏิบัติการของแต่ละทรีทเมนต์ในขั้นตอนการสร้างชิ้นกึ่งฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับต่ำ.....	48
ตารางที่ 3.7 แสดงสภาวะปฏิบัติการของปัจจัยที่ศึกษาของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท.....	54
ตารางที่ 3.8 แสดงสภาวะปฏิบัติการของแต่ละทรีทเมนต์ในขั้นตอนการซ่อมแซมชิ้นกึ่งฉนวน และคัดแยกของเสีย สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับสูง.....	54
ตารางที่ 3.9 แสดงสภาวะปฏิบัติการของแต่ละทรีทเมนต์ในขั้นตอนการซ่อมแซมชิ้นกึ่งฉนวน และคัดแยกของเสีย สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับกลาง.....	56
ตารางที่ 3.10 แสดงสภาวะปฏิบัติการของแต่ละทรีทเมนต์ในขั้นตอนการซ่อมแซมชิ้นกึ่งฉนวน และคัดแยกของเสียสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับต่ำ.....	57
ตารางที่ 3.11 แสดงค่ากระแสรั่วไหลเฉลี่ย (Average LC1) ของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนการสร้างชิ้นกึ่งฉนวน.....	58
ตารางที่ 3.12 แสดงค่ากระแสรั่วไหลเฉลี่ย (Average LC2) ของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนการซ่อมแซม ชิ้นกึ่งฉนวนและคัดแยกของเสีย	61
ตารางที่ 4.1 แสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในขั้นตอนการสร้างชิ้นกึ่งฉนวน ของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท.....	62
ตารางที่ 4.2 แสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในขั้นตอนการซ่อมแซมชิ้นกึ่งฉนวน และคัดแยกของเสียของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท.....	65
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในขั้นตอนการซ่อมแซมชิ้นกึ่งฉนวนและคัดแยกของเสียของผลิตภัณฑ์.....	65
ตารางที่ 4.4 แสดงสภาวะปฏิบัติการที่ให้ค่ากระแสรั่วไหลต่ำสุดในขั้นตอนการสร้างชิ้นกึ่งฉนวน.....	66
ตารางที่ 4.5 แสดงสภาวะปฏิบัติการที่ให้ค่ากระแสรั่วไหลต่ำสุดในขั้นตอนการซ่อมแซมและคัดแยกของเสีย.....	66

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 4.6 แสดงสภาวะปฏิบัติงานที่เหมาะสม(ใช้เวลาน้อยที่สุด) ในขั้นตอนการสร้างขึ้น กึ่งฉนวน.....	70
ตารางที่ 4.7 แสดงสภาวะปฏิบัติงานที่เหมาะสม(ใช้เวลาน้อยที่สุด) ในขั้นตอนการซ่อมแซม และคัดแยกของเสีย.....	70
ตารางที่ 5.1 แสดงค่าคุณสมบัติของคาปาซิเตอร์ที่สภาวะปฏิบัติงานที่เหมาะสม(ใช้เวลาน้อยที่สุด) ในขั้นตอนการสร้างขึ้นกึ่งฉนวน	73
ตารางที่ 5.2 แสดงค่าคุณสมบัติของคาปาซิเตอร์ที่สภาวะปฏิบัติงานที่เหมาะสม(ใช้เวลาน้อยที่สุด) ในขั้นตอนการซ่อมแซม และคัดแยกของเสีย	74



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงขนาดตลาดของคาปาซิเตอร์ในช่วงค่าความจุต่างๆ.....	2
รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของแทนทาลัมคาปาซิเตอร์.....	5
รูปที่ 2.2 การพัฒนาของรูปร่างของผงแทนทาลัม.....	6
รูปที่ 2.3 เปรียบเทียบผงแทนทาลัมที่ค่า CV ต่างๆ.....	6
รูปที่ 2.4 ภาพถ่าย SEM ของผงแทนทาลัมที่ถูกอัดขึ้นรูป.....	7
รูปที่ 2.5 ภาพถ่าย SEM ของอนุภาคหลังการ Sintering.....	8
รูปที่ 2.6 ภาพถ่าย SEM ของเม็ดแทนทาลัมที่สร้างขึ้น Ta ₂ O ₅ แล้ว.....	9
รูปที่ 2.7 Anode Formation Profile.....	9
รูปที่ 2.8 ภาพถ่าย SEM ของชั้นเมงกานีสไดออกไซด์.....	10
รูปที่ 2.9 ภาพตัดขวางของชั้นต่างๆ ในคาปาซิเตอร์.....	11
รูปที่ 2.10 การเปลี่ยนแปลงของไฟฟ้ากระแสตรงกับเวลา.....	14
รูปที่ 2.11 แรงดันไฟฟ้ากับกระแสรั่วไหล.....	15
รูปที่ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า CV กับกระแสรั่วไหล.....	16
รูปที่ 2.13 สาเหตุและกระบวนการเสียของแทนทาลัมคาปาซิเตอร์ (ประเภทลัดวงจร, กระแสรั่วไหลสูง และความต้านทานสูง).....	17
รูปที่ 2.14 กระแสรั่วไหลจากรอยแตกของชั้นกึ่งฉนวน.....	18
รูปที่ 2.15 แบบจำลองแสดงการซ่อมแซมตัวเอง(Self-Healing).....	19
รูปที่ 2.16 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย.....	22
รูปที่ 2.17 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย (มีอันตรกิริยา).....	22
รูปที่ 2.18 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล (ไม่มีอันตรกิริยา).....	23
รูปที่ 2.19 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล (มีอันตรกิริยา).....	23
รูปที่ 2.20 การทดลองแบบทีละปัจจัย (One-factor-at-a-time-Experiment).....	23
รูปที่ 2.21 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์ระหว่างการทดลองแบบแฟกทอเรียลต่อการทดลองแบบทีละปัจจัย.....	24
รูปที่ 2.22 การทดลองร่วมปัจจัยของการออกแบบ 2 ²	26
รูปที่ 2.23 กราฟของส่วนตกค้างสำหรับการทดลองเกี่ยวกับกระบวนการเคมี.....	34
รูปที่ 2.24 การออกแบบ 2 ² ที่มีจุดศูนย์กลาง.....	35
รูปที่ 3.1 ปัจจัยที่ศึกษาในขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวน.....	37
รูปที่ 3.2 ปัจจัยที่ศึกษาในขั้นตอนการซ่อมแซมชั้นกึ่งฉนวน และคัดแยกของเสีย.....	53
รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสรั่วไหลและเวลาในการผลิตของขั้นตอนการสร้างชั้น กึ่งฉนวนสำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานสูง	67
รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสรั่วไหลและเวลาในการผลิตของขั้นตอนการสร้างชั้น กึ่งฉนวนสำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานกลาง	67

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสรั่วไหลและเวลาในการผลิตของขั้นตอนการสร้างชิ้น กึ่งฉนวนสำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานต่ำ	68
รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสรั่วไหลและเวลาในการผลิตของขั้นตอนการซ่อมแซม และตัดแยกของเสียสำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานสูง	68
รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสรั่วไหลและเวลาในการผลิตของขั้นตอนการซ่อมแซม และตัดแยกของเสียสำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานกลาง	69
รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสรั่วไหลและเวลาในการผลิตของขั้นตอนการซ่อมแซม และตัดแยกของเสียสำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานต่ำ	69



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ตัวเก็บประจุหรือคาปาซิเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างหนึ่งในวงจรไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ เป็นอุปกรณ์ใช้เก็บประจุไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กมีความน่าเชื่อถือสูงและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน รูปแบบที่ง่ายที่สุดคือเป็นแผ่นโลหะสองแผ่นที่มีชั้นกึ่งฉนวนหรือเรียกว่า ชั้นไดอิเล็กตริก (Dielectric layer) อยู่ระหว่างกลาง เมื่อแผ่นโลหะแผ่นหนึ่งได้รับกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แผ่นโลหะอีกแผ่นจะถูกเหนี่ยวนำให้เกิดประจุไฟฟ้าชนิดตรงข้าม ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ตัวเก็บประจุสามารถเก็บได้หรือเรียกว่าค่าความจุของคาปาซิเตอร์ แสดงในรูปของคาปาซิแตนซ์ (Capacitance) สามารถแบ่งตัวเก็บประจุออกเป็น 6 ชนิดใหญ่ได้ดังนี้

- 1) เซรามิก คาปาซิเตอร์ (Ceramic Capacitor)
- 2) พลาสติกฟิล์ม คาปาซิเตอร์ (Plastic film Capacitor)
- 3) อะลูมิเนียม อิเล็กโทรไลติก คาปาซิเตอร์ (Aluminium electrolytic Capacitor)
- 4) แทนทาลัม คาปาซิเตอร์ (Tantalum Capacitor)
- 5) แก้ว คาปาซิเตอร์ (Glass Capacitor)
- 6) ไมก้า คาปาซิเตอร์ (Mica Capacitor)

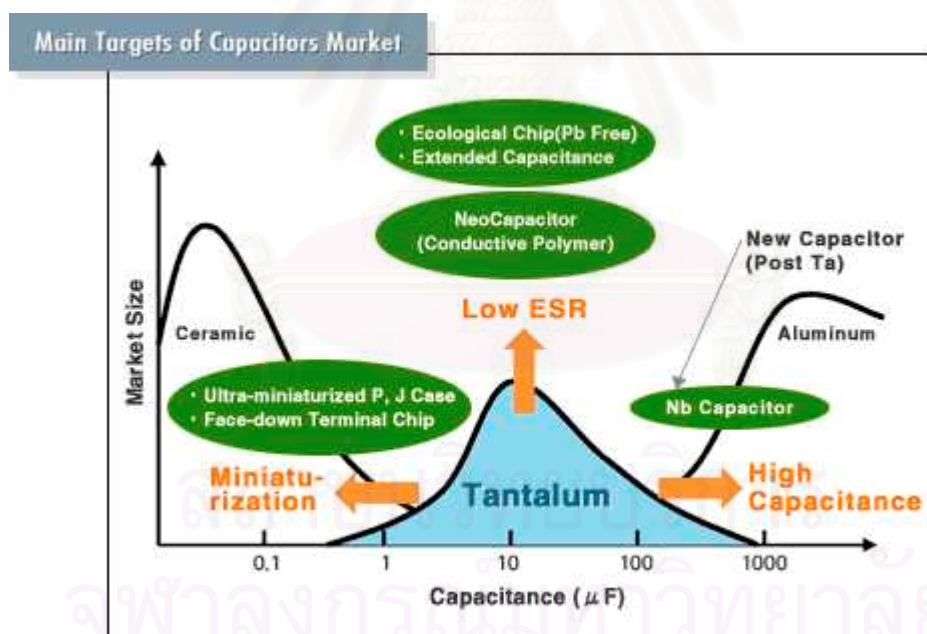
ตัวเก็บประจุที่จะกล่าวถึงเป็นตัวเก็บประจุประเภท แทนทาลัมคาปาซิเตอร์ (Tantalum Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่ใช้ชั้นฟิล์มของแทนทาลัมเพนตะออกไซด์เป็นชั้นกึ่งฉนวน (Dielectric film) ตัวเก็บประจุชนิดนี้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากชั้นกึ่งฉนวนนั้นบางมาก โดยมีความหนาประมาณ 17 อังสตรอมต่อโวลต์เท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเก็บประจุเป็นค่า คาปาซิแตนซ์ / ปริมาตร ของแทนทาลัมคาปาซิเตอร์ กับอะลูมิเนียมอิเล็กโทรไลติกคาปาซิเตอร์ พบว่าแทนทาลัมคาปาซิเตอร์มีประสิทธิภาพในการเก็บประจุสูงกว่าถึง 3 เท่า ซึ่งสามารถประมาณค่าได้จากค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Dielectric constant) ดังตารางที่ 1.1

แทนทาลัมคาปาซิเตอร์ยังมีข้อดีอื่นอีกเช่น ไม่มีของเหลวอยู่ภายใน ทำให้สามารถต่อการใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ และสะดวกต่อการเชื่อมต่อในวงจรไฟฟ้า นอกจากนี้แทนทาลัมคาปาซิเตอร์ยังมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าเหนือกว่าอะลูมิเนียมอิเล็กโทรไลติกคาปาซิเตอร์ เมื่อใช้งานที่ความถี่สูงอีกด้วย

จากข้อดีต่างๆที่กล่าวมาแล้วนั้น ทำให้แทนทาลัมคาปาซิเตอร์เข้ามาแทนที่อะลูมิเนียม อิเล็กโทรไลติกคาปาซิเตอร์ในช่วงความจุ 10 μF ถึง 100 μF ได้อย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 1.1 การเปรียบเทียบค่าคงที่ไดอิเล็กตริก ของวัสดุชนิดต่างๆ

Dielectric	Dielectric Constant
Air or Vacuum	1.0
Paper	2.0 – 6.0
Plastic	2.1 – 6.0
Mineral Oil	2.2 – 2.3
Silicone Oil	2.7 – 2.8
Quartz	3.8 – 4.4
Glass	4.8 – 8.0
Porcelain	5.1 – 5.9
Mica	5.4 – 8.7
Aluminum Oxide	8.4
Tantalum Pentoxide	26
Ceramic	12 – 400,000



รูปที่ 1.1 แสดงขนาดตลาดของคาปาซิเตอร์ในช่วงค่าความจุต่างๆ

1.1. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.1.1. เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลต่อการสร้างและซ่อมแซมชั้นกึ่งฉนวนในแทนทาลัมคาปาซิเตอร์
- 1.1.2. ทำการอบติไมซ์ เพื่อหาสภาวะการปฏิบัติงานที่เหมาะสมภายใต้ขอบเขตระยะเวลาในการผลิตที่น้อยที่สุดและ ปริมาณกระแสรั่วไหลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

1.2. ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.2.1. ทำการปรับเปลี่ยนสภาวะปฏิบัติการในขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวนที่ผิวของเม็ดแทนทาลัม (A-Anodization Process) ได้แก่
 - ค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity) ของสารละลายโซเดียมเตตระโบเรท (Sodium Tetraborate, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)
 - แรงดันไฟฟ้าในการสร้างชั้นกึ่งฉนวน
 - เวลาในการสร้างชั้นกึ่งฉนวน
- 1.2.2. ทำการปรับเปลี่ยนสภาวะปฏิบัติการในขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวนในรูปพูนของเม็ดแทนทาลัม (Anodization Process) ได้แก่
 - ค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity) ของกรดฟอสฟอริก (Phosphoric Acid, H_3PO_4)
 - แรงดันไฟฟ้าในการสร้างชั้นกึ่งฉนวน
 - เวลาในการสร้างชั้นกึ่งฉนวน
- 1.2.3. ทำการปรับเปลี่ยนสภาวะปฏิบัติการในขั้นตอนการซ่อมแซมชั้นกึ่งฉนวนและคัดแยกของเสียได้แก่
 - อุณหภูมิ
 - แรงดันไฟฟ้า
 - อัตราเร็วในการเพิ่มแรงดัน
 - เวลา

โดยแบ่งผลิตภัณฑ์ออกเป็นสามกลุ่มคือ ผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานสูง (25 – 50 V)

กลาง (16- 20 V) และต่ำ (2.5 – 10 V) ตามลำดับ

- 1.2.4. ทำการหาสภาวะปฏิบัติการที่เหมาะสมในขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวน (Dielectric Layer Formation Process) ที่สมบูรณ์ และขั้นตอนการซ่อมแซมชั้นกึ่งฉนวนและคัดแยกของเสีย (Aging Process) ที่ทำให้กระแสรั่วไหลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด โดยใช้เวลาน้อยที่สุด

1.3. ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

- 1.3.1. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลจากการทดลองในอดีต
- 1.3.2. ศึกษาการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยและออกแบบการทดลอง
- 1.3.3. ทำการปรับเปลี่ยนสภาวะปฏิบัติการในขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวน (Dielectric Layer Formation Process) และขั้นตอนการซ่อมแซมชั้นกึ่งฉนวนและคัดแยกของเสีย (Aging Process)
- 1.3.4. ศึกษาวิธีการและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

- 1.3.5. ทำการหาสภาวะปฏิบัติการที่ดีที่สุดภายใต้ขอบเขตของข้อจำกัด
- 1.3.6. วิเคราะห์และสรุปผล
- 1.3.7. จัดทำรายงานและนำเสนอ

1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1. ทราบถึงผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการสร้างและซ่อมแซมชิ้นกึ่งฉนวนที่สมบูรณ์ของแท่นทาลัมคาปาซิเตอร์
- 1.4.2. ทราบสภาวะการทำงานที่เหมาะสมในการสร้างและซ่อมแซมชิ้นกึ่งฉนวน
- 1.4.3. ลดเวลาสูญเสียในการผลิตเนื่องจากขั้นตอนการตัดแยกของเสียและซ่อมแซมชิ้นกึ่งฉนวน (Aging Process)
- 1.4.4. ลดปริมาณของเสียประเภทลัดวงจรและกระแสรั่วไหลเกินมาตรฐานในกระบวนการผลิต
- 1.4.5. ลดต้นทุนการผลิตและการเสียโอกาสทางธุรกิจ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

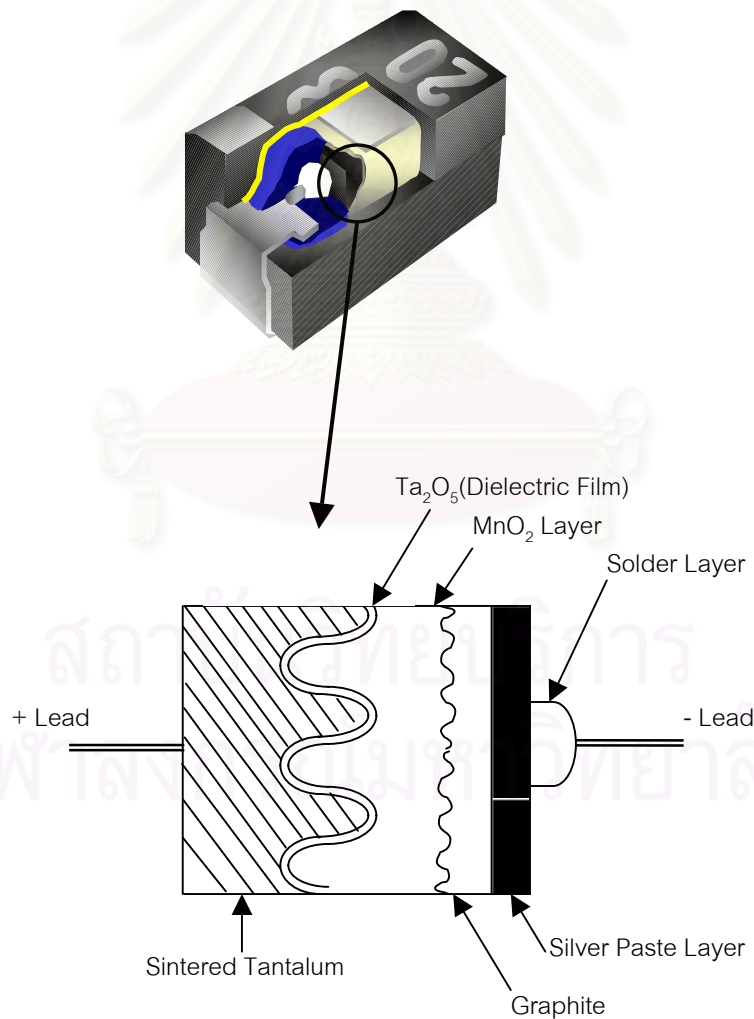
บทที่ 2

ทฤษฎีที่สำคัญ

2.1. ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับแทนทาลัมคาปาซิเตอร์

2.1.1 โครงสร้างของแทนทาลัมคาปาซิเตอร์

แทนทาลัมคาปาซิเตอร์ประกอบด้วย ผงแทนทาลัมละเอียดที่ถูกอัดเป็นเม็ดทำหน้าที่เป็นขั้วบวกที่มีความพรุนสูง มีพื้นที่ประสิทธิผล (Effective area) ที่ครอบคลุมด้วยชั้นกึ่งฉนวนของแทนทาลัมเพนตะออกไซด์ (Ta_2O_5) ที่เกิดจากปฏิกิริยา อานไดเซชัน (Anodization) ชั้นขั้วลบประกอบด้วย ชั้นแมงกานีสไดออกไซด์ (Manganese Dioxide) ชั้นกราไฟต์ (Graphite) ชั้นซิลเวอร์เพสต์ (Silver paste) และชั้นตะกั่ว (Solder) ส่วนขั้วภายนอกหรือขางานจะถูกเชื่อมต่อกับชั้นตะกั่วนี้ โครงสร้างของชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์แสดงดังรูปที่ 2.1



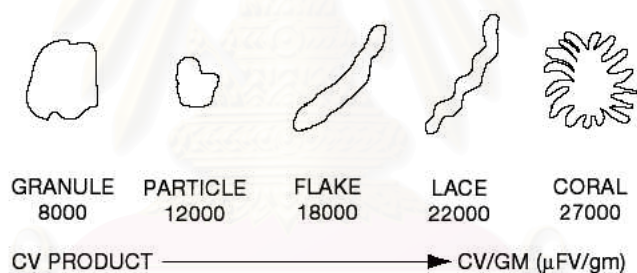
รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของแทนทาลัมคาปาซิเตอร์

2.1.2. ความรู้พื้นฐานและการผลิต

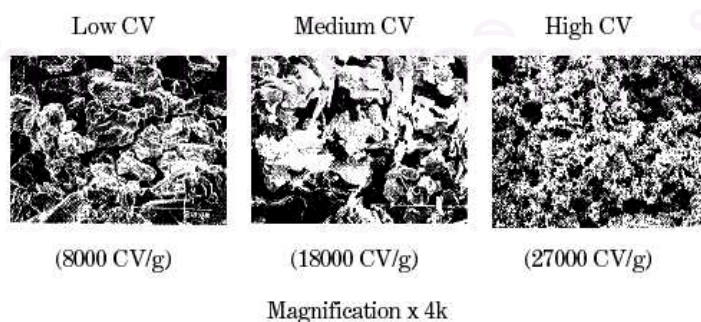
1) ผงแทนทาลัม (Tantalum Powder)

แทนทาลัมคาปาซิเตอร์ผลิตจากผงโลหะแทนทาลัมบริสุทธิ์ การเลือกขนาดของผงแทนทาลัมขึ้นอยู่กับชนิดของคาปาซิเตอร์ที่จะผลิต ผงแทนทาลัมที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ใช้สำหรับการผลิตคาปาซิเตอร์โวลต์สูง (High voltage capacitor) เนื่องจากเมื่อมีการสร้างชั้นไดอิเล็กตริก ความหนา 1 ใน 3 ส่วนของชั้นไดอิเล็กตริกจะหนาขึ้นไปที่ผิวของผงแทนทาลัม ส่วนความหนาอีก 2 ใน 3 ของชั้นไดอิเล็กตริกจะอยู่ในเนื้อของผงแทนทาลัม ดังนั้นถ้าใช้ผงแทนทาลัมขนาดเล็ก อนุภาคแทนทาลัมจะหายไปเหลือเพียงชั้นไดอิเล็กตริกหรือแทนทาลัมเพนตะออกไซด์เท่านั้น

เมื่อค่าคาปาซิเตอร์ (Capacitance) หรือความสามารถในการเก็บประจุ แปรผันตามพื้นที่ผิวของผงแทนทาลัม การผลิตคาปาซิเตอร์ที่มีค่าคาปาซิเตอร์สูงขึ้นไปจะต้องใช้ผงแทนทาลัมที่มีค่า CV (Capacitance / Voltage) สูงขึ้น เพื่อให้ได้ค่าคาปาซิเตอร์สูงขึ้นไป จึงได้มีการพัฒนาผงแทนทาลัมรูปร่างอื่น ดังรูปที่ 2.2 ส่วนรูปที่ 2.3 แสดงภาพถ่าย SEM (Scanning Electron Microscope) ของผงแทนทาลัมที่มีค่า CV ต่าง ๆ ซึ่งสามารถเห็นความแตกต่างของขนาดอนุภาคได้ชัดเจน



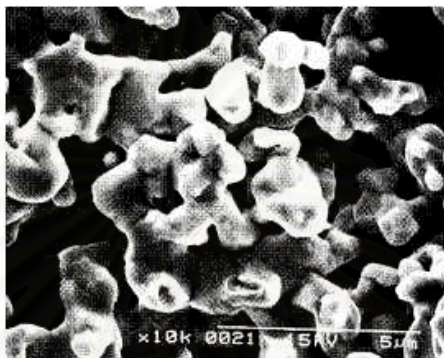
รูปที่ 2.2 การพัฒนาของรูปร่างของผงแทนทาลัม



รูปที่ 2.3 เปรียบเทียบผงแทนทาลัมที่มีค่า CV ต่างๆ

2) การอัดขึ้นรูป (Pressing) ผงแทนทาลัม

ผงแทนทาลัมจะถูกผสมกับสารเติมแต่ง (binder) หรือสารหล่อลื่น (lubricant) ที่เหมาะสมเพื่อให้แน่ใจว่าอนุภาคจะจับตัวกันเมื่อถูกอัดขึ้นรูปและมีการไหลตัว (flowability) ที่ดี ผงแทนทาลัมจะถูกอัดขึ้นรูปพร้อมกับลวดแทนทาลัม (Tantalum wire) ได้เม็ดแทนทาลัม (Tantalum anode element) ผงแทนทาลัมที่ถูกอัดขึ้นรูปจะมีลักษณะดังรูป 2.4



รูปที่ 2.4 ภาพถ่าย SEM ของผงแทนทาลัมที่ถูกอัดขึ้นรูป

สารเติมแต่งหรือสารหล่อลื่นที่เติมเข้าไปจะถูกไล่ออกจากเม็ดแทนทาลัม โดยการให้ความร้อน ภายใต้สภาวะสูญญากาศที่อุณหภูมิประมาณ 150 °C

3) การอบให้ความร้อน (Sintering)

การอบให้ความร้อนกับเม็ดแทนทาลัมจะทำให้อุณหภูมิประมาณ 1500 – 2000 °C ภายใต้สภาวะสูญญากาศ ซึ่งจะทำให้อนุภาคหลอมรวมกันจนมีลักษณะโครงสร้างคล้ายฟองน้ำ โครงสร้างดังกล่าวจะมีความแข็งแรงและความหนาแน่นเพิ่มขึ้นแต่ยังคงมีความพรุนและพื้นผิวภายในสูง

ถ้าเม็ดแทนทาลัมถูกอบและให้ความร้อนนานเกินไป หรืออุณหภูมิสูงเกินไป อนุภาคจะหลอมรวมตัวกันมากจนเกินไป จะทำให้ค่าคาปาซิแตนซ์ของเม็ดแทนทาลัมนั้นต่ำเกินไปด้วย ในทำนองเดียวกัน ถ้าเม็ดแทนทาลัมถูกอบและให้ความร้อนในเวลาสั้นเกินไป หรืออุณหภูมิต่ำเกินไป จะทำให้ค่าคาปาซิแตนซ์ของเม็ดแทนทาลัมนั้นสูงเกินไป

ปริมาณพื้นที่ผิวภายในของแทนทาลัมคาปาซิเตอร์ สามารถแสดงได้โดย

$$C = \frac{E E_0 S}{d} \quad \text{_____ (1)}$$

เมื่อ C คือ ค่าคาปาซิแตนซ์

E คือ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก ของ แทนทาลัมเพนตะออกไซด์ (มีค่าประมาณ 27)

E_0 คือ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก ของ ช่องว่าง (8.855×10^{-12} Farad/m)

S คือ พื้นที่ผิว (m^2)

d คือ ความหนาของชั้นไดอิเล็กตริก (m)

ความหนาของชั้นไดอิเล็กตริกหาได้จาก

$d = \text{โวลต์ในการสร้างชั้นไดอิเล็กตริก (V)} \times \text{อัตราเร็วในการสร้างชั้นไดอิเล็กตริก (m/V)}$

เมื่ออัตราเร็วในการสร้างชั้นไดอิเล็กตริก = 1.7×10^{-9} m/V

ดังนั้น พื้นที่ผิว, $S = (C d) / (E E_0)$ _____(2)

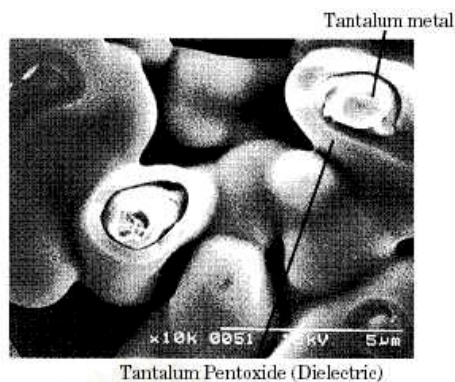
ขั้นตอนการอบให้ความร้อน (Sintering) นี้ช่วยในการไล่สิ่งปนเปื้อนส่วนใหญ่ที่อยู่ในเม็ดแทนทาลัมออก รูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นภาพถ่าย SEM ของอนุภาคแทนทาลัมที่หลอมรวมกันระหว่างการอบให้ความร้อน



รูปที่ 2.5 ภาพถ่าย SEM ของอนุภาคหลังการ Sintering

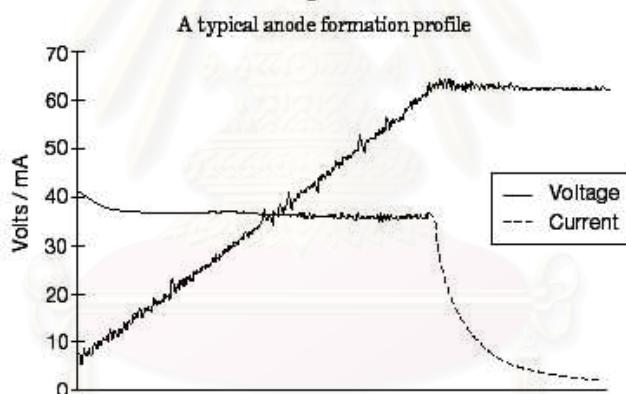
4) การสร้างชั้นไดอิเล็กตริก (Dielectric formation)

ชั้นไดอิเล็กตริกถูกสร้างในขั้นตอนอโนไดเซชัน (Anodization) โดยเม็ดแทนทาลัมจะถูกจุ่มลงในสารละลายกรดอ่อนเช่น กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid) ที่อุณหภูมิสูง (เช่น 85°C) โดยมีโวลต์และปริมาณกระแสเป็นตัวควบคุมการสร้างชั้นไดอิเล็กตริก หรือชั้นแทนทาลัมเพนตะออกไซด์ (Ta_2O_5) รูปที่ 2.6 แสดงภาพถ่าย SEM ของเม็ดแทนทาลัมที่สร้างชั้นไดอิเล็กตริกแล้วโดยตัดให้เห็นอนุภาคแทนทาลัมภายใน



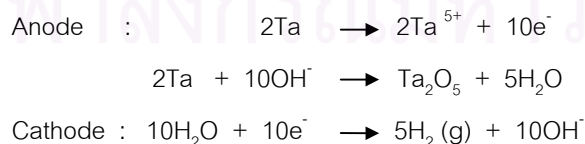
รูปที่ 2.6 ภาพถ่าย SEM ของเม็ดแทนทาลัมที่สร้างชั้น Ta₂O₅ แล้ว

ความหนาของชั้น Ta₂O₅ ควบคุมโดยปริมาณโวลต์ที่ให้กับเม็ดแทนทาลัมในขั้นตอนการสร้างชั้นไดอิเล็กตริก (Formation process) เมื่อเริ่มให้กระแสกับเม็ดแทนทาลัม ในช่วงแรกกระแสที่ไหลผ่านจะมีค่าคงที่ จนกระทั่งชั้น Ta₂O₅ ถูกสร้างเสร็จ กระแสที่ไหลผ่านจะมีค่าลดลง ส่วนโวลต์ที่ให้เพื่อการสร้างชั้น Ta₂O₅ จะมีค่าเพิ่มขึ้นจนคงที่ที่โวลต์ที่ต้องการ



รูปที่ 2.7 Anode Formation Profile

ปฏิกิริยาเคมีในขั้นตอนอโนไดเซชัน (Anodization process) คือ



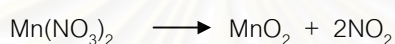
ดังที่กล่าวในตอนต้น แทนทาลัมเพนตะออกไซด์ถูกสร้างขึ้นที่ผิวของแทนทาลัม แต่จะมีส่วนหนึ่งที่ถูกสร้างเข้าไปในผิวของแทนทาลัม สิ่งปนเปื้อน (impurity) ที่มีอยู่ในชั้นไดอิเล็กตริกเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดกระแสรั่วไหลขึ้น เมื่อพิจารณาชั้นไดอิเล็กตริกที่มีความหนาเท่ากัน คาปาซิเตอร์ที่มีค่าคาปาซิแตนซ์มากกว่าสองเท่าก็จะมีกระแสรั่วไหลมากขึ้นเป็นสองเท่าเช่นกัน เนื่องจากคาปาซิเตอร์ที่มีค่าคาปาซิแตนซ์สูงกว่าจะต้องมีพื้นที่ของชั้น

ไดอิเล็กตริกมากกว่า ดังนั้นก็จะมีพื้นที่ที่เกิดกระแสรั่วไหลมากกว่าด้วย สิ่งปนเปื้อนบางส่วนสามารถถูกแยกออกและไม่ทำให้เกิดกระแสรั่ว ไหลได้เมื่อเพิ่มโวลต์ที่ใช้ในการสร้างชั้นไดอิเล็กตริก (Formation voltage) แต่การเพิ่มโวลต์ก็มีข้อจำกัดอยู่ที่ค่าคาปาซิแตนซ์ที่จะได้รับ

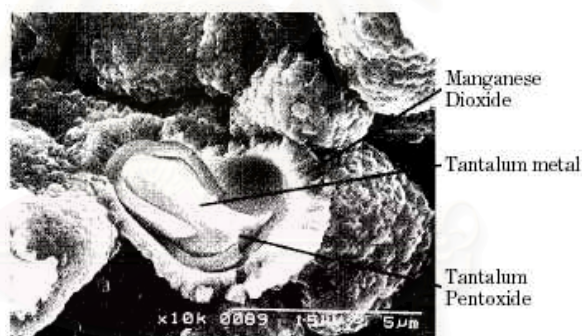
โดยทั่วไปโวลต์ที่ใช้ในการสร้างชั้นไดอิเล็กตริกจะมีค่าประมาณ 3 ถึง 4 เท่าของโวลต์ที่ใช้งาน (Rated voltage) เพื่อคุณภาพที่ดีของคาปาซิเตอร์

5) การสร้างชั้นแมงกานีส

การผลิตขั้นต่อไปคือการสร้างชั้นแมงกานีส โดยการจุ่มเม็ดแทนทาลัมที่สร้างชั้นไดอิเล็กตริกแล้วลงในสารละลายแมงกานีสไนเตรท (Manganese nitrate) ซ้ำหลายครั้งที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เพื่อให้สารละลายแทรกซึมเข้าไปในเม็ดแทนทาลัมอย่างทั่วถึง จากนั้นเม็ดแทนทาลัมจะถูกอบที่อุณหภูมิประมาณ 250 °C เพื่อเปลี่ยนแมงกานีสไนเตรทให้เป็นแมงกานีสไดออกไซด์ดังสมการ



ชั้นแมงกานีสไดออกไซด์ที่สร้างขึ้นจะมีลักษณะเป็นเกล็ด (Flake) และมีค่าความต้านทานประมาณ 1-10 Ω/cm ดังรูปที่ 2.8



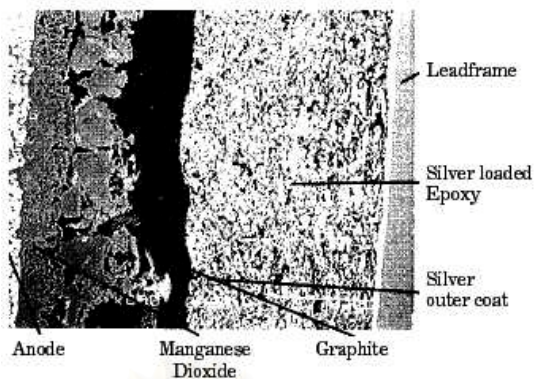
รูปที่ 2.8 ภาพถ่าย SEM ของชั้นแมงกานีสไดออกไซด์

6) ขั้นตอนการปฏิรูป (Reform)

เม็ดแทนทาลัมจะถูกจุ่มลงในกรดซึ่งทั่วไปจะใช้กรดอะซิติก (Acetic acid) และชาร์จโวลต์ประมาณครึ่งหนึ่งของโวลต์ที่ใช้ ในการสร้างชั้นไดอิเล็กตริก ในขั้นตอนนี้บริเวณชั้นแมงกานีสที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งเป็นจุดที่ทำให้เกิดกระแสรั่วไหลจะถูกซ่อมแซมโดยการสร้างชั้นไดอิเล็กตริกเพื่อจะอุดบริเวณที่เกิดกระแสรั่ว ไหลนี้

7) การสร้างชั้นภายนอก

เม็ดแทนทาลัมจะถูกจุ่มลงในกราไฟต์ (Graphite) แล้วอบเพื่อให้กราไฟต์ติดที่ผิวของเม็ดได้ดีขึ้น จากนั้นนำไปจุ่มในซิลเวอร์ (Silver) ซึ่งจะเป็นชั้นสุดท้ายที่จะต่อกับขั้วลวดที่เป็นขาของคาปาซิเตอร์ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ภาพตัดขวางของชั้นต่าง ๆ ในคาปาซิเตอร์

ชั้นกราฟไฟต์ถูกสร้างขึ้นเพื่อป้องกันซิลเวอร์มิให้สัมผัสโดยตรงกับชั้นแมงกานีสไดออกไซด์ เนื่องจากจะทำให้ซิลเวอร์ถูกออกซิไดซ์ เกิดเป็นออกไซด์ที่มีความต้านทานสูง ส่วนแมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) ก็จะถูกเปลี่ยนเป็นแมงกานีสไตรออกไซด์ (Mn_2O_3) ซึ่งมีความต้านทานสูงขึ้น ดังปฏิกิริยาด้านล่าง ปฏิกิริยานี้ทำให้คาปาซิเตอร์มีความต้านทานรวมสูงขึ้น และไม่สามารถทำหน้าที่ได้



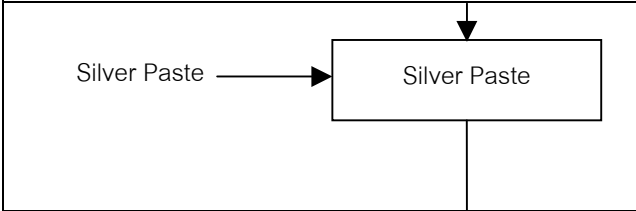
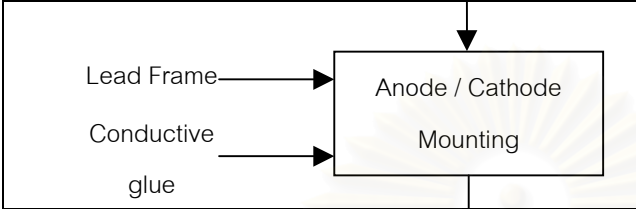
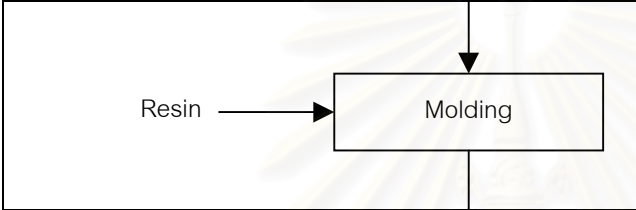
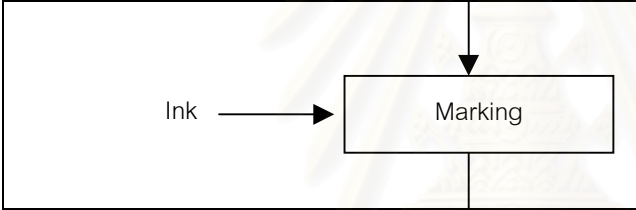
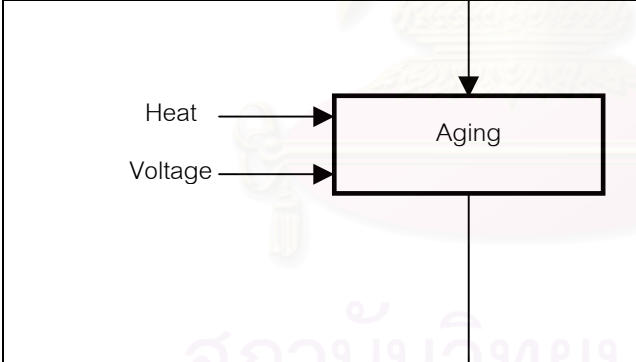
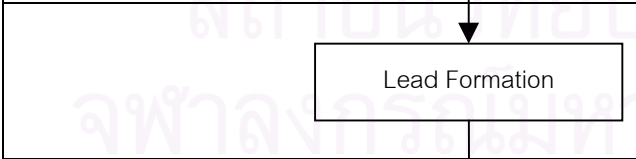
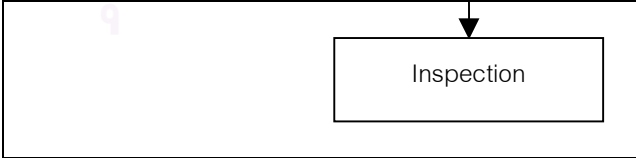
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8) ขั้นตอนการผลิต

ตารางที่ 2.1 ขั้นตอนการผลิตชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์

ขั้นตอนการผลิต	วัตถุประสงค์
<p>Ta Powder → Powder Mixing</p>	เพื่อผสมผงแทนทาลัมกับสารเติมแต่ง (Binder) ที่ช่วยในการเพิ่มความสามารถในการไหลตัว (Flowability) ทำให้สะดวกต่อการป้อนเข้ากระบวนการอัด
<p>Ta Wire → Pressing</p>	เพื่ออัดขึ้นรูปผงแทนทาลัมที่ผสมแล้วเป็นเม็ด และต่อลวดแทนทาลัมเข้ากับเม็ดงานเพื่อใช้เป็นขั้วบวก (Anode)
<p>Aluminum Holder → Vacuum Sintering</p>	เพื่อกำจัดสิ่งแปลกปลอมซึ่งเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่มาจากสารเติมแต่งในขั้นตอนแรก และทำให้เม็ดแทนทาลัมแข็งขึ้น
<p>Pellet Assembly</p>	เชื่อมเม็ดงานแต่ละเม็ดให้ติดกับอะลูมิเนียมโฮลเดอร์ (Aluminum holder) เพื่อความสะดวกในการผลิต (เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน)
<p>Phosphoric Sodium Tetraborate → Dielectric layer Formation</p>	เพื่อสร้างชั้นกึ่งฉนวน (Ta_2O_5) จากปฏิกิริยา $2Ta + 5H_2O \longrightarrow Ta_2O_5 + 5H_2$ โดยความหนาของชั้นนี้จะเป็นตัวกำหนดปริมาณการเก็บประจุของเม็ดงานซึ่งขั้นตอนนี้ประกอบด้วยการขึ้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวนที่ผิว (A-Anodization) และในรูปพรุนของเม็ดแทนทาลัม (Anodization)
<p>Manganese Nitrate Heat → Manganese Formation</p>	เพื่อสร้างชั้นแมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) จากปฏิกิริยา $Mn(NO_3)_2 \longrightarrow MnO_2 + NO_2 + NO + O$ อุณหภูมิ : 200~400°C
<p>Graphite Paste Graphite → Graphite Baking</p>	เพื่อสร้างชั้นกราไฟต์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของชั้นขั้วลบและช่วยลดความต้านทานระหว่างชั้น

ตารางที่ 2.1 ขั้นตอนการผลิตชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์ (ต่อ)

ขั้นตอนการผลิต	วัตถุประสงค์
 <p>Silver Paste → Silver Paste</p>	<p>เพื่อสร้างชั้นซิลเวอร์เฟลตโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ประสานชั้นกราฟไฟต์เฟลตกับซิลเวอร์ชั้นนี้จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงป้องกันเม็ดงานจากแรงกระแทกภายนอก</p>
 <p>Lead Frame → Anode / Cathode Mounting Conductive glue → Anode / Cathode Mounting</p>	<p>เพื่อเชื่อมงานเข้ากับลีดเฟรม(Lead Frame) โดยที่ทางด้านขั้วบวกจะทำการเชื่อมต่อกับไฟฟ้า และขั้วลบจะใช้กาวชนิดที่นำไฟฟ้าได้</p>
 <p>Resin → Molding</p>	<p>การหุ้มเม็ดงานด้วยเรซินเพื่อให้สะดวกต่อการนำไปใช้งาน</p>
 <p>Ink → Marking</p>	<p>พิมพ์รายละเอียดของงานเพื่อป้องกันข้อผิดพลาดและความสามารถในการใช้งานลงบนชิ้นงาน</p>
 <p>Heat → Aging Voltage → Aging</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. เพื่อทดสอบความสามารถในการใช้งานของคาปาซิเตอร์ 2. เพื่อลดค่ากระแสรั่วไหลของงานโดยการเปลี่ยนขั้วลบให้เป็นชั้นฉนวนเพื่ออุดรอยแตกของชั้นกึ่งฉนวน 3. ทำการตัดตัวเสียออกจนกระทั่งเปอร์เซ็นต์ตัวเสีย(%Failure rate) ได้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน
 <p>Lead Formation</p>	<p>เพื่อทำการพับขางาน ให้พร้อมนำไปใช้งานต่อไป</p>
 <p>Inspection</p>	<p>วัดค่าทางไฟฟ้าและตรวจสอบโครงสร้างภายในของงานเพื่อทำการคัดเลือกงานตามมาตรฐานที่กำหนด</p>

2.2. ไฟฟ้ากระแสตรง (DC current) ในคาปาซิเตอร์

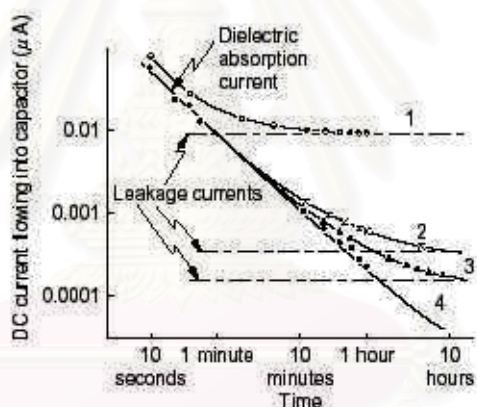
1) ชนิดของไฟฟ้ากระแสตรง (DC current)

โดยทั่วไปกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านคาปาซิเตอร์ชนิดไดอิเล็กทริกโพลีเอทิลีน สามารถแบ่งอย่างกว้าง ๆ ได้ 3 ชนิด คือ

- ก. กระแสไฟฟ้าที่ถูกดูดซับโดยชั้นไดอิเล็กตริก (Dielectric absorption current ; I_D)
- ข. กระแสรั่วไหลจริง (True leakage current ; I_L) หรือเรียกสั้น ๆ ว่ากระแสรั่วไหล คือกระแสที่มีค่าคงตัว (Steady state current) ที่ไหลผ่านชั้นฉนวนซึ่ง I_L นี้มีผลต่อคุณภาพและอายุการใช้งานของคาปาซิเตอร์
- ค. กระแสรั่วไหลที่ผิว (Surface leakage current)

2) การเปลี่ยนแปลงของไฟฟ้ากระแสตรง (DC current) กับเวลา

รูปที่ 2.10 แสดงตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงของกระแสกับเวลา กราฟเส้นที่ 1 แสดงถึงลักษณะของคาปาซิเตอร์ ที่มีกระแสรั่วไหลผ่านในปริมาณสูง กราฟเส้นที่ 2 แสดงถึงปริมาณกระแสรั่วไหลปานกลาง ส่วนกราฟเส้นที่ 3 และ 4 แสดงถึงกระแสรั่วไหลปริมาณต่ำ



รูปที่ 2.10 การเปลี่ยนแปลงของไฟฟ้ากระแสตรงกับเวลา

จากกราฟพบว่าปริมาณกระแสรั่วไหลจะลดลงด้วยอัตราคงที่จนถึงเวลาหนึ่งค่ากระแสรั่วไหลจะมีค่าคงที่ซึ่งอาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากเดิมทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าเกิดปรากฏการณ์ใดระหว่างชั้นไดอิเล็กตริกถูกทำลายด้วยความร้อน (Thermal degradation) หรือเกิดการซ่อมแซม (Healing phenomenon) รายละเอียดของปรากฏการณ์ทั้งสองจะกล่าวในภายหลัง

กระแสที่ถูกดูดซับโดยชั้นไดอิเล็กตริก (Dielectric absorption current ; I_D) สามารถอธิบายได้โดยสมการ

$$I_D = CV\psi(t) \quad \text{_____} (3)$$

- เมื่อ C คือ ค่าคาปาซิแตนซ์ (Capacitance)
 V คือ โวลต์ที่ให้กับคาปาซิเตอร์ (Applied voltage)
 $\Psi(t)$ คือ คุณสมบัติเฉพาะของวัสดุไดอิเล็กตริก

สำหรับไดอิเล็กตริกที่เป็นของแข็งสมการ (4) แสดงค่า $\Psi(t)$ เมื่อ $t > 10$ sec.

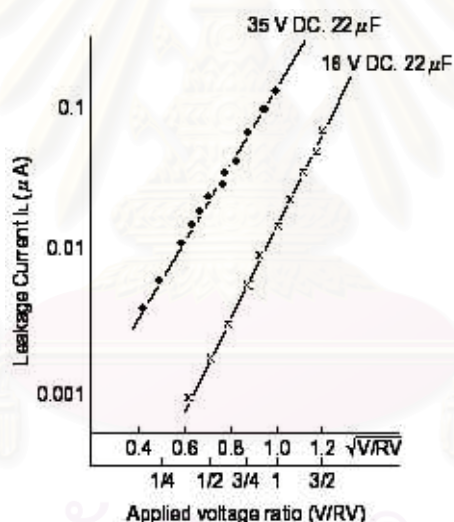
$$\Psi(t) = At^{-n} \quad \text{_____ (4)}$$

เมื่อ $n = 0.85 - 1.0$ สำหรับแทนทาลัมคาปาซิเตอร์

3) การเปลี่ยนแปลงของกระแสรั่วไหลกับแรงดันไฟฟ้า

จากสมการ (3) I_L เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดันไฟฟ้าที่ให้ แต่เมื่อเวลาผ่านไป เทอมที่มีความสำคัญมากขึ้นคือ กระแสรั่วไหล I_L ตัวอย่างของความสัมพันธ์ระหว่างกระแสรั่วไหลกับแรงดันไฟฟ้า แสดงดังรูป

2.11

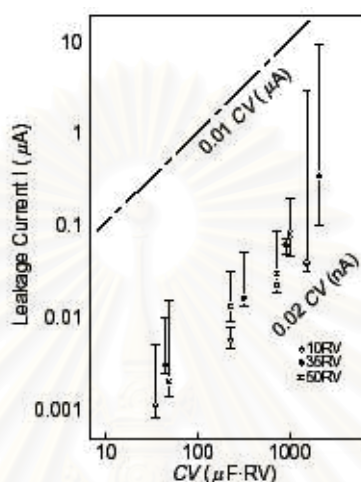


รูปที่ 2.11 แรงดันไฟฟ้ากับกระแสรั่วไหล

จากกราฟ $\log I_L$ แปรผันตรงกับ \sqrt{V} ซึ่งสามารถใช้สำหรับแรงดันไฟฟ้าที่ให้ (Applied voltage ; V) ในช่วงกว้าง เมื่อนำแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน (Rated voltage ; RV) ไปหารแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้ (V) ดังแกน X ในรูปที่ 2.11 พบว่ากราฟทั้งสองเส้นเกือบจะเหมือนกันทุกอย่าง ความสัมพันธ์นี้สามารถอธิบายได้โดยกลไกการนำไฟฟ้าของ Shottky (Shottky electrical conduction mechanism) อย่างไรก็ตามในบางกรณี I_L อาจแปรผันตรงกับ V^2 ได้ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นผิวของออกไซด์ฟิล์ม

4) ค่า CV กับกระแสรั่วไหล

เมื่อให้แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน (Rated voltage) กับคาปาซิเตอร์จะมีไฟฟ้ากระแสตรงไหลซึ่งแปรผันโดยตรงกับค่า CV ของคาปาซิเตอร์ (ผลคูณของคาปาซิแตนซ์กับโวลต์เตจ) กระแสไฟฟ้านี้มีค่าอยู่ในช่วง 0.02CV (nA) ถึง 0.01CV (μ A) ปริมาณกระแสรั่วหลังจากให้แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานกับคาปาซิเตอร์นาน 5 นาที รูปที่ 2.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า CV และกระแสรั่วไหลของคาปาซิเตอร์



รูปที่ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า CV กับกระแสรั่วไหล

2.3. กลไกการเสียหาย (Failure Mechanism) ของแทนทาลัมคาปาซิเตอร์

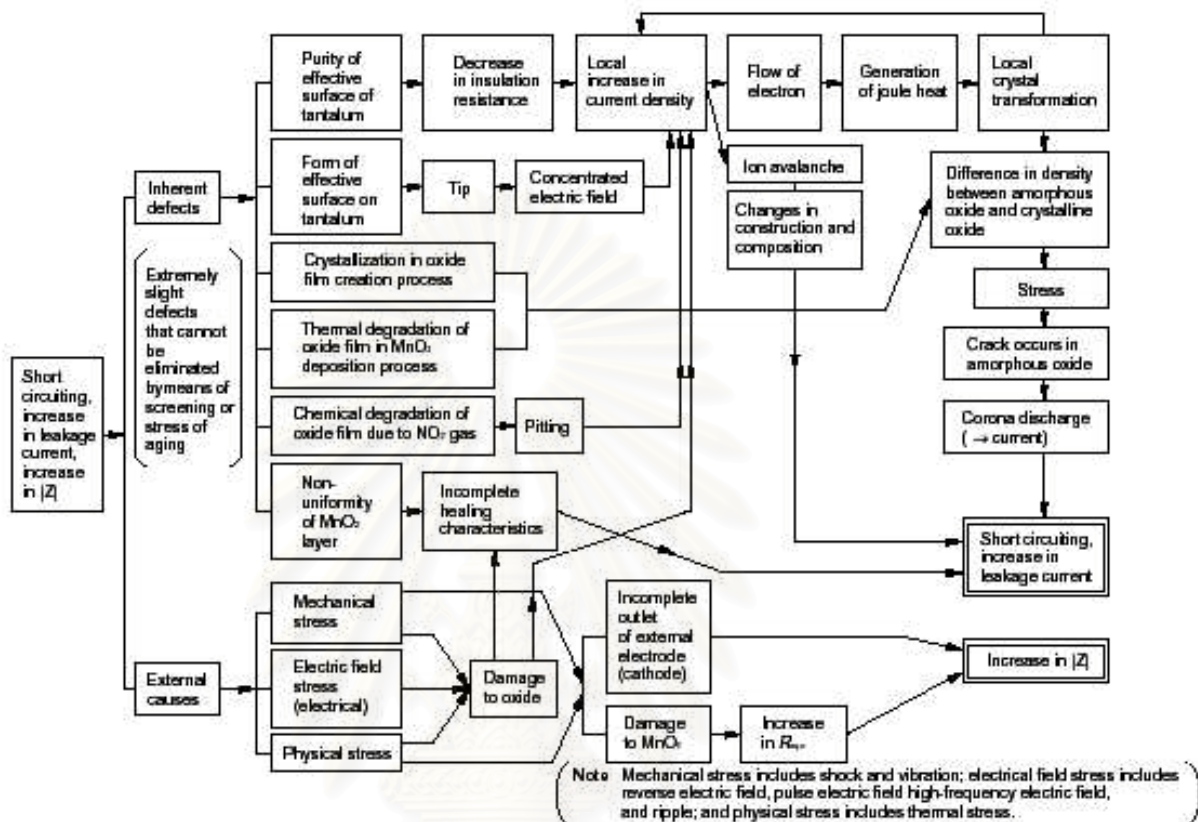
ประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ของตัวเสียทั้งหมดเป็นประเภท กระแสรั่วไหลเพิ่มขึ้น และความต้านทานเพิ่มขึ้น โดยส่วนใหญ่ประเภทของตัวเสียที่พบหลังจากนำอุปกรณ์ที่มีคาปาซิเตอร์เป็นองค์ประกอบไปใช้งาน (Field failure mode) คือตัวเสียประเภทลัดวงจร (Short mode)

คาปาซิเตอร์อาจเกิดการเสียหายจากหลายกรณี ซึ่งอาจแบ่งได้เป็นสาเหตุภายใน (Internal cause) ที่เกิดจากวัสดุหรือกระบวนการผลิต และสาเหตุภายนอก (External cause) ที่รวมถึงสภาวะการใช้งานและการนำคาปาซิเตอร์ไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของการเสียหายและกระบวนการของการเกิดของเสียได้แสดงดังรูป 2.13 จากรูปดังกล่าวพบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียประเภทกระแสรั่วไหลสูงมากกว่า สาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียประเภทความต้านทานสูงดังนั้นจะพบว่าของเสียประเภทกระแสรั่วไหลสูงจะเกิดขึ้นมากกว่า ส่วนของเสียประเภทความต้านทานสูงจะเกิดจากสาเหตุภายนอกเป็นส่วนมาก

ความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของคาปาซิเตอร์ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับสาเหตุภายในดังรูป 2.13 ถ้าสามารถกำจัดสาเหตุเหล่านั้นได้ ตัวเสียของคาปาซิเตอร์ก็จะลดลงโดยปริยาย แต่การจะกำจัดสาเหตุต่าง ๆ ทั้งหมดนั้นเป็นไปได้ยาก โดยการใช้เทคโนโลยีในปัจจุบัน (เช่น การทำวัสดุให้บริสุทธิ์และเทคโนโลยีการผลิต คาปาซิเตอร์) ดังนั้นทางที่ดีที่สุด คือการลดปริมาณของเสียที่จะเกิดขึ้นให้เหลือน้อยที่สุดโดยการใช้เทคโนโลยีในปัจจุบัน และทำการคัดแยกของเสีย (Screening) ตั้งแต่ในกระบวนการผลิตเพื่อช่วยลดปริมาณของเสียที่จะถูกส่งไปยังลูกค้า

ระดับความน่าเชื่อถือที่ยอมรับได้ในปัจจุบันคือ $0.5\% / 10^3 \text{ h Max.}$ สำหรับอุตสาหกรรมการสื่อสาร และ $1\% / 10^3 \text{ h Max.}$ สำหรับอุปกรณ์เครื่องใช้ในบ้านเมื่อใช้งานที่อุณหภูมิ 85°C ที่โวลต์ใช้งาน



รูปที่ 2.13 สาเหตุและกระบวนการเสียหายของแทนทาลัมคาปาซิเตอร์ (ประเภทลัดวงจร, กระแสรั่วไหลสูง และความต้านทานสูง)

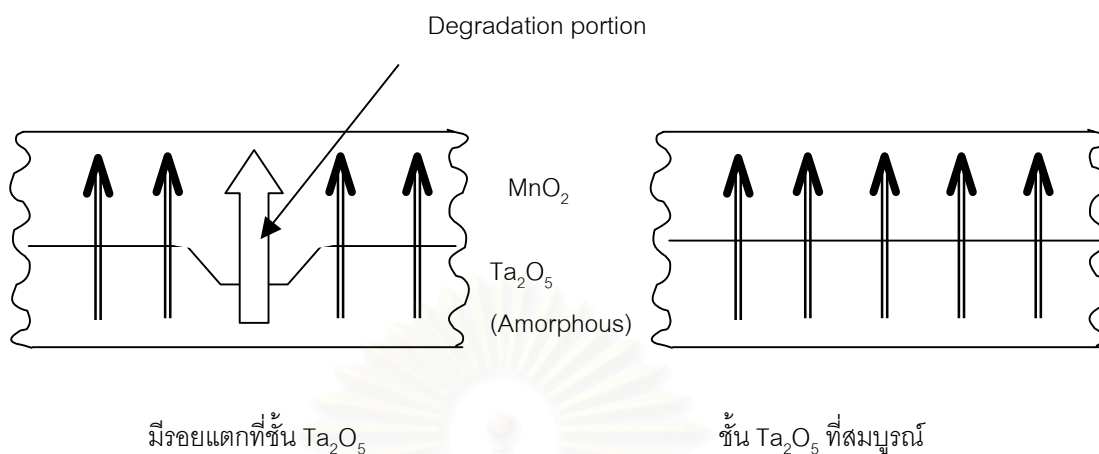
ในการศึกษาครั้งนี้ต้องการศึกษาเกี่ยวกับการเสียหายประเภทลัดวงจรหรือกระแสรั่วไหลสูงดังนั้นจึงจะกล่าวถึงกลไกของการเสียหายประเภทนี้โดยละเอียด

1) กลไกการเสียหายประเภทลัดวงจรหรือกระแสรั่วไหลสูง

จากการศึกษาในอดีตสันนิษฐานว่า สาเหตุของการเสียหายประเภทนี้มาจากการเสื่อมหรือการแตกของชั้นแทนทาลัมเพนตะออกไซด์ (Ta₂O₅) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ การแตกของชั้นแทนทาลัมเพนตะออกไซด์เฉพาะจุด (Local degradation) ซึ่งเป็นการเสียหายที่เกิดขึ้นแบบสุ่ม ส่วนอีกชนิดคือการแตกแบบกระจาย (Overall degradation) ซึ่งมาจากการเสื่อมหรือการสึกหรอของชั้นแทนทาลัมเพนตะออกไซด์

ความเร็วในการแตกของชั้นขึ้นอยู่กับกระบวนการกระจายและขนาดของชั้นที่แตก ชั้นแทนทาลัมเพนตะออกไซด์อสัณฐาน (Amorphous Ta₂O₅) ที่ไม่สมบูรณ์จะมีกระแสรั่วไหลที่จุดนั้นสูงกว่าจุดอื่นดังรูป 2.14 (ซ้าย) ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการไหลผ่านของกระแสทำให้ แทนทาลัมเพนตะออกไซด์อสัณฐาน (Amorphous Ta₂O₅) ในบริเวณนั้นเปลี่ยนรูปเป็นผลึกของ แทนทาลัมเพนตะออกไซด์ (Crystalline Ta₂O₅) และความหนาแน่น

