บทที่ 6

การวิเคราะห์ผล

จากการจัดสมดุลสายการประกอบ จัดทำแบบจำลองปัญหา และทำการวิเคราะห์สายการประกอบเพื่อกำหนดระดับของปัจจัยแล้วนั้น จึงได้นำผลที่ได้จากขั้นตอนเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์ผล ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ใน 2 แนวทาง คือ การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการจัดสมดุลสายการประกอบ และการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการจำลองแบบปัญหา

6.1 การวิเคราะห์ผลการจัดสมดุลสายการประกอบ

จากการจัดสมดุลสายการประกอบทั้งการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียว และการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธี COMSOAL และวิธีของโรงงาน สามารถนำผลการจัดมาวิเคราะห์ได้ ดังนี้

6.1.1 จำนวนสถานีงาน

จำนวนสถานีงานจากผลการจัดสมดุลสายการประกอบทั้งแบบผลิตภัณฑ์เดียว และแบบหลายผลิตภัณฑ์ สำหรับการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board การประกอบแผ่นวงจร Interface Board และการประกอบจอแสดงภาพ แสดงดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 จำนวนสถานีงานจากผลการจัดสมดุลสายการประกอบ

ผลิตภัณฑ์	จำนวนสถานีงาน							
	วิธี COMSOAL				วิธีโรงงาน			
	แบบผลิตภัณฑ์เดียว			แบบหลายผลิตภัณฑ์	แบบผลิตภัณฑ์เดียว			แบบหลายผลิตภัณฑ์
	รุ่น L1	รุ่น L2	รุ่น L3		รุ่น L1	รุ่น L2	รุ่น L3	
Function Key Board	21	23	23	21	19	23	23	21
Interface Board	18	20	22	20	18	21	22	20
จอแสดงภาพ	22	25	26	25	22	25	26	25

การวิเคราะห์ผลด้านจำนวนสถานีงานในงานวิจัยนี้ คือการวิเคราะห์จำนวนคนงานที่ใช้ในการประกอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งการทำงานใน 1 สถานีงาน จะใช้คนงานจำนวน 1 คน ดังนั้นการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวด้วยวิธี COMSOAL ในการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board ของรุ่น L1 จะต้องใช้คนงาน 21 คน ในรุ่น L 2 ใช้คนงาน 23 คน และรุ่น L3 ใช้คนงาน 23 คน ซึ่งทางโรงงานจะต้องทำการเตรียมจำนวนคนงานไว้ที่จำนวนที่มากที่สุด นั่นคือในการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board นั้นทางโรงงานจะต้องเตรียมคนงานไว้จำนวน 23 คน และสำหรับการจัดสมดุลสายการประกอบแบบของโรงงานก็จะใช้จำนวนคนงานเท่ากันคือ 23 คน

ทั้งวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธี COMSOAL และวิธีของโรงงานในการประกอบแผ่นวงจร Interface Board ทางโรงงานจะต้องเตรียมจำนวนคนงานไว้ที่จำนวนที่ใช้ที่มากที่สุด ได้แก่ 22 คน และการประกอบจอแสดงภาพจะใช้คนงาน 26 คน เมื่อรวมจำนวนคนงานที่ต้องใช้ในการผลิตจอแสดงภาพ ซึ่งต้องผ่านการผลิตทั้ง 3 สายการประกอบ ได้ผลว่าในการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวของการผลิตจอแสดงภาพของผลิตภัณฑ์ 3 รุ่นตัวอย่างนี้ จะต้องใช้**คนงานทั้งสิ้น 71 คน**

สำหรับการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์จากผลที่แสดงดังตารางที่ 6.1 พบว่าหากทำการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ ทางโรงงานจะต้องเตรียมจำนวนคนงานไว้สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 **รวมทั้งสิ้น 66 คน**

จากผลที่ได้จะเห็นได้ว่าในการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์เพื่อผลิตจอแสดงภาพสำหรับ 3 รุ่นตัวอย่างนั้น จะใช้จำนวนสถานีงานน้อยกว่าการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียว 5 สถานี และใช้จำนวนคนงานน้อยกว่า 5 คน โดยในการจัดสายการประกอบเมื่อมีการเปลี่ยนรุ่นที่จะทำการผลิต ก็ไม่ต้องมีการปรับเปลี่ยนจำนวนคนงาน ซึ่งจะทำให้เวลาในการปรับเปลี่ยนรุ่นน้อยลง นอกจากนี้ยังทำให้ต้นทุนการผลิตในด้านค่าแรงลดลงด้วย อีกทั้งยังไม่ต้องมีการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ในการผลิตเมื่อมีการเปลี่ยนรุ่นในการผลิต

6.1.2 การสูญเสียความสมดุล (Balance Delay)

ตัววัดประสิทธิภาพการจัดสมดุลสายการผลิตตัวหนึ่งก็คือการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay) ซึ่งเป็นเครื่องชี้ถึงประสิทธิภาพของสายการผลิตหรืองานผลิตที่มีความไม่สมบูรณ์เกิดขึ้น โดยพิจารณาที่เวลาสูญเปล่า (Idle Time) จากการจัดขั้นงานลงในสถานีงาน โดยค่าของ Balance Delay (D) สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$D = \frac{nT_c - T_{wc}}{nT_c}$$

หรือ D = 100 – ประสิทธิภาพสายงาน

โดยที่ n = จำนวนสถานีงาน

T_c = รอบเวลาการผลิต

T_{wc} = เวลาทั้งหมดที่ใช้ในสถานีงานทุกสถานี

การสูญเสียความสมดุล (Balance Delay) ของสายการประกอบแสดงดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 Balance Delay ของสายการประกอบ

ผลิตภัณฑ์	Balance Delay									
	วิธี COMSOAL					วิธีโรงงาน				
	แบบผลิตภัณฑ์เดียว				แบบหลายผลิตภัณฑ์	แบบผลิตภัณฑ์เดียว				แบบหลายผลิตภัณฑ์
	รุ่น L1	รุ่น L2	รุ่น L3	รวม		รุ่น L1	รุ่น L2	รุ่น L3	รวม	
Function Key Board	16.01%	15.77%	13.73%	15.17%	13.38%	16.46%	16.91%	13.73%	15.7%	13.38%
Interface Board	12.47%	10.19%	12.82%	11.83%	12.78%	12.47%	11.05%	14.47%	12.66%	12.91%
จอแสดงภาพ	8.48%	11.69%	7.51%	9.23%	10.25%	8.48%	12.12%	7.51%	9.37%	11.2%

จากผลของ Balance Delay จะเห็นได้ว่าทั้งการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียว และการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ มีค่า Balance Delay ใกล้เคียงกัน โดยสายการประกอบ Function Key Board จะมีค่า Balance Delay จากการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์น้อยกว่า สำหรับสายการประกอบ Interface Board และสายการประกอบจอแสดงภาพ ค่า Balance Delay ของการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์มีค่ามากกว่าแบบผลิตภัณฑ์เดียว

ทั้งนี้สาเหตุที่ทำให้ค่า Balance Delay ของการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวน้อยกว่าแบบหลายผลิตภัณฑ์นั้นเนื่องมาจาก ในการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวเป็นการจัดสมดุลของผลิตภัณฑ์ทีละรุ่น ซึ่งสามารถที่จะจัดให้ผลของแต่ละรุ่นได้ผลที่ดีที่สุดโดยที่ไม่ต้องคำนึงถึงผลของรุ่นอื่น ๆ ด้วย แต่ในการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์เป็นการจัดสมดุลพร้อมกันทุกรุ่น ดังนั้นจะต้องพิจารณาให้การจัดสมดุลสายการประกอบได้ผลที่ดีสำหรับทุก ๆ รุ่น ไม่ใช่เพียงรุ่นใดรุ่นหนึ่งเท่านั้น

6.2 การวิเคราะห์ผลจากแบบจำลองปัญหา

6.2.1 แนวทางการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์ผลจากแบบจำลองปัญหานั้น จะศึกษาถึงปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการจัดสมดุลสายการประกอบ ได้แก่ วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ และความเร็วของสายพาน

1. วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ

วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบที่ดีจะทำให้สามารถทำการจัดสมดุลสายการผลิตได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และทำให้เกิดประสิทธิภาพสายการผลิตสูงสุด โดยวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบที่ใช้ในการศึกษานี้ได้แก่ วิธี COMSOAL และวิธีการของโรงงาน

2. รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ

รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบที่ทำการศึกษา ได้แก่ การจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียว และการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์

3. ความเร็วของสายพาน (Conveyor Speed)

ความเร็วของสายพานที่เหมาะสม จะก่อให้เกิดความราบรื่นในการทำงาน และความเร็วสายพานที่เพิ่มขึ้นยังอาจส่งผลให้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบลดลง ทำให้ได้จำนวนผลผลิตที่มากขึ้น นอกจากนี้ยังมีเรื่องข้อจำกัดทางด้านเวลาการบัดกรีแผ่นวงจรในเครื่องบัดกรีสำหรับสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board และ สายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board และเวลาการ Burn-In สำหรับสายการประกอบจอแสดงภาพ ซึ่งการตั้งความเร็วสายพานที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลให้ชิ้นงานที่ได้ไม่มีคุณภาพตามที่กำหนด

ในการวิเคราะห์ผลจากการจำลองแบบปัญหานี้ จะวัดประสิทธิภาพของระบบในด้านประสิทธิภาพของสายการผลิต (Line Efficiency) จำนวนผลผลิต และเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (Throughput Time)

1. ประสิทธิภาพของสายการผลิต

เป็นตัววัดการจัดงานให้แต่ละสถานีทำงานว่ามีเวลาในการทำงานใกล้เคียงกันมากน้อยเพียงไร ทำให้ทราบถึงว่าสถานีทำงานมีเวลาว่างงานเท่าใด ถ้าประสิทธิภาพของสายการผลิตน้อยจะแสดงถึงเวลาว่างงานของสถานีงานบางสถานีมีมาก ในขณะที่บางสถานีจะต้องทำงานตลอดเวลา เวลาว่างงานของสถานีนั้นก็จะเป็นความสูญเสียอย่างหนึ่งของการผลิต

2. จำนวนผลผลิต

เป็นตัววัดผลที่เห็นภาพได้ชัดเจน เข้าใจได้ง่าย ทำให้ทราบว่าได้ปริมาณจำนวนผลผลิตตามที่ต้องการหรือไม่

จากการวิเคราะห์สายการประกอบในบทที่ผ่านมา พบว่าเมื่อทำการรันแบบจำลองปัญหาที่ระดับความเร็วสายพานต่าง ๆ จะได้ผลด้านประสิทธิภาพสายการผลิต และจำนวนผลผลิตที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นจึงไม่นำปัจจัยความเร็วสายพานมาทำการออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ผลด้านประสิทธิภาพสายการผลิตและจำนวนผลผลิตด้วย จึงเหลือเพียงปัจจัยรูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ และวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ ที่จะมาทำการออกแบบการทดลองต่อไป ซึ่งสามารถสรุปปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลด้านประสิทธิภาพสายการผลิตและจำนวนผลผลิตดังนี้

ตารางที่ 6.3 ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลด้านประสิทธิภาพสายการผลิตและจำนวนผลผลิต

ปัจจัย	Function Key Board	Interface Board	จอแสดงภาพ
A	แบบหลายผลิตภัณฑ์ (m) และ แบบผลิตภัณฑ์เดียว (s)	แบบหลายผลิตภัณฑ์ (m) และ แบบผลิตภัณฑ์เดียว (s)	แบบหลายผลิตภัณฑ์ (m) และ แบบผลิตภัณฑ์เดียว (s)
B	วิธี COMSOAL (c) และ วิธีโรงงาน (p)	วิธี COMSOAL (c) และ วิธีโรงงาน (p)	วิธี COMSOAL (c) และ วิธีโรงงาน (p)

3. เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ

เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบเป็นการวัดความยาวของสายการประกอบในรูปของเวลา ซึ่งเป็นช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มนำชิ้นงานเข้าสู่สายการประกอบ จนกระทั่งนำงานสำเร็จรูปออกจากสายการประกอบ

ทั้งนี้ ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลด้านเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบของสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board สายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board และ สายการประกอบจอแสดงภาพ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6.4 นี้

ตารางที่ 6.4 ตารางสรุปปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลด้านเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ

ปัจจัย	Function Key Board	Interface Board	จอแสดงภาพ
A	แบบหลายผลิตภัณฑ์ (m) และ แบบผลิตภัณฑ์เดียว (s)	แบบหลายผลิตภัณฑ์ (m) และ แบบผลิตภัณฑ์เดียว (s)	แบบหลายผลิตภัณฑ์ (m) และ แบบผลิตภัณฑ์เดียว (s)
B	วิธี COMSOAL (c) และ วิธีโรงงาน (p)	วิธี COMSOAL (c) และ วิธีโรงงาน (p)	วิธี COMSOAL (c) และ วิธีโรงงาน (p)
C	ความเร็วสายพานช่วงที่ 1	ความเร็วสายพานช่วงที่ 1	ความเร็วสายพานช่วงที่ 1
D	ความเร็วสายพานช่วงที่ 2	ความเร็วสายพานช่วงที่ 2	ความเร็วสายพานช่วงที่ 2
E	ความเร็วสายพานช่วงที่ 3	ความเร็วสายพานช่วงที่ 3	ความเร็วสายพานช่วงที่ 3
F	ความเร็วสายพานช่วงที่ 4	ความเร็วสายพานช่วงที่ 4	-
G	ความเร็วสายพานช่วงที่ 5	ความเร็วสายพานช่วงที่ 5	-

แนวทางการวิเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษาผลการจัดสมดุลสายการประกอบ จะใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลซึ่งเป็นวิธีการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด และเนื่องจากมีปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์จำนวนมาก จึงได้ทำการกรองปัจจัยที่มีอยู่ให้เหลือน้อยลงในครั้งแรกก่อนโดยใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k การออกแบบเช่นนี้จะทำให้เกิดการทดลองจำนวนน้อยที่สุดที่สามารถจะทำได้เพื่อศึกษาถึงผลของปัจจัยทั้ง k ชนิดได้อย่างบริบูรณ์ โดยใช้การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล

หลังจากที่ทำการกรองปัจจัยในครั้งแรกแล้ว จึงนำปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของสายการผลิต จำนวนผลผลิต และเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ มาทำการออกแบบการทดลองอีกครั้งเพื่อเลือกระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้ได้ค่าประสิทธิภาพของสายการผลิตสูงที่สุด จำนวนผลผลิตมากที่สุด และเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุด

6.2.2 การวิเคราะห์สายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board

สายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล เพื่อทำการกรองปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของสายการผลิต จำนวนผลผลิต และเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบก่อนในครั้งแรก ปัจจัยที่ใช้ในการทดลองได้แก่ปัจจัยที่แสดงในตารางที่ 6.3 และตารางที่ 6.4

6.2.2.1 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^2 สำหรับประสิทธิภาพสายการผลิตของสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board

การวิเคราะห์สายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board สำหรับตัวแปรตอบสนอง (Response) ประสิทธิภาพสายการผลิต ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^2 คือ มีปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 2 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ และจำนวนการทดลองซ้ำ (Replication) ที่เหมาะสม สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

การทดลองซ้ำ (Replication)

ในการวิเคราะห์จำนวนการทดลองซ้ำ จะใช้อัตราส่วนของค่า δ/σ เท่ากับ 1.5 เนื่องจากเป็นค่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่นิยมใช้ในทางปฏิบัติ เพื่อให้สามารถจำแนกความแตกต่างของค่าเฉลี่ยได้ และกำลังของการทดสอบ (Power of Test) เท่ากับ 0.95 (β = 0.05) โดยสามารถคำนวณหาจำนวนการทดลองซ้ำได้จากโปรแกรม Minitab ได้ดังนี้

Power and Sample Size

```
2-Level Factorial Design

Sigma = 1  Alpha = 0.05

Factors:  2    Base Design: 2, 4
Blocks:   none

Center
Points                          Target  Actual
Per Block    Effect    Reps     Power   Power

    0         0.95      15    0.9500  0.9511
```

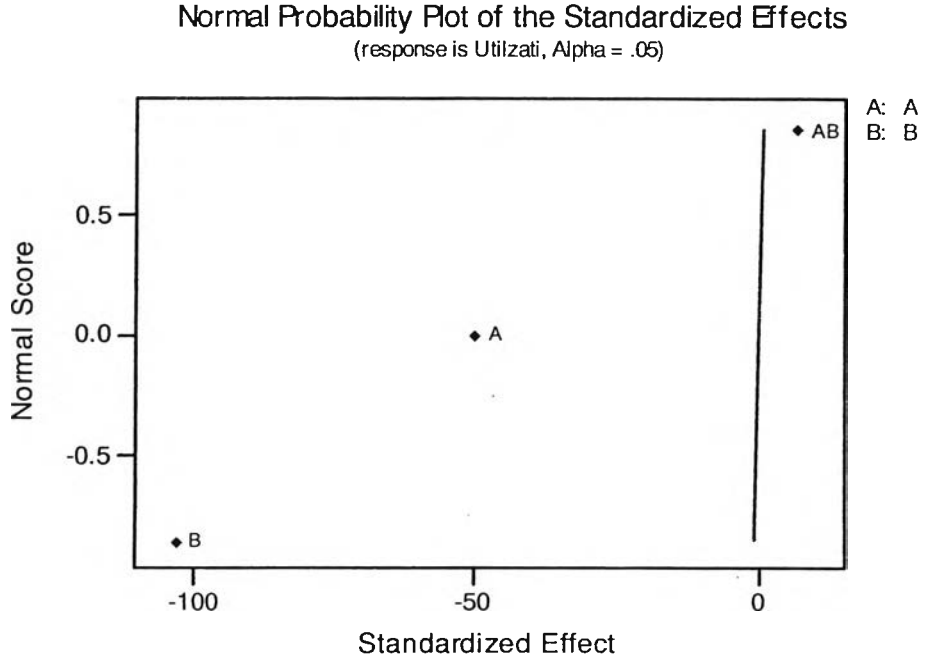
จากผลการคำนวณ พบว่าจำนวนการทดลองซ้ำที่เหมาะสม ได้แก่ จำนวนการทดลองซ้ำ 15 ครั้ง ดังนั้นการทดลองนี้จึงใช้การออกแบบการทดลองที่มีการทดลองซ้ำ 15 ครั้ง นั่นคือจะทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k เป็นแบบ 2^2 Full Factorial Design ที่มีการทำซ้ำ 15 ครั้ง

