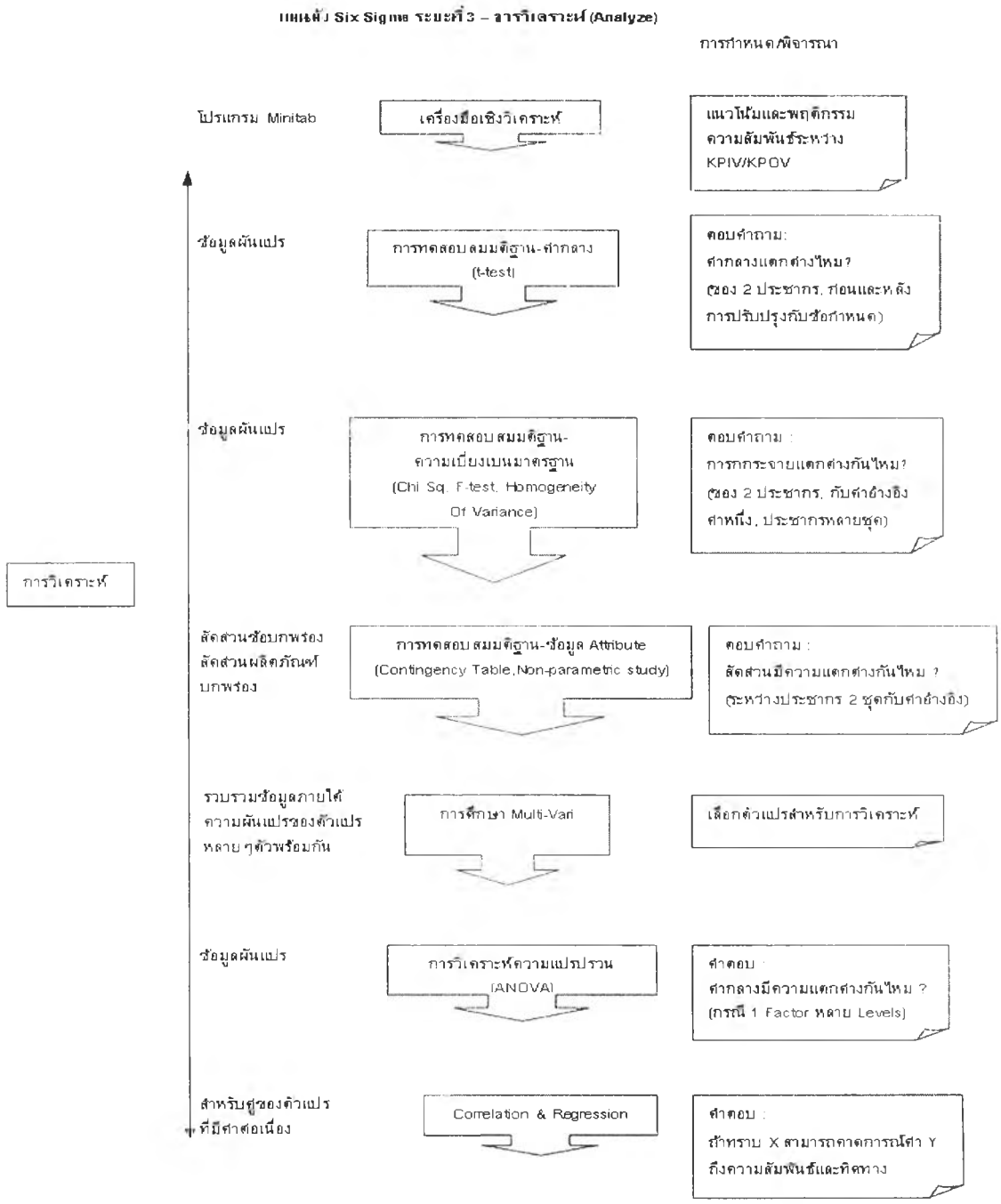
บทที่ 6

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

6.1 บทนำ



จากแผนผัง ซิกซ์ ซิกม่า ระยะที่ 3 การวิเคราะห์ (Analysis) เครื่องมือที่นำมาใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

- โปรแกรม Minitab เพราะเป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพสูง ในการวิเคราะห์ผลทางสถิติพื้นฐานและสามารถประมวลผลการประยุกต์สถิติเชิงวิศวกรรมที่ครอบคลุมทั้งด้านการควบคุมคุณภาพไปจนถึงการออกแบบการทดลอง ซึ่งโปรแกรม Minitab นี้สอดคล้องกับเครื่องมือที่ประกอบอยู่ใน ซิกซ์ ซิกม่า
- การทดสอบสมมติฐานค่ากลาง (2 Sample t-test) เพราะเป้าหมายของการวิจัยต้องการที่จะเน้นที่การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ (KPOV) เป็นหลัก โดยในทางปฏิบัติทั่วไปนั้นนิยมใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย
- การทดสอบสมมติฐานความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Homogeneity of Variance) เพราะต้องการพิจารณาการกระจายของสองกลุ่มประชากรว่าแตกต่างกันหรือไม่ ซึ่งงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นที่การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของสองกลุ่มประชากรมากกว่า

เครื่องมือที่ไม่ได้นำมาใช้ใน ซิกซ์ ซิกม่า ระยะที่ 3 (Analyze) ประกอบด้วยเครื่องมือดังต่อไปนี้

- การทดสอบสมมติฐานข้อมูลแบบแอตทริบิวต์ (Contingency Table , Non-parametric study) สาเหตุที่ไม่ได้นำเครื่องมือนี้มาประยุกต์ใช้เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัยเป็นลักษณะค่าต่อเนื่อง(Variable)ซึ่งการวิเคราะห์โดยใช้การทดสอบสมมติฐานข้อมูลแบบแอตทริบิวต์นี้จะเป็นการทดสอบในลักษณะของสัดส่วนข้อบกพร่องหรือสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องเป็นหลัก
- การศึกษา Multi-Vari สาเหตุที่ไม่ได้นำเครื่องมือนี้มาประยุกต์ใช้เนื่องจากตัวแปรที่ศึกษามีการวิเคราะห์ข้อมูลภายใต้ความแปรผันของตัวแปรเดียว ซึ่งการวิเคราะห์ด้วย Multi-Vari นั้น เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลภายใต้ความแปรผันของตัวแปรหลาย ๆ ตัวพร้อมกัน
- การวิเคราะห์สมการถดถอยและสหสัมพันธ์ (Regression and Correlation) สาเหตุที่ไม่ได้นำเครื่องมือนี้มาประยุกต์ใช้เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากการลงทุนทดลองศึกษานั้นมีความน่าเชื่อถือค่อนข้างต่ำ เนื่องจากจะเป็นลักษณะของการวิเคราะห์ในลักษณะเชิงเส้น 2 มิติซึ่งมีความแตกต่างจากผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบการทดลองที่มีความน่าเชื่อถือจากผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ที่สูงกว่าอีกทั้งยังมีข้อจำกัดในเรื่องค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

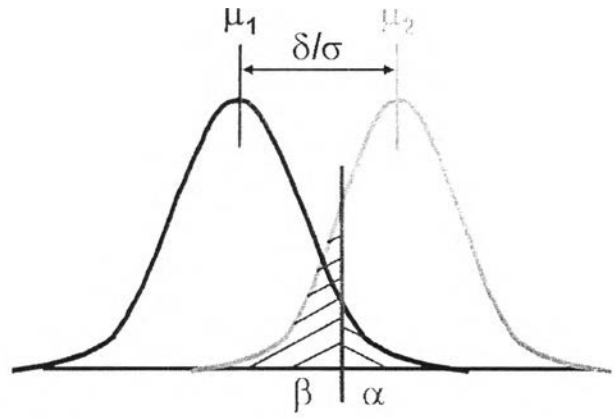
จากการกำหนดปัจจัยนำเข้าและระดับของปัจจัยนำเข้าเพื่อทำการทดสอบสมมติฐานในบทที่ผ่านมานั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลการทดสอบสมมติฐานโดยใช้โปรแกรม Minitab มาช่วยในการทดสอบสมมติฐาน เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ซึ่ง

เมื่อได้ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) โดยแสดงจากการมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างระดับของปัจจัยของแต่ละปัจจัยนำเข้าทั้ง 9 ปัจจัย ขั้นตอนการวิเคราะห์ผล เริ่มจากการคำนวณสิ่งตัวอย่าง การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้กราฟ การทดสอบสมมติฐาน ซึ่งจะแบ่งเป็นการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของตัวแปรตอบสนองและการทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของตัวแปรตอบสนองที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

6.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบสมมติฐาน แสดงผลการทดลองใน ภาคผนวก ง

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

เป็นการวิเคราะห์เพื่อกำหนดจำนวนสิ่งตัวอย่างที่จะใช้ในการดำเนินการทดสอบสมมติฐานว่ามีความเพียงพอที่จะยอมรับได้ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์หรือไม่ โดยกำหนดค่าอัตราส่วนของ δ/σ เท่ากับ 1 เนื่องจากค่าของอัตราส่วนนี้สามารถจำแนกความแตกต่างในกรณีที่ค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 6.1 สำหรับการทดสอบสมมติฐานของทั้ง 9 ปัจจัยนั้น จะใช้จำนวนตัวอย่างดังแสดงต่อไปนี้



รูปที่ 6.1 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของ δ/σ ที่ใช้ในการคำนวณสิ่งตัวอย่าง

Power and Sample Size

2-Sample t Test

Testing mean 1 = mean 2 (versus not =)

Calculating power for mean 1 = mean 2 + difference

Alpha = 0.05 Sigma = 1

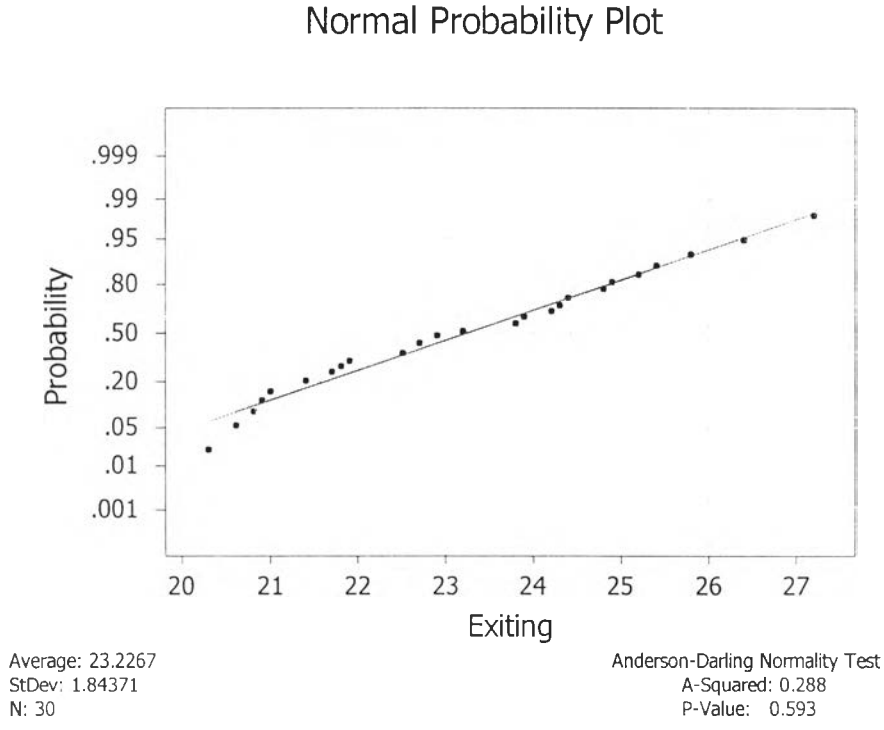
Difference	Sample Size	Power
1	30	0.9677

สรุปว่า จำนวนสิ่งตัวอย่างที่จะใช้ในการทดลองอย่างน้อยจะมีค่าเท่ากับ 30 ชิ้นงาน ซึ่งจะให้ค่าระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และค่ากำลังในการทดสอบ (Power of Test:1- β) มีค่ามากกว่า 95 % ดังนั้น จึงกำหนดจำนวนสิ่งตัวอย่างในการทดสอบสมมติฐานของทั้ง 9 ปัจจัย เท่ากับ 30 ตัวอย่าง

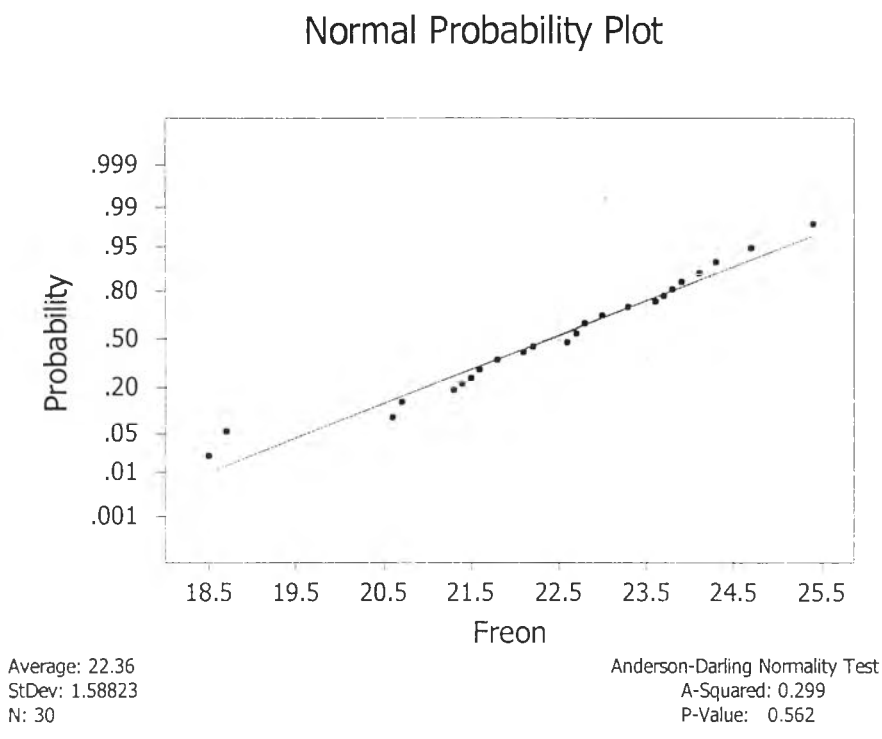
6.2.1 การวิเคราะห์สมมติฐานการทำความสะอาดท่อความร้อนและวัสดุพรุนมีผลต่อค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt)

