

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการพัฒนาโมดูลคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือน เครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติ

ผศ. ดร.สมลักษณ์ วรรณฤมล กิเยลาโรว่า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
และ สมาคมผู้ค้าอัญมณีไทยและเครื่องประดับ

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.และสมาคมผู้ค้าอัญมณีไทยและเครื่องประดับ ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย
เสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย ร่วมกับ สมาคมผู้ค้าอัญมณีไทยและเครื่องประดับ โดยมี บริษัทคริสตี้ เจมส์ จำกัด ร่วมเป็นกรณีศึกษา

โครงการวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ขอขอบพระคุณคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิจากทั้งภาคการศึกษาและจากภาคอุตสาหกรรม ซึ่งทำให้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา พัฒนาและปรับปรุงงานวิจัยให้สามารถนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณทีมงานวิจัยของบริษัทคริสตี้ เจมส์ จำกัด โดยมีคุณสมศักดิ์ เกริ่นกระโทก เป็นผู้ประสานงานให้ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับดำเนินงานในโครงการวิจัยนี้ รวมทั้งร่วมกันดำเนินการทดลองผลิตจริง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของผลของการดำเนินงานวิจัย

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลจากการศึกษาค้นคว้าของโครงการวิจัยนี้ จักมีประโยชน์ต่อภาคอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับไทย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมลักษณ์ วรรณกุล กิเยลาโรว่า
หัวหน้าโครงการวิจัย

นางสาวประภัสสร ประจวบพงษ์เพชร
นางสาวโชคนิธิ นาคเมธี
ผู้ช่วยนักวิจัย

ตุลาคม 2558

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: RDG5750068

ชื่อโครงการ: การพัฒนาโมดูลคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติ

ชื่อนักวิจัย และสถาบัน: ผศ.ดร.สมลักษณ์ วรรณฤมล กิโยลาโรว่า
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

อีเมล: somlakw@nu.ac.th; somlakwk@gmail.com

ระยะเวลาโครงการ: 1 สิงหาคม 2557 ถึง 31 ตุลาคม 2558

บทคัดย่อ:

โครงการวิจัยนี้ได้พัฒนาโมดูลคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวน ซึ่งได้แก่ บริเวณหัวแหวน หน้าแหวน และ ก้านแหวน เป็นต้น โดยสามารถช่วยจัดเรียงอัญมณีเม็ดยอดและเม็ดล้อมโดยอัตโนมัติตามข้อมูลนำเข้าที่ผู้ใช้งานกำหนด เพื่อพัฒนาโมดูลดังกล่าว คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาขนาดของอัญมณีเม็ดยอดที่มีรูปร่างหลากหลายที่พบในท้องตลาด ขนาดและจำนวนของอัญมณีเม็ดล้อม รวมทั้งระยะห่างระหว่างอัญมณีเม็ดล้อมบนหัวแหวนและก้านแหวน และขนาดและตำแหน่งของหนามเตย รวมทั้งได้คำนึงถึงค่าเผื่อสำหรับการหดตัวและการสูญเสียเนื้อโลหะในขั้นตอนการตกแต่งในกระบวนการผลิตเครื่องประดับอีกด้วย โดยนำพารามิเตอร์ดังกล่าว มาศึกษาหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาโมดูลคอมพิวเตอร์ในการจัดเรียงอัญมณีโดยอัตโนมัติบน RhinoScript ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ Rhinoceros

ผลลัพธ์ที่ได้จากโครงการวิจัยนี้ ประกอบด้วย โมดูลคอมพิวเตอร์ รวมจำนวน 5 โมดูล ดังนี้ โมดูลที่ 1 เป็นโมดูลที่ช่วยสร้างตัวเรือนเครื่องประดับแหวนพลอยและจัดเรียงอัญมณีแบบอัตโนมัติ โมดูลนี้ เป็นโมดูลที่พัฒนาต่อยอดมาจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ โดยได้ทำการปรับปรุงในเรื่องความหลากหลายของรูปแบบแหวนพลอยแบบมีอัญมณีล้อมเม็ดยอด โมดูลที่ 2 เป็นโมดูลที่ช่วยสร้างโมเดลสามมิติของตัวเรือนเครื่องประดับแหวนเพชร พร้อมทั้งจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนแบบอัตโนมัติ โมดูลที่ 3 เป็นโมดูลที่ช่วยในการจัดเรียงอัญมณีบนหน้าแหวนของเครื่องประดับแหวนเพชรแบบอัตโนมัติ โมดูลที่ 4 และโมดูลที่ 5 เป็นโมดูลที่ช่วยในการจัดเรียงเพชรหรืออัญมณีบนก้านแหวน โดยโมดูลที่ 4 ใช้ในกรณีการจัดเรียงอัญมณีที่มีขนาดเท่ากัน และโมดูลที่ 5 ใช้ในกรณีที่มีการไล่ลดขนาดของเพชรที่ไล่ขึ้นตามขนาดมาตรฐานของเพชร โดยโมดูลที่ 2 ถึงโมดูลที่ 5 มีการพัฒนาโมดูลคอมพิวเตอร์ตามข้อมูลที่ได้รับจากบริษัทคริสตัล เจมส์ จำกัด ผลลัพธ์จากการดำเนินการและรายละเอียดของการพัฒนาทั้งห้าโมดูล และการสร้างรูปร่างโดยอัตโนมัติเพื่อใช้ในการออกแบบแหวนพลอยและแหวนเพชรได้ถูกรวบรวมไว้ในรายงานฉบับนี้

คำหลัก : การจัดเรียงข้อมูลแบบอัตโนมัติ, การออกแบบเครื่องประดับ, คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ
เครื่องประดับแหวนพลอย, เครื่องประดับแหวนเพชร

Abstract

Project Code : RDG5750068

Project Title : Development of Computer-Aided Design Module for Automatic Gemstone Placement on Jewelry Ring

Investigator : Assistant Prof. Dr. Somlak Wannarumon Kielarova,
Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
Naresuan University

E-mail Address : somlakw@nu.ac.th; somlakwk@gmail.com

Project Period : 1 August 2014 to 31 October 2015

Abstract:

This research project developed computer-aided design modules for automatic setting and arranging gemstones and diamonds on the body of jewelry ring such as head, shoulder, and shank of ring. These modules are able to automatically set the center stone, side stones, and accent stones by using a set of inputs from user. To develop the mentioned modules, the author has studied several key parameters: sizes and cuts of center stones, side stones, and accent stones, distances between stones, sizes and shapes of prongs, including shrinkages and metal loss during production process. Those parameters were taken into account to derive their relationships in terms of mathematic models. These mathematic models were further used in the development of the computer-aided design modules on RhinoScript Platform in Computer-Aided Design (CAD) software named Rhinoceros

The results of this research include five computer modules. The first module was developed for assisting CAD designers to automatically generate gemstone rings and to set and arrange center stone, side stones and accent stones on parts of rings. This module was extended from the previous research and enhanced its capabilities in such a way of variety, and complexity of designs. The second module was developed for assisting in generating three-dimensional models of diamond rings including automatic gemstone settings and placement. The third module was developed to arrange diamonds and gemstones on the area of the head of ring. The forth module and the fifth module were developed for arranging diamonds and gemstones on the areas of shoulder and shank of ring. The forth one is used for the case of one size of gemstones or diamonds, while the fifth one is used for the case of decrescent gemstones or diamonds. The second module to the fifth one were developed by using the data and

information of jewelry ring design of Christy Gems Company. The results and details of the development of five modules and the development of the proposed generative design system were included in this research report.

Keywords : Automatic Gemstone Placement, Jewelry Design, CAD, Gemstone Rings, Diamond Rings

Executive summary

This research project proposes a methodology of adoption of Computer-Aided Design (CAD) system to be used in detailed design stage. Five different computer-aided design modules for automatic setting and arranging gemstones and diamonds on the body of jewelry ring such as head, shoulder, and shank of ring, were proposed. They are aimed to support CAD designers for easily working on gemstone and diamond settings and placement. In manual settings, CAD designers have to deal with rearranging gemstones and diamonds when size of ring was changed and/or the center stone, side stones and accent stones were changed whether in terms of cut, size or quantity. This mention task is time-consuming.

With the developed modules, CAD designers can work more efficiently and are able to manage their designs in digital or electronic formats. These modules are able to automatically set the center stone, side stones, and accent stones by using a set of inputs from user. The author has studied several key parameters: sizes and cuts of center stones, side stones, and accent stones, distances between stones, sizes and shapes of prongs, including shrinkages and metal loss during production process, to develop the mentioned modules. Those parameters were taken into account to derive their relationships in terms of mathematic models. These mathematic models were further used in the development of the computer-aided design modules.

The first module was developed for assisting designers to automatically generate gemstone rings and to set and arrange center stone, side stones and accent stones on parts of rings. This module was extended from the previous research and enhanced its capabilities in such a way of variety, and complexity of designs. The second module was developed for assisting in generating three-dimensional models of diamond rings including automatic gemstone settings and placement. The third module was developed to arrange diamonds and gemstones on the area of the head of ring. The forth module and the fifth module were developed for arranging diamonds and gemstones on the areas of shoulder and shank of ring. The forth one is used for the case of one size of gemstones or diamonds, while the fifth one is used for the case of decrescent gemstones or diamonds. The second module to the fifth one were developed by using the data and information of jewelry ring design of Christy Gems Company.

The modules were developed on the RhinoScript platform. Therefore, they are able to directly integrate into design prototyping and manufacturing process. As a result, it can shorten time in process. Reversely, the author can study design thinking from CAD designers through the developed design system.

สารบัญ

หัวข้อเรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทคัดย่อภาษาไทย	ii
Abstract	iv
Executive Summary	vi
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโจทย์วิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์	4
1.5 ผลที่ได้รับจากการดำเนินโครงการวิจัย	4
1.6 เนื้อหาของรายงานโครงการวิจัย	5
1.7 แผนการดำเนินงานของโครงการวิจัย	6
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับอัญมณี	7
2.2 การฝังอัญมณี	11
2.3 ค่าเพื่อการหัตถ์และการสูญเสียเนื้อโลหะในกระบวนการผลิต เครื่องประดับ	19
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	21
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	21
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	
4.1 ผลการศึกษาการเขียน RhinoScript บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ช่วยในการออกแบบ Rhinoceros 5.0	25
4.2 ผลการศึกษารูปร่างและขนาดของอัญมณี	28
4.3 ผลการศึกษาขนาดของวงแหวน	33
4.4 ผลการศึกษาการตั้งค่าเพื่อให้กับขนาดของชิ้นงานเครื่องประดับ แหวนในขั้นตอนการวาดโมเดล	38
4.5 ผลการพัฒนาโมดูลที่ 1 โมดูลช่วยสร้างตัวเรือนเครื่องประดับ แหวนพลอยและจัดเรียงพลอยแบบอัตโนมัติ	52

หัวข้อเรื่อง	หน้า
4.6 ผลการพัฒนาโมดูลที่ 2 โมดูลช่วยสร้างตัวเรือนเครื่องประดับ แหวนเพชรและจัดเรียงเพชรแบบอัตโนมัติ กรณีศึกษาของ บริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด	88
4.7 ผลการพัฒนาโมดูลที่ 3 โมดูลเพื่อช่วยในการจัดเรียงอัญมณี บนหน้าแหวนของเครื่องประดับแหวนเพชรแบบอัตโนมัติ กรณีศึกษาของบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด	114
4.8 ผลการพัฒนาโมดูลที่ 4 โมดูลเพื่อช่วยในการจัดเรียงอัญมณี บนก้านแหวนโดยขนาดอัญมณีเท่ากัน กรณีศึกษาของ บริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด	119
4.9 ผลการพัฒนาโมดูลที่ 5 โมดูลเพื่อช่วยในการจัดเรียงอัญมณี บนก้านแหวน โดยการลดขนาดของอัญมณีตามขนาดมาตรฐาน กรณีศึกษาของบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด	126
4.10 ผลการพัฒนา Plug-in สำเร็จรูปบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยใน การออกแบบ Rhinoceros 5.0	131
4.11 ผลการทดสอบการใช้งานโมดูลและผลการทดลองจากการผลิต ชิ้นงานจริง	132
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	
5.1 สรุปผลการศึกษาการจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวน โดยอัตโนมัติ	143
5.2 สรุปผลการพัฒนาโมดูลที่ใช้ในการจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือน เครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติ	144
5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อยอด	146
บรรณานุกรม	147
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ตารางการทดลองและค่าที่ได้จากการทดลอง	ก-1

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโจทย์วิจัย

ในปัจจุบันธุรกิจผลิตอัญมณีและเครื่องประดับในตลาดโลก มีการเจริญเติบโตและการแข่งขันสูงขึ้น ดังนั้นการตอบสนองความต้องการของลูกค้าอย่างรวดเร็ว ฉับไว แม่นยำ และมีความยืดหยุ่นสูง ในด้านการนำเสนอแบบผลิตภัณฑ์และราคาก่อนการผลิตจริง นับเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้ลูกค้าสามารถตัดสินใจในเชิงธุรกิจได้อย่างถูกต้องและตรงตามความต้องการของตลาด โดยการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบ (Computer-Aided Design; CAD) เข้ามาช่วยในกระบวนการออกแบบอัญมณีและเครื่องประดับ

คณะผู้วิจัย และบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการพัฒนาเครื่องมือช่วยในการออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อรักษาความสามารถในการแข่งขันในเชิงธุรกิจของบริษัทต่อไปในอนาคต โดยมุ่งไปที่การพัฒนาโมดูลคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบเครื่องประดับแหวน เพื่อใช้ในการจัดเรียงอัญมณีและเพชรบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติ ทั้งนี้ เพื่อใช้ในการสนับสนุนการทำงานของนักออกแบบ ให้สามารถสร้างแบบเครื่องประดับแหวนที่มีความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนขนาดของอัญมณีและช่วยในการจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนแหวนได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งส่งผลให้สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดได้รวดเร็วขึ้น

ผลิตภัณฑ์เครื่องประดับแหวนของ บริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด รูปแบบหนึ่ง จะมีความหลากหลายในด้านของขนาดของอัญมณีหรือเพชรเม็ดยอด ขนาดของเพชรล้อม และขนาดของเพชรประดับบนตัวเรือน ในการวาดโมเดล CAD ของเครื่องประดับแหวนรูปแบบหนึ่ง จะใช้เวลาค่อนข้างมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรายละเอียดและความซับซ้อนของรูปแบบ หากต้องการปรับเปลี่ยนขนาดของเพชรเม็ดยอด และเพชรล้อม จะส่งผลถึงช่วงระยะห่างในการจัดเรียงเพชรล้อมและเพชรประดับบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวน ซึ่งในปัจจุบันทางบริษัท จะต้องทำการจัดเรียงใหม่โดยใช้ประสบการณ์ของนักออกแบบ โดยทำแบบ Manual ทำให้เสียเวลาในการดำเนินงานเป็นอย่างมาก หากมีการออกแบบประเภท Customized เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด จะมีความเป็นไปได้ในการสร้างรูปแบบแหวนเป็นจำนวนมากมาย หากต้องการการจัดเรียงเพชรเม็ดยอด เพชรล้อมและเพชรประดับบนตัวเรือนเครื่องประดับใหม่ทุกครั้ง จะทำให้เสียเวลาในการทำงานซ้ำๆ ส่งผลให้เสียโอกาสในเชิงการตลาด

แม้ว่า ในปัจจุบันจะมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในงานออกแบบเครื่องประดับ ที่พัฒนามาจากหลากหลายบริษัท แต่ก็ยังไม่มีโปรแกรมใด ที่มีฟังก์ชันที่สามารถช่วยจัดเรียงอัญมณีและเพชรบนตัวเรือนเครื่องประดับได้โดยอัตโนมัติ และหากต้องการแก้ไขเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของเพชรเม็ดยอดและเพชรล้อมจะทำได้ยากยิ่งขึ้น

ดังนั้น บริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด และคณะผู้วิจัย จึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาโมดูลคอมพิวเตอร์ที่ทำงานบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบที่มีอยู่แล้ว โดยมีหลักการทำงาน ดังนี้ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดของอัญมณีหรือเพชรเม็ดยอด โมดูลจะคำนวณจำนวนของเพชรล้อมที่ต้องใช้ตำแหน่งที่ต้องจัดเรียงเพชรล้อม และระยะห่างระหว่างเพชรล้อม และโมดูลจะช่วยจัดเรียงเพชรเม็ดยอดและเพชรล้อมบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติ

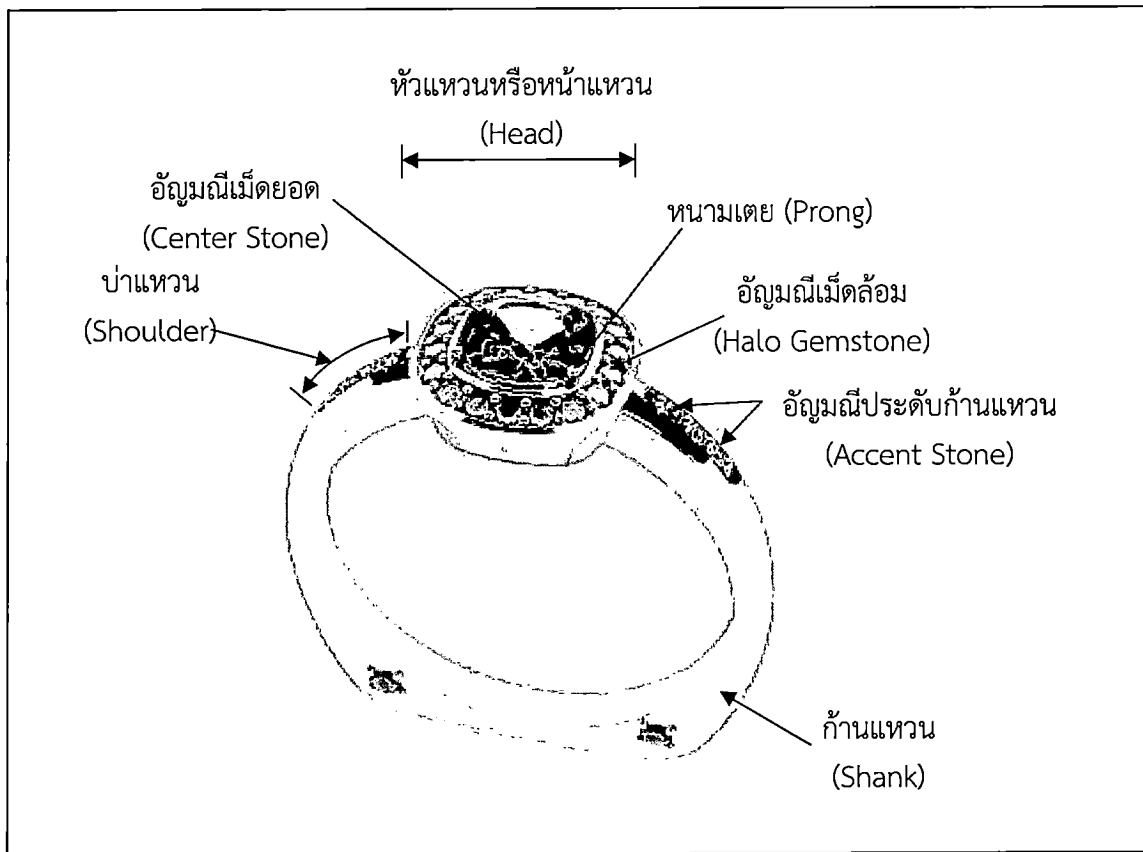
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยมีวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

- 1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยและพารามิเตอร์ต่างๆในกระบวนการจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวน
- 1.2.2 เพื่อพัฒนาโมดูลคอมพิวเตอร์ที่สามารถช่วยคำนวณการจัดเรียงอัญมณีเม็ดยอดอัญมณีล้อมเม็ดยอดบนหัวแหวน อัญมณีประดับบนบำแหวนและก้านแหวน รวมถึงการจัดเรียงหนามเตยได้โดยอัตโนมัติ รวมทั้งคำนึงถึงค่าเผื่อจากการหดตัวของโลหะและการสูญเสียเนื้อโลหะในขั้นตอนการตกแต่งชิ้นงานในกระบวนการผลิตเครื่องประดับ
- 1.2.3 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ระหว่างขนาดของอัญมณีเม็ดยอดที่มีรูปร่างแบบต่างๆ ขนาดและจำนวนของอัญมณีสำหรับล้อมเม็ดยอด ระยะห่างระหว่างอัญมณีดังกล่าวบนหัวแหวน บำแหวนและก้านแหวน และขนาดและรูปร่างของหนามเตย
- 1.2.4 เพื่อให้ได้ออกแบบที่ใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (CAD Designer) สามารถลดเวลาในการจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวน

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ แบ่งประเภทเครื่องประดับแหวน ออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ แหวนประดับพลอย และแหวนประดับเพชร ก่อนอื่นขออธิบายถึงส่วนประกอบของเครื่องประดับแหวน และการกำหนดชื่อเรียกส่วนประกอบต่างๆ เพื่อใช้กล่าวถึงในส่วนที่เหลือในเนื้อหาผลงานของโครงการวิจัยฉบับนี้ ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แสดงแผนภาพของเครื่องประดับแหวนและชื่อเรียกส่วนประกอบ

แหวนประดับพลอย หรือแหวนพลอยล้อมเพชรหรืออัญมณีอื่นๆ โมดูลคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถจัดเรียงพลอยสีที่เป็นเม็ดยอดที่มีรูปร่างต่างๆ ได้แก่ รูปร่างกลม รูปร่างคุชชั่น รูปร่างรี รูปร่างปรีนเซส รูปร่างหยดน้ำ รูปร่างมาร์คีส รูปร่างหัวใจ รูปร่างสี่เหลี่ยมมรกต และรูปร่างอาชเชอร์ และล้อมด้วยเพชรหรือพลอยสีที่มีรูปร่างกลม โดยจัดเรียงและประดับอัญมณิดังกล่าวบนส่วนของหัวแหวนหรือหน้าแหวน ป่าแหวน และก้านแหวน

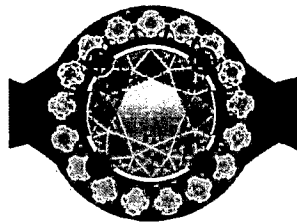
แหวนประดับเพชร เป็นกรณีศึกษาของบริษัทคริสตี้ เจมส์ จำกัด โดยมีขอบเขตในการศึกษาวิจัยดังนี้

- รูปแบบแหวนเป็นแบบประดับด้วยเพชรเม็ดยอดและล้อมด้วยเพชรล้อม โดยที่ตัวเรือนไม่มีการประดับอัญมณี ดังแสดงในรูปที่ 1.2

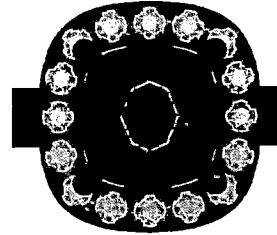


รูปที่ 1.2 แสดงรูปแบบแหวนประดับเพชรที่ทำการศึกษาวิจัยในโครงการวิจัยนี้ กรณีศึกษา บริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด

- ศึกษาการจัดเรียงเพชรล้อมที่มีรูปร่างกลม (Round Shape) เท่านั้น และใช้หนามเตยแบบร่วม รูปร่างของเพชรเม็ดยอดที่ทำการศึกษ ได้แก่ Round และ Cushion ทั้งนี้ในเพสนี้ยังไม่รวมการฝังไขปลา ลักษณะของเพชรเม็ดยอดที่ทำการศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 1.3 เนื่องจากเพชรแบบ Cushion มีความหลากหลายในเรื่องรูปทรง โครงการวิจัยนี้ จึงได้จำกัดรูปแบบของ Cushion ดังแสดงในรูปที่ 1.3 (b)



(a)



(b)

รูปที่ 1.3 แสดงรูปแบบเพชรเม็ดยอดที่ทำการศึกษวิจัยในโครงการวิจัยนี้กรณีศึกษา บริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด

ในการเลือกศึกษาวิจัยการล้อมเพชรเม็ดยอดสองประเภทนี้ ได้มาจากโจทย์วิจัยจากบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด เนื่องจากเป็นรูปแบบที่เป็นที่นิยมของลูกค้าของบริษัทฯ ทั้งนี้รูปแบบดังกล่าว ยังรวมถึงแบบล้อมเม็ดยอดแบบสองชั้นอีกด้วย

1.4 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

- 1.4.1 การพัฒนาโมดูลคอมพิวเตอร์นี้ ไม่ได้สร้างในลักษณะที่พัฒนาเป็นโปรแกรม CAD ใหม่ โดยเริ่มจากศูนย์ แต่เป็นการพัฒนา Plug-In บน CAD ที่มีอยู่แล้วในท้องตลาด จึงทำให้ระยะเวลาในการพัฒนาสั้นลง
- 1.4.2 Plug-In ที่พัฒนาขึ้น สามารถช่วยจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับได้โดยอัตโนมัติเมื่อมีการปรับเปลี่ยนขนาดของแหวน ขนาดและรูปร่างของอัญมณีเม็ดยอด ขนาด รูปร่าง และจำนวนของอัญมณีเม็ดล้อม ไม่ต้องเสียเวลาในการจัดเรียงแบบ Manual ส่งผลให้เวลาในการพัฒนา 3D models ใช้เวลาสั้นลง และมีความแม่นยำในการจัดเรียงสูงขึ้น

1.5 ผลที่ได้รับจากการดำเนินโครงการวิจัย (Output)

ผลที่ได้รับจากการดำเนินโครงการวิจัยนี้ ได้แก่

- 1.5.1 รูปแบบความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ระหว่างขนาดของอัญมณีเม็ดยอดที่มีรูปร่างแบบต่างๆ ขนาดและจำนวนของอัญมณีสำหรับล้อมเม็ดยอด ระยะห่างระหว่างอัญมณีสองเม็ดต่อกันบนหัวแหวน บ่าแหวนและก้านแหวน และขนาดและรูปร่างของหนามเตย รวมทั้งคำนึงถึงค่าเผื่อจากการหดตัวของโลหะและการสูญเสียเนื้อโลหะในระหว่างกระบวนการผลิต

- 1.5.2 ไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบเครื่องประดับแหวน ทั้งแบบแหวนประดับพลอยสี และแหวนประดับเพชร โดยใช้ในการจัดเรียงเพชรเม็ดยอดเพชรล้อมบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวน และหามาเตย บนตัวเรือนแหวนโดยอัตโนมัติ
- 1.5.3 โมดูลที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยให้นักออกแบบลดเวลาในการออกแบบเครื่องประดับแหวน รวมถึงการเพิ่มรูปแบบเครื่องประดับแหวนในการนำเสนอลูกค้า
- 1.5.4 เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนแหวน อย่างเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อใช้ในการสืบทอดองค์ความรู้ในด้านกระบวนการออกแบบเครื่องประดับต่อไป
- 1.5.5 ผู้ประกอบการสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าในด้านการปรับเปลี่ยนรูปแบบผลิตภัณฑ์ ได้อย่างถูกต้องและตรงตามความต้องการของลูกค้า
- 1.5.6 สามารถเสริมสร้างศักยภาพของนักออกแบบเครื่องประดับ ในการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการผลิต
- 1.5.7 ทำให้เกิดความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษาและภาคเอกชน ในการต่อยอดพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตอัญมณีและเครื่องประดับ

1.6 เนื้อหาของรายงานโครงการวิจัย

รายงานวิจัยฉบับนี้ แบ่งเนื้อหาของรายงาน ออกเป็น 5 บท ดังนี้

- บทที่ 1 กล่าวถึงที่มาของโครงการวิจัย วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย ทางเลือกการแก้ปัญหาการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ ผลที่ได้รับจากการดำเนินการวิจัย แผนการดำเนินงานโครงการวิจัย
- บทที่ 2 รวบรวมสรุปเนื้อหาจากการทบทวนวรรณกรรมหัวข้อที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานวิจัย ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับขนาดและรูปร่างของอัญมณี การนำอัญมณีรูปร่างต่างๆ มาใช้ในการออกแบบระบบการจัดเรียงอัญมณีแบบอัตโนมัติ รวมทั้งรูปแบบการฝังอัญมณีแบบต่างๆ บนตัวเรือนเครื่องประดับแหวน นอกจากนี้ยังได้ศึกษาเกี่ยวกับค่าเพื่อการหดตัวและการสูญเสียเนื้อโลหะในกระบวนการผลิตเครื่องประดับ
- บทที่ 3 อธิบายถึงระเบียบวิธีวิจัยและขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยของโครงการวิจัย
- บทที่ 4 อธิบายผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินงานวิจัยตามแผนงานวิจัย พร้อมทั้งวิจารณ์ผลลัพธ์ที่ได้รับ
- บทที่ 5 สรุปผลที่ได้จากการดำเนินงานวิจัย และข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาต่อไป

1.7 แผนการดำเนินงานของโครงการวิจัย รวมระยะเวลา 15 เดือน

กิจกรรม	ปี 2557					ปี 2558						
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.-ค.ค.
1. ศึกษาวิธีการวาดแบบโมเดลเครื่องประดับแหวน โดยศึกษาร่วมกับทางบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด												
2. ศึกษาวิธีการจัดเรียงเพชรเม็ดยอดเพชรล้อม ระยะห่างระหว่างเพชรล้อม และหนามเตยแบบร่วม โดยศึกษาร่วมกับทางบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด												
3. ศึกษาเทคนิค Design Optimization เพื่อแก้ปัญหาโจทย์วิจัย												
4. วิเคราะห์หาตัวแปรและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในงาน Design Optimization												
5. เก็บข้อมูลตัวอย่างของพารามิเตอร์จากบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด												
6. ศึกษาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของพารามิเตอร์ รวมทั้งศึกษาค่าเผื่อในกระบวนการผลิต												
7. พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของตัวแปรพารามิเตอร์												
8. นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มาพัฒนาโมดูลโปรแกรม Design Optimization โดยใช้ RhinoScript												
9. ทดสอบการทำงานของโมดูล เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์												
10. ร่วมกับบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด ในการทดสอบการใช้งานโมดูลฯ ในภาคสนาม												
11. นำผลการทดสอบมาปรับปรุงแก้ไขโมดูล												
12. ร่วมกับบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด วิเคราะห์ผลการทดลอง และสรุปผลการดำเนินงานวิจัย												
13. จัดทำสรุปรายงานผลการดำเนินงานวิจัย และนำเสนอผลงานต่อผู้สนับสนุนทุนวิจัย												

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ คณะผู้วิจัยได้รวบรวมและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานวิจัย โดยทำการศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลเกี่ยวกับอัญมณี การนำอัญมณีรูปร่างต่างๆ มาใช้ในการออกแบบระบบการจัดเรียงอัญมณีแบบอัตโนมัติ รวมทั้งรูปแบบการฝังอัญมณีแบบต่างๆ บนตัวเรือนเครื่องประดับแหวน นอกจากนี้ยังได้ศึกษาเกี่ยวกับค่าเผื่อการหดตัวและการสูญเสียเนื้อโลหะในกระบวนการผลิตเครื่องประดับซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับอัญมณี

กฤษณะ เวชพร [1] ได้ให้ความหมายของอัญมณีไว้ดังนี้ “อัญมณี หมายถึง วัตถุธรรมชาติที่มีความสวยงามซึ่งอาจเป็นแร่ หรือหิน หรือวัตถุที่ได้จากสิ่งมีชีวิตที่ถูกนำมาขัด ตัด หรือเจียรระไน (Cutting) จนมีขนาดและรูปร่างตามต้องการ รวมทั้งเกิดความสวยงามสูงสุด (มากกว่าเดิม) เหมาะสมที่จะนำมาใช้ทำเครื่องประดับ” [2] หรืออาจจะถูกเรียกโดยชื่ออื่น เช่น รัตนชาติ หรือเพชรพลอย โดยนำมาประดับกับตัวเรือนซึ่งทำมาจากโลหะมีค่า เช่น แหวนทับทิม แหวนเพชร หรืออาจจะนำมาตัดแต่งเป็นลักษณะเครื่องประดับได้เลย เช่น กำไลหยก แต่ในบางครั้งโลหะมีค่าเพียงอย่างเดียวก็สามารถนำมาทำเครื่องประดับได้ เช่น สร้อยทอง [1]

การนำอัญมณีไปใช้ทำเครื่องประดับนั้น เพื่อให้ได้รูปร่างตามที่ต้องการจึงต้องมีการนำมาตกแต่งปรับผิวเพื่อให้เกิดความสวยงามเพิ่มมากขึ้น เช่น การนำมาเจียรระไน เพื่อให้อัญมณีเกิดการกระจายแสง การสะท้อนแสงและการส่องผ่านของแสงที่เพิ่มมากขึ้น โดยการนำเพชรพลอยมาเจียรระไน เป็นการตกแต่งให้มีลักษณะที่สำคัญ 2 อย่าง คือ

2.1.1 รูปทรง (Style of cutting)

การนำพลอยก้อนมาเจียรระไนมักจะต้องคำนึงถึงรูปทรงเดิมของพลอยก้อนนั้นๆ ด้วยว่าเป็นอย่างใด เพื่อให้เกิดความสูญเสียเนื้อพลอยไม่มากจนเกินไปที่จะทำเป็นรูปทรงนั้นๆ โดยรูปทรงการเจียรระไนในปัจจุบันสามารถแบ่งออกได้ 4 แบบ [1] ดังนี้

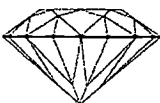
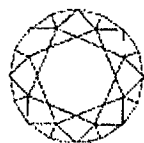
- 1) การเจียรระไนแบบหลังเบี้ย (Cabochon cut) หรือแบบหลังเต่า ซึ่งเป็นการเจียรระไนที่มีลักษณะโค้งมนเหมือนหลังเบี้ยของเงินเบี้ยโบราณ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งถ้าเจียรระไนให้ด้านบนโค้งมนเพียงด้านเดียวจะเรียกว่าหลังเบี้ยเดียว หรือทั้งด้านบนและล่างจะเรียกว่าหลังเบี้ยคู่ โดยจะเจียรระไนให้ความโค้งมนนั้น มีความสูงแตกต่างกันไป ซึ่งมักใช้กับพลอยก้อนที่มีความทึบแสงหรือโปร่งแสงแต่ไม่โปร่งใส หรือกรณีที่พลอยก้อนนั้นมีมลทินภายในจำนวนมาก ทำให้แสงไม่สามารถผ่านได้ดีนัก



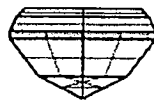
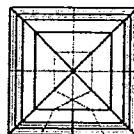
รูปที่ 2.1 การเจียระไนแบบหลังเบี้ย

2) การเจียระไนแบบหน้าเหลี่ยม (Facet cut) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 เป็นการตกแต่งที่ทำให้พลอยก้อนมีหน้าเหลี่ยมรอบพลอยทั้งด้านบนและด้านล่าง จะใช้กับพลอยที่มีความโปร่งใสแสงผ่านได้ดี มีมลทินน้อย หน้าเหลี่ยมต่างๆ ที่สร้างขึ้นทั้งหน้าเหลี่ยมหลักและหน้าเหลี่ยมรอง จะช่วยให้เกิดการสะท้อนแสง (Reflection) และการหักเหของแสงภายในพลอยได้ดีขึ้น (Internal reflection) ทำให้เกิดประกายที่แวววาวได้ดีกว่าการเจียระไนแบบอื่นๆ จึงมักพบเห็นการนำวิธีนี้ไปใช้เจียระไนกับอัญมณีที่มีราคาแพงเสมอ เช่น เพชร โดยการเจียระไนแบบหน้าเหลี่ยมที่สำคัญและนิยมมีดังนี้

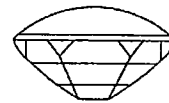
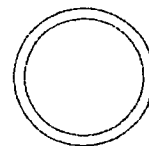
- เหลี่ยมเกสร (Brilliant) หน้าเหลี่ยมจะมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยม หรือรูปว่าวปากเป่า โดยนิยมใช้ในการเจียระไนอัญมณีที่มีราคาแพง เช่น เพชรและทับทิม
- เหลี่ยมระดับ (Step) มีชื่อเรียกอย่างอื่นว่าเหลี่ยมขั้นบันไดหรือเหลี่ยมมรกต เนื่องจากมักใช้การเจียระไนแบบนี้กับมรกต มีลักษณะเป็นแบบสี่เหลี่ยมยาววางเรียงขนานกันไปทั้งด้านบนและล่างของพลอย
- เหลี่ยมผสม (Mixed) เป็นการเจียระไนที่ผสมทั้งแบบเหลี่ยมเกสรและเหลี่ยมระดับเข้าด้วยกัน โดยด้านบนของพลอยจะเป็นเหลี่ยมเกสรและด้านล่างจะเป็นเหลี่ยมระดับ
- เหลี่ยมแฟนซี (Fancy) ใช้เป็นชื่อเรียกของการเจียระไนที่มีการสร้างรูปแบบของเหลี่ยมขึ้นมาใหม่ในปัจจุบันที่มีลักษณะแตกต่างไปจาก 3 แบบที่ได้กล่าวมาข้างต้น



Brilliant cut



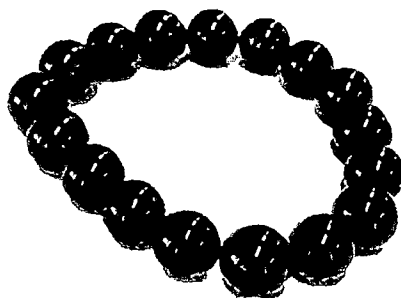
Step cut



Mixed cut

รูปที่ 2.2 แสดงการเจียระไนอัญมณีแบบหน้าเหลี่ยมในลักษณะรูปทรงต่างๆ

3) การเจียระไนแบบลูกปัด (Bead cut) เป็นการเจียระไนพลอยก้อนให้มีลักษณะกลมและมีการเจาะรูตรงกลางสำหรับทำสร้อยลูกปัดที่ร้อยเข้าด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การเจียระไนแบบลูกปัด

4) การเจียระไนแบบกระดุม (Tablet cut) เป็นการเจียระไนแบบที่มีรูปทรงคล้ายกระดุมที่มีลักษณะแบนราบ ด้านบนและด้านล่างจะขนานกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ส่วนด้านข้างอาจจะขนานกันหรือไม่ขนานกันก็ได้ มักใช้กับพลอยที่มีลวดลายที่สวยงามเพราะจะช่วยให้เห็นลวดลายได้เด่นชัดขึ้นเมื่อเจียระไนรูปแบบนี้



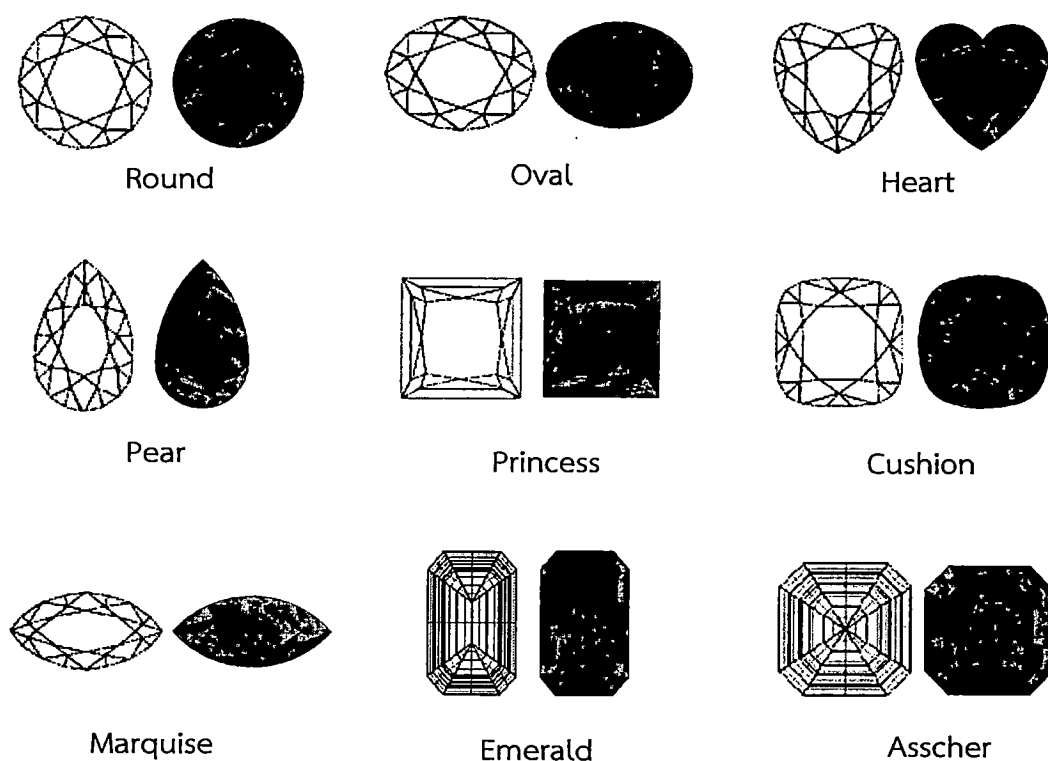
รูปที่ 2.4 การเจียระไนแบบกระดุม

2.1.2 รูปร่าง (Shape of cutting)

รูปร่างของอัญมณีมักจะพิจารณาได้จากเส้นรอบรูป เช่น รูปร่างกลม สี่เหลี่ยม หรือรูปไข่ เป็นต้น ปัจจุบันมีรูปร่างที่ช่างเจียระไนได้ทำการตกแต่งกันอยู่มากมาย รูปร่างที่สำคัญและเป็นที่ยอมรับได้แก่

- 1) รูปร่างกลม (Round Cut)
- 2) รูปร่างคushion (Cushion Cut)
- 3) รูปร่างรี (Oval Cut)
- 4) รูปร่างปรีนเซส (Princess Cut)
- 5) รูปร่างหยดน้ำ (Pear Cut)
- 6) รูปร่างมาร์ควีส (Marquise Cut)

- 7) รูปร่างหัวใจ (Heart Cut)
 - 8) รูปร่างสี่เหลี่ยมมรกต (Emerald Cut)
 - 9) รูปร่างอาชเชอร์ (Asscher Cut)
- รูปร่างของอัญมณีแบบต่างๆ ที่นิยม แสดงดังในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงรูปร่าง (Shape of cutting) ของอัญมณีแบบต่างๆ ที่นิยม

2.1.3 การเรียกชื่อส่วนประกอบต่างๆ ของอัญมณีที่เจียระไนแล้ว (Part of a faceted gemstone)

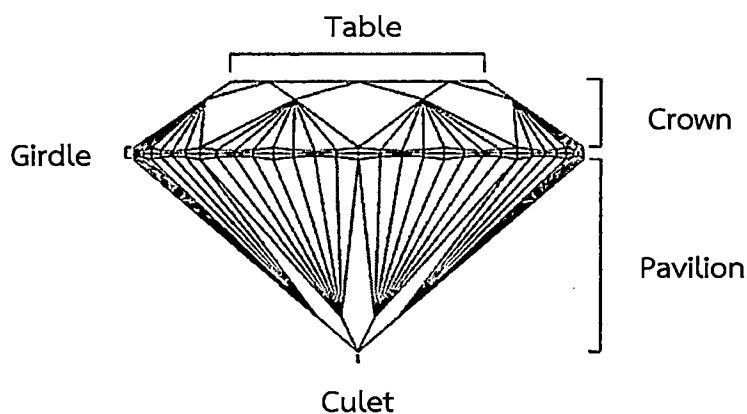
ในการเจียระไนอัญมณีแบบหน้าเหลี่ยมเกสร (brilliant cut) การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของส่วนต่างๆ สามารถส่งผลต่อความสวยงามและสีของอัญมณีได้โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.6 [3] ดังนี้

- 1) Crown หรือส่วนยอดซึ่งเป็นส่วนบนสุดของอัญมณีอยู่เหนือขอบของอัญมณี (Girdle)
- 2) Table หรือหน้ากระดาน เป็นพื้นผิวเรียบที่อยู่ส่วนบนสุดของอัญมณี เป็นส่วนหน้าที่มีเหลี่ยมเจียระไนใหญ่ที่สุด

3) Girdle เป็นส่วนขอบของอัญมณี ซึ่งอยู่ระหว่างส่วนบน (Crown) และส่วนล่างของอัญมณี (Pavilion)

4) Pavilion เป็นส่วนฐานหรือส่วนล่างของอัญมณี อยู่ถัดมาจากส่วนขอบ (Girdle) จนถึงคิวเลต (Culet) หรือเหลี่ยมกันของอัญมณี

5) Culet เป็นส่วนที่อยู่ล่างสุดของอัญมณีหรือส่วนที่เป็นปลายแหลมด้านล่างสุด



รูปที่ 2.6 แสดงส่วนประกอบของอัญมณี

2.2 การฝังอัญมณี (Gemstone setting)

การฝังอัญมณี เป็นการนำอัญมณีไปฝังไว้ที่ตัวเรือนซึ่งเป็นโลหะด้วยวิธีการทำให้อัญมณีจมลงไปในส่วนของเนื้อโลหะ นอกจากนี้ยังรวมถึงวิธีการอื่นๆ ที่สามารถทำให้อัญมณียึดติดอยู่บนโลหะได้ เช่น การใช้วิธีพันเส้นโลหะรอบๆ อัญมณีซึ่งการฝังอัญมณีแบ่งออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ [4] ได้แก่

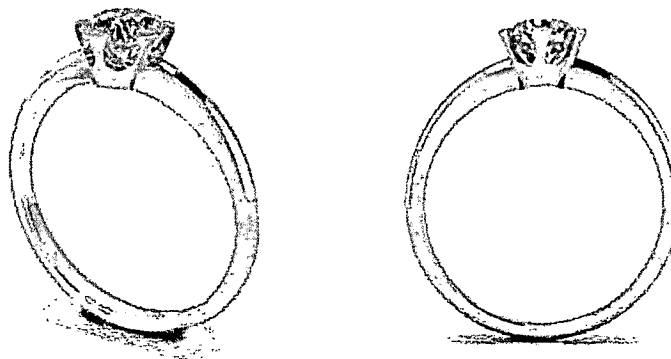
1) การฝังแบบหนามเตย (Prong Setting or Claw Setting)

เป็นลักษณะงานฝังที่ใช้หนามโลหะยึดอัญมณีไว้กับเครื่องประดับ จำนวนหนามเตยจะขึ้นอยู่กับลักษณะและแบบของชิ้นงาน สามารถมีจำนวนหนามได้ตั้งแต่ 3 หนามขึ้นไป โดยปกติจะฝังแบบ 4 หนามสำหรับอัญมณีรูปร่างกลม และ 4 หนามสำหรับอัญมณีสี่เหลี่ยม ลักษณะของหนามอาจมีได้หลายรูปแบบ เช่น ลักษณะกลม ลักษณะสามเหลี่ยมหรือที่เรียกว่า ฝังหัวเรือ (Ship shape) นิยมใช้สำหรับฝังอัญมณีที่มีมุม เช่น มาคีส อัญมณีรูปหยดน้ำ และอัญมณีสี่เหลี่ยม ดังแสดงในรูปที่ 2.7 นอกจากนี้ยังมีหนามรูปแบบอื่นที่จัดว่าเป็นลักษณะของการฝังแบบหนามเตยซึ่งความแตกต่างจะขึ้นอยู่กับกระเปาะหรือฐานโลหะที่ใช้รองรับอัญมณีและลักษณะการจัดวางตำแหน่งของหนามเตย [5] ดังนี้



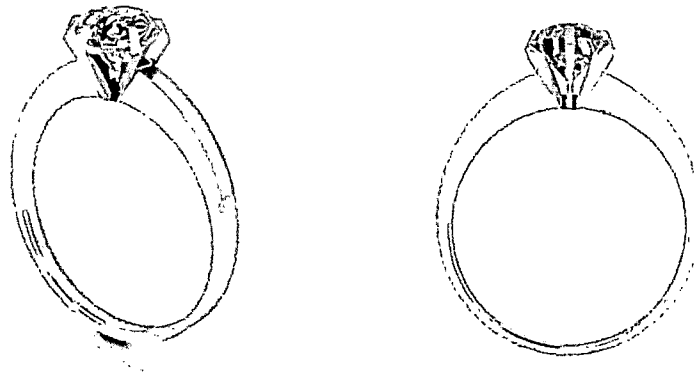
รูปที่ 2.7 การฝังแบบหนามเตย

1.1) ฝังมงกุฏ (Crown Setting) ลักษณะคล้ายการฝังแบบหนามเตยแต่ตัวกระเปาะเมื่อมองจากด้านข้างจะมีลักษณะเป็นช่องคล้ายตัวยู (U) ซึ่งจะมีรูปร่างคล้ายมงกุฏ ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ฝังมงกุฏ (Crown Setting)

1.2) ฝังทิฟฟานี (Tiffany Setting) ลักษณะคล้ายกับการฝังแบบมงกุฏแต่จะทำการเชื่อมขาด้านล่างให้ติดกัน จะทำให้เกิดช่องด้านข้างที่มีลักษณะเป็นตัววี (V) ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ฟิงทิฟฟานี (Tiffany Setting)

ข้อควรคำนึงในการออกแบบโดยใช้วิธีการฝังแบบหนามเตย

ข้อดีในการออกแบบ

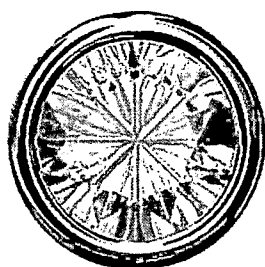
- 1) ตัวเรือนมีน้ำหนักเบาและต้นทุนต่ำเนื่องจากใช้โลหะน้อย
- 2) อัญมณีสามารถส่องประกายได้ดีเนื่องจากลักษณะกระเปาะที่เปิดช่องโปร่งทำให้แสงสามารถผ่านเข้าไปเพื่อตกกระทบและหักเหได้ดี
- 3) เนื่องจากวิธีการฝังทำให้เห็นส่วนของเนื้อโลหะน้อย ดังนั้นจึงเหมาะแก่การออกแบบที่ต้องการนำเสนอให้เม็ดอัญมณีเกิดความโดดเด่น
- 4) เหมาะกับการออกแบบที่ต้องการสื่ออารมณ์ความรู้สึกอ่อนหวาน และมีรายละเอียดที่น่าสนใจ (Delicate/Charming)

ข้อเสียในการออกแบบ

- 1) เครื่องประดับถึงแม้ว่ามีราคาแพงแต่การใช้วิธีฝังแบบหนามเตยที่มักใช้ในการออกแบบเครื่องประดับที่มีราคาต่ำเนื่องจากทำให้ตัวเรือนมีน้ำหนักเบาและต้นทุนต่ำ ดังนั้นนักออกแบบจึงควรคำนึงถึงรูปแบบให้มากขึ้น
- 2) ขณะออกแบบควรคำนึงถึงการนำไปใช้ด้วยเนื่องจากหนามเตยสามารถเกี่ยวเสื้อผ้าหรือส่วนต่างๆ ของร่างกายได้
- 3) จากลักษณะของกระเปาะที่เปิดช่องโปร่ง ไม่ได้หุ้มขอบอัญมณีทั้งหมด ดังนั้นในการใช้งานอาจเกิดความเสียหายต่อขอบของอัญมณีได้สูงกว่าการฝังแบบอื่น

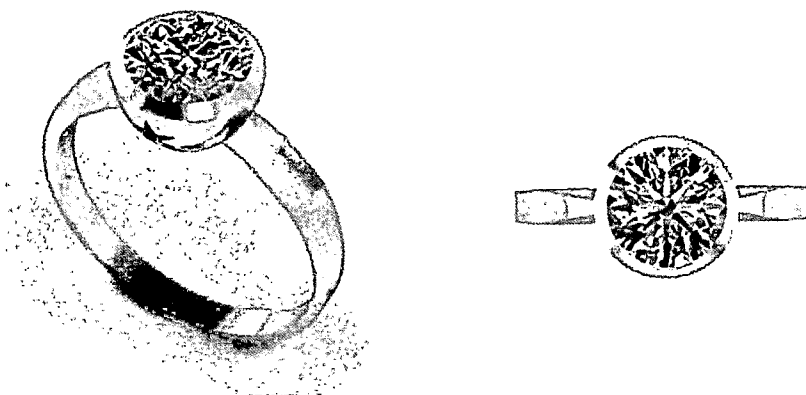
2) การฝังแบบหุ้ม (Bezel Setting or Box Setting)

เป็นลักษณะงานฝังที่ใช้โลหะหุ้มรอบขอบของอัญมณีให้ติดกับตัวเรือนโดยเนื้อโลหะจะสูงเหนือขอบอัญมณีเพียงเล็กน้อย และทำการตอกส่วนที่อยู่เหนือขอบอัญมณีให้แนบสนิทไปกับตัวอัญมณี ดังแสดงในรูปที่ 2.10 โดยการฝังด้วยวิธีนี้สามารถแบ่งออกได้ 2 รูปแบบ [5] ดังนี้



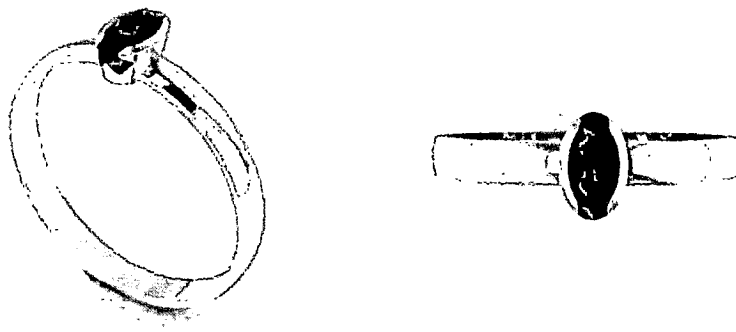
รูปที่ 2.10 การฝังแบบหุ้ม (Bezel Setting or Box Setting)

2.1) การฝังหุ้มเต็มหรือการฝังหุ้มทั้งหมด (Bezel Setting/ Rub-Over Setting)
ขอบของอัญมณีจะถูกหุ้มด้วยขอบโลหะที่อยู่ส่วนบนของกระเปาะทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงการฝังหุ้มเต็มหรือการฝังหุ้มทั้งหมด

2.2) การฝังหุ้มบางส่วนหรือการฝังหุ้มเปลือย (Half-Bezel Setting) เป็นการใช้
ขอบโลหะหุ้มรอบอัญมณีเพียงบางส่วน เช่น ขอบด้านล่างและด้านบน หรือขอบด้านซ้ายและขวาของตัว
เรือน ดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงการฝังหุ้มบางส่วนหรือการฝังหุ้มเปลือย

ข้อควรคำนึงในการออกแบบโดยใช้วิธีการฝังแบบหุ้ม

ข้อดีในการออกแบบ

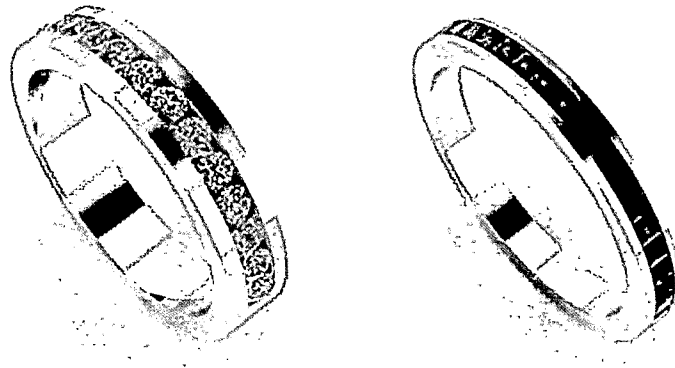
- 1) มีความแข็งแรงในการใช้งานสูง เนื่องจากขอบโลหะที่หุ้มจะช่วยป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับอัญมณี
- 2) การสะท้อนแสงจากขอบกระเปาะที่หุ้มทำให้เมื่อนำมาใช้กับการฝังเพชร จะทำให้เพชรดูมีขนาดใหญ่ขึ้น
- 3) เหมาะกับการออกแบบที่ต้องการสื่ออารมณ์ความรู้สึกของความเรียบง่าย ทันสมัย และ สะอาดตา (Simple/Modern/Clear)

ข้อเสียในการออกแบบ

- 1) ไม่เหมาะกับการใช้ฝังหุ้มพลอยที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากวิธีการฝังหุ้มหากใช้กับพลอยจะทำให้พลอยดูมีขนาดเล็กกว่าความเป็นจริงเนื่องจากเนื้อโลหะกินเข้ามาในส่วนของหน้าพลอย
- 2) แสงผ่านเข้าไปตกกระทบและหักเหได้น้อย จึงทำให้เกิดการส่องประกายได้ไม่ดั่งนัก
- 3) ใช้เนื้อโลหะในการฝังหุ้มมากจึงทำให้ชิ้นงานมีน้ำหนักมากขึ้นด้วย และส่งผลต่อราคาที่สูงขึ้นตามไปด้วย ในการออกแบบจึงต้องคำนึงถึงขนาดอัญมณีด้วย

3) การฝังแบบสอดหรือแบบล็อก (Channel Setting)

การฝังแบบสอดหรือแบบล็อกการฝังลักษณะนี้จะทำการสร้างกระเปาะที่มีลักษณะเป็นแถบยาวขนานกัน การจัดเรียงอัญมณีจะมีลักษณะของการเรียงต่อกันโดยไม่มีโลหะกั้นระหว่างอัญมณี ซึ่งขอบของโลหะที่ขนานกันนี้เองที่ใช้เพื่อยึดขอบของอัญมณีให้ติดกับตัวเรือน ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การฝังแบบสอดหรือแบบล็อก(Channel Setting)

ข้อควรคำนึงในการออกแบบโดยใช้วิธีการฝังแบบสอดหรือแบบล็อก

ข้อดีในการออกแบบ

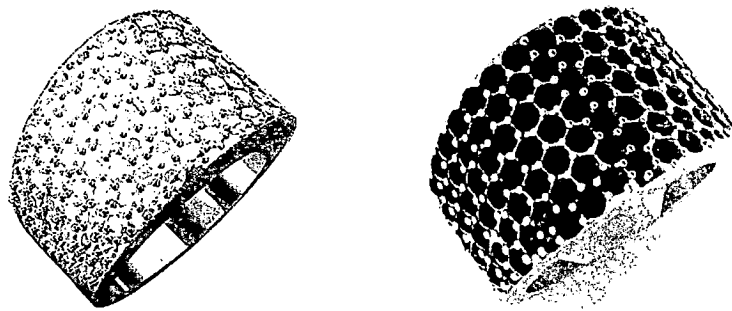
- 1) มีความแข็งแรงสูงเนื่องจากขอบอัญมณีถูกหุ้มด้วยโลหะ
- 2) จากการที่ใช้อัญมณีในการฝังจำนวนมากจึงทำให้ชิ้นงานเกิดประกายแวววาว
- 3) เหมาะกับการออกแบบที่ต้องการสื่ออารมณ์ความรู้สึกเรียบง่ายทันสมัย หรูหรา

ข้อเสียในการออกแบบ

- 1) ในการฝังอัญมณีบางชนิดอาจทำให้ส่องประกายไม่เต็มที่เนื่องจากแสงผ่านได้น้อย
- 2) จากการใช้โลหะจำนวนมากทำให้น้ำหนักและต้นทุนสูงตามไปด้วยและชิ้นงานที่มีน้ำหนักมากยังส่งผลต่อการใช้งานจึงไม่เหมาะกับอัญมณีที่มีขนาดใหญ่และเล็กมากเพราะขอบโลหะจะกินเนื้อที่เข้ามาที่หน้าพลอย
- 3) การใช้วิธีฝังนี้กับเครื่องประดับแหวน ควรคำนึงถึงการแก้ไขลดหรือเพิ่มขนาดแหวนในการผลิตอาจทำให้อัญมณีหลุดร่วงได้ง่ายเมื่อนำไปใช้งาน

4) การฝังแบบจิกไข่ปลา (Pavé Setting)

เป็นลักษณะงานฝังที่จะทำการเจาะร่องที่ตัวเรือนโลหะและใช้อัญมณีขนาดเล็กฝังลงไป ซึ่งจะยึดอัญมณีให้ติดกับตัวเรือนด้วยวิธีการดักเนื้อโลหะรอบๆ อัญมณีขึ้นมาโดยเนื้อโลหะที่ถูกดักขึ้นมานี้จะถูกแต่งให้มีลักษณะทรงกลมเล็กๆ คล้ายไข่ปลา และกดลงที่บริเวณเหนือขอบอัญมณีเล็กน้อยตามปกติไข่ปลาจะมี 4 เม็ด แต่อาจมีมากหรือน้อยกว่าก็ได้แล้วแต่ลักษณะการออกแบบ ไข่ปลา 1 เม็ด อาจใช้อัดอัญมณีได้มากกว่า 1 เม็ด ที่เรียกว่า ไข่ปลารวม ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 การฝังแบบจิกไข่ปลา (Pave Setting)

การฝังแบบจิกไข่ปลานี้ในบางครั้งอาจจะถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Micro-Pavé Setting ซึ่งนิยมใช้ในการฝังอัญมณีขนาดเล็ก เช่น เพชร ที่มีขนาดเล็กกว่า 0.01 กะรัต หรือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.3 มิลลิเมตร [6]

