

บทที่ 2

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับคลื่นอัลตราโซนิก

คลื่นอัลตราโซนิกนั้น หมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าขอบเขตการได้ยินของมนุษย์ ซึ่งจากการที่คลื่นนี้มีความถี่สูง จึงทำให้มีความยาวคลื่นสั้น เป็นผลทำให้สามารถกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากไม่ได้รับผลกระทบจากการเลี้ยวเบนจากการที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดที่มีขนาดเล็กกว่าความยาวคลื่น จากคุณสมบัติที่สามารถควบคุมทิศทางของคลื่นได้แม่นยำนี้เอง จึงทำให้คลื่นอัลตราโซนิกถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวาง ทั้งทางการแพทย์ เช่น เครื่องอัลตราซาวด์ซึ่งใช้ในการตรวจสอบอวัยวะภายในร่างกาย ฯลฯ ทางด้านอุตสาหกรรม เช่น การทำความสะอาดพื้นผิวด้วยคลื่นอัลตราโซนิก, การเชื่อมต่อวัสดุ, การตรวจสอบพื้นผิว ฯลฯ ทางด้านเครื่องมือวัดต่างๆ เช่น การวัดระยะทางต่างๆ, การวัดความลึกของมหาสมุทร, การตรวจจับสิ่งกีดขวาง ฯลฯ นอกเหนือจากนี้ยังมีการใช้งานคลื่นอัลตราโซนิกในงานด้านอื่นๆอีกมากมาย

สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะนำเสนอความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคลื่นอัลตราโซนิก รวมไปถึงหลักการใช้ประโยชน์จากคลื่นอัลตราโซนิกในงานด้านต่างๆ ที่ได้ถูกพัฒนาจนเป็นเครื่องมือเชิงพาณิชย์ที่สามารถพบได้โดยทั่วไป

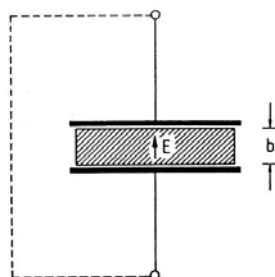
2.1 อัลตราโซนิกทรานส์ดิวเซอร์

คลื่นอัลตราโซนิกนั้นเป็นคลื่นที่มีลักษณะพลังงานเป็นพลังงานทางกล ดังนั้นการที่จะสามารถสร้างคลื่นอัลตราโซนิกนี้ได้ ก็คือต้องใช้อุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานรูปแบบอื่นๆ ให้อยู่ในรูปแบบพลังงานทางกลที่มีความถี่ในย่านของคลื่นอัลตราโซนิกนั่นเอง ซึ่งเราเรียกอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงระหว่างพลังงานรูปแบบต่างๆกับคลื่นอัลตราโซนิกนี้ว่า อัลตราโซนิกทรานส์ดิวเซอร์ (Ultrasonic Transducer) โดยอัลตราโซนิกทรานส์ดิวเซอร์นี้มีอยู่หลายชนิด ซึ่งมีหลักการกำเนิดคลื่นอัลตราโซนิกที่แตกต่างกันไป สำหรับชนิดที่พบเห็นได้โดยทั่วไปนั้นมีดังต่อไปนี้

2.1.1 อัลตราโซนิกทรานส์ดิวเซอร์ชนิดที่ใช้ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก

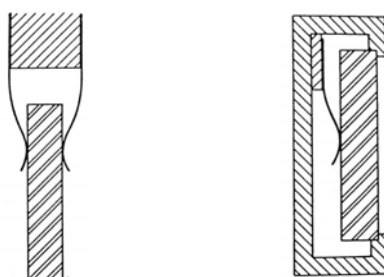
อัลตราโซนิกทรานส์ดิวเซอร์ชนิดนี้นั้น ถือได้ว่าเป็นทรานส์ดิวเซอร์ที่นิยมแพร่หลายมากที่สุด ซึ่งถูกนำมาใช้ในการสร้างคลื่นอัลตราโซนิกที่มีความถี่สูงปานกลาง โดยมีหลักการกำเนิด

คลื่นจากการใช้ประโยชน์จากปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Effect) นั่นคือเมื่อวัสดุที่มีคุณสมบัติเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Material) เช่นผลึกควอตซ์ (Quartz Crystal) มีค่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วทั้งสองต่างกันจะทำให้ผลึกเกิดการเปลี่ยนรูป ซึ่งเมื่อการเปลี่ยนรูปของผลึกนี้เกิดขึ้นด้วยความถี่ในระดับของคลื่นอัลตราโซนิกก็จะเป็นการกำเนิดคลื่นอัลตราโซนิกออกมา