เมื่อทำการกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัย และหาจำนวนการทดลองซ้ำที่เหมาะสมได้แล้ว จึงทำการรันแบบจำลองปัญหาสำหรับทุกปัจจัยและทุกระดับของปัจจัย ผลประสิทธิภาพสายการผลิตที่ได้จากการรันแสดงอยู่ในภาคผนวก ฉ จากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล โดยใช้โปรแกรม MINITAB 13 ซึ่งผลจากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 6.5

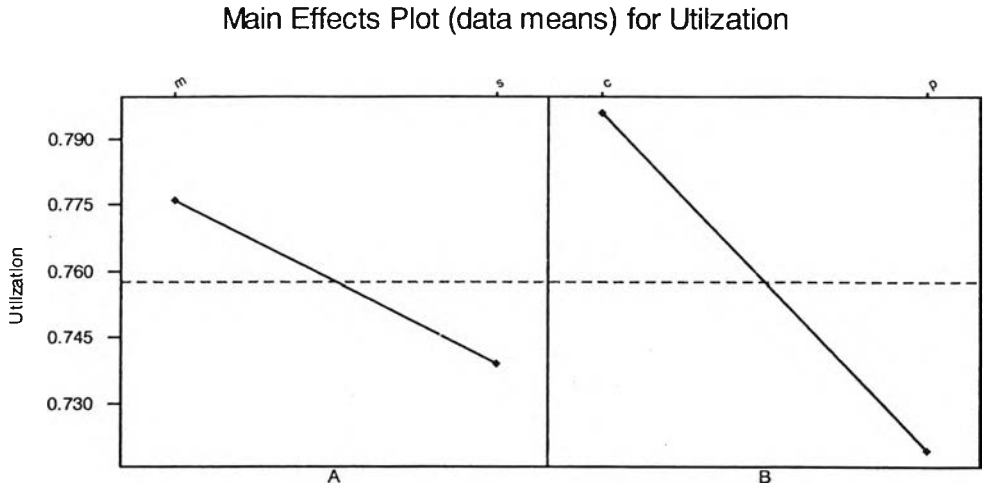
ตารางที่ 6.5 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับประสิทธิภาพสายการผลิต

Fractional Factorial Fit: Utilization versus A, B

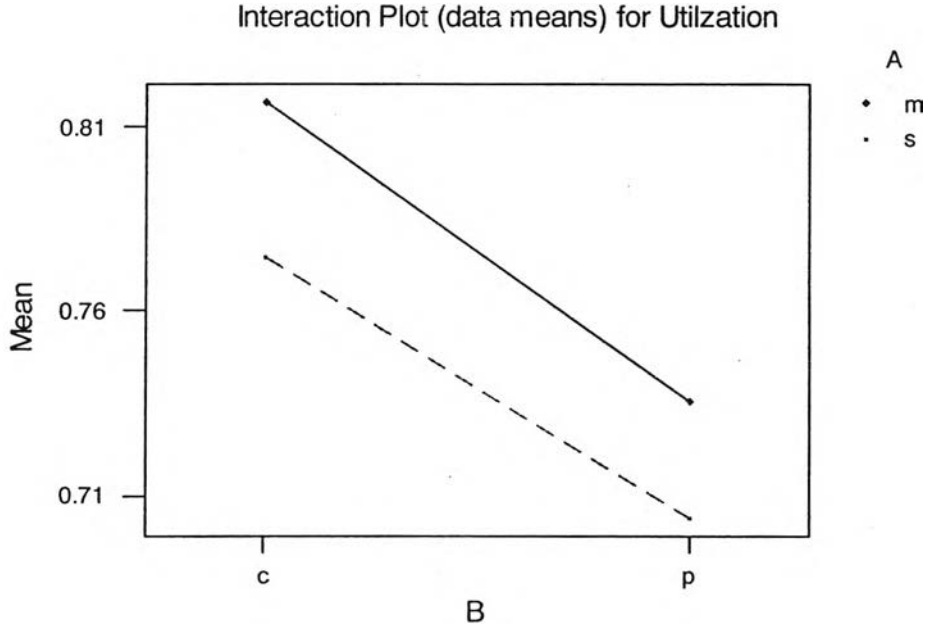
```
Full Factorial Design
Factors:        2   Base Design:          2, 4
Runs:          60   Replicates:             15


Estimated Effects and Coefficients for Utilization (coded units)

Term          Effect      Coef     SE Coef       T      P
Constant                0.75762    0.000370 2048.78  0.000
A          -0.03694   -0.01847    0.000370  -49.95  0.000
B          -0.07630   -0.03815    0.000370 -103.17  0.000
A*B         0.00524    0.00262    0.000370    7.08  0.000
```



รูปที่ 6.1 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ



รูปที่ 6.2 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองประสิทธิภาพสายการผลิต



รูปที่ 6.3 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองประสิทธิภาพสายการผลิต

ผลจากการออกแบบการทดลอง 2^2 Full Factorial Design ที่มีการทำซ้ำ 15 ครั้ง สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ว่า ปัจจัยหลักทั้ง 2 ปัจจัย คือ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ (A) และ วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (B) มีผลต่อค่าตัวแปรตอบสนอง และอันตรกิริยา (Interaction Effects) มีนัยสำคัญ คือ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบและวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (AB) เนื่องจากมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ที่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น $\alpha = 0.05$ ดังแสดงในตารางที่ 6.5

ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของสายการผลิตได้แก่ วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ และรูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ จากรูปที่ 6.3 ซึ่งแสดงภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองประสิทธิภาพสายการผลิต เห็นได้ว่าในส่วนของอันตรกิริยาของรูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบและวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (AB) ระดับของปัจจัยที่ทำให้ได้ประสิทธิภาพสายการผลิตสูงสุด ได้แก่ การจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธี COMSOAL (c) และรูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ (m) โดยผลที่ได้สอดคล้องกับรูปที่ 6.2 ซึ่งแสดงภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองประสิทธิภาพสายการผลิต จึงสามารถสรุปได้ว่าการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธี COMSOAL และรูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ ทำให้ได้ประสิทธิภาพสายการผลิตสูงสุดสำหรับสายการประกอบ Function Key Board

6.2.2.2 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^2 สำหรับจำนวนผลผลิตของสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board

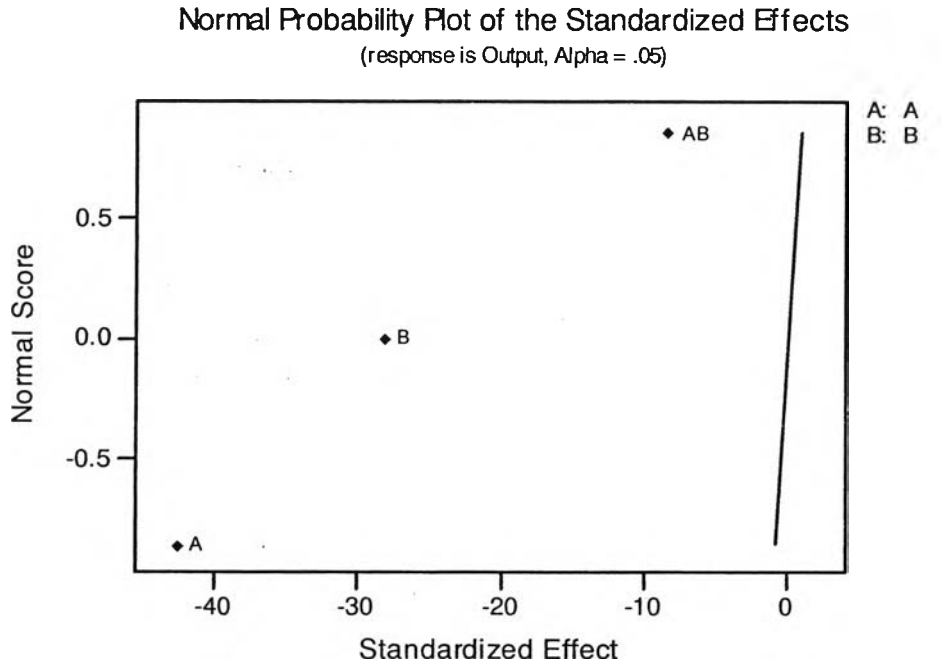
การวิเคราะห์สายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board สำหรับตัวแปรตอบสนองจำนวนผลผลิต ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^2 คือ มีปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 2 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ และจำนวนการทดลองซ้ำ 15 ครั้ง

เมื่อทำการกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัย และหาจำนวนการทดลองซ้ำที่เหมาะสมได้แล้ว จึงทำการรันแบบจำลองปัญหาสำหรับทุกปัจจัยและทุกระดับของปัจจัย จำนวนผลผลิตที่ได้จากการรันแสดงอยู่ในภาคผนวก ฉ จากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล โดยใช้โปรแกรม MINITAB 13 ซึ่งผลจากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 6.6

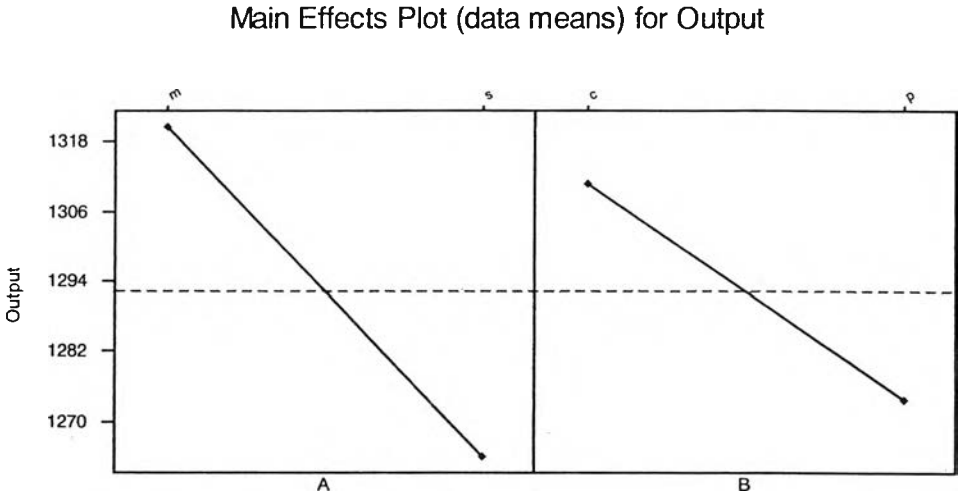
ตารางที่ 6.6 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับจำนวนผลผลิต

Fractional Factorial Fit: Output versus A, B

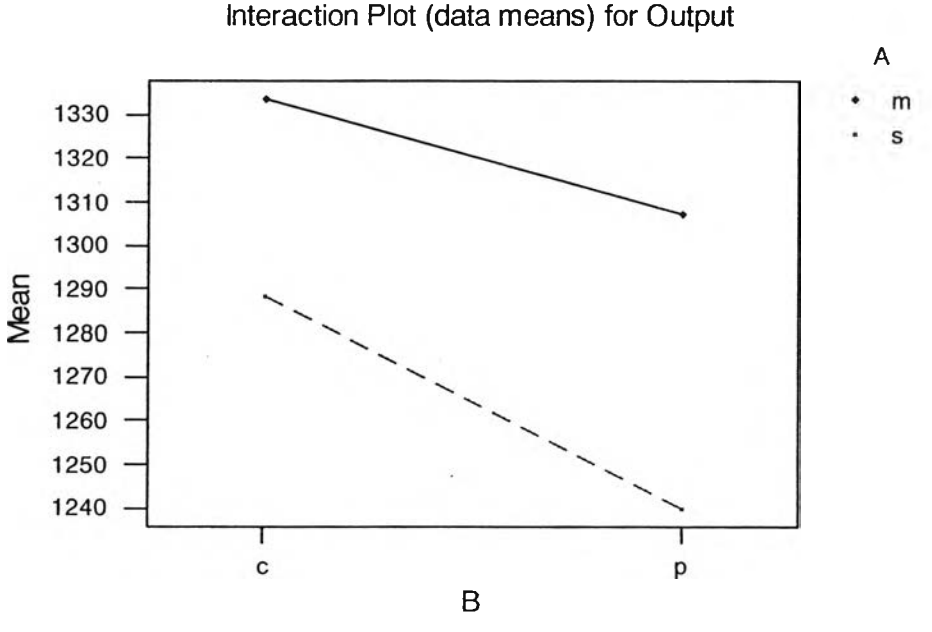
```
Full Factorial Design
Factors:          2   Base Design:          2, 4
Runs:            60   Replicates:             15


Estimated Effects and Coefficients for Output (coded units)

Term          Effect      Coef     SE Coef       T      P
Constant                1292.27      0.6659 1940.74  0.000
A            -56.67     -28.33      0.6659  -42.55  0.000
B            -37.47     -18.73      0.6659  -28.13  0.000
A*B          -11.07      -5.53      0.6659   -8.31  0.000
```



รูปที่ 6.4 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลัก
และอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ



รูปที่ 6.5 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองจำนวนผลผลิต



รูปที่ 6.6 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองจำนวนผลผลิต

ผลจากการออกแบบการทดลอง 2^2 Full Factorial Design ที่มีการทำซ้ำ 15 ครั้ง สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ว่า ปัจจัยหลักทั้ง 2 ปัจจัย คือ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ (A) และ วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (B) มีผลต่อค่าตัวแปรตอบสนอง และอันตรกิริยา (Interaction Effects) มีนัยสำคัญ คือ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบและวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (AB) เนื่องจากมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ที่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น $\alpha = 0.05$ ดังแสดงในตารางที่ 6.6

ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนผลผลิตได้แก่ วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ และรูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ จากรูปที่ 6.6 ซึ่งแสดงภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองจำนวนผลผลิต เห็นได้ว่าในส่วนของอันตรกิริยาของรูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบและวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (AB) ระดับของปัจจัยที่ทำให้ได้จำนวนผลผลิตมากที่สุด ได้แก่ การจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธี COMSOAL (c) และรูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ (m) โดยผลที่ได้สอดคล้องกับรูปที่ 6.5 ซึ่งแสดงภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองจำนวนผลผลิต จึงสามารถสรุปได้ว่าการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธี COMSOAL และรูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ ทำให้ได้จำนวนผลผลิตมากที่สุด สำหรับสายการประกอบ Function Key Board

6.2.2.3 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^7 สำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบของสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board

การวิเคราะห์สายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board สำหรับตัวแปรตอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^7 คือ มีปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 7 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ และจำนวนการทดลองซ้ำ (Replication) ที่เหมาะสม สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

การทดลองซ้ำ (Replication)

ในการวิเคราะห์จำนวนการทดลองซ้ำ จะใช้อัตราส่วนของค่า δ/σ เท่ากับ 1.5 เนื่องจากเป็นค่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่นิยมใช้ในทางปฏิบัติ เพื่อให้สามารถจำแนกความแตกต่างของค่าเฉลี่ยได้ และกำลังของการทดสอบ (Power of Test) เท่ากับ 0.95 ($\beta = 0.05$) โดยสามารถคำนวณหาจำนวนการทดลองซ้ำได้จากโปรแกรม Minitab ได้ดังนี้

Power and Sample Size

```
2-Level Factorial Design

Sigma = 1  Alpha = 0.05

Factors:  7     Base Design: 7, 128
Blocks:   none

Center
Points                          Target    Actual
Per Block    Effect     Reps     Power     Power

   0          0.95        3    0.9500    1.0000
```

จากผลการคำนวณ พบว่าจำนวนการทดลองซ้ำที่เหมาะสม ได้แก่ จำนวนการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ดังนั้นการทดลองนี้จึงใช้การออกแบบการทดลองที่มีการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง นั่นคือ จะทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k เป็นแบบ 2^7 Full Factorial Design ที่มีการทำซ้ำ 3 ครั้ง

เมื่อทำการกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัย และหาจำนวนการทดลองซ้ำที่เหมาะสมได้แล้ว จึงทำการรันแบบจำลองปัญหาสำหรับทุกปัจจัยและทุกระดับของปัจจัย ผลเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่ได้จากการรันแสดงอยู่ในภาคผนวก ฉ จากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล โดยใช้โปรแกรม MINITAB 13 ซึ่งผลจากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6.7 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ

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

Estimated Effects and Coefficients for Flowtime (coded units)

