

## บทที่ 4

### วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาการประกอบชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ ในกระบวนการอัลตราโซนิก แท้ปบอนด์กำหนดให้มีการดำเนินงานวิจัยเกี่ยวกับตัวแปร 2 ตัวแปร ที่มีผลต่อกระบวนการอัลตราโซนิกแท้ปบอนด์ คือ แรงกดที่หัวกด และเวลาที่หัวกดใช้ในขณะสั้นเมื่อสัมผัสชิ้นงานหรือระยะเวลาอัลตราโซนิก โดยใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์ผล

#### 1. การออกแบบการทดลอง

สำหรับการออกแบบการทดลองในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษารูปร่างของแผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียนในกระบวนการอัลตราโซนิกแท้ปบอนด์ โดยทำการทดสอบค่าแรงกดใช้ค่าแรงกด คือ 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 กรัมแรง (Gram Force, gf.) และศึกษาปัจจัยทางด้านเวลาที่หัวกดใช้ในขณะสั้นเมื่อสัมผัสชิ้นงาน ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา คือ 325, 350, 375, 400 และ 425 มิลลิวินาที (ms.) โดยการวิเคราะห์ค่าความเค้น ความเครียด และการเสียรูปของชิ้นงาน ซึ่งความถี่ที่หัวกดได้รับจากทรานสดิวเซอร์มีค่า 63.7 กิโลเฮิร์ตซ์ (kHz.) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางการออกแบบการทดลอง

Frequency (kHz.)	Force (gf.)	Time (ms.)
63.7	40	325
	45	
	50	
	60	
	70	
	80	
	90	
	100	

## 2. ระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method)

### การกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ

การกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ ได้แก่ แผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน, แผ่นทองแดงของ APFA (APFA Pad), แผ่นฐาน (Base APFA), สเตนเลสสตีล (Stainless Steel) และ หัวกด (Tip) ในส่วนของหัวกดชิ้นงานผลิตจากเซรามิก จึงกำหนดให้เป็นวัสดุแข็งเกร็ง (Rigid Body) เนื่องจากหัวกดมีความแข็งแรงมากเมื่อเทียบกับชิ้นงานอื่น คุณสมบัติของวัสดุแสดงดังตารางที่ 3, 4 และ 5

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางกลของ แผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน และแผ่นทองแดงของ APFA

Properties	Copper	Unit
Density	8.92	g/cc
Ultimate Tensile Strength	593	MPa
Tensile Yield Strength	474	MPa
Modulus of Elasticity	122	GPa
Poisson's Ratio	0.28	-

ตารางที่ 4 คุณสมบัติทางกลของแผ่นฐาน

Properties	Polyimide	Unit
Density	1.45	g/cc
Ultimate Tensile Strength	224	MPa
Tensile Yield Strength	179	MPa
Modulus of Elasticity	7.9	GPa
Poisson's Ratio	0.42	-

