การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาวิธีการนำระบบอุลตร้าโซนิคมาเชื่อมท่อพลาสติกกลม โดยได้พัฒนาเครื่องเชื่อมท่อพลาสติกกลมด้วยอุลตร้าโซนิคขึ้นมาให้ใช้กับหัวเชื่อมสองแบบ คือ แบบหัวเชื่อมครึ่งวงกลมและแบบหัวเชื่อมในแนวแกนเพื่อใช้ในการทดลองกับท่อพลาสติกกลม (PMMA) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 mm หนา 2 mm มีมุมบากของท่อหลายขนาดได้แก่ 5.7°, 3.8°, 2.8° และ 0° เพื่อให้สามารถสวมเข้ากันได้ ใช้ความถี่ในการเชื่อมที่ 28 kHz สำหรับหัวเชื่อมแบบครึ่งวงกลมใช้หัวเชื่อมครึ่งวงกลมในโหมดการสั่นที่ 1-3 เวลาเชื่อม 5-10 วินาที ส่วนหัวเชื่อมในแนวแกน มีเส้นผ่าศูนย์กลางด้านเล็ก 12 mm เส้นผ่าศูนย์กลางด้านใหญ่ 25 mm ความยาว 98 mm ปลายหัวเชื่อมเป็นสี่เหลี่ยมขนาดหน้าตัด 6x10 mm^2 เชื่อมชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 25 rpm 45 rpm 67 rpm และ 100 rpm โดยการเชื่อมทั้งสองแบบมีแรงกดด้านข้างช่วยเสริมให้เกิดแนวเชื่อม ผลการศึกษา พบว่าการประยุกต์ใช้อุลตร้าโซนิคในการเชื่อมท่อพลาสติกกลมนั้นสามารถสร้างรอยเชื่อมได้ และที่ตำแหน่งจุดเชื่อมนั้นพลาสติกจะเกิดการหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

ผลการทดลองพบว่าในการเชื่อมด้วยเครื่องเชื่อมแบบหัวเชื่อมครึ่งวงกลม ส่วนใหญ่ท่อพลาสติกสามารถเชื่อมติดกันได้ ไม่ว่าจะมีมุมบากสองด้าน (2.8°-2.8°3.8°-3.8° 5.7°-5.7°) หรือมีมุมบากด้านเดียว (2.8°-0° 3.8°-0° 5.7°-0°) ซึ่งรอยเชื่อมที่เกิดขึ้นมีลักษณะใส และเป็นจุดกระจายตัวไปโดยรอบท่อหรือเป็นจุดตามโหมดการสั่นของหัวเชื่อม ส่วนพื้นที่ที่ไม่เกิดรอยเชื่อม จะมีลักษณะขุ่น เนื่องจากเป็นลักษณะเดิมของท่อที่ผ่านการกลึงบากมาก่อนการเชื่อม นอกจากนี้การศึกษานี้ยังได้ทำการสร้างกราฟเพื่อช่วยออกแบบหัวเชื่อมครึ่งวงกลม ซึ่งกราฟดังกล่าวสามารถใช้ออกแบบขนาดของหัวเชื่อมตามโหมดการสั่นที่ต้องการ ตั้งแต่โหมดที่ 1-6 และตามขนาดของท่อที่ต้องการเชื่อม โดยกราฟดังกล่าวได้รับการสอบเทียบความถูกต้องกับการทดลองที่โหมดการสั่นต่างๆ และความถี่ต่างๆ จากห้องปฏิบัติการของ Department of Electronics and Computer Systems, Faculty of Engineering, Takushoku University, Japan

ส่วนผลการศึกษาการเชื่อมโดยใช้เครื่องเชื่อมแบบหัวเชื่อมในแนวแกน พบว่าในกรณีของชิ้นงานที่มีมุมบากทั้งสองข้าง (2.8°-2.8°, 3.8°-3.8°, 5.7°-5.7°) และมุมบากด้านเดียว (2.8°-0°, 3.8°-0°, 5.7°-0°) จะสังเกตเห็นพื้นที่ที่พลาสติกเชื่อมติดกัน ซึ่งจะมีลักษณะใส และเป็นเส้นกระจายตัวไปโดยรอบท่อ ส่วนพื้นที่ที่ไม่เกิดรอยเชื่อม จะมีลักษณะขุ่น เนื่องจากเป็นลักษณะเดิมของท่อที่ผ่านการกลึงบากมาก่อนการเชื่อม รอยเชื่อมที่ได้อาจแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ รอยเชื่อมในลักษณะที่กระจายตัวกว้างออกไปเป็นหลายแถว (2-3 แถว) ในแต่ละแถวรอยเชื่อมมักเกิดในลักษณะเป็นช่วงๆ ไม่ต่อเนื่องกัน ซึ่งลักษณะของรอยเชื่อมแบบนี้จะพบในกรณีของชิ้นงานมีการบากมุมทั้งสองด้าน รอย

