บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

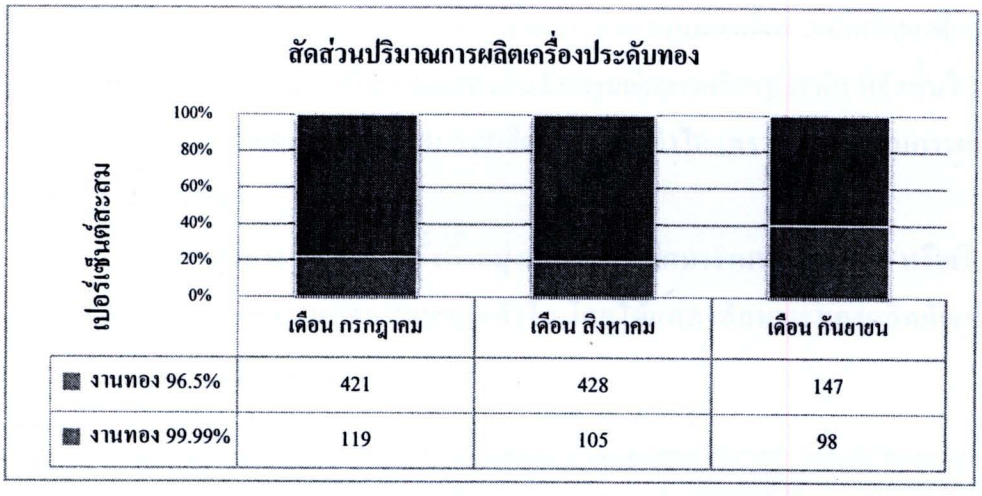
การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาและวิเคราะห์เพื่อเพิ่มประสิทธิผลการผลิตในโรงงานเครื่องประดับทอง และจัดทำเป็นวิธีปฏิบัติที่เหมาะสมในการดำเนินงาน โดยนำแนวคิดในการแก้ไขปัญหา และใช้หลักการทางวิศวกรรมอุตสาหการมาทำการปรับปรุง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และเพิ่มอัตราผลผลิต ในโรงงานซึ่งมีผลการดำเนินการวิจัย ดังนี้

4.1 สภาพปัจจุบันของโรงงานที่ทำการศึกษา

หลังจากศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้ว ก็จะนำมาสู่การหาข้อมูลเกี่ยวกับโรงงาน โดยศึกษาถึงกระบวนการทำงานภายในโรงงานผลิตเครื่องประดับทอง ซึ่งเป็นการศึกษาการทำงานภายในโรงงานบริเวณ ถนนเจริญนครซอย 11 พบว่า ลักษณะการทำงานร้อยละ 70 เป็นรูปแบบการทำงานทางด้านหัตถกรรม แต่ก็มีงานบางอย่างที่จะต้องผ่านกระบวนการโดยเครื่องจักรที่ต้องอาศัยคนงานในการควบคุม เช่น ขั้นตอนการรีดแผ่นโลหะ ขั้นตอนการทำพื้นผิวประกายเพชรด้วยเครื่องมือ และขั้นตอนการตัดลวดลายด้วยหัวเพชร โดยช่างฝีมือที่ทำงานอยู่ภายในโรงงานตัวอย่างนั้นมีจำนวนทั้งหมด 20 คน โดยทำงานตั้งแต่เวลา 9.00 – 18.00 น. ทำงานตั้งแต่วันจันทร์ ถึง วันเสาร์ ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ของทางโรงงานจะเป็นงานฝีมือที่ทำจากทองคำ ทั้งในรูปแบบงานทองสุโขทัย งานทองเพชรบุรี งานทองลพบุรี งานทองร่วมสมัย และงานทองที่สั่งทำโดยลูกค้า ได้แก่ กรอบพระ แหวนประจำตระกูล จี้ห้อยคอ เป็นต้น

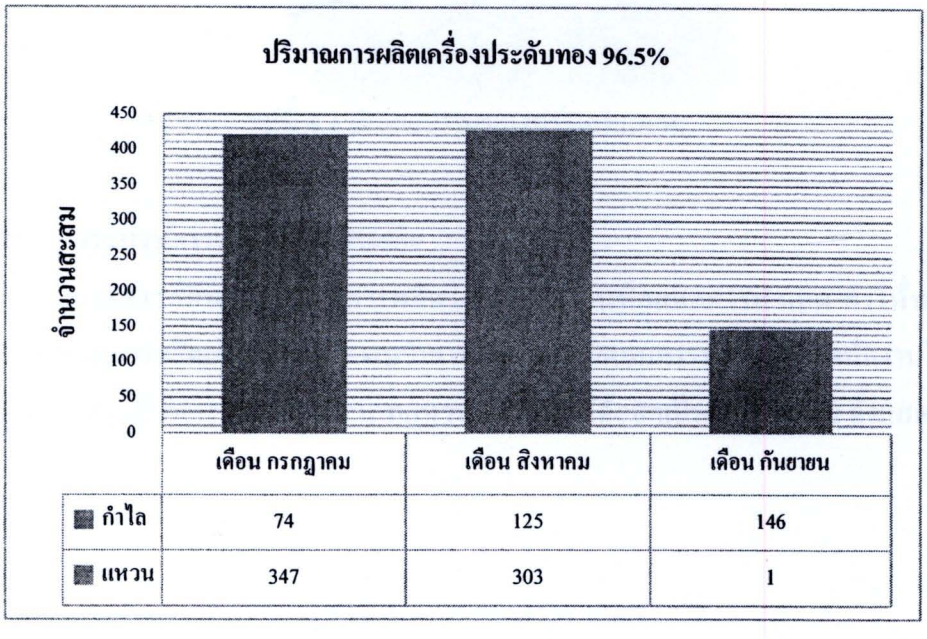
4.1.1 ผลิตภัณฑ์ของโรงงาน

โรงงานกรณีศึกษานี้ได้ทำการผลิตเครื่องประดับทองคำประเภทต่างๆตามประเภทของเปอร์เซ็นต์ทองที่ผสมอยู่ภายในเครื่องประดับนั้น โดยงานหลักๆจะสามารถแบ่งงานทองออกได้เป็น 2 ประเภท หลักๆ คือ งานทอง 99.99% และงานทอง 96.5% เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนของปริมาณการผลิตในเดือนกรกฎาคม – กันยายน พ.ศ. 2553 ของงานทองประเภท 99.99% กับ 96.5% พบว่างานประเภท 96.5% มีอัตราส่วนของปริมาณการผลิตมากกว่าดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 สัดส่วนปริมาณการผลิตเครื่องประดับทองระหว่างเดือน กรกฎาคม-กันยายน

จากรูปที่ 4.1 พบว่า งานทองประเภท 96.5% นั้นมีปริมาณการผลิตที่มากกว่างานทองประเภท 99.99% เนื่องจากเป็นกระบวนการผลิตที่อาศัยเครื่องจักรเข้ามาช่วยในขั้นตอนการทำลวดลาย ซึ่งต่างจากงานทอง 99.99% ที่จะต้องใช้ฝีมือในการทำลวดลายต่างๆ และอาศัยความประณีตในกระบวนการทำมากทำให้ปริมาณการผลิตนั้นน้อยกว่า ซึ่งเมื่อทำการพิจารณาเครื่องประดับทอง 96.5% พบว่า ในแต่ละเดือนเครื่องประดับประเภทแหวน เป็นเครื่องประดับที่มีปริมาณการผลิตมากที่สุด รองลงมาคือ กำไล ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ปริมาณการผลิตเครื่องประดับทอง 96.5%ระหว่างเดือน กรกฎาคม-กันยายน

จากรูปที่ 4.2 พบว่าในเดือนกรกฎาคมและสิงหาคมมีคำสั่งการผลิตที่สูงเพื่อเตรียมเครื่องประดับประเภทแหวนไปขายในงานแสดงสินค้าอัญมณีและเครื่องประดับ ที่จัดขึ้นในเดือนกันยายน อีกทั้งกระบวนการผลิตแหวนสามารถผลิตได้เร็วกว่ากำไล เพราะขั้นตอนในการผลิตไม่ซับซ้อนเท่าการผลิตกำไล

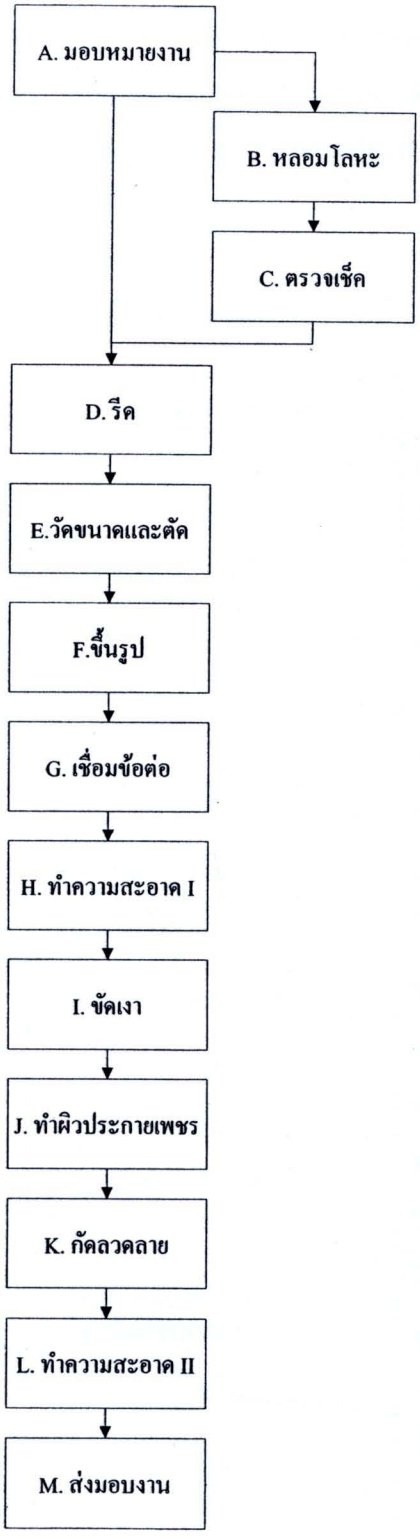
ทำให้การศึกษางานวิจัยในครั้งนี้จะมุ่งเน้นทำการศึกษางานทอง 96.5% หรือเรียกอีกอย่างว่า ทองตู้แดง ในสายการผลิตแหวนและกำไล โดยได้แสดงลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.4

รูปที่ 4.3 ลักษณะงานทองประเภทกำไล

รูปที่ 4.4 ลักษณะงานทองประเภทแหวน

4.1.2 กระบวนการผลิตเครื่องประดับ

จากการศึกษากระบวนการผลิตโดยการจดบันทึกและการสังเกต ทำให้ทราบถึงขั้นตอนกระบวนการผลิตเครื่องประดับ พบว่าสามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานของพนักงานในส่วนการผลิตเครื่องประดับทอง 96.5 % ประเภทแหวนและกำไลได้ออกเป็น 13 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แผนผังกระบวนการผลิตเครื่องประดับประเภททอง 96.5%

จากรูปข้างต้นแสดงแผนผังการไหลของการผลิตเครื่องประดับทองไปยังกระบวนการต่างๆ ซึ่งพนักงานจะต้องปฏิบัติตามผังกระบวนการผลิต โดยจะแสดงกระบวนการตั้งแต่รับวัตถุดิบ คือ ทอง 96.5% เพื่อผ่านกระบวนการแปรรูปต่างๆ ดังแสดงรายละเอียดเครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ขั้นตอนกระบวนการผลิตแหวนและกำไล

ขั้นตอนการปฏิบัติ	เครื่องมือและสารเคมี	รายละเอียด
A. มอบหมายงาน		เป็นการรับคำสั่งจากผู้จ่ายงาน โดยจะมีการอธิบายรูปแบบการทำงาน และแจกทองคำเพื่อนำไปผลิตเป็นแหวนและกำไลต่อไป โดยอาจจะอยู่ในรูปของเศษทองหรือทองคำแท่ง
B. การหลอมโลหะ	เบ้าหลอมโลหะ แท่นหล่อ-โลหะ ตะเกียงเป่าแล่นบอแรกซ์ น้ำ1 ถ้วย	การหลอมทองนั้น จะทำการหลอมทองในเบ้าหลอมทองโดยการใช้ไฟจากตะเกียงเป่าแล่น จนทองนั้นหลอมเป็นของเหลว เพื่อให้ทองเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นจะทำการเทของเหลวดังกล่าวลงไปในแท่นหล่อ เพื่อให้กลายเป็นแท่งโลหะทอง
C. ตรวจเช็ค	เครื่องชั่งดิจิตอล	ทุกครั้งที่ผ่านกระบวนการหลอมจะต้องมีการตรวจเช็คน้ำหนักของทองใหม่ทุกครั้ง เพื่อทำการจดบันทึก และหาน้ำหนักทองใหม่ทุกครั้ง

ตารางที่ 4.1 ขั้นตอนกระบวนการผลิตแหวนและกำไล (ต่อ)

ขั้นตอนการปฏิบัติ	เครื่องมือและสารเคมี	รายละเอียด
D. การรีดแผ่นโลหะทองให้ได้ขนาดความหนาตามแบบของแหวนและกำไลที่ได้กำหนดไว้	เครื่องรีดไฟฟ้า เวอร์เนีย	เมื่อได้แท่งโลหะทอง จากขั้นตอนที่แล้วจะทำการเข้าเครื่องรีด ที่เป็นเครื่องจักร โดยทำการรีดให้แท่งโลหะมีลักษณะเป็นแผ่นที่มีขนาดความหนาประมาณ 0.3 – 1 ม.ม. ตามรูปแบบของเครื่องประดับที่จะผลิต
E. การวัดขนาดและตัดแผ่นทอง	กรรไกร เวอร์เนีย	เมื่อได้แผ่นทองตามขนาดที่กำหนดไว้แล้ว จะทำการวัดแผ่นทองความกว้างสำหรับทำแหวน ประมาณ 1 ม.ม.ความกว้างสำหรับทำกำไลประมาณ 1 – 1.5 ซ.ม. โดยจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของกำไลที่จะทำการผลิต
F. การขึ้นรูปแหวนและกำไล	อุปกรณ์วัดขนาดกำไล/แหวน เวอร์เนียน้ำประสาน ตะเกียงเป่าแล่น ทวิตเซอร์ อุปกรณ์สำหรับการขึ้นรูปกำไล ชุดเครื่องมือดึงให้เป็นท่อ	เมื่อได้แผ่นโลหะที่วัดได้ตามขนาดที่ต้องการแล้ว ถ้าในกรณีแหวน จะทำการตอกตราผลิตภัณฑ์แล้วจากนั้นจะทำการขึ้นรูปเป็นวงกลม ส่วนในกรณีของกำไล จะทำการนำแผ่นที่ได้ไปเข้าเครื่องมือดึงแผ่นทองให้เป็นลักษณะท่อหรือแบบอื่นๆ จากนั้นจะนำไปขดขึ้นรูปกำไล

ตารางที่ 4.1 ขั้นตอนกระบวนการผลิตแหวนและกำไล (ต่อ)

ขั้นตอนการปฏิบัติ	เครื่องมือและสารเคมี	รายละเอียด
G. เชื่อมข้อต่อแหวนและกำไล	ตะเกียงเป่าแล่น ทอง 90% น้ำประสานทอง ทวิตเซอร์	เมื่อได้แหวนและกำไลที่ขึ้นรูปได้ขนาดแล้ว จะทำการเชื่อมข้อต่อกันด้วยน้ำประสานทอง ถ้าเป็นกำไลจะทำลิ้นและสลักสำหรับ ยึดข้อต่อด้วยทอง 90% เนื่องจากต้องการความแข็งแรงระหว่างข้อต่อ โดยใช้น้ำประสานทองเป็นตัวเชื่อม
H. ทำความสะอาดชิ้นงาน I	ดินประสิวเหลือง กรดกำมะถัน น้ำเปล่า แปรงทองเหลือง เครื่องขัด -กลิ้ง ไดร์เป่าผม หม้อต้ม เตา จุนสี	เมื่อได้ชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมแล้วจะทำความสะอาดคราบน้ำประสานทอง ด้วยการต้มในน้ำดินประสิวเหลือง จากนั้นใส่เครื่องประดับต้มพร้อมกับกรดกำมะถัน แล้วจึงล้างด้วยน้ำเปล่าและทำการเป่าให้แห้ง
I. การขัดเงาชิ้นงาน	แท่งหยกขัดทอง เหล็กแท่งคาร์ไบร์สำหรับการขัด	ทำการขัดเงาบริเวณด้านในตัวแหวนและกำไลด้วยแท่งหยกขัดทอง หรือแท่งเหล็กคาไบร์
J. การทำผิวประกายเพชร	เครื่องจิกผิวชิ้นงาน	ทำการจิกผิวทองให้เกิดลักษณะเป็นผิวขรุขระ คล้ายประกายเพชร เพื่อให้เกิดความสวยงาน และเป็นการเตรียมผิวของชิ้นงานเพื่อเข้าสู่กระบวนการต่อไป