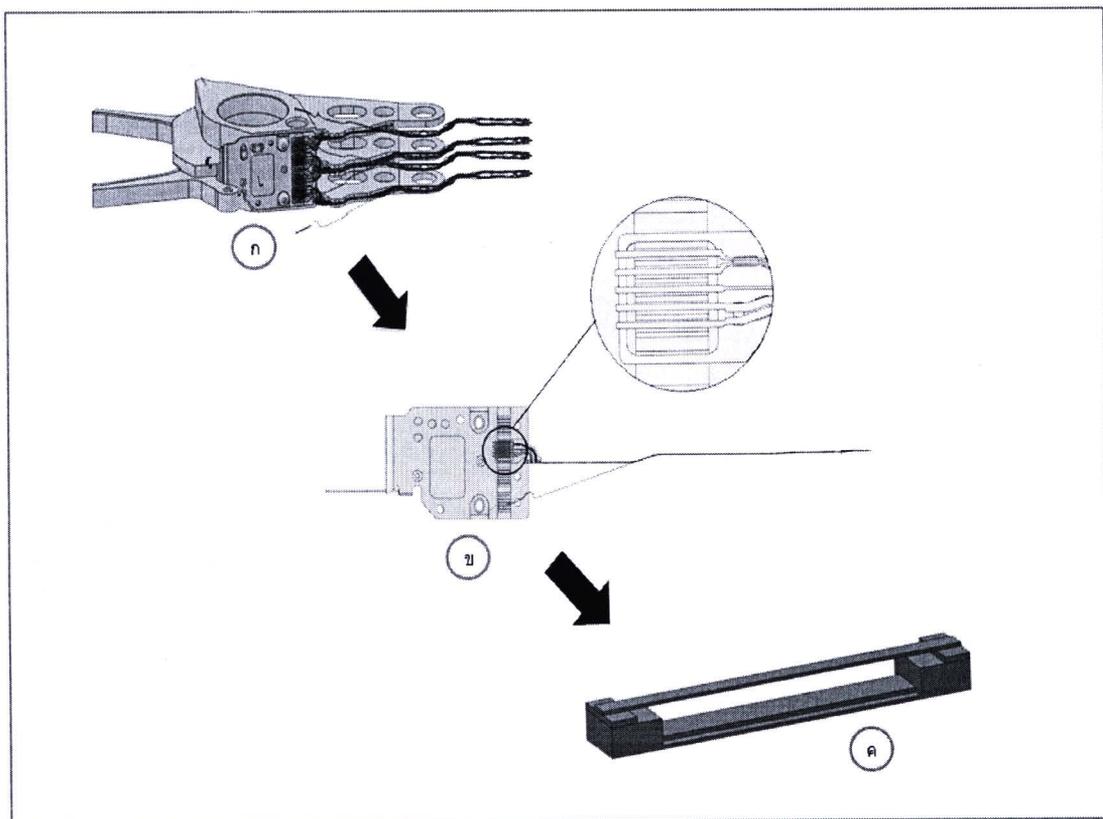
ตารางที่ 5 คุณสมบัติทางกลของชิ้นงาน Stainless Steel

Properties	Stainless steel	Unit
Density	7.93	g/cc
Ultimate Tensile Strength	1280	MPa
Tensile Yield Strength	1024	MPa
Modulus of Elasticity	160	GPa
Poisson's Ratio	0.28	-

### 3. การสร้างโมเดล

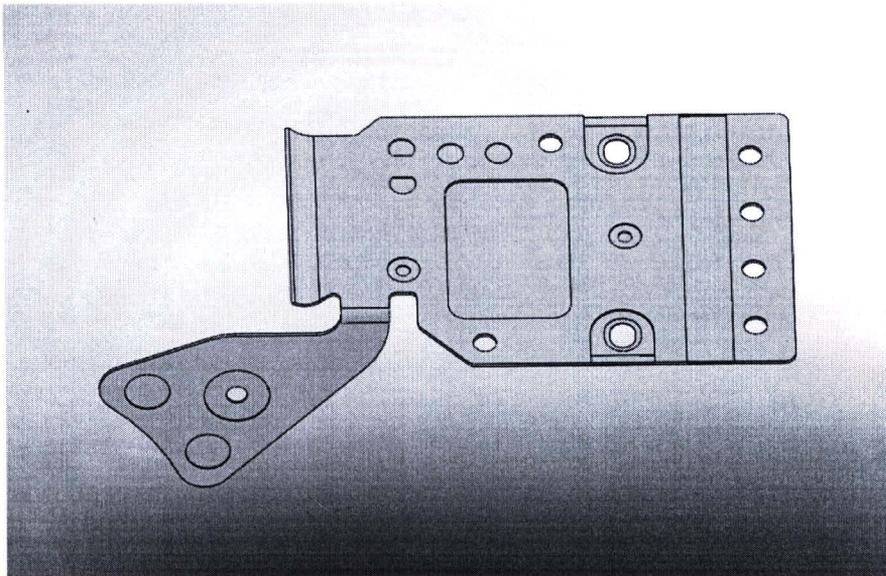
ในกรณีของการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการสร้างโมเดล 2 มิติ ขึ้นภายในโปรแกรมเขียนแบบ ก่อน จากนั้นจึงนำโมเดล 2 มิติ ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงาน 3 มิติ ในโปรแกรม Ansys เนื่องจากชิ้นงาน ไม่มีความซับซ้อน จึงสามารถขึ้นรูปชิ้นงานภายในโปรแกรม Ansys ได้

