บทที่ 4

การคำนวณความกว้างแผ่นเหล็กในการผลิตท่อกลม และ โปรแกรมคอมพิวเตอร์

สำหรับการผลิตท่อขนาดความกว้างของแผ่นเหล็ก(Strip)ที่ใช้ในการผลิตท่อ ถือได้ว่าเป็นสิ่งสำคัญประการหนึ่งที่จะทำให้ท่อมีคุณสมบัติตามที่ต้องการ และเพื่อเป็นการใช้วัตถุดิบอย่างคุ้มค่าที่สุด เพราะถ้าการตัดความกว้างของแผ่นเหล็ก(Strip)มากเกินไป นอกจากจะเป็นการสิ้นเปลืองเหล็กแล้ว ยังมีผลให้ Roll ซึ่งเป็นชิ้นส่วนสำคัญในการขึ้นรูปท่อสึกหรอมากกว่าปกติ เพราะจะต้องทำการบีบ Roll ให้บีบแผ่นเหล็ก(Strip)มากกว่าปกติ เพื่อให้ท่อมีความกลม และได้ขนาดตามที่ต้องการ แต่ถ้าการตัดแผ่นเหล็ก(Strip) แคบเกินไป จะทำให้ท่อที่ผลิตมีขนาดเล็กเกินกว่าที่ต้องการ หรืออาจทำให้ท่อที่ได้มีความแข็งแรงของรอยเชื่อมน้อยเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนดไว้ หรืออาจจะทำให้ท่อที่ผลิตแตกในขณะทำการเชื่อม

ดังนั้นในบทนี้จะได้กล่าวถึงการคำนวณความกว้างของแผ่นเหล็ก(Strip)ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตท่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง และความหนาแตกต่างกัน และจะได้เสนอผลการทดลองผลิตท่อขนาด 3″ ที่ความหนาผนังท่อ 4.0 มม. ตามขนาดความกว้างที่ได้จากการคำนวณได้

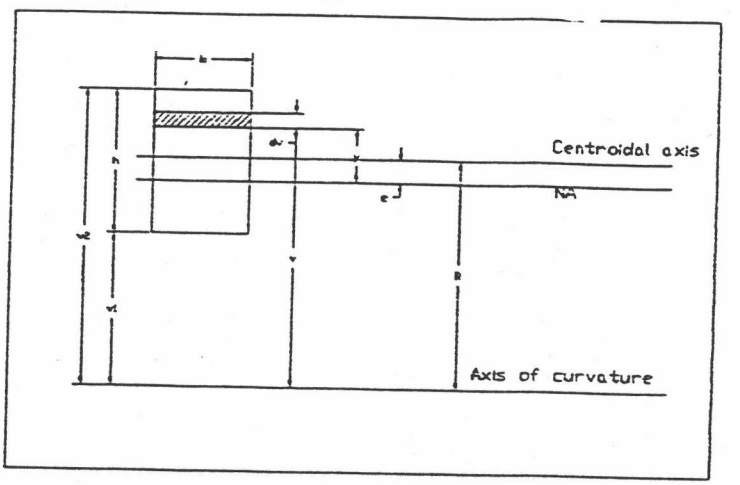
4.1 การคำนวณความกว้างแผ่นเหล็ก (Strip)

จากการศึกษาวิธีการขึ้นรูปท่อพบว่า การขึ้นรูปท่อจะใช้วิธีดัดโดยใช้ Roll แบบหมุน ทำการขึ้นรูปทีละขั้นตอน จนท่อได้ขนาดและรูปร่างตามต้องการแล้วจึงทำการเชื่อมตะเข็บท่อ นั่นคือจุดที่มีส่วนสำคัญในการกำหนดขนาดของท่อคือ Roll ที่บริเวณจุดเชื่อมตะเข็บท่อ ดังนั้นในการคำนวณความกว้างของแผ่นเหล็ก(Strip) จึงจะใช้ค่ารัศมีของ Roll ที่จุดเชื่อมเป็นรัศมีของท่อที่จะทำการผลิต สำหรับการคำนวณความกว้างแผ่นเหล็ก(Strip) สามารถหาได้โดยการคำนวณความยาวของ Natural Axis ดังแสดงในตัวอย่างต่อไปนี้

การคำนวณความกว้างของแผ่นเหล็ก สำหรับการผลิตท่อขนาด 3″ ความหนา 4.0 มม.