รูปที่ 2.1 ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก

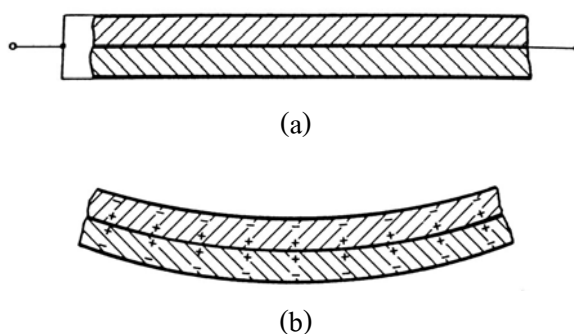
เมื่อพิจารณารูปที่ 2.1 ชิ้นสารที่มีคุณสมบัติเพียโซอิเล็กทริกที่มีความหนา b ซึ่งถูกตัดออกมาด้วยวิธีการที่เหมาะสม (รูปแบบการเปลี่ยนรูปของชิ้นสารเมื่อได้รับพลังงานไฟฟ้านั้น ขึ้นอยู่กับทิศทางของการตัดชิ้นผลึก) โดยขนาดของชิ้นสารนั้นใหญ่มากเมื่อเปรียบเทียบกับความหนาของชิ้นสารเอง เมื่อชิ้นสารนี้ได้รับพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายผ่านขั้วอิเล็กโทรดจะเกิดสนามไฟฟ้าขึ้นภายในชิ้นสาร ซึ่งการเปลี่ยนรูปของผลึกก็เกิดจากการสะสมของพลังงานภายในชิ้นสารนี้เอง โดยปริมาณของพลังงานไฟฟ้าที่สะสมภายในนี้นั้น มีผลโดยตรงต่อความถี่ตอบสนอง (Resonance Frequency) ของแต่ละชิ้นสาร ซึ่งปริมาณของสนามไฟฟ้านี้ขึ้นอยู่กับความหนาของชิ้นสาร จึงกล่าวได้ว่าความถี่ตอบสนองของแต่ละชิ้นสารนี้ขึ้นอยู่กับความหนาของแต่ละชิ้นสารนั่นเอง สำหรับการยึดชิ้นสารเพื่อใช้งานเป็นทรานส์ดิวเซอร์โดยทั่วไปนั้นแสดงดังรูปที่ 2.2



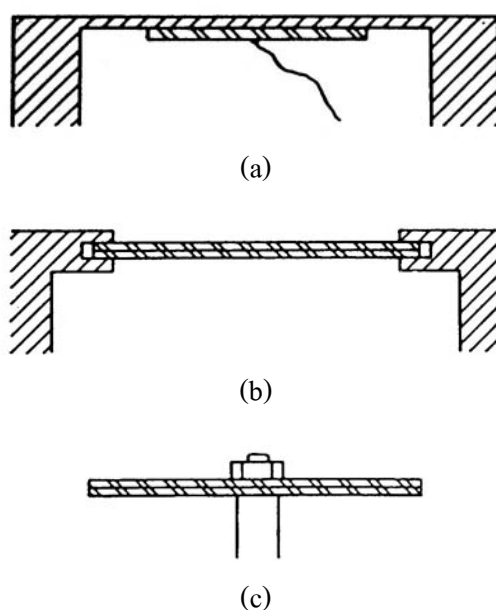
รูปที่ 2.2 การยึดชิ้นวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเพื่อใช้งานโดยทั่วไป

ทรานส์ดิวเซอร์ที่ใช้หลักการนี้นั้นเรียกได้ว่าเป็นเพียโซอิเล็กทริกทรานส์ดิวเซอร์ที่พิจารณาทางด้านความหนาของชิ้นสารเป็นหลัก (Thickness Mode) ซึ่งทรานส์ดิวเซอร์ชนิดนี้นั้นให้กำเนิดคลื่นได้ไม่แรงนัก จึงทำให้สามารถใช้งานได้เพียงในกรณีของการกำเนิดคลื่นเพื่อเดินทางใน

ของแข็งเท่านั้น ซึ่งไม่เหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำไปใช้ในการกำเนิดคลื่นสำหรับเดินทางในอากาศหรือก๊าซใดๆ ซึ่งได้มีการคิดค้นเพียโซอิเล็กทริกทรานส์ดิวเซอร์ที่ใช้หลักการโค้งงอของชิ้นสารเพื่อแก้ไขจุดบกพร่องดังกล่าว ซึ่งเราเรียกทรานส์ดิวเซอร์ชนิดนี้ว่า ทรานส์ดิวเซอร์แบบที่ใช้หลักการโค้งงอของสารเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Bending Transducer) ซึ่งให้ความแรงของคลื่นสูงกว่ามากจึงเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำไปใช้กำเนิดคลื่นในของเหลว รวมไปถึงแก๊สต่างๆ



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของทรานส์ดิวเซอร์ชนิดที่ใช้หลักการโค้งงอของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก
(a) ขณะอยู่ในสภาวะสมดุล (b) ขณะได้รับพลังงาน



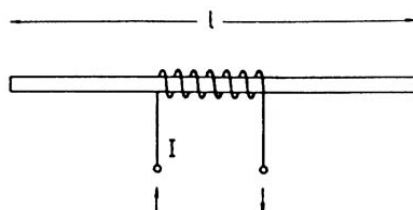
รูปที่ 2.4 ลักษณะการยึดทรานส์ดิวเซอร์ชนิดที่ใช้หลักการโค้งงอของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก
(a) การยึดวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเข้ากับฟิล์มโลหะ
(b) การยึดวัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่บริเวณขอบ
(c) การยึดวัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่บริเวณกลางชิ้นวัสดุ

รูปที่ 2.3 นั้นแสดงโครงสร้างของทรานส์ดิวเซอร์ดังกล่าว โดยเมื่อขั้วสารได้รับพลังงานผ่านขั้วอิเล็กโทรดขั้วสารจะเกิดการโค้งงอ ซึ่งทิศทางของการโค้งงอนี้ขึ้นอยู่กับทิศทางของสนามไฟฟ้าที่ขั้วสารได้รับ การใช้งานวัสดุเพียโซอิเล็กทริกแบบนี้จะพบว่าความถี่ตอบสนองของขั้วสารลดลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้งานขั้วสารขนาดเดียวกันในรูปแบบทรานสดิวเซอร์ ซึ่งเป็นข้อด้อยที่ทำให้ไม่สามารถสร้างทรานส์ดิวเซอร์ที่มีความถี่ตอบสนองสูงๆ ด้วยวิธีการนี้ได้

