บทที่ 6

การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องลำดับถัดไป

6.1 วัตถุประสงค์

ลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรลำดับถัดไปโดยแนวทางการลำดับความสำคัญของกระบวนการแก้ไขปัญหาและการปรับปรุงกระบวนการ ตามแนวทางที่ออกแบบไว้ดังแสดงในรูปที่ 5.14

6.2 บทนำ

หลังจากการปรับปรุงความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI แล้ว หาโอกาสที่รอบเวลาการผลิตของแต่ละเครื่องจักรทั้ง 38 เครื่องจักรว่ามากกว่า 4.5 วินาทีว่าเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ แล้วนำมาเปรียบเทียบเพื่อที่จะจัดลำดับความสำคัญว่าควรจะปรับปรุงเครื่องจักรอะไรเป็นลำดับแรกจากทั้งหมด 38 เครื่องจักรอีกครั้ง ซึ่งหลังจากการปรับปรุงเครื่อง TCI แล้วทำให้ลำดับสูงสุดของโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที เป็นดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 เปรียบเทียบโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที

ลำดับที่	เครื่องจักร	โอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที
1	BDL	22.60%
2	CS3	19.60%
3	TCI	18.91%
4	CSI1	16.10%
5	CS8	14.50%

เครื่องจักร BDL เป็นเครื่องจักรที่มีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาทีมากที่สุดจึงทำการปรับปรุงความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ตามแนวทาง ดังแสดงในรูปที่ 5.14 และหลังจากการปรับปรุงความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ทำให้ลำดับสูงสุดของโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที เป็นดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 เปรียบเทียบโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที

ลำดับที่	เครื่องจักร	โอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที
1	CS3	19.60%
2	TCI	18.91%
3	CSI1	16.10%
4	BDL	16.02%
5	CS8	14.50%

ซึ่งเครื่องจักรที่มีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาทีมากที่สุดคือเครื่อง CS3 ดังนั้นเครื่อง CS3 ก็จะถูกเลือกเพื่อทำการปรับปรุงความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรตามแนวทางดังแสดงในรูปที่ 5.14

โดยรายละเอียดของการปรับปรุงเครื่องจักร BDL และ CS3 จะอธิบายในหัวข้อถัดไป

6.3 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

6.3.1 การวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิตโดยละเอียด (Micro process mapping) เครื่อง BDL

การวิเคราะห์การไหลโดยละเอียดจะทำการวิเคราะห์ที่กระบวนการที่เลือกจะปรับปรุงคือกระบวนการประกอบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยสามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานของเครื่องประกอบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (BDL) ได้ดังนี้

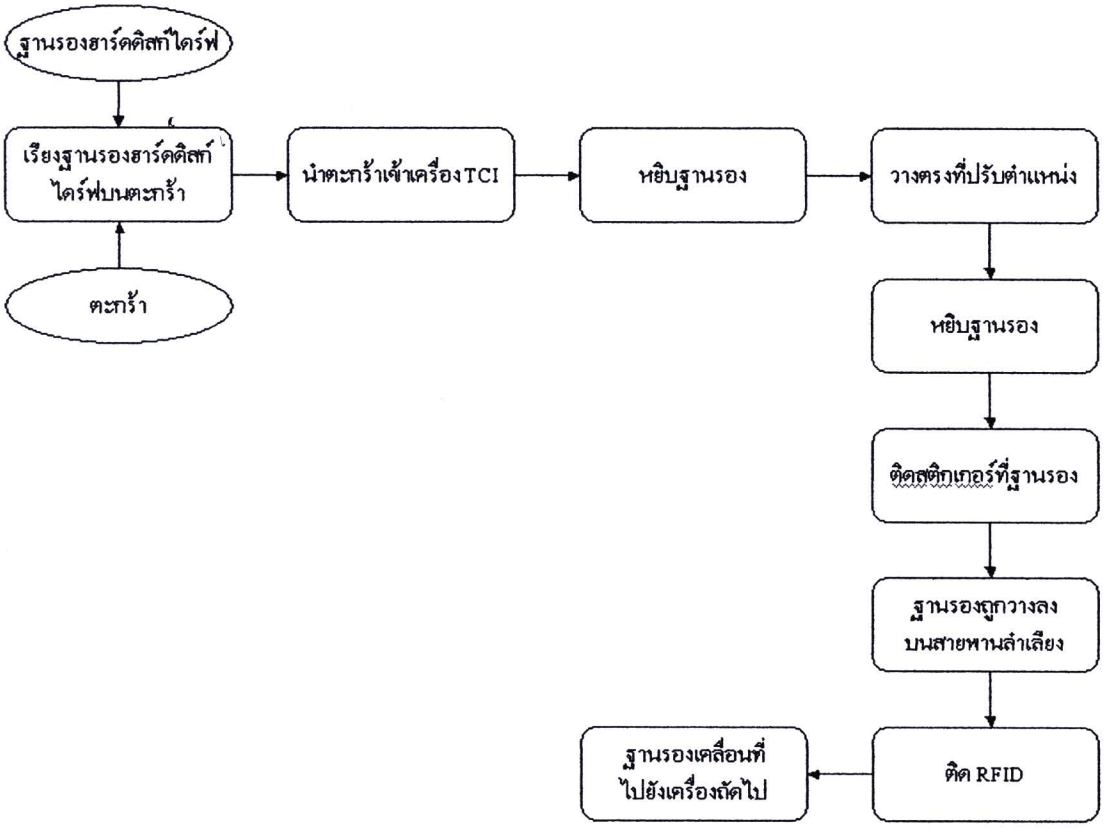
1. ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะถูกแกะออกจากกล่องและถุงบรรจุ
2. พนักงานฝ่ายผลิตจะทำการหยิบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมาวางเรียงในตะกร้า โดยหนึ่งตะกร้าจะประกอบด้วย 11 ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
3. จากนั้นตะกร้าที่บรรจุด้วยฐานรอง จะถูกวางในตำแหน่งป้อนตะกร้าใส่ชิ้นงานเข้าเครื่องจักร
4. แขนกลตัวที่1 จะจับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตะกร้าที่ละชิ้นมาวางตรงตำแหน่งปรับระยะ
5. แขนกลตัวที่2 จะจับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตำแหน่งปรับระยะมาติดสติกเกอร์ระบุหมายเลขประจำตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

6. แขนกลตัวที่2 จะจับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ติดสติกเกอร์แล้ววางลงบนสายพานลำเลียง

7. ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะหยุดที่ตำแหน่งติดตั้ง RFID แล้ว RFID จะถูกติดตั้งไปยังฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

8. ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเคลื่อนที่ไปยังเครื่องถัดไป

โดยสามารถแสดงแผนภาพการทำงานอย่างละเอียดของเครื่อง BDL ดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 แสดงแผนภาพการวิเคราะห์การไหลอย่างละเอียดของเครื่อง BDL

6.3.2 การวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยผังแสดงเหตุและผลของเครื่อง BDL

โดยปัจจัยที่อาจจะมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDLมีดังนี้

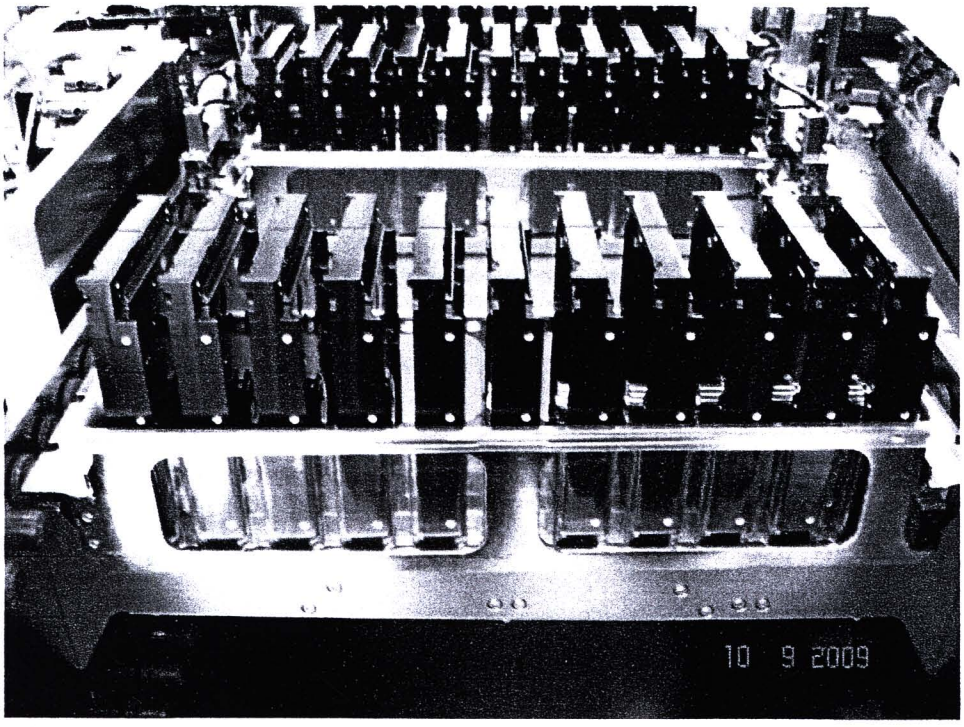
6.3.2.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากเครื่องจักร

6.3.2.1.1 การตั้งค่าการทำงานของระบบแขนกลตัวที่1

ระบบแขนกลที่ทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตะกร้ามายังตำแหน่งปรับระยะ เนื่องจากตะกร้าวางฐานรองมีตำแหน่งที่วางฐานรองทั้ง 11ชิ้น ที่แตกต่างกัน ซึ่งแต่ละตำแหน่งจะต้องตั้งค่าการเคลื่อนที่ของแขนกลมาหยิบที่แตกต่างกัน การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ที่ไม่เหมาะสมย่อมส่งผลต่อการหยิบฐานรองที่ผิดพลาด ซึ่งทำให้ฐานรองหล่นแล้วต้องมีการเริ่มต้นการทำงานใหม่ ย่อมส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตของรอบการผลิตนั้น ๆ

6.3.2.1.2 การตั้งค่าระบบการเคลื่อนย้ายตะกร้า

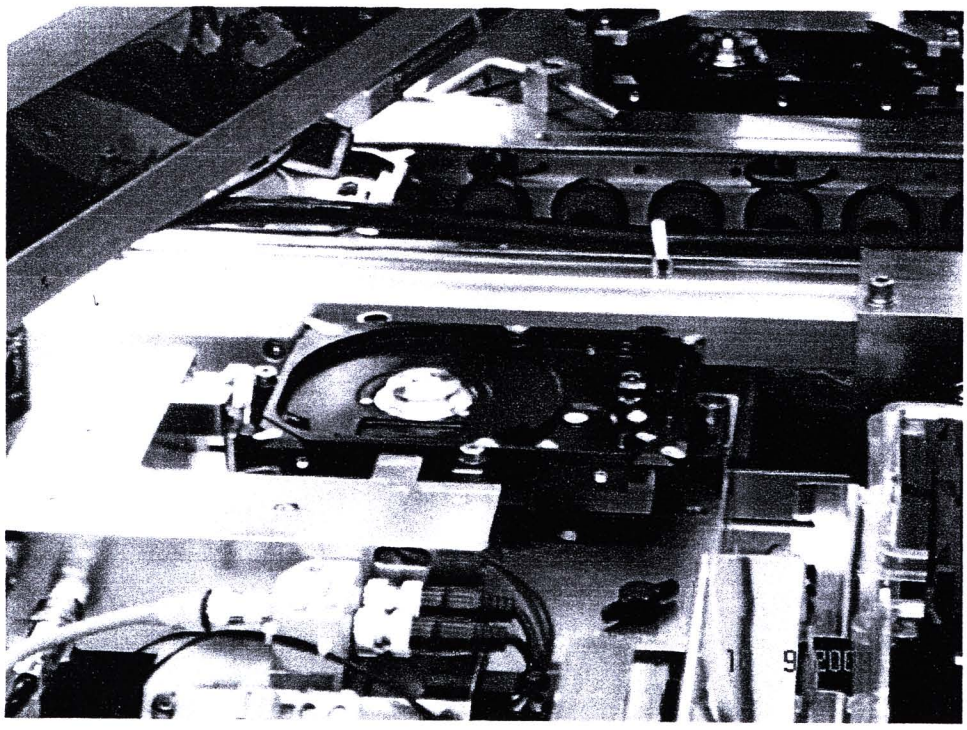
ฐานรองที่อยู่บนตะกร้าจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องจักรเพื่อทำการประกอบดังแสดงในรูป 6.2 โดยเครื่องจะทำการหยิบจากตะกร้าทีละใบจนครบ 11 ฐานรอง แล้วก็จะทำการเปลี่ยนตะกร้าใหม่ โดยกลับตะกร้าที่หมดลงด้านล่าง แล้วตะกร้าถัดไปก็จะเข้ามายังตำแหน่งทำงานแทน การตั้งระยะและทิศทางของตะกร้าย่อมส่งผลต่อความผิดพลาดของการหยิบของแขนกลตัวที่ 1 ต่อฐานรองเช่นกัน



รูปที่ 6.2 แสดงระบบการลำเลียงตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

6.3.2.1.3 การตั้งค่าที่ปรับตำแหน่ง Basedeck

ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนที่จะถูกหยิบด้วยแขนกลตัวที่สองไปประกอบจะต้องถูกวางที่ตำแหน่งปรับระยะก่อน ดังแสดงในรูปที่ 6.3 เพื่อให้แขนกลตัวที่สองหยิบได้ตรงตามระยะที่จะไปวางลงบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ การปรับแต่งที่ปรับระยะของฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ไม่เหมาะสม ย่อมส่งผลต่อการวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ไม่เหมาะสมหรือผิดพลาดได้



รูปที่ 6.3 แสดงที่ปรับตำแหน่งฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

6.3.2.1.4 ความผิดพลาดของการทำงานของโปรแกรม

การประมวลผลของโปรแกรมที่ผิดพลาดหรือไม่สามารถประมวลผลได้ ย่อยต้องมีการเริ่มประมวลผลใหม่ทำให้การทำงานของเครื่องจักรต้องเสียเวลามากขึ้น

6.3.2.1.5 การตั้งค่าการทำงานของระบบแขนกลตัวที่2

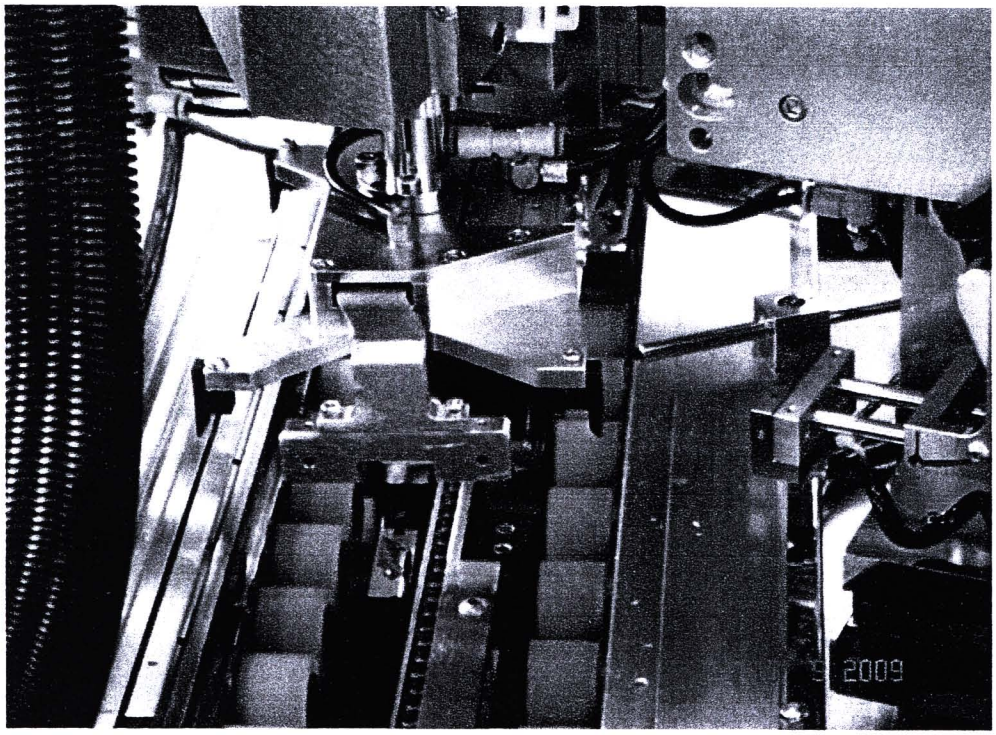
แขนกลตัวที่สองทำหน้าที่ในการหยิบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตำแหน่งปรับระยะมาติดสติกเกอร์และวางบนสายพานลำเลียง การปรับตั้งระยะที่ไม่เหมาะสมย่อมส่งผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

6.3.2.1.6 ระบบติดป้ายมีการทำงานที่ผิดพลาด

ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะต้องทำการติดป้ายระบุเลขประจำตัว เพราะที่เครื่อง BDL เป็นเครื่องแรกของสายการประกอบ การระบุเลขประจำตัวเป็นเป็นการเก็บข้อมูลว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอันนี้ประกอบด้วยชิ้นส่วนที่มีที่มาจากอะไรบ้าง และเข้าประกอบที่สายการประกอบอะไร เวลาเท่าไร เมื่อมีการต้องการย้อนดูข้อมูลย้อนหลัง โดยเมื่อฐานรองถูกหยิบมาจากตำแหน่งปรับระยะเครื่องพิมพ์ก็จะทำการพิมพ์ลงบนสติกเกอร์และแขนกลตัวที่สองก็จะเคลื่อนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมาติดสติกเกอร์ ระบบการพิมพ์ที่ผิดพลาด หรือระบบการหมุนของสติกเกอร์ก็มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตได้เช่นกัน

6.3.2.1.7 การลำเลียง RFID เกิดข้อผิดพลาด

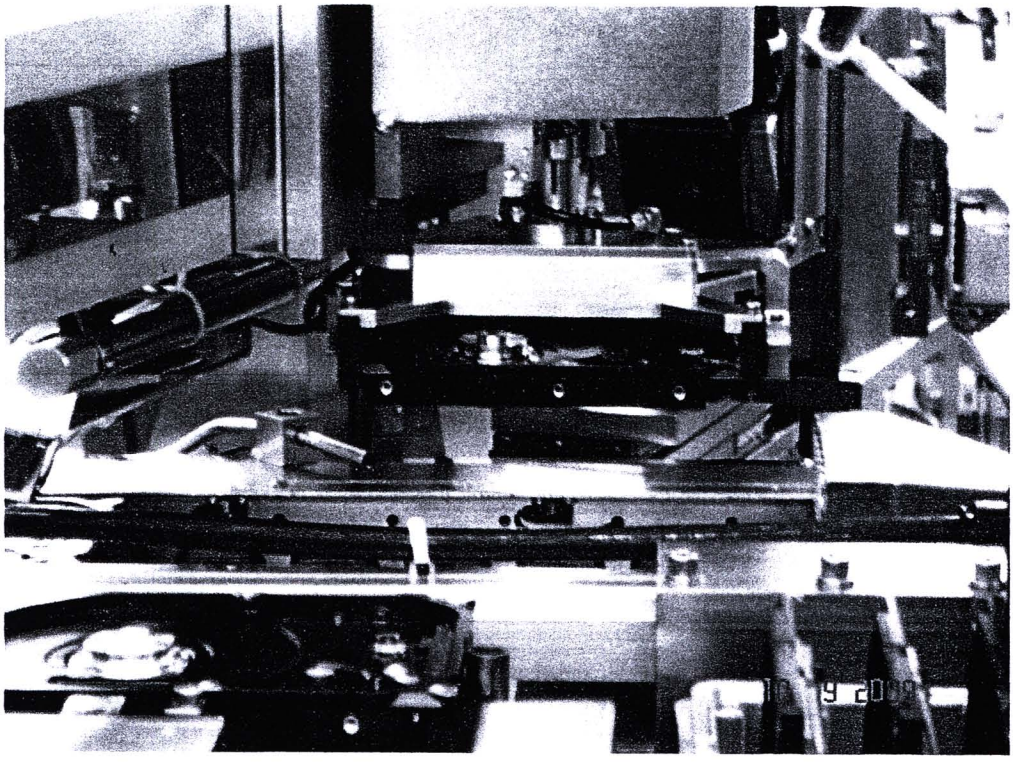
ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะต้องถูกประกอบ RFID เข้าไปที่ฐานรองที่เครื่อง BDL ดังแสดงในรูปที่ 6.4 ซึ่งเป็นเครื่องแรกของสายการประกอบ โดย RFID จะทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลทุกอย่างของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวนี้ โดยตัวอย่างข้อมูลที่ถูกเก็บ เช่น รอบเวลาการผลิตที่เครื่องต่าง ๆ ค่าต่างที่เครื่องจักรได้ประกอบชิ้นส่วนเข้าไป ซึ่งจะเป็นตัวบอกว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวนี้ผ่ายข้อกำหนดหรือไม่ โดยการติดตั้งหรือการลำเลียง RFID อาจจะเกิดข้อผิดพลาดหรือเกิดการติดขัดทำให้รอบเวลาการผลิตนั้นมีมากว่าปกติ



รูปที่ 6.4 แสดงการลำเลียงและติดตั้ง RFID บนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

6.3.2.1.8 ส่วนประกอบในการจับชิ้นงาน

ชิ้นส่วนของเครื่องจักร BDL ที่ใช้ในการหยิบจับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟดังแสดงในรูปที่ 6.5 จะทำมาจากพลาสติกแข็ง ซึ่งอาจจะเกิดการสึกหรอได้เมื่อทำงานไปเวลานาน ๆ ทำให้เกิดการหยิบจับที่ผิดพลาดได้

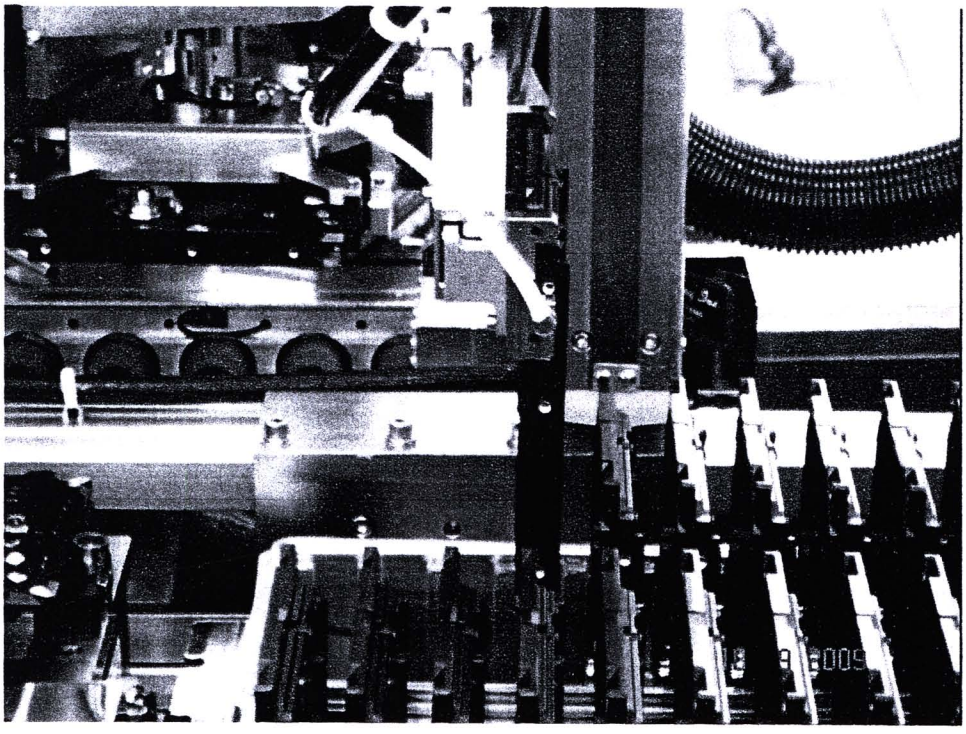


รูปที่ 6.5 แสดงที่หยิบจับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

6.3.2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากวิธีการทำงาน

6.3.2.2.1 การหยิบBasedeckที่ต่างตำแหน่งกัน

เนื่องจากฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟถูกวางใส่ตะกร้าก่อนเข้าเครื่องจักร โดยสามารถใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ 11 ชิ้นต่อ 1 ตะกร้า ดังรูปที่ 6.6 ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะถูกป้อนเข้าเครื่องจักรในขณะที่อยู่ในตะกร้า แขนกลตัวที่ 1 จะทำการหยิบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ละชิ้นเพื่อไปประกอบ เนื่องจากตำแหน่งของฐานรองต่ำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 30 มีระยะต่างกัน ทำให้ระยะการเคลื่อนที่ของแขนกลมีระยะที่ต่างกัน ซึ่งจะส่งผลต่อความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในแต่ละรอบ



