

เครื่องล้างแผ่นสแตนเลสระบบอัลตราโซนิก

Ultrasonic Stencil Plate Cleaning Machine

นิวัติ กิจไพศาลสกุล*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องล้างระบบอัลตราโซนิก (Ultrasonic Cleaner) สำหรับใช้ล้างแผ่นสแตนเลส มีขนาดความกว้าง 84 x 99 x 34.5 เซนติเมตร ปริมาตรรวมเท่ากับ 203,742 ลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนพื้นที่ของอ่างล้างมีขนาด 78 x 78 x 13 เซนติเมตร ปริมาตรรวมเท่ากับ 79,092 ลูกบาศก์เซนติเมตร คิดเป็นความจุประมาณ 79 ลิตร ติดตั้งหัวสั่นทรานสดิวเซอร์ ทำงานที่ความถี่ 50 กิโลเฮิร์ต จำนวนทั้งหมด 16 ชุด เป็นเครื่องล้างที่ทำงานโดยการใส่แผ่นสแตนเลสในแนวนอน เพื่อให้เกิดความสะอาดในการนำ แผ่นสแตนเลสไปลงในเครื่องล้างและติดตั้งท่อดูดอากาศ (Exhaust Duct) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร เพื่อใช้ป้องกันกลิ่นเหม็นที่เกิดขึ้นในขณะที่เครื่องทำงาน

เมื่อนำเครื่องล้างที่ออกแบบและสร้างไปทดลองล้างแผ่นสแตนเลส ที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งสองขนาด ได้แก่ ขนาด 23 x 23 นิ้ว และ 29 x 29 นิ้ว ผลการทดลองสรุปว่า สภาวะที่เหมาะสมในการล้างจะใช้เวลา 3 - 5 นาที ที่อุณหภูมิ 40 - 60 องศาเซลเซียส สามารถจะล้างแผ่นสแตนเลสได้สะอาดถึง 98 - 100 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้กลีอกขยายในการตรวจและใช้น้ำแทนการใช้ยาเคมี ทำให้ประหยัดเงินถึง 2,200 บาทต่อครั้งและลดมลภาวะที่เกิดขึ้นได้

คำสำคัญ : เครื่องล้าง, แผ่นสแตนเลส, ระบบ, อัลตราโซนิก

Abstract

The aim of the research was to design and construct an ultrasonic cleaner for stencil plates. The overall dimension of the design was 84 x 99 x 34.5 cm with total volume of 203,742 cm³. The wash tank measured 78 x 78 x 13 cm with total volume of 79,092 cm³. The capacity of the wash tank was 79 liters. 16 transducers generating a frequency of 50 KHz were attached to the wash tank. The stencil plates were loaded horizontally into the machine. An exhaust duct was installed to remove smells during the cleaning process. Two sizes of stencil plates, measuring 23 x 23 inch and 29 x 29 inch, were cleaned by the machine. The results showed that the optimal conditions for cleaning were around 3-5 minutes at a temperature of 40-60 C. The machine achieved a cleaning rate of around 98-100%, as scanned by a microscope. As the machine uses water instead of solvents to clean, it is more economical and safer for the environment.