ค่ารัศมีของ Roll ที่จุดเชื่อม 44.8 มม.

เมื่อเขียนภาพตัดขวางของท่อที่ทำการผลิตด้วย Roll ขนาดนี้จะได้ดังแสดงในรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 แสดงภาพตัดขวางของท่อที่ทำการผลิต

โดยมีค่าต่างๆ ดังนี้

R คือ รัศมีของ Centrodial axis : 42.8 มิลลิเมตร

h คือ ความหนาผนังท่อ : 4.0 มิลลิเมตร

v1 คือ รัศมีภายในท่อ : 40.8 มิลลิเมตร

v2 คือ รัศมีภายนอกท่อ : 44.8 มิลลิเมตร

b คือ ความยาวท่อ : 6 เมตร

คำนวณหาระยะห่างของเส้น NA กับ Centroidal axis (e) จากสมการที่ 2-9 ในบทที่2

$$e = R - bh/\int (b\,dv/v)$$

$$= R - h/\log_e (v_2/v_1)$$

$$= 42.8 - 4/(\log_e(44.8/40.8)$$

$$= 0.031 \text{ มิลลิเมตร}$$

นั่นคือ แนวเส้น NA จะมีรัศมี $= 42.8 - 0.031$

$= 42.769$ มิลลิเมตร

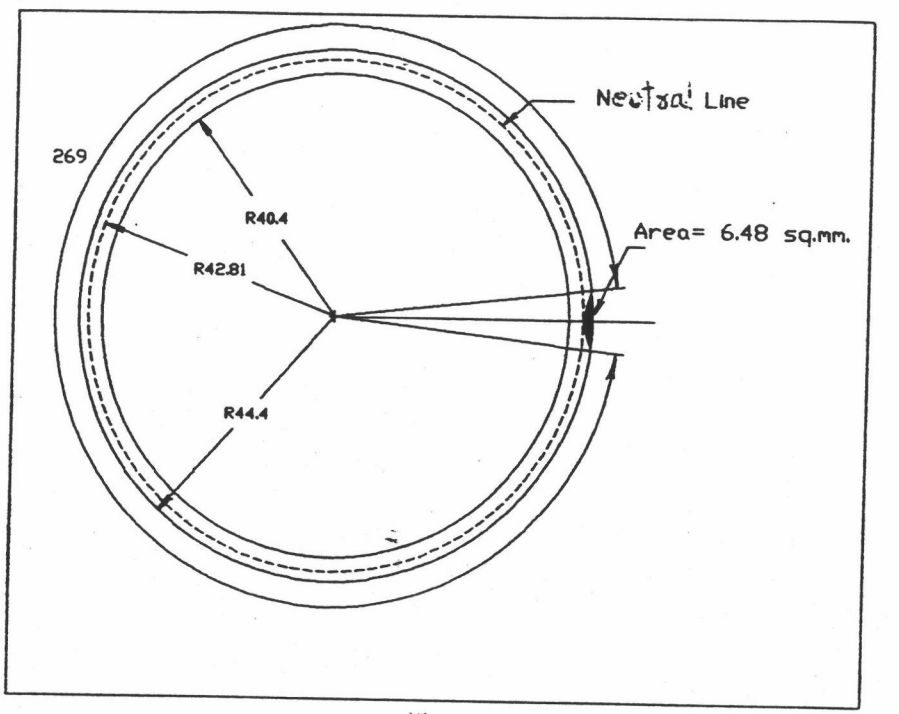
$\therefore$ ความยาวของเส้น NA มีค่า $= 2 * \pi * 42.769$

$= 268.72$ มิลลิเมตร

$\therefore$ ความกว้างของแผ่นเหล็ก(Strip) ที่ใช้ในการผลิต = 269 มม.