ชิ้นงานหลังจากพิจารณาชิ้นงานในส่วนที่สำคัญจึงได้ตัดบางชิ้นส่วนออกโดยชิ้นส่วนที่ นำมาพิจารณาคือ ชิ้นส่วนแผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน, แผ่นทองแดงของ APFA , แผ่นฐาน และสเตนเลสสตีล ดังภาพที่ 21



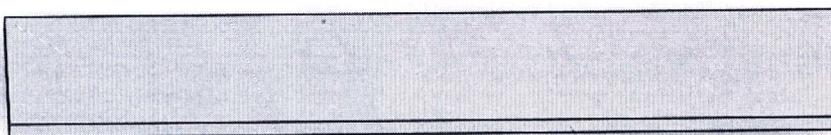
ภาพที่ 21 ขั้นตอนการปรับปรุงโมเดลที่จะนำไปใช้ในการทดสอบ

3.1 แผ่นฐาน แสดงดังภาพที่ 22 คือ ชิ้นส่วนที่เป็นชั้นของพลาสติกโพลีเมอรัลที่วางบน APFA ซึ่งทำจากวัสดุสเตนเลสสตีล โดยจะถูกประกอบติดกันไว้แล้ว แผ่นฐานทำหน้าที่รองรับ ชิ้นส่วน HGA ที่จะนำมาประกอบด้านบนของชิ้นงาน ดังภาพ 21ข

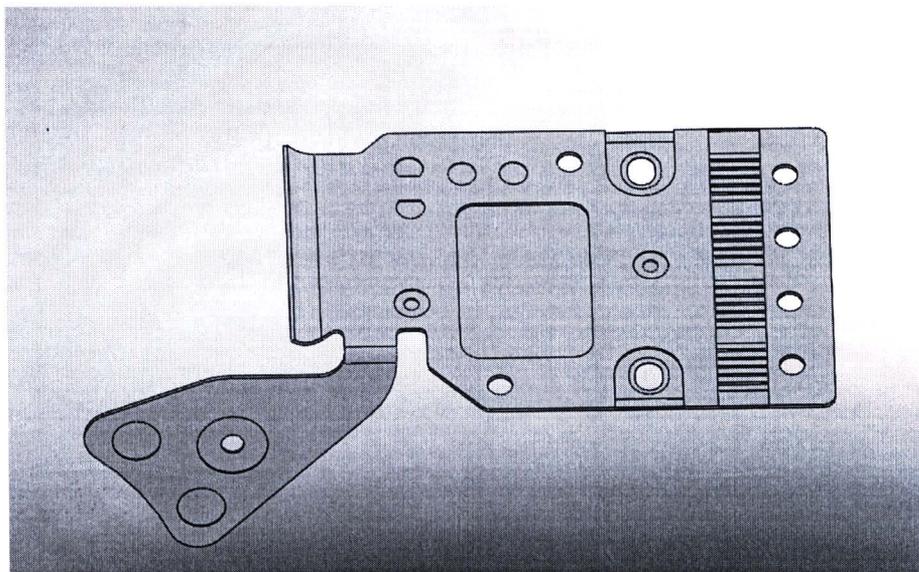


ภาพที่ 22 แผ่นฐาน (Base APFA)