Keywords : Ultrasonic, System, Stencil Plate, Machine

* อาจารย์ประจำ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

บทนำ

การทำความสะอาดด้วยคลื่นอัลตราโซนิกในงานอุตสาหกรรมมีมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950 การใช้กำลังงานอัลตราโซนิกในช่วงแรก เป็นงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ งานด้านแสง งานด้านสายตาและงานด้านอุตสาหกรรมยา เช่น การทำความสะอาดเครื่องแก้วของโรงพยาบาลและเกี่ยวกับการผ่าตัด เลนส์กล้องถ่ายรูป เครื่องกรอง การพิมพ์ทางอิเล็กทรอนิกส์, ลูกปืน, ชิ้นส่วนเครื่องยนต์และตัวเปลี่ยนอุณหภูมิ เป็นต้น งานทำความสะอาดทางด้านอัลตราโซนิก ใช้งานได้ดีกับวัตถุที่สะท้อนคลื่นเสียงได้ดี เช่น โลหะ แก้ว พลาสติก เป็นต้น การทำความสะอาดด้วย อัลตราโซนิกจะประหยัดเวลา สามารถทำความสะอาดในงานส่วนที่เข้าถึงยากและเป็นไปไม่ได้ด้วยการทำความสะอาดวิธีอื่น เช่น การทำความสะอาดชิ้นส่วนของบริเวณรอยแยกหรือตามช่องเล็กๆ ของวัสดุ และนอกจากนี้ อุปกรณ์ที่นำมาทำความสะอาดไม่เกิดความเสียหายจากรอยขีดข่วน อันเนื่องมาจากการขัดถูหลักการในการทำความสะอาด โดยการส่งผ่านคลื่นอัลตราโซนิกไปยังตัวกลางที่มีวัตถุที่ต้องการทำความสะอาดอยู่ ตัวกลางส่วนใหญ่จะใช้ของเหลว เนื่องจากคลื่นเสียงสามารถเคลื่อนที่ในของเหลวได้ดีกว่าในอากาศ เมื่อผ่านคลื่นลงไปของเหลวในภาชนะนั้น อนุภาคในของเหลวจะเกิดการสั่นด้วยความถี่สูง ซึ่งจะไปทำให้ฝุ่นหรือสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่อยู่ในวัตถุที่ต้องการทำความสะอาดนั้นหลุดออกมา เครื่องทำความสะอาดในงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ มีความจุที่ 5 ถึง 150 ลิตร และในปัจจุบันการทำความสะอาดส่วนใหญ่นิยมใช้หัวสั่นทรานคิวเซอร์กำเนิดความถี่ในช่วง 20 ถึง 50 กิโลเฮิร์ต

ทฤษฎี

1. การทำความสะอาดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

เทคโนโลยีการทำความสะอาดกำลังอยู่ในช่วงของการเปลี่ยนแปลงการใช้ไอระเหยจำพวกตัวทำละลายที่มีส่วนผสมของคลอรีนและฟลูออรีนในการทำความสะอาดซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานสำหรับอุตสาหกรรมส่วนมาก กำลังถูกลดความนิยมลง โดยเฉพาะการนำไปใช้ในประโยชน์ทางด้านนิเวศวิทยา ในขณะที่การทำความสะอาดเป็นที่ต้องการมากขึ้นอย่างต่อเนื่องในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมด้านอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งการทำความสะอาดเป็นเรื่องสำคัญเสมอ ผู้ประกอบการได้ให้การสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีในด้านนี้มากขึ้นมันดูเหมือนว่าการจะพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ ได้ จำเป็นต้องใส่ใจในเรื่องความสะอาดเป็นอย่างมาก ส่งผลให้อุตสาหกรรมด้านการทำความสะอาดก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็วในหลายปีที่ผ่านมา ความก้าวหน้าในหลายด้าน ล้วนมีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีอัลตราโซนิกอุตสาหกรรมด้านการทำความสะอาดที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมกำลังเข้ามาแทนที่การใช้ตัวทำละลายในการกำจัดสิ่งสกปรก แม้ว่า การใช้เคมีภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของน้ำมันปิโตรเลียม หรือน้ำเป็นส่วนใหญ่จะไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดจะต่ำกว่าการใช้ตัวทำละลายทำให้ไม่เพียงพอสำหรับการใช้งานบางด้าน ขณะที่พลังงานอัลตราโซนิกได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการทำความสะอาด เนื่องจากเป็นวิธีที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง

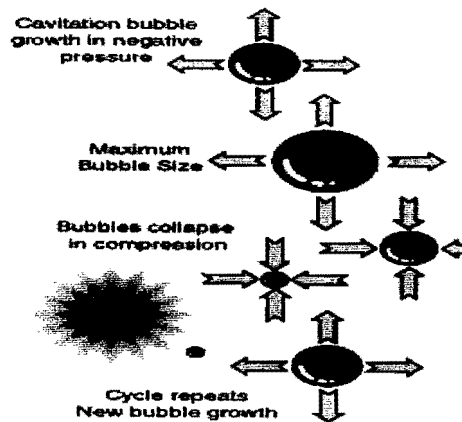
1.1 ความหมายของอัลตราโซนิก

อัลตราโซนิกเป็นศาสตร์ที่เกี่ยวกับคลื่นเสียงที่อยู่เหนือขอบเขตการได้ยินของมนุษย์ ความถี่ของคลื่นเสียงจะเป็นตัวกำหนดระดับความสูงต่ำของเสียง ความถี่ต่ำทำให้เกิดเสียงทุ้ม ความถี่สูงทำให้เกิดเสียงสูง ส่วนอัลตราซาวด์ คือ เสียงสูงในระดับที่มนุษย์ไม่สามารถได้ยิน ความถี่ของเสียงซึ่งสูงกว่า 18,000 เฮิร์ต จะเรียกว่า คลื่นอัลตราโซนิก ความถี่ของเสียงที่ถูกใช้เพื่อทำความสะอาดจะอยู่ในช่วง