4.2 การคำนวณระยะเผื่อสำหรับดัดขึ้นรูปท่อกลม

เมื่อทำการดัดโลหะขึ้นรูปเป็นท่อกลมนั้นจะพบว่าที่บริเวณรอยต่อของขอบโลหะจะมิได้ประกบติดกันสนิทพอดีดังรูปที่ 4-2



รูปที่ 4-2 แสดงพื้นที่สำหรับการเผื่อของการดัดขึ้นรูปท่อกลม

จากรูปที่ 4-2 จะเห็นได้ว่าจะเกิดช่องว่างระหว่างรอยประกบ โดยบริเวณที่ชนกันพอดีนั้นคือ ปลายเส้น Neutral Line นั่นเอง ดังนั้นระยะที่ต้องเผื่อไว้ควรจะมีค่าเท่ากับพื้นที่ที่ว่างอยู่ จากตัวอย่างในรูปที่ 4-2 เป็นท่อขนาด 3" ความหนา 4.0 มม. สามารถคำนวณระยะเผื่อได้จากการเทียบพื้นที่ว่างในรูปที่ 4-2 เป็นขนาดความยาวของแผ่นเหล็กที่ความหนา 4.0 มม. นั่นคือ พื้นที่ 6.48 ตารางมิลิเมตร สามารถเทียบเป็นความยาวเหล็กได้ = 6.48/ 4 = 1.62 $\approx$ 2 มม.

จากตัวอย่างการคำนวณค่าความกว้างของแผ่นเหล็ก(Strip)และการคำนวณระยะเผื่อสำหรับการดัด ให้ทำการคำนวณในลักษณะเดียวกันกับท่อขนาดต่างๆกัน จะได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 แสดงผลการคำนวณความกว้างของแผ่นเหล็ก(Strip) ที่ใช้ในการผลิตท่อขนาดต่างๆ

ลำดับที่	ขนาดท่อ	ความหนา (มม.)	รัศมี Roll (มม.)	ความกว้างแผ่นเหล็ก (มม.)	ระยะเผื่อ (มม.)	รวม (มม.)
1	O 1/2"	2	10.76	61	1.5	62.5
2	O 1/2"	2.5	10.76	59	2	61
3	O 3/4"	2	13.56	79	1.5	80.5
4	O 3/4"	2.5	13.56	77	2	79
5	O 1"	2	17.05	101	1	102
6	O 1"	2.5	17.05	99	1	100
7	O 1"	2.75	17.05	98	2.5	100.5
8	O 1"	3	17.05	97	3	100
9	O 1 1/4"	2	21.4	128	1	129
10	O 1 1/4"	2.5	21.4	126	1	127
11	O 1 1/4"	2.75	21.4	126	2	128
12	O 1 1/4"	3	21.4	125	3	128
13	O 1 1/2"	2	24.3	146	1	147
14	O 1 1/2"	2.5	24.3	145	2	147
15	O 1 1/2"	2.75	24.3	144	2	146
16	O 1 1/2"	3	24.3	143	3	146
17	O 2"	2.5	30.34	183	2	185
18	O 2"	2.75	30.34	182	3	185
19	O 2"	3	30.34	181	3	184
20	O 2"	3.5	30.34	179	3	182
21	O 2 1/2"	2.5	38.19	232	2	234
22	O 2 1/2"	2.75	38.19	231	2	233
23	O 2 1/2"	3	38.19	230	2	232
24	O 3"	3	44.8	272	2	274

ตารางที่ 4-1(ต่อ) แสดงผลการคำนวณความกว้างของแผ่นเหล็ก(Strip) ที่ใช้ในการผลิตท่อขนาดต่างๆ

ลำดับที่	ขนาดท่อ	ความหนา (มม.)	รัศมี Roll (มม.)	ความกว้างแผ่นเหล็ก (มม.)	ระยะเผื่อ (มม.)	รวม (มม.)
25	O 3″	3.5	44.8	270	2	272
26	O 3″	4	44.8	269	2	271
27	O 4″	3	57.5	352	2	354
28	O 4″	3.5	57.5	350	2	352
29	O 4″	4	57.5	349	3	352
30	O 5″	4	70.17	428	3	431
31	O 5″	5	70.17	425	4	429
32	O 6″	4	82.9	508	3	511
33	O 6″	5	82.9	505	4	509

4.8 การคำนวณการจัดวาง Strip บนเหล็กม้วน (Coil) โดยวิธี Trial and Error

วิธีนี้เป็นการคำนวณโดยการลองผิดลองถูก เพื่อหาค่าของตัวแปรที่ต้องการจากสมการ ดังนี้

$$100X_1 + 128X_2 + 210X_3 = 1250$$

โดยที่ X_1 คือ จำนวนของ Strip ขนาด 100 มม. บน Coil

X_2 คือ จำนวนของ Strip ขนาด 128 มม. บน Coil

X_3 คือ จำนวนของ Strip ขนาด 210 มม. บน Coil

สำหรับการคำนวณโดยวิธีนี้จะแสดงกรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่สามารถเกิดขึ้นได้โดยวิธีการ Trial and Error