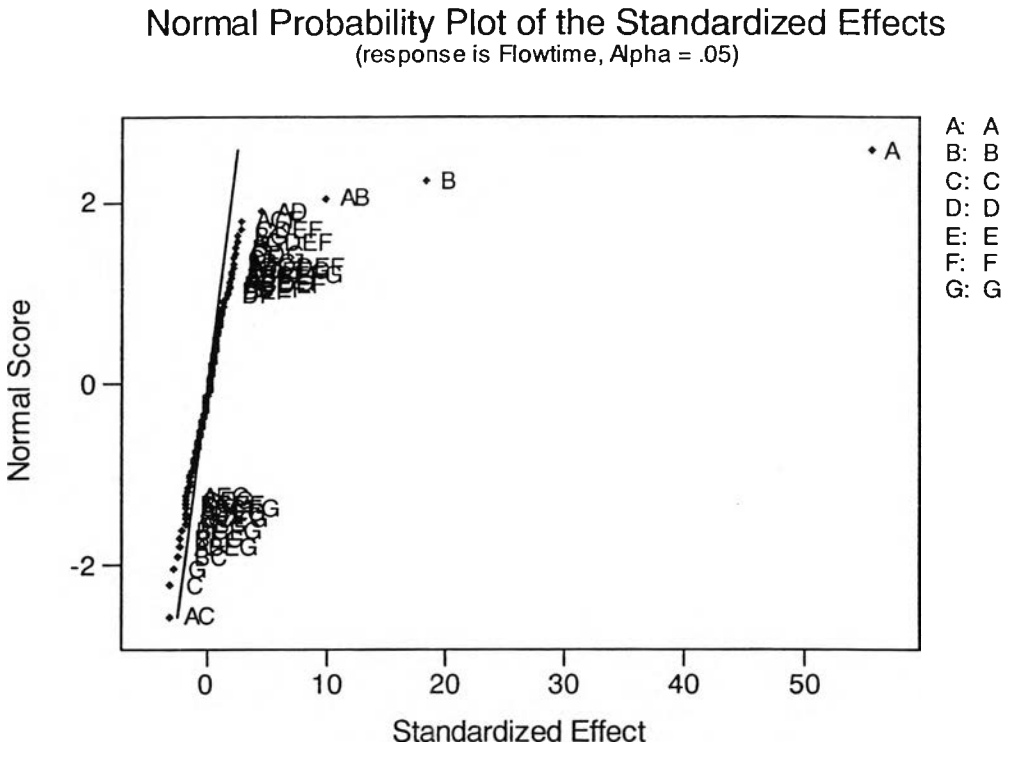
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		517.999	1.609	321.92	0.000
A	177.986	88.993	1.609	55.31	**0.000**
B	58.690	29.345	1.609	18.24	**0.000**
C	-9.858	-4.929	1.609	-3.06	**0.002**
D	7.869	3.935	1.609	2.45	**0.015**
E	2.006	1.003	1.609	0.62	0.534
F	-3.055	-1.527	1.609	-0.95	0.343
G	-8.902	-4.451	1.609	-2.77	**0.006**
A*B	31.849	15.924	1.609	9.90	**0.000**
A*C	-10.260	-5.130	1.609	-3.19	**0.002**
A*D	14.705	7.352	1.609	4.57	**0.000**
A*E	2.618	1.309	1.609	0.81	0.417
A*F	1.535	0.768	1.609	0.48	0.634
A*G	1.864	0.932	1.609	0.58	0.563
B*C	-7.704	-3.852	1.609	-2.39	**0.017**
B*D	-2.304	-1.152	1.609	-0.72	0.475
B*E	1.876	0.938	1.609	0.58	0.560
B*F	0.763	0.382	1.609	0.24	0.813

ตารางที่ 6.7 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (ต่อ)

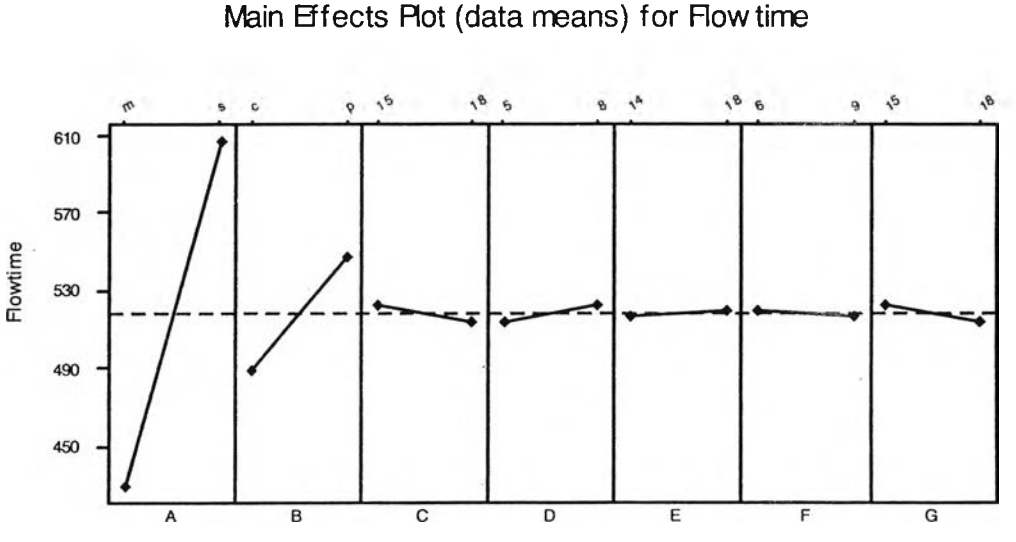
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
B*G	8.397	4.199	1.609	2.61	**0.010**
C*D	4.485	2.242	1.609	1.39	0.165
C*E	-1.497	-0.748	1.609	-0.47	0.642
C*F	7.190	3.595	1.609	2.23	**0.026**
C*G	1.299	0.650	1.609	0.40	0.687
D*E	-3.420	-1.710	1.609	-1.06	0.289
D*F	5.318	2.659	1.609	1.65	0.100
D*G	-1.190	-0.595	1.609	-0.37	0.712
E*F	-1.893	-0.946	1.609	-0.59	0.557
E*G	-5.101	-2.550	1.609	-1.59	0.114
F*G	-1.658	-0.829	1.609	-0.52	0.607
A*B*C	-6.019	-3.009	1.609	-1.87	0.063
A*B*D	-2.176	-1.088	1.609	-0.68	0.499
A*B*E	2.253	1.126	1.609	0.70	0.485
A*B*F	-0.234	-0.117	1.609	-0.07	0.942
A*B*G	7.156	3.578	1.609	2.22	0.027
A*C*D	4.475	2.237	1.609	1.39	0.166
A*C*E	-1.044	-0.522	1.609	-0.32	0.746
A*C*F	9.306	4.653	1.609	2.89	0.004
A*C*G	0.690	0.345	1.609	0.21	0.830
A*D*E	-2.182	-1.091	1.609	-0.68	0.498
A*D*F	6.353	3.176	1.609	1.97	0.049
A*D*G	-0.081	-0.041	1.609	-0.03	0.980
A*E*F	-0.405	-0.203	1.609	-0.13	0.900
A*E*G	-5.590	-2.795	1.609	-1.74	0.084
A*F*G	-2.428	-1.214	1.609	-0.75	0.451
B*C*D	2.222	1.111	1.609	0.69	0.490
B*C*E	1.116	0.558	1.609	0.35	0.729
B*C*F	4.966	2.483	1.609	1.54	0.124
B*C*G	-4.467	-2.233	1.609	-1.39	0.166
B*D*E	3.655	1.827	1.609	1.14	0.257
B*D*F	-3.243	-1.622	1.609	-1.01	0.315
B*D*G	1.207	0.603	1.609	0.37	0.708
B*E*F	2.601	1.301	1.609	0.81	0.420
B*E*G	-7.346	-3.673	1.609	-2.28	0.023
B*F*G	-0.573	-0.286	1.609	-0.18	0.859
C*D*E	3.882	1.941	1.609	1.21	0.229
C*D*F	-2.034	-1.017	1.609	-0.63	0.528
C*D*G	7.345	3.673	1.609	2.28	0.023
C*E*F	0.958	0.479	1.609	0.30	0.766
C*E*G	-5.606	-2.803	1.609	-1.74	0.083
C*F*G	-3.695	-1.848	1.609	-1.15	0.252
D*E*F	5.472	2.736	1.609	1.70	0.090
D*E*G	3.507	1.753	1.609	1.09	0.277
D*F*G	-2.823	-1.411	1.609	-0.88	0.381
E*F*G	-0.268	-0.134	1.609	-0.08	0.934
A*B*C*D	2.307	1.154	1.609	0.72	0.474
A*B*C*E	1.332	0.666	1.609	0.41	0.679
A*B*C*F	3.044	1.522	1.609	0.95	0.345
A*B*C*G	-4.470	-2.235	1.609	-1.39	0.166
A*B*D*E	1.546	0.773	1.609	0.48	0.631
A*B*D*F	-3.022	-1.511	1.609	-0.94	0.349
A*B*D*G	0.791	0.396	1.609	0.25	0.806
A*B*E*F	1.553	0.777	1.609	0.48	0.630
A*B*E*G	-7.478	-3.739	1.609	-2.32	0.021
A*B*F*G	0.795	0.397	1.609	0.25	0.805
A*C*D*E	4.187	2.094	1.609	1.30	0.194
A*C*D*F	-1.676	-0.838	1.609	-0.52	0.603
A*C*D*G	6.225	3.112	1.609	1.93	0.054
A*C*E*F	-0.466	-0.233	1.609	-0.14	0.885

ตารางที่ 6.7 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (ต่อ)

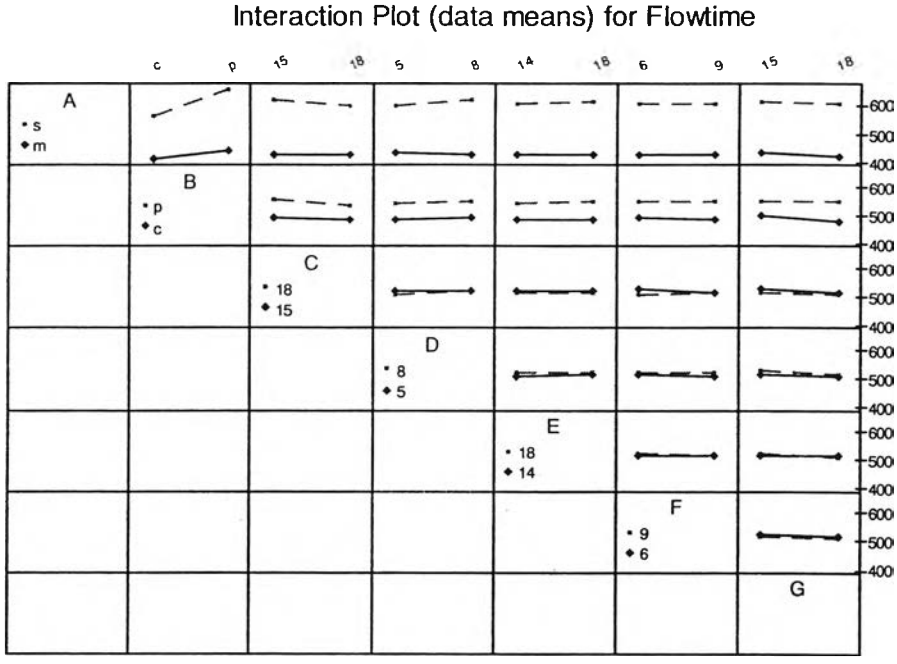
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
A*C*E*G	-5.898	-2.949	1.609	-1.83	0.068
A*C*F*G	-2.677	-1.339	1.609	-0.83	0.406
A*D*E*F	5.738	2.869	1.609	1.78	0.076
A*D*E*G	3.338	1.669	1.609	1.04	0.301
A*D*F*G	-3.558	-1.779	1.609	-1.11	0.270
A*E*F*G	-2.308	-1.154	1.609	-0.72	0.474
B*C*D*E	0.580	0.290	1.609	0.18	0.857
B*C*D*F	-1.427	-0.714	1.609	-0.44	0.658
B*C*D*G	1.960	0.980	1.609	0.61	0.543
B*C*E*F	-5.643	-2.822	1.609	-1.75	0.081
B*C*E*G	-5.937	-2.969	1.609	-1.84	0.066
B*C*F*G	-6.873	-3.437	1.609	-2.14	0.034
B*D*E*F	3.183	1.592	1.609	0.99	0.324
B*D*E*G	0.976	0.488	1.609	0.30	0.762
B*D*F*G	-0.204	-0.102	1.609	-0.06	0.950
B*E*F*G	-5.134	-2.567	1.609	-1.60	0.112
C*D*E*F	9.251	4.625	1.609	2.87	0.004
C*D*E*G	3.862	1.931	1.609	1.20	0.231
C*D*F*G	2.275	1.138	1.609	0.71	0.480
C*E*F*G	-1.099	-0.550	1.609	-0.34	0.733
D*E*F*G	-0.907	-0.454	1.609	-0.28	0.778
A*B*C*D*E	0.762	0.381	1.609	0.24	0.813
A*B*C*D*F	-1.486	-0.743	1.609	-0.46	0.645
A*B*C*D*G	2.377	1.188	1.609	0.74	0.461
A*B*C*E*F	-3.647	-1.823	1.609	-1.13	0.258
A*B*C*E*G	-4.735	-2.368	1.609	-1.47	0.142
A*B*C*F*G	-5.706	-2.853	1.609	-1.77	0.077
A*B*D*E*F	3.367	1.684	1.609	1.05	0.296
A*B*D*E*G	0.802	0.401	1.609	0.25	0.803
A*B*D*F*G	-0.310	-0.155	1.609	-0.10	0.923
A*B*E*F*G	-3.717	-1.859	1.609	-1.16	0.249
A*C*D*E*F	8.099	4.050	1.609	2.52	0.012
A*C*D*E*G	3.781	1.891	1.609	1.17	0.241
A*C*D*F*G	3.209	1.605	1.609	1.00	0.320
A*C*E*F*G	-0.600	-0.300	1.609	-0.19	0.852
A*D*E*F*G	-0.153	-0.077	1.609	-0.05	0.962
B*C*D*E*F	5.869	2.935	1.609	1.82	0.069
B*C*D*E*G	2.892	1.446	1.609	0.90	0.370
B*C*D*F*G	0.554	0.277	1.609	0.17	0.863
B*C*E*F*G	6.705	3.353	1.609	2.08	0.038
B*D*E*F*G	-4.219	-2.109	1.609	-1.31	0.191
C*D*E*F*G	2.175	1.087	1.609	0.68	0.500
A*B*C*D*E*F	7.062	3.531	1.609	2.19	0.029
A*B*C*D*E*G	2.233	1.117	1.609	0.69	0.488
A*B*C*D*F*G	0.038	0.019	1.609	0.01	0.990
A*B*C*E*F*G	6.546	3.273	1.609	2.03	0.043
A*B*D*E*F*G	-4.818	-2.409	1.609	-1.50	0.136
A*C*D*E*F*G	0.739	0.369	1.609	0.23	0.819
B*C*D*E*F*G	1.324	0.662	1.609	0.41	0.681



รูปที่ 6.7 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลัก
และอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ



รูปที่ 6.8 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ



รูปที่ 6.9 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ

ผลจากการวิเคราะห์เพื่อกรองหาปัจจัยที่มีผลต่อเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบเบื้องต้นด้วยการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^7 ที่มีจำนวนการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง พบว่ามีปัจจัยที่มีนัยสำคัญทั้งหมด 5 ปัจจัย ได้แก่ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ (A) วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (B) ความเร็วสายพานช่วงที่ 1 (C) ความเร็วสายพานช่วงที่ 2 (D) และความเร็วสายพานช่วงที่ 5 (G) เนื่องจากมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ที่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น $\alpha = 0.05$ ดังแสดงในตารางที่ 6.7

ขั้นตอนต่อไปได้แก่การหาระดับหรือความเร็วสายพานที่ทำให้ได้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุด จึงทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล สำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบของสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board ใหม่เพื่อให้สามารถกำหนดค่าระดับของปัจจัยที่มีผลต่อเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุด ดังขั้นตอนต่อไปนี้

6.2.2.4 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลสำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบของสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board เพื่อการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม

จากการกรองปัจจัยในขั้นตอนของการออกแบบการทดลองของทั้ง 7 ปัจจัยที่ผ่านมา พบว่ามีเพียง 5 ปัจจัยที่มีนัยสำคัญ คือ วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ ความเร็วสายพานช่วงที่ 1 ความเร็วสายพานช่วงที่ 2 และความเร็วสายพาน

ช่วงที่ 5 ดังนั้นในการหาระดับของปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุด จะทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลที่แต่ละปัจจัยมีจำนวนระดับของปัจจัยแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 6.8 ซึ่งระดับของปัจจัยเหล่านี้ ได้ทำการกำหนดมาแล้วในบทที่ 5

ตารางที่ 6.8 ระดับของปัจจัยที่ใช้เพื่อกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย
รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ (A)	แบบหลายผลิตภัณฑ์ (m) และ แบบผลิตภัณฑ์เดียว (s)
วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (B)	วิธี COMSOAL (c) และ วิธีโรงงาน (p)
ความเร็วสายพานช่วงที่ 1 (C)	15, 16, 17, 18
ความเร็วสายพานช่วงที่ 2 (D)	5, 6, 7, 8
ความเร็วสายพานช่วงที่ 5 (G)	15, 16, 17, 18

การกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมของสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board สำหรับตัวแปรดอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลที่มีปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 5 ปัจจัย และจำนวนการทดลองซ้ำ (Replication) ที่เหมาะสม สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

การทดลองซ้ำ (Replication)

ในการวิเคราะห์จำนวนการทดลองซ้ำ จะใช้อัตราส่วนของค่า δ/σ เท่ากับ 1.5 เนื่องจากเป็นค่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่นิยมใช้ในทางปฏิบัติ เพื่อให้สามารถจำแนกความแตกต่างของค่าเฉลี่ยได้ และกำลังของการทดสอบ (Power of Test) เท่ากับ 0.95 (β = 0.05) โดยสามารถคำนวณหาจำนวนการทดลองซ้ำได้จากโปรแกรม Minitab ได้ดังนี้

Power and Sample Size

```
2-Level Factorial Design

Sigma = 1  Alpha = 0.05

Factors:  5    Base Design: 5, 32
Blocks:   none

Center
Points                        Target   Actual
Per Block    Effect    Reps    Power    Power

     0         0.95       3   0.9500   0.9576
```

จากผลการคำนวณ พบว่าจำนวนการทดลองซ้ำที่เหมาะสม ได้แก่ จำนวนการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ดังนั้นการทดลองนี้จึงใช้การออกแบบการทดลองที่มีการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง นั่นคือ จะทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล ที่มีปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 5 ปัจจัย และจำนวนการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

เมื่อทำการกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัย และหาจำนวนการทดลองซ้ำที่เหมาะสมได้แล้ว จึงทำการรันแบบจำลองปัญหาสำหรับทุกปัจจัยและทุกระดับของปัจจัย ผลเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบจากการรันแสดงอยู่ในภาคผนวก ช จากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล โดยใช้โปรแกรม MINITAB 13 ซึ่งผลจากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 6.9