รูปที่ 6.6 แสดงการหยิบจับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ต่างตำแหน่งกัน

6.3.2.2.2 การเปลี่ยนตะกร้าเมื่อ Basedeck หมด

เนื่องจากสามารถใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ 11 ชิ้นต่อตะกร้าทำให้เมื่อเวลาฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟหมดตะกร้า เครื่องจักรจะต้องทำการเปลี่ยนตะกร้าใหม่ ซึ่งรอบเวลาการผลิตของชิ้นงานที่ต้องมีการเปลี่ยนตะกร้าด้วยอาจจะมีผลต่อรอบเวลาการผลิตที่เพิ่มขึ้น ทำให้ส่งผลกระทบต่อความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร

6.3.2.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากสภาพแวดล้อม

6.3.2.3.1 ระบบลมที่ใช้ในเครื่องจักร

เครื่องประกอบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟต้องอาศัยแรงลมในการเคลื่อนที่และการหยิบจับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมาประกอบ ความไม่สม่ำเสมอของระบบลมที่จ่ายให้เครื่องจักรทำให้การทำงานของเครื่องจักรทั้งระบบการเคลื่อนที่ ระบบการหยิบจับมีโอกาสผิดพลาดหรือมีโอกาสทำให้เวลาการทำงานของเครื่องจักรมีความแปรปรวนเกิดขึ้นได้ โดยระบบลมที่ใช้ในเครื่องจักรจะเป็นระบบลมจากศูนย์กลางซึ่งปล่อยมาให้แต่ละสายงานการประกอบในห้องสะอาดและจะถูกแยกออกมาในแต่ละสายงานการประกอบ แล้วจึงถูกแยกออกมาในแต่ละเครื่องจักรอีกทีหนึ่ง

6.3.2.3.2 ระบบไฟที่ใช้ในเครื่องจักร

เครื่องจักรต้องใช้ไฟฟ้าเพื่อเป็นตัวขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ของระบบแขนกลและระบบหยิบจับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ อีกทั้งยังมีผลกับระบบการกำหนดระยะเคลื่อนที่และการกำหนดตำแหน่ง ระบบการจ่ายไฟที่อาจจะมีความไม่สม่ำเสมอเกิดขึ้นย่อมส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องจักรได้เช่นกัน

6.3.2.3.3 การสั่นสะเทือนของเครื่องจักร

ในการผลิตในห้องสะอาด ห้องสะอาดหนึ่ง ๆจะบรรจุสายการประกอบและแยกชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟประมาณ 18 สายงาน โดยแต่ละสายงานจะมีจำนวนเครื่องจักรในการทำงานประมาณ 30 ถึง 40 เครื่อง และยังมีการขนส่งส่วนประกอบที่ต้องทำการขนย้ายโดยพนักงาน ซึ่งย่อมก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนเกิดขึ้นได้บนพื้นการของห้องสะอาด การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นย่อมมีผลกระทบกับการประกอบชิ้นส่วนที่ต้องอาศัยความละเอียดสูงในการประกอบ ซึ่งการสั่นสะเทือนก็อาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเช่นกัน

6.3.2.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากพนักงานผู้ปฏิบัติงาน

6.3.2.4.1 ความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน

พนักงานที่มีหน้าที่ดูแลเครื่องจักรจะต้องทำการใส่ตะกร้าที่บรรจุฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าไปในเครื่องเมื่อฝาปิดถูกหยับไปประกอบจนเกือบหมด การวางตะกร้าของพนักงานที่ไม่ได้ระยะตามที่กำหนดก็ส่งผลต่อการหยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปประกอบได้เช่นกัน อีกทั้งเมื่อเครื่องจักรเกิดการขัดข้องเล็กน้อยซึ่งต้องอาศัยการทำงานของพนักงานเข้าไปแก้ไข ความชำนาญและความรวดเร็วในการแก้ไขก็ส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตด้วยเช่นกัน

6.3.2.4.2 การบังระบบความปลอดภัยของเครื่องจักร

เนื่องจากเครื่องจักรถูกออกแบบให้มีระบบรักษาความปลอดภัย เพื่อป้องกันมิให้พนักงานยื่นอวัยวะเข้าไปในตัวเครื่องขณะที่เครื่องทำงานอยู่เพื่อป้องกันมิให้เกิดอุบัติเหตุและอันตรายต่อตัวพนักงาน แต่ก็มีบางกรณีที่พนักงานมักปิดบังระบบเซนเซอร์ของเครื่องทำให้เครื่องต้องมีการหยุดทำงานกลางคันและต้องเริ่มทำงานใหม่ ทำให้รอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรมีค่าสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อความแปรปรวนที่เพิ่มขึ้นด้วย

6.3.2.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากวัตถุดิบ

6.3.2.5.1 ผู้ผลิต Basedeck

ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของผลิตภัณฑ์รุ่นนี้ จะถูกสั่งซื้อกับผู้ผลิตทั้งหมดสองที่ ซึ่งกระบวนการผลิตของทั้งสองที่อาจจะมีข้อแตกต่างกันออกไป และคุณภาพของฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่ว่าจะเป็น ขนาดกว้าง ยาว สูง ความเรียบ ความมัน น้ำหนัก ก็ย่อมมีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละผู้ผลิต ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้ย่อมส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตของเครื่องจักร ละอาจจะส่งผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยก็ได้

6.3.2.5.2 Basedeckไม่ผ่านข้อกำหนด

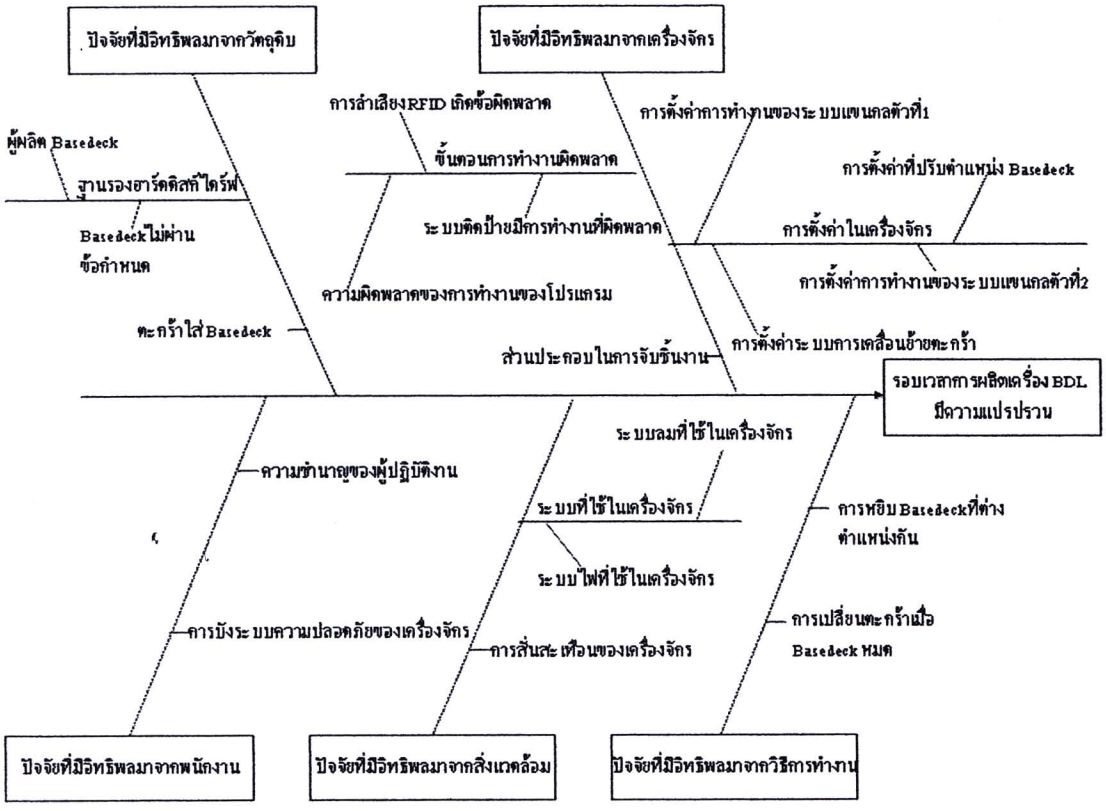
'การที่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ไม่ผ่านข้อกำหนดเช่น ขนาดกว้าง ยาว สูง ไม่ได้มาตรฐาน ปะปนเข้ามาสู่กระบวนการผลิต ทำให้เครื่องจักรไม่สามารถหยิบหรือติดตั้งได้ตามที่ได้ตั้งค่าของเครื่องจักรไว้ ทำให้ต้องมีการเสียจังหวะในรอบการผลิตนั้นไป ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตทำให้เกิดความแปรปรวนเกิดขึ้น

6.3.2.5.3 ตะกร้าใส่ Basedeck

ตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟดังแสดงในรูปที่ 6.7 อาจจะเสียรูป ทำให้ชิ้นงานมีการวางในตำแหน่งที่ไม่สามารถหยิบได้โดยแขนกล หรือตะกร้าที่ขนาดไม่ได้มาตรฐานปะปนเข้ามาในกระบวนการผลิต ทำให้เครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้ ซึ่งจะส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตซึ่งจะทำให้ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตสูงขึ้น

รูปที่ 6.7 แสดงตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

โดยเมื่อทำการระดมความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดสามารถเขียนแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ที่อาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดความรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ได้ ดังแสดงในรูปที่ 6.8



รูปที่ 6.8 แสดงผังเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

ของสาเหตุความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

6.3.3 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของเครื่อง BDL

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของเครื่อง BDL ดังแสดงวิธีการดังนี้

6.3.3.1 การกำหนดระดับความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร BDL (Severity of Effect: S)

จากการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร BDL พบว่า รอบเวลาการผลิตสูงสุดที่พบคือ 37.2 วินาที ในขณะที่รอบเวลาการผลิตเป้าหมายคือ 4.5 วินาที เมื่อต้องการแบ่งระดับความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร BDL เป็น 10 ระดับ ดังนั้นการทำงานของเครื่องจักรที่มีค่าเกิน 4.5 วินาทีถือได้ว่าทำงานผิดพลาด ซึ่งสามารถแบ่งช่วงระดับของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรได้โดยการคำนวณนี้

$$\text{ช่วงของรอบเวลาการผลิต} = \frac{\text{รอบเวลาการผลิตสูงสุด} - \text{รอบเวลาการผลิตเป้าหมาย}}{\text{จำนวนของระดับที่ต้องการ}}$$

เมื่อแทนค่าจะได้

$$\text{ช่วงของรอบเวลาการผลิต} = \frac{37.2 - 4.5}{10}$$

$$= 3.27 \text{ วินาที}$$

เพราะฉะนั้นระดับความรุนแรงที่ช่วงที่ 1 จะมีค่าของรอบเวลาการผลิตตั้งแต่ 4.5 ถึง 4.5+3.27 วินาที ซึ่งก็คือ 4.5 ถึง 7.77 วินาทีนั่นเอง ส่วนช่วงที่สองจะมีค่าของรอบเวลาการผลิตตั้งแต่ 7.78 ถึง 7.78+3.27 วินาที ซึ่งก็คือ 6.78 ถึง 11.05 วินาทีนั่นเอง ซึ่งจะได้ระดับความรุนแรงทั้งหมด 10 ระดับซึ่งก็คือรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ในแต่ละช่วงดังแสดงในตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 แสดงระดับความรุนแรงของผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

รายละเอียดความรุนแรงที่เกิดขึ้น	รอบเวลาการผลิต (วินาที)	ระดับความรุนแรง
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 4.50 - 7.77 วินาที	4.50 - 7.77	1
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 7.78 - 11.05 วินาที	7.78 - 11.05	2
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 11.06 - 14.33 วินาที	11.06 - 14.33	3
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 14.34 - 17.61 วินาที	14.34 - 17.61	4
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 17.62 - 20.89 วินาที	17.62 - 20.89	5
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 20.90 - 24.17 วินาที	20.90 - 24.17	6
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 24.18 - 27.45 วินาที	24.18 - 27.45	7
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 27.46 - 30.73 วินาที	27.46 - 30.73	8
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 30.47 - 34.01 วินาที	30.47 - 34.01	9
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่ามากกว่า 34.02 วินาที	34.02 ขึ้นไป	10

6.3.3.2 ความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดของเครื่อง BDL (Occurrence, Probability of Failure: O)

จากการสุ่มตัวอย่างเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร BDL พบว่า โอกาสที่รอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL มีค่าสูงกว่ารอบเวลาการผลิตเป้าหมายคือ 4.5 วินาที มีค่าเท่ากับ 22.6% ซึ่งถ้ากำหนดระดับของโอกาสที่พบรอบเวลาการผลิตมากกว่าค่าเป้าหมายไว้ที่ 10 ระดับ จะมาสามารถกำหนดโอกาสในแต่ละช่วงระดับได้จากการคำนวณดังนี้

$$\text{ช่วงของโอกาส} = \frac{\text{โอกาสที่รอบเวลาการผลิตสูงกว่าค่าเป้าหมาย}}{\text{จำนวนของระดับที่ต้องการ}}$$

เมื่อแทนค่าจะได้

$$\text{ช่วงของโอกาส} = \frac{22.6}{10}$$

$$= 2.26\ \%$$

เพราะฉะนั้นระดับของโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ที่ช่วงที่ 1 จะมีค่าตั้งแต่ 0.00% ถึง 2.26% ส่วนช่วงที่สองจะมีค่าของรอบเวลาการผลิตตั้งแต่ 2.27% ถึง 4.53% ซึ่งจะได้ระดับระดับความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ทั้งหมด 10 ระดับดังแสดงในตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 แสดงระดับความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

รายละเอียดความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาด	โอกาสที่เกิดข้อผิดพลาด	ระดับโอกาส
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 0.00 - 2.26 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	0.00 - 2.26 %	1
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 2.27 - 4.53 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	2.27 - 4.53 %	2
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 4.54 - 6.80 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	4.54 - 6.80 %	3
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 6.81 - 9.07 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	6.81 - 9.07 %	4
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 9.08 - 11.34 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	9.08 - 11.34 %	5
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 11.35 - 13.61 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	11.35 - 13.61 %	6
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 13.62 - 15.88 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	13.62 - 15.88%	7
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 15.89 - 18.15 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	15.89 - 18.15 %	8
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 18.16 - 20.42 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	18.16 - 20.42 %	9
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 20.43 ตัวขึ้นไปจากการผลิต 100 ตัว	20.43 % ขึ้นไป	10

6.3.3.3 ระบบตรวจจับความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นของเครื่อง BDL (Detection, Likelihood that control will detect Failure: D)

การที่ระบบการตรวจวัดกระบวนการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องจักร หรือวัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน เกิดความผิดพลาดเกิดขึ้น ทำให้มีความผิดพลาดหลุดเข้ามาสู่ระบบ จำนวนความ

ผิดพลาดที่มีโอกาสเข้ามาสู่ระบบโดยระบบการตรวจวัดผิดพลาดสามารถแบ่งแยกออกเป็น 10 ระดับ ดังตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 แสดงระดับถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบ

รายละเอียดระบบตรวจจับความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น	ความผิดพลาดหลุดเข้าสู่ระบบ	ระดับการตรวจจับ
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 10,000	1 ใน 10,000	1
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 5,000	1 ใน 5,000	2
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 2,000	1 ใน 2,000	3
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 1,000	1 ใน 1,000	4
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 500	1 ใน 500	5
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 200	1 ใน 200	6
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 100	1 ใน 100	7
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 50	1 ใน 50	8
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 20	1 ใน 20	9
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 10	1 ใน 10	10

6.3.3.4 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

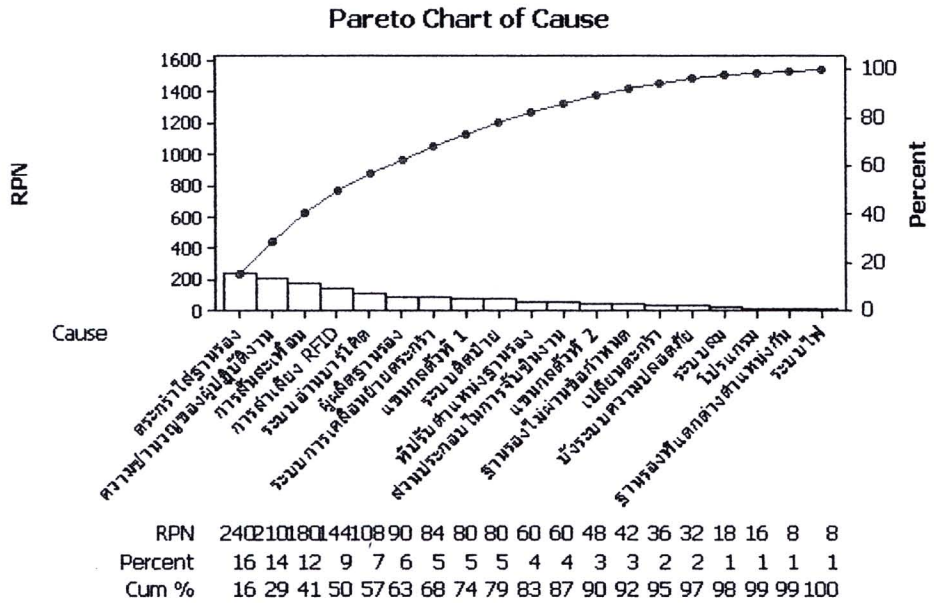
กระบวนการ	ข้อบกพร่องเกิดมาจาก	ข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น	SEV	สาเหตุที่เป็นไปได้	OCC	วิธีการควบคุมในปัจจุบัน	DET	RPN
เครื่องใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสู่สายงานการประกอบ BDL	วิธีการทำงาน	การหยิบฐานรองที่แตกต่างตำแหน่งกัน	ระยะเคลื่อนตัวของแขนกลเพื่อไปหยิบฐานรองที่ต่างตำแหน่งกัน	1	การวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในตระกร้าที่ตำแหน่งต่างกัน	4	พนักงานสามารถวางได้ในช่องที่กำหนดเท่านั้นเนื่องจากการออกแบบของตระกร้า	2	8
		เกิดการรอระหว่างการเปลี่ยนตะกร้าเมื่อฐานรองหมด	เกิดการรอระหว่างขั้นตอนการเปลี่ยนตระกร้า	2	เมื่อฐานรองถูกใช้จนครบ 11 ชิ้น	2	ไม่มี	9	36
	สิ่งแวดล้อม	การสั่นสะเทือนของเครื่องจักร	ทำให้การเคลื่อนที่ไปยังระยะที่ตั้งไว้ผิดพลาด	4	การสั่นสะเทือนที่เกิดจากเครื่องจักร BDL เองและเครื่องจักรที่ติดกัน	5	ไม่มี	9	180
		ระบบไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องจักร	ทำให้การเคลื่อนที่ของเครื่องจักรผิดตำแหน่ง หรือช้าไป	2	การจ่ายไฟเพื่อใช้ในเครื่องจักรไม่สม่ำเสมอ	2	อุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า	2	8
		ระบบลมที่ใช้ในเครื่องจักร	ทำให้การเคลื่อนที่ของเครื่องจักรผิดตำแหน่ง หรือช้าไป	3	การจ่ายลมเพื่อใช้ในเครื่องจักรไม่สม่ำเสมอ หรือระดับน้อยกว่าที่ต้องการ	3	มีระบบเกจวัดลม	2	18
	พนักงาน	บังระบบความปลอดภัยของเครื่องจักร	เครื่องหยุดการทำงาน	2	พนักงานเผลอ	2	มีระบบการฝึกอบรม ข้อควรระวัง และจะมีเสียงเตือนเมื่อมีการบังระบบความปลอดภัย	8	32
		ความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน	การแก้ไขข้อผิดพลาดการทำงานใช้เวลานาน	7	พนักงานใหม่ ไม่มีความเชี่ยวชาญ	5	ระบบการบันทึกการฝึกอบรม	6	210
	วัตถุดิบ	ผู้ผลิตฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีมาตราฐานแตกต่างกันซึ่งส่งผลต่อการตั้งค่าต่างๆของเครื่องจักรที่ผิดพลาด	5	คุณภาพของแต่ละผู้ผลิตแตกต่างกัน	6	มีแผนภูมิควบคุมจากผู้ผลิตและการสุ่มตรวจ	3	90
		ฐานรองไม่ผ่านข้อกำหนด	เครื่องจักรไม่สามารถวางฐานรองได้	7	ขนาดของฐานรองไม่ได้มาตรฐาน	3	มีแผนภูมิควบคุมจากผู้ผลิตและการสุ่มตรวจ	2	42
		ตระกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ไม่ได้มาตราฐาน	การหยิบฐานรองผิดพลาด	6	ขนาดของตระกร้าไม่ได้มาตรฐาน หรือมีการเปลี่ยนรูปร่างระหว่างกระบวนการผลิต	5	ดูด้วยตา	8	240
	เครื่องจักร	การทำงานที่ผิดพลาดจากการตั้งค่าการทำงานของแขนกลตัวที่ 1	ไม่สามารถหยิบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตระกร้าได้	5	การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ที่ผิดพลาด	4	มีการระบุการตั้งค่าที่เป็นมาตรฐานของแต่ละเครื่อง	4	80
		ระบบการเคลื่อนย้ายตระกร้าไม่ตรงตามตำแหน่ง	ไม่สามารถหยิบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตระกร้าได้	7	การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ที่ผิดพลาด	3	มีการระบุการตั้งค่าที่เป็นมาตรฐานของแต่ละเครื่อง	4	84
		การตั้งค่าที่ปรับตำแหน่งฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ไม่เหมาะสม	การวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ผิดพลาดได้	5	การปรับตั้งระยะไม่ได้มาตรฐาน	3	มีเกจในการปรับตั้งเครื่องจักร	4	60
		ความผิดพลาดของการทำงานของโปรแกรม	ต้องเริ่มทำงานของโปรแกรมใหม่	4	การเขียนโปรแกรมผิดพลาด	2	ก่อนการลงโปรแกรมใหม่จะมีการทดสอบโดยวิศวกรผู้ออกแบบ	2	16
		การทำงานที่ผิดพลาดจากการตั้งค่าการทำงานของแขนกลตัวที่ 2	ไม่สามารถหยิบฐานฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากที่ปรับตำแหน่ง	4	การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ที่ผิดพลาด	4	มีการระบุการตั้งค่าที่เป็นมาตรฐานของแต่ละเครื่อง	3	48
		ระบบติดป้ายมีการทำงานที่ผิดพลาด	เกิดการอ่านข้อมูลผิดพลาด	4	การปรับตั้งไม่ได้ระยะ	5	มีการระบุการตั้งค่าที่เป็นมาตรฐานของแต่ละเครื่อง	4	80
		การอ่านเสียง RFID เกิดข้อผิดพลาด	ใช้เวลานานขึ้นในการอ่านเสียง	6	ระบบรางอ่านเสียงผิดขัด	6	ตรวจสอบตอนทำการบำรุงรักษา	4	144
		ระบบอ่านบาร์โค้ด	เวลาในการอ่านข้อมูลไม่สม่ำเสมอ	6	ประสิทธิภาพเครื่องอ่าน	6	ตรวจสอบตอนทำการบำรุงรักษา	3	108
		ส่วนประกอบในการจับชิ้นงานเสื่อมสภาพ	การจับฐานรองไม่แน่น	5	การออกแบบที่ไม่เหมาะสม	3	ทดลองใช้แล้วปรับปรุง	4	60