6.2.1.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่าข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับมีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ โดยกำหนด Exiting คือ ค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานในกระบวนการปกติ และ Freon คือ ค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีการทำความสะอาดด้วย Freon ได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติ เนื่องจากมีค่า P-Value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังกราฟที่ 6.2 และ 6.3



รูปที่ 6.2 *กราฟนอร์มัลพล็อตของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานในกระบวนการปกติ*



รูปที่ 6.3 *กราฟนอร์มัลพล็อตของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีการทำความสะอาดด้วย Freon*

6.2.1.2 การทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐานในขั้นแรกต้องพิจารณาค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานในกระบวนการปกติและชิ้นงานที่มีการทำความสะอาดด้วย Freon ว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่ เพื่อเป็นข้อกำหนดในการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานในกระบวนการปกติและชิ้นงานที่มีการทำความสะอาดด้วย Freon ต่อไป โดยสมมติฐานในการทดสอบความแปรปรวนเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$

$H_1 : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$

โดยกำหนดให้ σ^2_1 แทนค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานในกระบวนการปกติและกำหนด σ^2_2 แทนค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีการทำความสะอาดด้วย Freon ดังแสดงในตารางที่ 6.1 และกราฟการทดสอบความแปรปรวนแสดงดังรูปที่ 6.4

ตารางที่ 6.1 *ตารางแสดงผลการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานในกระบวนการปกติและชิ้นงานที่มีการทำความสะอาดด้วยฟรีออน*

Test for Equal Variances

Response Dt

Factors Cleaning

ConfLvl 95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Leve
1.42313	1.84371	2.59327	30	Exiting
1.22593	1.58823	2.23393	30	Freon

F-Test (normal distribution)

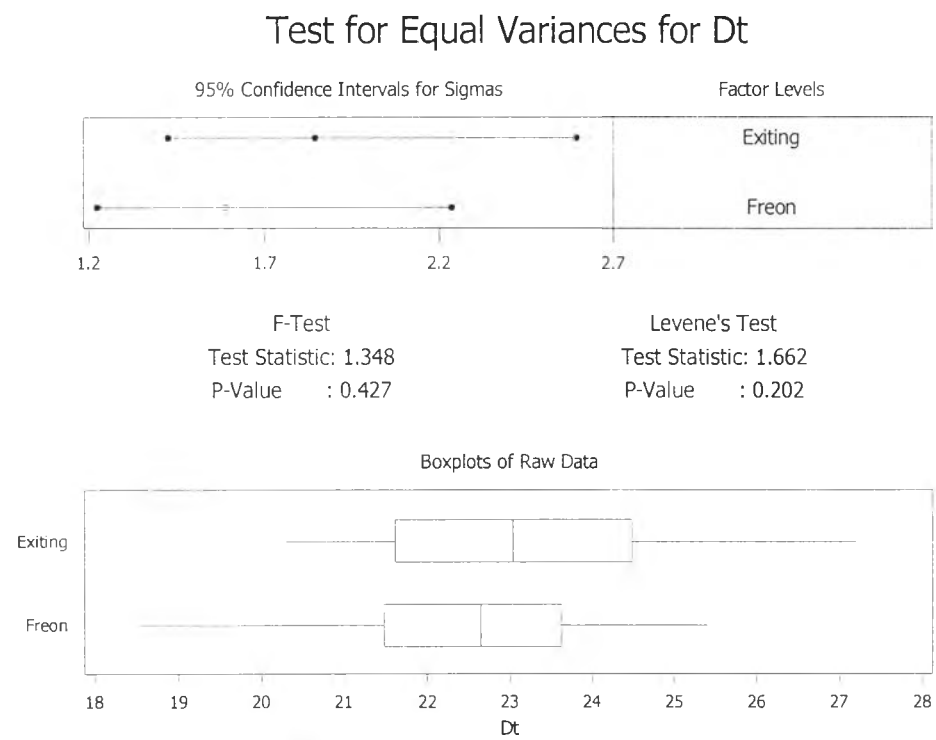
Test Statistic: 1.348

P-Value : 0.427

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 1.662

P-Value : 0.202



รูปที่ 6.4 *กราฟความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานในกระบวนการปกติและชิ้นงานที่มีการทำความสะอาดด้วยฟรีออน*

จากผลการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) พบว่า ค่า P-Value (F-Test) มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานทั้ง 2 กลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

และขั้นต่อไปคือการทดสอบสมมติฐานความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานในกระบวนการปกติและชิ้นงานที่มีการทำความสะอาดด้วย Freon โดยสมมติฐานในการทดสอบเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

โดยกำหนดให้ μ_1 แทนค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานในกระบวนการปกติ และกำหนด μ_2 แทนค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีการทำความสะอาดด้วย Freon ดังแสดงในตารางที่ 6.2 และกราฟความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่มีการทำความสะอาดด้วย Freon แสดงดังรูปที่ 6.5

ตารางที่ 6.2 *ตารางแสดงผลการทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานในกระบวนการปกติและชิ้นงานที่มีการทำความสะอาดด้วยฟรีออน*

Two-Sample T-Test and CI: Freon, Exiting

Two-sample T for Freon vs Exiting

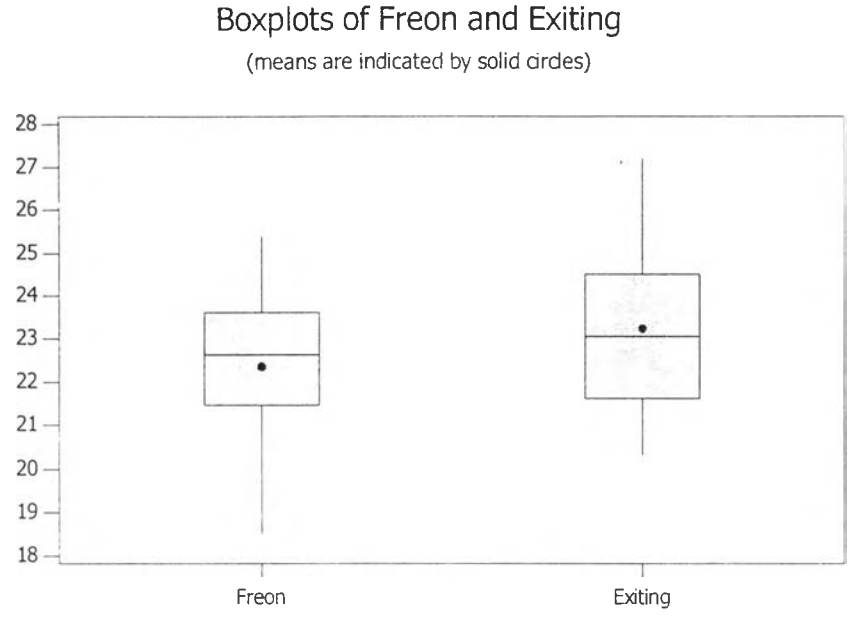
	N	Mean	StDev	SE Mean
Freon	30	22.36	1.59	0.29
Exiting	30	23.23	1.84	0.34

Difference = mu Freon - mu Exiting

Estimate for difference: -0.867

95% CI for difference: (-1.757, 0.023)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -1.95 **P-Value = 0.056** DF = 56



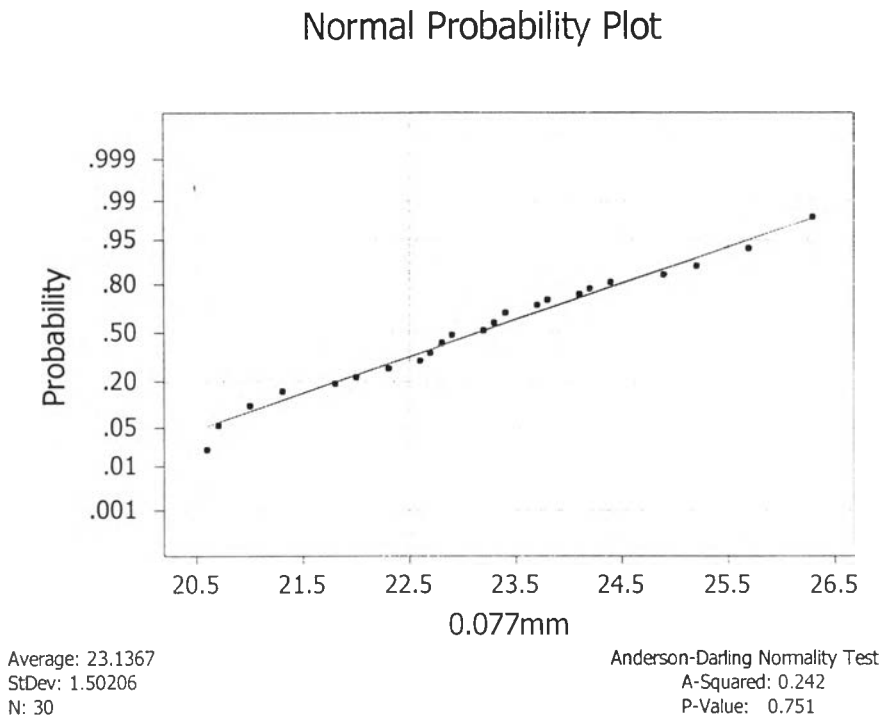
รูปที่ 6.5 *กราฟความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานในกระบวนการปกติและชิ้นงานที่มีการทำความสะอาดด้วยฟรีออน*

จากผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า P-Value มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าชิ้นงานทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

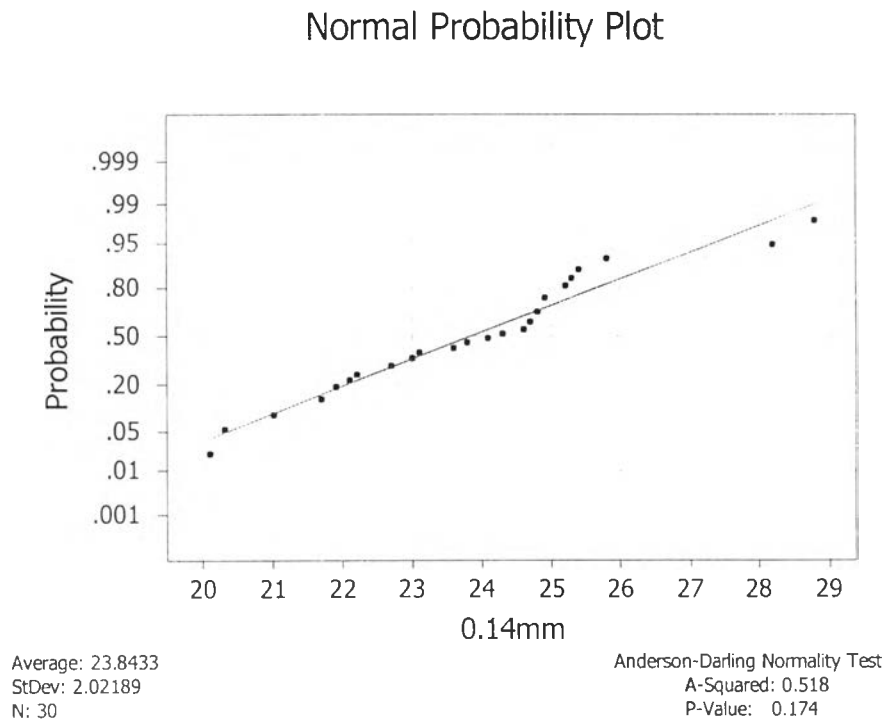
6.2.2 การวิเคราะห์สมมติฐานขนาดช่องว่างของวัสดุพรุน (Mesh) ชั้นกลางมีผลต่อค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt)

6.2.2.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่าข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับมีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ โดยกำหนด 0.077 mm. คือ ค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077 mm. และ 0.14 mm. คือ ค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm. ได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติดังกราฟที่ 6.6 และ 6.7



รูปที่ 6.6 กราฟนอร์มัลพล็อตของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077 mm.



รูปที่ 6.7 กราฟการกระจายของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm.

6.2.2.2 การทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐานในขั้นแรกต้องพิจารณาค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077 mm. และชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm. ว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่ เพื่อเป็นข้อกำหนดในการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077mm. และชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm.ต่อไป โดยสมมติฐานในการทดสอบความแปรปรวนเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$

$H_1 : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$

โดยกำหนดให้ σ^2_1 แทนค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077 mm.และกำหนด σ^2_2 แทนค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm. ดังแสดงในตารางที่ 6.3 และกราฟการทดสอบความแปรปรวนแสดงดังรูปที่ 6.8

ตารางที่ 6.3 *ตารางแสดงผลการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077 mm. และชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm.*

Test for Equal Variances

Response Dt

Factors MiddleMesh

ConfLvl 95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
1.15942	1.50206	2.11273	30	0.077mm
1.56067	2.02189	2.84390	30	0.14mm

F-Test (normal distribution)

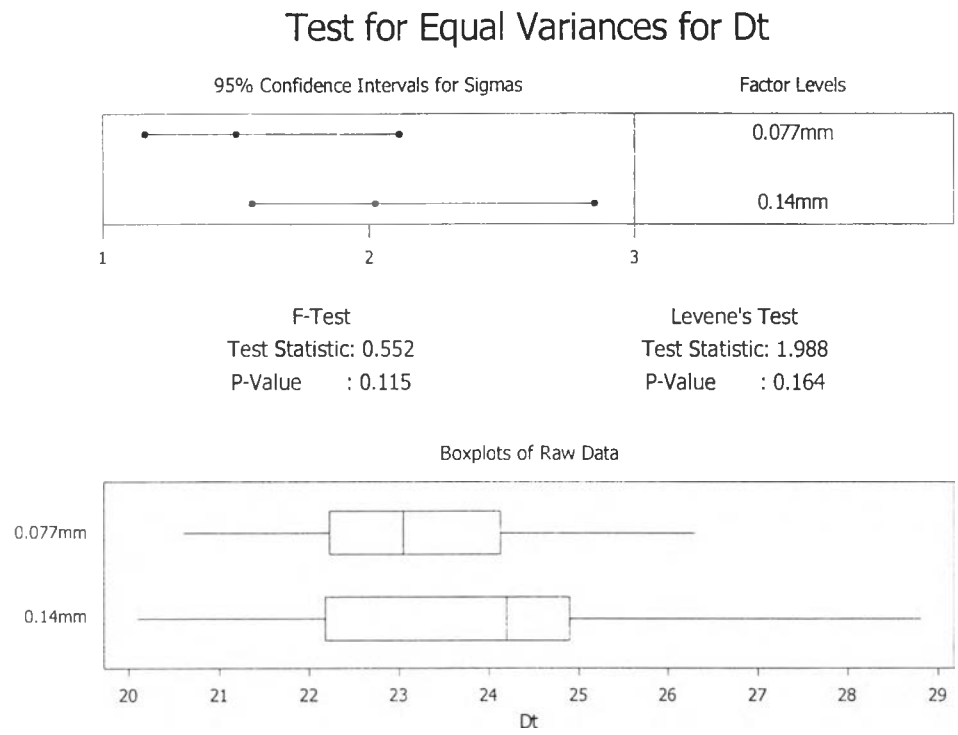
Test Statistic: 0.552

P-Value : 0.115

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 1.988

P-Value : 0.164



รูปที่ 6.8 *กราฟความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่มีความยาวของด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077 mm. และชิ้นงานที่มีความยาวของด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm.*

จากผลการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) พบว่า ค่า P-Value (F-Test) มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานทั้ง 2 กลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

และขั้นต่อไปคือการทดสอบสมมติฐานความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077 mm. และชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm. โดยสมมติฐานในการทดสอบเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

โดยกำหนดให้ μ_1 แทนค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077 mm.และกำหนด μ_2 แทนค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm. ดังแสดงในตารางที่ 6.4 และกราฟความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077mm. และชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm. แสดงดังรูปที่ 6.9

ตารางที่ 6.4 *ตารางแสดงผลการทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077 mm. และชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm.*

Two-Sample T-Test and CI: 0.14mm, 0.077mm

Two-sample T for 0.14mm vs 0.077mm

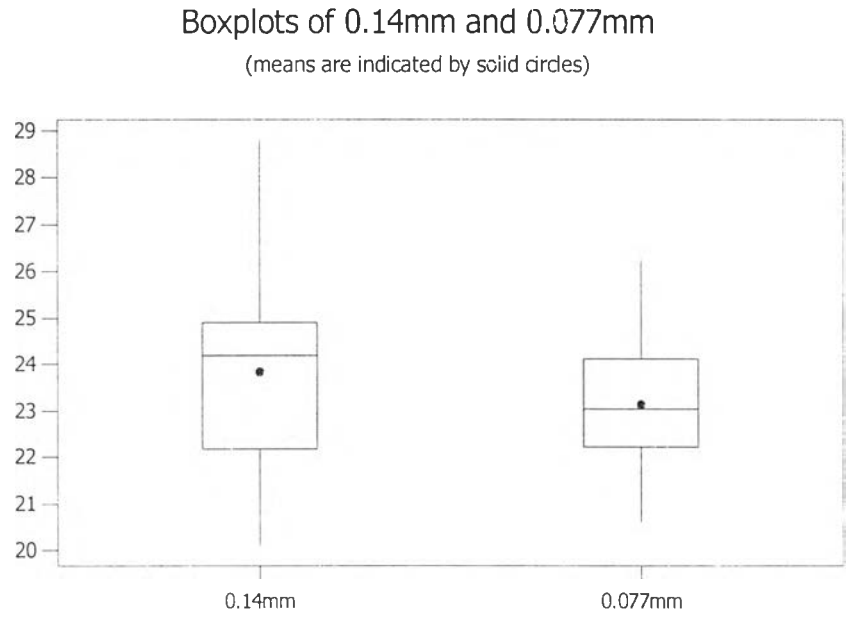
	N	Mean	StDev	SE Mean
0.14mm	30	23.84	2.02	0.37
0.077mm	30	23.14	1.50	0.27

Difference = mu 0.14mm - mu 0.077mm

Estimate for difference: 0.707

95% CI for difference: (-0.216, 1.629)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1.54 **P-Value = 0.130** DF = 53



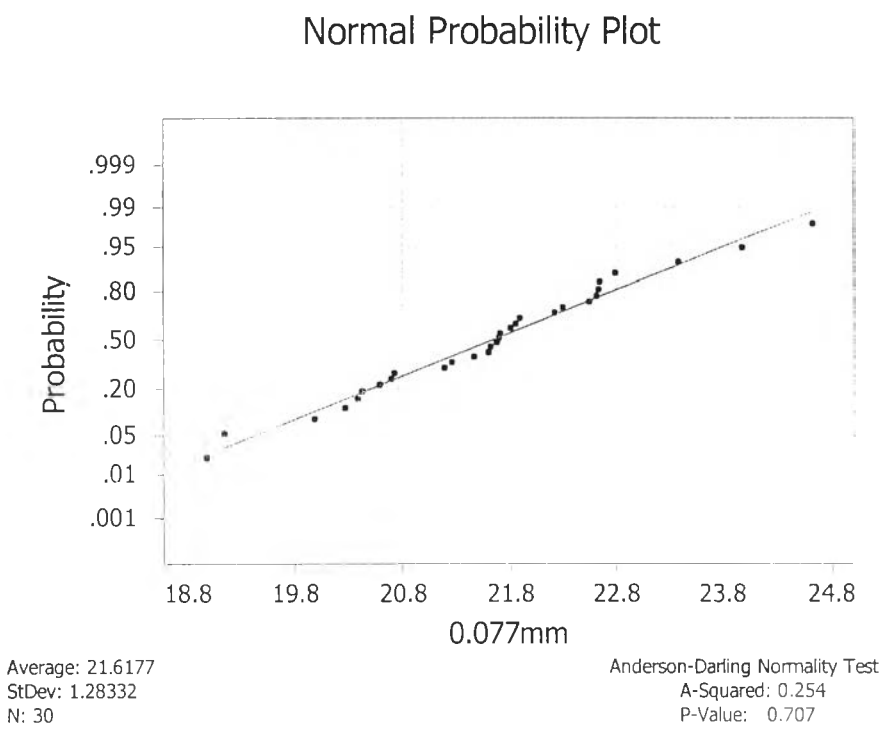
รูปที่ 6.9 *กราฟความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่มีความยาวของด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077 mm. และชิ้นงานที่มีความยาวของด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm.*

จากผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า P-Value มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าชิ้นงานทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

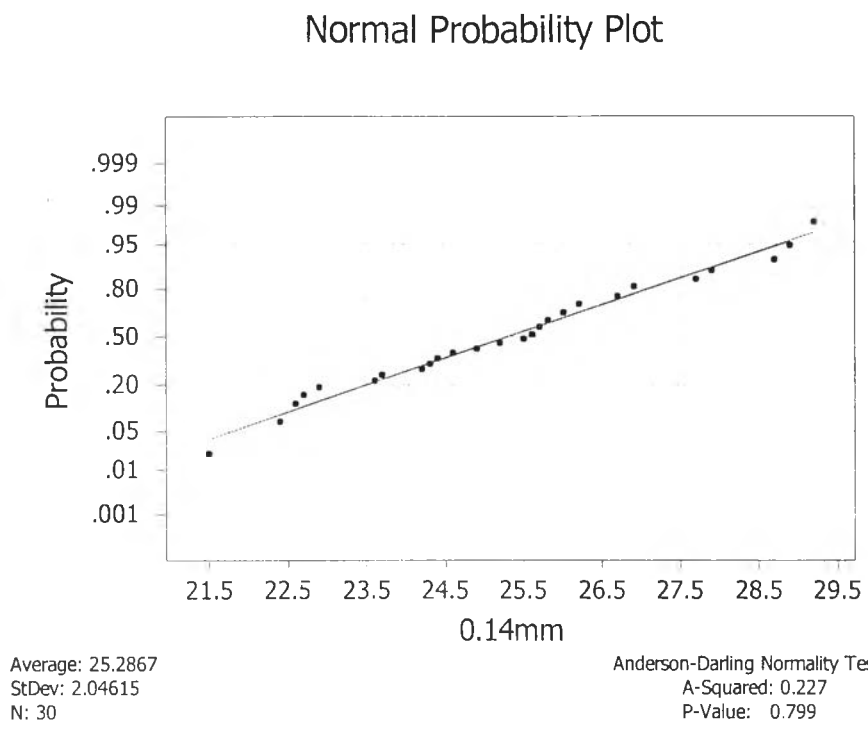
6.2.3 การวิเคราะห์สมมติฐานขนาดช่องว่างวัสดุพรุน (Mesh) ชั้นนอกมีผลต่อค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt)

6.2.3.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่าข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับมีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ โดยกำหนด 0.077 mm. คือ ค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077 mm. และ 0.14 mm. คือ ค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm. ได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติ เนื่องจากมีค่า P-Value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังกราฟที่ 6.10 และ 6.11



รูปที่ 6.10 *กราฟนอร์มัลพล็อตของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077 mm.*



รูปที่ 6.11 *กราฟการกระจายของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm.*

6.2.3.2 การทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐานในขั้นแรกต้องพิจารณาค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077 mm. และชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm. ว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่ เพื่อเป็นข้อกำหนดในการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077 mm. และชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm.ต่อไปโดยสมมติฐานในการทดสอบความแปรปรวนเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$

$H_1 : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$

โดยกำหนดให้ σ^2_1 แทนค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077 mm. และกำหนด σ^2_2 แทนค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm. ดังแสดงในตารางที่ 6.5 และกราฟการทดสอบความแปรปรวนแสดงดังรูปที่ 6.12

ตารางที่ 6.5 *ตารางแสดงผลการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077 mm. และชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm.*

Test for Equal Variances

Response Dt

Factors Outermesh

ConfLvl 95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0.99057	1.28332	1.80505	30	0.077mm
1.57939	2.04615	2.87801	30	0.14mm

F-Test (normal distribution)

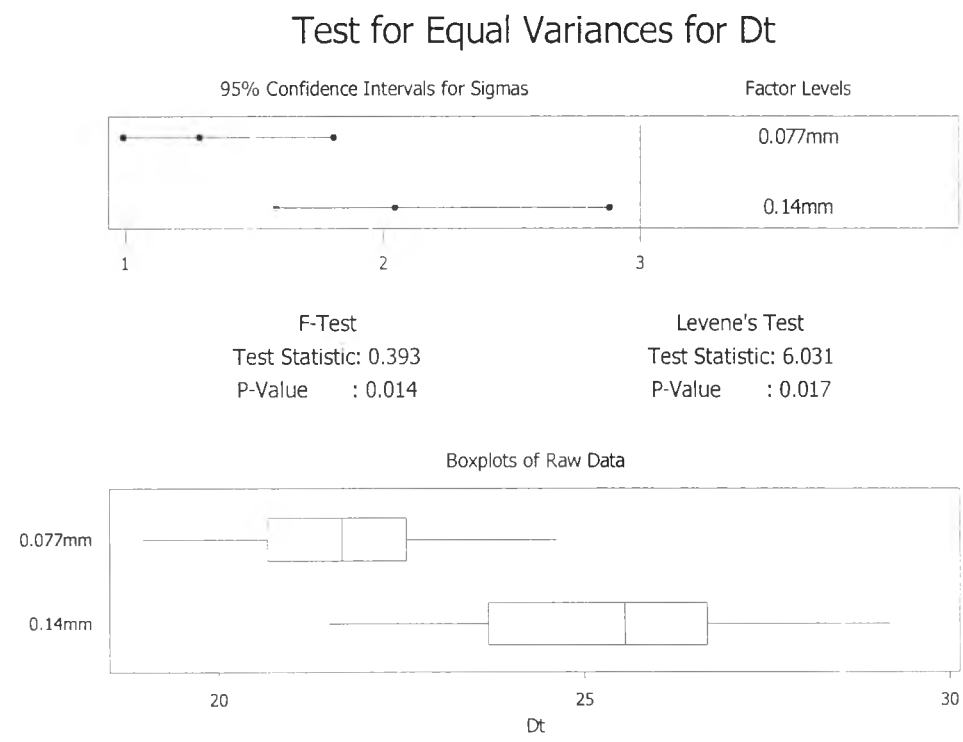
Test Statistic: 0.393

P-Value : 0.014

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 6.031

P-Value : 0.017



รูปที่ 6.12 *กราฟความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077 mm. และชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm.*

จากผลการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) พบว่า ค่า P-Value (F-Test) น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานทั้ง 2 กลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

และขั้นต่อไปคือการทดสอบสมมติฐานความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077mm. และชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm. โดยสมมติฐานในการทดสอบเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

โดยกำหนดให้ μ_1 แทนค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077 mm.และกำหนด μ_2 แทนค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm. ดังแสดงในตารางที่ 6.6

ตารางที่ 6.6 *ตารางแสดงผลการทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077 mm. และชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm.*

Two-Sample T-Test and CI: 0.14mm, 0.077mm

Two-sample T for 0.14mm vs 0.077mm

	N	Mean	StDev	SE Mean
0.14mm	30	25.29	2.05	0.37
0.077mm	30	21.62	1.28	0.23

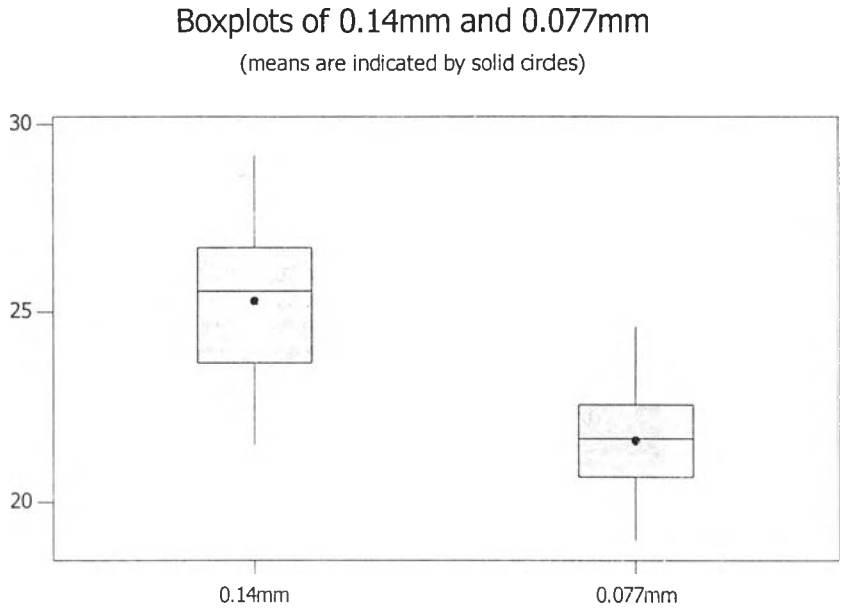
Difference = mu 0.14mm - mu 0.077mm

Estimate for difference: 3.669

95% CI for difference: (2.782, 4.556)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 8.32 **P-Value = 0.000** DF = 48

และกราฟความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077 mm. และชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm. แสดงดังรูปที่ 6.13



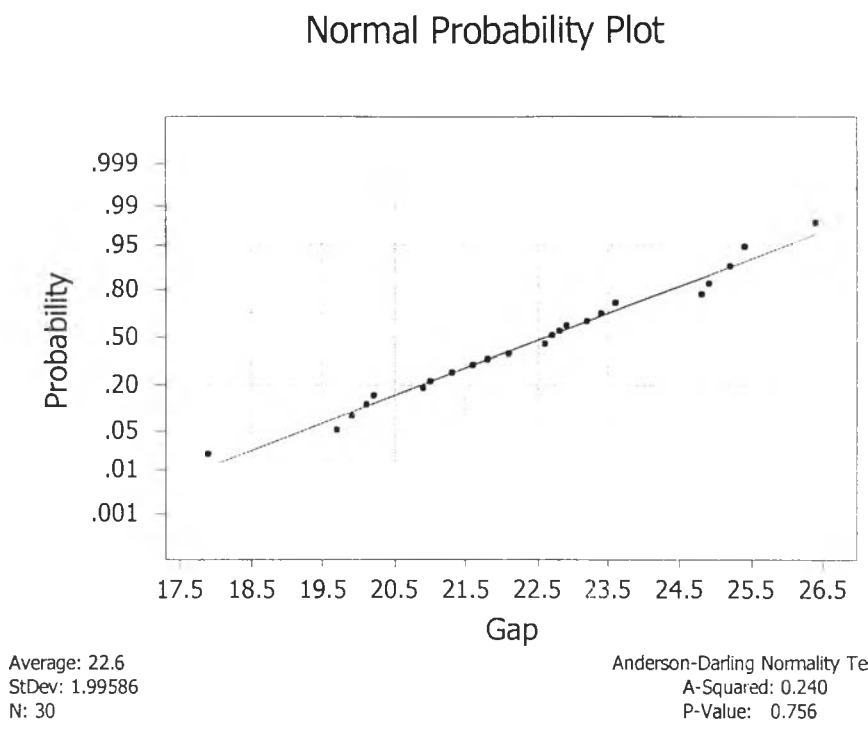
รูปที่ 6.13 *กราฟความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.077 mm. และ ชิ้นงานที่มีความยาวด้านรูพรุนเท่ากับ 0.14 mm.*

จากผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าชิ้นงานทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

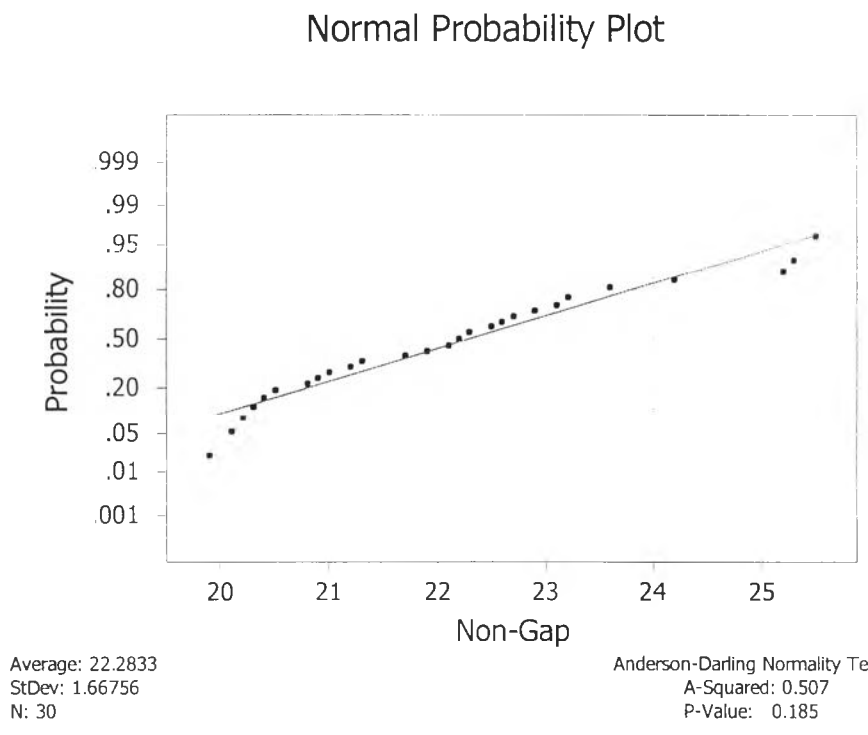
6.2.4 การวิเคราะห์สมมติฐานระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap) มีผลต่อค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt)

6.2.4.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่าข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับมีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ โดยกำหนด Gap คือ ค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap) และ Non-Gap คือ ค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ไม่เกิดระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap) ได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติ เนื่องจากมีค่า P-Value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังกราฟที่ 6.14 และ 6.15



รูปที่ 6.14 *กราฟนอร์มัลพล็อตของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap)*



รูปที่ 6.15 *กราฟนอร์มัลพล็อตของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ไม่เกิดระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap)*

6.2.4.2 การทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐานในขั้นแรกต้องพิจารณาค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap) และชิ้นงานที่ไม่เกิดระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap) ว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่ เพื่อเป็นข้อกำหนดในการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap) และชิ้นงานที่ไม่เกิดระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap) ต่อไป โดยสมมติฐานในการทดสอบความแปรปรวนเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$

$H_1 : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$

โดยกำหนดให้ σ^2_1 แทนค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มี ระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap) และกำหนด σ^2_2 แทนค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ไม่เกิดระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap) ดังแสดงในตารางที่ 6.7 และกราฟการทดสอบความแปรปรวนแสดงดังรูปที่ 6.16

ตารางที่ 6.7 *ตารางแสดงผลการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่มีระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap) และชิ้นงานที่ไม่เกิดระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Non-Gap)*

Test for Equal Variances

Response Dt

Factors Gapping

ConfLvl 95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
1.54057	1.99586	2.80728	30	Gap
1.28716	1.66756	2.34551	30	Non-Gap

F-Test (normal distribution)

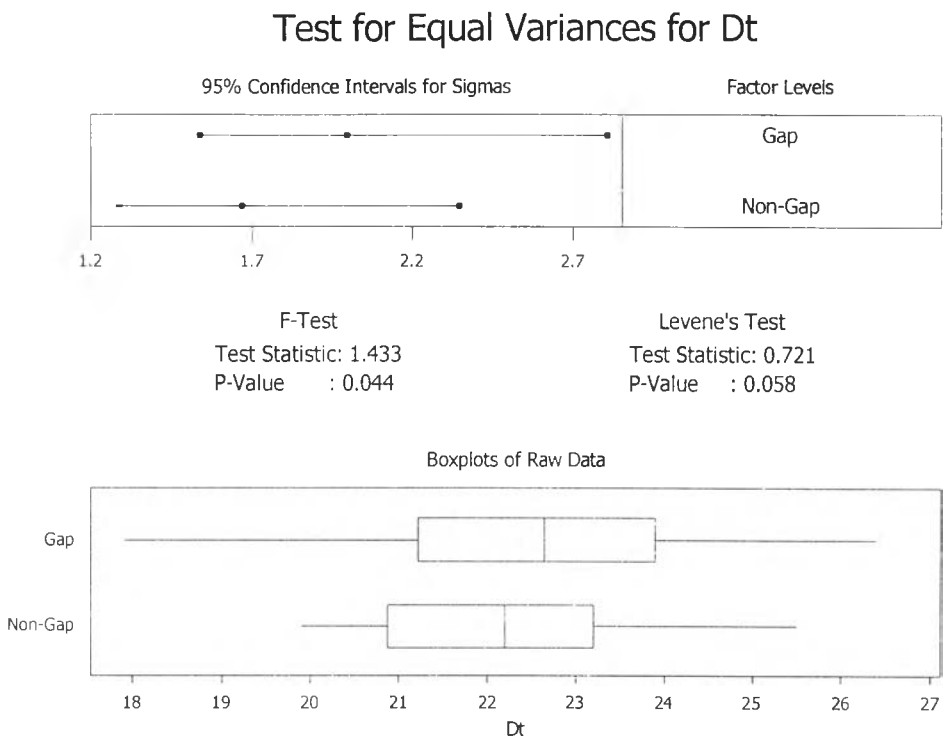
Test Statistic: 1.433

P-Value : 0.044

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 0.721

P-Value : 0.058



รูปที่ 6.16 *กราฟความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่มีระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap) และชิ้นงานที่ไม่เกิดระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap)*

จากผลการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) พบว่า ค่า P-Value (F-Test) น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานทั้ง 2 กลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

และขั้นต่อไปคือการทดสอบสมมติฐานความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่มีระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap) และชิ้นงานที่ไม่เกิดระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap) โดยสมมติฐานในการทดสอบเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

โดยกำหนดให้ μ_1 แทนค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap) และกำหนด μ_2 แทนค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ไม่เกิดระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อ

ความร้อน (Gap) ดังแสดงในตารางที่ 6.8 และกราฟความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดชิ้นงานที่มี ระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap) และ ชิ้นงานที่ไม่เกิดระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap) แสดงดังรูปที่ 6.17

ตารางที่ 6.8 *ตารางแสดงผลการทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่มีระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap) และชิ้นงานที่ไม่เกิดระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap)*

Two-Sample T-Test and CI: Gap, Non-Gap

Two-sample T for Gap vs Non-Gap

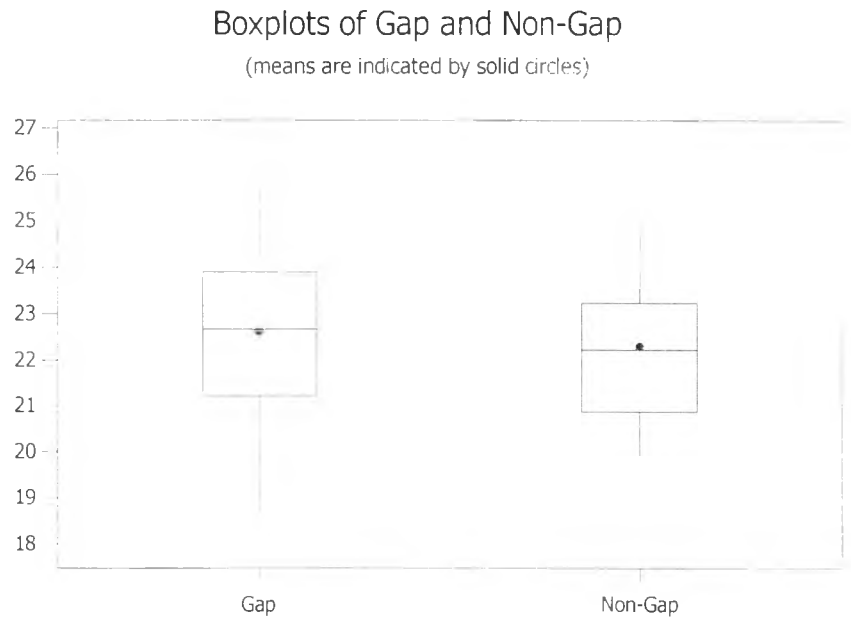
	N	Mean	StDev	SE Mean
Gap	30	22.60	2.00	0.36
Non-Gap	30	22.28	1.67	0.30

Difference = mu Gap - mu Non-Gap

Estimate for difference: 0.317

95% CI for difference: (-0.635, 1.268)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0.67 **P-Value = 0.044** DF = 56



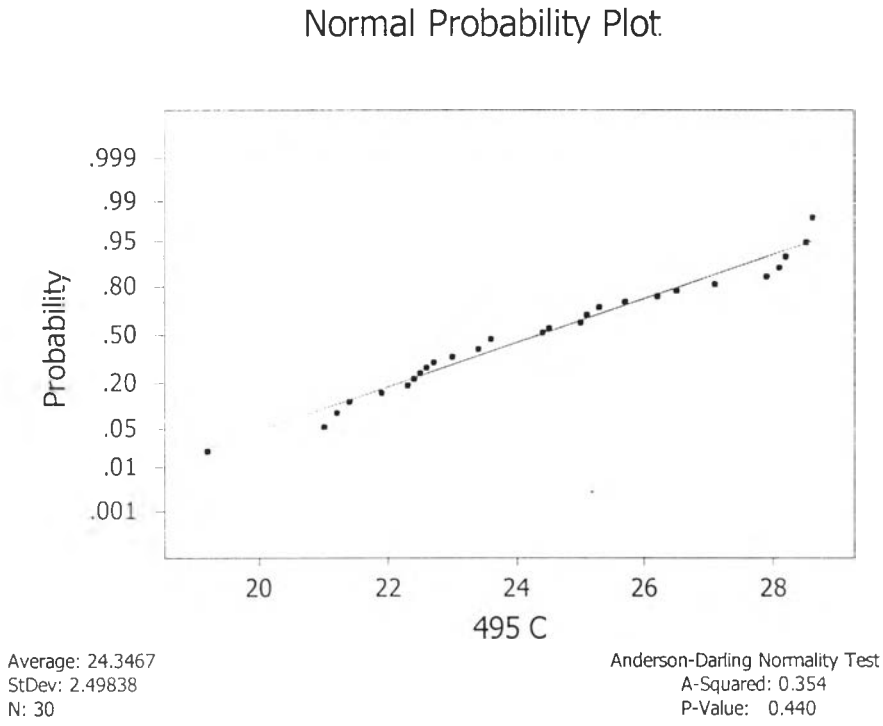
รูปที่ 6.17 *กราฟความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่มี ระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap) และชิ้นงานที่ไม่เกิดระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap)*

จากผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าชิ้นงานทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