ตารางที่ 4.1 ขั้นตอนกระบวนการผลิตแหวนและกำไล (ต่อ)

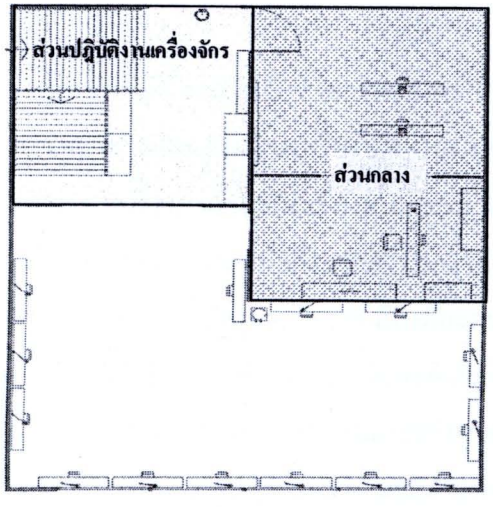
ขั้นตอนการปฏิบัติ	เครื่องมือและสารเคมี	รายละเอียด
K. กัดลายชิ้นงาน	เครื่องกัดลายชิ้นงาน เครื่องชั่งดิจิทัล	เมื่อเตรียมผิวชิ้นงานที่ได้จากการเตรียมผิวแล้วจะทำการกัดลายผิวชิ้นงานด้วยเครื่องกัดลาย ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะทำให้เกิดความสูญเสียได้ เนื่องจากระหว่างการกัดผิวจะมีเศษทองกระเด็นออกมาเป็นจำนวนมาก และจะทำการกัดผิวให้ได้น้ำหนักตามที่กำหนดไว้
L. ทำความสะอาดชิ้นงาน II	ดินประสิวเหลือง กรดกำมะถันน้ำเปล่า แปรงทองเหลือง เครื่องขัด -กลิ้ง ไดร์เป่าผม หม้อต้ม เตา จุนสี เครื่องขัดแบบหมุนด้วยแกน	เมื่อได้ชิ้นงานที่เสร็จแล้วจะนำไป ต้มในน้ำดินประสิวเหลืองจากนั้นจะล้างด้วยน้ำเปล่าแล้วเตรียมชิ้นงานไปต้มพร้อมกับกรดกำมะถัน เมื่อต้มเสร็จแล้วจะล้างด้วยน้ำเปล่าแล้วน้ำไปเข้าเครื่องขัดแบบหมุนด้วยแกน เมื่อขัดเสร็จจะนำไปล้างด้วยน้ำเปล่าแล้วจึงชุบด้วยจุนสีแล้วทำการเป่าให้แห้ง และทำการชั่งน้ำหนักเปรียบเทียบก่อนและหลังการทำงาน
M. ส่งมอบงาน	เมื่อทำชิ้นงานจนสะอาดเรียบร้อยแล้วจะมีการตรวจเช็คและทำบัญชีผลิตภัณฑ์ไว้ที่บริเวณส่วนกลาง เพื่อจะนำไปติดป้ายราคาและเตรียมนำไปจำหน่ายที่โชว์รูมของบริษัทต่อไป	

หลังจากทราบถึงกระบวนการผลิตทั้งหมดของการทำเครื่องประดับทองแล้ว ต่อมาผู้วิจัยทำการศึกษาสภาพแวดล้อมของพื้นที่การทำงานของพนักงานแต่ละคน โดยสามารถแสดงแผนผังบริเวณพื้นที่การทำงานออกได้เป็น 3 ส่วนหลักๆคือ บริเวณชั้น 2 และ ชั้น 3 และชั้น 5 ของอาคารสำนักงาน

1. บริเวณชั้น 2 ซึ่งเป็น เป็นสถานที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการผลิตโดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.6 คือ

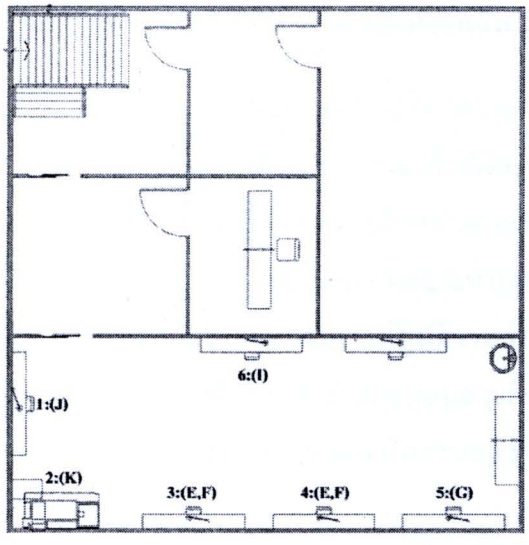
1) ส่วนกลาง (สีฟ้า) มีหน้าที่ ในการควบคุมและดูแลการทำงานของพนักงาน ประกอบไปด้วย หัวหน้างาน พนักงานบัญชีและธุรการ หรือกระบวนการ A, C

2) ส่วนปฏิบัติงานโดยเครื่องจักร (สีส้ม) เป็นพื้นที่ที่ใช้วางเครื่องจักรที่ใช้ช่วยในการทำงาน โดยมีหน้าที่หลัก ได้แก่ การหลอมทอง การดึงลวด การรีดโลหะ หรือกระบวนการ B, D



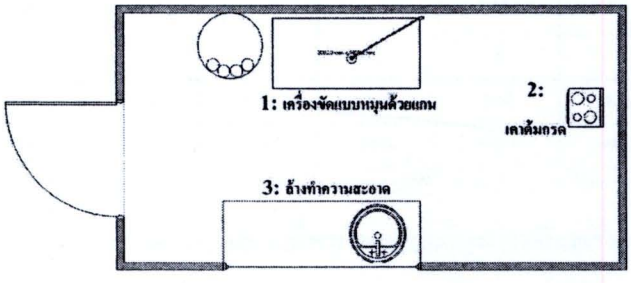
รูปที่ 4.6 แผนผังของพื้นที่ทำงานบริเวณชั้น 2

2. บริเวณชั้น 3 ซึ่งเป็น สถานที่หลักในกระบวนการผลิต โดยมีพนักงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตทั้งหมด 3 คน โดยตำแหน่งที่ 1 คือ ตำแหน่งของขั้นตอนกระบวนการทำผิวประกายเพชร (J) ตำแหน่งที่ 2 เป็นตำแหน่งในขั้นตอนการกัดลาย (K) ตำแหน่งที่ 3 และ 4 เป็นตำแหน่งขึ้นรูปแหวนและกำไล (E, F) ตำแหน่งที่ 5 เป็นตำแหน่งเชื่อมข้อต่อแหวนและกำไล (G) และตำแหน่งที่ 6 เป็นตำแหน่งการขัดเงา (I) ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แผนผังของพื้นที่ทำงานบริเวณชั้น 3

3. ชั้น 5 ซึ่งเป็นชั้นที่มีห้องสำหรับทำความสะอาด (H, L) ดังแสดงในรูปที่ 4.8 โดยในตำแหน่งที่ 1 คือ บริเวณขัดทำความสะอาดด้วยเครื่องขัดแบบหมุนด้วยแกน ตำแหน่งที่ 2 คือ ส่วนของในงานต้มล้างทำความสะอาดชิ้นงานด้วยกรด เนื่องจากกระบวนการผลิต เครื่องประดับจะโดนสารเคมีและความร้อนอยู่ตลอดเวลา เช่น คราบที่เกิดจากสารบอแรกซ์ คราบเขม่าและไขมัน ทำให้สีทองของเครื่องประดับที่ยังไม่ผ่านกระบวนการขัดจะมีสีเหลืองอมเขียวๆ จึงมีความจำเป็นที่ต้องใช้สารเคมีบางประเภทเพื่อที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยากับเนื้อทองทำให้เครื่องประดับทองคำที่ได้มีความสวยงาม และสวยเหลืองอร่าม จึงต้องทำภายในห้องที่มีการระบายอากาศที่ดีและค่อนข้างเปิดโล่ง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอันตรายแก่พนักงานผู้ปฏิบัติการได้ และตำแหน่งที่ 3 เป็นส่วนในการล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า

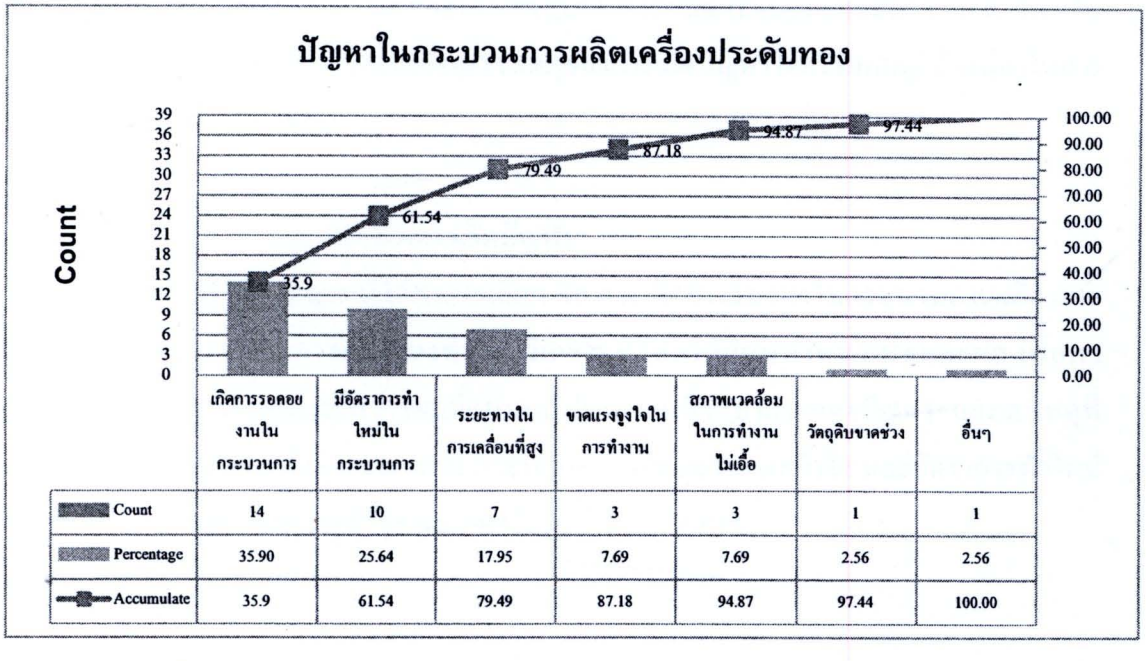


รูปที่ 4.8 แผนผังของพื้นที่ทำงานบริเวณชั้น 5

4.2 สภาพปัญหาของกระบวนการผลิตเครื่องประดับแหวนและกำไลทองคำ

สภาพปัจจุบันของกระบวนการผลิตเครื่องประดับนั้น ยังไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตที่ชัดเจน ทำให้ไม่สามารถทราบได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตออกไปมีปัญหาอะไรมากน้อยแค่ไหน ทำให้ไม่สามารถทราบถึงปัญหาที่แท้จริง ดังนั้นจึงนำเครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหการมาช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ การใช้แบบสอบถามในการวิเคราะห์ปัญหาจากพนักงานทั้งหมด ร่วมกับการสังเกตวิธีการทำงานของพนักงานระหว่างการปฏิบัติงานว่าปัญหาที่ได้จากการตอบแบบสอบถามนั้นเกิดขึ้นจริงขณะปฏิบัติงานหรือไม่ รวมถึงการสอบถามถึงวิธีการปฏิบัติงาน ทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงานจากทางพนักงานและหัวหน้าผู้ดูแลการผลิตเครื่องประดับ

ในการกำหนดปัญหาได้นำแผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) ได้นำสาเหตุหลักที่เป็นปัญหาในกระบวนการผลิตเครื่องประดับทองที่ได้จากการสังเกต และการตอบแบบสอบถามของพนักงานที่มีหน้าที่ในกระบวนการผลิตมาทำการจัดลำดับของปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งทำให้ทราบถึงระดับความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แผนภูมิพาเรโตของปัญหาที่พบในกระบวนการผลิตเครื่องประดับ

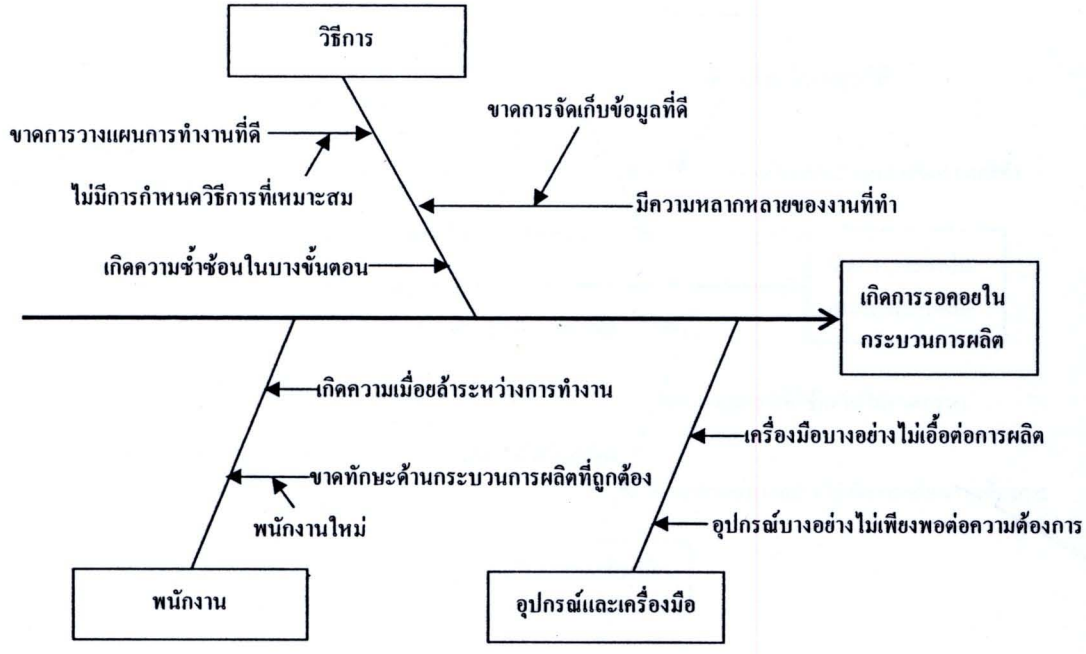
จากการกำหนดปัญหาโดยใช้แผนภูมิพาเรโตในรูปที่ 4.9 สามารถกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเครื่องประดับทองได้แก่

1) การเกิดการรอคอยในกระบวนการผลิต เป็นปัญหาหลักที่พบในกระบวนการผลิตที่ทำให้ระยะเวลาในกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่างๆใช้ระยะเวลาที่มาก
2) มีอัตราการทำใหม่ในกระบวนการผลิตเครื่องประดับทองในบางขั้นตอนที่สูง ซึ่งเกิดจากความผิดพลาดของตัวพนักงานเองเป็นหลัก
3) มีระยะการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบระหว่างกระบวนการผลิตที่สูง เนื่องจากการวางผังกระบวนการผลิตไม่ดี อีกทั้งในบางขั้นตอนของกระบวนการต้องทำในบริเวณที่เฉพาะ เช่น ขั้นตอนการล้างทำความสะอาด
4) สภาพแวดล้อมในการทำงานไม่เอื้ออำนวย เช่น อุณหภูมิ สภาพอากาศ ภูมิทัศน์ และบรรยากาศขณะทำงาน ไม่เหมาะสม
5) การขาดแรงจูงใจในการทำงาน ที่เกิดขึ้นจากค่าตอบแทนและสวัสดิการต่างๆ
6) วัตถุดิบขาดช่วง ทำให้ไม่สามารถที่จะทำการผลิตเครื่องประดับได้ เนื่องจากราคาของทองมีความผันผวน