รูปที่ 6.9 แสดงการวิเคราะห์ FMEA ของเครื่อง BDL

หลังจากที่ทำการกำหนดระดับคะแนนของค่าระดับผลกระทบ ความถี่ และความสามารถในการตรวจจับ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องจะทำการให้คะแนนของแต่ละสาเหตุของปัญหาดังแสดงในรูปที่ 6.9 ก็สามารถกำหนดระดับ RPN (Risk Priority Number) ของแต่ละสาเหตุ ซึ่งสาเหตุของปัญหาที่มีค่า RPN สูงสุดในลำดับต้นๆ 60% แรกคือ

1. สาเหตุจากตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่ได้มาตรฐานมีค่า RPN ที่ 240
2. สาเหตุจากความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานมีค่า RPN ที่ 210
3. สาเหตุจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรมีค่า RPN ที่ 180
4. สาเหตุจากการทำงานที่ผิดพลาดของการลำเลียง RFID มีค่า RPN ที่ 144
5. สาเหตุจากระบบการอ่านบาร์โคดมีค่า RPN ที่ 108
6. สาเหตุจากผู้ผลิตฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่แตกต่างกันมีค่า RPN ที่ 90

จากการวิเคราะห์หาความรุนแรงของสาเหตุของปัญหาจาก FMEA ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL สามารถสรุปเป็นแผนผังพาเรโตของค่า RPN ของแต่ละสาเหตุของปัญหาได้ดังรูปที่ 6.10



รูปที่ 6.10 แสดงแผนภูมิพาเรโตของความรุนแรงจากการวิเคราะห์ด้วย FMEA ของเครื่อง BDL

6.3.4 การทดสอบสมมติฐานของเครื่อง BDL

จากการวิเคราะห์ FMEA ของเครื่องจักร BDL ในหัวข้อ 6.3.3 ทำให้สามารถสรุปว่าปัจจัยที่อาจจะมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร BDL 6 อันดับแรกคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
2. อิทธิพลเนื่องมาจากความชำนาญของพนักงานควบคุมเครื่องจักร
3. อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือน
4. อิทธิพลเนื่องมาจากการลำเลียง RFID
5. อิทธิพลเนื่องมาจากผู้ผลิตฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
6. อิทธิพลเนื่องมาจากระบบอ่านบาร์โค้ด

ซึ่งจะทำการตั้งสมติฐานและทดสอบสมมติฐานเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผมต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรต่อไป

6.3.4.1 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

<u>ปัญหา</u>

ตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทำจากสเตนเลส ซึ่งทำหน้าที่ใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยสามารถใส่ได้ 12 ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เพื่อทำหน้าที่ลำเลียงฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าเครื่องจักร คุณภาพ ขนาดที่ไม่ได้มาตรฐาน หรือการเสียรูปที่เนื่องจาการใช้งานก็อาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งของการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องจักร และส่งผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก็เป็นไปได้

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; คุณภาพของตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; คุณภาพของตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความ

ผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio = 1.15

Sample size = 595

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. เตรียมตะกร้าใสฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยทำการวัดขนาดเทียบกับแบบของตะกร้าที่ฝ่ายออกแบบกำหนดไว้ ซึ่งจะได้ตะกร้าที่ได้ขนาดตามมาตรฐานสามอัน และตะกร้าที่ไม่ได้มาตรฐานสามอัน โดยขนาดที่ได้ทำการวัดเปรียบเทียบกับขนาดมาตรฐานตามที่ออกแบบไว้

2. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สติกเกอร์ และ RFID จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น

3. ทำการเดินเครื่องจักรโดยใช้ตะกร้าที่ไม่ได้มาตรฐานทั้งสามตะกร้าในการทำงานจนครบทั้ง 600 ตัวอย่าง

4. ทำการเดินเครื่องจักรโดยใช้ตะกร้าที่ได้มาตรฐานทั้งสามตะกร้าในการทำงาน จนครบทั้ง 600 ตัวอย่าง

5. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่างทำในเวลาต่อเนื่องกัน โดยใช้พนักงานควบคุมเครื่องจักรคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

6. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>

Test for Equal Variances: Cycletime versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	600	2.67864	2.85243	3.04940
B	600	2.32882	2.47991	2.65116

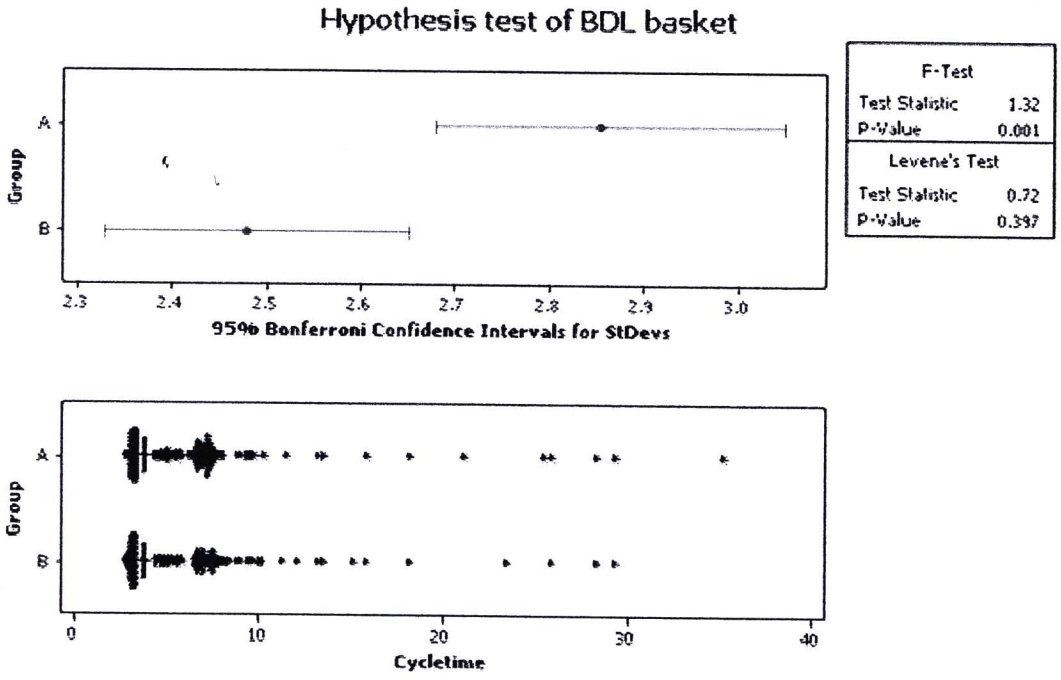
F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 1.32, p-value = 0.001

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 0.72, p-value = 0.397

Hypothesis test of BDL basket



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.397 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 และสรุปว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างการทำงานของเครื่องวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ที่มีคุณภาพของตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่แตกต่างกัน

6.3.4.2 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากความชำนาญของพนักงานควบคุมเครื่องจักร

<u>ปัญหา</u>

พนักงานควบคุมเครื่อง BDL จะมีอยู่ 1 คนซึ่งจะทำหน้าที่ในการใส่ตะกร้าที่บรรจุฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าเครื่องจักร เก็บตะกร้าเปล่าออกจากเครื่องจักร และแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องจักรเมื่อมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ความชำนาญของพนักงานแต่ละคนที่ทำการควบคุมเครื่องจักรก็อาจจะมีผลต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร เช่น เมื่อเกิดข้อผิดพลาดโดยเครื่องหยิบชิ้นงานแล้วหล่นพนักงานจะต้องทำการหยิบชิ้นงานออกแล้วทำตามขั้นตอนของโปรแกรมของเครื่องเพื่อให้เครื่องสามารถทำงานต่อได้ ซึ่งความรวดเร็วและความชำนาญก็จะมีผลต่อรอบเวลาการผลิตนั้น ๆ

พนักงานควบคุมเครื่องจะมีประสบการทำงานที่เครื่อง BDL ที่แตกต่างกันตั้งแต่ประมาณ 3เดือน จนถึง 3 ปีจนถึงในบางสายการผลิต อีกทั้งการอบรมถึงขั้นตอนการทำงานและการแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องจักรในกรณีต่าง ๆ ก็มีผลต่อความรวดเร็วในการแก้ปัญหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นของเครื่องจักรด้วยเช่นกัน

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; ความชำนาญของพนักงานควบคุมเครื่องจักรไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; ความชำนาญของพนักงานควบคุมเครื่องจักรมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio = 1.1837

Sample size = 455

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. คัดเลือกพนักงานที่ทำการควบคุมเครื่อง BDL มาสองคนโดยคนหนึ่งทำงานที่เครื่อง BDL มาแล้ว 6 เดือน และอีกคนหนึ่งทำงานที่เครื่องนี้มาแล้ว 2 ปี

2. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สติกเกอร์ และ RFID จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น

3. เตรียมตะกร้าใส่ชิ้นงานสามตะกร้าเพื่อใช้ในการทดลองของทั้งสองกลุ่มตัวอย่าง

4. ทำการเดินเครื่องจักรโดยใช้พนักงานที่ทำงานกับเครื่อง BDL มาแล้ว 6 เดือนในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรจนครบทั้ง 600 ตัวอย่าง

5. ทำการเดินเครื่องจักรโดยใช้พนักงานที่ทำงานกับเครื่อง BDL มาแล้ว 2 ปีในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรจนครบทั้ง 600 ตัวอย่าง

6. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่างทำในเวลาต่อเนื่องกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

7. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>

Test for Equal Variances: Cycletime versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	600	3.13487	3.33826	3.56878
B	600	2.64829	2.82011	3.01485

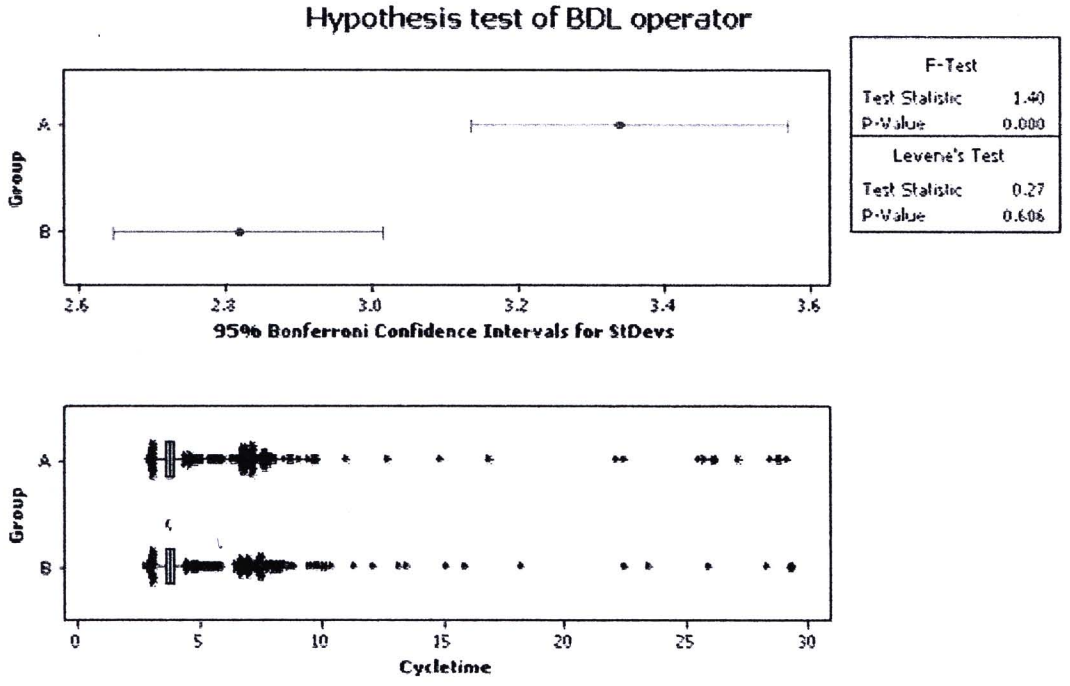
F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 1.40, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 0.27, p-value = 0.606

Hypothesis test of BDL operator



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

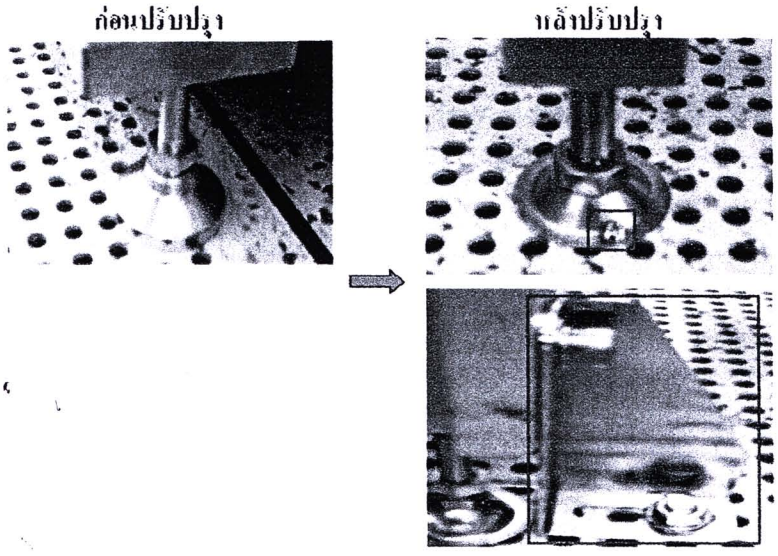
เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.606 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 และสรุปว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างการใช้พนักงานที่ทำการควบคุมเครื่องใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีประสบการณ์การทำงานที่แตกต่างกัน

6.3.4.3 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือน

<u>ปัญหา</u>

การประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะต้องถูกกระทำในห้องสะอาด ซึ่งถูกออกแบบให้พื้นเป็นแบบโปร่งที่สามารถดูดฝุ่นลงไปใต้พื้นได้ ในหนึ่งห้องสะอาดจะมีเครื่องจักรอยู่จำนวนประมาณ 480 - 500 เครื่อง ซึ่งเมื่อทุกเครื่องทำงานพร้อมกันเกิดจะเกิดการสั่นสะเทือนเกิดขึ้น การสั่นสะเทือนก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่อาจจะมีผลต่อการทำงานและรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL โดยการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นอาจจะส่งผมต่อตำแหน่งการวางที่คลาดเคลื่อนหรือการหยิบจับที่ผิดพลาด

โดยอุปกรณ์ที่ได้ทำการออกแบบเพื่อลดความสั่นสะเทือนแสดงในรูปที่ 6.11 ที่จะยึดฐานของเครื่องจักรกับพื้น



รูปที่ 6.11 อุปกรณ์ยึดเครื่องจักรเข้ากับพื้นเพื่อลดการสั่นสะเทือน

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรTCI ไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรTCI มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio = 1.6831

Sample size = 49

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ทำการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาด

2. ทำการวัดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรบริเวณฐานของเครื่องจักรโดยดูค่าที่สูงที่สุด

3. ถอดอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรกับพื้นของห้องสะอาดออก

4. ทำการวัดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรบริเวณฐานของเครื่องจักรโดยดูค่าที่สูงที่สุด

5. ทำการเปรียบเทียบสองจุดที่ได้ทำการวัดจากเครื่องมือวัดแรงสั่นสะเทือนและผลการวัดดังแสดงในตารางที่ 6.6

6. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สติกเกอร์ และ RFID จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น

7. เตรียมตะกร้าใส่ชิ้นงานสามตะกร้าเพื่อใช้ในการทดลองของทั้งสองกลุ่มตัวอย่าง

8. กลุ่มแรกทำการประกอบในขณะที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาด และทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น

9. กลุ่มสองทำการประกอบในขณะที่ติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาดออก และทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น

10. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่างทำในเวลาต่อเนื่องกัน พนักงานควบคุมเครื่องคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

11. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 6.6 เปรียบเทียบความสั่นสะเทือนของฐานเครื่อง BDL ก่อนและหลังปรับปรุง

	ก่อนการปรับปรุง		หลังการปรับปรุง	
	จุดใส่ตะกร้า	จุดวางฐานรอง	จุดใส่ตะกร้า	จุดวางฐานรอง
การสั่นสะเทือน (mm/s)	1.05	1.12	0.88	0.92

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>

Test for Equal Variances: Cycletime versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	600	3.10893	3.31064	3.53925
B	600	1.84701	1.96684	2.10266

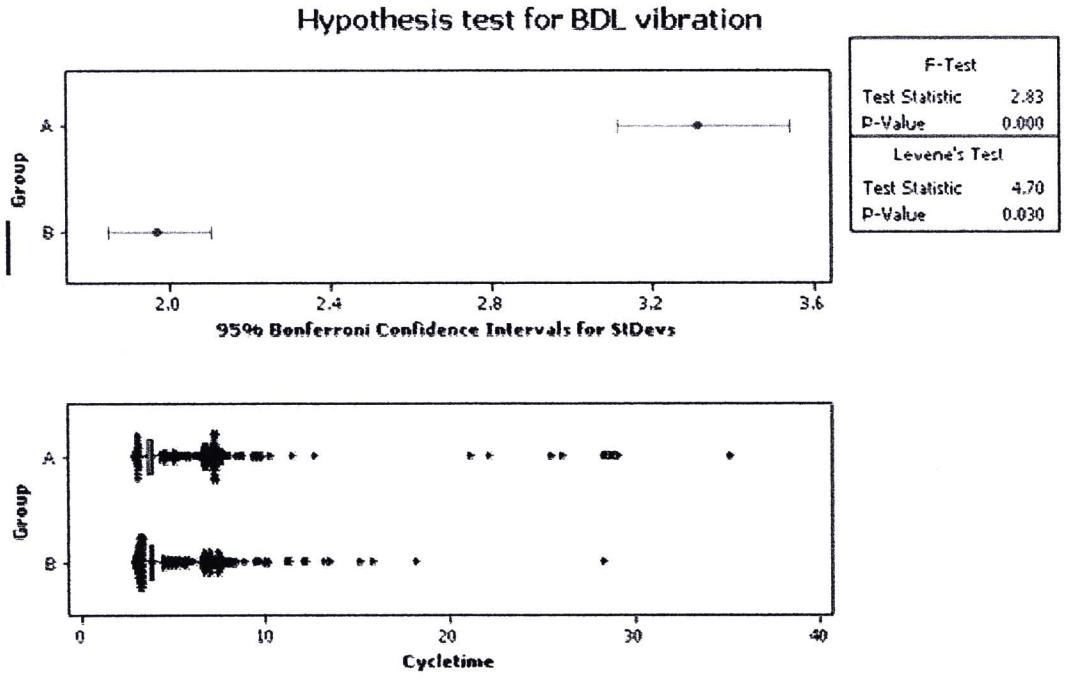
F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 2.83, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 4.70, p-value = 0.030

Hypothesis test for BDL vibration



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

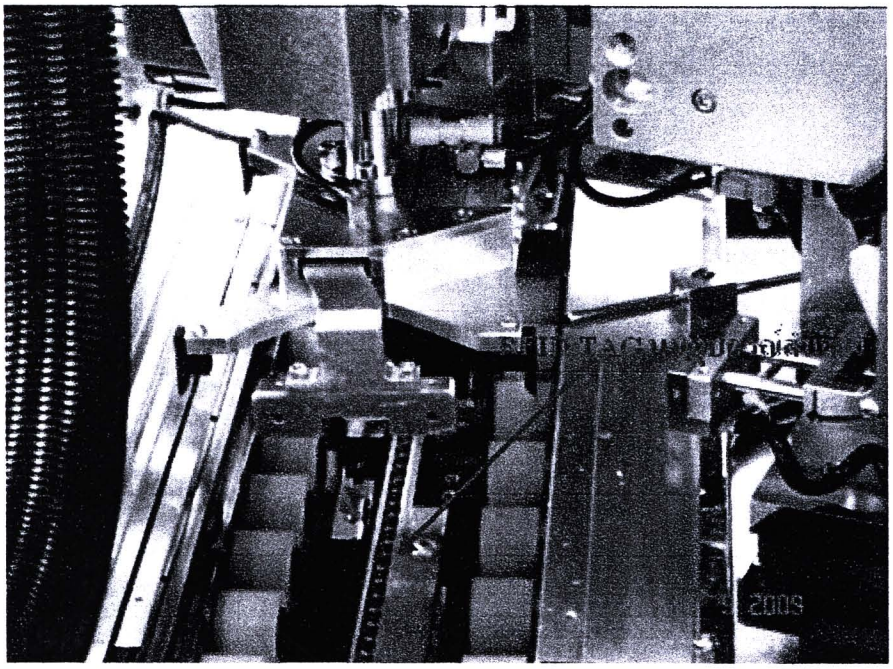
เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.030 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วย

ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างการทำงานของเครื่องวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีความสั่นสะเทือนที่แตกต่างกัน

6.3.4.4 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากการลำเลียง RFID

<u>ปัญหา</u>

เครื่องวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะต้องทำการใส่ RFID TAG ที่ใต้ฐานฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดย RFID TAG จะติดกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปจนออกจากสายการประกอบ โดย RFID TAG จะมีหน้าที่เก็บข้อมูลต่าง ๆ ในการประกอบเช่น ค่าการวัดต่าง ๆ ค่ารอบเวลาการผลิต ชื่อของกระบวนการที่ฮาร์ดดิสก์ตัวนั้นทำมาแล้ว เป็นต้น โดย RFID จะถูกนำมาใส่ที่อุปกรณ์ลำเลียงและจะเคลื่อนตัวมายังตำแหน่งที่จะประกอบเข้ากับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ดังแสดงในรูปที่ 6.12 เมื่อฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟถูกวางลง RFID TAG ก็จะถูกเสียบเข้าไปในฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ



รูปที่ 6.12 แสดงการลำเลียง RFID TAG

การลำเลียง RFID TAG อาจจะเกิดการติดขัดไม่สามารถลำเลียงไปจนถึงจุดที่จะติดตั้งได้ ทำให้เกิดความล่าช้าในการติดตั้ง RFID TAG บนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟซึ่งจะส่งผลต่อรอบเวลาการผลิต

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; ประสิทธิภาพการลำเลียง RFID TAG ไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; ประสิทธิภาพการลำเลียง RFID TAG มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio = 1.4341