3.2 แผ่นทองแดงของ APFA เป็นชิ้นส่วนที่ยึดติดกับแผ่นฐาน มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ดังภาพที่ 23 สำหรับ APFA 1 ชั้น จะประกอบไปด้วยแผ่นทองแดงของ APFA 30 ชั้น โดยจะวางเรียงกัน ครั้งละ 6 ชั้น แล้วเว้นระยะห่าง จากนั้นจึงวางต่อไปอีก 6 ชั้น แล้วเว้นระยะ ทำอย่างนี้เรื่อยไปจนกระทั่งครบ 30 ชั้น เมื่อประกอบแผ่นทองแดงของ APFA เข้ากับแผ่นฐาน จะเป็นดังภาพที่ 24 ซึ่งจำนวนของแผ่นทองแดงของ APFA จะต้องมีจำนวนเท่ากับจำนวนของ Trace เนื่องจากในขั้นตอนการเชื่อมติดกันระหว่าง แผ่นทองแดงของ APFA กับ Trace จะถูกจับคู่ให้เชื่อมติดกันเป็นคู่ไป

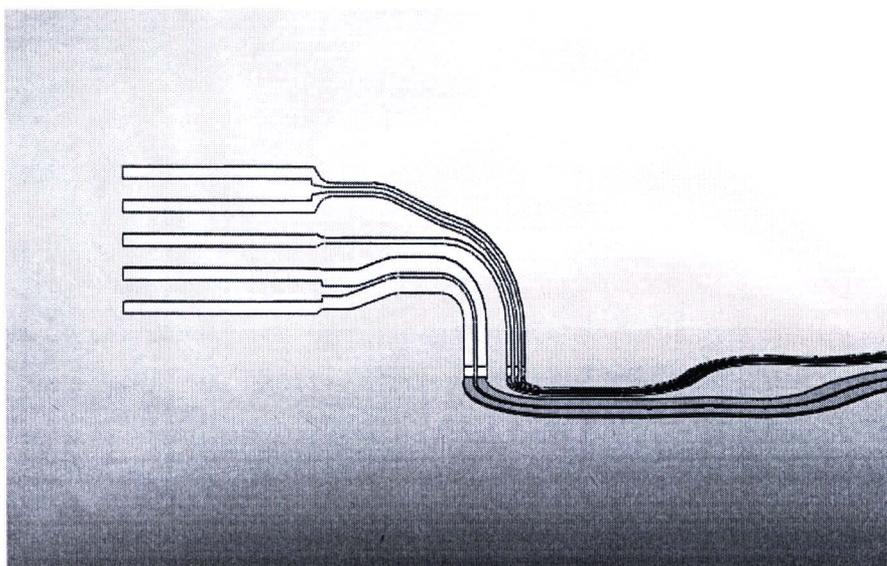


ภาพที่ 23 แผ่นทองแดงของ APFA ( APFA Pad)



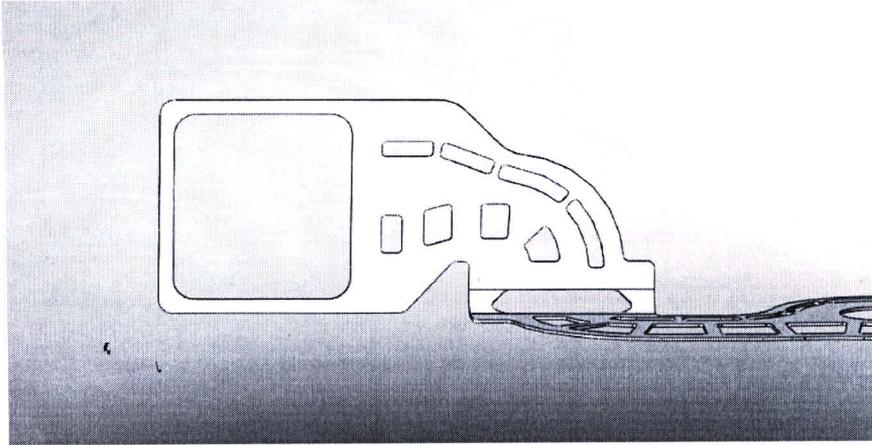
ภาพที่ 24 แผ่นทองแดงของ APFA ประกอบเข้ากับแผ่นฐาน