จากการที่ทรานส์ดิวเซอร์นี้กำเนิดคลื่นจากชั้นวัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่มีความเปราะ และมีความบางจึงทำให้ในการนำไปใช้งานต้องมีการยึด และป้องกันการกระทบโดยตรงจากวัตถุภายนอก เพื่อไม่ให้เกิดการเสียหายกับขั้วสารขึ้น โดยรูปที่ 2.4 นั้นแสดงการนำทรานส์ดิวเซอร์ชนิดนี้ไปใช้งานที่อาจพบเห็นได้ทั่วไป

2.1.2 อัลตราโซนิกทรานส์ดิวเซอร์แบบแมกนีโตสทริกทีฟ

ทรานส์ดิวเซอร์แบบแมกนีโตสทริกทีฟ (Magnetostrictive Transducer) นี้เหมาะสำหรับสร้างคลื่นอัลตราโซนิกที่มีความแรงสูงแต่มีความถี่ต่ำ (ในช่วง 20-40 kHz) ซึ่งคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปทำให้ทรานส์ดิวเซอร์ชนิดนี้ ถูกแทนที่ด้วยทรานส์ดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริก แต่ถึงอย่างไรก็ตามคุณสมบัติเด่นที่ทำให้ทรานส์ดิวเซอร์ชนิดนี้ยังถูกนำมาใช้งานคือ การที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนสามารถสร้างได้โดยง่าย มีความคงทนทั้งทางด้านโครงสร้าง และทางด้านความทนทานต่อสัญญาณไฟฟ้า

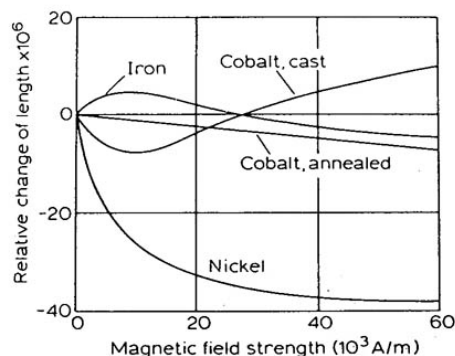


รูปที่ 2.5 ปรากฏการณ์แมกนีโตสทริกชัน

รูปที่ 2.5 นั้นแสดงปรากฏการณ์แมกนีโตสทริกชัน (Magnetostriction Effect) โดยแกนที่นำมาใช้งานนั้นจะเป็นแกนที่สร้างจากสารประเภทเฟอร์โรแมกเนติก (Ferromagnetic Material) ซึ่งเป็นแกนเหล็กที่มีคุณสมบัติของแม่เหล็ก โดยแกนเหล็กนี้จะถูกพันด้วยขดลวด เมื่อทำการจ่ายกระแสเข้าสู่ขดลวด ขดลวดนี้จะสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น ซึ่งสนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะกระทำกับสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากแกนเหล็ก ทำให้แกนเหล็กซึ่งไม่ได้มีการยึดไว้แน่นเกิดการเคลื่อนตัวไปจากเดิม ซึ่งทิศทางการเคลื่อนที่และระยะทางที่เคลื่อนที่ไปนั้นขึ้นอยู่กับทิศทาง และปริมาณกระแสที่ไหลผ่านขดลวดนั่นเอง

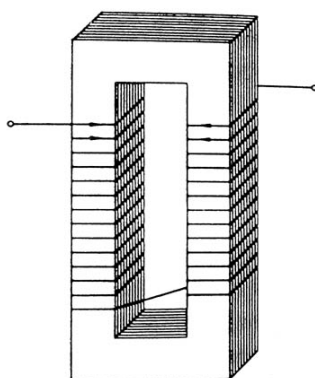
สำหรับรูปที่ 2.6 นั้นเป็นกราฟแสดงระยะทางที่เปลี่ยนแปลงไป ต่อความเข้มของสนามแม่เหล็กที่มากระทำของสารแต่ละชนิด ซึ่งทำให้เห็นว่าสารที่เหมาะสมในการนำมาสร้าง

ทรานส์ดิวเซอร์ชนิดนี้คือนิเกิล (Nickel) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงของระยะทางต่อสนามแม่เหล็กสูงซึ่งทำให้ได้คลื่นที่มีความแรงอีกทั้งมีเสถียรภาพของทิศทางการเคลื่อนที่ ซึ่งแตกต่างกับสารชนิดอื่นอย่างชัดเจน



รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ของระยะทางที่เปลี่ยนแปลงไป

ต่อความเข้มของสนามแม่เหล็กของสารของสารเฟอร์โรแมกเนติกแต่ละชนิด



รูปที่ 2.7 โครงสร้างทั่วไปของทรานส์ดิวเซอร์แบบแมกนีโตสทริกทิฟ

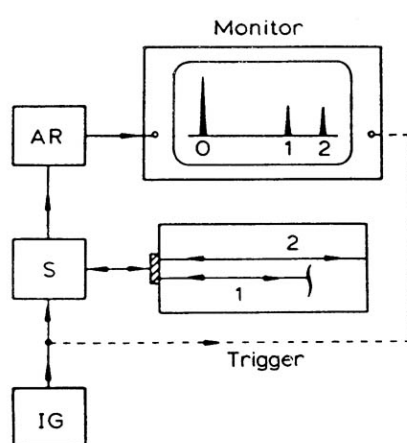
โครงสร้างของทรานส์ดิวเซอร์ชนิดนี้ที่พบเห็นได้ทั่วไปแสดงดังรูปที่ 2.7 โดยจะเห็นได้ว่ามีแรงกระทำของสนามแม่เหล็กจากขดลวดต่อแกนเหล็กถึงสองชุด ซึ่งในความเป็นจริงอาจมีจำนวนมากกว่านี้ สำหรับแกนของทรานส์ดิวเซอร์นี้ถูกสร้างขึ้นจากแผ่นนิเกิลที่ถูกนำมาเรียงซ้อนกัน โดยอาจมีการเคลือบด้วยสารชนิดอื่นอีกด้วย ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันการเกิดกระแสไหลวน ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียพลังงาน และทำให้เกิดความร้อนขึ้น