จากสมการจะพบว่าค่า X_1 ที่เป็นไปได้สำหรับสมการนี้ สามารถหาได้จาก 1250/100 = 12.5 นั่นคือ ค่า X_1 จะมีค่าจำนวนเต็มระหว่าง 0-12(13 ค่า) โดยวิธีการเดียวกันสามารถหาค่าของ X_2 ได้ค่าจำนวณเต็มระหว่าง 0- 9(10 ค่า)และ X_3 ได้ค่าจำนวนเต็มระหว่าง 0-5(6 ค่า)

ดังนั้นกรณีที่เป็นไปได้โดยวิธีการลองผิดลองถูกจะมีอยู่ด้วยกัน = 13*10*6 = 780 วิธี ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ค. (ตารางที่ ค-1)

จากตาราง ค-1 ในภาคผนวก ค. สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับการจัดเรียง Strip บน Coil ได้ 2 แบบ คือ

แบบที่ 1 (ลำดับที่ 251) ; $X_1 = 2$ $X_2 = 0$ $X_3 = 5$

แบบที่ 2 (ลำดับที่ 543) ; $X_1 = 4$ $X_2 = 5$ $X_3 = 1$

ซึ่งทั้งสองแบบจะให้ค่าของสมการ เท่ากันทั้งสองวิธี คือ 1250

4.2.3 โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการคำนวณการจัดวาง Strip บนเหล็กม้วน (Coil)

ในหัวข้อนี้จะได้มีการเสนอโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณการจัดวาง Strip บน Coil โดยวิธีการ Trial and Error ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมดังนี้

1. เมื่อเริ่ม RUN โปรแกรม คอมพิวเตอร์จะแสดงหน้าจอ สำหรับใส่ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณดังนี้
   - ขนาดความกว้างของ Strip ที่ต้องการใช้ในการผลิต ซึ่งโปรแกรมจะแบ่งประเภทของ Strip เป็น 2 ประเภท คือ Major Strip และ Minor Strip โดยที่ Major Strip คือ Strip ที่ต้องการใช้ในการผลิตในขณะนั้น ส่วน Minor Strip คือ Strip ที่ยังไม่ต้องการใช้ในการผลิตในขณะนั้น โดยโปรแกรมจะทำการคำนวณโดยใช้ Major Strip เป็นตัวหลักในการคำนวณ ถ้าในการคำนวณโดยใช้เฉพาะ Major Strip ไม่สามารถคำนวณได้ค่าที่ต้องการก็จะต้องนำค่า Minor Strip มาทำการคำนวณร่วมด้วย เพื่อให้เศษที่เหลือจากการคำนวณการจัดวาง Strip มีค่าน้อยที่สุด
   - น้ำหนักของ Major Strip ที่ต้องการในการผลิต
   - ความกว้างของเศษโลหะที่เหลือจากการคำนวณมากที่สุดที่ยอมรับได้(Max. Scrap)
   - ความกว้างของเศษโลหะที่เหลือจากการคำนวณน้อยที่สุดที่ยอมรับได้(Min. Scrap)
2. เมื่อใส่ข้อมูลสำหรับการคำนวณแล้ว หน้าจอคอมพิวเตอร์จะเปลี่ยนเป็นหน้าจอสำหรับใส่ข้อมูลของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต โดยมีข้อมูลที่ต้องการดังนี้

- ขนาดความกว้างของหน้า Coil
- น้ำหนักต่อลูกของ Coil
- จำนวน Coil ที่มีอยู่สำหรับการผลิต

3. คอมพิวเตอร์จะใช้ค่าความกว้างของ Coil , น้ำหนักต่อลูก , จำนวน Coil ที่มีอยู่ในวัตถุดิบลำดับที่ 1 และ ค่าความกว้างของ Major Strip คำนวณจำนวน Strip มากที่สุดที่เป็นไปได้ของแต่ละความกว้าง Strip บนหน้า Coil ลำดับที่ 1 โดยการคำนวณสามารถทำได้ดังนี้