ที่แตกต่างกันของแทนทาลัมเพนตะออกไซด์ที่เป็นออสัณฐานกับผลึกนั้น ทำให้เกิดการแตกของชั้นแทนทาลัมเพนตะออกไซด์มากขึ้น



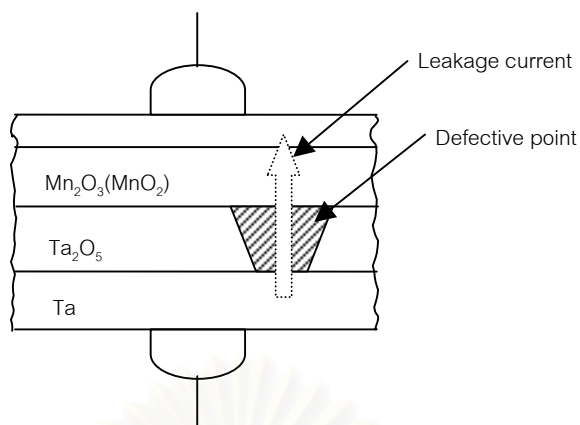
หมายเหตุ : ขนาดของลูกศรแสดงถึงปริมาณกระแสที่ไหลผ่าน

รูปที่ 2.14 กระแสรั่วไหลจากรอยแตกของชั้นกึ่งฉนวน

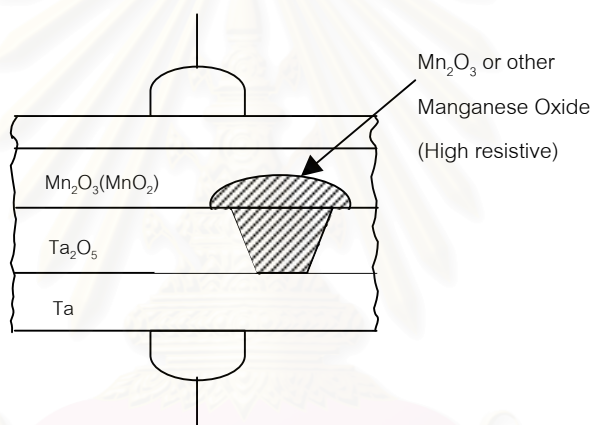
2) กลไกการซ่อมแซมตัวเอง (Self-healing)

อย่างไรก็ตามแทนทาลัมคาปาซิเตอร์มีคุณสมบัติในการซ่อมแซมตัวเอง เพื่อลดการรั่วไหลของกระแสที่เรียกว่า "Self-healing effect" ในขณะที่ความร้อนจากกระแสรั่วไหล ทำให้เกิดการแตกของชั้นแทนทาลัมเพนตะออกไซด์ ความร้อนนั้นยังสามารถทำให้ชั้นแมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) เปลี่ยนรูปเป็นแมงกานีสไตรออกไซด์ (Mn_2O_3) หรือแมงกานีสออกไซด์ชนิดอื่นซึ่งมีความเป็นฉนวนสูงกว่าแมงกานีสไดออกไซด์ โดยแมงกานีสไดออกไซด์มีความต้านทาน $1-10 \Omega\text{-cm}$ ในขณะที่แมงกานีสไตรออกไซด์มีความต้านทาน $10^4-10^7 \Omega\text{-cm}$ ปฏิริยาดังกล่าวจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิบริเวณรอยแตกนั้นประมาณ $400-500^\circ\text{C}$ การซ่อมแซมตัวเองของคาปาซิเตอร์จะหยุดเมื่อออกไซด์ของแมงกานีสที่เกิดขึ้นสามารถครอบคลุมบริเวณที่แตกได้ทั้งหมดทำให้จุดนั้นไม่เกิดกระแสรั่วไหลต่อไปดังรูปที่ 2.15 แต่ในกรณีที่รอยแตกของชั้นแทนทาลัมเพนตะออกไซด์ (Ta_2O_5) เกิดขึ้นเร็วกว่าอัตราการเกิดแมงกานีสไตรออกไซด์ (Mn_2O_3) จะทำให้ชั้นงานนั้นเกิดเป็นตัวเสียบประเภทลัดวงจร (Short) รูปที่ 2.15 แสดงแบบจำลองของการซ่อมแซมตัวเอง และตารางที่ 2.2 แสดงลำดับขั้นในการซ่อมแซมตัวเองในชั้น Ta_2O_5 และ MnO_2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(a) เกิดกระแสรั่วไหลที่รอยแตกของชั้น Ta_2O_5



(b) เกิดปรากฏการณ์ซ่อมแซมตัวเอง (Self-Healing)

รูปที่ 2.15 แบบจำลองแสดงการซ่อมแซมตัวเอง(Self-Healing)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 ลำดับการเกิดการซ่อมแซมตัวเอง(Self-Healing)ของแทนทาลัมคาปาซิเตอร์ในชั้นTa₂O₅ และชั้น MnO₂

STEP	In Ta ₂ O ₅ Layer	In MnO ₂ Layer
1	Current concentration on defective point ↓ Increase in local current density	
2	Heat generation	
3	Local transformation of Ta ₂ O ₅ amorphous oxide ↓ Crystalline oxide	MnO ₂ changes to Mn ₂ O ₃ $2\text{MnO}_2 \longrightarrow \text{Mn}_2\text{O}_3 + \text{O}$ MnO ₂ resistance : 10 Ω-cm
4	Different in density for two oxide categories	Mn ₂ O ₃ resistance : 10 ⁶⁻⁷ Ω-cm
5	Stress is generated	
6	Crack occurrence in amorphous oxide portion	
7	Discharge Phenomenon (-> current increase)	
8	Short or leakage current increase	

2.4 การออกแบบการทดลอง

2.4.1 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล

การทดลองส่วนมากในทางปฏิบัติจะเกี่ยวข้องกับการศึกษาถึงผลของปัจจัย (Factor) ตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป ในกรณีเช่นนี้ การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Design) จะเป็นวิธีการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล หมายถึง การทดลองที่พิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Level) ของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้น ตัวอย่างเช่น กรณี 2 ปัจจัย ถ้าปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับ และปัจจัย B ประกอบด้วย b ระดับ ในการทดลอง 1 เพลทิกेट (Replicate) จะประกอบด้วยการทดลองทั้งหมด ab การทดลอง และเมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล เราจะกล่าวว่าปัจจัยเหล่านี้มีการไขว้ (Crossed) ซึ่งกันและกัน

ผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่ง หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผลตอบ (Response) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยนั้น ๆ ซึ่งเรียกว่า ผลหลัก (Main Effect) เนื่องจากว่ามันเกี่ยวข้องกับปัจจัยเบื้องต้นของการทดลอง ตัวอย่างเช่น ในการทดลองตามรูปที่ 2.16 ซึ่งเป็นการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย โดยที่แต่ละปัจจัยจะประกอบด้วย 2 ระดับ คือ ระดับ “ต่ำ” และ “สูง” ซึ่งจะแทนระดับทั้งสองด้วยเครื่องหมาย “-” และ “+” ตามลำดับ ผลหลักของปัจจัย A ในการทดลองนี้คือ ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของผลตอบที่ระดับต่ำและระดับสูงของปัจจัย A ซึ่งเขียนเป็นตัวเลขได้ว่า

$$A = (40+52)/2 - (20+30)/2 = 21$$

หมายความว่า การเพิ่มขึ้นของปัจจัย A จากระดับต่ำไปสู่ระดับสูงจะทำให้ผลตอบเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 21 หน่วยในการทำงานเดียวกัน จะสามารถคำนวณหาค่าผลหลักของปัจจัย B ได้คือ

$$B = (30+52)/2 - (20+40)/2 = 11$$

สำหรับกรณีที่มีปัจจัยมากกว่า 2 ปัจจัย จะต้องมีการดัดแปลงวิธีการคำนวณบางประการ

ในการทดลองบางอย่าง เราอาจจะพบว่า ความแตกต่างของผลตอบที่เกิดขึ้นบนระดับต่างๆ ของปัจจัยหนึ่งจะมีค่าไม่เท่ากันที่ระดับอื่น ๆ ทั้งหมดของปัจจัยอื่น ซึ่งหมายถึงว่า ผลตอบของปัจจัยหนึ่งจะขึ้นกับระดับของปัจจัยอื่น ๆ นั้นเอง และเราเรียกเหตุการณ์นี้ว่า การมีอันตรกิริยา (Interaction) ต่อกันระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างเช่น พิจารณาการทดลองเชิงแฟกทอเรียลของปัจจัย 2 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 2.17 ผลของปัจจัย A ที่ปัจจัย B อยู่ที่ระดับต่ำ (B^-) มีค่าเป็น

$$A = 50 - 20 = 30$$

และผลของปัจจัย A ที่ปัจจัย B อยู่ที่ระดับสูง (B^+) มีค่าเป็น

$$A = 12 - 40 = -28$$

เนื่องจากผลของปัจจัย A ขึ้นกับระดับของปัจจัยที่ถูกเลือก ดังนั้น เราจะกล่าวได้ว่า ปัจจัย A และ B มีอันตรกิริยาต่อกัน ขนาดของอันตรกิริยาจะเท่ากับค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของผลของปัจจัย A ที่ระดับต่างๆ ของปัจจัย B ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$AB = (-28 - 30)/2 = -29$$

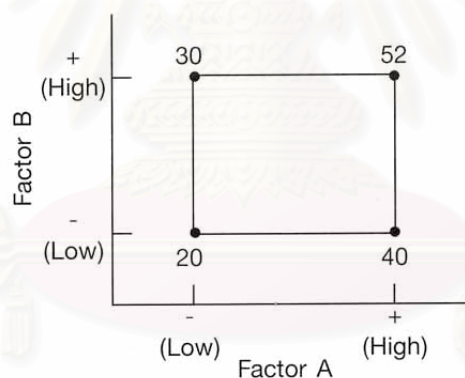
ซึ่งเห็นได้ว่า ค่าอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย A และ B ในที่นี้มีค่าสูง

แนวคิดดังกล่าวสามารถแสดงได้ด้วยกราฟ รูปที่ 2.18 เป็นกราฟระหว่างผลตอบของปัจจัย A ที่ระดับทั้งสองของปัจจัย B จะเห็นว่าเส้นของ B⁻ และ B⁺ จะประมาณได้ว่าขนานกัน ซึ่งลักษณะของกราฟเช่นนี้จะบ่งถึงการไม่มีอันตรกิริยาซึ่งกันและกันของปัจจัยทั้งสอง ในทำนองเดียวกัน รูปที่ 2.19 เป็นการพล็อตข้อมูลของรูปที่ 2.17 ซึ่งจะได้เห็นว่าเส้น B⁻ และ B⁺ ไม่ขนานกัน และสามารถกล่าวได้ว่า ปัจจัยทั้งสองมีอันตรกิริยาต่อกันบ่อยครั้งที่กราฟลักษณะนี้จะถูกนำมาเพื่อใช้แสดงถึงการมีนัยสำคัญ (Significant) ของอันตรกิริยา

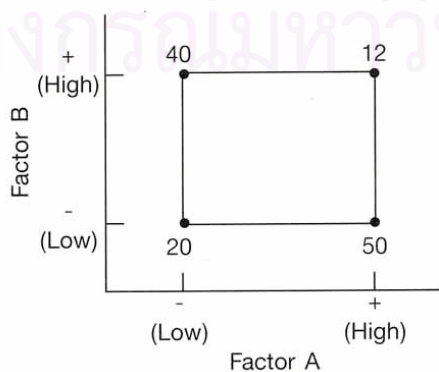
ตามปกติแล้ว เมื่ออันตรกิริยามีค่าสูง ผลลัพธ์จะมีความหมายน้อยมากในทางปฏิบัติ จากตัวอย่างในรูป 2.17 จะเห็นว่าผลหลังของปัจจัย A มี ค่าเท่ากับ

$$A = (50 + 12)/2 - (20 + 40)/2 = -1$$

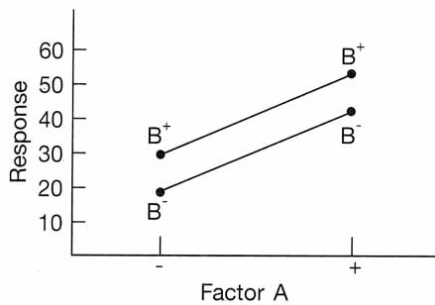
ซึ่งมีค่าต่ำมาก และโน้มแนวโน้มให้เราสรุปว่า ผลจากปัจจัย A นั้นไม่มีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงผลของปัจจัย A ที่ระดับต่างๆ ของปัจจัย B แล้วจะพบว่า ในความเป็นจริงแล้วปัจจัย A มีผลอย่างมีนัยสำคัญ แต่ผลของปัจจัย A นั้นจะมีขึ้นกับระดับของปัจจัย B ดังนั้น ความรู้เกี่ยวกับอันตรกิริยา ของ AB จะมีประโยชน์มากกว่าความรู้เกี่ยวกับผลหลัก และในกรณีที่อันตรกิริยาระหว่างปัจจัยมีนัยสำคัญ ผู้ทำการทดลองควรจะต้องพิจารณาผลตอบที่เกิดขึ้นที่ระดับต่างๆ ของปัจจัยหนึ่ง (เช่น A) โดยให้ระดับของปัจจัยอื่นคงตัว เพื่อที่จะหาข้อสรุปเกี่ยวกับผลที่เกิดจากปัจจัย A



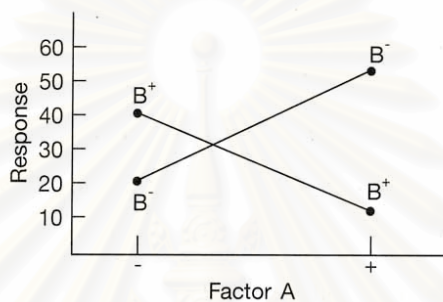
รูปที่ 2.16 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย



รูปที่ 2.17 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย (มีอันตรกิริยา)

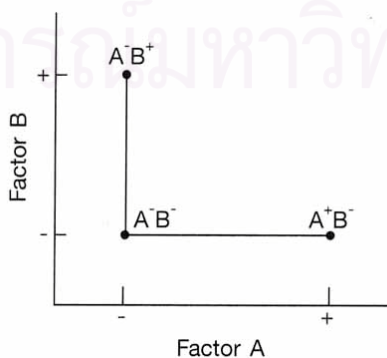


รูปที่ 2.18 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล (ไม่มีอันตรกิริยา)



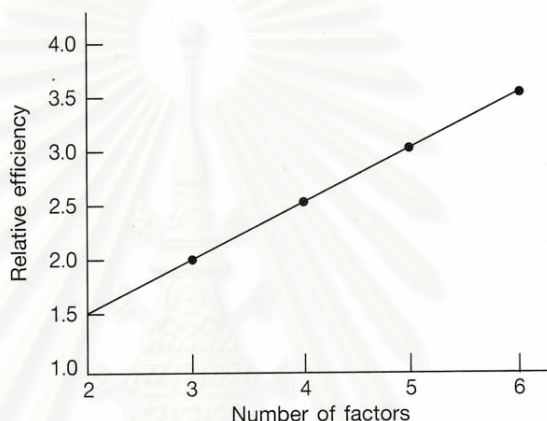
รูปที่ 2.19 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล (มีอันตรกิริยา)

ประโยชน์ของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลสามารถแสดงได้ดังนี้ สมมติว่า เรามี 2 ปัจจัย (A และ B) ที่ต้องการศึกษาและปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ ซึ่งจะแทนปัจจัยแต่ละระดับด้วย A⁻, A⁺, B⁻ และ B⁺ ตามลำดับ ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยทั้งสองสามารถหาได้จากการเปลี่ยนระดับของปัจจัยทีละปัจจัย ดังแสดงในรูปที่ 2.20 ผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัย A จากน้อยไปมากมีค่า เป็น A⁺B⁻ - A⁻B⁻ และผลของการเปลี่ยนแปลงปัจจัย B จากน้อยไปมากคือ A⁻B⁺ - A⁻B⁻ เนื่องจากในการทดลองอาจมีความผิดพลาด (Error) ขึ้น ดังนั้น เราควรจะทำการศึกษาอย่างน้อย 2 ครั้ง สำหรับการทดลองร่วมปัจจัย (Treatment combination) แต่ละจุดและนำผลตอบที่ได้มาเฉลี่ยเพื่อประมาณถึงผลที่จะเกิดขึ้นดังนั้น เราจะต้องทดลองทั้งสิ้น 6 ครั้ง (2 ครั้ง จาก A⁺B⁻, 2 ครั้ง จาก A⁻B⁻ และ 2 ครั้ง จาก A⁻B⁺)



รูปที่ 2.20 การทดลองแบบทีละปัจจัย (One-factor-at-a-time-Experiment)

ถ้าทำการทดลองเชิงแฟกทอเรียล เราจะต้องทำการทดลองร่วมปัจจัย A^+B^+ เพิ่มขึ้นอีกหนึ่งการทดลอง ในตอนนี้เราสามารถทำได้เพียงแค่ 4 การทดลองเท่านั้นเพื่อหาผลที่เกิดจากปัจจัย A นั่นคือ A^+B^- และ A^-B^+ และผลที่เกิดจากปัจจัย A หาได้จากการนำค่าประมาณที่ได้ทั้งสองค่ามาเฉลี่ยและหาผลต่างของมัน ซึ่งก็คือ $(A^+B^- - A^-B^-)/2 - (A^+B^+ - A^-B^+)/2$ นั่นเอง และค่าผลที่เกิดจากปัจจัย A ที่ได้ควรจะมีค่าความถูกต้องใกล้เคียงกับการทดลองแบบที่ละปัจจัย ในทำนองเดียวกัน จากการทดลองร่วมปัจจัยที่ 4 ที่กล่าวมานี้ เราก็สามารถหาผลที่เกิดจากปัจจัย B ได้เช่นกัน ดังนั้นประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลต่อการทดลองแบบที่ละปัจจัยมีค่าเป็น $6/4 = 1.5$ ซึ่งตามปกติแล้ว ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนของปัจจัยเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์ระหว่างการทดลองแบบแฟกทอเรียลต่อการทดลองแบบที่ละปัจจัย

สมมุติว่าในการทดลองนี้มีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยเกิดขึ้น ถ้าการทดลองแบบที่ละปัจจัยได้ผลออกมาว่า ผลตอบของ A^-B^+ และ A^+B^- ดีกว่า A^-B^- แล้ว ข้อสรุปก็ควรจะเป็นว่า ผลตอบของ A^+B^+ ควรจะดียิ่งกว่านั้นอีก แต่จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น แล้วว่า เมื่อใดก็ตามที่มีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยเกิดขึ้นข้อสรุปเช่นนี้อาจจะนำไปสู่ความผิดพลาดอย่างใหญ่หลวงได้ (ดูตัวอย่างในรูปที่ 2.17)

สรุปก็คือ การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลมีประโยชน์หลายประการ และเป็นการออกแบบที่มีประสิทธิภาพเหนือกว่าการทดลองแบบที่ละปัจจัย ยิ่งกว่านั้นแล้วการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลยังเป็นสิ่งที่จำเป็นเมื่อมีอันตรกิริยาเกิดขึ้น ซึ่งกรณีเช่นนี้ทำให้เราสามารถหลีกเลี่ยงข้อสรุปที่ผิดพลาดได้นอกจากนั้นแล้วการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลทำให้เราสามารถประมาณผลของปัจจัยหนึ่งที่ระดับต่างๆ ของปัจจัยอื่นได้ ทำให้เราสามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผล (Valid) ตลอดเงื่อนไขของการทดลองได้

2.4.2 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k

การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลใช้มากในการทดลองที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายปัจจัย ซึ่งเราต้องการที่จะศึกษาถึงผลรวมที่มีต่อผลตอบซึ่งเกิดขึ้นจากปัจจัยเหล่านั้น

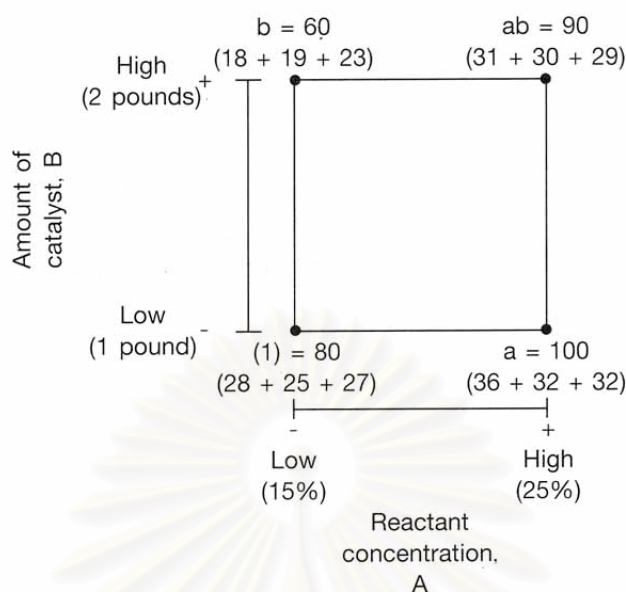
กรณีพิเศษของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลที่มีความสำคัญมากที่สุดคือ กรณีที่มีปัจจัย k ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ ระดับเหล่านี้อาจจะเกิดจากข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น อุณหภูมิ ความดัน หรือเวลา เป็นต้น หรืออาจจะเกิดจากข้อมูลเชิงคุณภาพก็ได้ เช่น เครื่องจักร หรือคนงาน เป็นต้น และใน 2 ระดับที่กล่าวถึงนี้จะแทนระดับ “สูง” หรือ “ต่ำ” ของปัจจัยหนึ่ง ๆ หรือการ “มี” หรือ “ไม่มี” ของปัจจัยนั้น ๆ ก็ได้ ใน 1 เพลทเคตที่บริบูรณ์สำหรับการออกแบบเช่นนี้จะประกอบด้วยข้อมูลทั้งสิ้น $2 \times 2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^k$ ข้อมูล และเราเรียกการออกแบบลักษณะนี้ว่า การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล แบบ 2^k ต่อจากนี้ขอสมมติว่า (1) ปัจจัยทั้งหมดมีค่าตายตัว (2) การออกแบบเป็นแบบเชิงสุ่มบริบูรณ์ (Completely Randomized) และ (3) สมมติฐานเกี่ยวกับความเป็นปกติเป็นที่ยอมรับได้

การออกแบบ 2^k มีประโยชน์มากต่องานทดลองในช่วงเริ่มแรก เมื่อมีปัจจัยเป็นจำนวนมากที่เราต้องการที่จะตรวจสอบ การออกแบบเช่นนี้จะทำให้เกิดการทดลองจำนวนน้อยที่สุดที่สามารถทำได้ เพื่อศึกษาถึงผลของปัจจัยทั้ง k ชนิด ได้อย่างบริบูรณ์โดยใช้ออกแบบเชิงแฟกทอเรียล เนื่องจากแต่ละปัจจัยของการออกแบบ 2^k ประกอบด้วย 2 ระดับ เราขอสมมติว่าผลตอบที่ได้จะมีลักษณะเป็นเส้นตรงตลอดช่วงของระดับของปัจจัยที่เลือกขึ้นมาทำการทดลอง ซึ่งสมมติฐานเช่นนี้เป็นสิ่งที่ยอมรับได้สำหรับการทดลองเพื่อกรองปัจจัยเมื่อเราเพิ่งเริ่มต้นทำการศึกษาระบบ

การออกแบบ 2^k ชนิดแรกที่จะกล่าวถึง คือ การออกแบบที่ประกอบด้วย 2 ปัจจัย (A และ B) แต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ การออกแบบชนิดนี้เรียกว่า การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล แบบ 2^2 ระดับของปัจจัยแต่ละตัวจะอยู่ที่ “ต่ำ” และ “สูง” ตัวอย่างเช่น พิจารณาการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารเคมีและจำนวนของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อผลผลิตในกระบวนการทางเคมีอย่างหนึ่ง กำหนดให้ความเข้มข้นของสารเคมีเป็นปัจจัย A และประกอบด้วย 2 ระดับ คือ 15% และ 25% และให้ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นปัจจัย B ซึ่งมีระดับอยู่ที่ 1 และ 2 ปอนด์ ตามลำดับ ทำการทดลองนี้จำนวน 3 เพลทเคต และได้ข้อมูลดังต่อไปนี้

Factor		Treatment Combination	Replicate			Total
A	B		I	II	III	
-	-	A low, B low	28	25	27	80
+	-	A high, B low	36	32	32	100
-	+	A low, B high	18	19	23	60
+	+	A high, B high	31	30	29	90

การทดลองร่วมปัจจัยสำหรับการออกแบบนี้แสดงในรูปของกราฟดังรูปที่ 2.22 ตามปกติแล้ว เราจะแสดงผลของปัจจัยด้วยอักษรลาตินตัวใหญ่ ดังนั้น A จะแทนผลของปัจจัย A, B แทนผลของปัจจัย B และ AB แทนอันตรกิริยาของปัจจัย AB ในการออกแบบ 2^2 ระดับ ต่ำ และ สูง จะแทนด้วยเครื่องหมาย “-” และ “+” บนแกน A และ B ตามลำดับ ดังนั้น เครื่องหมาย - บนแกน A จะแทนระดับความเข้มข้นต่ำ (15%) และ + แทนระดับสูง (25%) และบนแกน B เครื่องหมาย - แทนด้วย ระดับต่ำของตัวเร่งปฏิกิริยา และ + แทนด้วยระดับสูงตามลำดับ



รูปที่ 2.22 การทดลองร่วมปัจจัยของการออกแบบ 2^2

การทดลองร่วมปัจจัยทั้ง 4 สำหรับออกแบบนี้จะแทนด้วยตัวอักษรตัวเล็ก (รูปที่ 2.22) จะเห็นได้ว่า สำหรับระดับสูงของปัจจัยใด ๆ จะแทนด้วยตัวอักษรตัวเล็กของปัจจัยนั้น ในการทดลองร่วมปัจจัยที่เกิดขึ้น สำหรับระดับต่ำจะไม่ปรากฏตัวอักษรใด ๆ ในการทดลองร่วมปัจจัย ดังนั้น สำหรับการออกแบบ 2^k ในที่นี้ a จะแทนการทดลองร่วมปัจจัยของปัจจัย A ที่ระดับสูง และ B ที่ระดับต่ำ, b แทน A ที่ระดับต่ำและ B ที่ระดับสูง, ab แทนทั้งปัจจัย A และ B อยู่ที่ระดับสูง และ (1) แทนปัจจัย A และ B อยู่ที่ระดับต่ำ

สำหรับการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล แบบ 2 ระดับ กำหนดว่า ผลเฉลี่ยของปัจจัยหนึ่ง คือ ความเปลี่ยนแปลงของผลตอบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของระดับของปัจจัยนั้น ๆ ที่ถูกนำมาเฉลี่ยกับระดับของปัจจัยอื่น สัญลักษณ์ (1), a, b และ ab แทนผลรวมของ n เวกเตอร์ของการทดลองร่วมปัจจัยนั้น ๆ ผลของ A ที่ระดับต่ำของ B คือ $[a - (1)]/n$ และผลของ A ที่ระดับสูงของ B คือ $[ab - b]/n$ นำค่าทั้งคู่นี้เฉลี่ยจะได้ผลหลักของปัจจัย A คือ

$$A = \frac{1}{2n} \{[ab - b] + [a - (1)]\}$$

$$= \frac{1}{2n} [ab + a - b - (1)]$$

(5)

ค่าเฉลี่ยของผลหลักของปัจจัย B หาได้จากผลของ B ที่ระดับ A ระดับต่ำ คือ $[b - (1)]/n$ และที่ A ระดับสูง คือ $[ab - a]/n$ ซึ่งเขียนได้เป็น

$$\begin{aligned}
 B &= \frac{1}{2n} \{[ab - a] + [b - (1)]\} \\
 &= \frac{1}{2n} [ab + b - a - (1)]
 \end{aligned}$$

_____ (6)

ผลของอันตรกิริยาของ AB คือ ค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างผลของ A ที่ B ระดับสูง กับผลของ A ที่ B ระดับต่ำ ซึ่งก็คือ

$$\begin{aligned}
 AB &= \frac{1}{2n} \{[ab - b] - [a - (1)]\} \\
 &= \frac{1}{2n} [ab + (1) - a - b]
 \end{aligned}$$

_____ (7)

ในทางกลับกัน เราอาจจะหาค่าของ AB ได้จากค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างผลของ B ที่ A ระดับสูง กับผลของ B ที่ A ระดับต่ำ ซึ่งจะให้ผลออกมาเช่นเดียวกับสมการ (7)

โดยใช้การทดลองในรูปที่ 2.22 เราสามารถประมาณผลเฉลี่ยต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{2(3)} (90 + 100 - 60 - 80) = 8.33 \\
 B &= \frac{1}{2(3)} (90 + 60 - 100 - 80) = -5.00 \\
 AB &= \frac{1}{2(3)} (90 + 80 - 100 - 60) = 1.67
 \end{aligned}$$

ผลของ A (ความเข้มข้นของสารเคมี) มีค่าเป็นบวก ซึ่งหมายความว่า การเพิ่มขึ้นของ A จากระดับต่ำ (15%) ไปสู่ระดับสูง (25%) จะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ผลของ B (ตัวเร่งปฏิกิริยา) มีค่าเป็นลบ หมายความว่า การเพิ่มขึ้นของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เติมเข้าไปในกระบวนการจะทำให้ผลผลิตต่ำลง และผลของอันตรกิริยามีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบ กับผลหลักทั้งสอง

ในการทดลองที่เกี่ยวกับการออกแบบ 2^k เราจะต้องตรวจสอบทั้งขนาดและทิศทางของปัจจัยที่มีผลเพื่อที่จะหาว่า ตัวแปรตัวใดที่น่าจะเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดผลขึ้น และใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนมาเป็นตัวยืนยันข้อสรุปนั้น

พิจารณาผลรวมของกำลังสองของ A, B และ AB กำหนดให้ว่า คอนทราสต์ที่จะใช้ในการประมาณผลของ A คือ

$$\text{Contrast}_A = ab + a - b - (1)$$

_____ (8)

เราจะเรียกคอนแทรกต์นี้ว่า ผลทั้งหมด (Total Effect) ของ A จากสมการ (6) และ (7) เราพบว่า คอนแทรกต์นี้ยังสามารถใช้ในการประมาณผลของ B และ AB ได้อีกด้วย ยิ่งกว่านั้น คอนแทรกต์เหล่านี้ยังมีรูปแบบในเชิงตั้งฉาก (Orthogonal) และผลรวมของกำลังสองของคอนแทรกต์ใด ๆ จะหาได้จากคอนแทรกต์ยกกำลังสอง หาดด้วย ผลคูณของจำนวนของข้อมูลทั้งหมดที่อยู่ในคอนแทรกต์ นั้น กับผลรวมกำลังสองของสัมประสิทธิ์ของคอนแทรกต์ ดังนั้น ผลรวมของกำลังสองของ A, B และ AB สามารถเขียนได้ดังนี้

$$SS_A = \frac{[ab + a - b - (1)]^2}{4n} \quad \text{_____ (9)}$$

$$SS_B = \frac{[ab + b - a - (1)]^2}{4n} \quad \text{_____ (10)}$$

$$SS_{AB} = \frac{[ab + (1) - a - b]^2}{4n} \quad \text{_____ (11)}$$

โดยใช้ข้อมูลจากรูปที่ 2.22 เราสามารถหาค่าผลรวมของกำลังสองต่าง ๆ ได้จากสมการ (9), (10) และ (11) ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} SS_A &= \frac{(50)^2}{4(3)} = 208.33 \\ SS_B &= \frac{(-30)^2}{4(3)} = 75.00 \\ SS_{AB} &= \frac{(10)^2}{4(3)} = 8.33 \end{aligned} \quad \text{_____ (12)}$$

และผลรวมทั้งหมดของกำลังสองสามารถหาได้จาก

$$SS_T = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{y^2 \dots}{4(3)} \quad \text{_____ (13)}$$

ปกติแล้ว SS_T จะมีระดับชั้นความเสรีเท่ากับ $4n-1$ และค่าผิดพลาดของผลรวมของกำลังสองซึ่งมีระดับชั้นความเสรีเท่ากับ $4(n-1)$ สามารถคำนวณได้จาก

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB} \quad \text{_____ (14)}$$

จากการทดลองในรูปที่ 2.22 จะได้ว่า

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^3 y_{ijk}^2 - \frac{y^2 \dots}{4(3)} \\ &= 9398.00 - 9075.00 = 323.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_E &= SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB} \\ &= 323.00 - 208.33 - 75.00 - 8.33 \\ &= 31.34 \end{aligned}$$

โดยการใช้ SS_A และ SS_B จากสมการ (12) ผลสรุปของการวิเคราะห์ความแปรปรวนปรากฏดัง ตารางที่ 2.3 เมื่อพิจารณาค่า P ทำให้เราสามารถสรุปได้ว่า ผลหลักทั้งคู่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ และอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย A และ B ไม่มีผล ซึ่งตาราง ANOVA นี้ช่วยยืนยันการตีความหมายของข้อมูลจากขนาดของผลของปัจจัยดังกล่าวมาข้างต้นแล้ว

ตารางที่ 2.3 ANOVA ของตัวอย่างในรูปที่ 2.22

Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F_0	P-value
A	208.33	1	208.33	53.15	0.0001
B	75.00	1	75.00	19.13	0.0024
AB	8.33	1	8.33	2.13	0.1826
Error	31.34	8	3.92		
Total	323.00	11			

ตามปกติแล้ว เราจะเขียนลำดับมาตรฐานของการทดลองร่วมปัจจัยดังนี้ (1), a, b และ ab และใช้ลำดับเช่นนี้ในการหาสัมประสิทธิ์ของคอนแทรกสต์ที่จะใช้ในการประมาณผลต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

Effects	(1)	a	b	ab
A:	-1	+1	-1	+1
B:	-1	-1	+1	+1
AB:	+1	-1	-1	+1

ให้สังเกตว่า สัมประสิทธิ์ของคอนแทรกสต์ที่ใช้สำหรับประมาณผลของอันตรกิริยาก็คือ ผลคูณระหว่างสัมประสิทธิ์ของปัจจัยทั้งสองนั่นเอง สัมประสิทธิ์ของคอนแทรกสต์จะมีค่าเป็น +1 หรือ -1 เท่านั้น ตารางของเครื่องหมายบวกและลบดังเช่นตารางที่ 2.4 สามารถนำมาใช้ในการหาเครื่องหมายที่เหมาะสมสำหรับการทดลองร่วมปัจจัยแต่ละตัวได้ จั๋วหัวตามแนวคอลัมน์ของตารางที่ 2.4 คือ ผลหลัก (A และ B) อันตรกิริยา (AB) และ I ซึ่งหมายถึง ผลรวมหรือค่าเฉลี่ยของการทดลองทั้งหมด สังเกตดูจะเห็นว่า คอลัมน์ I นั้นจะมีเครื่องหมายบวกเพียงอย่างเดียวเท่านั้น จั๋วหัวตามแนวแถวของตารางที่ 2.4 คือการทดลองร่วมปัจจัยที่ได้มีการเรียงลำดับมาตรฐานเรียบร้อยแล้วนั่นเอง เพื่อที่จะหาคอนแทรกสต์สำหรับประมาณผลต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เราก็เพียงแต่นำเครื่องหมายที่อยู่ในคอลัมน์นี้

ต้องการในตารางมาคูณกับการทดลองร่วมปัจจัยที่เกี่ยวข้องแล้วนำทั้งหมดมาบวกกัน ตัวอย่างเช่น ถ้าเราต้องการประมาณค่าของ A เราจะหาคอนแทรกสต์ได้จาก $-(1) + a - b + ab$ ซึ่งมีค่าเช่นเดียวกันกับในสมการที่ (5)

ตารางที่ 2.4 เครื่องหมายทางพีชคณิตสำหรับการคำนวณผลในการออกแบบ 2^2

Treatment Combination	Factorial Effect			
	I	A	B	AB
(1)	+	-	-	+
a	+	+	-	-
b	+	-	+	-
ab	+	+	+	+

2.4.3 แบบจำลองการถดถอย

ในการออกแบบ 2^k แบบจำลองการถดถอย (Regression Model) สามารถหาได้ง่าย ๆ ดังนี้

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \epsilon$$

โดยที่ x_1 เป็นตัวแปรที่ถูกเข้ารหัสซึ่งแทนความเข้มข้นของสารเคมี, x_2 เป็นตัวแปรที่ถูกเข้ารหัสซึ่งแทนจำนวนของตัวเร่งปฏิกิริยา และ β แทนสัมประสิทธิ์ของการถดถอย ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามธรรมชาติ (Natural Variable) กับตัวแปรที่ถูกเข้ารหัสของ x_1 และ x_2 สามารถเขียนได้เป็น

$$X_1 = \frac{\text{Conc} - (\text{Conc}_{\text{low}} + \text{Conc}_{\text{high}})/2}{(\text{Conc}_{\text{high}} - \text{Conc}_{\text{low}})/2}$$

$$X_2 = \frac{\text{Catalyst} - (\text{Catalyst}_{\text{low}} + \text{Catalyst}_{\text{high}})/2}{(\text{Catalyst}_{\text{high}} - \text{Catalyst}_{\text{low}})/2}$$

เมื่อตัวแปรตามธรรมชาติมีค่าเพียง 2 ระดับ การเข้ารหัสเช่นนี้จะทำให้ได้ระดับของตัวแปรที่ถูกเข้ารหัสออกมาเป็น ± 1 ตัวอย่างเช่น

$$X_1 = \frac{\text{Conc} - (15 + 25)/2}{(25 - 15)/2}$$

$$\frac{\text{Conc} - 20}{5}$$

ดังนั้น ถ้าความเข้มข้นอยู่ที่ระดับสูง (Conc = 25%) ดังนั้น $x_1 = +1$ และถ้าความเข้มข้นอยู่ที่ระดับต่ำ (Conc = 15%) จะทำให้ $x_1 = -1$ ในทำนองเดียวกัน

$$X_2 = \frac{\text{Catalyst} - (1 + 2)/2}{(2 - 1)/2}$$

$$\frac{\text{Catalyst} - 1.5}{0.5}$$

ดังนั้น ถ้าระดับของตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่ที่สูง (Catalyst = 2) จะได้ $x_2 = +1$ และถ้าอยู่ที่ระดับต่ำ (Catalyst = 1) จะได้ $x_2 = -1$

แบบจำลองของการถดถอยที่เหมาะสมคือ

$$\hat{y} = 27.5 + (8.33/2)x_1 + (-5.00/2)x_2$$

โดยที่จุดตัดแกน β_0 คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด 12 ตัว และสัมประสิทธิ์ของการถดถอย β_1 และ β_2 จะเท่ากับครึ่งหนึ่งของค่าประมาณของผลหลักที่เกี่ยวข้อง (A และ B) ทั้งนี้ เนื่องจากว่า สัมประสิทธิ์ของการถดถอยจะเป็นตัววัดผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของ x หนึ่งหน่วยต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของ y และผลที่ประมาณได้นี้ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลง 2 หน่วย (จาก -1 ไป +1)

อย่างไรก็ตามสำหรับ k ที่มีค่ามาก วิธีการเช่นนี้จะทำให้เกิดความซับซ้อนในการทำงาน ดังนั้น เราควรจะใช้วิธีการอีกอย่างหนึ่งก็คือ ขยายทางด้านขวามือของสมการคอนทราสต์

$$\text{Contrast}_{AB\dots K} = (a \pm 1)(b \pm 1) \dots (k \pm 1) \quad (15)$$

ในการขยายสมการ (15) เราจะใช้พีชคณิตเบื้องต้นเข้ามาด้วย และแทนค่า 1 ในสูตรที่คำนวณได้ครั้งสุดท้ายด้วย (1) สัญลักษณ์ในวงเล็บแต่ละชุดจะเป็นค่าลบ ถ้าปัจจัยนั้นได้ถูกรวมไว้ในคอนทราสต์และเป็นค่าบวก ถ้าปัจจัยนั้นไม่ได้ถูกรวมเอาไว้

เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นถึงการใส่สมการ (15) พิจารณาการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^3 ค่าคอนทราสต์ของ AB หาได้จาก

$$\begin{aligned} \text{Contrast}_{AB} &= (a - 1)(b - 1)(c + 1) \\ &= abc + ab + c + (1) - ac - bc - a - b \end{aligned}$$

ตัวอย่างถัดมา ในการออกแบบ 2^5 ค่าคอนทราสต์ของ ABCD คือ

$$\begin{aligned} \text{Contrast}_{ABCD} &= (a - 1)(b - 1)(c - 1)(d - 1)(e + 1) \\ &= abcde + cde + bde + ade + bce \\ &\quad + ace + abe + e + abcd + cd + bd \\ &\quad + ad + bc + ac + ab + (1) - a - b - c \\ &\quad - abc - d - abd - acd - bcd - ae \\ &\quad - be - ce - abce - de - abde - acde - bcde \end{aligned}$$

เมื่อคำนวณค่าคอนทราสต์สำหรับผลต่างๆ เรียบร้อยแล้ว เราสามารถที่จะประมาณค่าผลต่างๆ และคำนวณหา ค่าของผลรวมของกำลังสองได้โดยใช้ สมการดังต่อไปนี้

$$AB \dots K = \frac{2}{n2^k} (\text{Contrast}_{AB\dots K}) \quad \text{_____}(16)$$

$$SS_{AB\dots K} = \frac{2}{n2^k} (\text{Contrast}_{AB\dots K})^2 \quad \text{_____}(17)$$

ตามลำดับ โดยที่ n แทนจำนวนของเรพลิเคต

2.4.4 ส่วนตกค้างและความเพียงพอของแบบจำลอง

แบบจำลองของการถดถอยสามารถใช้ในการหาค่าที่ถูกทำนาย (Predicted) หรือค่าที่ฟิต (Fitted) ของ ที่จุดทั้ง 4 ของการออกแบบ ส่วนตกค้างคือผลต่างระหว่างข้อมูลที่ได้มากับค่าที่ฟิตของ y ตัวอย่างเช่น เมื่อความ เข้มของสารเคมีอยู่ที่ระดับต่ำ ($x_1 = -1$) และตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่ที่ระดับต่ำ ($x_2 = -1$) ค่า y ที่ได้จากการทำนายคือ

$$\begin{aligned} \hat{y} &= 27.5 + (8.33/2)(-1) + (-5.00/2)(-1) \\ &= 25.835 \end{aligned}$$

มีข้อมูล 3 ตัวสำหรับการทดลองร่วมปัจจัยนี้ ดังนั้น ส่วนตกค้างก็คือ

$$\begin{aligned} e_1 &= 28 - 25.835 &= 2.165 \\ e_2 &= 25 - 25.835 &= -0.835 \\ e_3 &= 27 - 25.835 &= 1.165 \end{aligned}$$

ค่าที่ถูกทำนายตัวที่เหลือและส่วนตกค้างจะคำนวณได้ตามวิธีเดียวกันกับที่กล่าวมา สำหรับความเข้มข้นของสาร เคมีที่ระดับสูงและตัวเร่งปฏิกิริยาที่ระดับต่ำ

$$\begin{aligned} \hat{y} &= 27.5 + (8.33/2)(+1) + (-5.00/2)(-1) \\ &= 34.165 \\ e_4 &= 36 - 34.165 &= 1.835 \\ e_5 &= 32 - 34.165 &= -2.165 \\ e_6 &= 32 - 34.165 &= -2.165 \end{aligned}$$

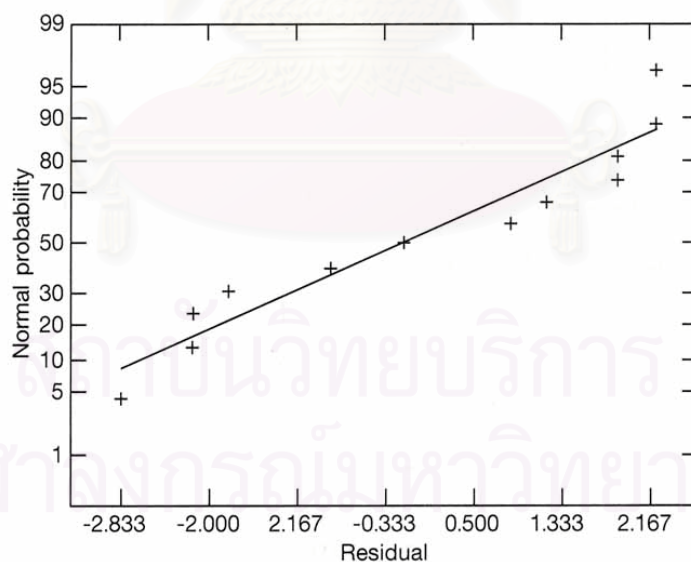
สำหรับความเข้มข้นของสารเคมีที่ระดับต่ำและตัวเร่งปฏิกิริยาที่ระดับสูง

$$\begin{aligned} \hat{y} &= 27.5 + (8.33/2)(-1) + (-5.00/2)(+1) \\ &= 20.835 \\ e_7 &= 18 - 20.835 = -2.835 \\ e_8 &= 19 - 20.835 = -1.835 \\ e_9 &= 23 - 20.835 = 2.165 \end{aligned}$$

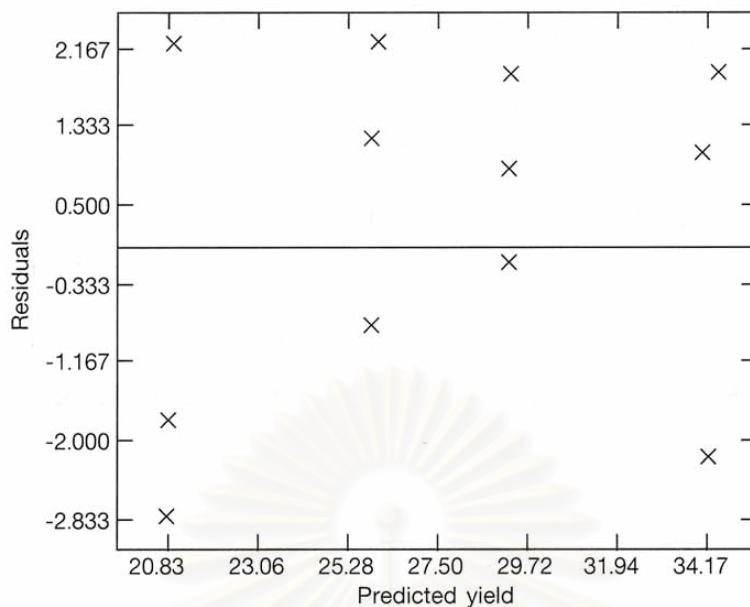
สำหรับความเข้มข้นของสารเคมีที่ระดับสูงและตัวเร่งปฏิกิริยาที่ระดับสูง

$$\begin{aligned} \hat{y} &= 27.5 + (8.33/2)(+1) + (-5.00/2)(+1) \\ &= 29.165 \\ e_{10} &= 31 - 29.165 = 1.835 \\ e_{11} &= 30 - 29.165 = 0.835 \\ e_{12} &= 29 - 29.165 = -0.165 \end{aligned}$$

รูปที่ 2.23 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของส่วนตกค้างเหล่านี้ และกราฟของส่วนตกค้างกับค่าผลผลิตที่ถูกทำนาย ดูจากรูปแล้วไม่พบสิ่งผิดปกติอันใด ดังนั้นข้อสรุปที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ในครั้งนี้ สมเหตุสมผล



(a) Normal probability plot



(b) Residuals versus predicted yield

รูปที่ 2.23 กราฟของส่วนตกค้างสำหรับการทดลองเกี่ยวกับกระบวนการเคมี

2.4.5 การเพิ่มจุดศูนย์กลางให้แก่การออกแบบ 2^k

ประการสำคัญในการใช้งานการออกแบบแฟกทอเรียลแบบ 2 ระดับคือ สมมติฐานเกี่ยวกับความเป็นจริงเชิงเส้น (Linearity) ของผลที่เกิดขึ้นจากปัจจัยต่าง ๆ แน่นอนว่าความเป็นจริงเชิงเส้นอย่างบริบูรณ์แบบไม่ได้เป็นสิ่งจำเป็นมากมายนัก และระบบ 2^k ยังคงทำงานได้ค่อนข้างดีแม้ในกรณีที่สมมติฐานเกี่ยวกับความเป็นจริงเชิงเส้นจะเป็นได้เพียงโดยประมาณเท่านั้น ในความเป็นจริงแล้วเราจะสังเกตเห็นว่า ถ้าพจน์ของอันตรกิริยาถูกเติมเข้าไปในผลหลักหรือแบบจำลองขั้นแรก (First-Order Model) นั่นคือ

$$y = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_j + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \epsilon \quad \text{_____}(18)$$

ดังนั้น เราจะมีแบบจำลองที่สามารถแสดงส่วนโค้งบางประการในฟังก์ชันของผลตอบ ส่วนโค้ง นี้เกิดขึ้นจากการบิดเบี้ยวของระนาบ (plane) ที่ถูกทำให้เกิดขึ้นจากผลของอันตรกิริยา $\beta_{ij} x_i x_j$ นั่นเอง

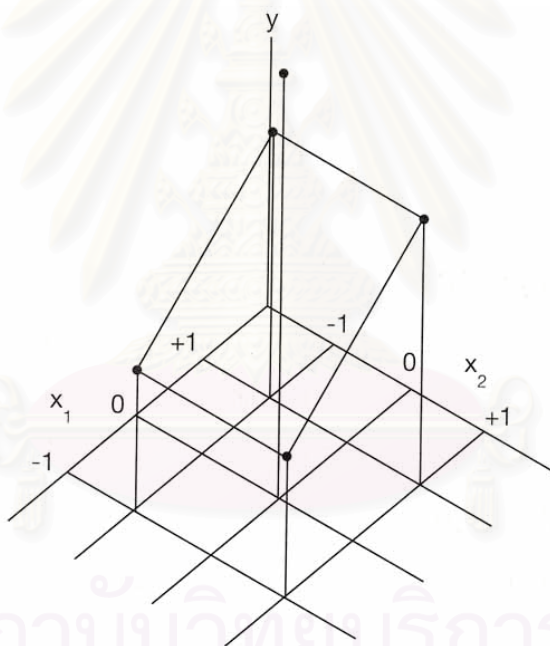
มีบางกรณีเช่นกันที่ส่วนโค้งในฟังก์ชันผลตอบไม่เพียงพอที่จะสร้างสมการของแบบจำลองตามแบบข้างบนนี้ได้ ในกรณีเช่นนี้แบบจำลองที่เหมาะสมกว่าคือ

$$y = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_j + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{j=1}^k \beta_{jj} x_j^2 + \epsilon \quad \text{_____}(19)$$

โดยที่ β_{jj} จะแสดงถึงผลอันดับที่สอง (Second-Order Effect) หรือผลแบบควอดราติก (Quadratic Effect) และสมการ (19) นี้เรียกว่า แบบจำลองพื้นผิวของผลตอบอันดับที่สอง (Second-Order Response Surface Model)

ในการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับ เราอยากจะใช้สมการของแบบจำลองขั้นแรกมากกว่า แต่ก็เป็นไปได้เช่นกันที่บางครั้งพบว่าแบบจำลองอันดับที่สองจะเหมาะสมกว่า ในกรณีเช่นนี้มีวิธีการเพวลิตเคตการทดลองบางจุดในแฟกทอเรียล 2^k ที่จะทำให้การป้องกันส่วนโค้งที่เกิดจากผลอันดับที่สองนี้และนอกจากนั้นยังทำให้เราสามารถหาค่าประมาณของความผิดพลาดได้อย่างอิสระอีกด้วย วิธีการเช่นนี้เกิดจากการเติมจุดศูนย์กลางให้แก่การออกแบบ 2^k และเราจะทำการทดลองจำนวน n เพลวลิตเคตที่จุด $x_i = 0$ ($i = 1, 2, \dots, k$) เหตุผลของการเติมการทดลองเช่นนี้ไปก็คือ จุดศูนย์กลางที่เติมเข้าไปนี้ไม่ได้ ส่งผลต่อค่าประมาณค่าผลตามปกติของการออกแบบ 2^k แต่ประการใด เมื่อเราเติมจุดศูนย์กลางเข้าไปเช่นนี้ เราจะสมมติให้ปัจจัยทั้ง k ตัวนี้เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ

เพื่อแสดงวิธีการดังกล่าว พิจารณาการออกแบบ 2^2 ที่มีข้อมูล 1 ตัวที่แต่ละจุดของแฟกทอเรียล (-,-), (+,-), (-,+), และ (+,+) และมีข้อมูลจุดศูนย์กลาง (0,0) อยู่ n_c ตัว รูปที่ 2.24 แสดงให้เห็นถึงการออกแบบเช่นนี้



รูปที่ 2.24 การออกแบบ 2^2 ที่มีจุดศูนย์กลาง

กำหนดให้ \bar{y}_F เป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 4 ค่าที่จุดทั้ง 4 ของ แฟกทอเรียล และกำหนดให้ \bar{y}_C เป็น ค่าเฉลี่ยของข้อมูล n_c ที่จุดกึ่งกลาง ถ้าผลต่างระหว่าง $\bar{y}_F - \bar{y}_C$ มีค่าน้อย จุดศูนย์กลางนี้จะอยู่บนหรือใกล้กับระนาบที่ผ่านจุดของแฟกทอเรียล และจะไม่มีส่วนโค้งแบบควอดราติก ค่าผลรวมของกำลังสอง สำหรับส่วนโค้งแบบควอดราติกบริสุทธิ์ (Pure Quadratic Curvature) ซึ่งมีระดับขั้นความเสรีเท่ากับ 1 หาได้จาก

$$SS_{\text{Pure quadratic}} = \frac{n_F n_C (\bar{y}_F - \bar{y}_C)^2}{n_F + n_C} \quad \text{_____}(20)$$

โดยที่ n_F คือจำนวนของจุดในการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล ค่านี้อาจจะถูกนำมาใช้เพื่อเปรียบเทียบกับค่าผิดพลาดของกำลังสองเฉลี่ยเพื่อที่จะทดสอบความเป็นส่วนโค้งแบบบริสุทธิ์ ยิ่งกว่านั้นเมื่อเราเติมจุดเข้าไปที่จุดศูนย์กลางของการออกแบบ 2^k การทดสอบส่วนโค้งดังสมการที่ (20) ก็คือ การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับ

$$H_0 : \sum_{j=1}^k \beta_{jj} = 0$$

$$H_1 : \sum_{j=1}^k \beta_{jj} \neq 0$$

ยิ่งกว่านั้นถ้าจุดของแฟกทอเรียลในการออกแบบเป็นแบบไม่มีเรพลิเคต เรายังสามารถใช้จุด ศูนย์กลาง n_C ในการสร้างตัวประมาณของความผิดพลาดซึ่งมีระดับชั้นความเสรีเท่ากับ $n_C - 1$ ขึ้นได้อีกด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การศึกษาและเก็บข้อมูล

จากขอบเขตของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาถึงผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวน กับขั้นตอนการซ่อมแซมชั้นกึ่งฉนวนและคัดแยกของเสีย สำหรับผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด คือ ผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานสูง (25 – 50 V), กลาง (16 – 20 V) และต่ำ (2.5 – 10 V)

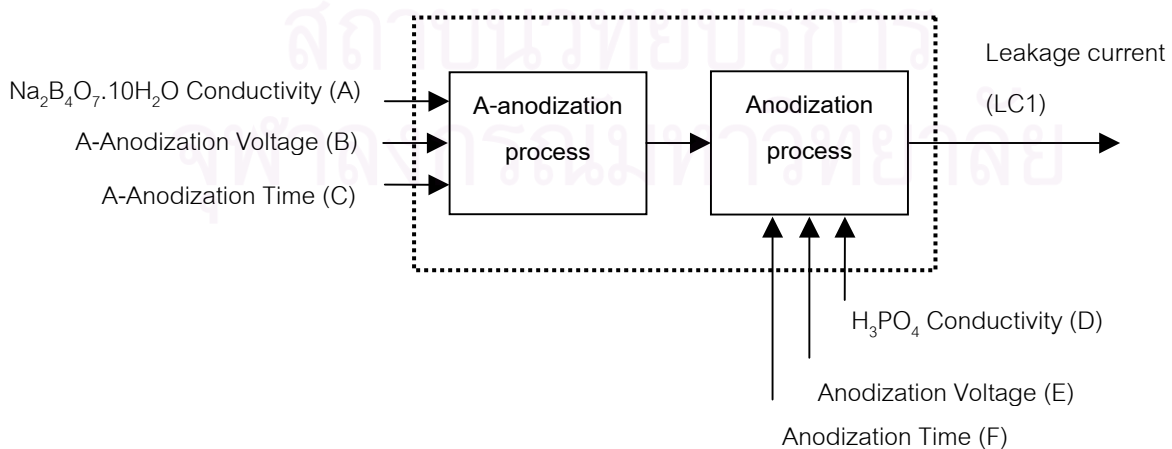
ผู้วิจัยได้แบ่งการศึกษาออกเป็นสองส่วนตามวัตถุประสงค์ของกระบวนการ คือ

- ขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวน
- ขั้นตอนการซ่อมแซมชั้นกึ่งฉนวนและคัดแยกของเสีย

3.1 ขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวน

ขั้นตอนนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อย คือ เอ-อานโนไดเซชัน (A-anodization) และ อานโนไดเซชัน (Anodization) ปัจจัยที่ต้องการศึกษาในขั้นตอนนี้ดังแสดงในรูปที่ 3.1 อันได้แก่

- ขั้นตอน เอ-อานโนไดเซชัน (A-anodization)
 - 1) ค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity) ของสารละลายโซเดียมเตตระโบเรท (Sodium Tetraborate, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) : A
 - 2) แรงดันไฟฟ้าในการสร้างชั้นกึ่งฉนวน : B
 - 3) เวลาในการสร้างชั้นกึ่งฉนวน : C
- ขั้นตอน อานโนไดเซชัน (Anodization)
 - 1) ค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity) ของกรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid, H_3PO_4) : D
 - 2) แรงดันไฟฟ้าในการสร้างชั้นกึ่งฉนวน : E
 - 3) เวลาในการสร้างชั้นกึ่งฉนวน : F



รูปที่ 3.1 ปัจจัยที่ศึกษาในขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวน

ผลตอบ (Response) ของขั้นตอนนี้ที่ต้องการศึกษา คือ กระแสรั่วไหล ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า “LC1”

สภาวะปฏิบัติการในแต่ละขั้นตอนของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด แสดงดังตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงสภาวะปฏิบัติการของปัจจัยที่ศึกษาในแต่ละขั้นตอนของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท

ผลิตภัณฑ์	ขั้นตอน	ปัจจัยที่ศึกษา	สภาวะปฏิบัติการ		
			-1	0	+1
ประเภท แรงดันไฟฟ้า ใช้งานระดับ สูง	A-anodization	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O Conductivity (mS/cm) : A	1200	1300	1400
		A-Anodization Voltage (V) : B	40	80	120
		A-Anodization Time : Voltage rising speed (V/min) : C	20	50	80
	Anodization	H ₃ PO ₄ Conductivity (mS/cm) : D	5200	7100	9000
		Anodization Voltage (V) : E	135	142.5	150
		Anodization Time (min) : F	2	4	6
ประเภท แรงดันไฟฟ้า ใช้งานระดับ กลาง	A-anodization	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O Conductivity (mS/cm) : A	1200	1300	1400
		A-Anodization Voltage (V) : B	40	80	120
		A-Anodization Time : Voltage rising speed (V/min) : C	20	50	80
	Anodization	H ₃ PO ₄ Conductivity (mS/cm) : D	5200	7100	9000
		Anodization Voltage (V) : E	60	65	70
		Anodization Time (min) : F	1	3	5
ประเภท แรงดันไฟฟ้า ใช้งานระดับ ต่ำ	A-anodization	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O Conductivity (mS/cm) : A	1200	1300	1400
		A-Anodization Voltage (V) : B	40	80	120
		A-Anodization Time : Voltage rising speed (V/min) : C	20	50	80
	Anodization	H ₃ PO ₄ Conductivity (mS/cm) : D	5200	7100	9000
		Anodization Voltage (V) : E	24	27	30
		Anodization Time (min) : F	1	3	5

หมายเหตุ : -1 หมายถึง ปัจจัยที่ระดับต่ำ

+1 หมายถึง ปัจจัยที่ระดับสูง

0 หมายถึง ปัจจัยที่ระดับกลาง (Center point)

งานวิจัยนี้ใช้วิธีการออกแบบการทดลอง เชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k ที่สามารถศึกษาถึงอันตรกิริยา (Interaction) ของปัจจัยแต่ละตัวได้ โดยแต่ละการทดลองจะทำ 2 ครั้ง (2 replicate) เมื่อ k หมายถึงปัจจัยที่ต้องการศึกษา และในแต่ละปัจจัยประกอบด้วย ปัจจัยระดับต่ำ และปัจจัยระดับสูง ดังนั้นจำนวนการทดลอง (Treatment) จะเท่ากับ 2⁶ (64 treatment) ในแต่ละสภาวะการทดลองทำ 2 ครั้ง จำนวนการทดลองจะเป็น 2*64 = 128 ครั้ง นอกจากนี้ยังได้เพิ่มจุดศูนย์กลางของการออกแบบอีก 1 จุด ดังนั้นจำนวนการทดลองทั้งหมด

จึงเป็น 129 ครั้ง จำนวนครั้งในการทดลองทั้งหมดในขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวนแสดงดังตาราง 3.2 ส่วนจำนวนชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองขึ้นอยู่กับลักษณะของกระบวนการผลิตและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง จำนวนชิ้นงานที่ใช้ทั้งหมดในการทดลองแสดงดังตาราง 3.3 โดยมีรายละเอียดของสภาวะการทดลองแต่ละครั้งดังตาราง 3.4 – 3.6