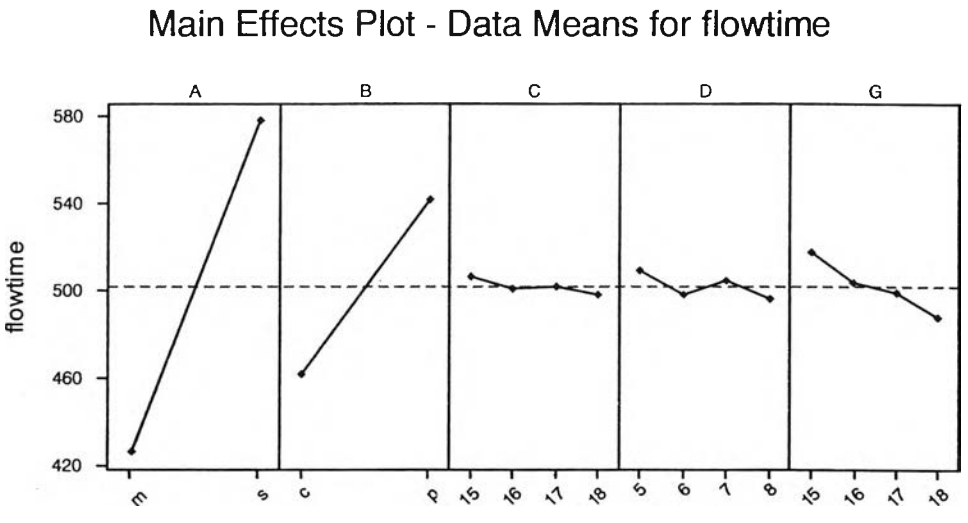
ตารางที่ 6.9 ผลจากโปรแกรม MINITAB เพื่อกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม

General Linear Model: flowtime versus A, B, C, D, G

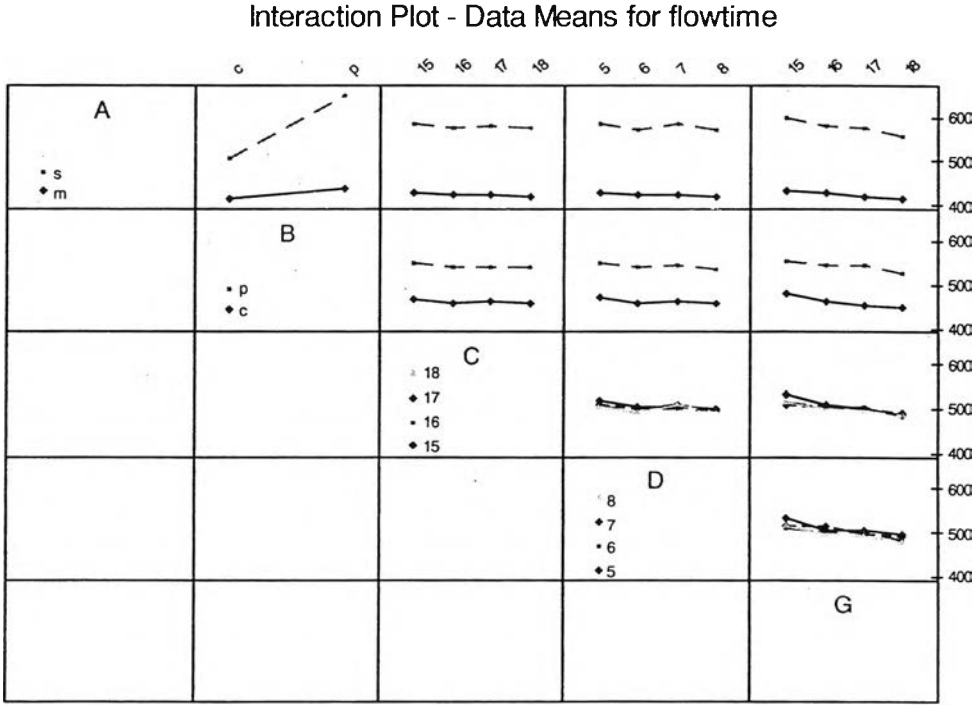
Factor	Type	Levels	Values
A	fixed	2	m s
B	fixed	2	c p
C	fixed	4	15 16 17 18
D	fixed	4	5 6 7 8
G	fixed	4	15 16 17 18

Analysis of Variance for flowtime, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	4471739	4471739	4471739	6013.22	**0.000**
B	1	1255038	1255038	1255038	1687.67	**0.000**
C	3	6969	6969	2323	3.12	**0.026**
D	3	19316	19316	6439	8.66	**0.000**
G	3	85727	85727	28576	38.43	**0.000**
A*B	1	685264	685264	685264	921.49	**0.000**
A*C	3	1598	1598	533	0.72	0.543
A*D	3	7737	7737	2579	3.47	**0.016**
A*G	3	9890	9890	3297	4.43	**0.004**
B*C	3	163	163	54	0.07	0.974
B*D	3	1996	1996	665	0.89	0.444
B*G	3	10975	10975	3658	4.92	**0.002**
C*D	9	8918	8918	991	1.33	0.217
C*G	9	14858	14858	1651	2.22	**0.020**
D*G	9	13296	13296	1477	1.99	**0.039**
A*B*C	3	884	884	295	0.40	0.756
A*B*D	3	3497	3497	1166	1.57	0.196
A*B*G	3	14102	14102	4701	6.32	0.000
A*C*D	9	7676	7676	853	1.15	0.328
A*C*G	9	14601	14601	1622	2.18	0.022
A*D*G	9	10197	10197	1133	1.52	0.136
B*C*D	9	4648	4648	516	0.69	0.714
B*C*G	9	4703	4703	523	0.70	0.707
B*D*G	9	8043	8043	894	1.20	0.291
C*D*G	27	27985	27985	1036	1.39	0.092
A*B*C*D	9	8226	8226	914	1.23	0.274
A*B*C*G	9	4569	4569	508	0.68	0.725
A*B*D*G	9	6952	6952	772	1.04	0.408
A*C*D*G	27	30079	30079	1114	1.50	0.053
B*C*D*G	27	11430	11430	423	0.57	0.962
A*B*C*D*G	27	10786	10786	399	0.54	0.974
Error	512	380749	380749	744		
Total	767	7142609				



รูปที่ 6.10 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง
เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบในการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม



รูปที่ 6.11 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง
เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบในการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม

ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล สำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบของสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board เพื่อการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม พบว่าปัจจัยหลักที่มีนัยสำคัญมีทั้งหมด 5 ปัจจัย ได้แก่ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ (A) วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (B) ความเร็วสายพานช่วงที่ 1 (C) ความเร็วสายพานช่วงที่ 2 (D) และความเร็วสายพานช่วงที่ 5 (G) เนื่องจากมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ที่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น $\alpha = 0.05$ ดังแสดงในตารางที่ 6.9

ในการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมนั้น ในขั้นแรกจะทำการพิจารณาอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองดังรูปที่ 6.11 โดยพิจารณาอันตรกิริยาแต่ละคู่ว่าระดับของปัจจัยระดับใดที่ทำให้ได้ค่าเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุด สำหรับปัจจัยหลักที่ไม่มีอันตรกิริยาสามารถกำหนดระดับของปัจจัยนั้น ๆ ดังรูปที่ 6.10 ว่าระดับของปัจจัยระดับใดที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งสามารถกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อให้ได้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุด ดังนี้

ตารางที่ 6.10 ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อให้ได้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุด สำหรับสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board

ปัจจัย	ระดับของปัจจัยที่เหมาะสม
รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ (A)	แบบหลายผลิตภัณฑ์ (m)
วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (B)	วิธี COMSOAL (c)
ความเร็วสายพานช่วงที่ 1 (C)	18
ความเร็วสายพานช่วงที่ 2 (D)	8
ความเร็วสายพานช่วงที่ 5 (G)	18

จากการกำหนดปัจจัยที่มีนัยสำคัญดังกล่าวข้างต้นนั้น จะส่งผลทำให้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบของสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board มีค่าต่ำที่สุด

6.2.3 การวิเคราะห์สายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board

สายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล เพื่อทำการกรองปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของสายการผลิต จำนวนผลผลิต และเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบก่อนในครั้งแรก ปัจจัยที่ใช้ในการทดลองได้แก่ปัจจัยที่แสดงในตารางที่ 6.3 และตารางที่ 6.4

6.2.3.1 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^2 สำหรับประสิทธิภาพสายการผลิตของสายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board

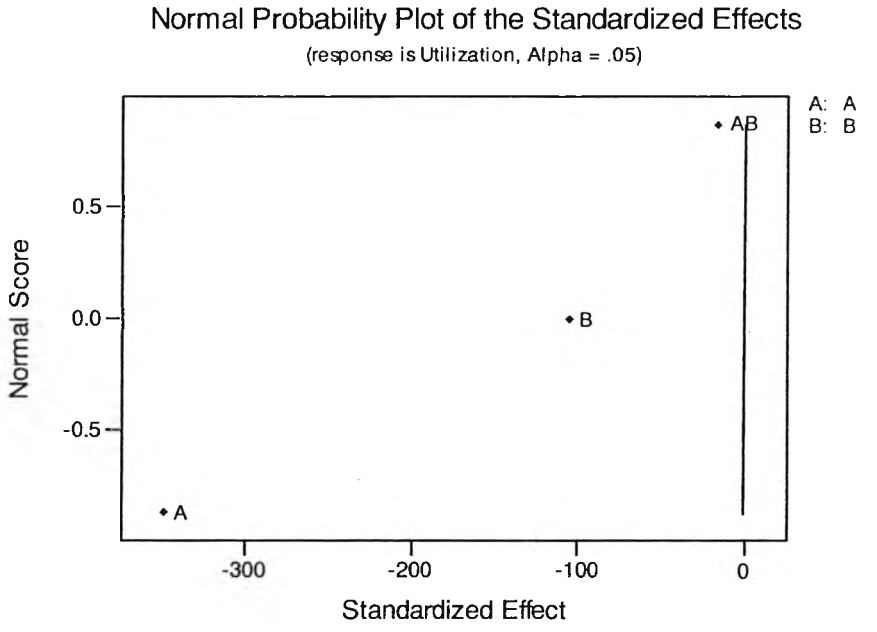
การวิเคราะห์สายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board สำหรับตัวแปรตอบสนอง (Response) ประสิทธิภาพสายการผลิต ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^2 คือ มีปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 2 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ และจำนวนการทดลองซ้ำ 15 ครั้ง

เมื่อทำการกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัย และหาจำนวนการทดลองซ้ำที่เหมาะสมได้แล้ว จึงทำการรันแบบจำลองปัญหาสำหรับทุกปัจจัยและทุกระดับของปัจจัย ผลประสิทธิภาพสายการผลิตที่ได้จากการรันแสดงอยู่ในภาคผนวก ฉ จากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล โดยใช้โปรแกรม MINITAB 13 ซึ่งผลจากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 6.11

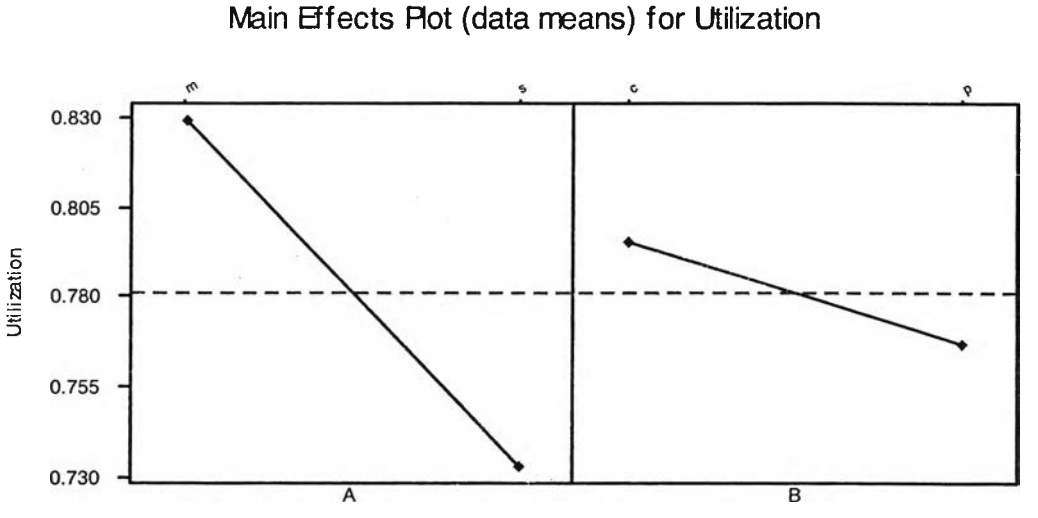
ตารางที่ 6.11 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับประสิทธิภาพสายการผลิต

Fractional Factorial Fit: Utilization versus A, B

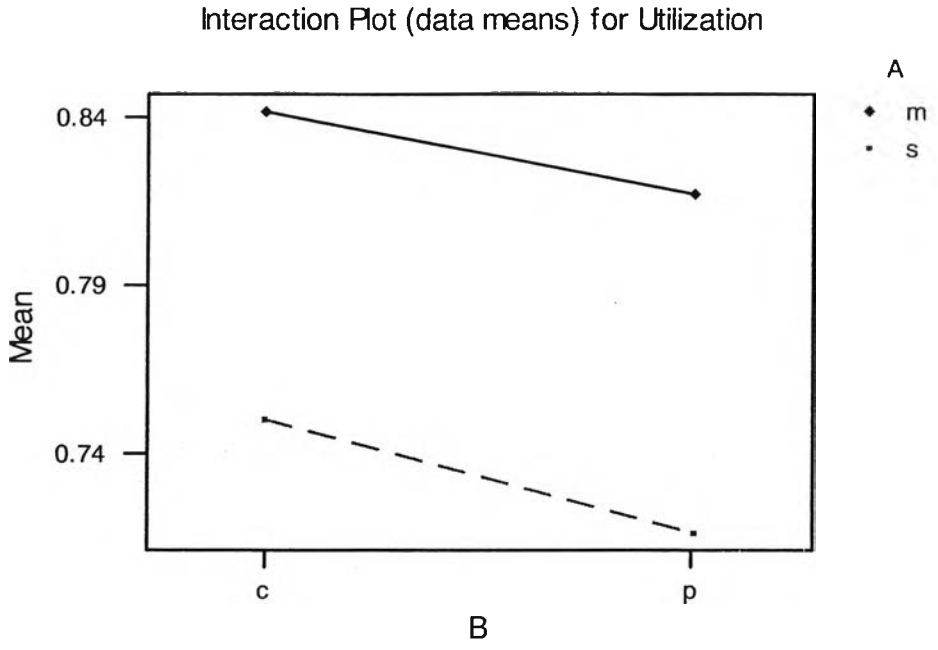
```
Full Factorial Design
Factors:        2   Base Design:          2, 4
Runs:          60   Replicates:             15


Estimated Effects and Coefficients for Utilization (coded units)

Term          Effect      Coef     SE Coef       T      P
Constant                0.78098    0.000138 5676.54  0.000
A          -0.09623  -0.04811    0.000138 -349.72  0.000
B          -0.02920  -0.01460    0.000138 -106.12  0.000
A*B        -0.00453  -0.00226    0.000138  -16.45  0.000
```



รูปที่ 6.12 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ



รูปที่ 6.13 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองประสิทธิภาพสายการผลิต



รูปที่ 6.14 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองประสิทธิภาพสายการผลิต

ผลจากการออกแบบการทดลอง 2^2 Full Factorial Design ที่มีการทำซ้ำ 15 ครั้ง สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ว่า ปัจจัยหลักทั้ง 2 ปัจจัย คือ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ (A) และ วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (B) มีผลต่อค่าตัวแปรตอบสนอง และอันตรกิริยา (Interaction Effects) มีนัยสำคัญ คือ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบและวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (AB) เนื่องจากมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ที่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น $\alpha = 0.05$ ดังแสดงในตารางที่ 6.11

ทั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธี COMSOAL (c) และรูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ (m) ทำให้ได้ประสิทธิภาพสายการผลิตสูงสุดสำหรับสายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board

6.2.3.2 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^2 สำหรับจำนวนผลผลิตของสายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board

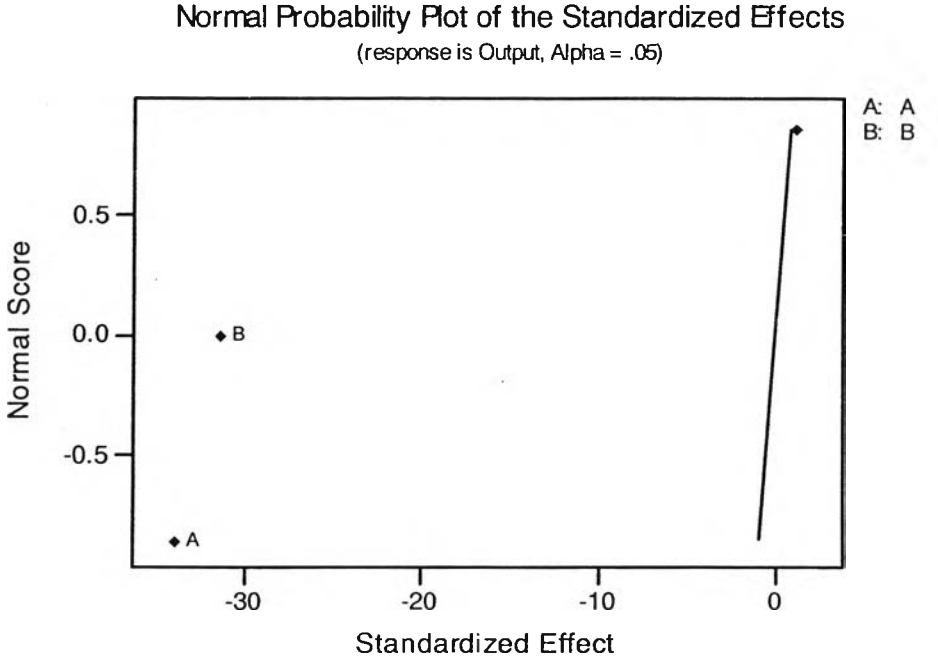
การวิเคราะห์สายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board สำหรับตัวแปรตอบสนองจำนวนผลผลิต ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^2 คือ มีปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 2 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ และจำนวนการทดลองซ้ำ 15 ครั้ง