จำนวน Strip = ความกว้างของหน้า Coil/ ความกว้างของ Strip

* ค่าจำนวน Strip ที่คำนวณได้จะใช้เฉพาะค่าจำนวนเต็ม

4. จากนั้นคอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณการจัดวาง Major Strip บน Coil ด้วยวิธี Trial and Error

ถ้าการคำนวณสามารถหาการจัดวางที่เหมาะสมได้แล้ว คอมพิวเตอร์จะแสดงผลการคำนวณออกทางเครื่องพิมพ์ โดยมีรายละเอียดผลการคำนวณดังนี้

- จำนวน Major Strip ที่จัดบน Coil ในแต่ละความกว้างของ Strip
- น้ำหนักของ Major Strip ที่จะได้จากการตัด Coil ในแต่ละลูก
- จำนวนลูกของ Coil ที่ต้องใช้ในการตัด
- น้ำหนักของ Major Strip ที่ได้จากการตัด Coil ทั้งหมด
- น้ำหนัก Major Strip ที่เหลือหลังการตัด Coil ทั้งหมดแล้ว
- น้ำหนักของเศษโลหะโดยประมาณ
- ร้อยละของเศษโลหะโดยประมาณ

ถ้าการคำนวณไม่สามารถหาการจัดวาง Major Strip ที่เหมาะสมได้บน Coil ลำดับที่ 1 แล้ว หรือ ถ้า Coil ลำดับที่ 1 ถูกใช้ในการคำนวณจนหมดแล้ว คอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณการจัดวาง Major Strip บน Coil ลำดับที่ 2 และ 3 ต่อไป

5. ถ้าคอมพิวเตอร์ไม่สามารถหาการจัดวาง Major Strip ที่เหมาะสมได้บน Coil ทั้ง 3 ลำดับแล้ว คอมพิวเตอร์จะมีทางเลือกให้เลือก 3 ทาง ดังนี้

- ทำการคำนวณต่อไปโดยใช้ Minor Strip เข้ามาช่วยในการคำนวณ
- ให้เปลี่ยนความกว้างของ Coil ใหม่
- หยุดการคำนวณ ออกจากโปรแกรม

6. ถ้าเลือกที่จะเปลี่ยนความกว้างของ Coil ใหม่คอมพิวเตอร์จะแสดงหน้าจอสำหรับให้ใส่ข้อมูลของ Coil ใหม่ทั้ง 3 ลำดับ