ตารางที่ 3.2 แสดงจำนวนครั้งในการทดลอง

ผลิตภัณฑ์	จำนวนครั้งในการทดลอง		รวม
	ขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวน	ขั้นตอนการซ่อมแซมและตัดแยกของเสีย	
ประเภทแรงดันไฟฟ้า ใช้งานระดับสูง	$(2^6 * 2) + 1 = 129$	$(2^4 * 2) + 1 = 33$	162
ประเภทแรงดันไฟฟ้า ใช้งานระดับกลาง	$(2^6 * 2) + 1 = 129$	$(2^4 * 2) + 1 = 33$	162
ประเภทแรงดันไฟฟ้า ใช้งานระดับต่ำ	$(2^6 * 2) + 1 = 129$	$(2^4 * 2) + 1 = 33$	162
รวมทั้งหมด	387	99	486

ตารางที่ 3.3 แสดงจำนวนชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง

ผลิตภัณฑ์	จำนวนชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง		รวม
	ขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวน	ขั้นตอนการซ่อมแซมและตัดแยกของเสีย	
ประเภทแรงดันไฟฟ้า ใช้งานระดับสูง	$129 * 60 = 7740$	$33 * 10 = 330$	8070
ประเภทแรงดันไฟฟ้า ใช้งานระดับกลาง	$129 * 60 = 7740$	$33 * 10 = 330$	8070
ประเภทแรงดันไฟฟ้า ใช้งานระดับต่ำ	$129 * 60 = 7740$	$33 * 10 = 330$	8070
รวมทั้งหมด	23220	990	24210

ตารางที่ 3.4 แสดงสภาวะปฏิบัติการของแต่ละที่เหมทึ่ในขั้นตอนการสร้างขึ้นถึงฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับสูง

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	F
1	1	1	1	1200	40	20	5200	135	2
2	2	1	1	1400	40	20	5200	135	2
3	3	1	1	1200	120	20	5200	135	2
4	4	1	1	1400	120	20	5200	135	2
5	5	1	1	1200	40	80	5200	135	2
6	6	1	1	1400	40	80	5200	135	2
7	7	1	1	1200	120	80	5200	135	2
8	8	1	1	1400	120	80	5200	135	2
9	9	1	1	1200	40	20	9000	135	2
10	10	1	1	1400	40	20	9000	135	2
11	11	1	1	1200	120	20	9000	135	2
12	12	1	1	1400	120	20	9000	135	2
13	13	1	1	1200	40	80	9000	135	2
14	14	1	1	1400	40	80	9000	135	2
15	15	1	1	1200	120	80	9000	135	2
16	16	1	1	1400	120	80	9000	135	2
17	17	1	1	1200	40	20	5200	150	2
18	18	1	1	1400	40	20	5200	150	2
19	19	1	1	1200	120	20	5200	150	2
20	20	1	1	1400	120	20	5200	150	2
21	21	1	1	1200	40	80	5200	150	2
22	22	1	1	1400	40	80	5200	150	2
23	23	1	1	1200	120	80	5200	150	2
24	24	1	1	1400	120	80	5200	150	2
25	25	1	1	1200	40	20	9000	150	2
26	26	1	1	1400	40	20	9000	150	2
27	27	1	1	1200	120	20	9000	150	2
28	28	1	1	1400	120	20	9000	150	2
29	29	1	1	1200	40	80	9000	150	2
30	30	1	1	1400	40	80	9000	150	2
31	31	1	1	1200	120	80	9000	150	2

ตารางที่ 3.4 แสดงสภาวะปฏิบัติการของแต่ละทรีทเม้นท์ในขั้นตอนการสร้างขึ้นถึงฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับสูง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	F
32	32	1	1	1400	120	80	9000	150	2
33	33	1	1	1200	40	20	5200	135	6
34	34	1	1	1400	40	20	5200	135	6
35	35	1	1	1200	120	20	5200	135	6
36	36	1	1	1400	120	20	5200	135	6
37	37	1	1	1200	40	80	5200	135	6
38	38	1	1	1400	40	80	5200	135	6
39	39	1	1	1200	120	80	5200	135	6
40	40	1	1	1400	120	80	5200	135	6
41	41	1	1	1200	40	20	9000	135	6
42	42	1	1	1400	40	20	9000	135	6
43	43	1	1	1200	120	20	9000	135	6
44	44	1	1	1400	120	20	9000	135	6
45	45	1	1	1200	40	80	9000	135	6
46	46	1	1	1400	40	80	9000	135	6
47	47	1	1	1200	120	80	9000	135	6
48	48	1	1	1400	120	80	9000	135	6
49	49	1	1	1200	40	20	5200	150	6
50	50	1	1	1400	40	20	5200	150	6
51	51	1	1	1200	120	20	5200	150	6
52	52	1	1	1400	120	20	5200	150	6
53	53	1	1	1200	40	80	5200	150	6
54	54	1	1	1400	40	80	5200	150	6
55	55	1	1	1200	120	80	5200	150	6
56	56	1	1	1400	120	80	5200	150	6
57	57	1	1	1200	40	20	9000	150	6
58	58	1	1	1400	40	20	9000	150	6
59	59	1	1	1200	120	20	9000	150	6
60	60	1	1	1400	120	20	9000	150	6
61	61	1	1	1200	40	80	9000	150	6
62	62	1	1	1400	40	80	9000	150	6

ตารางที่ 3.4 แสดงสภาวะปฏิบัติการของแต่ละทรีทเม้นท์ในขั้นตอนการสร้างขึ้นถึงฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับสูง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	F
63	63	1	1	1200	120	80	9000	150	6
64	64	1	1	1400	120	80	9000	150	6
65	65	1	1	1200	40	20	5200	135	2
66	66	1	1	1400	40	20	5200	135	2
67	67	1	1	1200	120	20	5200	135	2
68	68	1	1	1400	120	20	5200	135	2
69	69	1	1	1200	40	80	5200	135	2
70	70	1	1	1400	40	80	5200	135	2
71	71	1	1	1200	120	80	5200	135	2
72	72	1	1	1400	120	80	5200	135	2
73	73	1	1	1200	40	20	9000	135	2
74	74	1	1	1400	40	20	9000	135	2
75	75	1	1	1200	120	20	9000	135	2
76	76	1	1	1400	120	20	9000	135	2
77	77	1	1	1200	40	80	9000	135	2
78	78	1	1	1400	40	80	9000	135	2
79	79	1	1	1200	120	80	9000	135	2
80	80	1	1	1400	120	80	9000	135	2
81	81	1	1	1200	40	20	5200	150	2
82	82	1	1	1400	40	20	5200	150	2
83	83	1	1	1200	120	20	5200	150	2
84	84	1	1	1400	120	20	5200	150	2
85	85	1	1	1200	40	80	5200	150	2
86	86	1	1	1400	40	80	5200	150	2
87	87	1	1	1200	120	80	5200	150	2
88	88	1	1	1400	120	80	5200	150	2
89	89	1	1	1200	40	20	9000	150	2
90	90	1	1	1400	40	20	9000	150	2
91	91	1	1	1200	120	20	9000	150	2
92	92	1	1	1400	120	20	9000	150	2
93	93	1	1	1200	40	80	9000	150	2

ตารางที่ 3.4 แสดงสถานะปฏิบัติการของแต่ละทรีทเม้นท์ในขั้นตอนการสร้างขึ้นถึงฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับสูง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	F
94	94	1	1	1400	40	80	9000	150	2
95	95	1	1	1200	120	80	9000	150	2
96	96	1	1	1400	120	80	9000	150	2
97	97	1	1	1200	40	20	5200	135	6
98	98	1	1	1400	40	20	5200	135	6
99	99	1	1	1200	120	20	5200	135	6
100	100	1	1	1400	120	20	5200	135	6
101	101	1	1	1200	40	80	5200	135	6
102	102	1	1	1400	40	80	5200	135	6
103	103	1	1	1200	120	80	5200	135	6
104	104	1	1	1400	120	80	5200	135	6
105	105	1	1	1200	40	20	9000	135	6
106	106	1	1	1400	40	20	9000	135	6
107	107	1	1	1200	120	20	9000	135	6
108	108	1	1	1400	120	20	9000	135	6
109	109	1	1	1200	40	80	9000	135	6
110	110	1	1	1400	40	80	9000	135	6
111	111	1	1	1200	120	80	9000	135	6
112	112	1	1	1400	120	80	9000	135	6
113	113	1	1	1200	40	20	5200	150	6
114	114	1	1	1400	40	20	5200	150	6
115	115	1	1	1200	120	20	5200	150	6
116	116	1	1	1400	120	20	5200	150	6
117	117	1	1	1200	40	80	5200	150	6
118	118	1	1	1400	40	80	5200	150	6
119	119	1	1	1200	120	80	5200	150	6
120	120	1	1	1400	120	80	5200	150	6
121	121	1	1	1200	40	20	9000	150	6
122	122	1	1	1400	40	20	9000	150	6
123	123	1	1	1200	120	20	9000	150	6
124	124	1	1	1400	120	20	9000	150	6

ตารางที่ 3.4 แสดงสถานะปฏิบัติการของแต่ละที่รื้อเมนทีในขั้นตอนการสร้างขึ้นถึงฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับสูง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	F
125	125	1	1	1200	40	80	9000	150	6
126	126	1	1	1400	40	80	9000	150	6
127	127	1	1	1200	120	80	9000	150	6
128	128	1	1	1400	120	80	9000	150	6
129	129	0	1	1300	80	50	7100	142.5	4

ตารางที่ 3.5 แสดงสถานะปฏิบัติการของแต่ละที่รื้อเมนทีในขั้นตอนการสร้างขึ้นถึงฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับกลาง

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	F
1	1	1	1	1200	40	20	5200	60	1
2	2	1	1	1400	40	20	5200	60	1
3	3	1	1	1200	120	20	5200	60	1
4	4	1	1	1400	120	20	5200	60	1
5	5	1	1	1200	40	80	5200	60	1
6	6	1	1	1400	40	80	5200	60	1
7	7	1	1	1200	120	80	5200	60	1
8	8	1	1	1400	120	80	5200	60	1
9	9	1	1	1200	40	20	9000	60	1
10	10	1	1	1400	40	20	9000	60	1
11	11	1	1	1200	120	20	9000	60	1
12	12	1	1	1400	120	20	9000	60	1
13	13	1	1	1200	40	80	9000	60	1
14	14	1	1	1400	40	80	9000	60	1
15	15	1	1	1200	120	80	9000	60	1
16	16	1	1	1400	120	80	9000	60	1
17	17	1	1	1200	40	20	5200	70	1
18	18	1	1	1400	40	20	5200	70	1
19	19	1	1	1200	120	20	5200	70	1
20	20	1	1	1400	120	20	5200	70	1
21	21	1	1	1200	40	80	5200	70	1

ตารางที่ 3.5 แสดงสถานะปฏิบัติการของแต่ละที่เหมินทีในขั้นตอนการสร้างขึ้นถึงฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับกลาง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	F
22	22	1	1	1400	40	80	5200	70	1
23	23	1	1	1200	120	80	5200	70	1
24	24	1	1	1400	120	80	5200	70	1
25	25	1	1	1200	40	20	9000	70	1
26	26	1	1	1400	40	20	9000	70	1
27	27	1	1	1200	120	20	9000	70	1
28	28	1	1	1400	120	20	9000	70	1
29	29	1	1	1200	40	80	9000	70	1
30	30	1	1	1400	40	80	9000	70	1
31	31	1	1	1200	120	80	9000	70	1
32	32	1	1	1400	120	80	9000	70	1
33	33	1	1	1200	40	20	5200	60	5
34	34	1	1	1400	40	20	5200	60	5
35	35	1	1	1200	120	20	5200	60	5
36	36	1	1	1400	120	20	5200	60	5
37	37	1	1	1200	40	80	5200	60	5
38	38	1	1	1400	40	80	5200	60	5
39	39	1	1	1200	120	80	5200	60	5
40	40	1	1	1400	120	80	5200	60	5
41	41	1	1	1200	40	20	9000	60	5
42	42	1	1	1400	40	20	9000	60	5
43	43	1	1	1200	120	20	9000	60	5
44	44	1	1	1400	120	20	9000	60	5
45	45	1	1	1200	40	80	9000	60	5
46	46	1	1	1400	40	80	9000	60	5
47	47	1	1	1200	120	80	9000	60	5
48	48	1	1	1400	120	80	9000	60	5
49	49	1	1	1200	40	20	5200	70	5
50	50	1	1	1400	40	20	5200	70	5
51	51	1	1	1200	120	20	5200	70	5

ตารางที่ 3.5 แสดงสถานะปฏิบัติการของแต่ละทรีทเม้นท์ในขั้นตอนการสร้างขึ้นถึงฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับกลาง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	F
52	52	1	1	1400	120	20	5200	70	5
53	53	1	1	1200	40	80	5200	70	5
54	54	1	1	1400	40	80	5200	70	5
55	55	1	1	1200	120	80	5200	70	5
56	56	1	1	1400	120	80	5200	70	5
57	57	1	1	1200	40	20	9000	70	5
58	58	1	1	1400	40	20	9000	70	5
59	59	1	1	1200	120	20	9000	70	5
60	60	1	1	1400	120	20	9000	70	5
61	61	1	1	1200	40	80	9000	70	5
62	62	1	1	1400	40	80	9000	70	5
63	63	1	1	1200	120	80	9000	70	5
64	64	1	1	1400	120	80	9000	70	5
65	65	1	1	1200	40	20	5200	60	1
66	66	1	1	1400	40	20	5200	60	1
67	67	1	1	1200	120	20	5200	60	1
68	68	1	1	1400	120	20	5200	60	1
69	69	1	1	1200	40	80	5200	60	1
70	70	1	1	1400	40	80	5200	60	1
71	71	1	1	1200	120	80	5200	60	1
72	72	1	1	1400	120	80	5200	60	1
73	73	1	1	1200	40	20	9000	60	1
74	74	1	1	1400	40	20	9000	60	1
75	75	1	1	1200	120	20	9000	60	1
76	76	1	1	1400	120	20	9000	60	1
77	77	1	1	1200	40	80	9000	60	1
78	78	1	1	1400	40	80	9000	60	1
79	79	1	1	1200	120	80	9000	60	1
80	80	1	1	1400	120	80	9000	60	1
81	81	1	1	1200	40	20	5200	70	1

ตารางที่ 3.5 แสดงสภาวะปฏิบัติการของแต่ละที่เมนที่ในขั้นตอนการสร้างขึ้นถึงฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับกลาง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	F
82	82	1	1	1400	40	20	5200	70	1
83	83	1	1	1200	120	20	5200	70	1
84	84	1	1	1400	120	20	5200	70	1
85	85	1	1	1200	40	80	5200	70	1
86	86	1	1	1400	40	80	5200	70	1
87	87	1	1	1200	120	80	5200	70	1
88	88	1	1	1400	120	80	5200	70	1
89	89	1	1	1200	40	20	9000	70	1
90	90	1	1	1400	40	20	9000	70	1
91	91	1	1	1200	120	20	9000	70	1
92	92	1	1	1400	120	20	9000	70	1
93	93	1	1	1200	40	80	9000	70	1
94	94	1	1	1400	40	80	9000	70	1
95	95	1	1	1200	120	80	9000	70	1
96	96	1	1	1400	120	80	9000	70	1
97	97	1	1	1200	40	20	5200	60	5
98	98	1	1	1400	40	20	5200	60	5
99	99	1	1	1200	120	20	5200	60	5
100	100	1	1	1400	120	20	5200	60	5
101	101	1	1	1200	40	80	5200	60	5
102	102	1	1	1400	40	80	5200	60	5
103	103	1	1	1200	120	80	5200	60	5
104	104	1	1	1400	120	80	5200	60	5
105	105	1	1	1200	40	20	9000	60	5
106	106	1	1	1400	40	20	9000	60	5
107	107	1	1	1200	120	20	9000	60	5
108	108	1	1	1400	120	20	9000	60	5
109	109	1	1	1200	40	80	9000	60	5
110	110	1	1	1400	40	80	9000	60	5
111	111	1	1	1200	120	80	9000	60	5

ตารางที่ 3.5 แสดงสถานะปฏิบัติการของแต่ละทรีทเม้นท์ในขั้นตอนการสร้างขึ้นถึงฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับกลาง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	F
112	112	1	1	1400	120	80	9000	60	5
113	113	1	1	1200	40	20	5200	70	5
114	114	1	1	1400	40	20	5200	70	5
115	115	1	1	1200	120	20	5200	70	5
116	116	1	1	1400	120	20	5200	70	5
117	117	1	1	1200	40	80	5200	70	5
118	118	1	1	1400	40	80	5200	70	5
119	119	1	1	1200	120	80	5200	70	5
120	120	1	1	1400	120	80	5200	70	5
121	121	1	1	1200	40	20	9000	70	5
122	122	1	1	1400	40	20	9000	70	5
123	123	1	1	1200	120	20	9000	70	5
124	124	1	1	1400	120	20	9000	70	5
125	125	1	1	1200	40	80	9000	70	5
126	126	1	1	1400	40	80	9000	70	5
127	127	1	1	1200	120	80	9000	70	5
128	128	1	1	1400	120	80	9000	70	5
129	129	0	1	1300	80	50	7100	65	3

ตารางที่ 3.6 แสดงสถานะปฏิบัติการของแต่ละทรีทเม้นท์ในขั้นตอนการสร้างขึ้นถึงฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับต่ำ

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	F
1	1	1	1	1200	40	20	5200	24	1
2	2	1	1	1400	40	20	5200	24	1
3	3	1	1	1200	120	20	5200	24	1
4	4	1	1	1400	120	20	5200	24	1
5	5	1	1	1200	40	80	5200	24	1
6	6	1	1	1400	40	80	5200	24	1
7	7	1	1	1200	120	80	5200	24	1
8	8	1	1	1400	120	80	5200	24	1

ตารางที่ 3.6 แสดงสภาวะปฏิบัติการของแต่ละที่หมั่นในขั้นตอนการสร้างขึ้นถึงฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับต่ำ (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	F
9	9	1	1	1200	40	20	9000	24	1
10	10	1	1	1400	40	20	9000	24	1
11	11	1	1	1200	120	20	9000	24	1
12	12	1	1	1400	120	20	9000	24	1
13	13	1	1	1200	40	80	9000	24	1
14	14	1	1	1400	40	80	9000	24	1
15	15	1	1	1200	120	80	9000	24	1
16	16	1	1	1400	120	80	9000	24	1
17	17	1	1	1200	40	20	5200	30	1
18	18	1	1	1400	40	20	5200	30	1
19	19	1	1	1200	120	20	5200	30	1
20	20	1	1	1400	120	20	5200	30	1
21	21	1	1	1200	40	80	5200	30	1
22	22	1	1	1400	40	80	5200	30	1
23	23	1	1	1200	120	80	5200	30	1
24	24	1	1	1400	120	80	5200	30	1
25	25	1	1	1200	40	20	9000	30	1
26	26	1	1	1400	40	20	9000	30	1
27	27	1	1	1200	120	20	9000	30	1
28	28	1	1	1400	120	20	9000	30	1
29	29	1	1	1200	40	80	9000	30	1
30	30	1	1	1400	40	80	9000	30	1
31	31	1	1	1200	120	80	9000	30	1
32	32	1	1	1400	120	80	9000	30	1
33	33	1	1	1200	40	20	5200	24	5
34	34	1	1	1400	40	20	5200	24	5
35	35	1	1	1200	120	20	5200	24	5
36	36	1	1	1400	120	20	5200	24	5
37	37	1	1	1200	40	80	5200	24	5
38	38	1	1	1400	40	80	5200	24	5

ตารางที่ 3.6 แสดงสถานะปฏิบัติการของแต่ละที่เหมทึนในขั้นตอนการร้้างขึ้นกึ่งฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับต่ำ (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	F
39	39	1	1	1200	120	80	5200	24	5
40	40	1	1	1400	120	80	5200	24	5
41	41	1	1	1200	40	20	9000	24	5
42	42	1	1	1400	40	20	9000	24	5
43	43	1	1	1200	120	20	9000	24	5
44	44	1	1	1400	120	20	9000	24	5
45	45	1	1	1200	40	80	9000	24	5
46	46	1	1	1400	40	80	9000	24	5
47	47	1	1	1200	120	80	9000	24	5
48	48	1	1	1400	120	80	9000	24	5
49	49	1	1	1200	40	20	5200	30	5
50	50	1	1	1400	40	20	5200	30	5
51	51	1	1	1200	120	20	5200	30	5
52	52	1	1	1400	120	20	5200	30	5
53	53	1	1	1200	40	80	5200	30	5
54	54	1	1	1400	40	80	5200	30	5
55	55	1	1	1200	120	80	5200	30	5
56	56	1	1	1400	120	80	5200	30	5
57	57	1	1	1200	40	20	9000	30	5
58	58	1	1	1400	40	20	9000	30	5
59	59	1	1	1200	120	20	9000	30	5
60	60	1	1	1400	120	20	9000	30	5
61	61	1	1	1200	40	80	9000	30	5
62	62	1	1	1400	40	80	9000	30	5
63	63	1	1	1200	120	80	9000	30	5
64	64	1	1	1400	120	80	9000	30	5
65	65	1	1	1200	40	20	5200	24	1
66	66	1	1	1400	40	20	5200	24	1
67	67	1	1	1200	120	20	5200	24	1
68	68	1	1	1400	120	20	5200	24	1

ตารางที่ 3.6 แสดงสภาวะปฏิบัติการของแต่ละที่รื้อเมนที่ในขั้นตอนการสร้างขึ้นถึงฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับต่ำ (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	F
69	69	1	1	1200	40	80	5200	24	1
70	70	1	1	1400	40	80	5200	24	1
71	71	1	1	1200	120	80	5200	24	1
72	72	1	1	1400	120	80	5200	24	1
73	73	1	1	1200	40	20	9000	24	1
74	74	1	1	1400	40	20	9000	24	1
75	75	1	1	1200	120	20	9000	24	1
76	76	1	1	1400	120	20	9000	24	1
77	77	1	1	1200	40	80	9000	24	1
78	78	1	1	1400	40	80	9000	24	1
79	79	1	1	1200	120	80	9000	24	1
80	80	1	1	1400	120	80	9000	24	1
81	81	1	1	1200	40	20	5200	30	1
82	82	1	1	1400	40	20	5200	30	1
83	83	1	1	1200	120	20	5200	30	1
84	84	1	1	1400	120	20	5200	30	1
85	85	1	1	1200	40	80	5200	30	1
86	86	1	1	1400	40	80	5200	30	1
87	87	1	1	1200	120	80	5200	30	1
88	88	1	1	1400	120	80	5200	30	1
89	89	1	1	1200	40	20	9000	30	1
90	90	1	1	1400	40	20	9000	30	1
91	91	1	1	1200	120	20	9000	30	1
92	92	1	1	1400	120	20	9000	30	1
93	93	1	1	1200	40	80	9000	30	1
94	94	1	1	1400	40	80	9000	30	1
95	95	1	1	1200	120	80	9000	30	1
96	96	1	1	1400	120	80	9000	30	1
97	97	1	1	1200	40	20	5200	24	5
98	98	1	1	1400	40	20	5200	24	5

ตารางที่ 3.6 แสดงสภาวะปฏิบัติการของแต่ละที่เหมทึนในขั้นตอนการร้้างขึ้นกึ่งฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับต่ำ (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	F
99	99	1	1	1200	120	20	5200	24	5
100	100	1	1	1400	120	20	5200	24	5
101	101	1	1	1200	40	80	5200	24	5
102	102	1	1	1400	40	80	5200	24	5
103	103	1	1	1200	120	80	5200	24	5
104	104	1	1	1400	120	80	5200	24	5
105	105	1	1	1200	40	20	9000	24	5
106	106	1	1	1400	40	20	9000	24	5
107	107	1	1	1200	120	20	9000	24	5
108	108	1	1	1400	120	20	9000	24	5
109	109	1	1	1200	40	80	9000	24	5
110	110	1	1	1400	40	80	9000	24	5
111	111	1	1	1200	120	80	9000	24	5
112	112	1	1	1400	120	80	9000	24	5
113	113	1	1	1200	40	20	5200	30	5
114	114	1	1	1400	40	20	5200	30	5
115	115	1	1	1200	120	20	5200	30	5
116	116	1	1	1400	120	20	5200	30	5
117	117	1	1	1200	40	80	5200	30	5
118	118	1	1	1400	40	80	5200	30	5
119	119	1	1	1200	120	80	5200	30	5
120	120	1	1	1400	120	80	5200	30	5
121	121	1	1	1200	40	20	9000	30	5
122	122	1	1	1400	40	20	9000	30	5
123	123	1	1	1200	120	20	9000	30	5
124	124	1	1	1400	120	20	9000	30	5
125	125	1	1	1200	40	80	9000	30	5
126	126	1	1	1400	40	80	9000	30	5
127	127	1	1	1200	120	80	9000	30	5
128	128	1	1	1400	120	80	9000	30	5

ตารางที่ 3.6 แสดงสภาวะปฏิบัติการของแต่ละที่หมื่นที่ในขั้นตอนการสร้างขึ้นถึงฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับต่ำ (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	F
129	129	0	1	1300	80	50	7100	27	3

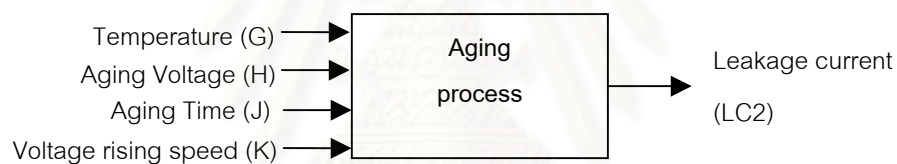
3.2 ขั้นตอนการซ่อมแซมชั้นกึ่งฉนวน และตัดแยกของเสีย

ปัจจัยที่ทำการศึกษาในขั้นตอนนี้ คือ

- 1) อุณหภูมิ : G
- 2) แรงดันไฟฟ้า : H
- 3) อัตราเร็วในการเพิ่มแรงดัน : J
- 4) เวลา : K

รูปที่ 3.2 แสดงปัจจัยที่ทำการศึกษาและผลตอบ (Response) ของขั้นตอนนี้อันได้แก่กระแสรั่วไหล ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า “LC2”

สภาวะปฏิบัติการของแต่ละปัจจัยสำหรับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดแสดงดังตาราง 3.7



รูปที่ 3.2 ปัจจัยที่ศึกษาในขั้นตอนการซ่อมแซมชั้นกึ่งฉนวน และตัดแยกของเสีย

ตารางที่ 3.7 แสดงสถานะปฏิบัติการของปัจจัยที่ศึกษาของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท

ขั้นตอน	ผลิตภัณฑ์	ปัจจัยที่ศึกษา	สถานะปฏิบัติการ		
			-1	0	+1
Aging	ประเภท แรงดันไฟฟ้า ใช้งานระดับ สูง	Temperature (°C) : G	85	125	165
		Aging Voltage (V) : H	24.5	35	45.5
		Aging Time (Hr) : J	2	3	4
		Voltage rising speed (V/Min) : K	30	60	90
	ประเภท แรงดันไฟฟ้า ใช้งานระดับ กลาง	Temperature (°C) : G	85	125	165
		Aging Voltage (V) : H	11.2	16	20.8
		Aging Time (Hr) : J	2	3	4
		Voltage rising speed (V/Min) : K	30	60	90
	ประเภท แรงดันไฟฟ้า ใช้งานระดับ ต่ำ	Temperature (°C) : G	85	125	165
		Aging Voltage (V) : H	4.4	6.3	8.2
		Aging Time (Hr) : J	2	3	4
		Voltage rising speed (V/Min) : K	30	60	90

หมายเหตุ : -1 หมายถึง ปัจจัยที่ระดับต่ำ

+1 หมายถึง ปัจจัยที่ระดับสูง

0 หมายถึง ปัจจัยที่ระดับกลาง (Center point)

ในขั้นตอนนี้ก็เช่นเดียวกับขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวน คือใช้วิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k ที่มีจุดศูนย์กลางของการออกแบบด้วย ดังนั้นจำนวนการทดลองทั้งหมดจะเป็น $(2 \times 2^4) + 1 = 33$ ครั้ง แสดงดังตาราง 3.2 ส่วนจำนวนชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองแสดงดังตาราง 3.3 โดยมีรายละเอียดของสถานะการทดลองแต่ละครั้งดังตาราง 3.8 – 3.10

ตารางที่ 3.8 แสดงสถานะปฏิบัติการของแต่ละที่ที่เมนที่ในขั้นตอนการซ่อมแซมชั้นกึ่งฉนวนและคัดแยกของเสียสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับสูง

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	G	H	J	K
1	1	1	1	85	24.5	2	30
2	2	1	1	165	24.5	2	30
3	3	1	1	85	45.5	2	30
4	4	1	1	165	45.5	2	30
5	5	1	1	85	24.5	4	30
6	6	1	1	165	24.5	4	30
7	7	1	1	85	45.5	4	30

ตารางที่ 3.8 แสดงสภาวะปฏิบัติการของแต่ละทรีทเม้นท์ในขั้นตอนการซ่อมแซมชั้นกึ่งฉนวนและคัตแยกของเสีย
สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับสูง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	G	H	J	K
8	8	1	1	165	45.5	4	30
9	9	1	1	85	24.5	2	90
10	10	1	1	165	24.5	2	90
11	11	1	1	85	45.5	2	90
12	12	1	1	165	45.5	2	90
13	13	1	1	85	24.5	4	90
14	14	1	1	165	24.5	4	90
15	15	1	1	85	45.5	4	90
16	16	1	1	165	45.5	4	90
17	17	1	1	85	24.5	2	30
18	18	1	1	165	24.5	2	30
19	19	1	1	85	45.5	2	30
20	20	1	1	165	45.5	2	30
21	21	1	1	85	24.5	4	30
22	22	1	1	165	24.5	4	30
23	23	1	1	85	45.5	4	30
24	24	1	1	165	45.5	4	30
25	25	1	1	85	24.5	2	90
26	26	1	1	165	24.5	2	90
27	27	1	1	85	45.5	2	90
28	28	1	1	165	45.5	2	90
29	29	1	1	85	24.5	4	90
30	30	1	1	165	24.5	4	90
31	31	1	1	85	45.5	4	90
32	32	1	1	165	45.5	4	90
33	33	0	1	125	35	3	60

ตารางที่ 3.9 แสดงสภาวะปฏิบัติการของแต่ละรีทริเมนที่ในขั้นตอนการซ่อมแซมชิ้นกังฉนวนและคัตแยกของเสีย
สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับกลาง

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	G	H	J	K
1	1	1	1	85	11.2	2	30
2	2	1	1	165	11.2	2	30
3	3	1	1	85	20.8	2	30
4	4	1	1	165	20.8	2	30
5	5	1	1	85	11.2	4	30
6	6	1	1	165	11.2	4	30
7	7	1	1	85	20.8	4	30
8	8	1	1	165	20.8	4	30
9	9	1	1	85	11.2	2	90
10	10	1	1	165	11.2	2	90
11	11	1	1	85	20.8	2	90
12	12	1	1	165	20.8	2	90
13	13	1	1	85	11.2	4	90
14	14	1	1	165	11.2	4	90
15	15	1	1	85	20.8	4	90
16	16	1	1	165	20.8	4	90
17	17	1	1	85	11.2	2	30
18	18	1	1	165	11.2	2	30
19	19	1	1	85	20.8	2	30
20	20	1	1	165	20.8	2	30
21	21	1	1	85	11.2	4	30
22	22	1	1	165	11.2	4	30
23	23	1	1	85	20.8	4	30
24	24	1	1	165	20.8	4	30
25	25	1	1	85	11.2	2	90
26	26	1	1	165	11.2	2	90
27	27	1	1	85	20.8	2	90
28	28	1	1	165	20.8	2	90
29	29	1	1	85	11.2	4	90
30	30	1	1	165	11.2	4	90

ตารางที่ 3.9 แสดงสภาวะปฏิบัติการของแต่ละที่หมื่นทีในขั้นตอนการซ่อมแซมขั้นกึ่งจนวนและคัดแยกของเสีย
สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับกลาง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	G	H	J	K
31	31	1	1	85	20.8	4	90
32	32	1	1	165	20.8	4	90
33	33	0	1	125	16	3	60

ตารางที่ 3.10 แสดงสภาวะปฏิบัติการของแต่ละที่หมื่นทีในขั้นตอนการซ่อมแซมขั้นกึ่งจนวนและคัดแยกของ
เสีย สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับต่ำ

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	G	H	J	K
1	1	1	1	85	4.4	2	30
2	2	1	1	165	4.4	2	30
3	3	1	1	85	8.2	2	30
4	4	1	1	165	8.2	2	30
5	5	1	1	85	4.4	4	30
6	6	1	1	165	4.4	4	30
7	7	1	1	85	8.2	4	30
8	8	1	1	165	8.2	4	30
9	9	1	1	85	4.4	2	90
10	10	1	1	165	4.4	2	90
11	11	1	1	85	8.2	2	90
12	12	1	1	165	8.2	2	90
13	13	1	1	85	4.4	4	90
14	14	1	1	165	4.4	4	90
15	15	1	1	85	8.2	4	90
16	16	1	1	165	8.2	4	90
17	17	1	1	85	4.4	2	30
18	18	1	1	165	4.4	2	30
19	19	1	1	85	8.2	2	30
20	20	1	1	165	8.2	2	30
21	21	1	1	85	4.4	4	30
22	22	1	1	165	4.4	4	30
23	23	1	1	85	8.2	4	30

ตารางที่ 3.10 แสดงสภาวะปฏิบัติการของแต่ละที่รื้อถอนที่ในขั้นตอนการซ่อมแซมชั้นกึ่งฉนวนและคัตแยกของเสี้ยน สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันไฟฟ้าใช้งานระดับต่ำ (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	G	H	J	K
24	24	1	1	165	8.2	4	30
25	25	1	1	85	4.4	2	90
26	26	1	1	165	4.4	2	90
27	27	1	1	85	8.2	2	90
28	28	1	1	165	8.2	2	90
29	29	1	1	85	4.4	4	90
30	30	1	1	165	4.4	4	90
31	31	1	1	85	8.2	4	90
32	32	1	1	165	8.2	4	90
33	33	0	1	125	6.3	3	60

3.3 สรุปการเก็บข้อมูล

จากการทดลองปรับเปลี่ยนสภาวะปฏิบัติการของปัจจัยที่ต้องการศึกษาในขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวนของชิ้นงานจำนวน 60 ชิ้นต่อสภาวะปฏิบัติการ ตารางที่ 3.11 แสดงค่ากระแสรั่วไหลเฉลี่ย (Average LC1) ของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ส่วนการศึกษาในขั้นตอนการซ่อมแซมชั้นกึ่งฉนวนและคัตแยกของเสี้ยนนั้นทำการทดลองกับชิ้นงานจำนวน 10 ชิ้นต่อสภาวะปฏิบัติการ และได้ค่ากระแสรั่วไหลเฉลี่ย (Average LC2) ดังแสดงในตารางที่ 3.12

จำนวนชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองทั้งสองขั้นตอนแตกต่างกัน เนื่องจากกระบวนการผลิตและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 3.11 แสดงค่ากระแสรั่วไหลเฉลี่ย (Average LC1) ของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวน

RunOrder	ค่ากระแสรั่วไหลเฉลี่ย (Average LC1)			RunOrder	ค่ากระแสรั่วไหลเฉลี่ย (Average LC1)		
	แรงดันใช้งานสูง	แรงดันใช้งานกลาง	แรงดันใช้งานต่ำ		แรงดันใช้งานสูง	แรงดันใช้งานกลาง	แรงดันใช้งานต่ำ
1	0.0146	0.0146	0.0598	8	0.0106	0.0191	0.0721
2	0.0121	0.0233	0.0628	9	0.0157	0.0182	0.0907
3	0.0153	0.0136	0.0650	10	0.0118	0.0154	0.0564
4	0.0205	0.0144	0.0490	11	0.0168	0.0135	0.0634
5	0.0147	0.0162	0.0649	12	0.0136	0.0159	0.0452
6	0.0236	0.0164	0.0817	13	0.0149	0.0203	0.0632
7	0.0124	0.0140	0.0609	14	0.0147	0.0167	0.0673

ตารางที่ 3.11 แสดงค่ากระแสรั่วไหลเฉลี่ย (Average LC1) ของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนการสร้างขึ้นถึงฉนวน(ต่อ)

RunOrder	ค่ากระแสรั่วไหลเฉลี่ย (Average LC1)			RunOrder	ค่ากระแสรั่วไหลเฉลี่ย (Average LC1)		
	แรงดันใช้งานสูง	แรงดันใช้งานกลาง	แรงดันใช้งานต่ำ		แรงดันใช้งานสูง	แรงดันใช้งานกลาง	แรงดันใช้งานต่ำ
15	0.0175	0.0138	0.0433	45	0.0174	0.0132	0.0560
16	0.0143	0.0147	0.0512	46	0.0176	0.0148	0.0568
17	0.0100	0.0121	0.0407	47	0.0173	0.0124	0.0567
18	0.0094	0.0155	0.0416	48	0.0179	0.0141	0.0670
19	0.0094	0.0128	0.0383	49	0.0118	0.0116	0.1557
20	0.0112	0.0124	0.0376	50	0.0115	0.0122	0.0325
21	0.0090	0.0128	0.0407	51	0.0113	0.0117	0.0369
22	0.0094	0.0120	0.0379	52	0.0155	0.0132	0.0304
23	0.0104	0.0144	0.0408	53	0.0111	0.0116	0.0283
24	0.0129	0.0105	0.0389	54	0.0132	0.0124	0.0548
25	0.0095	0.0125	0.0434	55	0.0118	0.0107	0.0559
26	0.0113	0.0117	0.0381	56	0.0139	0.0130	0.0826
27	0.0106	0.0121	0.0411	57	0.0151	0.0107	0.0365
28	0.0110	0.0125	0.0323	58	0.0146	0.0118	0.0384
29	0.0104	0.0114	0.0416	59	0.0131	0.0143	0.0336
30	0.0114	0.0198	0.0382	60	0.0143	0.0123	0.0314
31	0.0095	0.0114	0.0375	61	0.0129	0.0114	0.0447
32	0.0111	0.0185	0.0388	62	0.0143	0.0174	0.0394
33	0.0095	0.0151	0.0573	63	0.0128	0.0146	0.0357
34	0.0172	0.0141	0.0519	64	0.0146	0.0211	0.0396
35	0.0173	0.0130	0.0463	65	0.0134	0.0151	0.0545
36	0.0222	0.0168	0.0475	66	0.0122	0.0200	0.0711
37	0.0165	0.0146	0.0578	67	0.0159	0.0143	0.0520
38	0.0112	0.0168	0.0519	68	0.0208	0.0145	0.0577
39	0.0153	0.0135	0.0328	69	0.0153	0.0220	0.0565
40	0.0112	0.0156	0.0754	70	0.0158	0.0159	0.0602
41	0.0188	0.0154	0.0641	71	0.0137	0.0254	0.0651
42	0.0140	0.0174	0.0580	72	0.0142	0.0171	0.0545
43	0.0244	0.0135	0.0465	73	0.0169	0.0175	0.0588
44	0.0174	0.0128	0.0570	74	0.0129	0.0198	0.0573

ตารางที่ 3.11 แสดงค่ากระแสรั่วไหลเฉลี่ย (Average LC1) ของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนการสร้างขึ้นถึงฉนวน (ต่อ)

RunOrder	ค่ากระแสรั่วไหลเฉลี่ย (Average LC1)			RunOrder	ค่ากระแสรั่วไหลเฉลี่ย (Average LC1)		
	แรงดันใช้งานสูง	แรงดันใช้งานกลาง	แรงดันใช้งานต่ำ		แรงดันใช้งานสูง	แรงดันใช้งานกลาง	แรงดันใช้งานต่ำ
75	0.0164	0.0146	0.0516	105	0.0178	0.0145	0.0620
76	0.0147	0.0159	0.0515	106	0.0143	0.0167	0.0646
77	0.0177	0.0133	0.0556	107	0.0225	0.0132	0.0562
78	0.0139	0.0175	0.0695	108	0.0202	0.0140	0.0500
79	0.0264	0.0149	0.0502	109	0.0164	0.0144	0.0644
80	0.0148	0.0127	0.0517	110	0.0169	0.0131	0.0665
81	0.0098	0.0119	0.0409	111	0.0167	0.0106	0.0619
82	0.0093	0.0131	0.0390	112	0.0185	0.0125	0.0560
83	0.0096	0.0121	0.0333	113	0.0115	0.0114	0.1485
84	0.0109	0.0152	0.0453	114	0.0119	0.0117	0.0365
85	0.0095	0.0150	0.0436	115	0.0113	0.0117	0.0307
86	0.0095	0.0128	0.0417	116	0.0131	0.0127	0.0301
87	0.0108	0.0495	0.0391	117	0.0113	0.0114	0.0343
88	0.0128	0.0116	0.0403	118	0.0138	0.0123	0.0516
89	0.0091	0.0122	0.0614	119	0.0126	0.0129	0.0343
90	0.0144	0.0132	0.0376	120	0.0126	0.0117	0.0793
91	0.0094	0.0119	0.0391	121	0.0159	0.0105	0.0398
92	0.0099	0.0125	0.0353	122	0.0135	0.0118	0.0384
93	0.0129	0.0108	0.0378	123	0.0127	0.0111	0.0498
94	0.0105	0.0130	0.0416	124	0.0135	0.0125	0.0413
95	0.0104	0.0112	0.0382	125	0.0129	0.0109	0.0412
96	0.0099	0.0119	0.0387	126	0.0144	0.0123	0.0397
97	0.0125	0.0159	0.0525	127	0.0134	0.0109	0.0332
98	0.0161	0.0141	0.0479	128	0.0145	0.0130	0.0381
99	0.0182	0.0143	0.0428	129	0.0148	0.0139	0.0690
100	0.0224	0.0143	0.0447				
101	0.0173	0.0177	0.0546				
102	0.0150	0.0150	0.0506				
103	0.0151	0.0127	0.0419				
104	0.0105	0.0142	0.0640				

ตารางที่ 3.12 แสดงค่ากระแสรั่วไหลเฉลี่ย (Average LC2) ของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนการซ่อมแซมชั้นกิ่งฉนวน และคัตแยกของเสียบ

RunOrder	ค่ากระแสรั่วไหลเฉลี่ย (Average LC2)			RunOrder	ค่ากระแสรั่วไหลเฉลี่ย (Average LC2)		
	แรงดันใช้งานสูง	แรงดันใช้งานกลาง	แรงดันใช้งานต่ำ		แรงดันใช้งานสูง	แรงดันใช้งานกลาง	แรงดันใช้งานต่ำ
1	0.0188	0.0180	0.1127	18	0.0178	0.0132	0.0482
2	0.0227	0.0166	0.0558	19	0.0188	0.0149	0.0387
3	0.0226	0.0186	0.0426	20	0.0164	0.0155	0.0397
4	0.0204	0.0183	0.0481	21	0.0180	0.0120	0.0576
5	0.0225	0.0131	0.0626	22	0.0194	0.0125	0.0498
6	0.0230	0.0176	0.0430	23	0.0242	0.0113	0.0353
7	0.0210	0.0163	0.0410	24	0.0184	0.0227	0.0414
8	0.0255	0.0316	0.0452	25	0.0221	0.0174	0.0727
9	0.0132	0.0113	0.0575	26	0.0234	0.0176	0.0684
10	0.0157	0.0241	0.0479	27	0.0242	0.0153	0.0421
11	0.0166	0.0125	0.0373	28	0.0210	0.0171	0.0508
12	0.0143	0.0117	0.0353	29	0.0218	0.0150	0.0676
13	0.0148	0.0185	0.0992	30	0.0235	0.0161	0.0583
14	0.0178	0.0107	0.0546	31	0.0234	0.0156	0.0392
15	0.0144	0.0188	0.0318	32	0.0211	0.0184	0.0447
16	0.0148	0.0129	0.0315	33	0.0210	0.0171	0.0426
17	0.0174	0.0141	0.1410				

บทที่ 4

การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการหาสภาวะปฏิบัติงานที่เหมาะสม

4.1 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากการทดลองในบทที่ 3 สามารถสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ซึ่งเป็นแบบจำลองของการถดถอย (Regression Model) โดยโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองคือ โปรแกรม MINITAB มีรายละเอียดดังแสดงในภาคผนวกท้ายเล่ม แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้มีความผิดพลาดไปจากผลการทดลองโดยเฉลี่ยดังแสดงในตาราง 4.3

ตารางที่ 4.1 แสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในขั้นตอนการสร้างขึ้นถึงจำนวนของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท

พจน์ (Term)	สัมประสิทธิ์ (COEFFICIENTS)		
	แรงดันใช้งานสูง	แรงดันใช้งานกลาง	แรงดันใช้งานต่ำ
Constant	0.95176	-1.91167	1.42096
A	-0.000823441	0.00153205	-0.00073487
B	-0.0129659	0.0251988	-0.0039157
C	-0.0330232	0.0387852	-0.0393416
D	0.000036615	0.000224349	-0.000090398
E	-0.00538041	0.0269206	-0.0867412
F	-0.488819	0.49146	-3.47139
AB	0.000012213	-1.98397E-05	5.492E-07
AC	2.98564E-05	-2.96656E-05	0.000027042
AD	-1.27357E-08	-1.74068E-07	4.19353E-08
AE	4.79518E-06	-2.13742E-05	5.36175E-05
AF	0.000392105	-0.000393021	0.00243418
BC	0.000241206	-0.000697542	0.000291339
BD	1.63131E-07	-3.02305E-06	3.20477E-07
BE	7.87975E-05	-0.000375678	0.000392691
BF	0.00325666	-0.00590293	0.0277111
CD	1.60492E-06	-4.10288E-06	3.26143E-06
CE	0.000209512	-0.000566188	0.00188118
CF	0.0114669	-0.00892281	0.0557044
DE	-4.06652E-07	-3.11069E-06	8.38313E-06
DF	3.21058E-05	-5.86667E-05	0.000384255

ตารางที่ 4.1 แสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวนของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท(ต่อ)

พจน์ (Term)	สัมประสิทธิ์ (COEFFICIENTS)		
	แรงดันใช้งานสูง	แรงดันใช้งานกลาง	แรงดันใช้งานต่ำ
EF	0.00311099	-0.00685686	0.150493
ABC	-2.48499E-07	5.31391E-07	-1.75759E-07
ABD	-3.99534E-10	2.35869E-09	2.08333E-11
ABE	-7.56104E-08	2.94353E-07	-1.99232E-07
ABF	-2.76349E-06	4.69827E-06	-1.92269E-05
ACD	-1.76946E-09	3.1224E-09	-2.07908E-09
ACE	-1.9148E-07	4.30414E-07	-1.30916E-06
ACF	-9.48429E-06	7.00367E-06	-3.98507E-05
ADE	2.09795E-10	2.4057E-09	-5.23894E-09
ADF	-2.76124E-08	4.6875E-08	-2.6835E-07
AEF	-2.50534E-06	5.47445E-06	-0.000106035
BCD	1.68311E-09	7.9987E-08	-2.98294E-08
BCE	-1.54371E-06	1.10124E-05	-1.30364E-05
BCF	-5.57826E-05	0.000144552	-0.000472274
BDE	2.6864E-10	4.46916E-08	-4.52508E-08
BDF	-7.17242E-08	7.10389E-07	-3.19411E-06
BEF	-2.08827E-05	8.61327E-05	-0.0011905
CDE	-8.55994E-09	5.875E-08	-1.83109E-07
CDF	-9.17544E-07	1.0247E-06	-6.14378E-06
CEF	-7.51374E-05	0.000129758	-0.00233032
DEF	-1.83151E-07	8.09814E-07	-1.68766E-05
ABCD	6.77769E-12	-6.09546E-11	1.64645E-11
ABCE	1.61632E-09	-8.33792E-09	8.09759E-09
ABCF	5.07751E-08	-1.11131E-07	3.28352E-07
ABDE	1.62646E-12	-3.47314E-11	2.31063E-11
ABDF	1.02453E-10	-5.66475E-10	2.21025E-09
ABEF	1.786E-08	-6.8273E-08	8.28299E-07
ACDE	1.02339E-11	-4.43805E-11	1.22556E-10
ACDF	7.9756E-10	-8.08799E-10	4.36362E-09
ACEF	6.23995E-08	-1.01313E-07	1.66719E-06

ตารางที่ 4.1 แสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในขั้นตอนการสร้างชั้นกิ่งฉนวนของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท(ต่อ)

พจน์ (Term)	สัมประสิทธิ์ (COEFFICIENTS)		
	แรงดันใช้งานสูง	แรงดันใช้งานกลาง	แรงดันใช้งานต่ำ
ADEF	1.6155E-10	-6.4693E-10	1.18563E-08
BCDE	-2.63158E-11	-1.25329E-09	1.43538E-09
BCDF	3.358E-10	-1.6936E-08	5.43661E-08
BCEF	3.70175E-07	-2.25441E-06	1.89934E-05
BDEF	2.65899E-10	-1.02399E-08	1.37831E-07
CDEF	5.75292E-09	-1.4693E-08	2.60522E-07
ABCDE	-3.47222E-14	9.4915E-13	-8.46925E-13
ABCDF	-1.48369E-12	1.3038E-11	-3.7476E-11
ABCEF	-3.3941E-10	1.7206E-09	-1.31666E-08
ABDEF	-5.29971E-13	8.14145E-12	-9.57031E-11
ACDEF	-5.06213E-12	1.15406E-11	-1.8533E-10
BCDEF	-2.74123E-13	2.60965E-10	-2.20201E-09
ABCDEF	8.68056E-15	-1.99424E-13	1.51624E-12
Ct Pt	0.00081875	-0.000475	0.0182039

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 แสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในขั้นตอนการซ่อมแซมชั้นกึ่งฉนวนและคัตแยกของเสี้ยนของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท

พจน์ (Term)	สัมประสิทธิ์ (COEFFICIENTS)		
	แรงดันใช้งานสูง	แรงดันใช้งานกลาง	แรงดันใช้งานต่ำ
Const	-0.0011276	0.0318492	1.00928
G	0.000169688	-0.000112344	-0.00567827
H	0.00048914	0.00069971	-0.117863
J	0.0043487	-0.0025074	-0.231579
K	0.000038142	-0.000586693	-0.0109333
GH	-4.73214E-06	-7.12891E-06	0.000692434
GJ	-0.000038906	-0.000011016	0.00134861
GK	-7.11806E-07	5.75521E-06	6.63437E-05
HJ	-0.000074405	-0.000557373	0.0279317
HK	5.308E-07	7.6335E-06	0.00132892
JK	-0.000024132	0.000147218	0.00306912
GHJ	1.07143E-06	6.78711E-06	-0.000162007
GHK	1.28968E-08	-1.20443E-07	-8.02083E-06
GJK	3.54167E-07	-1.19358E-06	-1.79213E-05
HJK	-1.21528E-07	1.9179E-06	-0.00037315
GHJK	-7.44048E-09	-1.89887E-08	2.15186E-06
Ct Pt	0.00134375	0.00087188	-0.011825

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในขั้นตอนการซ่อมแซมชั้นกึ่งฉนวนและคัตแยกของเสี้ยนของผลิตภัณฑ์

ขั้นตอน	ผลิตภัณฑ์	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย
การสร้างชั้นกึ่งฉนวน	แรงดันใช้งานสูง	3.0
	แรงดันใช้งานกลาง	5.6
	แรงดันใช้งานต่ำ	5.9
การซ่อมแซมและคัตแยกของเสี้ยน	แรงดันใช้งานสูง	14.8
	แรงดันใช้งานกลาง	13.8
	แรงดันใช้งานต่ำ	9.9

4.2 การหาสภาวะปฏิบัติงานที่เหมาะสม

จากการทดลองพบว่าสภาวะปฏิบัติการที่ให้ค่ากระแสรั่วไหลต่ำที่สุดของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท แสดงดังตาราง 4.4 และ 4.5

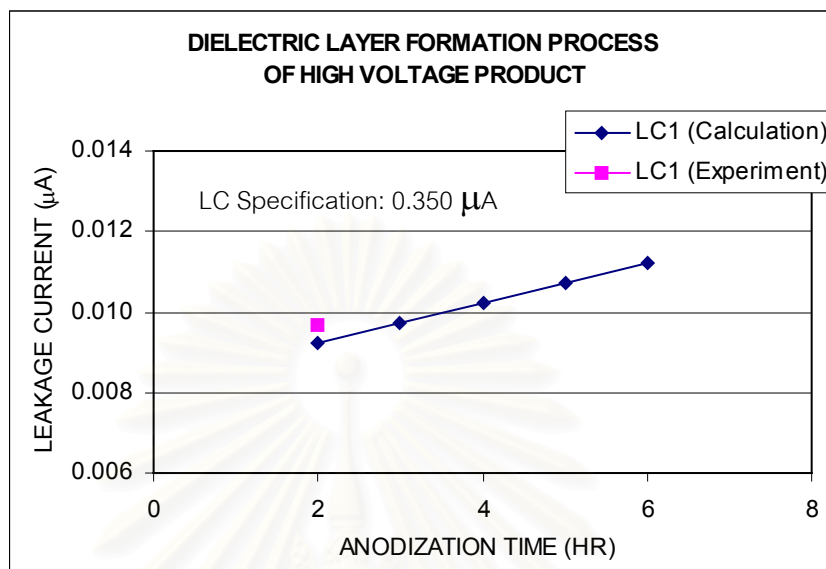
ตารางที่ 4.4 แสดงสภาวะปฏิบัติงานที่ให้ค่ากระแสรั่วไหลต่ำสุดในขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวน

ปัจจัย	ผลิตภัณฑ์ แรงดันใช้งานสูง	ผลิตภัณฑ์ แรงดันใช้งาน กลาง	ผลิตภัณฑ์ แรงดันใช้งานต่ำ
Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O Conductivity (mS/cm) : A	1200	1200	1400
A-Anodization Voltage (V) : B	40	40	120
A-Anodization Time : Voltage rising speed (V/min) : C	80	20	20
H ₃ PO ₄ Conductivity (mS/cm) : D	5200	9000	5200
Anodization Voltage (V) : E	150	70	30
Anodization Time (min) : F	2	5	5
LC1 (คำนวณ)	0.0093	0.0106	0.0300

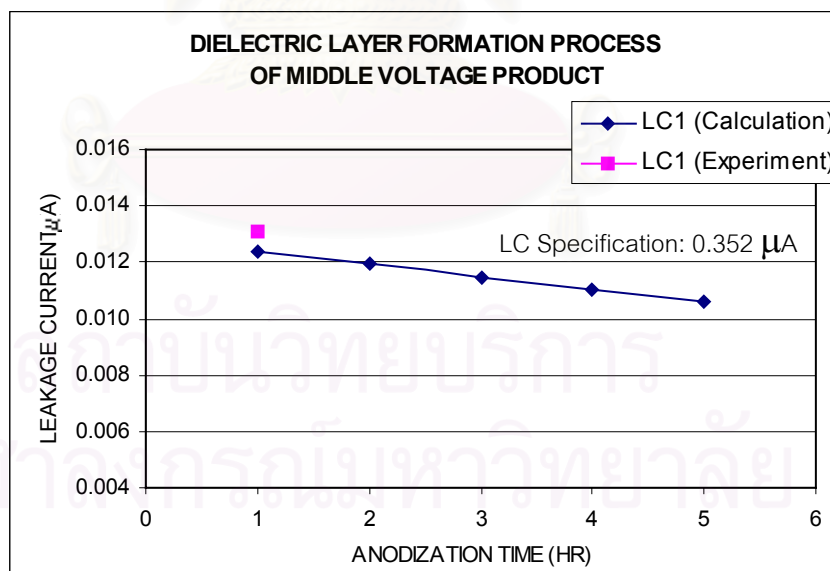
ตารางที่ 4.5 แสดงสภาวะปฏิบัติงานที่ให้ค่ากระแสรั่วไหลต่ำสุดในขั้นตอนการซ่อมแซม และคัดแยกของเสีย

ปัจจัย	ผลิตภัณฑ์ แรงดันใช้งานสูง	ผลิตภัณฑ์ แรงดันใช้งาน กลาง	ผลิตภัณฑ์ แรงดันใช้งานต่ำ
Temperature (°C) : G	85	85	85
Aging Voltage (V) : H	24.5	11.2	8.2
Aging Time (Hr) : J	2	4	4
Voltage rising speed (V/Min) : K	90	90	90
LC2 (คำนวณ)	0.0177	0.0168	0.0355

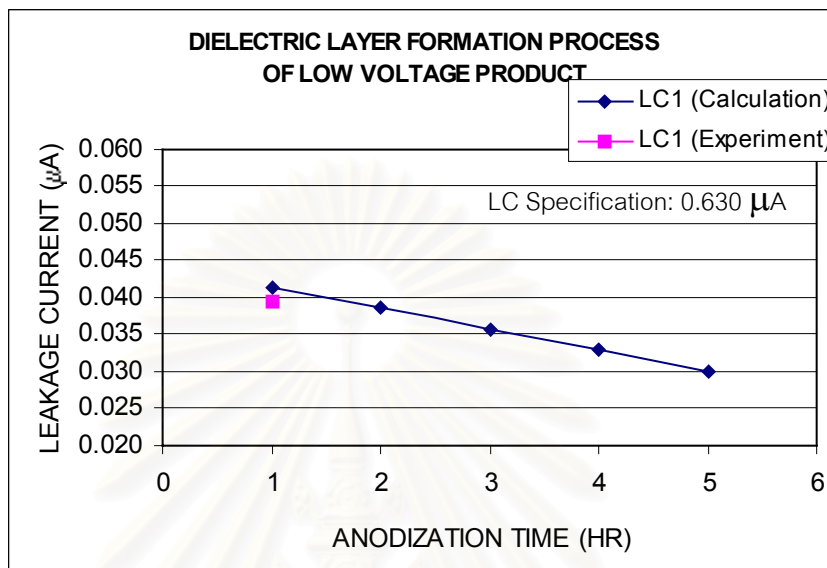
ตารางที่ 4.4 – 4.5 แสดงสภาวะปฏิบัติงานที่ให้ค่ากระแสรั่วไหลต่ำสุด แต่ขอบเขตของงานวิจัยนี้ ต้องการสภาวะปฏิบัติงานที่เหมาะสมภายใต้ขอบเขตระยะเวลาในการผลิตน้อยที่สุด และมีปริมาณกระแสรั่วไหลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้นเมื่อพิจารณาสภาวะปฏิบัติงานในตารางที่ 4.4 – 4.5 โดยปรับเปลี่ยนเวลาที่ใช้ในการผลิต จะได้ความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.1 – 4.6



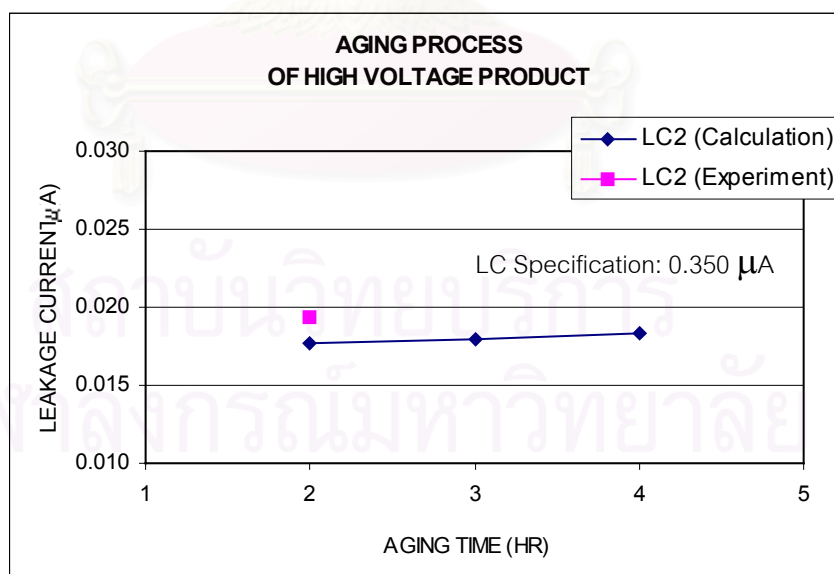
รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสรั่วไหลและเวลาในการผลิตของขั้นตอนการสร้างชั้น
กึ่งฉนวนสำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานสูง



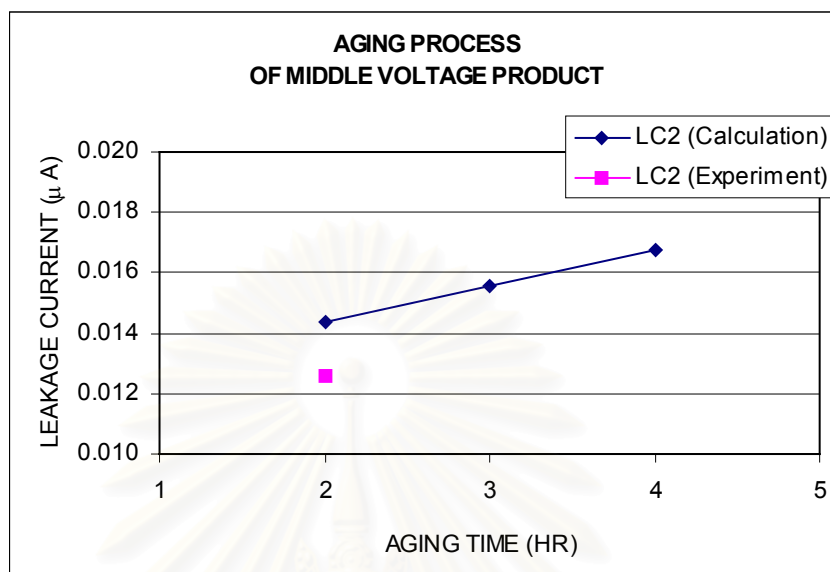
รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสรั่วไหลและเวลาในการผลิตของขั้นตอนการสร้างชั้น
กึ่งฉนวนสำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานกลาง



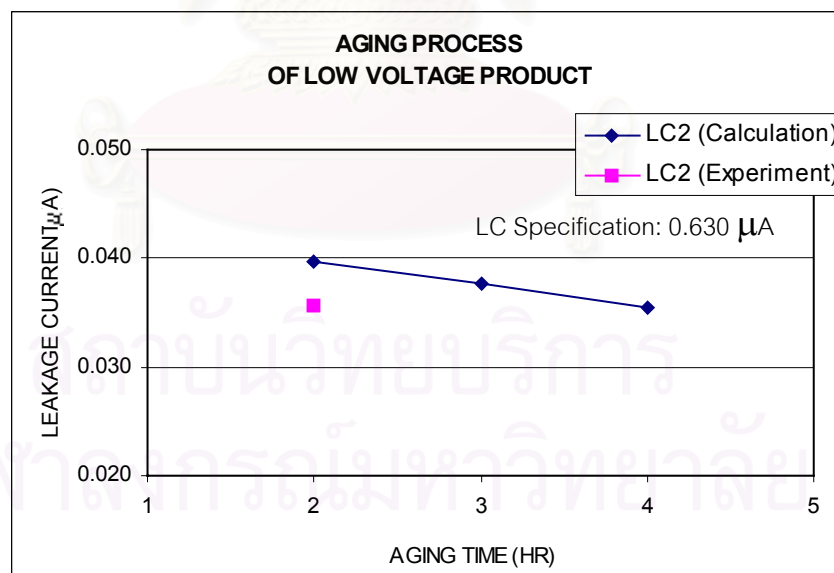
รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสรั่วไหลและเวลาในการผลิตของขั้นตอนการสร้างชั้น
กึ่งฉนวนสำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานต่ำ



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสรั่วไหลและเวลาในการผลิตของขั้นตอนการซ่อมแซม
และคัดแยกของเสียสำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานสูง



รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสรั่วไหลและเวลาในการผลิตของขั้นตอนการซ่อมแซม และคัดแยกของเสียสำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานกลาง



รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสรั่วไหลและเวลาในการผลิตของขั้นตอนการซ่อมแซม และคัดแยกของเสียสำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานต่ำ

จากรูปที่ 4.1 – 4.6 สามารถหาสภาวะปฏิบัติงานที่เหมาะสม(ใช้เวลาน้อยที่สุด) ตามขอบเขตของงานวิจัย ในขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวน และขั้นตอนการซ่อมแซม และคัดแยกของเสีย ได้ดังตารางที่ 4.6 – 4.7 เมื่อนำสภาวะปฏิบัติงานที่เลือกไปทดลองจริงพบว่ามีความคลาดเคลื่อน(ตารางที่ 4.6 – 4.7)ใกล้เคียงกับค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.6 แสดงสภาวะปฏิบัติงานที่เหมาะสม(ใช้เวลาน้อยที่สุด) ในขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวน

ปัจจัย	ผลิตภัณฑ์ แรงดันใช้งานสูง	ผลิตภัณฑ์ แรงดันใช้งานกลาง	ผลิตภัณฑ์ แรงดันใช้งานต่ำ
Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O Conductivity (mS/cm) : A	1200	1200	1400
A-Anodization Voltage (V) : B	40	40	120
A-Anodization Time : Voltage rising speed (V/min) : C	80	20	20
H ₃ PO ₄ Conductivity (mS/cm) : D	5200	9000	5200
Anodization Voltage (V) : E	150	70	30
Anodization Time (min) : F	2	1	1
LC1 (คำนวณ)	0.0093	0.0124	0.0414
LC1 (การทดลอง)	0.0097	0.0131	0.0395
%Error	4.6	5.7	4.8
Specification	0.350	0.352	0.630

ตารางที่ 4.7 แสดงสภาวะปฏิบัติงานที่เหมาะสม(ใช้เวลาน้อยที่สุด) ในขั้นตอนการซ่อมแซม และคัดแยกของเสีย

ปัจจัย	ผลิตภัณฑ์ แรงดันใช้งานสูง	ผลิตภัณฑ์ แรงดันใช้งานกลาง	ผลิตภัณฑ์ แรงดันใช้งานต่ำ
Temperature (°C) : G	85	85	85
Aging Voltage (V) : H	24.5	11.2	8.2
Aging Time (Hr) : J	2	2	2
Voltage rising speed (V/Min) : K	90	90	90
LC2 (คำนวณ)	0.0177	0.0144	0.0397
LC2 (การทดลอง)	0.0193	0.0126	0.0356
%Error	8.5	13.9	11.5
Specification	0.350	0.352	0.630

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลต่อค่ากระแสรั่วไหลของ แทนทาลัมคาปาซิเตอร์ ในขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวน (A-anodization and Anodization) และขั้นตอนการ ซ่อมแซมชั้นกึ่งฉนวนและกัดแยกของเสีย (Aging) แล้วนำมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Model) โดยศึกษาผลิตภัณฑ์ 3 ประเภท คือ ผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันใช้งานสูง (High voltage product), ผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันใช้งานกลาง (Middle voltage product) และผลิตภัณฑ์ประเภทแรงดันใช้งานต่ำ (Low voltage product) แบบจำลองที่ได้เป็นแบบจำลองของการถดถอย (Regression Model) ดังแสดงใน ตารางที่ 4.1 สำหรับขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวน และตารางที่ 4.2 สำหรับขั้นตอนการซ่อมแซมชั้น กึ่งฉนวนและกัดแยกของเสีย แบบจำลองดังกล่าวมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสูงสุด 5.9 และ 14.8 เปอร์เซ็นต์สำหรับแต่ละขั้นตอนตามลำดับ

จากแบบจำลองที่ได้สามารถหาสภาวะปฏิบัติการที่เหมาะสมภายใต้ขอบเขตระยะเวลาการผลิต ที่น้อยที่สุด และมีปริมาณกระแสรั่วไหลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้ดังแสดงในตารางที่ 4.6 สำหรับ ขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวน และตารางที่ 4.7 สำหรับขั้นตอนการซ่อมแซมชั้นกึ่งฉนวนและกัดแยก ของเสีย

ในขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวนที่ผิว (A-anodization process)

- ค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity) ของโซเดียมเตรโบเรตที่ใช้มีผลต่อปริมาณออกซิเจนที่จะแตกตัวออกมา ซึ่งออกซิเจนนี้เป็นส่วนประกอบสำคัญในการสร้างชั้นกึ่งฉนวน (Ta_2O_5) จากการทดลองพบว่าค่าความ นำไฟฟ้าที่ปัจจัยระดับต่ำ ให้ค่ากระแสรั่วไหลต่ำสำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานสูงและกลาง แต่สำหรับ ผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานต่ำ ค่าความนำไฟฟ้าที่ปัจจัยระดับสูงจะให้ค่ากระแสรั่วไหลต่ำกว่า เนื่องจาก ผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานต่ำที่ใช้ในการทดลองมีค่าคาปาซิแตนซ์สูงกว่าและใช้เม็ดแทนทาลัมที่มีค่า CV สูง กว่า จึงจำเป็นต้องใช้ปริมาณออกซิเจนมากกว่าในการสร้างชั้นกึ่งฉนวน
- ค่าแรงดันไฟฟ้า (A-anodization voltage) ที่ใช้ในขั้นตอนนี้มีผลกับความหนาของชั้นกึ่งฉนวนที่เกิดขึ้นที่ผิว ถ้าใช้แรงดันไฟฟ้าสูงชั้นกึ่งฉนวนจะหนาและแข็งแรงกว่าซึ่งหมายถึงค่ากระแสรั่วไหลที่เกิดขึ้นจะมีค่าต่ำ แต่ อย่างไรก็ตามถ้าชั้นกึ่งฉนวนที่ผิวนั้นหนาเกินไปอาจจะปิดรูพรุน ทำให้การสร้างชั้นกึ่งฉนวนในรูพรุน (Anodization) เกิดได้ยากกระแสรั่วไหลในบริเวณดังกล่าวจะมีค่าสูง
- เวลา (A-anodization time) หรือ อัตราเร็วในการเพิ่มแรงดันไฟฟ้า (Voltage rising speed) ที่ใช้ในขั้นตอน นี้มีผลกับความหนาของชั้นกึ่งฉนวนที่เกิดขึ้นที่ผิว ถ้าใช้เวลานาน (อัตราเร็วในการเพิ่มแรงดันสูง) ชั้นกึ่งฉนวน จะบางซึ่งชั้นกึ่งฉนวนที่ได้อาจไม่สมบูรณ์และเกิดกระแสรั่วไหลได้

ในขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวนในรูปพูน (Anodization process)

- ค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity) ของกรดฟอสฟอริกที่ใช้มีผลต่อปริมาณออกซิเจนที่จะแตกตัวออกมา เหมือนกับโซเดียมเตตระโบเรตที่ใช้ในขั้นตอน A-anodization จากการทดลองพบว่าค่าความนำไฟฟ้าที่ปัจจัยระดับต่ำ ให้ค่ากระแสรั่วไหลต่ำสำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานสูงและต่ำ แต่สำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานกลางต้องการค่าความนำไฟฟ้าที่ปัจจัยระดับสูง
- ค่าแรงดันไฟฟ้าในขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวนในรูปพูน (Anodization voltage) ที่ใช้นี้มีผลกับความหนาของชั้นกึ่งฉนวนที่เกิดขึ้นในรูปพูน ถ้าใช้แรงดันไฟฟ้าสูง ชั้นกึ่งฉนวนจะหนาและแข็งแรงกว่าซึ่งหมายถึงค่ากระแสรั่วไหลที่เกิดขึ้นจะมีค่าต่ำ ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์ทุกชนิดต้องการใช้แรงดันไฟฟ้าสูงจึงจะให้ค่ากระแสรั่วไหลต่ำสุด
- เวลาที่ใช้ในการสร้างชั้นกึ่งฉนวนในรูปพูน (Anodization time) มีผลกับความสมบูรณ์ของชั้นกึ่งฉนวน คือเมื่อใช้เวลามากขึ้นชั้นกึ่งฉนวนก็จะถูกสร้างได้สมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งจะทำให้ค่ากระแสรั่วไหลมีค่าต่ำลง แต่เมื่อชั้นกึ่งฉนวนถูกสร้างสมบูรณ์แล้วการเพิ่มเวลาก็ไม่มีผลต่อค่ากระแสรั่วไหลอีก จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้เวลามากขึ้นค่ากระแสรั่วไหลจะลดลงสำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานกลางและต่ำ ส่วนผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานสูงชั้นกึ่งฉนวนถูกสร้างสมบูรณ์แล้วการเพิ่มเวลาจึงไม่มีผลต่อค่ากระแสรั่วไหล

ในขั้นตอนการช่อมแซมชั้นกึ่งฉนวนและตัดแยกของเสีย (Aging process)

- อุณหภูมิ (Aging temperature) ที่ใช้ในขั้นตอนนี้ควรมีค่าอยู่ในระดับต่ำเนื่องจากวัตถุประสงค์หลักของขั้นตอนนี้คือต้องการช่อมแซมชั้นกึ่งฉนวน ถ้าใช้อุณหภูมิสูงอาจเกิดการทำลายชั้นกึ่งฉนวนแทน ซึ่งผลการทดลองของผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดสอดคล้องกับแนวคิดนี้
- แรงดันไฟฟ้า (Aging voltage) ที่ใช้ในขั้นตอนนี้ก็มีผลเช่นเดียวกับอุณหภูมิ แต่จากผลการทดลอง ผลิตภัณฑ์แรงดันไฟฟ้าใช้งานต่ำต้องการใช้ Aging voltage ในระดับสูงเนื่องจากพื้นที่ของชั้นกึ่งฉนวนมีมากกว่าเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์แรงดันไฟฟ้าใช้งานสูงและกลาง
- เวลา (Aging time) ที่ใช้ในขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณชั้นกึ่งฉนวนที่ไม่สมบูรณ์ด้วย พบว่าเวลาที่ปัจจัยระดับต่ำก็เพียงพอสำหรับผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ในการช่อมแซมชั้นกึ่งฉนวนเพื่อให้กระแสรั่วไหลอยู่ในมาตรฐาน
- อัตราเร็วในการเพิ่มแรงดันไฟฟ้า (Voltage rising speed) มีผลต่อการช่อมแซมชั้นกึ่งฉนวน คือเมื่อมีแรงดันไฟฟ้าไหลผ่านชั้นกึ่งฉนวนที่ไม่สมบูรณ์ด้วยอัตราเร็วสูงจะทำให้เกิดความร้อนสูงด้วย ดังนั้นการช่อมแซมชั้นกึ่งฉนวนจึงเกิดขึ้นได้เร็ว จากการทดลองผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดให้กระแสรั่วไหลต่ำเมื่อ Voltage rising speed มีค่าสูง

การปรับเปลี่ยนสภาวะในการทดลองของแต่ละปัจจัยมีผลกับคุณสมบัติอื่นของคาปาซิเตอร์ เช่น ค่าคาปาซิแตนซ์ (ที่ 120 Hz และ 1 KHz), ค่าความต้านทานของคาปาซิเตอร์ (ที่ 120 Hz และ 1 KHz) ดังนั้นในการนำสภาวะการทดลองที่ทำนายได้ไปใช้งานจะต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อค่าคุณสมบัติเหล่านี้ด้วย นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงความสามารถในการใช้งานระยะยาวของผลิตภัณฑ์ (Reliability of product) หรือความคงทนของผลิตภัณฑ์ด้วย แม้ว่าค่ากระแสรั่วไหลที่ได้ในกระบวนการผลิตจะมีค่าต่ำแต่ถ้าผลิตภัณฑ์มีความคงทนต่ำ อาจทำให้ค่ากระแสรั่วไหลเพิ่มขึ้นเมื่อลูกค้านำไปใช้งาน จากตารางที่ 4.6 – 4.7 แสดงสภาวะปฏิบัติการที่

เหมาะสม (ใช้เวลาน้อยที่สุด) โดยกระแสรั่วไหลอยู่ในมาตรฐาน เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยสภาวะปฏิบัติการดังกล่าวมาพิจารณาคุณสมบัติอื่นและความคงทนของผลิตภัณฑ์ที่ 48 ชั่วโมง พบว่าค่าคุณสมบัติของคาปาซิเตอร์ทั้งหมดอยู่ในมาตรฐานที่กำหนดดังแสดงในตารางที่ 5.1 – 5.2

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าคุณสมบัติของคาปาซิเตอร์ที่สภาวะปฏิบัติงานที่เหมาะสม(ใช้เวลาน้อยที่สุด) ในขั้นตอนการสร้างชิ้นกึ่งฉนวน

คุณสมบัติ	ผลิตภัณฑ์	มาตรฐาน	ผลทดสอบเบื้องต้น (ค่าเฉลี่ย)	ผลทดสอบความคงทน 48 ชม. (ค่าเฉลี่ย)
กระแสรั่วไหล (μA)	แรงดันไฟฟ้าใช้งานสูง	Max 0.350	0.0097	0.0102
	แรงดันไฟฟ้าใช้งานกลาง	Max 0.352	0.0131	0.0152
	แรงดันไฟฟ้าใช้งานต่ำ	Max 0.630	0.0395	0.0420
คาปาซิแตนซ์ (1 KHz)	แรงดันไฟฟ้าใช้งานสูง	0.80 - 1.20	0.850	0.820
	แรงดันไฟฟ้าใช้งานกลาง	1.76 - 2.64	2.508	2.500
	แรงดันไฟฟ้าใช้งานต่ำ	8.00 - 12.00	8.850	8.816
คาปาซิแตนซ์ (120 Hz)	แรงดันไฟฟ้าใช้งานสูง	0.80 - 1.20	0.82	0.81
	แรงดันไฟฟ้าใช้งานกลาง	1.76 - 2.64	2.50	2.63
	แรงดันไฟฟ้าใช้งานต่ำ	8.00 - 12.00	8.81	2.78
ความต้านทาน (1 KHz)	แรงดันไฟฟ้าใช้งานสูง	33.00	14.58	16.23
	แรงดันไฟฟ้าใช้งานกลาง	19.00	5.31	5.66
	แรงดันไฟฟ้าใช้งานต่ำ	28.00	4.80	4.75
ความต้านทาน (120 Hz)	แรงดันไฟฟ้าใช้งานสูง	5.60	2.70	2.96
	แรงดันไฟฟ้าใช้งานกลาง	5.20	1.91	1.97
	แรงดันไฟฟ้าใช้งานต่ำ	6.00	2.44	2.23

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าคุณสมบัติของคาปาซิเตอร์ที่สภาวะปฏิบัติงานที่เหมาะสม(ใช้เวลาน้อยที่สุด) ในขั้นตอนการซ่อมแซม และคัดแยกของเสีย

คุณสมบัติ	ผลิตภัณฑ์	มาตรฐาน	ผลทดสอบเบื้องต้น (ค่าเฉลี่ย)	ผลทดสอบความคงทน 48 ชม. (ค่าเฉลี่ย)
กระแสรั่วไหล (μA)	แรงดันไฟฟ้าใช้งานสูง	Max 0.350	0.0193	0.0185
	แรงดันไฟฟ้าใช้งานกลาง	Max 0.352	0.0142	0.0158
	แรงดันไฟฟ้าใช้งานต่ำ	Max 0.630	0.0356	0.0416
คาปาซิแตนซ์ (1 KHz)	แรงดันไฟฟ้าใช้งานสูง	0.80 - 1.20	0.970	0.894
	แรงดันไฟฟ้าใช้งานกลาง	1.76 - 2.64	2.282	2.360
	แรงดันไฟฟ้าใช้งานต่ำ	8.00 - 12.00	9.517	9.821
คาปาซิแตนซ์ (120 Hz)	แรงดันไฟฟ้าใช้งานสูง	0.80 - 1.20	0.99	1.07
	แรงดันไฟฟ้าใช้งานกลาง	1.76 - 2.64	2.32	2.56
	แรงดันไฟฟ้าใช้งานต่ำ	8.00 - 12.00	9.65	9.88
ความต้านทาน (1 KHz)	แรงดันไฟฟ้าใช้งานสูง	33.00	3.12	3.58
	แรงดันไฟฟ้าใช้งานกลาง	19.00	2.92	3.13
	แรงดันไฟฟ้าใช้งานต่ำ	28.00	8.94	9.26
ความต้านทาน (120 Hz)	แรงดันไฟฟ้าใช้งานสูง	5.60	2.19	2.25
	แรงดันไฟฟ้าใช้งานกลาง	5.20	1.35	1.54
	แรงดันไฟฟ้าใช้งานต่ำ	6.00	1.91	1.76

ในการวิจัยนี้ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Design) แบบ 2^k เมื่อ k คือจำนวนปัจจัยที่ต้องการศึกษา การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลเป็นการออกแบบที่มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากสามารถใช้ศึกษาถึงผลตอบ (Response) ของปัจจัยหนึ่ง ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงระดับของอีกปัจจัยหนึ่งได้ นั่นคือสามารถหาอันตรกิริยา (Interaction) ระหว่างปัจจัยได้ งานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็นสองส่วนคือ ขั้นตอนการสร้างชิ้นงานที่มีปัจจัยที่ต้องการศึกษา 6 ปัจจัย และขั้นตอนการซ่อมแซมและคัดแยกของเสียที่มีปัจจัยที่ต้องการศึกษา 4 ปัจจัย จำนวนการทดลองที่ต้องทำในแต่ละขั้นตอนของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจึงเป็น 2^6 และ 2^4 ตามลำดับ เนื่องจากการทดลองอาจมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ดังนั้นแต่ละสภาวะการทดลองจะถูกทำ 2 ครั้ง (2 Replicate) และมีการทดลองที่จุดศูนย์กลางของการออกแบบอีก 1 จุด ส่วนจำนวนชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองขึ้นอยู่กับลักษณะของกระบวนการผลิตและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง โดยขั้นตอนการสร้างชิ้นงานใช้ชิ้นงานจำนวน 60 ชิ้นต่อสภาวะปฏิบัติการ และขั้นตอนการซ่อมแซมและคัดแยกของเสียใช้ชิ้นงานจำนวน 10 ชิ้นต่อสภาวะปฏิบัติการ

เนื่องจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้มาจากการประมาณค่าเฉลี่ยดังนั้นก็มีความคลาดเคลื่อนอยู่ เมื่อพิจารณาทุกเทอมที่เกี่ยวข้องโดยไม่พิจารณาค่า p (p -value) ซึ่งเป็นค่าที่บอกนัยสำคัญของเทอมต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จะได้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสูงสุด 5.9 เปอร์เซ็นต์ สำหรับขั้นตอนการสร้างชิ้นกึ่งฉนวน และ 14.8 เปอร์เซ็นต์ในขั้นตอนการซ่อมแซมและคัดแยกของเสีย แต่ถ้าตัดเทอมที่เกี่ยวข้องบางเทอมออกโดยพิจารณาจากค่า p โดยคิดที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (95% Confidence limit) จะพบว่าแบบจำลองที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จะพิจารณาทุกเทอมที่เกี่ยวข้องในแบบจำลอง เพื่อให้แบบจำลองที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุด แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้สามารถใช้ทำนายค่ากระแสรั่วไหลได้ดีในช่วงที่ทำการทดลองของแต่ละปัจจัย นอกเหนือจากช่วงดังกล่าวแบบจำลองนี้ยังสามารถใช้ทำนายได้ แต่ค่าความแม่นยำจะลดลง เมื่อปัจจัยนั้นออกห่างจากช่วงที่ทดลองมากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1. การทดลองนี้เป็นการนำค่ากระแสรั่วไหลเฉลี่ยมาคำนวณหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ค่าที่ทำนายได้จากแบบจำลองนี้จึงเป็นค่าเฉลี่ยเช่นกัน ดังนั้นการนำไปใช้จึงไม่ควรคำนึงถึงค่าที่ทำนายได้เพียงอย่างเดียว แต่ควรคำนึงถึงการกระจาย (Distribution) ของข้อมูลด้วย

5.2.2. ในการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้ไปใช้กับผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ เมื่อพิจารณาค่ากระแสรั่วไหลที่ได้แล้วยังต้องคำนึงถึงค่าคุณสมบัติอื่นๆ ของคาปาซิเตอร์ ได้แก่ ค่าคาปาซิแตนซ์ และค่าความต้านทานของคาปาซิเตอร์ด้วย

5.2.3. นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงความสามารถในการใช้งานระยะยาวของผลิตภัณฑ์ (Reliability of product) ด้วย แม้ว่าค่ากระแสรั่วไหลที่ได้ในกระบวนการผลิตจะมีค่าต่ำ แต่ถ้าผลิตภัณฑ์มีความคงทนต่ำอาจทำให้ค่ากระแสรั่วไหลเพิ่มขึ้นเมื่อถูกค่านำไปใช้งาน ดังนั้นก่อนการนำสภาวะปฏิบัติการที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปใช้งานควรมีการทดสอบความคงทนของผลิตภัณฑ์ในระยะยาว ซึ่งสามารถทำได้โดยนำชิ้นงานมาทดสอบในสภาวะการใช้งานจริงตามมาตรฐานคุณภาพ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ปารเมศ ชูติมา. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : บริษัทด้านสุทธาการพิมพ์, 2545.

ภาษาอังกฤษ

Douglas, C. Montgomery. Design and Analysis of Experiment. 5th ed. New York : John Wiley & Sons, 1997.

John Gill. Basic Tantalum Capacitor Technology. England : AVX Ltd., (n.d.)

R. W. Franklin. An Exploration of Leakage Current. England : AVX Ltd., (n.d.)

R. W. Franklin. Analysis of Solid Tantalum Capacitor Leakage Current. England : AVX Ltd., (n.d.)

H. W. Holland. Solid Tantalum Capacitor Dielectric Failure Mechanism and Determination of Failure Rates. United States of America : Kemet Electronics Corporation.

Yorio Hazegawa. A Study of Field Failures of Solid Tantalum Capacitor. NEC Research & Development 82 (July 1986) : 124-130.

Yorio Hazegawa; and Koichi Morimoto. Characteristics and Failure Analysis of Solid Tantalum Capacitors. NEC Research & Development 50 (July 1978) : 78-94.

NEC Corporation. NEC Capacitor Data Book. Japan : NEC Corporation. (Unpublished Manuscript). 2002


Donald M. Smyth; and Terrance B. Tripp. Heat Treatment of Anodic Films on Tantalum / II. Temperature Dependence of Capacitance. Journal of The Electrochemical Society (December 1963) : 1271-1276.

Donald M. Smyth; Terrance B. Tripp; and G.A. Shim. Heat Treatment of Anodic Films on Tantalum / IV. Anodization in Phosphoric Acid Solutions. Journal of The Electrochemical Society (February 1966) : 100-104.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

การสร้างแบบจำลองของการถดถอยโดยใช้โปรแกรม MINITAB

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I. Dielectric layer formation process of high voltage product

Factorial Design

Full Factorial Design

Factors: 6 Base Design: 6, 64
 Runs: 129 Replicates: 2
 Blocks: none Center pts (total): 1

All terms are free from aliasing

Fractional Factorial Fit: LC1 versus A, B, C, D, E, F

Estimated Effects and Coefficients for LC1 (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.013981	0.000122	114.28	0.000
A	0.000075	0.000037	0.000122	0.31	0.760
B	0.000969	0.000484	0.000122	3.96	0.000
C	-0.000281	-0.000141	0.000122	-1.15	0.255
D	0.001253	0.000627	0.000122	5.12	0.000
E	-0.004341	-0.002170	0.000122	-17.74	0.000
F	0.001922	0.000961	0.000122	7.85	0.000
A*B	0.000087	0.000044	0.000122	0.36	0.722
A*C	-0.000287	-0.000144	0.000122	-1.17	0.244
A*D	-0.001122	-0.000561	0.000122	-4.58	0.000
A*E	0.000934	0.000467	0.000122	3.82	0.000
A*F	0.000153	0.000077	0.000122	0.63	0.534
B*C	-0.001125	-0.000563	0.000122	-4.60	0.000
B*D	-0.000178	-0.000089	0.000122	-0.73	0.469
B*E	-0.000791	-0.000395	0.000122	-3.23	0.002
B*F	0.000278	0.000139	0.000122	1.14	0.260
C*D	0.000366	0.000183	0.000122	1.49	0.140
C*E	0.000441	0.000220	0.000122	1.80	0.076
C*F	-0.000797	-0.000398	0.000122	-3.26	0.002
D*E	-0.000262	-0.000131	0.000122	-1.07	0.287
D*F	0.000775	0.000388	0.000122	3.17	0.002
E*F	0.000750	0.000375	0.000122	3.07	0.003
A*B*C	-0.000613	-0.000306	0.000122	-2.50	0.015
A*B*D	-0.000272	-0.000136	0.000122	-1.11	0.271
A*B*E	0.000316	0.000158	0.000122	1.29	0.202
A*B*F	0.000091	0.000045	0.000122	0.37	0.712
A*C*D	0.000697	0.000348	0.000122	2.85	0.006
A*C*E	0.000347	0.000173	0.000122	1.42	0.161
A*C*F	0.000016	0.000008	0.000122	0.06	0.949
A*D*E	0.000900	0.000450	0.000122	3.68	0.000
A*D*F	0.000294	0.000147	0.000122	1.20	0.234
A*E*F	-0.000056	-0.000028	0.000122	-0.23	0.819
B*C*D	0.000984	0.000492	0.000122	4.02	0.000
B*C*E	0.001416	0.000708	0.000122	5.79	0.000
B*C*F	-0.000341	-0.000170	0.000122	-1.39	0.169
B*D*E	-0.000775	-0.000387	0.000122	-3.17	0.002
B*D*F	-0.000006	-0.000003	0.000122	-0.03	0.980
B*E*F	-0.000375	-0.000187	0.000122	-1.53	0.130
C*D*E	-0.000650	-0.000325	0.000122	-2.66	0.010
C*D*F	-0.000137	-0.000069	0.000122	-0.56	0.576
C*E*F	0.000606	0.000303	0.000122	2.48	0.016

D*E*F	-0.000247	-0.000123	0.000122	-1.01	0.317
A*B*C*D	0.000384	0.000192	0.000122	1.57	0.121
A*B*C*E	0.000466	0.000233	0.000122	1.90	0.062
A*B*C*F	0.000316	0.000158	0.000122	1.29	0.202
A*B*D*E	-0.000056	-0.000028	0.000122	-0.23	0.819
A*B*D*F	0.000444	0.000222	0.000122	1.81	0.074
A*B*E*F	0.000025	0.000012	0.000122	0.10	0.919
A*C*D*E	-0.000856	-0.000428	0.000122	-3.50	0.001
A*C*D*F	0.001288	0.000644	0.000122	5.26	0.000
A*C*E*F	0.000381	0.000191	0.000122	1.56	0.124
A*D*E*F	-0.000566	-0.000283	0.000122	-2.31	0.024
B*C*D*E	-0.000938	-0.000469	0.000122	-3.83	0.000
B*C*D*F	-0.000219	-0.000109	0.000122	-0.89	0.375
B*C*E*F	0.000256	0.000128	0.000122	1.05	0.299
B*D*E*F	0.000291	0.000145	0.000122	1.19	0.239
C*D*E*F	0.000091	0.000045	0.000122	0.37	0.712
A*B*C*D*E	-0.000000	-0.000000	0.000122	-0.00	1.000
A*B*C*D*F	-0.000225	-0.000112	0.000122	-0.92	0.361
A*B*C*E*F	-0.001000	-0.000500	0.000122	-4.09	0.000
A*B*D*E*F	-0.000022	-0.000011	0.000122	-0.09	0.929
A*C*D*E*F	-0.000747	-0.000373	0.000122	-3.05	0.003
B*C*D*E*F	0.000753	0.000377	0.000122	3.08	0.003
A*B*C*D*E*F	0.000059	0.000030	0.000122	0.24	0.809
Ct Pt		0.000819	0.001390	0.59	0.558

Analysis of Variance for LC1 (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	6	0.00080410	0.00080410	0.00013402	69.95	0.000
2-Way Interactions	15	0.00020608	0.00020608	0.00001374	7.17	0.000
3-Way Interactions	20	0.00021641	0.00021641	0.00001082	5.65	0.000
4-Way Interactions	15	0.00014739	0.00014739	0.00000983	5.13	0.000
5-Way Interactions	6	0.00006964	0.00006964	0.00001161	6.06	0.000
6-Way Interactions	1	0.00000011	0.00000011	0.00000011	0.06	0.809
Curvature	1	0.00000067	0.00000067	0.00000067	0.35	0.558
Residual Error	64	0.00012262	0.00012262	0.00000192		
Pure Error	64	0.00012262	0.00012262	0.00000192		
Total	128	0.00156702				

Unusual Observations for LC1

Obs	LC1	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
6	0.023600	0.019700	0.000979	0.003900	3.98R
15	0.017500	0.021950	0.000979	-0.004450	-4.55R
70	0.015800	0.019700	0.000979	-0.003900	-3.98R
79	0.026400	0.021950	0.000979	0.004450	4.55R
129	0.014800	0.014800	0.001384	0.000000	* X

R denotes an observation with a large standardized residual

X denotes an observation whose X value gives it large influence.

Estimated Coefficients for LC1 using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	0.95176
A	-0.000823441
B	-0.0129659
C	-0.0330232
D	0.000036615
E	-0.00538041
F	-0.488819
A*B	0.0000122130

A*C	0.0000298564
A*D	-1.27357E-08
A*E	4.795175E-06
A*F	0.000392105
B*C	0.000241206
B*D	1.631305E-07
B*E	0.0000787975
B*F	0.00325666
C*D	1.604934E-06
C*E	0.000209512
C*F	0.0114669
D*E	-4.06652E-07
D*F	0.0000321058
E*F	0.00311099
A*B*C	-2.48499E-07
A*B*D	-3.99534E-10
A*B*E	-7.56104E-08
A*B*F	-2.76349E-06
A*C*D	-1.76946E-09
A*C*E	-1.91480E-07
A*C*F	-9.48429E-06
A*D*E	2.097953E-10
A*D*F	-2.76124E-08
A*E*F	-2.50534E-06
B*C*D	1.683114E-09
B*C*E	-1.54371E-06
B*C*F	-5.57826E-05
B*D*E	2.686404E-10
B*D*F	-7.17242E-08
B*E*F	-2.08827E-05
C*D*E	-8.55994E-09
C*D*F	-9.17544E-07
C*E*F	-7.51374E-05
D*E*F	-1.83151E-07
A*B*C*D	6.777686E-12
A*B*C*E	1.616319E-09
A*B*C*F	5.077508E-08
A*B*D*E	1.626462E-12
A*B*D*F	1.024534E-10
A*B*E*F	1.786001E-08
A*C*D*E	1.023392E-11
A*C*D*F	7.975603E-10
A*C*E*F	6.239949E-08
A*D*E*F	1.615497E-10
B*C*D*E	-2.63158E-11
B*C*D*F	3.358004E-10
B*C*E*F	3.701754E-07
B*D*E*F	2.658991E-10
C*D*E*F	5.752924E-09
A*B*C*D*E	-3.47222E-14
A*B*C*D*F	-1.48369E-12
A*B*C*E*F	-3.39410E-10
A*B*D*E*F	-5.29971E-13
A*C*D*E*F	-5.06213E-12
B*C*D*E*F	-2.74123E-13
A*B*C*D*E*F	8.680556E-15
Ct Pt	0.00081875



ศูนย์วิทยบริการ
 ภาควิชาคณิตศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

II. Dielectric layer formation process of middle voltage product

Factorial Design

Full Factorial Design

Factors: 6 Base Design: 6, 64
 Runs: 129 Replicates: 2
 Blocks: none Center pts (total): 1

All terms are free from aliasing

Fractional Factorial Fit: LC1 versus A, B, C, D, E, F

Estimated Effects and Coefficients for LC1 (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.014375	0.000328	43.85	0.000
A	0.000413	0.000206	0.000328	0.63	0.531
B	-0.000194	-0.000097	0.000328	-0.30	0.769
C	0.000919	0.000459	0.000328	1.40	0.166
D	-0.000922	-0.000461	0.000328	-1.41	0.165
E	-0.002216	-0.001108	0.000328	-3.38	0.001
F	-0.001903	-0.000952	0.000328	-2.90	0.005
A*B	-0.000644	-0.000322	0.000328	-0.98	0.330
A*C	-0.000737	-0.000369	0.000328	-1.12	0.265
A*D	0.001091	0.000545	0.000328	1.66	0.101
A*E	-0.000222	-0.000111	0.000328	-0.34	0.736
A*F	0.000722	0.000361	0.000328	1.10	0.275
B*C	0.000787	0.000394	0.000328	1.20	0.234
B*D	-0.000703	-0.000352	0.000328	-1.07	0.288
B*E	0.001653	0.000827	0.000328	2.52	0.014
B*F	-0.000097	-0.000048	0.000328	-0.15	0.883
C*D	-0.000709	-0.000355	0.000328	-1.08	0.283
C*E	0.000934	0.000467	0.000328	1.43	0.159
C*F	-0.000716	-0.000358	0.000328	-1.09	0.279
D*E	0.000212	0.000106	0.000328	0.32	0.747
D*F	0.000900	0.000450	0.000328	1.37	0.175
E*F	0.000294	0.000147	0.000328	0.45	0.656
A*B*C	-0.000381	-0.000191	0.000328	-0.58	0.563
A*B*D	0.000572	0.000286	0.000328	0.87	0.386
A*B*E	-0.000716	-0.000358	0.000328	-1.09	0.279
A*B*F	0.000928	0.000464	0.000328	1.42	0.162
A*C*D	0.001584	0.000792	0.000328	2.42	0.019
A*C*E	0.000072	0.000036	0.000328	0.11	0.913
A*C*F	0.001216	0.000608	0.000328	1.85	0.068
A*D*E	0.001056	0.000528	0.000328	1.61	0.112
A*D*F	-0.000600	-0.000300	0.000328	-0.92	0.364
A*E*F	0.000587	0.000294	0.000328	0.90	0.374
B*C*D	-0.000641	-0.000320	0.000328	-0.98	0.332
B*C*E	0.000228	0.000114	0.000328	0.35	0.729
B*C*F	-0.000859	-0.000430	0.000328	-1.31	0.195
B*D*E	-0.000106	-0.000053	0.000328	-0.16	0.872
B*D*F	0.000781	0.000391	0.000328	1.19	0.238
B*E*F	-0.000362	-0.000181	0.000328	-0.55	0.582
C*D*E	0.000481	0.000241	0.000328	0.73	0.466
C*D*F	0.000769	0.000384	0.000328	1.17	0.245
C*E*F	-0.000113	-0.000056	0.000328	-0.17	0.864
D*E*F	0.000709	0.000355	0.000328	1.08	0.283
A*B*C*D	0.000441	0.000220	0.000328	0.67	0.504

A*B*C*E	-0.000822	-0.000411	0.000328	-1.25	0.215
A*B*C*F	0.000597	0.000298	0.000328	0.91	0.366
A*B*D*E	0.000550	0.000275	0.000328	0.84	0.405
A*B*D*F	-0.001019	-0.000509	0.000328	-1.55	0.125
A*B*E*F	0.000381	0.000191	0.000328	0.58	0.563
A*C*D*E	0.001044	0.000522	0.000328	1.59	0.116
A*C*D*F	-0.001200	-0.000600	0.000328	-1.83	0.072
A*C*E*F	0.000300	0.000150	0.000328	0.46	0.649
A*D*E*F	-0.000822	-0.000411	0.000328	-1.25	0.215
B*C*D*E	-0.000325	-0.000163	0.000328	-0.50	0.622
B*C*D*F	0.001138	0.000569	0.000328	1.73	0.088
B*C*E*F	-0.000131	-0.000066	0.000328	-0.20	0.842
B*D*E*F	0.000653	0.000327	0.000328	1.00	0.323
C*D*E*F	0.000509	0.000255	0.000328	0.78	0.440
A*B*C*D*E	0.000800	0.000400	0.000328	1.22	0.227
A*B*C*D*F	0.000069	0.000034	0.000328	0.10	0.917
A*B*C*E*F	0.000731	0.000366	0.000328	1.12	0.269
A*B*D*E*F	-0.000278	-0.000139	0.000328	-0.42	0.673
A*C*D*E*F	-0.000503	-0.000252	0.000328	-0.77	0.446
B*C*D*E*F	0.000078	0.000039	0.000328	0.12	0.906
A*B*C*D*E*F	-0.000909	-0.000455	0.000328	-1.39	0.170
Ct Pt		-0.000475	0.003723	-0.13	0.899

Analysis of Variance for LC1 (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	6	0.00033384	0.00033384	0.00005564	4.04	0.002
2-Way Interactions	15	0.00030095	0.00030095	0.00002006	1.46	0.149
3-Way Interactions	20	0.00035048	0.00035048	0.00001752	1.27	0.229
4-Way Interactions	15	0.00025950	0.00025950	0.00001730	1.26	0.255
5-Way Interactions	6	0.00004851	0.00004851	0.00000809	0.59	0.739
6-Way Interactions	1	0.00002646	0.00002646	0.00002646	1.92	0.170
Curvature	1	0.00000022	0.00000022	0.00000022	0.02	0.899
Residual Error	64	0.00088040	0.00088040	0.00001376		
Pure Error	64	0.00088040	0.00088040	0.00001376		
Total	128	0.00220036				

Unusual Observations for LC1

Obs	LC1	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
7	0.014000	0.019700	0.002623	-0.005700	-2.17R
23	0.014400	0.031950	0.002623	-0.017550	-6.69R
71	0.025400	0.019700	0.002623	0.005700	2.17R
87	0.049500	0.031950	0.002623	0.017550	6.69R
129	0.013900	0.013900	0.003709	-0.000000	* X

R denotes an observation with a large standardized residual

X denotes an observation whose X value gives it large influence.

Estimated Coefficients for LC1 using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	-1.91167
A	0.00153205
B	0.0251988
C	0.0387852
D	0.000224349
E	0.0269206
F	0.491460
A*B	-1.98397E-05
A*C	-2.96656E-05
A*D	-1.74068E-07

A*E	-2.13742E-05
A*F	-0.000393021
B*C	-0.000697542
B*D	-3.02305E-06
B*E	-0.000375678
B*F	-0.00590293
C*D	-4.10288E-06
C*E	-0.000566188
C*F	-0.00892281
D*E	-3.11069E-06
D*F	-5.86667E-05
E*F	-0.00685686
A*B*C	5.313912E-07
A*B*D	2.358690E-09
A*B*E	2.943531E-07
A*B*F	4.698273E-06
A*C*D	3.122396E-09
A*C*E	4.304139E-07
A*C*F	7.003673E-06
A*D*E	2.405702E-09
A*D*F	4.687500E-08
A*E*F	5.474452E-06
B*C*D	7.998698E-08
B*C*E	0.0000110124
B*C*F	0.000144552
B*D*E	4.469161E-08
B*D*F	7.103893E-07
B*E*F	0.0000861327
C*D*E	5.875000E-08
C*D*F	1.024698E-06
C*E*F	0.000129758
D*E*F	8.098136E-07
A*B*C*D	-6.09546E-11
A*B*C*E	-8.33792E-09
A*B*C*F	-1.11131E-07
A*B*D*E	-3.47314E-11
A*B*D*F	-5.66475E-10
A*B*E*F	-6.82730E-08
A*C*D*E	-4.43805E-11
A*C*D*F	-8.08799E-10
A*C*E*F	-1.01313E-07
A*D*E*F	-6.46930E-10
B*C*D*E	-1.25329E-09
B*C*D*F	-1.69360E-08
B*C*E*F	-2.25441E-06
B*D*E*F	-1.02399E-08
C*D*E*F	-1.46930E-08
A*B*C*D*E	9.491502E-13
A*B*C*D*F	1.303797E-11
A*B*C*E*F	1.720600E-09
A*B*D*E*F	8.141447E-12
A*C*D*E*F	1.154057E-11
B*C*D*E*F	2.609649E-10
A*B*C*D*E*F	-1.99424E-13
Ct Pt	-0.00047500



ศูนย์วิทยบริการ
 ภาควิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัย

III. Dielectric layer formation process of low voltage product

Factorial Design

Full Factorial Design

Factors: 6 Base Design: 6, 64
 Runs: 129 Replicates: 2
 Blocks: none Center pts (total): 1

All terms are free from aliasing

Fractional Factorial Fit: LC1 versus A, B, C, D, E, F

Estimated Effects and Coefficients for LC1 (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.050796	0.000541	93.83	0.000
A	-0.001717	-0.000859	0.000541	-1.59	0.118
B	-0.006948	-0.003474	0.000541	-6.42	0.000
C	-0.000020	-0.000010	0.000541	-0.02	0.985
D	-0.003714	-0.001857	0.000541	-3.43	0.001
E	-0.013355	-0.006677	0.000541	-12.33	0.000
F	0.001745	0.000873	0.000541	1.61	0.112
A*B	0.005480	0.002740	0.000541	5.06	0.000
A*C	0.008745	0.004373	0.000541	8.08	0.000
A*D	-0.000355	-0.000177	0.000541	-0.33	0.744
A*E	-0.003583	-0.001791	0.000541	-3.31	0.002
A*F	-0.000752	-0.000376	0.000541	-0.69	0.490
B*C	0.006358	0.003179	0.000541	5.87	0.000
B*D	0.000514	0.000257	0.000541	0.47	0.637
B*E	-0.000195	-0.000098	0.000541	-0.18	0.857
B*F	-0.000789	-0.000395	0.000541	-0.73	0.469
C*D	-0.000277	-0.000138	0.000541	-0.26	0.799
C*E	-0.002711	-0.001355	0.000541	-2.50	0.015
C*F	-0.000380	-0.000190	0.000541	-0.35	0.727
D*E	-0.005680	-0.002840	0.000541	-5.25	0.000
D*F	-0.001842	-0.000921	0.000541	-1.70	0.094
E*F	0.006467	0.003234	0.000541	5.97	0.000
A*B*C	-0.002464	-0.001232	0.000541	-2.28	0.026
A*B*D	-0.004214	-0.002107	0.000541	-3.89	0.000
A*B*E	0.003727	0.001863	0.000541	3.44	0.001
A*B*F	0.005689	0.002845	0.000541	5.25	0.000
A*C*D	-0.004242	-0.002121	0.000541	-3.92	0.000
A*C*E	0.003698	0.001849	0.000541	3.42	0.001
A*C*F	0.004948	0.002474	0.000541	4.57	0.000
A*D*E	0.002673	0.001337	0.000541	2.47	0.016
A*D*F	0.002817	0.001409	0.000541	2.60	0.012
A*E*F	-0.002386	-0.001193	0.000541	-2.20	0.031
B*C*D	-0.005280	-0.002640	0.000541	-4.88	0.000
B*C*E	0.004155	0.002077	0.000541	3.84	0.000
B*C*F	0.005242	0.002621	0.000541	4.84	0.000
B*D*E	0.003248	0.001624	0.000541	3.00	0.004
B*D*F	0.003692	0.001846	0.000541	3.41	0.001
B*E*F	-0.003155	-0.001577	0.000541	-2.91	0.005
C*D*E	0.002164	0.001082	0.000541	2.00	0.050
C*D*F	0.002508	0.001254	0.000541	2.32	0.024
C*E*F	-0.001752	-0.000876	0.000541	-1.62	0.111
D*E*F	-0.007614	-0.003807	0.000541	-7.03	0.000
A*B*C*D	0.001817	0.000909	0.000541	1.68	0.098

A*B*C*E	-0.003686	-0.001843	0.000541	-3.40	0.001
A*B*C*F	-0.001230	-0.000615	0.000541	-1.14	0.260
A*B*D*E	-0.003598	-0.001799	0.000541	-3.32	0.001
A*B*D*F	-0.006098	-0.003049	0.000541	-5.63	0.000
A*B*E*F	0.001380	0.000690	0.000541	1.27	0.207
A*C*D*E	-0.004695	-0.002348	0.000541	-4.34	0.000
A*C*D*F	-0.008283	-0.004141	0.000541	-7.65	0.000
A*C*E*F	0.005733	0.002866	0.000541	5.29	0.000
A*D*E*F	0.002277	0.001138	0.000541	2.10	0.039
B*C*D*E	-0.004902	-0.002451	0.000541	-4.53	0.000
B*C*D*F	-0.005352	-0.002676	0.000541	-4.94	0.000
B*C*E*F	0.003420	0.001710	0.000541	3.16	0.002
B*D*E*F	0.001708	0.000854	0.000541	1.58	0.120
C*D*E*F	0.000767	0.000384	0.000541	0.71	0.481
A*B*C*D*E	0.005064	0.002532	0.000541	4.68	0.000
A*B*C*D*F	0.003158	0.001579	0.000541	2.92	0.005
A*B*C*E*F	-0.003458	-0.001729	0.000541	-3.19	0.002
A*B*D*E*F	-0.001814	-0.000907	0.000541	-1.68	0.099
A*C*D*E*F	-0.004380	-0.002190	0.000541	-4.04	0.000
B*C*D*E*F	-0.006317	-0.003159	0.000541	-5.83	0.000
A*B*C*D*E*F	0.004148	0.002074	0.000541	3.83	0.000
Ct Pt		0.018204	0.006149	2.96	0.004

Analysis of Variance for LC1 (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	6	0.0078854	0.0078854	0.00131423	35.03	0.000
2-Way Interactions	15	0.0078857	0.0078857	0.00052571	14.01	0.000
3-Way Interactions	20	0.0104252	0.0104252	0.00052126	13.89	0.000
4-Way Interactions	15	0.0085443	0.0085443	0.00056962	15.18	0.000
5-Way Interactions	6	0.0035185	0.0035185	0.00058641	15.63	0.000
6-Way Interactions	1	0.0005507	0.0005507	0.00055071	14.68	0.000
Curvature	1	0.0003288	0.0003288	0.00032881	8.76	0.004
Residual Error	64	0.0024010	0.0024010	0.00003752		
Pure Error	64	0.0024010	0.0024010	0.00003752		
Total	128	0.0415397				

Unusual Observations for LC1

Obs	LC1	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
6	0.081700	0.070950	0.004331	0.010750	2.48R
8	0.072100	0.063300	0.004331	0.008800	2.03R
9	0.090700	0.074750	0.004331	0.015950	3.68R
25	0.043400	0.052400	0.004331	-0.009000	-2.08R
55	0.055900	0.045100	0.004331	0.010800	2.49R
70	0.060200	0.070950	0.004331	-0.010750	-2.48R
72	0.054500	0.063300	0.004331	-0.008800	-2.03R
73	0.058800	0.074750	0.004331	-0.015950	-3.68R
89	0.061400	0.052400	0.004331	0.009000	2.08R
119	0.034300	0.045100	0.004331	-0.010800	-2.49R
129	0.069000	0.069000	0.006125	0.000000	* X

R denotes an observation with a large standardized residual

X denotes an observation whose X value gives it large influence.

Estimated Coefficients for LC1 using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	1.42096
A	-0.00073487
B	-0.0039157
C	-0.0393416

D	-0.000090398
E	-0.0867412
F	-3.47139
A*B	0.0000005492
A*C	0.0000270420
A*D	4.193531E-08
A*E	0.0000536175
A*F	0.00243418
B*C	0.000291339
B*D	3.204770E-07
B*E	0.000392691
B*F	0.0277111
C*D	3.261431E-06
C*E	0.00188118
C*F	0.0557044
D*E	8.383132E-06
D*F	0.000384255
E*F	0.150493
A*B*C	-1.75759E-07
A*B*D	2.083333E-11
A*B*E	-1.99232E-07
A*B*F	-1.92269E-05
A*C*D	-2.07908E-09
A*C*E	-1.30916E-06
A*C*F	-3.98507E-05
A*D*E	-5.23894E-09
A*D*F	-2.68350E-07
A*E*F	-0.000106035
B*C*D	-2.98294E-08
B*C*E	-1.30364E-05
B*C*F	-0.000472274
B*D*E	-4.52508E-08
B*D*F	-3.19411E-06
B*E*F	-0.00119050
C*D*E	-1.83109E-07
C*D*F	-6.14378E-06
C*E*F	-0.00233032
D*E*F	-1.68766E-05
A*B*C*D	1.646450E-11
A*B*C*E	8.097588E-09
A*B*C*F	3.283518E-07
A*B*D*E	2.310627E-11
A*B*D*F	2.210252E-09
A*B*E*F	8.282986E-07
A*C*D*E	1.225557E-10
A*C*D*F	4.363624E-09
A*C*E*F	1.667187E-06
A*D*E*F	1.185627E-08
B*C*D*E	1.435376E-09
B*C*D*F	5.436609E-08
B*C*E*F	0.0000189934
B*D*E*F	1.378312E-07
C*D*E*F	2.605217E-07
A*B*C*D*E	-8.46925E-13
A*B*C*D*F	-3.74760E-11
A*B*C*E*F	-1.31666E-08
A*B*D*E*F	-9.57031E-11
A*C*D*E*F	-1.85330E-10
B*C*D*E*F	-2.20201E-09
A*B*C*D*E*F	1.516242E-12
Ct Pt	0.0182039



ศูนย์วิทยบริการ
 ภาควิชาคณิตศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

IV. Healing and screening process of high voltage product

Factorial Design

Full Factorial Design

Factors: 4 Base Design: 4, 16
 Runs: 33 Replicates: 2
 Blocks: none Center pts (total): 1

All terms are free from aliasing

Fractional Factorial Fit: LC2 versus G, H, J, K

Estimated Effects and Coefficients for LC2 (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.019656	0.000761	25.82	0.000
G	0.000088	0.000044	0.000761	0.06	0.955
H	0.000325	0.000163	0.000761	0.21	0.834
J	0.001138	0.000569	0.000761	0.75	0.466
K	-0.001550	-0.000775	0.000761	-1.02	0.324
G*H	-0.001750	-0.000875	0.000761	-1.15	0.267
G*J	0.000337	0.000169	0.000761	0.22	0.827
G*K	0.000050	0.000025	0.000761	0.03	0.974
H*J	-0.000075	-0.000037	0.000761	-0.05	0.961
H*K	-0.000637	-0.000319	0.000761	-0.42	0.681
J*K	-0.001000	-0.000500	0.000761	-0.66	0.521
G*H*J	0.000525	0.000262	0.000761	0.34	0.735
G*H*K	-0.000238	-0.000119	0.000761	-0.16	0.878
G*J*K	0.000225	0.000113	0.000761	0.15	0.884
H*J*K	-0.000662	-0.000331	0.000761	-0.44	0.669
G*H*J*K	-0.000188	-0.000094	0.000761	-0.12	0.904
Ct Pt		0.001344	0.004374	0.31	0.763

Analysis of Variance for LC2 (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	0.00003048	0.00003048	0.00000762	0.41	0.798
2-Way Interactions	6	0.00003673	0.00003673	0.00000612	0.33	0.911
3-Way Interactions	4	0.00000657	0.00000657	0.00000164	0.09	0.985
4-Way Interactions	1	0.00000028	0.00000028	0.00000028	0.02	0.904
Curvature	1	0.00000175	0.00000175	0.00000175	0.09	0.763
Residual Error	16	0.00029680	0.00029680	0.00001855		
Pure Error	16	0.00029680	0.00029680	0.00001855		
Total	32	0.00037261				

Unusual Observations for LC2

Obs	LC2	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
33	0.021000	0.021000	0.004307	0.000000	* X

X denotes an observation whose X value gives it large influence.

Estimated Coefficients for LC2 using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	-0.0011276
G	0.000169688
H	0.00048914

J	0.0043487
K	0.000038142
G*H	-4.73214E-06
G*J	-0.000038906
G*K	-7.11806E-07
H*J	-0.000074405
H*K	0.0000005308
J*K	-0.000024132
G*H*J	1.071429E-06
G*H*K	1.289683E-08
G*J*K	3.541667E-07
H*J*K	-1.21528E-07
G*H*J*K	-7.44048E-09
Ct Pt	0.00134375

V. Healing and screening process of middle voltage product

Factorial Design

Full Factorial Design

Factors:	4	Base Design:	4, 16
Runs:	33	Replicates:	2
Blocks:	none	Center pts (total):	1

All terms are free from aliasing

Fractional Factorial Fit: LC2 versus G, H, J, K

Estimated Effects and Coefficients for LC2 (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.016228	0.000608	26.71	0.000
G	0.002119	0.001059	0.000608	1.74	0.100
H	0.001481	0.000741	0.000608	1.22	0.241
J	0.000431	0.000216	0.000608	0.35	0.727
K	-0.000831	-0.000416	0.000608	-0.68	0.504
G*H	0.000994	0.000497	0.000608	0.82	0.426
G*J	0.000619	0.000309	0.000608	0.51	0.618
G*K	-0.001594	-0.000797	0.000608	-1.31	0.208
H*J	0.002531	0.001266	0.000608	2.08	0.054
H*K	-0.002531	-0.001266	0.000608	-2.08	0.054
J*K	-0.000556	-0.000278	0.000608	-0.46	0.653
G*H*J	0.002169	0.001084	0.000608	1.78	0.093
G*H*K	-0.002044	-0.001022	0.000608	-1.68	0.112
G*J*K	-0.003594	-0.001797	0.000608	-2.96	0.009
H*J*K	-0.000131	-0.000066	0.000608	-0.11	0.915
G*H*J*K	-0.000219	-0.000109	0.000608	-0.18	0.859
Ct Pt		0.000872	0.003491	0.25	0.806

Analysis of Variance for LC2 (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	0.00006048	0.00006048	0.00001512	1.28	0.319
2-Way Interactions	6	0.00013627	0.00013627	0.00002271	1.92	0.139
3-Way Interactions	4	0.00017450	0.00017450	0.00004363	3.69	0.026
4-Way Interactions	1	0.00000038	0.00000038	0.00000038	0.03	0.859

Curvature	1	0.00000074	0.00000074	0.00000074	0.06	0.806
Residual Error	16	0.00018905	0.00018905	0.00001182		
Pure Error	16	0.00018905	0.00018905	0.00001182		
Total	32	0.00056142				

Unusual Observations for LC2

Obs	LC2	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
33	0.017100	0.017100	0.003437	0.000000	* X

X denotes an observation whose X value gives it large influence.

Estimated Coefficients for LC2 using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	0.0318492
G	-0.000112344
H	0.00069971
J	-0.0025074
K	-0.000586693
G*H	-7.12891E-06
G*J	-0.000011016
G*K	5.755208E-06
H*J	-0.000557373
H*K	0.0000076335
J*K	0.000147218
G*H*J	6.787109E-06
G*H*K	-1.20443E-07
G*J*K	-1.19358E-06
H*J*K	0.0000019179
G*H*J*K	-1.89887E-08
Ct Pt	0.00087188

VI. Healing and screening process of low voltage product

Factorial Design

Full Factorial Design

Factors:	4	Base Design:	4, 16
Runs:	33	Replicates:	2
Blocks:	none	Center pts (total):	1

All terms are free from aliasing

Fractional Factorial Fit: LC2 versus G, H, J, K

Estimated Effects and Coefficients for LC2 (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.05443	0.001773	30.70	0.000
G	-0.01351	-0.00676	0.001773	-3.81	0.002
H	-0.02826	-0.01413	0.001773	-7.97	0.000
J	-0.00850	-0.00425	0.001773	-2.40	0.029
K	-0.00399	-0.00199	0.001773	-1.12	0.277
G*H	0.01710	0.00855	0.001773	4.82	0.000

G*J	0.00529	0.00264	0.001773	1.49	0.155
G*K	0.00652	0.00326	0.001773	1.84	0.084
H*J	0.00544	0.00272	0.001773	1.53	0.145
H*K	0.00157	0.00079	0.001773	0.44	0.663
J*K	0.01036	0.00518	0.001773	2.92	0.010
G*H*J	-0.00500	-0.00250	0.001773	-1.41	0.178
G*H*K	-0.00714	-0.00357	0.001773	-2.01	0.061
G*J*K	-0.01048	-0.00524	0.001773	-2.95	0.009
H*J*K	-0.01188	-0.00594	0.001773	-3.35	0.004
G*H*J*K	0.00981	0.00491	0.001773	2.77	0.014
Ct Pt		-0.01183	0.010184	-1.16	0.263

Analysis of Variance for LC2 (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	0.0085561	0.0085561	0.0021390	21.27	0.000
2-Way Interactions	6	0.0040190	0.0040190	0.0006698	6.66	0.001
3-Way Interactions	4	0.0026135	0.0026135	0.0006534	6.50	0.003
4-Way Interactions	1	0.0007703	0.0007703	0.0007703	7.66	0.014
Curvature	1	0.0001356	0.0001356	0.0001356	1.35	0.263
Residual Error	16	0.0016092	0.0016092	0.0001006		
Pure Error	16	0.0016092	0.0016092	0.0001006		
Total	32	0.0177036				

Unusual Observations for LC2

Obs	LC2	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
13	0.099200	0.083400	0.007091	0.015800	2.23R
29	0.067600	0.083400	0.007091	-0.015800	-2.23R
33	0.042600	0.042600	0.010029	-0.000000	* X

R denotes an observation with a large standardized residual

X denotes an observation whose X value gives it large influence.