เมื่อทำการกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัย และหาจำนวนการทดลองซ้ำที่เหมาะสมได้แล้ว จึงทำการรันแบบจำลองปัญหาสำหรับทุกปัจจัยและทุกระดับของปัจจัย จำนวนผลผลิตที่ได้จากการรันแสดงอยู่ในภาคผนวก ฉ จากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล โดยใช้โปรแกรม MINITAB 13 ซึ่งผลจากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 6.12

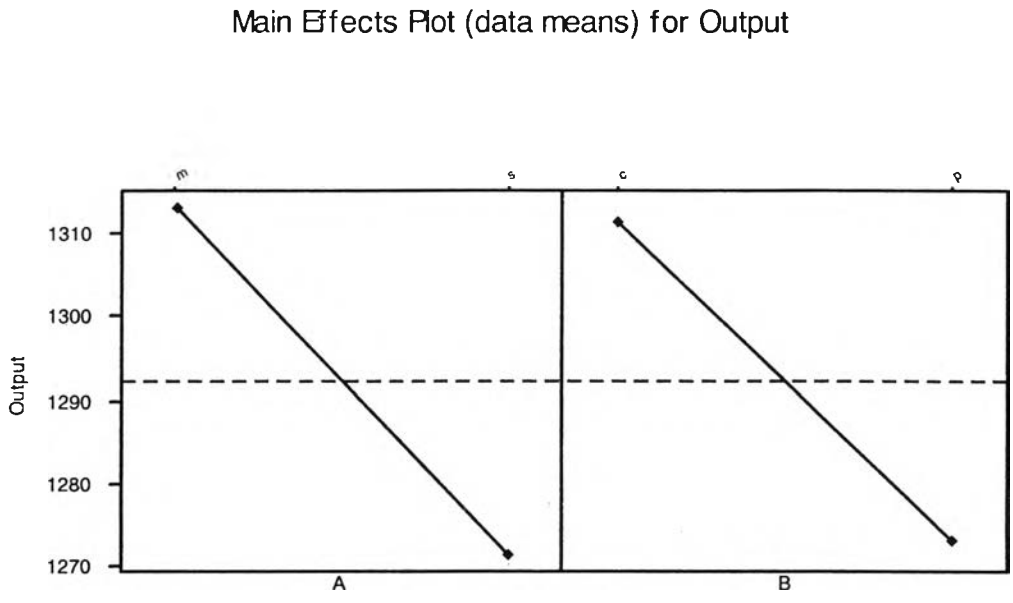
ตารางที่ 6.12 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับจำนวนผลผลิต

Fractional Factorial Fit: Output versus A, B

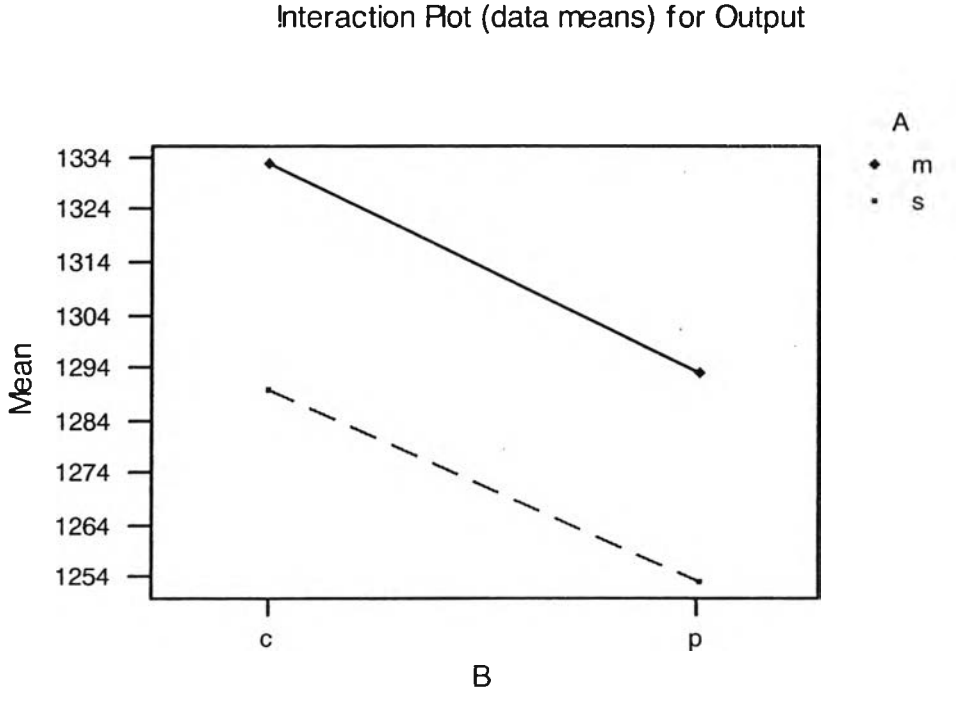
```
Full Factorial Design
Factors:        2   Base Design:          2, 4
Runs:          60   Replicates:             15


Estimated Effects and Coefficients for Output (coded units)

Term          Effect      Coef     SE Coef        T      P
Constant                1292.22      0.6073  2127.70  0.000
A            -41.37     -20.68      0.6073   -34.06  0.000
B            -38.37     -19.18      0.6073   -31.59  0.000
A*B            1.57       0.78      0.6073     1.29  0.202
```



รูปที่ 6.15 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ



รูปที่ 6.16 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองจำนวนผลผลิต



รูปที่ 6.17 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองจำนวนผลผลิต

ผลจากการออกแบบการทดลอง 2^2 Full Factorial Design ที่มีการทำซ้ำ 15 ครั้ง สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ว่า ปัจจัยหลักทั้ง 2 ปัจจัย คือ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ (A) และ วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (B) มีผลต่อค่าตัวแปรตอบสนอง เนื่องจากมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ที่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น α = 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 6.12

ทั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธี COMSOAL (c) และรูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ (m) ทำให้ได้จำนวนผลผลิตมากที่สุด สำหรับสายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board

6.2.3.3 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^7 สำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบของสายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board

การวิเคราะห์สายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board สำหรับตัวแปรตอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^7 คือ มีปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 7 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ และจำนวนการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

เมื่อทำการกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัย และหาจำนวนการทดลองซ้ำที่เหมาะสมได้แล้ว จึงทำการรันแบบจำลองปัญหาสำหรับทุกปัจจัยและทุกระดับของปัจจัย ผลเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่ได้จากการรันแสดงอยู่ในภาคผนวก ฉ จากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล โดยใช้โปรแกรม MINITAB 13 ซึ่งผลจากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 6.13

ตารางที่ 6.13 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ

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

Estimated Effects and Coefficients for Flowtime (coded units)

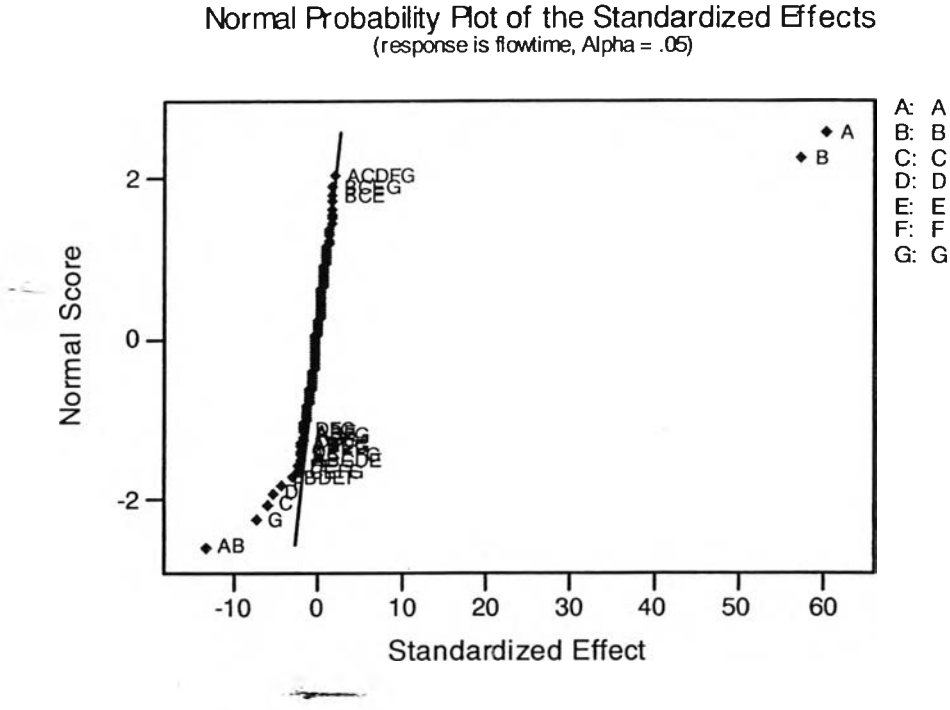
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		674.129	0.6349	1061.81	0.000
A	76.937	38.469	0.6349	60.59	**0.000**
B	72.987	36.494	0.6349	57.48	**0.000**
C	-7.620	-3.810	0.6349	-6.00	**0.000**
D	-6.640	-3.320	0.6349	-5.23	**0.000**
E	0.452	0.226	0.6349	0.36	0.722
F	-5.508	-2.754	0.6349	-4.34	**0.000**
G	-9.211	-4.605	0.6349	-7.25	**0.000**
A*B	-16.869	-8.434	0.6349	-13.28	**0.000**
A*C	1.116	0.558	0.6349	0.88	0.380

ตารางที่ 6.13 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (ต่อ)

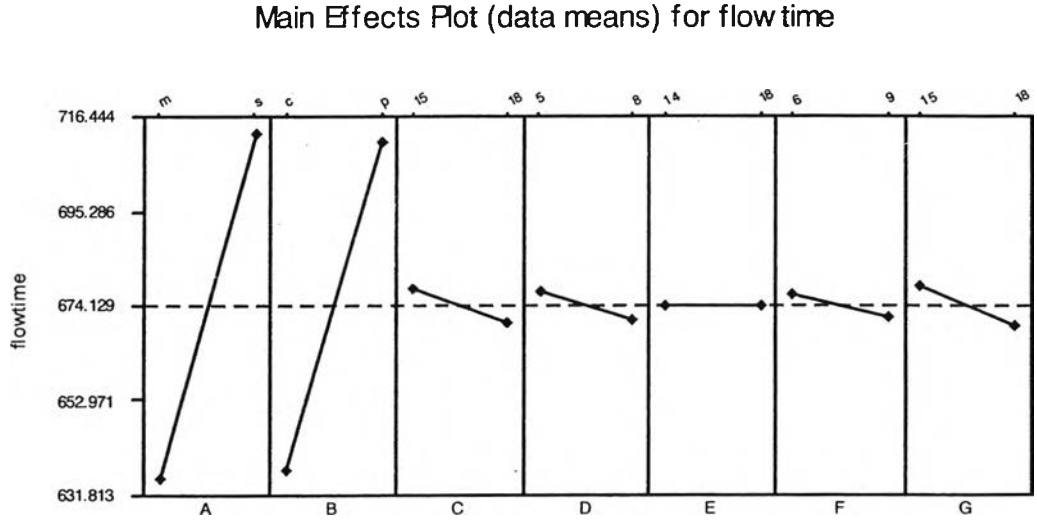
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
A*D	0.730	0.365	0.6349	0.57	0.566
A*E	1.323	0.662	0.6349	1.04	0.298
A*F	-0.533	-0.267	0.6349	-0.42	0.675
A*G	1.114	0.557	0.6349	0.88	0.381
B*C	1.598	0.799	0.6349	1.26	0.209
B*D	-1.382	-0.691	0.6349	-1.09	0.277
B*E	0.967	0.484	0.6349	0.76	0.447
B*F	-1.026	-0.513	0.6349	-0.81	0.420
B*G	0.186	0.093	0.6349	0.15	0.884
C*D	-1.421	-0.711	0.6349	-1.12	0.264
C*E	0.442	0.221	0.6349	0.35	0.728
C*F	1.488	0.744	0.6349	1.17	0.242
C*G	-0.233	-0.116	0.6349	-0.18	0.855
D*E	-2.915	-1.458	0.6349	-2.30	**0.022**
D*F	-0.622	-0.311	0.6349	-0.49	0.625
D*G	-0.886	-0.443	0.6349	-0.70	0.486
E*F	-1.582	-0.791	0.6349	-1.25	0.214
E*G	0.790	0.395	0.6349	0.62	0.534
F*G	0.614	0.307	0.6349	0.48	0.629
A*B*C	1.998	0.999	0.6349	1.57	0.117
A*B*D	-1.237	-0.619	0.6349	-0.97	0.331
A*B*E	-2.205	-1.102	0.6349	-1.74	0.084
A*B*F	-0.382	-0.191	0.6349	-0.30	0.764
A*B*G	-0.349	-0.175	0.6349	-0.28	0.783
A*C*D	-0.903	-0.452	0.6349	-0.71	0.477
A*C*E	1.140	0.570	0.6349	0.90	0.370
A*C*F	-1.004	-0.502	0.6349	-0.79	0.430
A*C*G	-0.565	-0.283	0.6349	-0.45	0.657
A*D*E	-1.552	-0.776	0.6349	-1.22	0.223
A*D*F	1.214	0.607	0.6349	0.96	0.340
A*D*G	-0.802	-0.401	0.6349	-0.63	0.528
A*E*F	-0.099	-0.049	0.6349	-0.08	0.938
A*E*G	-1.181	-0.591	0.6349	-0.93	0.353
A*F*G	0.169	0.085	0.6349	0.13	0.894
B*C*D	-0.334	-0.167	0.6349	-0.26	0.792
B*C*E	2.109	1.054	0.6349	1.66	0.098
B*C*F	0.549	0.275	0.6349	0.43	0.666
B*C*G	-1.354	-0.677	0.6349	-1.07	0.287
B*D*E	0.482	0.241	0.6349	0.38	0.705
B*D*F	-0.790	-0.395	0.6349	-0.62	0.534
B*D*G	0.375	0.188	0.6349	0.30	0.768
B*E*F	-0.527	-0.263	0.6349	-0.41	0.679
B*E*G	1.823	0.912	0.6349	1.44	0.152
B*F*G	1.424	0.712	0.6349	1.12	0.263
C*D*E	0.162	0.081	0.6349	0.13	0.899
C*D*F	-0.499	-0.249	0.6349	-0.39	0.695
C*D*G	-2.321	-1.161	0.6349	-1.83	0.069
C*E*F	-0.164	-0.082	0.6349	-0.13	0.897
C*E*G	-0.270	-0.135	0.6349	-0.21	0.832
C*F*G	-1.994	-0.997	0.6349	-1.57	0.118
D*E*F	-2.503	-1.252	0.6349	-1.97	0.050
D*E*G	0.956	0.478	0.6349	0.75	0.452
D*F*G	-2.169	-1.084	0.6349	-1.71	0.089
E*F*G	1.591	0.795	0.6349	1.25	0.211
A*B*C*D	1.011	0.505	0.6349	0.80	0.427
A*B*C*E	0.741	0.371	0.6349	0.58	0.560
A*B*C*F	-1.351	-0.675	0.6349	-1.06	0.288
A*B*C*G	-0.345	-0.173	0.6349	-0.27	0.786
A*B*D*E	-2.385	-1.192	0.6349	-1.88	0.061
A*B*D*F	0.595	0.297	0.6349	0.47	0.640
A*B*D*G	0.349	0.175	0.6349	0.27	0.784

ตารางที่ 6.13 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (ต่อ)