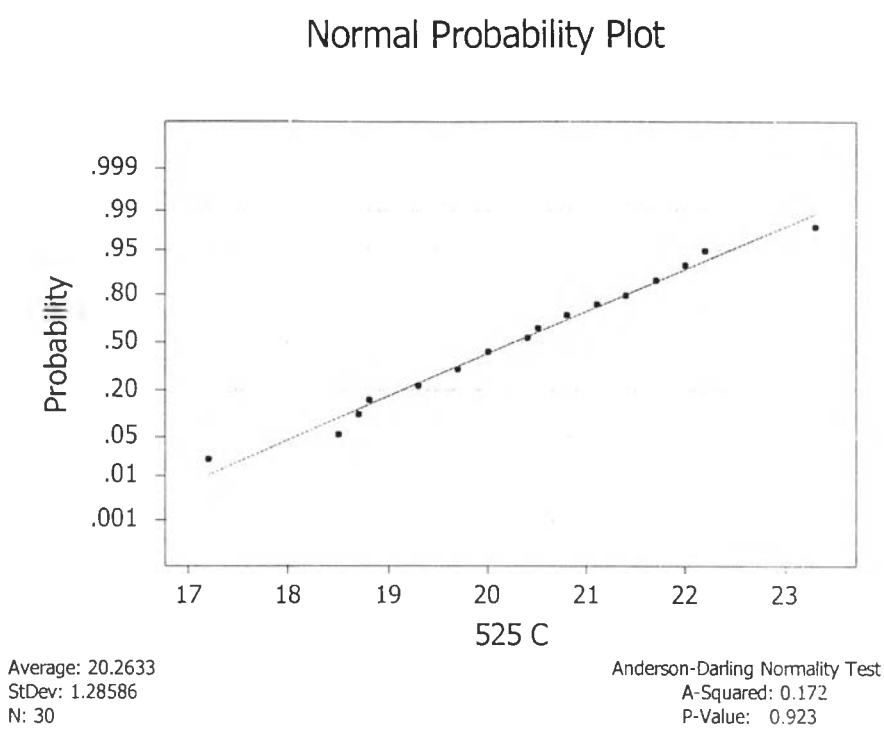
6.2.5 การวิเคราะห์สมมติฐาน อุณหภูมิการอบไนโตรเจน มีผลต่อค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt)

6.2.5.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่าข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับมีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ โดยกำหนด 495 C คือ ค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้อุณหภูมิ 495 องศาเซลเซียส และ 525 C คือ ค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียสได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติ เนื่องจากมีค่า P-Value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังกราฟที่ 6.18 และ 6.19



รูปที่ 6.18 *กราฟนอร์มัลพล็อตของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้อุณหภูมิ 495 องศาเซลเซียส*



รูปที่ 6.19 *กราฟนอร์มัลพล็อตของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส*

6.2.5.2 การทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐานในขั้นแรกต้องพิจารณาค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้อุณหภูมิ 495 องศาเซลเซียส และชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียสว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่ เพื่อเป็นข้อกำหนดในการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้อุณหภูมิ 495 องศาเซลเซียส และชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียสต่อไปโดยสมมติฐานในการทดสอบความแปรปรวนเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$

$H_1 : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$

โดยกำหนดให้ σ^2_1 แทนค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้อุณหภูมิ 495 องศาเซลเซียสและกำหนด σ^2_2 แทนค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียสดังแสดงในตารางที่ 6.9 และกราฟการทดสอบความแปรปรวนแสดงดังรูปที่ 6.20

ตารางที่ 6.9 *ตารางแสดงผลการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้อุณหภูมิ495 องศาเซลเซียสและชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้ อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส*

Test for Equal Variances

Response Dt

Factors Nitrogen

ConfLvl 95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
1.92845	2.49838	3.51410	30	495 C
0.99253	1.28586	1.80863	30	525 C

F-Test (normal distribution)

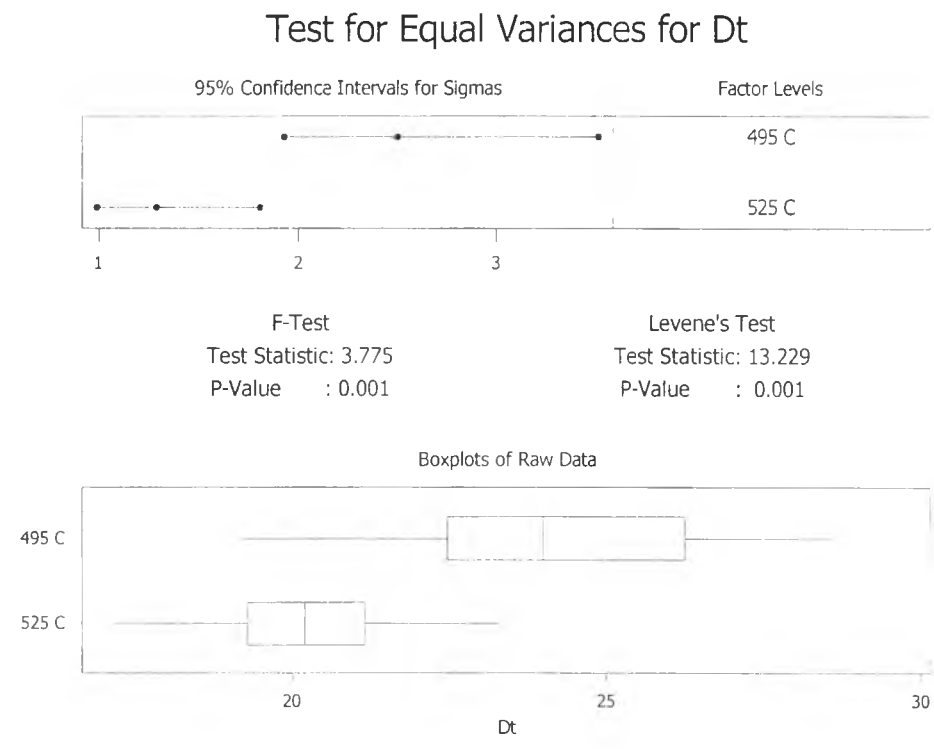
Test Statistic: 3.775

P-Value : 0.001

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 13.229

P-Value : 0.001



รูปที่ 6.20 *กราฟความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้อุณหภูมิ 495 องศาเซลเซียสและชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้ อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส*

จากผลการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) พบว่า ค่า P-Value (F-Test) น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานทั้ง 2 กลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

และขั้นต่อไปคือการทดสอบสมมติฐานความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของค่าการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้อุณหภูมิ 495 องศาเซลเซียสและชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส โดยสมมติฐานในการทดสอบเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

โดยกำหนดให้ μ_1 แทนค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้อุณหภูมิ 495 องศาเซลเซียส และกำหนด μ_2 แทนค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 6.10 และกราฟความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจาก ชิ้นงาน ที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้ใช้อุณหภูมิ 495 องศาเซลเซียส และชิ้นงานที่ผ่านการไนโตรเจนโดยใช้อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 6.21

ตารางที่ 6.10 *ตารางแสดงผลการทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้อุณหภูมิ 495 องศาเซลเซียส และชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส*

Two-Sample T-Test and CI: 525 C, 495 C

Two-sample T for 525 C vs 495 C

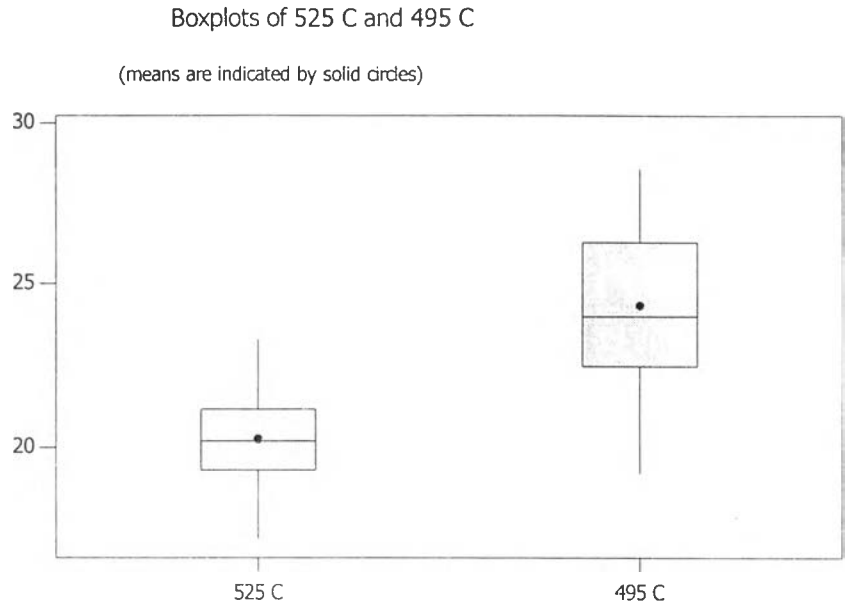
	N	Mean	StDev	SE Mean
525 C	30	20.26	1.29	0.23
495 C	30	24.35	2.50	0.46

Difference = mu 525 C - mu 495 C

Estimate for difference: -4.083

95% CI for difference: (-5.118, -3.049)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -7.96 **P-Value = 0.000** DF = 43



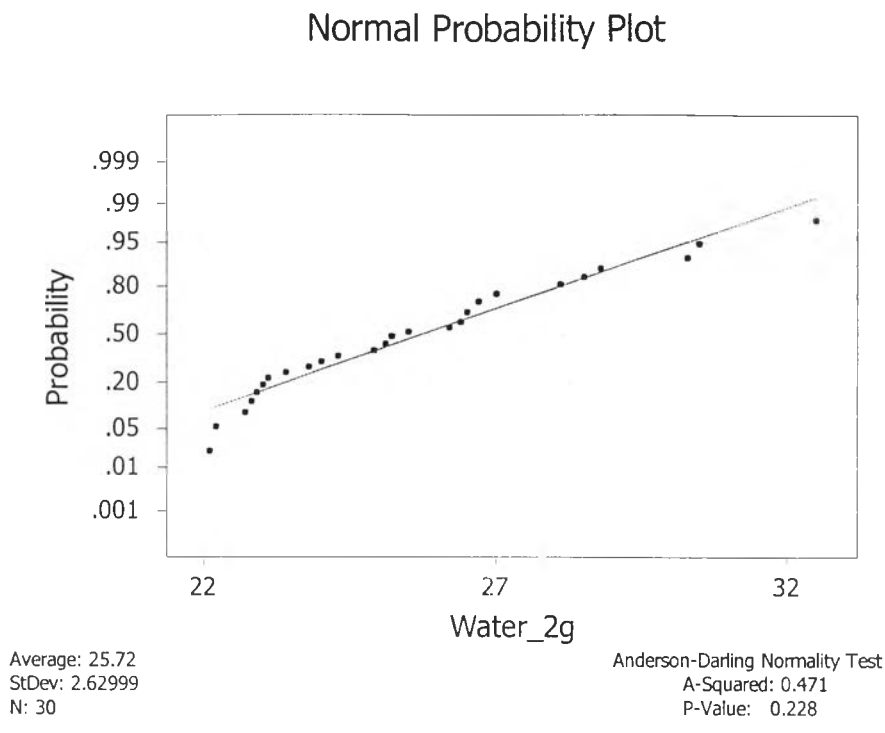
รูปที่ 6.21 *กราฟความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้ อุณหภูมิ 495 องศาเซลเซียส และชิ้นงานที่ผ่านการอบไนโตรเจนโดยใช้ อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส*

จากผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าชิ้นงานทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

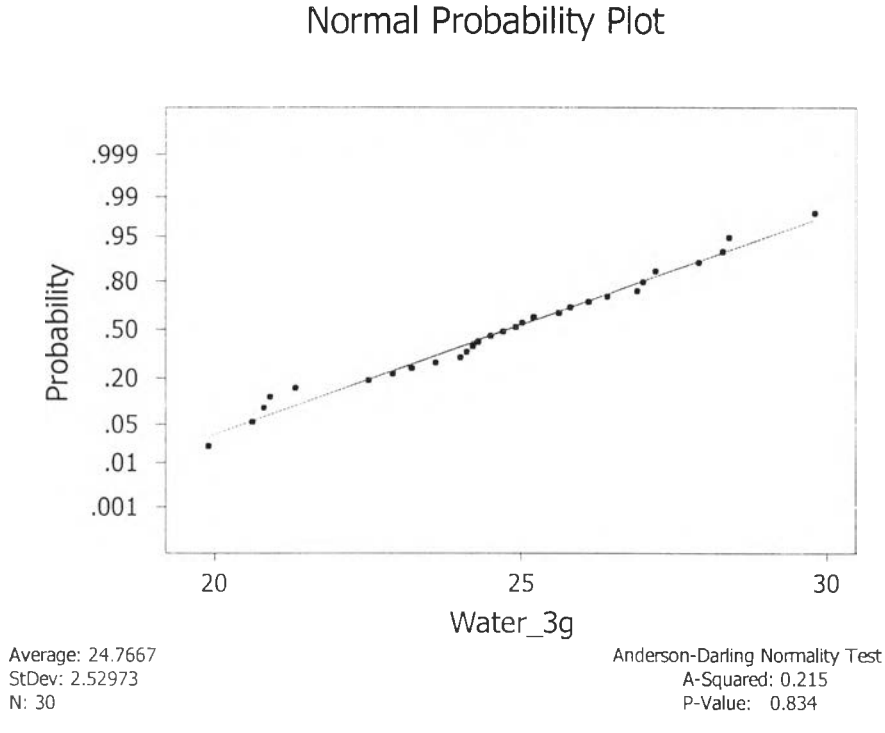
6.2.6 การวิเคราะห์สมมติฐานน้ำหนักน้ำมีผลต่อค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt)

6.2.6.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่าข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับมีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ โดยกำหนด Water_2g คือ ค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำเท่ากับ 2 กรัม และ Water_3g คือ ค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำเท่ากับ 3 กรัม ได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติ เนื่องจากมีค่า P-Value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังกราฟที่ 6.22 และ 6.23



รูปที่ 6.22 *กราฟนอร์มัลพล็อตของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำเท่ากับ 2 กรัม*



รูปที่ 6.23 *กราฟนอร์มัลพล็อตของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำเท่ากับ 3 กรัม*

6.2.6.2 การทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐานในขั้นแรกต้องพิจารณาค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำ เท่ากับ 2 กรัม และชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำเท่ากับ 3 กรัมว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่เพื่อเป็นข้อกำหนดในการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำเท่ากับ 2 กรัม และชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำเท่ากับ 3 กรัมต่อไป โดยสมมติฐานในการทดสอบความแปรปรวนเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$

$H_1 : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$

โดยกำหนดให้ σ^2_1 แทนค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำ เท่ากับ 2 กรัม และกำหนด σ^2_2 แทนค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำเท่ากับ 3 กรัมดังแสดงในตารางที่ 6.11 และกราฟการทดสอบความแปรปรวนแสดงดังรูปที่ 6.24