เชื่อมในลักษณะนี้เกิดจากหน้าสัมผัสของท่อที่เชื่อมมีการบากให้มุมเท่ากันจึงสัมผัสกันในพื้นที่กว้าง เมื่อทำการเชื่อมจึงเกิดการสั่นกระจายในแนวกว้างด้วยจึงสร้างรอยเชื่อมที่กระจายตัวไปได้ดี รอยเชื่อมที่เกิดขึ้นจึงมีลักษณะเป็นจุดไม่ต่อเนื่อง ส่วนรอยเชื่อมอีกลักษณะที่พบเป็นรอยเชื่อมที่มีลักษณะเป็นเส้นเดียวชัดเจน รอยเชื่อมแบบนี้จะเกิดขึ้นในกรณีที่ท่อมีการบากเพียงด้านเดียว ซึ่งสาเหตุของการเกิดรอยเชื่อมในลักษณะนี้อาจเกิดจากกรณีการบากท่อเพียงด้านเดียวนั้น จุดสัมผัสระหว่างผิวท่อจะสัมผัสกันตลอดเส้นรอบวงของชิ้นงานที่ไม่ได้บากมุม ดังนั้นเมื่อเกิดการสั่นจุดสัมผัสนี้จะสร้างรอยเชื่อมได้ดีและต่อเนื่องจึงเกิดรอยเชื่อมที่ใหญ่และต่อเนื่องรอบวง

นอกจากนี้เมื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อรอยเชื่อมจะได้ผลดังนี้ อิทธิพลของแรงกดด้านข้าง ซึ่งผลการทดลองพบว่าช่วงแรงกดด้านข้างที่อยู่ในช่วงที่ชิ้นงานยังสามารถเคลื่อนที่ได้ คือไม่เกิน 150 N ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับมุมของชิ้นงานด้วย โดยเมื่อพิจารณาอิทธิพลของมุมบากชิ้นงาน พบว่ารอยเชื่อมในกรณีมุมบากทั้งสองด้านเกิดรอยเชื่อมกระจายเป็นจุดรอบท่อ เนื่องมาจากหน้าสัมผัสของพื้นการเชื่อมมีมาก ส่วนกรณีมุมบากด้านเดียวหน้าสัมผัสของพื้นที่น้อยจึงเกิดรอยเชื่อมแบบเส้นเดียว แต่ต่อเนื่อง และ เมื่อพิจารณาอิทธิพลของความเร็วรอบในการเชื่อมโดยใช้กับหัวเชื่อมในแนวแกน และพิจารณาเฉพาะช่วงแรงกดที่สร้างพื้นที่รอยเชื่อมได้มาก (ระหว่างประมาณ 60-120 N) จะพบว่าในกรณีมุมของท่อ 2.8°-2.8°, 3.8°-3.8° และ 5.7°-5.7° นั้นเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นพื้นที่รอยเชื่อมจะลดน้อยลงตามลำดับ แต่ในทางตรงกันข้าม ในกรณีของมุม 2.8°-0°, 3.8°-0° และ 5.7°-0° กลับพบว่าเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นพื้นที่ของรอยเชื่อมก็จะมากขึ้นตามไปด้วย

This study is aimed to investigate the application of ultrasonic welding to join round plastic pipes. Two types of ultrasonic welding machines were designed and built. One is to be used with semi-circular resonator and another one is to be used with conventional straight resonator. The machines were used to weld round plastic pipes (PMMA) with the diameter of 35 mm and 2 mm thick. The end-angles of tube were varied from 5.7°, 3.8°, 2.8° and 0°. The welding frequency was 28 kHz. For semi-circular resonator, it was designed to operate at vibration modes 1-3 and welding time between 5-10 seconds. For the straight resonator, it was designed to have small diameter of 12 mm, large diameter of 25 mm, 98 mm long and 6x10 mm^2 rectangular end. Welding speeds were varied from 25 rpm, 45 rpm, 67 rpm, and 100 rpm. Both types of machine were designed to have axial force in order to enhance welding area. It was found that the ultrasonic welding machines are able to create the welding zone on plastic pipes. Considering the use of semi-circular resonator to weld round plastic pipes, the majority of pipes can be welded weather the pipes are two-ends angled (2.8°- 2.8°, 3.8°- 3.8°, 5.7°- 5.7°) or one-end angled (2.8°- 0°, 3.8°- 0 °, 5.7°- 0 °). The welded area was visibly clear and may spread around the pipes or spotted on some restricted area where the resonator vibrates. The un-welded area was unclear which was the original appearance of machined pipes before welded. In addition, the semi-circular resonator design chart was constructed. The chart was able to use for design the resonator with desired vibration mode (between mode 1-6) and desired size of tube. The chart was verified with a series of experimental results from Department of Electronics and Computer Systems, Faculty of Engineering, Takushoku University, Japan.

In case of the straight resonator, for both two-ends angled and one-end angled pipes, the welded area is found to spread around the pipes. In this case, the welding zone may be characterized into 2 types. First is the welding zone which spread widely around the pipes; the welding area may be formed in 2-3 rows discontinuously around the pipes. This type of welding zone was found for two-ends angled pipes. The explanation of this is because the contact angle of this kind of pipes is wide, therefore the welding zone can be spread widely and discontinuously. Another type of welding zone is formed in a thick line shape. This occurs in case of one–end angled pipes. This kind of pipes allow only small and narrow contact angle between the pipes.

Therefore, the welding zone is formed only in the small contact area around the pipes. Consequently, single-thick and continuous line welding zone is achieved.

In addition, some parameter that way influence the welding zone were also investigated. The results are as followed; considering the axial force, it was found that the appropriate axial force should not larger than 150 N, depending on end angle of pipes. It was also found that the two-ends angled usually provide multi-lines discontinuous welding zone. While the one-end angled provides single-line continuous welding zone. Considering the welding speed, in case of straight resonator and take the results from the optimum axial forces only (between 60-120 N), it was found that the welding area is decreased as the welding speed increases for the pipes with angles of 2.8° - 2.8°, 3.8° - 3.8° and 5.7° - 5.7°. In contrast for the pipes with 2.8° - 0°, 3.8° - 0° and 5.7° - 0°, it was found that as the welding speed increases, the welding area is also increased.