ข้อควรคำนึงในการออกแบบโดยใช้วิธีการฝังแบบไข่ปลา

ข้อดีในการออกแบบ

- 1) สามารถฝังอัญมณีได้กับตัวเรือนทุกรูปทรงทั้งที่มีลักษณะนูนต่ำ นูนสูง หรือลอยตัว
- 2) ตัวเรือนดูมีประกายระยิบระยับซึ่งเกิดจากการสะท้อนแสงทั้งที่เกิดจากอัญมณีและจากไข่ปลาโลหะจำนวนมาก
- 3) เหมาะกับการออกแบบที่ต้องการสื่ออารมณ์ความรู้สึกอ่อนหวาน หรรษา งดงาม ให้ความละเอียดสูง (Pretty/Gorgeous/Delicate)

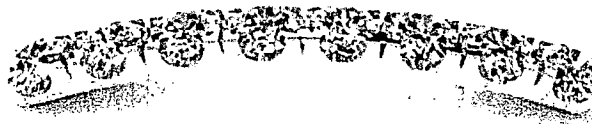
ข้อเสียในการออกแบบ

- 1) การฝังแบบไข่ปลาอาจทำให้อัญมณีหลุดออกจากตัวเรือนได้ง่ายเนื่องจากใช้ปริมาณเนื้อโลหะในการยึดติดเข้ากับตัวเรือนน้อยกว่าวิธีอื่น และสาเหตุอาจเกิดจากความเชี่ยวชาญของช่างด้วย
- 2) ตัวเรือนอาจเกิดความหมองได้ง่ายกว่าวิธีการฝังแบบอื่นเนื่องจากโลหะที่ใช้ยึดอัญมณีมีจำนวนมาก และสิ่งสกปรกอาจเข้าไปติดในร่องพื้นผิวได้ง่าย
- 3) ไม่เหมาะในการนำมาใช้กับการออกแบบเครื่องประดับที่ต้องสวมใส่เป็นประจำ และพื้นผิวชิ้นงานขนาดใหญ่

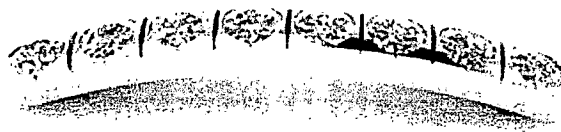
นอกจากนี้ยังมีการฝังแบบอื่นๆ ซึ่งมักจะนำมาใช้กับการฝังเพชร โดยใช้หลักการฝังอัญมณีดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น แต่จากการที่รูปแบบการฝัง (Setting) ค่อนข้างจะมีรูปแบบเฉพาะตัวเนื่องจากเป็นรูปแบบการฝังที่ใช้กับเพชรขนาดเล็ก ซึ่งมีขนาดที่อยู่ในช่วง 0.001 กะรัตถึง 0.18 กะรัต [7] โดยมีลักษณะการฝังดังแสดงเป็นตัวอย่างในรูปที่ 2.14 [8] ดังนี้

5) French V-Split setting การฝังลักษณะนี้จะเป็นการฝังโดยที่ลักษณะหนามเตยจะแยกออกจากกัน ลักษณะคล้ายตัววี (V) ดังแสดงในรูปที่ 2.15 (a)

6) Fishtail setting การฝังลักษณะนี้เพชรจะอยู่ต่ำกว่าขอบเนื้อโลหะด้านข้างที่ใช้เป็นตัวล็อกให้อัญมณีอยู่กับที่เล็กน้อย และทำการเซาะร่องเนื้อโลหะที่มีลักษณะคล้ายหนามเตยที่แยกออกจากกัน ซึ่งการฝังรูปแบบนี้ถ้ามองจากด้านบนจะเห็นเป็นลักษณะร่องที่เรียงกันคล้ายกับการเปียมนั่นเอง ดังแสดงในรูปที่ 2.15 (b)



Delicate French V Split
(a)



Fishtail Setting
(b)

รูปที่ 2.15 ตัวอย่างการฝังเพชรรูปแบบอื่นๆ

2.3 ค่าเผื่อการหดตัวและการสูญเสียเนื้อโลหะในกระบวนการผลิตเครื่องประดับ

คณะผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตเครื่องประดับ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเผื่อขนาดให้กับชิ้นงาน เนื่องจากการหดตัวและสูญเสียเนื้อโลหะในกระบวนการผลิตเครื่องประดับ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดค่าเผื่อขนาดของชิ้นงานให้กับระบบออกแบบและจัดเรียงอัญมณีโดยอัตโนมัติที่ได้พัฒนาขึ้น ดังนี้

ปรีศนา บุญศักดิ์ [9] ได้ทำการศึกษาปัญหาในงานหล่อและพัฒนาแนวทางแก้ไขปัญหาในงานหล่อเครื่องประดับสมัยใหม่ โดยตัวอย่างปัญหาที่มักจะพบในการหล่อ เช่น ผิวชิ้นงานเป็นรูตามด ผิวชิ้นงานเครื่องประดับมัวหมอง ผิวชิ้นงานเป็นคราบ เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทดลองหล่อเครื่องประดับแหวนเกลี้ยงด้วยโลหะเงิน โดยในขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ด้วยโลหะนั้น ผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะว่า ควรเผื่อขนาดของการสร้างแม่พิมพ์โลหะให้ใหญ่กว่าขนาดจริง 5-7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นการเผื่อค่าสำหรับการหดตัวของโลหะและการตกแต่งผิวในขั้นตอนสุดท้าย และยังได้สรุปผลจากการวิจัยไว้ ดังนี้ จากการศึกษาพบว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นที่ทำให้เกิดของเสีย เกิดจากกระบวนการผลิตเป็นหลัก ซึ่งปัญหาลักษณะนี้อยู่ที่ขั้นตอนการทำแม่พิมพ์หล่อและการหล่อโลหะ ส่วนการฉีดยื่นและติดต้นเทียน การทำต้นแบบและแม่พิมพ์ยังเป็นปัญหารองลงมาตามลำดับ โดยปัญหาที่พบในงานวิจัยนี้มากที่สุดคือ ปัญหารูจากการหดตัว ปัญหารูพรุนจากงานหล่อ ปัญหารูจากฟองอากาศ ปัญหางานแตกร้าว ปัญหางานหล่อไม่เต็ม และปัญหางานเป็นฝ้า ซึ่งในแต่ละปัญหาได้เสนอแนะแนวทางเพื่อแก้ไขไว้ในงานวิจัยนี้

โสภิตา กิจงาม [10] ได้ทำการศึกษาการพัฒนาประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเครื่องประดับ กรณีศึกษา : โรงงานเครื่องประดับ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเครื่องประดับแหวน และเพื่อพัฒนามาตรฐานในการปฏิบัติงาน โดยได้ทำการปรับปรุงเอกสารวิธีปฏิบัติงานของพนักงาน (Work Instruction) เสนอแนะการปรับปรุงวิธีการหล่อ และวิธีการปฏิบัติงานที่เหมาะสม ซึ่งจากการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีการผลิตเครื่องประดับ ผู้วิจัยได้กล่าวไว้ในเอกสารรายงานวิจัยนี้ว่า ในขั้นตอนการผลิตแบบแม่พิมพ์นั้น มักจะมีการเผื่อขนาดสำหรับการหดตัวจากการหล่อให้ใหญ่กว่าขนาดชิ้นงานจริงที่ต้องการไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของชิ้นงาน

ธนพร นำพา [11] ได้ทำการศึกษาและพัฒนาารูปแบบเครื่องประดับจากแก้วและกระจกสีด้วยกระบวนการหล่อพร้อมฝัง โดยในขั้นตอนการหล่อเพื่อทำแม่พิมพ์ต้นแบบด้วยโลหะเงินนั้น พบว่ากระจกสีที่นำมาใช้นั้น เกิดการเปลี่ยนรูปในช่วงการอบกระบอกปูนหล่อซึ่งส่งผลต่อความสวยงามของชิ้นงานเครื่องประดับ ดังนั้นจึงทำการเปลี่ยนชนิดของแม่พิมพ์ต้นแบบจากโลหะเงิน (Silver) มาเป็นพิวเตอร์ (Pewter) ซึ่งเป็นโลหะผสมชนิดหนึ่งที่ใช้ดีบุก (Tin) เป็นส่วนประกอบหลัก และจากการทดลองหล่อเครื่องประดับพบว่า กระจกเกิดการเคลื่อนที่ไม่อยู่ในตำแหน่งที่ทำการฝังไว้ในตอนแรก และเกิดคราบพิวเตอร์ปิดทับบริเวณผิวหน้าของกระจก ชิ้นงานมีน้ำหนักมากเนื่องจาก มีพิวเตอร์เข้าไปอุดตันบริเวณด้านหลังของชิ้นงาน จากปัญหาที่เกิดขึ้นจึงได้ศึกษาหาแนวทางแก้ไขปัญหา โดยได้ทำการปรับแต่งแม่พิมพ์ที่ใช้ใหม่จากเดิมที่ทำการออกแบบให้ใช้กับการหล่อเงิน ซึ่งเงินจะมีความแข็งมากกว่าพิวเตอร์ และการเผื่อเปอร์เซ็นต์การหดตัวของโลหะในการทำแม่พิมพ์พิวเตอร์ต้องมากกว่าการทำแม่พิมพ์โลหะเงิน โดยได้เสนอแนะค่าเผื่อการหดตัวไว้ดังนี้ การเผื่อเปอร์เซ็นต์การหดตัวของแม่พิมพ์เงิน คือ 2.5 เปอร์เซ็นต์ และการเผื่อเปอร์เซ็นต์การหดตัวของแม่พิมพ์พิวเตอร์ คือ 3 เปอร์เซ็นต์

สุรติ ใจหลัก, ธนาศักดิ์ เหมมณี และสุวัฒน์ เณรโต [12] ได้ทำการศึกษาปัจจัยขนาดนิลที่มีผลต่อกระบวนการหล่อพร้อมฝัง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์กระบวนการหล่อพร้อมฝังเครื่องประดับนิล และปัจจัยขนาดนิลที่มีผลต่อกระบวนการหล่อพร้อมฝังเครื่องประดับ โดยได้ทำการออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม (DOE) ในการทดลองแบบปัจจัยเดียว คือ ปัจจัยขนาดของนิล 4 ขนาดว่ามีผลต่อตัวแปรตอบสนองค่าผลผลิตของกระบวนการหล่อพร้อมฝังภายใต้อุณหภูมิที่กำหนดหรือไม่ รูปแบบเครื่องประดับที่ใช้ในการศึกษา คือ แหวนเงินสเตอร์ริง 925 ประดับด้วยอัญมณี ลักษณะการฝังนิลใช้วิธีการฝังหุ้มแบบเม็ดเดียว จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการทดลองเชิงสถิติ ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองพบว่า ปัจจัยขนาดนิลทั้ง 4 ขนาดไม่มีผลต่อกระบวนการหล่อพร้อมฝัง โดยจากการประมวลผลด้วยวิธีการออกแบบทางวิศวกรรมสามารถหาข้อสรุปได้ว่า การฝังนิลในกระบวนการหล่อพร้อมฝังเครื่องประดับ ควรเผื่อระยะห่างระหว่างนิลกับขอบกระเปาะอย่างน้อย 0.05 มิลลิเมตร เพื่อป้องกันการเสียหายจากการหดตัวของโลหะ

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

ในบทนี้ กล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ดังนี้ ส่วนที่หนึ่งอธิบายถึงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และส่วนที่สองอธิบายถึงขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในการพัฒนาโมดูลคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการจัดเรียงข้อมูลบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติ

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

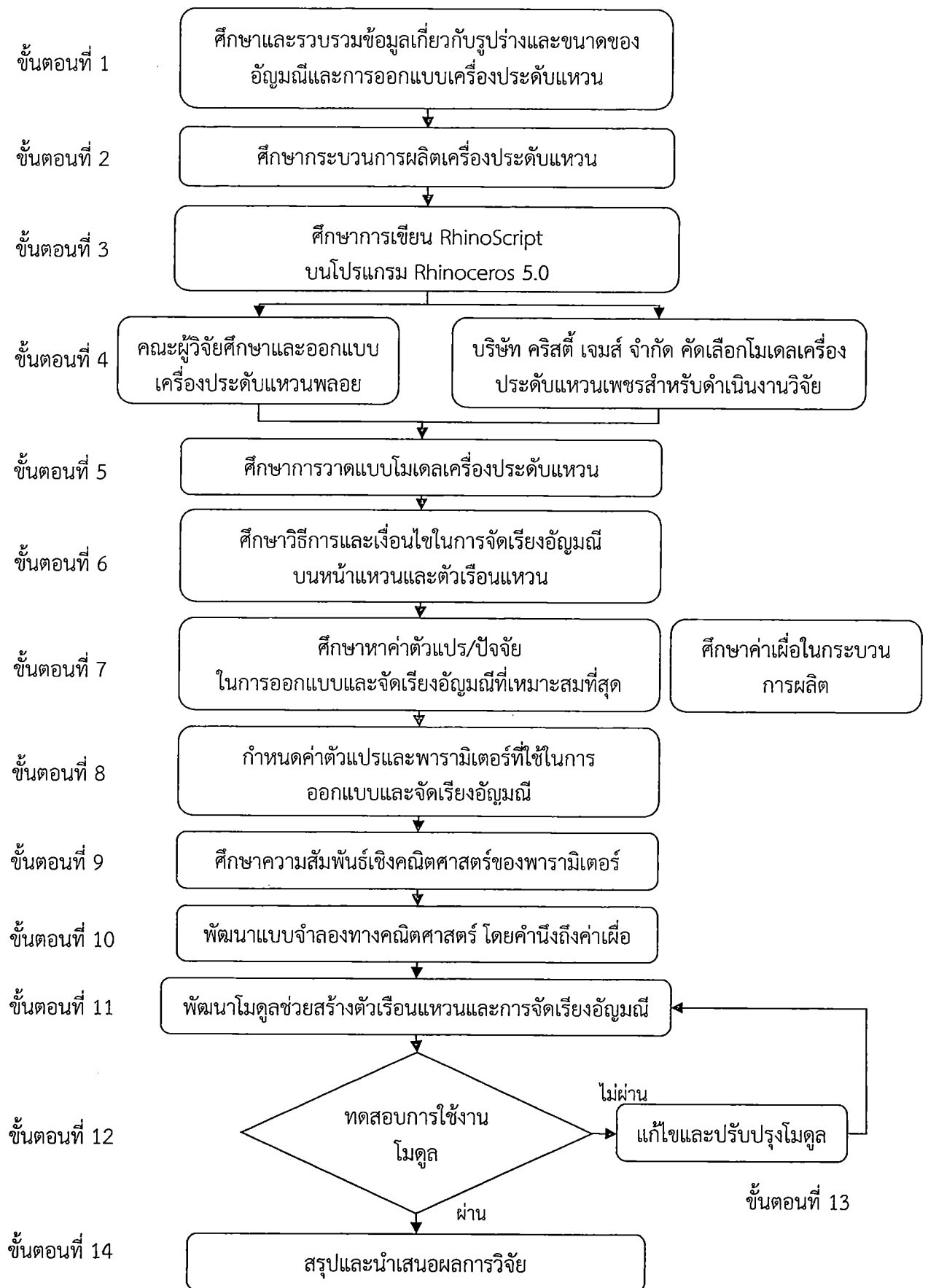
1) คอมพิวเตอร์แบบโมบายเวอร์สเตชัน (Mobile Workstation) สำหรับพัฒนาระบบการออกแบบการจัดเรียงข้อมูลอัตโนมัติ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1.1) หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) Intel® Core™ i7 4800MQ @ 2.70 GHz
- 1.2) หน่วยความจำหลัก (RAM) 8 GB 1600MHz DDR3L 1DM
- 1.3) หน่วยความจำการ์ดจอ (Display Adapter) NVIDIA Quadro K2100M 2 GB
- 1.4) ความจุฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk) 500 GB 7200 RPM
- 1.5) ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดวส์เซเว่น (Microsoft Windows Seven)

2) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ Rhinoceros 5.0 Educational License

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยสำหรับศึกษาดำเนินการวิจัยในการพัฒนาโมดูลคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการจัดเรียงข้อมูลบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติประกอบด้วย 14 ขั้นตอนหลัก ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงแผนผังการไหลของวิธีการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะรูปร่างและขนาดของอัญมณีที่พบในท้องตลาดเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบและการจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวนจากเว็บไซต์หนังสือเกี่ยวกับอัญมณีและเครื่องประดับ และข้อมูลจากทางบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด

ขั้นตอนที่ 2 ทำการศึกษาเพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงขั้นตอนวิธีการผลิตเครื่องประดับแหวนที่จะส่งผลต่อการออกแบบ เช่น ในบางกระบวนการผลิตที่ขึ้นงานเกิดการหดตัว ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดค่าเผื่อขนาดของขึ้นงานเพื่อให้การออกแบบสามารถนำไปผลิตขึ้นงานเครื่องประดับได้จริง

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาการใช้งานกระบวนการทำงานของ RhinoScript บนโปรแกรม Rhinoceros 5.0 เพื่อใช้ในการออกแบบและจัดเรียงอัญมณีบนรูปทรงของเครื่องประดับแหวนแบบต่างๆ แบบสามมิติบนโปรแกรม Rhinoceros 5.0

ขั้นตอนที่ 4 คณะผู้วิจัยศึกษาและออกแบบเครื่องประดับแหวนพลอย และทำการศึกษาร่วมกันกับบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด ในการคัดเลือกโมเดลเครื่องประดับแหวนเพชรที่ต้องการพัฒนาเป็นระบบออกแบบและจัดเรียงอัญมณีแบบอัตโนมัติ

ขั้นตอนที่ 5 ศึกษาวิธีการวาดโมเดลเครื่องประดับแหวนพลอยและร่วมกับทางบริษัทคริสตี้ เจมส์ จำกัดในการศึกษาการวาดโมเดลเครื่องประดับแหวนเพชร เพื่อให้เข้าใจถึงขั้นตอนและวิธีการที่นักออกแบบ CAD ของทางบริษัทได้ใช้ในการวาดโมเดลเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติเพื่อให้การออกแบบเป็นไปอย่างถูกต้อง

ขั้นตอนที่ 6 ศึกษาวิธีการจัดเรียงและเงื่อนไขที่จำเป็นต้องคำนึงถึงในการจัดเรียงอัญมณีแบบอัตโนมัติเพื่อให้ระบบสามารถทำการจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวนได้ถูกต้องตามหลักการออกแบบและนำไปใช้งานได้จริง

ขั้นตอนที่ 7 ศึกษาหาค่าตัวแปรและปัจจัยที่นำมาใช้ในการออกแบบเครื่องประดับแหวนและการจัดเรียงอัญมณีเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับขนาดและรูปร่างตามที่ผู้ใช้งานระบบต้องการ ศึกษาค่าเผื่อในกระบวนการผลิตเครื่องประดับ

ขั้นตอนที่ 8 กำหนดค่าตัวแปรและพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการออกแบบเครื่องประดับแหวนและการจัดเรียงอัญมณีบนหน้าแหวนเพื่อกำหนดเป็นขอบเขตของการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนและการจัดเรียงอัญมณีได้อย่างเหมาะสม

ขั้นตอนที่ 9 ศึกษาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจัดเรียงอัญมณีบนหน้าแหวนตามรูปร่างและขนาดของอัญมณีเม็ดยอดที่เปลี่ยนแปลงไป

ขั้นตอนที่ 10 ทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายให้เข้าใจถึงหลักการที่ระบบออกแบบใช้ในการคำนวณหาจำนวนและระยะห่างในการจัดเรียงตามรูปร่างของอัญมณีเม็ดยอดที่นำมาใช้ในการศึกษา โดยมีการคำนึงถึงค่าเผื่อในกระบวนการผลิต

ขั้นตอนที่ 11 พัฒนาโมดูลของการจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติและทำการพัฒนาโมดูลออกมาในลักษณะ Plug-In บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Rhinoceros 5.0 เพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานให้กับนักออกแบบ

ขั้นตอนที่ 12 ร่วมกับผู้ประกอบการในการทดสอบการใช้งานโมดูลและ Plug-In และทำการทดลองผลิตชิ้นงานจริงที่สร้างขึ้นจากระบบออกแบบนี้ จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อนำผลที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไขระบบ

ขั้นตอนที่ 13 ทำการแก้ไขปรับปรุงโมดูลที่ได้ออกแบบตามที่ได้รับข้อเสนอแนะจากทางผู้ประกอบการเพื่อให้ระบบมีความเหมาะสมในการใช้งานมากยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 14 จัดทำสรุปรายงานผลการดำเนินงานวิจัยและนำเสนอผลงานต่อ สกว. และสมาคมผู้ค้าอัญมณีไทยและเครื่องประดับ

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้ คณะผู้วิจัยได้นำเสนอผลการศึกษากิจการดำเนินงานวิจัย โดยสามารถแบ่งผลการศึกษาได้เป็น 10 หัวข้อ ได้แก่

- 1) ผลการศึกษากิจการเขียน RhinoScript บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ Rhinoceros 5.0
- 2) ผลการศึกษารูปร่างและขนาดของอัญมณี
- 3) ผลการศึกษขนาดของวงแหวน (Ring Size)
- 4) ผลการศึกษากิจการตั้งค่าเพื่อให้กับขนาดของชิ้นงานเครื่องประดับแหวนในขั้นตอนการวาดโมเดล (สำหรับการหัดตัวของโลหะและปริมาณการสูญเสียเนื้อโลหะในขั้นตอนการตกแต่งชิ้นงานในกระบวนการผลิตเครื่องประดับแหวน)
- 5) ผลการพัฒนาโมดูลที่ 1 โมดูลช่วยสร้างตัวเรือนเครื่องประดับแหวนพลอยและจัดเรียงพลอยแบบอัตโนมัติ
- 6) ผลการพัฒนาโมดูลที่ 2 โมดูลช่วยสร้างตัวเรือนเครื่องประดับแหวนเพชรและจัดเรียงเพชรแบบอัตโนมัติ กรณีศึกษาของบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด
- 7) ผลการพัฒนาโมดูลที่ 3 โมดูลเพื่อช่วยในการจัดเรียงอัญมณีบนหน้าแหวนของเครื่องประดับแหวนเพชรแบบอัตโนมัติ กรณีศึกษาของบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด
- 8) ผลการพัฒนาโมดูลที่ 4 โมดูลเพื่อช่วยในการจัดเรียงอัญมณีบนก้านแหวนโดยขนาดอัญมณีเท่ากัน กรณีศึกษาของบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด
- 9) ผลการพัฒนาโมดูลที่ 5 โมดูลเพื่อช่วยในการจัดเรียงอัญมณีบนก้านแหวนโดยการลดขนาดของอัญมณีตามขนาดมาตรฐาน กรณีศึกษาของบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด
- 10) ผลการนำโมดูลทั้งห้า มาพัฒนาในรูปแบบของ Plug-in บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ Rhinoceros 5.0

4.1 ผลการศึกษากิจการเขียน RhinoScript บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ Rhinoceros 5.0

การศึกษากิจการการทำงานของ RhinoScript บนโปรแกรม Rhinoceros 5.0 เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ เริ่มต้นการศึกษาโดยทำการทดลองใช้งานของ RhinoScript สำหรับสร้างกระบวนการออกแบบเครื่องประดับแหวน ทำได้โดยการเรียกใช้หน้าต่างของ RhinoScript ดังแสดงในรูปที่ 4.1 บนหน้าต่าง RhinoScript ซึ่งจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่

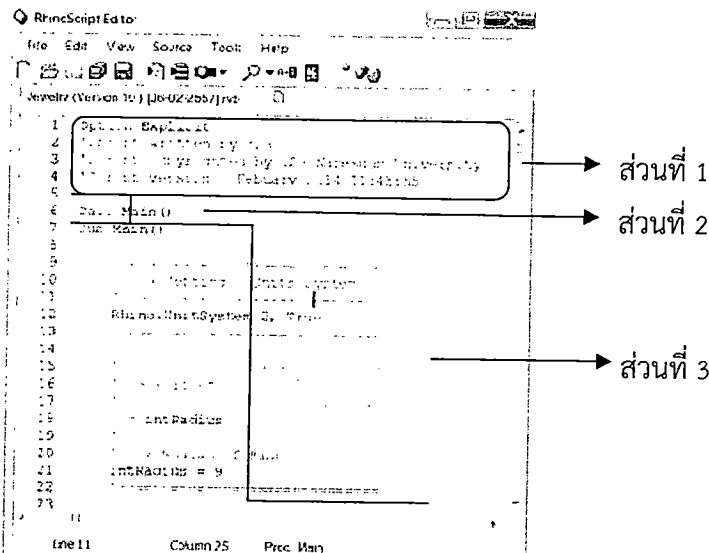
ส่วนที่ 1 ส่วนของหัวข้อ (Header) เป็นการระบุข้อความเพื่อบ่งบอกรายละเอียดต่างๆ เช่น ชื่อผู้เขียน ชื่องาน วันและเวลา เป็นต้น สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามต้องการของผู้ใช้งาน

ส่วนที่ 2 ส่วนของการเรียกฟังก์ชันหลัก ทำหน้าที่เรียกใช้งานฟังก์ชันหลัก

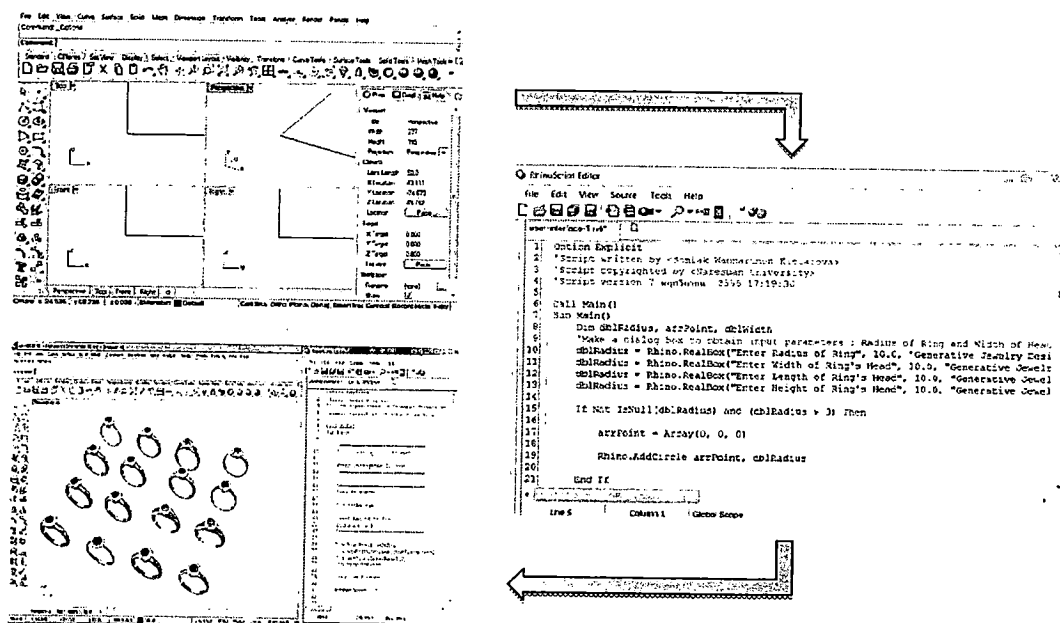
ส่วนที่ 3 ฟังก์ชันหลัก สำหรับเขียนคำสั่งต่างๆ ที่ต้องการแสดงผลลัพธ์ ใน RhinoScript มีการลักษณะทำงานโดยจะอ่านข้อมูลเรียงตามลำดับบรรทัดของการเขียน

จากนั้นทำการศึกษาประเภทของพารามิเตอร์และองค์ประกอบต่างๆ ของคำสั่ง ซึ่งแต่ละคำสั่งจะมีพารามิเตอร์และองค์ประกอบที่แตกต่างกันไป และทำการทดลองเขียนคำสั่งในการสร้างรูปทรงของเครื่องประดับแหวนลงในส่วนของฟังก์ชันบนหน้าต่างของ RhinoScript แล้วทำการทดสอบแสดงผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.2

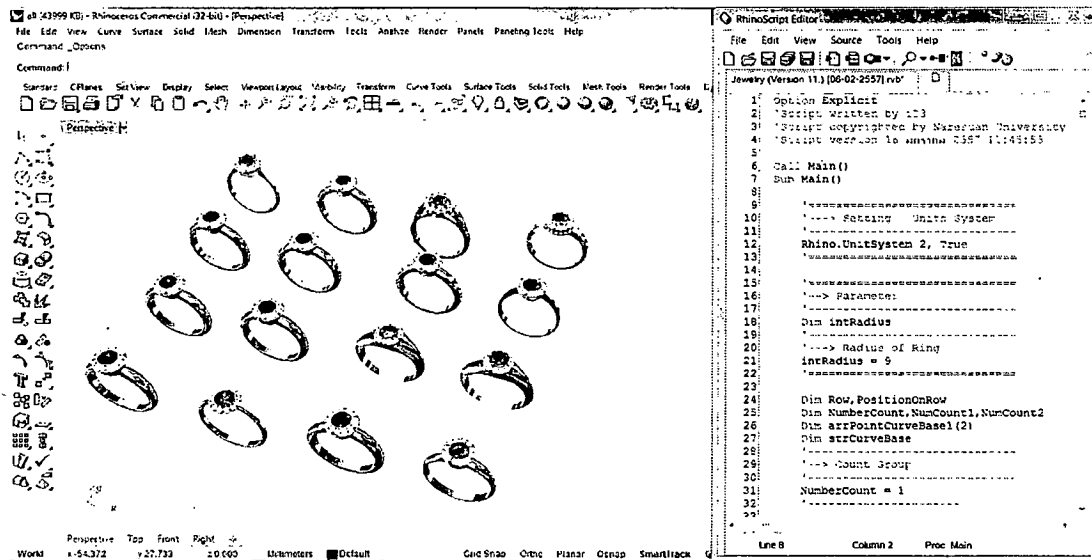
จากการทดลองในการใช้งาน RhinoScript สามารถสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนใน 1 ครั้ง สามารถสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนได้ตามจำนวนที่ต้องการและรูปทรงมีความหลากหลาย ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบใน RhinoScript บนโปรแกรม Rhinoceros5.0



รูปที่ 4.2 แสดงกระบวนการทำงานของ RhinoScript บนโปรแกรม Rhinoceros 5.0



รูปที่ 4.3 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์รูปทรงเครื่องประดับแหวนที่ได้จากการรัน RhinoScript บนโปรแกรม Rhinoceros 5.0 ที่ทำการทดลอง

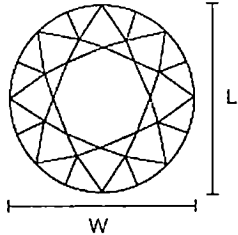
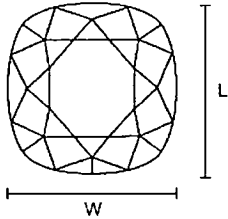
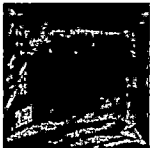
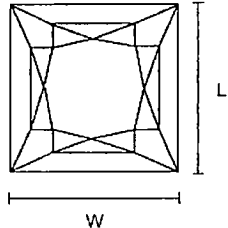
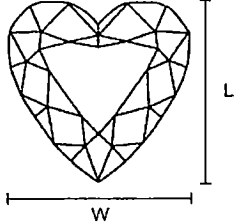
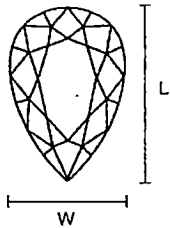
4.2 ผลการศึกษารูปร่างและขนาดของอัญมณี

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษารูปร่างและขนาดของอัญมณี เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาระบบออกแบบและจัดเรียงอัญมณีแบบอัตโนมัติ โดยในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการจัดเรียงอัญมณี จำนวน 9 รูปร่าง ได้แก่

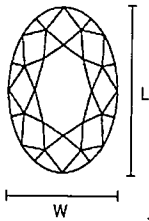
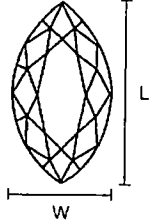
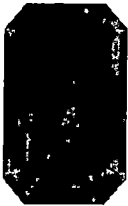
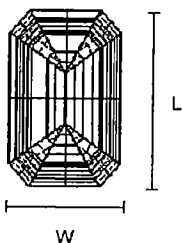
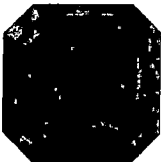
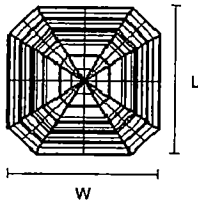
- 1) รูปร่างกลม (Round Cut)
- 2) รูปร่างคushion (Cushion Cut)
- 3) รูปร่างวงรี (Oval Cut)
- 4) รูปร่างปรีนเซส (Princess Cut)
- 5) รูปร่างหยดน้ำ (Pear Cut)
- 6) รูปร่างมาร์ควีส (Marquise Cut)
- 7) รูปร่างหัวใจ (Heart Cut)
- 8) รูปร่างสี่เหลี่ยมมรกต (Emerald Cut)
- 9) รูปร่างอาชเชอร์ (Asscher Cut)

รูปร่างของอัญมณีและวิธีการวัดขนาดสัดส่วนความกว้างและความยาว ($W \times L$) สามารถอธิบายได้ดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยจากการศึกษาพบว่า ขนาดของอัญมณีนั้น ถ้าเป็นเพชรจะมีขนาดมาตรฐาน (mm) ที่เป็นสากล โดยได้แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (mm) และน้ำหนัก (กะรัต) ของเพชรรูปร่างกลม (Round Cut) ได้ดังตารางที่ 4.2 ส่วนพลอยนั้นเนื่องจากน้ำหนักของพลอยแต่ละชนิดในสัดส่วนของขนาด ($W \times L$) ตามตารางที่ 4.1 ที่สัดส่วนเท่ากันนั้นจะมีน้ำหนักที่ไม่เท่ากัน ในที่นี้จึงไม่ได้ทำการสรุปขนาดมาตรฐานของพลอยแต่ละรูปทรงไว้ เพราะในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ การพัฒนาระบบช่วยออกแบบและจัดเรียงอัญมณีแบบอัตโนมัติเพื่อให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานได้จริง จึงกำหนดให้ผู้ใช้งานสามารถระบุเป็นขนาดของอัญมณีที่สามารถวัดได้จริงในหน่วยมิลลิเมตรและป้อนค่าให้กับระบบออกแบบได้ โดยจะได้อธิบายการใช้งานไว้ในหัวข้อของการพัฒนาระบบออกแบบในแต่ละโมดูลต่อไป

ตารางที่ 4.1 แสดงวิธีการวัดขนาดความกว้างและความยาวของรูปร่างอัญมณี

ลำดับ	ชื่อรูปร่าง	รูปร่างอัญมณี	สัดส่วน (TOP VIEW)
1	Round		
2	Cushion		
3	Princess		
4	Heart		
5	Pear		

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อรูปร่าง	รูปร่างอัญมณี	สัดส่วน (TOP VIEW)
6	Oval		
7	Marquise		
8	Emerald		
9	Asscher		

หมายเหตุ : W หมายถึง Width
L หมายถึง Length

ตารางที่ 4.2 แสดงขนาดมาตรฐานของเพชรรูปร่างกลม (Round Cut)

ลำดับ	ขนาด (mm)	น้ำหนัก (กะรัต)	ลำดับ	ขนาด (mm)	น้ำหนัก (กะรัต)
1	1.00	0.0050	39	5.00	0.47
2	1.10	0.0060	40	5.10	0.50
3	1.15	0.0065	41	5.20	0.53
4	1.20	0.0080	42	5.30	0.56
5	1.25	0.0090	43	5.40	0.59
6	1.30	0.0100	44	5.50	0.62
7	1.35	0.0110	45	5.60	0.65
8	1.40	0.0125	46	5.70	0.68
9	1.45	0.0130	47	5.80	0.71
10	1.50	0.0140	48	5.90	0.75
11	1.55	0.0160	49	6.00	0.78
12	1.60	0.0180	50	6.10	0.81
13	1.70	0.0220	51	6.20	0.84
14	1.80	0.0250	52	6.30	0.87
15	1.90	0.0300	53	6.40	0.90
16	2.00	0.0350	54	6.50	0.93
17	2.10	0.0400	55	6.60	0.96
18	2.20	0.0450	56	6.70	1.00
19	2.30	0.0500	57	6.80	1.05
20	2.40	0.0600	58	6.90	1.10
21	2.50	0.0650	59	7.00	1.15
22	2.60	0.0700	60	7.10	1.20
23	2.70	0.0800	61	7.20	1.25
24	2.80	0.0900	62	7.30	1.30
25	2.90	0.1000	63	7.40	1.35
26	3.00	0.1100	64	7.50	1.40
27	3.10	0.1250	65	7.60	1.45
28	3.20	0.1350	66	7.70	1.50
29	3.30	0.1500	67	7.80	1.55
30	3.40	0.1600	68	7.90	1.60
31	3.50	0.1700	69	8.00	1.65
32	3.80	0.2000	70	8.10	1.70

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ลำดับ	ขนาด (mm)	น้ำหนัก (กรัม)	ลำดับ	ขนาด (mm)	น้ำหนัก (กรัม)
33	4.10	0.2500	71	8.20	1.75
34	4.50	0.3000	72	8.30	1.80
35	4.60	0.3500	73	8.40	1.85
36	4.70	0.3800	74	8.50	1.90
37	4.80	0.4100	75	8.60	2.00
38	4.90	0.4400			

4.3 ผลการศึกษาขนาดของวงแหวน (Ring Size)

โครงการวิจัยนี้ ได้ใช้กรณีศึกษาของบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด ในการศึกษาขนาดของวงแหวนหรือเบอร์แหวน โดยมีขนาดของวงแหวนหรือเบอร์แหวนซึ่งเป็นที่นิยมของลูกค้าของบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด ที่มักจะใช้ในการสั่งซื้อ ประกอบด้วย 2 มาตรฐาน ได้แก่ มาตรฐานของสหรัฐอเมริกา (US) และมาตรฐานของญี่ปุ่น (Japan) โดยได้นำผลการศึกษาดังกล่าว ไปใช้ในระบบออกแบบและจัดเรียงอัญมณีที่จะทำการพัฒนาขึ้น ขนาดของวงแหวนของทั้งสองมาตรฐาน แสดงดังตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.3 แสดงเบอร์แหวนและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงแหวนภายในตามมาตรฐานอเมริกา (US)

ลำดับ	เบอร์แหวน	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)
1	1.00	12.39
2	1.25	12.59
3	1.50	12.80
4	1.75	13.00
5	2.00	13.21
6	2.25	13.42
7	2.50	13.62
8	2.75	13.83
9	3.00	14.04
10	3.25	14.24
11	3.50	14.45
12	3.75	14.65
13	4.00	14.86
14	4.25	15.07
15	4.50	15.27
16	4.75	15.48
17	5.00	15.69
18	5.25	15.89
19	5.50	16.10
20	5.75	16.30
21	6.00	16.51
22	6.25	16.72
23	6.50	16.92
24	6.75	17.13

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ลำดับ	เบอร์แหวน	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)
25	7.00	17.33
26	7.25	17.54
27	7.50	17.75
28	7.75	17.95
29	8.00	18.16
30	8.25	18.37
31	8.50	18.57
32	8.75	18.78
33	9.00	18.98
34	9.25	19.19
35	9.50	19.40
36	9.75	19.60
37	10.00	19.81
38	10.25	20.01
39	10.50	20.22
40	10.75	20.43
41	11.00	20.63
42	11.25	20.84
43	11.50	21.05
44	11.75	21.25
45	12.00	21.46
46	12.25	21.66
47	12.50	21.87
48	12.75	22.08
49	13.00	22.28
50	13.25	22.49
51	13.50	22.69
52	13.75	22.90
53	14.00	23.11

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ลำดับ	เบอร์แหวน	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)
54	14.25	23.31
55	14.50	23.52
56	14.75	23.73
57	15.00	23.93
58	15.25	24.19
59	15.50	24.34
60	15.75	24.61
61	16.00	24.76
62	16.25	25.00

ตารางที่ 4.4 แสดงเบอร์แหวนและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงแหวนภายในตามมาตรฐานญี่ปุ่น (Japan)

ลำดับ	เบอร์แหวน	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)
1	1	13.00
2	2	13.34
3	3	13.67
4	4	14.00
5	5	14.34
6	6	14.67
7	7	15.00
8	8	15.34
9	9	15.67
10	10	16.00
11	11	16.34
12	12	16.67
13	13	17.00
14	14	17.34
15	15	17.67
16	16	18.00
17	17	18.34
18	18	18.67
19	19	19.00
20	20	19.34
21	21	19.67
22	22	20.00
23	23	20.34
24	24	20.67
25	25	21.00
26	26	21.34
27	27	21.67

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ลำดับ	เบอร์แหวน	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)
28	28	22.00
29	29	22.34
30	30	22.67
31	31	23.00
32	32	23.34
33	33	23.67
34	34	24.00
35	35	24.34
36	36	24.67

4.4 ผลการศึกษาการตั้งค่าเพื่อให้กับขนาดของชิ้นงานเครื่องประดับแหวนในขั้นตอนการวาดโมเดล

ในการวาดโมเดลคอมพิวเตอร์ของชิ้นงานเครื่องประดับ มีความจำเป็นที่จะต้องเผื่อขนาดของโมเดลสามมิติ (3D) ของชิ้นงานให้ใหญ่กว่าขนาดของชิ้นงานที่ต้องการ เนื่องจากเกิดการหดตัวของชิ้นงาน และปริมาณการสูญเสียเนื้อโลหะในกระบวนการผลิตเครื่องประดับ ในหัวข้อนี้ ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตเครื่องประดับแหวน และการศึกษาการตั้งค่าเพื่อให้เหมาะสมของขนาดชิ้นงานเพื่อให้ได้ขนาดของชิ้นงานจริงตรงตามที่ต้องการ

4.4.1 ผลการศึกษากระบวนการผลิตเครื่องประดับแหวน

คณะผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการผลิตเครื่องประดับแหวนเงิน (Silver) จากบริษัท ริสตี เจมส์ จำกัด ซึ่งใช้เครื่องจักร Rapid Prototyping (RP) ในขั้นตอนการทำต้นแบบเครื่องประดับนั้น ในหัวข้อนี้ จะขออธิบายถึงขั้นตอนการผลิตเครื่องประดับแหวน ที่มีการใช้เครื่อง RP (โดยแสดงขั้นตอนดังรูปที่ 4.4) ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมแบบสามมิติ วาดแบบสามมิติของเครื่องประดับแหวนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (CAD) และบันทึกชิ้นงานเป็นไฟล์ประเภท .STL

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างชิ้นงานต้นแบบด้วยเครื่องจักร RP นำไฟล์ .STL ที่ได้ เข้าสู่ขั้นตอนการสร้างชิ้นงานต้นแบบด้วยเรซินหรือซีพิง ด้วยเครื่องจักร Rapid Prototyping (RP) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของเครื่อง RP ที่ใช้

การสร้างต้นแบบด้วย Rapid Prototyping คือการสร้างชิ้นงานต้นแบบอย่างรวดเร็ว โดยอาศัยกระบวนการของ Layer Manufacturing ทำให้สามารถสร้างชิ้นงานต้นแบบที่เป็นรูปทรงซับซ้อนในระบบสามมิติได้เป็นอย่างดี

ขั้นตอนที่ 3 การทำแม่พิมพ์ยาง มีด้วยกันหลายวิธี ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ และวัสดุที่ใช้ทำต้นแบบเครื่องประดับ อธิบายโดยย่อ ได้ดังนี้ บางกรณีที่ต้องการทำแม่พิมพ์ยางธรรมชาติ เนื่องจากต้องการนำมาฉีดซีพิงจำนวนมาก หากใช้เครื่อง RP สร้างต้นแบบด้วยเรซินที่สามารถเข้าสู่กระบวนการหล่อชิ้นงานได้โดยตรง (Direct Casting) ในกรณีนี้ มักจะนำชิ้นงานเรซินดังกล่าว ไปหล่อเป็นชิ้นงานโลหะ เช่น ทองเหลือง หรือ ดีบุก จากนั้นนำชิ้นงานโลหะนี้ มาทำแม่พิมพ์ยาง ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป บางกรณีที่ต้องการทำแม่พิมพ์ยางซิลิโคน มักจะใช้ต้นแบบเรซินทำได้เลย เนื่องจาก ไม่มีความร้อนเกิดขึ้นในกระบวนการดังกล่าว แต่แม่พิมพ์ยางซิลิโคน เมื่อนำมาใช้ในขั้นตอนการฉีดซีพิง จะไม่ค่อยทน ฉีดแบบซีพิงได้จำนวนน้อยกว่า แม่พิมพ์ยางธรรมชาติ และในกรณีที่ต้องการผลิตชิ้นงานเครื่องประดับจำนวนน้อยชิ้น มักจะใช้วิธี Direct Casting คือ ใช้ต้นแบบ RP ที่ได้ (หากทำด้วยซีพิง หรือ เรซินที่ใช้ในงานหล่อได้) เข้าสู่การทำต้นเทียนและกระบวนการหล่อเลย ข้ามขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ยาง ทำให้ลดเวลาในกระบวนการผลิตได้

ในขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ยาง แม่พิมพ์ยางจะถูกทำขึ้นล้อมรอบต้นแบบและถูกรัดกับแผ่นยางพิเศษ จากนั้นนำไปวางในเครื่องอัดแม่พิมพ์ยางซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้ความร้อนและความดันในการอัดยางให้ไหลไปรอบๆ แบบ เมื่อแม่พิมพ์เย็นลง จะใช้มีดในการตัดเปิดแม่พิมพ์และตัดแยก เมื่อต้นแบบถูกแยกออกจากกัน ก็จะเปิดให้เห็นช่องว่างด้านใน

ขั้นตอนที่ 4 การฉีดเทียน นำแม่พิมพ์ยางที่ได้ เข้าสู่ขั้นตอนการฉีดเทียน ในขั้นตอนนี้ จะมีการนำเทียนไปทำให้ร้อน และฉีดเข้าไปในแม่พิมพ์ยาง โดยไหลผ่านทางเดินน้ำโลหะ เพื่อเข้าไปเติมเต็มเนื้อที่ช่องว่างข้างใน เมื่อเทียนเย็นตัวลง จึงจะนำชิ้นงานเทียนออกจากแม่พิมพ์ยาง

ขั้นตอนที่ 5 การทำต้นเทียน นำชิ้นงานเทียนที่ได้มา ไปติดต้นเทียนซึ่งจะมีลักษณะคล้ายต้นไม้

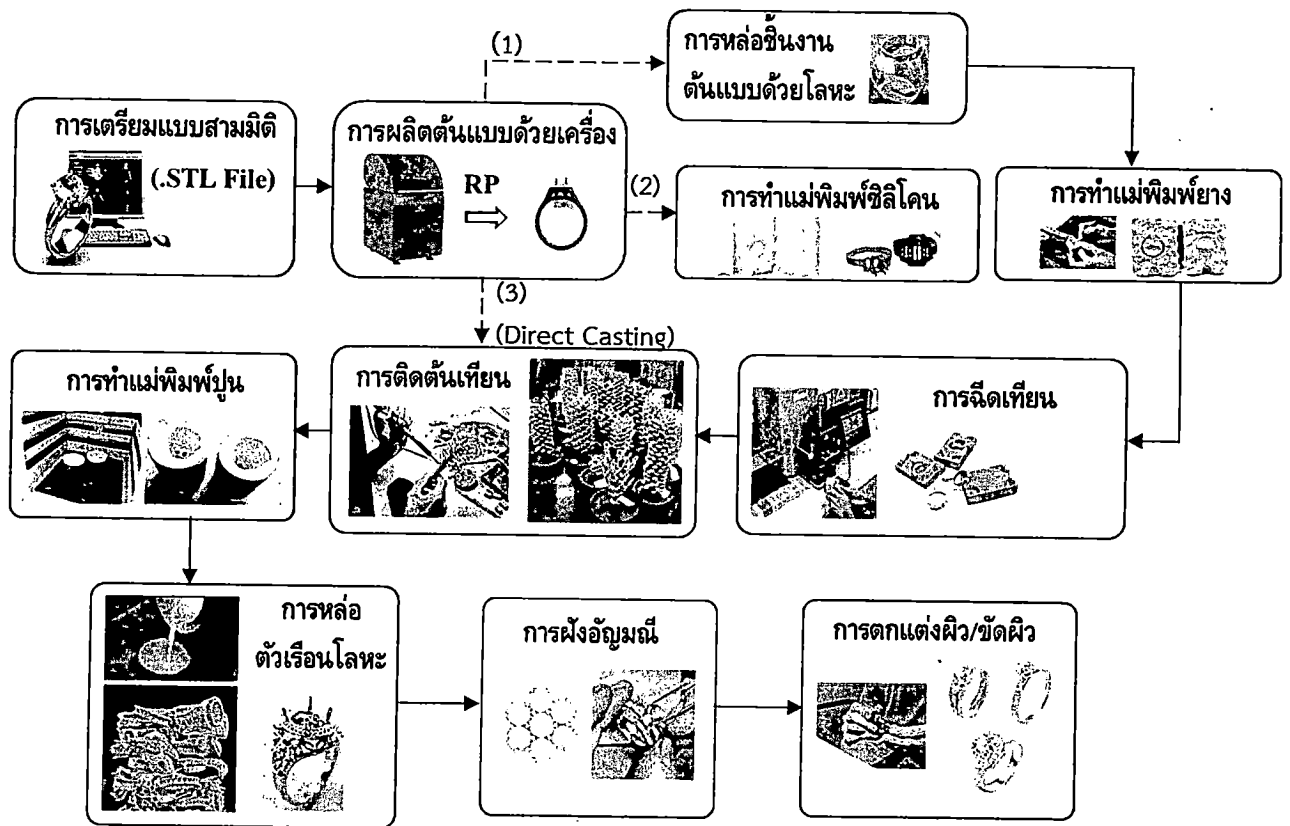
ขั้นตอนที่ 6 การทำแม่พิมพ์ปูน นำชิ้นงานเทียนที่ติดต้นเทียนเรียบร้อยแล้วมาวางลงในเบ้า ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกที่ทำมาจากเหล็กหรือสแตนเลส แล้วพันปิดด้วยเทป จากนั้นนำปูนหล่อที่เตรียมไว้ มาเทลงบนแบบชิ้นงานภายในเบ้า เมื่อปูนหล่อแข็งตัว ก็จะได้เบ้าปูน จากนั้นนำตัวเบ้าปูนเข้าสู่เตาเผา ขั้นตอนการเผานี้ เป็นการกำจัดแบบชิ้นงานเทียนที่อยู่ภายในเบ้าปูนออกไปโดยการให้ความร้อนที่ตัวเบ้า ช่องที่ติดอยู่กับแบบตัวอย่างแต่ละอันจะเป็นช่องทางสำหรับการไหลออกของเทียนที่ละลายตัวออกมา และในเวลาเดียวกัน ก็จะเป็นช่องสำหรับโลหะที่หลอมเหลวจะเข้าไปในโพรงของตัวแม่พิมพ์ในกระบวนการหล่อ

ขั้นตอนที่ 7 การหล่อตัวเรือนโลหะ เมื่อได้แม่พิมพ์ปูนเรียบร้อยแล้ว จะทำการหลอมโลหะที่ต้องการหล่อโดยนำโลหะไปใส่ในเบ้าหลอม โดยจะมีช่องหรือรูอยู่ที่ปลายด้านใดด้านหนึ่งไว้สำหรับเทน้ำโลหะ เมื่อหลอมโลหะ จนได้อุณหภูมิที่ต้องการ จากนั้นจะเทน้ำโลหะให้ไหลลงสู่แม่พิมพ์ที่เปิดไว้ ในขณะเดียวกัน ระบบสุญญากาศก็เริ่มทำงาน ซึ่งจะทำการสูบอากาศออกจากแม่พิมพ์และดูดโลหะที่หลอมเหลวแล้วกลับเข้าไปแทนที่ในโพรงที่ตัวแม่พิมพ์ รอจนชิ้นงานหล่อแข็งตัว จึงนำออกจากเครื่องหล่อ

ขั้นตอนที่ 8 การตัดชิ้นงาน นำเบ้าปูนที่มีชิ้นงานหล่อแข็งตัวแล้ว เข้าสู่เครื่อง Water Jet เพื่อละลายเบ้าปูนออก จนเหลือแต่ต้นชิ้นงานโลหะ เมื่อเย็นตัวแล้ว จะถูกตัดโดยใช้เครื่องมือตัด (Sprue Cutter) เพื่อแยกชิ้นงานออกจากต้น

ขั้นตอนที่ 9 การฝังอัญมณี นำชิ้นงานเครื่องประดับแหวนที่ได้ไปประดับตกแต่งในขั้นตอนการฝังอัญมณี โดยฝังตามรูปแบบที่ออกแบบไว้

ขั้นตอนที่ 10 การตกแต่งผิวตัวเรือน โดยการขัดและการชุบเพื่อให้เกิดความสวยงามเงางาม ตามที่ต้องการ



รูปที่ 4.4 แสดงกระบวนการผลิตเครื่องประดับแหวน

4.4.2 ผลการศึกษาการตั้งค่าเพื่อให้กับขนาดของชิ้นงานเครื่องประดับแหวนในขั้นตอนการวาดโมเดล

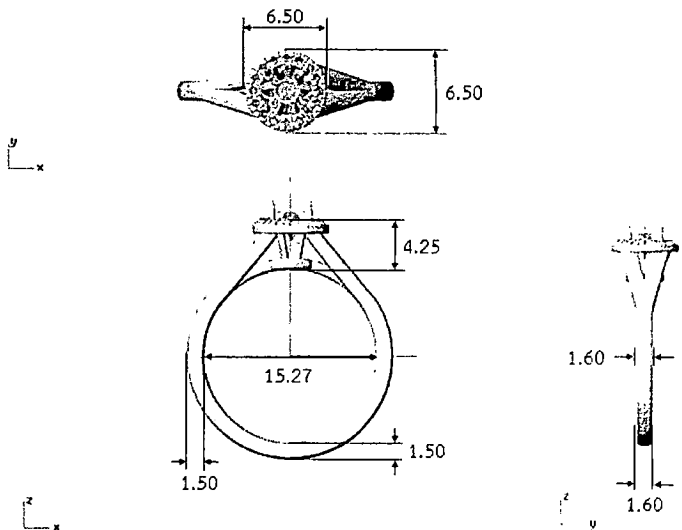
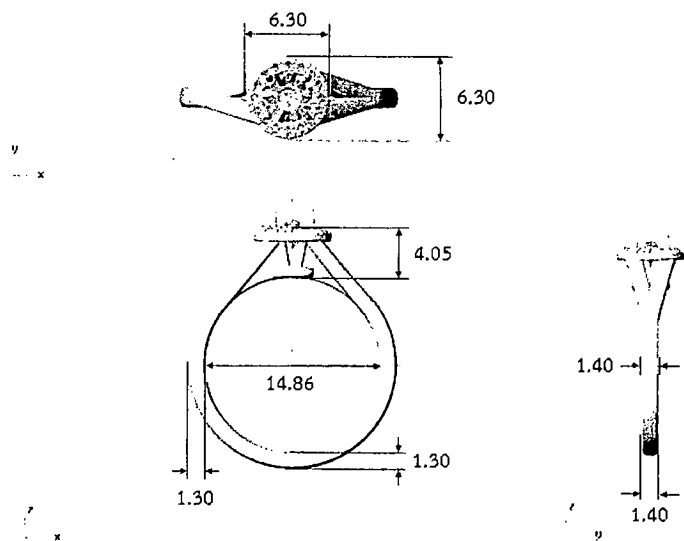
ในการศึกษาการหัดตัวของชิ้นงานที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเครื่องประดับแหวนที่ได้จากการทดลองของบริษัทคริสตี้ เจมส์ จำกัด พบว่า ขั้นตอนในกระบวนการผลิตที่ส่งผลต่อขนาดของชิ้นงานมีดังนี้

- 1) แผนกขึ้นรูปชิ้นงานด้วยแว็กซ์
- 2) แผนกหล่อรูปชิ้นงาน
- 3) แผนกตกแต่งชิ้นงาน
- 4) แผนกขัดชิ้นงาน

โดยทำการทดลองผลิตชิ้นงานเครื่องประดับแหวนจำนวน 8 ชิ้น ซึ่งแต่ละชิ้นมีรายละเอียดที่แตกต่างกัน เช่น รูปร่าง ขนาดความกว้าง ความยาว และความสูงของตัวเรือน ขนาดของอัญมณีเม็ดยอดและเม็ดล้อม และจำนวนชั้นของการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.5 และได้แสดงตัวอย่างวิธีการวัดขนาดในส่วนต่างๆ ของตัวเรือนเครื่องประดับแหวนดังแสดงในรูปที่ 4.5 – 4.7

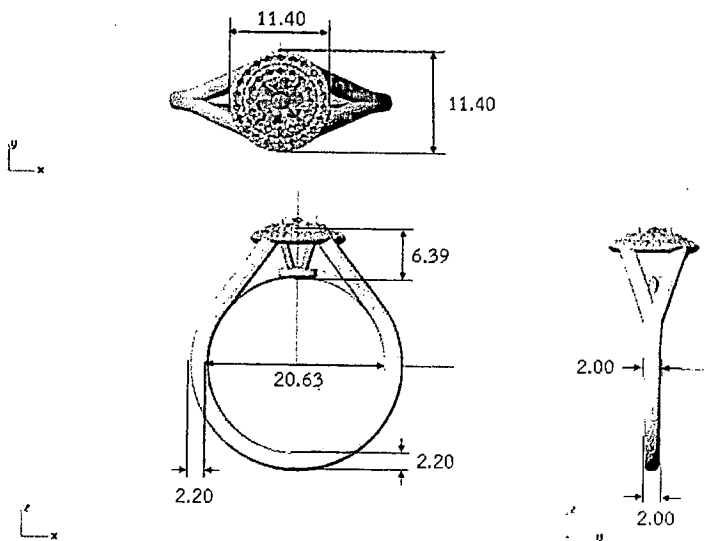
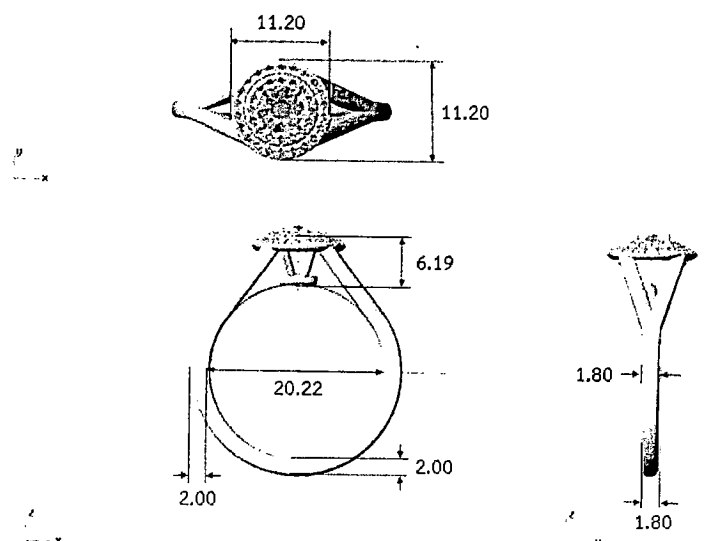
ตารางที่ 4.5 ตารางบันทึกผลการทดลองค่าเผื่อขนาดของชิ้นงานในกระบวนการผลิต

1) รูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 1

รายละเอียด					
รูปร่างอัญมณีเม็ดยอด		ขนาด อัญมณีเม็ดล้อม	จำนวนชั้นของการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม		หมายเหตุ
Round	Cushion		Layer One	Layer Two	
4	-	0.8	/	-	-
ขนาดก่อนผลิต			ขนาดหลังผลิต		
					

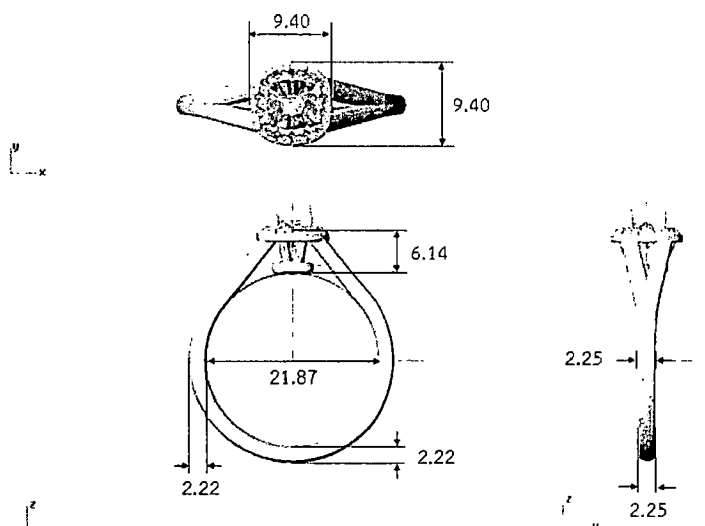
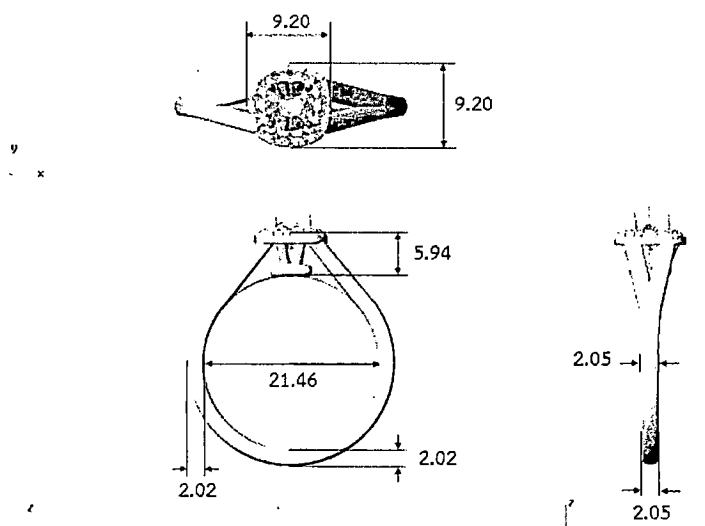
ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

2) รูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 2

รายละเอียด					
รูปร่างอัญมณีเม็ดยอด		ขนาด อัญมณีเม็ดล้อม	จำนวนชั้นของการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม		หมายเหตุ
Round	Cushion		Layer One	Layer Two	
5.2	-	1.1	-	/	-
ขนาดก่อนผลิต			ขนาดหลังผลิต		
					

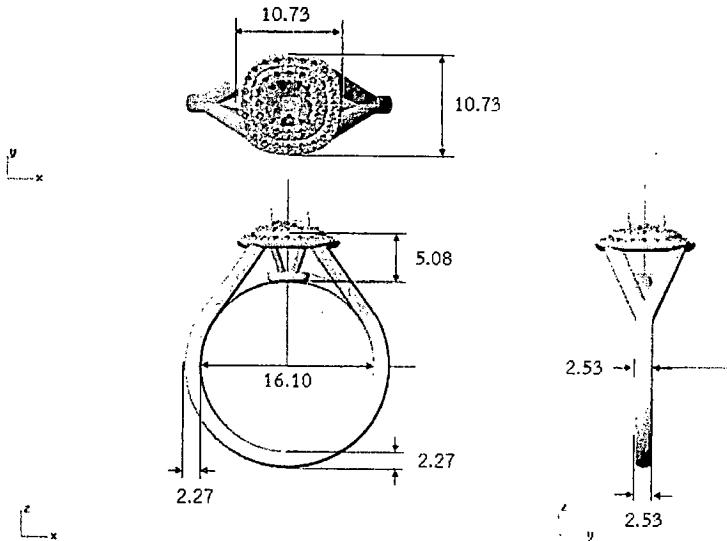
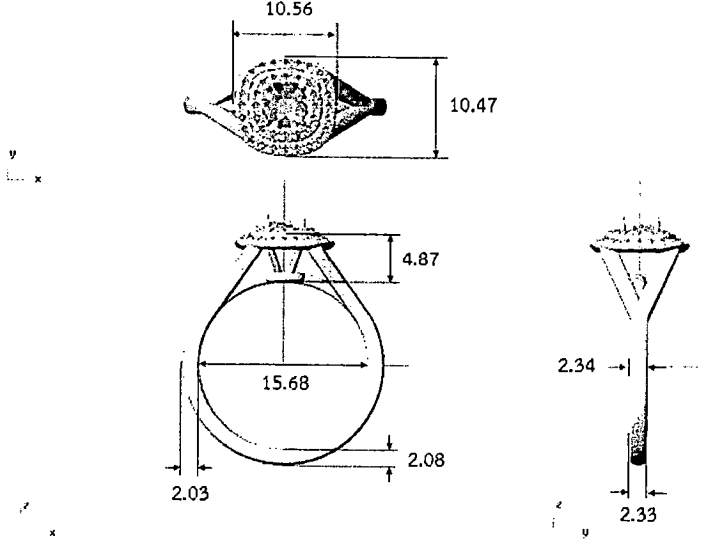
ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

3) รูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 3

รายละเอียด					
รูปร่างอัญมณีเม็ดยอด		ขนาด อัญมณีเม็ดล้อม	จำนวนชั้นของการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม		หมายเหตุ
Round	Cushion		Layer One	Layer Two	
-	5.5	1.5	/	-	-
ขนาดก่อนผลิต			ขนาดหลังผลิต		
					

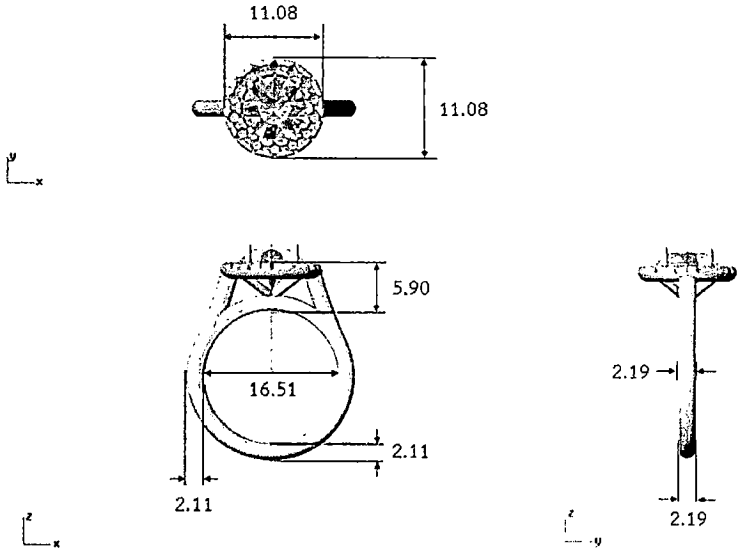
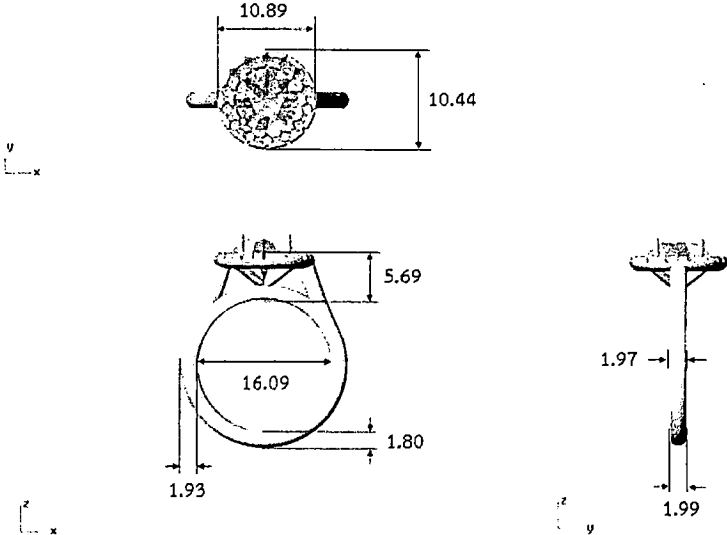
ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

4) รูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 4

รายละเอียด					
รูปร่างอัญมณีเม็ดยอด		ขนาด อัญมณีเม็ดล้อม	จำนวนชั้นของการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม		หมายเหตุ
Round	Cushion		Layer One	Layer Two	
-	4	0.9	-	/	-
ขนาดก่อนผลิต			ขนาดหลังผลิต		
					

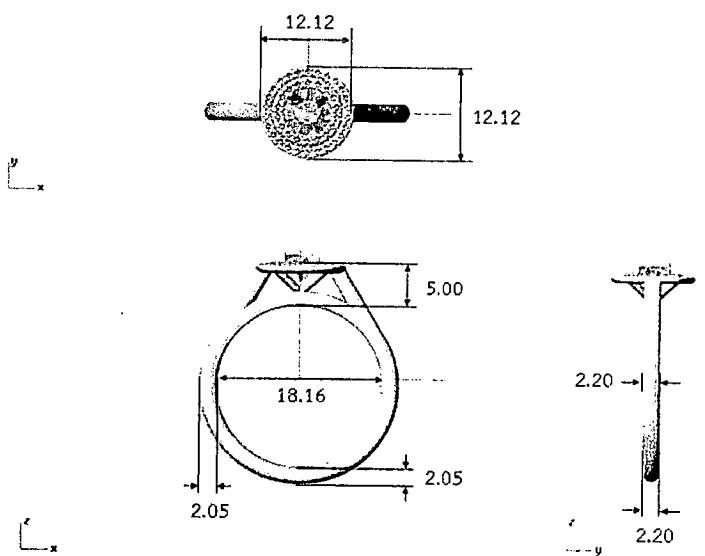
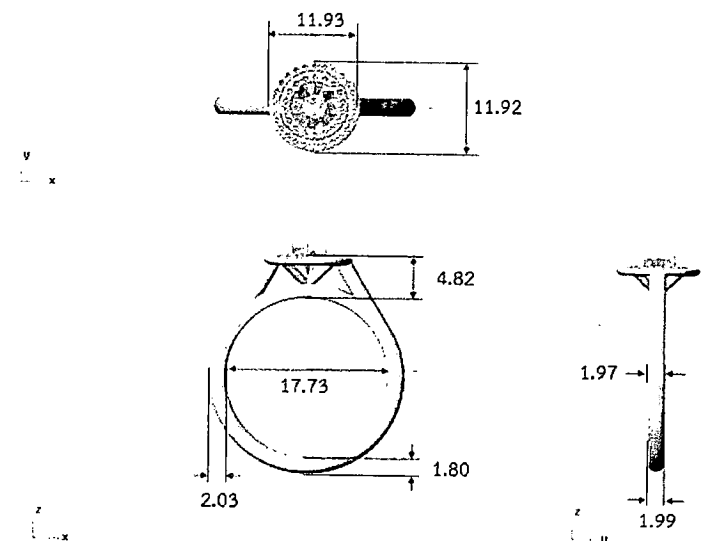
ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

5) รูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 5

รายละเอียด					
รูปร่างอัญมณีเม็ดยอด		ขนาด อัญมณีเม็ดล้อม	จำนวนชั้นของการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม		หมายเหตุ
Round	Cushion		Layer One	Layer Two	
8	-	2	/	-	-
ขนาดก่อนผลิต			ขนาดหลังผลิต		
					

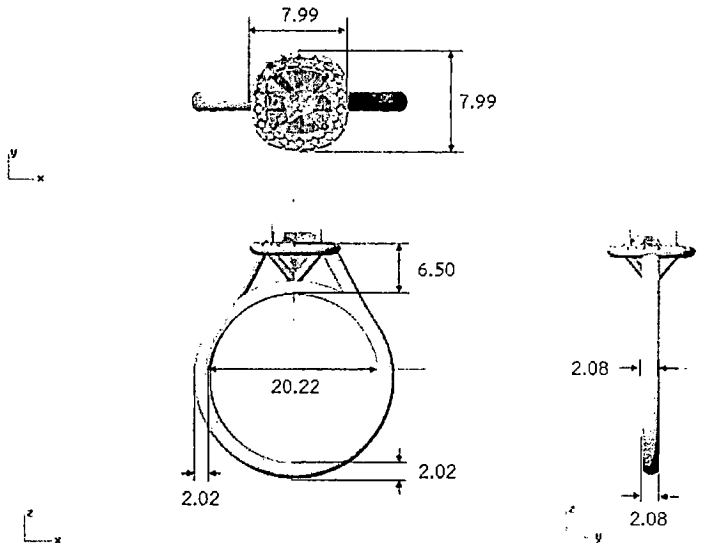
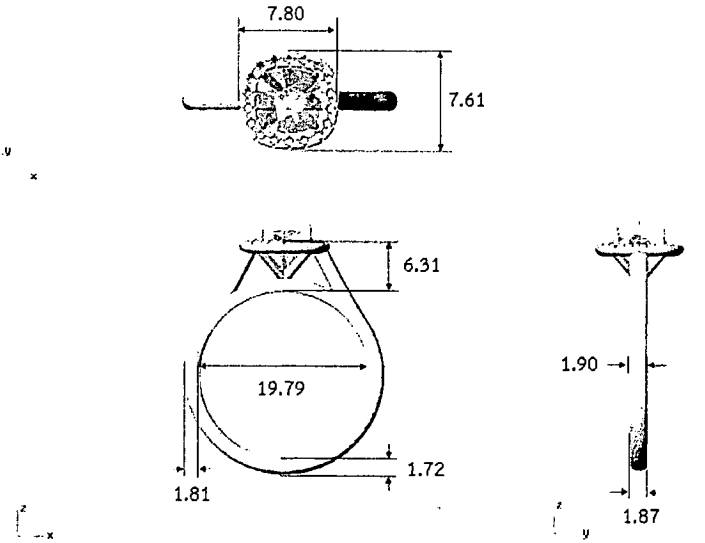
ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

6) รูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 6

รายละเอียด					
รูปร่างอัญมณีเม็ดยอด		ขนาด อัญมณีเม็ดล้อม	จำนวนชั้นของการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม		หมายเหตุ
Round	Cushion		Layer One	Layer Two	
5	-	0.8	-	/	-
ขนาดก่อนผลิต			ขนาดหลังผลิต		
					

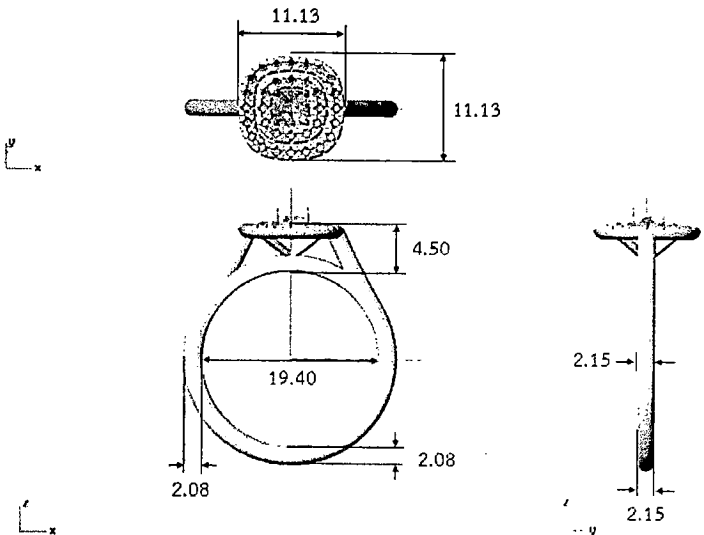
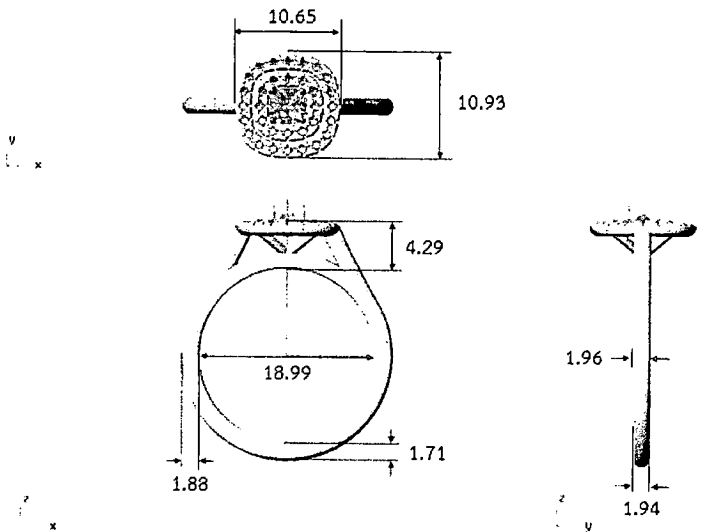
ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

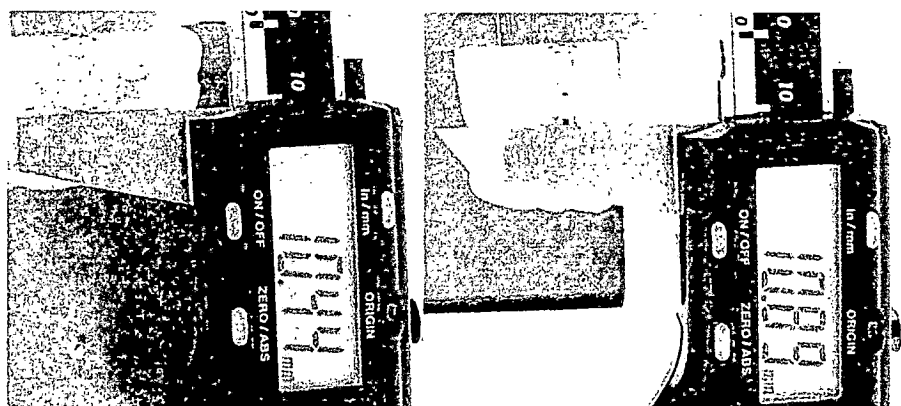
7) รูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 7

รายละเอียด					
รูปร่างอัญมณีเม็ดยอด		ขนาด อัญมณีเม็ดล้อม	จำนวนชั้นของการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม		หมายเหตุ
Round	Cushion		Layer One	Layer Two	
-	8	1.4	/	-	--
ขนาดก่อนผลิต			ขนาดหลังผลิต		
					

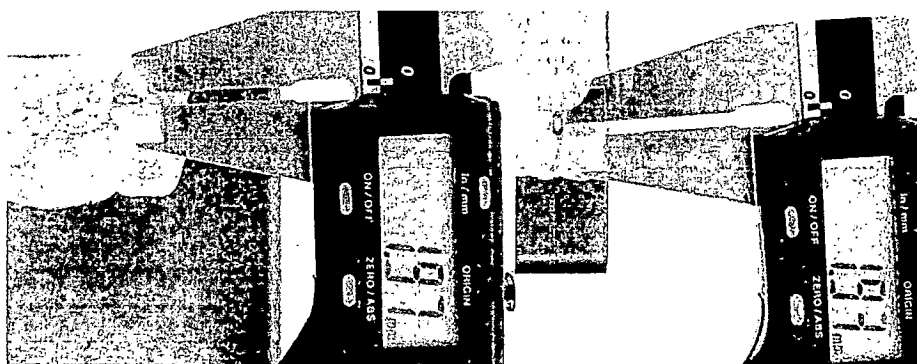
ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

8) รูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 8

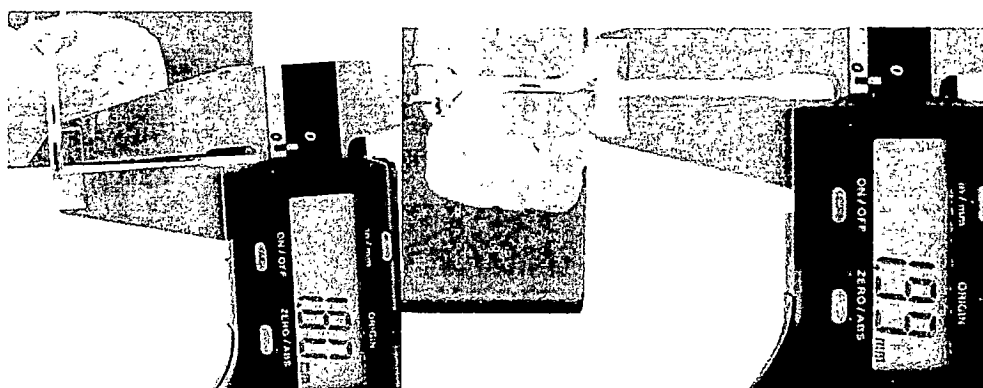
รายละเอียด					
รูปร่างอัญมณีเม็ดยอด		ขนาด อัญมณีเม็ดล้อม	จำนวนชั้นของการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม		หมายเหตุ
Round	Cushion		Layer One	Layer Two	
-	3.50	1.10	-	/	-
ขนาดก่อนผลิต			ขนาดหลังผลิต		
					



รูปที่ 4.5 แสดงตัวอย่างการวัดขนาดส่วนของหัวแวนหรือหน้าแวน



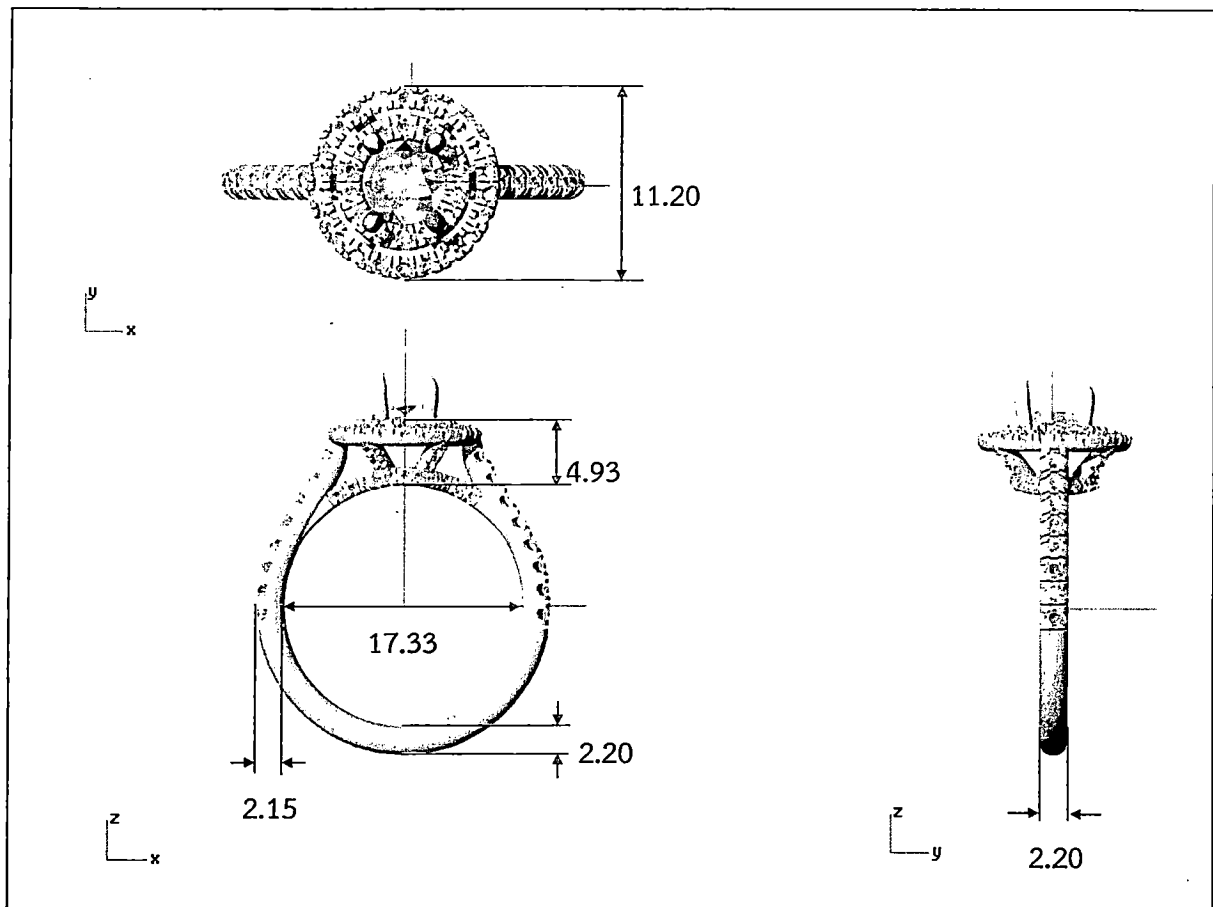
รูปที่ 4.6 แสดงตัวอย่างการวัดขนาดส่วนของป่าแวน



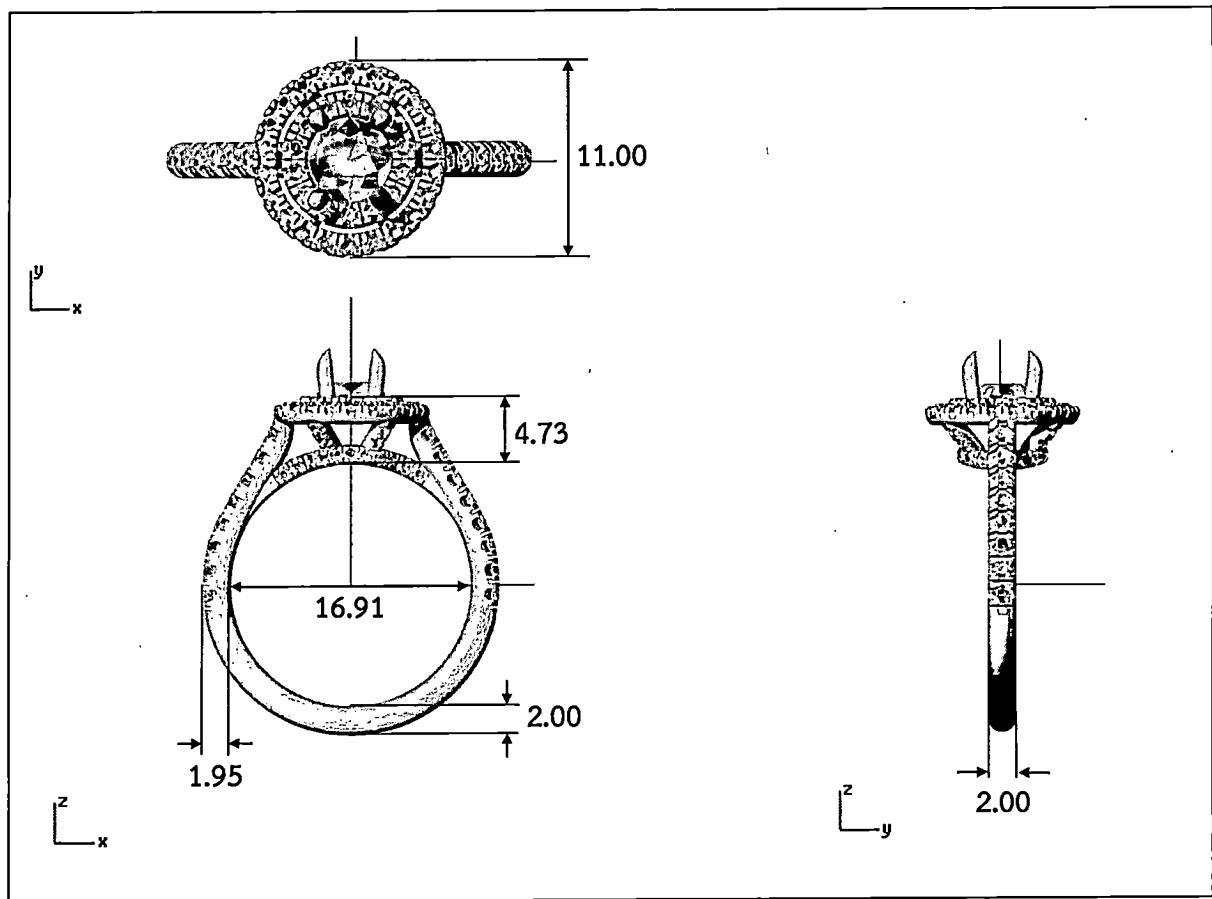
รูปที่ 4.7 แสดงตัวอย่างการวัดขนาดส่วนของก้านแวน

จากการทดลองพบว่า ในการตรวจวัดขนาดของชิ้นงานเครื่องประดับแหวนที่ได้ทำการศึกษาในแผ่นขึ้นแว็กซ์และแผ่นหล่อเกิดการหดตัวของชิ้นงานโดยเฉลี่ยตามแนวแกน X, Y และ Z รวมประมาณ 0.10 มิลลิเมตร ส่วนแผ่นตกแต่งและแผ่นกัด เกิดการสูญเสียเนื้อโลหะตามแนวแกน X, Y และ Z รวมประมาณ 0.10 มิลลิเมตร ดังนั้น เมื่อพิจารณารวมทั้งหมดสี่แผ่น จึงมีค่าการหดตัว/สูญเสียของโลหะรวมเท่ากับ 0.20 มิลลิเมตร ส่วนขนาดของวงแหวนเกิดการหดตัวของชิ้นงานด้วยเช่นกัน

ดังนั้น ถ้าต้องการชิ้นงานสำเร็จ ที่มีขนาดดังแสดงในตัวอย่างในรูปที่ 4.9 ต้องเพิ่มค่าความเผื่อขนาดของชิ้นงานตามแนวแกน X, Y และ Z โดยมีค่าความเผื่อ +0.2 มิลลิเมตร และในส่วนของขนาดของวงแหวน ทางบริษัทได้รับคำสั่งซื้อโดยใช้มาตรฐานของ US กับของ Japan โดยค่าเผื่อของแต่ละมาตรฐานจะไม่เท่ากัน ซึ่งค่าเผื่อมาตรฐานของ US มีค่าเผื่อประมาณครึ่งเบอร์ ตัวอย่างเช่น ถ้าคำสั่งซื้อขนาดชิ้นงานสำเร็จเป็นเบอร์ 6.5 ต้องทำการเผื่อขนาดชิ้นงานโมเดลสามมิติให้มีขนาดเป็นเบอร์ 7.0 และค่าเผื่อมาตรฐานของ Japan มีค่าเผื่อประมาณหนึ่งเบอร์ ตัวอย่างเช่น ถ้าคำสั่งซื้อขนาดชิ้นงานสำเร็จเป็นเบอร์ 6 ต้องทำการเผื่อขนาดชิ้นงานโมเดลสามมิติให้มีขนาดเป็นเบอร์ 7 โดยแสดงค่าเผื่อดังรูปที่ 4.8 โดยจะใช้ค่าเผื่อขนาดดังที่ได้อธิบายมาข้างต้นในการพัฒนาระบบออกแบบอัตโนมัติในโครงการวิจัยนี้



รูปที่ 4.8 แสดงตัวอย่างการเผื่อขนาดของชิ้นงาน



รูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างขนาดชิ้นงานสำเร็จ

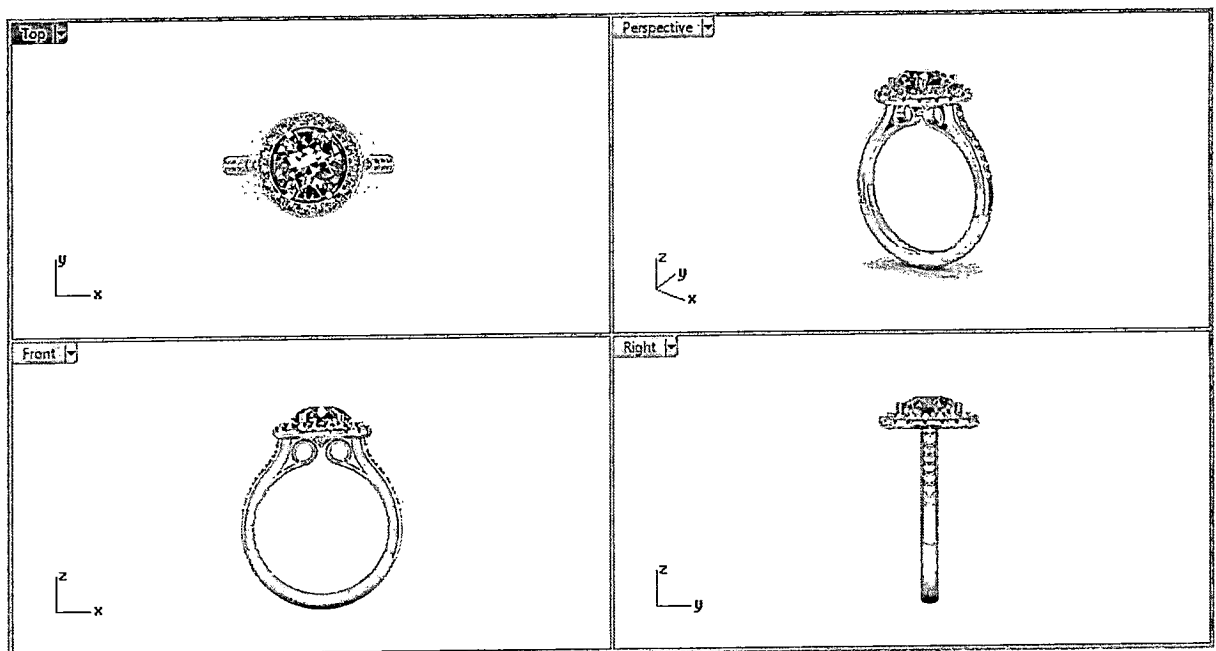
4.5 ผลการพัฒนาโมดูลที่ 1 โมดูลช่วยสร้างตัวเรือนเครื่องประดับแหวนพลอยและจัดเรียงพลอยแบบอัตโนมัติ

โมดูลนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยในสร้างตัวเรือนแหวนและจัดเรียงอัญมณีบนหน้าแหวนแบบอัตโนมัติ ช่วยลดเวลาในกระบวนการสร้างตัวเรือน คัทเตอร์ อัญมณีเม็ดยอดและเม็ดล้อม และการฝังอัญมณีรูปแบบต่างๆ สามารถช่วยลดเวลาจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมบนหน้าแหวน และยังช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในเรื่องขนาดของอัญมณีเม็ดยอดและเม็ดล้อมและรูปร่างอัญมณี (Gemstone Cut) ของเม็ดยอด โดยการพัฒนโมดูลที่ 1 นี้ ได้ทำการออกแบบเครื่องประดับแหวนทั้งสิ้น 21 รูปทรง ซึ่งเป็นการศึกษาที่ได้ต่อยอดมาจากงานวิจัยที่คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษามาก่อน คือ โครงการพัฒนาโมดูลที่ใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยในการออกแบบเครื่องประดับแหวนสำหรับกลุ่มลูกค้าตลาดประเศจีน

4.5.1 ผลการศึกษาลักษณะรูปทรงและวิธีการวาดรูปทรงเครื่องประดับแหวน

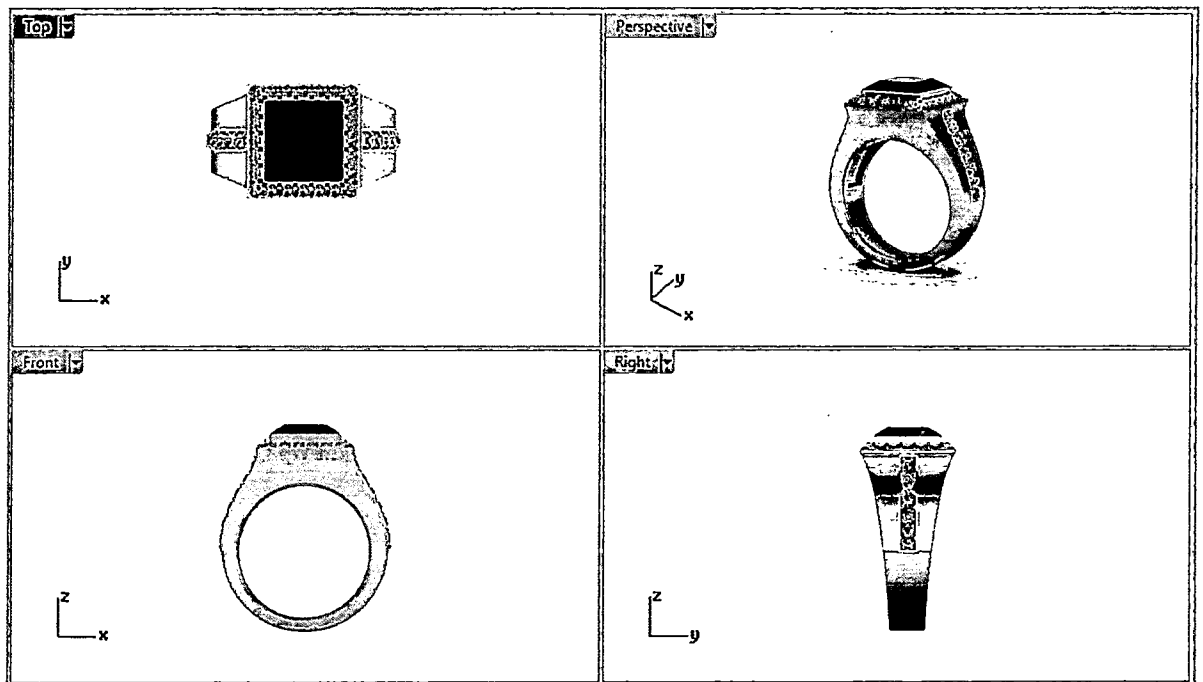
1.1) ผลการศึกษาลักษณะเครื่องประดับแหวนประเภทแหวนล้อมด้วยอัญมณีรูปทรงกลม (Round Cut) โดยรูปทรงเครื่องประดับแหวนที่ทำการศึกษาประกอบด้วยรูปทรงทั้งหมด 21 รูปทรง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1.1) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 1



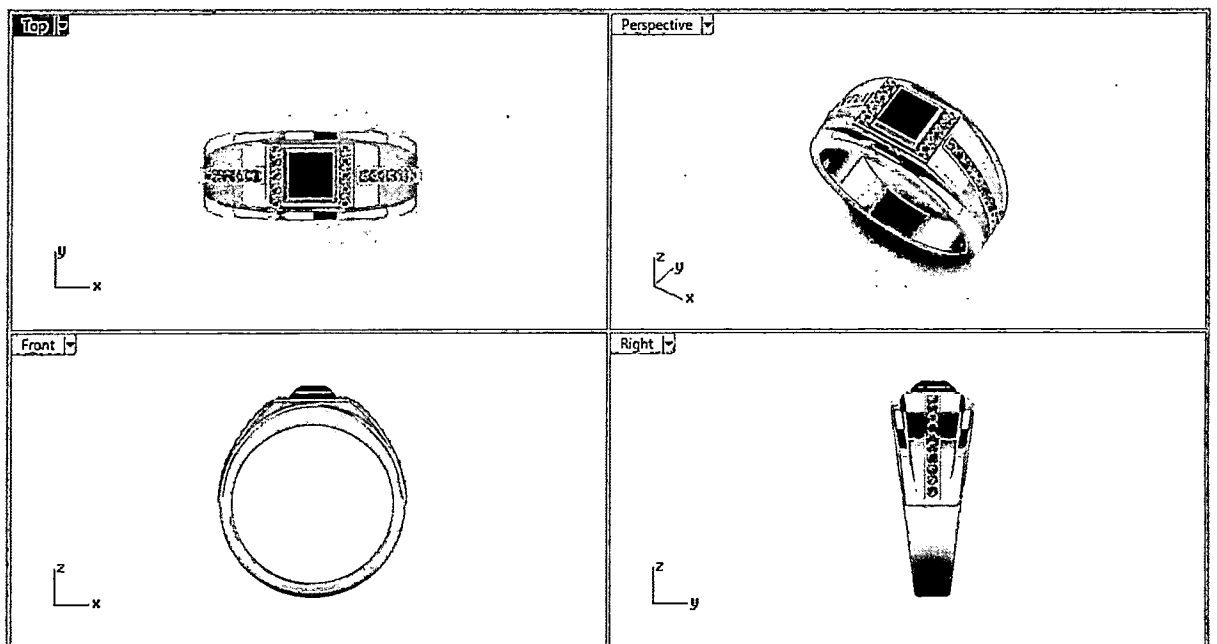
รูปที่ 4.10 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 1 สำหรับโมดูลที่ 1

1.1.2) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 2



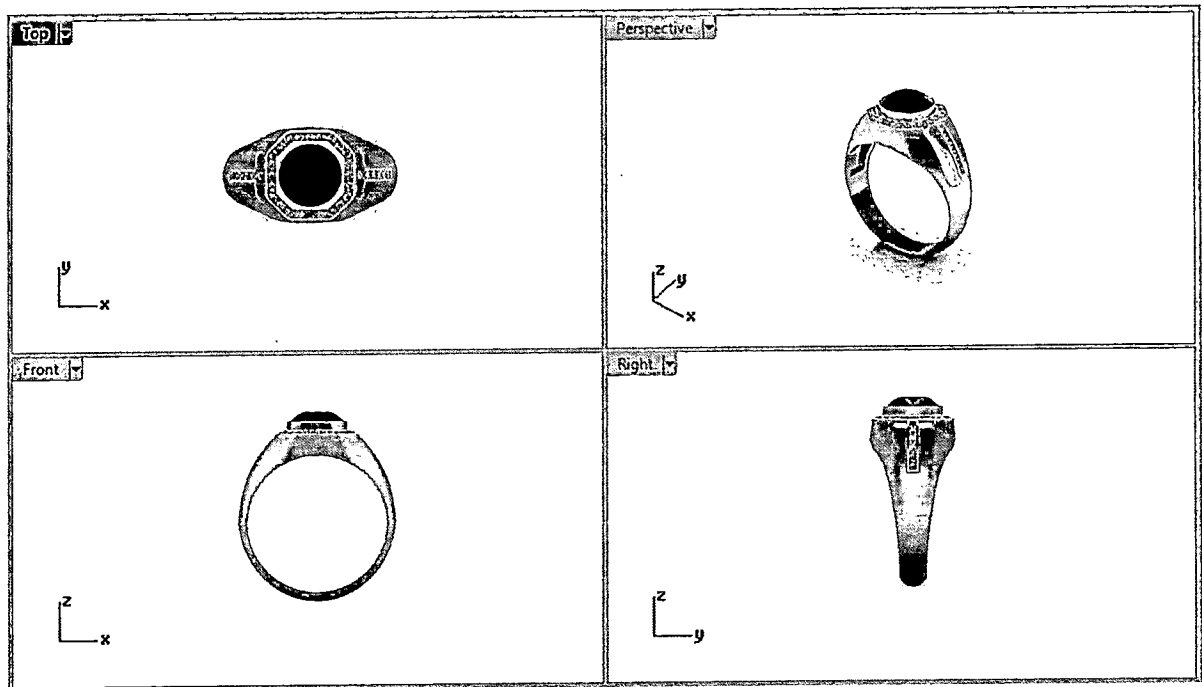
รูปที่ 4.11 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 2 สำหรับโมดูลที่ 1

1.1.3) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 3



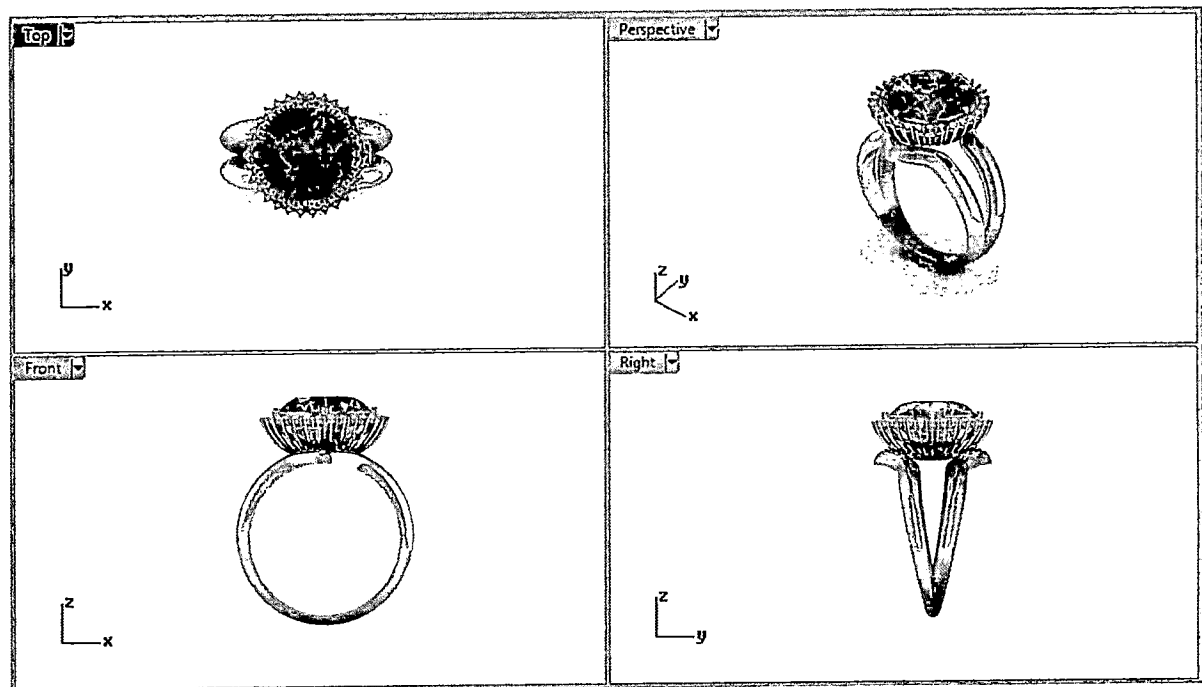
รูปที่ 4.12 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 3 สำหรับโมดูลที่ 1

1.1.4) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 4



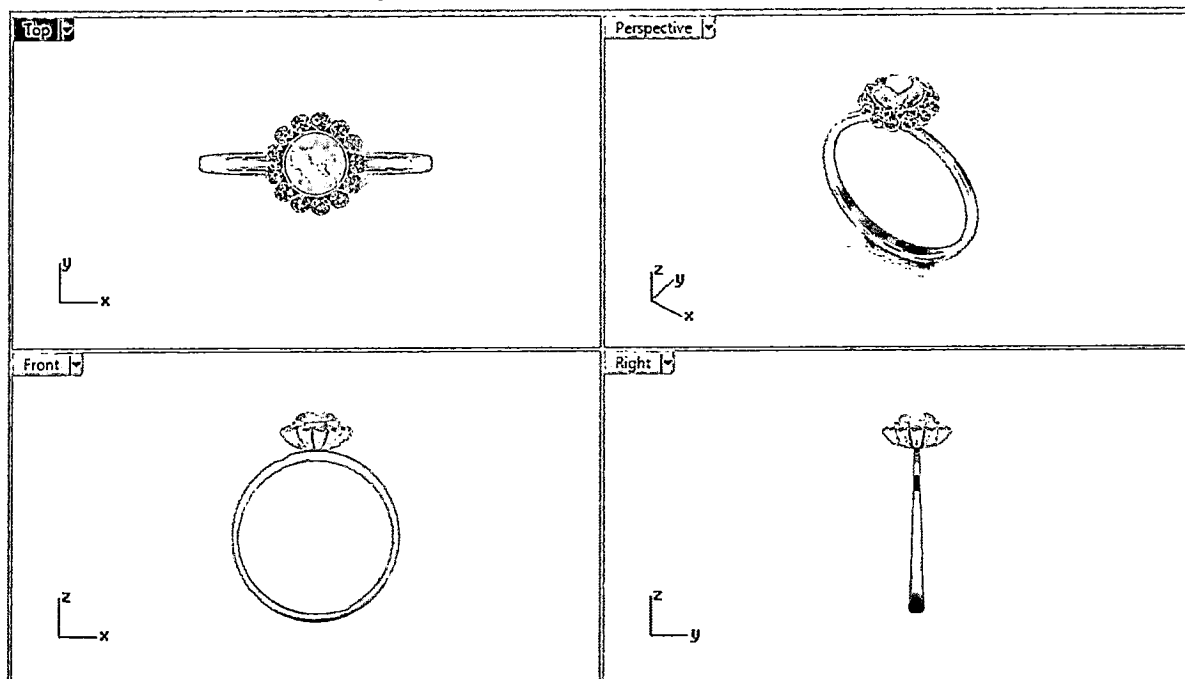
รูปที่ 4.13 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 4 สำหรับโมดูลที่ 1

1.1.5) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 5



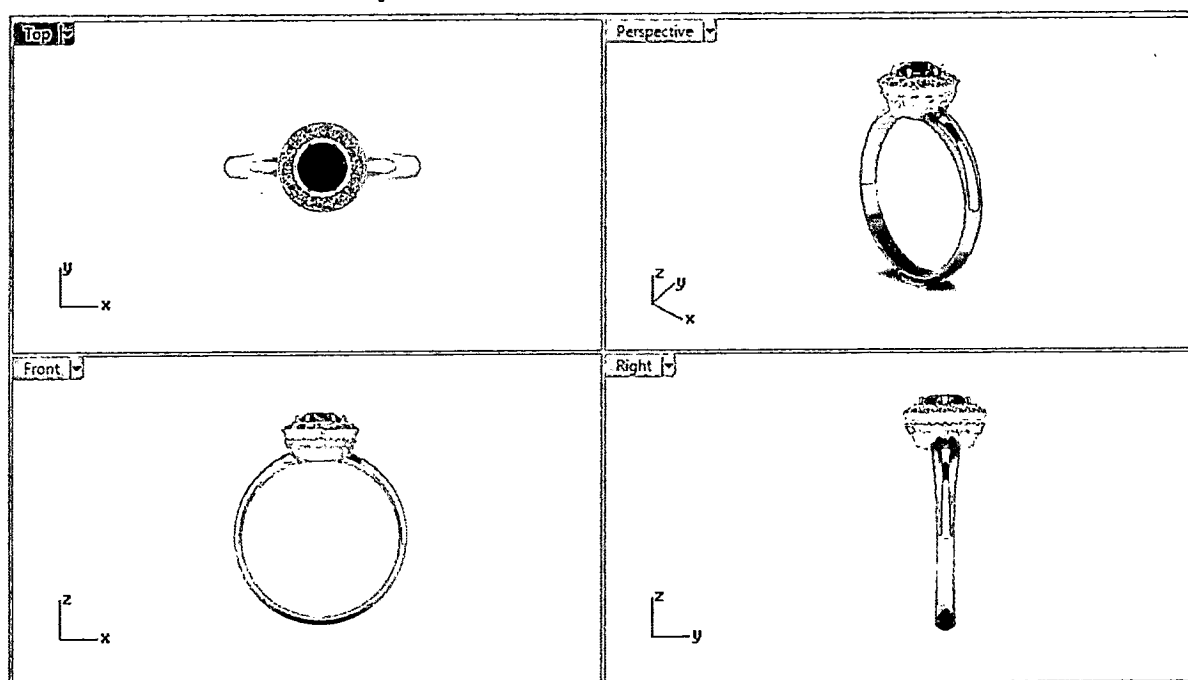
รูปที่ 4.14 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 5 สำหรับโมดูลที่ 1

1.1.6) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 6



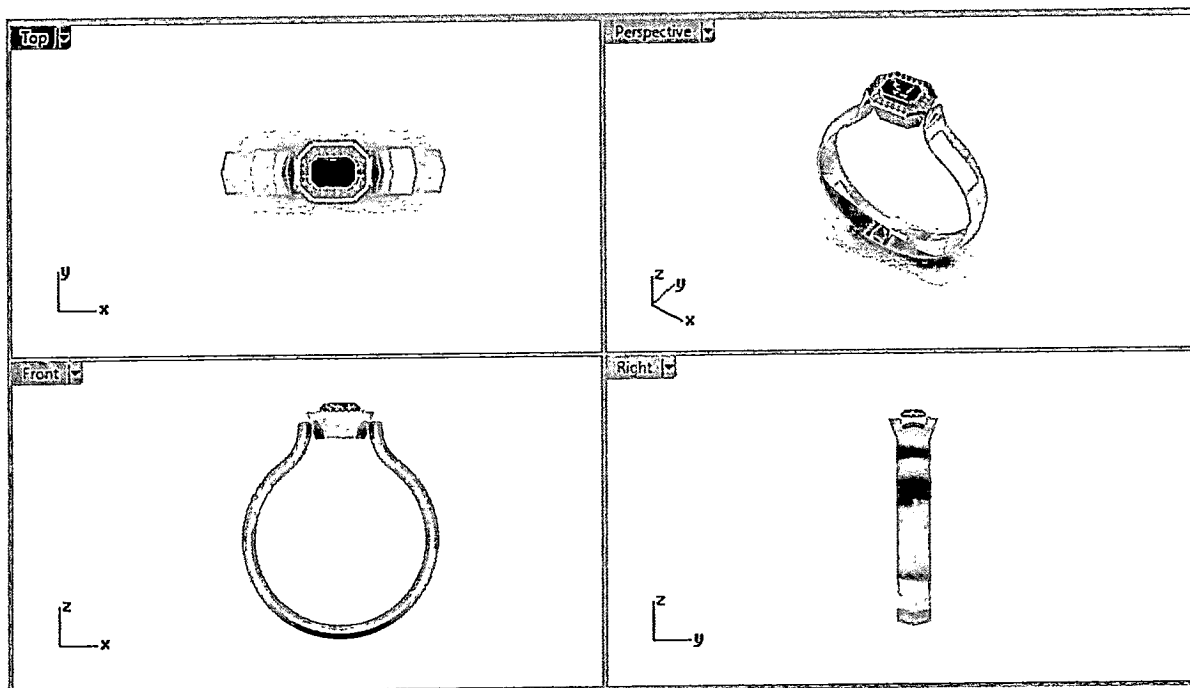
รูปที่ 4.15 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 6 สำหรับโมเดลที่ 1

1.1.7) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 7



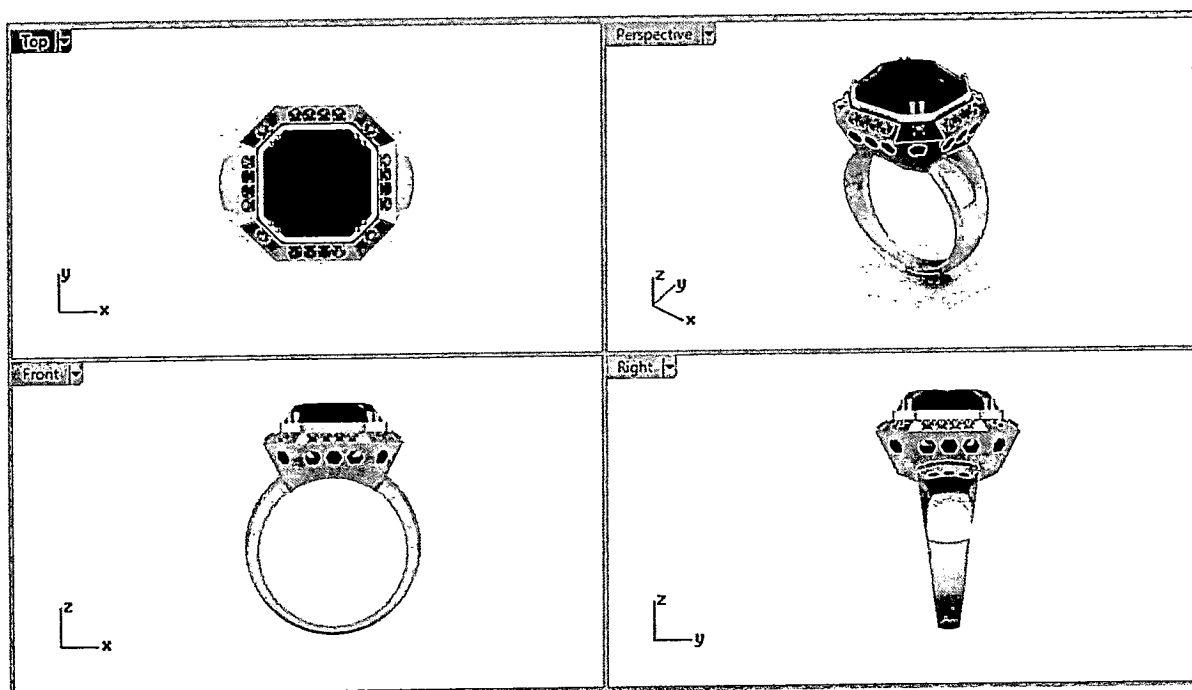
รูปที่ 4.16 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 7 สำหรับโมเดลที่ 1

1.1.8) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 8



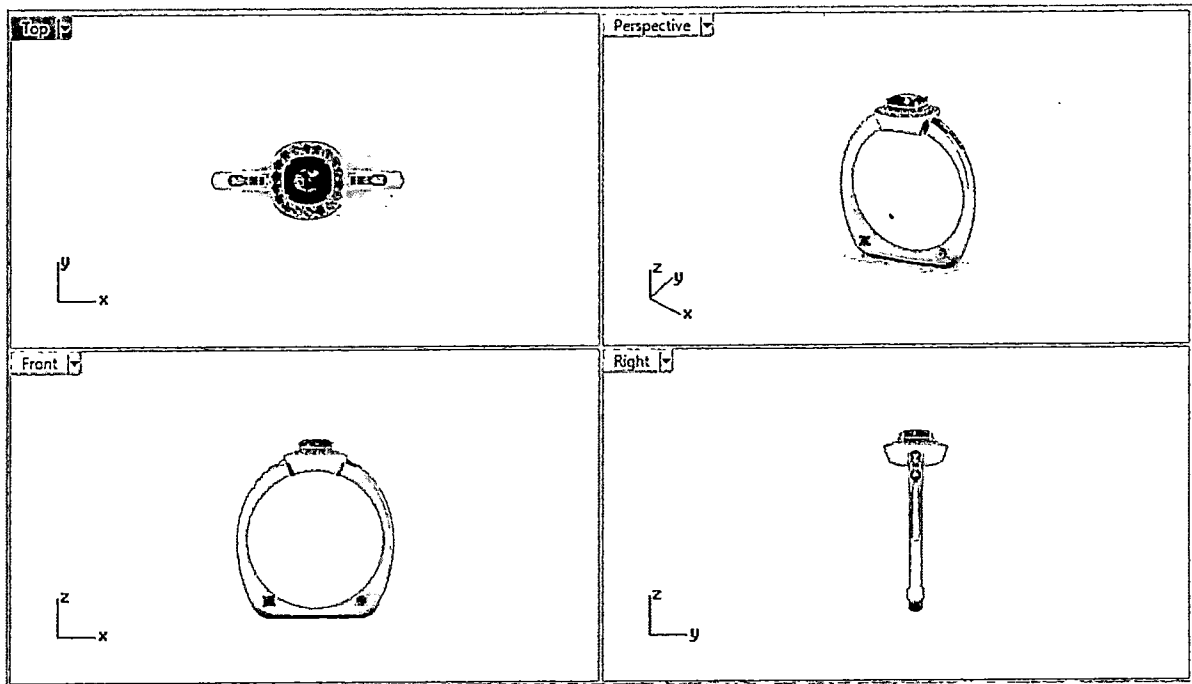
รูปที่ 4.17 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 8 สำหรับโมดูลที่ 1

1.1.9) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 9



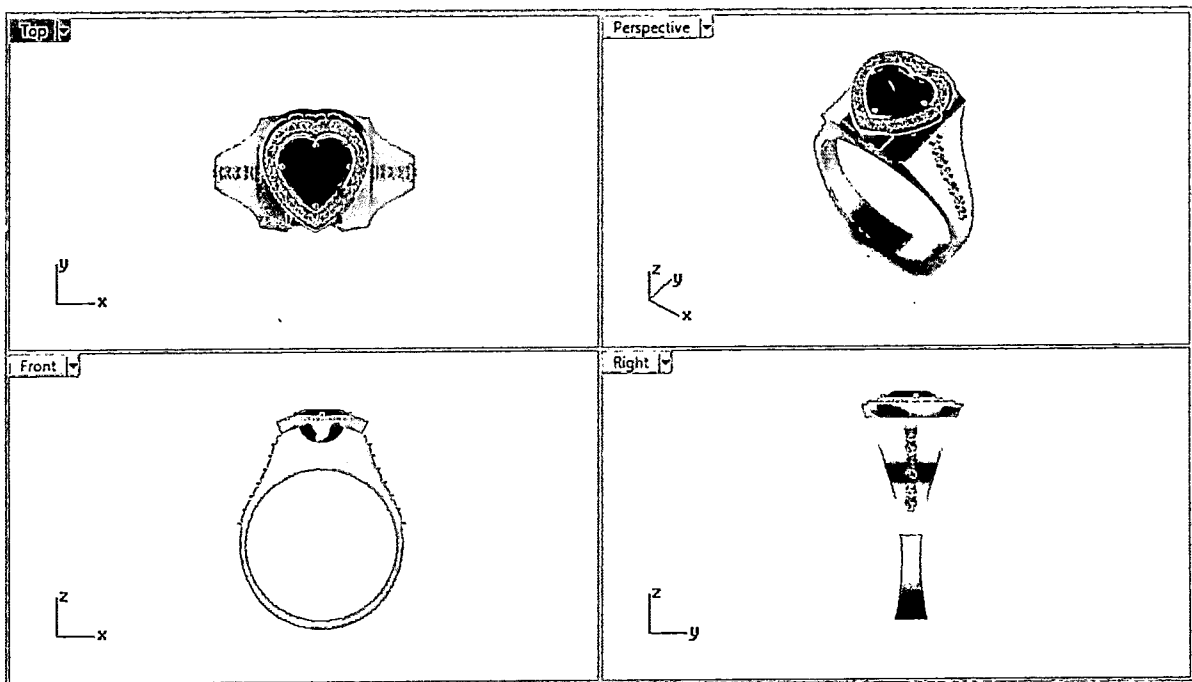
รูปที่ 4.18 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 9 สำหรับโมดูลที่ 1