ตารางที่ 6.11 *ตารางแสดงผลการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของค่าการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำ 2 กรัม และชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำ 3 กรัม*

Test for Equal Variances

Response Dt

Factors Water

ConfLvl 95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
2.03004	2.62999	3.69921	30	Water_2g
1.95266	2.52973	3.55820	30	Water_3g

F-Test (normal distribution)

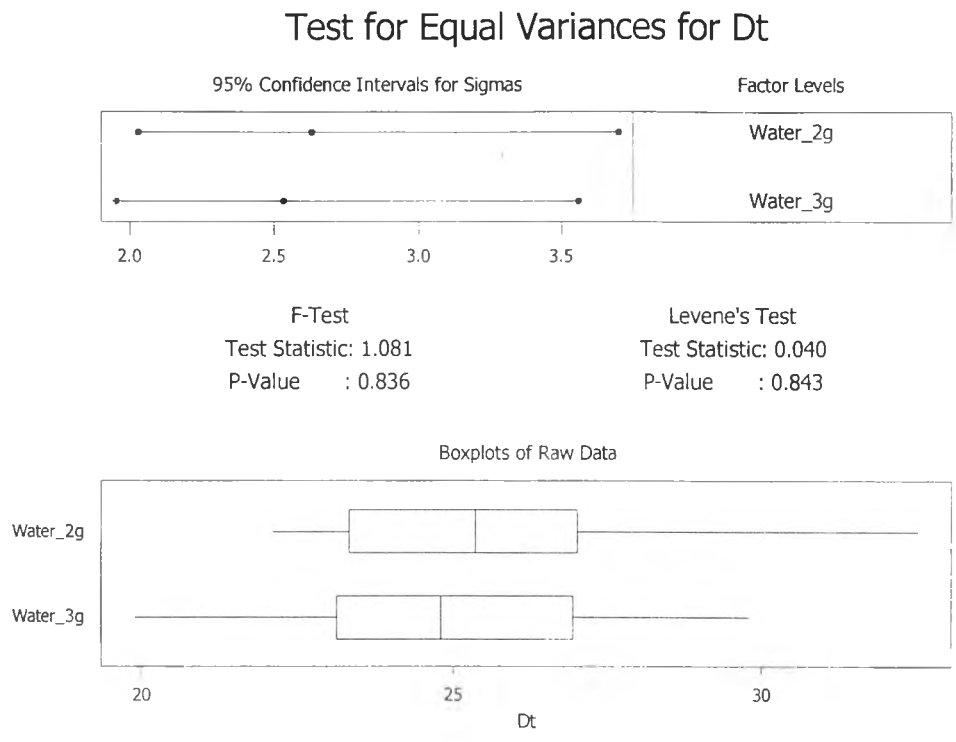
Test Statistic: 1.081

P-Value : 0.836

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 0.040

P-Value : 0.843



รูปที่ 6.24 *กราฟความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำ 2 กรัม และชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำ 3 กรัม*

จากผลการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) พบว่า ค่า P-Value (F-Test) มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของน้ำหนักน้ำทั้ง 2 กลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

และขั้นต่อไปคือการทดสอบสมมติฐานความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำ 2 กรัมและชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำ 3 กรัมโดยสมมติฐานในการทดสอบเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

โดยกำหนดให้ μ_1 แทนค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำ เท่ากับ 2 กรัมและกำหนด μ_2 แทนค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำเท่ากับ 3 กรัม ดังแสดงในตารางที่ 6.12 และกราฟความ

เท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำ 2 กรัมและชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำ 3 กรัม แสดงดังรูปที่ 6.25

ตารางที่ 6.12 *ตารางแสดงผลการทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของค่าการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำ 2 กรัมและชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำ 3 กรัม*

Two-Sample T-Test and CI: Water_2g, Water_3g

Two-sample T for Water_2g vs Water_3g

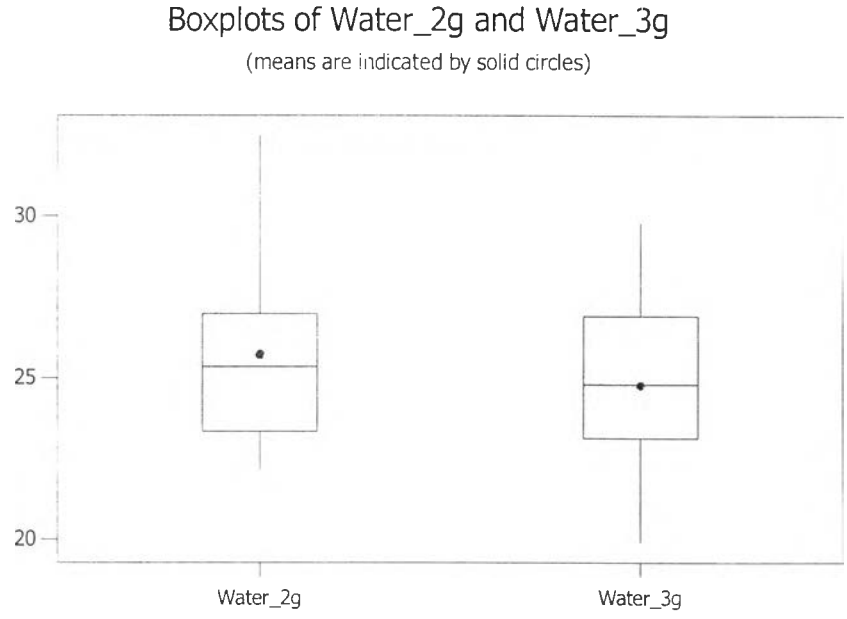
	N	Mean	StDev	SE Mean
Water_2g	30	25.72	2.63	0.48
Water_3g	30	24.77	2.53	0.46

Difference = mu Water_2g - mu Water_3g

Estimate for difference: 0.953

95% CI for difference: (-0.381, 2.287)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1.43 **P-Value = 0.158** DF = 57



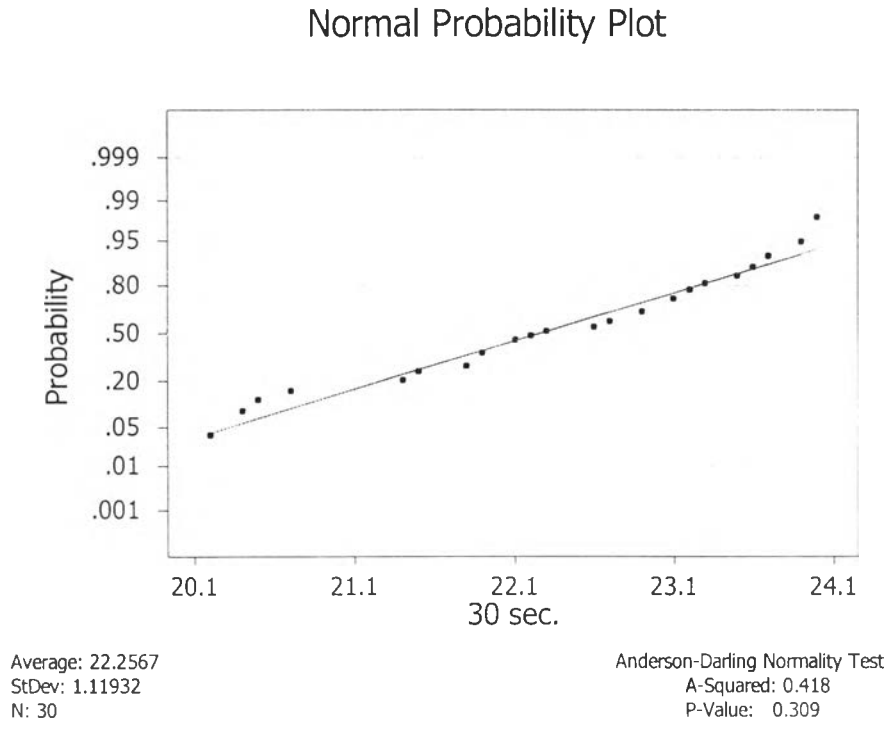
รูปที่ 6.25 *กราฟความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำ 2 กรัมและชิ้นงานที่มีน้ำหนักน้ำ 3 กรัม*

จากผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า P-Value มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าน้ำหนักน้ำที่แตกต่างกันไม่ทำให้ค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

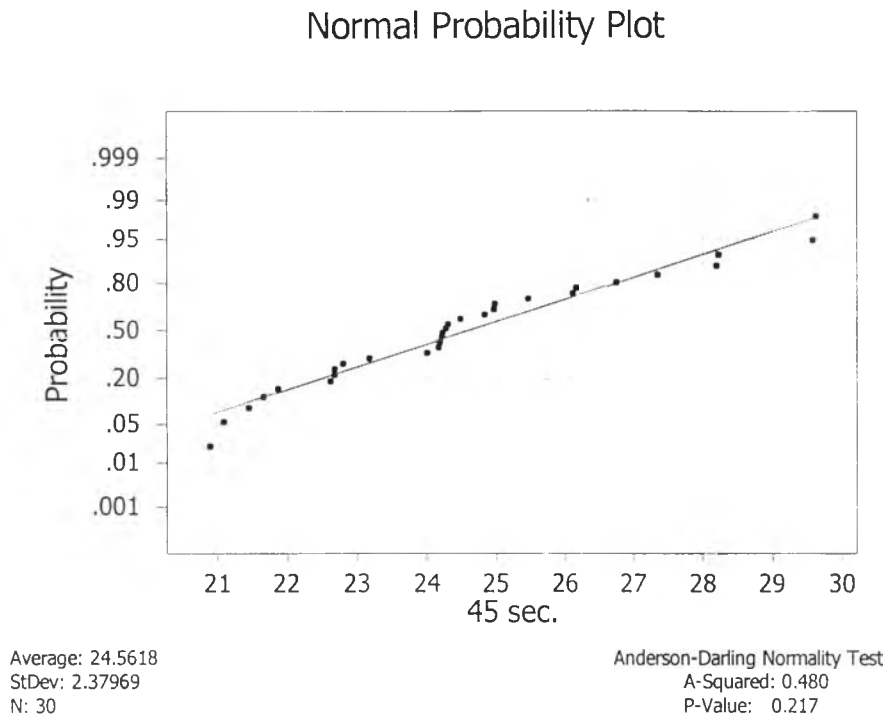
6.2.7 การวิเคราะห์สมมติฐานเวลาในการไล่ก๊าซมีผลต่อค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt)

6.2.7.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่าข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับมีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ โดยกำหนด 30 sec. คือ ค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 30 วินาที และ 45 วินาที คือ ค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 45 วินาที ได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติ เนื่องจากมีค่า P-Value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังกราฟที่ 6.26 และ 6.27



รูปที่ 6.26 *กราฟนอร์มัลพล็อตของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 30 วินาที*



รูปที่ 6.27 *กราฟนอร์มัลพล็อตของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 45 วินาที*

6.2.7.2 การทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐานในขั้นแรกต้องพิจารณาค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 30 วินาทีและชิ้นงานที่ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 45 วินาที ว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่เพื่อเป็นข้อกำหนดในการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 30 วินาทีและชิ้นงานที่ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 45 วินาทีต่อไป โดยสมมติฐานในการทดสอบความแปรปรวนเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$

$H_1 : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$

โดยกำหนดให้ σ^2_1 แทนค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 30 วินาที และกำหนด σ^2_2 แทนค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 45 วินาที ดังแสดงในตารางที่ 6.13 และกราฟการทดสอบความแปรปรวนแสดงดังรูปที่ 6.28

ตารางที่ 6.13 *ตารางแสดงผลการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่ ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 30 วินาที และชิ้นงานที่เวลาในการไล่ก๊าซ 45 วินาที*

Test for Equal Variances

Response Dt

Factors Degassing

ConfLvl 95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0.86399	1.11932	1.57439	30	30 sec.
1.83684	2.37969	3.34715	30	45 sec.

F-Test (normal distribution)

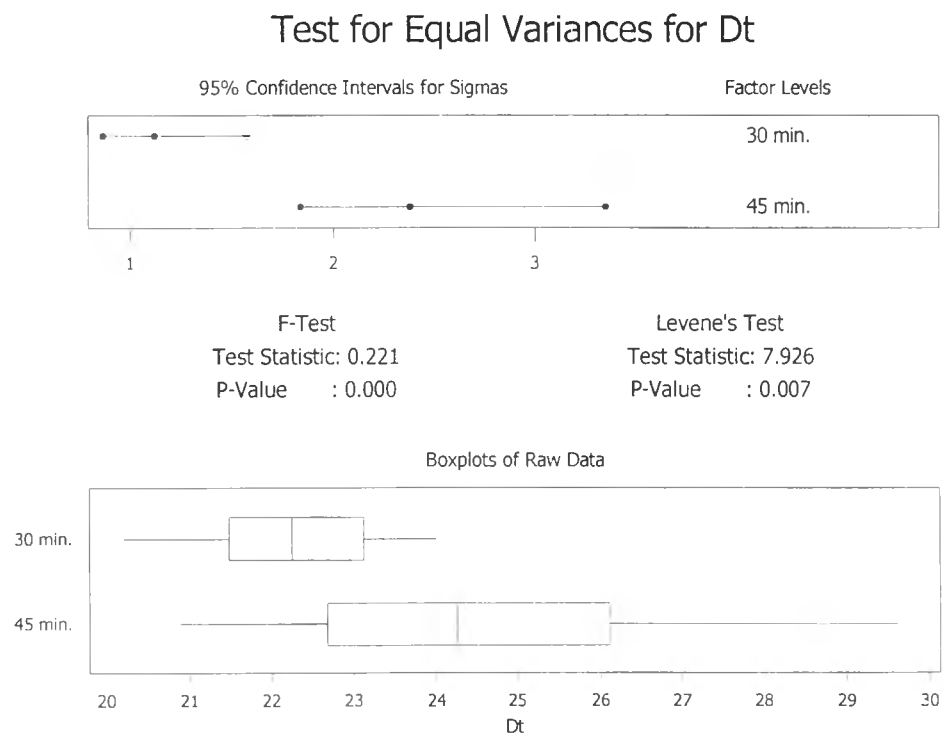
Test Statistic: 0.221

P-Value : 0.000

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 7.926

P-Value : 0.007



รูปที่ 6.28 *กราฟความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 30 วินาที และชิ้นงานที่ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 45 วินาที*

จากผลการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) พบว่า ค่า P-Value (F-Test) น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานทั้ง 2 กลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

และขั้นต่อไปคือการทดสอบสมมติฐานความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 30 วินาทีและชิ้นงานที่ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 45 วินาที โดยสมมติฐานในการทดสอบเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

โดยกำหนดให้ μ_1 แทนค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 30 วินาทีและกำหนด μ_2 แทนค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 45 วินาที ดังแสดงในตารางที่ 6.14 และกราฟความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 30 วินาทีและชิ้นงานที่ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 45 วินาทีแสดงดังรูปที่ 6.29

ตารางที่ 6.14 *ตารางแสดงผลการทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่ ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 30 วินาที และชิ้นงานที่ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 45 วินาที*

Two-Sample T-Test and CI: 30 sec., 45 sec.