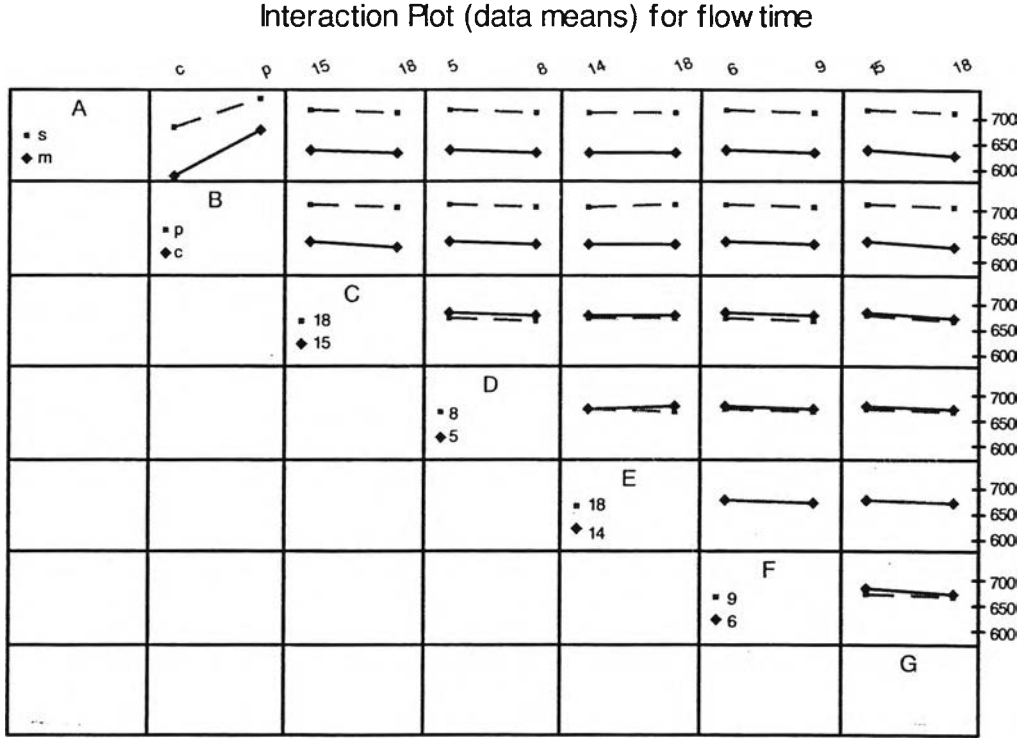
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
A*B*E*F	0.540	0.270	0.6349	0.42	0.671
A*B*E*G	0.571	0.286	0.6349	0.45	0.653
A*B*F*G	-1.701	-0.851	0.6349	-1.34	0.181
A*C*D*E	-1.647	-0.824	0.6349	-1.30	0.196
A*C*D*F	-0.244	-0.122	0.6349	-0.19	0.848
A*C*D*G	1.456	0.728	0.6349	1.15	0.253
A*C*E*F	-0.940	-0.470	0.6349	-0.74	0.460
A*C*E*G	-1.616	-0.808	0.6349	-1.27	0.204
A*C*F*G	-0.224	-0.112	0.6349	-0.18	0.860
A*D*E*F	0.766	0.383	0.6349	0.60	0.547
A*D*E*G	-2.497	-1.248	0.6349	-1.97	0.050
A*D*F*G	-2.321	-1.161	0.6349	-1.83	0.069
A*E*F*G	0.627	0.313	0.6349	0.49	0.622
B*C*D*E	-0.082	-0.041	0.6349	-0.06	0.948
B*C*D*F	-1.023	-0.511	0.6349	-0.81	0.421
B*C*D*G	1.240	0.620	0.6349	0.98	0.330
B*C*E*F	-0.373	-0.186	0.6349	-0.29	0.769
B*C*E*G	2.214	1.107	0.6349	1.74	0.082
B*C*F*G	-0.329	-0.164	0.6349	-0.26	0.796
B*D*E*F	-3.898	-1.949	0.6349	-3.07	0.002
B*D*E*G	1.987	0.994	0.6349	1.56	0.119
B*D*F*G	-0.099	-0.050	0.6349	-0.08	0.938
B*E*F*G	1.935	0.967	0.6349	1.52	0.129
C*D*E*F	-0.116	-0.058	0.6349	-0.09	0.927
C*D*E*G	-0.272	-0.136	0.6349	-0.21	0.831
C*D*F*G	0.459	0.230	0.6349	0.36	0.718
C*E*F*G	-3.009	-1.504	0.6349	-2.37	0.019
D*E*F*G	0.459	0.230	0.6349	0.36	0.718
A*B*C*D*E	-2.559	-1.279	0.6349	-2.02	0.045
A*B*C*D*F	-0.881	-0.440	0.6349	-0.69	0.488
A*B*C*D*G	1.994	0.997	0.6349	1.57	0.118
A*B*C*E*F	0.216	0.108	0.6349	0.17	0.865
A*B*C*E*G	0.758	0.379	0.6349	0.60	0.551
A*B*C*F*G	-0.662	-0.331	0.6349	-0.52	0.602
A*B*D*E*F	-1.630	-0.815	0.6349	-1.28	0.200
A*B*D*E*G	1.887	0.943	0.6349	1.49	0.139
A*B*D*F*G	-1.878	-0.939	0.6349	-1.48	0.140
A*B*E*F*G	0.081	0.040	0.6349	0.06	0.949
A*C*D*E*F	-0.375	-0.188	0.6349	-0.30	0.768
A*C*D*E*G	-0.598	-0.299	0.6349	-0.47	0.638
A*C*D*F*G	2.588	1.294	0.6349	2.04	0.043
A*C*E*F*G	-2.542	-1.271	0.6349	-2.00	0.046
A*D*E*F*G	-0.406	-0.203	0.6349	-0.32	0.749
B*C*D*E*F	0.335	0.168	0.6349	0.26	0.792
B*C*D*E*G	0.379	0.190	0.6349	0.30	0.765
B*C*D*F*G	-0.429	-0.215	0.6349	-0.34	0.736
B*C*E*F*G	-1.430	-0.715	0.6349	-1.13	0.261
B*D*E*F*G	0.385	0.193	0.6349	0.30	0.762
C*D*E*F*G	-1.370	-0.685	0.6349	-1.08	0.282
A*B*C*D*E*F	-0.269	-0.135	0.6349	-0.21	0.832
A*B*C*D*E*G	0.191	0.095	0.6349	0.15	0.881
A*B*C*D*F*G	0.743	0.371	0.6349	0.58	0.559
A*B*C*E*F*G	-0.687	-0.344	0.6349	-0.54	0.589
A*B*D*E*F*G	-0.397	-0.198	0.6349	-0.31	0.755
A*C*D*E*F*G	-0.280	-0.140	0.6349	-0.22	0.826
B*C*D*E*F*G	-1.960	-0.980	0.6349	-1.54	0.124



รูปที่ 6.18 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ



รูปที่ 6.19 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ



รูปที่ 6.20 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ

ผลจากการวิเคราะห์เพื่อกรองหาปัจจัยที่มีผลต่อเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบเบื้องต้นด้วยการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^7 ที่มีจำนวนการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง พบว่ามีปัจจัยที่มีนัยสำคัญทั้งหมด 6 ปัจจัย ได้แก่ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ (A) วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (B) ความเร็วสายพานช่วงที่ 1 (C) ความเร็วสายพานช่วงที่ 2 (D) ความเร็วสายพานช่วงที่ 4 (F) และความเร็วสายพานช่วงที่ 5 (G) เนื่องจากมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ที่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น $\alpha = 0.05$ ดังแสดงในตารางที่ 6.13

ขั้นตอนต่อไปได้แก่การหาระดับหรือความเร็วสายพานที่ทำให้ได้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุด จึงทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล สำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบของสายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board ใหม่เพื่อให้สามารถกำหนดค่าระดับของปัจจัยที่มีผลต่อเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุด ดังขั้นตอนต่อไปนี้

6.2.3.4 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลสำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบของสายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board เพื่อการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม

จากการกรองปัจจัยในขั้นตอนของการออกแบบการทดลองของทั้ง 7 ปัจจัยที่ผ่านมา พบว่ามี 6 ปัจจัยที่มีนัยสำคัญ คือ วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ ความเร็วสายพานช่วงที่ 1 ความเร็วสายพานช่วงที่ 2 ความเร็วสายพานช่วงที่ 4 และความเร็วสายพานช่วงที่ 5 ดังนั้นในการหาระดับของปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุด จะทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลที่แต่ละปัจจัยมีจำนวนระดับของปัจจัยแตกต่างกันดังนี้

ตารางที่ 6.14 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้เพื่อกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย
รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ (A)	แบบหลายผลิตภัณฑ์ (m) และ แบบผลิตภัณฑ์เดียว (s)
วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (B)	วิธี COMSOAL (c) และ วิธีโรงงาน (p)
ความเร็วสายพานช่วงที่ 1 (C)	15, 16, 17, 18
ความเร็วสายพานช่วงที่ 2 (D)	5, 6, 7, 8
ความเร็วสายพานช่วงที่ 4 (F)	6, 7, 8, 9
ความเร็วสายพานช่วงที่ 5 (G)	15, 16, 17, 18

การกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมของสายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board สำหรับตัวแปรตอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลที่มีปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 6 ปัจจัย และจำนวนการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

เมื่อทำการกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัย และหาจำนวนการทดลองซ้ำที่เหมาะสมได้แล้ว จึงทำการรันแบบจำลองปัญหาสำหรับทุกปัจจัยและทุกระดับของปัจจัย ผลเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่ได้จากการรันแสดงอยู่ในภาคผนวก ช จากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล โดยใช้โปรแกรม MINITAB 13 ซึ่งผลจากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 6.15

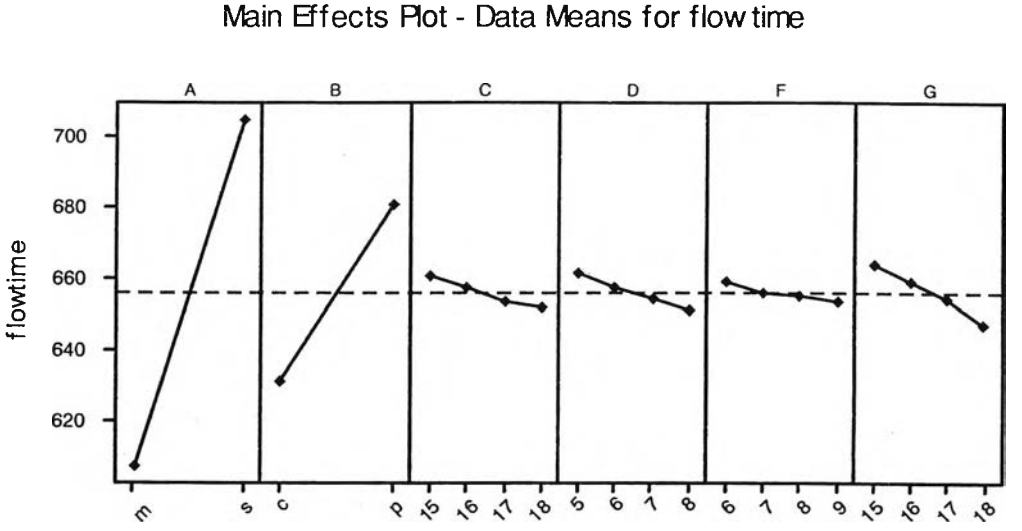
ตารางที่ 6.15 ผลจากโปรแกรม MINITAB เพื่อกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม

General Linear Model: flowtime versus A, B, C, D, F, G

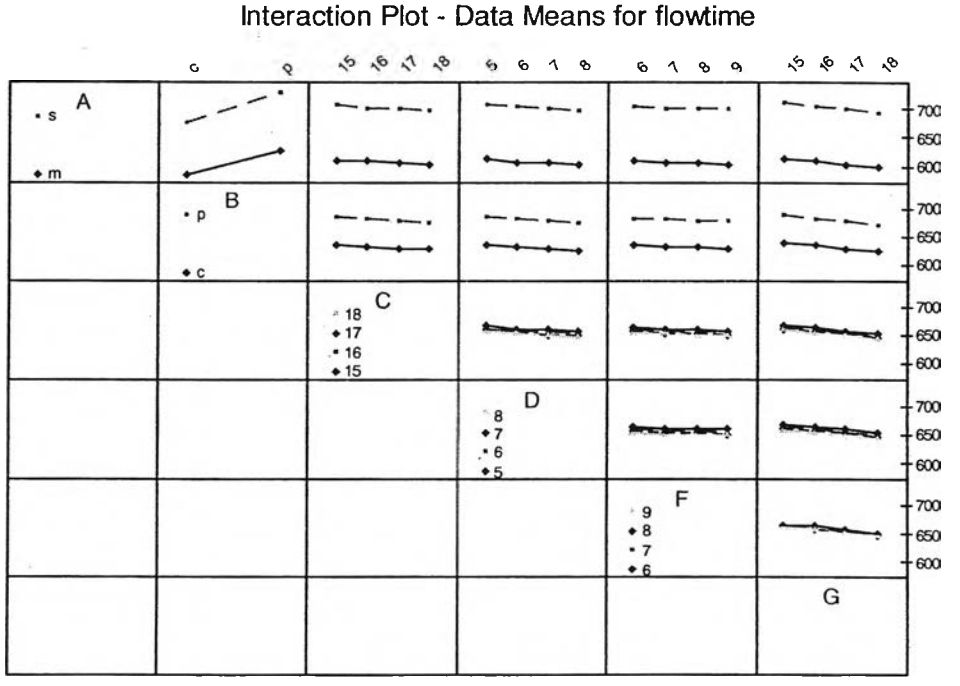
Factor	Type	Levels	Values
A	fixed	2	m s
B	fixed	2	c p
C	fixed	4	15 16 17 18
D	fixed	4	5 6 7 8
F	fixed	4	6 7 8 9
G	fixed	4	15 16 17 18

Analysis of Variance for flowtime, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	7162134	7162134	7162134	4.2E+04	**0.000**
B	1	1823935	1823935	1823935	1.1E+04	**0.000**
C	3	36918	36918	12306	72.65	**0.000**
D	3	41403	41403	13801	81.47	**0.000**
F	3	11414	11414	3805	22.46	**0.000**
G	3	111252	111252	37084	218.92	**0.000**
A*B	1	24427	24427	24427	144.20	**0.000**
A*C	3	628	628	209	1.24	0.295
A*D	3	597	597	199	1.18	0.318
A*F	3	2954	2954	985	5.81	**0.001**
A*G	3	1168	1168	389	2.30	0.076
B*C	3	227	227	76	0.45	0.720
B*D	3	26	26	9	0.05	0.985
B*F	3	181	181	60	0.36	0.785
B*G	3	351	351	117	0.69	0.558
C*D	9	1053	1053	117	0.69	0.718
C*F	9	1919	1919	213	1.26	0.255
C*G	9	707	707	79	0.46	0.899
D*F	9	1134	1134	126	0.74	0.669
D*G	9	1305	1305	145	0.86	0.564
F*G	9	1094	1094	122	0.72	0.693
A*B*C	3	663	663	221	1.30	0.271
A*B*D	3	440	440	147	0.87	0.458
A*B*F	3	1176	1176	392	2.31	0.074
A*B*G	3	325	325	108	0.64	0.590
A*C*D	9	1753	1753	195	1.15	0.324
A*C*F	9	1033	1033	115	0.68	0.730
A*C*G	9	476	476	53	0.31	0.971
A*D*F	9	809	809	90	0.53	0.853
A*D*G	9	369	369	41	0.24	0.988
A*F*G	9	522	522	58	0.34	0.961
B*C*D	9	529	529	59	0.35	0.959
B*C*F	9	1278	1278	142	0.84	0.581
B*C*G	9	1680	1680	187	1.10	0.358
B*D*F	9	974	974	108	0.64	0.765
B*D*G	9	2212	2212	246	1.45	0.161
B*F*G	9	1486	1486	165	0.97	0.459
C*D*F	27	2532	2532	94	0.55	0.970
C*D*G	27	2989	2989	111	0.65	0.913
C*F*G	27	3915	3915	145	0.86	0.678



รูปที่ 6.21 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง
เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบในการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม



รูปที่ 6.22 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง
เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบในการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม

ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล สำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบของสายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board เพื่อการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม พบว่าปัจจัยหลักที่มีนัยสำคัญมีทั้งหมด 6 ปัจจัย ได้แก่ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ (A) วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (B) ความเร็วสายพานช่วงที่ 1 (C) ความเร็วสายพานช่วงที่ 2 (D) ความเร็วสายพานช่วงที่ 4 (F) และความเร็วสายพานช่วงที่ 5 (G) เนื่องจากมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ที่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น $\alpha = 0.05$ ดังแสดงในตารางที่ 6.15

ในการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมนั้น ในขั้นแรกจะทำการพิจารณาอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองดังรูปที่ 6.22 โดยพิจารณาอันตรกิริยาแต่ละคู่ว่าระดับของปัจจัยระดับใดที่ทำให้ได้ค่าเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุด สำหรับปัจจัยหลักที่ไม่มีอันตรกิริยาสามารถกำหนดระดับของปัจจัยนั้น ๆ ดังรูปที่ 6.21 ว่าระดับของปัจจัยระดับใดที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งสามารถกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อให้ได้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุด ดังนี้

ตารางที่ 6.16 ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อให้ได้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุด สำหรับสายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board

ปัจจัย	ระดับของปัจจัยที่เหมาะสม
รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ (A)	แบบหลายผลิตภัณฑ์ (m)
วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (B)	วิธี COMSOAL (c)
ความเร็วสายพานช่วงที่ 1 (C)	18
ความเร็วสายพานช่วงที่ 2 (D)	8
ความเร็วสายพานช่วงที่ 4 (F)	9
ความเร็วสายพานช่วงที่ 5 (G)	18

จากการกำหนดปัจจัยที่มีนัยสำคัญดังกล่าวข้างต้นนั้น จะส่งผลทำให้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบของสายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board มีค่าต่ำที่สุด

6.2.4 การวิเคราะห์สายการประกอบจอแสดงภาพ

สายการประกอบจอแสดงภาพใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล เพื่อทำการกรองปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของสายการผลิต จำนวนผลผลิต และเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบก่อนในครั้งแรก ปัจจัยที่ใช้ในการทดลองได้แก่ปัจจัยที่แสดงในตารางที่ 6.3 และตารางที่ 6.4

6.2.4.1 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^2 สำหรับประสิทธิภาพสายการผลิตของสายการประกอบจอแสดงภาพ

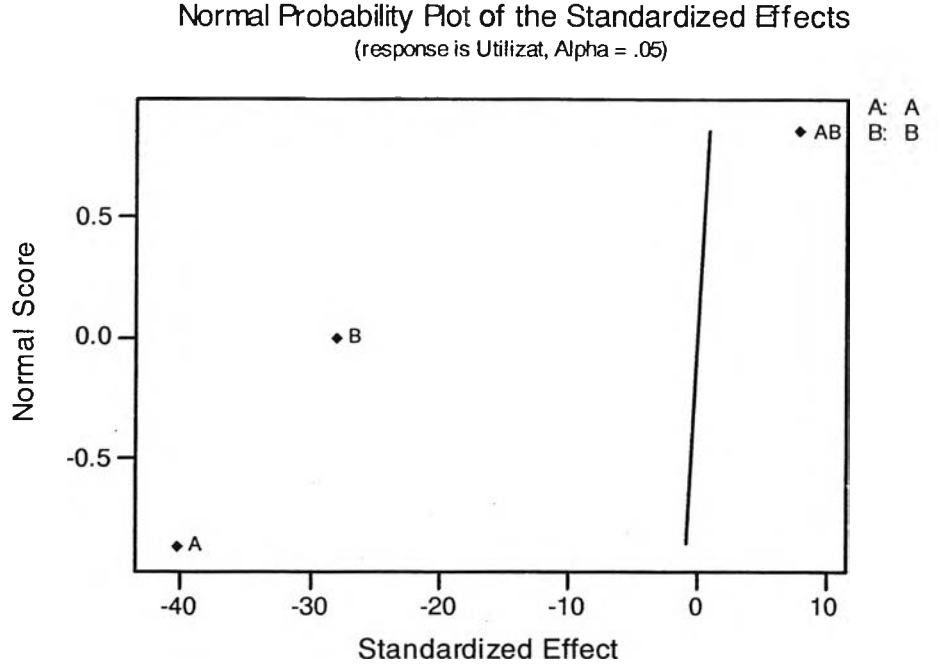
การวิเคราะห์สายการประกอบจอแสดงภาพสำหรับตัวแปรตอบสนองประสิทธิภาพสายการผลิต ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^2 คือ มีปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 2 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ และจำนวนการทดลองซ้ำ 15 ครั้ง