3.3 แผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน (Trace) มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าคล้ายแผ่นทองแดงของ APFA แต่จะมีความยาวและบางมากกว่า ดังภาพที่ 25 วางอยู่บนแผ่นสแตนเลสสตีล เป็นชิ้นส่วนที่อยู่บนสุดของชิ้นงานที่นำมาพิจารณา จึงเป็นชิ้นงานที่รับแรงจากหัวกด โดยตรงเพื่อส่งผ่านแรงไปยังแผ่นทองแดงของ APFA



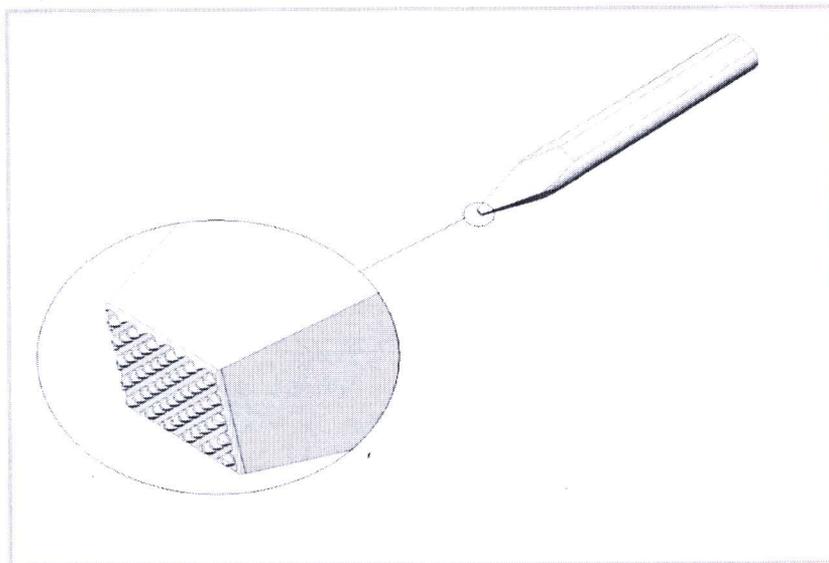
ภาพที่ 25 แผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน (Trace)

**3.4 สแตนเลสสตีล (Stainless Steel)** เป็นชิ้นส่วนที่ประกอบติดกันกับแผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน โดยที่แผ่นสแตนเลสสตีลอยู่ด้านล่างแผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน ซึ่งประกบติดอยู่ด้านบนด้วยกาวชนิดพิเศษ เพื่อให้ชิ้นงานทั้งคู่ติดแน่น ดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 สแตนเลสสตีล (Stainless Steel)

**3.5 หัวกด (Tip)** ทำจากเซรามิกมีสีขาวขุ่น มีลักษณะเป็นทรงกระบอกคล้ายดินสอ มีความยาว 11.1 มิลลิเมตร ที่ปลายมีลักษณะเป็นคุ่มนูนขึ้นมาเล็กน้อย โดยส่วนปลายเป็นส่วนสัมผัสกับชิ้นงานที่ต้องการเชื่อมติด ดังภาพที่ 27



ภาพที่ 27 หัวกด (Tip)

