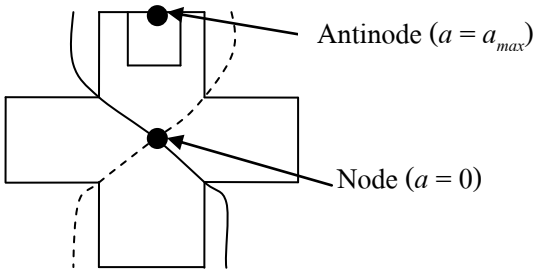
บทที่ 3 การออกแบบชุดอุปกรณ์ดึงลวดโดยประยุกต์ใช้การสั่นสะเทือนตามแนวแกน

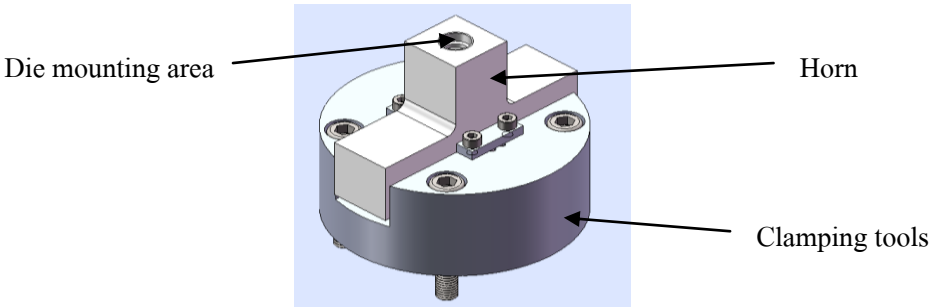
3.1 หลักการออกแบบชุดอุปกรณ์ดึงลวดโดยแม่พิมพ์สั่นสะเทือนตามแนวแกน

การออกแบบชุดอุปกรณ์ดึงลวดโดยประยุกต์ใช้การสั่นสะเทือนด้วยความถี่สูงตามแนวแกนนั้น มีเทคนิคในการออกแบบพื้นฐานคือ ทำให้ความถี่ธรรมชาติของเหล็กตรงกับความถี่ที่ให้กับชุดอุปกรณ์ ก็จะทำให้เกิดการสั่นพ้อง (Resonance) โดยความถี่ที่ใส่กับชุดอุปกรณ์คือ 20 kHz ซึ่งเหตุผลที่เลือกความถี่ 20 kHz เนื่องจากต้องปรับความสมดุลระหว่างกำลังกับความเร็ววิกฤตให้เหมาะสม โดยบริเวณที่ความถี่ธรรมชาติของเหล็กตรงกับความถี่ที่ให้กับชุดอุปกรณ์ บริเวณนั้นจะมีแอมพลิจูดมากที่สุด ส่งผลให้เกิดการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรง ซึ่งตรงตำแหน่งนั้นเรียกว่าจุดปฏิบัพ (Antinode) ตำแหน่งนี้เราจะใส่แม่พิมพ์ลงไป เพื่อให้แม่พิมพ์เกิดการสั่นสะเทือน เมื่อแม่พิมพ์สั่นสะเทือน จะช่วยให้แรงดึงลวดลดลง ความหยาบผิวดีขึ้น [22] ดังแสดงดังรูปที่ 3.1 ขณะที่บริเวณที่มีแอมพลิจูดเป็นศูนย์ ทำให้ไม่เกิดการสั่นสะเทือนเรียกตำแหน่งที่ใช้จับยึดว่าจุดบัพ (Node)



รูปที่ 3.1 ภาพแสดงตำแหน่งการเกิดบัพและปฏิบัพ

การจะทำให้ความถี่ธรรมชาติของเหล็กตรงกับความถี่ที่ใส่เข้าไปนั้น ต้องใช้หลักการคำนวณเรื่องความยาวคลื่นเสียง เพื่อหาจุดบัพ ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อ 3.2 ต่อไป และจากบริเวณบัพ ที่ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีแอมพลิจูดเป็นศูนย์ ทำให้ไม่เกิดการสั่นสะเทือน ดังนั้นสามารถจับยึดบริเวณนี้ได้ โดยเราจะทำการจับยึดกับชุดอุปกรณ์ดึงลวดที่เรียกว่า clamping tools ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ภาพแสดงการจับยึดฮอร์น (Horn)

3.2 วิธีการคำนวณความยาวฮอร์น (Horn)

การคำนวณความยาวฮอร์นที่เหมาะสม เพื่อที่จะให้ชุดอุปกรณ์ดึงลวดมีประสิทธิภาพสูงสุดนั้น จะใช้หลักการคำนวณเรื่องคลื่นเสียง โดยความยาวฮอร์นสามารถคำนวณได้จากสมการ 3.1

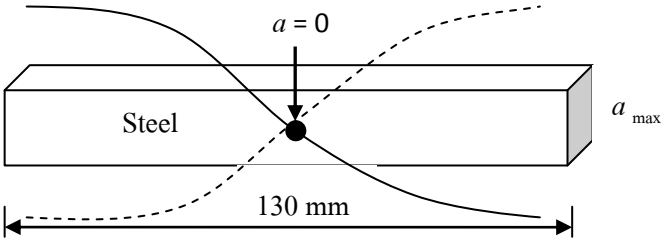
$$v = f\lambda \tag{3.1}$$

โดยที่ v คือความเร็วเสียงในเหล็กมีค่าเท่ากับ 5,200 m/s

f คือความถี่ที่ต้องการใส่ให้กับแม่พิมพ์มีค่าเท่ากับ 20,000 Hz

แทนค่าในสมการที่ 3.1 จะได้ $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{5,200}{20,000} = 260\ mm$