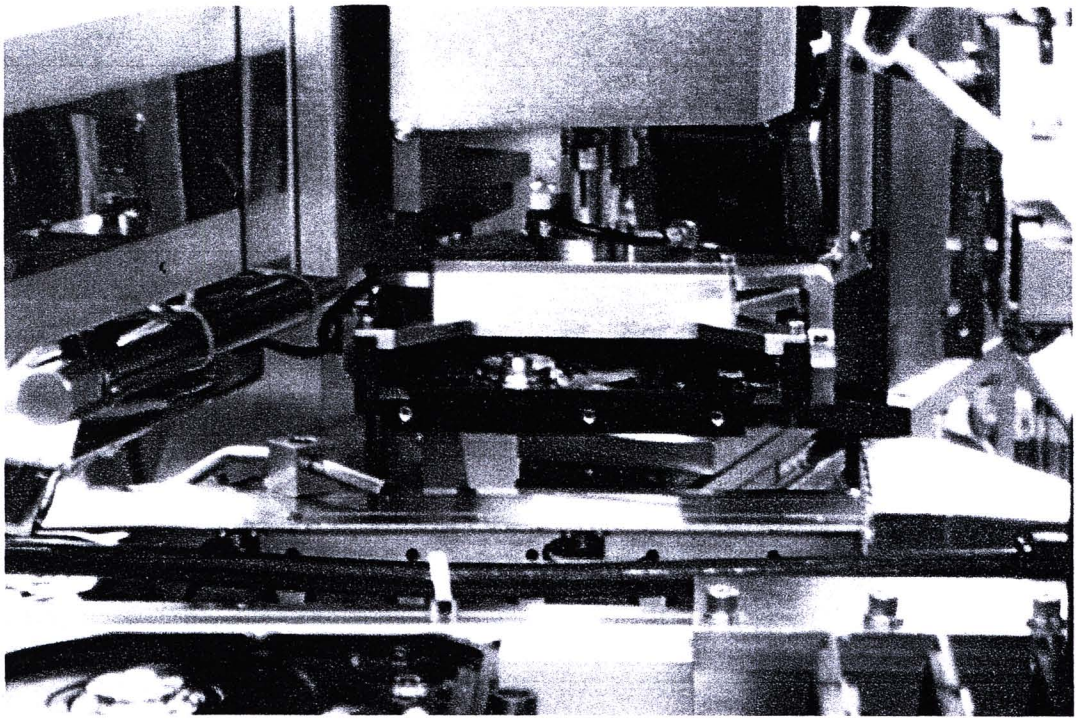
Sample size = 102

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ทำการออกแบบระบบปรับปรุงการลำเลียง RFID TAG โดยติดตั้งระบบลมเป่าเพื่อช่วยลดการติดขัดจากการลำเลียง ดังแสดงในรูปที่ 6.13
2. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สติกเกอร์ และ RFID จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น
3. เตรียมตะกร้าใส่ชิ้นงานสามตะกร้าเพื่อใช้ในการทดลองของทั้งสองกลุ่มตัวอย่าง
4. กลุ่มแรกทำการประกอบในขณะที่ไม่ได้เปิดระบบลมเป่าและทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น
5. กลุ่มสองทำการประกอบในขณะที่เปิดระบบลมเป่าและทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น

6. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่างทำในเวลาต่อเนื่องกัน ใช้พนักงานควบคุมเครื่องจักรคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

7. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์



รูปที่ 6.13 แสดงอุปกรณ์เป่าลมเพื่อลดความผิดพลาดจากการลำเลียง RFID TAG

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>

Test for Equal Variances: Cycletime versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

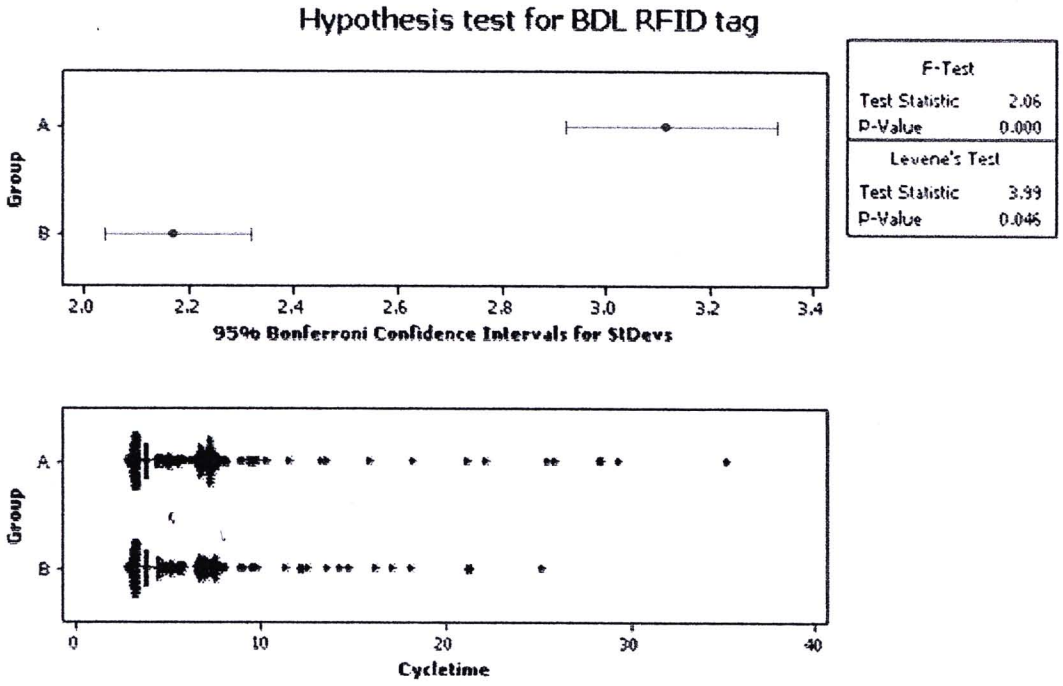
Group	N	Lower	StDev	Upper
A	600	2.92409	3.11380	3.32882
B	600	2.03893	2.17122	2.32115

F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 2.06, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 3.99, p-value = 0.046



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.046 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างประสิทธิภาพการลำเลียง RFID TAG ที่แตกต่างกัน

6.3.4.5 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

<u>ปัญหา</u>

ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นที่นำมาทำการศึกษา มีผู้ผลิตทั้งหมดสามผู้ผลิต ซึ่งคุณภาพของผู้ผลิตทั้งสามที่แตกต่างกัน อาจจะส่งผลต่อกระบวนการทำงานของเครื่อง BDL ได้เช่นกัน

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$; ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากผู้ผลิตที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$; ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากผู้ผลิตที่แตกต่างกันมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองไม่เพียงพอ จึงต้องทำการทดลองใหม่ที่จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 3600

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio AB = 1.1400

Critical ratio BC = 1.0739

Critical ratio AC = 1.0619

Sample size AB = 750

Sample size BC = 2500

Sample size AC = 3600

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. เตรียม สติกเกอร์ และ RFID จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกัน อย่างละ 10800 ชิ้น
2. เตรียมตะกร้าใส่ชิ้นงานสามตะกร้าเพื่อใช้ในการทดลองของทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง
3. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากผู้ผลิตทั้งสาม อย่างละ 3600 ชิ้น
4. ทำการเดินเครื่องประกอบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่ม
5. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง ใช้พนักงานควบคุมเครื่องจักรคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง
6. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>

Test for Equal Variances: Cycletime versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	3600	3.23945	3.33099	3.42756
B	3600	2.84146	2.92175	3.00645
C	3600	3.05149	3.13771	3.22868

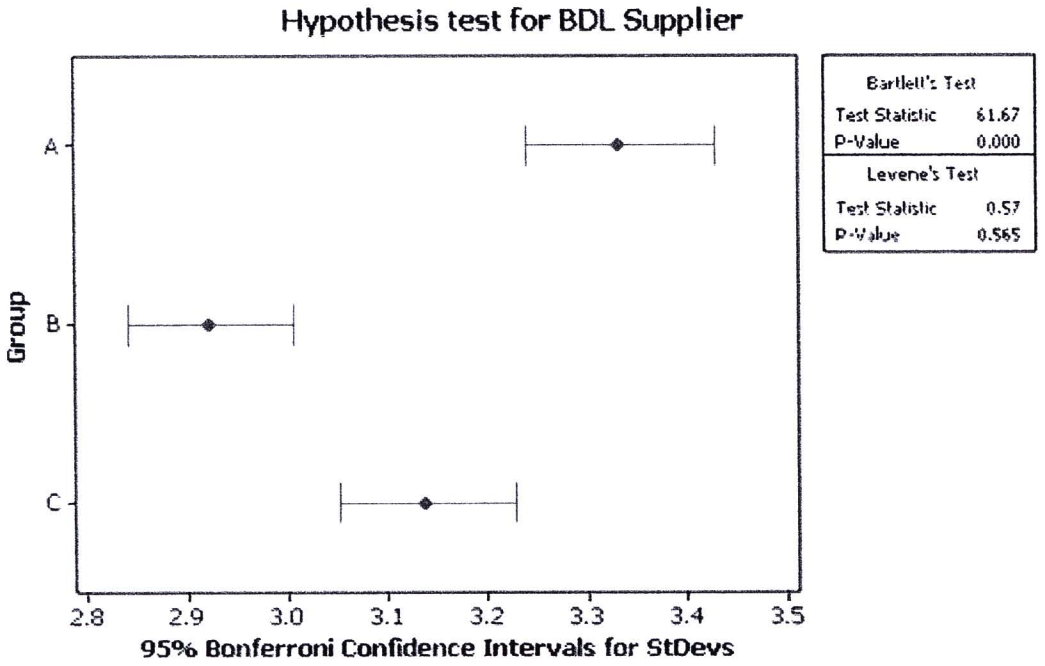
Bartlett's Test (Normal Distribution)

Test statistic = 61.67, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 0.57, p-value = 0.565

Test for Equal Variances: Cycletime versus Group



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.565 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 และสรุปว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากผู้ผลิตที่แตกต่างกัน

6.3.4.6 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากระบบอ่านบาร์โค้ด

<u>ปัญหา</u>

ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะต้องทำการติดสติกเกอร์เพื่อระบุเลขประจำตัวในการผลิตที่เครื่องBDL และจะต้องทำการอ่านแถบรหัสที่ติดไป ด้วยเครื่องสแกนเนอร์ที่ติดอยู่บนเครื่อง ประสิทธิภาพของเครื่องอ่านแถบรหัสและเวลาในการอ่านย่อมส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; ระบบอ่านบาร์โค้ดที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; ระบบอ่านบาร์โค้ดที่แตกต่างกันกันมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio = 1.5663

Sample size = 66

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ทำการปรึกษากับผู้จัดจำหน่ายสแกนเนอร์และลองหารุ่นที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าที่ใช้อยู่มาทำการทดลอง

2. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สติกเกอร์ และ RFID จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น

3. เตรียมตะกร้าใส่ชิ้นงานสามตะกร้าเพื่อใช้ในการทดลองของทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง

4. ทำการเดินเครื่องประกอบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากกลุ่มตัวอย่างทั้งทั้งสองกลุ่ม โดยกลุ่มแรกติดตั้งสแกนเนอร์รุ่นเก่า และอีกกลุ่มติดตั้งแสกนเนอร์รุ่นใหม่ โดยทำการทดลองกลุ่มตัวอย่างละ 600

5. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง ใช้พนักงานควบคุมเครื่องจักรคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

6. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>

Test for Equal Variances: Cycletime versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	600	2.95515	3.14688	3.36418
B	600	1.88652	2.00892	2.14765

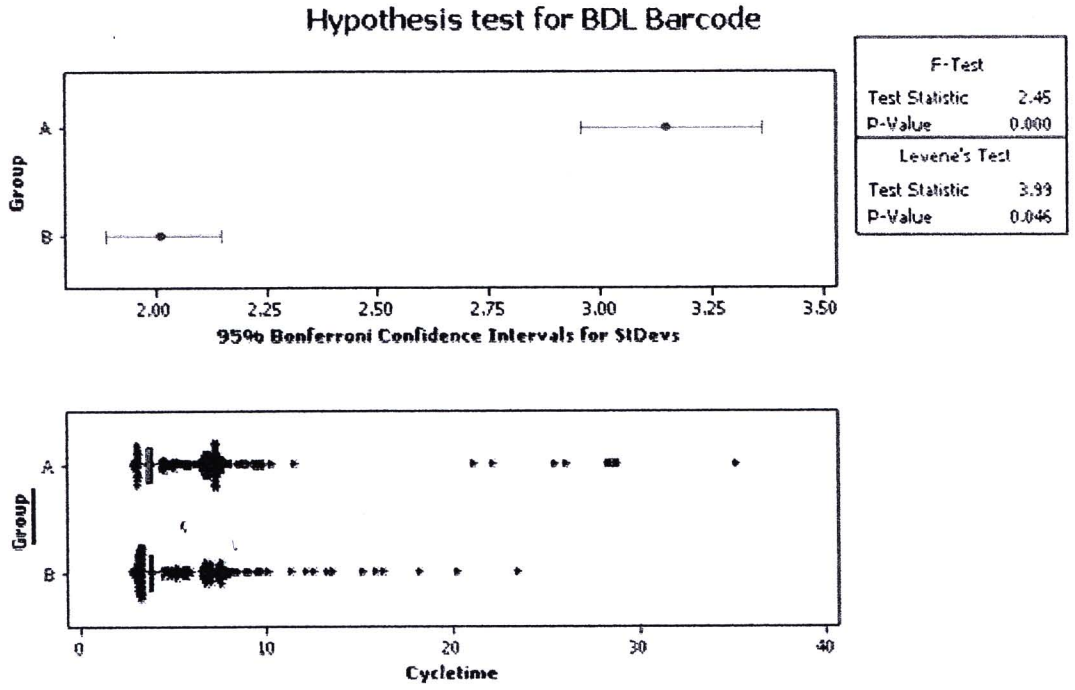
F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 2.45, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 3.99, p-value = 0.046

Hypothesis test for BDL Barcode



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.046 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างระบบอ่านบาร์โค้ดที่แตกต่างกัน

5.3.4.7 สรุปผลการทดสอบสมมติฐานของเครื่อง BDL

สามารถสรุปผลการทดสอบสมมติฐานว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ได้ดังนี้

อิทธิพลที่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL มีด้วยกัน 3 ปัจจัยคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร
2. อิทธิพลเนื่องมาจากความผิดพลาดของการลำเลียง RFID

3. อิทธิพลเนื่องมาจากการระบบอ่านบาร์โค้ด

อิทธิพลที่ไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL มีด้วยกัน 3 ปัจจัยคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
2. อิทธิพลเนื่องมาจากการความชำนาญของพนักงานควบคุมเครื่องจักร
3. อิทธิพลเนื่องมาจากผู้ผลิตฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

6.3.5 การปรับปรุงกระบวนการของเครื่อง BDL

การปรับปรุงกระบวนการของเครื่อง BDL จากผลการทดสอบสมมติฐานในหัวข้อ 6.3.4 อิทธิพลที่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีด้วยกัน 3 ปัจจัยคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร
2. อิทธิพลเนื่องมาจากความผิดพลาดของการลำเลียง RFID
3. อิทธิพลเนื่องมาจากการระบบอ่านบาร์โค้ด

ทีมงานที่ประกอบไปด้วยส่วนที่เกี่ยวข้องได้ทำการระดมความคิดเพื่อหาวิธีการปรับปรุงกระบวนการของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อที่จะลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องให้น้อยลง ซึ่งก็ได้การปรับปรุงในแต่ละอิทธิพลดังนี้

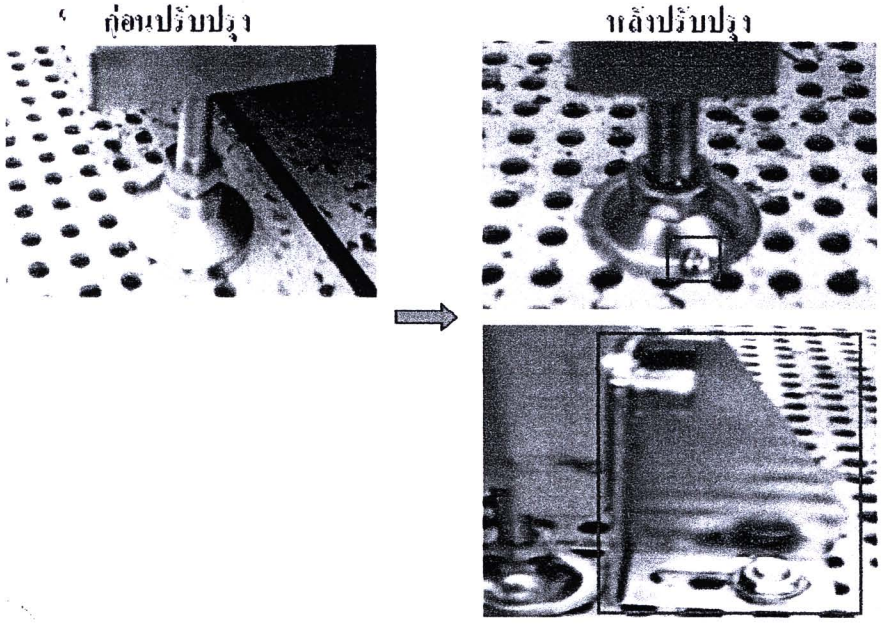
6.3.5.1 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตเนื่องมาจากอิทธิพลของการสั่นสะเทือน

<u>ปัญหา</u>

การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับเครื่อง BDL โดยมีค่าความสั่นสะเทือนที่วัดได้คือ ที่บริเวณจุดใส่ตะกร้ามีค่าเท่ากับ1.05 mm/sec และที่บริเวณจุดวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีค่าเท่ากับ 1.12 mm/sec ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องจักรขนาดเล็กด้วยกัน การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นส่งผลต่อการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องจักรและความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร จากผลการทดสอบสมมติฐานในบทที่ 5 การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับเครื่อง BDL ส่งผลต่อระบบการติดบาร์โคดของเครื่องจักร ระบบการอ่านบาร์โคดของเครื่องจักร ระบบการติด RFID TAG และระบบการวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่อาจจะเกิดการทำงานที่ผิดพลาดได้

<u>วิธีการปรับปรุง</u>

จากการระดมความคิดและปรึกษาแผนกออกแบบเครื่องจักร ทางทีมงานได้ออกแบบอุปกรณ์ในการยึดขาตั้งเครื่องจักรเพื่อยึดเครื่องจักรให้ติดกับพื้น ดังแสดงในรูปที่ 6.14 ซึ่งจะทำให้แรงสั่นสะเทือนของต่อเครื่อง BDL ลดลง และได้ออกแบบคานที่ทำจากแสตนเลสสตีล เพื่อยึดตัวเครื่องจักรเพื่อให้เครื่องจักรมีความแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งจะช่วยลดความสั่นสะเทือนที่จะเกิดขึ้นกับเครื่อง BDL โดยก่อนทำการปรับปรุงสามารถวัดความสั่นสะเทือนบนเครื่อง BDL ที่ตำแหน่งจุดใส่ตะกร้าและจุดวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเท่ากับ 1.05 และ 1.12 mm/sec ตามลำดับ และหลังจากปรับปรุงสามารถวัดความสั่นสะเทือนบนเครื่อง BDL ที่ตำแหน่งจุดใส่ตะกร้าและจุดวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเท่ากับ 0.85 และ 0.90 mm/sec ตามลำดับ



รูปที่ 6.14 แสดงอุปกรณ์ในการยึดขาตั้งของเครื่อง BDL เข้ากับพื้น

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; การสั่นสะเทือนที่ลดลงไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; การสั่นสะเทือนที่ลดลงมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความ

ผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 550 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ทำการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาด และคานยึดเครื่องจักรที่ได้ออกแบบไว้

2. ทำการวัดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรบริเวณฐานของเครื่องจักรโดยดูค่าที่สูงที่สุดที่ตำแหน่งวางตะกร้าและตำแหน่งวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

3. ถอดอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรกับพื้นของห้องสะอาดและคานยึดเครื่องจักรออก

4. ทำการวัดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรบริเวณฐานของเครื่องจักรโดยดูค่าที่สูงที่สุด

5. ทำการเปรียบเทียบสองจุดที่ได้ทำการวัดจากเครื่องมือวัดแรงสั่นสะเทือน

6. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สติกเกอร์ และ RFID จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น

7. เตรียมตะกร้าใส่ชิ้นงานสามตะกร้าเพื่อใช้ในการทดลองของทั้งสองกลุ่มตัวอย่าง

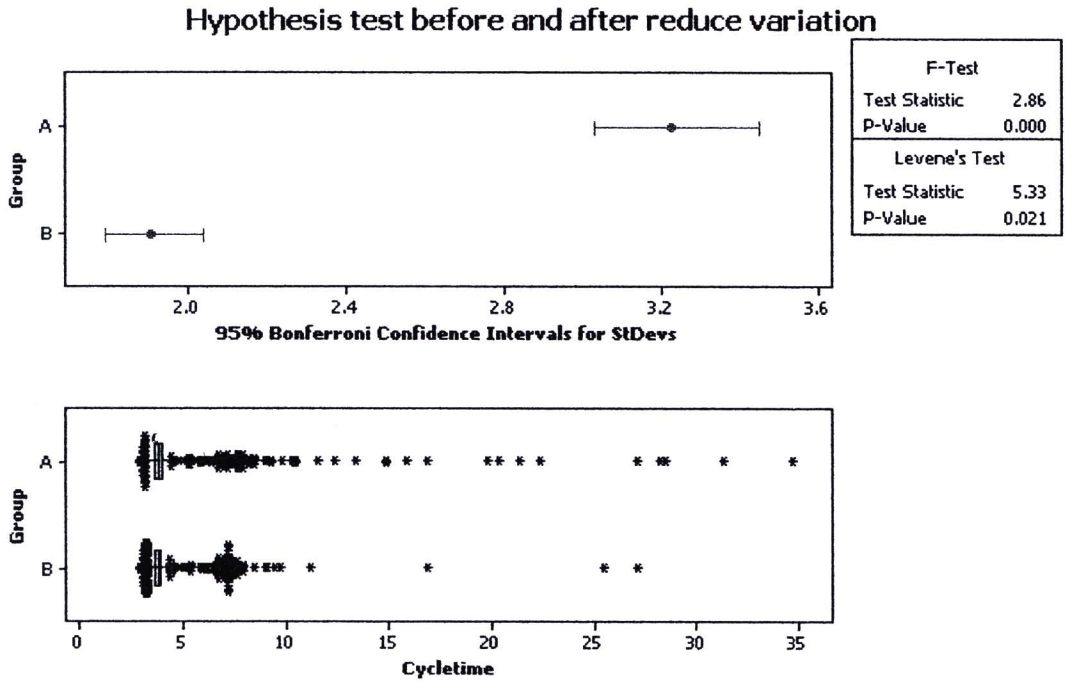
8. กลุ่มแรกทำการประกอบในขณะที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาด และทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น

9. กลุ่มสองทำการประกอบในขณะที่ติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาดออก และทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น

11. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่างทำในเวลาต่อเนื่องกัน พนักงานควบคุมเครื่องคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

12. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

ผลการทดลองทางสถิติ



สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.021 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรที่แตกต่างกัน

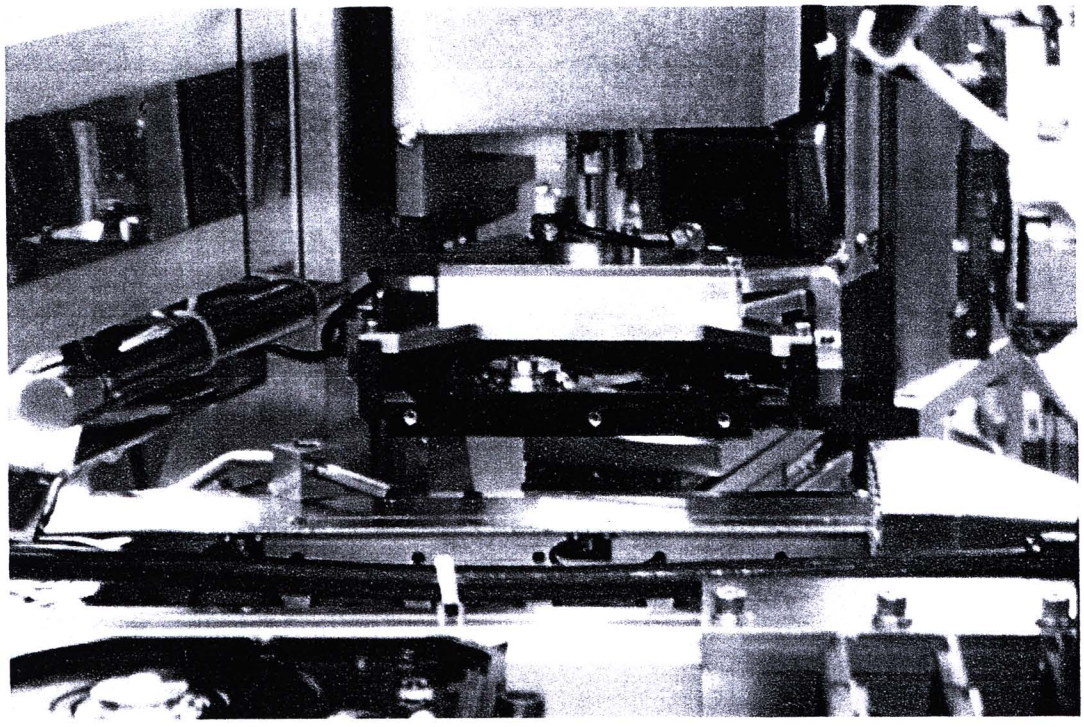
6.3.5.2 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตเนื่องมาจากอิทธิพลของระบบการลำเลียง RFID TAG