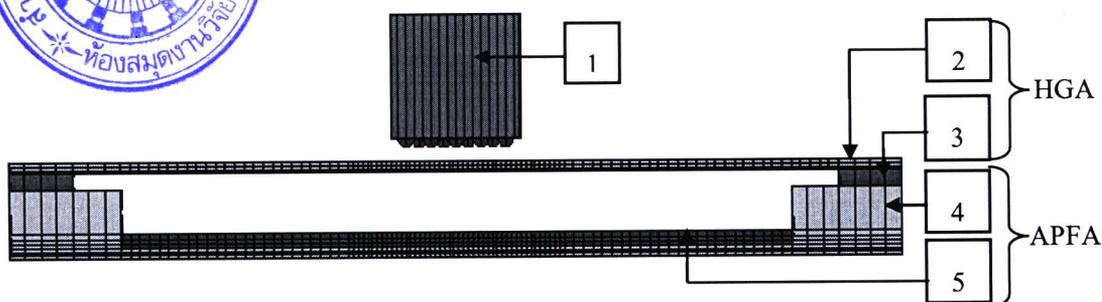
#### 4. การกำหนดเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition)

หลังจากที่ทำการสร้างแบบจำลองเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการนำแบบจำลองเข้ามาทำการวิเคราะห์ค่าความเค้น ความเครียด และลักษณะการเสียรูปของชิ้นงานในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งจำเป็นต้องมีการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตในการวิเคราะห์ให้มีความใกล้เคียงกับกระบวนการประกอบชิ้นงานมากที่สุด รวมไปถึงลักษณะการแบ่งเอลิเมนต์ (Meshing) จะต้องมีความละเอียดเพียงพอ เพื่อให้ผลลัพธ์ที่วิเคราะห์ได้มีความถูกต้องแม่นยำมากที่สุด โดยงานวิจัยนี้ได้มีการกำหนดเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition) ดังต่อไปนี้

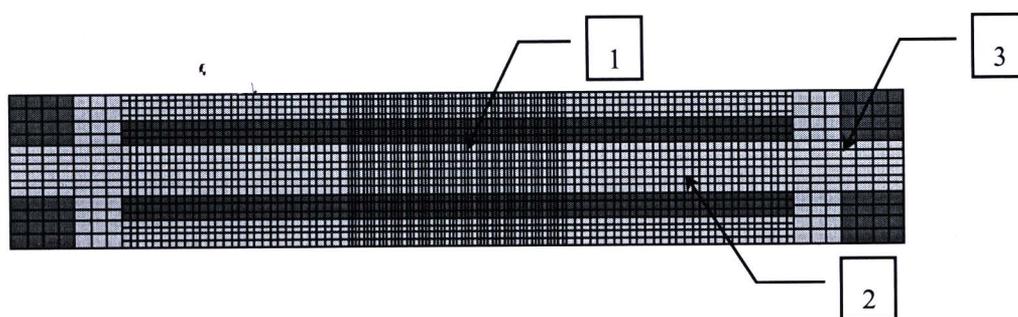
**4.1 การแบ่งเอลิเมนต์ (Meshing)** งานวิจัยนี้มีการใช้การวิเคราะห์ แบบ Explicit Dynamic Analysis เนื่องจากสามารถลดระยะเวลาในการคำนวณได้ สำหรับการแบ่งเอลิเมนต์ทุกชิ้นส่วนที่นำมาวิเคราะห์ จะถูกแบ่งเอลิเมนต์แบบทรงตัน (Solid Element) ซึ่งมีโหนดทั้งหมด 8 โหนด และได้กำหนดค่าดังแสดงในตารางที่ 6 โดยจะกำหนดขนาดของเมชที่ 3 ระดับ เนื่องจากการแบ่งเมชขนาดเล็กส่งผลให้ผลการทดสอบมีค่าความแม่นยำสูง แต่ก็ใช้ระยะเวลาในการคำนวณมาก ดังนั้นจึงเลือกใช้เมชขนาดเล็กตรงบริเวณที่ต้องการความแม่นยำสูงเท่านั้น โดยขนาดของเมชที่บริเวณหัวกดสัมผัสกับชิ้นงานเป็นบริเวณที่ต้องการความแม่นยำสูงจึงมีขนาดเมชเท่ากับ 0.00625 มม. ถัดออกมาบริเวณรอบหัวกดขนาดเท่ากับ 0.0125 มม. แล้วจึงทำการเมชปริมาตรที่เหลือด้วยขนาด 0.025 มม. ดังภาพที่ 28 แบบจำลองหลังการแบ่งเอลิเมนต์ และแสดงตำแหน่งชิ้นงาน