ดังนั้นครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นเสียงในเหล็กมีค่า 130 mm ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ภาพแสดงครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นเสียงในเหล็ก

เนื่องจากแม่พิมพ์ทำมาจากทังสเตนคาร์ไบด์ ส่วนฮอร์นทำมาจากเหล็ก ดังนั้นการติดตั้งแม่พิมพ์ที่ปลายฮอร์นต้องชดเชยค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุทั้งสองชนิดที่ต่างกันและต้องหาความยาวของฮอร์นที่เหมาะสมใหม่ โดยคำนวณได้ดังนี้

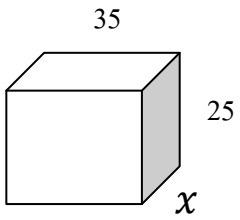
$$\rho = \frac{m}{V} \tag{3.2}$$

โดยที่ ρ คือความหนาแน่นเหล็กมีค่าเท่ากับ 7.85 g/cm^3

m คือ มวลของทังสเตนคาร์ไบด์มีค่าเท่ากับ 90 g (จากการชั่งน้ำหนัก)

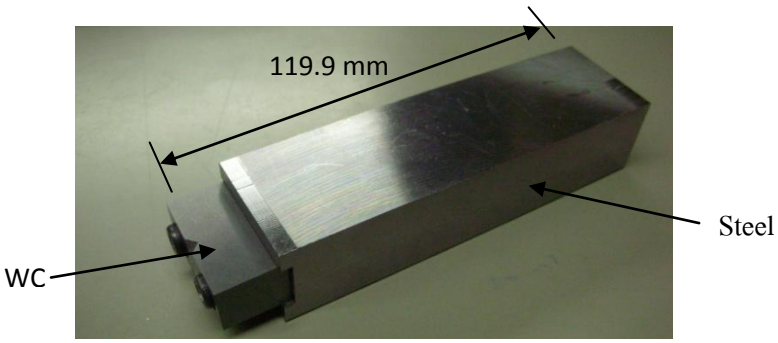
V คือ ปริมาตรของเหล็ก

ปริมาตรเหล็กหาได้จากรูปที่ 3.4 โดยเรารู้ด้านกว้างเท่ากับ 35 มิลลิเมตร ด้านสูงเท่ากับ 25 มิลลิเมตร ด้านยาวไม่รู้ค่า สมมุติให้มีค่าเป็น x มิลลิเมตร



รูปที่ 3.4 ภาพแสดงขนาดเหล็กที่ใช้ทำฮอร์นที่มีขนาดเทียบเท่ากับทังสเตนคาร์ไบด์

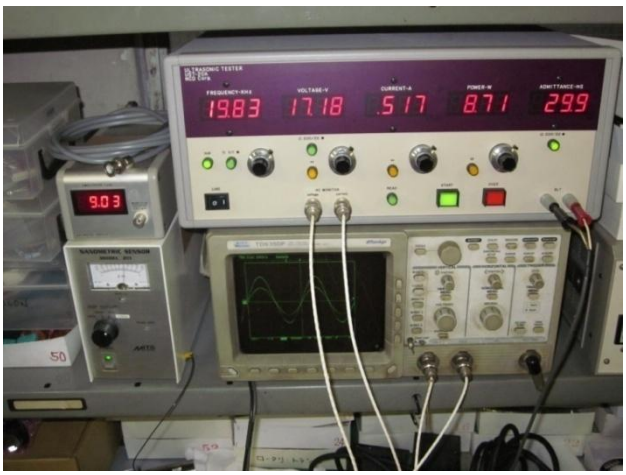
ดังนั้นปริมาตรเหล็กมีค่าเท่ากับ 35×25×X = 875X แทนค่าในสมการที่ 3.2
จะได้ระยะความยาวที่สมมุติมีค่าเท่ากับ $X = \frac{90}{7.85 \times 875} = 13.10\ mm$
ดังนั้นการติดตั้งแม่พิมพ์ที่ปลายฮอร์นต้องใช้ความยาวฮอร์นที่เหมาะสมเท่ากับ 133-13.10 = 119.9 มิลลิเมตร ดังแสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ภาพแสดงความยาวฮอร์นโดยประยุกต์ใช้การสั่นสะเทือนตามแนวขวาง

3.3 การตรวจสอบฮอร์นและเครื่องกำเนิดความถี่เหนือเสียง

จากการตรวจสอบฮอร์นและเครื่องกำเนิดความถี่เหนือเสียงโดยผู้เชี่ยวชาญที่ประเทศญี่ปุ่น พบว่าเครื่องกำเนิดความถี่เหนือเสียงมีความถี่ที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดลอง (20 kHz) และได้ทำการตรวจสอบแอมพลิจูดที่ใช้ในการทดลองพบว่ามีค่าประมาณ 9 – 10 ไมโครเมตรและอุปกรณ์แปลงความถี่ที่เหนือเสียงสามารถใช้งานได้จริง โดยทำการมอนิเตอร์ความถี่ แอมพิลจูดและกระแสไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ภาพแสดงการตรวจสอบเครื่องกำเนิดความถี่เหนือเสียง

ข้อสังเกตในการใช้เครื่องกำเนิดความถี่เหนือเสียง

1. ถ้าชุดอุปกรณ์ดึงลวดเกิดความร้อนขึ้น ความถี่ที่ตั้งไว้จะลดลง เช่นปกติ 20 kHz ลดลงเป็น 19 kHz
2. ถ้า Booster ร้อน ค่า Young’s modulus ของวัสดุจะลดลงโดยลดที่ตำแหน่งที่ 4