ตั้งแต่ 20,000 ถึง 100,000 เฮิร์ต ช่วงของความถี่ที่ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมทำความสะอาด โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 20,000 ถึง 50,000 เฮิร์ต

1.2 การเกิดฟองอากาศในของเหลว และ Implosion

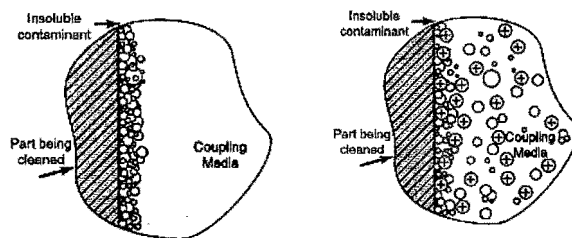
ในตัวกลางแบบ elastic เช่น อากาศ หรือของแข็งเกือบทุกชนิด จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ขณะที่คลื่นเสียงเดินทางผ่าน ส่วนในตัวกลางแบบ Non-elastic เช่น น้ำ หรือของเหลวส่วนใหญ่ การเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตรงเท่าที่ความเข้มของเสียงยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำ เมื่อความเข้มของเสียงเพิ่มขึ้น ขนาดของความดันแบบ Negative บริเวณที่เกิดคลื่นเบาบาง (Rarefaction) จะมากพอที่จะทำให้ของเหลวเกิดการแตกตัวและเกิดฟองอากาศขึ้น ซึ่งปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Cavitations ขณะที่คลื่นเสียงเดินทางผ่านของเหลว ฟองอากาศที่เกิดขึ้นจะหดตัว และขยายตัวกลับไปกลับมา เนื่องจากอิทธิพลของความดัน Positive และเมื่อมันขยายตัวจนมีขนาดที่ไม่เสถียรภาพมันจะระเบิด ซึ่งจะเรียกการระเบิดนี้ว่า Implosion และการระเบิดนี้จะทำให้เกิดคลื่นกระแทก (Shock Wave) ขึ้น ถ้าฟองอากาศจำนวนมากในของเหลวถูกกระตุ้นให้เกิดการระเบิดพร้อมกันด้วยคลื่นอัลตราโซนิก จะทำให้เกิดความดันที่ 10,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และอุณหภูมิที่ 10,000 องศาฟาเรนไฮต์ ณ จุดที่เกิดการระเบิด



รูปที่ 1 การแตกตัวของฟองอากาศในของเหลว

1.3 คลื่นอัลตราโซนิกส์

การเพิ่มความเร็วในการทำทำความสะอาดโดยการละลายสิ่งสกปรกบางประเภทเกิดจากการเกาะตัวกันอย่างหลวมๆ ของอนุภาคเล็กๆ ด้วยแรงไอออนิก ดังนั้นสิ่งสกปรกเหล่านี้ สามารถถูกกำจัดได้โดยการทำลายแรงดึงดูดระหว่างอนุภาคคลื่นอัลตราโซนิกจะสร้าง Cavitation และ Implosion เพื่อไปทำลายแรงดึงดูดระหว่างอนุภาคเล็กๆ ทำให้สิ่งสกปรก เช่น ฝุ่นละออง หลุดออกจากพื้นผิวของชิ้นส่วนและเพื่อให้การกำจัดสิ่งสกปรกมีประสิทธิภาพตัวกลาง (Coupling medium) ที่ใช้ต้องสามารถทำให้อนุภาคเล็กๆ แยกได้