ตารางที่ 6 แสดงการกำหนดขนาด และชนิดของเมชที่ใช้

หัวข้อ	การกำหนด
ขนาดของเมช ที่บริเวณหัวกดสัมผัสกับชิ้นงาน (มม.)	0.00625
ขนาดของเมช ที่บริเวณรอบหัวกด (มม.)	0.0125
ขนาดของเมช ที่ขอบเขตอื่นๆ (มม.)	0.025
เอลิเมนต์	Hexahedral
ชนิดของเอลิเมนต์	Solid 164
จำนวนของเมชที่ใช้โดยประมาณ	15,000



ก. แบบจำลองการแบ่งเอลิเมนต์ด้านหน้าและแสดงชิ้นส่วน



ข. แบบจำลองการแบ่งเอลิเมนต์ด้านบนโดยนำหัวกด

ภาพที่ 28 แบบจำลองการแบ่งเอลิเมนต์

จากภาพที่ 28 ก. คือส่วนประกอบของชิ้นงานที่ใช้การศึกษา โดยจะแบ่งออกเป็นหมายเลข 1 – 5 โดยหมายเลขดังกล่าวข้างต้นจะแสดงชื่อและความหนาของชิ้นงาน ดังตารางที่ 7 จากภาพที่ 28 ข. หมายเลข 1 คือเอลิเมนต์ขนาด 0.00625 มม. หมายเลข 2 คือเอลิเมนต์ขนาด 0.0125 หมายเลข 3 คือเอลิเมนต์ขนาด 0.025 จะเห็นว่าเอลิเมนต์ในแบบจำลองบริเวณที่เป็นพื้นที่สัมผัสกับหัวกดจะมีความละเอียดสูง เพื่อให้ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางไฟในเอลิเมนต์มีความถูกต้องแม่นยำ

ตารางที่ 7 แสดงความหนาของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง HGA และ APFA

ชิ้นงาน	ชื่อชิ้นงาน	ความหนา (มม.)
1	หัวกด (Tip)	0.15
2	แผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน (Trace)	0.018
3	ชั้นสแตนเลส สตีล (Stainless Steel)	0.02
4	แผ่นฐาน (Base APFA)	0.013 และ 0.0878
5	แผ่นทองแดงของ APFA ( APFA Pad)	0.012