นอกเหนือจากทรานส์ดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริก และทรานส์ดิวเซอร์แบบแมกนีโตสทริกทิฟที่กล่าวมาข้างต้น ยังมีทรานส์ดิวเซอร์อีกชนิดหนึ่งซึ่งโครงสร้างคล้ายกับตัวเก็บประจุที่มีชั้นของสารไดอิเล็กทริกเป็นของแข็ง เราเรียกทรานส์ดิวเซอร์ชนิดนี้ว่า ทรานส์ดิวเซอร์แบบอิเล็กโตรสแตติก (Electrostatic Transducer) ซึ่งไม่ได้แสดงไว้ในที่นี้

2.2 การใช้คลื่นอัลตราโซนิกทางการตรวจวินิจฉัยทางการแพทย์

ในการใช้คลื่นอัลตราโซนิกเพื่อการตรวจวินิจฉัยทางการแพทย์นั้น มีจุดประสงค์หลักในการใช้คลื่นอัลตราโซนิกเพื่อตรวจสอบโครงสร้าง, ลักษณะภายในของวัตถุ หรือร่างกายโดยไม่จำเป็นต้องทำลายวัตถุเหล่านั้น โดยหากเปรียบเทียบการวินิจฉัยโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกกับการวินิจฉัยโดยใช้รังสีเอกซ์ (X-ray) จะพบว่า ถึงแม้รังสีเอกซ์จะสามารถให้รายละเอียดโครงสร้างภายในได้ชัดเจน แต่เนื่องด้วยอำนาจในการทะลุทะลวงที่สูง จึงทำให้ไม่สามารถมองเห็นถึงความแตกต่างของเนื้อเยื่อ, ของเหลวต่างๆภายในร่างกายได้ ซึ่งต่างจากคลื่นอัลตราโซนิกที่พิจารณาจากการแพร่ของคลื่น ซึ่งสามารถให้รายละเอียดของส่วนต่างๆ ที่มีคุณสมบัติต่างกันได้ อีกทั้งหากเปรียบเทียบทางด้านความปลอดภัยต่อมนุษย์รังสีเอกซ์ซึ่งมีคุณสมบัติของสารกัมมันตภาพรังสี จะเกิดการสะสมและอาจก่อให้เกิดความผิดปกติของร่างกายได้ อีกทั้งหากเป็นการใช้รังสีที่มีความเข้มสูงอาจทำให้เนื้อเยื่อต่างๆที่รังสีเดินทางผ่านเกิดความเสียหายได้ ซึ่งแตกต่างกับคลื่นอัลตราโซนิกที่เป็นคลื่นเสียงความถี่สูงอันไม่มีผลกระทบร้ายแรงใดๆต่อร่างกาย จึงทำให้มีการนำคลื่นอัลตราโซนิกมาใช้งานทางการตรวจวินิจฉัยทางการแพทย์อย่างแพร่หลาย

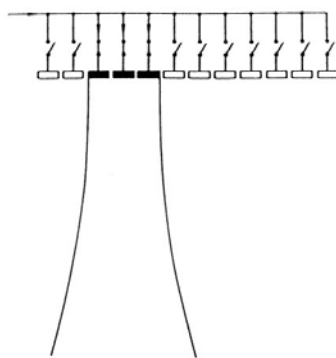
โดยทั่วไปแล้วนั้นการใช้คลื่นอัลตราโซนิกเพื่อการตรวจวินิจฉัยทางการแพทย์ มักพบได้ในรูปของการใช้หลักการสะท้อนของคลื่น ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นการใช้วิธีการ การสะท้อนของสัญญาณกระตุ้น (Impulse Echo Method) ซึ่งเป็นวิธีการสำคัญในการใช้ประโยชน์จากคลื่นอัลตราโซนิก โดยจะวิเคราะห์ผลจากข้อมูลสัญญาณกระตุ้นที่สะท้อนกลับจากวัตถุที่พิจารณา



รูปที่ 2.8 วิธีการสะท้อนของสัญญาณกระตุ้น (IG : ชุดกำเนิดสัญญาณกระตุ้น (Impulse Generator),

S : วงจรแยกสัญญาณ (Separator Circuit), AR : วงจรขยายสัญญาณ และวงจรปรับสัญญาณ (Amplifier and Rectifier))