เมื่อทำการกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัย และหาจำนวนการทดลองซ้ำที่เหมาะสมได้แล้ว จึงทำการรันแบบจำลองปัญหาสำหรับทุกปัจจัยและทุกระดับของปัจจัย ผลประสิทธิภาพสายการผลิตที่ได้จากการรันแสดงอยู่ในภาคผนวก ฉ จากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล โดยใช้โปรแกรม MINITAB 13 ซึ่งผลจากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 6.17

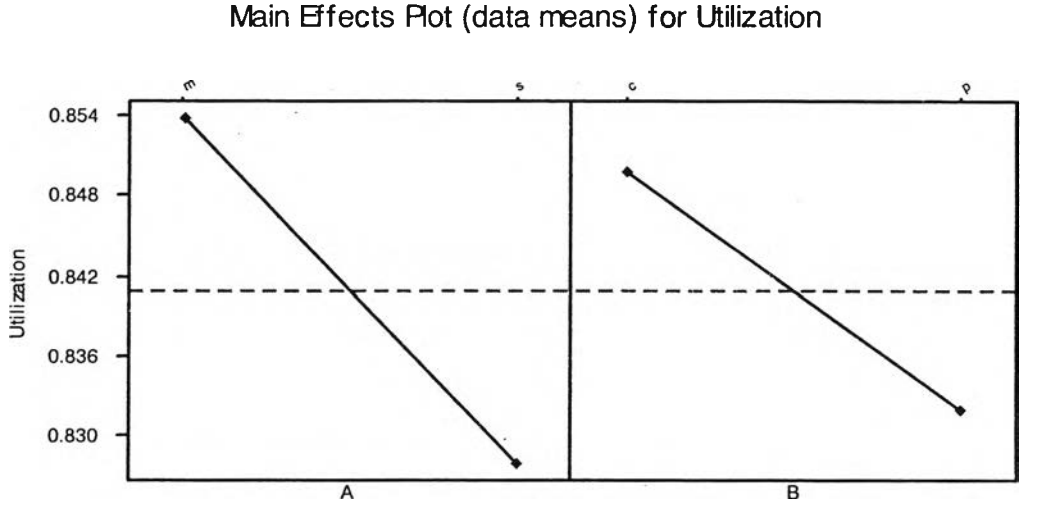
ตารางที่ 6.17 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับประสิทธิภาพสายการผลิต

Fractional Factorial Fit: Utilization versus A, B

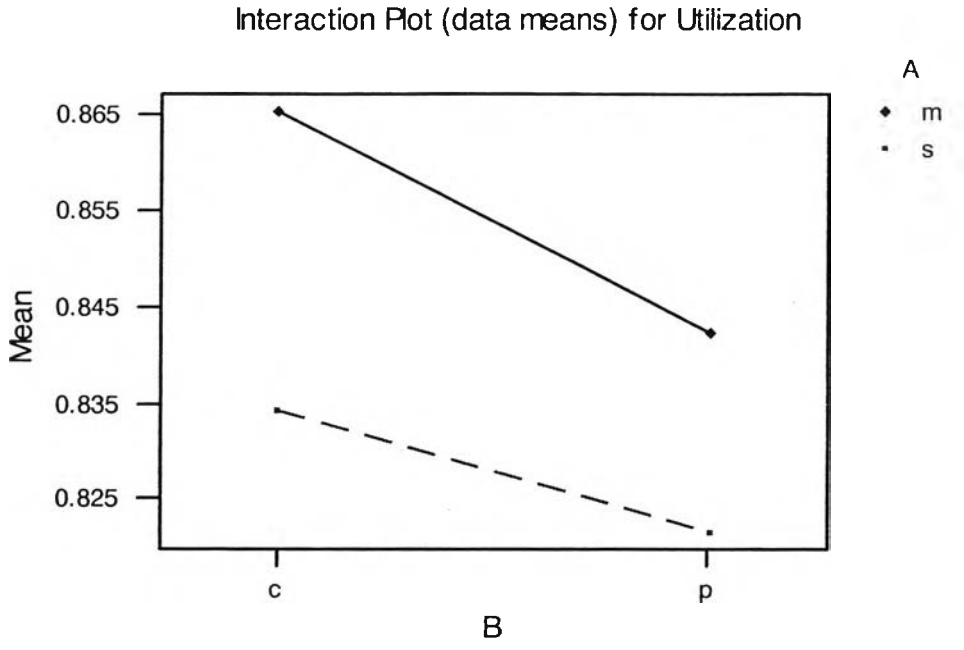
```
Full Factorial Design
Factors:        2   Base Design:          2, 4
Runs:          60   Replicates:            15

Estimated Effects and Coefficients for Utilization (coded units)

Term          Effect      Coef     SE Coef       T      P
Constant                0.84088    0.000320 2624.88  0.000
A          -0.02588   -0.01294    0.000320  -40.40  0.000
B          -0.01794   -0.00897    0.000320  -28.00  0.000
A*B         0.00518    0.00259    0.000320    8.09  0.000
```



รูปที่ 6.23 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลัก
และอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ



รูปที่ 6.24 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองประสิทธิภาพสายการผลิต



รูปที่ 6.25 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองประสิทธิภาพสายการผลิต

ผลจากการออกแบบการทดลอง 2^2 Full Factorial Design ที่มีการทำซ้ำ 15 ครั้ง สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ว่า ปัจจัยหลักทั้ง 2 ปัจจัย คือ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ (A) และ วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (B) มีผลต่อค่าตัวแปรตอบสนอง และอันตรกิริยา (Interaction Effects) มีนัยสำคัญ คือ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบและวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (AB) เนื่องจากมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ที่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น α = 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 6.17

ทั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธี COMSOAL (c) และรูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ (m) ทำให้ได้ประสิทธิภาพสายการผลิตสูงสุดสำหรับสายการประกอบจอแสดงภาพ

6.2.4.2 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^2 สำหรับจำนวนผลผลิตของสายการประกอบจอแสดงภาพ

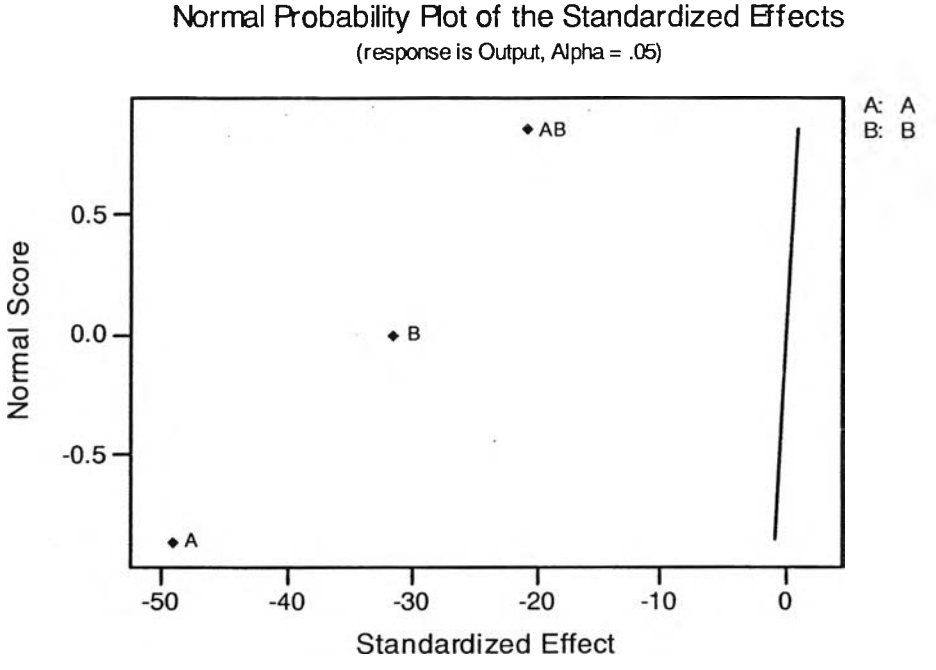
การวิเคราะห์สายการประกอบจอแสดงภาพสำหรับตัวแปรตอบสนองจำนวนผลผลิต ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^2 คือ มีปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 2 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ และจำนวนการทดลองซ้ำ 15 ครั้ง

เมื่อทำการกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัย และหาจำนวนการทดลองซ้ำที่เหมาะสมได้แล้ว จึงทำการรันแบบจำลองปัญหาสำหรับทุกปัจจัยและทุกระดับของปัจจัย จำนวนผลผลิตที่ได้จากการรันแสดงอยู่ในภาคผนวก ฉ จากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล โดยใช้โปรแกรม MINITAB 13 ซึ่งผลจากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 6.18

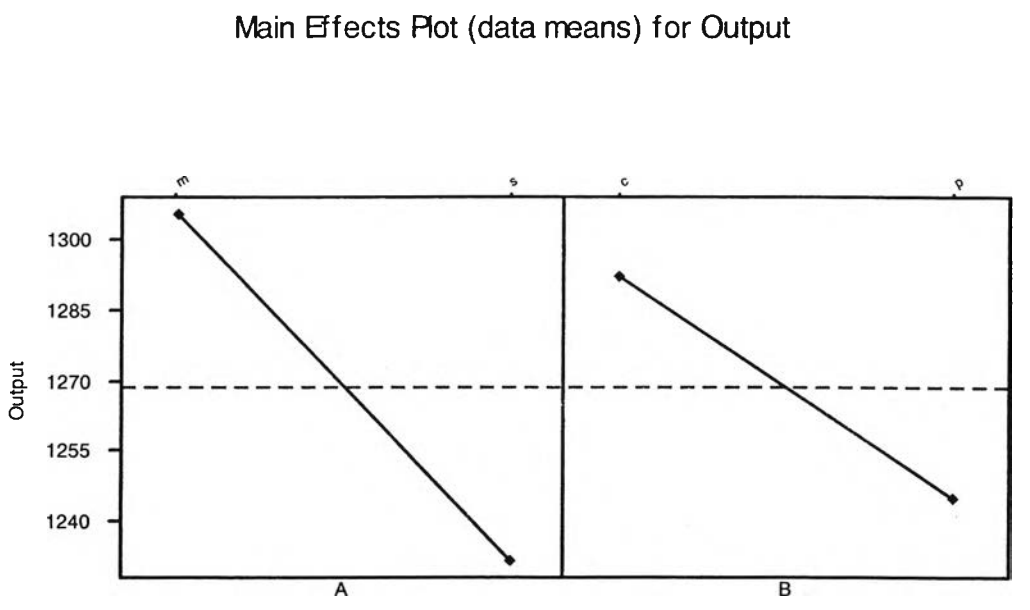
ตารางที่ 6.18 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับจำนวนผลผลิต

Fractional Factorial Fit: Output versus A, B

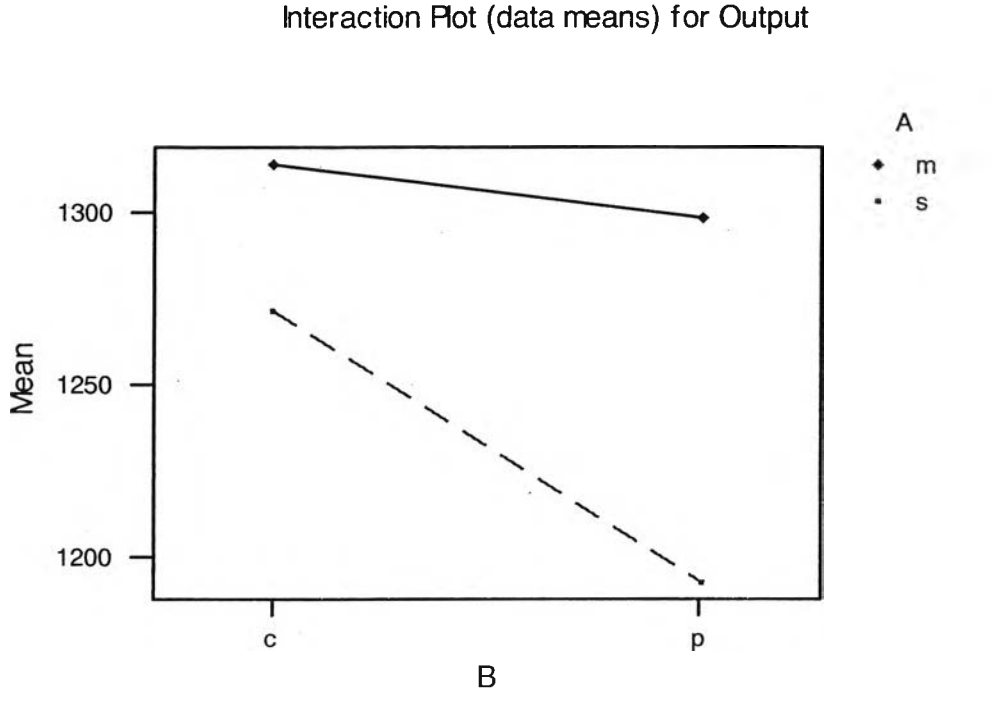
```
Full Factorial Design
Factors:        2   Base Design:          2, 4
Runs:          60   Replicates:             15

Estimated Effects and Coefficients for Output (coded units)

Term          Effect      Coef     SE Coef       T      P
Constant                1268.63      0.7518 1687.47  0.000
A            -73.93     -36.97      0.7518  -49.17  0.000
B            -47.40     -23.70      0.7518  -31.52  0.000
A*B          -31.40     -15.70      0.7518  -20.88  0.000
```



รูปที่ 6.26 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ



รูปที่ 6.27 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองจำนวนผลผลิต



รูปที่ 6.28 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองจำนวนผลผลิต

ผลจากการออกแบบการทดลอง 2^2 Full Factorial Design ที่มีการทำซ้ำ 15 ครั้ง สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ว่า ปัจจัยหลักทั้ง 2 ปัจจัย คือ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ (A) และ วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (B) มีผลต่อค่าตัวแปรตอบสนอง และอันตรกิริยา (Interaction Effects) มีนัยสำคัญ คือ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบและวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (AB) เนื่องจากมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ที่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น α = 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 6.18

ทั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธี COMSOAL (c) และรูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ (m) ทำให้ได้จำนวนผลผลิตมากที่สุดสำหรับสายการประกอบจอแสดงภาพ

6.2.4.3 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^5 สำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบของสายการประกอบจอแสดงภาพ

การวิเคราะห์สายการประกอบจอแสดงภาพสำหรับตัวแปรตอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^5 คือ มีปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 5 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ และจำนวนการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

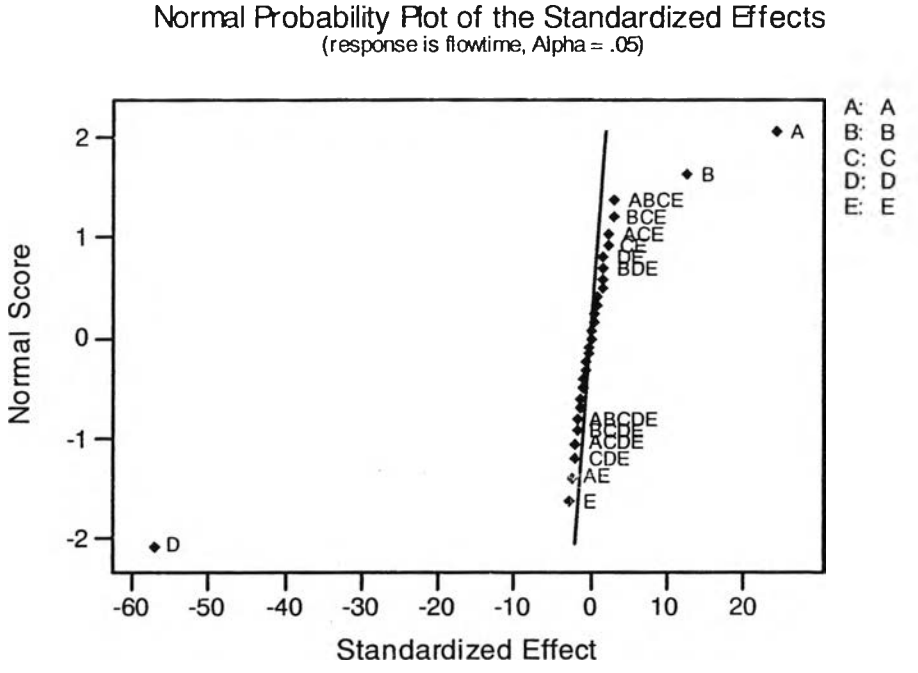
เมื่อทำการกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัย และหาจำนวนการทดลองซ้ำที่เหมาะสมได้แล้ว จึงทำการรันแบบจำลองปัญหาสำหรับทุกปัจจัยและทุกระดับของปัจจัย ผลเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่ได้จากการรันแสดงอยู่ในภาคผนวก ฉ จากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล โดยใช้โปรแกรม MINITAB 13 ซึ่งผลจากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 6.19

ตารางที่ 6.19 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ

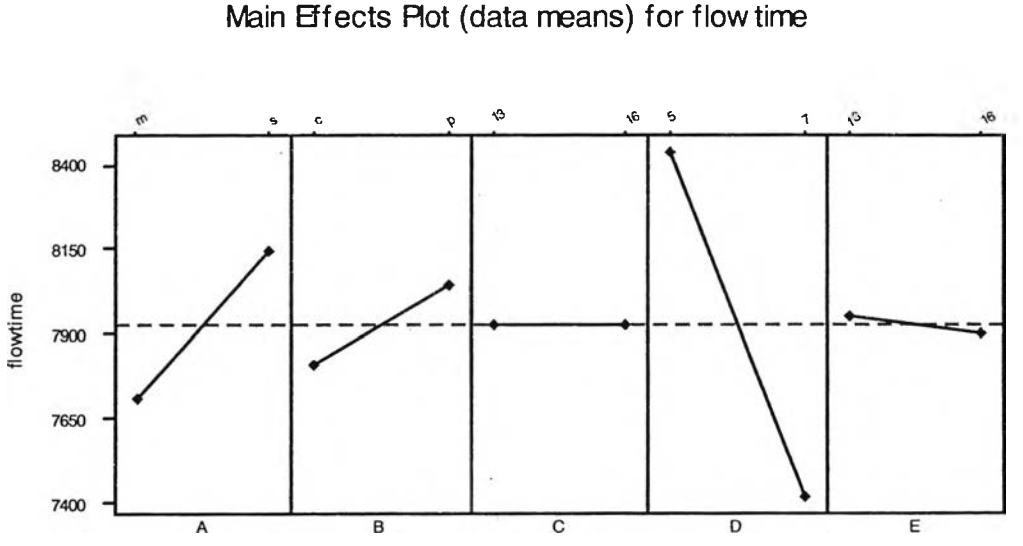
Fractional Factorial Fit: Flowtime versus A, B, C, D, E, F, G