ปัญหา

การลำเลียง RFID TAG อาจจะเกิดการติดขัดไม่สามารถลำเลียงไปจนถึงจุดที่จะติดตั้งได้ ทำให้เกิดความล่าช้าในการติดตั้ง RFID TAG บนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟซึ่งจะส่งผลต่อรอบเวลาการผลิต โดยการติดขัดที่เกิดขึ้นอันอาจจะเนื่องมาจาก เศษวัสดุที่อยู่บนรางลำเลียง ขนาดของ RFID ที่อาจจะมีความไม่สม่ำเสมอ เป็นต้น

<u>วิธีการปรับปรุง</u>

เพื่อลดโอกาสในการติดขัดของการลำเลียง RFID TAG ที่อาจจะเกิดขึ้นบนรางลำเลียง ทางทีมงานได้ระดมสมองและหาแนวทางแก้ไขโดยได้ติดตั้งท่อเป่าลม โดยลมจากท่อจะช่วยเป่าเศษวัสดุที่เป็นสิ่งกีดขวางต่อการลำเลียง RFID TAG และแรงลมจะช่วยลดการติดขัดของ RFID TAG กับลางให้น้อยลง ซึ่งจะส่งผมรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรซึ่งบางจังหวะจะต้องรอ RFID TAG ถ้ายังลำเลียงมาไม่ถึงจุดที่จะติดตั้ง โดยระบบเป่าลมได้ออกแบบและทำการติดตั้งเข้าไปในเครื่อง BDL ดังรูปที่6.15



รูปที่ 6.15 แสดงระบบเป่าลมเพื่อช่วยลดข้อบกพร่องของระบบลำเลียง RFID TAG

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; ระบบเป่าลมเพื่อช่วยลดข้อบกพร่องของระบบลำเลียง RFID TAG ไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; ระบบเป่าลมเพื่อช่วยลดข้อบกพร่องของระบบลำเลียง RFID TAG มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

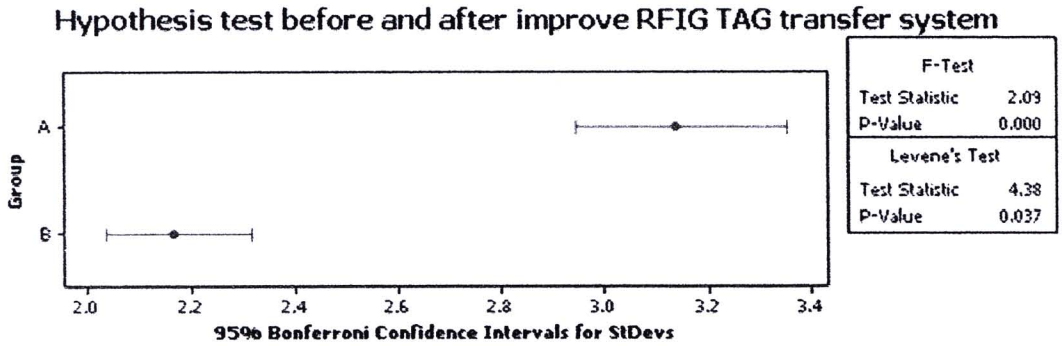
<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

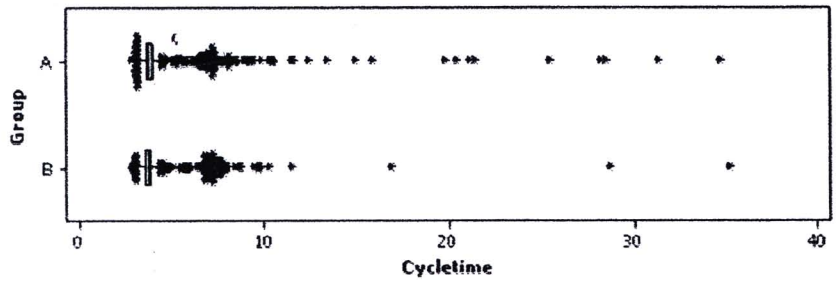
เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 550 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ทำการออกแบบระบบปรับปรุงการลำเลียง RFID TAG โดยติดตั้งระบบลมเป่าเพื่อช่วยลดการติดขัดจากการลำเลียง
2. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สติกเกอร์ และ RFID จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น
3. เตรียมตะกร้าใส่ชิ้นงานสามตะกร้าเพื่อใช้ในการทดลองของทั้งสองกลุ่มตัวอย่าง
4. กลุ่มแรกทำการประกอบในขณะที่ไม่ได้เปิดระบบลมเป่าและทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น
5. กลุ่มสองทำการประกอบในขณะที่เปิดระบบลมเป่าและทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น
6. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่างทำในเวลาต่อเนื่องกัน ใช้พนักงานควบคุมเครื่องจักรคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง
7. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>





<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.037 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างเปิดและปิดระบบระบบลมเป่าเพื่อช่วยลดการติดขัดจากการลำเลียง RFIG TAG

6.3.5.3 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตเนื่องมาจากอิทธิพลของระบบการอ่านบาร์โคด

<u>ปัญหา</u>

กระบวนการหนึ่งของการทำงานของเครื่อง BDL ก็คือการอ่านบาร์โคดที่ถูกติดกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เพื่อที่จะระบุเลขลำดับและการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวนี้ เมื่อแถบบาร์โคดถูกติดกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแล้ว ก็จะต้องทำการอ่านแถบบาร์โคดด้วยเครื่องแสกน ซึ่งพบปัญหาว่า ความผิดพลาดหรือเวลาในการอ่านแถบบาร์โคดมีความแปรปรวน ซึ่งย่อมส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

<u>วิธีการปรับปรุง</u>

จากการปรึกษากับผู้ผลิตเครื่องอ่านบาร์โคดก็ได้ทำการเลือกเครื่องอ่านบาร์โคดอีกรุ่นหนึ่งมาทำการทดลองใช้กับเครื่อง BDL เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอ่านบาร์โคดรุ่นเก่าและใหม่

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอ่านบาร์โคดรุ่นเก่าและใหม่ไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอ่านบาร์โคดรุ่นเก่าและใหม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

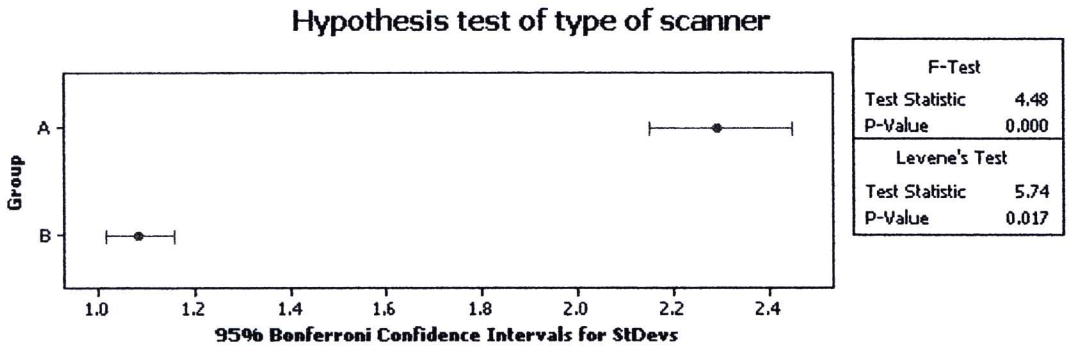
<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

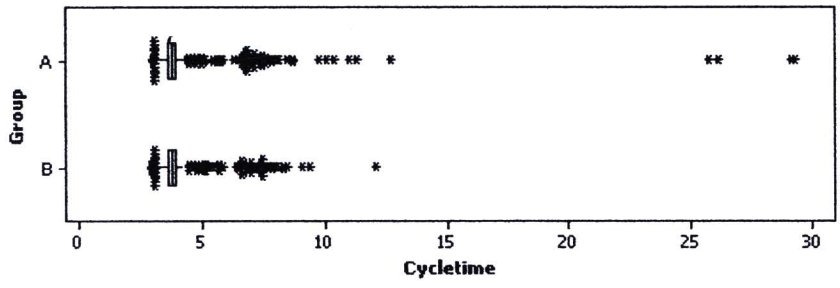
เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 550 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ทำการปรึกษากับผู้จัดจำหน่ายสแกนเนอร์และลองหารุ่นที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าที่ใช้อยู่มาทำการทดลอง
2. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สติกเกอร์ และ RFID จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น
3. เตรียมตะกร้าใส่ชิ้นงานสามตะกร้าเพื่อใช้ในการทดลองของทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง
4. ทำการเดินเครื่องประกอบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากกลุ่มตัวอย่างทั้งทั้งสองกลุ่ม
5. โดยกลุ่มแรกติดตั้งสแกนเนอร์รุ่นเก่า และอีกกลุ่มติดตั้งแสกนเนอร์รุ่นใหม่ โดยทำการทดลองกลุ่มตัวอย่างละ 600
6. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง ใช้พนักงานควบคุมเครื่องจักรคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง
7. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>



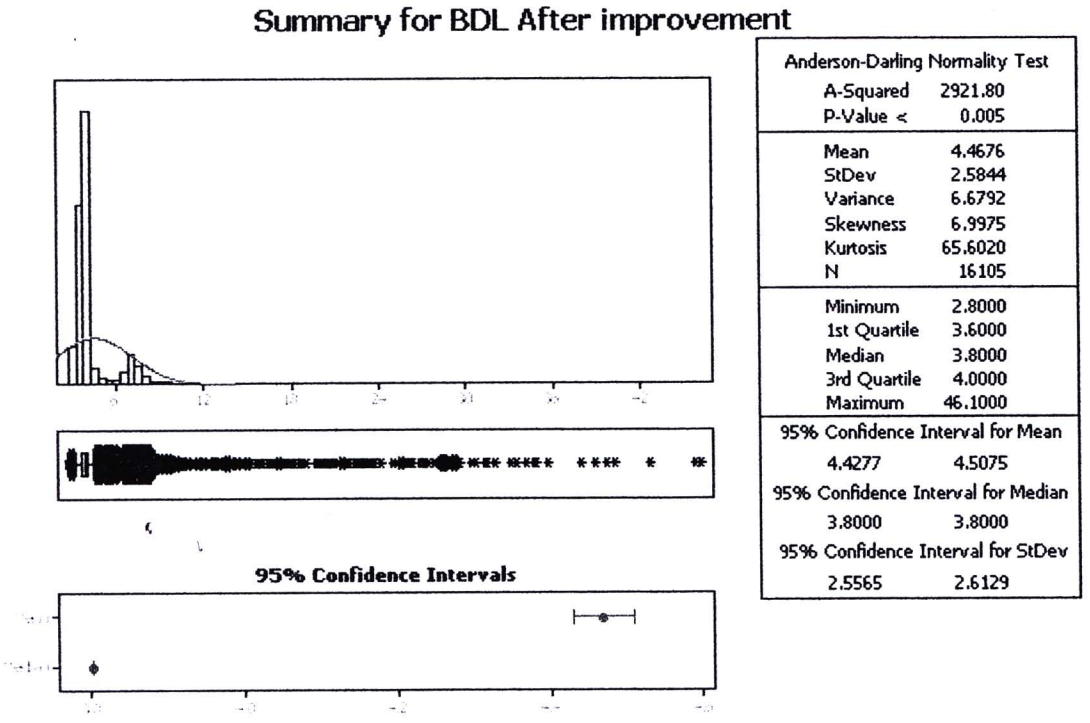


<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.017 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างเครื่องอ่านบาร์โคดรุ่นเก่าและใหม่

6.3.5.4 สรุปการปรับปรุงกระบวนการของเครื่อง BDL

เมื่อปรับปรุงกระบวนการทั้ง 3 วิธีการแล้วทำการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL พบว่าความแปรปรวนหลังการปรับปรุงลดลงมาที่ 6.6792 ซึ่งสามารถปรับปรุงได้ 32.28%



โดยสามารถสรุปค่าทางสถิติของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6.7 เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง

ค่าทางสถิติ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ค่าเฉลี่ย	4.6460	4.4676
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.1407	2.5844
ความแปรปรวน	9.8641	6.6792
โอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาที	22.60%	16.02%

6.4 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

หลังจากการปรับปรุงความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ทำให้ลำดับสูงสุดของโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที เป็นดังตารางที่ 6.8

ตารางที่ 6.8 เปรียบเทียบโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที

ลำดับที่	เครื่องจักร	โอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที
1	CS3	19.60%
2	TCI	18.91%
3	CSI1	16.10%
4	BDL	16.02%
5	CS8	14.50%

ซึ่งเครื่องจักรที่มีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาทีมากที่สุดคือเครื่อง CS3 ดังนั้นเครื่อง CS3 ก็จะถูกเลือกเพื่อทำการปรับปรุงความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรตามแนวทางดังแสดงในรูปที่ 5.14

6.4.1 การวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิตโดยละเอียด (Micro process mapping) เครื่อง CS3

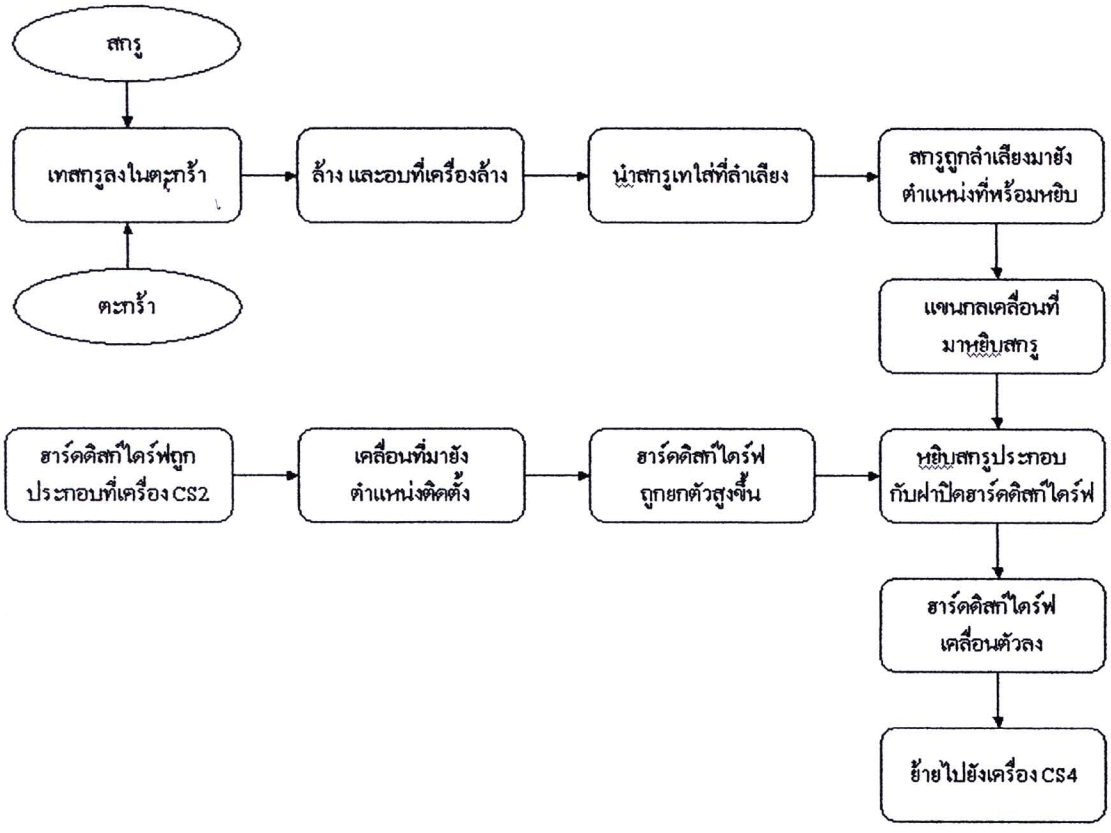
การวิเคราะห์การไหลโดยละเอียดจะทำการวิเคราะห์ที่กระบวนการที่เลือกจะปรับปรุงคือกระบวนการประกอบสกรูฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวที่ 3โดยสามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานของเครื่องประกอบสกรูฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวที่ 3 (CS3) ได้ดังนี้

1. สกรูถูกแกะออกจากถุงแล้วนำมาใส่ในตะกร้าเพื่อเข้าเครื่องล้างทำความสะอาด
2. พนักงานฝ่ายผลิตจะทำการเทสกรูจากตะกร้าใส่ถุงแล้วเอามาเติมที่เครื่อง CS3
3. สกรูจะถูกเทใส่ที่ลำเลียงสกรู
4. สกรูแต่ละตัวจะถูกลำเลียงโดยการสั่นเพื่อเคลื่อนไปที่ละ 1 อัน
5. แขนกลจะเคลื่อนที่มาหยิบสกรูทีละตัวเพื่อไปไขยังรูของฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
6. ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเคลื่อนที่มายังตำแหน่งติดตั้งฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและถูกยกขึ้นยังตำแหน่งที่ตั้งค่าไว้

7. แขนกลซึ่งมีหัวขันสกรูจะทำการเคลื่อนที่ลงมายังตำแหน่งขัน และทำการขันสกรูเข้าไปในรูฝาปิดเพื่อยึดติดกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

8. ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเคลื่อนที่ลงบนสายพานลำเลียงและเคลื่อนที่ไปยังสถานีงานต่อไป

โดยสามารถแสดงแผนภาพการทำงานอย่างละเอียดของเครื่อง CS3 ดังรูปที่ 6.16



รูปที่ 6.16 แสดงแผนภาพการวิเคราะห์การไหลอย่างละเอียดของเครื่อง CS3

6.4.2 การวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยผังแสดงเหตุและผลของเครื่อง CS3

เมื่อพิจารณาถึงหลักการของเครื่อง CS3 จะพบว่ามีหลายปัจจัยที่มีโอกาสมีผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร ซึ่งรายละเอียดของผังแสดงเหตุและผลมีดังต่อไปนี้

6.4.2.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากเครื่องจักร

6.4.2.1.1 การตั้งค่าตำแหน่งการยกตัวของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

เมื่อฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟถูกประกอบที่ที่เครื่อง CS2 เสร็จก็จะเคลื่อนที่มายังเครื่อง CS3 เพื่อเตรียมที่จะประกอบสกรูเข้าไป ตำแหน่งที่ฮาร์ดดิสก์หยุดและถูกยกตัวขึ้นเพื่อพร้อมประกอบจะถูกตั้งระยะไว้โดยผู้ติดตั้งและผู้ดูแลเครื่องจักร การปรับระยะที่เหมาะสมย่อมส่งผลต่อประประสิทธิภาพการประกอบสกรูเข้าไปเพื่อให้ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟถูกยึดติดกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เนื่องจากรูสกรูตรงให้ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ มีขนาดพอดีกับสกรูที่จะไขเข้าไป การปรับตั้งตำแหน่งการหยุดและยกตัวขึ้นของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟย่อมส่งผลต่อความผิดพลาดในการไขสกรูลงไปของเครื่องจักร

6.4.2.1.2 การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ไปไข

ระยะการเคลื่อนที่จากจุดที่หัวไขหยิบสกรูไปยังตำแหน่งที่จะทำการขันสกรูลงบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นระยะที่จะถูกตั้งค่าไว้โดยวิศวกรประจำเครื่องจักร ซึ่งระยะการเคลื่อนที่ที่ไม่เหมาะสมย่อมส่งผลต่อการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องจักร และส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง

6.4.2.1.3 การตั้งค่าการเคลื่อนที่มาหยิบสกรู

ระยะการเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่ประกอบสกรูเสร็จมาหยิบสกรูตัวใหม่ เพื่อทำการประกอบกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวถัดไป ก็เป็นระยะที่มีผลต่อความผิดพลาดในการทำงานของเครื่องจักร ถ้าการปรับตั้งระยะไม่เหมาะสม ก็จะทำให้โอกาสที่หัวไขสกรูหยิบสกรูผิดพลาดได้เช่นกัน

6.4.2.1.4 ความผิดพลาดของการทำงานของโปรแกรม

การประมวลผลของโปรแกรมที่ผิดพลาดหรือไม่สามารถประมวลผลได้ ย่อยต้องมีการเริ่มประมวลผลใหม่ทำให้การทำงานของเครื่องจักรต้องเสียเวลามากขึ้น

6.4.2.1.5 การตั้งแรงลมในการดูดสกรูที่เหมาะสม

หัวไขสกรูจะมีแรงลมดูดสกรูจากที่ลำเลียง เพื่อให้กรูติดมาเพื่อไปไขยังตำแหน่งที่ต้องการ แรงลมที่ใช้ในการดูดสกรูก็เป็นส่วนสำคัญต่อการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องจักร การที่แรงลมน้อยเกินไปก็จะทำให้สกรูตก และทำให้เครื่องต้องเสียเวลาไปหยิบสกรูตัวใหม่มา

6.4.2.1.6 การอ่าน RFID ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

RFID ที่ติดอยู่กับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตั้งแต่เครื่อง BDL จะทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลการทำงานต่าง ๆ บนสายการประกอบ และก่อนการทำงานที่เครื่องนั้น ๆ ข้อมูลก็จะถูกอ่านที่

เครื่องที่จะทำงาน การอ่านและเขียนในบางครั้งอาจจะมีเวลาที่แตกต่างกันเนื่องจากการรบกวน หรือระยะที่ไม่เหมาะสม ทำให้ส่งผลต่อรอบเวลาการผลิต

6.4.2.1.7 การอ่านลำเลียงสกรูเกิดการผิดพลาด

สกรูที่ใช้ในการประกอบที่เครื่อง CS3 จะถูกเทเข้าไปในที่ลำเลียงสกรูซึ่งมีหน้าที่ลำเลียง สกรูที่ละตัวเพื่อให้ หัวไขมาหยิบสกรูไปไขได้ เครื่องลำเลียงอาจจะเกิดการติดขัดในการลำเลียงซึ่งย่อมส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตนั้นจะมีรอบเวลาที่สูงกว่าปกติ เนื่องจากพนักงานควบคุมเครื่องจะต้องมีการช่วยเคาะให้เครื่องสามารถลำเลียงต่อไปได้

6.4.2.1.8 ความเร็วในการไขของหัวไขสกรู

ความเร็วรอบของหัวสกรูที่ไม่ได้เป็นไปตามค่าที่กำหนดไว้ย่อมส่งผลต่อเวลาในการไขสกรูให้ได้ระยะที่กำหนด ความเร็วรอบที่ต่ำจะส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตที่มากกว่าเวลาที่กำหนดไว้