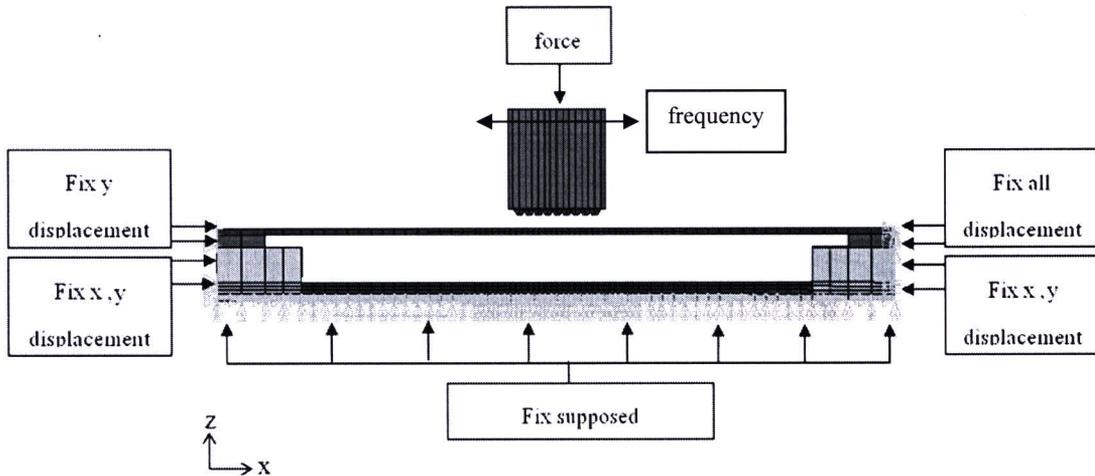
## 4.2 การกำหนดเงื่อนไขขอบเขต

4.2.1 หัวกด กำหนดให้มีการเคลื่อนที่ลงด้วยความเร็วคงที่ในขณะที่กดแผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน ให้สัมผัสกับแผ่นทองแดงของ APFA เมื่อแผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน สัมผัสกับแผ่นทองแดงของ APFA จึงเริ่มกำหนดให้มีแรงกดพร้อมกับส่งด้วยความถี่อัลตราโซนิกที่บริเวณหัวกด โดยค่าความถี่ที่ใช้ในการทดสอบคือ 63.7 kHz. เมื่อครบกระบวนการจึงถอดแรงออกจากชิ้นงานให้หัวกดกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้น เนื่องจากงานวิจัยนี้ไม่ได้มุ่งเน้นถึงการเสีรูปร่างของหัวกด และส่วนของหัวกดมีความแข็งแรงมากเมื่อเทียบกับชิ้นงานอื่นจึงกำหนดให้เป็นวัตถุแข็งเกร็ง

4.2.2 แผ่นฐาน กำหนดให้บริเวณด้านล่างของแผ่นฐานเป็นตำแหน่งที่ไม่มีการเคลื่อนที่ในทุกทิศทาง ในส่วนแผ่นฐานด้านข้างกำหนดให้ไม่มีการเคลื่อนที่ในทิศ  $x$  และ  $y$  เนื่องจากเชื่อมติดกับชิ้นงานขนาดใหญ่ในทิศทางดังกล่าว

4.2.3 แผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน และสแตนเลส กำหนดให้ด้านขาวมือไม่มีการเคลื่อนที่ในทุกทิศทาง เนื่องจากแผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียนทางด้านขาวมือมีขนาดยาวและยังเชื่อมติดกับแขนหัวอ่านเขียน และด้านซ้ายมือกำหนดให้ไม่มีการเคลื่อนที่ในทิศ  $y$  เนื่องจากชิ้นงานสแตนเลสที่เชื่อมติดกับแผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน มีความยาวไปในทิศทาง  $y$  ตลอดจนถึงสิ้นสุดแผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน

ขั้นตอนการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งในการวิเคราะห์ด้วยระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์จึงต้องมีการศึกษาชิ้นงานอย่างละเอียดเพื่อให้ผลการวิเคราะห์ถูกต้องตามไปด้วย การกำหนดขอบเขตเงื่อนไขจากข้างต้น จึงแสดงได้ดังภาพที่ 29



ภาพที่ 29 แบบจำลองการกำหนดเงื่อนไขขอบเขต

4.3 การกำหนดการสัมผัสระหว่างชิ้นงาน ในงานวิจัยนี้กำหนดทุกชิ้นงานที่มีส่วนสัมผัสกัน โดยกำหนดให้เป็นการสัมผัสเป็นแบบ Automatic Single Surface Contact ซึ่งในแบบจำลองที่ใช้วิเคราะห์มีชิ้นส่วนสัมผัสกัน ดังนี้

- หัวกด กับแผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน
- แผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน กับชั้นสแตนเลสสตีล
- ชั้นสแตนเลสสตีล กับแผ่นฐาน
- แผ่นทองแดงของ APFA กับ แผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน
- แผ่นทองแดงของ APFA กับแผ่นฐาน