Estimated Coefficients for LC2 using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	1.00928
G	-0.00567827
H	-0.117863
J	-0.231579
K	-0.0109333
G*H	0.000692434
G*J	0.00134861
G*K	0.0000663437
H*J	0.0279317
H*K	0.00132892
J*K	0.00306912
G*H*J	-0.000162007
G*H*K	-8.02083E-06
G*J*K	-1.79213E-05
H*J*K	-0.000373150
G*H*J*K	2.151864E-06
Ct Pt	-0.0118250



ภาคผนวก ข

ผลการทดลองของขั้นตอนการสร้างชิ้นกึ่งฉนวน และขั้นตอนการซ่อมแซมและตัดแยกของเสีย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. ผลการทดลองของขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานสูง

Sample no.	RunOrder												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0.021	0.021	0.017	0.016	0.018	0.016	0.017	0.008	0.024	0.020	0.017	0.023	0.019
2	0.021	0.017	0.019	0.013	0.020	0.016	0.020	0.013	0.021	0.016	0.019	0.021	0.027
3	0.022	0.019	0.017	0.014	0.019	0.016	0.017	0.013	0.017	0.012	0.017	0.020	0.020
4	0.020	0.017	0.018	0.014	0.020	0.016	0.017	0.014	0.018	0.018	0.017	0.021	0.018
5	0.020	0.016	0.017	0.012	0.020	0.015	0.018	0.017	0.017	0.016	0.018	0.019	0.029
6	0.020	0.012	0.016	0.012	0.018	0.012	0.016	0.012	0.016	0.018	0.016	0.019	0.017
7	0.019	0.016	0.015	0.013	0.015	0.017	0.017	0.011	0.015	0.016	0.017	0.019	0.020
8	0.018	0.015	0.015	0.013	0.017	0.015	0.016	0.011	0.015	0.011	0.017	0.018	0.017
9	0.020	0.016	0.015	0.014	0.020	0.013	0.016	0.012	0.016	0.012	0.015	0.016	0.019
10	0.019	0.026	0.017	0.013	0.015	0.013	0.015	0.011	0.016	0.011	0.019	0.017	0.018
11	0.016	0.016	0.015	0.012	0.019	0.013	0.016	0.012	0.013	0.016	0.013	0.014	0.017
12	0.017	0.012	0.011	0.009	0.016	0.013	0.015	0.009	0.017	0.015	0.014	0.020	0.016
13	0.017	0.014	0.016	0.012	0.016	0.013	0.013	0.010	0.015	0.018	0.018	0.016	0.019
14	0.017	0.014	0.015	0.011	0.015	0.015	0.016	0.011	0.017	0.014	0.016	0.016	0.018
15	0.016	0.013	0.014	0.011	0.015	0.014	0.013	0.011	0.014	0.014	0.020	0.016	0.020
16	0.017	0.012	0.015	0.009	0.011	0.014	0.015	0.009	0.017	0.014	0.016	0.016	0.018
17	0.019	0.014	0.014	0.011	0.015	0.012	0.013	0.010	0.013	0.013	0.014	0.017	0.018
18	0.015	0.012	0.014	0.008	0.015	0.013	0.010	0.011	0.014	0.014	0.017	0.012	0.017
19	0.018	0.013	0.014	0.010	0.014	0.014	0.014	0.011	0.012	0.014	0.012	0.014	0.014
20	0.013	0.014	0.013	0.011	0.014	0.012	0.017	0.009	0.012	0.011	0.015	0.016	0.018
21	0.015	0.013	0.012	0.010	0.013	0.014	0.014	0.009	0.013	0.013	0.017	0.015	0.022
22	0.014	0.013	0.014	0.012	0.014	0.012	0.014	0.009	0.014	0.014	0.016	0.012	0.015
23	0.015	0.012	0.014	0.010	0.016	0.012	0.012	0.009	0.016	0.013	0.014	0.016	0.016
24	0.015	0.011	0.014	0.010	0.009	0.014	0.013	0.011	0.011	0.012	0.013	0.014	0.014
25	0.014	0.012	0.015	0.010	0.018	0.012	0.010	0.009	0.013	0.011	0.015	0.014	0.017
26	0.015	0.011	0.014	0.010	0.015	0.011	0.014	0.010	0.012	0.011	0.015	0.013	0.016
27	0.014	0.013	0.013	0.010	0.015	0.011	0.010	0.010	0.012	0.011	0.014	0.014	0.016
28	0.014	0.012	0.012	0.009	0.014	0.012	0.012	0.009	0.011	0.012	0.011	0.013	0.014

Sample no.	RunOrder												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
29	0.014	0.011	0.011	0.008	0.012	0.010	0.013	0.007	0.012	0.012	0.014	0.013	0.015
30	0.014	0.011	0.013	0.005	0.014	0.009	0.012	0.009	0.013	0.011	0.015	0.014	0.014
31	0.015	0.012	0.012	0.008	0.013	0.023	0.013	0.011	0.014	0.011	0.014	0.014	0.015
32	0.015	0.014	0.012	0.015	0.010	0.012	0.012	0.008	0.012	0.011	0.014	0.012	0.013
33	0.014	0.011	0.012	0.010	0.012	0.009	0.011	0.005	0.011	0.011	0.015	0.013	0.014
34	0.013	0.010	0.012	0.012	0.015	0.010	0.010	0.013	0.013	0.012	0.015	0.012	0.014
35	0.013	0.011	0.062	0.065	0.059	0.131	0.012	0.035	0.113	0.011	0.075	0.011	0.008
36	0.013	0.010	0.012	0.009	0.015	0.011	0.008	0.008	0.011	0.009	0.008	0.012	0.015
37	0.013	0.010	0.011	0.008	0.012	0.010	0.013	0.006	0.009	0.010	0.013	0.014	0.013
38	0.009	0.010	0.011	0.010	0.012	0.010	0.011	0.009	0.011	0.012	0.013	0.014	0.012
39	0.015	0.010	0.013	0.009	0.011	0.011	0.010	0.007	0.010	0.012	0.013	0.010	0.010
40	0.013	0.009	0.112	0.109	0.062	0.117	0.009	0.076	0.120	0.012	0.113	0.012	0.013
41	0.012	0.012	0.009	0.009	0.011	0.133	0.009	0.008	0.010	0.010	0.012	0.009	0.012
42	0.013	0.010	0.009	0.009	0.012	0.288	0.009	0.007	0.009	0.011	0.012	0.013	0.012
43	0.013	0.011	0.007	0.006	0.011	0.019	0.012	0.008	0.006	0.009	0.010	0.012	0.012
44	0.017	0.009	0.010	0.010	0.012	0.012	0.011	0.007	0.008	0.011	0.014	0.010	0.012
45	0.011	0.011	0.014	0.010	0.012	0.005	0.011	0.009	0.010	0.006	0.015	0.010	0.012
46	0.012	0.008	0.011	0.007	0.013	0.009	0.009	0.008	0.010	0.009	0.011	0.010	0.013
47	0.012	0.010	0.009	0.008	0.008	0.005	0.009	0.006	0.006	0.009	0.012	0.011	0.012
48	0.012	0.009	0.011	0.008	0.011	0.010	0.009	0.009	0.004	0.009	0.011	0.010	0.011
49	0.009	0.009	0.010	0.009	0.011	0.008	0.011	0.002	0.008	0.009	0.011	0.011	0.010
50	0.015	0.009	0.012	0.011	0.010	0.013	0.011	0.010	0.014	0.010	0.017	0.009	0.011
51	0.009	0.009	0.009	0.476	0.011	0.007	0.010	0.008	0.009	0.008	0.009	0.009	0.011
52	0.010	0.009	0.010	0.007	0.004	0.010	0.011	0.006	0.009	0.009	0.012	0.010	0.014
53	0.011	0.008	0.012	0.009	0.011	0.008	0.009	0.006	0.010	0.009	0.013	0.010	0.009
54	0.013	0.009	0.010	0.008	0.010	0.009	0.011	0.006	0.008	0.009	0.011	0.009	0.014
55	0.010	0.008	0.010	0.008	0.006	0.005	0.010	0.005	0.007	0.009	0.010	0.008	0.011
56	0.008	0.009	0.010	0.007	0.003	0.034	0.009	0.005	0.008	0.011	0.012	0.011	0.010
57	0.013	0.009	0.011	0.007	0.005	0.060	0.009	0.007	0.005	0.007	0.012	0.009	0.010
58	0.011	0.008	0.009	0.006	0.005	0.006	0.009	0.007	0.007	0.008	0.010	0.009	0.010

Sample no.	RunOrder												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
59	0.006	0.013	0.009	0.007	0.009	0.009	0.009	0.006	0.009	0.009	0.011	0.012	0.011
60	0.017	0.012	0.016	0.020	0.013	0.025	0.011	0.008	0.012	0.012	0.018	0.014	0.012
Ave.	0.0146	0.0121	0.0153	0.0205	0.0147	0.0236	0.0124	0.0106	0.0157	0.0118	0.0168	0.0136	0.0149

Sample no.	RunOrder													
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
1	0.023	0.018	0.018	0.015	0.016	0.014	0.016	0.017	0.009	0.017	0.014	0.000	0.017	
2	0.022	0.021	0.026	0.014	0.011	0.014	0.015	0.015	0.018	0.015	0.012	0.011	0.013	
3	0.023	0.020	0.019	0.012	0.011	0.013	0.014	0.011	0.014	0.016	0.013	0.010	0.016	
4	0.016	0.016	0.021	0.016	0.011	0.013	0.014	0.013	0.010	0.016	0.012	0.008	0.016	
5	0.019	0.018	0.018	0.014	0.011	0.012	0.013	0.012	0.012	0.014	0.012	0.009	0.015	
6	0.021	0.018	0.019	0.012	0.011	0.012	0.012	0.011	0.013	0.013	0.012	0.036	0.013	
7	0.018	0.020	0.019	0.012	0.011	0.011	0.014	0.010	0.013	0.008	0.013	0.009	0.015	
8	0.022	0.015	0.019	0.013	0.010	0.008	0.017	0.010	0.013	0.015	0.011	0.009	0.013	
9	0.018	0.014	0.017	0.012	0.010	0.012	0.012	0.012	0.013	0.014	0.012	0.006	0.013	
10	0.017	0.017	0.017	0.012	0.012	0.012	0.017	0.013	0.012	0.013	0.010	0.009	0.014	
11	0.018	0.014	0.015	0.013	0.011	0.011	0.015	0.010	0.012	0.010	0.012	0.008	0.014	
12	0.015	0.017	0.018	0.012	0.010	0.014	0.013	0.012	0.012	0.016	0.010	0.008	0.013	
13	0.016	0.016	0.017	0.013	0.011	0.011	0.014	0.009	0.011	0.011	0.012	0.009	0.012	
14	0.017	0.019	0.017	0.011	0.011	0.012	0.013	0.011	0.014	0.012	0.009	0.009	0.012	
15	0.015	0.014	0.015	0.011	0.011	0.010	0.013	0.011	0.011	0.013	0.009	0.008	0.012	
16	0.013	0.016	0.018	0.010	0.008	0.013	0.012	0.010	0.010	0.012	0.010	0.009	0.016	
17	0.019	0.015	0.015	0.012	0.010	0.010	0.013	0.010	0.009	0.011	0.014	0.009	0.011	
18	0.016	0.015	0.015	0.011	0.011	0.011	0.012	0.010	0.012	0.012	0.010	0.008	0.013	
19	0.014	0.015	0.013	0.012	0.007	0.011	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009	0.008	0.008	
20	0.019	0.012	0.015	0.011	0.013	0.009	0.011	0.009	0.011	0.013	0.010	0.009	0.011	
21	0.015	0.013	0.017	0.010	0.011	0.011	0.013	0.009	0.012	0.011	0.011	0.007	0.015	
22	0.016	0.014	0.011	0.010	0.010	0.009	0.012	0.006	0.007	0.011	0.008	0.009	0.009	
23	0.014	0.015	0.018	0.010	0.011	0.009	0.012	0.007	0.008	0.012	0.007	0.008	0.015	
24	0.012	0.013	0.017	0.006	0.008	0.010	0.012	0.013	0.011	0.010	0.010	0.008	0.013	

Sample no.	RunOrder												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
25	0.014	0.013	0.014	0.011	0.007	0.010	0.011	0.010	0.009	0.011	0.009	0.008	0.011
26	0.015	0.013	0.015	0.009	0.022	0.008	0.013	0.010	0.013	0.011	0.009	0.007	0.011
27	0.015	0.015	0.014	0.015	0.009	0.009	0.010	0.010	0.011	0.012	0.009	0.009	0.012
28	0.018	0.013	0.015	0.009	0.007	0.007	0.011	0.008	0.007	0.010	0.006	0.007	0.010
29	0.017	0.011	0.014	0.010	0.009	0.008	0.011	0.007	0.012	0.010	0.007	0.008	0.011
30	0.014	0.012	0.013	0.010	0.009	0.009	0.011	0.008	0.009	0.008	0.008	0.008	0.010
31	0.012	0.011	0.015	0.010	0.010	0.009	0.011	0.007	0.010	0.010	0.009	0.007	0.010
32	0.016	0.011	0.010	0.010	0.009	0.009	0.010	0.012	0.009	0.010	0.009	0.007	0.011
33	0.015	0.015	0.016	0.012	0.013	0.010	0.010	0.006	0.007	0.010	0.009	0.008	0.010
34	0.015	0.011	0.015	0.010	0.008	0.009	0.010	0.009	0.010	0.010	0.008	0.007	0.009
35	0.013	0.080	0.013	0.009	0.008	0.008	0.012	0.010	0.009	0.010	0.090	0.036	0.011
36	0.013	0.012	0.011	0.009	0.008	0.008	0.010	0.007	0.003	0.006	0.008	0.006	0.010
37	0.012	0.009	0.011	0.008	0.008	0.008	0.009	0.008	0.010	0.009	0.008	0.007	0.010
38	0.016	0.011	0.013	0.010	0.009	0.008	0.010	0.008	0.007	0.010	0.007	0.007	0.007
39	0.011	0.009	0.015	0.009	0.008	0.008	0.011	0.006	0.008	0.010	0.050	0.007	0.010
40	0.013	0.110	0.011	0.008	0.008	0.008	0.010	0.007	0.006	0.008	0.120	0.075	0.009
41	0.012	0.011	0.010	0.009	0.008	0.007	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008	0.006	0.010
42	0.013	0.009	0.012	0.008	0.007	0.008	0.012	0.007	0.007	0.009	0.006	0.006	0.009
43	0.012	0.013	0.012	0.008	0.007	0.008	0.010	0.007	0.008	0.009	0.008	0.007	0.012
44	0.008	0.009	0.014	0.008	0.007	0.007	0.011	0.008	0.007	0.008	0.006	0.006	0.008
45	0.013	0.016	0.012	0.007	0.006	0.008	0.009	0.008	0.006	0.009	0.009	0.005	0.009
46	0.011	0.016	0.011	0.008	0.005	0.008	0.009	0.010	0.008	0.008	0.008	0.007	0.007
47	0.012	0.010	0.011	0.009	0.009	0.006	0.008	0.007	0.008	0.008	0.009	0.005	0.009
48	0.013	0.011	0.011	0.006	0.008	0.006	0.008	0.008	0.009	0.008	0.005	0.006	0.009
49	0.011	0.009	0.012	0.008	0.008	0.007	0.007	0.008	0.006	0.008	0.006	0.006	0.009
50	0.010	0.016	0.010	0.007	0.007	0.010	0.007	0.007	0.006	0.009	0.013	0.009	0.008
51	0.013	0.077	0.010	0.007	0.013	0.007	0.010	0.007	0.008	0.008	0.005	0.006	0.009
52	0.011	0.008	0.010	0.008	0.007	0.006	0.007	0.007	0.007	0.005	0.007	0.007	0.017
53	0.013	0.009	0.007	0.008	0.007	0.006	0.010	0.007	0.006	0.007	0.007	0.007	0.010
54	0.011	0.010	0.012	0.007	0.003	0.006	0.009	0.007	0.005	0.005	0.007	0.006	0.008

Sample no.	RunOrder												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
55	0.010	0.024	0.012	0.007	0.004	0.009	0.007	0.006	0.007	0.010	0.006	0.006	0.008
56	0.011	0.010	0.016	0.006	0.007	0.007	0.007	0.006	0.008	0.011	0.006	0.006	0.008
57	0.010	0.009	0.010	0.007	0.012	0.006	0.011	0.007	0.007	0.008	0.005	0.005	0.009
58	0.009	0.009	0.009	0.008	0.006	0.008	0.008	0.005	0.009	0.008	0.005	0.006	0.009
59	0.016	0.011	0.014	0.010	0.013	0.015	0.009	0.009	0.006	0.007	0.006	0.008	0.016
60	0.013	0.019	0.015	0.008	0.009	0.010	0.010	0.008	0.008	0.012	0.011	0.010	0.013
Ave.	0.0147	0.0175	0.0143	0.0100	0.0094	0.0094	0.0112	0.0090	0.0094	0.0104	0.0129	0.0095	0.0113

Sample no.	RunOrder												
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
1	0.015	0.015	0.018	0.018	0.013	0.014	0.013	0.024	0.024	0.028	0.030	0.015	0.018
2	0.016	0.015	0.016	0.017	0.015	0.018	0.014	0.023	0.027	0.028	0.023	0.014	0.017
3	0.016	0.018	0.014	0.020	0.015	0.015	0.015	0.024	0.026	0.025	0.025	0.013	0.020
4	0.016	0.014	0.018	0.015	0.012	0.015	0.016	0.023	0.025	0.023	0.027	0.014	0.114
5	0.015	0.015	0.014	0.015	0.013	0.015	0.013	0.022	0.024	0.025	0.025	0.012	0.112
6	0.015	0.014	0.014	0.014	0.012	0.014	0.013	0.025	0.025	0.028	0.019	0.012	0.017
7	0.014	0.014	0.016	0.020	0.012	0.015	0.011	0.024	0.024	0.024	0.021	0.011	0.015
8	0.018	0.013	0.012	0.013	0.013	0.013	0.011	0.021	0.024	0.024	0.026	0.010	0.016
9	0.014	0.014	0.014	0.014	0.012	0.015	0.013	0.023	0.021	0.020	0.025	0.013	0.013
10	0.015	0.011	0.012	0.016	0.012	0.015	0.012	0.022	0.023	0.022	0.018	0.012	0.019
11	0.014	0.016	0.013	0.013	0.011	0.014	0.011	0.021	0.022	0.021	0.020	0.001	0.018
12	0.014	0.013	0.014	0.012	0.012	0.009	0.011	0.022	0.021	0.023	0.020	0.013	0.015
13	0.013	0.012	0.014	0.012	0.012	0.013	0.011	0.016	0.020	0.023	0.019	0.012	0.013
14	0.013	0.012	0.014	0.012	0.011	0.013	0.013	0.020	0.019	0.020	0.017	0.011	0.017
15	0.013	0.012	0.012	0.013	0.011	0.011	0.011	0.023	0.020	0.021	0.020	0.010	0.014
16	0.011	0.013	0.012	0.013	0.011	0.010	0.011	0.020	0.020	0.021	0.020	0.011	0.012
17	0.012	0.011	0.012	0.011	0.011	0.015	0.010	0.021	0.018	0.023	0.017	0.010	0.016
18	0.013	0.014	0.001	0.011	0.009	0.012	0.010	0.014	0.018	0.019	0.017	0.009	0.017
19	0.008	0.013	0.011	0.013	0.012	0.013	0.010	0.019	0.019	0.017	0.017	0.011	0.015
20	0.010	0.012	0.010	0.012	0.010	0.013	0.010	0.017	0.018	0.017	0.016	0.010	0.013

Sample no.	RunOrder												
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
21	0.014	0.012	0.011	0.011	0.011	0.010	0.011	0.018	0.018	0.020	0.018	0.009	0.012
22	0.012	0.013	0.013	0.012	0.009	0.012	0.007	0.019	0.018	0.020	0.017	0.010	0.013
23	0.012	0.008	0.012	0.009	0.010	0.014	0.008	0.016	0.016	0.020	0.016	0.010	0.014
24	0.012	0.013	0.010	0.015	0.009	0.013	0.014	0.017	0.015	0.021	0.021	0.010	0.013
25	0.011	0.010	0.010	0.015	0.010	0.009	0.010	0.018	0.019	0.014	0.016	0.007	0.010
26	0.007	0.009	0.011	0.011	0.009	0.012	0.010	0.017	0.016	0.018	0.017	0.008	0.011
27	0.010	0.012	0.010	0.011	0.007	0.011	0.009	0.018	0.019	0.020	0.016	0.011	0.012
28	0.010	0.011	0.010	0.010	0.007	0.012	0.008	0.017	0.017	0.018	0.013	0.009	0.011
29	0.011	0.010	0.010	0.010	0.011	0.011	0.008	0.015	0.015	0.018	0.017	0.007	0.012
30	0.012	0.011	0.011	0.007	0.010	0.008	0.010	0.017	0.018	0.015	0.015	0.009	0.011
31	0.010	0.010	0.009	0.010	0.007	0.013	0.010	0.016	0.015	0.016	0.017	0.001	0.011
32	0.009	0.010	0.009	0.013	0.010	0.011	0.010	0.013	0.016	0.021	0.015	0.010	0.009
33	0.010	0.012	0.009	0.011	0.010	0.008	0.008	0.022	0.016	0.021	0.016	0.009	0.010
34	0.009	0.014	0.010	0.012	0.010	0.013	0.007	0.015	0.014	0.020	0.010	0.009	0.011
35	0.009	0.009	0.011	0.010	0.009	0.012	0.008	0.016	0.016	0.113	0.016	0.009	0.009
36	0.007	0.009	0.009	0.010	0.011	0.009	0.008	0.015	0.015	0.018	0.016	0.007	0.019
37	0.010	0.008	0.005	0.008	0.008	0.008	0.007	0.014	0.016	0.016	0.015	0.011	0.009
38	0.010	0.010	0.008	0.008	0.009	0.011	0.008	0.015	0.014	0.015	0.015	0.009	0.008
39	0.009	0.010	0.010	0.012	0.008	0.008	0.009	0.012	0.015	0.015	0.015	0.009	0.011
40	0.008	0.006	0.009	0.010	0.009	0.009	0.007	0.014	0.014	0.128	0.014	0.008	0.006
41	0.008	0.011	0.009	0.011	0.007	0.010	0.007	0.014	0.014	0.016	0.013	0.006	0.010
42	0.008	0.011	0.009	0.010	0.008	0.011	0.009	0.015	0.013	0.018	0.010	0.007	0.011
43	0.008	0.010	0.009	0.009	0.008	0.008	0.009	0.014	0.015	0.015	0.013	0.008	0.010
44	0.010	0.008	0.009	0.009	0.008	0.008	0.007	0.014	0.015	0.017	0.013	0.010	0.008
45	0.006	0.010	0.008	0.009	0.008	0.012	0.004	0.010	0.014	0.016	0.014	0.008	0.010
46	0.009	0.009	0.008	0.009	0.007	0.009	0.008	0.015	0.013	0.013	0.012	0.007	0.008
47	0.008	0.009	0.009	0.009	0.007	0.009	0.006	0.016	0.013	0.014	0.013	0.007	0.009
48	0.008	0.010	0.008	0.009	0.008	0.009	0.006	0.014	0.013	0.015	0.013	0.008	0.005
49	0.009	0.012	0.007	0.010	0.006	0.009	0.006	0.012	0.013	0.014	0.014	0.006	0.008
50	0.008	0.011	0.009	0.009	0.005	0.009	0.008	0.014	0.013	0.022	0.013	0.009	0.009

Sample no.	RunOrder												
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
51	0.007	0.006	0.008	0.008	0.007	0.008	0.007	0.016	0.015	0.014	0.013	0.008	0.012
52	0.008	0.010	0.010	0.007	0.007	0.009	0.006	0.013	0.012	0.016	0.014	0.006	0.009
53	0.008	0.008	0.004	0.008	0.007	0.009	0.008	0.012	0.013	0.016	0.014	0.007	0.009
54	0.008	0.008	0.010	0.011	0.007	0.008	0.009	0.014	0.012	0.016	0.011	0.008	0.008
55	0.007	0.007	0.009	0.009	0.007	0.008	0.005	0.014	0.017	0.011	0.012	0.006	0.008
56	0.008	0.009	0.009	0.009	0.007	0.006	0.017	0.015	0.015	0.013	0.012	0.080	0.009
57	0.008	0.008	0.007	0.008	0.010	0.009	0.006	0.015	0.013	0.012	0.012	0.003	0.008
58	0.006	0.007	0.009	0.008	0.007	0.009	0.007	0.013	0.012	0.015	0.012	0.060	0.007
59	0.007	0.008	0.008	0.011	0.007	0.008	0.008	0.014	0.013	0.014	0.011	0.009	0.009
60	0.010	0.012	0.008	0.010	0.010	0.009	0.008	0.018	0.019	0.024	0.015	0.010	0.016
Ave.	0.0106	0.0110	0.0104	0.0114	0.0095	0.0111	0.0095	0.0172	0.0173	0.0222	0.0165	0.0112	0.0153

Sample no.	RunOrder												
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
1	0.019	0.026	0.022	0.030	0.021	0.018	0.024	0.027	0.027	0.020	0.019	0.016	0.020
2	0.013	0.026	0.022	0.029	0.020	0.019	0.028	0.025	0.034	0.017	0.018	0.016	0.019
3	0.010	0.033	0.020	0.030	0.037	0.018	0.022	0.023	0.025	0.013	0.015	0.015	0.018
4	0.016	0.027	0.021	0.027	0.024	0.017	0.023	0.022	0.025	0.018	0.017	0.016	0.021
5	0.015	0.025	0.020	0.029	0.025	0.019	0.023	0.025	0.025	0.015	0.017	0.013	0.018
6	0.016	0.021	0.020	0.027	0.022	0.019	0.028	0.026	0.022	0.015	0.015	0.013	0.019
7	0.013	0.021	0.024	0.028	0.022	0.014	0.023	0.023	0.027	0.013	0.012	0.013	0.016
8	0.014	0.024	0.019	0.027	0.022	0.018	0.022	0.022	0.024	0.016	0.015	0.016	0.018
9	0.012	0.018	0.019	0.026	0.023	0.019	0.022	0.023	0.022	0.018	0.014	0.013	0.018
10	0.015	0.024	0.021	0.028	0.021	0.017	0.021	0.020	0.020	0.016	0.014	0.013	0.018
11	0.015	0.026	0.018	0.029	0.024	0.018	0.023	0.021	0.022	0.014	0.012	0.011	0.016
12	0.012	0.020	0.015	0.032	0.021	0.017	0.021	0.024	0.023	0.015	0.013	0.012	0.017
13	0.010	0.022	0.018	0.024	0.020	0.017	0.022	0.022	0.021	0.014	0.014	0.010	0.016
14	0.013	0.027	0.016	0.023	0.017	0.017	0.019	0.019	0.025	0.014	0.014	0.013	0.014
15	0.014	0.024	0.012	0.025	0.020	0.017	0.019	0.020	0.019	0.015	0.014	0.013	0.022
16	0.009	0.023	0.015	0.023	0.019	0.015	0.021	0.018	0.031	0.013	0.013	0.011	0.013

Sample no.	RunOrder												
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
17	0.014	0.023	0.013	0.025	0.018	0.015	0.017	0.020	0.021	0.012	0.012	0.012	0.015
18	0.006	0.022	0.015	0.025	0.021	0.012	0.018	0.019	0.022	0.015	0.012	0.011	0.015
19	0.012	0.020	0.014	0.025	0.018	0.016	0.018	0.015	0.020	0.014	0.012	0.028	0.015
20	0.011	0.020	0.016	0.022	0.015	0.015	0.017	0.016	0.022	0.013	0.013	0.011	0.016
21	0.010	0.020	0.015	0.023	0.021	0.013	0.018	0.015	0.018	0.013	0.014	0.012	0.015
22	0.008	0.019	0.014	0.021	0.015	0.014	0.021	0.020	0.019	0.013	0.011	0.013	0.014
23	0.013	0.019	0.016	0.017	0.017	0.015	0.017	0.019	0.019	0.013	0.013	0.012	0.013
24	0.010	0.018	0.021	0.022	0.020	0.015	0.016	0.019	0.020	0.012	0.011	0.012	0.011
25	0.011	0.018	0.019	0.020	0.016	0.015	0.017	0.018	0.020	0.012	0.012	0.010	0.015
26	0.010	0.017	0.013	0.022	0.022	0.013	0.018	0.017	0.018	0.011	0.011	0.009	0.013
27	0.011	0.022	0.014	0.019	0.017	0.233	0.016	0.017	0.018	0.010	0.013	0.011	0.014
28	0.012	0.018	0.013	0.024	0.016	0.012	0.014	0.020	0.018	0.012	0.010	0.010	0.012
29	0.008	0.018	0.013	0.019	0.017	0.012	0.019	0.016	0.015	0.010	0.012	0.011	0.013
30	0.011	0.021	0.018	0.020	0.016	0.013	0.015	0.022	0.015	0.011	0.012	0.010	0.013
31	0.012	0.018	0.013	0.020	0.016	0.014	0.015	0.016	0.012	0.011	0.007	0.012	0.013
32	0.010	0.016	0.012	0.020	0.018	0.012	0.039	0.014	0.013	0.009	0.012	0.012	0.013
33	0.010	0.019	0.011	0.018	0.016	0.013	0.017	0.016	0.015	0.012	0.010	0.010	0.012
34	0.014	0.016	0.015	0.019	0.016	0.010	0.015	0.018	0.011	0.010	0.011	0.011	0.012
35	0.015	0.015	0.013	0.106	0.017	0.013	0.015	0.017	0.015	0.011	0.009	0.010	0.010
36	0.013	0.016	0.007	0.018	0.011	0.013	0.018	0.019	0.015	0.010	0.010	0.010	0.014
37	0.013	0.019	0.011	0.017	0.015	0.013	0.016	0.016	0.013	0.011	0.009	0.011	0.012
38	0.010	0.016	0.013	0.018	0.010	0.013	0.015	0.010	0.018	0.010	0.012	0.011	0.130
39	0.013	0.015	0.011	0.019	0.019	0.012	0.015	0.013	0.020	0.010	0.010	0.010	0.014
40	0.009	0.017	0.011	0.132	0.016	0.012	0.014	0.017	0.014	0.008	0.009	0.010	0.011
41	0.011	0.015	0.013	0.016	0.015	0.012	0.014	0.015	0.014	0.011	0.011	0.011	0.010
42	0.009	0.019	0.011	0.015	0.015	0.012	0.018	0.016	0.013	0.010	0.011	0.009	0.010
43	0.007	0.015	0.010	0.017	0.018	0.012	0.014	0.014	0.015	0.009	0.010	0.009	0.010
44	0.008	0.013	0.007	0.017	0.015	0.013	0.015	0.011	0.013	0.010	0.007	0.010	0.010
45	0.008	0.015	0.013	0.020	0.015	0.012	0.013	0.013	0.010	0.009	0.011	0.011	0.011
46	0.012	0.015	0.012	0.015	0.014	0.014	0.014	0.014	0.018	0.009	0.009	0.009	0.010

Sample no.	RunOrder												
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
47	0.008	0.014	0.009	0.015	0.014	0.013	0.013	0.010	0.012	0.009	0.009	0.010	0.009
48	0.009	0.014	0.012	0.015	0.014	0.011	0.013	0.015	0.013	0.011	0.008	0.009	0.014
49	0.008	0.012	0.010	0.017	0.015	0.011	0.016	0.014	0.023	0.012	0.011	0.009	0.012
50	0.016	0.013	0.010	0.022	0.013	0.010	0.012	0.012	0.013	0.010	0.009	0.009	0.011
51	0.015	0.014	0.010	0.017	0.013	0.012	0.014	0.013	0.013	0.010	0.009	0.009	0.008
52	0.008	0.014	0.009	0.016	0.014	0.011	0.013	0.014	0.012	0.010	0.009	0.009	0.011
53	0.012	0.015	0.010	0.017	0.013	0.010	0.012	0.014	0.011	0.009	0.006	0.008	0.012
54	0.008	0.015	0.010	0.018	0.009	0.006	0.016	0.013	0.013	0.008	0.010	0.008	0.010
55	0.009	0.018	0.009	0.017	0.016	0.009	0.015	0.012	0.013	0.008	0.009	0.009	0.010
56	0.008	0.012	0.009	0.016	0.013	0.012	0.012	0.012	0.012	0.010	0.011	0.009	0.011
57	0.006	0.014	0.009	0.015	0.012	0.012	0.010	0.013	0.012	0.010	0.009	0.008	0.009
58	0.009	0.015	0.009	0.015	0.013	0.011	0.011	0.012	0.010	0.008	0.009	0.009	0.009
59	0.008	0.017	0.010	0.013	0.014	0.007	0.012	0.012	0.016	0.008	0.008	0.010	0.012
60	0.010	0.019	0.013	0.020	0.016	0.019	0.015	0.018	0.017	0.008	0.011	0.012	0.014
Ave.	0.0112	0.0188	0.0140	0.0244	0.0174	0.0174	0.0176	0.0173	0.0179	0.0118	0.0115	0.0113	0.0155

Sample no.	RunOrder												
	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
1	0.016	0.020	0.016	0.021	0.020	0.021	0.021	0.021	0.023	0.025	0.024	0.024	0.023
2	0.015	0.018	0.016	0.019	0.019	0.018	0.016	0.021	0.020	0.019	0.019	0.017	0.019
3	0.015	0.016	0.017	0.020	0.019	0.022	0.027	0.020	0.017	0.019	0.017	0.019	0.019
4	0.015	0.017	0.015	0.020	0.018	0.021	0.017	0.021	0.017	0.020	0.019	0.019	0.018
5	0.011	0.018	0.015	0.019	0.019	0.019	0.018	0.015	0.017	0.015	0.021	0.017	0.017
6	0.014	0.017	0.017	0.015	0.019	0.021	0.019	0.018	0.016	0.027	0.019	0.017	0.018
7	0.014	0.019	0.013	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.018	0.025	0.014	0.019	0.014
8	0.014	0.016	0.016	0.023	0.019	0.016	0.015	0.021	0.017	0.017	0.019	0.022	0.018
9	0.014	0.018	0.015	0.018	0.016	0.018	0.017	0.018	0.016	0.019	0.017	0.017	0.015
10	0.014	0.015	0.013	0.018	0.078	0.017	0.016	0.017	0.015	0.017	0.015	0.017	0.016
11	0.011	0.017	0.013	0.018	0.018	0.016	0.013	0.018	0.016	0.019	0.017	0.016	0.015

Sample no.	RunOrder												
	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
12	0.016	0.015	0.012	0.016	0.015	0.014	0.016	0.016	0.019	0.019	0.015	0.017	0.017
13	0.013	0.016	0.014	0.018	0.017	0.016	0.016	0.017	0.014	0.016	0.016	0.019	0.016
14	0.016	0.015	0.014	0.017	0.019	0.015	0.014	0.016	0.016	0.019	0.015	0.016	0.015
15	0.012	0.016	0.010	0.021	0.020	0.073	0.014	0.021	0.016	0.017	0.015	0.026	0.014
16	0.011	0.015	0.014	0.015	0.015	0.017	0.014	0.017	0.012	0.016	0.015	0.022	0.016
17	0.014	0.014	0.012	0.015	0.014	0.013	0.016	0.016	0.016	0.015	0.012	0.016	0.015
18	0.012	0.014	0.014	0.015	0.015	0.017	0.013	0.015	0.016	0.015	0.014	0.014	0.015
19	0.013	0.014	0.013	0.016	0.020	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.013	0.016	0.015
20	0.012	0.013	0.013	0.015	0.013	0.015	0.013	0.018	0.013	0.014	0.012	0.016	0.015
21	0.011	0.016	0.012	0.013	0.017	0.013	0.014	0.014	0.011	0.012	0.014	0.014	0.013
22	0.011	0.014	0.012	0.013	0.014	0.018	0.015	0.014	0.011	0.014	0.011	0.014	0.016
23	0.014	0.012	0.011	0.017	0.015	0.013	0.009	0.020	0.014	0.013	0.014	0.017	0.013
24	0.010	0.015	0.015	0.014	0.016	0.013	0.014	0.013	0.013	0.015	0.014	0.014	0.015
25	0.012	0.013	0.011	0.013	0.015	0.015	0.012	0.013	0.013	0.011	0.015	0.014	0.014
26	0.012	0.015	0.011	0.014	0.014	0.013	0.012	0.011	0.016	0.016	0.012	0.015	0.013
27	0.012	0.015	0.013	0.013	0.013	0.017	0.013	0.015	0.012	0.014	0.013	0.014	0.014
28	0.011	0.013	0.012	0.013	0.012	0.013	0.013	0.017	0.015	0.015	0.014	0.013	0.015
29	0.012	0.011	0.011	0.012	0.012	0.014	0.012	0.017	0.013	0.013	0.012	0.013	0.013
30	0.011	0.014	0.011	0.011	0.014	0.013	0.011	0.014	0.013	0.014	0.011	0.010	0.014
31	0.012	0.015	0.010	0.015	0.014	0.011	0.013	0.013	0.011	0.013	0.010	0.016	0.013
32	0.010	0.013	0.010	0.014	0.012	0.013	0.011	0.013	0.011	0.011	0.010	0.011	0.010
33	0.011	0.010	0.011	0.014	0.012	0.011	0.013	0.017	0.011	0.015	0.013	0.013	0.011
34	0.010	0.013	0.012	0.013	0.013	0.011	0.011	0.013	0.009	0.011	0.013	0.013	0.014
35	0.010	0.011	0.010	0.013	0.013	0.012	0.011	0.012	0.010	0.012	0.011	0.013	0.012
36	0.011	0.011	0.011	0.011	0.013	0.012	0.012	0.014	0.012	0.012	0.010	0.010	0.015
37	0.009	0.014	0.012	0.013	0.013	0.012	0.011	0.013	0.011	0.012	0.012	0.014	0.006
38	0.009	0.013	0.011	0.013	0.010	0.012	0.009	0.012	0.012	0.009	0.011	0.013	0.013
39	0.010	0.012	0.013	0.012	0.012	0.012	0.022	0.014	0.010	0.011	0.011	0.013	0.012
40	0.010	0.011	0.008	0.013	0.013	0.011	0.013	0.011	0.011	0.010	0.011	0.013	0.012
41	0.010	0.011	0.014	0.011	0.012	0.008	0.008	0.011	0.012	0.012	0.011	0.011	0.012

Sample no.	RunOrder												
	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
42	0.008	0.012	0.010	0.011	0.013	0.012	0.014	0.012	0.011	0.012	0.012	0.011	0.011
43	0.011	0.011	0.010	0.011	0.015	0.011	0.011	0.011	0.010	0.012	0.011	0.011	0.010
44	0.011	0.010	0.010	0.011	0.011	0.011	0.011	0.009	0.012	0.011	0.011	0.014	0.011
45	0.009	0.011	0.009	0.011	0.009	0.012	0.012	0.012	0.011	0.022	0.011	0.008	0.012
46	0.005	0.011	0.012	0.010	0.011	0.011	0.011	0.011	0.009	0.012	0.010	0.013	0.011
47	0.012	0.012	0.011	0.013	0.013	0.010	0.010	0.011	0.012	0.010	0.010	0.015	0.008
48	0.009	0.012	0.012	0.010	0.011	0.011	0.009	0.012	0.010	0.011	0.011	0.010	0.012
49	0.008	0.010	0.010	0.008	0.011	0.011	0.010	0.011	0.009	0.008	0.007	0.015	0.012
50	0.009	0.012	0.010	0.012	0.011	0.011	0.009	0.012	0.011	0.014	0.011	0.012	0.012
51	0.008	0.001	0.007	0.011	0.009	0.010	0.013	0.011	0.008	0.012	0.009	0.015	0.010
52	0.008	0.011	0.010	0.011	0.011	0.011	0.010	0.013	0.011	0.010	0.009	0.011	0.011
53	0.006	0.010	0.009	0.009	0.012	0.009	0.009	0.011	0.009	0.010	0.007	0.012	0.008
54	0.010	0.010	0.010	0.011	0.007	0.011	0.010	0.011	0.009	0.012	0.009	0.011	0.012
55	0.007	0.009	0.010	0.010	0.010	0.009	0.010	0.009	0.009	0.012	0.010	0.013	0.011
56	0.004	0.008	0.008	0.010	0.013	0.011	0.006	0.011	0.011	0.011	0.009	0.011	0.010
57	0.007	0.012	0.008	0.011	0.011	0.010	0.008	0.011	0.008	0.010	0.009	0.011	0.011
58	0.008	0.010	0.008	0.009	0.011	0.012	0.009	0.009	0.010	0.008	0.008	0.010	0.012
59	0.013	0.010	0.008	0.012	0.010	0.011	0.012	0.009	0.009	0.011	0.012	0.013	0.009
60	0.010	0.015	0.013	0.013	0.017	0.015	0.015	0.013	0.013	0.015	0.012	0.013	0.012
Ave.	0.0111	0.0132	0.0118	0.0139	0.0151	0.0146	0.0131	0.0143	0.0129	0.0143	0.0128	0.0146	0.0134

Sample no.	RunOrder												
	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	0.023	0.017	0.023	0.020	0.019	0.019	0.020	0.020	0.023	0.021	0.024	0.029	0.020
2	0.021	0.022	0.022	0.018	0.021	0.021	0.020	0.020	0.021	0.021	0.023	0.022	0.021
3	0.019	0.018	0.022	0.017	0.022	0.020	0.019	0.019	0.017	0.020	0.022	0.027	0.021
4	0.017	0.018	0.020	0.017	0.018	0.019	0.017	0.019	0.017	0.020	0.020	0.021	0.019
5	0.015	0.016	0.022	0.018	0.017	0.016	0.019	0.018	0.017	0.019	0.018	0.020	0.018
6	0.016	0.018	0.020	0.019	0.015	0.020	0.017	0.017	0.017	0.015	0.020	0.021	0.024
7	0.015	0.019	0.017	0.017	0.016	0.017	0.016	0.019	0.017	0.018	0.018	0.021	0.016

Sample no.	RunOrder												
	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
8	0.011	0.017	0.021	0.016	0.015	0.017	0.012	0.021	0.020	0.019	0.022	0.021	0.015
9	0.016	0.014	0.018	0.014	0.015	0.017	0.016	0.016	0.022	0.016	0.019	0.021	0.021
10	0.014	0.017	0.018	0.015	0.015	0.018	0.015	0.017	0.016	0.014	0.020	0.021	0.025
11	0.013	0.014	0.021	0.014	0.015	0.016	0.017	0.016	0.016	0.018	0.020	0.018	0.017
12	0.013	0.017	0.018	0.014	0.013	0.021	0.014	0.015	0.015	0.012	0.019	0.022	0.016
13	0.013	0.015	0.019	0.014	0.015	0.017	0.013	0.012	0.015	0.015	0.013	0.020	0.019
14	0.012	0.015	0.018	0.015	0.014	0.016	0.014	0.016	0.015	0.016	0.017	0.019	0.018
15	0.013	0.017	0.017	0.015	0.015	0.015	0.014	0.016	0.017	0.016	0.017	0.018	0.015
16	0.011	0.015	0.017	0.013	0.014	0.016	0.013	0.015	0.015	0.016	0.017	0.017	0.011
17	0.012	0.016	0.018	0.012	0.013	0.015	0.014	0.014	0.017	0.015	0.015	0.017	0.015
18	0.013	0.018	0.017	0.013	0.012	0.013	0.013	0.014	0.015	0.011	0.016	0.014	0.016
19	0.012	0.015	0.016	0.012	0.010	0.018	0.013	0.012	0.014	0.018	0.016	0.019	0.016
20	0.011	0.011	0.017	0.013	0.012	0.014	0.010	0.017	0.014	0.013	0.015	0.018	0.012
21	0.009	0.014	0.017	0.012	0.015	0.009	0.016	0.013	0.015	0.015	0.016	0.014	0.016
22	0.014	0.014	0.018	0.012	0.014	0.015	0.014	0.013	0.013	0.014	0.014	0.019	0.015
23	0.010	0.014	0.027	0.012	0.013	0.018	0.012	0.014	0.012	0.012	0.015	0.017	0.014
24	0.012	0.014	0.016	0.008	0.012	0.013	0.013	0.014	0.014	0.018	0.015	0.014	0.014
25	0.011	0.013	0.016	0.011	0.011	0.014	0.013	0.013	0.013	0.016	0.014	0.016	0.014
26	0.011	0.013	0.014	0.012	0.012	0.013	0.012	0.013	0.012	0.017	0.014	0.016	0.013
27	0.011	0.014	0.015	0.018	0.012	0.013	0.014	0.013	0.009	0.013	0.014	0.016	0.013
28	0.012	0.013	0.014	0.011	0.012	0.013	0.010	0.012	0.011	0.013	0.014	0.014	0.014
29	0.011	0.010	0.013	0.012	0.012	0.012	0.012	0.013	0.013	0.013	0.008	0.014	0.013
30	0.010	0.015	0.009	0.010	0.010	0.013	0.013	0.014	0.011	0.012	0.014	0.014	0.012
31	0.011	0.014	0.016	0.010	0.009	0.012	0.012	0.014	0.010	0.012	0.015	0.014	0.012
32	0.010	0.013	0.017	0.011	0.011	0.016	0.012	0.013	0.013	0.012	0.012	0.015	0.015
33	0.011	0.013	0.016	0.012	0.013	0.016	0.010	0.010	0.011	0.011	0.016	0.015	0.013
34	0.009	0.013	0.014	0.012	0.011	0.012	0.013	0.009	0.010	0.012	0.014	0.014	0.013
35	0.065	0.055	0.068	0.126	0.123	0.012	0.039	0.117	0.013	0.079	0.012	0.017	0.013
36	0.005	0.014	0.015	0.009	0.010	0.013	0.011	0.010	0.015	0.011	0.011	0.015	0.014
37	0.010	0.012	0.014	0.008	0.011	0.011	0.008	0.011	0.012	0.012	0.011	0.015	0.012

Sample no.	RunOrder												
	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
38	0.012	0.011	0.013	0.011	0.016	0.012	0.012	0.012	0.010	0.013	0.013	0.013	0.010
39	0.010	0.012	0.015	0.011	0.011	0.012	0.009	0.012	0.011	0.012	0.013	0.013	0.012
40	0.006	0.103	0.109	0.101	0.121	0.014	0.083	0.133	0.011	0.113	0.006	0.012	0.012
41	0.010	0.013	0.013	0.010	0.009	0.010	0.010	0.009	0.010	0.011	0.015	0.015	0.013
42	0.009	0.012	0.013	0.009	0.010	0.009	0.014	0.015	0.010	0.010	0.013	0.013	0.013
43	0.009	0.011	0.015	0.011	0.009	0.013	0.010	0.012	0.011	0.008	0.011	0.012	0.012
44	0.008	0.012	0.013	0.011	0.011	0.011	0.011	0.012	0.011	0.012	0.013	0.013	0.012
45	0.009	0.015	0.015	0.010	0.007	0.009	0.010	0.010	0.007	0.011	0.014	0.013	0.010
46	0.008	0.011	0.012	0.009	0.009	0.013	0.010	0.009	0.011	0.009	0.012	0.108	0.011
47	0.009	0.011	0.054	0.006	0.006	0.011	0.008	0.013	0.010	0.008	0.011	0.017	0.012
48	0.010	0.009	0.024	0.010	0.010	0.009	0.010	0.010	0.010	0.011	0.010	0.013	0.010
49	0.008	0.012	0.007	0.010	0.004	0.012	0.009	0.011	0.011	0.009	0.014	0.013	0.010
50	0.010	0.014	0.013	0.012	0.016	0.009	0.015	0.017	0.009	0.016	0.011	0.012	0.010
51	0.009	0.010	0.015	0.008	0.010	0.013	0.010	0.008	0.010	0.012	0.011	0.012	0.008
52	0.008	0.010	0.011	0.009	0.009	0.011	0.009	0.009	0.010	0.012	0.012	0.013	0.011
53	0.008	0.011	0.009	0.009	0.010	0.011	0.011	0.006	0.011	0.013	0.017	0.013	0.011
54	0.010	0.010	0.123	0.009	0.010	0.010	0.010	0.010	0.009	0.010	0.011	0.012	0.009
55	0.007	0.008	0.013	0.008	0.003	0.010	0.009	0.009	0.010	0.009	0.012	0.015	0.011
56	0.008	0.012	0.010	0.002	0.011	0.010	0.009	0.009	0.005	0.009	0.010	0.011	0.010
57	0.011	0.016	0.014	0.003	0.006	0.009	0.010	0.004	0.009	0.013	0.011	0.012	0.010
58	0.009	0.009	0.010	0.015	0.008	0.009	0.008	0.007	0.009	0.009	0.009	0.012	0.010
59	0.010	0.010	0.006	0.008	0.007	0.011	0.010	0.010	0.011	0.010	0.016	0.012	0.011
60	0.010	0.016	0.018	0.012	0.016	0.015	0.013	0.015	0.012	0.018	0.015	0.015	0.012
Ave.	0.0122	0.0159	0.0208	0.0153	0.0158	0.0137	0.0142	0.0169	0.0129	0.0164	0.0147	0.0177	0.0139

Sample no.	RunOrder												
	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
1	0.019	0.025	0.016	0.015	0.014	0.016	0.017	0.015	0.018	0.016	0.010	0.015	0.013
2	0.046	0.024	0.013	0.013	0.014	0.014	0.014	0.014	0.016	0.011	0.008	0.016	0.017
3	0.054	0.019	0.012	0.013	0.014	0.013	0.012	0.012	0.015	0.016	0.008	0.015	0.019

Sample no.	RunOrder												
	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
4	0.007	0.019	0.013	0.015	0.012	0.018	0.015	0.012	0.014	0.013	0.007	0.016	0.013
5	0.046	0.017	0.012	0.012	0.011	0.015	0.013	0.013	0.015	0.014	0.007	0.015	0.013
6	0.059	0.021	0.013	0.012	0.011	0.014	0.013	0.013	0.013	0.013	0.009	0.015	0.013
7	0.083	0.021	0.012	0.011	0.011	0.014	0.011	0.015	0.012	0.010	0.005	0.016	0.011
8	0.048	0.020	0.010	0.011	0.012	0.012	0.011	0.014	0.013	0.014	0.009	0.012	0.013
9	0.040	0.020	0.014	0.012	0.011	0.015	0.009	0.012	0.013	0.012	0.008	0.017	0.013
10	0.008	0.024	0.009	0.012	0.012	0.013	0.011	0.013	0.014	0.013	0.007	0.015	0.012
11	0.058	0.019	0.009	0.011	0.012	0.011	0.011	0.011	0.013	0.011	0.008	0.016	0.014
12	0.017	0.019	0.014	0.010	0.009	0.017	0.012	0.010	0.011	0.012	0.008	0.016	0.012
13	0.025	0.018	0.011	0.010	0.010	0.010	0.014	0.013	0.017	0.012	0.007	0.012	0.010
14	0.017	0.018	0.012	0.009	0.010	0.013	0.013	0.011	0.013	0.011	0.007	0.012	0.014
15	0.015	0.016	0.011	0.009	0.009	0.014	0.011	0.013	0.012	0.011	0.007	0.013	0.009
16	0.015	0.020	0.010	0.011	0.011	0.012	0.010	0.010	0.012	0.011	0.007	0.015	0.012
17	0.018	0.018	0.013	0.010	0.010	0.013	0.011	0.011	0.011	0.012	0.007	0.012	0.010
18	0.012	0.014	0.011	0.009	0.009	0.013	0.010	0.001	0.012	0.010	0.006	0.013	0.010
19	0.060	0.016	0.011	0.010	0.011	0.012	0.010	0.001	0.012	0.009	0.007	0.012	0.009
20	0.011	0.012	0.010	0.010	0.009	0.012	0.010	0.012	0.012	0.010	0.005	0.010	0.010
21	0.015	0.015	0.010	0.009	0.010	0.012	0.007	0.010	0.010	0.011	0.006	0.015	0.010
22	0.011	0.017	0.006	0.010	0.010	0.012	0.012	0.010	0.012	0.011	0.007	0.011	0.007
23	0.022	0.011	0.012	0.009	0.013	0.013	0.008	0.009	0.013	0.011	0.007	0.010	0.011
24	0.024	0.020	0.010	0.008	0.008	0.013	0.009	0.010	0.010	0.008	0.008	0.012	0.010
25	0.026	0.015	0.010	0.011	0.009	0.011	0.009	0.010	0.015	0.009	0.007	0.011	0.010
26	0.023	0.017	0.010	0.010	0.010	0.011	0.009	0.010	0.010	0.010	0.006	0.010	0.010
27	0.022	0.013	0.010	0.008	0.010	0.007	0.010	0.011	0.010	0.007	0.006	0.011	0.010
28	0.019	0.014	0.009	0.007	0.008	0.010	0.012	0.010	0.009	0.007	0.005	0.010	0.010
29	0.026	0.015	0.010	0.007	0.008	0.012	0.009	0.010	0.012	0.007	0.006	0.011	0.009
30	0.016	0.013	0.009	0.010	0.005	0.011	0.008	0.008	0.010	0.011	0.004	0.009	0.009
31	0.012	0.014	0.009	0.008	0.010	0.010	0.010	0.009	0.009	0.006	0.007	0.011	0.010
32	0.017	0.014	0.010	0.007	0.009	0.010	0.012	0.009	0.008	0.008	0.007	0.011	0.010
33	0.030	0.012	0.009	0.008	0.008	0.010	0.006	0.008	0.009	0.011	0.007	0.012	0.009

Sample no.	RunOrder												
	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
34	0.025	0.012	0.011	0.009	0.008	0.009	0.010	0.009	0.014	0.009	0.006	0.010	0.009
35	0.046	0.012	0.008	0.008	0.007	0.011	0.007	0.008	0.011	0.086	0.063	0.010	0.004
36	0.048	0.014	0.011	0.012	0.008	0.008	0.011	0.011	0.011	0.012	0.005	0.009	0.008
37	0.026	0.010	0.010	0.010	0.007	0.012	0.009	0.008	0.010	0.008	0.006	0.010	0.009
38	0.011	0.014	0.008	0.007	0.008	0.010	0.008	0.009	0.010	0.005	0.006	0.009	0.008
39	0.009	0.013	0.010	0.008	0.009	0.010	0.008	0.009	0.009	0.010	0.005	0.009	0.005
40	0.083	0.011	0.008	0.006	0.007	0.009	0.009	0.008	0.009	0.113	0.112	0.008	0.007
41	0.026	0.012	0.006	0.008	0.007	0.009	0.010	0.007	0.009	0.008	0.006	0.009	0.008
42	0.026	0.012	0.009	0.006	0.008	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008	0.005	0.010	0.008
43	0.022	0.012	0.007	0.009	0.008	0.008	0.007	0.004	0.008	0.007	0.005	0.008	0.007
44	0.026	0.008	0.007	0.010	0.006	0.008	0.007	0.009	0.009	0.010	0.006	0.011	0.008
45	0.020	0.015	0.010	0.009	0.005	0.009	0.007	0.010	0.010	0.010	0.008	0.007	0.006
46	0.020	0.012	0.008	0.007	0.008	0.011	0.008	0.007	0.006	0.008	0.006	0.011	0.008
47	0.018	0.013	0.007	0.009	0.011	0.009	0.006	0.010	0.010	0.005	0.004	0.009	0.007
48	0.017	0.013	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.008	0.009	0.009	0.005	0.010	0.007
49	0.012	0.008	0.007	0.009	0.006	0.010	0.007	0.009	0.009	0.008	0.004	0.009	0.007
50	0.023	0.010	0.007	0.008	0.007	0.009	0.007	0.008	0.008	0.017	0.011	0.009	0.007
51	0.030	0.010	0.008	0.003	0.007	0.008	0.007	0.008	0.008	0.005	0.006	0.009	0.007
52	0.013	0.012	0.012	0.009	0.006	0.009	0.008	0.006	0.007	0.010	0.005	0.009	0.007
53	0.016	0.011	0.008	0.008	0.007	0.009	0.006	0.008	0.007	0.007	0.005	0.010	0.007
54	0.026	0.012	0.006	0.007	0.039	0.009	0.007	0.007	0.007	0.008	0.006	0.008	0.007
55	0.026	0.012	0.011	0.007	0.007	0.009	0.008	0.007	0.009	0.005	0.004	0.007	0.006
56	0.008	0.011	0.007	0.006	0.007	0.008	0.006	0.009	0.009	0.006	0.004	0.010	0.007
57	0.029	0.011	0.007	0.006	0.006	0.007	0.010	0.006	0.008	0.010	0.007	0.008	0.007
58	0.023	0.012	0.007	0.007	0.007	0.009	0.006	0.007	0.008	0.006	0.004	0.195	0.006
59	0.002	0.013	0.010	0.013	0.011	0.008	0.007	0.009	0.009	0.006	0.004	0.009	0.008
60	0.030	0.013	0.008	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.012	0.015	0.006	0.015	0.008
Ave.	0.0264	0.0148	0.0098	0.0093	0.0096	0.0109	0.0095	0.0095	0.0108	0.0128	0.0091	0.0144	0.0094

Sample no.	RunOrder												
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
1	0.017	0.170	0.013	0.018	0.016	0.017	0.026	0.024	0.028	0.029	0.028	0.025	0.014
2	0.014	0.018	0.015	0.013	0.018	0.016	0.023	0.027	0.029	0.026	0.023	0.024	0.015
3	0.013	0.014	0.015	0.013	0.014	0.016	0.022	0.025	0.026	0.025	0.023	0.023	0.010
4	0.013	0.014	0.014	0.012	0.014	0.017	0.023	0.026	0.026	0.025	0.019	0.022	0.013
5	0.012	0.014	0.013	0.013	0.015	0.019	0.024	0.024	0.023	0.028	0.020	0.020	0.009
6	0.012	0.013	0.013	0.013	0.015	0.017	0.019	0.026	0.027	0.023	0.020	0.024	0.011
7	0.013	0.014	0.012	0.011	0.014	0.015	0.025	0.026	0.023	0.022	0.019	0.019	0.013
8	0.007	0.013	0.013	0.012	0.012	0.015	0.021	0.025	0.024	0.022	0.018	0.019	0.013
9	0.016	0.014	0.015	0.011	0.011	0.016	0.019	0.021	0.024	0.023	0.017	0.021	0.012
10	0.013	0.010	0.012	0.012	0.015	0.016	0.022	0.027	0.022	0.018	0.020	0.014	0.014
11	0.011	0.012	0.012	0.011	0.013	0.016	0.019	0.021	0.023	0.019	0.019	0.021	0.012
12	0.012	0.014	0.012	0.011	0.011	0.015	0.018	0.023	0.020	0.020	0.021	0.021	0.008
13	0.013	0.013	0.012	0.013	0.012	0.012	0.016	0.022	0.021	0.026	0.016	0.022	0.016
14	0.012	0.014	0.016	0.012	0.010	0.014	0.019	0.022	0.023	0.020	0.019	0.018	0.013
15	0.012	0.012	0.012	0.012	0.011	0.016	0.017	0.021	0.021	0.020	0.016	0.018	0.012
16	0.011	0.013	0.009	0.010	0.010	0.015	0.017	0.020	0.021	0.019	0.018	0.019	0.011
17	0.010	0.011	0.013	0.011	0.011	0.013	0.017	0.020	0.019	0.018	0.017	0.017	0.011
18	0.010	0.012	0.012	0.009	0.011	0.013	0.019	0.021	0.019	0.017	0.016	0.018	0.012
19	0.011	0.011	0.011	0.010	0.011	0.014	0.015	0.019	0.022	0.017	0.015	0.015	0.012
20	0.011	0.011	0.008	0.008	0.011	0.013	0.019	0.019	0.019	0.018	0.017	0.022	0.013
21	0.010	0.012	0.011	0.010	0.008	0.011	0.017	0.020	0.018	0.018	0.015	0.018	0.013
22	0.010	0.012	0.009	0.010	0.011	0.016	0.017	0.021	0.019	0.018	0.015	0.016	0.009
23	0.012	0.013	0.009	0.006	0.010	0.013	0.016	0.020	0.017	0.020	0.015	0.014	0.012
24	0.011	0.006	0.011	0.011	0.011	0.013	0.018	0.019	0.019	0.017	0.016	0.017	0.011
25	0.010	0.012	0.009	0.010	0.011	0.012	0.017	0.016	0.019	0.014	0.015	0.015	0.011
26	0.010	0.008	0.013	0.007	0.009	0.012	0.017	0.021	0.018	0.018	0.016	0.016	0.010
27	0.009	0.010	0.009	0.008	0.007	0.011	0.015	0.018	0.019	0.014	0.016	0.016	0.008
28	0.010	0.006	0.011	0.009	0.010	0.012	0.015	0.018	0.018	0.016	0.016	0.011	0.011
29	0.010	0.009	0.009	0.009	0.010	0.011	0.014	0.018	0.017	0.015	0.012	0.017	0.011
30	0.008	0.009	0.009	0.009	0.009	0.012	0.015	0.017	0.017	0.019	0.014	0.014	0.010

Sample no.	RunOrder												
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
31	0.010	0.011	0.013	0.008	0.008	0.015	0.010	0.023	0.017	0.014	0.014	0.000	0.010
32	0.009	0.014	0.009	0.008	0.010	0.013	0.018	0.017	0.014	0.018	0.010	0.013	0.009
33	0.008	0.010	0.011	0.010	0.010	0.013	0.016	0.016	0.021	0.017	0.013	0.018	0.010
34	0.014	0.009	0.009	0.007	0.008	0.009	0.013	0.012	0.017	0.016	0.013	0.015	0.009
35	0.011	0.009	0.009	0.011	0.010	0.010	0.017	0.016	0.105	0.017	0.013	0.013	0.010
36	0.007	0.007	0.009	0.009	0.010	0.012	0.013	0.016	0.017	0.013	0.014	0.000	0.010
37	0.012	0.009	0.010	0.008	0.007	0.011	0.014	0.015	0.013	0.017	0.012	0.011	0.008
38	0.014	0.008	0.007	0.006	0.009	0.011	0.013	0.012	0.018	0.015	0.012	0.014	0.010
39	0.010	0.009	0.009	0.010	0.009	0.010	0.015	0.017	0.015	0.016	0.015	0.015	0.011
40	0.008	0.010	0.010	0.008	0.009	0.012	0.013	0.013	0.123	0.016	0.011	0.013	0.010
41	0.007	0.008	0.008	0.008	0.006	0.011	0.012	0.017	0.013	0.015	0.012	0.014	0.010
42	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.011	0.012	0.015	0.016	0.016	0.013	0.011	0.008
43	0.009	0.010	0.009	0.008	0.008	0.011	0.012	0.017	0.014	0.014	0.013	0.013	0.011
44	0.007	0.009	0.011	0.010	0.009	0.012	0.016	0.016	0.016	0.013	0.012	0.012	0.009
45	0.008	0.007	0.008	0.008	0.005	0.010	0.014	0.015	0.016	0.014	0.011	0.013	0.009
46	0.009	0.010	0.006	0.007	0.009	0.012	0.013	0.014	0.014	0.014	0.011	0.012	0.009
47	0.007	0.009	0.009	0.007	0.009	0.011	0.013	0.016	0.014	0.011	0.011	0.011	0.009
48	0.009	0.005	0.009	0.008	0.009	0.006	0.013	0.012	0.014	0.013	0.013	0.012	0.008
49	0.007	0.009	0.010	0.070	0.008	0.012	0.012	0.015	0.014	0.012	0.011	0.012	0.010
50	0.008	0.007	0.008	0.008	0.008	0.010	0.013	0.014	0.024	0.017	0.012	0.011	0.010
51	0.007	0.007	0.010	0.007	0.008	0.011	0.011	0.013	0.013	0.014	0.007	0.012	0.009
52	0.008	0.008	0.008	0.006	0.006	0.011	0.012	0.015	0.051	0.014	0.014	0.011	0.009
53	0.007	0.008	0.011	0.006	0.007	0.010	0.013	0.011	0.014	0.014	0.011	0.013	0.010
54	0.008	0.007	0.011	0.006	0.004	0.010	0.012	0.014	0.016	0.013	0.011	0.012	0.009
55	0.007	0.004	0.008	0.009	0.009	0.010	0.011	0.014	0.018	0.011	0.011	0.010	0.008
56	0.007	0.007	0.008	0.007	0.009	0.010	0.012	0.010	0.015	0.013	0.012	0.010	0.008
57	0.006	0.009	0.009	0.006	0.008	0.010	0.014	0.013	0.015	0.012	0.011	0.010	0.009
58	0.008	0.008	0.007	0.007	0.004	0.005	0.012	0.013	0.011	0.012	0.015	0.011	0.008
59	0.006	0.009	0.015	0.008	0.010	0.010	0.017	0.015	0.014	0.013	0.015	0.013	0.013
60	0.006	0.015	0.011	0.010	0.009	0.010	0.016	0.016	0.020	0.018	0.014	0.017	0.008

Sample no.	RunOrder												
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
Ave.	0.0099	0.0129	0.0105	0.0104	0.0099	0.0125	0.0161	0.0182	0.0224	0.0173	0.0150	0.0151	0.0105