Two-sample T for 30 sec. vs 45 sec.

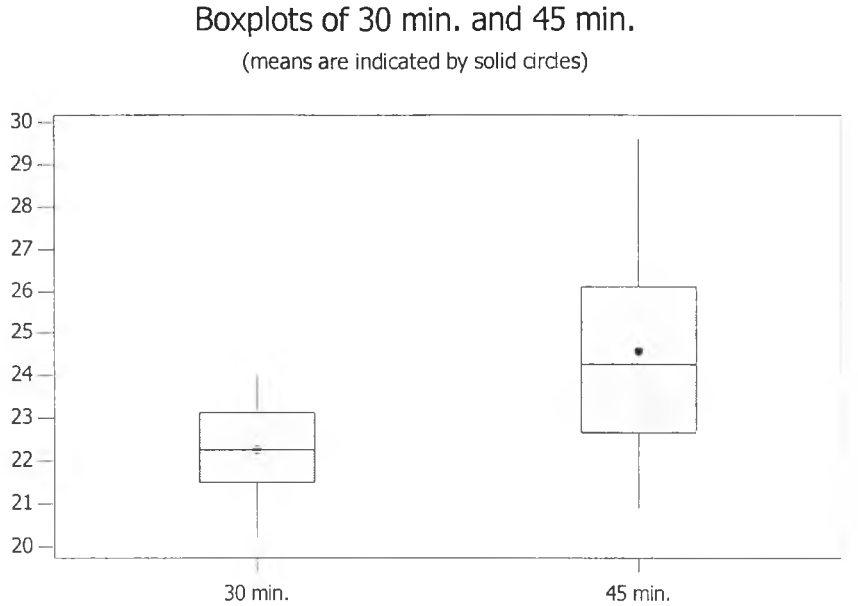
	N	Mean	StDev	SE Mean
30 sec.	30	22.26	1.12	0.20
45 sec.	30	24.56	2.38	0.43

Difference = mu 30 sec. - mu 45 sec.

Estimate for difference: -2.305

95% CI for difference: (-3.275, -1.335)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -4.80 **P-Value = 0.000** DF = 41



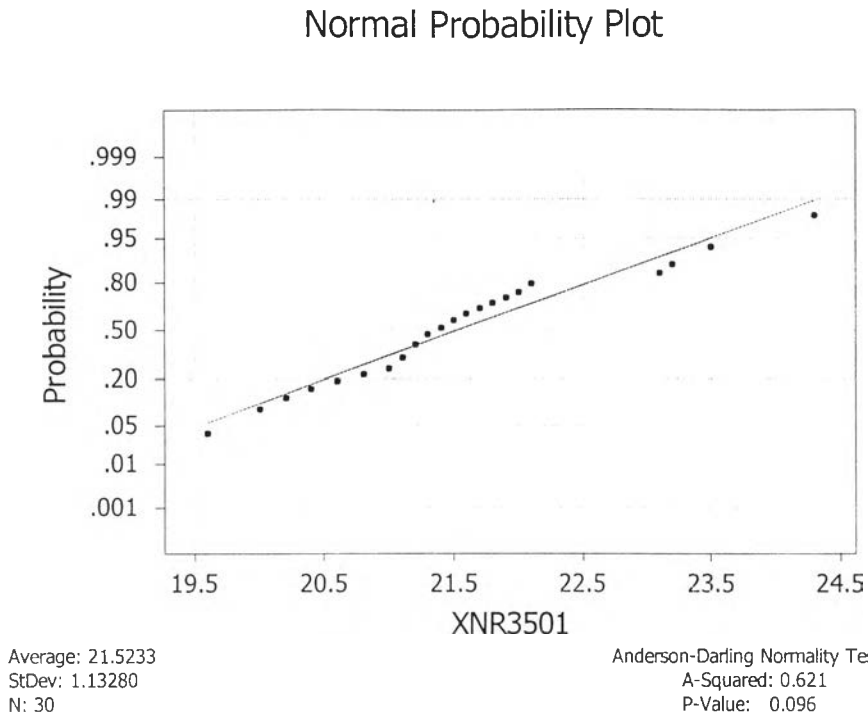
รูปที่ 6.29 *กราฟความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 30 วินาที และชิ้นงานที่ใช้เวลาในการไล่ก๊าซ 45 วินาที*

จากผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าชิ้นงานทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

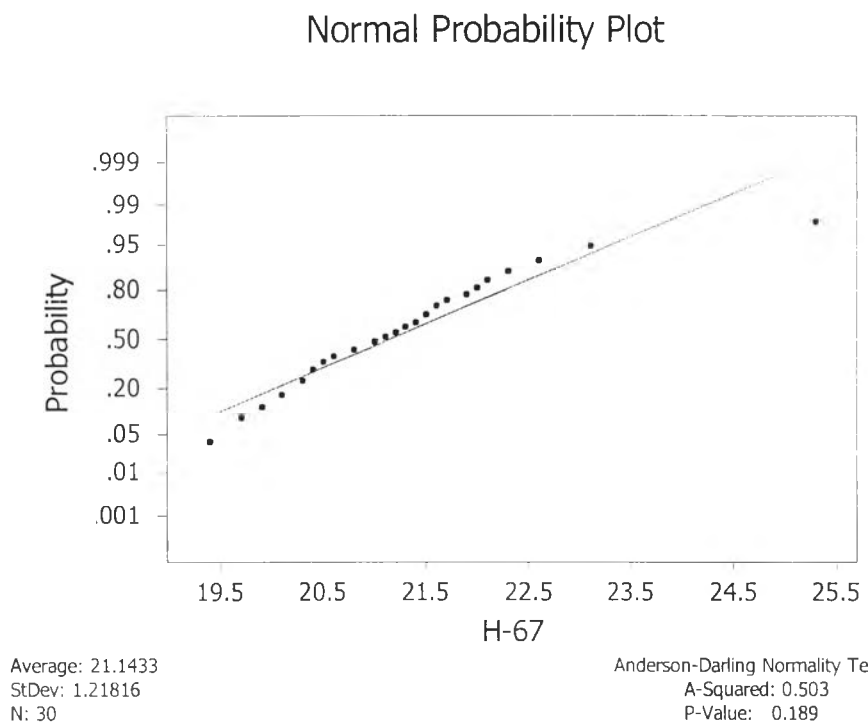
6.2.8 การวิเคราะห์สมมติฐานชนิดของอีพอกซี่มีผลต่อค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt)

6.2.8.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่าข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับมีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ โดยกำหนด XNR 3501 คือ ค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ ชนิด XNR 3501 และ H-67 คือ ค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ ชนิด H-67 ได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติ เนื่องจากมีค่า P-Value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังกราฟที่ 6.30 และ 6.31



รูปที่ 6.30 *กราฟนอร์มัลพล็อตของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Df) ของชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ ชนิด XNR 3501*



รูปที่ 6.31 *กราฟนอร์มัลพล็อตของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Df) ของชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ ชนิด H-67*

6.2.8.2 การทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐานในขั้นแรกต้องพิจารณาค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ชนิด XNR 3501 และชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ชนิด H-67ว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่เพื่อเป็นข้อกำหนดในการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ ชนิด XNR 3501และชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ชนิด H-67 ต่อไป โดยสมมติฐานในการทดสอบความแปรปรวนเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$

$H_1 : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$

โดยกำหนดให้ σ^2_1 แทนค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ชนิด XNR 3501 และกำหนด σ^2_2 แทนค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ชนิด H-67 ดังแสดงในตารางที่ 6.15 และกราฟการทดสอบความแปรปรวนแสดงดังรูปที่ 6.32

ตารางที่ 6.15 *ตารางแสดงผลการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ชนิด XNR 3501 และชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ชนิด H-67*

Test for Equal Variances

Response Dt

Factors Epoxy

ConfLvl 95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0.940279	1.21816	1.71341	30	H-67
0.874387	1.13280	1.59334	30	XNR 3501

F-Test (normal distribution)

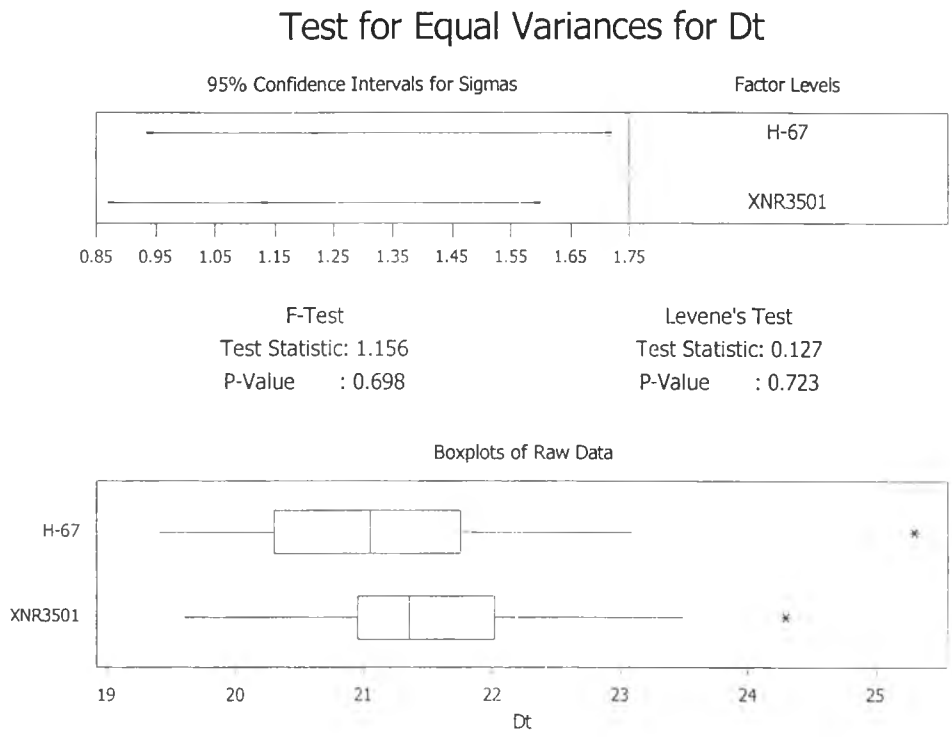
Test Statistic: 1.156

P-Value : 0.698

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 0.127

P-Value : 0.723



รูปที่ 6.32 *กราฟความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ชนิด XNR 3501 และชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ชนิด H-67*

จากผลการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) พบว่า ค่า P-Value มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานทั้ง 2 กลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

และขั้นต่อไปคือการทดสอบสมมติฐานความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของค่าการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ชนิด XNR 3501และชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ชนิด H-67 โดยสมมติฐานในการทดสอบเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

โดยกำหนดให้ μ_1 แทนค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ ชนิด XNR 3501 และกำหนด μ_2 แทนค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ชนิด H-67 ดังแสดงในตารางที่ 6.16 และกราฟ

ความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ชนิด XNR 3501และชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ชนิด H-67 แสดงดังรูปที่ 6.33

ตารางที่ 6.16 *ตารางแสดงผลการทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ชนิด XNR 3501 และชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ชนิด H-67*

Two-Sample T-Test and CI: H-67, XNR3501

Two-sample T for H-67 vs XNR3501

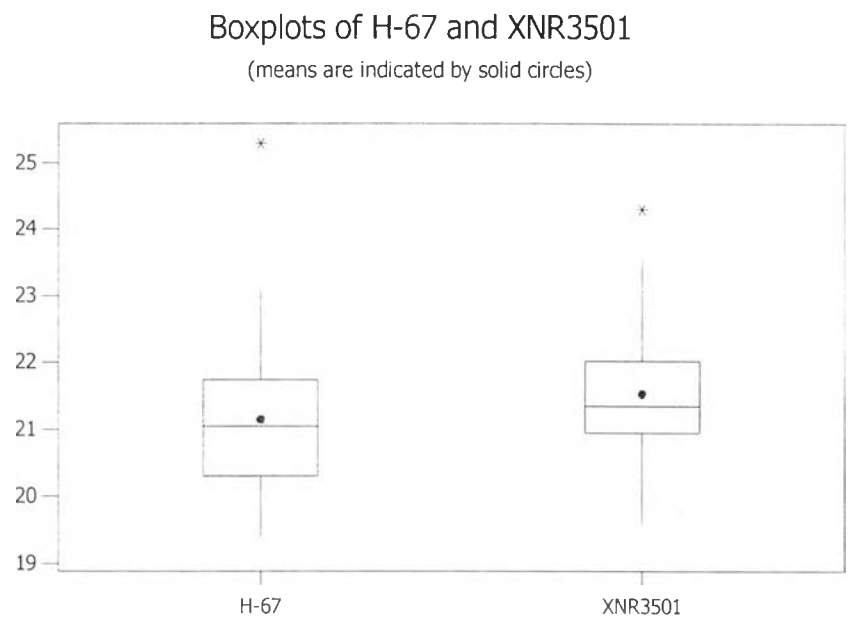
	N	Mean	StDev	SE Mean
H-67	30	21.14	1.22	0.22
XNR3501	30	21.52	1.13	0.21

Difference = mu H-67 - mu XNR3501

Estimate for difference: -0.380

95% CI for difference: (-0.988, 0.228)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -1.25 **P-Value = 0.216** DF = 57