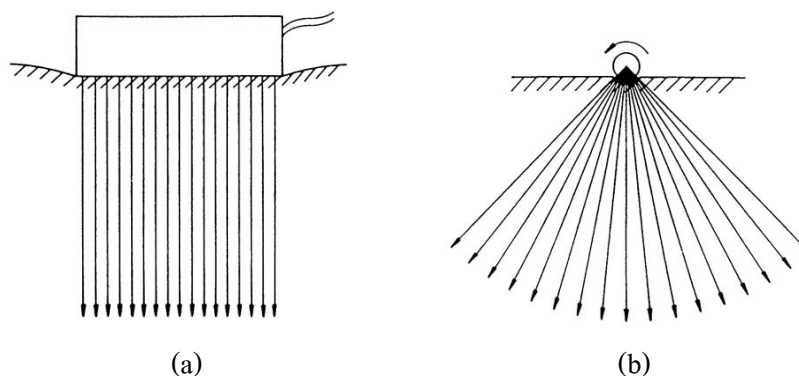
รูปที่ 2.8 นั้นแสดงหลักการเบื้องต้นของวิธีการสะท้อนของสัญญาณกระตุ้น โดยเมื่อชุดกำเนิดสัญญาณกระตุ้นซึ่งเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่ส่งเข้าสู่อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ในช่วงเวลาแคบๆ ทำการส่งสัญญาณออกไปนั้น สัญญาณดังกล่าวจะถูกส่งไปยังอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์เพื่อกำเนิดคลื่นอัลตราโซนิกเพื่อที่จะส่งเข้าสู่เนื้อวัตถุ ในขณะที่คลื่นเดินทางในเนื้อวัตถุนั้น เมื่อคลื่นกระทบรอยต่อระหว่างเนื้อสารที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน คลื่นบางส่วนจะเกิดการสะท้อนกลับมายังทรานสดิวเซอร์ (ดังคลื่นหมายเลข 1) ส่วนคลื่นที่เหลือที่สามารถเดินทางผ่านไปได้ก็จะเดินทางต่อไป และเมื่อคลื่นเดินทางตกกระทบรอยต่อของตัวกลางที่มีความหนาแน่นแตกต่างกันก็จะเกิดการสะท้อนของคลื่นกลับมาอีกเช่นกัน (ดังคลื่นหมายเลข 2) โดยสัญญาณทั้งหมดจะถูกแสดงโดยเครื่องแสดงผลสัญญาณ (Monitor) ซึ่งสัญญาณเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในการหาโครงสร้างหรือรูปร่างภายในวัตถุนั้นเอง



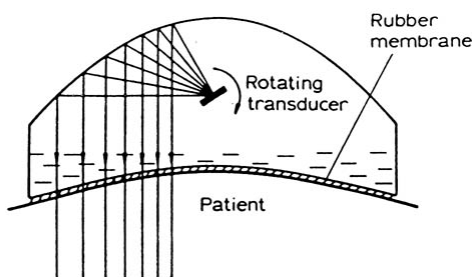
รูปที่ 2.9 แบบจำลองของทรานสดิวเซอร์แบบอาร์เรย์ที่ใช้สำหรับการสแกนแบบขนาน

สำหรับทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ในงานทางด้านการแพทย์นั้นโดยทั่วไปจะมีลักษณะการใช้งานแบบหน้าระนาบ ซึ่งอาจมีลักษณะเป็นทรานสดิวเซอร์แบบอาร์เรย์ (Array Transducer) ที่มาจากการเรียงตัวของทรานสดิวเซอร์จำนวนมากดังรูปที่ 2.9 หรืออาจมาจากการใช้ทรานสดิวเซอร์เพียงตัวเดียวแต่ทำการหมุนเพื่อเปลี่ยนมุมในการส่งสัญญาณ ทั้งนี้หากจำแนกตามลักษณะการกวาดสัญญาณ (Scan) จะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลักคือ การกวาดสัญญาณแบบขนาน (Parallel Scanning) และการกวาดสัญญาณแบบส่วนของวงกลม (Sector Scanning) ดังรูปที่ 2.10

จะเห็นได้ว่าการสแกนแบบส่วนของวงกลมนั้น จะใช้ทรานสดิวเซอร์เพียงตัวเดียวหมุนไปในมุมต่างๆกัน และทำการบันทึกค่าของสัญญาณแต่ละเส้นที่ทำการสแกนนั้น ซึ่งต่างกับการสแกนแบบขนานที่ใช้ทรานสดิวเซอร์แบบอาร์เรย์ ที่ทำการสแกนโดยเปลี่ยนตำแหน่งสายสัญญาณที่ต่อเข้ากับทรานสดิวเซอร์แต่ละชุดที่ตำแหน่งต่างๆ ทั้งนี้สิ่งสำคัญของทรานสดิวเซอร์แบบอาร์เรย์คือคุณสมบัติของทรานสดิวเซอร์แต่ละตัวต้องมีความเหมือนหรือใกล้เคียงกัน เพื่อให้ข้อมูลที่ได้รับในแต่ละตำแหน่งสัมพันธ์กัน อีกทั้งอาจต้องมีการปรับแต่งการหน่วงเวลาสัญญาณของทรานสดิวเซอร์แต่ละชุดให้มีความสัมพันธ์กันอีกด้วย



รูปที่ 2.10 ลักษณะการสแกนสัญญาณแบบต่างๆ (a) การสแกนแบบขนาน
(b) การสแกนแบบส่วนของวงกลม



รูปที่ 2.11 การสแกนแบบขนานที่ใช้ทรานสดิวเซอร์ที่สามารถหมุนได้ เพื่อให้คลื่นที่ตกกระทบกับแผ่นโคงสะท้อนคลื่นหักเหไปเป็นเส้นขนาน