รูปที่ 2 (ก) อนุภาคของสิ่งสกปรกที่ยึดติดอยู่ และ (ข) อนุภาคของสิ่งสกปรกปั่นป่วน

การทำให้วัสดุบางชนิดเปลี่ยนแปลงขนาด และเกิดการสั่นสะเทือนขึ้น โดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านวัสดุนั้นพลังงานไฟฟ้าความถี่สูงระดับอัลตราโซนิกส์ จะถูกส่งจาก Ultrasonic generator ไปสู่ Piezoelectric Transducer และอุปกรณ์ภายใน Transducer จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าความถี่สูงที่ได้รับไปเป็นการสั่นสะเทือนและขนาดของการสั่นสะเทือนจะถูกขยาย โดยการเคลื่อนที่อย่างเป็นจังหวะของวัสดุ 2 ชนิด คือ Steel back mass และ Aluminum coupling mass หลังจากนั้น การสั่นสะเทือนจะถูกถ่ายทอดสู่ของเหลวที่เป็นตัวกลางในยุคแรก วัสดุที่ถูกนำมาใช้เพื่อทำให้เกิด Piezoelectric effect ภายในหัวสั่นทรานควอเตอร์ คือ ผลึกควอตซ์และเบเรียมไททาเนต ซึ่งมีคุณสมบัติเปราะและไม่มีเสถียรภาพ ทำให้ทรานควอเตอร์ชนิดนี้ไม่ได้รับความนิยม แต่ในปัจจุบันวัสดุที่นำมาใช้เป็นเซรามิก ซึ่งมีความแข็งแรงมากขึ้น มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและเสถียรภาพมากขึ้น โดยวัสดุดังกล่าวเป็นผลงานจากความพยายามของกองทัพเรือสหรัฐในการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบโซนาร์ ในช่วงปี 1940 ถึง 1949 และทุกวันนี้ Piezoelectric Transducer ได้ถูกนำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการทำความสะดวกอย่างแพร่หลาย

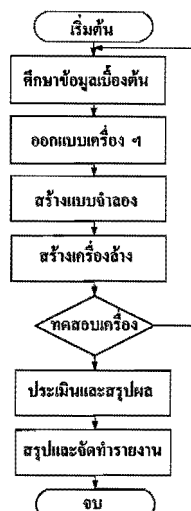
3. การออกแบบและการสร้าง

การออกแบบเครื่องล้างแผ่นสแตนเลสระบบอัลตราโซนิกส์ในงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับเปลี่ยนวิธีการล้างจากเดิม จะใส่แผ่นสแตนเลสในแนวตั้งดังแสดงในรูปที่ 3 มาเป็นการใส่แผ่นในแนวนอน และการออกแบบฝาปิดที่มีคิซิดกว่า พร้อมกับติดตั้งช่องระบายอากาศ



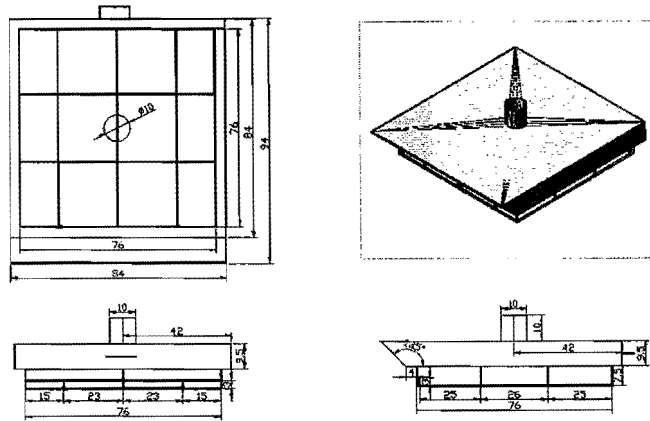
รูปที่ 3 การล้างแผ่นสแตนเลสในแนวตั้ง

การออกแบบเครื่องล้างแผ่นสแตนเลสระบบอัลตราโซนิกส์ในงานวิจัยนี้ มีการดำเนินการดังแสดงในรูปที่ 4



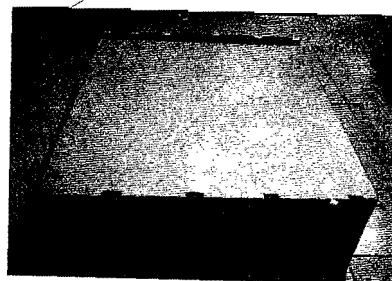
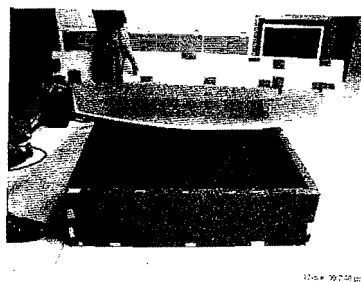
รูปที่ 4 แผนการดำเนินการ

เมื่อกำหนดแผนการดำเนินการเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนแรกเป็นการออกแบบโครงสร้างของเครื่อง โดยใช้ภาพร่าง (Drawing) ของแผ่นสแตนเลสทั้งแบบ 23 x 23 นิ้วและแบบ 29 x 29 นิ้ว มาเป็นแนวคิดเบื้องต้น ภาพร่างของเครื่อง ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ภาพร่าง (Drawing) ของเครื่อง