Sample no.	RunOrder												
	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117
1	0.027	0.023	0.027	0.024	0.024	0.028	0.025	0.035	0.018	0.018	0.018	0.021	0.017
2	0.024	0.022	0.027	0.024	0.024	0.025	0.025	0.035	0.016	0.017	0.018	0.020	0.013
3	0.024	0.021	0.026	0.024	0.028	0.025	0.024	0.025	0.015	0.017	0.015	0.018	0.019
4	0.024	0.020	0.026	0.024	0.024	0.023	0.022	0.024	0.016	0.016	0.017	0.018	0.013
5	0.022	0.019	0.028	0.022	0.022	0.022	0.023	0.019	0.015	0.015	0.015	0.017	0.017
6	0.022	0.022	0.024	0.027	0.022	0.023	0.024	0.023	0.014	0.015	0.014	0.019	0.015
7	0.024	0.018	0.025	0.025	0.021	0.022	0.022	0.024	0.019	0.017	0.014	0.018	0.012
8	0.027	0.018	0.025	0.021	0.021	0.022	0.021	0.025	0.017	0.014	0.012	0.016	0.014
9	0.021	0.017	0.023	0.021	0.022	0.022	0.021	0.022	0.014	0.013	0.013	0.017	0.015
10	0.020	0.017	0.024	0.023	0.021	0.016	0.021	0.028	0.016	0.015	0.017	0.018	0.013
11	0.021	0.016	0.024	0.210	0.020	0.023	0.021	0.026	0.016	0.015	0.013	0.016	0.015
12	0.023	0.015	0.022	0.022	0.021	0.022	0.020	0.025	0.014	0.013	0.014	0.015	0.015
13	0.023	0.016	0.023	0.021	0.020	0.018	0.020	0.022	0.014	0.013	0.013	0.015	0.013
14	0.021	0.016	0.022	0.019	0.020	0.021	0.023	0.021	0.011	0.016	0.014	0.020	0.014
15	0.020	0.018	0.022	0.020	0.019	0.018	0.019	0.021	0.014	0.014	0.012	0.016	0.014
16	0.020	0.016	0.022	0.020	0.020	0.023	0.021	0.023	0.013	0.011	0.013	0.014	0.011
17	0.020	0.018	0.019	0.019	0.019	0.018	0.019	0.020	0.013	0.014	0.012	0.014	0.012
18	0.020	0.019	0.025	0.017	0.020	0.014	0.019	0.020	0.012	0.015	0.012	0.015	0.013
19	0.020	0.014	0.021	0.018	0.018	0.020	0.017	0.019	0.012	0.014	0.015	0.013	0.014
20	0.019	0.017	0.020	0.017	0.018	0.017	0.019	0.021	0.014	0.013	0.012	0.015	0.011
21	0.020	0.016	0.020	0.017	0.017	0.022	0.017	0.018	0.012	0.013	0.012	0.014	0.013
22	0.019	0.015	0.022	0.018	0.017	0.019	0.017	0.023	0.013	0.013	0.010	0.014	0.013
23	0.020	0.014	0.017	0.019	0.016	0.018	0.017	0.018	0.010	0.014	0.014	0.014	0.012
24	0.019	0.014	0.021	0.017	0.017	0.018	0.015	0.019	0.011	0.014	0.011	0.013	0.011
25	0.019	0.017	0.018	0.019	0.018	0.015	0.017	0.018	0.012	0.011	0.012	0.011	0.013
26	0.014	0.014	0.020	0.016	0.015	0.016	0.016	0.019	0.011	0.012	0.011	0.013	0.011

Sample no.	RunOrder												
	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117
27	0.016	0.012	0.017	0.017	0.017	0.013	0.016	0.018	0.011	0.014	0.009	0.015	0.012
28	0.017	0.016	0.019	0.016	0.018	0.017	0.019	0.017	0.011	0.014	0.011	0.013	0.010
29	0.019	0.013	0.017	0.015	0.014	0.015	0.016	0.017	0.012	0.012	0.012	0.012	0.011
30	0.018	0.012	0.017	0.016	0.015	0.016	0.013	0.016	0.010	0.012	0.010	0.012	0.007
31	0.016	0.014	0.018	0.015	0.016	0.018	0.015	0.017	0.011	0.011	0.012	0.012	0.012
32	0.017	0.013	0.018	0.015	0.014	0.019	0.016	0.013	0.011	0.011	0.011	0.009	0.010
33	0.017	0.014	0.018	0.015	0.014	0.015	0.017	0.019	0.010	0.012	0.011	0.011	0.009
34	0.012	0.012	0.016	0.013	0.013	0.015	0.015	0.017	0.010	0.011	0.009	0.013	0.012
35	0.017	0.012	0.102	0.015	0.014	0.015	0.017	0.016	0.010	0.013	0.009	0.012	0.010
36	0.014	0.014	0.018	0.015	0.014	0.014	0.014	0.015	0.011	0.012	0.010	0.012	0.011
37	0.019	0.013	0.018	0.016	0.014	0.015	0.013	0.016	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
38	0.015	0.018	0.017	0.015	0.011	0.014	0.014	0.019	0.012	0.010	0.009	0.011	0.011
39	0.017	0.011	0.014	0.014	0.017	0.017	0.011	0.016	0.010	0.010	0.010	0.008	0.010
40	0.015	0.012	0.129	0.015	0.014	0.014	0.016	0.014	0.009	0.009	0.011	0.011	0.010
41	0.015	0.012	0.017	0.012	0.013	0.016	0.013	0.017	0.008	0.011	0.010	0.010	0.008
42	0.013	0.008	0.017	0.015	0.014	0.013	0.014	0.014	0.011	0.009	0.010	0.009	0.012
43	0.017	0.013	0.017	0.013	0.016	0.014	0.013	0.015	0.010	0.009	0.010	0.011	0.010
44	0.015	0.012	0.015	0.014	0.009	0.013	0.013	0.016	0.009	0.008	0.010	0.016	0.009
45	0.015	0.013	0.020	0.014	0.013	0.013	0.014	0.012	0.009	0.006	0.009	0.010	0.009
46	0.015	0.012	0.017	0.015	0.012	0.012	0.015	0.013	0.009	0.010	0.010	0.010	0.008
47	0.014	0.011	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.015	0.009	0.006	0.010	0.010	0.010
48	0.015	0.012	0.015	0.015	0.012	0.013	0.014	0.016	0.008	0.012	0.009	0.014	0.009
49	0.015	0.010	0.015	0.013	0.015	0.013	0.014	0.016	0.008	0.009	0.009	0.007	0.009
50	0.014	0.012	0.024	0.013	0.013	0.014	0.013	0.014	0.009	0.008	0.010	0.011	0.010
51	0.015	0.009	0.017	0.018	0.012	0.015	0.013	0.012	0.007	0.008	0.012	0.011	0.010
52	0.013	0.015	0.014	0.011	0.013	0.014	0.012	0.014	0.009	0.010	0.008	0.010	0.009
53	0.014	0.011	0.016	0.013	0.013	0.012	0.011	0.011	0.009	0.007	0.008	0.009	0.007
54	0.015	0.006	0.012	0.012	0.009	0.012	0.012	0.016	0.008	0.010	0.008	0.009	0.010
55	0.012	0.011	0.014	0.015	0.013	0.014	0.014	0.013	0.007	0.009	0.008	0.010	0.008
56	0.013	0.010	0.010	0.008	0.012	0.016	0.014	0.012	0.009	0.009	0.007	0.008	0.008

Sample no.	RunOrder												
	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117
57	0.013	0.011	0.015	0.014	0.016	0.013	0.013	0.016	0.009	0.010	0.007	0.009	0.009
58	0.012	0.010	0.014	0.017	0.012	0.012	0.011	0.013	0.008	0.006	0.007	0.010	0.008
59	0.012	0.010	0.016	0.012	0.012	0.009	0.012	0.012	0.012	0.010	0.010	0.012	0.008
60	0.019	0.011	0.020	0.018	0.017	0.018	0.018	0.017	0.010	0.013	0.008	0.014	0.011
Ave.	0.0178	0.0143	0.0225	0.0202	0.0165	0.0169	0.0167	0.0185	0.0115	0.0119	0.0113	0.0131	0.0113

Sample no.	RunOrder											
	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
1	0.016	0.020	0.020	0.026	0.020	0.018	0.022	0.020	0.020	0.021	0.019	0.019
2	0.022	0.018	0.019	0.023	0.020	0.020	0.019	0.020	0.021	0.025	0.018	0.019
3	0.020	0.021	0.018	0.023	0.019	0.016	0.024	0.017	0.021	0.018	0.017	0.017
4	0.016	0.018	0.017	0.025	0.017	0.016	0.019	0.021	0.016	0.018	0.020	0.019
5	0.017	0.017	0.018	0.019	0.019	0.017	0.018	0.019	0.017	0.020	0.019	0.015
6	0.017	0.019	0.016	0.019	0.018	0.017	0.020	0.015	0.018	0.017	0.021	0.018
7	0.019	0.018	0.015	0.018	0.015	0.017	0.017	0.015	0.018	0.017	0.019	0.015
8	0.017	0.017	0.015	0.022	0.022	0.017	0.019	0.015	0.019	0.017	0.015	0.019
9	0.017	0.013	0.014	0.021	0.016	0.015	0.016	0.016	0.016	0.016	0.020	0.016
10	0.019	0.015	0.016	0.021	0.016	0.019	0.019	0.014	0.018	0.021	0.015	0.016
11	0.017	0.013	0.016	0.022	0.016	0.017	0.019	0.017	0.016	0.014	0.019	0.014
12	0.016	0.014	0.014	0.022	0.018	0.017	0.016	0.014	0.018	0.014	0.017	0.015
13	0.042	0.014	0.012	0.020	0.018	0.018	0.016	0.014	0.018	0.013	0.019	0.015
14	0.014	0.011	0.014	0.019	0.015	0.016	0.017	0.014	0.016	0.013	0.024	0.014
15	0.015	0.017	0.014	0.019	0.015	0.015	0.015	0.015	0.013	0.016	0.020	0.015
16	0.014	0.014	0.014	0.020	0.017	0.014	0.018	0.014	0.019	0.010	0.015	0.015
17	0.015	0.015	0.014	0.019	0.015	0.015	0.022	0.015	0.018	0.017	0.015	0.011
18	0.013	0.015	0.015	0.019	0.015	0.015	0.013	0.012	0.017	0.012	0.014	0.014
19	0.016	0.013	0.015	0.016	0.017	0.013	0.015	0.016	0.016	0.014	0.017	0.013
20	0.013	0.013	0.015	0.012	0.014	0.017	0.014	0.013	0.015	0.014	0.014	0.015
21	0.014	0.013	0.011	0.021	0.015	0.015	0.014	0.014	0.015	0.015	0.016	0.013
22	0.011	0.012	0.015	0.014	0.011	0.013	0.014	0.013	0.013	0.013	0.015	0.014

Sample no.	RunOrder											
	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
23	0.012	0.012	0.011	0.022	0.014	0.014	0.013	0.013	0.018	0.015	0.013	0.012
24	0.013	0.013	0.012	0.016	0.019	0.013	0.014	0.013	0.015	0.013	0.018	0.011
25	0.011	0.013	0.013	0.014	0.014	0.013	0.013	0.013	0.017	0.012	0.014	0.013
26	0.013	0.011	0.011	0.015	0.014	0.013	0.013	0.011	0.020	0.015	0.015	0.011
27	0.014	0.012	0.011	0.014	0.016	0.014	0.015	0.014	0.014	0.013	0.013	0.012
28	0.015	0.012	0.013	0.015	0.013	0.013	0.014	0.013	0.013	0.013	0.013	0.001
29	0.012	0.013	0.012	0.015	0.012	0.012	0.012	0.013	0.011	0.012	0.015	0.016
30	0.012	0.012	0.014	0.015	0.013	0.013	0.012	0.013	0.010	0.011	0.017	0.013
31	0.016	0.012	0.012	0.012	0.012	0.009	0.012	0.012	0.014	0.012	0.012	0.011
32	0.014	0.012	0.013	0.018	0.012	0.011	0.011	0.011	0.015	0.012	0.014	0.012
33	0.012	0.012	0.012	0.014	0.010	0.011	0.013	0.013	0.013	0.018	0.012	0.012
34	0.013	0.012	0.012	0.014	0.012	0.013	0.012	0.013	0.016	0.012	0.012	0.011
35	0.010	0.009	0.011	0.011	0.011	0.009	0.012	0.011	0.012	0.012	0.013	0.052
36	0.012	0.010	0.014	0.014	0.012	0.012	0.011	0.011	0.014	0.018	0.011	0.012
37	0.014	0.011	0.011	0.012	0.013	0.011	0.011	0.012	0.012	0.011	0.011	0.011
38	0.015	0.012	0.012	0.013	0.010	0.008	0.011	0.015	0.013	0.010	0.011	0.008
39	0.012	0.007	0.011	0.012	0.011	0.010	0.009	0.011	0.014	0.012	0.011	0.013
40	0.010	0.010	0.010	0.022	0.013	0.011	0.010	0.011	0.012	0.010	0.012	0.058
41	0.011	0.013	0.010	0.014	0.010	0.010	0.012	0.009	0.013	0.012	0.011	0.010
42	0.012	0.010	0.010	0.012	0.011	0.011	0.008	0.012	0.012	0.010	0.011	0.009
43	0.011	0.010	0.010	0.013	0.011	0.010	0.011	0.011	0.011	0.010	0.010	0.011
44	0.010	0.011	0.010	0.012	0.014	0.009	0.010	0.011	0.010	0.010	0.011	0.013
45	0.011	0.010	0.010	0.012	0.012	0.011	0.012	0.009	0.010	0.012	0.012	0.008
46	0.011	0.011	0.010	0.013	0.013	0.010	0.010	0.017	0.011	0.011	0.032	0.029
47	0.011	0.010	0.010	0.012	0.010	0.010	0.014	0.010	0.010	0.010	0.012	0.011
48	0.007	0.010	0.009	0.013	0.010	0.005	0.007	0.010	0.013	0.009	0.011	0.006
49	0.009	0.007	0.012	0.010	0.006	0.011	0.012	0.010	0.012	0.010	0.011	0.008
50	0.010	0.009	0.011	0.011	0.011	0.009	0.012	0.009	0.010	0.008	0.011	0.014
51	0.011	0.009	0.010	0.010	0.011	0.011	0.010	0.010	0.012	0.010	0.009	0.010
52	0.011	0.012	0.010	0.013	0.007	0.010	0.007	0.010	0.013	0.011	0.011	0.011

Sample no.	RunOrder											
	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
53	0.008	0.010	0.010	0.015	0.010	0.012	0.010	0.008	0.010	0.010	0.011	0.011
54	0.010	0.009	0.010	0.012	0.011	0.006	0.009	0.012	0.010	0.009	0.010	0.006
55	0.007	0.009	0.010	0.011	0.013	0.011	0.014	0.010	0.010	0.013	0.011	0.011
56	0.022	0.012	0.011	0.010	0.009	0.008	0.006	0.009	0.010	0.009	0.012	0.030
57	0.010	0.014	0.009	0.011	0.010	0.012	0.010	0.009	0.014	0.013	0.011	0.010
58	0.011	0.009	0.009	0.011	0.010	0.009	0.009	0.010	0.011	0.011	0.007	0.030
59	0.010	0.013	0.011	0.013	0.011	0.010	0.010	0.009	0.017	0.016	0.014	0.009
60	0.015	0.014	0.011	0.016	0.010	0.010	0.010	0.014	0.013	0.015	0.015	0.013
Ave.	0.0138	0.0126	0.0126	0.0159	0.0135	0.0127	0.0135	0.0129	0.0144	0.0134	0.0145	0.0148

2. ผลการทดลองของขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานกลาง

Sample no.	RunOrder												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0.023	0.044	0.016	0.017	0.025	0.024	0.019	0.030	0.034	0.022	0.014	0.017	0.020
2	0.045	0.049	0.016	0.019	0.033	0.027	0.018	0.025	0.023	0.024	0.047	0.022	0.022
3	0.027	0.025	0.020	0.022	0.023	0.024	0.024	0.012	0.025	0.034	0.016	0.026	0.031
4	0.024	0.009	0.029	0.018	0.023	0.033	0.017	0.026	0.017	0.021	0.017	0.023	0.022
5	0.025	0.032	0.016	0.016	0.020	0.024	0.022	0.036	0.009	0.017	0.017	0.018	0.025
6	0.015	0.023	0.019	0.021	0.021	0.022	0.023	0.023	0.037	0.018	0.025	0.031	0.019
7	0.024	0.020	0.029	0.026	0.033	0.018	0.018	0.022	0.021	0.001	0.019	0.019	0.018
8	0.005	0.028	0.006	0.005	0.017	0.017	0.018	0.030	0.023	0.019	0.016	0.015	0.019
9	0.015	0.030	0.014	0.027	0.023	0.017	0.017	0.037	0.019	0.022	0.015	0.015	0.022
10	0.015	0.020	0.020	0.006	0.018	0.018	0.015	0.019	0.023	0.014	0.014	0.013	0.121
11	0.015	0.027	0.019	0.017	0.014	0.018	0.017	0.018	0.020	0.012	0.016	0.018	0.021
12	0.015	0.025	0.016	0.019	0.023	0.013	0.016	0.009	0.022	0.021	0.013	0.007	0.017
13	0.023	0.021	0.014	0.017	0.017	0.022	0.018	0.017	0.021	0.019	0.013	0.019	0.016
14	0.016	0.019	0.014	0.015	0.022	0.016	0.015	0.021	0.016	0.021	0.021	0.017	0.018
15	0.004	0.020	0.013	0.012	0.015	0.006	0.006	0.006	0.023	0.016	0.014	0.015	0.014
16	0.012	0.019	0.016	0.024	0.019	0.014	0.015	0.020	0.015	0.015	0.014	0.016	0.016

Sample no.	RunOrder												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
17	0.014	0.281	0.015	0.014	0.002	0.030	0.022	0.018	0.017	0.014	0.013	0.014	0.012
18	0.015	0.009	0.006	0.004	0.031	0.019	0.015	0.025	0.020	0.017	0.009	0.015	0.012
19	0.013	0.019	0.015	0.028	0.016	0.014	0.015	0.022	0.003	0.017	0.015	0.014	0.016
20	0.005	0.020	0.012	0.014	0.017	0.017	0.007	0.004	0.018	0.000	0.014	0.015	0.019
21	0.019	0.006	0.019	0.010	0.013	0.023	0.021	0.019	0.012	0.011	0.012	0.014	0.015
22	0.015	0.017	0.013	0.015	0.015	0.006	0.015	0.019	0.019	0.017	0.013	0.017	0.012
23	0.039	0.024	0.014	0.013	0.004	0.034	0.017	0.013	0.019	0.012	0.013	0.014	0.023
24	0.012	0.017	0.009	0.011	0.023	0.016	0.013	0.016	0.015	0.023	0.010	0.022	0.013
25	0.014	0.022	0.013	0.015	0.012	0.023	0.013	0.015	0.015	0.014	0.017	0.015	0.017
26	0.009	0.019	0.015	0.016	0.012	0.019	0.012	0.019	0.018	0.021	0.025	0.012	0.010
27	0.014	0.008	0.012	0.015	0.015	0.011	0.015	0.022	0.020	0.016	0.010	0.020	0.015
28	0.012	0.030	0.011	0.012	0.014	0.018	0.009	0.017	0.016	0.008	0.013	0.018	0.020
29	0.015	0.014	0.013	0.002	0.017	0.016	0.022	0.014	0.017	0.017	0.012	0.016	0.025
30	0.014	0.014	0.011	0.035	0.017	0.015	0.012	0.041	0.018	0.025	0.009	0.011	0.014
31	0.025	0.029	0.011	0.001	0.015	0.002	0.011	0.015	0.019	0.009	0.011	0.019	0.014
32	0.012	0.002	0.012	0.020	0.016	0.012	0.013	0.017	0.019	0.022	0.013	0.015	0.014
33	0.005	0.018	0.013	0.011	0.023	0.018	0.018	0.015	0.002	0.012	0.014	0.018	0.011
34	0.019	0.006	0.013	0.015	0.017	0.015	0.010	0.002	0.011	0.009	0.008	0.011	0.013
35	0.022	0.035	0.016	0.037	0.019	0.043	0.017	0.039	0.029	0.025	0.020	0.028	0.029
36	0.011	0.019	0.010	0.011	0.013	0.017	0.016	0.012	0.021	0.015	0.017	0.016	0.012
37	0.011	0.001	0.015	0.012	0.011	0.014	0.002	0.015	0.030	0.029	0.002	0.013	0.009
38	0.013	0.013	0.013	0.012	0.011	0.014	0.017	0.014	0.030	0.002	0.013	0.015	0.008
39	0.009	0.016	0.010	0.014	0.015	0.013	0.011	0.026	0.027	0.018	0.007	0.012	0.014
40	0.032	0.031	0.015	0.026	0.042	0.038	0.030	0.042	0.044	0.039	0.018	0.041	0.023
41	0.013	0.017	0.019	0.013	0.009	0.014	0.012	0.015	0.019	0.016	0.012	0.010	0.016
42	0.010	0.012	0.009	0.012	0.006	0.001	0.002	0.011	0.015	0.009	0.010	0.005	0.010
43	0.009	0.014	0.001	0.011	0.002	0.010	0.020	0.015	0.016	0.011	0.011	0.014	0.004
44	0.011	0.039	0.009	0.022	0.009	0.013	0.010	0.012	0.014	0.017	0.014	0.015	0.015
45	0.013	0.013	0.013	0.014	0.014	0.010	0.013	0.010	0.017	0.012	0.012	0.014	0.018
46	0.009	0.013	0.006	0.007	0.011	0.011	0.012	0.010	0.015	0.009	0.008	0.010	0.028

Sample no.	RunOrder												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
47	0.006	0.004	0.026	0.013	0.011	0.031	0.014	0.012	0.013	0.015	0.016	0.014	0.010
48	0.011	0.011	0.010	0.011	0.017	0.003	0.011	0.015	0.015	0.010	0.005	0.009	0.009
49	0.008	0.013	0.012	0.006	0.015	0.012	0.010	0.013	0.011	0.008	0.001	0.011	0.024
50	0.011	0.000	0.012	0.011	0.020	0.015	0.010	0.010	0.010	0.009	0.023	0.010	0.010
51	0.011	0.010	0.007	0.010	0.011	0.005	0.009	0.008	0.014	0.013	0.009	0.010	0.018
52	0.012	0.015	0.013	0.013	0.007	0.016	0.012	0.018	0.011	0.013	0.008	0.012	0.036
53	0.011	0.013	0.012	0.010	0.015	0.010	0.012	0.012	0.015	0.009	0.012	0.018	0.038
54	0.010	0.020	0.010	0.014	0.012	0.013	0.012	0.097	0.013	0.012	0.013	0.021	0.034
55	0.014	0.037	0.012	0.009	0.006	0.014	0.009	0.013	0.009	0.012	0.017	0.004	0.069
56	0.007	0.013	0.011	0.006	0.007	0.010	0.010	0.015	0.023	0.010	0.009	0.024	0.013
57	0.001	0.016	0.012	0.012	0.015	0.009	0.009	0.010	0.019	0.018	0.008	0.013	0.015
58	0.015	0.015	0.013	0.008	0.018	0.012	0.007	0.014	0.009	0.007	0.001	0.011	0.010
59	0.010	0.012	0.015	0.013	0.016	0.010	0.007	0.010	0.015	0.007	0.011	0.024	0.008
60	0.011	0.004	0.010	0.007	0.017	0.007	0.010	0.012	0.012	0.021	0.010	0.007	0.040
Ave.	0.0146	0.0229	0.0136	0.0144	0.0162	0.0164	0.0140	0.0191	0.0182	0.0154	0.0135	0.0159	0.0203

Sample no.	RunOrder												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	0.046	0.030	0.025	0.015	0.024	0.025	0.022	0.015	0.022	0.018	0.018	0.026	0.016
2	0.034	0.014	0.024	0.018	0.019	0.016	0.019	0.017	0.015	0.023	0.014	0.018	0.015
3	0.021	0.036	0.018	0.015	0.017	0.019	0.022	0.013	0.009	0.005	0.012	0.015	0.019
4	0.013	0.018	0.020	0.018	0.021	0.007	0.022	0.016	0.014	0.014	0.019	0.013	0.014
5	0.030	0.017	0.031	0.015	0.049	0.014	0.017	0.015	0.013	0.015	0.011	0.014	0.017
6	0.011	0.022	0.005	0.015	0.015	0.013	0.016	0.017	0.016	0.016	0.011	0.020	0.000
7	0.033	0.008	0.033	0.016	0.025	0.015	0.015	0.026	0.017	0.018	0.020	0.015	0.009
8	0.023	0.020	0.018	0.012	0.032	0.027	0.014	0.011	0.016	0.020	0.013	0.017	0.016
9	0.018	0.016	0.010	0.004	0.015	0.020	0.016	0.021	0.017	0.014	0.008	0.017	0.014
10	0.020	0.016	0.015	0.012	0.034	0.017	0.020	0.016	0.013	0.034	0.012	0.013	0.012
11	0.013	0.002	0.018	0.017	0.019	0.021	0.013	0.016	0.015	0.014	0.010	0.014	0.006
12	0.019	0.031	0.009	0.016	0.000	0.009	0.016	0.011	0.022	0.013	0.014	0.001	0.015

Sample no.	RunOrder												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
13	0.015	0.014	0.017	0.013	0.026	0.028	0.014	0.009	0.014	0.013	0.010	0.025	0.017
14	0.018	0.016	0.023	0.021	0.025	0.016	0.016	0.010	0.014	0.011	0.011	0.018	0.001
15	0.019	0.014	0.004	0.012	0.023	0.025	0.013	0.012	0.017	0.016	0.009	0.014	0.008
16	0.026	0.020	0.015	0.012	0.016	0.055	0.013	0.010	0.013	0.033	0.007	0.013	0.014
17	0.016	0.011	0.019	0.011	0.015	0.010	0.013	0.009	0.013	0.027	0.008	0.001	0.013
18	0.018	0.014	0.017	0.009	0.012	0.010	0.006	0.014	0.013	0.039	0.013	0.012	0.011
19	0.017	0.016	0.015	0.013	0.010	0.015	0.012	0.012	0.013	0.019	0.011	0.011	0.015
20	0.013	0.013	0.014	0.012	0.013	0.002	0.015	0.011	0.004	0.043	0.006	0.013	0.026
21	0.018	0.014	0.015	0.006	0.009	0.010	0.014	0.011	0.010	0.016	0.018	0.010	0.015
22	0.016	0.011	0.011	0.013	0.019	0.011	0.012	0.009	0.012	0.023	0.010	0.006	0.015
23	0.017	0.015	0.006	0.012	0.015	0.010	0.010	0.013	0.013	0.015	0.008	0.025	0.014
24	0.015	0.012	0.017	0.012	0.013	0.015	0.012	0.013	0.015	0.019	0.009	0.013	0.013
25	0.012	0.018	0.014	0.028	0.011	0.008	0.010	0.012	0.012	0.022	0.009	0.012	0.014
26	0.015	0.012	0.014	0.013	0.002	0.013	0.009	0.019	0.011	0.012	0.007	0.011	0.017
27	0.018	0.011	0.017	0.012	0.013	0.011	0.011	0.028	0.013	0.010	0.010	0.009	0.015
28	0.015	0.010	0.003	0.011	0.015	0.002	0.010	0.014	0.010	0.015	0.009	0.012	0.014
29	0.016	0.019	0.015	0.008	0.010	0.007	0.013	0.011	0.008	0.018	0.011	0.010	0.009
30	0.014	0.011	0.021	0.013	0.010	0.008	0.010	0.006	0.004	0.013	0.007	0.012	0.009
31	0.017	0.013	0.015	0.009	0.009	0.016	0.014	0.001	0.010	0.009	0.009	0.012	0.009
32	0.025	0.010	0.014	0.006	0.007	0.011	0.009	0.021	0.010	0.012	0.013	0.008	0.011
33	0.030	0.013	0.012	0.010	0.005	0.008	0.007	0.011	0.012	0.013	0.012	0.014	0.002
34	0.020	0.009	0.018	0.010	0.013	0.011	0.012	0.021	0.007	0.015	0.008	0.003	0.015
35	0.039	0.022	0.033	0.009	0.026	0.018	0.024	0.028	0.022	0.013	0.008	0.036	0.016
36	0.013	0.010	0.012	0.015	0.036	0.002	0.013	0.011	0.011	0.011	0.008	0.013	0.013
37	0.012	0.012	0.011	0.008	0.032	0.005	0.012	0.011	0.020	0.010	0.011	0.011	0.013
38	0.014	0.014	0.014	0.010	0.017	0.008	0.009	0.007	0.009	0.006	0.008	0.012	0.012
39	0.013	0.002	0.010	0.008	0.021	0.013	0.007	0.013	0.009	0.008	0.019	0.010	0.010
40	0.011	0.043	0.033	0.039	0.037	0.040	0.040	0.035	0.029	0.030	0.028	0.040	0.043
41	0.018	0.011	0.012	0.010	0.011	0.013	0.004	0.022	0.015	0.013	0.015	0.009	0.008
42	0.019	0.012	0.003	0.009	0.011	0.009	0.009	0.001	0.013	0.009	0.008	0.005	0.003

Sample no.	RunOrder												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
43	0.000	0.011	0.022	0.015	0.010	0.007	0.006	0.010	0.001	0.007	0.010	0.012	0.011
44	0.014	0.010	0.006	0.007	0.009	0.007	0.014	0.008	0.025	0.008	0.010	0.012	0.014
45	0.011	0.011	0.018	0.017	0.008	0.005	0.006	0.013	0.012	0.009	0.012	0.009	0.011
46	0.016	0.010	0.012	0.013	0.011	0.002	0.009	0.007	0.009	0.007	0.006	0.011	0.011
47	0.012	0.010	0.010	0.008	0.009	0.010	0.008	0.008	0.009	0.002	0.007	0.006	0.008
48	0.009	0.009	0.010	0.007	0.009	0.008	0.015	0.006	0.003	0.010	0.009	0.012	0.007
49	0.011	0.012	0.010	0.003	0.000	0.013	0.008	0.017	0.005	0.008	0.009	0.003	0.010
50	0.011	0.005	0.014	0.013	0.013	0.012	0.006	0.001	0.007	0.006	0.005	0.011	0.009
51	0.012	0.008	0.010	0.007	0.013	0.001	0.010	0.012	0.007	0.008	0.004	0.010	0.012
52	0.007	0.016	0.013	0.010	0.010	0.011	0.007	0.010	0.011	0.007	0.001	0.004	0.006
53	0.011	0.010	0.012	0.009	0.009	0.009	0.012	0.012	0.009	0.014	0.009	0.016	0.011
54	0.013	0.016	0.010	0.009	0.008	0.011	0.010	0.008	0.007	0.012	0.013	0.009	0.010
55	0.013	0.010	0.011	0.010	0.008	0.007	0.009	0.016	0.007	0.018	0.010	0.006	0.009
56	0.004	0.006	0.009	0.012	0.010	0.005	0.007	0.011	0.006	0.002	0.010	0.008	0.000
57	0.012	0.008	0.009	0.008	0.007	0.016	0.008	0.006	0.006	0.016	0.007	0.008	0.008
58	0.013	0.007	0.013	0.014	0.022	0.013	0.007	0.004	0.018	0.010	0.007	0.006	0.007
59	0.011	0.007	0.012	0.008	0.011	0.013	0.010	0.006	0.009	0.003	0.008	0.009	0.007
60	0.013	0.009	0.013	0.008	0.009	0.007	0.005	0.013	0.006	0.002	0.010	0.004	0.005
Ave.	0.0167	0.0138	0.0147	0.0121	0.0155	0.0128	0.0124	0.0128	0.0120	0.0144	0.0105	0.0123	0.0117

Sample no.	RunOrder												
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
1	0.027	0.010	0.017	0.019	0.021	0.024	0.015	0.021	0.022	0.017	0.034	0.020	0.022
2	0.014	0.011	0.011	0.024	0.007	0.038	0.015	0.019	0.023	0.021	0.021	0.022	0.019
3	0.016	0.013	0.014	0.030	0.021	0.018	0.013	0.017	0.005	0.020	0.022	0.020	0.018
4	0.015	0.015	0.016	0.015	0.013	0.023	0.021	0.021	0.028	0.019	0.018	0.019	0.013
5	0.013	0.009	0.016	0.014	0.022	0.015	0.017	0.022	0.016	0.018	0.020	0.018	0.021
6	0.013	0.011	0.009	0.012	0.021	0.015	0.018	0.019	0.015	0.016	0.017	0.016	0.021
7	0.014	0.016	0.001	0.015	0.014	0.021	0.025	0.019	0.015	0.016	0.003	0.019	0.016
8	0.016	0.008	0.016	0.014	0.035	0.010	0.018	0.012	0.012	0.015	0.013	0.016	0.014

Sample no.	RunOrder												
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
9	0.006	0.011	0.014	0.026	0.010	0.023	0.018	0.016	0.002	0.018	0.024	0.020	0.014
10	0.015	0.011	0.016	0.025	0.011	0.023	0.019	0.019	0.027	0.012	0.019	0.018	0.017
11	0.001	0.012	0.011	0.014	0.007	0.008	0.015	0.016	0.023	0.017	0.023	0.013	0.016
12	0.016	0.015	0.018	0.018	0.018	0.019	0.012	0.021	0.016	0.016	0.022	0.016	0.015
13	0.014	0.011	0.018	0.019	0.006	0.012	0.026	0.017	0.005	0.015	0.014	0.020	0.013
14	0.013	0.011	0.009	0.019	0.017	0.015	0.018	0.014	0.013	0.023	0.022	0.017	0.016
15	0.010	0.012	0.012	0.012	0.011	0.020	0.014	0.015	0.018	0.017	0.014	0.018	0.012
16	0.015	0.016	0.010	0.019	0.016	0.013	0.017	0.001	0.009	0.018	0.021	0.018	0.013
17	0.020	0.018	0.010	0.013	0.010	0.010	0.027	0.021	0.006	0.015	0.015	0.013	0.010
18	0.016	0.021	0.008	0.014	0.013	0.013	0.017	0.013	0.015	0.011	0.021	0.016	0.002
19	0.010	0.009	0.019	0.012	0.016	0.007	0.022	0.015	0.015	0.014	0.013	0.008	0.017
20	0.011	0.009	0.008	0.011	0.025	0.016	0.024	0.021	0.013	0.011	0.010	0.019	0.015
21	0.008	0.009	0.010	0.019	0.014	0.018	0.014	0.014	0.009	0.013	0.013	0.015	0.010
22	0.012	0.010	0.008	0.040	0.013	0.007	0.011	0.011	0.013	0.012	0.012	0.013	0.009
23	0.011	0.010	0.013	0.021	0.015	0.016	0.012	0.014	0.010	0.016	0.020	0.012	0.020
24	0.011	0.011	0.016	0.019	0.009	0.010	0.011	0.013	0.016	0.025	0.015	0.012	0.011
25	0.010	0.011	0.011	0.044	0.002	0.013	0.016	0.013	0.011	0.012	0.012	0.014	0.012
26	0.012	0.015	0.015	0.010	0.020	0.011	0.012	0.020	0.025	0.028	0.014	0.018	0.013
27	0.012	0.012	0.010	0.018	0.008	0.006	0.012	0.018	0.014	0.014	0.011	0.014	0.011
28	0.010	0.008	0.012	0.012	0.009	0.015	0.008	0.011	0.012	0.016	0.015	0.011	0.004
29	0.009	0.006	0.011	0.019	0.010	0.002	0.014	0.009	0.011	0.012	0.011	0.013	0.018
30	0.008	0.009	0.010	0.022	0.012	0.008	0.014	0.011	0.001	0.018	0.012	0.012	0.013
31	0.009	0.013	0.012	0.032	0.008	0.005	0.015	0.012	0.024	0.012	0.016	0.011	0.012
32	0.010	0.015	0.013	0.018	0.006	0.014	0.010	0.013	0.016	0.011	0.010	0.010	0.007
33	0.012	0.011	0.008	0.016	0.010	0.030	0.012	0.012	0.010	0.024	0.031	0.013	0.002
34	0.002	0.009	0.008	0.011	0.008	0.012	0.015	0.015	0.009	0.010	0.012	0.010	0.044
35	0.025	0.008	0.020	0.028	0.014	0.019	0.036	0.021	0.027	0.029	0.022	0.029	0.012
36	0.008	0.011	0.014	0.011	0.010	0.011	0.038	0.014	0.007	0.013	0.013	0.009	0.014
37	0.006	0.013	0.009	0.019	0.004	0.037	0.017	0.020	0.011	0.011	0.009	0.003	0.011
38	0.011	0.015	0.003	0.029	0.008	0.005	0.016	0.013	0.010	0.013	0.008	0.014	0.010

Sample no.	RunOrder												
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
39	0.008	0.021	0.011	0.015	0.010	0.011	0.013	0.017	0.011	0.026	0.014	0.010	0.029
40	0.028	0.022	0.042	0.018	0.030	0.030	0.033	0.028	0.026	0.027	0.027	0.028	0.015
41	0.009	0.012	0.009	0.011	0.008	0.010	0.015	0.011	0.009	0.013	0.011	0.019	0.016
42	0.007	0.013	0.011	0.013	0.009	0.045	0.012	0.010	0.009	0.013	0.014	0.011	0.017
43	0.009	0.011	0.009	0.008	0.007	0.008	0.006	0.006	0.012	0.012	0.013	0.011	0.019
44	0.009	0.009	0.010	0.013	0.004	0.010	0.010	0.001	0.011	0.013	0.009	0.011	0.018
45	0.009	0.008	0.013	0.041	0.009	0.014	0.010	0.013	0.012	0.013	0.004	0.010	0.012
46	0.009	0.015	0.009	0.017	0.006	0.008	0.010	0.010	0.014	0.013	0.010	0.009	0.009
47	0.009	0.009	0.008	0.035	0.009	0.007	0.009	0.010	0.012	0.013	0.013	0.016	0.010
48	0.014	0.008	0.007	0.009	0.007	0.016	0.011	0.012	0.009	0.017	0.016	0.113	0.001
49	0.006	0.060	0.009	0.031	0.007	0.028	0.005	0.016	0.010	0.019	0.012	0.035	0.008
50	0.014	0.010	0.005	0.027	0.011	0.045	0.013	0.013	0.008	0.012	0.007	0.012	0.006
51	0.018	0.010	0.007	0.017	0.007	0.012	0.016	0.011	0.007	0.019	0.009	0.021	0.015
52	0.013	0.011	0.005	0.012	0.008	0.039	0.006	0.001	0.012	0.020	0.011	0.030	0.009
53	0.012	0.012	0.007	0.016	0.007	0.019	0.014	0.012	0.017	0.012	0.013	0.035	0.011
54	0.010	0.008	0.011	0.027	0.012	0.096	0.014	0.013	0.016	0.011	0.011	0.007	0.005
55	0.011	0.008	0.010	0.015	0.007	0.018	0.014	0.010	0.010	0.029	0.009	0.008	0.010
56	0.011	0.009	0.008	0.038	0.013	0.040	0.010	0.008	0.009	0.013	0.011	0.009	0.018
57	0.012	0.012	0.006	0.030	0.004	0.019	0.001	0.012	0.008	0.019	0.009	0.009	0.013
58	0.016	0.015	0.014	0.018	0.004	0.014	0.010	0.016	0.003	0.024	0.010	0.009	0.008
59	0.015	0.011	0.011	0.025	0.006	0.010	0.009	0.007	0.015	0.022	0.008	0.007	0.007
60	0.015	0.012	0.004	0.018	0.007	0.027	0.010	0.017	0.008	0.027	0.010	0.009	0.015
Ave.	0.0121	0.0125	0.0114	0.0198	0.0114	0.0185	0.0151	0.0141	0.0130	0.0168	0.0146	0.0168	0.0135

Sample no.	RunOrder												
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
1	0.020	0.022	0.000	0.025	0.017	0.016	0.022	0.023	0.021	0.014	0.021	0.015	0.027
2	0.012	0.015	0.027	0.021	0.015	0.016	0.027	0.023	0.009	0.015	0.017	0.019	0.024
3	0.023	0.021	0.026	0.020	0.013	0.016	0.022	0.016	0.022	0.015	0.018	0.005	0.034
4	0.019	0.025	0.024	0.016	0.013	0.018	0.018	0.010	0.014	0.015	0.021	0.017	0.021

Sample no.	RunOrder												
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
5	0.019	0.017	0.021	0.023	0.015	0.011	0.020	0.020	0.038	0.014	0.021	0.016	0.018
6	0.019	0.017	0.019	0.021	0.019	0.019	0.020	0.016	0.017	0.013	0.010	0.031	0.024
7	0.021	0.002	0.017	0.017	0.014	0.016	0.016	0.014	0.020	0.013	0.018	0.012	0.022
8	0.016	0.017	0.018	0.016	0.021	0.014	0.019	0.013	0.017	0.012	0.018	0.015	0.017
9	0.018	0.020	0.019	0.001	0.013	0.013	0.017	0.018	0.013	0.012	0.016	0.018	0.010
10	0.016	0.015	0.024	0.020	0.015	0.020	0.004	0.017	0.018	0.007	0.015	0.013	0.024
11	0.023	0.015	0.010	0.015	0.014	0.017	0.016	0.011	0.018	0.020	0.022	0.013	0.006
12	0.016	0.012	0.022	0.014	0.014	0.017	0.019	0.018	0.016	0.016	0.011	0.012	0.017
13	0.012	0.017	0.023	0.018	0.017	0.014	0.021	0.019	0.014	0.009	0.018	0.013	0.015
14	0.018	0.018	0.020	0.011	0.014	0.016	0.019	0.015	0.008	0.013	0.013	0.015	0.015
15	0.026	0.016	0.020	0.015	0.014	0.012	0.018	0.013	0.020	0.024	0.013	0.015	0.013
16	0.015	0.012	0.019	0.009	0.015	0.016	0.016	0.017	0.017	0.026	0.012	0.013	0.013
17	0.034	0.016	0.017	0.017	0.015	0.013	0.015	0.011	0.017	0.003	0.014	0.013	0.014
18	0.016	0.014	0.024	0.016	0.013	0.012	0.015	0.019	0.008	0.012	0.012	0.009	0.008
19	0.014	0.010	0.023	0.014	0.011	0.013	0.018	0.013	0.023	0.011	0.007	0.005	0.004
20	0.017	0.013	0.014	0.014	0.011	0.013	0.017	0.011	0.014	0.015	0.016	0.011	0.011
21	0.021	0.012	0.018	0.012	0.014	0.014	0.013	0.012	0.012	0.013	0.008	0.016	0.011
22	0.016	0.020	0.002	0.018	0.012	0.015	0.016	0.010	0.012	0.012	0.014	0.013	0.018
23	0.010	0.012	0.032	0.008	0.012	0.013	0.015	0.010	0.011	0.014	0.018	0.012	0.010
24	0.025	0.012	0.015	0.009	0.011	0.022	0.012	0.009	0.015	0.011	0.002	0.008	0.015
25	0.006	0.018	0.027	0.012	0.012	0.017	0.015	0.010	0.011	0.006	0.011	0.002	0.002
26	0.022	0.018	0.011	0.017	0.013	0.012	0.010	0.010	0.012	0.013	0.008	0.014	0.012
27	0.024	0.012	0.026	0.012	0.011	0.001	0.017	0.010	0.008	0.012	0.007	0.013	0.013
28	0.013	0.009	0.015	0.017	0.007	0.023	0.014	0.015	0.016	0.011	0.002	0.014	0.012
29	0.008	0.022	0.021	0.017	0.023	0.010	0.002	0.011	0.012	0.008	0.013	0.008	0.017
30	0.014	0.010	0.019	0.008	0.014	0.011	0.009	0.010	0.015	0.013	0.011	0.008	0.001
31	0.022	0.024	0.015	0.007	0.011	0.020	0.011	0.010	0.013	0.013	0.015	0.008	0.014
32	0.015	0.013	0.017	0.010	0.014	0.008	0.035	0.014	0.012	0.011	0.015	0.011	0.011
33	0.013	0.011	0.009	0.015	0.004	0.016	0.015	0.009	0.011	0.001	0.020	0.009	0.009
34	0.011	0.010	0.017	0.015	0.015	0.012	0.017	0.013	0.007	0.010	0.012	0.014	0.008

Sample no.	RunOrder												
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
35	0.036	0.043	0.038	0.019	0.017	0.034	0.021	0.021	0.034	0.028	0.010	0.017	0.022
36	0.015	0.010	0.012	0.016	0.007	0.017	0.012	0.010	0.015	0.008	0.012	0.005	0.010
37	0.012	0.017	0.005	0.011	0.011	0.011	0.014	0.012	0.023	0.009	0.009	0.012	0.010
38	0.010	0.013	0.013	0.011	0.018	0.010	0.014	0.002	0.009	0.009	0.002	0.009	0.010
39	0.011	0.013	0.016	0.010	0.008	0.013	0.012	0.015	0.010	0.009	0.012	0.008	0.011
40	0.027	0.033	0.037	0.040	0.031	0.033	0.028	0.028	0.025	0.031	0.038	0.037	0.042
41	0.012	0.015	0.018	0.009	0.003	0.012	0.011	0.008	0.010	0.010	0.014	0.011	0.007
42	0.010	0.012	0.053	0.007	0.013	0.010	0.009	0.010	0.008	0.011	0.010	0.009	0.010
43	0.014	0.018	0.016	0.010	0.011	0.007	0.013	0.010	0.012	0.009	0.009	0.012	0.012
44	0.013	0.010	0.005	0.008	0.011	0.010	0.018	0.004	0.008	0.006	0.007	0.017	0.009
45	0.012	0.014	0.011	0.009	0.021	0.009	0.010	0.008	0.011	0.007	0.012	0.002	0.029
46	0.011	0.015	0.020	0.025	0.011	0.008	0.011	0.025	0.016	0.009	0.008	0.008	0.008
47	0.007	0.016	0.011	0.004	0.011	0.021	0.019	0.009	0.009	0.004	0.009	0.009	0.015
48	0.021	0.014	0.011	0.010	0.009	0.002	0.009	0.008	0.011	0.008	0.010	0.013	0.010
49	0.011	0.012	0.011	0.014	0.010	0.011	0.013	0.007	0.010	0.017	0.008	0.008	0.012
50	0.009	0.008	0.017	0.008	0.011	0.011	0.023	0.007	0.010	0.007	0.008	0.005	0.009
51	0.012	0.050	0.012	0.010	0.010	0.006	0.010	0.013	0.021	0.008	0.008	0.010	0.010
52	0.011	0.001	0.011	0.010	0.010	0.006	0.008	0.007	0.013	0.008	0.010	0.010	0.011
53	0.009	0.014	0.013	0.008	0.007	0.007	0.011	0.015	0.011	0.013	0.007	0.003	0.007
54	0.010	0.012	0.008	0.011	0.012	0.009	0.007	0.004	0.014	0.008	0.007	0.008	0.009
55	0.017	0.010	0.011	0.011	0.012	0.006	0.000	0.010	0.010	0.010	0.006	0.023	0.007
56	0.011	0.007	0.015	0.007	0.007	0.009	0.022	0.006	0.009	0.009	0.010	0.008	0.004
57	0.008	0.004	0.013	0.013	0.009	0.007	0.011	0.010	0.010	0.003	0.010	0.008	0.005
58	0.011	0.005	0.012	0.004	0.010	0.012	0.008	0.001	0.007	0.005	0.008	0.012	0.008
59	0.012	0.023	0.012	0.016	0.008	0.008	0.005	0.017	0.007	0.013	0.007	0.005	0.011
60	0.011	0.018	0.009	0.009	0.012	0.006	0.008	0.009	0.014	0.009	0.009	0.002	0.006
Ave.	0.0156	0.0154	0.0174	0.0135	0.0128	0.0132	0.0148	0.0124	0.0141	0.0116	0.0122	0.0117	0.0132

Sample no.	RunOrder												
	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
1	0.015	0.022	0.014	0.013	0.013	0.016	0.158	0.019	0.017	0.021	0.016	0.025	0.025
2	0.021	0.016	0.016	0.017	0.002	0.011	0.016	0.019	0.015	0.012	0.010	0.144	0.047
3	0.013	0.016	0.019	0.014	0.015	0.018	0.018	0.013	0.013	0.019	0.006	0.065	0.026
4	0.015	0.018	0.021	0.015	0.014	0.014	0.018	0.015	0.017	0.022	0.012	0.089	0.015
5	0.020	0.026	0.016	0.017	0.015	0.017	0.012	0.016	0.012	0.016	0.011	0.087	0.018
6	0.014	0.015	0.023	0.018	0.015	0.014	0.013	0.014	0.015	0.020	0.013	0.156	0.028
7	0.014	0.016	0.018	0.018	0.011	0.013	0.022	0.015	0.014	0.010	0.014	0.027	0.016
8	0.012	0.015	0.009	0.018	0.013	0.019	0.015	0.015	0.018	0.020	0.011	0.050	0.019
9	0.004	0.017	0.012	0.024	0.013	0.012	0.016	0.029	0.013	0.025	0.012	0.025	0.021
10	0.015	0.017	0.019	0.016	0.016	0.014	0.021	0.012	0.013	0.013	0.011	0.016	0.018
11	0.017	0.015	0.011	0.012	0.010	0.015	0.018	0.016	0.007	0.015	0.016	0.017	0.017
12	0.013	0.012	0.010	0.013	0.012	0.011	0.012	0.014	0.013	0.020	0.012	0.016	0.021
13	0.014	0.014	0.006	0.013	0.009	0.017	0.028	0.014	0.009	0.015	0.011	0.017	0.012
14	0.016	0.010	0.013	0.017	0.009	0.013	0.013	0.015	0.012	0.013	0.001	0.014	0.012
15	0.012	0.013	0.010	0.001	0.013	0.014	0.012	0.014	0.013	0.012	0.009	0.018	0.015
16	0.012	0.014	0.010	0.019	0.002	0.013	0.008	0.014	0.011	0.014	0.001	0.010	0.017
17	0.013	0.016	0.010	0.012	0.009	0.010	0.012	0.011	0.013	0.018	0.011	0.019	0.016
18	0.003	0.013	0.013	0.012	0.011	0.009	0.011	0.012	0.011	0.014	0.009	0.019	0.004
19	0.015	0.011	0.016	0.016	0.015	0.019	0.011	0.012	0.012	0.014	0.012	0.010	0.019
20	0.013	0.015	0.011	0.015	0.011	0.013	0.011	0.010	0.013	0.011	0.007	0.014	0.026
21	0.014	0.012	0.011	0.019	0.011	0.010	0.011	0.013	0.013	0.019	0.008	0.013	0.014
22	0.010	0.012	0.009	0.015	0.009	0.009	0.009	0.009	0.014	0.014	0.010	0.013	0.013
23	0.011	0.007	0.014	0.012	0.021	0.019	0.004	0.014	0.012	0.019	0.010	0.007	0.020
24	0.012	0.009	0.009	0.013	0.011	0.002	0.012	0.010	0.010	0.012	0.010	0.010	0.011
25	0.006	0.011	0.013	0.015	0.010	0.014	0.012	0.013	0.012	0.010	0.010	0.018	0.010
26	0.013	0.011	0.010	0.008	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.027	0.007	0.003	0.014
27	0.012	0.007	0.010	0.011	0.013	0.011	0.012	0.011	0.011	0.014	0.009	0.001	0.015
28	0.010	0.012	0.007	0.015	0.008	0.010	0.008	0.009	0.013	0.010	0.016	0.011	0.010
29	0.010	0.009	0.010	0.011	0.010	0.012	0.009	0.015	0.011	0.014	0.010	0.010	0.019
30	0.011	0.007	0.001	0.014	0.008	0.012	0.010	0.011	0.001	0.011	0.008	0.013	0.018

Sample no.	RunOrder												
	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
31	0.013	0.019	0.017	0.009	0.013	0.007	0.011	0.005	0.014	0.022	0.010	0.009	0.015
32	0.010	0.010	0.002	0.011	0.010	0.017	0.007	0.021	0.013	0.012	0.008	0.014	0.012
33	0.001	0.010	0.015	0.011	0.009	0.013	0.003	0.013	0.013	0.017	0.008	0.014	0.018
34	0.011	0.010	0.006	0.007	0.009	0.009	0.007	0.001	0.010	0.011	0.008	0.011	0.013
35	0.016	0.020	0.018	0.031	0.019	0.022	0.024	0.015	0.024	0.021	0.016	0.020	0.022
36	0.008	0.009	0.006	0.014	0.009	0.009	0.007	0.010	0.009	0.017	0.007	0.009	0.010
37	0.015	0.009	0.008	0.005	0.008	0.000	0.009	0.009	0.003	0.008	0.020	0.008	0.013
38	0.009	0.010	0.002	0.017	0.007	0.012	0.020	0.012	0.010	0.003	0.008	0.013	0.013
39	0.009	0.010	0.012	0.008	0.008	0.010	0.009	0.009	0.013	0.018	0.018	0.012	0.015
40	0.030	0.040	0.030	0.047	0.024	0.046	0.022	0.030	0.023	0.039	0.030	0.039	0.040
41	0.010	0.007	0.008	0.011	0.014	0.005	0.013	0.012	0.016	0.009	0.192	0.007	0.014
42	0.011	0.011	0.007	0.010	0.013	0.008	0.009	0.019	0.003	0.026	0.133	0.011	0.013
43	0.019	0.008	0.008	0.014	0.008	0.010	0.008	0.012	0.021	0.007	0.009	0.008	0.017
44	0.010	0.010	0.010	0.009	0.002	0.009	0.008	0.009	0.008	0.011	0.009	0.010	0.013
45	0.009	0.005	0.012	0.010	0.021	0.010	0.009	0.010	0.010	0.011	0.008	0.008	0.010
46	0.009	0.009	0.004	0.009	0.007	0.006	0.009	0.010	0.010	0.011	0.010	0.010	0.009
47	0.005	0.010	0.016	0.016	0.001	0.006	0.010	0.009	0.009	0.011	0.007	0.009	0.006
48	0.009	0.014	0.005	0.010	0.018	0.020	0.012	0.004	0.007	0.011	0.008	0.006	0.011
49	0.016	0.011	0.005	0.008	0.005	0.010	0.014	0.008	0.004	0.034	0.007	0.010	0.009
50	0.009	0.010	0.009	0.010	0.009	0.012	0.009	0.009	0.008	0.020	0.005	0.006	0.010
51	0.007	0.012	0.006	0.010	0.008	0.007	0.022	0.010	0.007	0.034	0.006	0.010	0.012
52	0.008	0.009	0.008	0.007	0.005	0.008	0.003	0.009	0.009	0.015	0.004	0.007	0.010
53	0.010	0.006	0.005	0.010	0.009	0.007	0.007	0.002	0.014	0.018	0.008	0.010	0.010
54	0.007	0.016	0.009	0.006	0.006	0.009	0.012	0.008	0.009	0.020	0.007	0.008	0.007
55	0.008	0.012	0.006	0.009	0.008	0.006	0.008	0.012	0.006	0.018	0.005	0.007	0.009
56	0.007	0.006	0.010	0.010	0.016	0.006	0.004	0.009	0.007	0.026	0.001	0.008	0.010
57	0.007	0.007	0.006	0.006	0.007	0.005	0.008	0.013	0.004	0.028	0.006	0.012	0.006
58	0.012	0.003	0.008	0.010	0.016	0.011	0.006	0.008	0.007	0.025	0.006	0.007	0.006
59	0.011	0.005	0.005	0.005	0.007	0.004	0.015	0.004	0.017	0.031	0.002	0.012	0.009
60	0.008	0.015	0.006	0.007	0.008	0.010	0.008	0.020	0.005	0.034	0.008	0.011	0.006

Sample no.	RunOrder												
	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
Ave.	0.0116	0.0124	0.0107	0.0130	0.0107	0.0118	0.0143	0.0123	0.0114	0.0174	0.0146	0.0211	0.0151

Sample no.	RunOrder												
	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	0.023	0.020	0.022	0.010	0.020	0.043	0.018	0.023	0.037	0.028	0.037	0.015	0.037
2	0.026	0.015	0.020	0.037	0.029	0.174	0.025	0.028	0.059	0.028	0.024	0.022	0.039
3	0.049	0.025	0.020	0.020	0.026	0.016	0.024	0.028	0.020	0.022	0.038	0.026	0.036
4	0.040	0.019	0.022	0.019	0.026	0.024	0.024	0.021	0.022	0.017	0.025	0.017	0.013
5	0.029	0.021	0.019	0.020	0.030	0.018	0.016	0.026	0.023	0.023	0.021	0.007	0.018
6	0.024	0.015	0.016	0.036	0.020	0.024	0.022	0.022	0.021	0.019	0.028	0.008	0.024
7	0.024	0.023	0.018	0.029	0.023	0.013	0.023	0.021	0.026	0.014	0.006	0.018	0.026
8	0.021	0.012	0.019	0.020	0.019	0.065	0.019	0.018	0.019	0.017	0.020	0.023	0.022
9	0.025	0.017	0.008	0.018	0.015	0.017	0.015	0.027	0.084	0.021	0.019	0.017	0.017
10	0.019	0.013	0.016	0.020	0.022	0.012	0.017	0.022	0.056	0.018	0.008	0.023	0.027
11	0.019	0.016	0.016	0.021	0.021	0.016	0.019	0.021	0.070	0.012	0.019	0.016	0.019
12	0.025	0.015	0.014	0.084	0.015	0.035	0.037	0.024	0.020	0.018	0.002	0.012	0.018
13	0.021	0.016	0.017	0.018	0.016	0.017	0.019	0.017	0.022	0.013	0.034	0.016	0.018
14	0.018	0.018	0.014	0.018	0.019	0.028	0.023	0.020	0.015	0.013	0.014	0.022	0.015
15	0.017	0.015	0.012	0.077	0.019	0.039	0.016	0.019	0.017	0.022	0.019	0.012	0.005
16	0.018	0.016	0.020	0.016	0.015	0.021	0.018	0.015	0.019	0.012	0.025	0.011	0.023
17	0.016	0.008	0.014	0.008	0.015	0.249	0.016	0.021	0.008	0.015	0.018	0.023	0.018
18	0.015	0.025	0.006	0.028	0.021	0.055	0.024	0.018	0.019	0.014	0.020	0.014	0.014
19	0.016	0.001	0.026	0.035	0.013	0.038	0.017	0.024	0.023	0.012	0.016	0.022	0.019
20	0.016	0.013	0.010	0.047	0.014	0.033	0.021	0.016	0.002	0.008	0.013	0.014	0.018
21	0.104	0.022	0.020	0.002	0.013	0.014	0.021	0.015	0.016	0.017	0.007	0.013	0.014
22	0.015	0.013	0.016	0.019	0.022	0.020	0.017	0.017	0.018	0.017	0.026	0.015	0.019
23	0.028	0.017	0.013	0.015	0.013	0.014	0.014	0.014	0.019	0.016	0.021	0.014	0.013
24	0.016	0.013	0.013	0.025	0.014	0.008	0.014	0.017	0.019	0.004	0.017	0.007	0.015
25	0.020	0.014	0.011	0.038	0.012	0.021	0.018	0.006	0.016	0.008	0.011	0.008	0.013
26	0.019	0.009	0.011	0.021	0.015	0.010	0.013	0.033	0.003	0.014	0.018	0.011	0.011

Sample no.	RunOrder												
	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
27	0.014	0.011	0.024	0.072	0.015	0.009	0.019	0.014	0.017	0.026	0.017	0.010	0.018
28	0.016	0.015	0.013	0.029	0.013	0.015	0.012	0.018	0.012	0.020	0.014	0.001	0.014
29	0.019	0.011	0.020	0.017	0.012	0.015	0.013	0.012	0.014	0.012	0.011	0.008	0.011
30	0.024	0.013	0.013	0.044	0.012	0.027	0.014	0.007	0.016	0.011	0.022	0.017	0.012
31	0.014	0.011	0.010	0.022	0.013	0.010	0.012	0.017	0.012	0.012	0.014	0.011	0.014
32	0.029	0.009	0.014	0.020	0.015	0.019	0.015	0.014	0.015	0.012	0.013	0.012	0.013
33	0.018	0.016	0.014	0.015	0.013	0.015	0.012	0.016	0.011	0.015	0.009	0.011	0.017
34	0.014	0.011	0.013	0.011	0.016	0.012	0.014	0.021	0.025	0.002	0.012	0.012	0.012
35	0.028	0.016	0.036	0.033	0.022	0.023	0.033	0.032	0.022	0.029	0.013	0.023	0.039
36	0.015	0.010	0.010	0.023	0.012	0.013	0.016	0.015	0.016	0.012	0.026	0.009	0.021
37	0.016	0.014	0.013	0.012	0.035	0.017	0.012	0.015	0.012	0.014	0.016	0.012	0.012
38	0.016	0.010	0.010	0.013	0.012	0.013	0.013	0.018	0.009	0.008	0.009	0.012	0.013
39	0.014	0.011	0.013	0.016	0.014	0.013	0.025	0.010	0.024	0.012	0.014	0.011	0.015
40	0.036	0.021	0.027	0.041	0.035	0.036	0.040	0.035	0.040	0.042	0.037	0.024	0.031
41	0.024	0.010	0.010	0.022	0.014	0.012	0.012	0.014	0.014	0.013	0.012	0.006	0.018
42	0.005	0.012	0.016	0.010	0.019	0.001	0.011	0.011	0.011	0.003	0.014	0.011	0.020
43	0.015	0.014	0.012	0.010	0.008	0.021	0.013	0.012	0.011	0.010	0.011	0.012	0.015
44	0.011	0.024	0.010	0.012	0.011	0.032	0.020	0.017	0.011	0.012	0.001	0.013	0.015
45	0.017	0.004	0.015	0.011	0.015	0.011	0.014	0.019	0.013	0.011	0.016	0.010	0.017
46	0.012	0.015	0.009	0.002	0.007	0.014	0.015	0.015	0.010	0.010	0.012	0.011	0.017
47	0.015	0.010	0.007	0.011	0.021	0.022	0.011	0.011	0.010	0.012	0.013	0.009	0.014
48	0.012	0.010	0.009	0.010	0.005	0.010	0.014	0.011	0.015	0.007	0.010	0.008	0.014
49	0.014	0.008	0.014	0.010	0.013	0.008	0.011	0.012	0.008	0.022	0.012	0.005	0.014
50	0.014	0.024	0.011	0.003	0.005	0.013	0.014	0.014	0.034	0.011	0.010	0.023	0.014
51	0.012	0.011	0.013	0.016	0.008	0.019	0.013	0.013	0.014	0.011	0.014	0.011	0.012
52	0.012	0.008	0.015	0.002	0.013	0.009	0.012	0.016	0.013	0.010	0.010	0.010	0.013
53	0.014	0.007	0.014	0.025	0.009	0.015	0.015	0.023	0.011	0.013	0.010	0.011	0.018
54	0.015	0.019	0.009	0.022	0.017	0.014	0.014	0.011	0.015	0.012	0.012	0.012	0.012
55	0.013	0.011	0.012	0.010	0.006	0.022	0.013	0.014	0.020	0.013	0.012	0.008	0.019
56	0.012	0.010	0.011	0.017	0.010	0.013	0.013	0.011	0.015	0.013	0.002	0.011	0.014