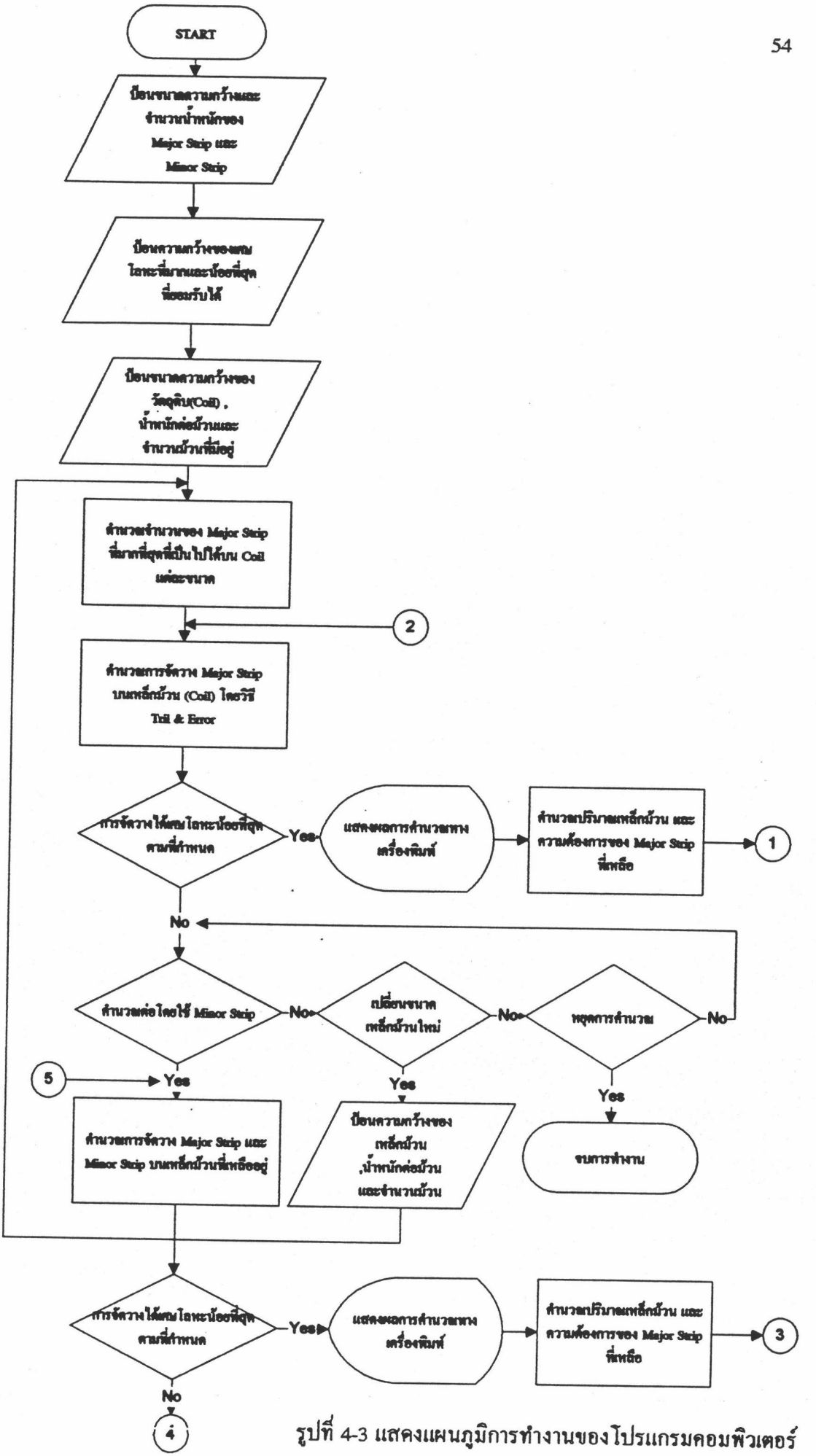
7. ถ้าเลือกที่จะให้ทำการคำนวณต่อไปโดยใช้ Minor Strip มาช่วยให้การจัดวาง Strip บน Coil ได้เหมาะสมยิ่งขึ้น คอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณการจัดวาง Major Strip และ Minor Strip บน Coil ด้วยวิธี Trial and Error โดยที่จะเลือกวิธีการจัดวาง Strip บน Coil ที่จะให้ค่าน้ำหนักของ Minor Strip มีค่าน้อยที่สุด ในขณะที่เศษโลหะยังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

ถ้าการคำนวณสามารถหาการจัดวางที่เหมาะสมได้แล้ว คอมพิวเตอร์จะแสดงผลการคำนวณออกทางเครื่องพิมพ์ โดยมีรายละเอียดผลการคำนวณดังนี้