6.4.2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากวิธีการทำงาน

6.4.2.2.1 การวัดค่าแรงขันสกรูว่าผ่านข้อกำหนดหรือไม่

เมื่อสกรูถูกไขเข้าไประหว่างฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ แรงบิดที่ใช้ในการไขสกรูจะถูกวัดว่าอยู่ในค่าที่กำหนดหรือไม่ ถ้าค่าใช้ไขเกินหรือไม่ถึงข้อกำหนด การประกอบครั้งนั้นก็จะไม่สมบูรณ์ และเป็นฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่เสีย

6.4.2.2.2 การเติมสกรูเวลาสกรูหมด

เมื่อสกรูที่ถูกเติมลงไปในช่องลำเลียงสกรูหมด พนักงานควบคุมเครื่องจักรจะต้องทำการเติมสกรูใหม่ โดยถ้าพนักงานลืมเติมสกรูจะทำให้เครื่องต้องรอจนกว่าสกรูจะถูกเติมถึงจะทำงานต่อได้ ซึ่งส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร

6.4.2.2.3 การวัดความสูงของสกรูที่ขันเสร็จ

สกรูที่ถูกไขเข้าไปจะมีการตรวจวัดความสูงของหัวสกรูว่าสูงจากฐานฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเท่าไร และได้เป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่ ความสูงที่สูงหรือต่ำกว่าข้อกำหนดก็จะเป็นการทำงานที่ผิดพลาด การประกอบครั้งนั้นก็จะไม่สมบูรณ์ และเป็นฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่เสีย

6.4.2.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากสภาพแวดล้อม

6.4.2.3.1 ระบบลมของเครื่องจักร

เครื่อง CS3 ต้องอาศัยแรงลมในการเคลื่อนที่และการหยิบสกรูมาประกอบ ความไม่สม่ำเสมอของระบบลมที่จ่ายให้เครื่องจักรทำให้การทำงานของเครื่องจักรทั้งระบบการเคลื่อนที่ ระบบการหยิบจับมีโอกาสผิดพลาดหรือมีโอกาสทำให้เวลาการทำงานของเครื่องจักรมีความแปรปรวนเกิดขึ้นได้ โดยระบบลมที่ใช้ในเครื่องจักรจะเป็นระบบลมจากศูนย์กลางซึ่งปล่อยมาให้แต่ละสายงานการประกอบในห้องสะอาดและจะถูกแยกออกมาในแต่ละสายงานการประกอบ แล้วจึงถูกแยกออกมาในแต่ละเครื่องจักรอีกทีหนึ่ง

6.4.2.3.2 ระบบไฟฟ้าของเครื่องจักร

เครื่องจักรต้องใช้ไฟฟ้าเพื่อเป็นตัวขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ของระบบแขนกลและระบบหยิบจับสกรู อีกทั้งยังมีผลกับระบบการกำหนดระยะเคลื่อนที่และการกำหนดตำแหน่ง ระบบการจ่ายไฟที่อาจจะมีความไม่สม่ำเสมอเกิดขึ้นย่อมส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องจักรได้เช่นกัน

6.4.2.3.3 การสั่นสะเทือนที่เกิดกับเครื่องจักร

ในการผลิตในห้องสะอาด ห้องสะอาดหนึ่ง ๆ จะบรรจุสายการประกอบและแยกชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟประมาณ 18 สายงาน โดยแต่ละสายงานจะมีจำนวนเครื่องจักรในการทำงานประมาณ 30 ถึง 40 เครื่อง และยังมีการขนส่งส่วนประกอบที่ต้องทำการขนย้ายโดยพนักงาน ซึ่งย่อมก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนเกิดขึ้นได้บนพื้นการของห้องสะอาด การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นย่อมมีผลกระทบกับการประกอบชิ้นส่วนที่ต้องอาศัยความละเอียดสูงในการประกอบ ซึ่งการสั่นสะเทือนก็อาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเช่นกัน

6.4.2.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากพนักงาน

6.4.2.4.1 ความชำนาญของพนักงานควบคุมเครื่องจักร

พนักงานที่มีหน้าที่ดูแลเครื่องจักรจะต้องทำการใส่สกรูเข้าไปในเครื่องเมื่อสกรูถูกหยิบไปประกอบจนหมด อีกทั้งเมื่อเครื่องจักรเกิดการขัดข้องเล็กน้อยซึ่งต้องอาศัยการทำงานของพนักงานเข้าไปแก้ไข ความชำนาญและความรวดเร็วในการแก้ไขก็ส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตด้วยเช่นกัน

6.4.2.4.2 การบังระบบรักษาความปลอดภัย

เนื่องจากเครื่องจักรถูกออกแบบให้มีระบบรักษาความปลอดภัย เพื่อป้องกันมิให้พนักงานยื่นอวัยวะเข้าไปในตัวเครื่องขณะที่เครื่องทำงานอยู่เพื่อป้องกันมิให้เกิดอุบัติเหตุและอันตรายต่อตัว

พนักงาน แต่ก็มีบางกรณีที่พนักงานมักปิดบังระบบเซนเซอร์ของเครื่องทำให้เครื่องต้องมีการหยุดทำงานกลางคันและต้องเริ่มทำงานใหม่ ทำให้รอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรมีค่าสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อความแปรปรวนที่เพิ่มขึ้นด้วย

6.4.2.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากวัตถุดิบ

6.4.2.5.1 ผู้ผลิตสกรู

ผู้ผลิตสกรูมีทั้งหมด 3 ผู้ผลิตที่แตกต่างกัน โดยคุณภาพของสกรูจากผู้ผลิตทั้ง 3 อาจจะมีความแตกต่างกัน จนทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง CS3 มีผลกระทบจากการประกอบสกรู

6.4.2.5.2 สกรูไม่ผ่านข้อกำหนด

สกรูที่ไม่ผ่านข้อกำหนดทางด้านคุณภาพ เช่น ความยาวของสกรูไม่ได้มาตรฐาน เกลียวของสกรูไม่ได้ขนาดตามที่กำหนด เข้ามาประกอบในกระบวนการผลิต ย่อมทำให้การประกอบมีโอกาสในการทำงานที่ผิดพลาดมากยิ่งขึ้น

6.4.2.5.3 ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ขนาดของรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และตำแหน่งของรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด เมื่อผ่านเข้าเครื่อง CS3 เพื่อที่จะไขสกรูเข้าไป ย่อมทำให้เครื่องมีปัญหาในการไข เช่น ไขไม่ลง ไขลงไม่สุด ค่าแรงขันเกิดข้อกำหนด ซึ่งทำให้เครื่องเกิดการทำงานที่ผิดพลาด ซึ่งต้องส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตในรอบนั้นสูงขึ้นกว่าค่ามาตรฐาน

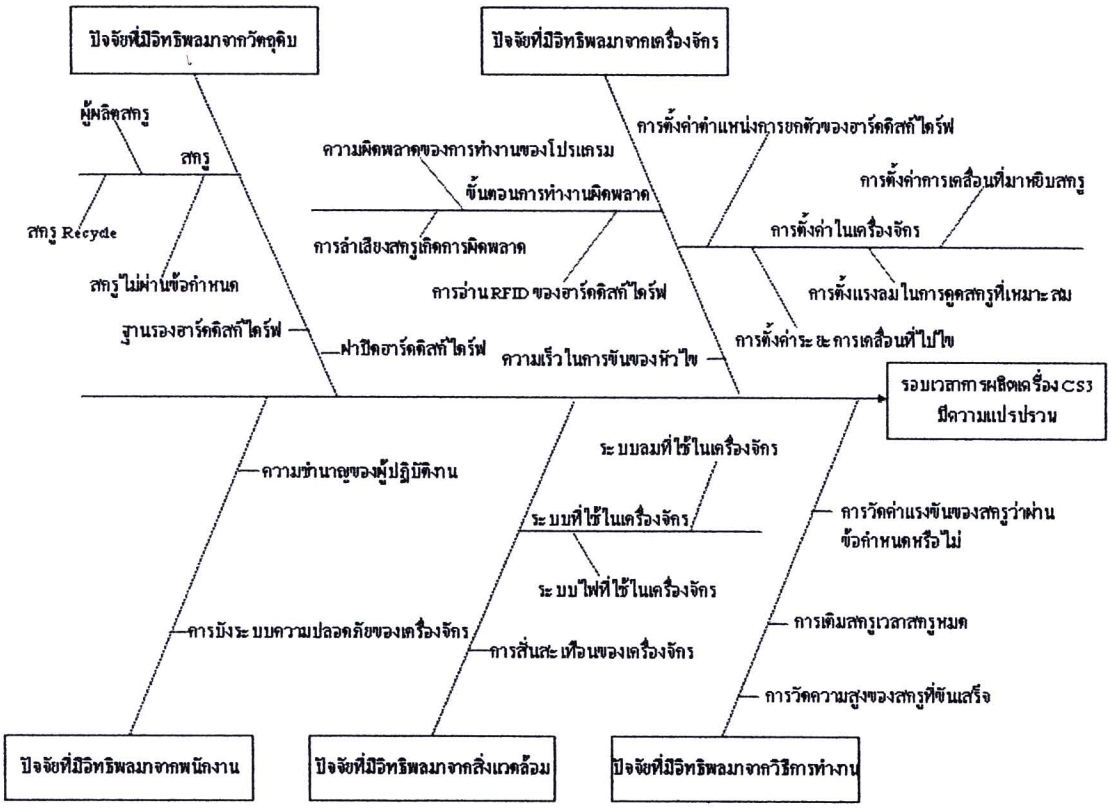
6.4.2.5.4 สกรู Recycle

สกรูที่ใช้ไขในเครื่อง CS3 จะมีสองประเภทคือ สกรูใหม่ที่ได้จากผู้ผลิตและสกรู Recycle ที่เคยผ่านกระบวนการประกอบมาแล้ว แต่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวนั้นไม่ผ่านข้อกำหนด จึงถูกแยกส่วนประกอบและเอาสกรูที่ยังดีอยู่มาใช้ใหม่เพื่อลดต้นทุนค่าชิ้นส่วน โดยสกรูจะผ่านเครื่องวัดขนาดความกว้างระหว่างเกลียว เพื่อให้แน่ใจว่าผ่านตามข้อกำหนดก่อนนำกลับมาใช้ใหม่ โดยสกรู Recycle ก็อาจจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เครื่องเกิดการทำงานที่ผิดพลาด และส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตได้

6.4.2.5.5 ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ขนาดของรูบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และตำแหน่งของรูบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด เมื่อผ่านเข้าเครื่อง CS3 เพื่อที่จะไขสกรูเข้าไป ย่อมทำให้เครื่องมีปัญหาในการไข เช่น ไขไม่ลง ไขลงไม่สุด ค่าแรงขันเกิดข้อกำหนด ซึ่งทำให้เครื่องเกิดการทำงานที่ผิดพลาด ซึ่งต้องส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตในรอบนั้นสูงขึ้นกว่าค่ามาตรฐาน

โดยเมื่อทำการระดมความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดสามารถเขียนแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ที่อาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดความรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบสกรูที่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวที่ 3ได้ ดังแสดงในรูปที่ 6.17



รูปที่ 6.17 แสดงผังเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)
ของสาเหตุความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

6.4.3 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของเครื่อง CS3

6.4.3.1 การกำหนดระดับความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร CS3 (Severity of Effect: S)

จากการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร CS3 พบว่า รอบเวลาการผลิตสูงสุดที่พบคือ 28.4 วินาที ในขณะที่รอบเวลาการผลิตเป้าหมายคือ 4.5 วินาที เมื่อต้องการแบ่งระดับความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร CS3 เป็น 10 ระดับ ดังนั้นการทำงานของเครื่องจักรที่มีค่าเกิน 4.5 วินาทีถือได้ว่าทำงานผิดพลาด ซึ่งสามารถแบ่งช่วงระดับของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรได้โดยการคำนวณนี้

$$\text{ช่วงของรอบเวลาการผลิต} = \frac{\text{รอบเวลาการผลิตสูงสุด} - \text{รอบเวลาการผลิตเป้าหมาย}}{\text{จำนวนของระดับที่ต้องการ}}$$

เมื่อแทนค่าจะได้

$$\text{ช่วงของรอบเวลาการผลิต} = \frac{28.4 - 4.5}{10}$$

$$= 2.39 \text{ วินาที}$$

เพราะฉะนั้นระดับความรุนแรงที่ช่วงที่ 1 จะมีค่าของรอบเวลาการผลิตตั้งแต่ 4.5 ถึง 4.5+2.39 วินาที ซึ่งก็คือ 4.5 ถึง 6.89 วินาทีนั่นเอง ส่วนช่วงที่สองจะมีค่าของรอบเวลาการผลิตตั้งแต่ 6.89 ถึง 6.89+2.39 วินาที ซึ่งก็คือ 6.89 ถึง 9.28 วินาทีนั่นเอง ซึ่งจะได้ระดับความรุนแรงทั้งหมด 10 ระดับซึ่งก็คือรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ในแต่ละช่วงดังแสดงในตารางที่ 6.9

ตารางที่ 6.9 แสดงระดับความรุนแรงของผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

รายละเอียดความรุนแรงที่เกิดขึ้น	รอบเวลาการผลิต (วินาที)	ระดับความรุนแรง
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่าอยู่ระหว่าง 4.50 - 6.89 วินาที	4.50 - 6.89	1
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่าอยู่ระหว่าง 6.90 - 9.29 วินาที	6.90 - 9.29	2
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่าอยู่ระหว่าง 9.30 - 11.69 วินาที	9.30 - 11.69	3
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่าอยู่ระหว่าง 11.70 - 14.09 วินาที	11.70 - 14.09	4
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่าอยู่ระหว่าง 14.10 - 16.49 วินาที	14.10 - 16.49	5
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่าอยู่ระหว่าง 16.50 - 18.89 วินาที	16.50 - 18.89	6
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่าอยู่ระหว่าง 18.90 - 21.29 วินาที	18.90 - 21.29	7
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่าอยู่ระหว่าง 21.30 - 23.69 วินาที	21.30 - 23.69	8
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่าอยู่ระหว่าง 23.70 - 26.09 วินาที	23.70 - 26.09	9
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่ามากกว่า 26.10 วินาที	26.10 - 28.49	10

6.4.3.2 ความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดของเครื่อง CS3 (Occurrence, Probability of Failure: O)

จากการสุ่มตัวอย่างเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร CS3 พบว่า โอกาสที่รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่าสูงกว่ารอบเวลาการผลิตเป้าหมายคือ 4.5 วินาที มีค่าเท่ากับ 19.60% ซึ่งถ้ากำหนดระดับของโอกาสที่พบรอบเวลาการผลิตมากกว่าค่าเป้าหมายไว้ที่ 10 ระดับ จะมาสามารถกำหนดโอกาสในแต่ละช่วงระดับได้จากการคำนวณดังนี้

$$\text{ช่วงของโอกาส} = \frac{\text{โอกาสที่รอบเวลาการผลิตสูงกว่าค่าเป้าหมาย}}{\text{จำนวนของระดับที่ต้องการ}}$$

เมื่อแทนค่าจะได้

$$\text{ช่วงของโอกาส} = \frac{19.6}{10}$$

$$= 1.96\ \%$$

เพราะฉะนั้นระดับของโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ที่ช่วงที่ 1 จะมีค่าตั้งแต่ 0.00% ถึง 1.96% ส่วนช่วงที่สองจะมีค่าของรอบเวลาการผลิตตั้งแต่ 1.97% ถึง 3.93% ซึ่งจะได้ระดับระดับความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ทั้งหมด 10 ระดับดังแสดงในตารางที่ 6.10

ตารางที่ 6.10 แสดงระดับความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

รายละเอียดความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาด	โอกาสที่เกิดข้อผิดพลาด	ระดับโอกาส
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 0.00 - 1.96 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	0.00 - 1.96 %	1
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 1.97 - 3.93 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	1.97 - 3.93 %	2
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 3.94 - 5.90 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	3.94 - 5.90 %	3
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 5.91 - 7.87 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	5.91 - 7.87 %	4
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 7.88 - 9.84 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	7.88 - 9.84 %	5
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 9.85 - 11.81 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	9.85 - 11.81 %	6
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 11.82 - 13.78 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	11.82 - 13.78%	7
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 13.79 - 15.75 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	13.79 - 15.75 %	8
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 15.76 - 17.72 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	15.76 - 17.72 %	9
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 17.73 ตัวขึ้นไปจากการผลิต 100 ตัว	17.73 % ขึ้นไป	10

6.4.3.3 ระบบตรวจจับความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นของเครื่อง CS3 (Detection, Likelihood that control will detect Failure: D)

การที่ระบบการตรวจวัดกระบวนการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องจักร หรือวัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน เกิดความผิดพลาดเกิดขึ้น ทำให้มีความผิดพลาดหลุดเข้ามาสู่ระบบ จำนวนความผิดพลาดที่มีโอกาสเข้ามาสู่ระบบโดยระบบการตรวจวัดผิดพลาดสามารถแบ่งแยกออกเป็น 10 ระดับ ดังตารางที่ 6.11

ตารางที่ 6.11 แสดงระดับถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบ

รายละเอียดระบบตรวจจับความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น	ความผิดพลาดหลุดเข้าสู่ระบบ	ระดับการตรวจจับ
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 10,000	1 ใน 10,000	1
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 5,000	1 ใน 5,000	2
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 2,000	1 ใน 2,000	3
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 1,000	1 ใน 1,000	4
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 500	1 ใน 500	5
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 200	1 ใน 200	6
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 100	1 ใน 100	7
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 50	1 ใน 50	8
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 20	1 ใน 20	9
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 10	1 ใน 10	10

6.4.3.4 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

กระบวนการ	ข้อบกพร่องเกิดมาจาก	ข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น	SEV	สาเหตุที่เป็นไปได้	OCC	วิธีการควบคุมในปัจจุบัน	DET	RPN
เครื่องไขสกรู CS3	วิธีการทำงาน	การวัดค่าแรงขันสกรูว่าผ่านข้อกำหนดหรือไม่	เครื่องจักรจะต้องทำการ Reject งานตัวนั้น	4	ไขสกรูเข้าไปไม่ได้ตามที่ตั้งค่าไว้	4	ค่าแรงไขที่เครื่องจักรวัด	3	48
		การเติมสกรูเวลาสกรูหมด	เครื่องหยุดทำงานอัตโนมัติ	6	พนักงานบัง Sensor เพื่อเติมสกรู	2	ไม่มี	9	108
		การวัดความสูงของสกรูที่ไขเสร็จ	เครื่องจักรจะต้องทำการ Reject งานตัวนั้น	4	ไขสกรูเข้าไปไม่ได้ตามที่ตั้งค่าไว้	4	เครื่องวัดความสูงสกรู	3	48
	สิ่งแวดล้อม	การสั่นสะเทือนของเครื่องจักร	ทำให้การเคลื่อนที่ไปยังระยะที่ตั้งไว้ผิดพลาด	4	การสั่นสะเทือนที่เกิดจากเครื่องจักร CS3 เองและเครื่องจักรที่ติดกัน	5	ไม่มี	9	180
		ระบบไฟที่ใช้ในเครื่องจักร	ทำให้การเคลื่อที่ของเครื่องจักรผิดตำแหน่ง หรือช้าไป	2	การจ่ายไฟเพื่อใช้ในเครื่องจักรไม่สม่ำเสมอ	2	อุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า	2	8
		ระบบลมที่ใช้ในเครื่องจักร	ทำให้การเคลื่อที่ของเครื่องจักรผิดตำแหน่ง หรือช้าไป	3	การจ่ายลมเพื่อใช้ในเครื่องจักรไม่สม่ำเสมอ หรือระดับน้อยกว่าที่ต้องการ	3	มีระบบเกจวัดลม	2	18
	พนักงาน	บังระบบความปลอดภัยของเครื่องจักร	เครื่องหยุดการทำงาน	2	พนักงานเผลอ	2	มีระบบการฝึกอบรม ข้อควรระวัง และจะมีเสียงเตือนเมื่อมีการบังระบบความปลอดภัย	8	32
		ความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน	การแก้ไขข้อผิดพลาดการทำงานใช้เวลานาน	4	พนักงานใหม่ ไม่มีความเชี่ยวชาญ	3	ระบบการบันทึกการฝึกอบรม	6	72
	วัตถุดิบ	ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	ไขสกรูไม่ได้	5	ขนาดรูไม่ได้มาตรฐาน	3	ระบบควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต	4	60
		ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	ไขสกรูไม่ได้	5	ขนาดรูไม่ได้มาตรฐาน	3	ระบบควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต	4	60
		ผู้ผลิตสกรู	เครื่องเกิดการทำงานที่ผิดพลาด	5	มาตรฐานการผลิตที่แตกต่างกัน	6	ระบบควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต	4	120
		สกรูไม่ผ่านข้อกำหนด	ไขสกรูไม่ได้	5	ผู้ผลิตตรวจสอบไม่ดีผิดรุ่น	4	ระบบควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต	4	80
		สกรู Recycle	ไขสกรูไม่ได้	5	ขนาดสกรูเกิดการเสียรูป	6	เครื่องตรวจคุณภาพสกรู	3	90
	เครื่องจักร	การตั้งค่าตำแหน่งการยกตัวของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	ไขสกรูไม่ได้	5	การปรับตั้งระยะไม่ได้มาตรฐาน	2	มีเกจในการปรับตั้งเครื่องจักร	4	40
		การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ไปไข	ไขสกรูไม่ได้ตำแหน่ง	5	การปรับตั้งระยะไม่ได้มาตรฐาน	3	มีเกจในการปรับตั้งเครื่องจักร	4	60
		การตั้งค่าการเคลื่อนที่มาหยิบสกรู	การหยิบสกรูผิดพลาด	5	การปรับตั้งระยะไม่ได้มาตรฐาน	3	มีเกจในการปรับตั้งเครื่องจักร	4	60
		ความผิดพลาดของการทำงานของโปรแกรม	ต้องเริ่มทำงานของโปรแกรมใหม่	4	การเขียนโปรแกรมผิดพลาด	2	ก่อนการลงโปรแกรมใหม่จะมีการทดสอบโดยวิศวกรผู้ออกแบบ	2	16
		การตั้งแรงลมในการดูดสกรูที่เหมาะสม	สกรูหล่นหรือสกรูติดที่หัวไข	6	แรงลมน้อยหรือมากเกินไป	5	เกจวัดลม	4	120
		การอ่าน RFID ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	เครื่องไม่สามารถอ่านหรือบันทึกข้อมูลใน RFID ได้		ระยะระหว่างตัวอ่านกับ RFID		ระบบซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน โดยตรวจอาทิตย์ละครั้ง		0
		การลำเลียงสกรูเกิดการผิดพลาด	หัวไขไม่สามารถหยิบสกรูได้	5	เกิดการติดขัดในร่องลำเลียงสกรู	5	พนักงานดู	7	175
		ความเร็วในการไขของหัวไข	ความเร็วไม่ได้ตามข้อกำหนด	6	อุปกรณ์เสื่อมสภาพ	2	ระบบซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน โดยตรวจอาทิตย์ละครั้ง	4	48

รูปที่ 6.18 แสดงการวิเคราะห์ FMEA ของเครื่อง CS3

หลังจากที่ทำการกำหนดระดับคะแนนของค่าระดับผลกระทบ ความถี่ และความสามารถในการตรวจจับ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องจะทำการให้คะแนนของแต่ละสาเหตุของปัญหาดังแสดงในรูปที่ 6.18 ก็สามารถกำหนดระดับ RPN (Risk Priority Number) ของแต่ละสาเหตุ ซึ่งสาเหตุของปัญหาที่มีค่า RPN สูงสุดในลำดับต้นๆ 60% แรกคือ