Sample no.	RunOrder												
	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
57	0.009	0.015	0.009	0.009	0.009	0.010	0.009	0.012	0.011	0.010	0.010	0.016	0.015
58	0.005	0.020	0.008	0.026	0.012	0.006	0.013	0.012	0.011	0.011	0.013	0.011	0.015
59	0.011	0.013	0.012	0.012	0.013	0.009	0.013	0.013	0.014	0.012	0.013	0.008	0.003
60	0.024	0.023	0.011	0.009	0.014	0.004	0.013	0.014	0.010	0.012	0.015	0.010	0.018
Ave.	0.0200	0.0143	0.0145	0.0220	0.0159	0.0254	0.0171	0.0175	0.0198	0.0146	0.0159	0.0133	0.0175

Sample no.	RunOrder												
	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
1	0.025	0.012	0.018	0.020	0.024	0.015	0.036	0.039	0.049	0.018	0.017	0.018	0.017
2	0.053	0.021	0.013	0.026	0.016	0.018	0.023	0.018	0.021	0.014	0.017	0.018	0.015
3	0.035	0.020	0.012	0.017	0.016	0.014	0.017	0.022	0.017	0.021	0.015	0.013	0.014
4	0.014	0.021	0.013	0.018	0.014	0.019	0.017	0.018	0.013	0.022	0.014	0.018	0.016
5	0.017	0.010	0.017	0.014	0.012	0.014	0.017	0.015	0.017	0.013	0.016	0.013	0.023
6	0.014	0.010	0.001	0.028	0.019	0.009	0.016	0.015	0.013	0.018	0.022	0.022	0.015
7	0.015	0.016	0.013	0.005	0.015	0.021	0.016	0.016	0.016	0.014	0.008	0.018	0.017
8	0.018	0.017	0.001	0.011	0.013	0.012	0.023	0.015	0.021	0.012	0.019	0.022	0.011
9	0.012	0.016	0.011	0.015	0.016	0.014	0.020	0.015	0.017	0.013	0.013	0.015	0.017
10	0.014	0.018	0.019	0.015	0.015	0.013	0.016	0.015	0.014	0.018	0.016	0.016	0.013
11	0.015	0.011	0.015	0.010	0.014	0.016	0.017	0.016	0.012	0.018	0.006	0.012	0.010
12	0.017	0.005	0.012	0.013	0.011	0.011	0.015	0.013	0.005	0.011	0.020	0.015	0.012
13	0.014	0.021	0.016	0.016	0.020	0.013	0.015	0.018	0.015	0.014	0.018	0.018	0.011
14	0.018	0.014	0.011	0.016	0.015	0.011	0.016	0.013	0.011	0.015	0.011	0.016	0.010
15	0.014	0.020	0.013	0.014	0.012	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.014	0.012	0.012
16	0.014	0.018	0.016	0.013	0.013	0.017	0.013	0.017	0.013	0.012	0.011	0.012	0.011
17	0.014	0.017	0.011	0.013	0.013	0.014	0.013	0.009	0.011	0.021	0.013	0.012	0.012
18	0.017	0.016	0.013	0.014	0.010	0.010	0.016	0.013	0.010	0.011	0.014	0.014	0.012
19	0.017	0.015	0.011	0.015	0.009	0.011	0.015	0.012	0.010	0.017	0.019	0.012	0.012
20	0.007	0.014	0.013	0.011	0.013	0.011	0.013	0.011	0.009	0.008	0.015	0.011	0.009
21	0.015	0.016	0.013	0.013	0.009	0.006	0.007	0.003	0.013	0.013	0.010	0.011	0.027
22	0.022	0.011	0.012	0.012	0.011	0.020	0.017	0.011	0.013	0.012	0.010	0.015	0.009

Sample no.	RunOrder												
	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
23	0.008	0.008	0.013	0.010	0.013	0.003	0.013	0.011	0.009	0.009	0.015	0.011	0.013
24	0.017	0.007	0.012	0.013	0.018	0.022	0.011	0.021	0.008	0.011	0.003	0.014	0.011
25	0.014	0.015	0.012	0.010	0.012	0.016	0.013	0.014	0.005	0.013	0.014	0.013	0.010
26	0.015	0.013	0.010	0.015	0.012	0.018	0.042	0.006	0.010	0.004	0.010	0.008	0.012
27	0.012	0.012	0.011	0.015	0.011	0.013	0.015	0.013	0.010	0.011	0.015	0.013	0.016
28	0.008	0.013	0.009	0.013	0.013	0.006	0.011	0.012	0.007	0.014	0.008	0.013	0.003
29	0.012	0.008	0.011	0.009	0.009	0.014	0.011	0.009	0.010	0.013	0.007	0.011	0.016
30	0.013	0.013	0.021	0.012	0.021	0.011	0.011	0.010	0.008	0.011	0.011	0.023	0.009
31	0.007	0.013	0.013	0.009	0.011	0.007	0.012	0.012	0.011	0.004	0.010	0.012	0.013
32	0.011	0.017	0.011	0.011	0.003	0.011	0.010	0.006	0.012	0.010	0.010	0.014	0.020
33	0.013	0.014	0.013	0.013	0.011	0.012	0.014	0.013	0.007	0.007	0.013	0.012	0.010
34	0.012	0.001	0.010	0.010	0.004	0.013	0.010	0.012	0.009	0.008	0.012	0.009	0.003
35	0.036	0.030	0.024	0.017	0.022	0.019	0.036	0.018	0.018	0.020	0.038	0.019	0.021
36	0.010	0.012	0.009	0.013	0.008	0.011	0.009	0.010	0.014	0.006	0.010	0.008	0.010
37	0.012	0.010	0.010	0.019	0.009	0.003	0.012	0.008	0.007	0.012	0.010	0.009	0.009
38	0.016	0.010	0.012	0.011	0.010	0.012	0.011	0.013	0.006	0.009	0.007	0.011	0.012
39	0.014	0.014	0.009	0.009	0.010	0.008	0.013	0.011	0.008	0.010	0.010	0.017	0.009
40	0.049	0.010	0.027	0.037	0.039	0.039	0.036	0.030	0.036	0.037	0.038	0.044	0.029
41	0.009	0.014	0.026	0.016	0.010	0.008	0.011	0.009	0.009	0.010	0.009	0.010	0.007
42	0.008	0.010	0.011	0.014	0.013	0.010	0.015	0.008	0.008	0.011	0.005	0.010	0.013
43	0.012	0.010	0.011	0.012	0.007	0.190	0.009	0.006	0.012	0.008	0.013	0.008	0.009
44	0.013	0.015	0.006	0.010	0.008	0.013	0.003	0.010	0.010	0.009	0.008	0.001	0.009
45	0.010	0.010	0.007	0.006	0.009	0.002	0.016	0.010	0.010	0.013	0.004	0.019	0.013
46	0.013	0.002	0.009	0.020	0.010	0.023	0.009	0.013	0.006	0.006	0.008	0.011	0.010
47	0.010	0.014	0.010	0.008	0.006	0.006	0.007	0.012	0.008	0.009	0.006	0.006	0.005
48	0.014	0.018	0.010	0.009	0.011	0.008	0.009	0.006	0.008	0.009	0.011	0.015	0.010
49	0.011	0.010	0.007	0.007	0.003	0.010	0.011	0.009	0.009	0.007	0.009	0.007	0.013
50	0.008	0.009	0.007	0.009	0.006	0.011	0.013	0.014	0.006	0.007	0.011	0.010	0.009
51	0.012	0.009	0.008	0.024	0.006	0.011	0.007	0.020	0.007	0.009	0.017	0.013	0.009
52	0.010	0.015	0.009	0.015	0.022	0.009	0.009	0.008	0.006	0.005	0.010	0.008	0.009

Sample no.	RunOrder												
	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
53	0.009	0.010	0.021	0.009	0.009	0.010	0.010	0.007	0.006	0.006	0.010	0.011	0.015
54	0.009	0.004	0.014	0.008	0.009	0.008	0.010	0.002	2.280	0.010	0.010	0.009	0.011
55	0.007	0.001	0.011	0.009	0.008	0.010	0.025	0.018	0.012	0.007	0.009	0.006	0.007
56	0.018	0.007	0.004	0.006	0.012	0.008	0.017	0.009	0.013	0.008	0.007	0.007	0.002
57	0.009	0.010	0.004	0.010	0.001	0.006	0.015	0.001	0.005	0.004	0.006	0.007	0.008
58	0.010	0.015	0.010	0.007	0.012	0.006	0.008	0.009	0.015	0.007	0.007	0.019	0.007
59	0.011	0.007	0.009	0.010	0.012	0.010	0.009	0.020	0.009	0.008	0.007	0.009	0.010
60	0.012	0.010	0.008	0.004	0.008	0.010	0.023	0.009	0.004	0.006	0.007	0.013	0.006
Ave.	0.0149	0.0127	0.0119	0.0131	0.0121	0.0152	0.0150	0.0128	0.0495	0.0116	0.0122	0.0132	0.0119

Sample no.	RunOrder												
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
1	0.012	0.018	0.014	0.019	0.030	0.019	0.018	0.023	0.019	0.021	0.026	0.023	0.019
2	0.014	0.014	0.014	0.013	0.016	0.015	0.021	0.030	0.015	0.024	0.010	0.019	0.019
3	0.013	0.007	0.015	0.016	0.018	0.019	0.017	0.018	0.016	0.006	0.021	0.014	0.017
4	0.015	0.015	0.015	0.029	0.024	0.016	0.015	0.030	0.018	0.024	0.026	0.016	0.016
5	0.013	0.014	0.018	0.019	0.015	0.021	0.019	0.022	0.021	0.019	0.019	0.016	0.022
6	0.014	0.008	0.023	0.013	0.005	0.017	0.020	0.018	0.016	0.017	0.017	0.014	0.016
7	0.014	0.023	0.013	0.013	0.017	0.015	0.014	0.005	0.017	0.017	0.018	0.018	0.016
8	0.012	0.016	0.015	0.017	0.013	0.022	0.002	0.026	0.020	0.017	0.035	0.017	0.015
9	0.017	0.013	0.015	0.013	0.014	0.015	0.018	0.017	0.017	0.020	0.017	0.014	0.003
10	0.018	0.023	0.013	0.014	0.013	0.013	0.029	0.016	0.015	0.025	0.016	0.014	0.015
11	0.017	0.013	0.016	0.012	0.007	0.019	0.020	0.020	0.016	0.021	0.019	0.017	0.014
12	0.014	0.012	0.012	0.012	0.013	0.018	0.013	0.018	0.015	0.021	0.017	0.017	0.027
13	0.014	0.005	0.009	0.017	0.011	0.011	0.021	0.017	0.017	0.015	0.018	0.013	0.015
14	0.012	0.012	0.005	0.010	0.009	0.009	0.015	0.015	0.006	0.023	0.016	0.012	0.014
15	0.012	0.013	0.014	0.002	0.007	0.025	0.023	0.014	0.013	0.013	0.017	0.012	0.017
16	0.012	0.016	0.013	0.017	0.015	0.001	0.016	0.016	0.015	0.011	0.016	0.014	0.018

Sample no.	RunOrder												
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
17	0.009	0.010	0.013	0.011	0.012	0.016	0.017	0.015	0.013	0.013	0.017	0.019	0.014
18	0.014	0.012	0.010	0.010	0.007	0.063	0.021	0.016	0.020	0.014	0.021	0.017	0.016
19	0.010	0.009	0.011	0.012	0.013	0.029	0.014	0.016	0.011	0.012	0.012	0.024	0.019
20	0.011	0.011	0.015	0.010	0.007	0.024	0.012	0.014	0.015	0.014	0.015	0.015	0.016
21	0.009	0.010	0.013	0.010	0.014	0.026	0.016	0.013	0.018	0.013	0.016	0.014	0.018
22	0.012	0.011	0.011	0.013	0.013	0.039	0.011	0.013	0.006	0.012	0.009	0.011	0.004
23	0.011	0.011	0.013	0.010	0.012	0.012	0.007	0.013	0.013	0.011	0.019	0.016	0.014
24	0.022	0.007	0.006	0.010	0.011	0.014	0.018	0.012	0.019	0.014	0.012	0.010	0.013
25	0.008	0.002	0.012	0.008	0.010	0.011	0.014	0.011	0.012	0.013	0.025	0.005	0.007
26	0.018	0.008	0.015	0.005	0.005	0.020	0.013	0.014	0.013	0.011	0.018	0.012	0.017
27	0.018	0.012	0.012	0.011	0.019	0.011	0.014	0.012	0.012	0.012	0.005	0.014	0.015
28	0.009	0.010	0.011	0.010	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.029	0.015	0.010	0.015
29	0.011	0.011	0.012	0.008	0.005	0.012	0.025	0.012	0.010	0.016	0.017	0.012	0.014
30	0.011	0.009	0.010	0.009	0.012	0.010	0.016	0.010	0.009	0.018	0.015	0.002	0.018
31	0.010	0.003	0.011	0.008	0.005	0.011	0.010	0.011	0.016	0.011	0.016	0.008	0.020
32	0.015	0.016	0.012	0.009	0.012	0.012	0.009	0.014	0.012	0.022	0.010	0.010	0.014
33	0.008	0.015	0.011	0.009	0.012	0.016	0.011	0.010	0.016	0.012	0.011	0.001	0.006
34	0.009	0.011	0.009	0.008	0.012	0.007	0.011	0.015	0.008	0.009	0.012	0.013	0.015
35	0.032	0.019	0.041	0.016	0.015	0.034	0.026	0.043	0.028	0.027	0.030	0.039	0.025
36	0.005	0.009	0.004	0.006	0.004	0.008	0.015	0.012	0.014	0.011	0.012	0.010	0.022
37	0.006	0.013	0.013	0.011	0.001	0.013	0.011	0.014	0.019	0.012	0.008	0.012	0.007
38	0.023	0.009	0.010	0.010	0.011	0.016	0.004	0.013	0.016	0.025	0.009	0.012	0.015
39	0.016	0.010	0.008	0.002	0.011	0.022	0.019	0.013	0.017	0.027	0.011	0.008	0.002
40	0.050	0.037	0.031	0.029	0.031	0.028	0.032	0.032	0.040	0.028	0.027	0.023	0.032
41	0.006	0.005	0.014	0.012	0.012	0.010	0.011	0.014	0.030	0.027	0.015	0.011	0.015
42	0.001	0.008	0.011	0.008	0.009	0.007	0.010	0.012	0.014	0.009	0.019	0.009	0.011
43	0.007	0.009	0.007	0.006	0.008	0.010	0.011	0.009	0.023	0.015	0.008	0.014	0.015
44	0.012	0.006	0.009	0.009	0.010	0.009	0.010	0.010	0.010	0.023	0.019	0.002	0.004
45	0.009	0.013	0.010	0.009	0.005	0.009	0.011	0.009	0.005	0.031	0.010	0.007	0.012
46	0.005	0.001	0.008	0.012	0.024	0.007	0.008	0.012	0.021	0.014	0.014	0.013	0.017

Sample no.	RunOrder												
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
47	0.006	0.008	0.010	0.015	0.014	0.009	0.011	0.010	0.008	0.022	0.011	0.008	0.011
48	0.009	0.010	0.014	0.008	0.010	0.010	0.011	0.009	0.003	0.013	0.009	0.016	0.009
49	0.010	0.009	0.013	0.002	0.009	0.012	0.003	0.011	0.023	0.011	0.009	0.010	0.003
50	0.010	0.008	0.007	0.021	0.010	0.012	0.009	0.008	0.013	0.011	0.009	0.016	0.017
51	0.008	0.008	0.008	0.012	0.005	0.006	0.017	0.009	0.011	0.026	0.009	0.010	0.001
52	0.012	0.011	0.004	0.007	0.017	0.009	0.011	0.009	0.013	0.012	0.009	0.012	0.026
53	0.016	0.008	0.008	0.014	0.024	0.052	0.016	0.007	0.003	0.008	0.010	0.008	0.010
54	0.009	0.008	0.012	0.008	0.006	0.009	0.011	0.009	0.013	0.012	0.013	0.008	0.012
55	0.009	0.005	0.028	0.008	0.012	0.005	0.002	0.007	0.008	0.023	0.012	0.008	0.006
56	0.009	0.003	0.025	0.005	0.013	0.013	0.010	0.009	0.011	0.019	0.012	0.007	0.017
57	0.010	0.005	0.011	0.005	0.009	0.010	0.010	0.008	0.001	0.024	0.012	0.007	0.007
58	0.009	0.016	0.010	0.008	0.008	0.009	0.014	0.008	0.006	0.028	0.014	0.007	0.014
59	0.010	0.003	0.020	0.010	0.008	0.014	0.014	0.008	0.003	0.023	0.003	0.012	0.012
60	0.011	0.007	0.013	0.012	0.005	0.009	0.007	0.015	0.010	0.028	0.011	0.007	0.014
Ave.	0.0125	0.0108	0.0130	0.0112	0.0119	0.0159	0.0141	0.0143	0.0143	0.0177	0.0150	0.0127	0.0142

Sample no.	RunOrder												
	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117
1	0.022	0.017	0.018	0.017	0.023	0.021	0.011	0.012	0.014	0.019	0.017	0.019	0.019
2	0.015	0.023	0.017	0.018	0.021	0.017	0.026	0.013	0.016	0.016	0.017	0.027	0.016
3	0.017	0.026	0.023	0.017	0.010	0.008	0.015	0.010	0.016	0.017	0.018	0.019	0.015
4	0.016	0.022	0.015	0.019	0.018	0.026	0.013	0.019	0.015	0.008	0.014	0.019	0.016
5	0.015	0.025	0.021	0.014	0.008	0.021	0.017	0.022	0.018	0.016	0.016	0.015	0.015
6	0.015	0.021	0.011	0.012	0.026	0.015	0.012	0.014	0.015	0.014	0.018	0.022	0.012
7	0.018	0.022	0.018	0.015	0.016	0.006	0.013	0.016	0.017	0.015	0.001	0.011	0.014
8	0.018	0.027	0.022	0.012	0.017	0.021	0.013	0.003	0.014	0.008	0.018	0.018	0.014
9	0.016	0.020	0.018	0.062	0.013	0.017	0.012	0.023	0.012	0.013	0.013	0.018	0.015
10	0.016	0.023	0.016	0.017	0.022	0.016	0.017	0.020	0.014	0.023	0.016	0.022	0.020
11	0.014	0.023	0.012	0.026	0.023	0.019	0.014	0.012	0.012	0.026	0.017	0.015	0.015
12	0.020	0.021	0.013	0.004	0.015	0.017	0.011	0.016	0.013	0.017	0.017	0.016	0.011

Sample no.	RunOrder												
	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117
13	0.016	0.011	0.018	0.002	0.015	0.018	0.001	0.018	0.011	0.013	0.012	0.012	0.007
14	0.017	0.014	0.016	0.026	0.012	0.016	0.018	0.012	0.017	0.012	0.012	0.012	0.023
15	0.014	0.025	0.013	0.020	0.016	0.016	0.009	0.014	0.012	0.013	0.012	0.012	0.016
16	0.017	0.015	0.014	0.013	0.015	0.020	0.011	0.016	0.011	0.002	0.001	0.007	0.016
17	0.019	0.007	0.012	0.019	0.020	0.016	0.001	0.011	0.010	0.012	0.013	0.015	0.012
18	0.027	0.021	0.010	0.012	0.015	0.015	0.016	0.016	0.010	0.012	0.010	0.011	0.010
19	0.014	0.019	0.010	0.022	0.016	0.011	0.009	0.006	0.007	0.012	0.015	0.013	0.001
20	0.011	0.019	0.007	0.016	0.008	0.014	0.006	0.008	0.018	0.010	0.012	0.014	0.005
21	0.024	0.020	0.023	0.017	0.015	0.011	0.011	0.019	0.013	0.014	0.011	0.011	0.015
22	0.018	0.016	0.012	0.010	0.015	0.013	0.008	0.015	0.012	0.013	0.011	0.009	0.012
23	0.013	0.020	0.014	0.009	0.021	0.003	0.011	0.013	0.011	0.016	0.012	0.011	0.006
24	0.015	0.018	0.015	0.018	0.020	0.012	0.011	0.019	0.012	0.012	0.014	0.014	0.010
25	0.010	0.013	0.016	0.012	0.016	0.020	0.009	0.009	0.004	0.009	0.011	0.009	0.016
26	0.006	0.012	0.014	0.014	0.012	0.016	0.010	0.011	0.014	0.011	0.010	0.008	0.010
27	0.020	0.017	0.013	0.003	0.014	0.006	0.013	0.018	0.013	0.012	0.013	0.016	0.010
28	0.013	0.018	0.011	0.010	0.011	0.020	0.008	0.012	0.013	0.008	0.005	0.011	0.012
29	0.013	0.013	0.005	0.015	0.019	0.012	0.011	0.016	0.009	0.010	0.022	0.013	0.011
30	0.011	0.022	0.014	0.027	0.016	0.013	0.007	0.012	0.011	0.011	0.012	0.014	0.015
31	0.018	0.017	0.011	0.009	0.014	0.006	0.013	0.011	0.010	0.009	0.016	0.012	0.009
32	0.011	0.016	0.012	0.012	0.012	0.017	0.007	0.001	0.011	0.009	0.012	0.020	0.016
33	0.008	0.010	0.009	0.009	0.013	0.015	0.009	0.018	0.001	0.010	0.009	0.010	0.010
34	0.012	0.018	0.010	0.005	0.014	0.010	0.011	0.012	0.010	0.005	0.010	0.017	0.019
35	0.031	0.042	0.027	0.028	0.015	0.008	0.019	0.011	0.022	0.032	0.017	0.022	0.019
36	0.024	0.013	0.014	0.008	0.014	0.017	0.011	0.012	0.007	0.011	0.003	0.011	0.005
37	0.011	0.008	0.011	0.016	0.019	0.010	0.007	0.013	0.009	0.007	0.014	0.009	0.007
38	0.008	0.014	0.013	0.006	0.009	0.012	0.008	0.015	0.010	0.010	0.012	0.010	0.009
39	0.014	0.014	0.015	0.012	0.010	0.016	0.001	0.011	0.009	0.009	0.011	0.008	0.011
40	0.034	0.029	0.029	0.027	0.036	0.024	0.022	0.023	0.038	0.044	0.027	0.035	0.030
41	0.015	0.015	0.005	0.010	0.013	0.009	0.025	0.010	0.010	0.017	0.009	0.001	0.008
42	0.014	0.015	0.002	0.007	0.013	0.008	0.009	0.002	0.009	0.001	0.010	0.008	0.011

Sample no.	RunOrder												
	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117
43	0.010	0.012	0.016	0.009	0.010	0.014	0.010	0.017	0.009	0.008	0.010	0.011	0.007
44	0.009	0.012	0.014	0.009	0.013	0.011	0.009	0.003	0.009	0.007	0.010	0.015	0.007
45	0.015	0.011	0.010	0.016	0.008	0.016	0.014	0.013	0.010	0.006	0.008	0.009	0.011
46	0.013	0.014	0.009	0.013	0.013	0.008	0.007	0.008	0.005	0.004	0.013	0.011	0.005
47	0.015	0.009	0.014	0.007	0.010	0.010	0.004	0.012	0.001	0.005	0.013	0.008	0.008
48	0.014	0.018	0.006	0.008	0.007	0.008	0.008	0.009	0.014	0.011	0.009	0.009	0.015
49	0.009	0.012	0.012	0.012	0.009	0.012	0.009	0.013	0.004	0.006	0.009	0.012	0.009
50	0.009	0.012	0.009	0.021	0.010	0.011	0.010	0.010	0.008	0.014	0.008	0.007	0.002
51	0.007	0.017	0.012	0.012	0.010	0.012	0.007	0.008	0.011	0.005	0.010	0.014	0.009
52	0.013	0.009	0.012	0.008	0.017	0.012	0.009	0.011	0.004	0.009	0.005	0.009	0.006
53	0.008	0.010	0.009	0.008	0.015	0.014	0.009	0.007	0.019	0.009	0.009	0.011	0.007
54	0.002	0.014	0.011	0.007	0.012	0.010	0.006	0.012	0.010	0.010	0.006	0.008	0.008
55	0.006	0.010	0.008	0.019	0.008	0.009	0.012	0.011	0.001	0.008	0.012	0.008	0.008
56	0.009	0.011	0.005	0.013	0.012	0.009	0.005	0.008	0.014	0.006	0.009	0.006	0.007
57	0.010	0.013	0.010	0.011	0.008	0.007	0.006	0.010	0.005	0.012	0.006	0.005	0.006
58	0.008	0.011	0.011	0.007	0.012	0.005	0.007	0.010	0.009	0.005	0.009	0.008	0.011
59	0.010	0.014	0.005	0.009	0.010	0.003	0.010	0.015	0.009	0.010	0.010	0.006	0.005
60	0.021	0.013	0.006	0.006	0.012	0.008	0.010	0.009	0.009	0.007	0.006	0.008	0.009
Ave.	0.0145	0.0167	0.0132	0.0140	0.0144	0.0131	0.0106	0.0125	0.0114	0.0117	0.0117	0.0127	0.0114

Sample no.	RunOrder											
	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
1	0.017	0.019	0.023	0.020	0.021	0.025	0.013	0.013	0.020	0.015	0.022	0.026
2	0.018	0.017	0.017	0.015	0.016	0.016	0.027	0.009	0.017	0.016	0.020	0.018
3	0.012	0.016	0.007	0.017	0.014	0.016	0.016	0.020	0.018	0.003	0.021	0.005
4	0.011	0.015	0.018	0.014	0.017	0.016	0.012	0.017	0.014	0.014	0.019	0.016
5	0.017	0.014	0.020	0.016	0.017	0.014	0.031	0.021	0.016	0.013	0.023	0.017
6	0.011	0.016	0.017	0.015	0.015	0.014	0.014	0.015	0.017	0.022	0.020	0.012
7	0.021	0.013	0.016	0.012	0.015	0.012	0.011	0.004	0.014	0.012	0.018	0.016
8	0.015	0.015	0.021	0.010	0.015	0.011	0.019	0.012	0.015	0.017	0.003	0.014

Sample no.	RunOrder											
	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
9	0.014	0.030	0.012	0.015	0.019	0.016	0.015	0.013	0.015	0.011	0.012	0.017
10	0.015	0.017	0.013	0.021	0.016	0.016	0.013	0.014	0.025	0.011	0.020	0.016
11	0.012	0.015	0.014	0.008	0.013	0.009	0.005	0.015	0.016	0.013	0.014	0.012
12	0.011	0.016	0.008	0.009	0.013	0.011	0.015	0.014	0.012	0.011	0.020	0.010
13	0.014	0.014	0.013	0.010	0.014	0.010	0.010	0.013	0.013	0.012	0.013	0.014
14	0.015	0.013	0.010	0.012	0.011	0.014	0.016	0.014	0.013	0.014	0.015	0.020
15	0.015	0.012	0.013	0.012	0.007	0.009	0.013	0.012	0.012	0.016	0.020	0.010
16	0.016	0.013	0.013	0.003	0.010	0.010	0.009	0.011	0.014	0.013	0.017	0.011
17	0.015	0.013	0.014	0.011	0.012	0.010	0.024	0.009	0.011	0.010	0.016	0.012
18	0.016	0.012	0.015	0.013	0.012	0.010	0.013	0.013	0.009	0.012	0.012	0.011
19	0.013	0.013	0.016	0.003	0.017	0.011	0.013	0.009	0.011	0.010	0.020	0.012
20	0.011	0.010	0.020	0.012	0.011	0.008	0.009	0.008	0.011	0.008	0.019	0.010
21	0.013	0.005	0.014	0.011	0.018	0.011	0.014	0.010	0.016	0.011	0.003	0.010
22	0.003	0.026	0.010	0.009	0.001	0.011	0.011	0.011	0.013	0.011	0.015	0.010
23	0.009	0.011	0.010	0.005	0.018	0.011	0.011	0.008	0.011	0.010	0.010	0.008
24	0.010	0.012	0.013	0.012	0.020	0.009	0.008	0.014	0.010	0.012	0.017	0.009
25	0.016	0.009	0.014	0.010	0.012	0.009	0.019	0.009	0.013	0.004	0.011	0.014
26	0.013	0.017	0.004	0.012	0.009	0.007	0.009	0.009	0.012	0.016	0.015	0.018
27	0.012	0.011	0.012	0.011	0.010	0.011	0.015	0.004	0.012	0.011	0.008	0.012
28	0.009	0.012	0.015	0.013	0.014	0.010	0.013	0.015	0.011	0.008	0.009	0.010
29	0.008	0.005	0.008	0.009	0.010	0.009	0.009	0.011	0.010	0.014	0.010	0.007
30	0.009	0.010	0.009	0.008	0.010	0.007	0.011	0.009	0.010	0.012	0.009	0.009
31	0.011	0.016	0.006	0.013	0.009	0.013	0.009	0.014	0.012	0.008	0.003	0.020
32	0.012	0.012	0.006	0.012	0.009	0.009	0.010	0.013	0.003	0.007	0.021	0.010
33	0.013	0.007	0.021	0.010	0.010	0.005	0.011	0.011	0.022	0.012	0.010	0.012
34	0.012	0.017	0.010	0.010	0.010	0.016	0.011	0.008	0.011	0.009	0.010	0.008
35	0.015	0.010	0.018	0.017	0.022	0.026	0.019	0.019	0.020	0.016	0.020	0.024
36	0.014	0.019	0.008	0.009	0.016	0.010	0.009	0.007	0.016	0.008	0.012	0.009
37	0.013	0.019	0.011	0.004	0.014	0.011	0.008	0.009	0.011	0.011	0.002	0.008
38	0.013	0.015	0.010	0.013	0.011	0.008	0.007	0.008	0.011	0.024	0.016	0.009

Sample no.	RunOrder											
	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
39	0.010	0.012	0.001	0.012	0.010	0.008	0.016	0.007	0.009	0.011	0.010	0.012
40	0.052	0.030	0.039	0.026	0.029	0.037	0.031	0.038	0.039	0.027	0.043	0.035
41	0.009	0.010	0.009	0.007	0.006	0.008	0.009	0.005	0.002	0.010	0.013	0.017
42	0.007	0.009	0.021	0.010	0.009	0.008	0.010	0.011	0.017	0.009	0.016	0.006
43	0.012	0.012	0.009	0.009	0.009	0.019	0.014	0.008	0.010	0.009	0.011	0.008
44	0.008	0.008	0.010	0.007	0.009	0.009	0.013	0.005	0.004	0.007	0.013	0.011
45	0.009	0.015	0.008	0.007	0.001	0.009	0.014	0.012	0.001	0.011	0.013	0.013
46	0.017	0.010	0.010	0.008	0.012	0.008	0.009	0.009	0.011	0.007	0.011	0.011
47	0.008	0.003	0.005	0.006	0.013	0.006	0.007	0.012	0.010	0.007	0.010	0.025
48	0.011	0.010	0.006	0.007	0.007	0.010	0.009	0.011	0.010	0.001	0.009	0.007
49	0.008	0.008	0.004	0.009	0.010	0.012	0.023	0.007	0.008	0.008	0.011	0.016
50	0.011	0.007	0.008	0.007	0.008	0.006	0.010	0.007	0.003	0.009	0.008	0.014
51	0.009	0.011	0.012	0.007	0.008	0.005	0.008	0.007	0.009	0.009	0.009	0.009
52	0.012	0.006	0.005	0.009	0.009	0.009	0.008	0.009	0.015	0.007	0.008	0.011
53	0.008	0.011	0.007	0.007	0.003	0.010	0.008	0.008	0.010	0.010	0.012	0.019
54	0.008	0.009	0.008	0.010	0.004	0.011	0.007	0.006	0.010	0.007	0.005	0.011
55	0.007	0.011	0.006	0.010	0.014	0.008	0.006	0.008	0.010	0.008	0.006	0.027
56	0.008	0.008	0.009	0.006	0.008	0.007	0.016	0.006	0.007	0.008	0.007	0.015
57	0.007	0.006	0.002	0.006	0.006	0.008	0.006	0.009	0.007	0.009	0.006	0.025
58	0.006	0.020	0.008	0.005	0.007	0.008	0.008	0.009	0.009	0.008	0.006	0.004
59	0.010	0.011	0.006	0.009	0.009	0.005	0.009	0.008	0.009	0.005	0.006	0.026
60	0.007	0.009	0.007	0.008	0.010	0.006	0.009	0.009	0.008	0.009	0.002	0.023
Ave.	0.0123	0.0129	0.0117	0.0105	0.0118	0.0111	0.0125	0.0109	0.0123	0.0109	0.0130	0.0139

3. ผลการทดลองของขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวน สำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานต่ำ

Sample no.	RunOrder												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0.074	0.060	0.072	0.064	0.070	0.083	0.074	0.060	0.100	0.048	0.067	0.038	0.070

Sample no.	RunOrder												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	0.092	0.043	0.056	0.089	0.089	0.070	0.073	0.084	0.081	0.065	0.061	0.061	0.072
3	0.075	0.085	0.054	0.076	0.089	0.073	0.064	0.076	0.076	0.082	0.091	0.061	0.068
4	0.080	0.072	0.015	0.031	0.095	0.061	0.061	0.069	0.081	0.080	0.067	0.018	0.059
5	0.081	0.111	0.070	0.108	0.096	0.074	0.086	0.057	0.710	0.084	0.062	0.014	0.066
6	0.087	0.077	0.056	0.061	0.097	0.009	0.095	0.650	0.075	0.038	0.072	0.067	0.083
7	0.072	0.070	0.083	0.055	0.106	0.076	0.067	0.430	0.071	0.070	0.053	0.056	0.065
8	0.068	0.134	0.062	0.060	0.081	0.061	0.071	0.063	0.092	0.065	0.053	0.057	0.072
9	0.067	0.081	0.051	0.055	0.066	0.074	0.360	0.068	0.032	0.065	0.063	0.006	0.060
10	0.070	0.075	0.058	0.048	0.071	0.020	0.079	0.098	0.057	0.042	0.061	0.066	0.073
11	0.066	0.109	0.057	0.050	0.079	0.051	0.054	0.087	0.123	0.074	0.068	0.061	0.058
12	0.058	0.074	0.057	0.053	0.178	0.063	0.072	0.058	0.080	0.058	0.033	0.052	0.056
13	0.077	0.061	0.058	0.055	0.059	0.034	0.057	0.049	0.067	0.102	0.083	0.074	0.058
14	0.103	0.071	0.023	0.063	0.090	0.059	0.003	0.063	0.067	0.055	0.085	0.060	0.022
15	0.073	0.066	0.090	0.018	0.081	0.084	0.078	0.057	0.071	0.091	0.065	0.038	0.044
16	0.063	0.062	0.045	0.077	0.074	0.037	0.060	0.011	0.086	0.062	0.052	0.060	0.066
17	0.074	0.066	0.055	0.075	0.054	0.078	0.087	0.077	0.540	0.070	0.056	0.052	0.047
18	0.058	0.063	0.055	0.046	0.030	0.092	0.072	0.055	0.109	0.062	0.060	0.048	0.040
19	0.048	0.051	0.063	0.024	0.096	0.530	0.048	0.070	0.065	0.080	0.068	0.054	0.039
20	0.076	0.067	0.043	0.067	0.066	0.050	0.064	0.049	0.048	0.046	0.060	0.049	0.077
21	0.116	0.089	0.063	0.051	0.067	0.072	0.059	0.051	0.059	0.089	0.056	0.063	0.007
22	0.064	0.080	0.060	0.003	0.077	0.053	0.058	0.019	0.590	0.069	0.055	0.046	0.070
23	0.035	0.068	0.058	0.048	0.083	0.057	0.062	0.039	0.078	0.046	0.058	0.047	0.052
24	0.061	0.075	0.042	0.045	0.066	0.056	0.054	0.070	0.061	0.062	0.056	0.015	0.054
25	0.022	0.053	0.048	0.043	0.037	0.061	0.039	0.041	0.057	0.059	0.066	0.006	0.043
26	0.054	0.081	0.050	0.047	0.065	0.048	0.044	0.058	0.007	0.044	0.046	0.041	0.052
27	0.002	0.060	0.940	0.046	0.073	0.056	0.043	0.050	0.052	0.044	0.062	0.037	0.050
28	0.118	0.013	0.056	0.020	0.053	0.480	0.058	0.054	0.072	0.059	0.044	0.031	0.450
29	0.063	0.081	0.057	0.096	0.090	0.065	0.052	0.041	0.055	0.056	0.057	0.039	0.043
30	0.057	0.065	0.033	0.025	0.004	0.048	0.050	0.062	0.054	0.042	0.047	0.010	0.050
31	0.031	0.062	0.049	0.105	0.057	0.066	0.069	0.057	0.071	0.047	0.065	0.062	0.029

Sample no.	RunOrder												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
32	0.102	0.064	0.062	0.022	0.059	0.590	0.045	0.074	0.049	0.008	0.041	0.055	0.041
33	0.060	0.070	0.013	0.093	0.027	0.050	0.061	0.034	0.058	0.098	0.050	0.026	0.122
34	0.059	0.066	0.065	0.044	0.076	0.040	0.039	0.048	0.052	0.057	0.069	0.072	0.042
35	0.078	0.070	0.035	0.071	0.095	0.069	0.122	0.111	0.082	0.069	0.102	0.010	0.074
36	0.003	0.051	0.004	0.042	0.053	0.056	0.064	0.037	0.058	0.013	0.054	0.050	0.400
37	0.091	0.057	0.057	0.039	0.061	0.056	0.016	0.004	0.032	0.071	0.059	0.036	0.036
38	0.050	0.052	0.047	0.032	0.020	0.006	0.068	0.058	0.054	0.046	0.056	0.041	0.052
39	0.051	0.056	0.050	0.044	0.106	0.044	0.125	0.095	0.057	0.006	0.050	0.043	0.051
40	0.057	0.051	0.004	0.061	0.067	0.035	0.065	0.067	0.088	0.108	0.073	0.060	0.065
41	0.063	0.052	0.039	0.015	0.091	0.086	0.048	0.057	0.027	0.048	0.051	0.076	0.059
42	0.064	0.060	0.086	0.056	0.062	0.035	0.049	0.021	0.057	0.013	0.042	0.044	0.003
43	0.013	0.041	0.053	0.037	0.047	0.050	0.049	0.046	0.006	0.042	0.093	0.026	0.072
44	0.090	0.054	0.042	0.051	0.079	0.031	0.049	0.042	0.051	0.066	0.076	0.075	0.051
45	0.057	0.050	0.063	0.039	0.040	0.091	0.046	0.067	0.041	0.045	0.073	0.062	0.051
46	0.038	0.045	0.053	0.067	0.054	0.061	0.036	0.053	0.044	0.050	0.043	0.027	0.034
47	0.038	0.041	0.053	0.003	0.048	0.043	0.056	0.042	0.029	0.046	0.043	0.026	0.050
48	0.045	0.055	0.053	0.031	0.044	0.049	0.043	0.015	0.044	0.007	0.430	0.033	0.049
49	0.030	0.051	0.034	0.042	0.100	0.057	0.003	0.065	0.036	0.065	0.037	0.004	0.053
50	0.074	0.090	0.053	0.040	0.044	0.073	0.062	0.042	0.057	0.053	0.037	0.047	0.035
51	0.043	0.056	0.039	0.086	0.040	0.053	0.034	0.039	0.047	0.051	0.024	0.039	0.048
52	0.048	0.044	0.056	0.038	0.028	0.047	0.046	0.045	0.033	0.038	0.054	0.044	0.062
53	0.053	0.039	0.040	0.005	0.026	0.065	0.037	0.070	0.016	0.041	0.035	0.004	0.007
54	0.037	0.044	0.045	0.047	0.065	0.054	0.047	0.033	0.031	0.070	0.019	0.100	0.056
55	0.045	0.056	0.049	0.032	0.048	0.059	0.043	0.091	0.040	0.105	0.040	0.034	0.010
56	0.016	0.043	0.041	0.031	0.035	0.048	0.033	0.041	0.370	0.052	0.026	0.056	0.018
57	0.043	0.039	0.033	0.028	0.023	0.052	0.045	0.033	0.043	0.010	0.030	0.046	0.003
58	0.085	0.046	0.047	0.022	0.024	0.146	0.036	0.051	0.046	0.006	0.046	0.026	0.059
59	0.031	0.028	0.044	0.054	0.033	0.038	0.035	0.059	0.020	0.042	0.096	0.098	0.052
60	0.051	0.063	0.059	0.077	0.036	0.078	0.053	0.064	0.099	0.093	0.065	0.067	0.051
Ave.	0.0600	0.0627	0.0650	0.0492	0.0645	0.0817	0.0611	0.0713	0.0909	0.0563	0.0634	0.0453	0.0634

Sample no.	RunOrder												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	0.078	0.036	0.052	0.055	0.051	0.049	0.021	0.046	0.048	0.056	0.044	0.046	0.049
2	0.074	0.063	0.075	0.060	0.032	0.081	0.050	0.053	0.060	0.004	0.049	0.055	0.021
3	0.063	0.063	0.064	0.050	0.075	0.042	0.077	0.070	0.037	0.042	0.040	0.051	0.081
4	0.034	0.050	0.002	0.099	0.052	0.450	0.047	0.073	0.053	0.051	0.044	0.072	0.065
5	0.067	0.046	0.065	0.007	0.049	0.046	0.061	0.062	0.060	0.062	0.049	0.048	0.065
6	0.091	0.045	0.068	0.074	0.038	0.062	0.048	0.055	0.076	0.042	0.062	0.056	0.046
7	0.085	0.086	0.064	0.049	0.078	0.039	0.053	0.079	0.031	0.058	0.062	0.047	0.044
8	0.031	0.048	0.062	0.068	0.052	0.001	0.051	0.055	0.062	0.095	0.057	0.018	0.060
9	0.036	0.103	0.037	0.052	0.048	0.033	0.040	0.047	0.050	0.048	0.053	0.056	0.049
10	0.045	0.058	0.064	0.043	0.072	0.043	0.051	0.050	0.052	0.041	0.054	0.046	0.040
11	0.115	0.052	0.055	0.043	0.023	0.034	0.039	0.040	0.039	0.053	0.047	0.027	0.043
12	0.060	0.057	0.063	0.040	0.060	0.047	0.043	0.046	0.047	0.003	0.057	0.089	0.047
13	0.075	0.026	0.049	0.043	0.049	0.034	0.021	0.034	0.046	0.084	0.055	0.052	0.005
14	0.063	0.036	0.054	0.042	0.005	0.048	0.050	0.040	0.048	0.045	0.043	0.056	0.056
15	0.089	0.067	0.049	0.030	0.054	0.012	0.035	0.017	0.051	0.047	0.047	0.037	0.034
16	0.880	0.053	0.062	0.094	0.044	0.042	0.042	0.028	0.005	0.031	0.032	0.035	0.048
17	0.003	0.041	0.080	0.031	0.042	0.036	0.044	0.047	0.048	0.040	0.045	0.059	0.038
18	0.064	0.005	0.069	0.096	0.085	0.048	0.074	0.036	0.025	0.051	0.052	0.033	0.036
19	0.063	0.052	0.043	0.045	0.006	0.039	0.041	0.056	0.061	0.037	0.040	0.042	0.037
20	0.009	0.052	0.008	0.007	0.056	0.031	0.043	0.037	0.057	0.045	0.044	0.064	0.038
21	0.016	0.036	0.044	0.045	0.051	0.013	0.018	0.040	0.047	0.043	0.063	0.056	0.044
22	0.077	0.046	0.046	0.002	0.009	0.038	0.007	0.072	0.042	0.046	0.002	0.039	0.076
23	0.046	0.038	0.135	0.067	0.044	0.030	0.023	0.039	0.041	0.050	0.040	0.045	0.030
24	0.056	0.052	0.060	0.031	0.036	0.025	0.033	0.053	0.013	0.043	0.041	0.041	0.062
25	0.055	0.056	0.050	0.054	0.046	0.037	0.021	0.040	0.026	0.044	0.032	0.043	0.029
26	0.054	0.036	0.037	0.047	0.041	0.030	0.031	0.010	0.046	0.027	0.010	0.040	0.048
27	0.070	0.058	0.009	0.074	0.034	0.030	0.040	0.043	0.060	0.035	0.033	0.033	0.037
28	0.081	0.036	0.068	0.037	0.043	0.035	0.054	0.046	0.036	0.045	0.040	0.037	0.043
29	0.063	0.051	0.050	0.025	0.046	0.030	0.053	0.062	0.041	0.035	0.037	0.006	0.041
30	0.062	0.021	0.036	0.002	0.046	0.028	0.003	0.052	0.017	0.052	0.029	0.013	0.034

Sample no.	RunOrder												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
31	0.041	0.031	0.080	0.052	0.038	0.029	0.038	0.022	0.056	0.045	0.027	0.034	0.039
32	0.055	0.048	0.047	0.040	0.042	0.035	0.041	0.077	0.045	0.028	0.056	0.048	0.003
33	0.006	0.035	0.014	0.027	0.014	0.023	0.037	0.036	0.003	0.038	0.047	0.068	0.022
34	0.072	0.045	0.081	0.083	0.053	0.029	0.019	0.037	0.029	0.066	0.032	0.073	0.041
35	0.061	0.061	0.040	0.040	0.028	0.046	0.001	0.056	0.055	0.060	0.054	0.053	0.061
36	0.037	0.033	0.040	0.033	0.088	0.037	0.048	0.053	0.018	0.042	0.023	0.036	0.028
37	0.038	0.042	0.061	0.026	0.064	0.031	0.027	0.028	0.044	0.042	0.033	0.042	0.031
38	0.047	0.040	0.040	0.028	0.048	0.023	0.029	0.022	0.037	0.028	0.031	0.012	0.033
39	0.055	0.032	0.037	0.066	0.037	0.022	0.027	0.039	0.039	0.082	0.028	0.051	0.006
40	0.065	0.047	0.071	0.051	0.059	0.044	0.048	0.057	0.045	0.046	0.050	0.052	0.035
41	0.051	0.034	0.059	0.038	0.042	0.019	0.052	0.007	0.005	0.026	0.030	0.047	0.036
42	0.074	0.052	0.048	0.028	0.035	0.028	0.037	0.042	0.049	0.039	0.033	0.050	0.007
43	0.059	0.025	0.017	0.027	0.035	0.025	0.025	0.039	0.038	0.028	0.032	0.029	0.035
44	0.041	0.045	0.048	0.032	0.074	0.017	0.035	0.040	0.026	0.028	0.030	0.035	0.032
45	0.034	0.029	0.066	0.019	0.006	0.025	0.055	0.037	0.011	0.044	0.001	0.019	0.048
46	0.044	0.021	0.077	0.029	0.025	0.028	0.032	0.040	0.037	0.024	0.080	0.023	0.025
47	0.058	0.029	0.020	0.022	0.057	0.008	0.029	0.029	0.020	0.050	0.029	0.011	0.021
48	0.049	0.042	0.062	0.031	0.038	0.030	0.042	0.051	0.039	0.024	0.022	0.051	0.046
49	0.040	0.031	0.046	0.009	0.036	0.017	0.032	0.037	0.033	0.011	0.020	0.026	0.035
50	0.048	0.026	0.050	0.039	0.025	0.017	0.038	0.032	0.031	0.051	0.005	0.081	0.038
51	0.036	0.041	0.002	0.023	0.040	0.019	0.033	0.026	0.028	0.036	0.068	0.032	0.041
52	0.041	0.047	0.059	0.033	0.038	0.025	0.035	0.023	0.022	0.030	0.068	0.035	0.030
53	0.049	0.033	0.051	0.028	0.025	0.031	0.011	0.065	0.034	0.028	0.028	0.036	0.033
54	0.044	0.022	0.040	0.035	0.012	0.022	0.068	0.007	0.023	0.028	0.028	0.068	0.027
55	0.009	0.012	0.041	0.032	0.034	0.032	0.029	0.025	0.027	0.035	0.036	0.035	0.030
56	0.038	0.057	0.061	0.020	0.022	0.021	0.017	0.006	0.033	0.026	0.019	0.045	0.009
57	0.087	0.036	0.047	0.027	0.031	0.019	0.026	0.009	0.025	0.029	0.013	0.019	0.058
58	0.057	0.027	0.021	0.033	0.033	0.017	0.027	0.040	0.029	0.040	0.034	0.016	0.034
59	0.023	0.044	0.047	0.031	0.014	0.012	0.027	0.031	0.037	0.037	0.040	0.084	0.021
60	0.083	0.052	0.082	0.075	0.046	0.065	0.083	0.006	0.039	0.028	0.041	0.053	0.048

Sample no.	RunOrder												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Ave.	0.0675	0.0431	0.0513	0.0412	0.0418	0.0385	0.0377	0.0408	0.0380	0.0412	0.0390	0.0434	0.0383

Sample no.	RunOrder												
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
1	0.038	0.021	0.035	0.051	0.045	0.050	0.063	0.035	0.058	0.048	0.050	0.067	0.042
2	0.042	0.036	0.119	0.099	0.056	0.048	0.080	0.055	0.015	0.067	0.070	0.058	0.036
3	0.036	0.042	0.038	0.002	0.049	0.014	0.091	0.079	0.487	0.066	0.067	0.064	0.025
4	0.049	0.042	0.053	0.071	0.058	0.062	0.072	0.058	0.068	0.054	0.067	0.075	0.054
5	0.179	0.042	0.047	0.055	0.045	0.048	0.046	0.063	0.059	0.057	0.059	0.124	0.028
6	0.042	0.046	0.045	0.041	0.041	0.047	0.081	0.050	0.011	0.078	0.069	0.054	0.025
7	0.049	0.003	0.064	0.048	0.014	0.045	0.081	0.008	0.054	0.054	0.041	0.055	0.034
8	0.048	0.045	0.046	0.039	0.041	0.048	0.081	0.047	0.049	0.063	0.096	0.062	0.055
9	0.046	0.003	0.086	0.042	0.070	0.017	0.062	0.073	0.016	0.055	0.043	0.053	0.036
10	0.039	0.035	0.040	0.012	0.038	0.044	0.064	0.059	0.055	0.057	0.102	0.051	0.034
11	0.022	0.038	0.065	0.028	0.046	0.093	0.063	0.066	0.044	0.049	0.069	0.051	0.021
12	0.063	0.044	0.033	0.051	0.038	0.048	0.068	0.052	0.004	0.051	0.070	0.049	0.034
13	0.050	0.038	0.038	0.058	0.056	0.046	0.062	0.055	0.058	0.049	0.033	0.047	0.030
14	0.051	0.040	0.021	0.038	0.039	0.037	0.063	0.064	0.036	0.045	0.102	0.045	0.023
15	0.042	0.042	0.034	0.049	0.048	0.003	0.072	0.041	0.022	0.045	0.075	0.044	0.038
16	0.014	0.031	0.058	0.012	0.017	0.051	0.077	0.048	0.038	0.044	0.060	0.043	0.030
17	0.053	0.033	0.005	0.044	0.043	0.053	0.095	0.049	0.050	0.046	0.044	0.045	0.054
18	0.046	0.033	0.050	0.042	0.034	0.041	0.072	0.047	0.057	0.043	0.100	0.060	0.041
19	0.044	0.036	0.060	0.006	0.040	0.039	0.055	0.042	0.040	0.043	0.063	0.047	0.060
20	0.022	0.025	0.055	0.043	0.039	0.022	0.051	0.063	0.043	0.045	0.061	0.048	0.030
21	0.055	0.055	0.038	0.095	0.048	0.002	0.055	0.055	0.038	0.043	0.043	0.045	0.028
22	0.044	0.036	0.042	0.037	0.037	0.088	0.047	0.037	0.043	0.038	0.052	0.042	0.032
23	0.040	0.032	0.043	0.035	0.040	0.038	0.071	0.107	0.046	0.041	0.060	0.041	0.036
24	0.036	0.038	0.032	0.035	0.043	0.035	0.005	0.059	0.045	0.047	0.055	0.042	0.029
25	0.013	0.042	0.044	0.031	0.039	0.037	0.102	0.050	0.037	0.044	0.043	0.045	0.032
26	0.064	0.030	0.051	0.053	0.037	0.005	0.055	0.095	0.037	0.037	0.044	0.039	0.022

Sample no.	RunOrder												
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
27	0.045	0.034	0.045	0.038	0.031	0.009	0.058	0.045	0.042	0.039	0.047	0.042	0.024
28	0.038	0.042	0.080	0.036	0.045	0.051	0.025	0.025	0.036	0.038	0.050	0.041	0.027
29	0.032	0.029	0.031	0.034	0.037	0.051	0.066	0.035	0.033	0.040	0.101	0.039	0.029
30	0.031	0.047	0.039	0.033	0.032	0.034	0.004	0.058	0.068	0.038	0.037	0.042	0.027
31	0.083	0.030	0.037	0.033	0.039	0.040	0.085	0.105	0.039	0.062	0.049	0.066	0.021
32	0.042	0.040	0.038	0.033	0.020	0.025	0.004	0.064	0.040	0.054	0.051	0.064	0.037
33	0.040	0.029	0.036	0.060	0.053	0.033	0.063	0.054	0.038	0.053	0.055	0.062	0.022
34	0.035	0.031	0.034	0.042	0.030	0.036	0.052	0.043	0.013	0.053	0.048	0.059	0.030
35	0.068	0.039	0.051	0.038	0.054	0.064	0.053	0.069	0.056	0.050	0.072	0.054	0.001
36	0.039	0.024	0.043	0.011	0.045	0.038	0.059	0.029	0.039	0.054	0.091	0.058	0.028
37	0.030	0.026	0.033	0.076	0.038	0.003	0.031	0.044	0.039	0.050	0.054	0.060	0.056
38	0.025	0.023	0.034	0.028	0.035	0.049	0.050	0.039	0.047	0.053	0.042	0.055	0.036
39	0.029	0.030	0.033	0.026	0.037	0.034	0.057	0.062	0.020	0.047	0.049	0.052	0.038
40	0.050	0.048	0.065	0.044	0.082	0.044	0.074	0.075	0.023	0.072	0.060	0.076	0.048
41	0.012	0.039	0.045	0.031	0.032	0.051	0.039	0.052	0.041	0.046	0.122	0.060	0.032
42	0.033	0.028	0.018	0.039	0.034	0.029	0.042	0.045	0.071	0.044	0.052	0.052	0.021
43	0.054	0.031	0.048	0.028	0.045	0.084	0.063	0.078	0.036	0.046	0.036	0.051	0.022
44	0.047	0.012	0.026	0.028	0.023	0.033	0.040	0.040	0.024	0.045	0.046	0.049	0.032
45	0.032	0.028	0.038	0.034	0.019	0.001	0.044	0.048	0.030	0.048	0.049	0.050	0.030
46	0.039	0.067	0.029	0.027	0.025	0.014	0.050	0.062	0.041	0.060	0.046	0.051	0.029
47	0.001	0.013	0.032	0.026	0.029	0.058	0.058	0.021	0.034	0.040	0.034	0.049	0.028
48	0.037	0.022	0.037	0.037	0.037	0.040	0.044	0.030	0.021	0.045	0.052	0.045	0.025
49	0.039	0.030	0.026	0.018	0.016	0.031	0.046	0.057	0.020	0.044	0.045	0.047	0.025
50	0.030	0.020	0.035	0.051	0.008	0.027	0.061	0.031	0.027	0.044	0.053	0.058	0.041
51	0.035	0.025	0.050	0.026	0.020	0.046	0.048	0.054	0.039	0.040	0.062	0.047	0.027
52	0.035	0.058	0.009	0.054	0.040	0.020	0.048	0.045	0.026	0.040	0.048	0.045	0.023
53	0.033	0.027	0.025	0.048	0.020	0.072	0.036	0.045	0.029	0.039	0.009	0.044	0.041
54	0.025	0.017	0.039	0.033	0.020	0.036	0.099	0.080	0.031	0.038	0.069	0.047	0.033
55	0.033	0.030	0.027	0.025	0.036	0.063	0.060	0.022	0.027	0.036	0.025	0.042	0.024
56	0.002	0.020	0.036	0.033	0.023	0.038	0.054	0.028	0.030	0.039	0.056	0.040	0.014

Sample no.	RunOrder												
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
57	0.054	0.035	0.029	0.025	0.021	0.006	0.042	0.025	0.010	0.035	0.040	0.045	0.044
58	0.031	0.028	0.021	0.024	0.015	0.054	0.038	0.036	0.030	0.037	0.004	0.041	0.016
59	0.032	0.027	0.032	0.029	0.077	0.023	0.046	0.036	0.015	0.032	0.090	0.041	0.072
60	0.045	0.011	0.048	0.042	0.040	0.044	0.063	0.063	0.164	0.038	0.068	0.048	0.062
Ave.	0.0411	0.0325	0.0415	0.0385	0.0377	0.0390	0.0573	0.0517	0.0465	0.0475	0.0575	0.0520	0.0329

Sample no.	RunOrder												
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
1	0.059	0.059	0.063	0.042	0.049	0.061	0.049	0.062	0.046	0.410	0.040	0.046	0.029
2	0.059	0.052	0.091	0.066	0.084	0.075	0.025	0.073	0.091	0.160	0.043	0.038	0.040
3	0.059	0.080	0.066	0.067	0.032	0.062	0.076	0.090	0.097	0.036	0.039	0.035	0.037
4	0.060	0.071	0.061	0.062	0.121	0.083	0.085	0.075	0.045	0.059	0.039	0.036	0.036
5	0.058	0.075	0.074	0.050	0.069	0.045	0.071	0.066	0.014	6.025	0.038	0.034	0.034
6	0.054	0.077	0.094	0.059	0.062	0.098	0.099	0.071	0.079	0.036	0.038	0.036	0.034
7	0.057	0.013	0.071	0.078	0.058	0.063	0.013	0.077	0.090	0.091	0.037	0.033	0.036
8	0.048	0.092	0.073	0.097	0.061	0.085	0.066	0.053	0.053	0.043	0.034	0.030	0.034
9	0.053	0.011	0.071	0.050	0.066	0.004	0.106	0.074	0.540	0.037	0.036	0.032	0.034
10	0.054	0.091	0.004	0.049	0.065	0.072	0.133	0.082	0.113	0.048	0.036	0.033	0.031
11	0.052	0.087	0.084	0.018	0.062	0.078	0.062	0.072	0.069	0.044	0.035	0.034	0.031
12	0.047	0.107	0.081	0.066	0.008	0.100	0.064	0.019	0.065	0.057	0.033	0.031	0.034
13	0.052	0.054	0.033	0.060	0.082	0.080	0.065	0.057	0.075	0.038	0.037	0.032	0.036
14	0.049	0.060	0.063	0.018	0.055	0.069	0.062	0.071	0.065	0.048	0.031	0.029	0.034
15	0.470	0.061	0.058	0.065	0.060	0.058	0.037	0.080	0.098	0.046	0.032	0.062	0.050
16	0.043	0.053	0.053	0.065	0.064	0.077	0.082	0.069	0.116	0.064	0.032	0.029	0.027
17	0.044	0.068	0.067	0.045	0.042	0.065	0.055	0.012	0.053	0.042	0.033	0.029	0.029
18	0.044	0.122	0.066	0.045	0.093	0.061	0.066	0.128	0.060	0.044	0.031	0.026	0.029
19	0.044	0.065	0.052	0.038	0.055	0.052	0.043	0.076	0.058	0.041	0.028	0.026	0.027
20	0.041	0.017	0.050	0.053	0.003	0.069	0.067	0.057	0.059	0.039	0.030	0.028	0.028
21	0.040	0.034	0.053	0.043	0.064	0.066	0.059	0.064	0.066	0.049	0.029	0.027	0.026
22	0.039	0.061	0.095	0.043	0.050	0.056	0.047	0.062	0.067	0.037	0.029	0.027	0.027

Sample no.	RunOrder												
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
23	0.038	0.052	0.067	0.046	0.036	0.057	0.072	0.058	0.039	0.052	0.028	0.026	0.027
24	0.040	0.052	0.066	0.043	0.047	0.058	0.063	0.051	0.100	0.034	0.030	0.027	0.026
25	0.350	0.054	0.060	0.004	0.053	0.087	0.136	0.021	0.052	0.037	0.027	0.026	0.027
26	0.038	0.064	0.040	0.100	0.007	0.059	0.057	0.048	0.056	0.011	0.028	0.026	0.025
27	0.039	0.031	0.053	0.054	0.046	0.069	0.056	0.071	0.056	0.032	0.027	0.026	0.028
28	0.037	0.071	0.067	0.062	0.027	0.062	0.032	0.068	0.052	0.026	0.026	0.023	0.025
29	0.038	0.069	0.055	0.048	0.048	0.063	0.053	0.055	0.065	0.046	0.025	0.024	0.023
30	0.034	0.047	0.052	0.048	0.041	0.051	0.028	0.063	0.054	0.076	0.026	0.025	0.025
31	0.055	0.055	0.056	0.042	0.039	0.010	0.040	0.013	0.063	0.006	0.042	0.041	0.038
32	0.071	0.088	0.049	0.012	0.043	0.081	0.067	0.067	0.065	0.044	0.038	0.042	0.036
33	0.060	0.062	0.058	0.087	0.080	0.052	0.082	0.044	0.043	0.039	0.040	0.039	0.035
34	0.052	0.056	0.050	0.049	0.023	0.059	0.060	0.056	0.046	0.025	0.040	0.037	0.036
35	0.660	0.059	0.061	0.047	0.050	0.060	0.071	0.059	0.073	0.054	0.045	0.045	0.048
36	0.055	0.078	0.063	0.039	0.047	0.036	0.050	0.054	0.055	0.066	0.039	0.035	0.034
37	0.053	0.069	0.057	0.040	0.065	0.013	0.045	0.048	0.045	0.082	0.037	0.036	0.033
38	0.050	0.053	0.046	0.039	0.040	0.045	0.047	0.069	0.012	0.050	0.037	0.036	0.033
39	0.049	0.054	0.096	0.051	0.440	0.048	0.040	0.065	0.039	0.041	0.035	0.340	0.030
40	0.070	0.073	0.073	0.065	0.076	0.018	0.058	0.001	0.068	0.042	0.046	0.047	0.041
41	0.049	0.050	0.030	0.029	0.053	0.040	0.002	0.045	0.015	0.040	0.035	0.036	0.031
42	0.048	0.060	0.060	0.041	0.032	0.035	0.046	0.074	0.073	0.031	0.032	0.032	0.031
43	0.048	0.370	0.072	0.034	0.047	0.050	0.088	0.048	0.048	0.026	0.032	0.032	0.028
44	0.049	0.058	0.053	0.032	0.046	0.067	0.047	0.049	0.046	0.379	0.032	0.031	0.028
45	0.041	0.006	0.039	0.036	0.052	0.061	0.045	0.049	0.014	0.030	0.033	0.031	0.029
46	0.044	0.036	0.040	0.053	0.045	0.053	0.045	0.044	0.048	0.194	0.029	0.032	0.026
47	0.410	0.090	0.046	0.026	0.046	0.042	0.068	0.003	0.045	0.019	0.030	0.031	0.027
48	0.040	0.061	0.038	0.036	0.001	0.035	0.045	0.061	0.090	0.024	0.031	0.031	0.029
49	0.039	0.041	0.045	0.049	0.039	0.029	0.050	0.086	0.048	0.028	0.029	0.031	0.026
50	0.040	0.033	0.044	0.035	0.058	0.030	0.049	0.041	0.039	0.007	0.028	0.029	0.024
51	0.041	0.045	0.028	0.040	0.023	0.085	0.052	0.053	0.051	0.037	0.028	0.027	0.027
52	0.041	0.043	0.086	0.030	0.081	0.071	0.050	0.046	0.046	0.039	0.027	0.033	0.025