นอกเหนือจากการสแกนแบบขนานที่ใช้ทรานสดิวเซอร์อาร์เรย์แล้ว ยังมีทรานสดิวเซอร์อีกชนิดหนึ่งซึ่งใช้ทรานสดิวเซอร์เพียงตัวเดียวทำการหมุนไปในมุมต่างๆ ให้กระทบกับวัสดุสะท้อนคลื่นที่มุมที่เหมาะสม ซึ่งทำให้เส้นที่ทำการสแกนมีลักษณะเป็นเส้นขนาน เช่นเดียวกับการสแกนที่ใช้ทรานสดิวเซอร์แบบอาร์เรย์

การใช้งานทรานสดิวเซอร์โดยทั่วไป จะต้องมีการทาเจลเพื่อลดปริมาณคลื่นที่สะท้อนกลับที่รอยต่อระหว่างหัวทรานสดิวเซอร์กับผิวหนัง โดยเจลนี้จะเข้าไปทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างหัวของทรานสดิวเซอร์ซึ่งปกติเป็นวัสดุประเภทยาง กับผิวหนัง ซึ่งหากไม่มีการทาเจลนี้ ตัวกลางที่เชื่อมต่อระหว่างผิวหนังและหัวทรานสดิวเซอร์จะเป็นอากาศ ซึ่งมีความหนาแน่นต่ำ เมื่อคลื่นที่กำเนิดจากทรานสดิวเซอร์ตกกระทบรอยต่อระหว่างทรานสดิวเซอร์กับอากาศ จะเกิดการสะท้อนกลับของคลื่นปริมาณมาก เนื่องจากมีความหนาแน่นของสารที่แตกต่างกันมาก

สำหรับการใช้งานคลื่นอัลตราโซนิกทางด้านการวินิจฉัยทางการแพทย์นั้น ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นว่ามีจุดประสงค์หลักในการตรวจสอบโครงสร้าง หรือระบบการทำงานภายในร่างกาย ซึ่งภาพที่นำมาแสดงต่อไปนี้ นั้น เป็นการใช้งานคลื่นอัลตราโซนิกเพื่อวินิจฉัยทางการแพทย์บางส่วนที่สามารถพบได้โดยทั่วไป



(a)



(b)

รูปที่ 2.12 การใช้คลื่นอัลตราโซนิกเพื่อตรวจทารกที่อยู่ในครรภ์มารดา

(a) ลักษณะการใช้งานทรานสดิวเซอร์ (b) ภาพทารกที่ได้จากการตรวจ



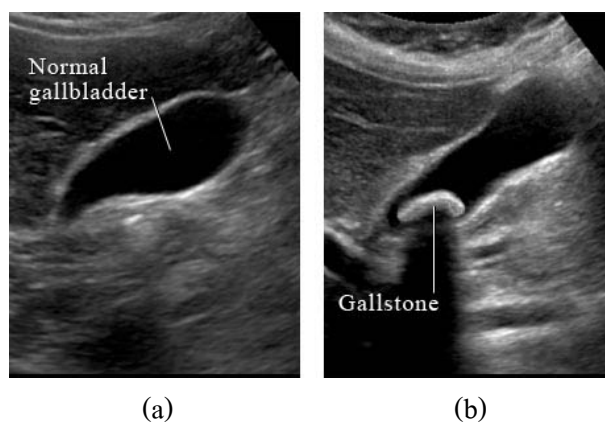
(a)

(b)

รูปที่ 2.13 การใช้เทคนิคทางด้านการประมวลผลภาพในการสร้างภาพเสมือนของทารก

(a) ภาพที่สร้างจำลองขึ้นจากการตรวจด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ (ก่อนการเกิด 3 เดือน)

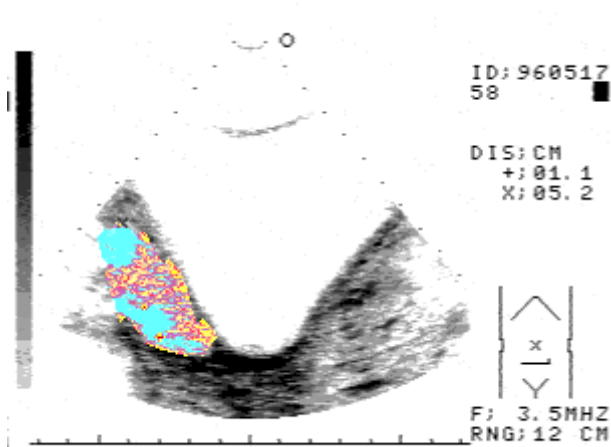
(b) ภาพถ่ายของเด็กที่เกิดจริง (ถ่ายหลังการเกิด 6 เดือน)



รูปที่ 2.14 การใช้คลื่นอัลตราโซนิกตรวจหาก้อนนิ่วในถุงน้ำดี (a) ถุงน้ำดีที่ไม่มีอาการผิดปกติ (b) ก้อนนิ่วที่เกิดขึ้นภายในถุงน้ำดี