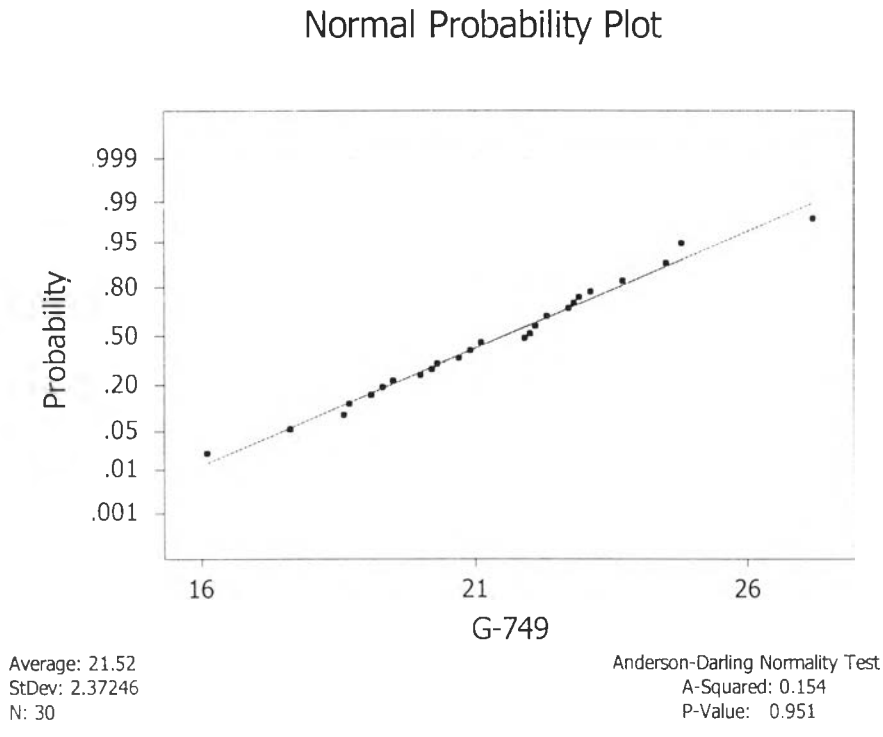
รูปที่ 6.33 *กราฟความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ ชนิด XNR 3501 และชิ้นงานที่ใช้อีพอกซี่ ชนิด H-67*

จากผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า P-Value มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าชิ้นงานทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

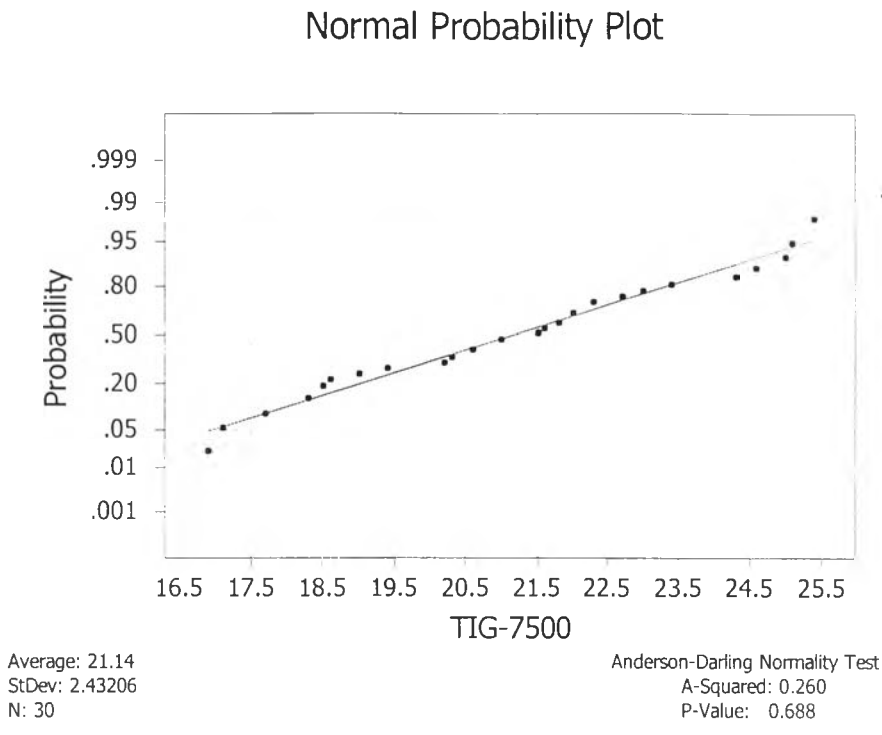
6.2.9 การวิเคราะห์สมมติฐานชนิดของจาระบี (Grease) มีผลต่อค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt)

6.2.9.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ

เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่าข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับมีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ โดยกำหนด 2.9 (W/mK) คือ ค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิด G-749 และ 7.5 (W/mK) คือ ค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้ จาระบีชนิด TIG-7500 ได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติ เนื่องจากมีค่า P-Value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังกราฟที่ 6.34 และ 6.35



รูปที่ 6.34 *กราฟนอร์มัลพล็อตของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิด G-749*



รูปที่ 6.35 *กราฟนอร์มัลพล็อตของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิด TIG-7500*

6.2.9.2 การทดสอบสมมติฐาน

ในการทดสอบสมมติฐานในขั้นแรกต้องพิจารณาค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิด G-749 และชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิด TIG-7500 ว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่เพื่อเป็นข้อกำหนดในการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิด G-749 และชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิดTIG-7500 ต่อไป โดยสมมติฐานในการทดสอบความแปรปรวนเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2$

$H_1 : \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$

โดยกำหนดให้ σ^2_1 แทนค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิด G-749 และกำหนด σ^2_2 แทนค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิด TIG-7500 ดังแสดงในตารางที่ 6.17 และกราฟการทดสอบความแปรปรวนแสดงดังรูปที่ 6.36

ตารางที่ 6.17 *ตารางแสดงผลการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิด G-749 และชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิด TIG-7500*

Test for Equal Variances

Response Dt

Factors Grease

ConfLvl 95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
1.83126	2.37246	3.33699	30	G-749
1.87726	2.43206	3.42082	30	TIG-7500

F-Test (normal distribution)

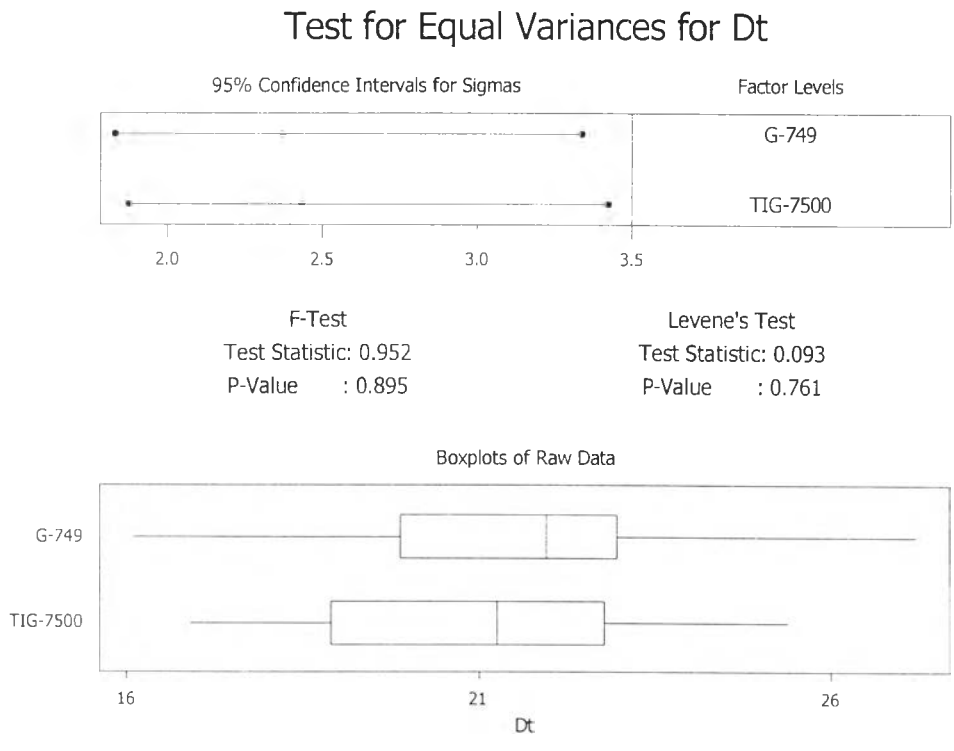
Test Statistic: 0.952

P-Value : 0.895

Levene's Test (any continuous distribution

Test Statistic: 0.093

P-Value : 0.761



รูปที่ 6.36 *กราฟความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิด G-749 และชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิด TIG-7500*

จากผลการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) พบว่า ค่า P-Value (F-Test) มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานทั้ง 2 กลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

และขั้นต่อไปคือการทดสอบสมมติฐานความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่ใช้จาระบี ชนิด G-749 และชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิดTIG-7500 โดยสมมติฐานในการทดสอบเป็นดังนี้

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

โดยกำหนดให้ μ_1 แทนค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิด G-749 และกำหนด μ_2 แทนค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิด TIG-7500 ดังแสดงในตารางที่ 6.18 และกราฟความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิด G-749 และชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิด TIG-7500 แสดงดังรูปที่ 6.37

ตารางที่ 6.18 *ตารางแสดงผลการทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิด G-749 และชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิด TIG-7500*

Two-Sample T-Test and CI: G-749, TIG-7500

Two-sample T for G-749 vs TIG-7500

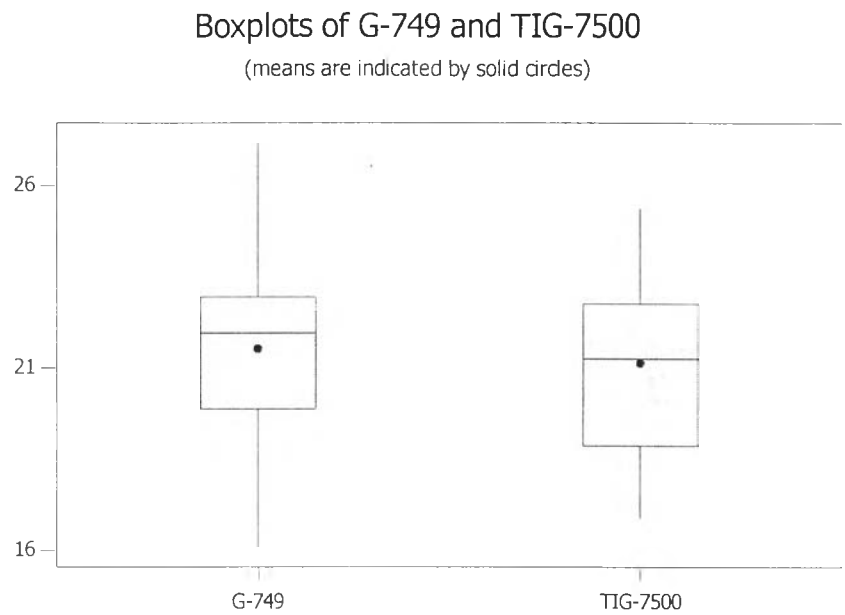
	N	Mean	StDev	SE Mean
G-749	30	21.52	2.37	0.43
TIG-7500	30	21.14	2.43	0.44

Difference = mu G-749 - mu TIG-7500

Estimate for difference: 0.380

95% CI for difference: (-0.862, 1.622)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0.61 **P-Value = 0.543** DF = 57



รูปที่ 6.37 *กราฟความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ที่เกิดจากชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิด G-749 และชิ้นงานที่ใช้จาระบีชนิด TIG-7500*

จากผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า P-Value มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าชิ้นงานทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ซึ่งทำการสรุปผลการทดสอบสมมติฐานของแต่ละปัจจัยได้ดังตารางที่ 6.19

ตารางที่ 6.19 ตารางสรุปความมีนัยสำคัญของแต่ละปัจจัย

ปัจจัย	ระดับ	ค่า P-Value			
		Normal Probability Plot	ความเท่ากันของค่าความแปรปรวน	ความเท่ากันของค่าเฉลี่ย	ความมีนัยสำคัญ
1.การทำความสะอาดท่อความร้อนและวัสดุพรุน	Exiting Freon	0.593 0.562	0.427	0.056	No sig.
2.ขนาดช่องว่างของวัสดุพรุน (Mesh) ชั้นกลาง	0.77 mm. 0.14 mm.	0.751 0.174	0.115	0.130	No sig.
3.ขนาดช่องว่างของวัสดุพรุน (Mesh) ชั้นนอก	0.77 mm. 0.14 mm.	0.707 0.799	0.014	0.000	Sig.
4.ระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap)	Gap Non-Gap	0.756 0.185	0.339	0.044	Sig.
5.อุณหภูมิการอบไนโตรเจน	495 C 525 C	0.440 0.923	0.001	0.000	Sig.
6.น้ำหนักน้ำ	2 กรัม 3 กรัม	0.228 0.834	0.836	0.158	No Sig.
7.เวลาในการไล่ก๊าซ	30 sec. 45 sec.	0.309 0.217	0.000	0.000	Sig.
8.ชนิดของอีพอกซี่	XNR 3501 H-67	0.096 0.189	0.698	0.216	No sig.
9.ชนิดของจาระบี (Grease)	G-749 TIG-7500	0.951 0.688	0.895	0.543	No sig.

6.3 สรุปปัจจัยที่ระดับของปัจจัยมีความแตกต่างกันจากการทดสอบสมมติฐาน

จากผลการทดสอบสมมติฐานของทั้ง 9 ปัจจัย พบว่า ถ้าค่า P-Value ของปัจจัยนั้นมีค่าน้อยกว่า 0.05 หมายความว่าค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ของแต่ละปัจจัยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์นั้น ซึ่งในที่นี้พบว่า เหลือเพียง 4 ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ คือ **ขนาดช่องว่างของวัสดุพรุน (Mesh) ชั้นนอก ระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap) อุณหภูมิการอบไนโตรเจน** และ **เวลาในการไล่ก๊าซออก** โดยสามารถสรุประดับของปัจจัยที่สำคัญดังกล่าว ได้ดังแสดงในตารางที่ 6.20

ตารางที่ 6.20 *ตารางแสดงสรุปปัจจัยที่ระดับของปัจจัยมีความแตกต่างจากผลจากทดสอบสมมติฐาน*

ปัจจัย	ระดับ		หน่วย
	1	2	
ขนาดช่องว่างของวัสดุพรุน (Mesh) ชั้นนอก	0.077	0.14	มิลลิเมตร
ระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap)	ไม่มี	มี	ไม่มี
อุณหภูมิการอบไนโตรเจน	495	525	องศาเซลเซียส
เวลาในการไล่ก๊าซออก	30	45	วินาที

ผลลัพธ์ของขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่ได้ทั้ง 4 ปัจจัยดังกล่าวข้างต้นนั้น จะนำไปพิจารณาและวิเคราะห์ในขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการซึ่งเกี่ยวข้องกับการออกแบบการทดลองเพื่อปรับปรุงค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ให้ดีขึ้น