1.1.10) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 10



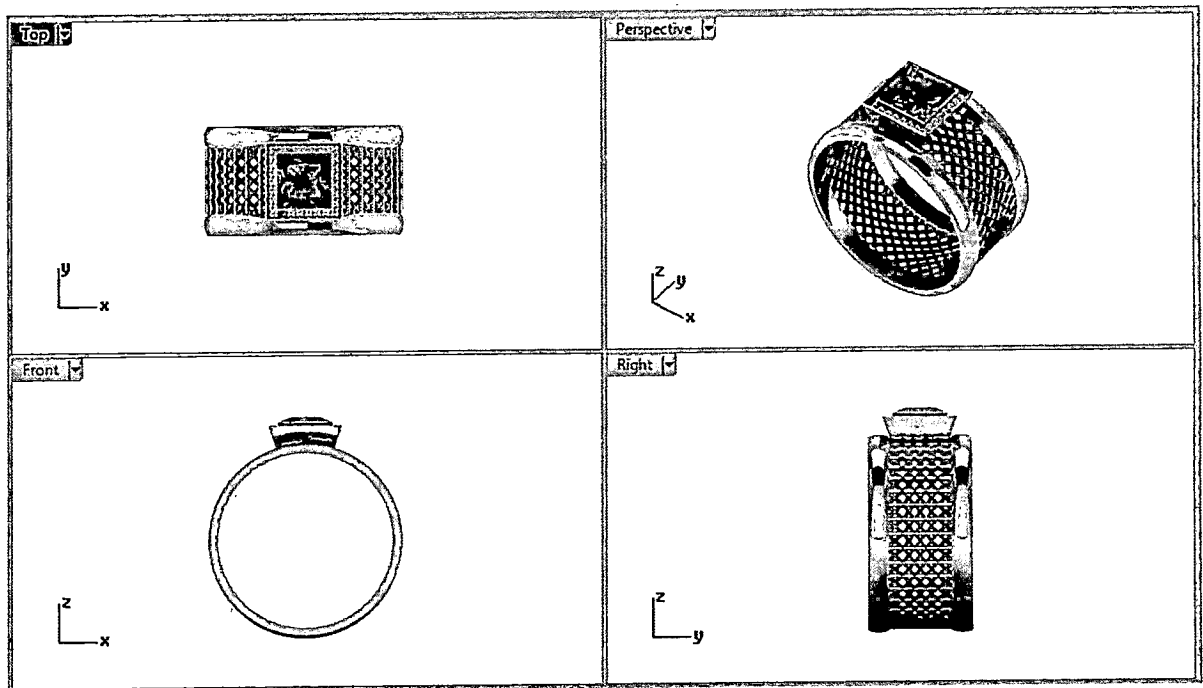
รูปที่ 4.19 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 10 สำหรับโมดูลที่ 1

1.1.11) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 11



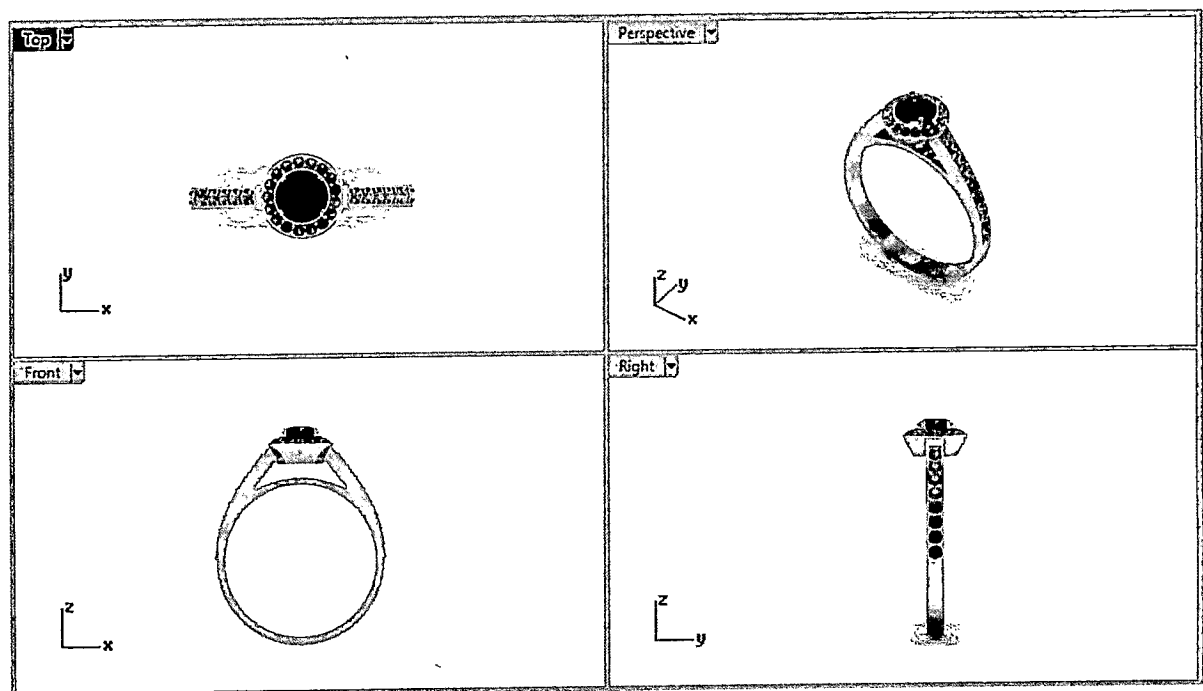
รูปที่ 4.20 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 11 สำหรับโมดูลที่ 1

1.1.12) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 12



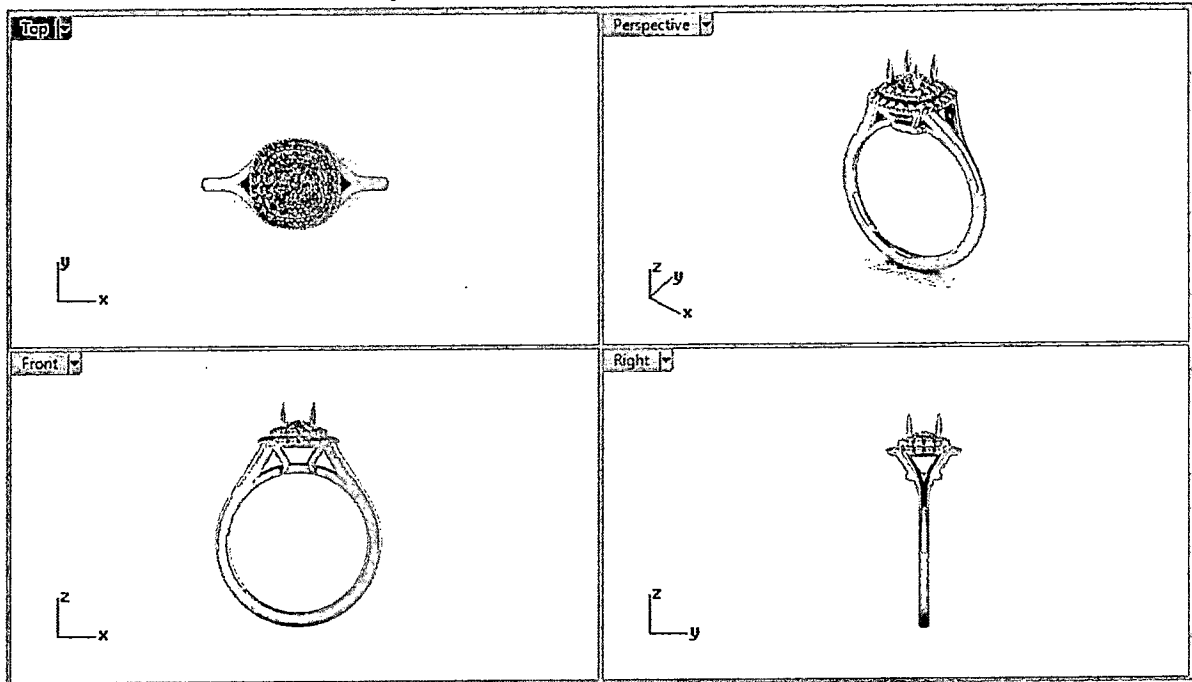
รูปที่ 4.21 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 12 สำหรับโมดูลที่ 1

1.1.13) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 13



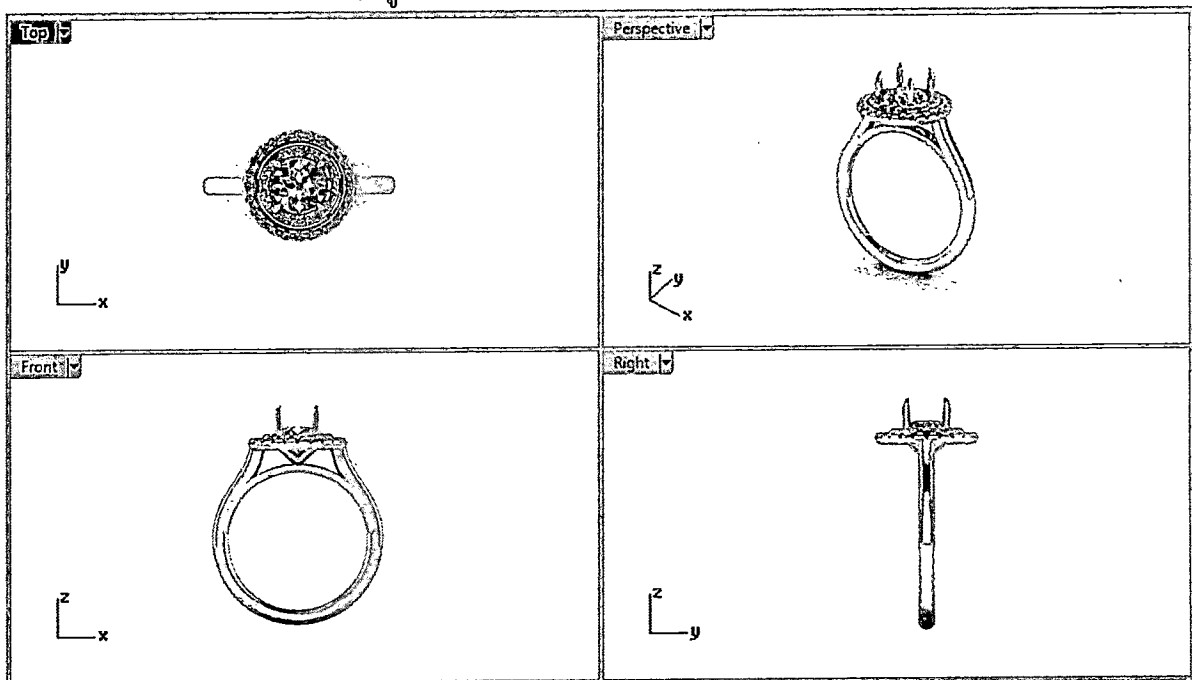
รูปที่ 4.22 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 13 สำหรับโมดูลที่ 1

1.1.14) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 14



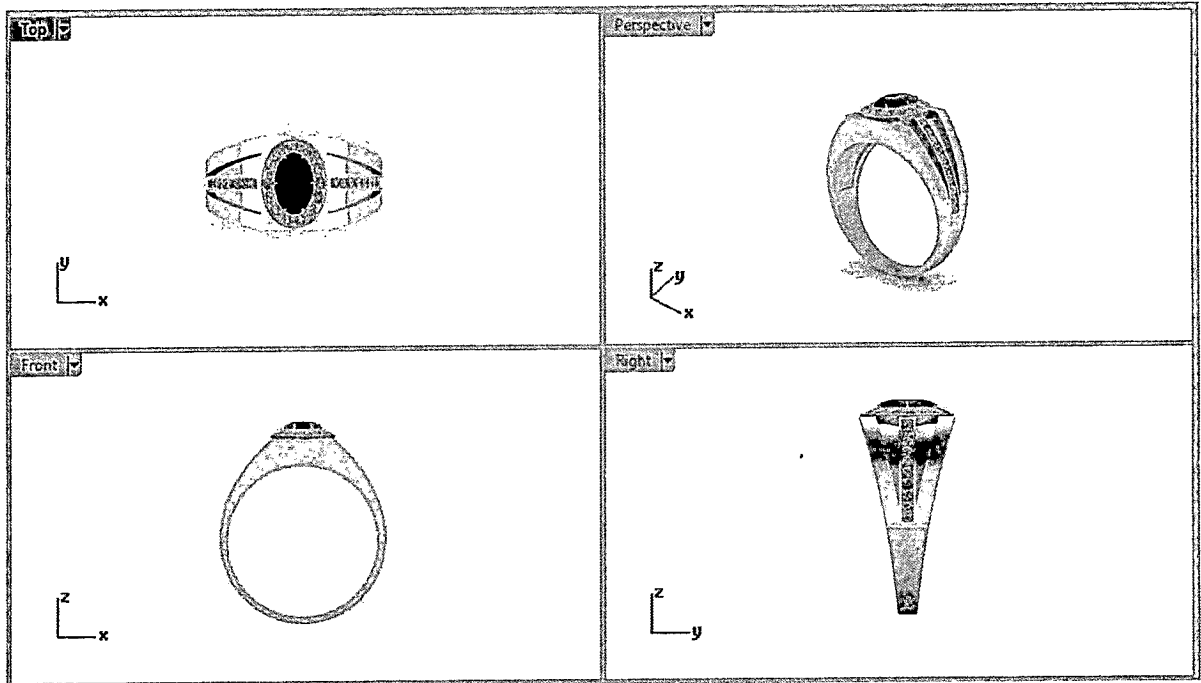
รูปที่ 4.23 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 14 สำหรับโมดูลที่ 1

1.1.15) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 15



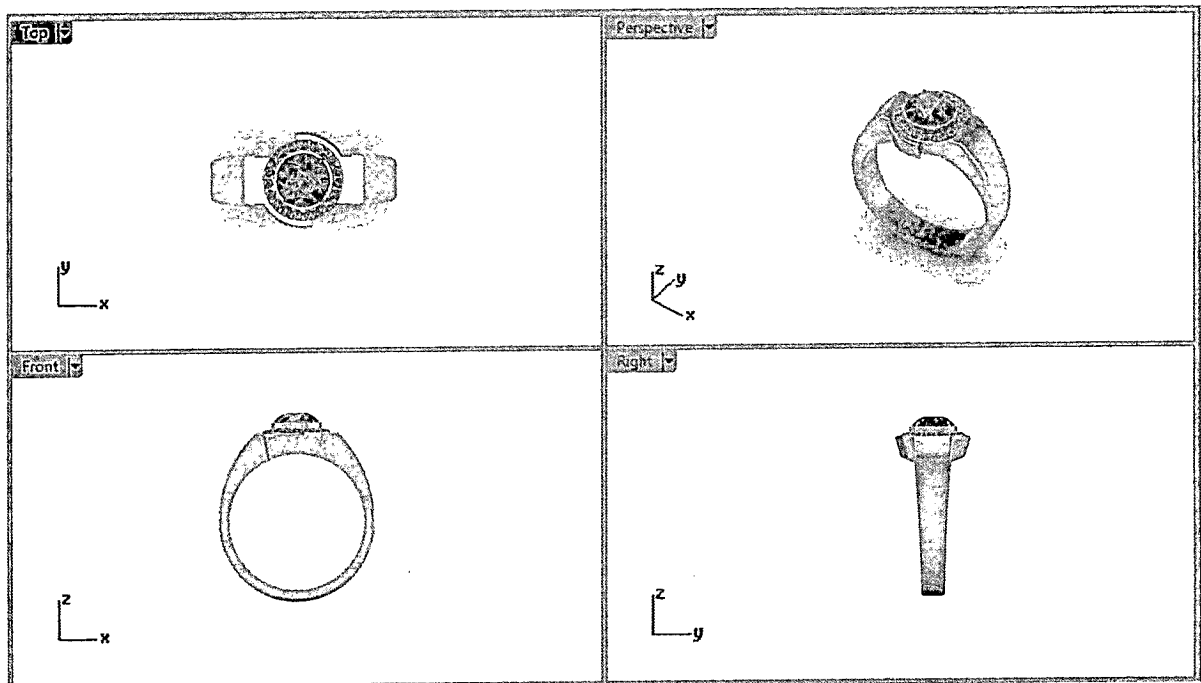
รูปที่ 4.24 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 15 สำหรับโมดูลที่ 1

1.1.16) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 16



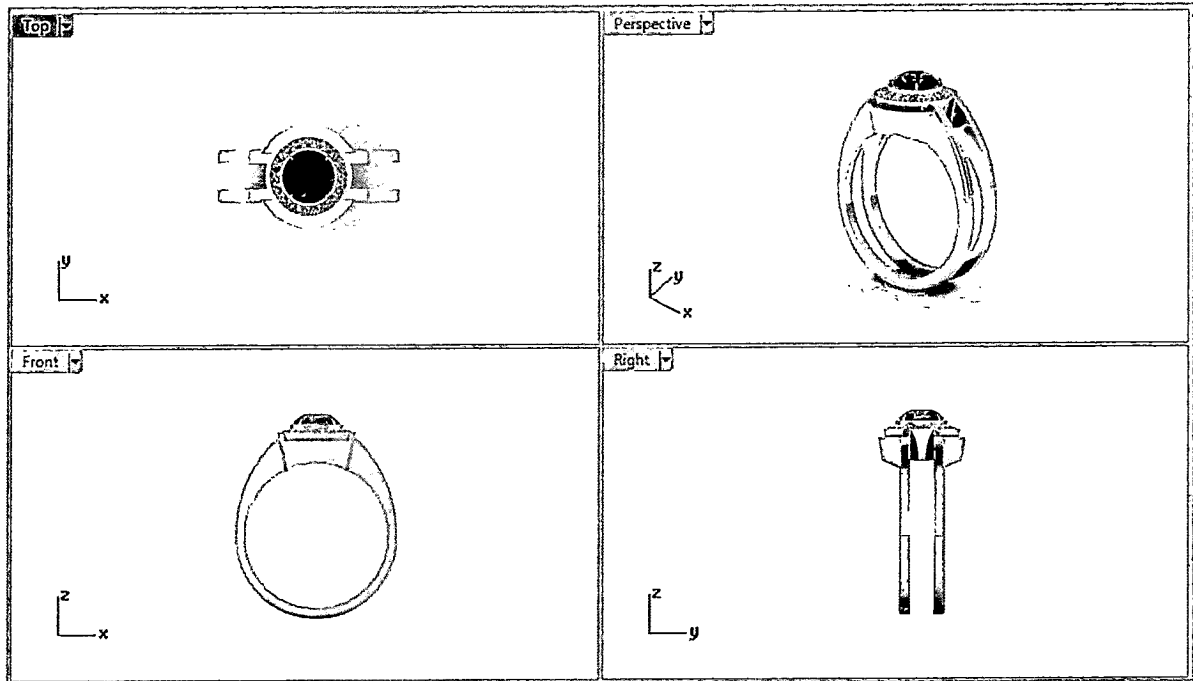
รูปที่ 4.25 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 16 สำหรับโมดูลที่ 1

1.1.17) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 17



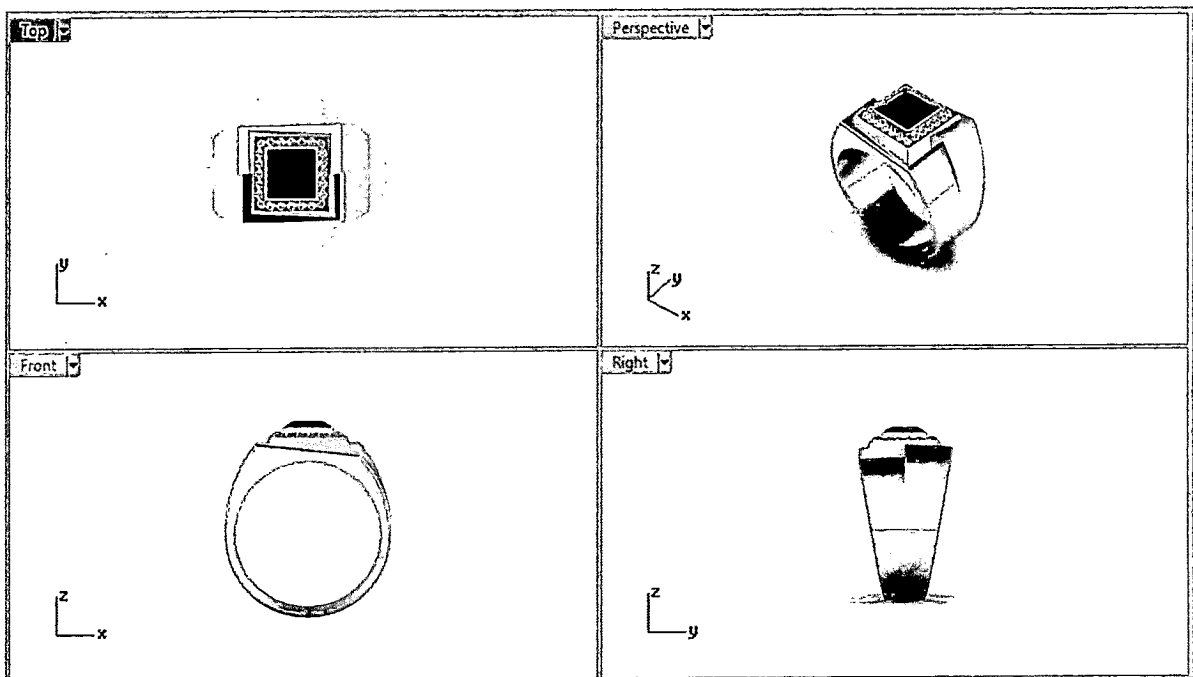
รูปที่ 4.26 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 17 สำหรับโมดูลที่ 1

1.1.18) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 18



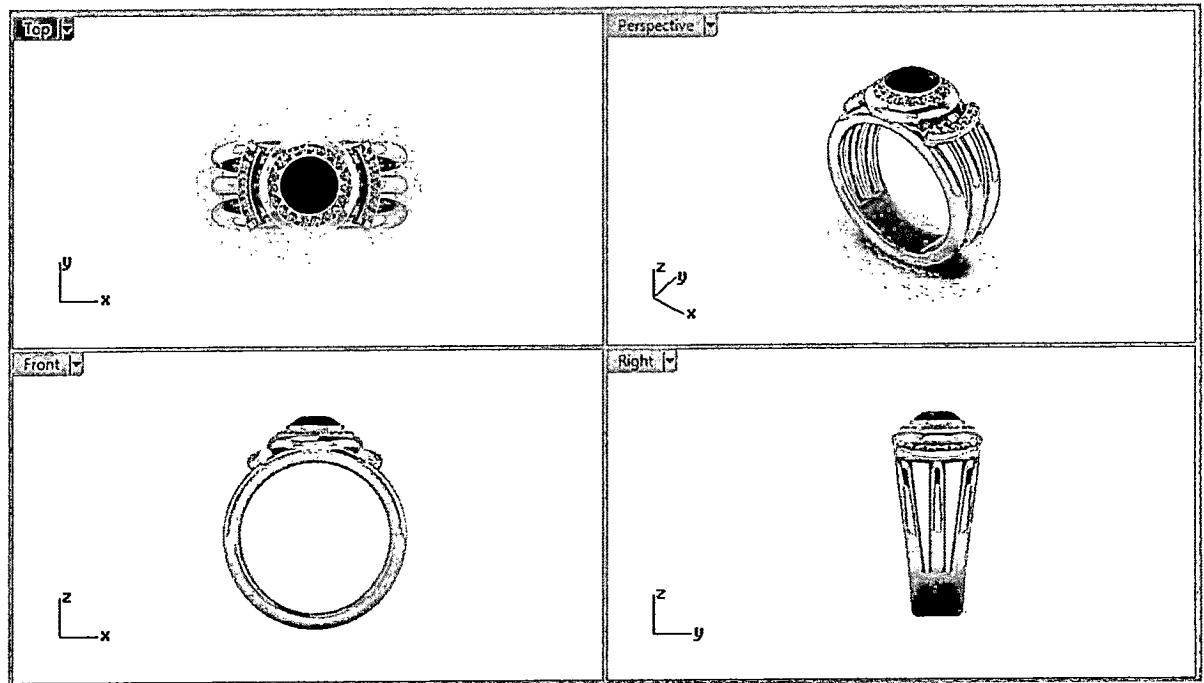
รูปที่ 4.27 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 18 สำหรับโมดูลที่ 1

1.1.19) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 19



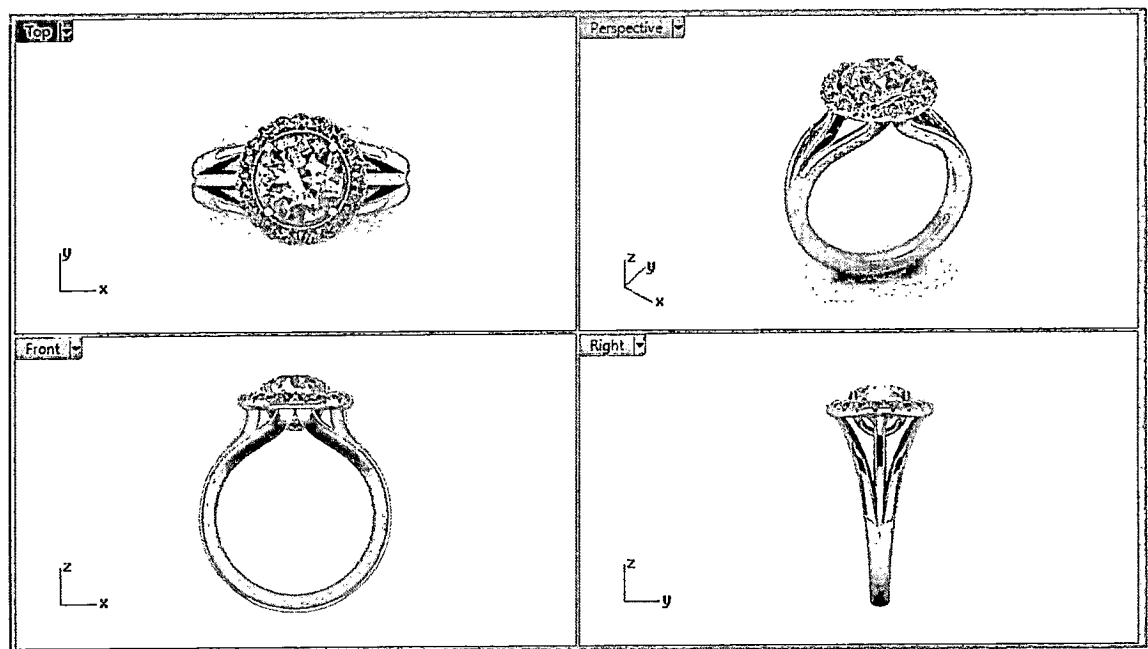
รูปที่ 4.28 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 19 สำหรับโมดูลที่ 1

1.1.20) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 20



รูปที่ 4.29 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 20 สำหรับโมเดลที่ 1

1.1.21) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 21



รูปที่ 4.30 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 21 สำหรับโมเดลที่ 1

1.2) ขั้นตอนการวาดเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 1 ประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ และรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 4.31

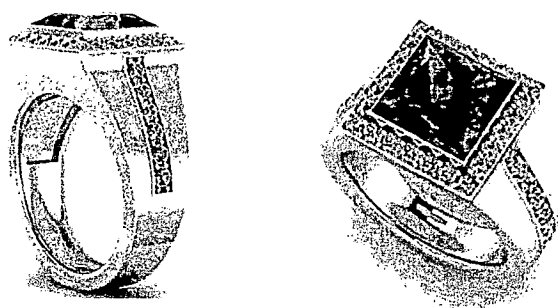
- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรูปร่างอัญมณีเม็ดยอดด้วยรูปร่างกลม (Round Cut)
- ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตำแหน่งอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 5 ทำการกำหนดตำแหน่งการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม และทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม จากนั้นทำการปรับองศาของอัญมณีเม็ดล้อม เพื่อให้เกิดความสวยงาม
- ขั้นตอนที่ 6 ทำการสร้างเส้นโครงร่างของกระเปาะตามรูปร่างของการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม และสร้างพื้นผิวของกระเปาะ
- ขั้นตอนที่ 7 ทำการสร้างหนามเตยเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอดและเม็ดล้อม และทำการเจาะเนื้อโลหะ เพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอดและเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 8 ทำการกำหนดขนาดของวงแหวนและสร้างเส้นโครงร่างของก้านแหวน และสร้างเส้นโครงร่างลวดลายประดับก้านแหวน จากนั้นสร้างหน้าตัดของก้านแหวนตามความต้องการของนักออกแบบ ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปโค้งมน แลทำการสร้างพื้นผิวของก้านแหวน
- ขั้นตอนที่ 9 ทำการประดับอัญมณีบริเวณก้านแหวนด้วยอัญมณีรูปร่างกลม จากนั้นทำการสร้างหนามเตยและเจาะเนื้อโลหะบริเวณก้านแหวน เพื่อใช้ฝังอัญมณี



รูปที่ 4.31 แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 1

1.3) ขั้นตอนการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 2 ประกอบด้วย 12 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ และรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 4.32

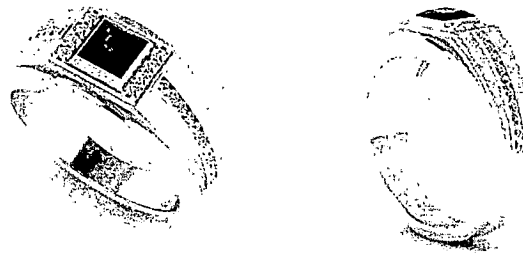
- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรูปร่างอัญมณีเม็ดยอด้วยรูปร่างปรีนเซส (Princess Cut)
- ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตำแหน่งอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 5 ทำการกำหนดตำแหน่งการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม และทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมจากนั้นทำการปรับองศาของอัญมณีเม็ดล้อม เพื่อให้เกิดความสวยงาม
- ขั้นตอนที่ 6 ทำการสร้างเส้นโครงร่างของกระเปาะตามรูปร่างอัญมณีเม็ดยอ และทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม จากนั้นสร้างพื้นผิวของกระเปาะ
- ขั้นตอนที่ 7 ทำการสร้างการฝังหุ้มอัญมณีเม็ดยอ และทำการเจาะเนื้อโลหะเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 8 ทำการสร้างหนามเตยเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดล้อม และทำการเจาะเนื้อโลหะเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 9 ทำการกำหนดขนาดของวงแหวนและสร้างเส้นโครงร่างทั้งหมด 5 เส้นโครงร่าง เพื่อใช้ในการกำหนดขอบเขตของตัวเรือนแหวน และทำการสร้างพื้นผิวของตัวเรือน
- ขั้นตอนที่ 10 สร้างพื้นผิวทรงกระบอกตามขนาดของวงแหวนที่กำหนดไว้ เพื่อใช้ในการตัดเนื้อโลหะของตัวเรือนแหวน
- ขั้นตอนที่ 11 ทำการประดับอัญมณีบริเวณก้านแหวนด้วยอัญมณีรูปร่างสี่เหลี่ยม จากนั้นทำการสร้างหนามเตยและเจาะเนื้อโลหะบริเวณก้านแหวน เพื่อใช้ฝังอัญมณี
- ขั้นตอนที่ 12 ทำการจัดเรียงอัญมณีประดับบริเวณก้านแหวนทั้งสองข้าง และทำการสร้างการฝังแบบล็อก เพื่อใช้ในการฝังอัญมณีประดับก้านแหวน



รูปที่ 4.32 แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 2

1.4) ขั้นตอนการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 3 ประกอบด้วย 10 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ และรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 4.33

- ขั้นตอนที่ 1 เลือกรูปร่างอัญมณีเม็ดยอตรูปร่างปรีนเซส (Princess Cut)
- ขั้นตอนที่ 2 เลือกขนาดของอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 3 เลือกขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตำแหน่งอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 5 ทำการสร้างเส้นโครงร่างขอบเขตของตัวเรือนแหวน
- ขั้นตอนที่ 6 ทำการสร้างพื้นผิวของตัวเรือนแหวน
- ขั้นตอนที่ 7 ทำการกำหนดตำแหน่งและจัดวางอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 8 ทำการสร้างการฝังหุ้มและเจาะเนื้อโลหะเพื่อใช้ยึดอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 9 ทำการกำหนดขอบเขตของการจัดเรียงอัญมณีลักษณะแถวทั้งสองด้าน จากนั้นทำการสร้างหนามเตยและจัดเรียง และทำเจาะเนื้อโลหะบริเวณตัวเรือน เพื่อใช้ในการประดับตัวเรือนแหวน
- ขั้นตอนที่ 10 ทำขอบเขตของการจัดเรียงอัญมณีบริเวณก้านแหวนทั้งสองด้าน และการสร้างการฝังแบบล็อก เพื่อใช้ในการยึดอัญมณี



รูปที่ 4.33 แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 3

1.5) ขั้นตอนการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 4 ประกอบด้วย 12 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ และรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 4 ดังแสดงในรูปที่ 4.34

- ขั้นตอนที่ 1 เลือกรูปร่างอัญมณีเม็ดยอตรูปร่างกลม (Round Cut)
- ขั้นตอนที่ 2 เลือกขนาดของอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 3 เลือกขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตำแหน่งและจัดวางอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 5 กำหนดขอบเขตและแนวทางการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปแปดเหลี่ยม
- ขั้นตอนที่ 6 ทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมและปรับองศาของอัญมณีเม็ดล้อม เพื่อให้เกิดความสวยงาม
- ขั้นตอนที่ 7 ทำการสร้างเส้นโครงร่างของตัวเรือน
- ขั้นตอนที่ 8 ทำการสร้างพื้นผิวของตัวเรือน

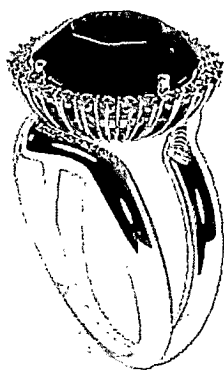
- ขั้นตอนที่ 9 ทำการสร้างการฝังแบบหุ้มเพื่อใช้ยึดอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 10 ทำการสร้างการฝังแบบล็อกเพื่อใช้ยึดอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 11 ทำการกำหนดขอบเขตของการจัดเรียงและทำการจัดเรียงอัญมณีบริเวณตัวเรือน เพื่อใช้ในการประดับตัวเรือนแหวน
- ขั้นตอนที่ 12 ทำการสร้างการฝังแบบล็อกเพื่อใช้ยึดอัญมณีสำหรับประดับตัวเรือนแหวน



รูปที่ 4.34 แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 4

1.6) ขั้นตอนการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 5 ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ และรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 5 ดังแสดงในรูปที่ 4.35

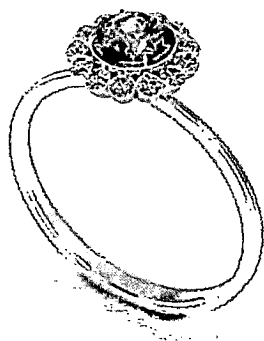
- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรูปร่างอัญมณีเม็ดยอดด้วยรูปร่างกลม (Round Cut)
- ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตำแหน่งอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 5 ทำการกำหนดตำแหน่งการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม และทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม จากนั้นทำการปรับองศาของอัญมณีเม็ดล้อม เพื่อให้เกิดความสวยงาม
- ขั้นตอนที่ 6 ทำการสร้างหนามเตยเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอดและเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 7 ทำการสร้างเส้นโครงร่างของก้านแหวนทั้งหมด 2 เส้นโค้ง จากนั้นสร้างหน้าตัดของก้านแหวนโดยให้มีลักษณะโค้งมนเพื่อให้ก้านแหวนเกิดความสวยงามมากยิ่งขึ้น
- ขั้นตอนที่ 8 ทำการสร้างพื้นผิวของก้านแหวน



รูปที่ 4.35 แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 5

1.7) ขั้นตอนการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 6 ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ และรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 6 ดังแสดงในรูปที่ 4.36

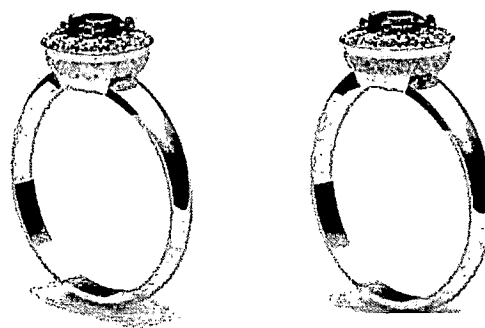
- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรูปร่างอัญมณีเม็ดยอดด้วยรูปร่างกลม (Round Cut)
- ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตำแหน่งอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 5 ทำการกำหนดตำแหน่งการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม และทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม จากนั้นทำการปรับองศาของอัญมณีเม็ดล้อม เพื่อให้เกิดความสวยงาม
- ขั้นตอนที่ 6 ทำการสร้างการฝังแบบหุ้มเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอดและเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 7 ทำการสร้างเส้นโครงร่างสำหรับก้านแหวน และทำการสร้างหน้าตัดของก้านแหวนเพื่อใช้กำหนดรูปทรงของก้านแหวน
- ขั้นตอนที่ 8 ทำการสร้างพื้นผิวของก้านแหวน



รูปที่ 4.36 แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 6

1.8) ขั้นตอนการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 7 ประกอบด้วย 11 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ และรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 7 ดังแสดงในรูปที่ 4.37

- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรูปร่างอัญมณีเม็ดยอดด้วยรูปร่างกลม (Round Cut)
- ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตำแหน่งอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 5 ทำการกำหนดตำแหน่งการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม และทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมจากนั้นทำการปรับองศาของอัญมณีเม็ดล้อม เพื่อให้เกิดความสวยงาม
- ขั้นตอนที่ 6 ทำการสร้างเส้นโครงร่างของหน้าแหวน
- ขั้นตอนที่ 7 ทำการสร้างพื้นผิวของหน้าแหวน
- ขั้นตอนที่ 8 ทำการสร้างหนามเตยและเจาะเนื้อโลหะเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอด และเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 9 ทำการจัดเรียงอัญมณี สร้างหนามเตย และเจาะเนื้อโลหะบริเวณรอบกระเปาะของหน้าแหวน เพื่อใช้ตกแต่งเครื่องประดับแหวน
- ขั้นตอนที่ 10 ทำการสร้างเส้นโครงร่างสำหรับก้านแหวน และทำการสร้างหน้าตัดของก้านแหวนเพื่อใช้กำหนดรูปทรงของก้านแหวน
- ขั้นตอนที่ 11 ทำการสร้างพื้นผิวของก้านแหวน

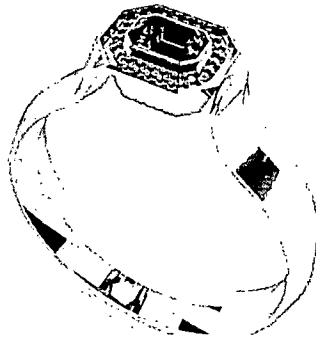


รูปที่ 4.37 แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 7

1.9) ขั้นตอนการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 8 ประกอบด้วย 10 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ และรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 8 ดังแสดงในรูปที่ 4.38

- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรูปร่างอัญมณีเม็ดยอดด้วยรูปร่างสี่เหลี่ยมมรกต (Emerald Cut)
- ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตำแหน่งอัญมณีเม็ดยอด

- ขั้นตอนที่ 5 ทำการสร้างเส้นโครงร่างของหน้าแหวน
- ขั้นตอนที่ 6 ทำการสร้างพื้นผิวของหน้าแหวน
- ขั้นตอนที่ 7 ทำการกำหนดตำแหน่งการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม และทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม จากนั้นทำการปรับองศาของอัญมณีเม็ดล้อม เพื่อให้เกิดความสวยงาม
- ขั้นตอนที่ 8 ทำการสร้างการฝังแบบหุ้มและเจาะเนื้อโลหะเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอดและสร้างหนามเตยและเจาะเนื้อโลหะเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 9 ทำการสร้างเส้นโครงร่างของก้านแหวน โดยการออกแบบให้เหมาะสมกับหน้าแหวน
- ขั้นตอนที่ 10 ทำการสร้างพื้นผิวของก้านแหวน



รูปที่ 4.38 แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 8

1.10) ขั้นตอนการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 9 ประกอบด้วย 10 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ และรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 9 ดังแสดงในรูปที่ 4.39

- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรูปร่างอัญมณีเม็ดยอดด้วยรูปร่างอาชเชอร์ (Asscher Cut)
- ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตำแหน่งอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 5 ทำการสร้างเส้นโครงร่างของหน้าแหวน
- ขั้นตอนที่ 6 ทำการสร้างพื้นผิวของหน้าแหวน
- ขั้นตอนที่ 7 ทำการกำหนดตำแหน่งการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม และทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม จากนั้นทำการปรับองศาของอัญมณีเม็ดล้อม เพื่อให้เกิดความสวยงาม
- ขั้นตอนที่ 8 ทำการสร้างหนามเตยและเจาะเนื้อโลหะเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอดและเม็ดล้อม

- ขั้นตอนที่ 9 ทำการสร้างเส้นโครงร่างของก้านแหวน โดยการออกแบบให้
เหมาะสมกับหน้าแหวน
- ขั้นตอนที่ 10 ทำการสร้างพื้นผิวของก้านแหวน



รูปที่ 4.39 แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 9

1.11) ขั้นตอนการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 10 ประกอบด้วย 11
ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ และรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 10 ดังแสดงในรูปที่ 4.40

- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรูปร่างอัญมณีเม็ดยอดด้วยรูปร่าง Cushion Cut)
- ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตำแหน่งอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 5 ทำการกำหนดตำแหน่งการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม และทำการ
จัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม จากนั้นทำการปรับองศาของอัญมณีเม็ด
ล้อม เพื่อให้เกิดความสวยงาม
- ขั้นตอนที่ 6 ทำการสร้างหมามเตยเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอดและเม็ด
ล้อม
- ขั้นตอนที่ 7 ทำการสร้างเส้นโครงร่างของหน้าแหวนหรือกระเปาะ จากนั้น
สร้างพื้นผิวของหน้าแหวนและทำการเจาะเนื้อโลหะสำหรับ
ฝังอัญมณีเม็ดยอดและเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 8 ทำการขนาดของวงแหวน และสร้างเส้นวงกลมให้มีขนาดเท่ากับ
ขนาดวงแหวน
- ขั้นตอนที่ 9 ทำการออกแบบและสร้างเส้นโครงร่างหน้าตัดของก้านแหวน
โดยมีรูปร่างตามความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งรูปร่างของหน้าตัด
มีลักษณะโค้งมน เพื่อให้ก้านแหวนเกิดความสวยงามมาก
ยิ่งขึ้น
- ขั้นตอนที่ 10 ทำการสร้างพื้นผิวของก้านแหวน

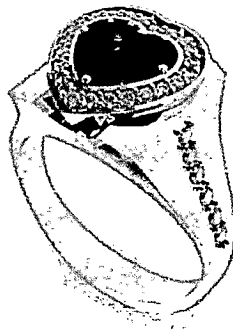
ขั้นตอนที่ 11 ทำการประดับอัญมณีและสร้างหนามเตยสำหรับฝังอัญมณี บริเวณก้านแหวนตามความต้องการของผู้ใช้งาน เพื่อให้เกิดความสวยงามมากขึ้น



รูปที่ 4.40 แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 10

1.12) ขั้นตอนการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 11 ประกอบด้วย 10 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ และรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 11 ดังแสดงในรูปที่ 4.41

- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรูปร่างอัญมณีเม็ดยอดด้วยรูปร่างหัวใจ (Heart Cut)
- ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตำแหน่งอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 5 ทำการกำหนดตำแหน่งการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม และทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม จากนั้นทำการปรับองศาของอัญมณีเม็ดล้อม เพื่อให้เกิดความสวยงาม
- ขั้นตอนที่ 6 ทำการสร้างเส้นโครงร่างของกระเปาะตามรูปร่างของการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม จากนั้นสร้างพื้นผิวของกระเปาะ
- ขั้นตอนที่ 7 ทำการสร้างหนามเตยเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอดและเม็ดล้อม และทำการเจาะเนื้อโลหะเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอดและเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 8 ทำการกำหนดขนาดของวงแหวนและสร้างเส้นโครงร่างของก้านแหวนตามขนาดของวงแหวน จากนั้นสร้างหน้าตัดของก้านแหวนตามความต้องการของนักออกแบบหรือสร้างให้รับกับหน้าแหวน โดยให้มีลักษณะโค้งมนเพื่อทำให้ก้านแหวนเกิดความสวยงามมากยิ่งขึ้น
- ขั้นตอนที่ 9 ทำการสร้างพื้นผิวของก้านแหวน
- ขั้นตอนที่ 10 ทำการประดับอัญมณี สร้างหนามเตยและทำการเจาะเนื้อโลหะบริเวณก้านแหวน

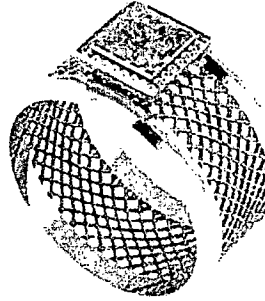


รูปที่ 4.41 แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 11

1.13) ขั้นตอนการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 12 ประกอบด้วย 10 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ และรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 12 ดังแสดงในรูปที่ 4.42

- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรูปร่างอัญมณีเม็ดยอด้วยรูปร่างปรีนเซส (Princess Cut)
- ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตำแหน่งอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 5 ทำการกำหนดตำแหน่งการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม และทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม จากนั้นทำการปรับองศาของอัญมณีเม็ดล้อม เพื่อให้เกิดความสวยงาม
- ขั้นตอนที่ 6 ทำการสร้างเส้นโครงร่างของกระเปาะตามรูปร่างของการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม จากนั้นสร้างพื้นผิวของกระเปาะ
- ขั้นตอนที่ 7 ทำการสร้างหนามเตยเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอและเม็ดล้อม และทำการเจาะเนื้อโลหะเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอและเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 8 ทำการกำหนดขนาดของวงแหวนและสร้างเส้นโครงร่างของก้านแหวนตามขนาดของวงแหวนทั้งหมด 2 ก้าน จากนั้นสร้างหน้าตัดของก้านแหวนตามความต้องการของนักออกแบบ จากตัวอย่างรูปแบบที่ 12 ลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมและทำการลบมุมทั้ง 4 มุม เพื่อลบความแหลมคมของวงแหวน
- ขั้นตอนที่ 9 ทำการประดับอัญมณีบริเวณก้านแหวนด้วยอัญมณีรูปร่างสี่เหลี่ยม จากนั้นทำการสร้างหนามเตยและเจาะเนื้อโลหะบริเวณก้านแหวน เพื่อใช้ฝังอัญมณี
- ขั้นตอนที่ 10 ทำการสร้างลวดลายตรงกลางระหว่างก้านแหวนทั้ง 2 ก้าน โดยทำการสร้างเส้นโค้งของลวดลายตามความต้องการของนักออกแบบ จากนั้นสร้างหน้าตัดของลวดลายให้มีลักษณะกลมตรง

ปลายเส้นโค้งทั้ง 2 ด้าน จากนั้นสร้างพื้นผิวจากเส้นโค้งของ
ลาวตลายและหน้าตัดทั้ง 2 ด้าน และทำการจัดเรียงพื้นผิวของ
ลาวตลายล้อมรอบตามแนวเส้นโครงร่างของวงแหวน



รูปที่ 4.42 แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 12

1.14) ขั้นตอนการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 13 ประกอบด้วย 10
ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ และรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 13 ดังแสดงในรูปที่ 4.43

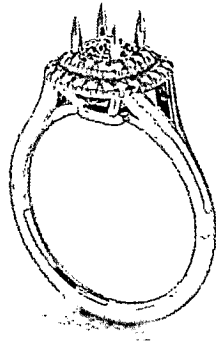
- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรูปร่างอัญมณีเม็ดยอด้วยรูปร่างกลม (Round Cut)
- ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตำแหน่งอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 5 ทำการกำหนดตำแหน่งการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม และทำ การจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม จากนั้นทำการปรับองศาของอัญมณีเม็ดล้อม เพื่อให้เกิดความสวยงาม
- ขั้นตอนที่ 6 ทำการสร้างเส้นโครงร่างของกระเปาะตามรูปร่างของการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม จากนั้นสร้างพื้นผิวของกระเปาะ
- ขั้นตอนที่ 7 ทำการสร้างหนามเตยเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอและเม็ดล้อม และทำการเจาะเนื้อโลหะเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอและเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 8 ทำการกำหนดขนาดของวงแหวนและสร้างเส้นโครงร่างของก้านแหวน ให้มีลักษณะชูหน้าแหวน จากนั้นสร้างหน้าตัดของก้านแหวนโดยให้มีลักษณะรูปสี่เหลี่ยมและทำการลบมุมให้มีลักษณะโค้งมนเพื่อทำให้ก้านแหวนเกิดความสวยงามมากยิ่งขึ้น
- ขั้นตอนที่ 9 ทำการสร้างพื้นผิวของก้านแหวน โดยใช้เส้นโครงร่างและหน้าตัด
- ขั้นตอนที่ 10 ทำการประดับอัญมณีบริเวณด้านบนและด้านข้างของก้านแหวน และสร้างการฝังแบบล็อกด้วยวิธีการเจาะเนื้อโลหะ



รูปที่ 4.43 แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 13

1.15) ขั้นตอนการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 14 ประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ และรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 14 ดังแสดงในรูปที่ 4.44

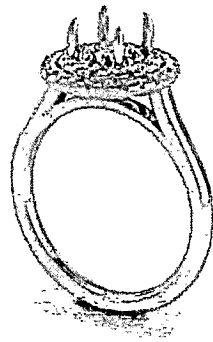
- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรูปร่างอัญมณีเม็ดยอด้วยรูปร่าง Cushion Cut
- ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตำแหน่งอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 5 ทำการกำหนดตำแหน่งการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม และทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม จากนั้นทำการปรับองศาของอัญมณีเม็ดล้อม เพื่อให้เกิดความสวยงาม
- ขั้นตอนที่ 6 ทำการสร้างเส้นโครงร่างตามการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม เพื่อใช้ในการสร้างหน้าแหวน หลังจากนั้นทำการสร้างพื้นผิวของหน้าแหวน
- ขั้นตอนที่ 7 ทำการสร้างหนามเตยสำหรับอัญมณีเม็ดยอ และสร้างคัตเตอร์ทั้งหมด 4 ชิ้น เพื่อใช้เจาะเนื้อโลหะบริเวณหน้าแหวน เพื่อใช้ในการยึดจับอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 8 ทำการกำหนดขนาดของวงแหวนและสร้างเส้นโครงร่างของวงแหวนตามขนาดของวงแหวนที่กำหนดไว้ และสร้างเส้นโครงร่างของก้านแหวนให้มีลักษณะรับกับหน้าแหวนทั้งหมด 2 ก้าน จากนั้นสร้างหน้าตัดเพื่อใช้ในการสร้างพื้นผิวของก้านแหวน
- ขั้นตอนที่ 9 ทำการสร้างพื้นผิวของก้านแหวน



รูปที่ 4.44 แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 14

1.16) ขั้นตอนการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 15 ประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ และรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 15 ดังแสดงในรูปที่ 4.45

- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรูปร่างอัญมณีเม็ดยอด้วยรูปร่างกลม (Round Cut)
- ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตำแหน่งอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 5 ทำการกำหนดตำแหน่งการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมตามรูปร่างของอัญมณีเม็ดยอ และทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม จากนั้นทำการปรับองศาของอัญมณีเม็ดล้อม เพื่อให้เกิดความสวยงาม
- ขั้นตอนที่ 6 ทำการสร้างเส้นโครงร่างตามการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม เพื่อใช้ในการสร้างหน้าแหวน หลังจากนั้นทำการสร้างพื้นผิวของหน้าแหวน
- ขั้นตอนที่ 7 ทำการสร้างหนามเตยสำหรับอัญมณีเม็ดยอ และสร้างคัตเตอร์ทั้งหมด 4 ชิ้น เพื่อใช้เจาะเนื้อโลหะบริเวณหน้าแหวน เพื่อใช้ในการยึดจับอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 8 ทำการกำหนดขนาดของวงแหวนและสร้างเส้นโครงร่างของวงแหวนตามขนาดของวงแหวนที่กำหนดไว้ และสร้างเส้นโครงร่างของก้านแหวนให้มีลักษณะรับกับหน้าแหวนจำนวน 1 ก้าน จากนั้นสร้างหน้าตัดเพื่อใช้ในการสร้างพื้นผิวของก้านแหวน
- ขั้นตอนที่ 9 ทำการสร้างพื้นผิวของก้านแหวน



รูปที่ 4.45 แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 15

1.17) ขั้นตอนการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 16 ประกอบด้วย 11 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ และรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 16 ดังแสดงในรูปที่ 4.46

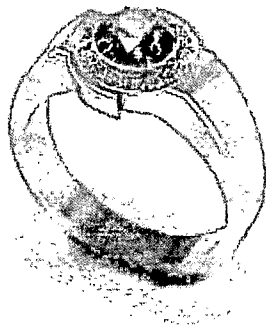
- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรูปร่างอัญมณีเม็ดยอด้วยรูปร่างวงรี (Oval Cut)
- ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตำแหน่งอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 5 ทำการกำหนดตำแหน่งการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมตามรูปร่างอัญมณีเม็ดยอ และทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม จากนั้นทำการปรับองศาของอัญมณีเม็ดล้อม เพื่อให้เกิดความสวยงาม
- ขั้นตอนที่ 6 ทำการสร้างเส้นโครงร่างตามการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมเพื่อใช้ในการสร้างหน้าแหวน หลังจากนั้นทำการสร้างพื้นผิวของกระเปาะ
- ขั้นตอนที่ 7 ทำการสร้างการฝังแบบหุ้มเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอ และการฝังแบบล็อกเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 8 ทำการกำหนดขนาดของวงแหวน และสร้างเส้นโครงร่างของวงแหวนตามขนาดที่กำหนดไว้ และทำการสร้างหน้าตัดของก้านแหวนมีลักษณะสี่เหลี่ยมโดยที่มุมทั้งสี่มีความมน
- ขั้นตอนที่ 9 ทำการสร้างพื้นผิวของก้านแหวนทั้งหมด 3 ก้าน ด้วยเส้นโครงร่างและหน้าตัดสี่เหลี่ยม
- ขั้นตอนที่ 10 ทำการสร้างร่องบริเวณก้านแหวนเพื่อให้เกิดความสวยงาม
- ขั้นตอนที่ 11 ทำการประดับอัญมณีบริเวณก้านแหวน และทำการสร้างการฝังอัญมณีแบบล็อกเพื่อใช้ในการยึดอัญมณี



รูปที่ 4.46 แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 16

1.18) ขั้นตอนการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 17 ประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ และรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 17 ดังแสดงในรูปที่ 4.47

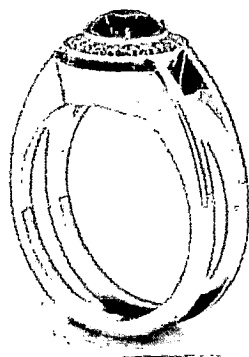
- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรูปร่างอัญมณีเม็ดยอด้วยรูปร่างกลม (Round Cut)
- ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตำแหน่งอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 5 ทำการกำหนดตำแหน่งการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม และทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม จากนั้นทำการปรับองศาของอัญมณีเม็ดล้อม เพื่อให้เกิดความสวยงาม
- ขั้นตอนที่ 6 ทำการสร้างเส้นโครงร่างตามการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมเพื่อใช้ในการสร้างหน้าแหวน หลังจากนั้นทำการสร้างพื้นผิวของกระเปาะ
- ขั้นตอนที่ 7 ทำการสร้างการฝังแบบหุ้มเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอ และการฝังแบบล็อกเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 8 ทำการกำหนดขนาดของวงแหวนและสร้างเส้นโครงร่างของก้านแหวนตามขนาดของวงแหวนที่กำหนดไว้ จากนั้นสร้างหน้าตัดของก้านแหวนตามความต้องการของนักออกแบบ โดยที่หน้าตัดมีลักษณะโค้งมนเพื่อให้ก้านแหวนเกิดความสวยงามมากยิ่งขึ้น
- ขั้นตอนที่ 9 ทำการสร้างพื้นผิวของก้านแหวน โดยสร้างจากเส้นโครงร่างและหน้าตัด



รูปที่ 4.47 แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 17

1.19) ขั้นตอนการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 18 ประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ และรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 18 ดังแสดงในรูปที่ 4.48

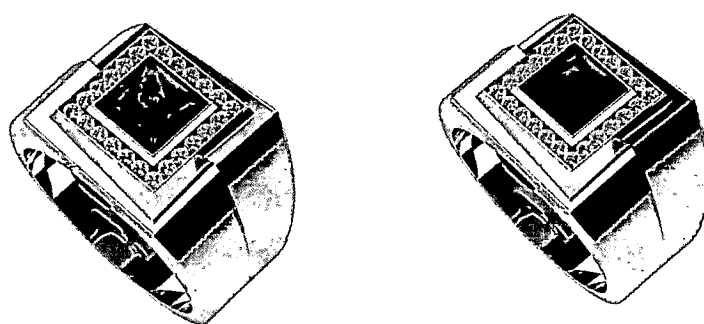
- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรูปร่างอัญมณีเม็ดยอด้วยรูปร่างกลม (Round Cut)
- ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตำแหน่งอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 5 ทำการกำหนดตำแหน่งการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม และทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม จากนั้นทำการปรับองศาของอัญมณีเม็ดล้อม เพื่อให้เกิดความสวยงาม
- ขั้นตอนที่ 6 ทำการสร้างเส้นโครงร่างตามการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมเพื่อใช้ในการสร้างหน้าแหวน หลังจากนั้นทำการสร้างพื้นผิวของกระเปาะ
- ขั้นตอนที่ 7 ทำการสร้างการฝังแบบหุ้มเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอ และการฝังแบบล็อกเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 8 ทำการกำหนดขนาดของวงแหวนและสร้างเส้นโครงร่างของก้านแหวนทั้งหมด 2 ก้าน ตามขนาดของวงแหวนที่กำหนดไว้ จากนั้นสร้างหน้าตัดของก้านแหวนตามความต้องการของนักออกแบบ โดยที่หน้าตัดมีลักษณะโค้งมนเพื่อให้ก้านแหวนเกิดความสวยงามมากยิ่งขึ้น
- ขั้นตอนที่ 9 ทำการสร้างพื้นผิวของก้านแหวนทั้ง 2 ก้าน โดยสร้างจากเส้นโครงร่างและหน้าตัด



รูปที่ 4.48 แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 18

1.20) ขั้นตอนการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 19 ประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ และรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 19 ดังแสดงในรูปที่ 4.49

- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรูปร่างอัญมณีเม็ดยอดด้วยรูปร่างปรีนセス (Princess Cut)
- ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตำแหน่งอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 5 ทำการกำหนดตำแหน่งการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม และทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมตามรูปร่างของอัญมณีเม็ดยอด
- ขั้นตอนที่ 6 ทำการสร้างเส้นโครงร่างตามการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมเพื่อใช้ในการสร้างหน้าแหวน หลังจากนั้นทำการสร้างพื้นผิวของกระเปาะ
- ขั้นตอนที่ 7 ทำการสร้างการฝังแบบหุ้มเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอด และการฝังแบบล็อกเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 8 ทำการกำหนดขนาดของวงแหวนและสร้างเส้นโครงร่างของก้านแหวนจำนวน 1 ก้าน ตามขนาดของวงแหวนที่กำหนดไว้ จากนั้นสร้างหน้าตัดของก้านแหวนตามความต้องการของนักออกแบบ โดยที่หน้าตัดมีลักษณะโค้งมนเพื่อให้ก้านแหวนเกิดความสวยงามมากยิ่งขึ้น และทำสร้างก้านแหวนจำนวน 1 ก้าน ซึ่งทำให้มีลักษณะตรงกันข้ามกับก้านแหวนที่สร้างไว้ก่อนหน้านี้
- ขั้นตอนที่ 9 ทำการสร้างพื้นผิวของก้านแหวนทั้ง 2 ก้าน

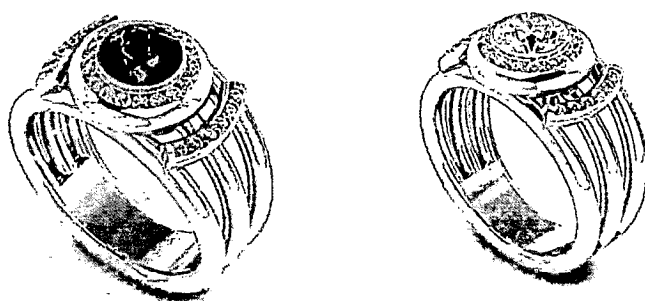


รูปที่ 4.49 แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 19

1.21) ขั้นตอนการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 20 ประกอบด้วย 12 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ และรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 20 ดังแสดงในรูปที่ 4.50

- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรูปร่างอัญมณีเม็ดยอด้วยรูปร่างกลม (Round Cut)
- ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตำแหน่งอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 5 ทำการกำหนดตำแหน่งการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมตามรูปร่างอัญมณีเม็ดยอ และทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม จากนั้นทำการปรับองศาของอัญมณีเม็ดล้อม เพื่อให้เกิดความสวยงาม
- ขั้นตอนที่ 6 ทำการสร้างเส้นโครงร่างตามการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมเพื่อใช้ในการสร้างหน้าแหวน หลังจากนั้นทำการสร้างพื้นผิวของกระเปาะ
- ขั้นตอนที่ 7 ทำการสร้างการฝังแบบหุ้มเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอ และการฝังแบบล็อกเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 8 ทำการกำหนดขนาดของวงแหวน และสร้างเส้นโครงร่างของวงแหวนตามขนาดที่กำหนดไว้ ซึ่งลักษณะของเส้นโครงร่างมีทั้งหมด 3 ก้าน จากนั้นทำการสร้างหน้าตัดของก้านแหวนมีลักษณะวงกลม
- ขั้นตอนที่ 9 ทำการสร้างพื้นผิวของก้านแหวนทั้งหมด 3 ก้าน ด้วยเส้นโครงร่างและหน้าตัดวงกลม
- ขั้นตอนที่ 10 ทำการสร้างโครงร่างและหน้าตัดลักษณะสี่เหลี่ยม ซึ่งมุมทั้งสี่มุมมีความมน สร้างบริเวณด้านล่างของวงแหวน หลังจากนั้นสร้างพื้นผิวเพื่อใช้ในการยึดติดทั้ง 3 ก้าน