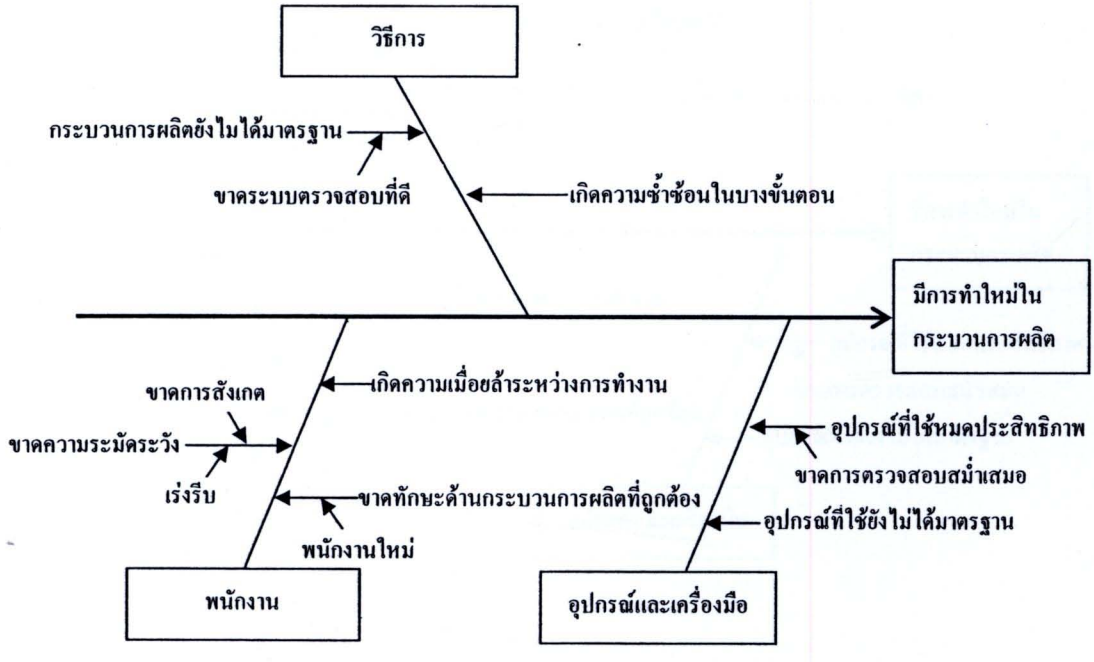
โดยผู้วิจัยได้เลือกเอาประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นสูงสุด 2 อันดับที่ได้มาจากการจัดอันดับโดยแผนภูมิพาเรโต คือ เกิดการรอคอยในกระบวนการผลิต (Delay) และอัตราการทำใหม่ในกระบวนการผลิต (Rework) มาทำการศึกษาสาเหตุของการเกิดปัญหาโดยใช้แผนภูมิก้างปลาในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

การศึกษาหาสาเหตุของการเกิดปัญหา

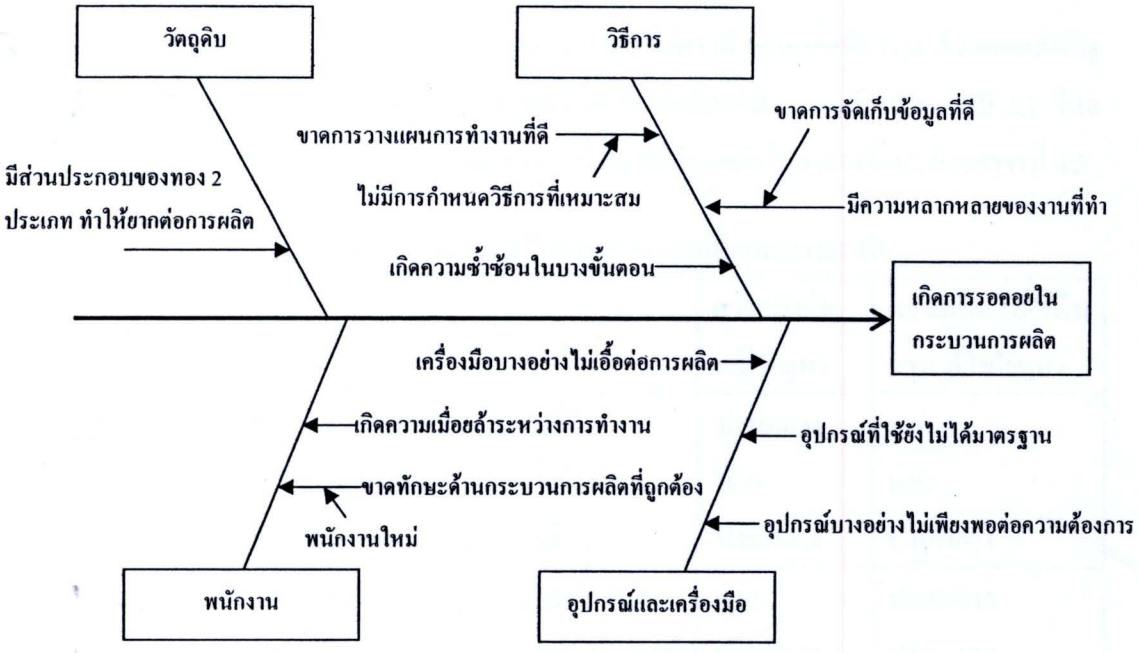
ผู้วิจัยได้นำปัญหาที่ได้ทำการเลือก คือ การเกิดการรอคอยในกระบวนการผลิต และการทำใหม่ในกระบวนการผลิต มาทำการวิเคราะห์โดยใช้แผนภาพสาเหตุและผล เพื่อหาความสัมพันธ์อย่างมีระบบระหว่างผลที่แน่นอนประการหนึ่ง (อาการของปัญหา) และสาเหตุที่เกี่ยวข้องของปัญหาการเกิดการรอคอยในกระบวนการผลิตแหวนและกำไล และอัตราการทำใหม่ในกระบวนการผลิตแหวนและกำไล ดังแสดงในรูปที่ 4.10 ถึง 4.13



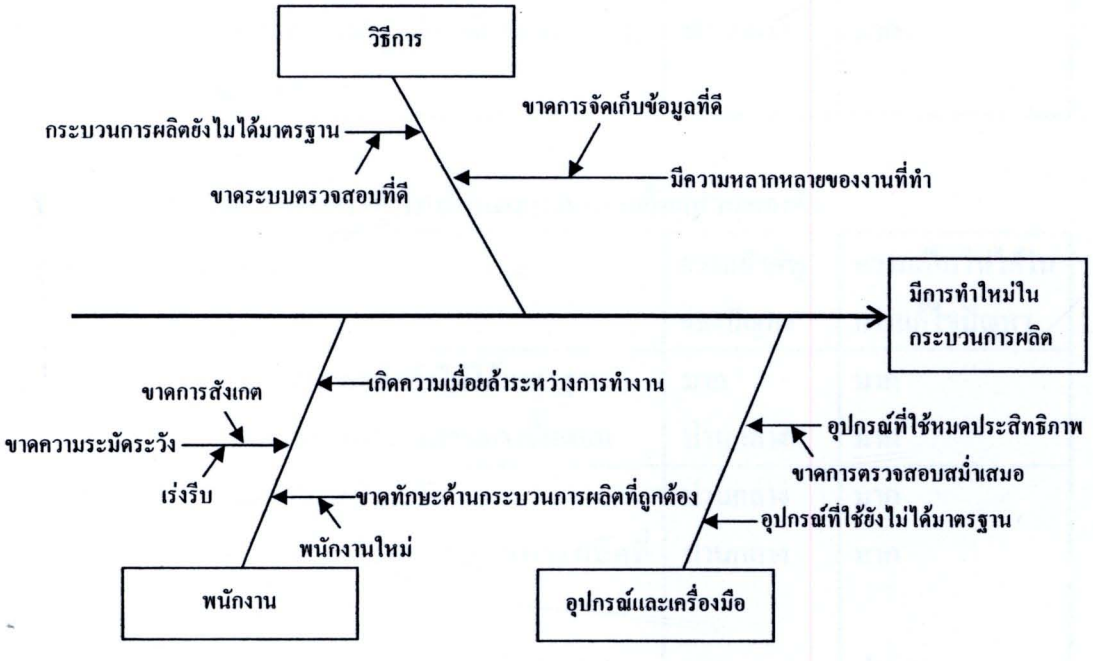
รูปที่ 4.10 แผนภูมิแสดงสาเหตุและผลของปัญหาการรอคอยในกระบวนการผลิตแหวน



รูปที่ 4.11 แผนภูมิแสดงสาเหตุและผลของปัญหาการทำใหม่ในกระบวนการผลิตแหวน



รูปที่ 4.12 แผนภูมิแสดงสาเหตุและผลของปัญหาการรอคอยในกระบวนการผลิตกำไล



รูปที่ 4.13 แผนภูมิแสดงสาเหตุและผลของปัญหาการทำใหม่ในกระบวนการผลิตกำไล

เมื่อทราบถึงสาเหตุต่างๆที่เกิดจากปัญหาที่ได้นำมาศึกษาแล้ว จากนั้นพิจารณาถึงความสำคัญของปัญหาและความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหาโดยมีเกณฑ์การพิจารณาดังในตารางที่ 2.1 โดยสามารถสรุปผลวิเคราะห์ปัญหาหลักและปัญหารองที่เกิดขึ้นดังแสดงในตารางที่ 4.2 ถึงตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ปัญหาเกิดการรอคอยในกระบวนการผลิตแหวนทองคำ

สาเหตุหลัก	สาเหตุรอง	ความสำคัญของปัญหา	ความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหา
ด้านวิธีการ	1. ขาดการวางแผนการทำงานที่ดี	ปานกลาง	มาก
	2. เกิดความซ้ำซ้อนในงานบางขั้นตอน	มาก	มาก
	3. มีความหลากหลายของงานที่ทำ	ปานกลาง	ปานกลาง
ด้านพนักงาน	1. เกิดความเมื่อยล้าระหว่างการทำงาน	มาก	ปานกลาง
	2. ขาดทักษะด้านกระบวนการผลิตที่ถูกต้อง	ปานกลาง	ปานกลาง
ด้านอุปกรณ์และเครื่องมือ	1. เครื่องมือบางอย่างไม่เอื้อต่อการผลิต	ปานกลาง	ปานกลาง
	2. อุปกรณ์บางอย่างไม่เพียงพอต่อความต้องการ	ปานกลาง	มาก

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ปัญหาการทำใหม่ในกระบวนการผลิตแหวนทองคำ

สาเหตุหลัก	สาเหตุรอง	ความสำคัญของปัญหา	ความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหา
ด้านวิธีการ	1. กระบวนการผลิตยังไม่ได้มาตรฐาน	มาก	มาก
	2. เกิดความซ้ำซ้อนในงานบางขั้นตอน	ปานกลาง	มาก
ด้านพนักงาน	1. ขาดความระมัดระวัง	ปานกลาง	มาก
	2. ขาดทักษะด้านกระบวนการผลิตที่ถูกต้อง	ปานกลาง	มาก
	3. เกิดความเมื่อยล้าระหว่างการทำงาน	มาก	ปานกลาง
ด้านอุปกรณ์และเครื่องมือ	1. อุปกรณ์ที่ใช้หมดประสิทธิภาพ	ปานกลาง	มาก
	2. อุปกรณ์ที่ใช้ยังไม่ได้มาตรฐาน	มาก	มาก

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ปัญหาเกิดการรอคอยในกระบวนการผลิตกำไลทองคำ

สาเหตุหลัก	สาเหตุรอง	ความสำคัญของปัญหา	ความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหา
ด้านวัตถุดิบ	1. มีส่วนประกอบของทอง 2 ประเภท	ปานกลาง	น้อย
ด้านวิธีการ	1. ขาดการวางแผนงานที่ดี	มาก	มาก
	2. มีความหลากหลายของงานที่ทำ	ปานกลาง	ปานกลาง
	3. เกิดความซ้ำซ้อนของงานที่ทำ	มาก	มาก
ด้านพนักงาน	1. ขาดทักษะด้านกระบวนการที่ถูกต้อง	ปานกลาง	ปานกลาง
	2. เกิดความเมื่อยล้าระหว่างการทำงาน	มาก	ปานกลาง
ด้านอุปกรณ์และเครื่องมือ	1. เครื่องมือบางอย่างไม่เอื้อต่อกระบวนการผลิต	ปานกลาง	มาก
	2. อุปกรณ์ที่ใช้ยังไม่ได้มาตรฐาน	มาก	มาก
	3. อุปกรณ์บางอย่างไม่เพียงพอต่อความต้องการ	ปานกลาง	มาก

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ปัญหาการทำใหม่ในกระบวนการผลิตกำไลทองคำ

สาเหตุหลัก	สาเหตุรอง	ความสำคัญของปัญหา	ความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหา
ด้านวิธีการ	1. กระบวนการผลิตยังไม่ได้มาตรฐาน	มาก	มาก
	2. มีความหลากหลายของงานที่ทำ	ปานกลาง	ปานกลาง
ด้านพนักงาน	1. ขาดความระมัดระวัง	ปานกลาง	มาก
	2. เกิดความเมื่อยล้าระหว่างการทำงาน	มาก	ปานกลาง
	3. ขาดทักษะด้านกระบวนการที่ถูกต้อง	ปานกลาง	มาก
อุปกรณ์และเครื่องมือ	1. อุปกรณ์ที่ใช้หมดประสิทธิภาพ	ปานกลาง	มาก
	2. อุปกรณ์ที่ใช้ยังไม่ได้มาตรฐาน	มาก	มาก

หลักเกณฑ์ที่ได้นำมาวิเคราะห์นั้น เป็นหลักเกณฑ์ที่ได้จากการสอบถามจากผู้ควบคุมกระบวนการผลิต เพื่อพิจารณาถึงศักยภาพของโรงงานที่ได้ทำการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการ

แก้ไขจัดการปัญหาดังกล่าว โดยปัญหาที่มีความสำคัญมากจะได้นำมาพิจารณาหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาก่อน และจากนั้นถึงจะพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหา โดยแก้ไขปัญหาที่มีความเป็นไปได้ในการแก้ไขมากก่อนเสมอ

หลังจากทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงานแล้ว ทำการศึกษาการทำงานของแต่ละกระบวนการรวมถึงระยะเวลาของแต่ละกระบวนการย่อย โดยทำการจับเวลาทำให้สามารถที่จะเขียนวิเคราะห์ข้อมูลกิจกรรมของกระบวนการ รวมถึงการรวบรวมข้อมูลอื่นๆ ในกระบวนการเพื่อดูกิจกรรมและลำดับในเชิงตรรกะของกิจกรรมที่เกิดขึ้น เพื่อให้ทราบว่างานที่เกิดขึ้นก่อนหรือหลังของกิจกรรมขั้นต่อไปนั้นเป็นกิจกรรมอะไร เกิดขึ้น ณ จุดใด รวมถึงเพื่อให้ทราบถึงว่าจุดใดที่ควรมีการปรับปรุงในเรื่องเวลา และสามารถประเมินได้ว่าควรที่จะปรับปรุงกระบวนการในจุดนั้นด้วยวิธีใด เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการผลิตให้ดียิ่งขึ้นได้อีก โดยข้อมูลที่ได้สามารถเขียนเป็นแผนผังกิจกรรมการไหลของผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องของกระบวนการผลิตแหวนดังแสดงในรูป ที่ 4.14

PRODUCTION/MATERIAL/MAN แหวนทองคำ 96.5%	SUMMARY			
	ACTIVITY	PRESENT	PROPOSED	SAVING
	OPERATION ○	94		
ACTIVITY: สายการผลิตเครื่องประดับแหวน ก่อนทำการปรับปรุง	TRANSPORTATION ⇨	16		
	INSPECTION □	13		
	DELAY D	1		
	STORAGE ▽	1		
METHOD: PRESENT				
LOCATION : Iris Jewelry	DISTANCE(m.)	155		
OPERATOR : สุธี	TIME(min)	200.3		
CREATED BY : ชาญ				
APPROVED BY : เดโช				