รูปที่ 2.15 การใช้คลื่นอัลตราโซนิกเพื่อตรวจหามะเร็งต่อมลูกหมาก

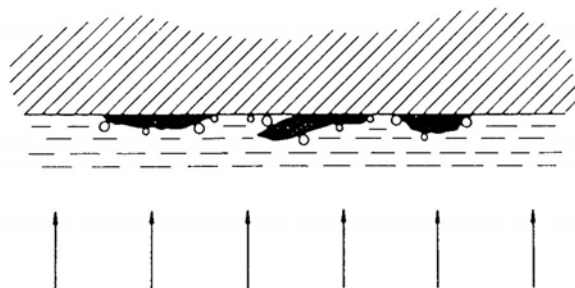


รูปที่ 2.16 การใช้คลื่นอัลตราโซนิกเพื่อตรวจดูรูปร่าง

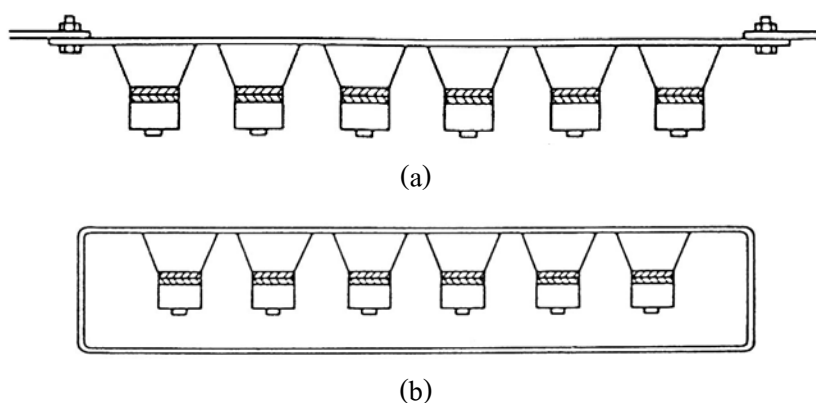
2.3 การใช้ประโยชน์จากคลื่นอัลตราโซนิกที่มีความแรงสูง

การใช้ประโยชน์จากคลื่นอัลตราโซนิกทางการแพทย์ที่ได้กล่าวไปนั้น เป็นการใช้งานคลื่นอัลตราโซนิกที่คลื่นไม่จำเป็นต้องมีความแรงมากนัก แต่สำหรับทางด้านอุตสาหกรรม คลื่นอัลตราโซนิกส่วนใหญ่มักถูกใช้ในรูปแบบของที่มีความแรงสูง เช่น การชำระล้างพื้นผิวด้วยคลื่นอัลตราโซนิก การเชื่อมต่อวัสดุด้วยคลื่นอัลตราโซนิก เป็นต้น

การใช้คลื่นอัลตราโซนิกเพื่อทำความสะอาดพื้นผิวต่าง ๆ นั้น ถือเป็นกระบวนการใช้งานคลื่นอัลตราโซนิกทางอุตสาหกรรมที่พบเห็นได้มากที่สุด มีหลักการเบื้องต้นคือวางวัตถุที่ต้องการจะชำระล้างลงไปในห้องซึ่งบรรจุของเหลวสำหรับทำความสะอาด แล้วจึงทำการส่งสนามคลื่นอัลตราโซนิกที่มีความแรงสูงเข้าไปกระทบพื้นผิวที่ต้องการทำความสะอาด ซึ่งจะทำให้สิ่งสกปรกที่ติดอยู่ที่พื้นผิววัตถุหลุดออกมา



รูปที่ 2.17 หลักการใช้คลื่นอัลตราโซนิกเพื่อทำความสะอาดพื้นผิว



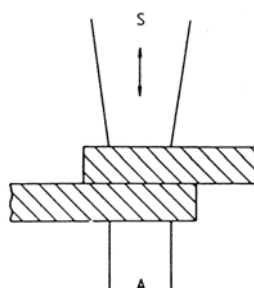
รูปที่ 2.18 รูปแบบของเพียโซอิเล็กทริกทรานส์ดิวเซอร์สำหรับงานทำความสะอาดพื้นผิว

(a) ชนิดที่สามารถถอดออกได้ (b) ชนิดที่ใช้วางลงในห้องทำความสะอาดโดยตรง

สำหรับทรานส์ดิวเซอร์ที่ใช้ทำความสะอาดนั้น อาจมีเพียงตัวเดียวหรือมากกว่านั้นขึ้นอยู่กับขนาดของอ่าง หรือขนาดของวัตถุที่ต้องการทำความสะอาด โดยความถี่ที่ใช้ก็จะขึ้นอยู่กับ

ลักษณะของงาน เช่น การชำระล้างพื้นผิวทั่วไปนั้นจะใช้ความถี่ประมาณ 20 KHz แต่สำหรับพื้นผิวที่มีความบอบบางหรือวัตถุมีขนาดเล็ก ซึ่งอาจเกิดความเสียหายจากผลกระทบของฟองอากาศได้นั้น อาจมีการใช้ความถี่สูงถึง 50 KHz หรือในบางครั้งอาจสูงถึง 100 KHz

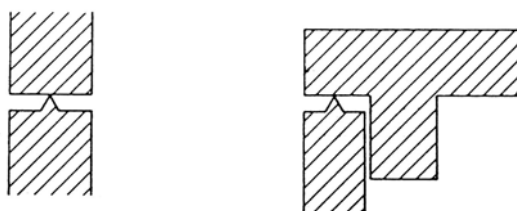
การใช้ประโยชน์จากคลื่นอัลตราโซนิกที่มีความแรงสูงอีกลักษณะหนึ่ง ที่สามารถพบได้คือการเชื่อมวัสดุด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ซึ่งใช้หลักจากการเกิดความร้อนของวัตถุเมื่อมีการดูดกลืนคลื่น นั่นคือหากทำการส่งคลื่นอัลตราโซนิกที่มีความแรงสูงเข้าไปในเนื้อวัตถุ เมื่อวัตถุนั้นดูดกลืนคลื่นอัลตราโซนิกดังกล่าวก็จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นภายใน ซึ่งหากความร้อนที่เกิดขึ้นมีค่าสูงกว่าจุดหลอมเหลวของวัตถุ ก็จะทำให้วัตถุนั้นเริ่มเกิดการละลาย จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงทำให้สามารถใช้คลื่นอัลตราโซนิกในงานทางด้านการเชื่อม การหลอม การประสาน การอัดอัด ฯลฯ ต่างๆ ได้