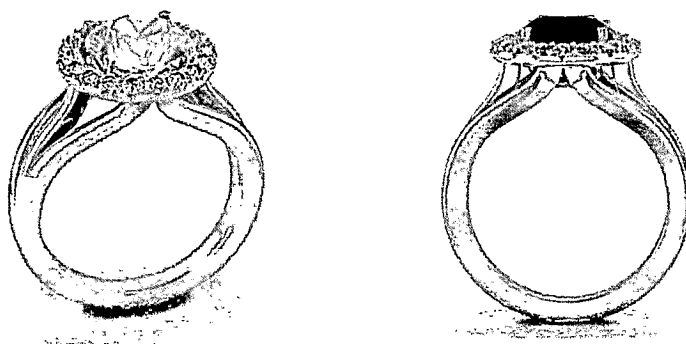
- ขั้นตอนที่ 11 ทำการสร้างเส้นโครงร่างและหน้าตัดลักษณะวงกลมของพื้นผิวสำหรับตกแต่งบริเวณก้านแหวนทั้งสองด้าน จากนั้นสร้างพื้นผิวของพื้นผิวสำหรับตกแต่ง
- ขั้นตอนที่ 12 ทำการประดับอัญมณีบริเวณพื้นที่ตกแต่ง และทำการสร้างการฝังแบบลึกสำหรับการฝังอัญมณีประดับ



รูปที่ 4.50 แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 20

1.22) ขั้นตอนการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 21 ประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ และรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 21 ดังแสดงในรูปที่ 4.51

- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรูปร่างอัญมณีเม็ดยอด้วยรูปร่างกลม (Round Cut)
- ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตำแหน่งอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 5 ทำการกำหนดตำแหน่งการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม และทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมจากนั้นทำการปรับองศาของอัญมณีเม็ดล้อม เพื่อให้เกิดความสวยงาม
- ขั้นตอนที่ 6 ทำการสร้างเส้นโครงร่างของกระเปาะตามรูปร่างของการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม จากนั้นสร้างพื้นผิวกระเปาะ
- ขั้นตอนที่ 7 ทำการสร้างหนามเตยเพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอ เพื่อใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดยอ
- ขั้นตอนที่ 8 ทำการจัดเรียงอัญมณีบริเวณหน้าแหวนด้วยอัญมณีรูปร่างกลม จากนั้นทำการสร้างหนามเตยและเจาะเนื้อโลหะบริเวณหน้าแหวน เพื่อใช้ฝังอัญมณี
- ขั้นตอนที่ 9 ทำการกำหนดขนาดของวงแหวนและสร้างเส้นโครงร่างของก้านแหวนตามขนาดของวงแหวนทั้งหมด 3 ก้าน จากนั้นสร้างหน้าตัดของก้านแหวนตามความต้องการของนักออกแบบ ลักษณะเป็นรูปโค้งมน



รูปที่ 4.51 แสดงตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 21

4.5.2 ผลการศึกษาเงื่อนไขและวิธีการในการจัดเรียงอัญมณีล้อมบนหน้าแหวน

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษารูปแบบการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมบนหน้าแหวน โดยอ้างอิงในส่วนของขนาดของอัญมณีเม็ดยอดและอัญมณีเม็ดล้อมที่นิยม โดยได้ทำการศึกษาจากหนังสือ ตำราสิ่งพิมพ์ และเว็บไซต์ต่างๆ พบว่า มีลักษณะการจัดเรียงสามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) ลักษณะการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมตามรูปทรงอัญมณีเม็ดยอด
- 2) ลักษณะการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมรูปแบบสี่เหลี่ยม
- 3) ลักษณะการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมรูปแบบหกเหลี่ยม
- 4) ระยะห่างระหว่างเพชรล้อม
- 5) ลักษณะการฝังอัญมณีเม็ดยอดและเม็ดล้อม

จากการศึกษาพบว่า การฝังอัญมณีเม็ดยอด อัญมณีเม็ดล้อม รวมทั้งอัญมณีที่ประดับบนก้านแหวนนั้น จะขึ้นอยู่กับกรออกแบบเพื่อให้เหมาะสมกับรูปทรงอัญมณีเม็ดยอดและตัวเรือน

ลักษณะการฝังอัญมณีเม็ดยอดและอัญมณีเม็ดล้อมสำหรับโมดูลที่ 1 ประกอบด้วย การฝังแบบหนามเตยและการฝังแบบหุ้ม ส่วนการฝังอัญมณีบนก้านแหวน ประกอบด้วย การฝังแบบหนามเตยและการฝังแบบล็อก แสดงตัวอย่างการฝังแต่ละรูปแบบดังรูปที่ 4.52



รูปที่ 4.52 แสดงตัวอย่างการฝังอัญมณีของโมดูลที่ 1

4.5.3 ผลการวิเคราะห์หาตัวแปรและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาโมดูลที่ 1

จากการศึกษาและทดลองวาดรูปทรงเครื่องประดับแหวนสำหรับโมดูลที่ 1 จึงได้พารามิเตอร์และเงื่อนไขสำหรับการสร้างและเปลี่ยนแปลงรูปทรงเครื่องประดับแหวน ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ตารางสรุปพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาโมดูลที่ 1

ลำดับ	พารามิเตอร์	ตัวแปร	ขอบเขต	หน่วย	หมายเหตุ
1	ขนาดเส้นรอบวงของวงแหวนภายใน	R_{I1}	$41 \leq R_{I1} \leq 73$	มิลลิเมตร	
2	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงแหวนภายใน	R_{I2}	$13.05 \leq R_{I2} \leq 22.92$	มิลลิเมตร	
3	รูปร่างอัญมณีเม็ดยอด	R_{G1}	$R_{G1} = \{1,2,3,4,5,6,7,8,9\}$	-	1 = รูปร่างกลม 2 = รูปร่างคุชชั่น 3 = รูปร่างรี 4 = รูปร่างปรีนเซส 5 = รูปร่างหยดน้ำ 6 = รูปร่างมาร์คีส 7 = รูปร่างหัวใจ 8 = รูปร่างสี่เหลี่ยม มรกต 9 = รูปร่างอาชเชอร์
4	รูปร่างอัญมณีเม็ดล้อม	R_{G2}	$R_{G2} = 1$	-	1 = รูปร่างกลม
5	ขนาดอัญมณีเม็ดยอด	R_{SG1}	$3.5 \leq R_{SG1} \leq 10$	มิลลิเมตร	
6	ขนาดอัญมณีเม็ดล้อม	R_{SG2}	$0.8 \leq R_{SG2} \leq 2.0$	มิลลิเมตร	
7	ระยะห่างระหว่างอัญมณีเม็ดล้อม	g	$0.1 \leq g \leq 0.35$	มิลลิเมตร	
8	ขนาดของหนามเตย	S_G	$0.1 \leq S_G \leq 0.35$	มิลลิเมตร	
9	รูปทรงตัวเรือนเครื่องประดับแหวน	M	$M = \{1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,13,14,15, 16, 17,18,19,20,21\}$	-	ระบุรูปทรงเครื่องประดับแหวน
10	รูปแบบการฝังอัญมณีเม็ดยอด	$SG1$	$SG1 = \{1,2\}$		1 = การฝังแบบหนามเตย 2 = การฝังแบบหุ้ม
11	รูปแบบการฝังอัญมณีเม็ดล้อม	$SG2$	$SG2 = \{1,2\}$		1 = การฝังแบบหนามเตย 2 = การฝังแบบหุ้ม
12	รูปแบบการฝังอัญมณีที่ก้านแหวน	$SG3$	$SG3 = \{1,2\}$		1 = การฝังแบบหนามเตย 2 = การฝังแบบล็อก

4.5.4 หลักการทำงานของโมดูลที่ 1

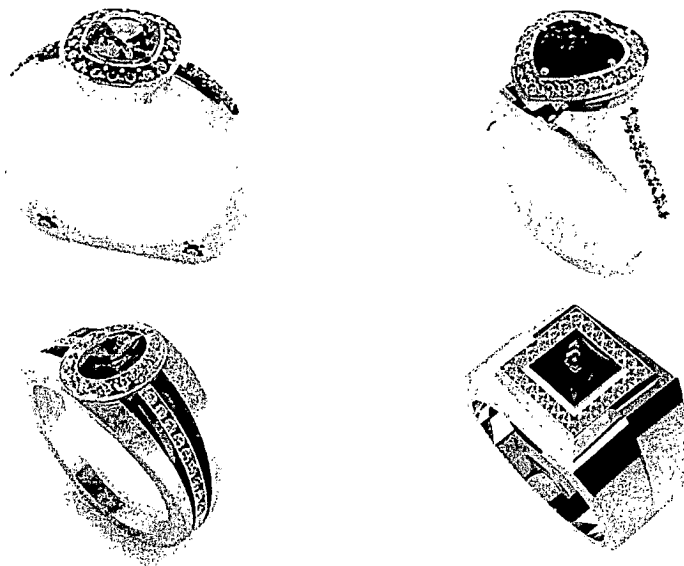
โมดูลนี้เป็นโมดูลสำหรับสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนพลอยประดับด้วยเพชรโดยอัตโนมัติ โดยที่อัญมณีเม็ดยอดนี้จะเป็นตัวกำหนดรูปแบบแหวนที่เหมาะสม ซึ่งอัญมณีเม็ดล้อมจะถูกจัดเรียงตามรูปร่างของอัญมณีเม็ดยอดทั้งหมด 9 รูปทรง ได้แก่ กลม คูซัน วังรี ปรีนเซส หักน้ำ มาร์คีส หัวใจ สี่เหลี่ยมมรกต และอาชเชอร์ ซึ่งอัญมณีเม็ดล้อมเป็นอัญมณีสี่เหลี่ยมเท่ากัน โดยโมดูลนี้แบ่งระบบการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ส่วนของข้อมูลนำเข้าระบบ

- 1) ขนาดของวงแหวน
- 2) รูปร่างของอัญมณีเม็ดยอด
- 3) ขนาดของอัญมณีเม็ดยอด
- 4) ขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม

ส่วนที่ 2 ส่วนของระบบประมวลผลการทำงาน

ระบบทำหน้าที่ประมวลผลการทำงานจากข้อมูลนำเข้าที่ผู้ใช้งานกำหนดไว้ หลังจากนั้นระบบทำการสร้างตัวเรือนเครื่องประดับแหวน อัญมณีเม็ดยอด อัญมณีเม็ดล้อม คัทเตอร์ และการฝังอัญมณีแบบต่างๆ โดยระบบจะสร้างตามความเหมาะสมของรูปร่างอัญมณีและการออกแบบตัวเรือนเครื่องประดับแหวนเพื่อให้เกิดความสวยงาม จากนั้นระบบทำการแสดงผลลัพธ์ของรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติที่ได้บนโปรแกรม Rhinoceros 5.0 เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำไฟล์ของรูปทรงเครื่องประดับแหวนที่ได้ไปตกแต่งเพิ่มเติมหรือนำไปเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป ซึ่งตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้แสดงในรูปที่ 4.53



รูปที่ 4.53 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ของรูปทรงเครื่องประดับแหวนที่ได้จากการใช้งานโมดูลที่ 1

4.5.5 ขั้นตอนการทำงานของโมดูลที่ 1

โมดูลนี้ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานทั้งหมด 10 ขั้นตอน สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้ และแสดงในรูปที่ 4.54

ขั้นตอนที่ 1 ระบบแสดงหน้าต่างอินเทอร์เน็ตเฟสเพื่อให้ผู้ใช้งานทำการเลือกแนวทางการระบุขนาดหรือเบอร์ของวงแหวน ซึ่งประกอบด้วย 3 ทางเลือก ได้แก่

ทางเลือกที่ 1 เลือกขนาดวงแหวนตามขนาดมาตรฐาน คือ มาตรฐาน US หรือ มาตรฐาน Japan

ทางเลือกที่ 2 ระบบกำหนดค่าเผื่อขนาดของวงแหวน คือ ระบบมีการเผื่อขนาดของวงแหวน ประกอบด้วย มาตรฐาน Japan จะทำการเผื่อขนาดของวงแหวนเท่ากับหนึ่งเบอร์ของวงแหวน และมาตรฐาน US จะเผื่อขนาดของวงแหวนเท่ากับครึ่งเบอร์ของวงแหวน

ทางเลือกที่ 3 ผู้ใช้งานระบุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของวงแหวนอยู่ในช่วง 13.05-22.92 มิลลิเมตร

ขั้นตอนที่ 2 ผู้ใช้งานทำการเลือกรูปร่างอัญมณีตามความต้องการ ประกอบด้วย 9 รูปทรง ได้แก่

รูปทรงที่ 1 รูปร่างกลม (Round Cut)

รูปทรงที่ 2 รูปร่างคushion (Cushion Cut)

รูปทรงที่ 3 รูปร่างรี (Oval Cut)

รูปทรงที่ 4 รูปร่างปรีนเซส (Princess Cut)

รูปทรงที่ 5 รูปร่างหยดน้ำ (Pear Cut)

รูปทรงที่ 6 รูปร่างมาร์ควีส (Marquise Cut)

รูปทรงที่ 7 รูปร่างหัวใจ (Heart Cut)

รูปทรงที่ 8 รูปร่างสี่เหลี่ยมมรกต (Emerald Cut)

รูปทรงที่ 9 รูปร่างอาชเชอร์ (Asscher Cut)

ขั้นตอนที่ 3 ผู้ใช้งานทำการเลือกแนวทางการระบุขนาดของอัญมณีเม็ดยอด ประกอบด้วย 2 ทางเลือก

ทางเลือกที่ 1 เลือกขนาดอัญมณีเม็ดยอดตามมาตรฐาน

ทางเลือกที่ 2 เลือกระบุความกว้าง ความยาว และความสูงอัญมณีเม็ดยอด

ขั้นตอนที่ 4 ผู้ใช้งานทำการเลือกแนวทางการระบุขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม ประกอบด้วย 2 ทางเลือก

ทางเลือกที่ 1 เลือกขนาดอัญมณีเม็ดล้อมตามมาตรฐาน

ทางเลือกที่ 2 เลือกระบุความกว้าง ความยาว และความสูงอัญมณีเม็ดล้อม

ขั้นตอนที่ 5 ผู้ใช้งานทำการระบุค่าเผื่อขนาดของชิ้นงาน เพื่อใช้ในการกระบวนการผลิตเครื่องประดับแหวน โดยการระบุค่าเป็นเปอร์เซ็นต์

ขั้นตอนที่ 6 ผู้ใช้งานทำการเลือกแนวทางการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติ ประกอบด้วย 2 ทางเลือก

ทางเลือกที่ 1 ระบบทำงานโดยอัตโนมัติ

ทางเลือกที่ 2 ผู้ใช้งานทำการเลือกรูปทรงเครื่องประดับแหวนที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 7 ระบบทำการรับข้อมูลนำเข้าทั้งหมดและทำการประมวลผลการทำงาน

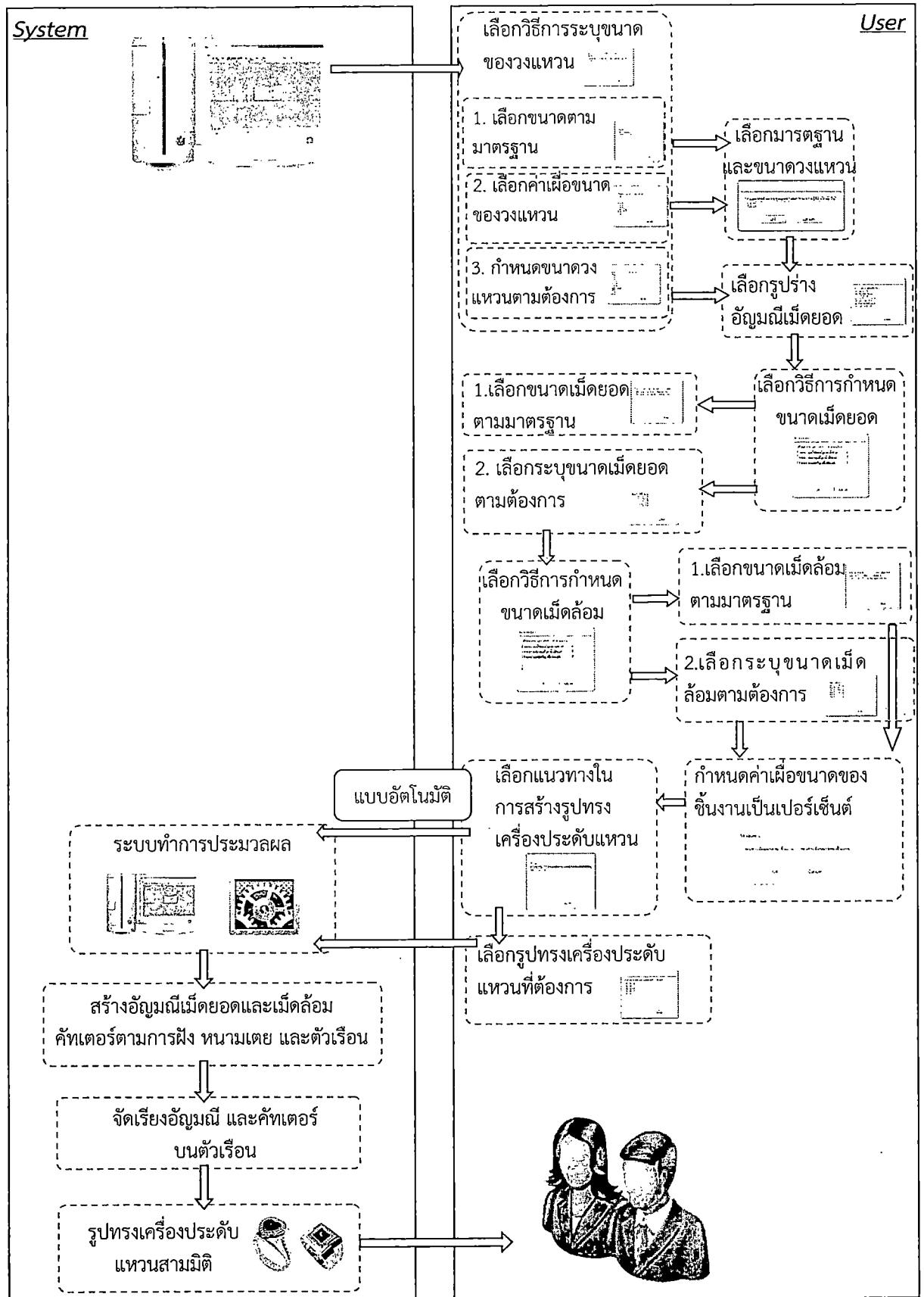
ขั้นตอนที่ 8 ระบบทำการสร้างอัญมณีเม็ดยอดและเม็ดล้อม ตัวเรือน และคัทเตอร์ แล้วแต่รูปแบบการฝังอัญมณี

ขั้นตอนที่ 9 ระบบทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมและคัทเตอร์บนตัวเรือน

ขั้นตอนที่ 10 ระบบทำการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติเสร็จสมบูรณ์และแสดงผลลัพธ์บนโปรแกรม Rhinoceros 5.0

4.5.6 ข้อจำกัดของโมดูลที่ 1

- ตัวเรือนและหน้าแหวนมีรูปแบบเฉพาะที่ระบบสร้างขึ้นเท่านั้น



รูปที่ 4.54 แสดงขั้นตอนการทำงานของโมดูลที่ 1

4.6 ผลการพัฒนาโมดูลที่ 2 โมดูลช่วยสร้างตัวเรือนเครื่องประดับแหวนเพชรและจัดเรียงเพชรแบบอัตโนมัติ กรณีศึกษาของบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด

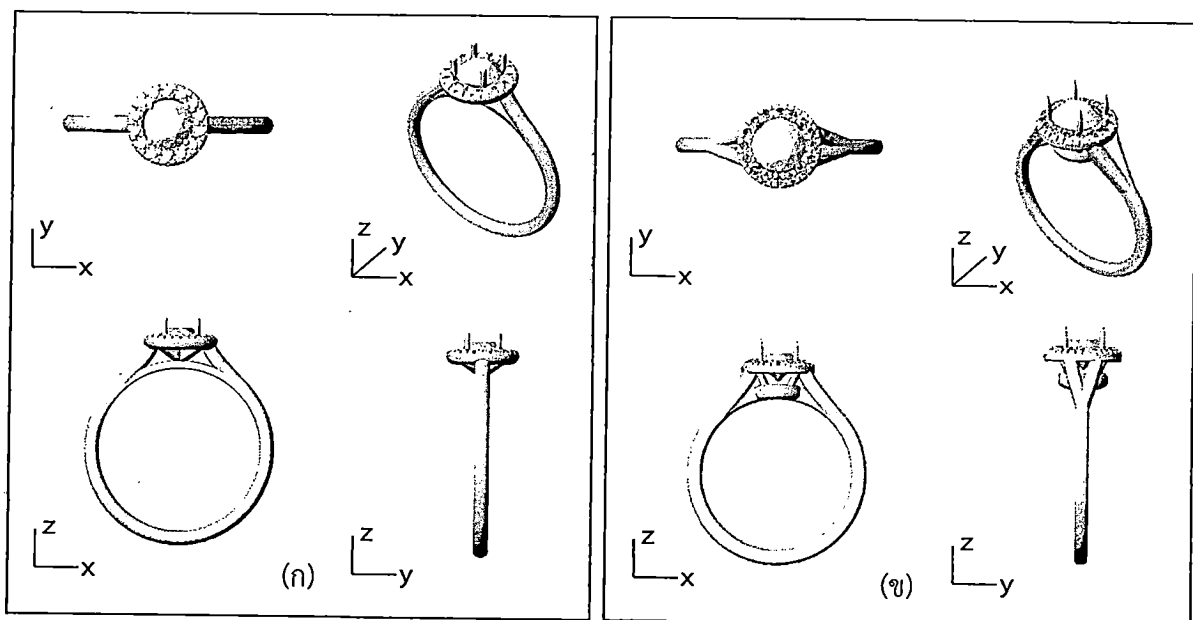
โมดูลนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยสร้างตัวเรือนเครื่องประดับแหวนเพชรและจัดเรียงอัญมณีบนหน้าแหวนแบบอัตโนมัติ โดยเป็นรูปแบบเครื่องประดับแหวนเพชรของบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด เพื่อช่วยลดเวลาในการสร้างตัวเรือน หนามเตย คัทเตอร์ อัญมณีเม็ดยอดและเม็ดล้อม และยังช่วยลดเวลาในการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมบนหน้าแหวนอีกด้วยเช่นกัน โดยโมดูลนี้จะประกอบไปด้วยรูปทรงเครื่องประดับแหวนทั้งหมด 8 รูปทรง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 1 รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติประดับด้วยอัญมณีเม็ดยอดรูปร่างกลม (Round Cut) และล้อมด้วยอัญมณีเม็ดล้อมแบบ 1 ชั้น มีจำนวนทั้งหมด 2 รูปทรง ดังแสดงในรูปที่ 4.55

รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 2 รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติประดับด้วยอัญมณีเม็ดยอดรูปร่างกลม (Round Cut) และล้อมด้วยอัญมณีเม็ดล้อมแบบ 2 ชั้น มีจำนวนทั้งหมด 2 รูปทรง ดังแสดงในรูปที่ 4.56

รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 3 รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติประดับด้วยอัญมณีเม็ดยอดรูปร่างคุชชั่น (Cushion Cut) และล้อมด้วยอัญมณีเม็ดล้อมแบบ 1 ชั้น มีจำนวนทั้งหมด 2 รูปทรง ดังแสดงในรูปที่ 4.57

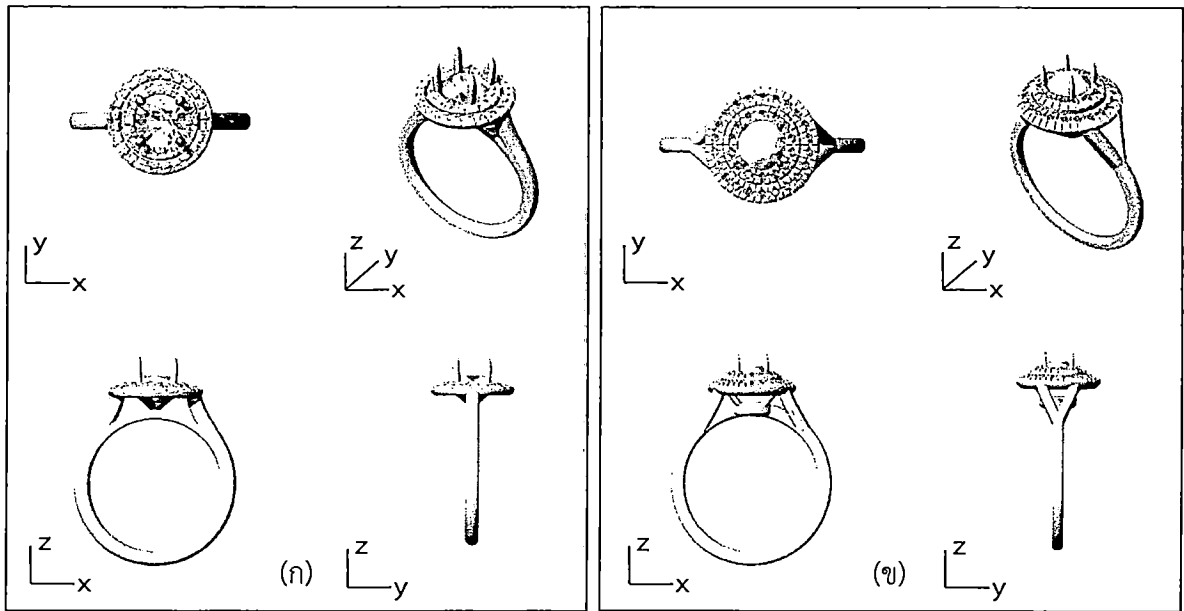
รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 4 รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติประดับด้วยอัญมณีเม็ดยอดรูปร่างคุชชั่น (Cushion Cut) และล้อมด้วยอัญมณีเม็ดล้อมแบบ 2 ชั้น มีจำนวนทั้งหมด 2 รูปทรง ดังแสดงในรูปที่ 4.58



รูปที่ 4.55 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติประดับด้วยอัญมณีเม็ดยอดรูปร่างกลม (Round Cut) และล้อมด้วยอัญมณีเม็ดล้อมแบบหนึ่งชั้น

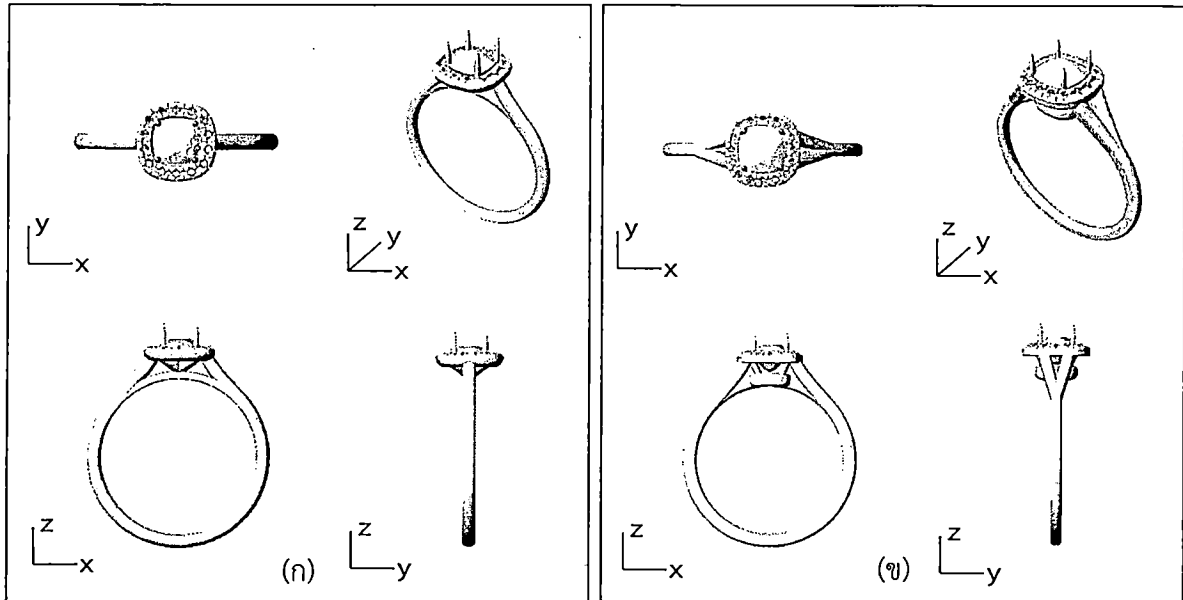
(ก) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 1

(ข) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 2



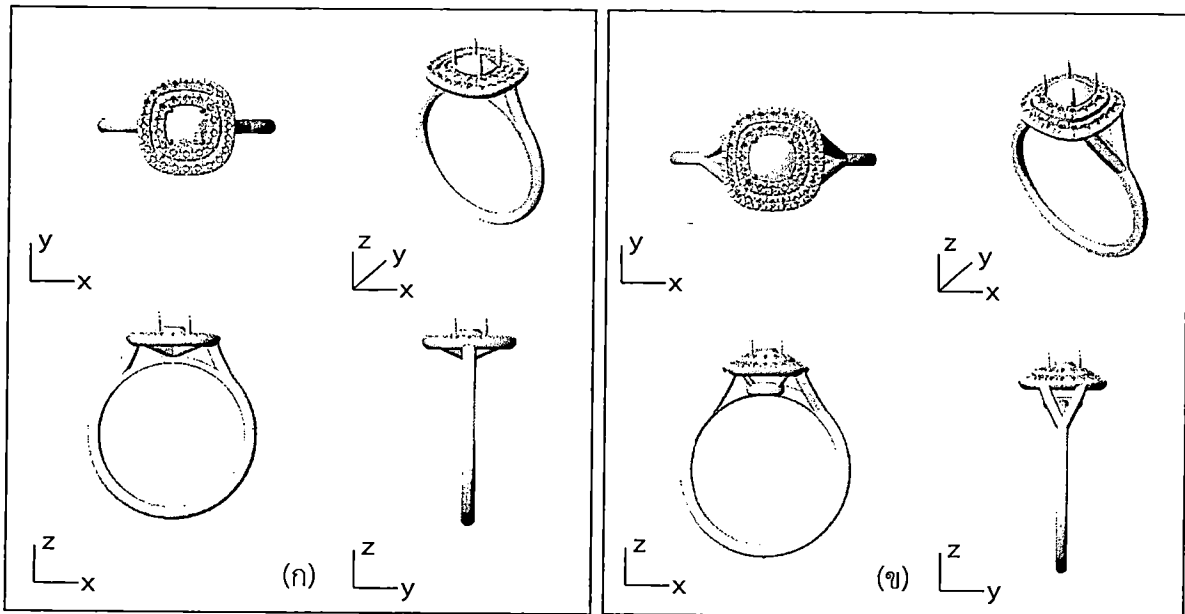
รูปที่ 4.56 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติประดับด้วยอัญมณีเม็ดยอตุรูปปร่างกลม (Round Cut) และล้อมด้วยอัญมณีเม็ดล้อมแบบสองชั้น

- (ก) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 1
(ข) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 2



รูปที่ 4.57 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติประดับด้วยอัญมณีเม็ดยอตุรูปปร่างคูชชั่น (Cushion Cut) และล้อมด้วยอัญมณีเม็ดล้อมแบบหนึ่งชั้น

- (ก) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 1
(ข) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 2



รูปที่ 4.58 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติประดับด้วยอัญมณีเม็ดยอตุรูปร่างคูชัน (Cushion Cut) และล้อมด้วยอัญมณีเม็ดล้อมแบบสองชั้น

(ก) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 1

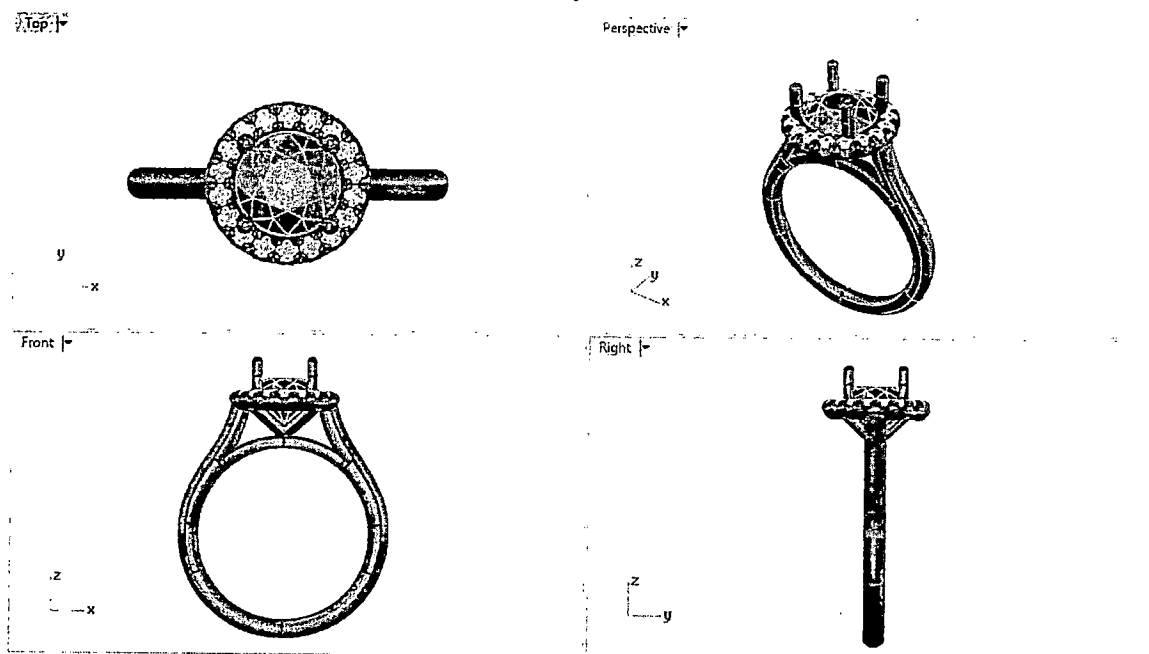
(ข) รูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบที่ 2

4.6.1 ผลการศึกษาลักษณะรูปทรงและวิธีการวาดเครื่องประดับแหวนประเภทแหวนล้อมเพชร

1) ผลการศึกษาลักษณะเครื่องประดับแหวนประเภทแหวนล้อมเพชร

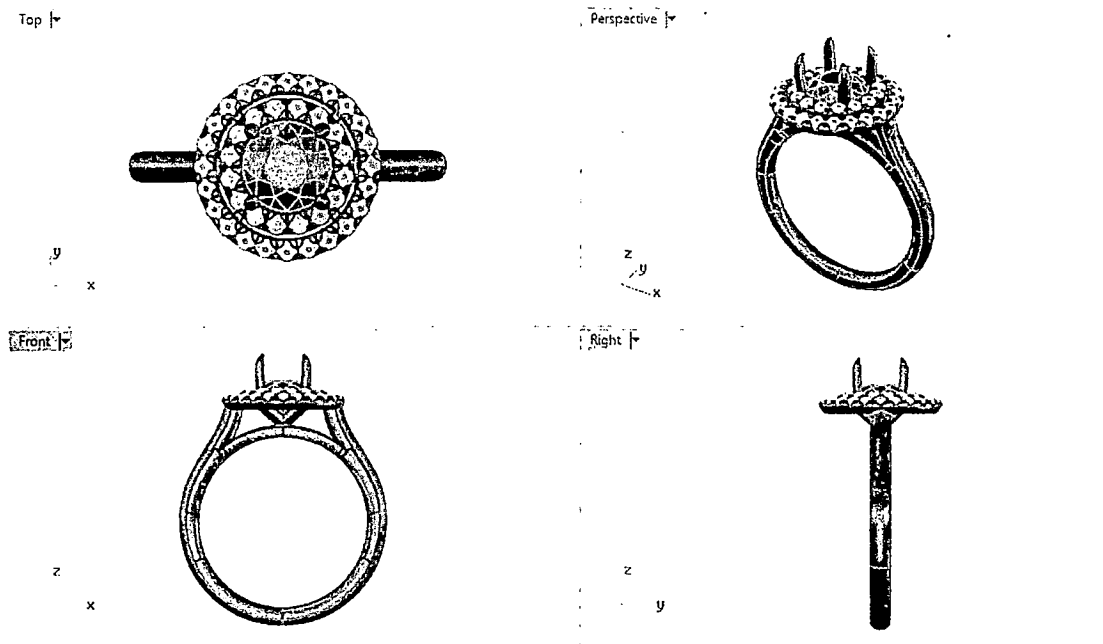
รูปทรงรูปทรงเครื่องประดับแหวนที่ทำการศึกษาประกอบด้วยรูปทรงทั้งหมด 4 รูปทรง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

รูปทรงที่ 1 แหวนล้อมเพชรหนึ่งชั้น อัญมณีเม็ดยอตุรูปทรงกลม (Round Cut)



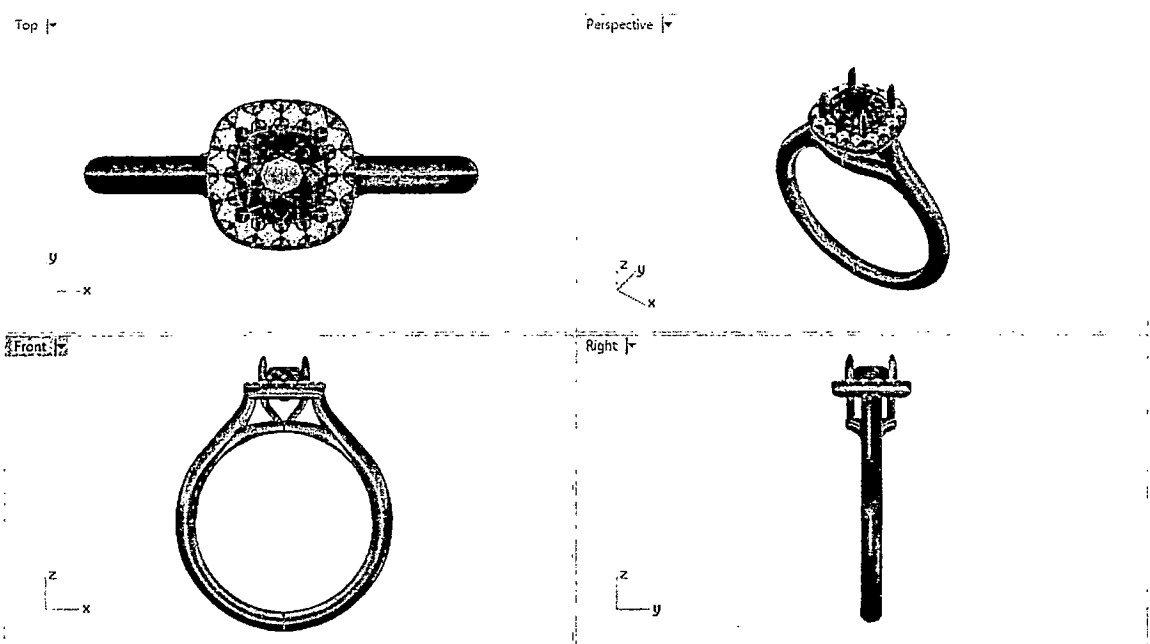
รูปที่ 4.59 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนล้อมเพชรหนึ่งชั้น แบบ Round Cut

รูปทรงที่ 2 แหวนล้อมเพชรสองชั้น อัญมณีเม็ดยอรูปทรงกลม (Round Cut)



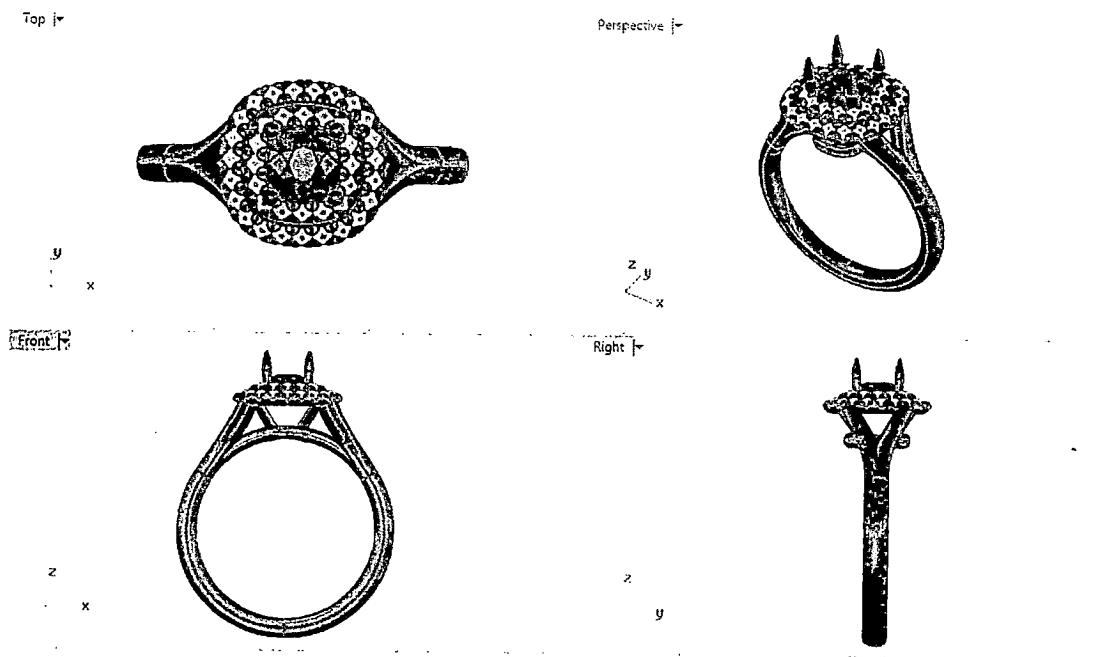
รูปที่ 4.60 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนล้อมเพชรสองชั้น แบบ Round Cut

รูปทรงที่ 3 แหวนล้อมเพชรหนึ่งชั้น อัญมณีเม็ดยอรูปทรงคูชัน (Cushion Cut)



รูปที่ 4.61 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนล้อมเพชรหนึ่งชั้น แบบ Cushion Cut

รูปทรงที่ 4 แหวนล้อมเพชรสองชั้น อัญมณีเม็ดยอตรูปทรงคุชชั่น (Cushion Cut)

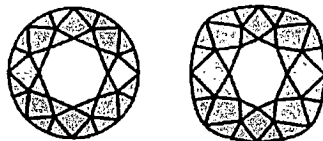


รูปที่ 4.62 แสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนล้อมเพชรสองชั้น แบบ Cushion Cut

2) ขั้นตอนการวาดเครื่องประดับแหวนรูปทรงที่ 1 - 4

ขั้นตอนที่ 1 เลือกรูปทรงเพชรเม็ดยอตร ซึ่งมีอยู่ 2 แบบคือ 1. รูปทรงกลม

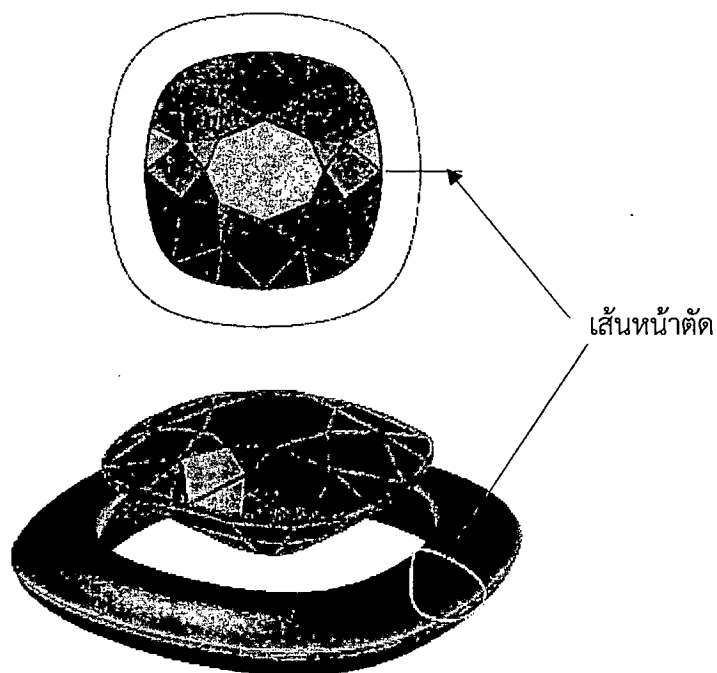
2. รูปทรงคุชชั่น



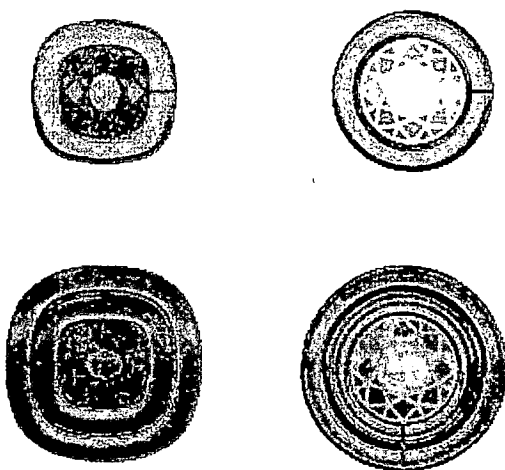
รูปที่ 4.63 แสดงรูปทรงเพชรแบบ Round (ด้านซ้ายมือ) และ Cushion (ด้านขวามือ)

ขั้นตอนที่ 2 เลือกขนาดของเพชรเม็ดยอตรและเพชรล้อม โดยใช้หน่วยในการออกแบบเป็นมิลลิเมตร(mm)

ขั้นตอนที่ 3 สร้างเส้นหน้าตัดเพื่อกำหนดรูปทรงของพื้นผิวบริเวณหน้าแหวนและทำการสร้างพื้นผิวนั้นๆ ที่ใช้ล้อมรอบเพชรเม็ดยอตรจำนวน 1-2 ชั้น ตามต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.64 และ 4.65



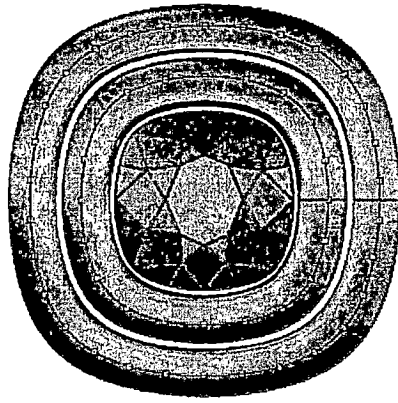
รูปที่ 4.64 แสดงสร้างเส้นหน้าตัดเพื่อสร้างพื้นที่บริเวณหน้าแหวน



(ข)

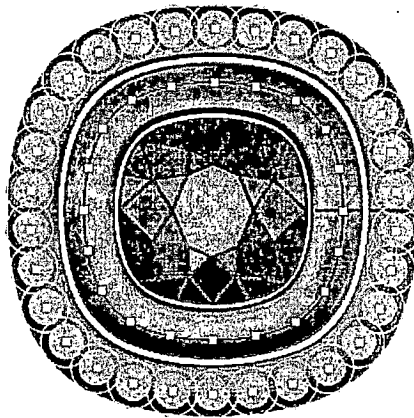
รูปที่ 4.65 แสดงพื้นที่บริเวณหน้าแหวนสำหรับจัดเรียงอัญมณีแบบหนึ่งชั้น (ก) และแบบสองชั้น (ข)

ขั้นตอนที่ 4 สร้างเส้นและกำหนดจุดเพื่อใช้อ้างอิงตำแหน่งในการจัดเรียงเพชรล้อม ซึ่งได้จากการคำนวณหาจำนวนเพชรล้อมตามระยะห่างระหว่างเพชรล้อมที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 4.66



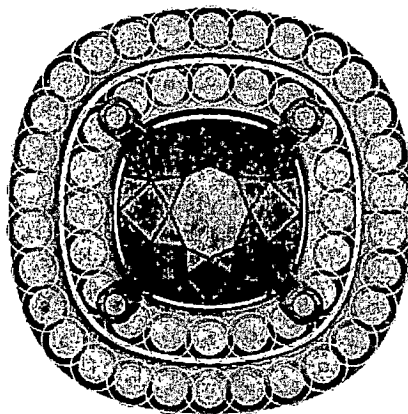
รูปที่ 4.66 แสดงเส้นอ้างอิงและจุดอ้างอิงสำหรับจัดเรียงเพชรล้อม

ขั้นตอนที่ 5 จัดเรียงเพชรล้อมตามจุดอ้างอิงที่กำหนดไว้ในขั้นตอนที่ 4 ดังแสดงในรูปที่ 4.67



รูปที่ 4.67 แสดงการจัดเรียงเพชรล้อมตามจุดอ้างอิงที่กำหนด

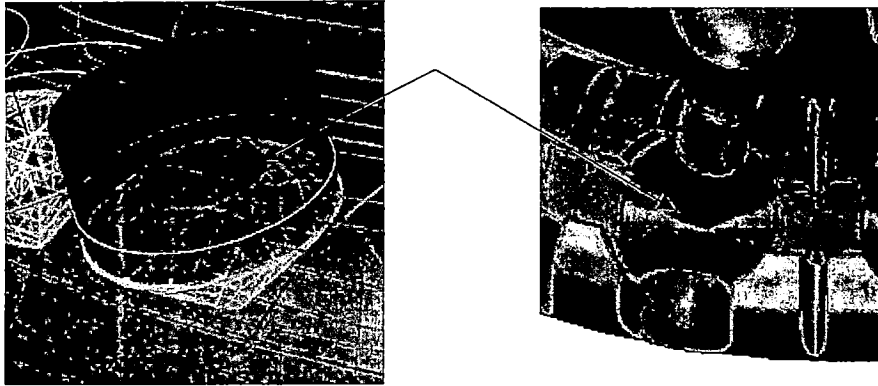
ขั้นตอนที่ 6 สร้างหนามเตยให้กับเพชรเม็ดยอด ดังแสดงในรูปที่ 4.68



รูปที่ 4.68 แสดงหนามเตยสำหรับเพชรเม็ดยอด

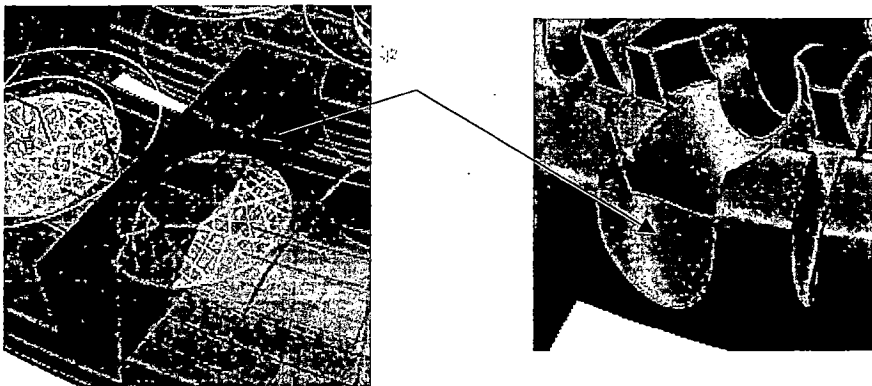
ขั้นตอนที่ 7 สร้างคัทเตอร์เพื่อใช้เจาะเนื้อโลหะสำหรับฝังเพชรล้อมและ
 สร้างขึ้นเป็นส่วนของหนามเตยสำหรับล๊อคเพชรล้อมบนหน้าแหวน ซึ่งจากรูปแบบแหวนล้อมทั้ง 4 รูปทรง
 นี้ จะประกอบไปด้วยคัทเตอร์ที่ใช้ตัดเนื้อโลหะทั้งหมด 4 ตำแหน่ง ดังนี้

คัทเตอร์ตำแหน่งที่ 1 สำหรับเจาะรูวางเพชร โดยอ้างอิงขนาดตามขนาดของเพชรล้อม



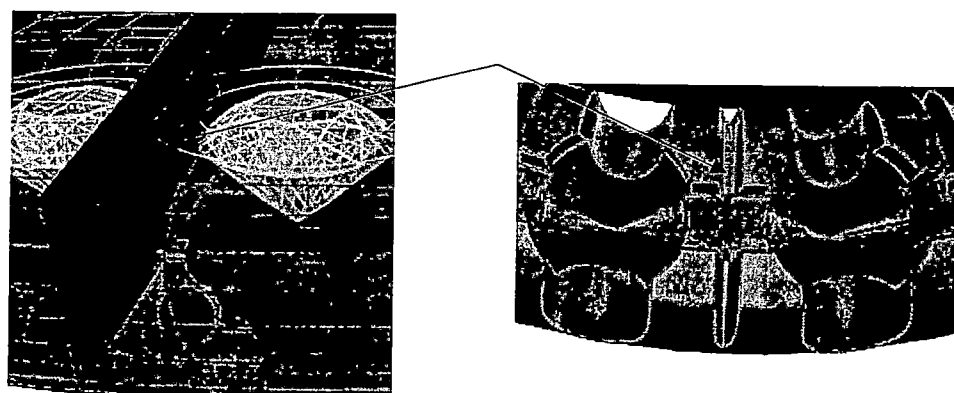
รูปที่ 4.69 แสดงตำแหน่งคัทเตอร์เจาะรูวางเพชร

คัทเตอร์ตำแหน่งที่ 2 สำหรับสร้างตำแหน่งของหนามเตยที่ใช้ล๊อคเพชรล้อมบนหน้าแหวน



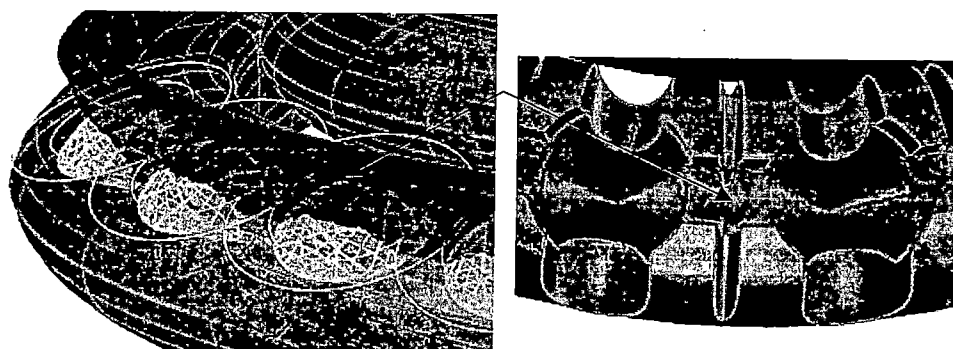
รูปที่ 4.70 แสดงตำแหน่งคัทเตอร์สร้างหนามเตยส่วนที่ 1

คัทเตอร์ตำแหน่งที่ 3 สำหรับสร้างตำแหน่งของหนามเตยที่ใช้ล้อยคเพชรล้อมบนหน้าแหวน

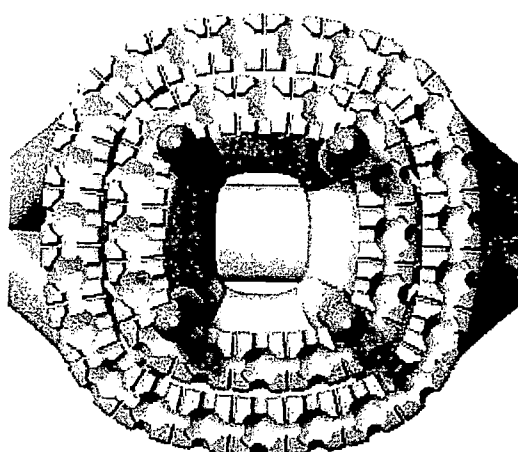


รูปที่ 4.71 แสดงตำแหน่งคัทเตอร์สร้างหนามเตยส่วนที่ 2

คัทเตอร์ตำแหน่งที่ 4 สำหรับสร้างตำแหน่งของหนามเตยที่ใช้ล้อยคเพชรล้อมบนหน้าแหวน

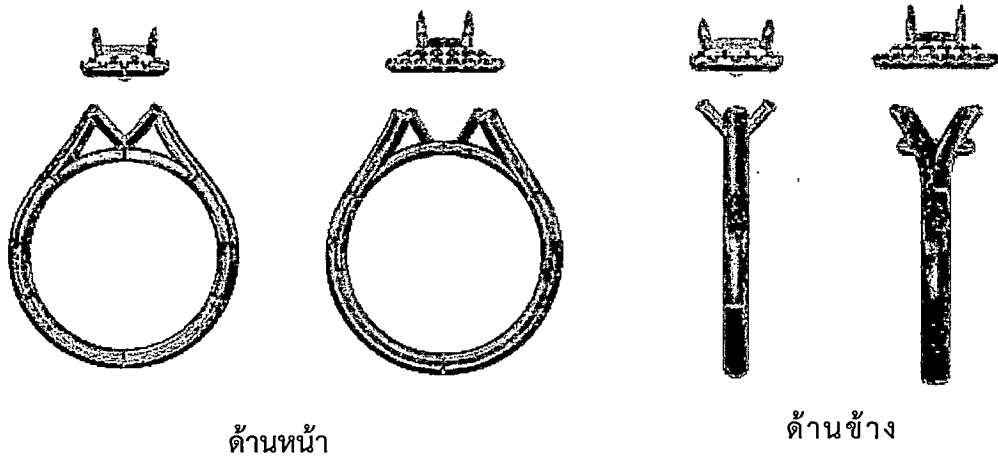


รูปที่ 4.72 แสดงตำแหน่งคัทเตอร์สร้างหนามเตยส่วนที่ 3



รูปที่ 4.73 แสดงตัวอย่างลักษณะหน้าแหวนหลังจากการใช้คัทเตอร์ทั้ง 4 ตำแหน่งพร้อมฝังเพชร

ขั้นตอนที่ 8 สร้างตัวเรือนเครื่องประดับแหวนรูปแบบต่างๆ ให้รับกับ
กระเปาะส่วนหน้าแหวน

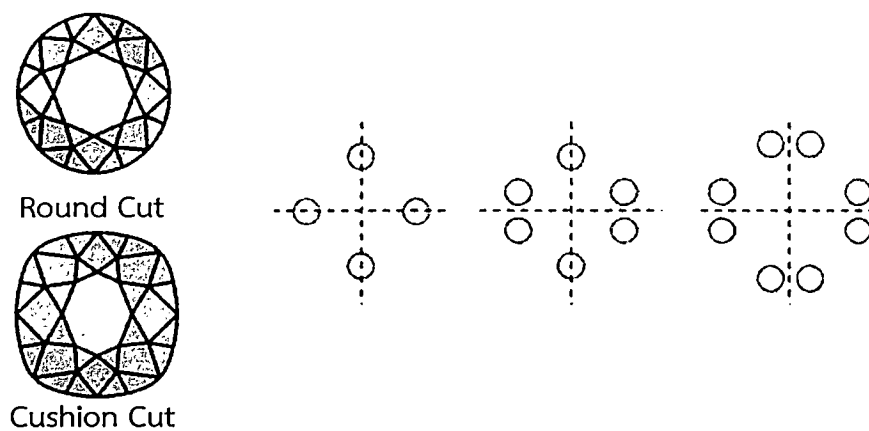


รูปที่ 4.74 แสดงลักษณะรูปทรงตัวเรือนที่รับกับส่วนหน้าแหวน

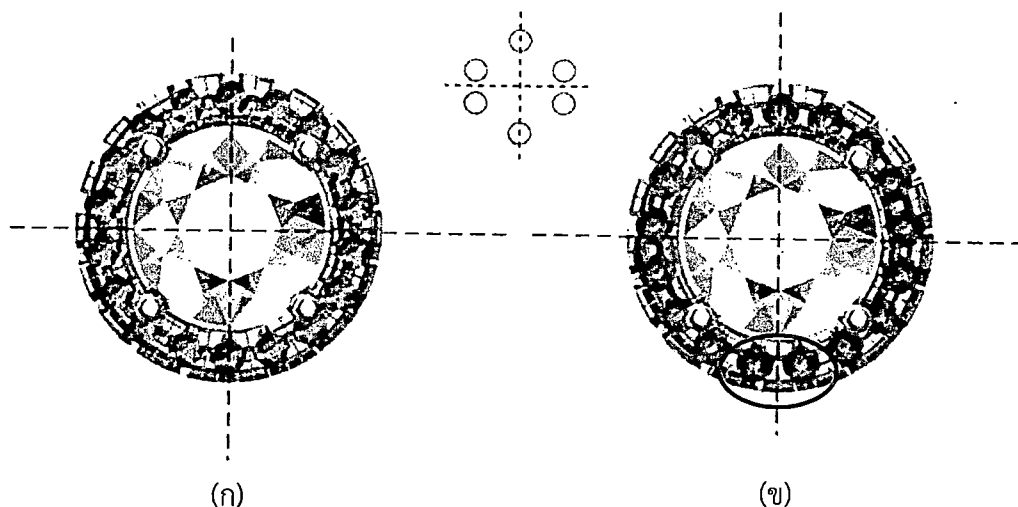
4.6.2 ผลการศึกษาเงื่อนไขและวิธีการในการจัดเรียงเพชรล้อมบนหน้าแหวน