DESCRIPTION	Qty	Distance (m.)	Time (min)	SYMBOLS ○	⇨	□	D	▽	REMARKS
จุด A 1. เปิดออเดอร์			0.43	■					
2. อธิบายงาน			1.03	■					
3. จ่ายงาน			0.34	■					
4. ชั่งน้ำหนักทองเริ่มต้น			0.17			■			
จุด B 5. เดินไปยังบริเวณหล่อ	1	5	0.17		■				
6. เทเศษทองในเบ้าหล่อทอง			0.09	■					
7. ใส่ผงบอแรกซ์ในเบ้า			0.09	■					
8. ให้ความร้อนแก่เศษทอง			0.17	■					
9. รอจนทองหลอมเหลว			0.51	■					
10. อุ่นรางหล่อทอง			0.17	■					
11. เทน้ำทองลงบนรางหล่อทอง			0.09	■					
12. รอให้เย็น			0.26				■		
13. จุ่มน้ำ			0.17	■					
จุด C 14. เดินกลับไปเช็คน้ำหนัก	1	5	0.26		■				
15. คืนงานที่เสร็จแล้วให้แก่ผู้จ่ายงาน		0.5	0.26		■				
16. เช็คน้ำหนักทอง และบันทึก			0.26			■			
17. จ่ายงานให้กับพนังงาน			0.34	■					
จุด D 18. เดินไปบริเวณเครื่องรีด	1	5	0.17		■				
19. ปรับขนาดเครื่องรีด			0.34	■					
20. รีดด้วยเครื่องรีดให้หนา 5.0 ม.ม.	1		2.56	■					
21. ปรับขนาดเครื่องรีด			0.34	■					
22. รีดด้วยเครื่องรีดมือให้หนา 3.0 ม.ม.	1		2.05	■					

รูปที่ 4.14 แผนภูมิการผลิตต่อเนื่องของสายการผลิตแหวนก่อนทำการปรับปรุง

DESCRIPTION	Qty	Distance (m.)	Time (min)	SYMBOLS					REMARKS
				○	⇨	□	D	▽	
23. ปรับขนาดเครื่องรีด			0.51	■					
24. รีดด้วยเครื่องรีดมือให้หนา 2.0 ม.ม.	1		2.05	■					
25. ปรับขนาดเครื่องรีด			0.51	■					
26. รีดด้วยเครื่องรีดมือให้หนา 1.5 ม.ม.	1		2.05	■					
จุด E 27. เดินไปยังโต๊ะสำหรับวัดและตัด	1	12	0.51		■				
28. เตรียมอุปกรณ์สำหรับการวัดขนาด			0.34	■					
29.วัดขนาดแผ่นทองให้กว้าง 1.0 ซ.ม.	1		2.56	■					
30. มาร์คตำแหน่งสำหรับการตัด			0.51	■					
31. เตรียมอุปกรณ์สำหรับการตัด			0.26	■					
32. ตัดแผ่นทองให้ได้ตามขนาดที่วัด	x		1.54	■					
33. ตรวจสอบแผ่นทองที่ตัดไว้			0.26			■			
34. วัดความยาวของแผ่นทองให้ได้ 5.5 ซ.ม.			2.05	■					
35. มาร์คตำแหน่งสำหรับการตัด			0.51	■					
36. ตัดแผ่นทองให้ได้ตามขนาดที่วัด			0.34	■					
37. ตรวจสอบแผ่นทองที่ตัดไว้			0.26			■			
จุด F 38. เดินไปยังบริเวณเตรียมขึ้นรูปแหวน	1	1	0.09		■				
39. เตรียมอุปกรณ์สำหรับตอกตราสินค้า			0.51	■					
40. ตอกหมุดตราสินค้าลงบนแผ่นทอง			0.34	■					
41. ตรวจดูความเรียบร้อย			0.17			■			
42. เตรียมอุปกรณ์สำหรับขึ้นรูปแหวน	1	12	0.51	■					
43. ให้ความร้อนกับแผ่นทอง			0.17	■					
44. ขดแผ่นทองให้เป็นวงแหวนกับแท่งวัด			0.77	■					
45. เตรียมน้ำยาประสานทองสำหรับเชื่อม			0.51	■					
46. ให้ความร้อนกับวงแหวน	1		0.17	■					
47. เชื่อมรอยต่อแหวนด้วยน้ำประสานทอง			0.77	■					
48. ตะไบขัดรอยต่อให้เรียบ			1.03	■					
49. ตรวจดูความเรียบร้อย			0.26			■			
50. เตรียมนำแหวนที่ได้ไปทำความสะอาด	x		0.34	■					
จุด H 51. เดินไปยังบริเวณล้างทำความสะอาด	x	20	0.68		■				
52. วางชิ้นงานลงบนภาชนะสำหรับล้าง	x		0.26	■					
53. ล้างแหวนด้วยน้ำเปล่า	x		0.51	■					
54. เตรียมดินประสิว,สารส้ม เพื่อต้มแหวน			0.26	■					
55. ใส่กำไลลงในภาชนะที่เตรียมไว้	x		0.17	■					

รูปที่ 4.14 แผนภูมิการผลิตต่อเนื่องของสายการผลิตแหวนก่อนทำการปรับปรุง (ต่อ)

DESCRIPTION	Qty	Distance (m.)	Time (min)	SYMBOLS					REMARKS
				○	⇨	□	D	▽	
56. ต้มแหวนด้วยดินประสิว สารส้ม	x		5.13	■					
57. ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า	x		1.03	■					
58.เตรียมกรดเกลือสำหรับต้ม			0.77	■					
59. ใส่แหวนลงในภาชนะที่เตรียมไว้	x		0.26	■					
60. ต้มด้วยกรดเกลือ	x		5.13	■					
61. ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า	x		1.03	■					
62. เป่าให้แห้งด้วยความร้อน	x		3.08	■					
จุด I 63. นำชิ้นงานกลับไปยังบริเวณขัดเงา	x	20	0.51		■				
64. เตรียมอุปกรณ์สำหรับการขัด			0.51	■					
65. ขัดด้านในแหวนด้วยอุปกรณ์ขัด	1		5.13	■					
66. ตรวจสอบความเงาของแหวน	1		0.51			■			
67. ขัดด้านนอกแหวนด้วยอุปกรณ์ขัด	1		4.27	■					
68. ตรวจสอบความเงาของแหวน	1		0.34			■			
จุด J 69. นำแหวนไปทำผิวประกายเพชร	x	1	0.17		■				
70. เตรียมอุปกรณ์สำหรับทำผิวประกายเพชร			0.68	■					
71. ทำผิวประกายเพชรด้านนอกแหวนทั้งวง	1		13.16	■					
72. ตรวจดูความเรียบร้อยของลวดลาย	x		0.26	■					
จุด K 73. นำแหวนที่เตรียมไว้ไปกัดลาย	x	1	0.17		■				
74. เตรียมอุปกรณ์สำหรับการกัดลาย			1.71	■					
75. ยึดชิ้นงานกับอุปกรณ์จับยึด			0.68	■					
76. ปรับตั้งค่าแกนของเครื่องกัดลาย			1.71	■					
77. ประกอบอุปกรณ์จับยึดกับเครื่องกัดลาย			0.34	■					
78. ทำการกัดลายด้วยเครื่องกัดลาย	1		3.25	■					
79. ถอดอุปกรณ์จับยึดจากเครื่องกัดลาย	1		0.43	■					
80. ปรับตั้งค่าแกนของเครื่องกัดลาย			1.71	■					
81. ประกอบอุปกรณ์จับยึดกับเครื่องกัดลาย			0.34	■					
82. ทำการกัดลายด้วยเครื่องกัดลาย	1		3.25	■					
83. ถอดอุปกรณ์จับยึดจากเครื่องกัดลาย	1		0.43	■					
84. ปรับตั้งค่าแกนของเครื่องกัดลาย			1.71	■					
85. ประกอบอุปกรณ์จับยึดกับเครื่องกัดลาย			0.34	■					
86. ทำการกัดลายด้วยเครื่องกัดลาย	1		3.08	■					
87. ถอดอุปกรณ์จับยึดจากเครื่องกัดลาย	1		0.43	■					
88. ปรับตั้งค่าแกนของเครื่องกัดลาย			1.71	■					
89. ประกอบอุปกรณ์จับยึดกับเครื่องกัดลาย			0.34	■					

รูปที่ 4.14 แผนภูมิการผลิตต่อเนื่องของสายการผลิตแหวนก่อนทำการปรับปรุง (ต่อ)

DESCRIPTION	Qty	Distance (m.)	Time (min)	SYMBOLS					REMARKS
				○	⇨	□	D	▽	
90. ทำการกัดลายด้วยเครื่องกัดลาย	1		3.08	■					
91. ถอดอุปกรณ์จับยึดจากเครื่องกัดลาย	1		0.34	■					
92. ปรับตั้งค่าแกนของเครื่องกัดลาย			1.20	■					
93. ประกอบอุปกรณ์จับยึดกับเครื่องกัดลาย			0.34	■					
94. ทำการกัดลายด้วยเครื่องกัดลาย	1		3.08	■					
95. ถอดอุปกรณ์จับยึดจากเครื่องกัดลาย			0.43	■					
96.วัดขนาดไซส์ของแหวน	1		0.34			■			
97. ชั่งน้ำหนักแหวนหลังจากการกัดลาย	1		0.34			■			
98. ตรวจดูความเรียบร้อย	1		0.51			■			
จุด L 99. นำงานที่เสร็จไปทำความสะอาด	x	20	0.51		■				
100. ขัดล้างชิ้นงานด้วยน้ำเปล่า	x		1.03	■					
101. เตรียมดินประสิว,สารส้ม เพื่อต้มชิ้นงาน			0.34	■					
102. ใส่แหวนลงในภาชนะที่เตรียมไว้	x		0.34	■					
103. ต้มด้วยดินประสิว สารส้ม	x		5.13	■					
104. ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า	x		1.03	■					
105. เตรียมกรดเกลือสำหรับต้มชิ้นงาน			0.77	■					
106. ใส่ชิ้นงานลงในภาชนะที่เตรียมไว้	x		0.26	■					
107. ต้มชิ้นงานด้วยกรดเกลือ	x		6.15	■					
108. ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า	x		1.54	■					
109. ใส่ชิ้นงานลงในเครื่องขัดแบบหมุน	x		1.03	■					
110. ปรับตั้งค่าเครื่องขัดแบบหมุน			0.26	■					
111. ทำการขัดแหวนด้วยเครื่องขัด	x		30.00	■					
112. นำแหวนที่ขัดเสร็จแล้วออกมาจากเครื่อง	x	0.5	3.08		■				
113. ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า	x		2.05	■					
114. วางแหวนลงบนถาดที่เตรียมไว้	x		0.34	■					
115. เป่าชิ้นงานให้แห้ง	x		6.15	■					
116. นำลงไปบันทึกและตรวจเช็ค (ชั้น3)	x	20	0.51		■				
117. ตรวจเช็คน้ำหนักและลงบันทึก	x		0.77	■					
จุด M 118. นำส่งงานที่เสร็จให้กับหัวหน้า	x	15	0.51		■				
119. ตรวจเช็คน้ำหนักและลงบันทึก	x		1.03			■			
120. ลงบันทึกและปิดงาน	x		0.34	■					
121. เตรียมนำส่งงานที่เสร็จแล้ว	x	2	1.03		■				
122. นำแหวนที่เสร็จแล้วเก็บไว้ในตู้นิรภัย	x		0.51					■	
รวม		155	200.3	94	16	13	1	1	

รูปที่ 4.14 แผนภูมิการผลิตต่อเนื่องของสายการผลิตแหวนก่อนทำการปรับปรุง (ต่อ)

จากรูปที่ 4.14 แผนภูมิการผลิตต่อเนื่องของสายการผลิตแหวนก่อนทำการปรับปรุง สามารถแสดงข้อมูลระยะเวลาทั้งหมดของกระบวนการผลิต 200 นาที เนื่องจากกระบวนการย่อยบางกระบวนการของการผลิตแหวนจะทำได้เร็วกว่า และขั้นตอนการขึ้นรูปแหวนจะทำได้ง่ายกว่ากำไล ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลในรูปที่ 4.2 ที่แสดงสัดส่วนของการผลิตแหวนจะมีจำนวนที่มากกว่าจำนวนการผลิตกำไล และสามารถสรุปผลของแต่ละกิจกรรมในแต่ละกระบวนการผลิตเครื่องประดับประเภทแหวน ก่อนทำการปรับปรุง ได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 จำนวนกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนการผลิตแหวนทองคำ

กิจกรรม	Operation	Transport	Inspection	Delay	Storage
A. มอบหมายงาน	3	1	1	-	-
B. การหลอมโลหะ	7	1	-	1	-
C. ตรวจเช็ค	1	3	1	-	-
D. การรีดแผ่นโลหะทอง	8	1	1	-	-
E. การวัดและตัดแผ่นทอง	9	2	2	-	-
F. การขึ้นและเชื่อมแหวน	13	2	2		-
H. ทำความสะอาดชิ้นงาน 1	11	1	-	-	-
I. ขัดเงาชิ้นงาน	4	1	3	-	-
J. ทำผิวพ่นทราย	2	1	-	-	-
K. กัดลายชิ้นงาน	21	1	3	-	-
L. ทำความสะอาดชิ้นงาน 2	10	2	-	-	1
M. ส่งมอบงาน	1	2	1	-	1

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษา แผนภูมิการผลิตต่อเนื่องของสายการผลิตแหวนก่อนทำการปรับปรุง ด้วยวิธีการเดียวกับการผลิตกำไล ดังแสดงในรูปที่ 4.15

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

PRODUCTION/MATERIAL/MAN กำไลทองคำ 96.5%	SUMMARY			
	ACTIVITY	PRESENT	PROPOSED	SAVING
	OPERATION ○	107		
ACTIVITY: สายการผลิตเครื่องประดับกำไลก่อนทำการปรับปรุง	TRANSPORTATION ⇨	18		
	INSPECTION □	18		
	DELAY D	2		
METHOD: PRESENT	STORAGE ▽	1		
LOCATION : Iris Jewelry	DISTANCE(m.)	155		
OPERATOR : สุธี	TIME(min)	269.86		
CREATED BY : ชาญ				
APPROVED BY : เดโช				

DESCRIPTION	Qty	Distance (m.)	Time (min)	SYMBOLS ○	⇨	□	D	▽	REMARKS
จุด A 1. เปิดออเดอร์			0.42	■					
2. อธิบายงาน			1.01	■					
3. จ่ายงาน			0.34	■					
4. ชั่งน้ำหนักทองเริ่มต้น			0.17			■			
จุด B 5. เดินไปยังบริเวณหล่อ	1	5	0.17		■				
6. เทเศษทองในเบ้าหล่อทอง			0.08	■					
7. ใส่ผงบอแรกซ์ในเบ้า			0.08	■					
8. ให้ความร้อนแก่เศษทอง			0.17	■					
9. รอจนทองหลอมเหลว			0.50	■					
10. อุ่นรางหล่อทอง			0.17	■					
11. เทน้ำทองลงบนรางหล่อทอง			0.08	■					
12. รอให้เย็น			0.25				■		
13. จุ่มน้ำ			0.17	■					
จุด C 14. เดินกลับไปเช็คน้ำหนัก	1	5	0.25		■				
15. คืนงานที่เสร็จแล้วให้แก่ผู้จ่ายงาน		0.5	0.25		■				
16. เช็คน้ำหนักทอง และบันทึก			0.25			■			
17. จ่ายงานให้กับพนังงาน			0.34	■					
จุด D 18. เดินไปบริเวณเครื่องรีด	1	5	0.17		■				
19. ปรับขนาดเครื่องรีด			0.34	■					
20. รีดด้วยเครื่องรีดให้หนา 5.0 ม.ม.	1		2.52	■					
21. ปรับขนาดเครื่องรีด			0.34	■					
22. รีดด้วยเครื่องรีดมือให้หนา 3.0 ม.ม.	1		2.01	■					