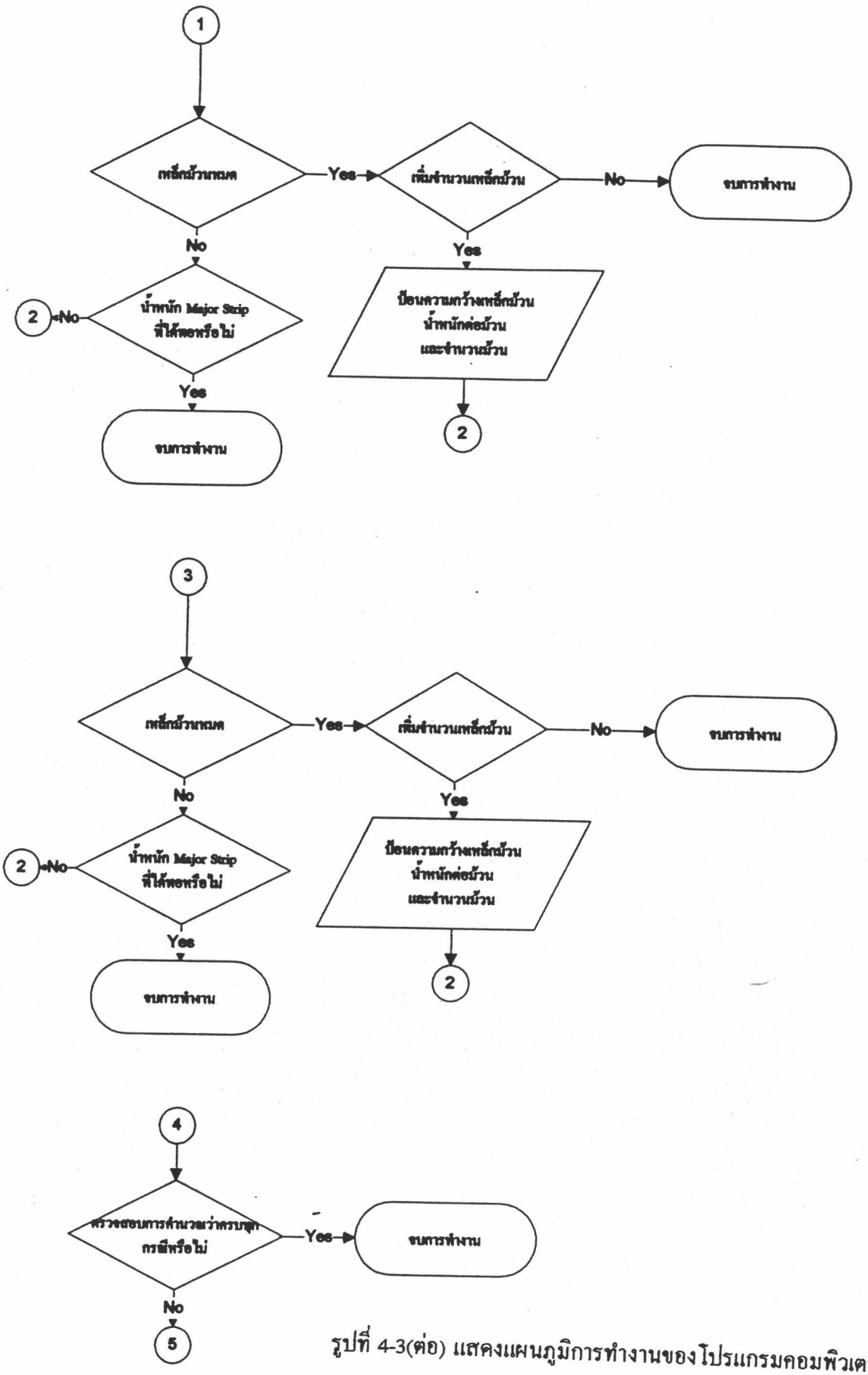
- จำนวน Major Strip ที่จัดบน Coil ในแต่ละความกว้างของ Major Strip
- จำนวน Minor Strip ที่จัดบน Coil ในแต่ละความกว้างของ Minor Strip
- น้ำหนักของ Major Strip ที่จะได้จากการตัด Coil ในแต่ละลูก
- น้ำหนักของ Minor Strip ที่จะได้จากการตัด Coil ในแต่ละลูก
- จำนวนลูกของ Coil ที่ต้องใช้ในการตัด
- น้ำหนักของ Major Strip ที่ได้จากการตัด Coil ทั้งหมด
- น้ำหนักของ Minor Strip ที่ได้จากการตัด Coil ทั้งหมด
- น้ำหนัก Major Strip ที่เหลือหลังการตัด Coil ทั้งหมดแล้ว
- น้ำหนักของเศษโลหะโดยประมาณ
- ร้อยละของเศษโลหะโดยประมาณ

8. ถ้าขณะที่ทำการคำนวณนั้นจำนวน Coil ไม่เพียงพอในการตัดตามจำนวนที่ต้องการ คอมพิวเตอร์จะแสดงทางเลือกให้ 2 ทาง คือ
   - ใส่จำนวน Coil เพิ่มเติม
   - ออกจากการคำนวณ
9. ถ้าเลือกที่จะใส่จำนวน Coil เพิ่มเติมคอมพิวเตอร์จะกลับไปทำการคำนวณตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 ใหม่
10. ถ้าการคำนวณสามารถจัดเรียงการตัด Strip ได้ครบตามจำนวนของ Major Strip ที่ต้องการแล้ว เป็นการสิ้นสุดการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากขั้นตอนการทำงานที่อธิบายมาในข้างต้นสามารถแสดงได้ด้วย Flow Chart โปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-3 แสดงแผนภูมิการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยวิธี Trial & Error



รูปที่ 4-3(ต่อ) แสดงแผนภูมิการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยวิธี Trial & Error