จากการที่คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเงื่อนไขในการจัดเรียงเพชรล้อมบนหน้าแหวน โดยอ้างอิงในส่วนของขนาดของเพชรยอดและเพชรล้อมที่นิยม การกำหนดระยะความห่างระหว่างเพชรล้อมและข้อมูลต่างๆ ซึ่งได้รับข้อมูลจากทางบริษัท คริสตี้เจมส์ จำกัด สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ลักษณะการจัดเรียงที่ยอมรับได้ในตำแหน่งมุมและ Quarter ของรูปทรงเพชรเม็ดยอดแต่ละรูปทรงเพื่อให้หน้าแหวนมีความสวยงาม เกิดความสมมาตร ดังแสดงในรูปที่ 4.75 ซึ่งแสดงเป็นตัวอย่างในการจัดเรียง แสดงดังรูปที่ 4.76



รูปที่ 4.75 แสดงการจัดเรียงที่ยอมรับได้ในตำแหน่งมุมและ Quarter

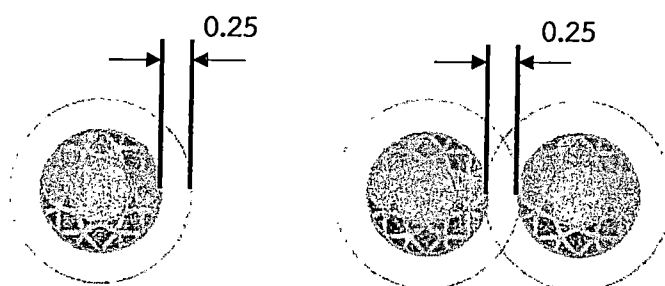


รูปที่ 4.76 แสดงตัวอย่างการจัดเรียงที่เหมาะสม (ก) และ ไม่เหมาะสมตามเงื่อนไข (ข)

2) ขนาดของเพอร์ที่ลูกค้าให้ความสำคัญสำหรับเพอร์เม็ดยออยู่ในช่วง 0.1 กระรัต ถึง 4.0 กระรัต และเพอร์เม็ดล่อมจะอยู่ในช่วง 0.005 กระรัต ถึง 0.035 กระรัต ซึ่งในลักษณะงานที่เป็นการสั่งผลิตจากลูกค้า ขนาดของอัญมณีที่ใช้ในบางครั้งอาจจะมีค่าความคลาดเคลื่อนไปจากขนาดอัญมณีมาตรฐาน

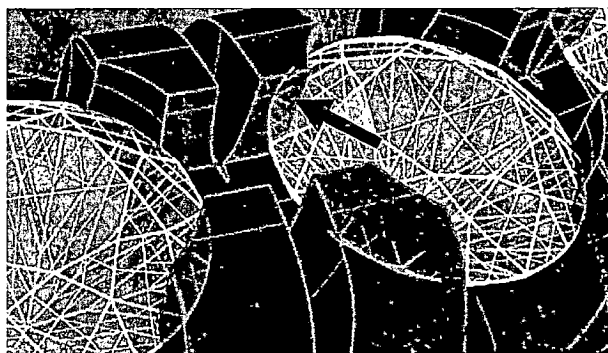
ดังนั้นในการออกแบบจริงทางฝ่ายออกแบบจะระบุหน่วยของเพอร์ในการออกแบบเป็นมิลลิเมตร (mm) ซึ่งทางคณะผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้ไปทำการพัฒนาโมดูลคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการจัดเรียงเพอร์ โดยขนาดของเพอร์ที่ใช้จะอ้างอิงดังแสดงในตารางที่ 4.2 ในหัวข้อ 4.2 ผลการศึกษารูปร่างและขนาดของอัญมณี ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

3) ระยะห่างระหว่างเพอร์ล่อม จากการเก็บข้อมูลจากทางบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด ในการออกแบบแหวนล่อมเพื่อให้เกิดความสวยงามและเหมาะสมต่อการนำไปผลิตชิ้นงานต้นแบบ และชิ้นงานจริง ระยะห่างระหว่างเพอร์ล่อมจะอยู่ในช่วง 0.20 – 0.35 มิลลิเมตร แสดงการกำหนดเส้นขอบเขตระยะห่างของเพอร์ล่อมเพื่อใช้ในการออกแบบ ดังแสดงในรูปที่ 4.77



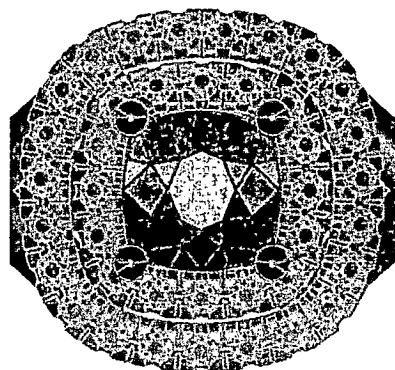
รูปที่ 4.77 แสดงตัวอย่างการกำหนดระยะห่างระหว่างเพอร์ล่อมเท่ากับ 0.25 มิลลิเมตร

4) รูปแบบหนามเตยที่ใช้ในการลอคเพอร์ล่อมที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ จะเป็นลักษณะการใช้เนื้อโลหะจากพื้นที่บริเวณหน้าแหวนแทนการสร้างเป็นจุดไขปลา ซึ่งได้แสดงขั้นตอนการใช้คัทเตอร์เพื่อเจาะเนื้อโลหะด้วยคัทเตอร์ตำแหน่งที่ 2 – 4 ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

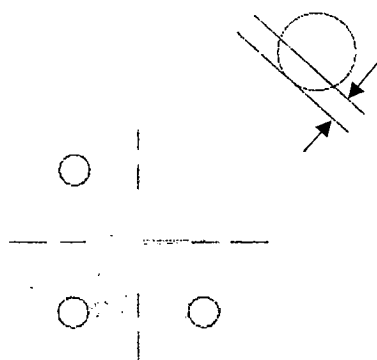


รูปที่ 4.78 แสดงลูกศรสีแดงแสดงลักษณะการใช้เนื้อโลหะจากบริเวณหน้าแหวนเป็นหนามเตย

5) สำหรับหนามเตยที่ใช้ลวดเพชรเม็ดยอจากรูปที่ 4.79 แสดงตำแหน่งของหนามเตยสำหรับเพชรเม็ดยอ โดยจะใช้ทั้งหมด 4 หนามเตย ดังรูปที่ 4.79 (ก) โดยระยะที่หนามเตยปิดเข้าไปในส่วนของหน้าเพชรจะต้องไม่เกิน 0.25 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.79 (ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.79 แสดงตำแหน่งหนามเตยสำหรับเพชรเม็ดยอ (ก) ระยะการปิดเข้าไปในหน้าเพชร (ข)

4.6.3 ผลการวิเคราะห์หาตัวแปรและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาโมดูลในการจัดเรียงอัญมณีแบบอัตโนมัติ

จากการศึกษาวิธีการวาดแบบโมเดลเครื่องประดับแหวนและทำการทดลองวาดรูปทรงเครื่องประดับแหวนนี้ จึงได้พารามิเตอร์สำหรับกำหนดขอบเขตของการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนและการจัดเรียงเพชรล้อมบนหน้าแหวนของรูปทรงเครื่องประดับแหวนล้อมทั้ง 4 รูปแบบตามที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดพารามิเตอร์ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

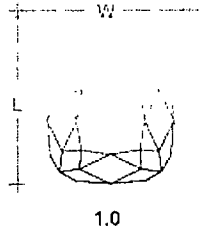
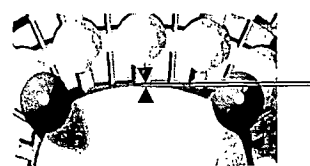
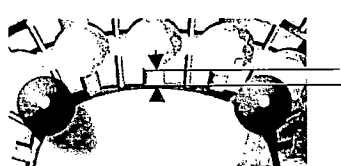
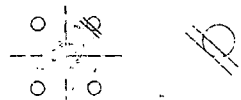
ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงตัวแปร พารามิเตอร์ และสัญลักษณ์จากการศึกษาการวาดรูปทรงเครื่องประดับแหวนและการจัดเรียงเพชรล้อมบนหน้าแหวน

ลำดับ	ตัวแปรและพารามิเตอร์	สัญลักษณ์
1	ขนาดเพชรเม็ดยอด	D
2	ขนาดเพชรเม็ดล้อม	d
3	รูปร่างเม็ดยอด	
	- Round Cut	SR
	- Cushion Cut	SC
4	จำนวนของเพชรล้อม	N
5	ระยะห่างระหว่างเพชรล้อม	g
6	ระยะห่างระหว่างขอบเพชรเม็ดยอดกับขอบโลหะ	R1
7	ระยะห่างระหว่างขอบโลหะกับขอบเพชรเม็ดล้อม	R2
8	ขนาดหนามเตยเม็ดยอด	SP _n
9	จำนวนหนามเตยของเพชรเม็ดยอด	NP
10	จำนวนชั้นเพชรล้อม	L _n
11	ขนาดไขปลา	S _s
12	ระยะห่างระหว่างชั้น	RX _n
13	ขนาดความกว้างของเนื้อโลหะ	W _n
14	ขนาดความสูงของเนื้อโลหะ	H _n
15	จำนวนคัทเตอร์	NC
16	ขนาดคัทเตอร์ชั้นที่ 1	DC1
17	ขนาดคัทเตอร์ชั้นที่ 2	DC2
18	ขนาดคัทเตอร์ชั้นที่ 3	DC3
19	ขนาดคัทเตอร์ชั้นที่ 4	DC4
20	ระยะห่างระหว่าง Culet เพชรล้อมกับขอบโลหะ	RY

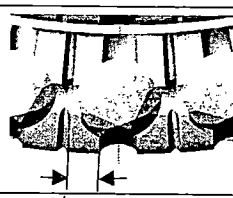
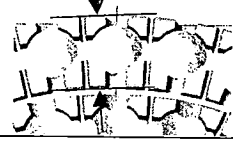
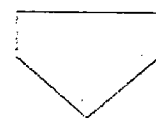
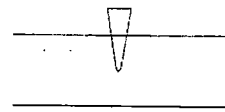
4.6.4 ผลการเก็บข้อมูลตัวอย่างของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา

หลังจากกำหนดตัวแปรและพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการออกแบบระบบการจัดเรียงเพชรล้อมแบบอัตโนมัตินี้จึงได้ทำการศึกษาหาค่าพารามิเตอร์โดยการเก็บข้อมูลจากการออกแบบเครื่องประดับแหวนจากทางบริษัท คริสตี้เจมส์ จำกัด โดยแสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าพารามิเตอร์ที่เป็นตัวกำหนดการขอบเขตในการออกแบบระบบจัดเรียงเพชรล้อมแบบอัตโนมัติ

ลำดับ	พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์	หน่วย	รูปภาพตัวอย่าง
1	ขนาดและรูปร่างเพชรเม็ดยอด			
	- Round	3.5 - 10	มิลลิเมตร	
	- Cushion ศึกษาเฉพาะ Cushion แบบ $L \div W = 1.0$ (Length to Width Ratio)	3.5 - 10	มิลลิเมตร	
2	ขนาดเพชรล้อม	0.8-2.0	มิลลิเมตร	
3	จำนวนของเพชรล้อม	จำนวนคู่ เช่น 16,18, 20	เม็ด	
4	ระยะห่างระหว่างเพชรล้อม	0.2 - 0.35	มิลลิเมตร	
5	ระยะห่างระหว่างขอบเพชรเม็ดยอดกับขอบโลหะ	0.05	มิลลิเมตร	
6	ระยะห่างระหว่างขอบโลหะกับขอบเพชรเม็ดล้อม	0.2	มิลลิเมตร	
7	ขนาดหนามเตยเม็ดยอด	ไม่น้อยกว่า 0.8	มิลลิเมตร	
8	จำนวนหนามเตยของเพชรเม็ดยอด	4	หนามเตย	
9	ระยะที่หนามเตยปิดเข้าไปในหน้าเพชร	ไม่เกิน 0.25	มิลลิเมตร	

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ลำดับ	พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์	หน่วย	รูปภาพตัวอย่าง
10	จำนวนชั้นเพชรล้อม	1 – 2	ชั้น	
11	ขนาดไขปลา	0.35 – 0.55	มิลลิเมตร	
12	ขนาดความกว้างของเนื้อโลหะ	$d + (0.2 \times 2)$	มิลลิเมตร	
13	จำนวนคัทเตอร์	4	ชั้น	
14	ลักษณะคัทเตอร์ชั้นที่ 1	ขนาดอ้างอิงตามขนาดเพชรล้อม	-	
15	ลักษณะคัทเตอร์ชั้นที่ 2	ขนาดอ้างอิงตามขนาดเพชรล้อม	-	
16	ลักษณะคัทเตอร์ชั้นที่ 3	- ขนาดอ้างอิงตามขนาดเพชรล้อม - ความลึกประมาณ 70% ของความสูงของเพชรล้อม	-	
17	ลักษณะคัทเตอร์ชั้นที่ 4	- ขนาดอ้างอิงตามขนาดเพชรล้อม - รัศมีความโค้งที่ปลายคัทเตอร์ประมาณ 0.1 - 0.2 มิลลิเมตร	มิลลิเมตร	
18	ระยะห่างของ Culet เพชรล้อมกับหน้าตัดของหน้าแหวน	ไม่น้อยกว่า 0.5	มิลลิเมตร	

จากการศึกษาทดลองวาดรูปทรงเครื่องประดับแหวนและจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมบนหน้าแหวนสำหรับโมดูลที่ 2 และผลการเก็บข้อมูลดังตารางที่ 4.8 จึงสามารถสรุปพารามิเตอร์และเงื่อนไขสำหรับการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนและจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมบนหน้าแหวน ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ตารางสรุปพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาโมดูลที่ 2

ลำดับ	พารามิเตอร์	ตัวแปร	ขอบเขต	หน่วย	หมายเหตุ
1	ขนาดเส้นรอบวงของวงแหวนภายใน	R_{I1}	$41 \leq R_{I1} \leq 73$	มิลลิเมตร	
2	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงแหวนภายใน	R_{I2}	$13 \leq R_{I2} \leq 23$	มิลลิเมตร	
3	รูปร่างอัญมณีเม็ดยอด	R_{G1}	$R_{G1} = \{1,2\}$	-	1 = รูปร่างกลม 2 = รูปร่างคุชชั่น
4	รูปร่างอัญมณีเม็ดล้อม	R_{G2}	$R_{G2} = 1$	-	1 = รูปร่างกลม
5	ขนาดอัญมณีเม็ดยอด	D	$3.5 \leq D \leq 10$	มิลลิเมตร	
6	ขนาดอัญมณีเม็ดล้อม	d	$0.8 \leq d \leq 2.0$	มิลลิเมตร	
7	ระยะห่างระหว่างอัญมณีเม็ดล้อม	g	$0.2 \leq g \leq 0.35$	มิลลิเมตร	
8	จำนวนชั้นของการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม	L_n	$1 \leq L_n \leq 2$	ชั้น	
9	รูปทรงตัวเรือนเครื่องประดับแหวน	M	$M = \{1,2\}$	-	1 = รูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 1 2 = รูปทรงเครื่องประดับแหวนรูปแบบที่ 2
10	จำนวนอัญมณีเม็ดล้อม	N	N = จำนวนเลขคู่	เม็ด	
11	ระยะห่างระหว่างขอบอัญมณีเม็ดยอดกับขอบโลหะ	R1	$R1 = 0.05$	มิลลิเมตร	
12	ระยะห่างระหว่างขอบโลหะกับขอบอัญมณีเม็ดล้อม	R2	$R2 = 0.2$	มิลลิเมตร	
13	ขนาดหนามเตยเม็ดยอด	SP_n	$SP_n \geq 0.8$	มิลลิเมตร	
14	จำนวนของหนามเตย	NP	$NP = 4$	หนามเตย	

ตาราง 4.9 (ต่อ)

ลำดับ	พารามิเตอร์	ตัวแปร	ขอบเขต	หน่วย	หมายเหตุ
15	รูปแบบของคัทเตอร์	NC	$NC = \{1,2,3,4\}$	รูปแบบ	1 = คัทเตอร์ขึ้นที่ 1 2 = คัทเตอร์ขึ้นที่ 2 3 = คัทเตอร์ขึ้นที่ 3 4 = คัทเตอร์ขึ้นที่ 4
16	ขนาดของไขปลา	S_s	$0.35 \leq S_s \leq 0.55$	มิลลิเมตร	
17	ระยะห่างระหว่างชั้น	RX_n	$RX_n = 0.05$	มิลลิเมตร	
18	ระยะห่างระหว่าง Culet สัมพันธ์กับขอบโลหะ	RY	$RY \geq 0.5$	มิลลิเมตร	

4.6.5 ผลศึกษาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโมดูลการจัดเรียงอัญมณีแบบอัตโนมัติ

จากการศึกษาการจัดเรียงเพชรล้อมบนหน้าแหวนซึ่งมีเพชรเม็ดยอดที่มีขนาดและรูปร่างที่แตกต่างกัน สามารถอธิบายข้อมูลนำเข้าของระบบ (Input) และความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ในการจัดเรียงเพชรล้อม ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

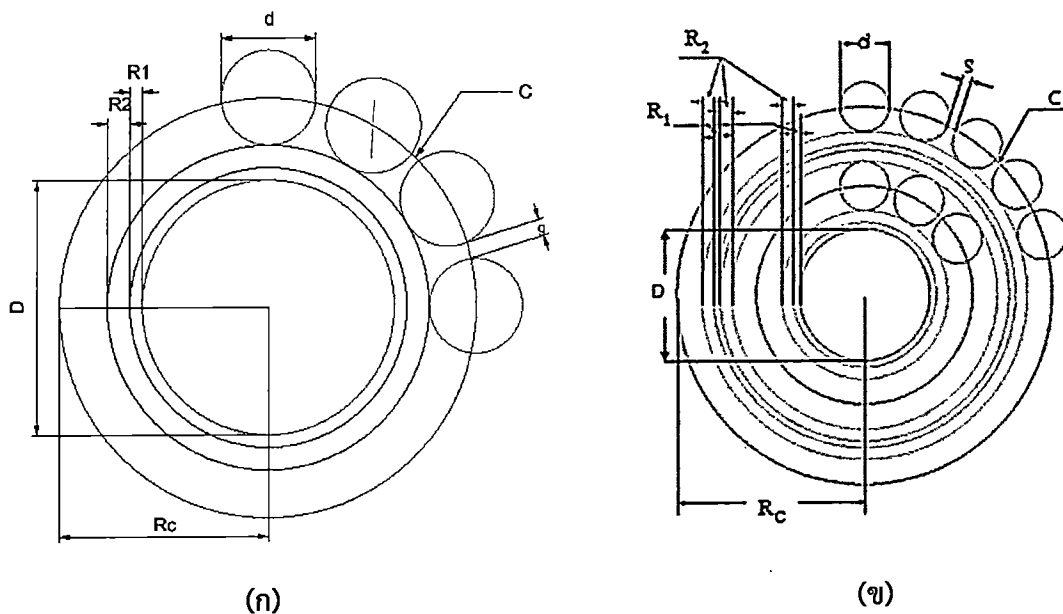
1) ข้อมูลนำเข้าระบบ (Input)

- 1.1) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพชรเม็ดยอด
- 1.2) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพชรล้อม

2) ความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของการเพชรล้อมบนหน้าแหวน

ในความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของการจัดเรียงเพชรล้อมบนหน้าแหวนตามรูปทรงและขนาดของเพชรเม็ดยอดที่เปลี่ยนแปลงไป จากการเก็บข้อมูลสามารถอธิบายความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ ได้แก่ ความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของเพชรเม็ดยอดแบบ Round Cut และ Cushion Cut แบบ 1 ชั้น และ 2 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 4.80 และ 4.81 ตามลำดับ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1) ความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของเพชรเม็ดยอดแบบ Round Cut



รูปที่ 4.80 แสดงลักษณะการจัดเรียงเพชรล้อมแบบ Round Cut (ก) แบบ 1 ชั้น และ (ข) แบบ 2 ชั้น

สมการ

$$N = C / (d + g) \quad (1)$$

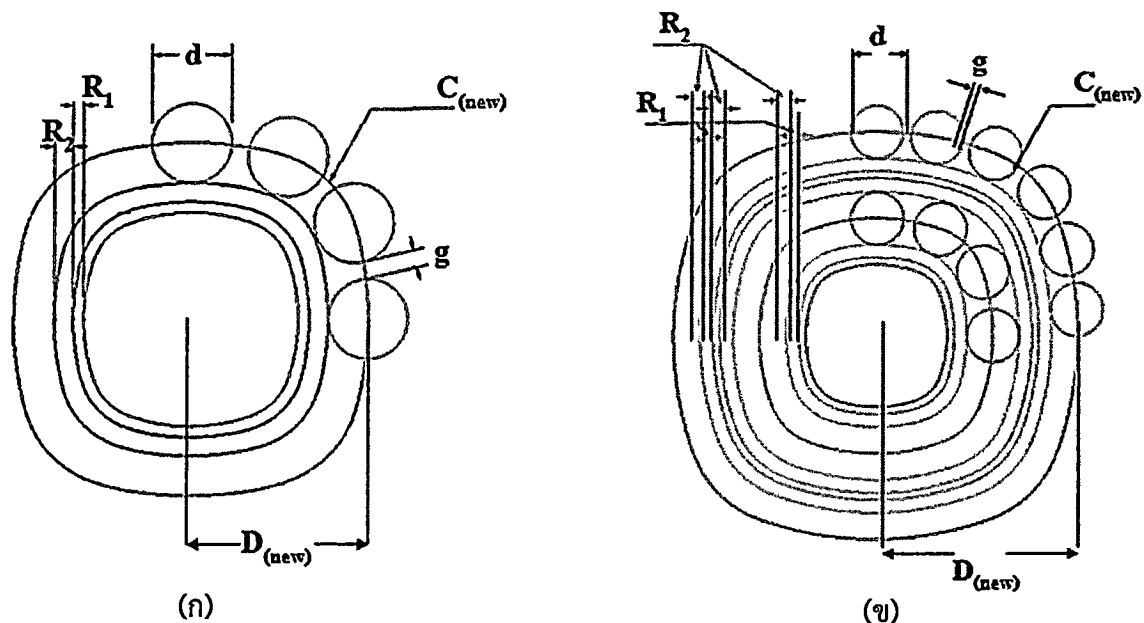
$$C = 2\pi R_C \quad (2)$$

$$R_C = (R_D) + R_1 + R_2 + (R_d) \\ \text{หรือ } (D/2) + R_1 + R_2 + (d/2) \quad (3)$$

สำหรับการล้อมแบบ 2 ชั้น จะเปลี่ยนจากสมการที่ (3) เป็น สมการที่ (4)

$$R_C = (R_D) + 2R_1 + 3R_2 + (3R_d) \\ \text{หรือ } (D/2) + 2R_1 + 3R_2 + 3(d/2) \quad (4)$$

2.2) ความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของเพชรเม็ดยอดแบบ Cushion Cut



รูปที่ 4.81 แสดงลักษณะการจัดเรียงเพชรล้อมแบบ Cushion Cut (ก) แบบ 1 ชั้น และ (ข) แบบ 2 ชั้น

สมการ

$$N = C_{(new)} / (d + g) \quad (5)$$

$$C_{(new)} = C_{(old)} \times a \quad (6)$$

$$a = D_{(new)} / D_{(old)} \quad (7)$$

$$D_{(new)} = R + R_1 + R_2 + R_d \quad (8)$$

สำหรับการล้อมแบบ 2 ชั้น จะเปลี่ยนจากสมการที่ (8) เป็น สมการที่ (9)

$$D_{(new)} = R + 2R_1 + 3R_2 + 3R_d \quad (9)$$

โดยที่

$$N = \{\text{จำนวนเลขคู่}\}$$

$$0.2 \leq g \leq 0.35$$

$$3.5 \leq D \leq 10$$

$$0.8 \leq d \leq 2$$

$$R_1 = 0.05$$

$$R_2 = 0.2$$

N	คือ	จำนวนเพชรล้อม
g	คือ	ระยะห่างระหว่างเพชรเม็ดล้อม
D	คือ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหรือความกว้างของเพชรเม็ดยอด
d	คือ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพชรล้อม
C	คือ	เส้นรอบวงสำหรับกำหนดการจัดเรียงเพชรล้อม หรือความยาวของเส้นโค้ง
R_0	คือ	รัศมีของขนาดเพชรเม็ดยอดที่ต้องการ
R_c	คือ	รัศมีของเส้นรอบวงสำหรับกำหนดการจัดเรียงเพชรล้อม
R_d	คือ	รัศมีของเพชรล้อม
R_1	คือ	ระยะห่างระหว่างขอบเพชรเม็ดยอดกับขอบโลหะ
R_2	คือ	ระยะห่างระหว่างขอบโลหะกับขอบเพชรล้อม
R	คือ	ความกว้างครึ่งหนึ่งของรูปทรงคุชชั่นที่ต้องการ
$C_{(new)}$	คือ	เส้นรอบวงสำหรับกำหนดการจัดเรียงเพชรล้อม หรือความยาวของเส้นโค้งรูปทรงคุชชั่น
$C_{(old)}$	คือ	ขนาดของเส้นรอบรูปของรูปทรงคุชชั่นเริ่มต้น
a	คือ	อัตราส่วนของความกว้างของรูปทรงคุชชั่น
$D_{(new)}$	คือ	ผลรวมของความกว้างครึ่งหนึ่งของรูปทรงคุชชั่นที่ต้องการ (R), ระยะห่างระหว่างขอบเพชรเม็ดยอดกับขอบโลหะ (R_1), ระยะห่างระหว่างขอบโลหะกับขอบเพชรล้อม (R_2), รัศมีของเพชรล้อม (R_d)
$D_{(old)}$	คือ	ความกว้างครึ่งหนึ่งของรูปทรงคุชชั่นเริ่มต้น

จากสมการทางคณิตศาสตร์ข้างต้นของแบบจำลองการจัดเรียงเพชรล้อมรอบเพชรยอดแบบ Round Cut และ Cushion Cut สามารถอธิบายได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณหาระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของเพชรเม็ดยอดกับเส้นรอบรูปของการจัดเรียงเพชรล้อม (R_c) สามารถคำนวณได้จากผลรวมของรัศมีของเพชรเม็ดยอด (R_0) รัศมีของเพชรล้อม (R_d) ระยะห่างระหว่างขอบเพชรเม็ดยอดกับขอบโลหะ (R_1) และระยะห่างระหว่างขอบโลหะกับขอบเพชรล้อม (R_2) ดังแสดงในสมการ 3 และ 7

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาความยาวเส้นรอบรูป (C) สำหรับการจัดเรียงเพชรเม็ดล้อมโดยคำนวณจากผลลัพธ์ของระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของเพชรเม็ดยอดกับเส้นรอบรูปของการจัดเรียงอัญมณี (R_c) แทนค่าในสมการที่ 2 และ 5

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณหาจำนวนเพชรล้อม (N) โดยคำนวณจากความยาวของเส้นรอบรูป (C) จากขั้นตอนที่ 2 หาดด้วยระยะของเพชรล้อมเริ่มต้น (ระยะห่างน้อยที่สุดโดยค่า $g=0.2$ mm) รวมกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพชรล้อมดังในสมการที่ 1 และ 4

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณหาระยะห่างของเพชรเม็ดล้อมใหม่สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 และ 4

ขั้นตอนที่ 5 ทำการจัดเรียงเพชรเม็ดล้อมบนหน้าแหวน

4.6.6 ผลการศึกษาทฤษฎีในด้าน Design Optimization เพื่อใช้ในการจัดเรียงเพชรล้อมให้ได้ระยะห่างตามช่วงที่ต้องการ

จากการศึกษาพฤติกรรมและเงื่อนไขในการจัดเรียงเพชรล้อมสำหรับเพชรเม็ดยอดที่มีรูปร่างแบบ Round และ Cushion โดยมีการจัดเรียงเพชรล้อมทั้งแบบหนึ่งชั้นและสองชั้นโดยเบื้องต้นพบว่าในการทำ Optimization ของระยะห่างของเพชรล้อมไม่จำเป็นต้องใช้วิธีการคำนวณขั้นสูงแต่สามารถใช้การศึกษาความเป็นไปได้ของ Inputs ที่โมดูลคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณระยะห่างระหว่างเพชรล้อม ซึ่งได้แก่ขนาดของเพชรเม็ดยอดขนาดของเพชรล้อมระยะห่างตั้งต้นของเพชรล้อมประกอบกับการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ในการหาค่าเหมาะที่สุดตามเงื่อนไขในการคำนวณ

4.6.7 ผลการแก้ไขและปรับปรุงโมดูลที่ 2

จากการได้ทดลองใช้งานโมดูลที่ 2 นี้โดยบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด ซึ่งคณะผู้วิจัยได้รับข้อเสนอแนะเพิ่มเติม และทำการแก้ไขปรับปรุงจากระบบเดิม ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.84 โดยทำการเพิ่มส่วนของข้อมูลนำเข้าซึ่งประกอบด้วย ความหนาและความกว้างของตัวเรือน และความสูงระหว่างหน้าแหวนกับตัวเรือน และทำการเปลี่ยนแปลงการกำหนดขนาดของเบอร์แหวน (Ring Size) โดยแก้ไขจากการที่ให้ผู้ใช้งานระบุเป็นเส้นรอบวงของวงแหวนเป็นการให้ผู้ใช้งานระบุเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางแทนเพื่อให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้จริง นอกจากนี้ยังเพิ่มทางเลือกให้ผู้ใช้งานสามารถระบุขนาดของแหวนที่ต้องการเป็นขนาดมาตรฐาน US และ Japan ตามที่ลูกค้านิยมใช้ในการสั่งซื้อได้ด้วยเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.85

4.6.8 หลักการทำงานของโมดูลที่ 2

โมดูลนี้ทำหน้าที่สร้างตัวเรือนเครื่องประดับแหวนและจัดเรียงอัญมณีบนหน้าแหวนโดยอัตโนมัติ ซึ่งรูปแบบแหวนของโมดูลนี้จะเป็นรูปแบบแหวนเพชรที่มีลักษณะเฉพาะในการฝัง (Setting) อัญมณี สามารถจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมบนหน้าแหวน เฉพาะอัญมณีเม็ดยอดลักษณะรูปร่างกลม (Round Cut) และรูปร่างคุชชั่น (Cushion Cut) โดยการใช้อัญมณีเม็ดล้อมเป็นรูปร่างกลม (Round Cut) เท่านั้น ลักษณะการล้อมคล้ายวงแหวน (Halo) แบบ 1 ชั้น และ 2 ชั้น และเพื่อให้เกิดความสวยงาม จำนวนอัญมณีเม็ดล้อมจะกำหนดให้เป็นจำนวนคู่เท่านั้น ซึ่งในโมดูลนี้จะแบ่งระบบการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ส่วนของข้อมูลนำเข้าระบบ

- 1) ขนาดของวงแหวน
- 2) รูปร่างของอัญมณีเม็ดยอด
- 3) ขนาดของอัญมณีเม็ดยอด
- 4) ขนาดของอัญมณีเม็ดล้อม
- 5) ขนาดของความหนาและความกว้างของก้านแหวน
- 6) ขนาดของความสูงระหว่างหน้าแหวนกับก้านแหวน

ส่วนที่ 2 ส่วนของระบบ

ระบบทำหน้าที่ประมวลผลการทำงานจากข้อมูลนำเข้าที่ผู้ใช้งานกำหนดไว้ จากนั้นระบบคำนวณระยะห่างระหว่างอัญมณีเม็ดล้อม ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ระบบจะแสดงผู้ใช้งานทำการพิจารณาเลือกจัดเรียงอัญมณีบนหน้าแหวน ต่อมาระบบทำการสร้างตัวเรือนเครื่องประดับแหวน อัญมณีเม็ดยอด อัญมณีเม็ดล้อมและคัทเตอร์โดยอัตโนมัติ หลังจากนั้นระบบทำการแสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติที่ได้บนโปรแกรม Rhinoceros 5.0 เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำไฟล์ของรูปทรง

เครื่องประดับแหวนที่ได้ไปตกแต่งเพิ่มเติมหรือนำไปเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป ซึ่งตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้แสดงในรูปที่ 4.55 – 4.58

4.6.9 ขั้นตอนการทำงานของโมดูลที่ 2

โมดูลนี้ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานทั้งหมด 16 ขั้นตอน สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้ และแสดงในรูปที่ 4.85

ขั้นตอนที่ 1 ระบบแสดงหน้าต่างอินเทอร์เน็ตเพื่อให้ผู้ใช้งานเลือกรูปทรงเครื่องประดับแหวนตามความต้องการ

ขั้นตอนที่ 2 ผู้ใช้งานทำการเลือกแนวทางการระบุขนาดหรือเบอร์ของวงแหวน ซึ่งประกอบด้วย 3 ทางเลือก ได้แก่

ทางเลือกที่ 1 เลือกขนาดวงแหวนตามขนาดมาตรฐาน คือ มาตรฐาน US หรือ มาตรฐาน Japan

ทางเลือกที่ 2 ระบบกำหนดค่าเผื่อขนาดของวงแหวน คือ ระบบมีการเผื่อขนาดของวงแหวน ประกอบด้วย มาตรฐาน Japan จะทำการเผื่อขนาดของวงแหวนเท่ากับหนึ่งเบอร์ของวงแหวน และมาตรฐาน US จะเผื่อขนาดของวงแหวนเท่ากับครึ่งเบอร์ของวงแหวน

ทางเลือกที่ 3 ผู้ใช้งานระบุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของวงแหวน อยู่ในช่วง 13.05 - 22.92 มิลลิเมตร

ขั้นตอนที่ 3 ผู้ใช้งานทำการเลือกรูปร่างอัญมณีเม็ดยอดตามความต้องการ ซึ่งประกอบด้วยรูปร่างกลม (Round Cut) และรูปร่าง Cushion Cut

ขั้นตอนที่ 4 ผู้ใช้งานทำการระบุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอัญมณีเม็ดยอดหรือระบุขนาดความกว้างของอัญมณีเม็ดยอดอยู่ในช่วง 3.50-10.0 มิลลิเมตร

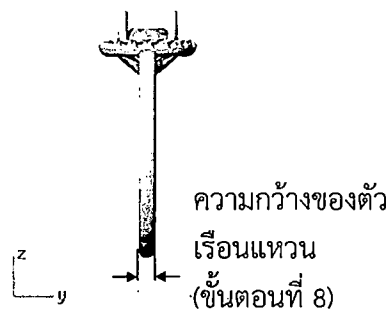
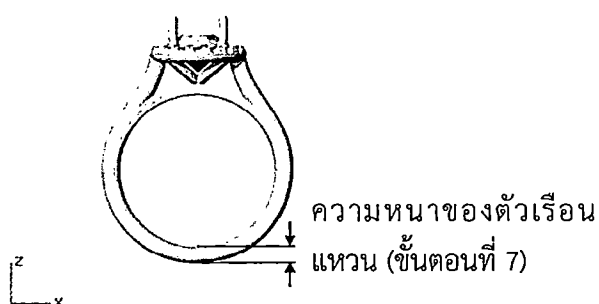
ขั้นตอนที่ 5 ผู้ใช้งานระบุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอัญมณีเม็ดล้อมอยู่ในช่วง 0.8 - 2.0 มิลลิเมตร

ขั้นตอนที่ 6 ผู้ใช้งานทำการระบุจำนวนชั้นที่ต้องการการจัดเรียงอัญมณี

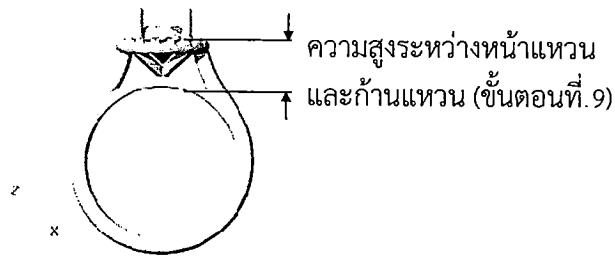
ขั้นตอนที่ 7 ผู้ใช้งานระบุขนาดความหนาของตัวเรือนเครื่องประดับแหวน ดังแสดงในรูปที่ 4.82

ขั้นตอนที่ 8 ผู้ใช้งานระบุขนาดความกว้างของตัวเรือนเครื่องประดับแหวน ดังแสดงในรูปที่ 4.82

ขั้นตอนที่ 9 ผู้ใช้งานระบุขนาดความสูงระหว่างหน้าแหวนและก้านแหวน ดังแสดงในรูปที่ 4.83



รูปที่ 4.82 แสดงลักษณะของข้อมูลนำเข้าในขั้นตอนที่ 6 และ 7



รูปที่ 4.83 แสดงลักษณะของข้อมูลนำเข้าในขั้นตอนที่ 8

ขั้นตอนที่ 10 ผู้ใช้งานเลือกแนวทางระบุค่าเผื่อขนาดของชิ้นงาน เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตเครื่องประดับแหวน ประกอบด้วย 2 ทางเลือก ได้แก่

ทางเลือกที่ 1 Default คือ ระบบกำหนดค่าความเผื่อขนาดของชิ้นงานเท่ากับ 0.2 มิลลิเมตร

ทางเลือกที่ 2 ผู้ใช้งานระบุค่าความเผื่อขนาดของชิ้นงานตามความต้องการ ระหว่างการระบุค่าเผื่อแบบมิลลิเมตรและแบบค่าเปอร์เซ็นต์

ขั้นตอนที่ 11 จากขั้นตอนที่ 10 ถ้าผู้ใช้งานเลือกระบุค่าเผื่อขนาดของชิ้นงานเท่ากับ 0.2 มิลลิเมตร หรือเลือกระบุค่าเองในหน่วยมิลลิเมตร จากนั้นระบบจะให้ทำการกำหนดขนาดของหนามเตยของอัญมณีเม็ดยอด ประกอบด้วย 2 ทางเลือก ได้แก่

ทางเลือกที่ 1 ระบบทำการกำหนดขนาดของหนามเตยให้โดยอัตโนมัติ

ทางเลือกที่ 2 ผู้ใช้งานระบุขนาดของหนามเตยตามความต้องการ และทำการระบุค่าเผื่อขนาดของหนามเตยแบบมิลลิเมตร

ขั้นตอนที่ 12 ระบบทำการรับข้อมูลนำเข้าทั้งหมดและทำการประมวลผลโดยคำนวณจำนวนของอัญมณีเม็ดล้อมและระยะห่างระหว่างอัญมณีเม็ดล้อม

ขั้นตอนที่ 13 ระบบแสดงหน้าต่างแสดงผลลัพธ์และทางเลือกสำหรับการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม ซึ่งประกอบด้วย 2 กรณี ได้แก่

กรณีที่ 1 ทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมและระยะห่างระหว่างอัญมณีเม็ดล้อมตามที่ระบบคำนวณ โดยที่ระยะห่างระหว่างเพชรล้อมอยู่ในช่วง 0.20-0.35 มิลลิเมตร

กรณีที่ 2 ทำการปรับระยะห่างของอัญมณีเม็ดล้อมใหม่ โดยการเพิ่มระยะห่างอัญมณีเม็ดยอดและขอบของเนื้อโลหะหน้าแหวน โดยทำการจะปรับเพิ่มค่าครั้งละ 0.01 มิลลิเมตรจนกว่าจะได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน

ขั้นตอนที่ 14 ระบบทำการสร้างอัญมณีเม็ดยอดและเม็ดล้อม คัทเตอร์ และตัวเรือน

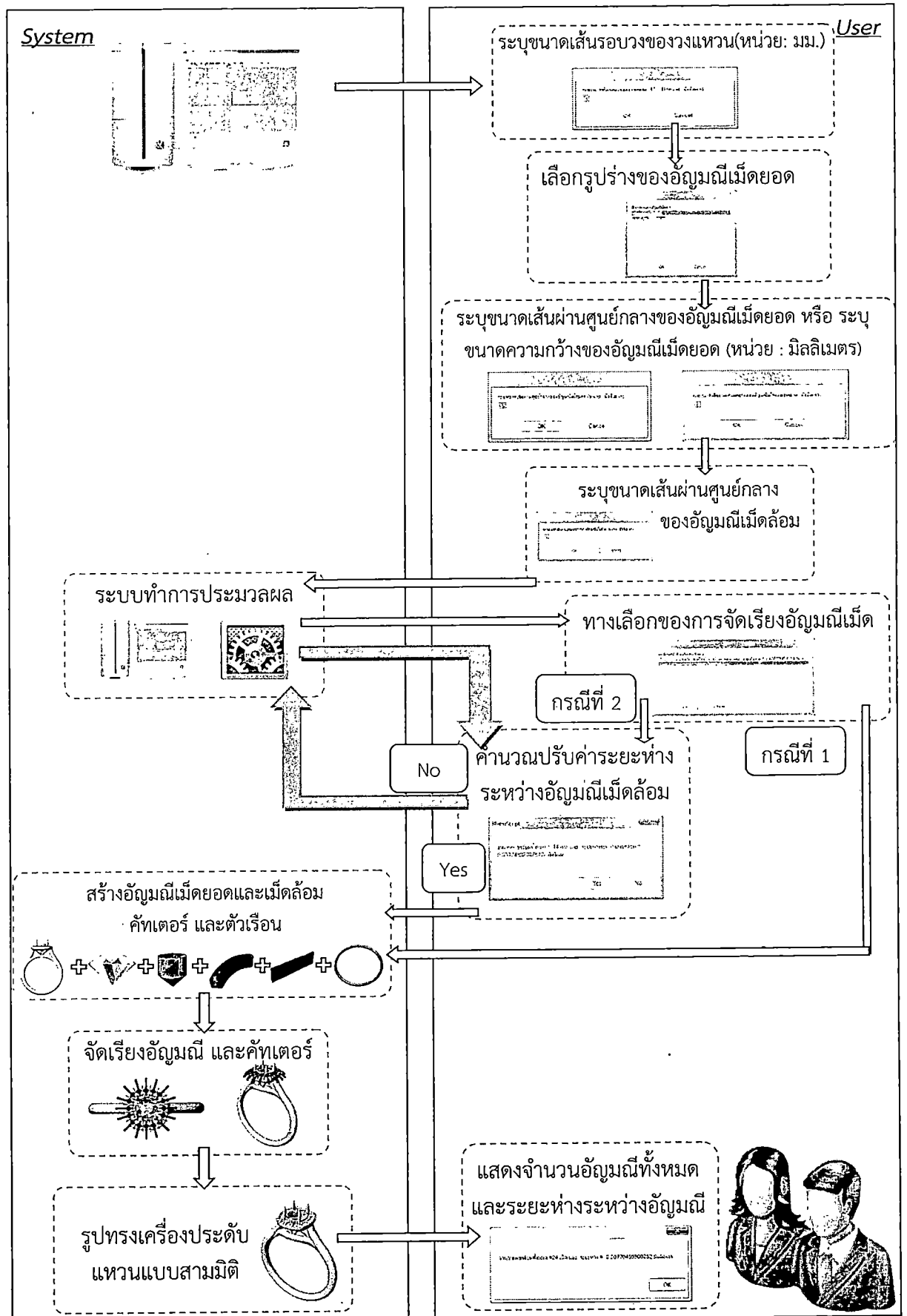
ขั้นตอนที่ 15 ระบบทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมและคัทเตอร์ หลังจากนั้นระบบทำการเจาะเนื้อโลหะสำหรับฝังอัญมณีเม็ดล้อมด้วยคัทเตอร์ทั้ง 4 คัทเตอร์ โดยอัตโนมัติ

ขั้นตอนที่ 16 ระบบทำการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติเสร็จสมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 17 ระบบแสดงหน้าต่างเพื่อบอกถึงจำนวนอัญมณีเม็ดล้อมทั้งหมดและระยะห่างระหว่างอัญมณีเม็ดยอดให้กับผู้ใช้งาน

4.6.10 ข้อจำกัดของโมดูลที่ 2

- ตัวเรือนและหน้าแหวนมีรูปแบบเฉพาะที่ระบบสร้างขึ้นเท่านั้น



รูปที่ 4.84 แสดงขั้นตอนการทำงานของโมดูลที่ 2 ก่อนแก้ไขและปรับปรุงระบบ

4.7 ผลการพัฒนาโมดูลที่ 3 โมดูลเพื่อช่วยในการจัดเรียงอัญมณีบนหน้าแหวนของเครื่องประดับแหวนเพชรแบบอัตโนมัติ กรณีศึกษาของบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด

โมดูลนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยในการจัดเรียงอัญมณีบนหน้าแหวนแบบอัตโนมัติ กรณีศึกษารูปแบบแหวนเพชรของ บริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด เพื่อให้ได้ตัวเรือนเครื่องประดับแหวนตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานที่สร้างขึ้นเอง นอกจากนี้ยังช่วยลดเวลาในการสร้างคัทเตอร์ของเพชรเม็ดล้อมในการจัดเรียงบนหน้าแหวนแบบอัตโนมัติอีกด้วยเช่นกัน

4.7.1 ผลการศึกษาเงื่อนไขและวิธีการในการจัดเรียงเพชรล้อมบนหน้าแหวน

ในการพัฒนาโมดูลนี้ มีวิธีการออกแบบระบบการจัดเรียงอัญมณีที่มีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกันกับการจัดเรียงอัญมณีบนหน้าแหวนที่ใช้ในการพัฒนาโมดูลที่ 2 โมดูลเครื่องประดับแหวนประดับด้วยเพชรซึ่งสามารถศึกษาได้จากหัวข้อที่ 4.6.2 ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

4.7.2 ผลการวิเคราะห์หาตัวแปรและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาโมดูลที่ 3

จากการศึกษาและทดลองจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมบนหน้าแหวนสำหรับโมดูลที่ 3 จึงได้พารามิเตอร์และเงื่อนไขสำหรับการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมบนหน้าแหวน ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ตารางสรุปพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาโมดูลที่ 3

ลำดับ	พารามิเตอร์	ตัวแปร	ขอบเขต	หน่วย	หมายเหตุ
1	รูปร่างอัญมณีเม็ดยอด	R_{G1}	$R_{G1} = \{1,2\}$	-	1 = รูปร่างกลม 2 = รูปร่างคุชชั่น
2	รูปร่างอัญมณีเม็ดล้อม	R_{G2}	$R_{G2} = 1$	-	1 = รูปร่างกลม
3	ขนาดอัญมณีเม็ดล้อม	R_{SG2}	$0.8 \leq R_{SG2} \leq 2.0$	มิลลิเมตร	
4	ระยะห่างระหว่างอัญมณีเม็ดล้อม	g	$0.1 \leq g \leq 0.35$	มิลลิเมตร	
5	รูปแบบของคัทเตอร์	NC	$NC = \{1,2,3,4\}$	-	1 = คัทเตอร์ชั้นที่ 1 2 = คัทเตอร์ชั้นที่ 2 3 = คัทเตอร์ชั้นที่ 3 4 = คัทเตอร์ชั้นที่ 4

4.7.3 หลักการทำงานของโมดูลที่ 3

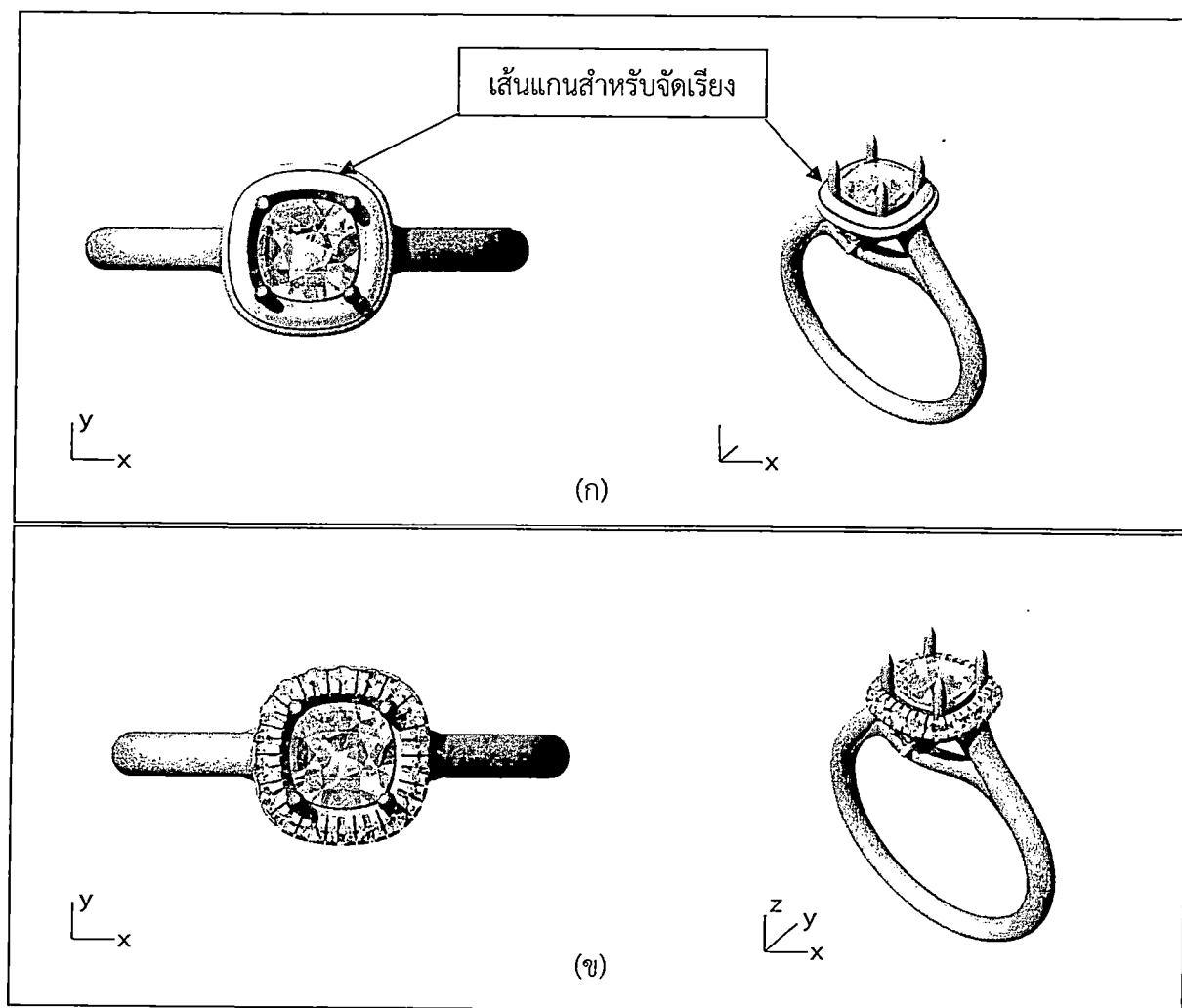
โมดูลนี้ทำหน้าที่จัดเรียงอัญมณีโดยอัตโนมัติบนหน้าแหวนเท่านั้น ซึ่งสามารถจัดเรียงอัญมณีเม็ดกลมบนหน้าแหวน เฉพาะอัญมณีเม็ดยอต์ลักษณะรูปร่างกลม (Round Cut) และรูปร่าง Cushion Cut) ซึ่งผู้ใช้งานเป็นผู้สร้าง (Import) ตัวเรือนเครื่องประดับแหวนพร้อมเพชรเม็ดยอต์และกำหนดเส้นแกนที่ใช้ในการจัดเรียงอัญมณีด้วยตนเอง อัญมณีเม็ดกลมที่ใช้จัดเรียงจะเป็นอัญมณีรูปร่างกลม (Round Cut) และเพื่อให้เกิดความสวยงาม จำนวนอัญมณีเม็ดกลมจะกำหนดให้เป็นจำนวนคู่เท่านั้น โดยในโมดูลนี้จะแบ่งระบบการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ส่วนของข้อมูลนำเข้าระบบ

- 1) ตัวเรือนเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติ
- 2) เส้นแกนสำหรับจัดเรียงอัญมณีบริเวณหน้าแหวน
- 3) ขนาดของอัญมณีเม็ดกลม
- 4) ความต้องการในการสร้างคัทเตอร์

ส่วนที่ 2 ส่วนของระบบ

ระบบทำหน้าที่ประมวลผลการทำงานจากข้อมูลนำเข้าที่ผู้ใช้งานกำหนดไว้ หลังจากนั้นระบบทำการคำนวณระยะห่างระหว่างอัญมณีเม็ดกลม ซึ่งระยะห่างอยู่ในช่วง 0.20 - 0.35 มิลลิเมตร เป็นช่วงระยะห่างที่เหมาะสมและทำให้หน้าแหวนเกิดความสวยงาม จากนั้นระบบจะแสดงผลภาพจากการคำนวณโดยบอกถึงระยะห่างระหว่างอัญมณีเม็ดกลมและจำนวนของอัญมณีเม็ดกลมทั้งหมด จากนั้นระบบจะทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดกลมบนหน้าแหวนโดยอัตโนมัติและทำการแสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติที่ได้บนโปรแกรม Rhinoceros 5.0 เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำไฟล์ของรูปทรงเครื่องประดับแหวนที่ได้ไปตกแต่งเพิ่มเติมหรือเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป ซึ่งตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้แสดงในรูปที่ 4.86



รูปที่ 4.86 แสดงผลลัพธ์ของรูปทรงเครื่องประดับแหวนที่ได้จากการใช้งานโมดูลที่ 3

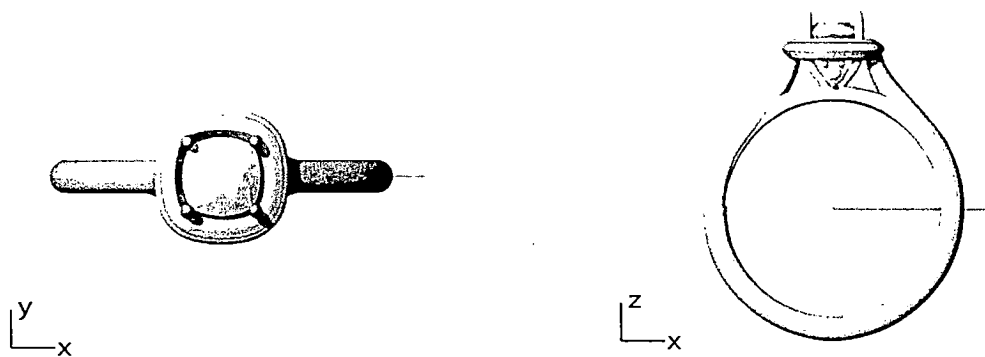
(ก) ตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนก่อนการใช้งานโมดูลที่ 3

(ข) ตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนหลังการใช้งานโมดูลที่ 3

4.7.4 ขั้นตอนการทำงานของโมดูลที่ 3

โมดูลนี้ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานทั้งหมด 8 ขั้นตอน สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้ และแสดงในรูปที่ 4.88

ขั้นตอนที่ 1 ผู้ใช้งานนำเข้ารูปทรงเครื่องประดับแหวนสามมิติในโปรแกรม Rhinoceros 5.0 และสร้างเส้นแกนสำหรับจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมบนหน้าแหวน โดยที่ผู้ใช้งานต้องเตรียมรูปทรงเครื่องประดับแหวนซึ่งจะต้องจัดวางหน้าแหวนให้อยู่บนแกน XY ส่วนของตัวเรือนอยู่บนจัดวางให้อยู่บนแกน XZ ดังแสดงในรูปที่ 4.87 จากนั้นผู้ใช้งานทำการเลือกใช้งานโมดูลที่ 3 ระบบจะแสดงข้อความบนหน้าต่าง Command ผู้ใช้งานทำการเลือกเส้นแกนและเลือกพื้นผิวของหน้าแหวนสำหรับจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อม ตามลำดับ

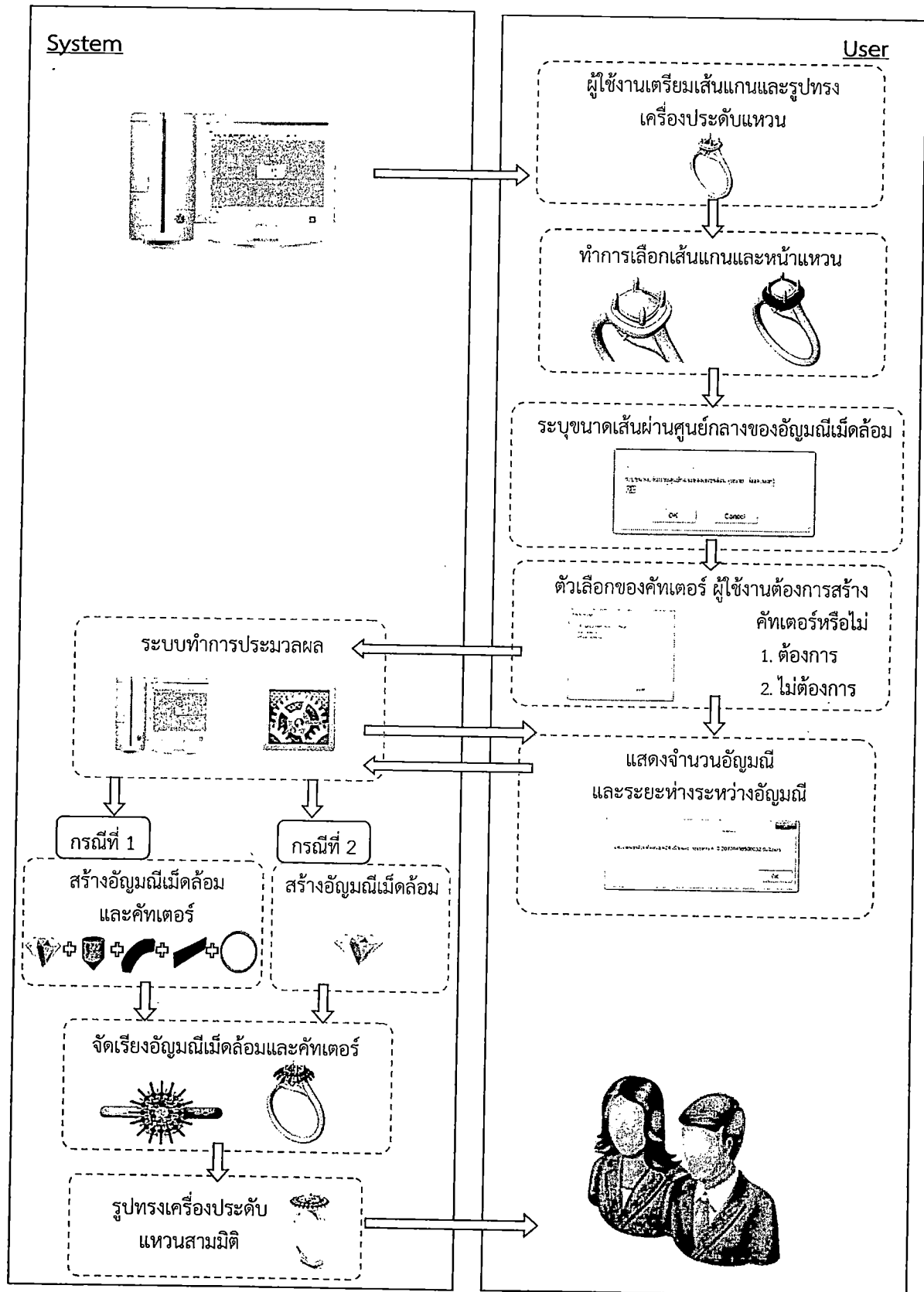


รูปที่ 4.87 แสดงตัวอย่างลักษณะตำแหน่งการจัดวางรูปทรงเครื่องประดับแหวนสามมิติ
บนโปรแกรม Rhinoceros 5.0

- ขั้นตอนที่ 2 ผู้ใช้งานระบุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 3 ผู้ใช้งานทำการเลือกตัวเลือกสำหรับการสร้างคัทเตอร์หรือไม่
- ขั้นตอนที่ 4 ระบบรับข้อมูลนำเข้าและทำการประมวลผล
- ขั้นตอนที่ 5 ระบบแสดงหน้าต่างการทำงาน เพื่อบอกถึงจำนวนและระยะห่างระหว่างอัญมณีเม็ดล้อม
- ขั้นตอนที่ 6 ระบบทำการสร้างอัญมณีเม็ดล้อมและคัทเตอร์ตามข้อมูลนำเข้าที่ผู้ใช้งานกำหนดไว้ในขั้นตอนก่อนหน้า
- ขั้นตอนที่ 7 ระบบทำการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมและคัทเตอร์ทั้งหมด และทำการเจาะเนื้อของหน้าแหวนสำหรับการฝังอัญมณีเม็ดล้อมด้วยคัทเตอร์ทั้งหมด
- ขั้นตอนที่ 8 ระบบทำการจัดเรียงอัญมณีบนหน้าแหวนเสร็จสมบูรณ์และแสดงผลลัพธ์บนโปรแกรม Rhinoceros 5.0