รูปที่ 4.15 แผนภูมิการผลิตต่อเนื่องของสายการผลิตกำไลก่อนทำการปรับปรุง

DESCRIPTION	Qty	Distance (m.)	Time (min)	SYMBOLS					REMARKS
				○	⇨	□	D	▽	
23. ปรับขนาดเครื่องรีด			0.34	■					
24. รีดด้วยเครื่องรีดมือให้หนา 2.0 ม.ม.	1		2.01	■					
25. ปรับขนาดเครื่องรีด			0.34	■					
26. รีดด้วยเครื่องรีดมือให้หนา 1.0 ม.ม.	1		2.01	■					
จุด E 27. เดินไปยังโต๊ะสำหรับวัดและตัด	1	12	0.50		■				
28. เตรียมอุปกรณ์สำหรับการวัดขนาด			0.25	■					
29.วัดขนาดแผ่นทองให้ได้ขนาด 1.5 ซ.ม.	1		4.03			■			
30. มาร์คตำแหน่งสำหรับการตัด			1.01	■					
31. เตรียมอุปกรณ์สำหรับการตัด			0.25	■					
32. ตัดแผ่นทองให้ได้ตามขนาดที่วัด	x		5.03	■					
33. ตรวจสอบแผ่นทองที่ตัดไว้			1.01			■			
จุด F 34. เดินไปยังอุปกรณ์ดึงลวด	1	12	0.50		■				
35. เตรียมแป้นสำหรับดึงกำไลให้เป็นหลอด			0.34	■					
36. ดึงแผ่นทองผ่านแป้น			2.52	■					
37. ตรวจดูขนาดของหลอดทอง			0.50			■			
38. เดินไปยังบริเวณเตรียมขึ้นรูปกำไล(ชั้น 3)	1	12	0.50		■				
39. จุดไปกับตะเกียงเป่าแล่น			0.17	■					
40. ให้ความร้อนกับทองที่ผ่านการดึง			0.34	■					
41. เชื่อมลอยต่อด้วยน้ำประสาน			10.07	■					
42. รอให้เย็น			0.25				■		
43. กรอกทรายลงในชิ้นงาน	1		1.26	■					
44. ปิดหัวท้ายของชิ้นงานด้วยคีมหนีบ			0.25	■					
45. ทำการม้วนชิ้นงานด้วยแท่งไม้			3.02	■					
46. วัดขนาดชิ้นงานด้วยอุปกรณ์วัด			0.76			■			
47. เปิดหัวท้ายของชิ้นงาน			0.34	■					
48. เคาะเอาทรายออกจากชิ้นงาน			2.01	■					
49.ใช้ลมเป่าไล่ทรายออกจากชิ้นงาน			1.01	■					
50. นำชิ้นงานมายังบริเวณขึ้นรูปกำไล		2	0.25		■				
51. ทำการวัดขนาดชิ้นงานเพื่อทำการตัด			1.01			■			
52. เตรียมอุปกรณ์สำหรับการตัด			0.17	■					
53. ตัดชิ้นงานตามขนาดที่วัดไว้	x		2.01	■					
54. วัดชิ้นงานด้วยอุปกรณ์วัดไซส์			0.50			■			
จุด G 55. นำชิ้นงานไปทำสลักเชื่อมกำไล	x	2	0.17		■				
56. เตรียมอุปกรณ์ทำสลักและเชื่อมข้อต่อ			1.01	■					

รูปที่ 4.15 แผนภูมิการผลิตต่อเนื่องของสายการผลิตกำไลก่อนทำการปรับปรุง (ต่อ)

DESCRIPTION	Qty	Distance (m.)	Time (min)	SYMBOLS					REMARKS
				○	⇨	□	D	▽	
57. ให้ความร้อนกับกำไล	1		0.34	■					
58. ทำการเชื่อมข้อต่อด้วยน้ำประสาน	1		5.03	■					
59. ให้ความร้อนกับกำไล	1		0.34	■					
60. เตรียมสลักทอง 90% เพื่อทำสลัก			2.01	■					
61. ประกอบสลักตัวผู้เข้ากับตัวกำไล	1		0.50	■					
62. ให้ความร้อนกับกำไล	1		0.25	■					
63. ทำการเชื่อมสลักตัวผู้ด้วยน้ำประสาน	1		10.07	■					
64. ประกอบสลักตัวเมียเข้ากับตัวกำไล	1		0.50	■					
65. ให้ความร้อนกับกำไล	1		0.25	■					
66. ทำการเชื่อมสลักตัวเมียด้วยน้ำประสาน	1		10.07	■					
67. ตะไบรอยต่อให้เรียบ	1		2.01			■			
68. เตรียมนำกำไลที่ได้ไปทำความสะอาด	x		0.17	■					
จุด H 69. เดินไปยังบริเวณล้างกำไล	x	20	0.76		■				
70. วางชิ้นงานลงบนภาชนะสำหรับล้าง	x		0.25	■					
70. ล้างกำไลด้วยน้ำเปล่าด้วยแปรงขัด	x		1.01	■					
71. เตรียมดินประสิว,สารส้ม เพื่อต้มกำไล			0.34	■					
72. ใส่กำไลลงในภาชนะที่เตรียมไว้	x		0.17	■					
73. ต้มกำไลด้วยดินประสิว สารส้ม	x		5.03	■					
74. ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า	x		1.01	■					
75.เตรียมกรดเกลือสำหรับต้มกำไล			0.76	■					
76. ใส่กำไลลงในภาชนะที่เตรียมไว้	x		0.17	■					
77. ต้มกำไลด้วยกรดเกลือ	x		6.04	■					
78. ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า	x		1.01	■					
79. เป่ากำไลให้แห้งด้วยความร้อน	x		3.36	■					
จุด I 80. นำชิ้นงานกลับไปยังบริเวณขัดเงา	x	20	0.50		■				
81. เตรียมอุปกรณ์สำหรับการขัด			0.34	■					
82. ขัดด้านในกำไลด้วยอุปกรณ์ขัด	1		5.03	■					
83. ตรวจสอบความเงาของกำไล	1		0.34			■			
84. ขัดด้านนอกกำไลด้วยอุปกรณ์ขัด	1		4.03	■					
85. ตรวจสอบความเงาของกำไล	1		0.34			■			
86. ขัดบริเวณสลักของกำไล	1		5.03	■					
87. ตรวจสอบความเงาของกำไล	1		0.34			■			

รูปที่ 4.15 แผนภูมิการผลิตต่อเนื่องของสายการผลิตกำไลก่อนทำการปรับปรุง (ต่อ)

DESCRIPTION	Qty	Distance (m.)	Time (min)	SYMBOLS					REMARKS
				○	⇨	□	D	▽	
จุด J 88. นำกำไลไปทำผิวประกายเพชร	x	1	0.17		■				
89. เตรียมอุปกรณ์สำหรับทำผิวประกายเพชร			0.67	■					
90. ทำผิวประกายเพชรด้านนอกกำไลทั้งวง	1		12.08	■					
จุด K 91. นำกำไลที่เตรียมไว้ไปกัดลาย	x	1	0.17		■				
92. เตรียมอุปกรณ์สำหรับการกัดลาย			2.01	■					
93. ยึดชิ้นงานกับอุปกรณ์จับยึด			1.01	■					
94. ปรับตั้งค่าแกนของเครื่องกัดลาย			1.01	■					
94. ประกอบอุปกรณ์จับยึดกับเครื่องกัดลาย			0.34	■					
95. ทำการกัดลายด้วยเครื่องกัดลาย	1		4.03	■					
96. ถอดอุปกรณ์จับยึดจากเครื่องกัดลาย	1		0.50	■					
97. ยึดชิ้นงานกับอุปกรณ์จับยึด			1.01	■					
98. ปรับตั้งค่าแกนของเครื่องกัดลาย			1.01	■					
99. ประกอบอุปกรณ์จับยึดกับเครื่องกัดลาย			0.34	■					
100. ทำการกัดลายด้วยเครื่องกัดลาย	1		4.03	■					
101. ถอดอุปกรณ์จับยึดจากเครื่องกัดลาย	1		0.50	■					
102. ยึดชิ้นงานกับอุปกรณ์จับยึด			1.01	■					
103. ปรับตั้งค่าแกนของเครื่องกัดลาย			1.01	■					
104. ประกอบอุปกรณ์จับยึดกับเครื่องกัดลาย			0.34	■					
105. ทำการกัดลายด้วยเครื่องกัดลาย	1		4.03	■					
106. ถอดอุปกรณ์จับยึดจากเครื่องกัดลาย	1		0.50	■					
107. ยึดชิ้นงานกับอุปกรณ์จับยึด			1.01	■					
108. ปรับตั้งค่าแกนของเครื่องกัดลาย			1.01	■					
109. ประกอบอุปกรณ์จับยึดกับเครื่องกัดลาย			0.34	■					
110. ทำการกัดลายด้วยเครื่องกัดลาย	1		4.03	■					
111. ถอดอุปกรณ์จับยึดจากเครื่องกัดลาย	1		0.50	■					
112. ยึดชิ้นงานกับอุปกรณ์จับยึด			1.01	■					
113. ปรับตั้งค่าแกนของเครื่องกัดลาย			1.01	■					
114. ประกอบอุปกรณ์จับยึดกับเครื่องกัดลาย			0.34	■					
115. ทำการกัดลายด้วยเครื่องกัดลาย	1		4.03	■					
116. ถอดอุปกรณ์จับยึดจากเครื่องกัดลาย			0.50	■					
117.วัดขนาดไซส์ของกำไล	1		0.50			■			
118. ชั่งน้ำหนักกำไลหลังจากการกัดลาย	1		0.50			■			
119. ตรวจดูความเรียบร้อย	1		2.01			■			
จุด L 120. นำงานที่เสร็จไปทำความสะอาด	x	20	0.50		■				

รูปที่ 4.15 แผนภูมิการผลิตต่อเนื่องของสายการผลิตกำไลก่อนทำการปรับปรุง (ต่อ)

DESCRIPTION	Qty	Distance (m.)	Time (min)	SYMBOLS					REMARKS
				○	⇨	□	D	▽	
121. ขัดล้างชิ้นงานด้วยน้ำเปล่า	x		1.01	■					
122. เตรียมดินประสิว,สารส้ม เพื่อต้มชิ้นงาน			0.34	■					
123. ใส่กำไลลงในภาชนะที่เตรียมไว้	x		0.34	■					
124. ต้มกำไลด้วยดินประสิว สารส้ม	x		5.03	■					
125. ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า	x		1.01	■					
126. เตรียมกรดเกลือสำหรับต้มชิ้นงาน			0.76	■					
127. ใส่ชิ้นงานลงในภาชนะที่เตรียมไว้	x		0.25	■					
128. ต้มชิ้นงานด้วยกรดเกลือ	x		6.04	■					
129. ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า	x		1.51	■					
130. ใส่ชิ้นงานลงในเครื่องขัดแบบหมุน	x		1.01	■					
131. ปรับตั้งค่าเครื่องขัดแบบหมุน			0.25	■					
132. ทำการขัดกำไลด้วยเครื่องขัด	x		30.00	■					
133. นำกำไลที่ขัดเสร็จแล้วออกมาจากเครื่อง		0.5	3.02		■				
134. ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า			2.01	■					
135. วางกำไลลงบนถาดที่เตรียมไว้			0.34	■					
136. เป่าชิ้นงานกำไลให้แห้ง			6.04	■					
137. นำลงไปบันทึกและตรวจเช็ค (ชั้น3)		20	0.50		■				
138. ตรวจเช็คน้ำหนักและลงบันทึก			0.76			■			
จุด M139. นำส่งงานที่เสร็จให้กับหัวหน้า		15	0.50		■				
140. ตรวจเช็คน้ำหนักและลงบันทึก			1.01			■			
141. ลงบันทึกและปิดงาน			0.34	■					
142. เตรียมนำส่งงานที่เสร็จแล้ว		2	1.01		■				
143. นำกำไลที่เสร็จแล้วเก็บไว้ในตู้นิรภัย			0.50					■	
รวม		155	269.8	**107**	**18**	**18**	**2**	**1**	

รูปที่ 4.15 แผนภูมิการผลิตต่อเนื่องของสายการผลิตกำไลก่อนทำการปรับปรุง (ต่อ)

จากรูปที่ 4.15 แผนภูมิการผลิตต่อเนื่องของสายการผลิตกำไลก่อนทำการปรับปรุง คือ การศึกษาการเคลื่อนไหวของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต รวมทั้งแสดงถึงการรอคอยของชิ้นงาน เพื่อให้เข้าใจถึงกระบวนการทำงาน และเป็นแนวทางไปสู่การปรับปรุงกระบวนการทำงานเพื่อลดระยะเวลาในการทำงานของพนังงาน จากการศึกษาข้างต้นผู้วิจัยสามารถแสดงข้อมูลระยะเวลาทั้งหมดของกระบวนการผลิต 269.8 นาที โดยมีระยะทางการเคลื่อนที่มากถึง 155 เมตร และ

สามารถสรุปผลของแต่ละกิจกรรมในแต่ละกระบวนการผลิตเครื่องประดับประเภทกำไล ก่อนทำการปรับปรุง ได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 จำนวนกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนการผลิตกำไลทองคำ

กิจกรรม	Operation	Transport	Inspection	Delay	Storage
A. มอบหมายงาน	3	1	1	-	-
B. การหลอมโลหะ	7	1	-	1	-
C. ตรวจเช็ค	1	1	1	-	-
D. การรีดแผ่นโลหะทอง	8	1	-	-	-
E. การวัดและตัดแผ่นทอง	4	1	2	-	-
F. การขึ้นรูปกำไล	13	2	4	1	-
G. เชื่อมข้อต่อกำไล	12	1	1	-	-
H. ทำความสะอาดชิ้นงาน 1	11	1	-	-	-
I. ขัดเงาชิ้นงาน	4	1	3	-	-
J. ทำผิวพ่นทราย	2	1	-	-	-
K. กัดลายชิ้นงาน	22	1	3	-	-
L. ทำความสะอาดชิ้นงาน 2	15	2	-	-	-
M. ส่งมอบงาน	1	2	1		1

จากตารางที่ 4.7 สามารถสรุปกิจกรรมก่อนทำการปรับปรุงกระบวนการทำงาน พบว่ากระบวนการขึ้นรูปกำไลเป็นกระบวนการที่มีขั้นตอนการตรวจสอบมากที่สุด เนื่องจากมีความซ้ำซ้อนกันในบางกระบวนการผลิต โดยขั้นตอนดังกล่าวเป็นขั้นตอนที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าในกระบวนการผลิต และส่งผลต่อผลิตภาพการทำงานในกระบวนการผลิตเครื่องประดับได้

ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวมรวมข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปใช้พิจารณาถึงสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต อีกทั้งช่วยในการหาแนวทางในการลดระยะเวลาการนำวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการและสามารถจัดทำมาตรฐานเวลาการผลิตที่มีประสิทธิภาพเพื่อช่วยให้การวางแผนการผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพได้ โดยแนวทางในการแก้ไขปัญหานั้นจะใช้หลักการการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา และหลักการออกแบบเครื่องมือเพื่อจัดทำอุปกรณ์สำหรับช่วยในกระบวนการผลิตต่างๆ

4.3 การปรับปรุงกระบวนการผลิต

จากการศึกษาข้อมูลที่ได้จากการบันทึกอย่างละเอียดถี่ถ้วน ด้วยการวิเคราะห์ด้วยแผนผังสาเหตุและผลของปัญหาที่เกิดขึ้นร่วมกับผังการไหลของกระบวนการผลิต ทำให้สามารถสรุปขั้นตอนกระบวนการผลิตที่มีความจำเป็นที่จะต้องทำการแก้ไข ดังต่อไปนี้

1) กระบวนการขึ้นรูปกำไลมีกระบวนการผลิตที่มีความซ้ำซ้อน มีการปฏิบัติงานที่เกี่ยวกับการตรวจสอบจำนวนมาก อีกทั้งอุปกรณ์ที่นำมาช่วยในการผลิตยังไม่ได้มาตรฐาน
2) กระบวนการขัดเงาชิ้นงาน เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดคอขวดในกระบวนการผลิต และเป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้าระหว่างการทำงานมากที่สุด เนื่องจากเป็นงานที่ใช้มือเป็นหลักในการผลิต
3) กระบวนการกัดลาย เป็นกระบวนการต้องอาศัยความชำนาญของช่างฝีมือในการควบคุมเครื่องกัดลาย โดยอุปกรณ์จับยึดที่ใช้ร่วมกับเครื่องกัดลายยังมีไม่เพียงพอและยังไม่ได้มาตรฐาน

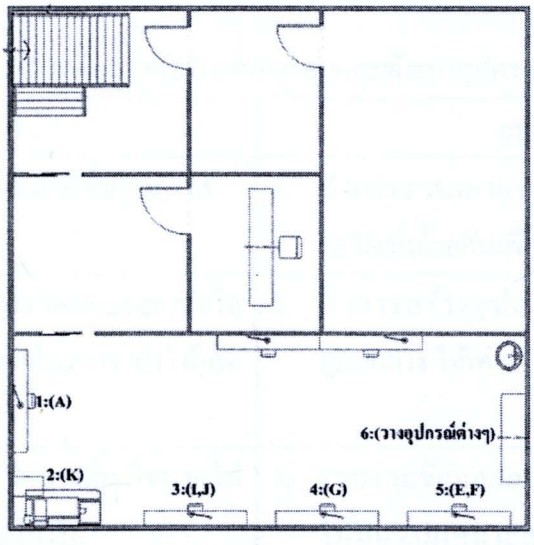
ถ้าสามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตใน 3 กระบวนการ ดังกล่าวสามารถลดระยะเวลาในการผลิต และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้ โดยใช้เทคนิคทางด้านการศึกษางานและการวัดงาน โดยหลักการที่นำมาใช้ในการปรับปรุงวิธีการทำงานมีดังนี้