เมื่อออกแบบภาพร่าง (Drawing) ของเครื่องแล้ว ได้ข้อมูลมาสร้างแบบจำลอง (Model) ที่สร้างจากแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด เพื่อเปรียบเทียบขนาดและสัดส่วนที่ใกล้เคียงกับของจริงมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 6

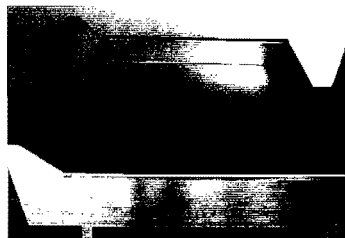


รูปที่ 6 แบบจำลองของเครื่อง

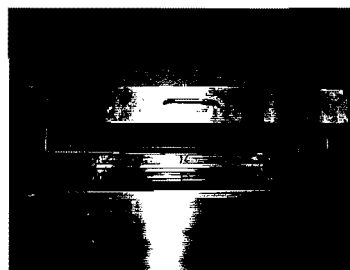
การสร้างเครื่องล้างแผ่นสแตนเลสระบบอัลตราโซนิกส์ โดยการนำเอาภาพร่าง (Drawing) มาวิเคราะห์แล้วนำไปสร้าง เริ่มตั้งแต่การสร้างอ่างล้าง การสร้างตัวถัง และการสร้างฝาครอบ ดังแสดงในรูปที่ 7 – 9 โครงสร้างทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) มีความหนา 1.5 มิลลิเมตร



รูปที่ 7 อ่างล้าง



รูปที่ 8 ตัวถัง



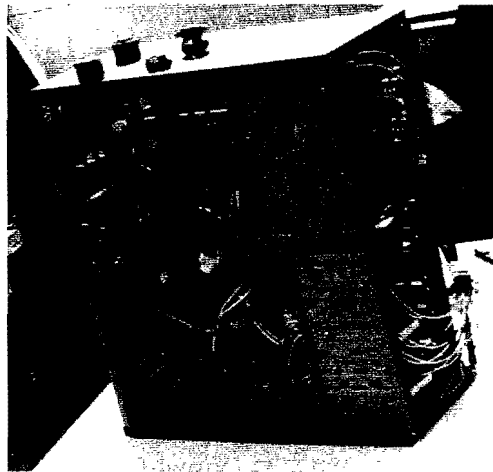
รูปที่ 9 ฝาครอบ

เมื่อสร้างโครงสร้างหลักของเครื่องเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการติดตั้งหัวสั่นทรานสดิวเซอร์ จำนวน 16 ชุด บริเวณใต้ของอ่างล้าง ดังแสดงในรูปที่ 10



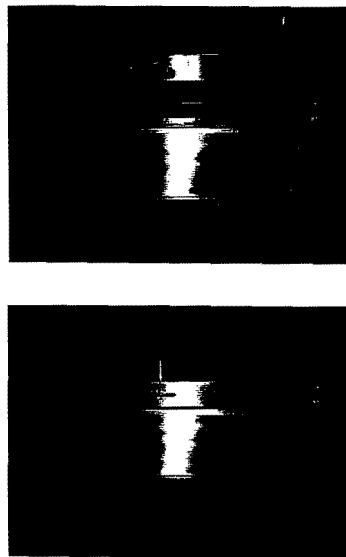
รูปที่ 10 การติดตั้งหัวสั่นทรานสดิวเซอร์

เมื่อติดตั้งหัวสั่นทรานสดิวเซอร์แล้ว จากนั้นทำการติดตั้งวงจรควบคุมการทำงาน ซึ่งประกอบด้วย วงจรตั้งเวลา (Timer Circuit) และวงจรขับหัวสั่นทรานสดิวเซอร์ (Driver Transducer Circuit) ดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 วงจรควบคุมการทำงาน

เครื่องล้างแผ่นสแตนเลสระบบอัลตราโซนิกส์ที่ประกอบเสร็จ ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 เครื่องล้างแผ่นสแตนเลสระบบอัลตราโซนิกส์

การทดสอบเครื่องล้างแผ่นสแตนเลสระบบอัลตราโซนิกส์ที่ออกแบบและสร้างเสร็จแล้ว โดยการ กำหนดตัวแปร ได้แก่ เวลาในการล้างและอุณหภูมิ ดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2