4.7.5 ข้อจำกัดของโมดูลที่ 3

- ผู้ใช้งานต้องเตรียมชิ้นงานตามแนวแกนที่ระบบกำหนดไว้เท่านั้น



รูปที่ 4.88 แสดงขั้นตอนการทำงานของโมดูลที่ 3

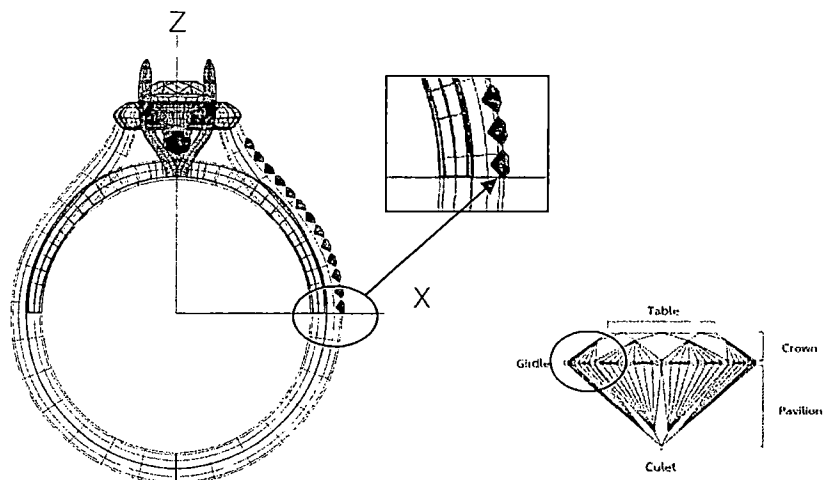
4.8 ผลการพัฒนาโมดูลที่ 4 โมดูลเพื่อช่วยในการจัดเรียงอัญมณีบนก้านแหวนโดยขนาดอัญมณีเท่ากัน กรณีศึกษาของบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด

โมดูลนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยในการจัดเรียงอัญมณีบนก้านแหวนโดยที่ขนาดของอัญมณีจะเท่ากันทั้งหมดทุกเม็ดบนก้านแหวนของตัวเรือนเครื่องประดับแหวนเพชร กรณีศึกษาของบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด เพื่ออำนวยความสะดวกในการประดับและตกแต่งเครื่องประดับแหวนให้เกิดความสวยงามมากยิ่งขึ้น

4.8.1 ผลการศึกษาเงื่อนไขและวิธีการในการจัดเรียงอัญมณีโดยขนาดอัญมณีเท่ากัน

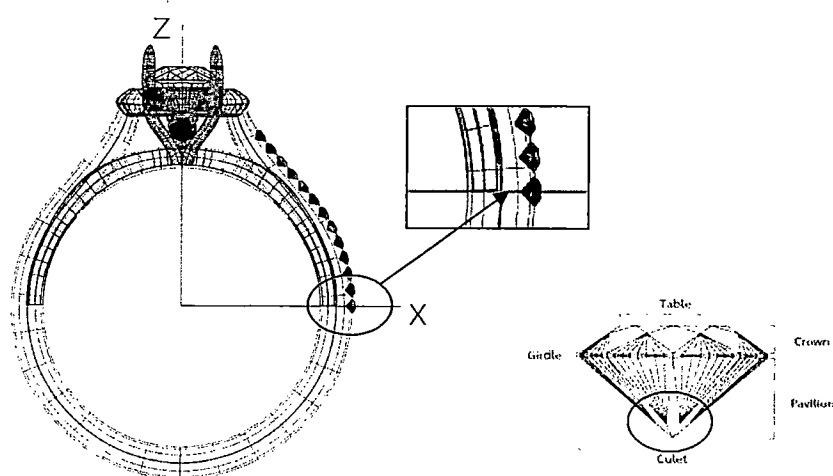
ในโมดูลนี้จะทำการจัดเรียงอัญมณีที่ก้านแหวนโดยที่อัญมณีที่ใช้จัดเรียงนั้นจะต้องมีขนาดเท่ากันทุกเม็ด ซึ่งจากการศึกษาโดยได้รับข้อมูลจากทางบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด นั้นพบว่า การจัดเรียงอัญมณีเพื่อประดับที่ก้านแหวน จะทำการจัดเรียงโดยมีหลักการอ้างอิงตำแหน่งของอัญมณีเม็ดสุดท้ายตามตำแหน่งของตัวเลขหน้าปัดนาฬิกา โดยตำแหน่งของอัญมณีเม็ดสุดท้ายจะอยู่ ณ ตำแหน่ง 3 นาฬิกา ซึ่งในการออกแบบนี้จะกำหนดให้เป็นตำแหน่งแนวแกน X โดยจะประกอบด้วย 2 ลักษณะที่แตกต่างกัน ดังนี้

- 1) การจัดเรียงโดยตำแหน่ง Girdle ของอัญมณี อยู่บนแนวแกน X ดังแสดงในรูปที่ 4.89



รูปที่ 4.89 แสดงตำแหน่งการจัดเรียงโดยอ้างอิงจากตำแหน่ง Girdle ของอัญมณี

รูปที่ 4.90 2) การจัดเรียงโดยตำแหน่ง Culet ของอัญมณี อยู่บนแนวแกน X ดังแสดงใน



รูปที่ 4.90 แสดงตำแหน่งการจัดเรียงโดยอ้างอิงจากตำแหน่ง Culet ของอัญมณี

4.8.2 ผลการวิเคราะห์หาตัวแปรและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาโมดูลที่ 4

จากการศึกษาและทดลองจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมบนก้านแหวนสำหรับโมดูลที่ 4 ซึ่งขนาดอัญมณีที่ใช้ในการจัดเรียงมีขนาดเท่ากัน จึงได้พารามิเตอร์และเงื่อนไขสำหรับการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมบนก้านแหวน โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ตารางสรุปพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาโมดูลที่ 4

ลำดับ	พารามิเตอร์	ตัวแปร	ขอบเขต	หน่วย	หมายเหตุ
1	รูปร่างอัญมณีเม็ดล้อม	R_{G2}	$R_{G2} = 1$	-	1 = รูปร่างกลม
2	ขนาดอัญมณีเม็ดล้อม	R_{SG2}	$R_{SG2} \geq 0.8$	มิลลิเมตร	-
3	ระยะห่างระหว่างอัญมณีเม็ดล้อม	g	$0.2 \leq g \leq 0.35$	มิลลิเมตร	-
4	ตำแหน่งของอัญมณีเม็ดล้อม	T	$T = \{1,2\}$	-	1 = ตำแหน่ง Girdle ของอัญมณี 2 = ตำแหน่ง Culet ของอัญมณี

4.8.3 หลักการทำงานของโมดูลที่ 4

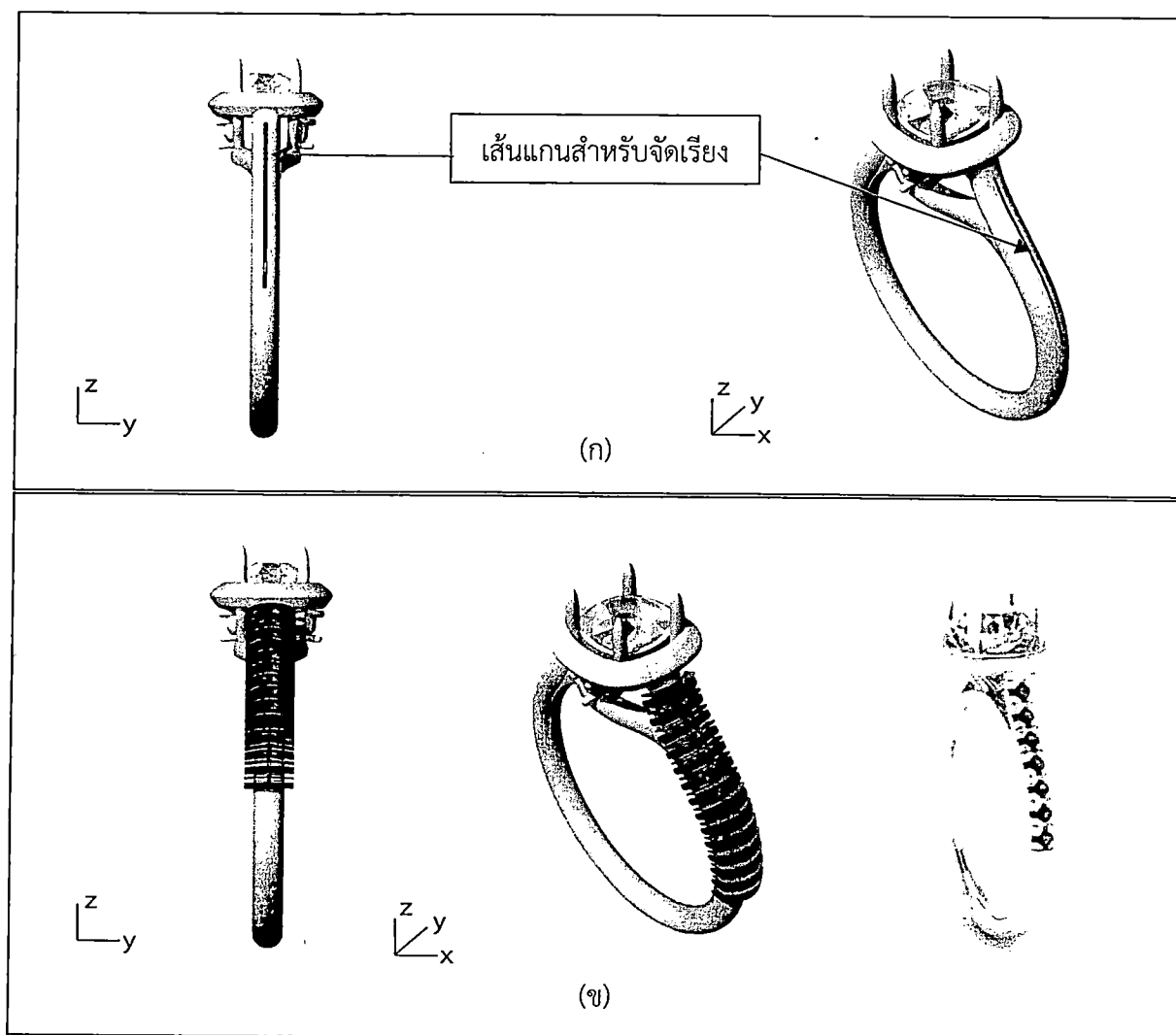
โมดูลนี้ทำหน้าที่จัดเรียงอัญมณีบนก้านแหวนโดยอัตโนมัติแบบอัญมณีมีขนาดเท่ากัน โดยผู้ใช้งานเป็นผู้สร้าง (Import) ตัวเรือนเครื่องประดับแหวนและกำหนดเส้นแกนที่จะใช้สำหรับจัดเรียงอัญมณีขึ้นมาเอง ซึ่งโมดูลนี้จะแบ่งระบบการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ส่วนของข้อมูลนำเข้าระบบ

- 1) ตัวเรือนเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติ
- 2) เส้นแกนสำหรับจัดเรียงอัญมณีบริเวณก้านแหวน
- 3) อัญมณีและคัทเตอร์ที่ต้องการใช้ในการจัดเรียง
- 4) ตำแหน่งของอัญมณีที่ต้องการจัดเรียงบนเส้นแกน
- 5) ตำแหน่งเพื่อระบุขอบเขตของอัญมณี
- 6) ระยะห่างระหว่างอัญมณี

ส่วนที่ 2 ส่วนของระบบ

ระบบทำหน้าที่ประมวลผลการทำงานจากข้อมูลนำเข้าที่ผู้ใช้งานกำหนดไว้ จากนั้นระบบคำนวณระยะห่างและจำนวนอัญมณีเม็ดล้อมจากข้อมูลนำเข้าทั้งหมด ต่อมาระบบทำการจัดเรียงอัญมณีและคัทเตอร์ หลังจากนั้นระบบทำการแสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติที่มีการจัดเรียงอัญมณีบนก้านแหวนโดยอัตโนมัติบนโปรแกรม Rhinoceros 5.0 เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำไฟล์ของรูปทรงเครื่องประดับแหวนที่ได้ไปตกแต่งเพิ่มเติมหรือเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป ซึ่งตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้แสดงในรูปที่ 4.91



รูปที่ 4.91 แสดงผลลัพธ์ของรูปทรงเครื่องประดับแหวนที่ได้จากการใช้งานโมดูลที่ 4

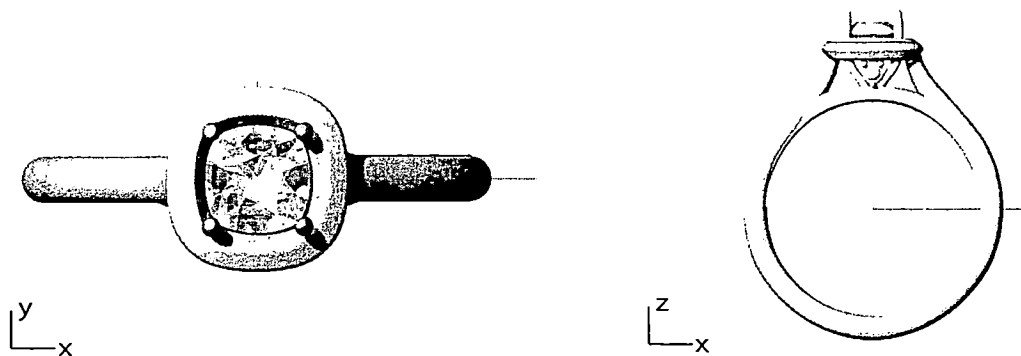
(ก) ตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนก่อนการใช้งานโมดูลที่ 4

(ข) ตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนหลังการใช้งานโมดูลที่ 4

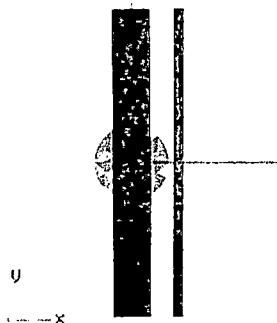
4.8.4 ขั้นตอนการทำงานของโมดูลที่ 4

โมดูลนี้ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานทั้งหมด 9 ขั้นตอน สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้ และแสดงการทำงานดังรูปที่ 4.94

ขั้นตอนที่ 1 ผู้ใช้งานนำเข้ารูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติในโปรแกรม Rhinoceros 5.0 จากนั้นทำการสร้างเส้นแกนสำหรับจัดเรียงอัญมณี และผู้ใช้งานต้องเตรียมรูปทรงเครื่องประดับแหวนให้หน้าแหวนจัดวางอยู่บนแกน XY ส่วนของก้านแหวนจัดวางอยู่บนแกน XZ ดังแสดงในรูปที่ 4.92 และการจัดวางคัทเตอร์และอัญมณีจะต้องจัดวางจุดกึ่งกลางของหน้าอัญมณีและคัทเตอร์อยู่ ณ ตำแหน่ง (0,0) อ้างอิงตามแกน XY ดังแสดงในรูปที่ 4.93



รูปที่ 4.92 แสดงตัวอย่างลักษณะตำแหน่งการจัดวางรูปทรงเครื่องประดับแหวนสามมิติบนโปรแกรม Rhinoceros 5.0



รูปที่ 4.93 แสดงตัวอย่างลักษณะตำแหน่งอัญมณีและคัทเตอร์บนโปรแกรม Rhinoceros 5.0

ขั้นตอนที่ 2 ระบบแสดงข้อความบนหน้าต่าง Command ให้ผู้ใช้งานทำการเลือกเส้นแกน พื้นผิว ที่ต้องการสำหรับใช้ในจัดเรียง

ขั้นตอนที่ 3 ผู้ใช้งานทำการเลือกแนวทางในการจัดเรียงอัญมณี ประกอบด้วย 2 ทางเลือก ได้แก่

ทางเลือกที่ 1 ระบบทำการสร้างอัญมณีและคัทเตอร์โดยอัตโนมัติ
มิลลิเมตร

ทางเลือกที่ 2 ผู้ใช้งานทำการสร้างวัตถุตามความต้องการ

ขั้นตอนที่ 4 จากทางเลือกที่ 1 และทางเลือกที่ 2 ในขั้นตอนที่ 3 ระบบจะทำการประมวลผลและทำการจัดเรียง ดังนี้

จากทางเลือกที่ 1 ของขั้นตอนที่ 3 ผู้ใช้งานทำการกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอัญมณีที่ต้องการจัดเรียงบนเส้นแกน ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.8 – 2.0 มิลลิเมตร จากนั้นเลือกแนวทางความต้องการคัทเตอร์ และเลือกตำแหน่งของอัญมณีที่ต้องการให้อยู่บนเส้นแกนในการจัดเรียงระหว่าง Table หรือ Girdle ของอัญมณี

จากทางเลือกที่ 2 ของขั้นตอนที่ 3 เนื่องจากผู้ใช้งานเป็นผู้ทำการสร้างวัตถุต่างๆ ที่ต้องการนำมาจัดเรียงด้วยตนเอง เพื่ออ้างอิงตำแหน่งในการนำไปจัดเรียง ผู้ใช้งานทำการเลือกระหว่าง การอ้างอิงจากตำแหน่งจุดกึ่งกลางของอัญมณี หรือ ตำแหน่งขอบเขตของอัญมณี

ขั้นตอนที่ 5 ผู้ใช้งานทำการเลือกกำหนดตำแหน่งอ้างอิงของอัญมณีเม็ดสุดท้าย ซึ่งประกอบด้วย 2 ทางเลือก ได้แก่

ทางเลือกที่ 1 ผู้ใช้งานกำหนดตำแหน่งของขอบอัญมณี (Girdle) บนแนวแกน X

ทางเลือกที่ 2 ผู้ใช้งานกำหนดตำแหน่งของก้นอัญมณี (Culet) บนแนวแกน X

ขั้นตอนที่ 6 ผู้ใช้งานเลือกระยะห่างระหว่างอัญมณีเม็ดล้อม ประกอบด้วย 2 ทางเลือก ได้แก่

ทางเลือกที่ 1 ระบบทำคำนวณระยะห่างระหว่างอัญมณีเม็ดล้อม โดยที่ระบบทำการตั้งค่าระยะห่างระหว่างอัญมณีเม็ดล้อมโดยอัตโนมัติ ซึ่งระยะห่างอยู่ในช่วง 0.20 - 0.35 มิลลิเมตร

ทางเลือกที่ 2 ผู้ใช้งานระบุระยะห่างระหว่างอัญมณีเม็ดล้อม

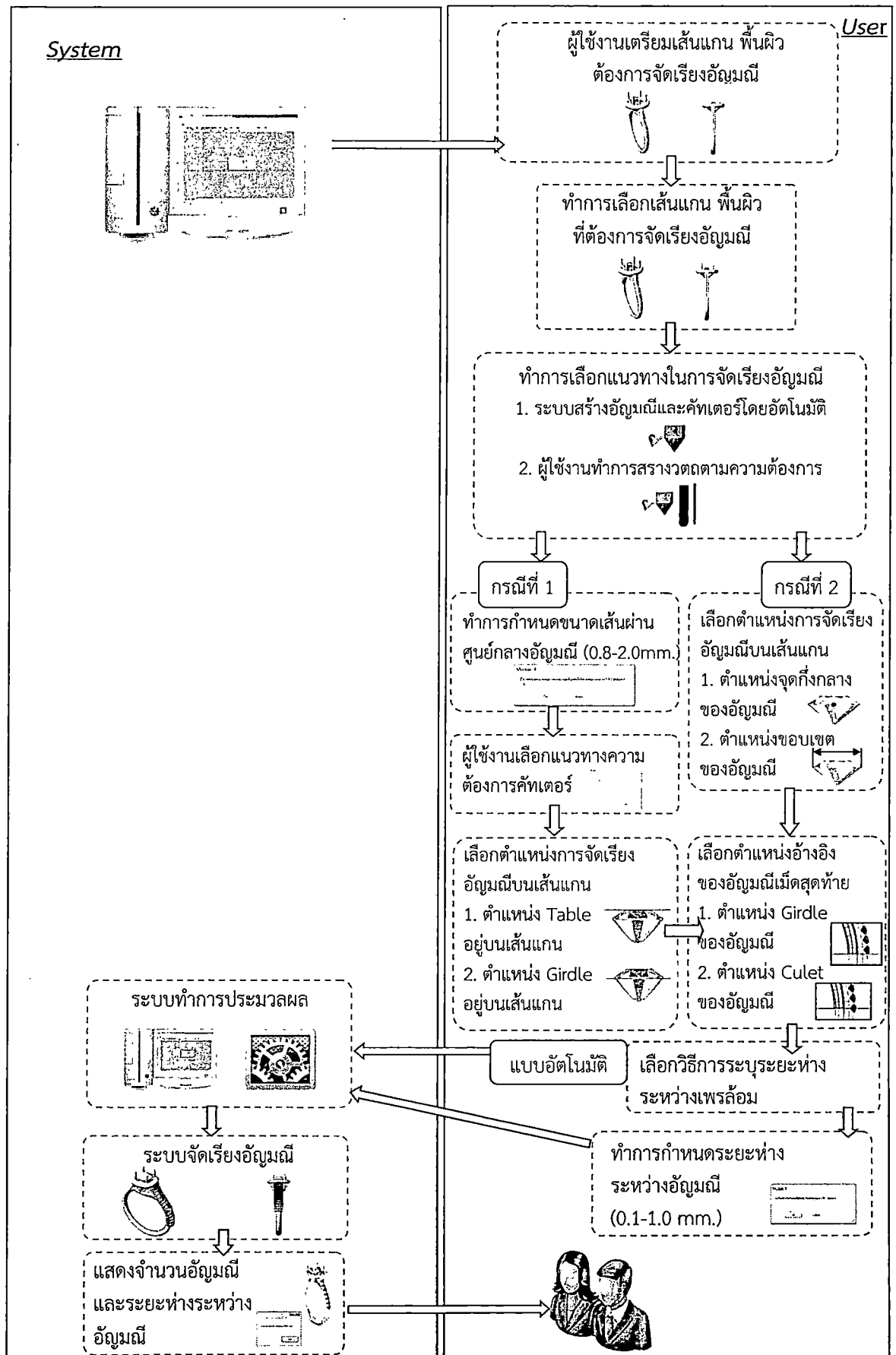
ขั้นตอนที่ 7 ระบบทำการรับข้อมูลนำเข้าทั้งหมดและทำการประมวลผลการทำงาน

ขั้นตอนที่ 8 ระบบทำการจัดเรียงอัญมณีตามแนวเส้นแกน

ขั้นตอนที่ 9 ระบบแสดงผลลัพธ์ของจำนวนอัญมณีทั้งหมดที่ใช้ในการจัดเรียง

4.8.5 ข้อจำกัดของโมดูลที่ 4

- 1) ไม่สามารถจัดเรียงอัญมณีบนพื้นผิวที่มีความซับซ้อนได้
- 2) ผู้ใช้งานต้องเตรียมชิ้นงานตามแนวแกนที่ระบบกำหนดไว้เท่านั้น



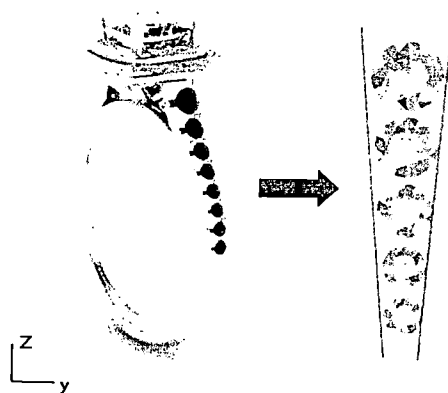
รูปที่ 4.94 แสดงขั้นตอนการทำงานของโมดูลที่ 4

4.9 ผลการพัฒนาโมดูลที่ 5 โมดูลเพื่อช่วยในการจัดเรียงอัญมณีบนก้านแหวนโดยการลดขนาดของอัญมณีตามขนาดมาตรฐาน กรณีศึกษาของบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด

โมดูลนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยในการจัดเรียงอัญมณี โดยขนาดของอัญมณีจะลดลงตามเส้นแกน ที่ผู้ใช้งานกำหนดขอบเขตของการจัดเรียงอัญมณีไว้ ซึ่งการลดขนาดอัญมณีจะเป็นไปตามขนาดมาตรฐาน โดยอ้างอิงขนาดของอัญมณีที่เป็นมาตรฐานดังที่ได้แสดงในตารางที่ 4.2 (บทที่ 4 ในหัวข้อที่ 4.2) เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถตกแต่งก้านแหวนได้สะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

4.9.1 ผลการศึกษาเงื่อนไขและวิธีการในการจัดเรียงอัญมณีแบบลดขนาดของอัญมณี

ในโมดูลนี้จะทำการจัดเรียงอัญมณีที่ก้านแหวนโดยที่อัญมณีที่ใช้จัดเรียงนั้นจะมีการลดขนาดลงแบบทำให้เรียวลงหรือแคบลงทีละน้อย (Taper) ซึ่งมีลักษณะแสดงได้ดังรูปที่ 4.95 โดยการจัดเรียงนี้จะใช้อัญมณีขนาดตามมาตรฐานเพื่อให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริงในการออกแบบเครื่องประดับแหวน



รูปที่ 4.95 แสดงลักษณะการจัดเรียงอัญมณีแบบลดขนาด

4.9.2 ผลการวิเคราะห์หาตัวแปรและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาโมดูลที่ 5

จากการศึกษาและทดลองจัดเรียงอัญมณีเม็ดกลมบนก้านแหวนสำหรับโมดูลที่ 5 ซึ่งมีการลดขนาดอัญมณีตามขนาดมาตรฐาน จึงได้พารามิเตอร์และเงื่อนไขสำหรับการจัดเรียงอัญมณีบนก้านแหวน ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ตารางสรุปพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาโมดูลที่ 5

ลำดับ	พารามิเตอร์	ตัวแปร	ขอบเขต	หน่วย	หมายเหตุ
1	รูปร่างอัญมณีเม็ดกลม	R_{G2}	$R_{G2} = 1$	-	1 = รูปร่างกลม
2	ขนาดอัญมณีเม็ดกลม	R_{SG2}	$R_{SG2} \geq 0.8$	มิลลิเมตร	
3	ระยะห่างระหว่างอัญมณีเม็ดกลม	g	$0.2 \leq g \leq 0.35$	มิลลิเมตร	

4.9.3 หลักการทำงานของโมดูลที่ 5

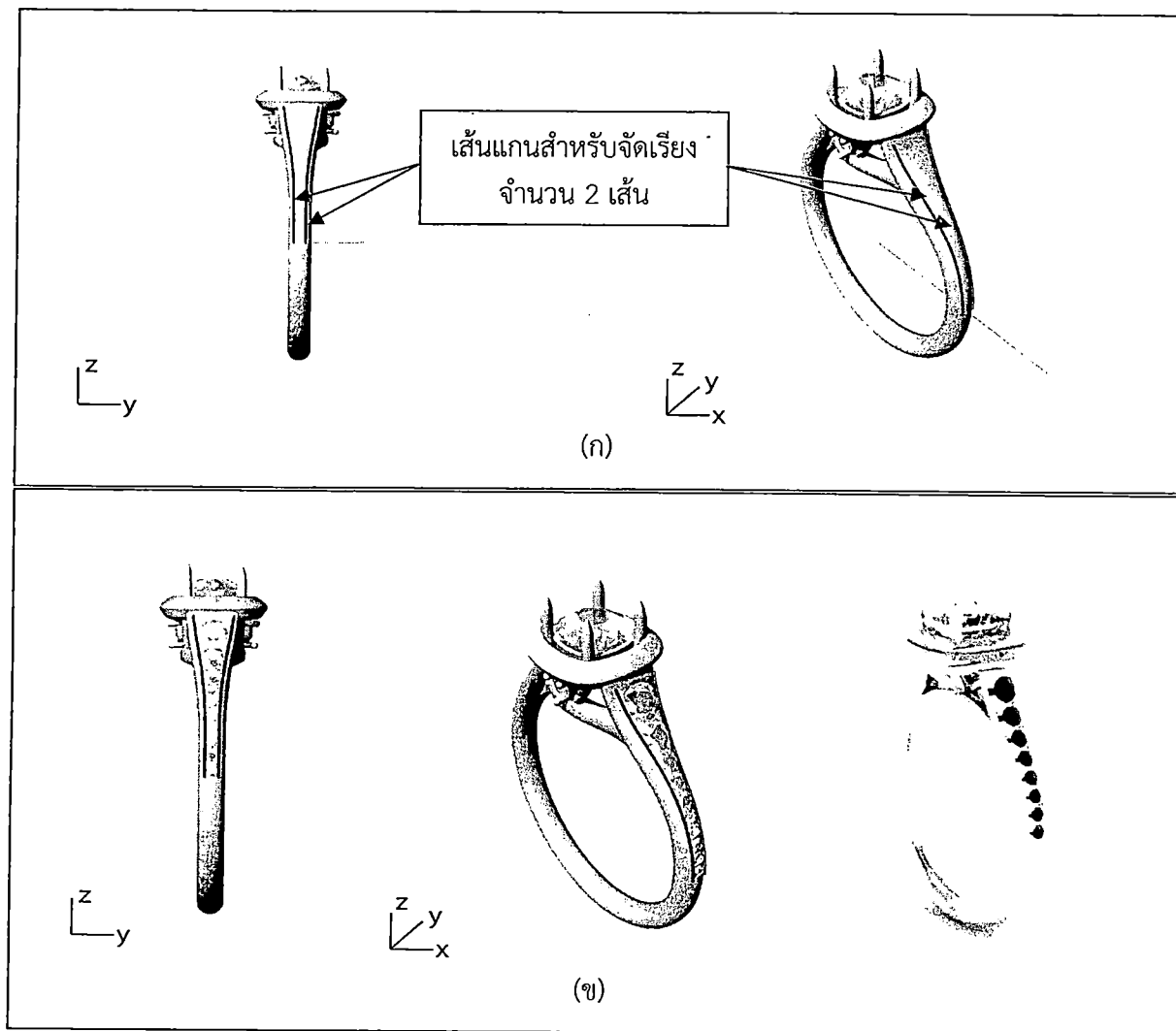
โมดูลนี้ทำหน้าที่จัดเรียงอัญมณีบนก้านแหวนโดยอัตโนมัติแบบลดขนาดอัญมณีจากใหญ่ไปเล็ก โดยผู้ใช้งานเป็นผู้สร้าง (Import) ตัวเรือนเครื่องประดับแหวนและกำหนดเส้นแกน 2 เส้น ที่มีลักษณะเป็น Taper เพื่อใช้ในการจัดเรียงอัญมณีระหว่างเส้นแกน 2 เส้นที่ได้กำหนดขึ้นนี้ โดยในโมดูลนี้จะแบ่งระบบการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ส่วนของข้อมูลนำเข้าระบบ

- 1) ตัวเรือนเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติ
- 2) เส้นแกนจำนวน 2 เส้น สำหรับจัดเรียงอัญมณีบริเวณก้านแหวน
- 3) ระยะห่างระหว่างอัญมณี

ส่วนที่ 2 ส่วนของระบบประมวลการทำงาน

ระบบทำหน้าที่ประมวลผลการทำงานจากข้อมูลนำเข้าที่ผู้ใช้งานกำหนดไว้ จากนั้นระบบคำนวณระยะห่างและจำนวนอัญมณีเม็ดล้อมจากข้อมูลนำเข้าทั้งหมด ต่อมาระบบทำการจัดเรียงอัญมณีโดยอัตโนมัติ หลังจากนั้นระบบทำการแสดงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติที่มีการจัดเรียงอัญมณีบนก้านแหวนโดยอัตโนมัติบนโปรแกรม Rhinoceros 5.0 เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำไฟล์ของรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติที่ได้ไปตกแต่งเพิ่มเติมหรือเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป ซึ่งตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้ แสดงดังรูปที่ 4.96



รูปที่ 4.96 แสดงผลลัพธ์ของรูปทรงเครื่องประดับแหวนที่ได้จากการใช้งานโมดูลที่ 5

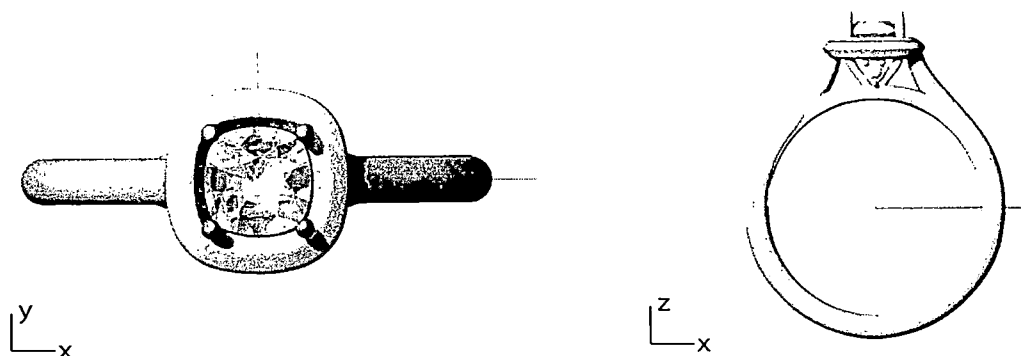
(ก) ตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนก่อนการใช้งานโมดูลที่ 5

(ข) ตัวอย่างรูปทรงเครื่องประดับแหวนหลังการใช้งานโมดูลที่ 5

4.9.5 ขั้นตอนการทำงานของโมดูลที่ 5

โมดูลนี้ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานทั้งหมด 7 ขั้นตอน สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้ และแสดงในรูปที่ 4.98

ขั้นตอนที่ 1 ผู้ใช้งานนำเขารูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติในโปรแกรม Rhinoceros 5.0 จากนั้นทำการสร้างเส้นแกน 2 เส้น บริเวณก้านแหวนที่ต้องการจัดเรียง เพื่อกำหนดขอบเขตสำหรับการจัดเรียงอัญมณี และผู้ใช้งานต้องเตรียมรูปทรงเครื่องประดับแหวนให้หน้าแหวนจัดวางอยู่บนแกน XY ส่วนของก้านแหวนจัดวางอยู่บนแกน XZ ดังแสดงในรูปที่ 4.97



รูปที่ 4.97 แสดงตัวอย่างลักษณะตำแหน่งการจัดวางรูปทรงเครื่องประดับแหวนสามมิติบนโปรแกรม Rhinoceros 5.0

ขั้นตอนที่ 2 ระบบแสดงข้อความบนหน้าต่าง Command ให้ผู้ใช้งานทำการเลือกเส้นแกน พื้นผิว ที่ต้องการสำหรับใช้ในจัดเรียง

ขั้นตอนที่ 3 ผู้ใช้งานทำการเลือกตำแหน่งของอัญมณีที่ต้องการให้อยู่บนเส้นแกนในการจัดเรียง ได้แก่

ทางเลือกที่ 1 ตำแหน่ง Table ของอัญมณีอยู่บนเส้นแกน

ทางเลือกที่ 2 ตำแหน่ง Girdle ของอัญมณีอยู่บนเส้นแกน

ขั้นตอนที่ 4 ผู้ใช้งานเลือกแนวทางการความต้องการคัทเตอร์

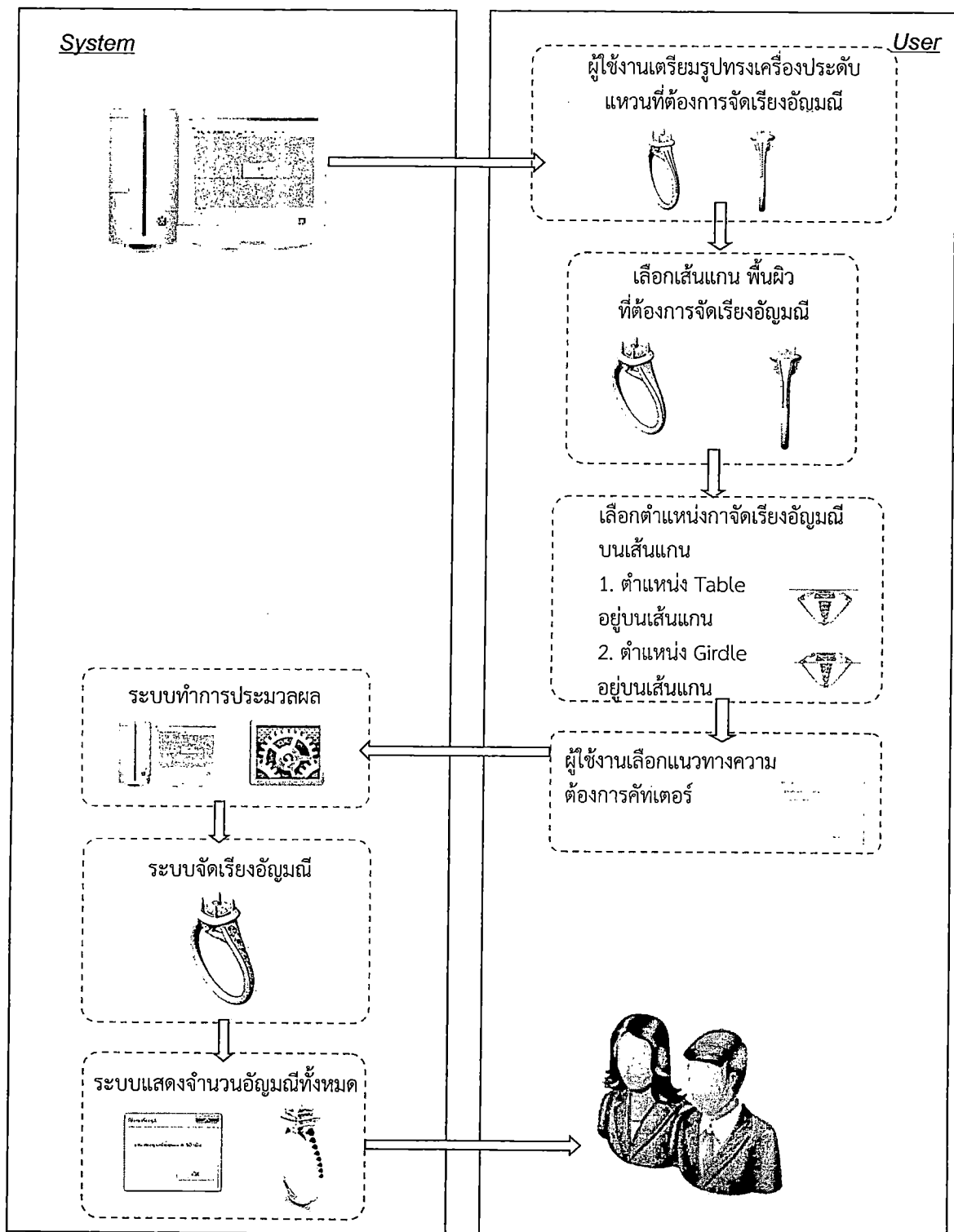
ขั้นตอนที่ 5 ระบบทำการประมวลผลตามข้อมูลนำเข้าที่ผู้ใช้งานกำหนดไว้ข้างต้น

ขั้นตอนที่ 6 ระบบทำการจัดเรียงอัญมณีแบบอัตโนมัติ

ขั้นตอนที่ 7 ระบบแสดงหน้าต่างการทำงานเพื่อบอกถึงจำนวนอัญมณีทั้งหมดที่ใช้ในการจัดเรียงบนก้านแหวน

4.9.6 ข้อจำกัดของโมดูลที่ 5

- 1) ไม่สามารถจัดเรียงอัญมณีบนพื้นผิวที่มีความซับซ้อนได้
- 2) ผู้ใช้งานต้องเตรียมชิ้นงานตามแนวแกนที่ระบบกำหนดไว้เท่านั้น



รูปที่ 4.98 แสดงขั้นตอนการทำงานของโมดูลที่ 5

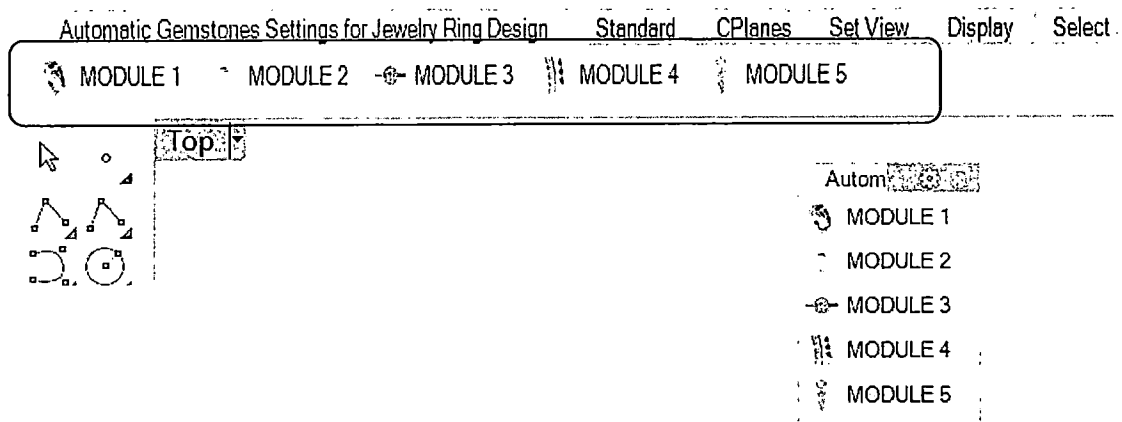
4.10 ผลการพัฒนา Plug-in สำเร็จรูปบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ Rhinoceros 5.0

คณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนา Plug-in สำเร็จรูปขึ้นบนแถบเครื่องมือ (Toolbar) เพื่ออำนวยความสะดวกให้ใช้งานสามารถทำงานร่วมกับโมดูลได้ง่ายมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.99 ซึ่ง Plug-in นี้ประกอบไปด้วย 5 ไอคอน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1)  MODULE 1 ไอคอน MODULE 1 คือ โมดูลช่วยสร้างตัวเรือนเครื่องประดับแหวนพลอยและจัดเรียงพลอยแบบอัตโนมัติ
- 2)  MODULE 2 ไอคอน MODULE 2 คือ โมดูลช่วยสร้างตัวเรือนเครื่องประดับแหวนเพชรและจัดเรียงเพชรแบบอัตโนมัติ
- 3)  MODULE 3 ไอคอน MODULE 3 คือ โมดูลเพื่อช่วยในการจัดเรียงอัญมณีบนหน้าแหวนของเครื่องประดับแหวนเพชรแบบอัตโนมัติ
- 4)  MODULE 4 ไอคอน MODULE 4 คือ โมดูลเพื่อช่วยในการจัดเรียงอัญมณีบนก้านแหวนโดยขนาดอัญมณีเท่ากัน
- 5)  MODULE 5 ไอคอน MODULE 5 คือ โมดูลเพื่อช่วยในการจัดเรียงอัญมณีบนก้านแหวนโดยการลดขนาดของอัญมณีตามขนาดมาตรฐาน

File Edit View Curve Surface Solid Mesh Dimension Transform Tools Analyze R
Clearing undo and redo lists.

Command: |



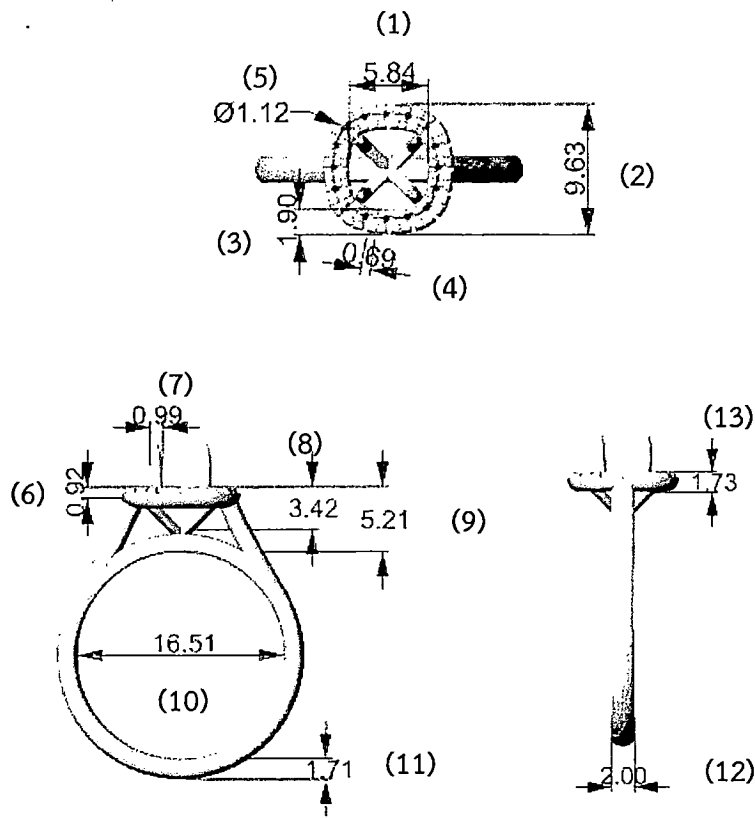
รูปที่ 4.99 แสดงแถบเครื่องมือและ Plug-in ทั้งหมด 5 โมดูล บนโปรแกรม Rhinoceros 5.0

4.11 ผลการทดสอบการใช้งานโมดูลและผลการทดลองจากการผลิตชิ้นงานจริง

หลังจากที่คณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบออกแบบและจัดเรียงอัญมณีแบบอัตโนมัติขึ้นมาแล้วนั้น ในส่วนของการทดสอบการใช้งานโมดูล คณะผู้วิจัยได้รับข้อเสนอแนะจากผู้ประกอบการในเรื่องของการกำหนดข้อมูลนำเข้าของโมดูลที่ 2 ซึ่งมีรายละเอียดดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 4.6.7 และได้ทำการแก้ไขปรับปรุงในส่วนของโมดูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องให้เป็นไปในแนวทางเดียวกันด้วยเช่นกัน

นอกจากนี้ เพื่อให้โมดูลออกแบบและจัดเรียงอัญมณีที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปใช้งานได้มีประสิทธิภาพ ซึ่งจากหัวข้อที่ 4.4.2 ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ได้ทำการทดลองเพื่อหาค่าเผื่อขนาดของชิ้นงานและนำไปใช้ในขั้นตอนการวาดโมเดล เพื่อให้ได้ขนาดชิ้นงานหลังการผลิตที่ตรงตามความต้องการ แต่จากผลการทดลองที่ผ่านมา ได้พิจารณาเฉพาะขนาดแค่บางส่วนเท่านั้น ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองเพิ่มเติมในการผลิตเครื่องประดับแหวนขึ้นมาเป็นชิ้นงานจริง เพื่อเก็บผลการทดลองให้ละเอียดมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะรวมไปถึงการพิจารณาในส่วนของคุณภาพที่เกี่ยวกับการฝังอัญมณีด้วยเช่นกัน โดยได้ทำการทดลองทั้งหมด 24 โมเดล และเก็บค่าขนาดของชิ้นงานทั้งหมดจำนวน 13 ค่า โดยขนาดเป้าหมายของชิ้นงานที่ต้องการและผลการทดลองได้แสดงไว้ดังตารางในภาคผนวก ก ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากโมเดลที่สร้างจากระบบออกแบบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นกับขนาดของชิ้นงานจริงที่ได้จากการผลิต โดยแสดงตัวอย่างของการวัดขนาดในแต่ละตำแหน่งดังรูปที่ 4.100 ซึ่งความหมายของการวัดค่าทั้ง 13 ตำแหน่งมีดังนี้

- (1) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใน
- (2) ขนาดหน้าแหวนโดยรวม
- (3) ขนาดความกว้างของเนื้อโลหะ
- (4) ขนาดไขปลาของอัญมณีเม็ดล้อม
- (5) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสำหรับฝังอัญมณีเม็ดล้อม (ความกว้างรูคัทเตอร์หลังการเจาะ)
- (6) ความลึกสำหรับการฝังอัญมณีเม็ดล้อม (ความลึกรูคัทเตอร์หลังการเจาะ)
- (7) ขนาดหนาเมื่อยอัญมณีเม็ดยอด
- (8) ความสูงของช่องว่างสำหรับฝังอัญมณีเม็ดยอด
- (9) ความสูงระหว่างหน้าแหวนและก้านแหวน
- (10) ขนาดวงแหวน
- (11) ความหนาของก้านแหวน
- (12) ความกว้างของก้านแหวน
- (13) ความหนาของขอบโลหะหน้าแหวน



รูปที่ 4.100 แสดงตัวอย่างการวัดขนาดจากโมเดล 3 มิติ ทั้ง 13 ตำแหน่ง

4.11.1 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้พบพบว่า ขนาดหลังการทดลองหรือขนาดชิ้นงานจริงนั้นโดยส่วนใหญ่ มีขนาดเล็กลงจากโมเดลที่วัดได้จากโมเดลที่พัฒนาขึ้น ซึ่งตรงกับสมมติฐานที่ว่าขนาดชิ้นงานจริงจะมีขนาดเล็กกว่าขนาดโมเดลเนื่องจากการหดตัวและสูญเสียเนื้อโลหะจากกระบวนการผลิต แต่อย่างไรก็ตาม จากการทดลองพบว่า มีขนาดในบางตำแหน่งซึ่งขนาดที่วัดได้จากชิ้นงานจริงมีขนาดมากกว่าขนาดที่วัดได้จากโมเดล ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นขนาดในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการฝังอัญมณี เนื่องจากในการออกแบบต้องทำการเผื่อค่าไว้ให้กับช่างฝังในการตกแต่งชิ้นงานด้วย

ดังนั้น จึงได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยพิจารณาขนาดที่วัดค่าได้ในแต่ละตำแหน่งที่ส่งผลต่อการออกแบบ โดยแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน คือ ขนาดที่มีผลต่อตัวเรือนเครื่องประดับแหวน และขนาดที่มีผลต่อการฝังอัญมณีเม็ดยอดและอัญมณีเม็ดล้อมหรือส่วนของหน้าแหวน ดังนี้

1. ขนาดของชิ้นงานที่มีผลต่อขนาดของตัวเรือนเครื่องประดับแหวน

จากผลการทดลองพบว่า ขนาดชิ้นงานจริงที่ได้หลังการผลิต มีค่าลดลงจากขนาดโมเดล 3 มิติ ที่สร้างขึ้นจากโมเดลออกแบบอัตโนมัติ ทั้งนี้เนื่องจากในกระบวนการผลิตชิ้นงานโลหะ

นั้น จะมีการหดตัวของเนื้อโลหะและการสูญเสียเนื้อโลหะเกิดขึ้น ซึ่งจากการทดลองเบื้องต้นตามที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 4.4.2 เพื่อต้องการหาค่าในการนำมากำหนดค่าเพื่อให้กับขนาดของชิ้นงานในโมดูลที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้ได้ขนาดชิ้นงานจริงที่ตรงตามความต้องการ โดยได้ค่าเผื่อขนาดของชิ้นงานเท่ากับ 0.20 มิลลิเมตร สำหรับใช้กำหนดให้กับตำแหน่งที่ (9) – (11) โดยสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้

ตำแหน่งที่ (9) ความสูงระหว่างหน้าแหวนและก้านแหวน จากผลการทดลองพบว่ามีค่าเฉลี่ยของผลต่างของขนาดก่อนและหลังการทดลองเท่ากับ 0.19 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้ทำการเผื่อค่าไว้เท่ากับ 0.20 มิลลิเมตร

ตำแหน่งที่ (11) ความหนาของก้านแหวน จากผลการทดลองพบว่ามีค่าเฉลี่ยของผลต่างของขนาดก่อนและหลังการทดลองเท่ากับ 0.20 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับค่าที่ได้ทำการเผื่อค่าไว้เท่ากับ 0.20 มิลลิเมตร

ตำแหน่งที่ (12) ความกว้างของก้านแหวน จากผลการทดลองพบว่ามีค่าเฉลี่ยของผลต่างของขนาดก่อนและหลังการทดลองเท่ากับ 0.21 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้ทำการเผื่อค่าไว้เท่ากับ 0.20 มิลลิเมตร

สำหรับตำแหน่งการวัดที่ (10) ขนาดวงแหวน หรือขนาดของเบอร์แหวน ซึ่งในโมดูลที่พัฒนาขึ้น ผู้ใช้งานสามารถระบุความต้องการได้จากการเลือกขนาดตามมาตรฐาน US มาตรฐาน Japan หรือการระบุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงแหวนด้วยตนเอง โดยทั้งนี้ในการเลือกขนาดตามมาตรฐาน US หรือ Japan นั้น สามารถเลือกให้โมดูลทำการเผื่อขนาดให้ได้โดยอัตโนมัติ โดยจากการทดลองเบื้องต้นเพื่อให้ได้ขนาดเบอร์แหวนที่ต้องการ ได้ทำการเผื่อขนาดไว้ดังนี้ มาตรฐาน US จะทำการเผื่อขนาดให้ใหญ่กว่าขนาดที่ต้องการครึ่งเบอร์ และ มาตรฐาน Japan จะทำการเผื่อขนาดให้ใหญ่กว่าขนาดที่ต้องการหนึ่งเบอร์ ซึ่งมีค่าความต่างเฉลี่ยเท่ากับ 0.40 มิลลิเมตร สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้

ตำแหน่งที่ (10) ขนาดวงแหวน จากผลการทดลองพบว่ามีค่าเฉลี่ยของผลต่างของขนาดก่อนและหลังการทดลองเท่ากับ 0.42 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้ทำการเผื่อค่าไว้เท่ากับ 0.40 มิลลิเมตร

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ในการออกแบบโดยกำหนดค่าเผื่อขนาดตามที่กำหนดให้กับตำแหน่งที่ (9) ถึง ตำแหน่งที่ (12) นั้น จะได้ชิ้นงานหลังจากการผลิตที่ตรงตามความต้องการกับค่าเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้

2. ขนาดของชิ้นงานที่มีผลต่อการฝังอัญมณีเม็ดยอดและอัญมณีเม็ดล้อมหรือส่วนของหน้าแหวน

ในส่วน of ขนาดที่มีผลต่อการฝังอัญมณีเม็ดยอด มีดังนี้

ตำแหน่งที่ (1) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใน เป็นตำแหน่งที่ใช้สำหรับฝังอัญมณีเม็ดยอด จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงในหลังผลิต มีขนาดมากกว่าก่อนผลิตเท่ากับ 0.10 มิลลิเมตร หรือด้านละ 0.05 มิลลิเมตร ซึ่งจากข้อมูลที่ได้จากบริษัท

คริสต์ เจมส์ จำกัด ทำให้ทราบว่าเป็นค่าการสูญเสียเนื้อโลหะที่สูญเสียไปในขั้นตอนการขัดผิว ซึ่งจากการทดลองนี้ขนาดที่เพิ่มขึ้นนี้ไม่มีผลต่อการฝังอัญมณีเม็ดยอด

ตำแหน่งที่ (7) ขนาดหนามเตยอัญมณีเม็ดยอด จากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้กับระบบออกแบบ โดยขนาดของหนามเตยจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0.80 มิลลิเมตร ซึ่งขนาดที่วัดได้จากโมเดลที่ออกแบบพบว่า มีบางโมเดลที่มีขนาดหนามเตยซึ่งมีค่าไม่แตกต่างหรือเท่ากับ 0.80 มิลลิเมตร พอดี ทำให้ขนาดหนามเตยจากชิ้นงานจริงที่วัดได้มีค่าน้อยกว่า 0.80 มิลลิเมตร ซึ่งไม่เป็นไปตามที่ต้องการ ดังนั้นจึงควรเผื่อค่าให้กับขนาดของหนามเตย โดยค่าเฉลี่ยของผลต่างของขนาดหนามเตยก่อนและหลังการทดลองที่ได้เท่ากับ 0.09 มิลลิเมตร แต่อย่างไรก็ตามจากข้อมูลที่ได้จากบริษัทคริสต์ เจมส์ จำกัด ทำให้ทราบว่า ในบางกรณี ขนาดหนามเตยอาจเกิดจากความต้องการของลูกค้าที่ต้องการให้มีขนาดใหญ่หรือเล็กแตกต่างกันในกรณีที่พิจารณาอัญมณีเม็ดยอดขนาดเท่ากัน ดังนั้นขนาดที่ได้จากระบบออกแบบจึงเป็นเพียงขนาดเบื้องต้นที่พิจารณาตามความเหมาะสมของขนาดอัญมณีเม็ดยอดเท่านั้น ส่วนขนาดความสูงของหนามเตยนั้น จะไม่มีผลต่อการฝังอัญมณี เนื่องจากระบบออกแบบได้ทำการเผื่อความสูงของหนามเตยไว้แล้ว เพื่อให้ช่างฝังสามารถทำการตกแต่งชิ้นงานได้

ตำแหน่งที่ (8) ความสูงของช่องว่างสำหรับฝังอัญมณีเม็ดยอด จากการทดลองเพื่อต้องการทราบว่าขนาดในส่วนนี้ได้จากระบบออกแบบมีผลกระทบต่อการใช้งานฝังอัญมณีเม็ดยอดหรือไม่ เนื่องจากต้องมีพื้นที่ว่างเพียงพอให้กับ Culet ของอัญมณีเม็ดยอด ซึ่งจากการทดลองไม่พบโมเดลที่ไม่สามารถฝังอัญมณีได้

ในส่วนของขนาดที่มีผลต่อการฝังอัญมณีเม็ดล้อม มีดังนี้

ตำแหน่งที่ (3) ขนาดความกว้างของเนื้อโลหะ เป็นขนาดที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งของการฝังอัญมณีเม็ดล้อม จากการที่ระบบได้ทำการเผื่อขนาดให้กับโมเดลที่ได้ออกแบบไว้แล้วเท่ากับ 0.10 มิลลิเมตร หรือด้านละ 0.05 มิลลิเมตร แต่ผลจากการทดลองพบว่า ขนาดหลังผลิต มีขนาดน้อยกว่าขนาดจริงที่ต้องการประมาณ 0.05 มิลลิเมตร ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่า เป็นค่าการสูญเสียเนื้อโลหะที่เกิดจากขั้นตอนการขัดผิวชิ้นงาน อย่างไรก็ตามเนื่องจากค่าที่ได้มีความแตกต่างจากค่าที่ต้องการเพียง 0.05 มิลลิเมตร จึงไม่มีผลกระทบต่อพื้นที่ที่ใช้ในการฝังอัญมณีเม็ดล้อม แต่เพื่อให้ได้ขนาดที่แม่นยำมากยิ่งขึ้น ระบบออกแบบจึงควรทำการเผื่อขนาดชิ้นงานเพิ่มขึ้นอีก 0.05 มิลลิเมตร

ตำแหน่งที่ (2) ขนาดหน้าแหวนโดยรวม ขนาดหน้าแหวนโดยรวมนั้น จากการทดลองพบว่า มีขนาดหลังการผลิตลดลงจากขนาดที่วัดได้จากโมเดลโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.20 มิลลิเมตร เนื่องจากขนาดในส่วนนี้เกิดจากผลรวมของขนาดในตำแหน่งที่ (1) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใน และขนาดในตำแหน่งที่ (3) ขนาดความกว้างของเนื้อโลหะ ทั้งสองด้าน ดังนั้น จากการที่ระบบออกแบบได้ทำการเผื่อค่าไว้เท่ากับ 0.10 มิลลิเมตร หรือด้านละ 0.05 มิลลิเมตร ให้กับขนาดในตำแหน่งที่ (3) ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ทำให้ค่าที่ได้จากการทดลองยังคงมีความแตกต่างกันอยู่ 0.10 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงควรทำการเผื่อขนาดเพิ่มขึ้นอีก 0.10 มิลลิเมตร ซึ่งตรงกันกับการวิเคราะห์ผลการทดลองของขนาดในตำแหน่งที่ (3) ซึ่งควรจะเผื่อขนาดเพิ่มขึ้นอีก 0.05 มิลลิเมตร ซึ่งถ้าเผื่อขนาดของทั้งสองด้านค่าที่ได้จึงเท่ากับ 0.10 มิลลิเมตร ตามค่าที่ได้สูญเสียไปหลังการผลิต

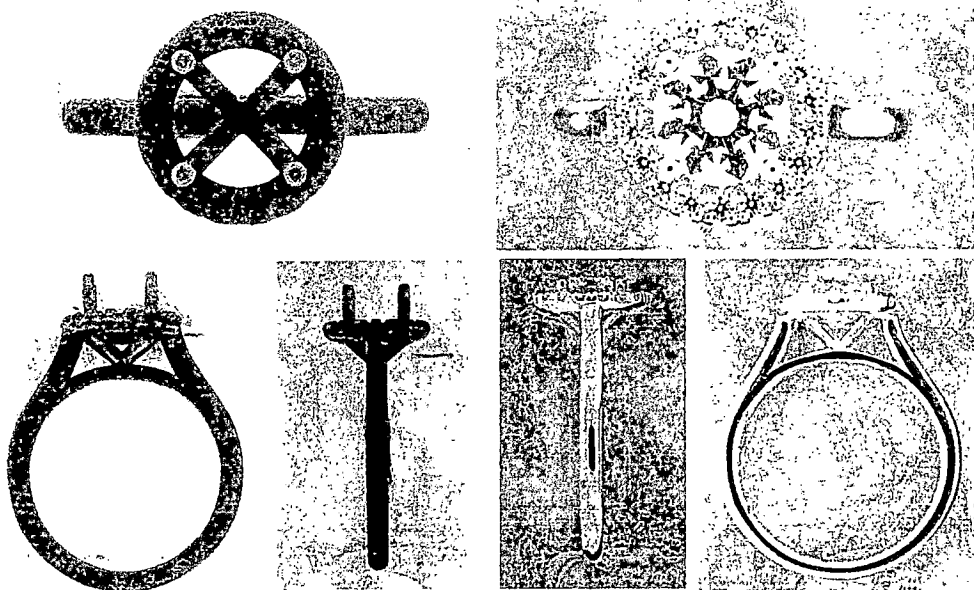
ตำแหน่งที่ (13) ความหนาของขอบโลหะหน้าแหวน โดยขนาดในส่วนนี้มี
ผลต่อการฝังอัญมณีเม็ดล้อย่อยเนื่องจากในการออกแบบได้ทำการกำหนดให้ระยะห่างระหว่าง Culet
ของอัญมณีเม็ดล้อย่อยกับขอบโลหะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0.50 มิลลิเมตร เพื่อให้ Culet ของอัญมณีเม็ดล้อย่อย
ไม่เก็นออกมาจากเนื้อโลหะ โดยสามารถวิเคราะห์ได้จากการที่ตำแหน่งที่ (13) มีขนาดที่มากกว่าตำแหน่ง
ที่ (6) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.88 มิลลิเมตร ซึ่งไม่น้อยกว่าขนาดที่กำหนด ดังนั้นจึงไม่มีผลต่อการฝังอัญมณี
เม็ดล้อย่อย