รูปที่ 2.19 ภาพจำลองการเชื่อมพลาสติกด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

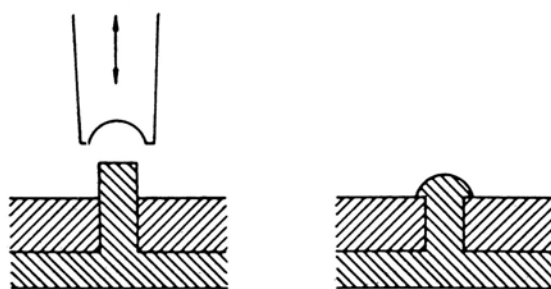
รูปที่ 2.19 นั้นแสดงหลักการโดยง่ายของการเชื่อมวัสดุด้วยคลื่นอัลตราโซนิก S นั้นแทนตัวทรานส์ดิวเซอร์ที่ใช้สำหรับการเชื่อม ซึ่งโดยปกติมักเรียกว่า โซโนโทรด (Sonotrode) A แทนทั่ง (Anvil) ที่ใช้สำหรับรับแรงที่ตกลงมา โดยชิ้นงานที่จะนำมาเชื่อมต่อกันนั้นจะถูกวางไว้ระหว่างอุปกรณ์ทั้งสอง

จุดเด่นสำคัญประการหนึ่งของการเชื่อมวัสดุด้วยคลื่นอัลตราโซนิกคือ การที่ความร้อนที่ใช้ในการเชื่อมนั้นเกิดขึ้นภายในเนื้อวัสดุเอง ซึ่งต่างจากการนำเครื่องสร้างความร้อนมาแนบที่พื้นผิววัตถุ จึงทำให้สามารถใช้ในการเชื่อมวัสดุที่มีความสามารถในการนำความร้อนต่ำเช่น พลาสติก ฯลฯ ได้เป็นอย่างดี

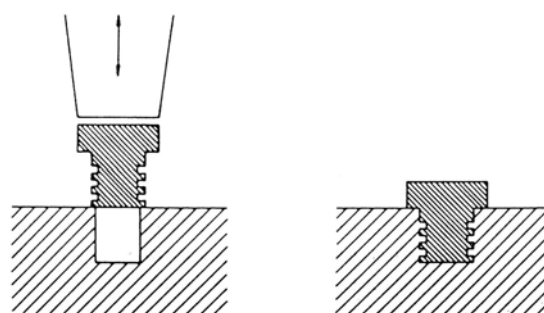


รูปที่ 2.20 จุดรวมพลังงานในการเชื่อมชิ้นงานขนาดเล็ก

สำหรับในกรณีที่ชิ้นงานมีขนาดเล็กนั้น จะทำให้ค่าการดูดกลืนคลื่นของวัสดุมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจส่งผลความร้อนที่เกิดขึ้นภายในทำลายชิ้นงานนั่นเอง ซึ่งสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้โดยการสร้างมุมแหลมเล็กๆ (โดยทั่วไปมีความสูงไม่เกิน 0.2-1 มิลลิเมตร) ลักษณะกรวยขึ้นที่บริเวณจุดเชื่อมต่อ ซึ่งมุมแหลมนี้เรียกได้ว่าเป็นจุดรวมพลังงาน (Energy Concentrators) ซึ่งอาจมีได้หลายจุดในแต่ละจุดเชื่อมต่อ ขึ้นอยู่กับขนาดของหน้าสัมผัส โดยเมื่อชิ้นงานได้รับคลื่นอัลตราโซนิก ที่บริเวณจุดรวมพลังงานนี้จะมีความร้อนสูงกว่าจุดอื่นๆ จึงทำให้สามารถเชื่อมชิ้นงานได้โดยไม่ทำให้โครงสร้างของชิ้นงานเสียหาย



รูปที่ 2.21 การย้ำมุมพลาสติกด้วยคลื่นอัลตราโซนิก



รูปที่ 2.22 การใช้คลื่นอัลตราโซนิกเพื่อฝังหลอดโลหะลงในเนื้อพลาสติก

รูปที่ 2.21-2.22 นั้นแสดงรูปแบบการใช้งานอื่นๆ ที่สามารถพบเห็นได้ในงานอุตสาหกรรม โดยรูปที่ 2.21 นั้นเป็นการใช้โซโนโทรดที่มีรูปร่างเฉพาะเพื่อสร้างมุมยี่ตรงระหว่างชิ้นงาน สำหรับรูปที่ 2.22 นั้นเป็นการฝังโลหะเข้าสู่เนื้อพลาสติกด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

การใช้งานคลื่นอัลตราโซนิกที่ได้กล่าวมานี้ นั้น เป็นการใช้งานคลื่นอัลตราโซนิกที่ถูกพัฒนาจนเป็นเครื่องมือเชิงพาณิชย์แล้วทั้งสิ้น นอกเหนือจากนี้ยังมีการใช้ประโยชน์จากคลื่นอัลตราโซนิกทางด้านอื่นๆ อีกมากมาย และด้วยคุณสมบัติเด่นต่างๆ ของคลื่นอัลตราโซนิก จึงทำให้ยังคงมีการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เองก็มีจุดประสงค์ที่จะนำเสนอการใช้งานคลื่นอัลตราโซนิกทางด้านที่ยังไม่ถูกพัฒนาเชิงพาณิชย์ โดยจะนำเสนอในรายละเอียดต่อไป