4.3.1 การขจัดงานที่ไม่จำเป็นในกระบวนการขึ้นรูปกำไล โดยในกระบวนการมีจุดประสงค์เพื่อขดขึ้นรูปลวดทองคำให้เป็นวงตามขนาดที่มีได้มาจากคำสั่งการผลิต ดังนั้นขั้นตอนย่อยดังกล่าวนั้นมีขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบขนาดกำไลหลายขั้นตอน ซึ่งส่งผลให้มีระยะเวลาที่เกิดจากขั้นตอนการตรวจสอบที่สูง ดังนั้นจึงทำการขจัดกระบวนการตรวจสอบให้เหลือให้น้อยที่สุด

4.3.2 การรวมขั้นตอนการปฏิบัติงานเข้าด้วยกันของกระบวนการขัดเงาชิ้นงาน จากการพิจารณาข้างต้น พบว่า กระบวนการขัดเงาชิ้นงานนั้น มีอยู่ 2 กระบวนการย่อย คือ กระบวนการ

ขัดเงาชิ้นงานด้วยมือ และกระบวนขัดเงาชิ้นงานด้วยเครื่องจักร โดยผู้วิจัยได้ทำการออกแบบ และปรับปรุงสถานที่ทำงานด้วยการออกแบบขั้นตอนกระบวนการขัดใหม่ โดยการเสนอให้ใช้กระบวนการขัดเงาชิ้นงานด้วยเครื่องจักรเป็นหลักเพื่อลดระยะเวลาที่ใช้ในการขัดงานด้วยมือลง ส่งผลให้พนักงานลดความเมื่อยล้าในระหว่างการทำงานลงได้ โดยยังรักษาคุณภาพที่ดีเป็นไปตามความต้องการของลูกค้า

4.3.3 การปรับปรุงผังกระบวนการผลิตในสถานีงานบริเวณชั้น 3 การออกแบบสถานที่การทำงานใหม่ ได้ทำการปรับปรุงสภาพแวดล้อมของบริเวณพื้นที่การทำงานของพนักงานแต่ละคนในแต่ละสถานีงาน โดยสามารถแสดงแผนผังการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 แผนผังของพื้นที่ทำงานบริเวณชั้น 3 หลังทำการปรับปรุง

จากรูปที่ 4.16 แสดงแผนผังการทำงานของสถานีงานต่างๆ โดยตำแหน่งที่ 1 คือ ตำแหน่งสำหรับตรวจสอบน้ำหนักและกระจายงานไปสู่สถานีงานต่างๆ ตำแหน่งที่ 2 คือตำแหน่งวางเครื่องกัดลาย ตำแหน่งที่ 3 คือตำแหน่งสถานีงานการทำผิวประกายเพชรและการขัดเงาแหวนและกำไล ตำแหน่งที่ 4 คือ ตำแหน่งสถานีงานเชื่อมข้อต่อแหวนและกำไล ตำแหน่งที่ 5 คือ ตำแหน่งสถานีงานวัดขนาดและขึ้นรูปกำไล ตำแหน่งที่ 6 คือ ตำแหน่งของที่วางอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ โดยวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงผังการทำงานนั้น เพื่อต้องการให้กระบวนการทำงานเป็นไปอย่างสะดวกและรวดเร็วโดยคำนึงถึงความสัมพันธ์ของงานก่อนหน้า และงานถัดไปจากสถานีงานต่างๆ ทำให้ช่วยลดระยะทางการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบลดลง และช่วยให้การทำงานรวดเร็วขึ้น

4.3.4 การออกแบบอุปกรณ์ช่วยในกระบวนการขึ้นรูปกำไลและกระบวนการกัดลาย เพื่อการขจัดงานในขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ไม่จำเป็นในกระบวนการ ซึ่งได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ช่วยในกระบวนการผลิตทั้งหมด 2 ชิ้น คือ

4.3.4.1 การออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการขึ้นรูปกำไล โดยอาศัยเพื่อขจัดงานประเภทตรวจสอบขนาดกำไลในขณะกระบวนการขึ้นรูปและทำการออกแบบโดยทำการรวมเอาลักษณะเฉพาะของเครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนการขึ้นรูปกำไลเข้าด้วยกัน เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้เครื่องมือ และลดขั้นตอนการปรับแต่งในระหว่างกระบวนการขึ้นรูปกำไลได้ โดยใช้หลักการสร้างแนวความคิดสำหรับการออกแบบโดยการรวบรวมข้อมูลและระดมสมองของพนักงานที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การสร้างแนวความคิดสำหรับการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ขึ้นรูปกำไล

ปัญหา	แนวคิด
1. มีจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปกำไลหลายชิ้น	1. ทำการรวบเอาอุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปกำไลเข้าด้วยกันเพื่อลดจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้
2. เกิดความซ้ำซ้อนในการวัดขนาดของกำไลและไม่ได้ตามขนาดที่ต้องการ ทำให้เกิดการปรับแต่งหลายครั้ง	2. ทำการสร้างอุปกรณ์ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ให้เท่ากับขนาดของกำไล
3. ร่องของอุปกรณ์ขึ้นรูปแบบเดิม มีขนาดไม่เหมาะสมกับขนาดของกำไล	3. รวบรวมข้อมูลและออกแบบขนาดของร่องให้มีความเหมาะสมกับขนาดความ กว้างและ ความหนาของกำไล ประเภทต่างๆ
4. ขนาดของอุปกรณ์ช่วยในการขึ้นรูปบางชิ้นมีขนาดไม่เหมาะสมต่อการถือ	4. หาข้อมูลและประเมินวัสดุประเภทต่างๆที่มีความเหมาะสมเพื่อนำมาจัดทำอุปกรณ์สำหรับขึ้นรูปกำไล

จากการค้นหาแนวทางการแก้ไขปรับปรุงอุปกรณ์จะทำการค้นหาแนวทางแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบเพื่อช่วยจัดรวบรวมแนวทางการแก้ไขปัญหาเข้าด้วยกัน โดยการพัฒนาอุปกรณ์ขึ้นรูปกำไลนั้นจะทำการมุ่งเน้นศึกษาไปยังส่วนการแก้ปัญหาย่อยในส่วนของคุณลักษณะของอุปกรณ์ช่วยขึ้นรูปกำไล เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อปัญหาดังกล่าวจะทำการแบ่งส่วนประกอบของแนวความคิด ได้เป็น 3 ส่วนคือ รูปทรง ชนิดวัสดุ ลักษณะของร่อง ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 การแก้ปัญหาย่อยด้วยการแก้ไขอย่างเป็นระบบของอุปกรณ์ขึ้นรูปกำไล

แนวทางการแก้ปัญหาย่อยในของการใช้งาน	• ใช้งานได้ส่วนเดียว • ใช้งานได้หลายส่วน
แนวทางการแก้ปัญหาย่อยในส่วนของชนิดวัสดุ	• ไม้ • พลาสติก • ท่อพีวีซี
แนวทางการแก้ปัญหาย่อยในส่วนของลักษณะร่อง	• ไม่มีร่อง • หน้าตัดโค้งครึ่งวงกลม

เมื่อตระหนักถึงปัญหาย่อยที่จะต้องทำการแก้ไขปรับปรุงแล้ว จะนำหลักตารางประสานแนวความคิดเพื่อใช้ในการประสานแนวทางแก้ไขในแต่ละรูปแบบโดยการแยกปัญหาออกเป็นส่วนๆ แล้วใช้ความสัมพันธ์เชื่อมโยงแก้ไขแต่ละแบบเข้าหากัน ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ตารางประสานแนวความคิดของอุปกรณ์ขึ้นรูปกำไล

การใช้งาน	ชนิดวัสดุ	ลักษณะของร่อง
ใช้งานได้ส่วนเดียว ใช้งานได้หลายส่วน	ไม้ พลาสติก ท่อพีวีซี	ไม่มีร่อง หน้าตัดโค้งครึ่งวงกลม

จากแนวทางการประสานแนวความคิด ของอุปกรณ์ขึ้นรูปกำไลข้างต้น สามารถนำมาประกอบเป็นต้นแบบแนวความคิดได้ทั้งหมด 12 แนวความคิด ได้แก่

แนวคิดที่ 1 ใช้งานได้ส่วนเดียว ทำจากไม้ ไม่มีร่อง

แนวคิดที่ 2 ใช้งานได้ส่วนเดียว ทำจากไม้ มีร่องหน้าตัดครึ่งวงกลมสำหรับบังคับการขึ้นรูปกำไล

แนวคิดที่ 3 ใช้งานได้ส่วนเดียว ทำจากพลาสติก ไม่มีร่อง

แนวคิดที่ 4 ใช้งานได้ส่วนเดียว ทำจากพลาสติก มีร่องหน้าตัดครึ่งวงกลมสำหรับบังคับการขึ้นรูปกำไล

แนวคิดที่ 5 ใช้งานได้ส่วนเดียว ทำจากท่อพีวีซี ไม่มีร่อง

แนวคิดที่ 6 ใช้งานได้ส่วนเดียว ทำจากท่อพีวีซี มีร่องหน้าตัดครึ่งวงกลมสำหรับบังคับการขึ้นรูปกำไล

แนวคิดที่ 7 ใช้งานได้หลายส่วน ทำจากไม้ ไม่มีร่อง

แนวคิดที่ 8 ใช้งานได้หลายส่วน ทำจากไม้ มีร่องหน้าตัดครึ่งวงกลมสำหรับบังคับการขึ้นรูปกำไล

แนวคิดที่ 9 ใช้งานได้หลายส่วน ทำจากพลาสติก ไม่มีร่อง

แนวคิดที่ 10 ใช้งานได้หลายส่วน ทำจากพลาสติก มีร่องหน้าตัดครึ่งวงกลมสำหรับบังคับการขึ้นรูปกำไล

แนวคิดที่ 11 ใช้งานได้หลายส่วน ทำจากท่อพีวีซี ไม่มีร่อง

แนวคิดที่ 12 ใช้งานได้หลายส่วน ทำจากท่อพีวีซี มีร่องหน้าตัดครึ่งวงกลมสำหรับบังคับการขึ้นรูปกำไล

เมื่อได้แนวความคิดที่จะต้องนำมาพัฒนา จะต้องนำมาแนวทางที่เป็นไปได้จากแนวทางทั้งหมดที่ได้เลือกมาโดยใช้เกณฑ์ต่างๆที่จะต้องนำมาพิจารณาดังนี้

1) การใช้ได้ง่าย คือ สะดวกต่อการใช้งาน ไม่จำเป็นต้องใช้ทักษะในการใช้เครื่องมือ
2) อรรถประโยชน์หลากหลาย คือ มีหลากหลายหน้าที่ในอุปกรณ์ชิ้นเดียว เพื่อช่วยในการรวมขั้นตอนที่เกี่ยวข้องในกระบวนขึ้นรูปกำไล และขจัดงานประเภทการตรวจสอบขนาดของกำไลได้
3) น้ำหนักเบา คือ มีน้ำหนักที่เหมาะสมต่อการถือ ไม่หนักมากจนเกินไปซึ่งจะทำให้พนักงานเกิดความล้าขณะทำงาน
4) ความคงทน คือ มีความคงทนต่อการใช้งาน
5) ไม่เกิดความเสียหาย คือ ขณะทำการขึ้นรูป จะไม่ทำให้ชิ้นงานเป็นรอย
6) ผลิตได้ง่าย คือ สามารถผลิตหรือสร้างอุปกรณ์ขึ้นมาได้ง่าย

จากเกณฑ์ที่นำมาพิจารณานั้นจะใช้ แนวคิดที่ 6 ในการเป็นตัวอ้างอิง เพื่อใช้ในการพัฒนาต่อยอดต่อไป เนื่องจาก แนวคิดที่ 6 เป็นแนวคิดที่มีใช้อยู่แล้วภายในสายการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 การวิเคราะห์ Concept Screening ของอุปกรณ์สำหรับการขึ้นรูปกำไล

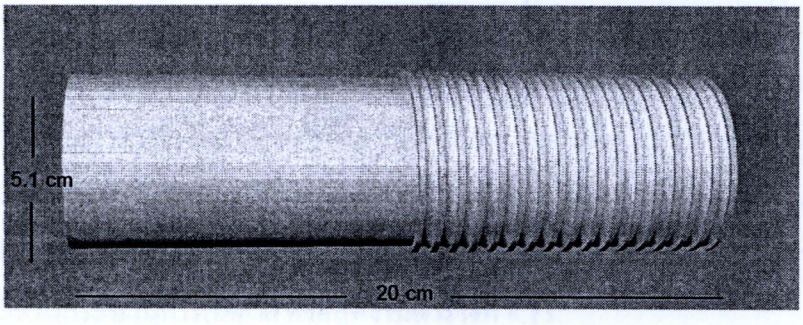
	แนวคิดที่											
Selection Criteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
การใช้ได้ง่าย	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อรรถประโยชน์หลากหลาย	-1	0	-1	0	-1	0	0	1	0	1	0	1
น้ำหนักเบา	-1	-1	1	1	0	0	-1	-1	1	1	0	0
ความคงทน	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	-1	-1
ไม่เกิดความเสียหาย	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ผลิตได้ง่าย	-1	-1	1	1	0	0	-1	-1	1	1	-1	-1
SUM + S	1	1	3	3	0	0	1	2	3	4	0	1
SUM - S	3	2	1	0	1	0	2	2	0	0	2	2
SUM 0 S	2	3	2	1	5	0	3	2	3	2	4	3
Net Score	-2	-1	2	3	-1	0	-1	0	3	4	-2	-1
Rank	11	7	4	2	7	5	7	5	2	1	11	7
Continue?	No	No	No	Yes	No	No	No	No	Yes	Yes	No	No

จากตารางสามารถช่วยในการลดแนวความคิดที่หลากหลายโดยใช้หลักเกณฑ์ดังกล่าวเพื่อนำมาพิจารณาว่า แนวความคิดใดมีความเหมาะสมที่จำนำไปพัฒนาต่อไปซึ่งจากตารางสามารถสรุปได้ว่า แนวความคิดที่ 10 มีคะแนนสูงสุด คือ เป็นอุปกรณ์ใช้งานได้หลายส่วน ทำจากพลาสติก มีร่องหน้าตัดครึ่งวงกลมสำหรับบังคับการขึ้นรูปกำไล รองลงมาคือแนวความคิดที่ 4 และ 9 ตามลำดับ โดยจะนำแนวความคิดทั้ง 3 และ แนวความคิดที่ 6 เป็นตัวอ้างอิง โดยคำนวณค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) เข้าไปด้วย ซึ่งยังคงใช้ Selection Criteria เดิม และใช้ค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้จากความต้องการของพนักงานที่ได้จากการสอบถาม ดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 การวิเคราะห์ด้วย Concept Scoring ของอุปกรณ์สำหรับการขึ้นรูปกำไล

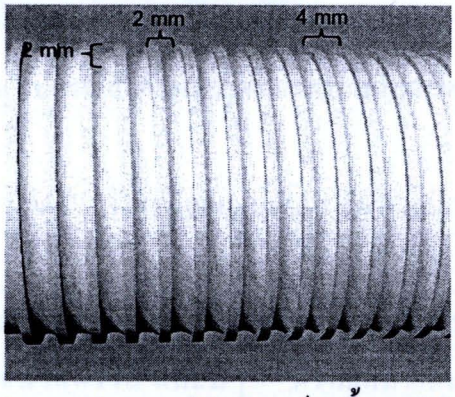
Selection Criteria	Weight	แนวความคิด							
		Reference (6)		4		9		10	
		Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score
การใช้ได้ง่าย	10%	3	0.3	4	0.4	4	0.4	5	0.5
อรรถประโยชน์หลากหลาย	50%	3	1.5	3	1.5	4	2	5	2.5
น้ำหนักเบา	5%	5	0.25	4	0.2	4	0.2	4	0.2
ความคงทน	5%	3	0.15	4	0.2	4	0.2	4	0.2
ไม่เกิดความเสียหาย	20%	5	1	5	1	5	1	5	1
ผลิตได้ง่าย	15%	3	0.45	4	0.6	4	0.6	4	0.6
Total Score		3.65		3.9		4.4		5	
Rank		4		3		2		1	
Develop		NO		NO		NO		YES	