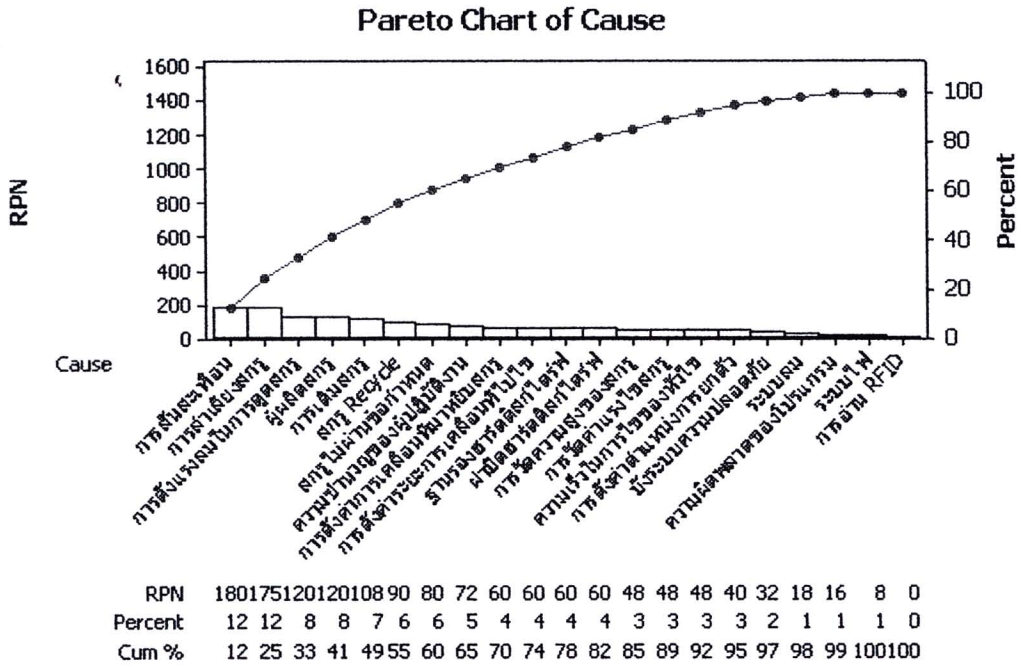
1. สาเหตุจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรมีค่า RPN ที่ 180
2. สาเหตุจากการลำเลียงสกรูที่ผิดพลาดมีค่า RPN ที่ 175

3. สาเหตุจากการตั้งแรงลมในการดูดสกรูมีค่า RPN ที่ 120

4. สาเหตุจากผู้ผลิตสกรูที่แตกต่างกันมีค่า RPN ที่ 120

5. สาเหตุจากสกรู Recycleมีค่า RPN ที่ 108

จากการวิเคราะห์หาความรุนแรงของสาเหตุของปัญหาจาก FMEA ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 สามารถสรุปเป็นแผนผังพาเรโตของค่า RPN ของแต่ละสาเหตุของปัญหาได้ดังรูปที่ 6.19



รูปที่ 6.19 แสดงแผนภูมิพาเรโตของความรุนแรงจากการวิเคราะห์ด้วย FMEA ของเครื่อง CS3

6.4.4 การทดสอบสมมติฐานของเครื่อง CS3

จากการวิเคราะห์ FMEA ของเครื่องจักร CS3 ใน หัวข้อ 6.4.3 ทำให้สามารถสรุปว่าปัจจัยที่อาจจะมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร CS3 5 อันดับแรกคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร

2. อิทธิพลเนื่องมาจากผู้ผลิตสกรู

3. อิทธิพลเนื่องมาจากสกรู Recycle

4. อิทธิพลเนื่องมาจากการตั้งแรงลมในการดูดสกรูที่เหมาะสม

5. อิทธิพลเนื่องมาจากการลำเลียงสกรูเกิดการผิดพลาด

ซึ่งจะทำการตั้งสมติฐานและทดสอบสมมติฐานเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผมต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรต่อไป

6.4.4.1 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร

<u>ปัญหา</u>

การประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะต้องถูกกระทำในห้องสะอาด ซึ่งถูกออกแบบให้พื้นเป็นแบบโปร่งที่สามารถดูดฝุ่นลงไปใต้พื้นได้ ในหนึ่งห้องสะอาดจะมีเครื่องจักรอยู่จำนวนประมาณ 480 - 500 เครื่อง ซึ่งเมื่อทุกเครื่องทำงานพร้อมกันเกิดจะเกิดการสั่นสะเทือนเกิดขึ้น การสั่นสะเทือนก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่อาจจะมีผลต่อการทำงานและรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 โดยการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นอาจจะส่งผมต่อตำแหน่งการวางที่คลาดเคลื่อนหรือการหยิบจับที่ผิดพลาด โดยอุปกรณ์ที่ได้ทำการออกแบบเพื่อลดความสั่นสะเทือนแสดงในรูปที่ 5.4 ที่จะยึดฐานของเครื่องจักรกับพื้น

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; การสั่นสะเทือนของเครื่องจักร CS3 ไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; การสั่นสะเทือนของเครื่องจักร CS3 มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องCS3

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio = 1.6145

Sample size = 58

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ทำการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาด

2. ทำการวัดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรบริเวณฐานของเครื่องจักรโดยดูค่าที่สูงที่สุด

3. ถอดอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรกับพื้นของห้องสะอาดออก

4. ทำการวัดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรบริเวณฐานของเครื่องจักรโดยดูค่าที่สูงที่สุด

5. ทำการเปรียบเทียบสองจุดที่ได้ทำการวัดจากเครื่องมือดังรูปที่5.5 และผลการวัดดังแสดงในตารางที่ 6.12

6. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สกรู จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น

7. กลุ่มแรกทำการประกอบในขณะที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาด และทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น

8. กลุ่มสองทำการประกอบในขณะที่ติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาดออก และทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น

9. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่างทำในเวลาต่อเนื่องกัน พนักงานควบคุมเครื่องคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

10. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 6.12 เปรียบเทียบความสั่นสะเทือนของฐานเครื่อง CS3 ก่อนและหลังปรับปรุง

	ก่อนการปรับปรุง		หลังการปรับปรุง	
	จุดหยิบสกรู	จุดไขสกรู	จุดหยิบสกรู	จุดไขสกรู
การสั่นสะเทือน (mm/s)	0.81	0.89	0.71	0.81

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>

Test for Equal Variances: Cycle time versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	600	2.21521	2.35893	2.52183
B	600	1.37201	1.46102	1.56191

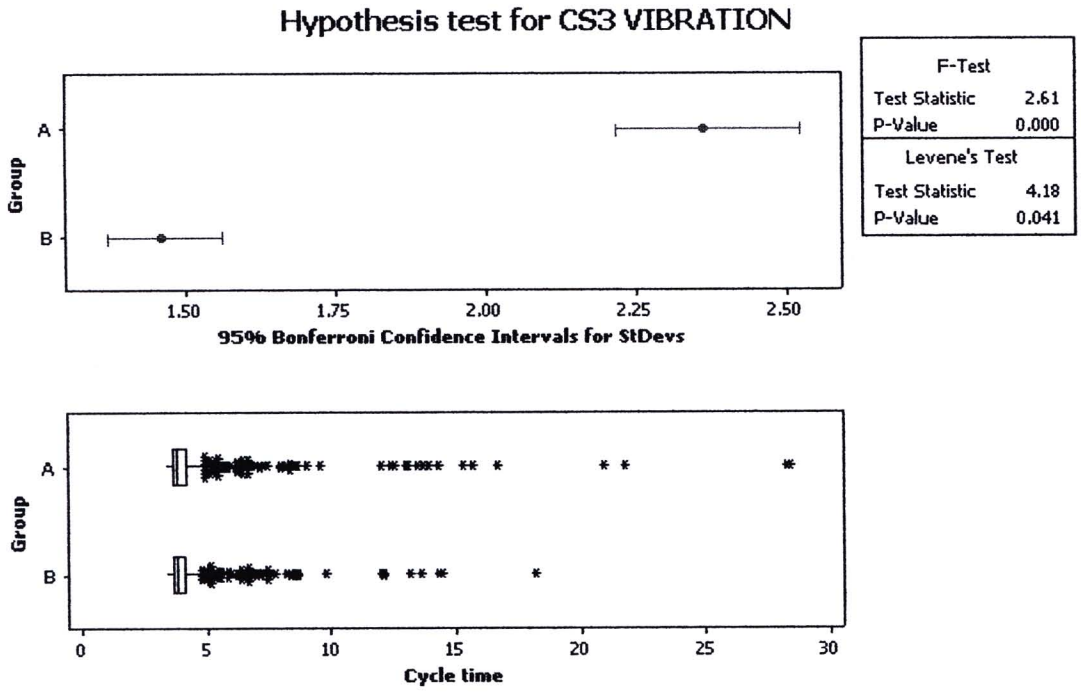
F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 2.61, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 4.18, p-value = 0.041

Hypothesis test for CS3 VIBRATION



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.041 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วย

ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ระหว่างการทำงานของเครื่อง CS3 ที่มีความสั่นสะเทือนที่แตกต่างกัน

6.4.4.2 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากผู้ผลิตสกรู

<u>ปัญหา</u>

ผู้ผลิตสกรูมีทั้งหมด 3 ผู้ผลิตที่แตกต่างกัน โดยคุณภาพของสกรูจากผู้ผลิตทั้ง 3 อาจจะมีความแตกต่างกัน จนทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง CS3 มีผลกระทบจากการประกอบสกรู

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$; สกรูจากผู้ผลิตที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$; สกรูจากผู้ผลิตที่แตกต่างกันมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองไม่เพียงพอจึงต้องทำการเก็บข้อมูลเพิ่มที่กลุ่มตัวอย่าง 2700

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio AB = 1.2087

Critical ratio BC = 1.1278

Critical ratio AC = 1.0718

Sample size AB = 360

Sample size BC = 900

Sample size AC = 2700

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 8100 ชิ้น
2. เตรียมสกรูจากผู้ผลิตทั้งสาม อย่างละ 2700 ชิ้น
3. ทำการเดินเครื่องประกอบสกรูจากกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่ม
4. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง ใช้พนักงานควบคุมเครื่องจักรคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง
5. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>

Test for Equal Variances: Cycle time versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	2700	2.75460	2.84449	2.94013
B	2700	2.36144	2.43851	2.52050
C	2700	2.60405	2.68903	2.77944

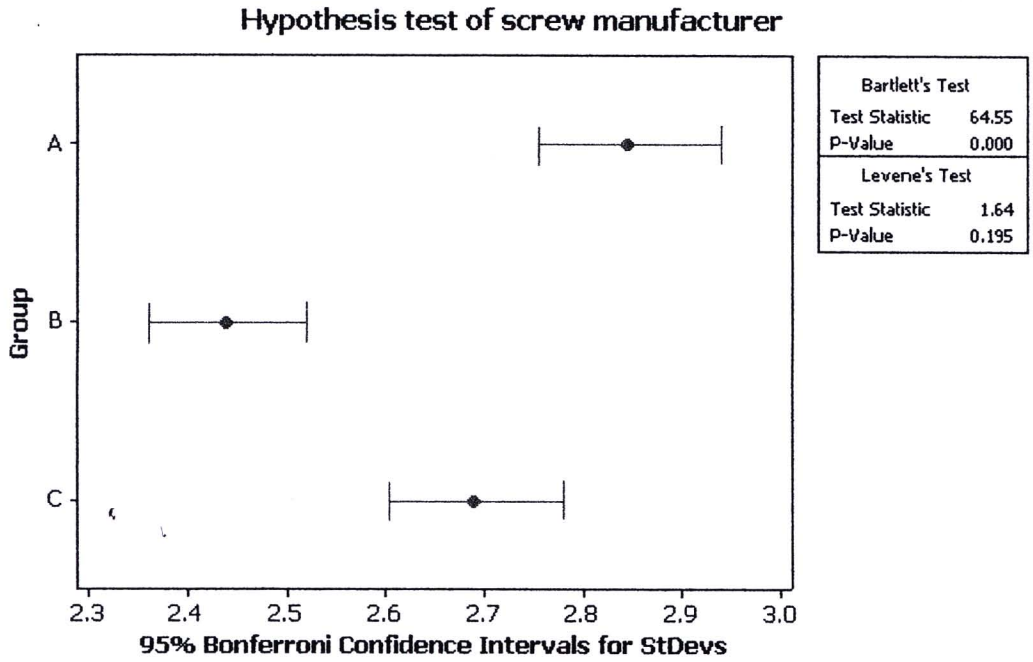
Bartlett's Test (Normal Distribution)

Test statistic = 64.55, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 1.64, p-value = 0.195

Test for Equal Variances: Cycle time versus Group



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.195 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 และสรุปว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ระหว่างการทำงานของเครื่อง CS3 ที่ประกอบสกรูจากผู้ผลิตแต่งต่างกัน

6.4.4.3 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากสกรู Recycle

<u>ปัญหา</u>

สกรูที่ใช้ไขในเครื่อง CS3 จะมีสองประเภทคือ สกรูใหม่ที่ได้จากผู้ผลิตและสกรู Recycle ที่เคยผ่านกระบวนการประกอบมาแล้ว แต่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวนั้นไม่ผ่านข้อกำหนด จึงถูกแยกส่วนประกอบและเอาสกรูที่ยังดีอยู่มาใช้ใหม่เพื่อลดต้นทุนค่าชิ้นส่วน โดยสกรูจะผ่านเครื่องวัดขนาดความกว้างระหว่างเกลียว เพื่อให้แน่ใจว่าผ่านตามข้อกำหนดก่อนนำกลับมาใช้ใหม่ โดยสกรู Recycle ก็อาจจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เครื่องเกิดการทำงานที่ผิดพลาด และส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตได้

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; สกรูใหม่กับสกรู Recycleไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; สกรูใหม่กับสกรู Recycleมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio = 1.3828

Sample size = 125

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 600 ชิ้น
2. เตรียมสกรูสองแบบคือสกรูใหม่และสกรู Recycle อย่างละ 600 ชิ้น
3. ทำการเดินเครื่องประกอบสกรูจากกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม
4. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง ใช้พนักงานควบคุมเครื่องจักรคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง
5. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>

Test for Equal Variances: Cycle time versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	600	2.01377	2.14443	2.29251
B	600	2.78460	2.96527	3.17003

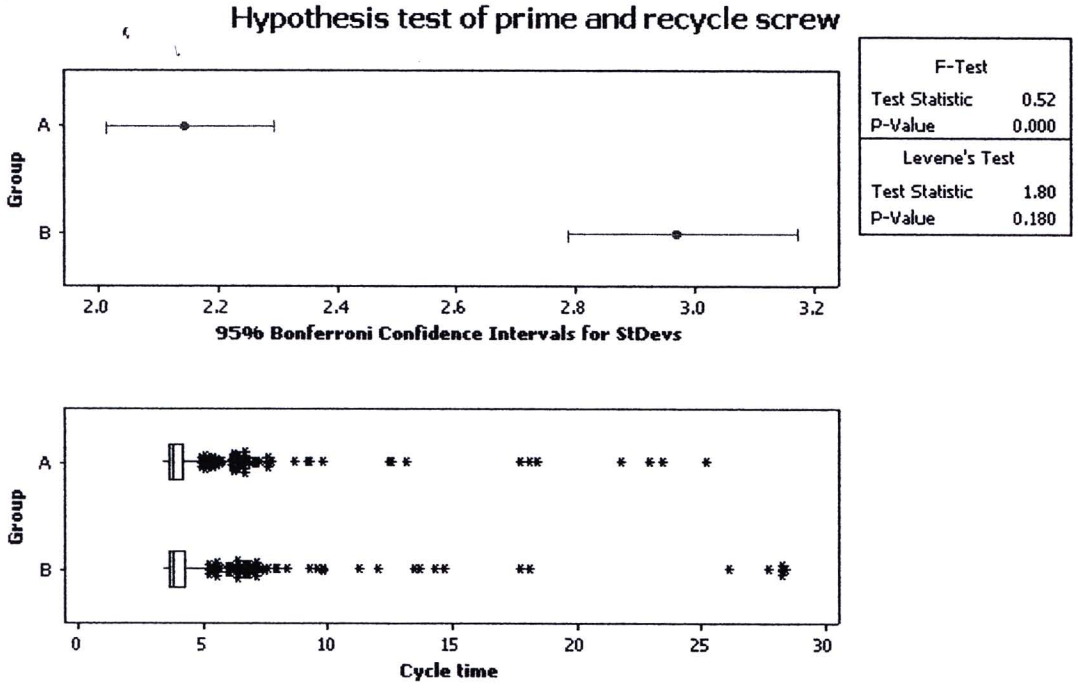
F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 0.52, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 1.80, p-value = 0.180

Hypothesis test of prime and recycle screw



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.180 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 และสรุปว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ระหว่างการทำงานของเครื่อง CS3 ที่ประกอบสกรูใหม่จากผู้ผลิตกับสกรู Recycle

6.4.4.4 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากตั้งแรงลมในการดูดสกรูที่เหมาะสม

<u>ปัญหา</u>

แรงลมที่ใช้ในการดูดสกรูและปล่อยสกรูเพื่อทำการไข ก็เป็นส่วนสำคัญของการทำงานที่ผิดพลาดหรือ ได้รอบเวลาการผลิตตามค่าเป้าหมายหรือไม่ การที่ลมน้อยไปก็จะเกิดการตกของสกรูทำให้ต้องเสียเวลากลับมาหยิบสกรูตัวใหม่ ส่วนแรงลมที่แรงเกินไปก็จะทำให้ไขสกรูเวลานานขึ้น ดังนั้นการตั้งค่าแรงลมที่เหมาะสมก็จะช่วยให้การทำงานของเครื่องจักรเป็นไปตามค่าเป้าหมายที่กำหนด โดยปัจจุบันแรงลมที่ตั้งไว้คือ 530 ซึ่งค่าน้อยสุดถึงค่ามากสุดที่เครื่องสามารถทำงานได้ถูกกำหนดไว้คือ 550 - 650

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$; แรงลมในการดูดที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$; แรงลมในการดูดที่แตกต่างกันมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอ

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio AB = 1.3126

Critical ratio BC = 1.1992

Critical ratio AC = 1.5741

Sample size AB = 177

Sample size BC = 395

Sample size AC = 65

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. เตรียมสกรู ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จากผู้ผลิตเดียวกัน และกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1800 ชิ้น

2. ปรับตั้งแรงลมดูดสกรูที่สามค่าคือ 550,600 และ 650

3. ทำการเดินเครื่องประกอบสกรูจากกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่ม

4. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง ใช้พนักงานควบคุมเครื่องจักรคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

5. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>

Test for Equal Variances: Cycle time versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	600	1.64818	1.76254	1.89296
B	600	2.16341	2.31351	2.48471
C	600	2.59454	2.77456	2.97987

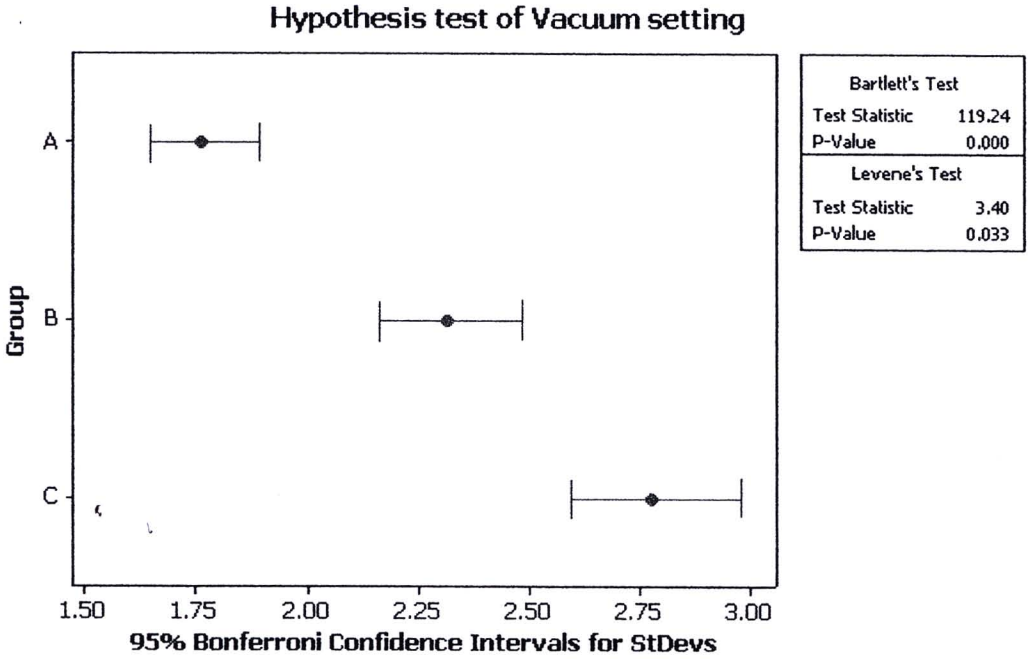
Bartlett's Test (Normal Distribution)

Test statistic = 119.24, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 3.40, p-value = 0.033

Test for Equal Variances: Cycle time versus Group



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.033 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ระหว่างการตั้งค่าแรงลมดูดที่แตดต่างกัน

6.4.4.5 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากการลำเลียงสกรูเกิดการผิดพลาด

<u>ปัญหา</u>

สกรูที่ใช้ในการประกอบจะถูกเทใส่ในชุดลำเลียงสกรู แล้วสกรูจะถูกลำเลียงไปตามรางโดย แรงสั่นสะเทือน ในบางจังหวะการลำเลียงของสกรูเกิดการติดขัดในสายลำเลียง เป็นสาเหตุให้รอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรต้องเกิดการรอ ทำให้รอบเวลาการผลิตมากกว่าปกติ

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; แรงลมที่ช่วยการลำเลียงสกรูไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; แรงลมที่ช่วยการลำเลียงสกรูมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอ

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio AB = 1.3381

Sample size AB = 155

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. เตรียมสกรู ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น
2. ทำการเดินเครื่องประกอบสกรูจากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มแรก 600 ตัว
3. ทำการติดตั้งระบบลมเป่า และทำการเดินเครื่องประกอบสกรูจากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มสอง 600 ตัว
4. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่าง ใช้พนักงานควบคุมเครื่องจักรคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง
5. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>

Test for Equal Variances: Cycle time versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	600	2.53786	2.70252	2.88914
B	600	1.89654	2.01959	2.15905

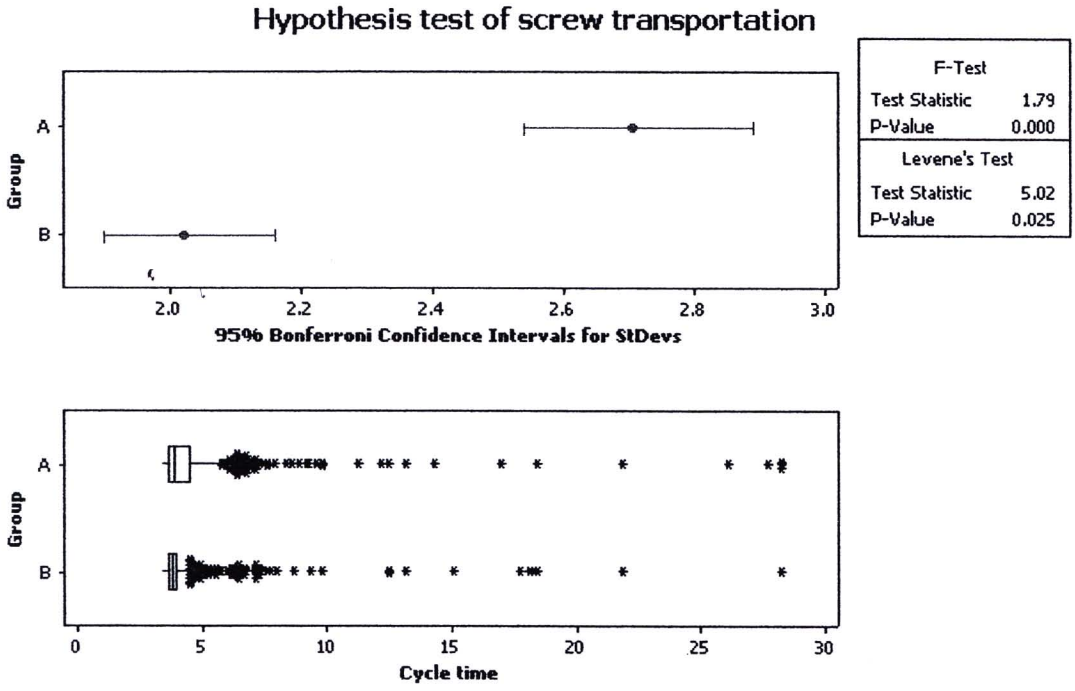
F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 1.79, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 5.02, p-value = 0.025