ในส่วนของคุณภาพที่เกิดจากการใช้คัทเตอร์ตัดชิ้นงานสำหรับฝังอัญมณีเม็ด
ล้อย่อย มีดังนี้

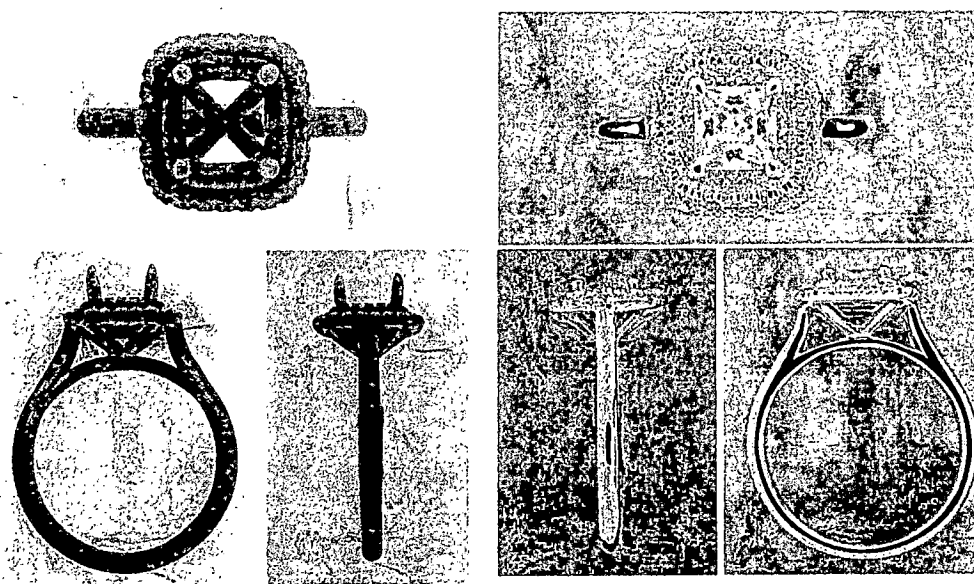
ตำแหน่งที่ (4) ขนาดไขปลาของอัญมณีเม็ดล้อย่อย จากการกำหนดขอบเขต
ของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบที่กำหนดให้ขนาดของไขปลาอยู่ในช่วง 0.35 ถึง 0.55 มิลลิเมตร
ซึ่งจากการทดลองพบว่าไม่มีโมเดลที่วัดค่าขนาดไขปลาได้เกินกว่า 0.55 มิลลิเมตร ตามที่กำหนด จึง
ส่งผลให้ขนาดไขปลาของชิ้นงานจริงมีความมากตามไปด้วย แต่อย่างไรก็ตามขนาดในส่วนนี้เนื่องจากเป็น
ขนาดที่เกิดจากการตัดกันของคัทเตอร์ซึ่งต้องทำการเผื่อค่าไว้สำหรับการฝังอัญมณีเม็ดล้อย่อย ซึ่งถึงแม้ว่า
ขนาดไขปลาจากบางชิ้นงานจริงจะมีขนาดที่เกินกว่าที่กำหนด แต่ก็ไม่ได้ส่งผลต่อการฝังอัญมณีเม็ดล้อย่อย
แต่อาจจะส่งผลต่อความสวยงามซึ่งต้องอาศัยช่างฝังในการปรับแต่งเพิ่มเติม

ตำแหน่งที่ (5) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสำหรับฝังอัญมณีเม็ดล้อย่อย (ความ
กว้างรูคัทเตอร์หลังการเจาะ) และ ตำแหน่งที่ (6) ความลึกสำหรับการฝังอัญมณีเม็ดล้อย่อย (ความลึกรูคัท-
เตอร์หลังการเจาะ) โดยขนาดจากสองตำแหน่งนี้มีขนาดหลังผลิตมากกว่าขนาดจากโมเดลที่ได้จากระบบ
ออกแบบ โดยมีค่าเฉลี่ยความแตกต่างเท่ากับ 0.11 และ 0.18 มิลลิเมตร ตามลำดับ เนื่องจากค่าที่ระบุ
ให้กับระบบออกแบบเป็นค่าที่ได้ทำการเผื่อค่าไว้ตามข้อมูลที่ได้จากบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด ซึ่งจะทำให้การ
เจาะรูคัทเตอร์ไว้ประมาณ 70 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น เนื่องจากต้องเผื่อไว้ให้ช่างฝังทำการเจาะซ้ำ
เพื่อให้ผิวของรูสำหรับฝังเป็นเงางาม โดยค่าที่เก็บได้จากระบบออกแบบไม่ได้มีค่าเกินกว่าขนาดของ
อัญมณีเม็ดล้อย่อยตามที่กำหนด ที่อาจส่งผลให้ไม่สามารถทำการฝังอัญมณีได้

ดังนั้นจากผลการทดลองทั้ง 24 โมเดล จึงไม่พบว่ามีขนาดใดๆ ก่อนการ
ผลิต ที่ส่งผลให้ขนาดหลังการผลิตนั้นไม่สามารถทำการฝังอัญมณีได้ แต่อาจจะมีผลบ้างในเรื่องของคุณภาพ
ในส่วนที่ส่งผลต่อความสวยงาม โดยแสดงตัวอย่างของชิ้นงานจากการทดลองดังรูปที่ 4.101 ถึง 4.103



รูปที่ 4.101 ตัวอย่างชิ้นงานจากการทดลองผลิตแหวนอัญมณีเม็ดยอจรูปร่างกลม



รูปที่ 4.102 ตัวอย่างชิ้นงานจากการทดลองผลิตแหวนอัญมณีเม็ดยอจรูปร่างคู่ซัน



รูปที่ 4.103 ตัวอย่างแหวนจากการทดลอง

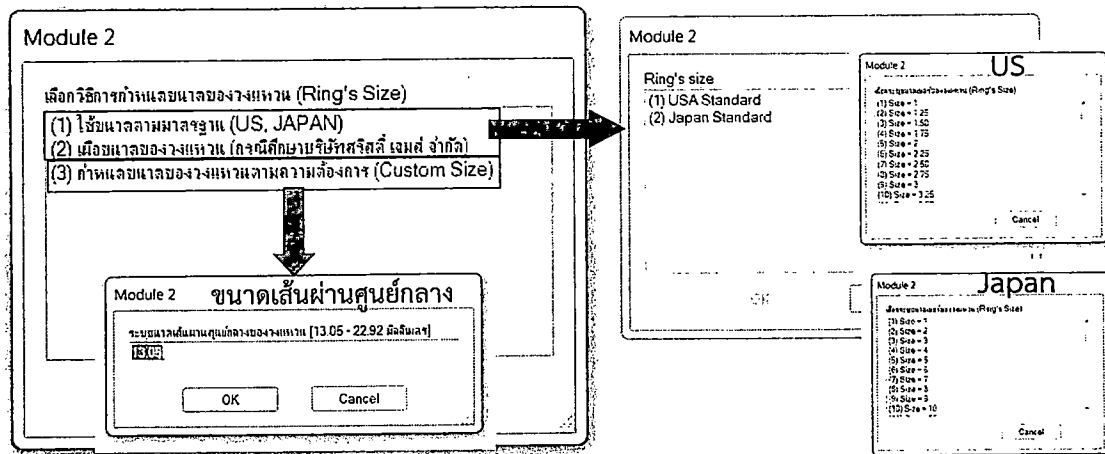
4.11.2 การปรับปรุงแก้ไขการกำหนดค่าเพื่อขนาดให้กับชิ้นงาน

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดค่าเพื่อขนาดของชิ้นงาน และจากข้อมูลที่ได้รับจากการทดลอง ซึ่งพบว่า ไม่สามารถที่จะกำหนดค่าเพื่อขนาดของชิ้นงานตามค่ามาตรฐานใดๆ ที่มีความแน่นอนได้ เนื่องจากในการผลิตเครื่องประดับจะมีความแตกต่างกันของชิ้นงานแต่ละแบบ วัสดุที่ใช้ รวมไปถึงกระบวนการผลิตที่ใช้เครื่องจักรหลากหลายยี่ห้อ นอกจากนี้ ความรู้และความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานก็อาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่ง ที่ส่งผลให้ค่าเพื่อขนาดของชิ้นงานจากแต่ละแหล่งที่ทำการผลิตนั้น มีความแตกต่างกัน ดังนั้น เพื่อให้โมดูลสำหรับออกแบบและจัดเรียงอัญมณีโดยอัตโนมัติที่ได้พัฒนาขึ้นนี้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ ในการออกแบบระบบในส่วนของการป้อนข้อมูลนำเข้า จึงได้ออกแบบให้ผู้ใช้งานสามารถทำการกำหนดค่าเพื่อขนาดให้กับชิ้นงานได้ตามต้องการ โดยในการกำหนดค่าเพื่อขนาดของชิ้นงาน ผู้ใช้งานจะต้องทราบถึงค่าที่ต้องใช้ในการเพื่อขนาดจากการหัดตัวและสูญเสียเนื้อโลหะในขั้นตอนการผลิตของตนเอง ซึ่งโดยส่วนใหญ่มักจะใช้ค่าเพื่อในหน่วยของการคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งโมดูลที่ได้พัฒนาขึ้นจึงได้ทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้สามารถระบุค่าเพื่อเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เช่นกัน โดยจะอธิบายถึงการใช้งานโมดูลที่ได้พัฒนาขึ้น ของการนำเข้าข้อมูล (Input) ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการที่ผู้ใช้งานจะต้องทำการกำหนดค่าเพื่อขนาดของชิ้นงานด้วยตนเอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ในการกำหนดขนาดของวงแหวน ผู้ใช้งานสามารถทำการกำหนดค่าเพื่อขนาดของวงแหวน ได้ 2 วิธี แสดงดังรูปที่ 4.104 โดยมีรายละเอียดดังนี้

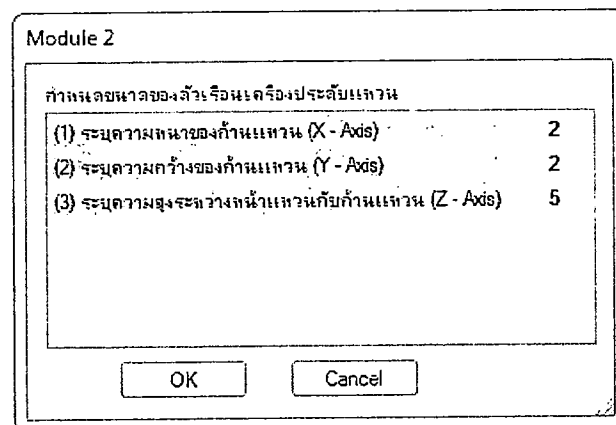
วิธีที่ 1 เลือกข้อ (2) หมายถึง ระบบจะทำการเผื่อค่าขนาดของวงแหวน ตามที่ได้จากการทดลองร่วมกับบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการเผื่อขนาดให้ใหญ่กว่าความต้องการจริง 0.4 มิลลิเมตร และเทียบเท่าได้กับเบอร์แหวนตามมาตรฐาน US ครึ่งเบอร์ หรือ มาตรฐาน Japan หนึ่งเบอร์

วิธีที่ 2 เลือกข้อ (1) หรือ (3) หมายถึง ระบบจะออกแบบโดยให้ขนาดของวงแหวนเท่ากับขนาดตามจริงดังที่ผู้ใช้งานเลือกทำการระบุค่าโดยข้อ (1) ระบุขนาดตามมาตรฐาน US หรือ Japan หรือข้อ (3) ระบุขนาดวงแหวนตามต้องการ โดยในที่นี้จะให้ระบุค่าเป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงแหวนตามต้องการ



รูปที่ 4.104 หน้าต่างแสดงการกำหนดขนาดวงแหวน

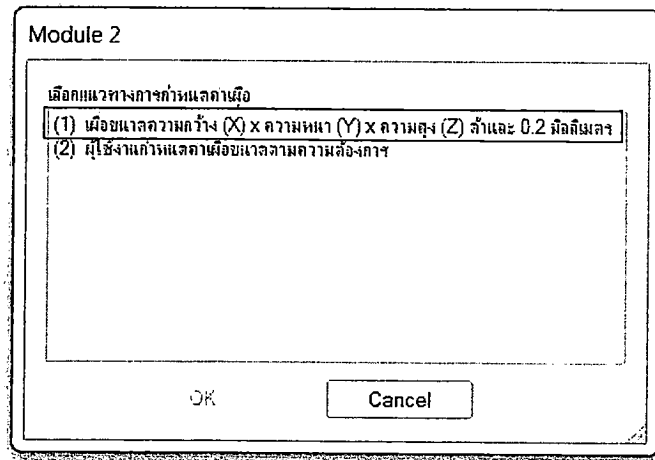
2. การกำหนดขนาดของตัวเรือนเครื่องประดับแหวน แสดงดังรูปที่ 4.105



รูปที่ 4.105 หน้าต่างแสดงการกำหนดขนาดตัวเรือนเครื่องประดับแหวน

ซึ่งหลังจากระบุค่าความกว้างของก้านแหวน ความหนาของก้านแหวน และความสูงระหว่างหน้าแหวนกับก้านแหวนตามค่าเป้าหมายที่ต้องการเรียบร้อยแล้ว จากนั้นระบบจะให้ผู้ใช้งานทำการกำหนดค่าเผื่อขนาดของตัวเรือนได้ 3 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 เลือกข้อ (1) หมายถึง ระบบจะทำการเผื่อค่าขนาดของวงแหวนตามที่ได้จากการทดลองร่วมกับบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการเผื่อขนาดให้ใหญ่กว่าความต้องการจริง 0.2 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 4.106

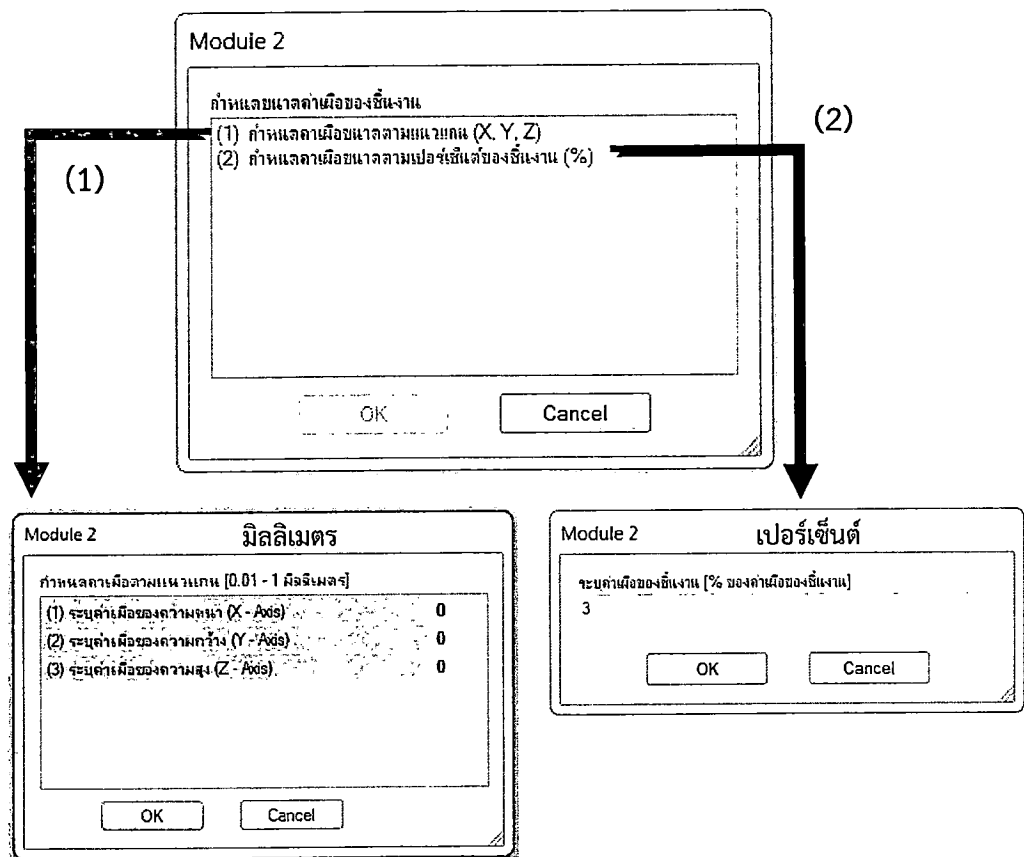


รูปที่ 4.106 การกำหนดค่าเพื่อตามกรณีศึกษาของบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด

วิธีที่ 2 เลือกข้อ (2) หมายถึง ผู้ใช้งานสามารถทำการระบุค่าเพื่อได้ตามความต้องการ ดังการเลือกข้อ (2) ตามรูปที่ 4.105 โดยแบ่งย่อยได้ 2 วิธี แสดงดังรูปที่ 4.107 โดยมีรายละเอียดดังนี้

วิธีที่ 2.1 เลือกข้อ (1) หมายถึง ระบบจะออกแบบโดยให้ผู้ใช้งานระบุค่าเพื่อตามที่ต้องการในหน่วยมิลลิเมตรของทั้งความกว้างของก้านแหวน ความหนาของก้านแหวน และความสูงระหว่างหน้าแหวนกับก้านแหวน

วิธีที่ 2.2 เลือกข้อ (2) หมายถึง ระบบจะทำการเผื่อขนาดของชิ้นงาน โดยระบุค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งในการเลือกระบุเป็นเปอร์เซ็นต์นี้ โมเดลที่ได้จากการออกแบบจะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดที่ต้องการจริงตามค่าเปอร์เซ็นต์ที่ทำการเผื่อให้กับขนาดของทุกๆ ส่วนของโมเดล 3 มิติ ที่สร้างขึ้นโดยรวมถึงขนาดของวงแหวนและขนาดของหนามเตยด้วยเช่นกัน

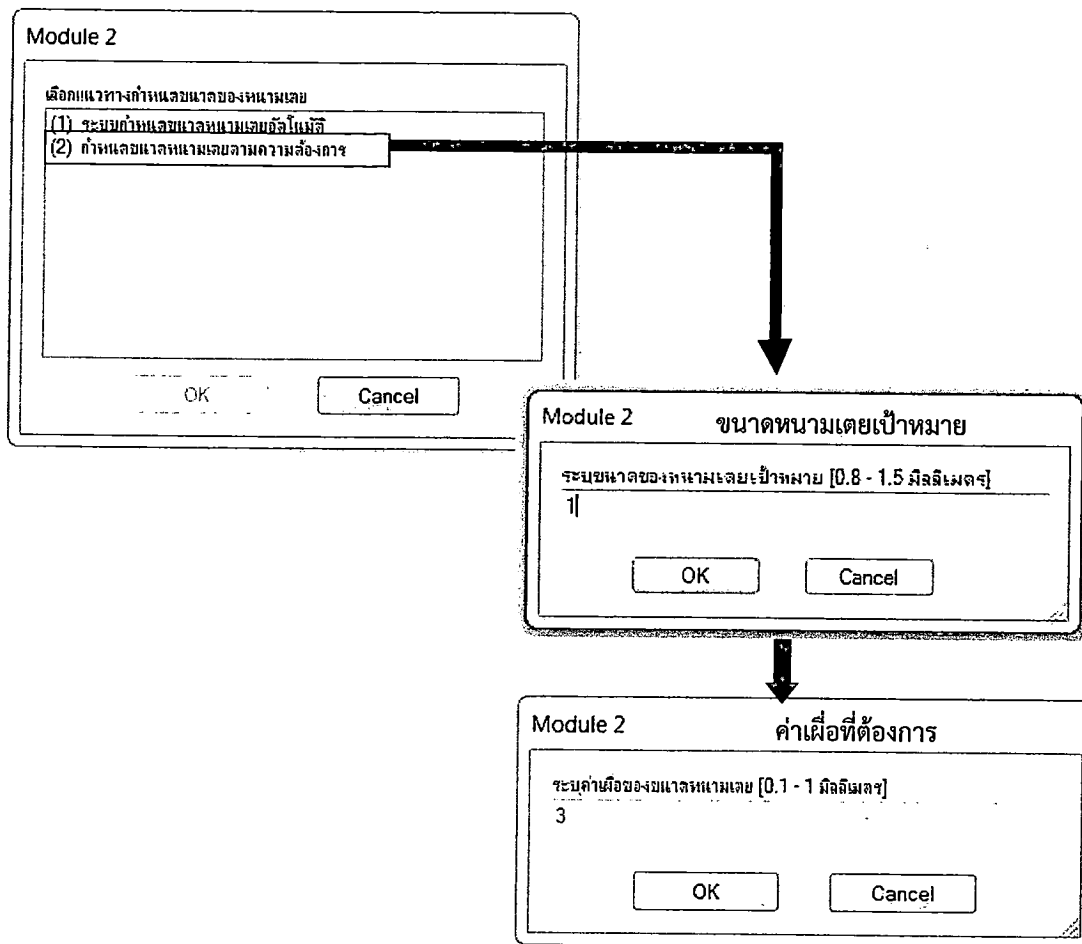


รูปที่ 4.107 หน้าต่างแสดงการระบุค่าเพื่อให้กับตัวเรือนเครื่องประดับแหวน

3. ในการกำหนดขนาดของหมามเตย สามารถทำการกำหนดค่าเผื่อขนาดของหมามเตย ได้ 2 วิธี แสดงดังรูปที่ 4.108 โดยมีรายละเอียดดังนี้

วิธีที่ 1 เลือกข้อ (1) หมายถึง ระบบจะทำการเผื่อค่าขนาดของหมามเตย ตามที่ได้จากการทดลองร่วมกับบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด ซึ่งมีค่าเผื่อขนาดให้ใหญ่กว่าความต้องการจริง 0.09 มิลลิเมตร

วิธีที่ 2 เลือกข้อ (2) หมายถึง ระบบจะออกแบบโดยให้ผู้ใช้งานระบุค่าของหมามเตยซึ่งเป็นค่าเป้าหมายที่ต้องการ จากนั้นระบบจะทำการเผื่อขนาดของหมามเตยตามที่ต้องการด้วยตนเองในหน่วยมิลลิเมตร



รูปที่ 4.108 หน้าต่างแสดงการระบุค่าเพื่อให้กับขนาดของพารามิเตอร์

สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

โครงการวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาการจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติ เพื่อช่วยลดเวลาให้แก่ช่างออกแบบในการออกแบบชิ้นงาน การจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวน การปรับเปลี่ยนขนาดของแหวน เนื่องจากความหลากหลายของรูปร่างและขนาดของอัญมณีที่มีผลต่อการนำมาจัดเรียงบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวนทั้งในส่วนของหน้าแหวนและการประดับตกแต่งส่วนของก้านแหวน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการออกแบบในกรณีที่มีรูปร่างแหวนยังคงเดิมแต่ต้องการปรับเปลี่ยนเฉพาะรูปร่างหรือขนาดของอัญมณีที่นำมาจัดเรียง ซึ่งตามหลักการทำงานนั้น นักออกแบบจะต้องทำการวาดรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติบนโปรแกรม CAD ขึ้นมาใหม่ทั้งหมด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงช่วยนักออกแบบในการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวน โดยมีความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของอัญมณี และช่วยในการจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวนได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้รูปทรงเครื่องประดับแหวนที่ได้จากโมดูลที่พัฒนาขึ้นนี้ ยังสามารถนำไปสร้างต้นแบบด้วย RP หรือ CNC ได้เช่นกัน

5.1 สรุปผลการศึกษาการจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติ

การจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวนในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการจัดเรียงอัญมณีซึ่งประกอบด้วยอัญมณีเม็ดยอดทั้งหมด 9 รูปร่าง ได้แก่ รูปร่างกลม รูปร่างคุชชั่น รูปร่างรี รูปร่างปรีนเซส รูปร่างหยดน้ำ รูปร่างมาร์คีส รูปร่างหัวใจ รูปร่างสี่เหลี่ยมมรกต และรูปร่างอาชเชอร์ และใช้อัญมณีสรูปร่างกลม ในการจัดเรียงเป็นอัญมณีเม็ดล้อม รวมทั้งการนำอัญมณีสรูปร่างกลมนี้มาใช้ในการจัดเรียงส่วนของก้านแหวนเพื่อตกแต่งเครื่องประดับแหวนให้สวยงามยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถสรุปผลการศึกษาโดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักได้ ดังนี้

5.1.1 คณะผู้วิจัยได้ศึกษารูปทรงเครื่องประดับแหวนพลอยที่พบเห็นได้ในท้องตลาด ซึ่งได้พัฒนาต่อยอดจากโครงการวิจัยที่ได้ดำเนินการในปี 2556 โดยได้พัฒนาไวเอร์ณีสรูปร่างเครื่องประดับแหวนล้อมพลอยขึ้นมาใหม่ 21 ไวเอร์ณีส ซึ่งในแต่ละไวเอร์ณีส จะทำการออกแบบเครื่องประดับแหวนโดยใช้อัญมณีเม็ดยอดทั้ง 9 รูปร่าง และล้อมด้วยอัญมณีสรูปร่างกลม รวมไปถึงการจัดเรียงอัญมณีสที่ก้านแหวนที่แตกต่างกันไป โดยการนำอัญมณีสแต่ละรูปร่างมาใช้ออกแบบ ได้คำนึงถึงความเหมาะสมกับรูปทรงเครื่องประดับแหวนแต่ละรูปทรง ดังแสดงในภาพประกอบในหัวข้อที่ 4.5

5.1.2 คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปรึกษาร่วมกันกับบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด ซึ่งเป็นการศึกษาวิจัยร่วมกันในการจัดการกับปัญหาด้านการออกแบบเครื่องประดับแหวนที่เกิดขึ้นจริง โดยทำการศึกษากับโมเดลเครื่องประดับแหวนที่เป็นที่นิยมของลูกค้า ทั้งหมด 8 รูปทรง ซึ่งประกอบไปด้วยรูปทรงเครื่องประดับแหวนเพชรประดับด้วยอัญมณีเม็ดยอดรูปร่างกลม และรูปร่างคุชชั่น และล้อมด้วยอัญมณีสเม็ดล้อมแบบ 1 ชั้น และ 2 ชั้น โดยแต่ละรูปทรงมีความแตกต่างกันในส่วนของก้านแหวนอีกจำนวน 2 รูปแบบ ดังแสดงในภาพประกอบในหัวข้อที่ 4.6 ซึ่งเป็นโมเดลเครื่องประดับแหวนที่ต้องการความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนขนาดของเพชรเม็ดล้อมและเพชรเม็ดยอดตามความต้องการของลูกค้า นอกจากการจัดเรียงอัญมณีสบนหน้าแหวนแล้ว ในบางรูปทรงนั้นยังมีความต้องการการตกแต่งด้วยอัญมณีสบนก้านแหวนอีกด้วยเช่นกัน

5.2 สรุปผลการพัฒนาโมดูลที่ใช้ในการจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติ

โครงการวิจัยนี้ ได้ทำการพัฒนาโมดูลที่ใช้ในการจัดเรียงอัญมณีบนเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติ ตามที่อธิบายในหัวข้อที่ 5.1 โดยจากหัวข้อที่ 5.1.1 ได้ทำการพัฒนาขึ้นเป็นโมดูลจำนวนทั้งหมด 1 โมดูล และจากการศึกษาวิจัยร่วมกันกับบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด ในหัวข้อที่ 5.1.2 อีกจำนวน 4 โมดูล รวมทั้งสิ้น 5 โมดูล ตามลำดับ ดังนี้

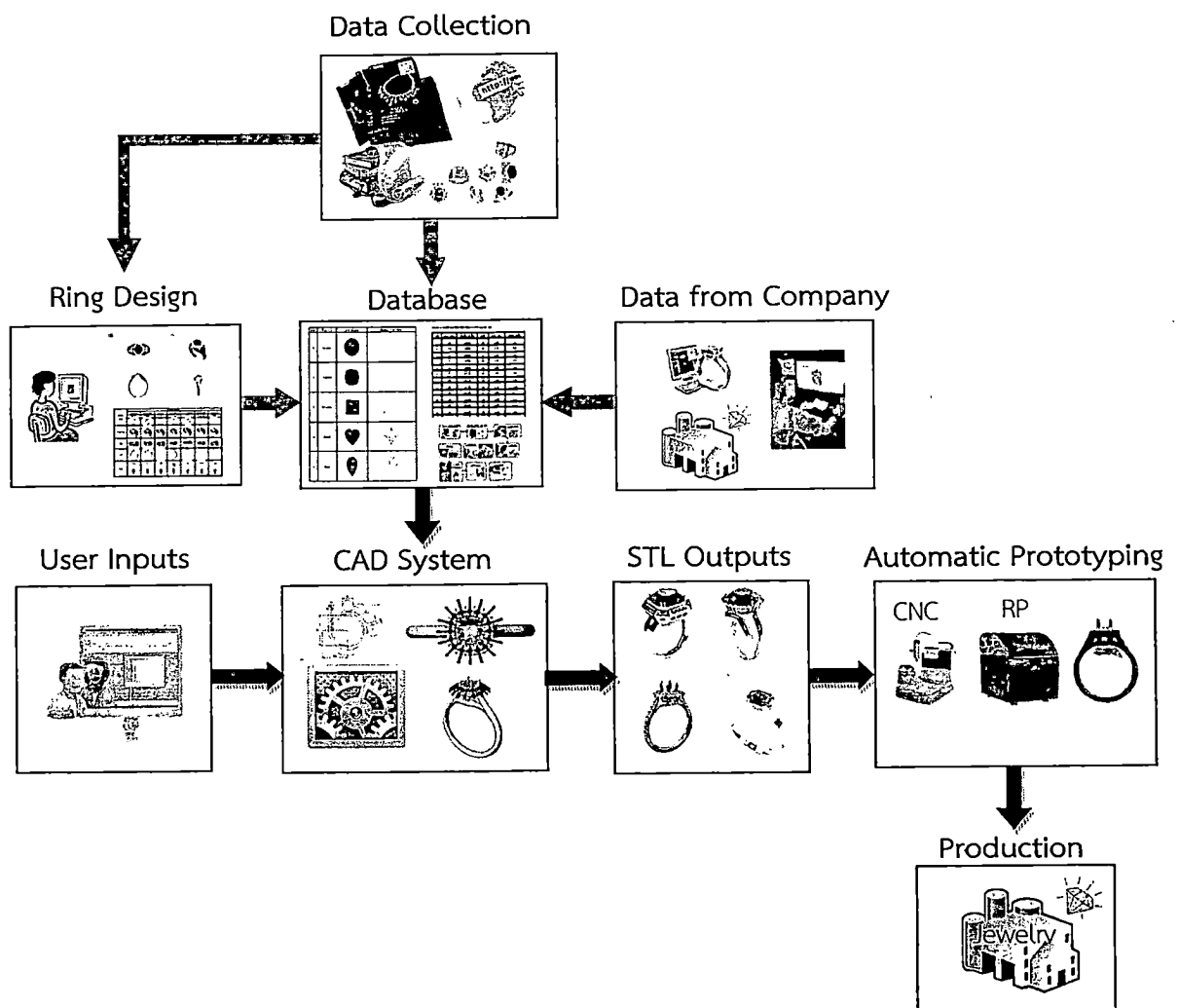
- โมดูลที่ 1 โมดูลช่วยสร้างตัวเรือนเครื่องประดับแหวนพลอยและจัดเรียงพลอยแบบอัตโนมัติ (ต่อยอดจากโครงการวิจัย ปี 2556 ที่ดำเนินการก่อนหน้านี้)
- โมดูลที่ 2 โมดูลช่วยสร้างตัวเรือนเครื่องประดับแหวนเพชรและจัดเรียงเพชรแบบอัตโนมัติ ภูมิศึกษาของบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด
- โมดูลที่ 3 โมดูลเพื่อช่วยในการจัดเรียงอัญมณีบนหน้าแหวนของเครื่องประดับแหวนเพชรแบบอัตโนมัติ ภูมิศึกษาของบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด
- โมดูลที่ 4 โมดูลเพื่อช่วยในการจัดเรียงอัญมณีบนก้านแหวนโดยขนาดอัญมณีเท่ากัน ภูมิศึกษาของบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด
- โมดูลที่ 5 โมดูลเพื่อช่วยในการจัดเรียงอัญมณีบนก้านแหวนโดยการลดขนาดของอัญมณีตามขนาดมาตรฐาน ภูมิศึกษาของบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด

ซึ่งแต่ละโมดูลถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษา RhinoScript บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ Rhinoceros 5.0 โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ของขนาดและรูปร่างอัญมณี เมื่อยอดขนาดอัญมณีเม็ดล้อย่อม และระยะห่างระหว่างอัญมณีเม็ดล้อย่อมที่ส่งผลต่อการจัดเรียงอัญมณีบนเครื่องประดับแหวน และวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ เงื่อนไข และขอบเขตต่างๆ ที่ส่งผลต่อการจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวน โมดูลที่พัฒนาขึ้นนี้ยังได้คำนึงถึงค่าเผื่อขนาดของชิ้นงานเครื่องประดับแหวนด้วยเช่นกัน

หลังจากพัฒนาโมดูลที่ใช้ในการจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติเรียบร้อยแล้ว ได้จัดทำเป็นรูปแบบ Plug-In ของแต่ละโมดูล รวมทั้ง User Interface เพื่อให้มันกออกแบบสามารถป้อนข้อมูลให้กับระบบได้ง่ายขึ้น จากนั้นได้ให้ผู้ประกอบการทดสอบการใช้งาน และนำผลที่ได้จากการทดสอบมาปรับปรุงแก้ไข โดยจากการทดสอบการใช้งาน ได้ทำการแก้ไขในส่วนของความเหมาะสมในการป้อนข้อมูลขนาดเบอร์แหวน

นอกจากนี้ยังได้ทำการทดลองร่วมกันกับบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด ในการผลิตชิ้นงานจริงที่สร้างขึ้นจากโมดูลที่ 2 ที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ จำนวน 24 โมเดล โดยทำการเปรียบเทียบขนาดชิ้นงานที่วัดค่าได้จากโมดูลที่พัฒนาขึ้นกับขนาดชิ้นงานจริงที่ได้จากการผลิต และนำผลที่ได้จากการทดลองมาปรับปรุงโมดูลในส่วนของการกำหนดค่าเผื่อขนาดของชิ้นงาน เพื่อให้เกิดความแม่นยำตามขนาดชิ้นงานจริงที่ต้องการมากยิ่งขึ้น ซึ่งค่าเผื่อขนาดของชิ้นงานที่ได้จากการทดลองนี้ ยังได้นำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาโมดูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องอีกด้วย

โมดูลระบบการจัดเรียงอัญมณีโดยอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นนี้ สามารถสรุปภาพรวมการทำงานของระบบที่ได้ทำการศึกษา แสดงดังรูปภาพที่ 5.1 ตั้งแต่การเก็บรวบรวมข้อมูลจากทางบริษัท คริสตี้ เจมส์ จำกัด (Data from Company) เพื่อศึกษาการวาดโมเดลแหวนเพชร การจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวน และการกำหนดค่าเพื่อการหัดตัวที่ได้จากการทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection) ในส่วนของรูปร่างและขนาดของอัญมณี ขนาดมาตรฐานเบอร์แหวน การรวบรวมรูปทรงแหวนพลอยที่มีอยู่ในสื่อออนไลน์ การออกแบบรูปทรงเครื่องประดับแหวนพลอยเพิ่มเติม (Ring Design) และกำหนดเป็นขอบเขตของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบระบบการสร้างรูปทรงแหวนและการจัดเรียงอัญมณีโดยอัตโนมัติ (CAD System) ซึ่งระบบจะทำการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนและทำการจัดเรียงอัญมณีตามที่ใช้ใช้งานได้ทำการกำหนดข้อมูลนำเข้า (User Inputs) และจากฐานข้อมูลที่เก็บไว้ (Database) และแสดงผลออกมาในรูปแบบโมเดลสามมิติ (Outputs) ด้วยวิธีการสร้างผิวแบบ NURBS ซึ่งผู้ใช้งานระบบสามารถทำการปรับแก้ไขโมเดลได้ และนำไปใช้ในการสร้างไฟล์ประเภท STL เพื่อใช้ในการสร้างชิ้นงานต้นแบบอัตโนมัติ (Automatic Prototyping) ด้วย CNC หรือ RP ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต (Production) จนสำเร็จเป็นชิ้นงานจริง



รูปที่ 5.1 แผนภาพแสดงภาพรวมการทำงานของระบบออกแบบและจัดเรียงอัญมณีที่ได้ทำการศึกษา

5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อยอด

ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อยอดโครงการวิจัยนี้ สามารถแบ่งเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

- สามารถนำโมดูลที่พัฒนาขึ้นไปต่อยอด เพื่อการจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับประเภทอื่นๆ เช่น จี้ ต่างหู กำไล เป็นต้น
- เนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้เพียงอัญมณีรูปร่างกลมในการจัดเรียงอัญมณีเม็ดล้อมบนหน้าแหวนและจัดเรียงที่ป่าแหวนและก้านแหวน ดังนั้นในการพัฒนาต่อยอด อาจจะทำการศึกษาการนำอัญมณีรูปร่างอื่นๆ เช่น รูปร่างสี่เหลี่ยม รูปร่างวงรี เป็นต้น มาใช้ในการจัดเรียงดังกล่าว
- เนื่องจากงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในการจัดเรียงอัญมณีบนพื้นผิว (Surface) โดยไม่สามารถจัดเรียงบนพื้นผิวที่มีความซับซ้อนได้ ดังนั้นควรทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ระบบออกแบบและจัดเรียงเกิดความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น
- การศึกษาค่าเผื่อในกระบวนการผลิตในเชิงลึก เพื่อนำมาใช้ในการกระบวนการออกแบบให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- [1] กฤษณะ เวชพร. (2548). **อัญมณีวิทยา**. (พิมพ์ครั้งที่ 1). เชียงใหม่: นพรัตน์การพิมพ์.
- [2] Arem, J. E. (1998). **Color encyclopedia of gemstones**. New York, U.S.A.: Van Nostrand Reinhold.
- [3] Young, A. (2008). **The Jewelry's Techniques Bible**. Singapore: Page One Publishing.
- [4] สุภิญญา วงษ์ศรีรักษา. เอกสารประกอบการสอน วิชา อป 471 การผลิตตัวเรือน 2, กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. สืบค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2558, จาก <http://facstaff.swu.ac.th/supinya/setting.pdf>
- [5] สุภารีย์ เถาว์วงศ์ษา. (2014). รูปแบบการฝังอัญมณีที่ส่งผลต่อการออกแบบเครื่องประดับ. **วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล.** 16(18), 91-104. สืบค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2558, จาก <http://www.tci-thaijo.org/index.php/archkmitl/article/download/21561/18606>
- [6] Fried, M. **Ring Settings Guide**. สืบค้นเมื่อ 13 กรกฎาคม 2558, จาก <http://www.diamonds.pro/guide-ring-settings/>
- [7] Ramani, R. **What is Melee**. สืบค้นเมื่อ 13 กรกฎาคม 2558, จาก <http://www.castinghouse.com/jewelry-manufacturing/diamonds-and-setting/diamond-melee.html>
- [8] Casting House Store. **Diamond Melee General Reference**. สืบค้นเมื่อ 13 กรกฎาคม 2558, จาก <http://www.castinghouse.com/jewelrymanufacturing/Diamonds-and-setting/diamond-melee.html>
- [9] ปรีศนา บุญศักดิ์. (2556). รายงานผลการวิจัย การวิจัยปัญหาในงานหล่อและการพัฒนาแนวทางแก้ไขปัญหาในงานหล่อเครื่องประดับสมัยใหม่. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. สืบค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2558, จาก http://repository.rmutp.ac.th/bitstream/handle/123456789/1448/ENG_56_05.pdf?sequence=1
- [10] ไสภิตา กิจงาม. (2549). การพัฒนาประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเครื่องประดับกรณีศึกษา : โรงงานเครื่องประดับ. วิทยานิพนธ์ วศ.ม., สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ. สืบค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2558, จาก http://www.thailis.or.th/tdc/dccheck.php?_code=52&ReclId=17826&obj_id=172509&showmenu=no
- [11] ธนพร น้าพา. (2556). การศึกษาและพัฒนาารูปแบบเครื่องประดับจากแก้วและกระจกสีด้วยกระบวนการหล่อพร้อมฝัง. ปรินญาณิพนธ์ ศป.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. สืบค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2558, จาก http://ir.swu.ac.th/xmlui/bitstream/handle/123456789/4158/Thanaporn_N.pdf?sequence=1
- [12] สุรติ ใจหลัก, ธนาศักดิ์ เหมมณี และสุวัฒน์ เณรโต. (2552). การศึกษาปัจจัยขนาดนิลที่มีผลต่อกระบวนการหล่อพร้อมฝัง. นครปฐม: คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร. สืบค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2558, จาก <http://tanasakgeneration.blogspot.com/2009/05/blog-post.html>

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ตารางการทดลองและค่าที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ ก-1 ขนาดเป้าหมายของชิ้นงานเครื่องประดับแหวนจำนวน 24 โมเดล ที่ใช้ในการทดลอง

ลำดับ โมเดล	รูปทรง แหวน	เบอร์แหวน		รูปร่าง เมตียอด	ขนาด (มม.)		จำนวน ชั้น	ขนาดตัวเรือน (มม.)		ความสูง ระหว่างหน้า แหวนและ ก้านแหวน (มม.)	ค่าที่ได้จากโปรแกรม						
		US	JP		เมตียอด	เมตีส้อม		กว้าง	หนา		จำนวนเพชรล้อม		ระยะห่างระหว่างเพชรล้อม				
											ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2			
1	1	5		กลม	3.5	1	1	2	1.5	5	14	-	0.2	-			
2	1	5.5		กลม	5.3	1.4	1	1.8	1.5	5	14	-	0.22	-			
3	1	6		กลม	4.8	1.5	1	2	1.5	5	12	-	0.26	-			
4	2		9	กลม	7	2	1	2.5	1.7	5.2	14	-	0.2	-			
5	2		10	กลม	6	1.7	1	2.5	1.6	6	14	-	0.2	-			
6	2		12	กลม	8.5	1.9	1	2.6	1.7	5.5	16	-	0.23	-			
7	1	5.75		กลม	6.2	1.5	2	2	1.2	5.3	16	22	0.2	0.34			
8	1	6.5		กลม	4	0.8	2	2	2	5	16	24	0.26	0.29			
9	1	7		กลม	5.5	1	2	2.2	1.8	5	18	26	0.23	0.23			
10	2		7	กลม	3.8	0.9	2	2	1.4	4.5	14	22	0.35	0.31			
11	2		14	กลม	9	2	2	2.3	2	5	16	22	0.24	0.37			
12	2		16	กลม	8	1.7	2	2	2	6	18	24	0.2	0.33			

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)

ลำดับ โมเดล	รูปทรง แหวน	เบอร์แหวน		รูปร่าง เม็ดยอด	ขนาด (มม.)		จำนวน ชั้น	ขนาดตัวเรือน (มม.)		ความสูง ระหว่างหน้า แหวนและ ก้านแหวน (มม.)	ค่าที่ได้จากโปรแกรม						
		US	JP		เม็ดยอด	เม็ดยอด		กว้าง	หนา		จำนวนเพชรล้อม		ระยะห่างระหว่างเพชรล้อม				
											ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2			
13	1	5		คุชชั้น	3.5	1	1	2	1.5	5	14	-	0.2	-			
14	1	5.5		คุชชั้น	5.3	1.4	1	1.8	1.5	5	16	-	0.2	-			
15	1	6		คุชชั้น	4.8	1.5	1	2	1.5	5	14	-	0.2	-			
16	2		9	คุชชั้น	7	2	1	2.5	1.7	5.2	14	-	0.23	-			
17	2		10	คุชชั้น	6	1.7	1	2.5	1.6	6	14	-	0.23	-			
18	2		12	คุชชั้น	8.5	1.9	1	2.6	1.7	5.5	18	-	0.2	-			
19	1	5.75		คุชชั้น	6.2	1.5	2	2	1.2	5.3	16	24	0.21	0.21			
20	1	6.5		คุชชั้น	4	0.8	2	2	2	5	18	26	0.2	0.27			
21	1	7		คุชชั้น	5.5	1	2	2.2	1.8	5	18	28	0.34	0.2			
22	2		7	คุชชั้น	3.8	0.9	2	2	1.4	4.5	16	24	0.2	0.24			
23	2		14	คุชชั้น	9	2	2	2.3	2	5	18	26	0.2	0.2			
24	2		16	คุชชั้น	8	1.7	2	2	2	6	18	26	0.2	0.2			

หมายเหตุ : รูปที่ได้จากโปรแกรมได้ทำการเผื่อขนาดเบอร์แหวนและเผื่อขนาดชิ้นงาน เท่ากับ 0.2 แล้ว

ตารางที่ ก-2 ค่าที่วัดได้จากโมเดล 3 มิติ (ก่อน) และค่าที่วัดได้จากการทดลองผลิตชิ้นงานจริง (หลัง)

ตำแหน่ง ที่	การวัดขนาด	โมเดล 1			โมเดล 2			โมเดล 3			โมเดล 4			โมเดล 5		
	(หน่วย: มิลลิเมตร)	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
(1)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใน	3.86	3.94	-0.08	5.4	5.48	-0.08	4.91	5.03	-0.12	7.32	7.42	-0.1	6.28	6.37	-0.09
(2)	ขนาดหน้าแหวนโดยรวม	6.86	6.65	0.21	9.2	8.99	0.21	8.9	8.68	0.22	12.32	12.13	0.19	10.68	10.48	0.2
(3)	ขนาดความกว้างของเนื้อโลหะ	1.5	1.355	0.145	1.9	1.755	0.145	2	1.825	0.175	2.5	2.355	0.145	2.2	2.055	0.145
(4)	ขนาดไขปลาของอัญมณีเม็ดล้อม	0.54	0.37	0.17	0.73	0.54	0.19	0.87	0.66	0.21	0.97	0.74	0.23	0.83	0.61	0.22
(5)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสำหรับฝังอัญมณี เม็ดล้อม (ความกว้างรูคัทเตอร์หลังการ เจาะ)	0.8	0.91	-0.11	1.12	1.22	-0.1	1.2	1.31	-0.11	1.55	1.66	-0.11	1.46	1.54	-0.08
(6)	ความลึกสำหรับการฝังอัญมณีเม็ดล้อม (ความลึกรูคัทเตอร์หลังการเจาะ)	0.65	0.8	-0.15	0.92	1	-0.08	0.98	1.1	-0.12	1.06	1.2	-0.14	0.91	1.1	-0.19
(7)	ขนาดหนามเตยอัญมณีเม็ดยอด	0.8	0.75	0.05	1	0.95	0.05	0.95	0.9	0.05	1.17	1.1	0.07	1.06	1	0.06
(8)	ความสูงของช่องว่างสำหรับฝังอัญมณีเม็ด ยอด	3.19	3.01	0.18	3.4	3.2	0.2	3.4	3.19	0.21	3.52	3.33	0.19	4.41	4.24	0.17
(9)	ความสูงระหว่างหน้าแหวนและก้านแหวน	5.2	5.02	0.18	5.21	5.01	0.2	5.22	5.01	0.21	5.43	5.24	0.19	6.28	6.11	0.17
(10)	ขนาดวงแหวน	16.1	15.68	0.42	16.51	16.1	0.41	16.92	16.53	0.39	16.1	15.69	0.41	16.34	15.88	0.46
(11)	ความหนาของก้านแหวน	1.7	1.51	0.19	1.71	1.48	0.23	1.71	1.49	0.22	1.88	1.66	0.22	1.78	1.57	0.21
(12)	ความกว้างของก้านแหวน	2.21	2	0.21	2	1.79	0.21	2.2	2.02	0.18	2.7	2.49	0.21	2.72	2.5	0.22
(13)	ความหนาของขอบโลหะหน้าแหวน	1.82	1.7	0.12	1.73	1.62	0.11	1.82	1.71	0.11	2.73	2.62	0.11	2.41	2.31	0.1

ตารางที่ ก-2 (ต่อ)

ตำแหน่ง ที่	การวัดขนาด	โมเดล 6			โมเดล 7			โมเดล 8			โมเดล 9			โมเดล 10		
	(หน่วย: มิลลิเมตร)	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
(1)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใน	8.6	8.73	-0.13	6.68	6.74	-0.06	4.1	4.21	-0.11	5.6	5.58	0.02	3.9	3.99	-0.09
(2)	ขนาดหน้าแหวนโดยรวม	13.4	13.21	0.19	14.8	14.61	0.19	9.4	9.19	0.21	11.69	11.5	0.19	9.56	9.37	0.19
(3)	ขนาดความกว้างของเนื้อโลหะ	2.4	2.24	0.16	4.06	3.935	0.125	2.65	2.49	0.16	3.05	2.96	0.09	2.85	2.69	0.16
(4)	ขนาดไขปลาของอัญมณีเม็ดล้อม	0.95	0.75	0.2	0.75	0.55	0.2	0.41	0.35	0.06	0.47	0.37	0.1	0.48	0.38	0.1
(5)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสำหรับฝังอัญมณี เม็ดล้อม (ความกว้างรูคัทเตอร์หลังการ เจาะ)	1.45	1.56	-0.11	1.2	1.31	-0.11	0.64	0.74	-0.1	0.8	0.91	-0.11	0.77	0.88	-0.11
(6)	ความลึกสำหรับการฝังอัญมณีเม็ดล้อม (ความลึกรูคัทเตอร์หลังการเจาะ)	0.98	1.1	-0.12	0.99	1.1	-0.11	0.53	0.8	-0.27	0.66	0.8	-0.14	0.48	0.8	-0.32
(7)	ขนาดหนามเตยอัญมณีเม็ดยอด	1.33	1.25	0.08	1.11	1	0.11	0.86	0.75	0.11	1.02	0.95	0.07	0.83	0.75	0.08
(8)	ความสูงของช่องว่างสำหรับฝังอัญมณีเม็ด ยอด	3.79	3.58	0.21	4.14	3.96	0.18	2.81	2.63	0.18	3.17	2.99	0.18	3.12	2.96	0.16
(9)	ความสูงระหว่างหน้าแหวนและก้านแหวน	5.8	5.59	0.21	5.5	5.32	0.18	5.2	5.02	0.18	5.21	5.03	0.18	4.71	4.55	0.16
(10)	ขนาดวงแหวน	17	16.92	0.08	16.72	16.28	0.44	17.33	16.91	0.42	17.74	17.32	0.42	15.34	14.88	0.46
(11)	ความหนาของก้านแหวน	1.86	1.66	0.2	1.4	1.19	0.21	2.21	2.01	0.2	2.01	1.81	0.2	1.59	1.51	0.08
(12)	ความกว้างของก้านแหวน	2.82	2.6	0.22	2.21	2.01	0.2	2.21	2.01	0.2	2.42	2.19	0.23	2.21	1.99	0.22
(13)	ความหนาของขอบโลหะหน้าแหวน	2.63	2.52	0.11	1.83	1.74	0.09	1.22	1.11	0.11	1.39	1.28	0.11	1.57	1.49	0.08

การพัฒนาโมดูลคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติ

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมลักษณ์ วรรณกุล กิเยลาโรว่า

ตารางที่ ก-2 (ต่อ)

ตำแหน่ง ที่	การวัดขนาด	โมเดล 11			โมเดล 12			โมเดล 13			โมเดล 14			โมเดล 15		
	(หน่วย: มิลลิเมตร)	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
(1)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใน	9.1	9.2	-0.1	8.72	8.83	-0.11	3.6	3.73	-0.13	5.84	5.95	-0.11	5.2	5.28	-0.08
(2)	ขนาดหน้าแหวนโดยรวม	19.18	19	0.18	17.62	17.41	0.21	6.6	6.39	0.21	9.63	9.44	0.19	9.19	9	0.19
(3)	ขนาดความกว้างของเนื้อโลหะ	5.04	4.9	0.14	4.45	4.29	0.16	1.5	1.33	0.17	1.9	1.745	0.155	2	1.86	0.14
(4)	ขนาดไขปลาของอัญมณีเม็ดล้อม	0.98	0.61	0.37	0.86	0.61	0.25	0.47	0.39	0.08	0.69	0.49	0.2	0.74	0.52	0.22
(5)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสำหรับฝังอัญมณี เม็ดล้อม (ความกว้างรูคัทเตอร์หลังการ เจาะ)	1.4	1.52	-0.12	1.19	1.3	-0.11	0.8	0.92	-0.12	1.12	1.21	-0.09	1.2	1.31	-0.11
(6)	ความลึกสำหรับการฝังอัญมณีเม็ดล้อม (ความลึกรูคัทเตอร์หลังการเจาะ)	1.07	1.2	-0.13	0.91	1.1	-0.19	0.66	0.9	-0.24	0.92	1.1	-0.18	0.98	1.2	-0.22
(7)	ขนาดหนามเตยอัญมณีเม็ดยอด	1.38	1.3	0.08	1.27	1.19	0.08	0.79	0.7	0.09	0.99	0.9	0.09	0.93	0.85	0.08
(8)	ความสูงของช่องว่างสำหรับฝังอัญมณีเม็ด ยอด	3.02	2.89	0.13	4.02	3.83	0.19	3.16	2.94	0.22	3.42	3.18	0.24	3.14	2.96	0.18
(9)	ความสูงระหว่างหน้าแหวนและก้านแหวน	5.25	5.12	0.13	6.23	6.04	0.19	5.21	4.99	0.22	5.21	4.97	0.24	5.21	5.03	0.18
(10)	ขนาดวงแหวน	17.67	17.13	0.54	18.34	17.95	0.39	16.09	15.69	0.4	16.51	16.11	0.4	16.92	16.49	0.43
(11)	ความหนาของก้านแหวน	2.21	2.02	0.19	2.18	2	0.18	1.71	1.51	0.2	1.71	1.48	0.23	1.71	1.49	0.22
(12)	ความกว้างของก้านแหวน	2.5	2.32	0.18	2.2	1.98	0.22	2.21	1.98	0.23	2	1.8	0.2	2.2	2.03	0.17
(13)	ความหนาของขอบโลหะหน้าแหวน	2.69	2.57	0.12	2.4	2.3	0.1	1.39	1.28	0.11	1.73	1.82	-0.09	1.82	1.73	0.09

ตารางที่ ก-2 (ต่อ)

ตำแหน่ง ที่	การวัดขนาด	โมเดล 16			โมเดล 17			โมเดล 18			โมเดล 19			โมเดล 20		
	(หน่วย: มิลลิเมตร)	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
(1)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใน	7.11	7.21	-0.1	6.1	6.22	-0.12	9.05	9.16	-0.11	6.3	6.44	-0.14	4.61	4.69	-0.08
(2)	ขนาดหน้าแหวนโดยรวม	12.09	11.9	0.19	10.49	10.31	0.18	13.83	13.63	0.2	14.38	14.17	0.21	9.47	9.25	0.22
(3)	ขนาดความกว้างของเนื้อโลหะ	2.5	2.345	0.155	2.2	2.045	0.155	2.4	2.235	0.165	4.05	3.865	0.185	2.66	2.28	0.38
(4)	ขนาดไขปลาของอัญมณีเม็ดล้อม	0.92	0.66	0.26	0.79	0.58	0.21	0.85	0.61	0.24	0.65	0.48	0.17	0.38	0.35	0.03
(5)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสำหรับฝังอัญมณี เม็ดล้อม (ความกว้างรูคัทเตอร์หลังการ เจาะ)	1.7	1.82	-0.12	1.44	1.56	-0.12	1.46	1.56	-0.1	1.2	1.31	-0.11	0.64	0.75	-0.11
(6)	ความลึกสำหรับการฝังอัญมณีเม็ดล้อม (ความลึกรูคัทเตอร์หลังการเจาะ)	1.07	1.2	-0.13	0.9	1.1	-0.2	1.02	1.2	-0.18	0.97	1.1	-0.13	0.53	0.8	-0.27
(7)	ขนาดหนาเมตอัญมณีเม็ดยอด	1.17	1.05	0.12	1.05	0.94	0.11	1.32	1.2	0.12	1.08	1	0.08	0.85	0.77	0.08
(8)	ความสูงของช่องว่างสำหรับฝังอัญมณีเม็ด ยอด	3.52	3.34	0.18	4.41	4.18	0.23	3.79	3.59	0.2	4.1	3.88	0.22	2.83	2.59	0.24
(9)	ความสูงระหว่างหน้าแหวนและก้านแหวน	5.45	5.27	0.18	6.24	6.01	0.23	5.77	5.57	0.2	5.49	5.27	0.22	5.21	4.97	0.24
(10)	ขนาดวงแหวน	16	15.68	0.32	16.34	15.89	0.45	17	16.49	0.51	16.72	16.31	0.41	17.33	16.91	0.42
(11)	ความหนาของก้านแหวน	1.88	1.66	0.22	1.78	1.54	0.24	1.88	1.66	0.22	1.41	1.18	0.23	2.21	2.01	0.2
(12)	ความกว้างของก้านแหวน	2.7	2.51	0.19	2.7	2.49	0.21	2.8	2.61	0.19	2.21	2.02	0.19	2.21	2	0.21
(13)	ความหนาของขอบโลหะหน้าแหวน	2.7	2.59	0.11	2.42	2.32	0.1	2.62	2.52	0.1	1.79	1.86	-0.07	1.22	1.12	0.1

การพัฒนาโมดูลคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการจัดเรียงอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติ

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมลักษณ์ วรรณฤมล กิเยลาโรว่า

ตารางที่ ก-2 (ต่อ)

ตำแหน่ง ที่	การวัดขนาด	โมเดล 21			โมเดล 22			โมเดล 23			โมเดล 24			ค่าเฉลี่ย ผลต่าง	SD
	(หน่วย: มิลลิเมตร)	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง		
(1)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใน	5.6	5.72	-0.12	3.93	4	-0.07	9.51	9.63	-0.12	8.17	8.29	-0.12	-0.10	0.03
(2)	ขนาดหน้าแหวนโดยรวม	11.68	11.45	0.23	9.65	9.41	0.24	19.77	19.53	0.24	17.12	16.93	0.19	0.20	0.02
(3)	ขนาดความกว้างของเนื้อโลหะ	3.05	2.865	0.185	2.86	2.705	0.155	5.14	4.95	0.19	4.48	4.32	0.16	0.16	0.05
(4)	ขนาดไขปลาของอัญมณีเม็ดล้อม	0.44	0.4	0.04	0.42	0.37	0.05	0.83	0.59	0.24	0.71	0.52	0.19	0.18	0.08
(5)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสำหรับฝังอัญมณี เม็ดล้อม (ความกว้างรูศัทเตอร์หลังการ เจาะ)	0.8	0.92	-0.12	0.7	0.81	-0.11	1.72	1.83	-0.11	1.3	1.41	-0.11	-0.11	0.01
(6)	ความลึกสำหรับการฝังอัญมณีเม็ดล้อม (ความลึกรูศัทเตอร์หลังการเจาะ)	0.65	0.8	-0.15	0.47	0.8	-0.33	1.06	1.2	-0.14	0.91	1.1	-0.19	-0.18	0.07
(7)	ขนาดหนามเตยอัญมณีเม็ดยอด	1.01	0.91	0.1	0.82	0.75	0.07	1.38	1.24	0.14	1.27	1.15	0.12	0.09	0.02
(8)	ความสูงของช่องว่างสำหรับฝังอัญมณีเม็ด ยอด	3.15	2.85	0.3	3.11	2.94	0.17	3.06	2.96	0.1	4.05	3.89	0.16	0.19	0.04
(9)	ความสูงระหว่างหน้าแหวนและก้านแหวน	5.2	4.9	0.3	4.72	4.55	0.17	5.24	5.14	0.1	6.22	6.06	0.16	0.19	0.04
(10)	ขนาดวงแหวน	17.75	17.34	0.41	15.34	14.82	0.52	17.67	17.15	0.52	18.34	17.94	0.4	0.42	0.09
(11)	ความหนาของก้านแหวน	2.01	1.82	0.19	1.58	1.37	0.21	2.18	1.97	0.21	2.18	1.99	0.19	0.20	0.03
(12)	ความกว้างของก้านแหวน	2.41	2.22	0.19	2.2	1.99	0.21	2.5	2.28	0.22	2.2	1.97	0.23	0.21	0.02
(13)	ความหนาของขอบโลหะหน้าแหวน	1.39	1.28	0.11	1.56	1.45	0.11	2.71	2.6	0.11	2.4	2.29	0.11	0.09	0.05