จากผลการวิเคราะห์ด้วย Concept Scoring พบว่า แนวความคิดที่ 10 มีความเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาต่อเป็นอุปกรณ์ช่วยสำหรับการขึ้นรูปกำไล โดยได้ออกแบบจัดทำเป็นรูปสามมิติ ดังแสดงในรูปที่ 4.17 จะแสดงสัดส่วนความยาว เท่ากับ 20 เซนติเมตร ซึ่งจะต้องแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นลักษณะพื้นเรียบ 10 เซนติเมตร และลักษณะเป็นเกลียว 10 เซนติเมตร โดยจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกเท่ากับ 5.1 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานของกำไลข้อมือของผู้หญิงไทย และเป็นขนาดที่มีการผลิตมากที่สุดในการผลิตเครื่องประดับประเภทกำไล

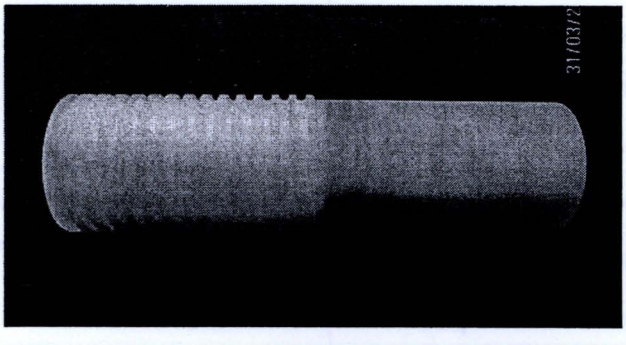


รูปที่ 4.17 แบบจำลองอุปกรณ์ในรูปแบบ 3 มิติอุปกรณ์ขดขึ้นรูปกำไล

โดยส่วนของความสูงของเกลียว เท่ากับ 2 มิลลิเมตร เนื่องจากความหนาของกำไลโดยเฉลี่ยจะมีความหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ส่วนความกว้างของแต่ละเกลียวเท่ากับ 2 มิลลิเมตร และความกว้างระหว่างแต่ละเกลียวเท่ากับ 4 มิลลิเมตร ซึ่งค่า 4 มิลลิเมตรนั้นหาได้จาก ความกว้างสูงสุดของผลิตภัณฑ์กำไลที่ผลิตได้ในปัจจุบันดังรูปที่ 4.18 จากนั้นนำแบบจำลอง 3 มิติไปจัดทำเป็นอุปกรณ์สำหรับช่วยขึ้นรูปกำไล ดังรูปที่ 4.19

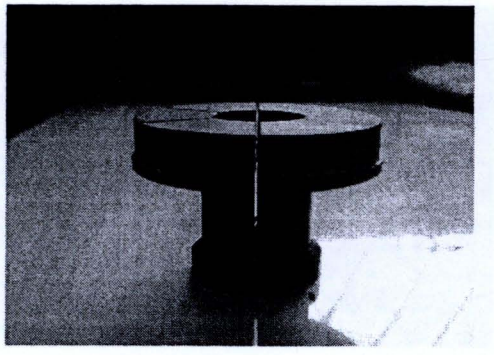


รูปที่ 4.18 แบบจำลองรูปแบบ 3 มิติอุปกรณ์ขดขึ้นรูปกำไลบริเวณเกลียว



รูปที่ 4.19 อุปกรณ์สำหรับขึ้นรูปกำไล

4.3.4.2 การออกแบบอุปกรณ์สำหรับจับยึดในกระบวนการกัดลาย มีความจำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์จับยึดในการประกอบเข้ากับเครื่องกัดลาย ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้อยู่นั้นมีความจำเป็นที่ต้องปรับแต่งอยู่บ่อยครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.20 และมีจำนวนที่ไม่เพียงพอต่อการเตรียมชิ้นงาน ทำให้เกิดเวลานำในกระบวนการ จึงได้มีแนวความคิดในการออกแบบอุปกรณ์ให้มีมาตรฐาน และลดการปรับแต่งระหว่างการทำงานได้ โดยใช้หลักการสร้างแนวความคิดสำหรับการออกแบบโดยการ รวบรวมข้อมูลและระดมสมองของพนักงานที่เกี่ยวข้องเพื่อพัฒนาอุปกรณ์สำหรับจับยึดในกระบวนการกัดลาย ดังแสดงในตารางที่ 4.13

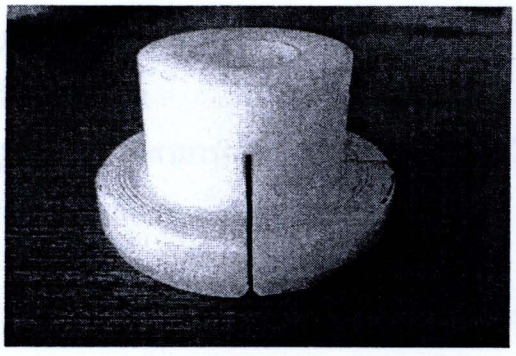


รูปที่ 4.20 อุปกรณ์สำหรับจับยึดที่มาพร้อมกับเครื่องกัดลาย

ตาราง 4.13 การสร้างแนวความคิดสำหรับการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึด

ปัญหา	แนวคิด
1. อุปกรณ์จับยึดที่มาพร้อมกับเครื่องกัดลาย มีขนาดไม่เหมาะสมกับขนาดกำไล และมีน้ำหนักมากที่ยากต่อการใช้งาน	1. หาข้อมูลและประเมินวัสดุประเภทต่างๆที่มีความเหมาะสมเพื่อนำมาจัดทำอุปกรณ์สำหรับการจับยึดกำไล และทำการออกแบบให้อุปกรณ์จับยึดให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาะสมกับขนาดกำไล ทำให้สามารถวัดขนาดกำไลได้ตลอดเวลา
2. ระหว่างการกัดลาย กำไลมีการเคลื่อนที่จากตำแหน่งเดิมและไม่แนบสนิทระหว่างการจับยึดเนื่องจากติดบริเวณสลักของกำไล	2. ออกแบบอุปกรณ์จับยึดให้สามารถป้องกันการลื่น และออกแบบให้สลักกำไลสามารถแนบเข้ากับอุปกรณ์จับยึดได้สนิท
3. มีจำนวนไม่เพียงพอ	3. หาจำนวนที่ต้องการให้เพียงพอต่อการใช้งาน

จากการค้นหาแนวทางการแก้ไขปรับปรุงอุปกรณ์จับยึดกำไลนั้น จะทำการค้นหาแนวทางแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบเพื่อช่วยจัดรวบรวมแนวทางการแก้ไขปัญหาเข้าด้วยกัน โดยทำการมุ่งเน้นศึกษาไปยังส่วนการแก้ปัญหาย่อยในส่วนของคุณลักษณะของอุปกรณ์จับยึด เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อปัญหา โดยการพัฒนาอุปกรณ์ช่วยในการจับยึดที่มีอยู่เดิมให้ดียิ่งขึ้นโดยการปรับเปลี่ยนจาก โลหะเป็นพลาสติก เพื่อสามารถผลิตได้ง่าย ดังแสดงในรูปที่ 4.21



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

รูปที่ 4.21 อุปกรณ์จับยึดหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1

เพิ่มคุณสมบัติให้ของอุปกรณ์จับยึดให้ดียิ่งขึ้น โดยการเพิ่มแนวความคิดที่จะพัฒนา 2 ส่วนคือ ปรับเปลี่ยนรูปทรงให้สามารถใช้งานได้หลากหลายยิ่งขึ้น และ เพิ่มคุณลักษณะของตัวกันลื่น ดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 การแก้ปัญหาย่อยด้วยการแก้ไขอย่างเป็นระบบของอุปกรณ์ขึ้นรูปกำไล

แนวทางการแก้ปัญหาย่อยในส่วนของตัวกันลื่น
• แถบยาง • แถบพลาสติก

เมื่อตระหนักถึงปัญหาย่อยที่จะต้องทำการแก้ไขปรับปรุงแล้ว จะนำหลักตารางประสานแนวความคิดเพื่อใช้ในการประสานแนวทางแก้ไขในแต่ละรูปแบบโดยการแยกปัญหาออกเป็นส่วนๆ แล้วใช้ความสัมพันธ์เชื่อมโยงแก้ไขแต่ละแบบเข้าหากัน ดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ตารางประสานแนวความคิดของอุปกรณ์ขึ้นรูปกำไล

การใช้งาน	ลักษณะกันลื่น
ใช้งานได้หลายส่วน	แถบยาง แถบกาว

จากแนวทางการประสานแนวความคิดของอุปกรณ์จับยึดกำไลข้างต้น สามารถนำมาประกอบเป็นต้นแบบแนวความคิดได้ทั้งหมด 2 แนวความคิด ได้แก่

แนวคิดที่ 1 อุปกรณ์จับยึดสามารถใช้งานได้หลายส่วน โดยใช้แถบยาง สำหรับกันลื่น

แนวคิดที่ 2 อุปกรณ์จับยึดสามารถใช้งานได้หลายส่วน โดยใช้แถบกาว สำหรับกันลื่น

เมื่อได้แนวความคิด ที่จะต้องนำมาพัฒนา เพื่อหาแนวทางที่เป็นไปได้จากแนวทางทั้งหมดที่ได้เลือกมา โดยใช้เกณฑ์ต่างๆที่จะต้องนำมาพิจารณาดังนี้

1) การใช้ได้ง่าย คือ สะดวกต่อการใช้งาน ไม่จำเป็นต้องใช้ทักษะในการใช้เครื่องมือ
2) อรรถประโยชน์หลากหลาย คือ มีหลากหลายหน้าที่ในอุปกรณ์ชิ้นเดียว
3) จับยึดได้มั่นคง คือ ขณะทำการกัดลาย ชิ้นงานและจิ๊กสามารถแนบได้สนิท
4) ผลิตได้ง่าย คือ สามารถผลิตหรือสร้างอุปกรณ์ขึ้นมาได้ง่าย
5) ความคุ้มค่า คือ มีค่าใช้จ่ายในการจัดทำเหมาะสมกับราคาที่เสียไป

จากเกณฑ์ที่นำมาพิจารณานั้นจะใช้ อุปกรณ์ที่ผ่านการปรับปรุงครั้งที่ 1 ในการอ้างอิงเพื่อใช้ในการพัฒนาต่อยอดต่อไป เนื่องจากมีการใช้งานมาบ้าง แต่จำเป็นที่จะต้องพัฒนาต่อเพื่อให้อุปกรณ์มีความสมบูรณ์มายิ่งขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 การวิเคราะห์ Concept Scoring ของอุปกรณ์สำหรับอุปกรณ์จับยึด

		แนวความคิด					
Selection Criteria	Weight	Reference		1		2	
		Rating	Weighted	Rating	Weighted	Rating	Weighted
การใช้ได้ง่าย	20%	4	0.8	5	1	5	1
อรรถประโยชน์หลากหลาย	20%	3	0.6	5	1	5	1
จับยึดได้มั่นคง	30%	3	0.9	4	1.2	5	1.5
ผลิตได้ง่าย	20%	4	0.8	3	0.6	4	0.8
ความคุ้มค่า	10%	4	0.4	3	0.3	5	0.5
Total Score		3.5		4.1		4.8	
Rank		3		2		1	
Develop		No		No		Yes	

จากผลการวิเคราะห์ด้วย Concept Scoring พบว่า แนวความคิดที่ 2 มีความเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาต่อเป็นอุปกรณ์ช่วยในการจับยึดกำไล เนื่องจากการใช้แถบกาวสองหน้า สามารถช่วยในการจับยึดกำไลได้มั่นคงกว่าการใช้แถบยาง และมีค่าใช้จ่ายของการใช้กาวสองหน้ามีราคาที่ถูกกว่าการใช้แถบยาง โดยได้ทำการเปรียบเทียบของพัฒนาอุปกรณ์จับยึดดังแสดงในรูปที่ 4.22

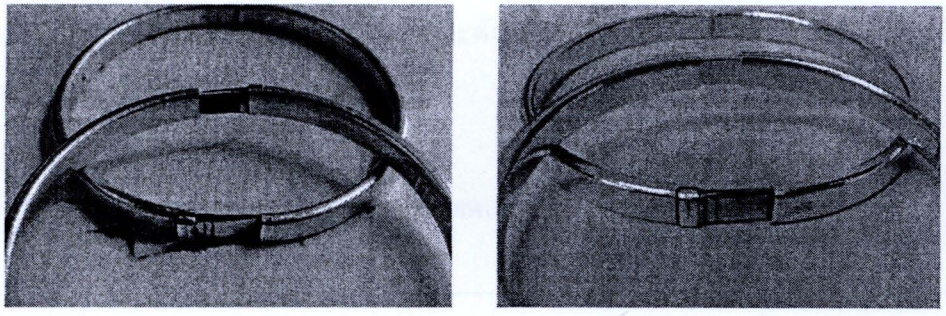
รูปที่ 4.22 อุปกรณ์ช่วยในการจับยึดกำไลในกระบวนการกัดลาย

จากรูปที่ 4.22 จากการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับจับยึดกำไลนั้นได้ทำการพัฒนาทั้งหมด 2 ขั้นตอน โดยทำการปรับปรุงครั้งที่ 1 จะทำการออกแบบเพื่อเลียนแบบต้นแบบที่ได้มาพร้อมจากเครื่องโดยสามารถจับยึดกับกำไลได้เพียงขนาดเดียวทำให้ต้องใช้จำนวนสำหรับอุปกรณ์จับยึดจำนวนมากเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งาน ส่วนการปรับปรุงครั้งที่ 2 จะทำการออกแบบเพื่อให้สามารถจับยึดกับกำไลได้ทั้งสองด้าน เพื่อความสะดวกและเพียงพอต่อการใช้งานได้

4.3.5 การออกแบบการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการขัดเงา

สำหรับเครื่องขัดแบบหมุนด้วยแกน (เครื่องร่อนเงาโลหะ) ที่จะนำมาใช้หลังจากมีการรวมขั้นตอนกระบวนการขัดเงาชิ้นงานเข้าด้วยกัน

ในกระบวนการขัดเงาแหวนและกำไลนั้น เป็นกระบวนการเตรียมชิ้นงาน เพื่อเข้าสู่กระบวนการต่อไป ได้แก่ กระบวนการเตรียมผิวประกายเพชร และกระบวนการกัดลายชิ้นงาน โดยเครื่องมือที่พนักงานใช้เป็นเครื่องมือที่มีขายตามร้านที่ขายอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับช่างทอง กระบวนการเตรียมชิ้นงานนี้ จะต้องทำการขัดให้ผิวด้านในของแหวนและกำไล มีลักษณะมันวาว ในการจัดทำการออกแบบการทดลองขึ้นมานั้นเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยเน้นทางด้านคุณภาพของชิ้นงานที่เกิดจากกระบวนการขัดเงาด้วยเครื่องขัดแบบหมุนด้วยแกน คือ ความเงา (Shiny) และ ความสะอาด (Clean) ของชิ้นงานดังรูป 4.23



รูปที่ 4.23 แสดงการเปรียบเทียบกันก่อนและหลังการขัดเงาด้วยเครื่องขัดแบบหมุนด้วยแกนในด้านความเงาและความสะอาด

โดยลักษณะของคราบที่เกิดขึ้นจะเป็นคราบสีดำที่เกิดจากการทำปฏิกิริยากันของน้ำประสานทองกับความร้อน และคราบจากไขมันต่างๆทำให้ชิ้นงานมีความหมองและไม่สวยงาม โดยระยะเวลา และความเร็วในการใช้งานเครื่องขัดแบบหมุนด้วยแกน ถ้าไม่มีการตรวจสอบการตั้งค่าที่ดีจะทำให้คราบต่างๆที่พบยังคงอยู่ทำให้ต้องมีการนำไปทำความสะอาดอีกครั้ง ส่งผลต่อความสูญเสียทางด้านเวลา และแรงงาน จึงได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อจะหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 การออกแบบการทดลอง ของพารามิเตอร์เพื่อทำการปรับปรุง

RunOrder	Factors			ความเงา	ความสะอาด
	ความเร็ว	เวลา	จำนวนชิ้น		
1	48	10	10		
2	36	15	10		
3	36	10	15		
4	48	15	15		