Hypothesis test of screw transportation



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.025 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ระหว่างการติดตั้งระบบลมเป่าเพื่อช่วยในการลำเลียงสกรูและการไม่ติดตั้ง

6.4.4.6 สรุปผลการทดสอบสมมติฐานของเครื่อง CS3

สามารถสรุปผลการทดสอบสมมติฐานว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ได้ดังนี้

อิทธิพลที่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีด้วยกัน 3 ปัจจัยคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร
2. อิทธิพลเนื่องมาจากการตั้งแรงลมในการดูดสกรูที่เหมาะสม
3. อิทธิพลเนื่องมาจากการลำเลียงสกรูเกิดการผิดพลาด

อิทธิพลที่ไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีด้วยกัน 2 ปัจจัยคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากสกรู Recycle
2. อิทธิพลเนื่องมาจากผู้ผลิตสกรูที่แตกต่างกัน

6.4.5 การปรับปรุงเครื่องจักร CS3

การปรับปรุงกระบวนการของเครื่อง CS3 จากผลการทดสอบสมมติฐานในหัวข้อ 6.4.4 อิทธิพลที่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีด้วยกัน 3 ปัจจัยคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร
2. อิทธิพลเนื่องมาจากการตั้งแรงลมในการดูดสกรูที่เหมาะสม
3. อิทธิพลเนื่องมาจากการลำเลียงสกรูเกิดการผิดพลาด

ทีมงานที่ประกอบไปด้วยส่วนที่เกี่ยวข้องได้ทำการระดมความคิดเพื่อหาวิธีการปรับปรุงกระบวนการของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อที่จะลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องให้น้อยลง ซึ่งก็ได้การปรับปรุงในแต่ละอิทธิพลดังนี้

6.4.5.1 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตเนื่องมาจากอิทธิพลของการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร

<u>ปัญหา</u>

การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับเครื่อง CS3 โดยมีค่าความสั่นสะเทือนที่วัดได้คือ ที่บริเวณจุดหยิบสกรูมีค่าเท่ากับ 0.81 mm/sec และที่บริเวณจุดไขสกรูมีค่าเท่ากับ 0.89 mm/sec การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นส่งผลต่อการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องจักรและความแปรปรวนรอบเวลาการ

ผลิตของเครื่องจักร จากผลการทดสอบสมมติฐานในบทที่ 5 การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับเครื่อง CS3 ส่งผลต่อระบบการเคลื่อนย้ายสกรู การไขสกรู การวัดความสูงสกรู ที่อาจจะเกิดการทำงานที่ผิดพลาดได้

<u>วิธีการปรับปรุง</u>

จากการระดมความคิดและปรึกษาแผนกออกแบบเครื่องจักร ทางทีมงานได้ออกแบบอุปกรณ์ในการยึดขาตั้งเครื่องจักรเพื่อยึดเครื่องจักรให้ติดกับพื้น ดังแสดงในรูปที่ 6.10 ซึ่งจะทำให้แรงสั่นสะเทือนของต่อเครื่อง CS3 ลดลง และได้ออกแบบคานที่ทำจากแสตนเลสสตีล เพื่อยึดตัวเครื่องจักรเพื่อให้เครื่องจักรมีความแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งจะช่วยลดความสั่นสะเทือนที่จะเกิดขึ้นกับเครื่อง CS3 โดยก่อนทำการปรับปรุงสามารถวัดความสั่นสะเทือนบนเครื่อง CS3 ที่ตำแหน่งจุดหยิบสกรูมีค่าเท่ากับ 0.81 mm/sec และที่บริเวณจุดไขสกรูมีค่าเท่ากับ 0.89 mm/sec ตามลำดับ และหลังจากปรับปรุง สามารถวัดความสั่นสะเทือนบนเครื่อง CS3 ที่ตำแหน่งจุดหยิบสกรูมีค่าเท่ากับ 0.71 mm/sec และที่บริเวณจุดไขสกรูมีค่าเท่ากับ 0.81 mm/sec ตามลำดับ

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; การสั่นสะเทือนที่ลดลงไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; การสั่นสะเทือนที่ลดลงมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ทำการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาด และคานยึดเครื่องจักรที่ได้ออกแบบไว้

2. ทำการวัดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรบริเวณฐานของเครื่องจักรโดยดูค่าที่สูงที่สุดที่ตำแหน่งจุดหยิบสกรู และที่บริเวณจุดไขสกรู

3. ถอดอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรกับพื้นของห้องสะอาดและคานยึดเครื่องจักรออก

4. ทำการวัดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรบริเวณฐานของเครื่องจักรโดยดูค่าที่สูงที่สุด

5. ทำการเปรียบเทียบสองจุดที่ได้ทำการวัดจากเครื่องมือวัดแรงสั่นสะเทือน

6. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และ สกรู จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น

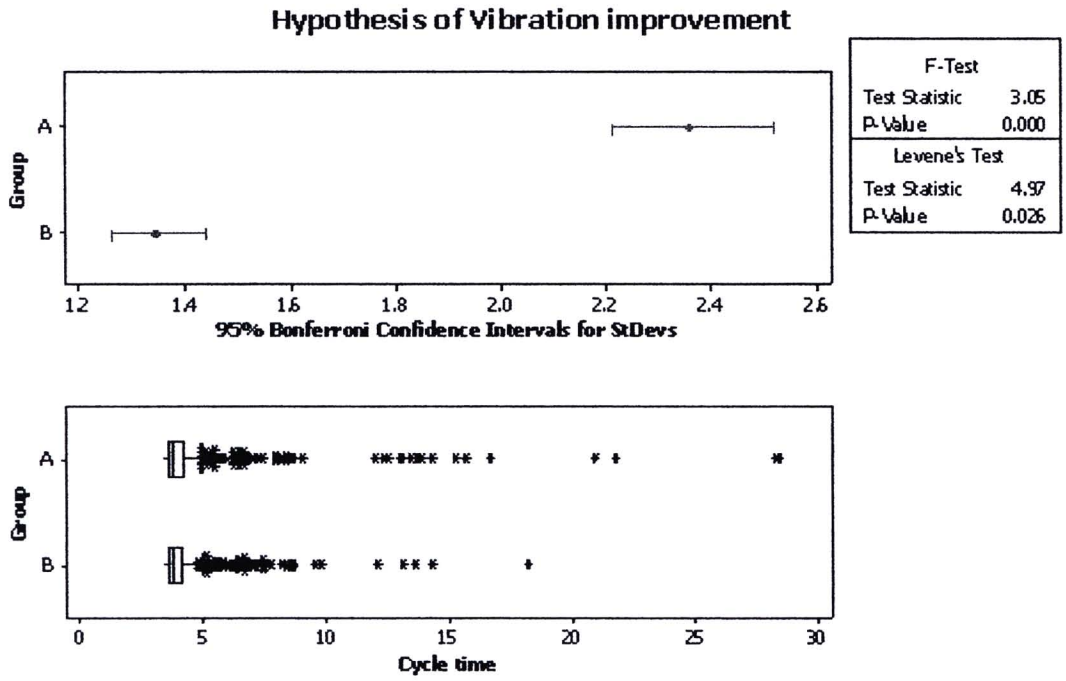
7. กลุ่มแรกทำการประกอบในขณะที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาด และทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น

8. กลุ่มสองทำการประกอบในขณะที่ติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาดออก และทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น

9. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่างทำในเวลาต่อเนื่องกัน พนักงานควบคุมเครื่องคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

10. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.026 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วย

ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องไขสกรูฝาปิดระหว่างความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรที่แตกต่างกัน

6.4.5.2 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตเนื่องมาจากอิทธิพลของการตั้งแรงลมในการดูดสกรูที่เหมาะสม

<u>ปัญหา</u>

แรงลมที่ใช้ในการดูดสกรูและปล่อยสกรูเพื่อทำการไข ก็เป็นส่วนสำคัญของการทำงานที่ผิดพลาดหรือ ได้รอบเวลาการผลิตตามค่าเป้าหมายหรือไม่ การที่ลมน้อยไปก็จะเกิดการตกของสกรูทำให้ต้องเสียเวลากลับมาหยิบสกรูตัวใหม่ ส่วนแรงลมที่แรงเกินไปก็จะทำให้ไขสกรูเวลานานขึ้น ดังนั้นการตั้งค่าแรงลมที่เหมาะสมก็จะช่วยให้การทำงานของเครื่องจักรเป็นไปตามค่าเป้าหมายที่กำหนด

<u>วิธีการปรับปรุง</u>

การออกแบบเครื่องจักรที่ออกแบบไว้ให้สามารถปรับตั้งค่าแรงดูดลมที่ใช้ในการหยิบจับสกรู ให้มีค่าอยู่ระหว่าง 500 – 650 ซึ่งค่าปัจจุบันที่ตั้งค่าไว้คือ 530 เพื่อที่จะหาค่าแรงลมที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตน้อยที่สุด และค่าแรงลมอยู่ในระยะที่ฝ่ายออกแบบออกแบบไว้เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อสกรู จึงทำการทดลองที่ค่าแรงลมที่ตั้งไว้เป็น 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 และ 650 ตามลำดับ เพื่อดูว่าความแปรปรวนที่น้อยที่สุดเกิดขึ้นที่แรงลมเท่าไร

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; การตั้งแรงลมในการดูดสกรูที่เหมาะสมไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; การตั้งแรงลมในการดูดสกรูที่เหมาะสมมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

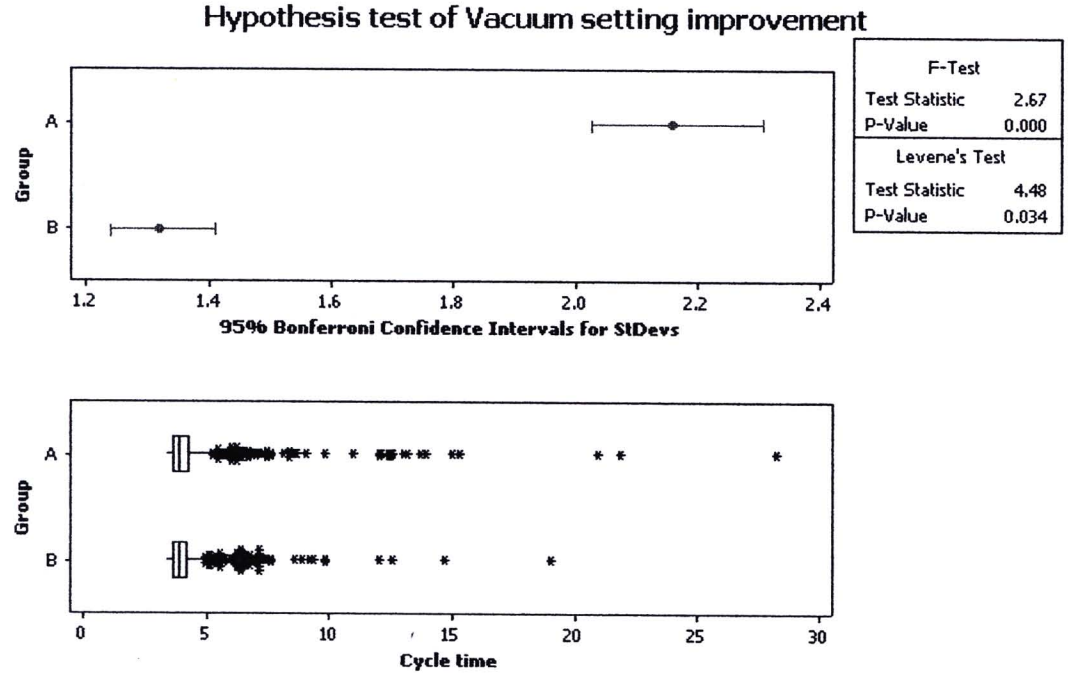
<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. เตรียมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 16 กลุ่ม ๆ ละ 600 โดยฐานรองและฝาปิดผู้ผลิตเดียวกัน ชุดผลิตเดียวกัน และสกรูจากผู้ผลิตเดียวกัน ชุดผลิตเดียวกัน 16 กลุ่ม ๆ ละ 600
2. ทำการผลิตทั้ง 16 กลุ่มโดยปรับค่าแรงลมดูดที่ต่างกันคือ 550 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 และ 650 ตามลำดับ
3. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่างทำในเวลาต่อเนื่องกัน พนักงานควบคุมเครื่องคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง
4. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้ง 16 กลุ่มมาทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.034 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องไขสกรูฝาปิดระหว่างการตั้งค่าแรงลมดูดของเครื่องจักรที่ 530 กับ 580 แตกต่างกัน

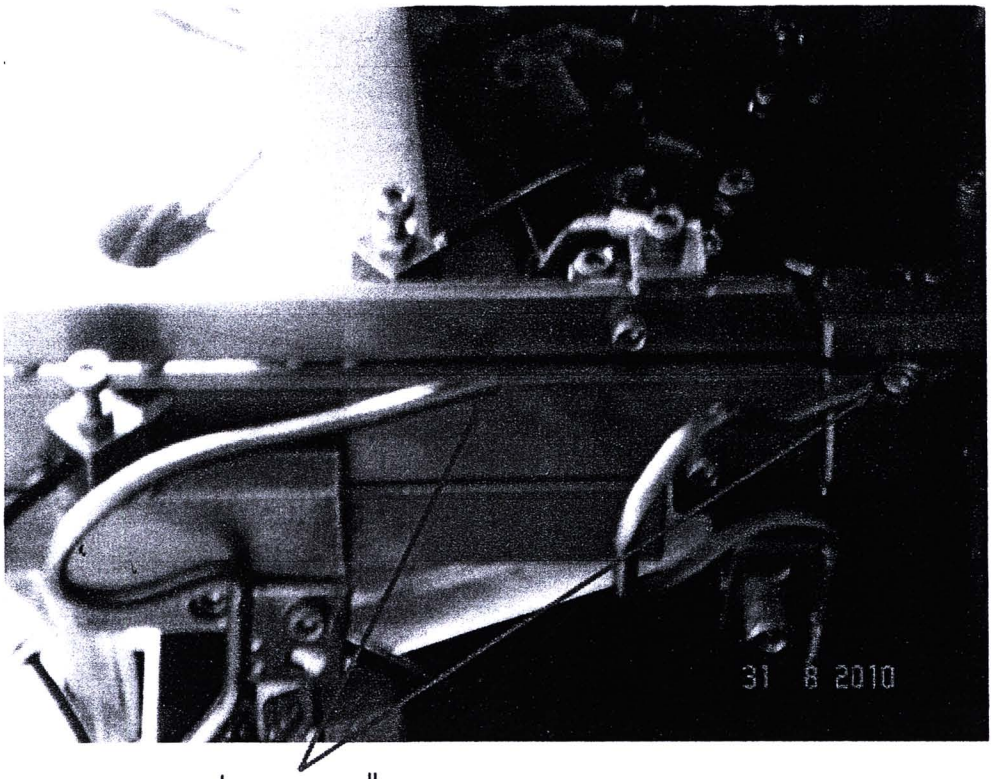
6.4.5.3 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตเนื่องมาจากอิทธิพลของการลำเลียงสกรูเกิดการผิดพลาด

<u>ปัญหา</u>

สกรูที่ใช้ในการประกอบจะถูกเทใส่ในชุดลำเลียงสกรู แล้วสกรูจะถูกลำเลียงไปตามรางโดย แรงสั่นสะเทือน ในบางจังหวะการลำเลียงของสกรูเกิดการติดขัดในสายลำเลียง เป็นสาเหตุให้รอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรต้องเกิดการรอ ทำให้รอบเวลาการผลิตมากกว่าปกติ

<u>วิธีการปรับปรุง</u>

ออกแบบระบบเป่าลมเพื่อช่วยในการลำเลียงสกรูตามรูปที่ 6.20 หรือลดเหตุการณ์ที่สกรูเกิดการติดขัดในสายลำเลียง ซึ่งย่อมส่งผลต่อการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3



ท่อของระบบเป่าลม

รูปที่ 6.20 แสดงอุปกรณ์เป่าลมเพื่อช่วยในการลำเลียงสกรู

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; แรงลมที่ช่วยการลำเลียงสกรูไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; แรงลมที่ช่วยการลำเลียงสกรูมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ทำการออกแบบระบบเป่าลมที่รางลำเลียงสกรูและติดตั้งบนรางลำเลียงสกรู

2. เตรียมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 2 กลุ่ม ๆ ละ 600 โดยฐานรองและฝาปิดผู้ผลิตเดียวกัน ชุดผลิตเดียวกัน และสกรูจากผู้ผลิตเดียวกัน ชุดผลิตเดียวกัน 2 กลุ่ม ๆ ละ 600

3. ทำการประกอบสกรูฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกลุ่มแรก 600 ชิ้น โดยไม่เปิดระบบลมเป่า

4. เก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของกลุ่มแรก

5. ทำการประกอบสกรูฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกลุ่มสอง 600 ชิ้น โดยเปิดระบบลมเป่า

6. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่างทำในเวลาต่อเนื่องกัน พนักงานควบคุมเครื่องคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

7. เก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของกลุ่มสองและทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>

Test for Equal Variances: Before install, After install

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

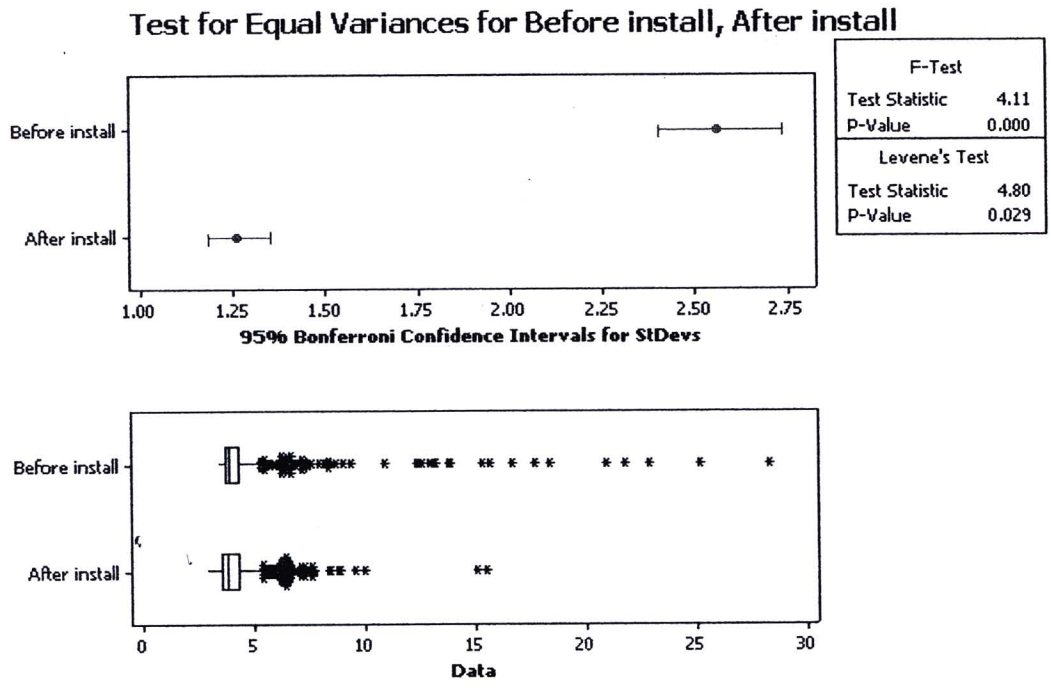
	N	Lower	StDev	Upper
Before install	600	2.40063	2.55638	2.73291
After install	600	1.18376	1.26057	1.34761

F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 4.11, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 4.80, p-value = 0.029

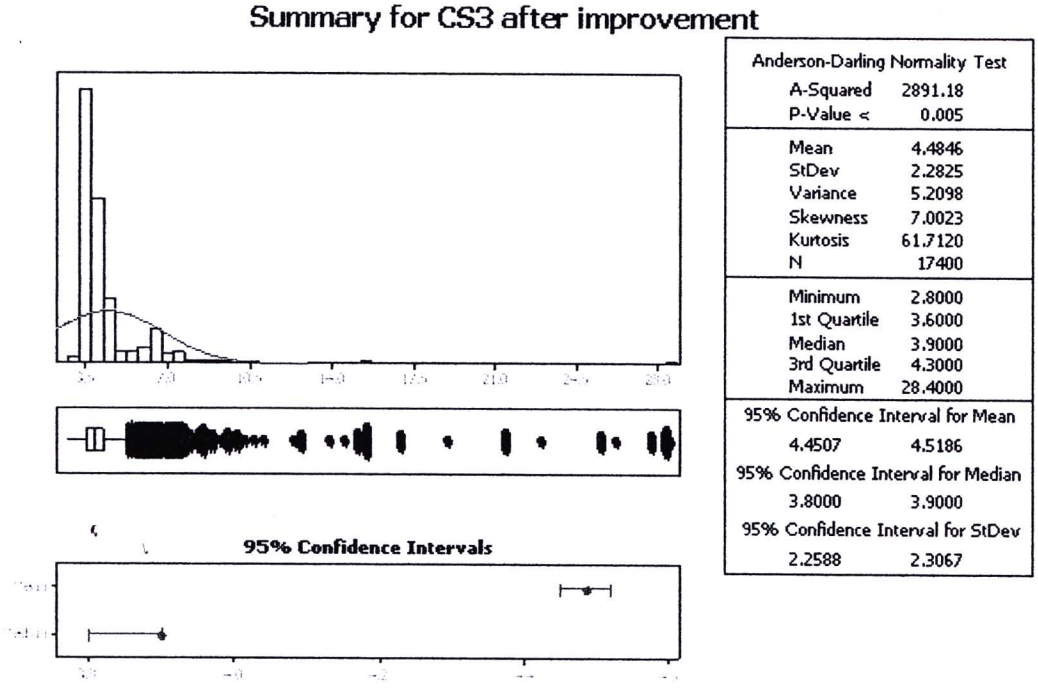


<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.029 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องไขสกรูฝาปิดระหว่างการติดตั้งระบบเป่าลมที่รางลำเลียงสกรูและไม่ติดตั้งบนรางลำเลียงสกรู

6.4.5.4 สรุปการปรับปรุงกระบวนการของเครื่องไขสกรูฝาปิด

เมื่อปรับปรุงกระบวนการทั้ง 3 วิธีการแล้วทำการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของ CS3 พบว่าความแปรปรวนหลังการปรับปรุงลดลงมาที่ 5.2098 ซึ่งสามารถปรับปรุงได้ 28.66%



โดยสามารถสรุปค่าทางสถิติของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 6.13

ตารางที่ 6.13 เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง

ค่าทางสถิติ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ค่าเฉลี่ย	4.6042	4.4846
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.7025	2.2825
ความแปรปรวน	7.3036	5.2098
โอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาที	19.60%	15.21%

6.2 บทสรุป

1. ข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL พบว่าความแปรปรวนหลังการปรับปรุงลดลงมาที่ 6.6792 ซึ่งสามารถปรับปรุงได้ 32.28%

2. ข้อมูลรอบเวลาการผลิตของ CS3 พบว่าความแปรปรวนหลังการปรับปรุงลดลงมาที่ 5.2098 ซึ่งสามารถปรับปรุงได้ 28.66%