Estimated Effects and Coefficients for Flowtime (coded units)

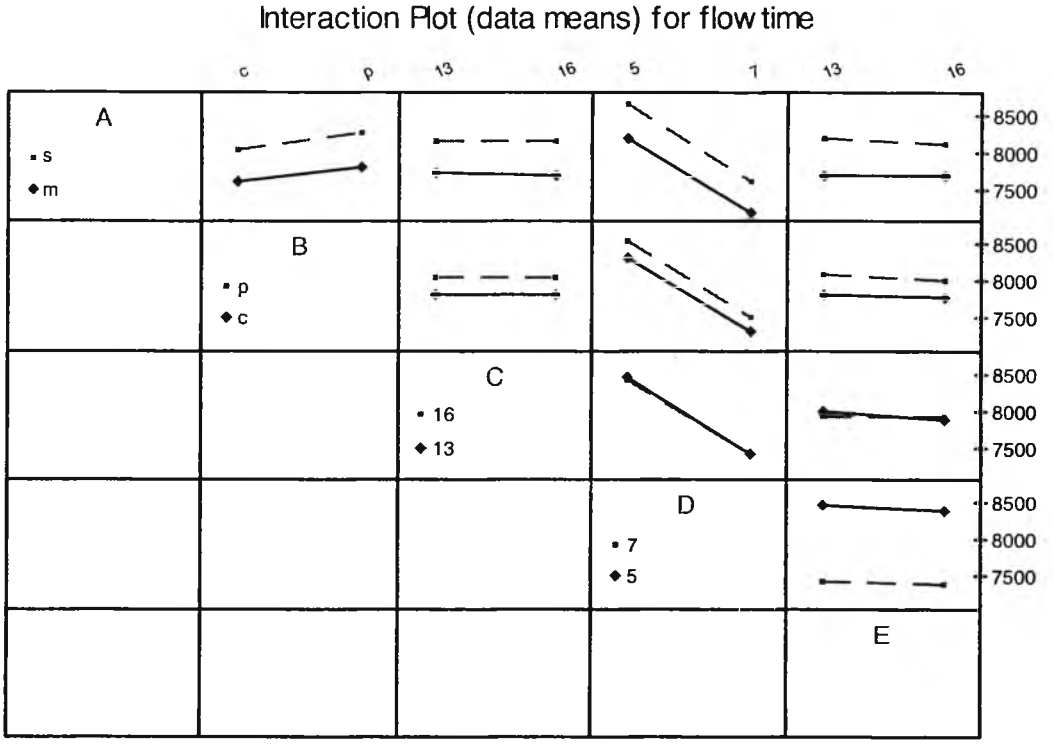
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		7927.8	8.892	891.53	0.000
A	439.0	219.5	8.892	24.69	**0.000**
B	230.1	115.1	8.892	12.94	**0.000**
C	-5.5	-2.8	8.892	-0.31	0.757
D	-1018.5	-509.3	8.892	-57.27	**0.000**
E	-47.6	-23.8	8.892	-2.67	**0.009**
A*B	14.8	7.4	8.892	0.83	0.409
A*C	19.3	9.7	8.892	1.09	0.281
A*D	-16.4	-8.2	8.892	-0.92	0.361
A*E	-42.3	-21.1	8.892	-2.38	**0.020**
B*C	-4.5	-2.2	8.892	-0.25	0.803
B*D	-11.6	-5.8	8.892	-0.65	0.518
B*E	-17.9	-8.9	8.892	-1.00	0.319
C*D	1.9	1.0	8.892	0.11	0.914
C*E	41.5	20.7	8.892	2.33	**0.023**
D*E	31.2	15.6	8.892	1.76	0.084
A*B*C	-8.2	-4.1	8.892	-0.46	0.646
A*B*D	-23.1	-11.5	8.892	-1.30	0.199
A*B*E	-23.0	-11.5	8.892	-1.29	0.200
A*C*D	4.1	2.1	8.892	0.23	0.818
A*C*E	44.2	22.1	8.892	2.48	0.016
A*D*E	27.7	13.9	8.892	1.56	0.124
B*C*D	8.7	4.3	8.892	0.49	0.627
B*C*E	54.2	27.1	8.892	3.05	0.003
B*D*E	30.8	15.4	8.892	1.73	0.088
C*D*E	-35.0	-17.5	8.892	-1.97	0.053
A*B*C*D	11.2	5.6	8.892	0.63	0.531
A*B*C*E	57.5	28.8	8.892	3.23	0.002
A*B*D*E	28.6	14.3	8.892	1.61	0.113
A*C*D*E	-33.7	-16.8	8.892	-1.89	0.063
B*C*D*E	-31.9	-15.9	8.892	-1.79	0.078
A*B*C*D*E	-29.7	-14.8	8.892	-1.67	0.100



รูปที่ 6.29 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลัก
และอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ



รูปที่ 6.30 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ



รูปที่ 6.31 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ

ผลจากการวิเคราะห์เพื่อกรองหาปัจจัยที่มีผลต่อเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบเบื้องต้นด้วยการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^5 ที่มีจำนวนการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง พบว่ามีปัจจัยที่มีนัยสำคัญทั้งหมด 4 ปัจจัย ได้แก่ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ (A) วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (B) ความเร็วสายพานช่วงที่ 2 (D) และความเร็วสายพานช่วงที่ 3 (E) เนื่องจากมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ที่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น $\alpha = 0.05$ ดังแสดงในตารางที่ 6.19

ขั้นตอนต่อไปได้แก่การหาระดับหรือความเร็วสายพานที่ทำให้ได้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุด จึงทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลสำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบของสายการประกอบจอแสดงภาพใหม่ เพื่อให้สามารถกำหนดค่าระดับของปัจจัยที่มีผลต่อเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุด ดังขั้นตอนต่อไปนี้

6.2.4.4 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลสำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบของสายการประกอบจอแสดงภาพเพื่อการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม

จากการกรองปัจจัยในขั้นตอนของการออกแบบการทดลองของทั้ง 5 ปัจจัยที่ผ่านมา พบว่ามี 4 ปัจจัยที่มีนัยสำคัญ คือ วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ ความเร็วสายพานช่วงที่ 2 และความเร็วสายพานช่วงที่ 3 ดังนั้นในการหาระดับของปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุด จะทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลที่แต่ละปัจจัยมีจำนวนระดับของปัจจัยแตกต่างกันดังนี้

ตารางที่ 6.20 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้เพื่อกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย
รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ (A)	แบบหลายผลิตภัณฑ์ (m) และ แบบผลิตภัณฑ์เดียว (s)
วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (B)	วิธี COMSOAL (c) และ วิธีโรงงาน (p)
ความเร็วสายพานช่วงที่ 2 (D)	5, 6, 7
ความเร็วสายพานช่วงที่ 3 (E)	13, 14, 15, 16

การกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมของสายการประกอบจอแสดงภาพ สำหรับตัวแปรตอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลที่มีปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 4 ปัจจัย และจำนวนการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

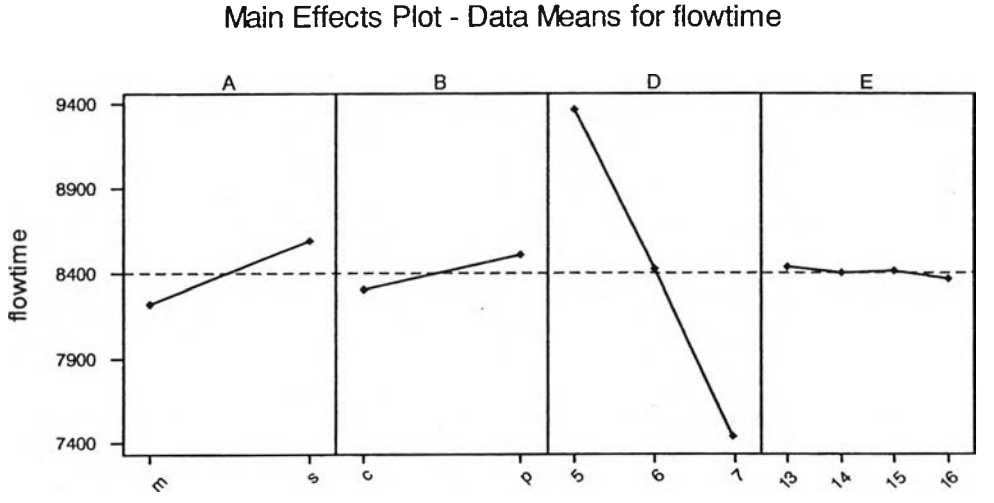
เมื่อทำการกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัย และหาจำนวนการทดลองซ้ำที่เหมาะสมได้แล้ว จึงทำการรันแบบจำลองปัญหาสำหรับทุกปัจจัยและทุกระดับของปัจจัย ผลเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่ได้จากการรันแสดงอยู่ในภาคผนวก ช จากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล โดยใช้โปรแกรม MINITAB 13 ซึ่งผลจากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 6.21

ตารางที่ 6.21 ผลจากโปรแกรม MINITAB เพื่อกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม

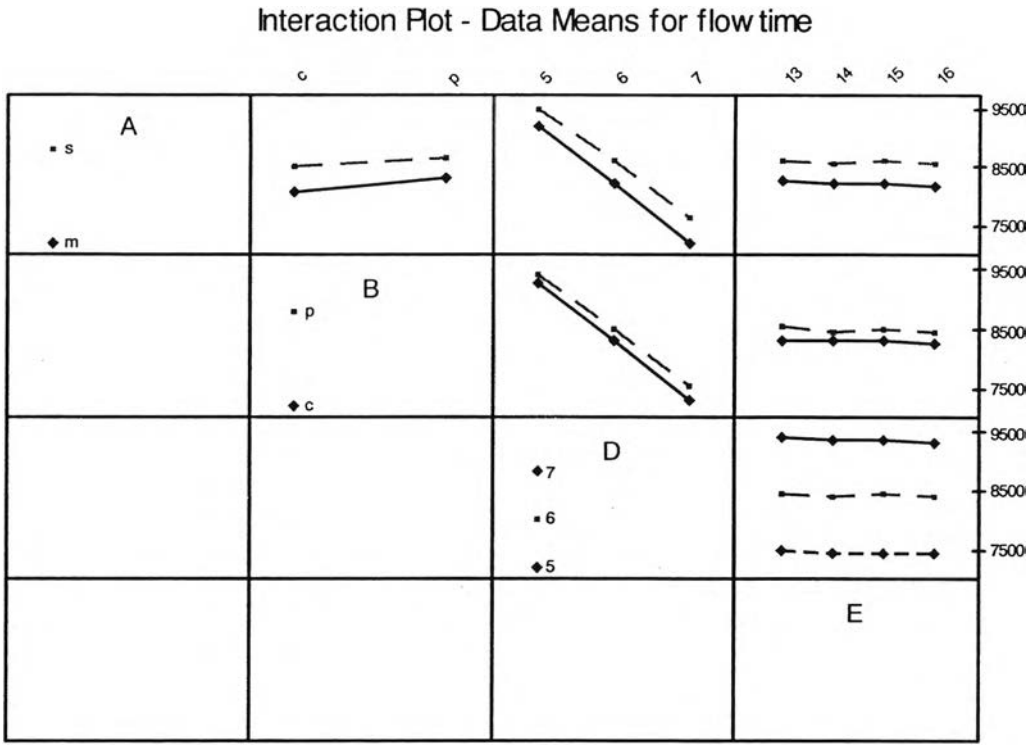
General Linear Model: flowtime versus A, B, D, E

```
Factor      Type    Levels  Values
A          fixed        2  m s
B          fixed        2  c p
D          fixed        3  5 6 7
E          fixed        4  13 14 15 16

Analysis of Variance for flowtime, using Adjusted SS for Tests
```

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	5040624	5040624	5040624	516.05	**0.000**
B	1	1462729	1462729	1462729	149.75	**0.000**
D	2	90699464	90699464	45349732	4642.84	**0.000**
E	3	110357	110357	36786	3.77	**0.013**
A*B	1	15310	15310	15310	1.57	0.214
A*D	2	142908	142908	71454	7.32	**0.001**
A*E	3	35983	35983	11994	1.23	0.304
B*D	2	17931	17931	8966	0.92	0.403
B*E	3	10313	10313	3438	0.35	0.788
D*E	6	17033	17033	2839	0.29	0.940
A*B*D	2	2390	2390	1195	0.12	0.885
A*B*E	3	14851	14851	4950	0.51	0.679
A*D*E	6	15815	15815	2636	0.27	0.950
B*D*E	6	14829	14829	2472	0.25	0.957
A*B*D*E	6	20564	20564	3427	0.35	0.908
Error	96	937696	937696	9768		
Total	143	98558797				



รูปที่ 6.32 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง
เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบในการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม



รูปที่ 6.33 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง
เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบในการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม

ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล สำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบของสายการประกอบจอแสดงภาพ เพื่อการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม พบว่าปัจจัยหลักที่มีนัยสำคัญมีทั้งหมด 4 ปัจจัย ได้แก่ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ (A) วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (B) ความเร็วสายพานช่วงที่ 2 (D) และความเร็วสายพานช่วงที่ 3 (E) และอันตรกิริยา (Interaction Effects) ที่มีนัยสำคัญ คือ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบและความเร็วสายพานช่วงที่ 2 (AD) เนื่องจากมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ที่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น $\alpha = 0.05$ ดังแสดงในตารางที่ 6.21

ในการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมนั้น ในขั้นแรกจะทำการพิจารณาอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองดังรูปที่ 6.33 โดยพิจารณาอันตรกิริยาแต่ละคู่ว่าระดับของปัจจัยระดับใดที่ทำให้ได้ค่าเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุด สำหรับปัจจัยหลักที่ไม่มีอันตรกิริยาสามารถกำหนดระดับของปัจจัยนั้น ๆ ดังรูปที่ 6.32 ว่าระดับของปัจจัยระดับใดที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งสามารถกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อให้ได้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุด ดังนี้

ตารางที่ 6.22 ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อให้ได้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุดสำหรับสายการประกอบจอแสดงภาพ

ปัจจัย	ระดับของปัจจัยที่เหมาะสม
รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ (A)	แบบหลายผลิตภัณฑ์ (m)
วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ (B)	วิธี COMSOAL (c)
ความเร็วสายพานช่วงที่ 2 (D)	7
ความเร็วสายพานช่วงที่ 3 (E)	16

จากการกำหนดปัจจัยที่มีนัยสำคัญดังกล่าวข้างต้นนั้น จะส่งผลทำให้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบของสายการประกอบจอแสดงภาพมีค่าต่ำที่สุด

6.3 สรุปท้ายบท

จากการนำผลการจัดสมดุลสายการประกอบที่ได้มาทำการวิเคราะห์ สามารถสรุปได้ว่า การจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ทำให้จำนวนสถานีงานที่ต้องใช้มีจำนวน 66 สถานี และการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวต้องใช้สถานีงานจำนวน 71 สถานี หนึ่งสถานีงานใช้คนงานทำงาน 1 คน ดังนั้นจำนวนคนงานที่ต้องใช้ในการผลิตจอแสดงภาพ (LCD) ของการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ใช้จำนวนคนงานน้อยกว่า 5 คน

จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์ผลจากการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลเพื่อทำการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่จะทำให้ประสิทธิภาพสายการผลิตมีค่ามากที่สุด จำนวนผลผลิตที่มากที่สุด และเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่ต่ำที่สุด ซึ่งปัจจัยที่นำมาทำการออกแบบการทดลองได้แก่ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ และความเร็วสายพานแต่ละช่วงสายพานของแต่ละสายการประกอบ

ผลจากการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล แสดงว่าการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธี COMSOAL ทำให้ประสิทธิภาพสายการผลิตมีค่าสูงที่สุด และจำนวนผลผลิตมากที่สุด สำหรับทุกสายการประกอบ และสำหรับระดับของปัจจัยที่ทำให้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบมีค่าน้อยที่สุด สามารถสรุปได้ดังนี้

การจัดสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board เพื่อให้ได้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่สั้นที่สุด ควรทำการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธี COMSOAL

และตั้งค่าความเร็วสายพานช่วงที่ 1 ช่วงที่ 2 และช่วงที่ 5 ที่ค่า 18 เซนติเมตรต่อวินาที 8 เซนติเมตรต่อวินาที และ 18 เซนติเมตรต่อวินาที ตามลำดับ

การจัดสายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board เพื่อให้ได้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่สั้นที่สุด ควรทำการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธี COMSOAL และตั้งค่าความเร็วสายพานช่วงที่ 1 ช่วงที่ 2 ช่วงที่ 4 และช่วงที่ 5 ที่ค่า 18 เซนติเมตรต่อวินาที 8 เซนติเมตรต่อวินาที 9 เซนติเมตรต่อวินาที และ 18 เซนติเมตรต่อวินาที ตามลำดับ

การจัดสายการประกอบจอแสดงภาพ เพื่อให้ได้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่สั้นที่สุด ควรทำการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธี COMSOAL และตั้งค่าความเร็วสายพานช่วงที่ 2 และช่วงที่ 3 ที่ค่า 7 เซนติเมตรต่อวินาที และ 16 เซนติเมตรต่อวินาที ตามลำดับ