จากตารางจะทำการออกแบบการทดลอง โดยวิธีการออกแบบเศษส่วนเชิงแฟกทอเรียลแบบ-2^{3-1}และ จัดทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ เพื่อเพิ่มความแม่นยำของการประเมินผลทางสถิติ ซึ่งมีตัวแปร 3 ตัว คือ เวลา (Min) ความเร็วรอบ (RPM) และ จำนวนชิ้นงาน (Pcs.) หลังจากนั้นจะนำตัวแปรเข้าไปใน Minitab ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้เกี่ยวกับแสดงผลทางสถิติในกระบวนการผลิตของโรงงานตัวอย่าง โดยมีเกณฑ์ทางการพิจารณาคะแนนโดยให้พนักงานเป็นผู้ประเมิน จำนวน 2 คน โดยทำการสุ่มหยิบชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการทดลอง 1 ชิ้น เพื่อทำการประเมินโดยกำหนดเกณฑ์การให้

คะแนนตั้งแต่ 1-5 เมื่อทำการทดลองตามสภาวะดังกล่าวแล้ว จะได้ผลข้อมูลจากการประเมินของพนักงานดังแสดงในตารางที่ 4.18

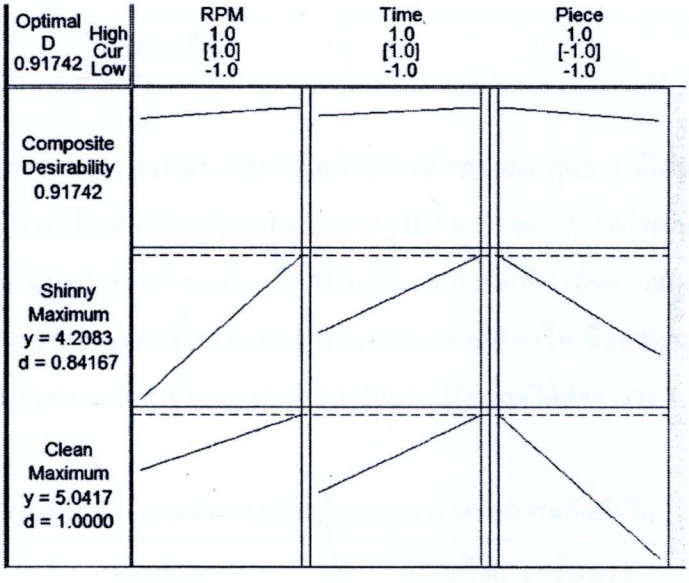
ตารางที่ 4.18 แสดงผลที่ได้จากการเมินหลังการทดลองแต่ละพารามิเตอร์

RunOrder	Factors			ความเงา		ความสะอาด	
	ความเร็ว	เวลา	จำนวนชิ้น	พนง 1.	พนง 2.	พนง 1.	พนง 2.
1	36	10	15	3	3	4	4
2	48	10	10	4	3.5	4.5	4.5
3	36	15	10	3.5	3.5	5	5
4	48	15	15	4	4	4.5	4.5
5	36	10	15	3	3	4	4
6	48	10	10	4	4	4.5	5
7	36	15	10	3.5	4	4.5	5
8	48	15	15	4	4	4.5	4.5
9	36	10	15	3	3	4	4
10	48	10	10	4	4	5	5
11	36	15	10	4	3.5	5	4.5
12	48	15	15	3.5	3.5	4.5	4.5

จากตารางที่ 4.18 เมื่อได้ผลจากการทดลองของแต่ละพารามิเตอร์แล้วนำผลที่ได้จากพนักงานคนที่ 1 และพนักงานคนที่ 2 เพื่อหาความสัมพันธ์ว่าพนักงานทั้ง 2 มีเจตคติทางด้านความคิดแตกต่างกันหรือไม่ โดยวิธี Pair T-Test ด้วยโปรแกรม Minitab ในภาคผนวก ก รูปที่ ก.1 พบว่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 ค่าที่ได้จากพนักงานที่ทำการประเมินนั้นไม่มีผลทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้สามารถให้พนักงานคนใดคนหนึ่งเป็นผู้ประเมินก็ได้ โดยสามารถนำผลที่ได้จากการทดลองไปหาค่าเฉลี่ยของพนักงานทั้ง 2 คน ดังภาคผนวก ก ตารางที่ ก.1 จากนั้น ใช้โปรแกรม Minitab ในภาคผนวก ก รูปที่ ก.2 ด้วยวิธีการออกแบบเศษส่วนเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^{3-1} เพื่อวิเคราะห์หาความแปรปรวน(ANOVA) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเงาของชิ้นงาน พบว่าปัจจัยหลักมีผลต่อความเงาของชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.10$) ในกระบวนการขัดเงาด้วยเครื่องขัดแบบหมุนด้วยแกน คือ ความเร็วที่ใช้ ระยะเวลาและจำนวนชิ้นงาน ส่วนการวิเคราะห์หาความแปรปรวน

ของความสะอาดของชิ้นงาน พบว่าปัจจัยหลักมีผลต่อความสะอาดของชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.10$) คือ ระยะเวลาและจำนวนชิ้นงาน

จากนั้นทำการวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยโดยใช้ฟังก์ชัน Response Surface Optimizer ด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อหาสภาวะที่ดีที่สุดในการกำหนดการใช้งานเครื่องขัดแบบหมุนด้วยแกน ดังแสดงในรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 แสดงสภาวะที่เหมาะสมของการขัดเงาชิ้นงานด้วยเครื่องขัดแบบหมุนด้วยแกน

จากรูปที่ 4.24 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมต่อการตั้งค่าบนเครื่องขัดแบบหมุนด้วยแกน คือที่ (+1) 48 rpm (+1)15 min (-1)10 pcs หรือ ความเร็วในการหมุนคือ 48 rpm. เวลา 15 นาที และ จำนวนชิ้นงานที่ใส่ลงไป 10 ชิ้น

4.4 การศึกษากระบวนการผลิตหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต

4.4.1 การวิเคราะห์กระบวนการผลิตแหวนด้วยการจัดทำ แผนภูมิการผลิตต่อเนื่อง

จากแผนภูมิการผลิตต่อเนื่องในภาคผนวก ข รูปที่ ข.1 ของสายการผลิตแหวนหลังทำการปรับปรุง คือ การศึกษากระบวนการเคลื่อนไหวของมือและการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต รวมทั้งแสดงถึงการรอคอยของชิ้นงานของกระบวนการผลิตแหวน ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลเชิงตัวเลขเกี่ยวกับปริมาณการเคลื่อนที่และระยะทางหลังการปรับปรุงได้ดังตาราง 4.19

ตารางที่ 4.19 กิจกรรมการทำงานหลังการปรับปรุงของกระบวนการผลิตแหวน

กิจกรรม	หลังการปรับปรุง
การปฏิบัติงาน	91
การขนย้าย	16
การตรวจสอบ	10
การล่าช้า	1
การจัดเก็บ	1

4.4.2 การวิเคราะห์กระบวนการผลิตกำไลด้วยการจัดทำ แผนภูมิการผลิตต่อเนื่อง

จากแผนภูมิการผลิตต่อเนื่องในภาคผนวก ข รูปที่ ข.2 ของสายการผลิตกำไลหลังทำการปรับปรุง คือ การศึกษากระบวนการเคลื่อนไหวของมือและการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต รวมทั้งแสดงถึงการรอคอยของชิ้นงานของกระบวนการผลิตกำไล ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลเชิงตัวเลขเกี่ยวกับปริมาณการเคลื่อนที่และระยะทางหลังการปรับปรุงได้ดังตาราง 4.20

ตารางที่ 4.20 กิจกรรมการทำงานหลังการปรับปรุงของกระบวนการผลิตกำไล

กิจกรรม	หลังการปรับปรุง
การปฏิบัติงาน	101
การขนย้าย	18
การตรวจสอบ	12
การล่าช้า	2
การจัดเก็บ	1

4.5 การหาเวลามาตรฐานของกระบวนการผลิตแหวนและกำไล

หลังจากศึกษากระบวนการทำงานของแต่ละกระบวนการย่อยแล้ว ผู้วิจัยทำการศึกษาเวลามาตรฐานของแต่ละกระบวนการ โดยกำหนดการคำนวณหาจำนวนรอบในการจับเวลา โดยจำเป็นที่จะต้องหาจำนวนรอบที่เหมาะสม เพราะการจับเวลาย่อมมีความคลาดเคลื่อนและมีงานย่อยแปลกปลอมเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ในการหาจำนวนรอบที่เหมาะสมโดยประมาณ โดยประมาณสำหรับค่าความเชื่อมั่นที่ 95% ดังภาคผนวก ค ตารางที่ ค.1 พบว่า ค่าพิสัยหารด้วยค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตแหวนและกำไล คือ 0.13 และ 0.15 ตามลำดับ ดังนั้นจำนวนรอบที่เหมาะสมในการเก็บข้อมูลนั้นไม่เกิน 10 ค่า

การหาค่าเวลามาตรฐานโดยการกำหนดเวลาเผื่อ จะสามารถหาได้จากสูตร

เวลามาตรฐาน = เวลาปกติ + ค่าเวลาเผื่อ (2)

เมื่อนำสมการดังกล่าวไป คำนวณหาค่าเวลามาตรฐาน โดยแสดงค่าเวลามาตรฐานของแต่ละกระบวนการย่อย ซึ่งการวิเคราะห์เวลาเผื่อของแต่ละกระบวนการนั้น จะพิจารณาถึงหลักเกณฑ์ในการกำหนดเวลาเผื่อที่ต่างกัน เนื่องจากกระบวนการผลิตมีขั้นตอนย่อยหลากหลายขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอนย่อยนั้นมีความยากง่ายของการปฏิบัติที่ต่างกัน ประกอบกับเกณฑ์การตอบแบบสอบถามในภาคผนวก ค ตารางที่ ค.2.1 ถึง ตารางที่ ค.2.3 ที่ได้จากการจัดลำดับความยาก-ง่ายของขั้นตอนการผลิตเครื่องประดับ พบว่า ขั้นตอนที่ทำให้รู้สึกเบื่อหน่ายมากที่สุด คือ การขัดเงาชิ้นงาน ขั้นตอนที่ทำให้เกิดความเหนื่อยล้ามากที่สุด คือ ขั้นตอนการหลอมโลหะ ขั้นตอนการขัดเงาชิ้นงานและขั้นตอนกัดลายชิ้นงาน ส่วนขั้นตอนใดที่มีการเคลื่อนที่มากที่สุด คือ ขั้นตอนการทำความสะอาดชิ้นงาน

เมื่อพิจารณาถึงเกณฑ์การกำหนดเวลาเผื่อในกระบวนการผลิต ในภาค ผนวก ค ตารางที่ ค.3 เพื่อกำหนดเวลาเผื่อภายในกระบวนการผลิตตามตารางปัจจัยที่ควรคำนึงถึงการเผื่อเวลา โดยการกำหนดเวลาเผื่อเกิดจากการนำค่าเวลาเผื่อปกติรวมกับเวลาเผื่อผันแปร ดังแสดงในตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 การกำหนดเปอร์เซ็นต์เวลาเผื่อ

เวลาเผื่อ(%)	ลักษณะของงาน	กระบวนการผลิต
5%	งานพื้นฐานทั่วไป	มอบหมายงาน (A), ตรวจเช็ค(C), รับมอบงาน (M)
10%	งานที่มีความจำเจและน่าเบื่อหน่าย มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ทักษะในการควบคุมเครื่องเครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการผลิต	การรีดแผ่นโลหะทอง (D), การวัดขนาดและตัดแผ่นทอง (E), การขึ้นรูปแหวนและกำไล (F), การทำความสะอาดชิ้นงาน1 และ2 (H,L), การทำผิวประกายเพชร (J)
15%	งานที่ต้องใช้ความร้อนและสารเคมีในการทำงาน มีการออกแรงตลอดเวลาหรือต้องใช้สมาธิหรือสายตาในการทำงานตลอดเวลา	การหลอมโลหะ(B), การเชื่อมข้อต่อและทำสลักแหวนและกำไล(G), การขัดเงาชิ้นงาน(I), การกัดลวดลายชิ้นงาน(K)

จากตารางพบว่า ขั้นตอนการหลอมโลหะ การเชื่อมข้อต่อ การขัดเงาชิ้นงานและการกัดลวดลาย เป็นขั้นตอนที่ต้องมีการกำหนดเวลาเผื่อรวมมากที่สุด คือ 15% เนื่องจากเป็นการทำงานที่ต้องใช้แรงในการทำงานส่งผลความซ้ำซากจำเจและน่าเบื่อหน่าย และมีการใช้สายตาอยู่ตลอดเวลา และในบางขั้นตอนต้องใช้ความร้อนและสารเคมีเพื่อช่วยในกระบวนการผลิต ส่วนขั้นตอนการมอบหมายงานนั้น เป็นขั้นตอนที่มีการกำหนดเวลาเผื่อรวมน้อยที่สุดคือ 5 % เนื่องจากเป็นการทำงานที่ไม่ต้องใช้ทักษะด้านการผลิตมาก มีเพียงหน้าที่อธิบายงานและแจกจ่ายงานให้กับพนักงานเท่านั้น ดังนั้นจึงนำสมการที่ 2 ไปคำนวณหาเวลามาตรฐาน โดยแสดงค่าเวลามาตรฐานของแต่ละกระบวนการย่อย ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค.4 และ ค.5 โดยทำการกำหนดให้เวลาที่ทำการจับเวลานั้น เทียบเท่ากับประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานที่ 100 % พบว่าเวลามาตรฐานของสายการผลิตแหวนและกำไลทองคำ คือ 192.82 และ 257.24 นาที ตามลำดับ

4.6 สรุปผลการศึกษาวิจัย

จากผลการศึกษาและปรับปรุงกระบวนการทำงานในสายการผลิตแหวนและกำไลด้วยมาตรการ 2 มาตรการที่ได้นำเสนอไป สามารถสรุปผลการทดลองหลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยทำการเปรียบเทียบทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตได้ดังนี้

จากการศึกษาแผนภูมิการผลิตต่อเนื่องของกระบวนการผลิตแหวนและกำไล ทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่า

1. กระบวนการผลิตแหวนระยะทางการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบและระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต ลดลงดังแสดงได้ในตารางที่ 4.22 ดังนี้

ตารางที่ 4.22 กิจกรรมการทำงานเปรียบเทียบ ก่อนและหลัง ของกระบวนการผลิตแหวน

กิจกรรม	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
การปฏิบัติงาน	94	91
การขนย้าย	16	16
การตรวจสอบ	13	10
การล่าช้า	1	1
การจัดเก็บ	1	1
ระยะทาง(เมตร)	155	125
เวลา(นาที)	200.3	176.91

จากตาราง พบว่าเมื่อทำการปรับปรุงการกระบวนการผลิต ตามแนวทางที่ได้เสนอให้ปรับปรุงกระบวนการผลิต ทำให้ลดระยะทางของการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบในกระบวนการผลิต จาก 155 เมตร ลดเหลือ 125 เมตร และระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต ลดลงจาก 200.3 เหลือ 176.91 นาทีและเมื่อทำการปรียบเทียบประสิทธิภาพในด้านเวลาของกระบวนการผลิตเครื่องประดับของแหวนและกำไล ก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้จำนวนเครื่องจักรและจำนวนพนักงานเท่าเดิม พบว่า สามารถลดระยะทางการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบในกระบวนการผลิตลง 19.35 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดระยะเวลาในกระบวนการผลิตแหวนลง 11.15 เปอร์เซ็นต์

2. กระบวนการผลิตกำไลระยะทางการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบและระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต ลดลงดังแสดงได้ในตารางที่ 4.23 ดังนี้

ตารางที่ 4.23 กิจกรรมการทำงานเปรียบเทียบ ก่อนและหลัง ของกระบวนการผลิตกำไล

กิจกรรม	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
การปฏิบัติงาน	107	101
การขนย้าย	18	18
การตรวจสอบ	18	12
การล่าช้า	2	2
การจัดเก็บ	1	1
ระยะทาง(เมตร)	155	125
เวลา(นาที)	269.86	235.9

จากตาราง 4.23 พบว่าเมื่อทำการปรับปรุงการกระบวนการผลิต ตามมาตรการทั้ง 2 มาตรการ ทำให้สามารถลดระยะทางของการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบในกระบวนการผลิต จาก 155 เมตร ลดเหลือ 125 เมตร และระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต ลดลงจาก 269.86 เหลือ 235.9 นาที และเมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในด้านเวลาของกระบวนการผลิตเครื่องประดับของแหวนและกำไลก่อนและหลังการปรับปรุง โดยใช้จำนวนเครื่องจักรและจำนวนพนักงานเท่าเดิม พบว่าสามารถลดระยะทางการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบในกระบวนการผลิตลง 19.35 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดระยะเวลาในกระบวนการผลิตกำไลลง 12.56 เปอร์เซ็นต์