Sample no.	RunOrder												
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
53	0.039	0.040	0.042	0.034	0.053	0.043	0.037	0.014	0.055	0.032	0.028	0.027	0.024
54	0.046	0.028	0.044	0.015	0.044	0.068	0.041	0.065	0.037	0.056	0.028	0.026	0.026
55	0.034	0.058	0.045	0.033	0.034	0.017	0.036	0.030	0.019	0.023	0.030	0.035	0.030
56	0.041	0.059	0.039	0.045	0.014	0.040	0.049	0.090	0.100	0.037	0.026	0.026	0.024
57	0.036	0.034	0.032	0.031	0.093	0.027	0.005	0.047	0.010	0.027	0.025	0.023	0.021
58	0.034	0.082	0.042	0.029	0.033	0.059	0.044	0.008	0.040	0.023	0.027	0.024	0.024
59	0.036	0.050	0.043	0.048	0.048	0.048	0.031	0.088	0.098	0.033	0.025	0.023	0.022
60	0.035	0.098	0.123	0.053	0.058	0.056	0.086	0.067	0.073	0.031	0.024	0.023	0.023
Ave.	0.0751	0.0640	0.0581	0.0464	0.0569	0.0561	0.0568	0.0568	0.0666	0.1562	0.0326	0.0370	0.0303

Sample no.	RunOrder												
	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
1	0.038	0.050	0.043	0.125	0.036	0.044	0.030	0.028	0.055	0.025	0.041	0.043	0.068
2	0.040	0.019	0.037	0.080	0.060	0.036	0.043	0.022	0.047	0.048	0.040	0.050	0.016
3	0.029	0.051	0.034	0.043	0.026	0.045	0.049	0.052	0.049	0.058	0.041	0.049	0.050
4	0.028	0.080	0.032	0.041	0.098	0.048	0.038	0.004	0.051	0.051	0.033	0.043	0.085
5	0.028	0.081	0.239	0.037	0.080	0.067	0.040	0.052	0.047	0.060	0.039	0.012	0.074
6	0.026	0.167	0.194	0.038	0.106	0.043	0.038	0.037	0.051	0.049	0.039	0.068	0.083
7	0.028	0.023	0.158	0.041	0.042	0.035	0.036	0.029	0.042	0.050	0.037	0.057	0.107
8	0.026	0.105	0.148	0.041	0.054	0.051	0.032	0.052	0.030	0.006	0.034	0.035	0.043
9	0.026	0.011	0.118	0.138	0.067	0.046	0.033	0.041	0.104	0.042	0.035	0.039	0.014
10	0.024	0.063	0.121	0.036	0.008	0.037	0.035	0.040	0.046	0.068	0.037	0.042	0.069
11	0.024	0.037	0.104	0.035	0.050	0.047	0.034	0.019	0.045	0.042	0.033	0.046	0.066
12	0.024	0.072	0.101	0.035	0.013	0.054	0.033	0.001	0.040	0.027	0.034	0.043	0.074
13	0.023	0.066	0.089	0.032	0.043	0.034	0.032	0.031	0.038	0.011	0.031	0.062	0.061
14	0.023	0.050	0.089	0.032	0.054	0.050	0.043	0.002	0.035	0.062	0.031	0.046	0.064
15	0.022	0.017	0.081	0.035	0.050	0.042	0.033	0.050	0.036	0.041	0.032	0.043	0.057
16	0.022	0.048	0.076	0.031	0.050	0.038	0.032	0.024	0.034	0.056	0.033	0.037	0.040
17	0.021	0.037	0.071	0.031	0.030	0.041	0.029	0.055	0.018	0.043	0.032	0.022	0.082
18	0.020	0.042	0.070	0.029	0.045	0.042	0.032	0.048	0.081	0.043	0.030	0.044	0.063

Sample no.	RunOrder												
	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
19	0.020	0.095	0.063	0.029	0.048	0.023	0.032	0.040	0.054	0.039	0.030	0.009	0.020
20	0.020	0.028	0.063	0.029	0.047	0.045	0.030	0.045	0.021	0.013	0.030	0.044	0.065
21	0.020	0.042	0.057	0.028	0.027	0.058	0.029	0.030	0.087	0.053	0.028	0.041	0.065
22	0.020	0.035	0.057	0.030	0.049	0.050	0.028	0.034	0.044	0.035	0.029	0.047	0.065
23	0.019	0.225	0.058	0.027	0.028	0.049	0.027	0.037	0.050	0.055	0.041	0.089	0.053
24	0.020	0.101	0.054	0.028	0.029	0.034	0.027	0.031	0.006	0.037	0.028	0.043	0.064
25	0.018	0.046	0.055	0.027	0.032	0.044	0.029	0.004	0.077	0.038	0.028	0.034	0.059
26	0.018	0.026	0.052	0.026	0.035	0.045	0.024	0.080	0.043	0.055	0.026	0.041	0.066
27	0.018	0.014	0.052	0.027	0.030	0.046	0.026	0.039	0.032	0.042	0.028	0.026	0.086
28	0.018	0.032	0.042	0.025	0.042	0.036	0.026	0.037	0.033	0.039	0.026	0.090	0.027
29	0.017	0.040	0.042	0.026	0.014	0.037	0.025	0.034	0.034	0.004	0.025	0.041	0.002
30	0.016	0.038	0.044	0.250	0.046	0.039	0.024	0.014	0.038	0.034	0.026	0.028	0.033
31	0.051	0.005	0.041	0.041	0.015	0.051	0.047	0.002	0.026	0.034	0.121	0.037	0.073
32	0.041	0.055	0.040	0.051	0.019	0.044	0.061	0.035	0.039	0.049	0.043	0.044	0.059
33	0.040	0.032	0.040	0.043	0.058	0.051	0.038	0.044	0.005	0.059	0.042	0.038	0.025
34	0.039	0.064	0.038	0.040	0.028	0.002	0.040	0.031	0.054	0.043	0.040	0.062	0.062
35	0.037	0.078	0.046	0.039	0.014	0.071	0.038	0.049	0.066	0.073	0.040	0.013	0.061
36	0.039	0.065	0.035	0.041	0.030	0.041	0.040	0.035	0.017	0.031	0.039	0.055	0.072
37	0.035	0.021	0.034	0.036	0.043	0.030	0.058	0.027	0.027	0.040	0.036	0.025	0.004
38	0.033	0.050	0.038	0.046	0.034	0.036	0.041	0.029	0.080	0.037	0.039	0.017	0.016
39	0.035	0.036	0.030	0.127	0.029	0.039	0.036	0.034	0.007	0.038	0.037	0.087	0.079
40	0.059	0.061	0.046	0.235	0.039	0.044	0.065	0.043	0.008	0.048	0.070	0.045	0.053
41	0.035	0.032	0.030	0.036	0.035	0.045	0.033	0.019	0.028	0.036	0.031	0.034	0.045
42	0.032	0.028	0.029	1.698	0.021	0.032	0.033	0.001	0.046	0.034	0.035	0.033	0.094
43	0.032	0.036	0.029	0.165	0.031	0.038	0.034	0.044	0.065	0.027	0.032	0.046	0.063
44	0.032	0.085	0.029	0.033	0.042	0.027	0.034	0.041	0.360	0.028	0.033	0.022	0.052
45	0.029	0.070	0.029	0.035	0.028	0.028	0.030	0.028	0.045	0.058	0.040	0.046	0.073
46	0.033	0.138	0.029	0.044	0.032	0.034	0.031	0.032	0.034	0.002	0.061	0.027	0.012
47	0.029	0.039	0.027	0.043	0.032	0.023	0.028	0.024	0.025	0.021	0.031	0.027	0.004
48	0.033	0.002	0.026	0.027	0.025	0.028	0.030	0.027	0.029	0.011	0.032	0.026	0.081

Sample no.	RunOrder												
	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
49	0.029	0.072	0.026	0.090	0.038	0.057	0.026	0.018	0.033	0.048	0.045	0.006	0.052
50	0.031	0.043	0.025	0.035	0.035	0.040	0.040	0.011	0.009	0.031	0.039	0.027	0.042
51	0.028	0.039	0.028	0.029	0.021	0.030	0.027	0.076	0.034	0.032	0.043	0.052	0.039
52	0.029	0.057	0.025	0.028	0.028	0.032	0.029	0.034	0.032	0.039	0.033	0.015	0.023
53	0.028	0.048	0.023	0.028	0.010	0.011	0.027	0.034	0.025	0.021	0.026	0.034	0.043
54	0.032	0.053	0.024	0.270	0.048	0.028	0.027	0.029	0.018	0.009	0.031	0.018	0.052
55	0.025	0.046	0.023	0.033	0.020	0.004	0.025	0.004	0.038	0.041	0.028	0.038	0.037
56	0.028	0.024	0.024	0.025	0.029	0.059	0.027	0.019	0.028	0.032	0.031	0.033	0.042
57	0.038	0.022	0.018	0.024	0.044	0.021	0.035	0.013	0.014	0.026	0.026	0.013	0.035
58	0.030	0.051	0.021	0.026	0.037	0.024	0.038	0.010	0.038	0.027	0.025	0.036	0.035
59	0.026	0.031	0.022	0.028	0.021	0.027	0.029	0.021	0.047	0.032	0.027	0.062	0.117
60	0.025	0.154	0.022	0.133	0.017	0.006	0.033	0.054	0.050	0.118	0.028	0.051	0.118
Ave.	0.0285	0.0546	0.0557	0.0827	0.0374	0.0385	0.0342	0.0313	0.0449	0.0392	0.0360	0.0397	0.0547

Sample no.	RunOrder												
	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	0.061	0.059	0.031	0.057	0.066	0.074	0.053	0.055	0.069	0.045	0.039	0.052	0.056
2	0.053	0.015	0.037	0.043	0.082	0.064	0.063	0.050	0.085	0.043	0.043	0.060	0.064
3	0.060	0.077	0.059	0.075	0.061	0.049	0.061	0.053	0.056	0.052	0.001	0.055	0.052
4	0.065	0.056	0.043	0.061	0.032	0.071	0.054	0.008	0.048	0.058	0.052	0.049	0.051
5	0.057	0.063	0.050	0.063	0.063	0.007	0.058	0.049	0.026	0.001	0.021	0.068	0.053
6	0.058	0.062	0.044	0.040	0.073	0.059	0.076	0.068	0.093	0.035	0.077	0.049	0.051
7	0.066	0.032	0.038	0.046	0.063	0.044	0.034	0.052	0.056	0.054	0.053	0.045	0.046
8	0.076	0.093	0.001	0.009	0.052	0.077	0.073	0.065	0.051	0.051	0.034	0.045	0.034
9	0.060	0.053	0.012	0.071	0.062	0.050	0.016	0.024	0.055	0.006	0.044	0.062	0.042
10	0.047	0.059	0.007	0.053	0.054	0.066	0.095	0.043	0.023	0.075	0.029	0.028	0.051
11	0.051	0.014	0.056	0.034	0.050	0.060	0.062	0.057	0.034	0.033	0.054	0.049	0.049
12	0.051	0.072	0.029	0.049	0.067	0.077	0.062	0.087	0.071	0.055	0.068	0.034	0.065
13	0.051	0.051	0.053	0.106	0.049	0.054	0.059	0.079	0.060	0.073	0.033	0.053	0.047
14	0.061	0.050	0.039	0.022	0.055	0.065	0.052	0.079	0.012	0.063	0.039	0.055	0.045

Sample no.	RunOrder												
	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
15	0.046	0.035	0.045	0.044	0.060	0.053	0.047	0.051	0.091	0.050	0.036	0.039	0.058
16	0.041	0.086	0.036	0.069	0.036	0.055	0.048	0.055	0.060	0.043	0.039	0.038	0.043
17	0.084	0.067	0.073	0.060	0.077	0.028	0.050	0.081	0.077	0.072	0.015	0.070	0.097
18	0.076	0.044	0.047	0.057	0.052	0.027	0.053	0.044	0.083	0.001	0.071	0.044	0.055
19	0.065	0.061	0.036	0.046	0.050	0.051	0.050	0.060	0.066	0.016	0.067	0.041	0.047
20	0.038	0.056	0.034	0.042	0.056	0.056	0.053	0.055	0.052	0.046	0.034	0.045	0.076
21	0.076	0.047	0.034	0.060	0.060	0.056	0.040	0.041	0.097	0.061	0.001	0.045	0.051
22	0.082	0.004	0.029	0.068	0.067	0.029	0.048	0.070	0.056	0.004	0.035	0.051	0.056
23	0.017	0.066	0.029	0.032	0.052	0.074	0.051	0.042	0.054	0.034	0.102	0.051	0.050
24	0.061	0.038	0.086	0.071	0.051	0.049	0.051	0.056	0.009	0.084	0.016	0.050	0.038
25	0.044	0.048	0.043	0.052	0.044	0.023	0.042	0.050	0.058	0.047	0.011	0.005	0.019
26	0.039	0.050	0.032	0.047	0.041	0.060	0.024	0.049	0.039	0.046	0.056	0.048	0.079
27	0.224	0.026	0.055	0.057	0.060	0.034	0.078	0.043	0.056	0.045	0.075	0.055	0.063
28	0.036	0.068	0.036	0.038	0.036	0.026	0.038	0.043	0.051	0.031	0.041	0.106	0.021
29	0.050	0.058	0.026	0.059	0.056	0.046	0.045	0.045	0.038	0.007	0.022	0.047	0.041
30	0.044	0.044	0.058	0.036	0.110	0.042	0.070	0.043	0.045	0.053	0.054	0.044	0.102
31	0.033	0.051	0.041	0.041	0.031	0.690	0.072	0.029	0.049	0.004	0.037	0.084	0.060
32	0.040	0.044	0.032	0.057	0.060	0.052	0.039	0.036	0.044	0.040	0.018	0.043	0.044
33	0.062	0.037	0.030	0.059	0.049	0.038	0.041	0.040	0.036	0.050	0.020	0.032	0.043
34	0.055	0.064	0.022	0.010	0.067	0.051	0.038	0.023	0.033	0.002	0.084	0.056	0.048
35	0.067	0.042	0.042	0.076	0.038	0.042	0.040	0.008	0.059	0.033	0.037	0.034	0.051
36	0.073	0.033	0.024	0.035	0.047	0.046	0.045	0.052	0.052	0.054	0.033	0.038	0.041
37	0.084	0.067	0.074	0.071	0.058	0.060	0.010	0.080	0.070	0.077	0.054	0.090	0.093
38	0.071	0.052	0.058	0.056	0.060	0.065	0.054	0.059	0.057	0.052	0.051	0.056	0.070
39	0.040	0.043	0.037	0.060	0.060	0.050	0.080	0.036	0.051	0.035	0.043	0.043	0.056
40	0.078	0.044	0.047	0.077	0.082	0.038	0.046	0.077	0.075	0.095	0.068	0.097	0.071
41	0.039	0.025	0.034	0.083	0.049	0.034	0.077	0.052	0.052	0.004	0.033	0.055	0.081
42	0.036	0.022	0.032	0.066	0.027	0.050	0.079	0.050	0.051	0.042	0.038	0.047	0.078
43	0.041	0.008	0.034	0.052	0.035	0.029	0.208	0.056	0.051	0.031	0.341	0.076	0.079
44	0.049	0.032	0.033	0.097	0.072	0.012	0.051	0.060	0.051	0.005	0.037	0.051	0.035

Sample no.	RunOrder												
	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
45	0.046	0.038	0.036	0.056	0.052	0.029	0.054	0.067	0.045	0.041	0.296	0.056	0.038
46	0.040	0.030	0.036	0.054	0.043	0.039	0.050	0.052	0.049	0.039	0.038	0.050	0.037
47	0.055	0.045	0.031	0.009	0.015	0.038	0.046	0.051	0.044	0.023	0.029	0.038	0.039
48	0.041	0.035	0.031	0.058	0.076	0.002	0.022	0.044	0.048	0.035	0.027	0.019	0.063
49	0.037	0.029	0.028	0.039	0.052	0.037	0.213	0.041	0.050	0.028	0.031	0.079	0.057
50	0.026	0.021	0.028	0.056	0.028	0.029	0.069	0.060	0.047	0.032	0.022	0.063	0.052
51	0.029	0.022	0.027	0.051	0.038	0.039	0.002	0.036	0.051	0.033	0.030	0.021	0.050
52	0.033	0.043	0.027	0.038	0.043	0.031	0.078	0.056	0.047	0.022	0.151	0.041	0.050
53	0.044	0.016	0.028	0.045	0.075	0.036	0.067	0.110	0.045	0.025	0.030	0.102	0.061
54	0.042	0.016	0.028	0.049	0.069	0.021	0.031	0.031	0.048	0.020	0.027	0.060	0.048
55	0.025	0.046	0.115	0.044	0.034	0.041	0.090	0.060	0.037	0.026	0.037	0.044	0.006
56	0.034	0.030	0.034	0.036	0.076	0.035	0.088	0.049	0.048	0.074	0.018	0.043	0.047
57	0.029	0.031	0.027	0.033	0.025	0.029	0.112	0.067	0.048	0.020	0.042	0.048	0.079
58	0.036	0.029	0.032	0.059	0.050	0.016	0.090	0.038	0.040	0.035	0.058	0.051	0.026
59	0.065	0.023	0.025	0.052	0.063	0.048	0.260	0.047	0.041	0.026	0.038	0.041	0.101
60	0.058	0.014	0.027	0.070	0.071	0.059	0.030	0.058	0.043	0.039	0.018	0.093	0.069
Ave.	0.0477	0.0392	0.0365	0.0573	0.0645	0.0377	0.0851	0.0603	0.0505	0.0423	0.0516	0.0697	0.0667

Sample no.	RunOrder												
	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
1	0.045	0.005	0.043	0.031	0.045	0.041	0.048	0.058	0.019	0.057	0.053	0.028	0.037
2	0.044	0.036	0.053	0.075	0.041	0.034	0.054	0.025	0.044	0.042	0.005	0.031	0.029
3	0.039	0.074	0.013	0.006	0.021	0.032	0.052	0.085	0.029	0.026	0.034	0.033	0.034
4	0.031	0.050	0.038	0.071	0.017	0.033	0.007	0.022	0.049	0.040	0.048	0.011	0.038
5	0.003	0.039	0.033	0.009	0.053	0.168	0.042	0.047	0.021	0.029	0.029	0.057	0.040
6	0.033	0.067	0.068	0.093	0.010	0.040	0.045	0.033	0.005	0.047	0.086	0.045	0.034
7	0.097	0.011	0.036	0.044	0.047	0.246	0.041	0.025	0.038	0.037	0.034	0.040	0.008
8	0.045	0.056	0.034	0.010	0.030	0.015	0.040	0.032	0.035	0.028	0.028	0.036	0.062
9	0.043	0.004	0.030	0.014	0.034	0.055	0.048	0.062	0.042	0.035	0.030	0.046	0.027
10	0.018	0.038	0.036	0.011	0.028	0.001	0.027	0.025	0.034	0.032	0.036	0.041	0.031

Sample no.	RunOrder												
	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
11	0.071	0.067	0.030	0.075	0.004	0.040	0.034	0.056	0.030	0.034	0.029	0.030	0.031
12	0.069	0.071	0.064	0.049	0.056	0.040	0.048	0.057	0.015	0.068	0.049	0.047	0.049
13	0.040	0.048	0.042	0.035	0.034	0.010	0.043	0.037	0.046	0.037	0.041	0.045	0.029
14	0.046	0.044	0.045	0.021	0.027	0.038	0.041	0.042	0.030	0.015	0.018	0.046	0.043
15	0.036	0.045	0.038	0.037	0.028	0.026	0.038	0.038	0.035	0.059	0.023	0.033	0.032
16	0.044	0.047	0.030	0.043	0.025	0.006	0.029	0.035	0.033	0.039	0.034	0.050	0.038
17	0.063	0.076	0.054	0.044	0.042	0.039	0.048	0.095	0.042	0.047	0.093	0.038	0.060
18	0.049	0.039	0.048	0.025	0.020	0.069	0.033	0.004	0.026	0.027	0.056	0.034	0.014
19	0.039	0.003	0.014	0.022	0.023	0.039	0.041	0.042	0.068	0.057	0.072	0.050	0.037
20	0.023	0.085	0.020	0.008	0.007	0.033	0.007	0.031	0.036	0.037	0.014	0.029	0.035
21	0.041	0.041	0.033	0.032	0.025	0.007	0.067	0.005	0.037	0.034	0.026	0.012	0.030
22	0.029	0.004	0.076	0.038	0.032	0.038	0.034	0.041	0.031	0.047	0.035	0.029	0.025
23	0.033	0.103	0.044	0.030	0.022	0.046	0.033	0.039	0.031	0.024	0.009	0.039	0.047
24	0.039	0.036	0.038	0.045	0.025	0.029	0.037	0.023	0.038	0.030	0.022	0.038	0.057
25	0.045	0.053	0.029	0.035	0.033	0.013	0.021	0.035	0.035	0.031	0.042	0.002	0.039
26	0.015	0.058	0.032	0.029	0.032	0.036	0.030	0.028	0.030	0.030	0.034	0.037	0.030
27	0.073	0.052	0.069	0.021	0.027	0.030	0.031	0.032	0.024	0.035	0.044	0.029	0.058
28	0.039	0.040	0.037	0.022	0.021	0.031	0.023	0.033	0.045	0.011	0.033	0.039	0.041
29	0.035	0.039	0.037	0.043	0.021	0.025	0.017	0.022	0.014	0.057	0.029	0.031	0.048
30	0.046	0.029	0.039	0.016	0.018	0.051	0.040	0.025	0.025	0.055	0.031	0.036	0.012
31	0.037	0.043	0.033	0.016	0.016	0.062	0.009	0.020	0.044	0.036	0.035	0.021	0.037
32	0.032	0.022	0.033	0.046	0.022	0.047	0.055	0.026	0.031	0.025	0.033	0.041	0.005
33	0.035	0.043	0.031	0.030	0.035	0.032	0.032	0.074	0.036	0.022	0.003	0.035	0.055
34	0.031	0.045	0.041	0.031	0.027	0.033	0.028	0.020	0.018	0.028	0.086	0.029	0.019
35	0.031	0.043	0.017	0.029	0.024	0.035	0.002	0.035	0.037	0.026	0.035	0.016	0.066
36	0.036	0.029	0.022	0.023	0.013	0.010	0.022	0.026	0.027	0.032	0.036	0.048	0.032
37	0.005	0.081	0.055	0.014	0.039	0.045	0.057	0.039	0.046	0.035	0.045	0.059	0.039
38	0.050	0.052	0.041	0.039	0.033	0.046	0.044	0.042	0.039	0.040	0.061	0.038	0.039
39	0.034	0.054	0.036	0.048	0.006	0.027	0.039	0.047	0.030	0.044	0.048	0.050	0.039
40	0.045	0.050	0.073	0.072	0.039	0.041	0.015	0.010	0.041	0.058	0.050	0.640	0.047

Sample no.	RunOrder												
	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
41	0.037	0.032	0.047	0.043	0.069	0.026	0.071	0.050	0.036	0.028	0.053	0.049	0.027
42	0.066	0.080	0.036	0.046	0.039	0.026	0.067	0.046	0.015	0.036	0.050	0.045	0.057
43	0.034	0.036	0.034	0.045	0.033	0.025	0.034	0.044	0.055	0.012	0.053	0.051	0.037
44	0.042	0.029	0.034	0.042	0.007	0.025	0.001	0.074	0.029	0.030	0.040	0.047	0.034
45	0.066	0.031	0.029	0.046	0.038	0.024	0.035	0.056	0.010	0.040	0.048	0.043	0.047
46	0.041	0.024	0.029	0.043	0.046	0.025	0.102	0.008	0.042	0.028	0.051	0.047	0.024
47	0.016	0.022	0.086	0.044	0.029	0.025	0.016	0.084	0.027	0.022	0.051	0.043	0.030
48	0.046	0.030	0.043	0.045	0.013	0.024	0.011	0.045	0.029	0.041	0.042	0.042	0.031
49	0.041	0.036	0.032	0.045	0.036	0.024	0.056	0.030	0.014	0.028	0.024	0.036	0.030
50	0.038	0.030	0.055	0.035	0.030	0.022	0.075	0.060	0.063	0.035	0.078	0.038	0.035
51	0.026	0.023	0.036	0.040	0.031	0.050	0.041	0.037	0.026	0.022	0.038	0.037	0.011
52	0.048	0.035	0.026	0.043	0.025	0.023	0.022	0.052	0.064	0.011	0.045	0.041	0.057
53	0.029	0.034	0.058	0.037	0.051	0.083	0.054	0.044	0.028	0.063	0.070	0.037	0.055
54	0.037	0.033	0.041	0.037	0.062	0.022	0.037	0.010	0.030	0.033	0.072	0.036	0.036
55	0.017	0.023	0.032	0.039	0.047	0.044	0.018	0.029	0.024	0.025	0.039	0.036	0.025
56	0.032	0.032	0.030	0.038	0.032	0.021	0.020	0.041	0.018	0.036	0.041	0.038	0.022
57	0.026	0.054	0.022	0.038	0.033	0.019	0.084	0.037	0.023	0.020	0.038	0.033	0.028
58	0.060	0.031	0.042	0.034	0.035	0.019	0.037	0.039	0.034	0.011	0.040	0.033	0.026
59	0.069	0.024	0.024	0.035	0.010	0.020	0.033	0.047	0.030	0.039	0.045	0.034	0.032
60	0.060	0.049	0.074	0.036	0.045	0.020	0.054	0.049	0.046	0.002	0.010	0.033	0.035
Ave.	0.0422	0.0398	0.0579	0.0448	0.0457	0.0304	0.0514	0.0500	0.0354	0.0414	0.0544	0.0641	0.0404

Sample no.	RunOrder												
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
1	0.040	0.045	0.059	0.045	0.046	0.056	0.050	0.055	0.048	0.057	0.049	0.046	0.070
2	0.015	0.001	0.057	0.055	0.058	0.092	0.064	0.049	0.056	0.091	0.063	0.035	0.072
3	0.022	0.056	0.066	0.054	0.051	0.073	0.089	0.048	0.058	0.085	0.064	0.037	0.062
4	0.063	0.048	0.044	0.042	0.031	0.073	0.015	0.060	0.055	0.083	0.059	0.039	0.060
5	0.012	0.038	0.053	0.047	0.040	0.057	0.070	0.049	0.054	0.073	0.054	0.033	0.063
6	0.067	0.053	0.042	0.046	0.080	0.086	0.044	0.055	0.053	0.078	0.057	0.037	0.059

Sample no.	RunOrder												
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
7	0.009	0.049	0.061	0.003	0.056	0.080	0.015	0.044	0.049	0.069	0.061	0.030	0.057
8	0.064	0.039	0.042	0.049	0.068	0.027	0.082	0.044	0.051	0.063	0.057	0.030	0.054
9	0.043	0.039	0.046	0.061	0.048	0.076	0.047	0.059	0.049	0.070	0.051	0.042	0.052
10	0.048	0.041	0.041	0.027	0.034	0.076	0.038	0.048	0.047	0.053	0.053	0.026	0.054
11	0.044	0.034	0.041	0.059	0.060	0.066	0.072	0.067	0.048	0.070	0.050	0.029	0.051
12	0.046	0.071	0.043	0.040	0.042	0.056	0.068	0.055	0.046	0.101	0.052	0.032	0.047
13	0.037	0.044	0.037	0.050	0.037	0.066	0.073	0.055	0.046	0.063	0.050	0.043	0.050
14	0.032	0.038	0.007	0.040	0.052	0.064	0.039	0.047	0.044	0.048	0.049	0.470	0.046
15	0.032	0.007	0.077	0.044	0.080	0.008	0.067	0.039	0.039	0.101	0.046	0.042	0.046
16	0.024	0.041	0.032	0.050	0.032	0.072	0.050	0.051	0.044	0.065	0.057	0.032	0.470
17	0.063	0.038	0.053	0.041	0.039	0.035	0.046	0.048	0.042	0.061	0.046	0.032	0.048
18	0.053	0.036	0.051	0.048	0.051	0.084	0.055	0.044	0.043	0.091	0.048	0.023	0.043
19	0.030	0.039	0.066	0.037	0.039	0.063	0.059	0.083	0.040	0.056	0.047	0.026	0.046
20	0.037	0.042	0.015	0.009	0.039	0.049	0.022	0.045	0.050	0.055	0.039	0.034	0.042
21	0.038	0.067	0.061	0.034	0.033	0.050	0.058	0.014	0.040	0.039	0.045	0.033	0.057
22	0.012	0.044	0.036	0.046	0.045	0.015	0.035	0.040	0.042	0.040	0.041	0.059	0.041
23	0.065	0.041	0.035	0.034	0.029	0.064	0.047	0.038	0.035	0.063	0.039	0.040	0.043
24	0.020	0.037	0.034	0.037	0.037	0.096	0.041	0.093	0.038	0.070	0.041	0.047	0.041
25	0.068	0.047	0.057	0.030	0.042	0.055	0.041	0.049	0.038	0.061	0.043	0.033	0.041
26	0.030	0.031	0.014	0.074	0.034	0.087	0.052	0.016	0.035	0.016	0.044	0.032	0.048
27	0.035	0.049	0.032	0.026	0.029	0.055	0.040	0.038	0.036	0.070	0.038	0.027	0.036
28	0.027	0.041	0.016	0.043	0.036	0.046	0.043	0.045	0.034	0.054	0.040	0.007	0.046
29	0.023	0.048	0.056	0.044	0.035	0.051	0.031	0.046	0.036	0.049	0.038	0.090	0.036
30	0.026	0.002	0.033	0.037	0.039	0.056	0.040	0.027	0.040	0.051	0.037	0.029	0.033
31	0.076	0.039	0.021	0.046	0.035	0.047	0.047	0.028	0.059	0.008	0.067	0.055	0.058
32	0.030	0.047	0.042	0.031	0.046	0.023	0.034	0.045	0.056	0.088	0.066	0.033	0.053
33	0.002	0.003	0.033	0.036	0.022	0.017	0.075	0.035	0.056	0.020	0.075	0.022	0.053
34	0.015	0.052	0.039	0.035	0.028	0.089	0.044	0.030	0.047	0.070	0.057	0.025	0.053
35	0.065	0.040	0.080	0.036	0.045	0.077	0.051	0.053	0.049	0.042	0.065	0.054	0.072
36	0.033	0.038	0.030	0.048	0.073	0.061	0.067	0.040	0.052	0.078	0.063	0.034	0.053

Sample no.	RunOrder												
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
37	0.026	0.036	0.038	0.033	0.033	0.049	0.074	0.004	0.052	0.045	0.063	0.030	0.050
38	0.038	0.022	0.034	0.041	0.055	0.045	0.051	0.054	0.048	0.016	0.056	0.040	0.050
39	0.030	0.036	0.034	0.039	0.003	0.053	0.040	0.005	0.048	0.057	0.051	0.024	0.050
40	0.041	0.051	0.045	0.050	0.047	0.050	0.078	0.031	0.072	0.055	0.075	0.052	0.640
41	0.036	0.024	0.037	0.045	0.016	0.045	0.039	0.052	0.043	0.055	0.052	0.024	0.049
42	0.015	0.050	0.066	0.029	0.042	0.033	0.036	0.041	0.046	0.022	0.051	0.033	0.045
43	0.055	0.045	0.034	0.036	0.033	0.027	0.041	0.054	0.045	0.072	0.051	0.030	0.051
44	0.029	0.058	0.042	0.035	0.031	0.002	0.049	0.041	0.042	0.009	0.051	0.038	0.047
45	0.010	0.031	0.066	0.039	0.021	0.001	0.046	0.046	0.046	0.048	0.045	0.032	0.043
46	0.042	0.039	0.041	0.022	0.010	0.002	0.040	0.041	0.043	0.035	0.049	0.035	0.047
47	0.027	0.009	0.016	0.029	0.041	0.047	0.055	0.029	0.044	0.044	0.044	0.021	0.043
48	0.029	0.016	0.046	0.033	0.030	0.027	0.041	0.033	0.045	0.022	0.048	0.028	0.042
49	0.014	0.029	0.041	0.036	0.021	0.055	0.037	0.031	0.045	0.044	0.050	0.032	0.036
50	0.063	0.060	0.038	0.035	0.026	0.044	0.026	0.027	0.035	0.069	0.047	0.027	0.038
51	0.026	0.037	0.026	0.032	0.034	0.052	0.029	0.030	0.040	0.048	0.051	0.007	0.037
52	0.064	0.032	0.048	0.036	0.043	0.046	0.033	0.063	0.043	0.032	0.047	0.040	0.041
53	0.028	0.042	0.029	0.018	0.034	0.076	0.044	0.030	0.037	0.037	0.045	0.038	0.037
54	0.030	0.034	0.037	0.048	0.035	0.043	0.042	0.035	0.037	0.033	0.048	0.034	0.036
55	0.024	0.030	0.017	0.038	0.026	0.048	0.025	0.033	0.039	0.051	0.037	0.018	0.036
56	0.018	0.031	0.032	0.028	0.029	0.044	0.034	0.032	0.038	0.051	0.048	0.019	0.038
57	0.023	0.046	0.026	0.033	0.024	0.089	0.029	0.032	0.038	0.021	0.048	0.013	0.033
58	0.034	0.026	0.060	0.028	0.026	0.026	0.036	0.010	0.034	0.021	0.040	0.065	0.033
59	0.030	0.013	0.069	0.021	0.035	0.036	0.065	0.078	0.035	0.047	0.041	0.039	0.034
60	0.046	0.055	0.060	0.026	0.043	0.060	0.058	0.065	0.036	0.098	0.043	0.063	0.033
Ave.	0.0354	0.0380	0.0422	0.0382	0.0388	0.0525	0.0477	0.0430	0.0448	0.0547	0.0505	0.0420	0.0641

Sample no.	RunOrder												
	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117
1	0.058	0.058	0.066	0.049	0.058	0.077	0.072	0.061	0.760	0.036	0.056	0.038	0.034
2	0.076	0.081	0.060	0.071	0.086	0.081	0.078	0.074	0.053	0.071	0.039	0.040	0.043

Sample no.	RunOrder												
	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117
3	0.070	0.085	0.065	0.062	0.068	0.080	0.088	0.065	0.087	0.041	0.037	0.039	0.043
4	0.045	0.139	0.066	0.030	0.088	0.079	0.020	0.005	0.068	0.040	0.037	0.039	0.045
5	0.090	0.084	0.066	0.079	0.098	0.087	0.078	0.092	1.159	0.038	0.035	0.035	0.039
6	0.072	0.013	0.037	0.075	0.086	0.085	0.061	0.073	0.090	0.037	0.035	0.034	0.034
7	0.010	0.089	0.064	0.000	0.081	0.060	0.085	0.043	2.316	0.035	0.034	0.039	0.038
8	0.066	0.089	0.058	0.108	0.081	0.069	0.042	0.120	1.345	0.035	0.036	0.037	0.038
9	0.094	0.103	0.046	0.072	0.099	0.030	0.085	0.046	0.049	0.038	0.035	0.036	0.036
10	0.079	0.074	0.023	0.066	0.095	0.088	0.095	0.082	0.060	0.034	0.032	0.035	0.032
11	0.065	0.078	0.680	0.043	0.023	0.076	0.070	0.065	0.045	0.038	0.032	0.034	0.038
12	0.126	0.063	0.057	0.004	0.077	0.105	0.081	0.064	0.045	0.041	0.032	0.033	0.043
13	0.071	0.082	0.046	0.065	0.064	0.035	0.056	0.068	0.039	0.033	0.034	0.031	0.030
14	0.069	0.076	0.045	0.055	0.076	0.396	0.061	0.064	0.012	0.035	0.029	0.030	0.036
15	0.064	0.091	0.080	0.048	0.050	0.041	0.040	0.052	0.062	0.029	0.033	0.030	0.033
16	0.004	0.075	0.059	0.046	0.059	0.095	0.053	0.083	0.056	0.064	0.027	0.030	0.029
17	0.054	0.105	0.057	0.087	0.068	0.084	0.088	0.053	0.051	0.031	0.031	0.029	0.043
18	0.097	0.084	0.052	0.050	0.073	0.069	0.005	0.012	0.044	0.045	0.029	0.030	0.033
19	0.056	0.079	0.041	0.049	0.062	0.046	0.067	0.049	0.057	0.034	0.029	0.030	0.032
20	0.066	0.057	0.053	0.051	0.129	0.066	0.072	0.041	0.002	0.030	0.028	0.029	0.030
21	0.070	0.039	0.046	0.070	0.084	0.069	0.051	0.065	0.059	0.028	0.026	0.030	0.028
22	0.096	0.076	0.003	0.075	0.051	0.064	0.053	0.057	0.034	0.029	0.026	0.029	0.030
23	0.094	0.054	0.012	0.012	0.074	0.051	0.033	0.005	0.080	0.031	0.026	0.027	0.033
24	0.060	0.063	0.052	0.059	0.042	0.047	0.111	0.069	0.049	0.027	0.026	0.027	0.030
25	0.061	0.056	0.059	0.046	0.013	0.065	0.105	0.106	0.015	0.027	0.029	0.027	0.032
26	0.044	0.069	0.038	0.022	0.065	0.050	0.072	0.100	0.042	0.024	0.026	0.027	0.029
27	0.057	0.105	0.039	0.009	0.057	0.036	0.050	0.083	0.006	0.027	0.025	0.026	0.026
28	0.004	0.069	0.047	0.064	0.086	0.069	0.061	0.062	0.038	0.027	0.023	0.026	0.026
29	0.066	0.058	0.038	0.050	0.125	0.084	0.051	0.059	0.034	0.029	0.027	0.027	0.027
30	0.051	0.079	0.037	0.047	0.069	0.052	0.007	0.042	0.775	0.026	0.022	0.027	0.025
31	0.054	0.045	0.039	0.051	0.053	0.062	0.065	0.055	0.081	0.043	0.039	0.032	0.044
32	0.090	0.063	0.041	0.047	0.078	0.061	0.059	0.060	0.037	0.040	0.039	0.032	0.045

Sample no.	RunOrder												
	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117
33	0.122	0.085	0.036	0.046	0.044	0.065	0.086	0.050	0.037	0.041	0.044	0.031	0.041
34	0.099	0.059	0.002	0.069	0.052	0.074	0.044	0.037	0.043	0.043	0.038	0.031	0.040
35	0.074	0.078	0.034	0.075	0.060	0.022	0.027	0.033	0.051	0.072	0.039	0.029	0.040
36	0.055	0.031	0.102	0.043	0.073	0.047	0.076	0.052	0.083	0.039	0.035	0.029	0.040
37	0.012	0.029	0.090	0.114	0.049	0.027	0.050	0.054	0.037	0.038	0.042	0.028	0.036
38	0.063	0.073	0.056	0.049	0.061	0.086	0.055	0.039	0.039	0.036	0.032	0.028	0.038
39	0.043	0.060	0.050	0.047	0.054	0.056	0.084	0.088	0.015	0.037	0.033	0.027	0.037
40	0.112	0.082	0.052	0.010	0.068	0.071	0.073	0.068	0.051	0.047	0.054	0.041	0.069
41	0.097	0.049	0.028	0.050	0.059	0.081	0.051	0.066	0.048	0.034	0.033	0.026	0.037
42	0.048	0.027	0.046	0.046	0.084	0.078	0.226	0.045	0.032	0.032	0.031	0.026	0.034
43	0.072	0.035	0.058	0.044	0.064	0.079	0.066	0.070	0.047	0.034	0.029	0.025	0.032
44	0.051	0.072	0.041	0.074	0.051	0.035	0.051	0.058	0.037	0.033	0.028	0.025	0.034
45	0.043	0.052	0.023	0.056	0.043	0.038	0.058	0.050	0.101	0.036	0.029	0.024	0.033
46	0.064	0.043	0.024	0.008	0.039	0.037	0.055	0.054	0.089	0.036	0.030	0.025	0.034
47	0.045	0.015	0.047	0.084	0.048	0.039	0.038	0.038	0.046	0.031	0.025	0.025	0.034
48	0.044	0.076	0.034	0.045	0.098	0.063	0.052	0.058	0.043	0.031	0.026	0.024	0.032
49	0.044	0.052	0.023	0.030	0.040	0.057	0.054	0.042	0.034	0.028	0.027	0.024	0.030
50	0.045	0.028	0.043	0.060	0.043	0.052	0.044	0.030	0.026	0.028	0.025	0.022	0.032
51	0.040	0.038	0.046	0.037	0.042	0.050	0.037	0.050	0.103	0.027	0.028	0.050	0.032
52	0.049	0.043	0.041	0.052	0.033	0.050	0.044	0.050	0.019	0.027	0.027	0.023	0.029
53	0.028	0.075	0.039	0.044	0.040	0.061	0.029	0.015	0.028	0.028	0.027	0.083	0.032
54	0.069	0.069	0.010	0.010	0.051	0.048	0.062	0.054	0.034	0.028	0.024	0.022	0.030
55	0.042	0.034	0.058	0.029	0.038	0.006	0.094	0.047	0.070	0.115	0.028	0.044	0.029
56	0.043	0.076	0.043	0.041	0.053	0.047	0.048	0.062	0.041	0.034	0.025	0.021	0.027
57	0.039	0.025	0.082	0.037	0.011	0.079	0.049	0.041	0.019	0.027	0.020	0.019	0.028
58	0.063	0.050	0.038	0.039	0.112	0.026	0.043	0.052	0.027	0.032	0.022	0.019	0.026
59	0.073	0.063	0.034	0.047	0.043	0.101	0.041	0.032	0.048	0.025	0.025	0.020	0.027
60	0.059	0.071	0.027	0.049	0.087	0.069	0.062	0.054	0.035	0.027	0.023	0.020	0.027
Ave.	0.0620	0.0645	0.0563	0.0500	0.0643	0.0667	0.0619	0.0561	0.1489	0.0365	0.0311	0.0304	0.0344

Sample no.	RunOrder											
	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
1	0.067	0.043	0.090	0.051	0.091	0.061	0.039	0.051	0.051	0.032	0.044	0.114
2	0.028	0.045	0.126	0.056	0.068	0.040	0.037	0.050	0.040	0.038	0.002	0.071
3	0.073	0.043	0.424	0.044	0.063	0.041	0.068	0.005	0.063	0.042	0.102	0.086
4	0.059	0.042	0.131	0.071	0.049	0.038	0.045	0.051	0.046	0.040	0.058	0.129
5	0.046	0.055	0.290	0.052	0.056	0.041	0.044	0.068	0.078	0.042	0.038	0.075
6	0.059	0.039	0.162	0.065	0.096	0.035	0.117	0.020	0.023	0.041	0.049	0.086
7	0.039	0.036	0.523	0.034	0.073	0.038	0.042	0.038	0.030	0.037	0.068	0.063
8	0.050	0.036	0.191	0.090	0.045	0.034	0.047	0.044	0.034	0.036	0.054	0.085
9	0.048	0.037	0.303	0.047	0.056	0.036	0.027	0.047	0.029	0.036	0.046	0.085
10	0.056	0.035	0.320	0.048	0.053	0.037	0.048	0.039	0.047	0.036	0.046	0.078
11	0.046	0.034	0.154	0.043	0.089	0.035	0.043	0.043	0.033	0.035	0.049	0.048
12	0.045	0.035	0.181	0.015	0.110	0.034	0.042	0.049	0.072	0.034	0.012	0.077
13	0.019	0.034	0.133	0.068	0.080	0.122	0.035	0.044	0.005	0.035	0.057	0.127
14	0.042	0.035	0.195	0.011	0.077	0.007	0.043	0.044	0.044	0.031	0.050	0.080
15	0.040	0.038	0.068	0.032	0.125	0.036	0.048	0.041	0.037	0.031	0.057	0.072
16	0.006	0.032	0.030	0.038	0.195	0.030	0.078	0.045	0.047	0.032	0.042	0.080
17	0.047	0.033	0.039	0.074	0.093	0.033	0.050	0.042	0.013	0.034	0.036	0.133
18	0.056	0.032	0.032	0.043	0.106	0.084	0.059	0.030	0.079	0.032	0.043	0.074
19	0.002	0.029	0.030	0.044	0.643	0.026	0.044	0.040	0.030	0.039	0.044	0.061
20	0.052	0.030	0.032	0.038	0.035	0.030	0.040	0.026	0.039	0.033	0.042	0.063
21	0.046	0.030	0.029	0.036	0.046	0.147	0.031	0.056	0.040	0.029	0.054	0.056
22	0.044	0.031	0.038	0.050	0.122	0.059	0.021	0.042	0.035	0.027	0.043	0.080
23	0.058	0.029	0.027	0.040	0.085	0.102	0.057	0.038	0.030	0.034	0.043	0.060
24	0.006	0.029	0.027	0.011	0.069	0.128	0.055	0.036	0.040	0.027	0.030	0.071
25	0.051	0.028	0.026	0.045	0.034	0.056	0.044	0.040	0.049	0.028	0.028	0.026
26	0.065	0.028	0.026	0.067	0.048	0.027	0.034	0.040	0.044	0.027	0.038	0.089
27	0.037	0.029	0.027	0.051	0.037	0.028	0.081	0.048	0.050	0.029	0.031	0.055
28	0.020	0.024	0.035	0.030	0.072	0.035	0.039	0.024	0.038	0.024	0.036	0.045
29	0.071	0.025	0.025	0.019	0.042	0.026	0.039	0.033	0.034	0.026	0.036	0.080
30	0.042	0.025	0.040	0.044	0.040	0.027	0.095	0.097	0.048	0.024	0.035	0.086

Sample no.	RunOrder											
	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
31	0.031	0.045	0.038	0.031	0.030	0.046	0.029	0.018	0.043	0.039	0.014	0.057
32	0.027	0.043	0.038	0.052	0.002	0.033	0.037	0.052	0.040	0.038	0.049	0.059
33	0.073	0.043	0.004	0.034	0.056	0.041	0.043	0.043	0.044	0.034	0.049	0.044
34	0.040	0.041	0.035	0.035	0.075	0.042	0.028	0.028	0.039	0.037	0.040	0.069
35	0.053	0.051	0.034	0.045	0.046	0.045	0.032	0.054	0.053	0.035	0.025	0.062
36	0.030	0.037	0.035	0.005	0.029	0.034	0.030	0.023	0.025	0.031	0.039	0.053
37	0.039	0.055	0.033	0.041	0.044	0.040	0.083	0.030	0.038	0.046	0.039	0.050
38	0.031	0.047	0.035	0.002	0.180	0.045	0.043	0.041	0.066	0.065	0.027	0.065
39	0.043	0.036	0.064	0.041	0.080	0.035	0.044	0.038	0.054	0.030	0.031	0.077
40	0.068	0.067	0.032	0.050	0.046	0.063	0.058	0.047	0.050	0.072	0.040	0.074
41	0.033	0.033	0.032	0.031	0.077	0.035	0.028	0.009	0.032	0.032	0.032	0.065
42	0.038	0.033	0.032	0.034	0.079	0.033	0.036	0.052	0.080	0.034	0.032	0.057
43	0.341	0.032	0.029	0.053	0.208	0.040	0.012	0.036	0.036	0.030	0.016	0.050
44	0.037	0.033	0.032	0.035	0.051	0.030	0.030	0.045	0.029	0.031	0.060	0.068
45	0.296	0.031	0.030	0.022	0.054	0.031	0.040	0.040	0.031	0.030	0.040	0.077
46	0.038	0.032	0.030	0.041	0.050	0.035	0.028	0.165	0.024	0.039	0.032	0.077
47	0.029	0.030	0.028	0.031	0.046	0.240	0.022	0.002	0.022	0.029	0.034	0.046
48	0.027	0.031	0.029	0.039	0.022	0.031	0.041	0.040	0.030	0.031	0.022	0.057
49	0.031	0.028	0.027	0.028	0.213	0.313	0.028	0.027	0.036	0.027	0.053	0.061
50	0.022	0.028	0.070	0.026	0.069	0.065	0.035	0.027	0.030	0.034	0.025	0.038
51	0.030	0.029	0.027	0.038	0.002	0.032	0.022	0.033	0.023	0.028	0.033	0.113
52	0.151	0.028	0.026	0.036	0.078	0.033	0.011	0.046	0.035	0.027	0.003	0.062
53	0.030	0.031	0.028	0.032	0.067	0.030	0.063	0.046	0.034	0.030	0.035	0.029
54	0.027	0.029	0.028	0.029	0.031	0.027	0.033	0.034	0.033	0.028	0.030	0.054
55	0.037	0.026	0.031	0.030	0.090	0.028	0.025	0.023	0.023	0.024	0.035	0.062
56	0.018	0.026	0.028	0.024	0.088	0.030	0.036	0.071	0.032	0.030	0.037	0.052
57	0.042	0.024	0.026	0.018	0.112	0.017	0.020	0.026	0.054	0.024	0.025	0.046
58	0.058	0.025	0.025	0.034	0.090	0.017	0.011	0.034	0.031	0.027	0.024	0.051
59	0.038	0.027	0.026	0.071	0.260	0.037	0.039	0.032	0.024	0.026	0.017	0.046
60	0.018	0.025	0.025	0.055	0.030	0.025	0.002	0.055	0.049	0.026	0.038	0.064

Sample no.	RunOrder											
	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
Ave.	0.0516	0.0345	0.0785	0.0400	0.0851	0.0504	0.0414	0.0415	0.0398	0.0334	0.0382	0.0687

4. ผลการทดลองของขั้นตอนการซ่อมแซมและตัดแยกของเสีย สำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานสูง

RunOrder	Sample no.										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ave.
1	0.022	0.020	0.020	0.022	0.020	0.017	0.017	0.017	0.017	0.016	0.0188
2	0.026	0.025	0.023	0.024	0.023	0.021	0.022	0.020	0.022	0.021	0.0227
3	0.023	0.024	0.025	0.022	0.023	0.023	0.027	0.021	0.021	0.017	0.0226
4	0.025	0.022	0.021	0.021	0.021	0.020	0.020	0.017	0.019	0.018	0.0204
5	0.025	0.024	0.022	0.023	0.024	0.024	0.022	0.020	0.021	0.020	0.0225
6	0.026	0.025	0.025	0.024	0.025	0.023	0.022	0.021	0.021	0.018	0.0230
7	0.027	0.023	0.021	0.022	0.022	0.021	0.020	0.017	0.019	0.018	0.0210
8	0.026	0.025	0.028	0.025	0.026	0.033	0.021	0.025	0.024	0.022	0.0255
9	0.013	0.014	0.013	0.015	0.013	0.013	0.013	0.013	0.012	0.013	0.0132
10	0.017	0.015	0.016	0.016	0.018	0.016	0.015	0.015	0.015	0.014	0.0157
11	0.015	0.016	0.016	0.014	0.032	0.015	0.014	0.014	0.015	0.015	0.0166
12	0.015	0.016	0.014	0.015	0.014	0.014	0.014	0.013	0.015	0.013	0.0143
13	0.015	0.014	0.016	0.020	0.014	0.013	0.014	0.014	0.014	0.014	0.0148
14	0.019	0.024	0.022	0.015	0.017	0.018	0.015	0.017	0.016	0.015	0.0178
15	0.014	0.017	0.014	0.015	0.015	0.013	0.014	0.014	0.014	0.014	0.0144
16	0.015	0.015	0.016	0.014	0.016	0.016	0.014	0.014	0.014	0.014	0.0148
17	0.017	0.023	0.016	0.016	0.015	0.016	0.015	0.014	0.015	0.027	0.0174
18	0.019	0.019	0.018	0.018	0.021	0.018	0.017	0.016	0.016	0.016	0.0178
19	0.020	0.021	0.025	0.018	0.016	0.018	0.018	0.017	0.018	0.017	0.0188
20	0.018	0.018	0.017	0.018	0.015	0.016	0.015	0.016	0.016	0.015	0.0164
21	0.018	0.019	0.020	0.018	0.018	0.017	0.019	0.017	0.016	0.018	0.0180
22	0.021	0.022	0.018	0.019	0.020	0.024	0.018	0.018	0.017	0.017	0.0194
23	0.018	0.017	0.018	0.017	0.016	0.016	0.093	0.016	0.015	0.016	0.0242

RunOrder	Sample no.										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ave.
24	0.020	0.020	0.018	0.021	0.020	0.019	0.017	0.017	0.017	0.015	0.0184
25	0.027	0.022	0.022	0.022	0.020	0.022	0.021	0.024	0.021	0.020	0.0221
26	0.024	0.026	0.025	0.027	0.023	0.024	0.023	0.020	0.021	0.021	0.0234
27	0.030	0.023	0.024	0.024	0.024	0.024	0.027	0.022	0.023	0.021	0.0242
28	0.025	0.023	0.021	0.022	0.022	0.019	0.020	0.018	0.022	0.018	0.0210
29	0.025	0.022	0.023	0.020	0.023	0.020	0.022	0.021	0.021	0.021	0.0218
30	0.029	0.024	0.027	0.027	0.021	0.025	0.020	0.020	0.023	0.019	0.0235
31	0.025	0.025	0.025	0.024	0.024	0.023	0.023	0.022	0.022	0.021	0.0234
32	0.024	0.024	0.025	0.023	0.021	0.018	0.019	0.019	0.019	0.019	0.0211
33	0.020	0.021	0.025	0.020	0.019	0.022	0.023	0.022	0.018	0.020	0.0210

5. ผลการทดลองของขั้นตอนการซ่อมแซมและตัดแยกของเสีย สำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานกลาง

RunOrder	Sample no.										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ave.
1	0.020	0.019	0.019	0.017	0.018	0.017	0.017	0.019	0.016	0.018	0.0180
2	0.019	0.019	0.018	0.016	0.018	0.016	0.016	0.015	0.015	0.014	0.0166
3	0.024	0.027	0.017	0.017	0.017	0.016	0.016	0.015	0.022	0.015	0.0186
4	0.024	0.021	0.019	0.018	0.016	0.017	0.022	0.015	0.016	0.015	0.0183
5	0.014	0.014	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.012	0.013	0.0131
6	0.019	0.022	0.019	0.021	0.020	0.016	0.016	0.015	0.014	0.014	0.0176
7	0.014	0.031	0.025	0.015	0.012	0.012	0.014	0.012	0.017	0.011	0.0163
8	0.049	0.021	0.018	0.028	0.120	0.016	0.017	0.015	0.017	0.015	0.0316
9	0.013	0.012	0.012	0.011	0.011	0.011	0.012	0.010	0.010	0.011	0.0113
10	0.015	0.012	0.012	0.120	0.010	0.016	0.021	0.010	0.014	0.011	0.0241
11	0.012	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.010	0.010	0.010	0.028	0.0125
12	0.011	0.012	0.013	0.013	0.012	0.011	0.010	0.011	0.010	0.014	0.0117
13	0.018	0.018	0.018	0.025	0.016	0.016	0.015	0.023	0.015	0.021	0.0185
14	0.010	0.011	0.010	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.011	0.014	0.0107

RunOrder	Sample no.										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ave.
15	0.025	0.026	0.018	0.017	0.022	0.017	0.016	0.016	0.015	0.016	0.0188
16	0.013	0.013	0.011	0.013	0.012	0.011	0.011	0.010	0.022	0.013	0.0129
17	0.015	0.015	0.014	0.014	0.014	0.020	0.012	0.013	0.012	0.012	0.0141
18	0.015	0.014	0.020	0.023	0.018	0.013	0.001	0.014	0.002	0.012	0.0132
19	0.014	0.014	0.020	0.013	0.017	0.019	0.012	0.012	0.012	0.016	0.0149
20	0.021	0.028	0.014	0.017	0.013	0.013	0.013	0.012	0.012	0.012	0.0155
21	0.012	0.016	0.012	0.011	0.012	0.011	0.011	0.010	0.013	0.012	0.0120
22	0.017	0.013	0.012	0.013	0.013	0.012	0.011	0.011	0.012	0.011	0.0125
23	0.011	0.012	0.012	0.012	0.015	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.0113
24	0.015	0.023	0.014	0.017	0.042	0.017	0.018	0.048	0.012	0.021	0.0227
25	0.020	0.020	0.018	0.017	0.017	0.017	0.016	0.015	0.016	0.018	0.0174
26	0.018	0.019	0.019	0.017	0.019	0.017	0.020	0.015	0.015	0.017	0.0176
27	0.017	0.017	0.016	0.016	0.015	0.015	0.014	0.014	0.015	0.014	0.0153
28	0.018	0.020	0.018	0.016	0.016	0.020	0.018	0.017	0.014	0.014	0.0171
29	0.014	0.014	0.016	0.015	0.013	0.013	0.013	0.014	0.027	0.011	0.0150
30	0.018	0.016	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016	0.017	0.015	0.014	0.0161
31	0.015	0.021	0.014	0.013	0.021	0.013	0.013	0.012	0.022	0.012	0.0156
32	0.017	0.020	0.016	0.020	0.018	0.027	0.020	0.016	0.015	0.015	0.0184
33	0.020	0.018	0.016	0.022	0.017	0.018	0.015	0.016	0.013	0.015	0.0170

6. ผลการทดลองของขั้นตอนการซ่อมแซมและตัดแยกของเสีย สำหรับผลิตภัณฑ์แรงดันใช้งานต่ำ

RunOrder	Sample no.										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ave.
1	0.062	0.381	0.074	0.090	0.090	0.049	0.214	0.060	0.032	0.075	0.1127
2	0.070	0.053	0.074	0.054	0.054	0.046	0.052	0.053	0.053	0.049	0.0558
3	0.084	0.042	0.040	0.040	0.037	0.036	0.036	0.042	0.033	0.036	0.0426
4	0.052	0.050	0.050	0.048	0.045	0.049	0.043	0.058	0.044	0.042	0.0481
5	0.060	0.060	0.057	0.054	0.071	0.066	0.101	0.050	0.041	0.066	0.0626

6	0.039	0.040	0.040	0.043	0.053	0.045	0.047	0.042	0.041	0.040	0.0430
7	0.039	0.040	0.058	0.046	0.042	0.037	0.036	0.035	0.041	0.036	0.0410
8	0.049	0.047	0.046	0.051	0.045	0.043	0.044	0.043	0.043	0.041	0.0452
9	0.038	0.047	0.033	0.104	0.043	0.087	0.030	0.051	0.030	0.112	0.0575
10	0.037	0.086	0.040	0.035	0.044	0.055	0.082	0.032	0.035	0.033	0.0479
11	0.041	0.044	0.058	0.029	0.026	0.039	0.027	0.034	0.038	0.037	0.0373
12	0.044	0.056	0.032	0.030	0.041	0.032	0.030	0.029	0.030	0.029	0.0353
13	0.036	0.299	0.052	0.089	0.063	0.062	0.062	0.083	0.119	0.127	0.0992
14	0.037	0.037	0.049	0.052	0.032	0.070	0.102	0.044	0.084	0.039	0.0546
15	0.036	0.028	0.032	0.028	0.042	0.029	0.034	0.040	0.026	0.023	0.0318
16	0.035	0.033	0.030	0.038	0.032	0.030	0.031	0.030	0.028	0.028	0.0315
17	0.154	0.411	0.062	0.042	0.105	0.251	0.047	0.145	0.150	0.043	0.1410
18	0.051	0.037	0.044	0.046	0.041	0.040	0.041	0.070	0.038	0.074	0.0482
19	0.033	0.032	0.041	0.049	0.039	0.030	0.031	0.030	0.053	0.049	0.0387
20	0.040	0.040	0.044	0.037	0.043	0.035	0.034	0.035	0.056	0.033	0.0397
21	0.076	0.056	0.061	0.078	0.039	0.093	0.055	0.040	0.041	0.037	0.0576
22	0.040	0.050	0.047	0.048	0.064	0.056	0.051	0.048	0.043	0.051	0.0498
23	0.032	0.032	0.045	0.032	0.031	0.029	0.034	0.056	0.029	0.033	0.0353
24	0.051	0.041	0.060	0.039	0.042	0.038	0.041	0.033	0.033	0.036	0.0414
25	0.147	0.070	0.078	0.066	0.049	0.073	0.052	0.043	0.059	0.090	0.0727
26	0.064	0.065	0.078	0.199	0.060	0.051	0.043	0.040	0.043	0.041	0.0684
27	0.064	0.041	0.039	0.039	0.043	0.038	0.039	0.043	0.037	0.038	0.0421
28	0.088	0.055	0.050	0.049	0.047	0.046	0.044	0.046	0.043	0.040	0.0508
29	0.046	0.133	0.055	0.048	0.046	0.040	0.072	0.051	0.044	0.141	0.0676
30	0.051	0.053	0.084	0.059	0.046	0.044	0.070	0.055	0.075	0.046	0.0583
31	0.045	0.053	0.042	0.035	0.035	0.032	0.036	0.043	0.038	0.033	0.0392
32	0.048	0.046	0.046	0.047	0.047	0.058	0.039	0.040	0.038	0.038	0.0447
33	0.043	0.031	0.057	0.032	0.039	0.045	0.052	0.048	0.044	0.035	0.0426

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นางจันทร์ดา ยอดมนต์ เกิดวันที่ 2 กันยายน พ.ศ. 2517 ที่จังหวัด พิษณุโลก จบการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อปี พ.ศ. 2539 และเข้าศึกษา ระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2542



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย