

บทที่ 5

ผลการคำนวณและวิเคราะห์ผลจากโปรแกรม

โปรแกรมในวิทยานิพนธ์นี้มี 2 โปรแกรมได้แก่ โปรแกรมป้องกันการกัดกร่อน และโปรแกรมแนะนำการป้องกันการกัดกร่อน ผลที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมจะกล่าวถึง เวลาสำหรับทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ราคารวมต่ำสุดสำหรับการป้องกันการกัดกร่อน และวิธีที่ดีที่สุดสำหรับการป้องกันการกัดกร่อนตามลำดับ โดยทำการกำหนดสภาวะการทำงานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไฮฟอนในโปรแกรมออกแบบป้องกันการกัดกร่อน ดังนี้

อุณหภูมิก๊าซร้อน	225	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิน้ำเข้า	32	องศาเซลเซียส
จำนวนท่อทั้งหมด	45	ท่อ
จำนวนท่อในแถวที่รับก๊าซร้อน(Np)	9	ท่อ
ความเร็วก๊าซร้อนทางเข้า	3.1	เมตร/วินาที
อัตราไหลของน้ำ	17	ลิตร/นาที่
ความยาวทั้งหมดของท่อ	0.553	เมตร
ความยาวส่วนทำระเหยยาว	0.48	เมตร
ระยะห่างของท่อ SI	0.1	เมตร
ระยะห่างของท่อ St	0.08	เมตร
ระยะเวลาการทำงานทั้งหมด	46080	ชั่วโมง

จากโปรแกรมการออกแบบการป้องกันการกัดกร่อนสามารถแสดงผลดังตาราง 5.1 สำหรับท่อเหล็ก และท่อเหล็กครีบล็กเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 0.0171 ม. ตาราง 5.2 สำหรับท่อทองแดงและท่อทองแดงครีบล็กเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 0.0158 ม. และตาราง 5.3 สำหรับท่ออะลูมิเนียมและท่ออะลูมิเนียมครีบล็กเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 0.0158 ม. ตามลำดับ

ตาราง 5.1 ผลจากโปรแกรมของท่อเหล็กและท่อเหล็กครีบล็ก(OD = 0.0171 ม. , ID = 0.0131 ม.)

ค่าใช้จ่าย(บาท)	ธรรมดา	เคลือบสี	เคลือบอินามล	ครีบล็กไม่เคลือบ	ครีบล็กเคลือบสี	ครีบล็กเคลือบอินามล
ค่าในการผลิตท่อ	6750	6750	6750	18387	18387	18387
ค่าเคลือบผิว	-	305	3600	-	1667	20250
ค่าทำความสะอาด/ครั้ง	13	13	13	59	59	59
เวลาทำความสะอาด (ชม.)	88	45	89	81	386	134
ค่าใช้จ่ายเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น	1400	3536	13844	66868	14034	40424
ค่าใช้จ่ายรวม	20750	10627	24194	85255	20054	79061

ตาราง 5-2 ผลจากโปรแกรมของท่อทองแดงและท่อทองแดงครีบทองแดง (OD = 0.0158 ม., ID = 0.0138 ม.)

ค่าใช้จ่าย(บาท)	ธรรมดา	เคลือบสี	เคลือบอินามล	ครีบทองแดง	ครีบทองแดง	ครีบทองแดง
ค่าในการผลิตท่อ	15750	15750	15750	47925	47925	47925
ค่าเคลือบผิว	-	281	3600	-	1572	20250
ค่าทำความสะอาด/ครั้ง	12	12	12	55	55	55
เวลาทำความสะอาด (ชม.)	74	313	132	74	375	539
ค่าใช้จ่ายเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น	15384	3636	8624	68940	13604	9466
ค่าใช้จ่ายรวม	31134	19667	27974	116865	63101	77641

ตาราง 5.3 ผลจากโปรแกรมของท่ออะลูมิเนียม และท่ออะลูมิเนียมครีบทองแดง (OD = 0.0158 ม., ID = 0.0138 ม.)

ค่าใช้จ่าย(บาท)	ธรรมดา	เคลือบสี	เคลือบอินามล	ครีบทองแดง	ครีบทองแดง	ครีบทองแดง
ค่าในการผลิตท่อ	13500	13500	-	18000	18000	-
ค่าเคลือบผิว	-	281	-	-	1571	-
ค่าทำความสะอาด/ครั้ง	12	12	-	55	55	-
เวลาทำความสะอาด (ชม.)	74	313	-	70	375	-
ค่าใช้จ่ายเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น	15384	3636	-	72872	13604	-
ค่าใช้จ่ายรวม	28884	17417	-	90872	33175	-

สำหรับโปรแกรมที่ 2 คือโปรแกรมแนะนำป้องกันการกัดกร่อนจะขึ้นอยู่กับเวลา ชนิดของท่อ และสภาวะการทำงานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เมื่อกำหนดสภาวะการทำงานของเครื่องแลกเปลี่ยนเช่นเดียวกับโปรแกรมการป้องกันการกัดกร่อนผลของโปรแกรมจะแสดงดังตารางแสดงดังตาราง 5.4

ตาราง 5.4 ผลของโปรแกรมแนะนำป้องกันการกัดกร่อน

ชนิดท่อ	วิธีป้องกันภายใน	วิธีป้องกันภายนอก
เหล็ก	เติมสารยับยั้ง H_2PO_4 ปริมาณ 20 ppm. ลงในสารทำงาน	เคลือบอินามลที่ความหนา 0.19 มม.
ทองแดง	เติมสารยับยั้ง H_2PO_4 ปริมาณ 20 ppm. ลงในสารทำงาน	ไม่จำเป็นต้องทำการเคลือบผิว
อะลูมิเนียม	ไม่สามารถสรุปวิธีป้องกันที่เหมาะสมได้	ไม่จำเป็นต้องทำการเคลือบผิว

โดยสามารถอธิบายและสรุปผลจากโปรแกรมทั้งสองโปรแกรมได้ดังนี้

5.1 เวลาสำหรับทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

เวลาการทำความสะอาดในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ได้จากโปรแกรมจะขึ้นอยู่กับราคาทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนต่อครั้ง ขนาดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และวิธีป้องกันการกัดกร่อน สามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

5.1.1 ราคาทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนต่อครั้งและขนาดของเครื่องแลกเปลี่ยน

ราคาที่ใช้อ้างอิงในโปรแกรม นำมาจากราคาทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งอยู่ในโรงผลิตไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ซึ่งราคาสำหรับการทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะมีผลต่อการกำหนดระยะเวลาที่ใช้ทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนเนื่องจากถ้าราคาในการทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนมีราคาต่ำ จะทำให้สามารถทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้บ่อยครั้งขึ้น เมื่อเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้รับการทำความสะอาดบ่อยครั้งจะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนสูงขึ้น การสูญเสียเนื่องจากฟาวลิงก็จะมีค่าลดลง ในทางตรงกันข้าม ถ้าราคาในการทำความสะอาดมีราคาสูง จะทำให้ระยะเวลาสำหรับการทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนเพิ่มมากขึ้น และทำให้ฟาวลิงที่เกาะผิวท่อมีมากขึ้นส่งผลกระทบต่อให้การส่งถ่ายความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนลดลง ดังนั้นประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนจะลดลง แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับค่าการสูญเสียความร้อนเนื่องจากฟาวลิงด้วย ผลของเวลาที่แสดงในโปรแกรมป้องกันการกัดกร่อนตามตารางที่ 5.1 5.2 และ 5.3 เป็นค่าการทำความสะอาดที่เหมาะสมเฉพาะราคาทำความสะอาดที่กำหนดไว้เท่านั้น ถ้าราคาที่ใช้ในการทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนเปลี่ยนไปก็จะทำให้เวลาที่ใช้สำหรับการทำความสะอาดเปลี่ยนแปลงตาม ทั้งนี้เนื่องจากราคาในการทำความสะอาดของเครื่องแลกเปลี่ยนจะคิดเป็นต่อพื้นที่ ดังนั้นขนาดของเครื่องแลกเปลี่ยนจึงมีผลต่อราคาในการทำความสะอาด ซึ่งราคาของการทำความสะอาดจะเป็นข้อกำหนดหนึ่งของเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทำความสะอาด จากผลของโปรแกรมการป้องกันการกัดกร่อนซึ่งแสดงในภาคผนวกจะพบว่า ราคาทำความสะอาดที่ต่ำสุดต่อครั้งคือ ท่อทองแดงผิวเรียบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกขนาด 0.0171 มม. เนื่องจากมีพื้นที่ผิวในการส่งถ่ายความร้อนน้อยที่สุดจึงทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดต่ำสุดสำหรับค่าทำความสะอาดต่อครั้งสูงสุดคือ ท่อเหล็กครีบบเหล็กเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกขนาด 0.0482 มม. โดยค่าการทำความสะอาดต่อครั้งคือ 141 บาท ซึ่งท่อเหล็กครีบบเหล็กขนาดดังกล่าวมีพื้นที่การส่งถ่ายความร้อนมากที่สุดจึงทำให้ราคาในการทำความสะอาดสูงสุด และพบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของเครื่องแลกเปลี่ยนเวลาที่ใช้ทำความสะอาดของเครื่องแลกเปลี่ยนอาจจะไม่เพิ่มขึ้น เพราะเนื่องจากเวลาที่ใช้ทำความสะอาดขึ้นอยู่กับปัจจัยของค่าความร้อนสูญเสียเนื่องจากเขม่าที่เกาะที่ผิวท่อด้วย

5.1.2 วิธีป้องกันการกัดกร่อน

ผลของวิธีป้องกันการกัดกร่อน จะทำให้อัตราการเกาะของฟาวลิงที่ผิวมีค่าแตกต่างกัน ซึ่งการเกาะตัวของฟาวลิงที่ผิวจะมีผลต่อการส่งถ่ายความร้อน และการส่งถ่ายความร้อนที่ลดลงเนื่องจากฟาวลิงจะเป็นสิ่งที่กำหนดเวลาทำความสะอาดที่เหมาะสม โดยจะนำค่าการส่งถ่ายความร้อนที่ลดลงของเครื่องแลกเปลี่ยนไปเปรียบเทียบกับราคาที่ต้องจ่าย จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับราคาของการทำความสะอาดจะทำให้ได้เวลาของการทำความสะอาดที่เหมาะสม ในโปรแกรมได้ใช้สมการค่าความร้อนสูญเสียเนื่องจากฟาวลิงที่ได้จากการทดลอง

ของ ขวัญชัย ไกลทอง (2541) ซึ่งทำการศึกษาการป้องกันการกักคร่อนของเครื่องอุ่นน้ำป้อนแบบเทอร์โมไซฟอน โดยใช้ท่อผิวเรียบเคลือบผิวด้วยอินามัล โดยทำงานภายใต้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ได้จากส่วนผสมระหว่างน้ำมันเตาเกรด A และน้ำมันดีเซล 20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร พบว่าค่าการส่งถ่ายความร้อนจะลดลงในลักษณะอะซิมโทติกเมื่อเวลาการทำงานเพิ่มขึ้นและจะคงที่ที่เวลาหนึ่ง วิธีป้องกันโดยการเคลือบอินามัลเป็นวิธีที่สามารถป้องกันการกักคร่อนได้อย่างดีเยี่ยม ถนัด เกษประคิษฐ (2543) ได้ทำการทดลองเช่นเดียวกับขวัญชัย ไกลทอง (2541) แต่ใช้ท่อครีบอกเคลือบอินามัล ทั้งนี้เพื่อต้องการศึกษา ถึงการเปลี่ยนแปลงในการเกาะตัวของฟาวลิง และการกักคร่อน พบว่าค่าการส่งถ่ายความร้อนจะลดลงมีลักษณะเช่นเดียวกับขวัญชัย ไกลทอง (2541) แต่ความหนาสูงสุดของฟาวลิงมีค่ามากกว่า และการเกาะตัวของฟาวลิงเร็วกว่า สำหรับการกักคร่อนระหว่างครีบอกและท่อมีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ สำหรับการป้องกันภายนอกโดยการเคลือบสีในส่วนทำระเหยสมการที่ใช้ในโปรแกรมได้จากการทดลองของ Terdtoon et. al. (1998) ศึกษาถึงการใช้สีเคลือบที่ผิวท่อเทอร์โมไซฟอนในส่วนทำระเหย โดยทำงานภายใต้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ได้จากส่วนผสมระหว่างน้ำมันเตาเกรด A และน้ำมันดีเซล 20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ผลจากการทดลองพบว่าลักษณะของการเกาะตัวของเขม่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นและคงที่ที่เวลาหนึ่ง และการส่งถ่ายความร้อนจะลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ผลการเกาะตัวของฟาวลิงทางด้านปะทะไอร้อนกับทางด้านหลังท่อมีค่าไม่ต่างกัน ประชา ยืนยงกุล (2541) ได้ทำการศึกษาเช่นเดียวกับ Terdtoon et. al. (1999) แต่ใช้ท่อครีบอกเคลือบสีทั้งนี้เพื่อต้องการศึกษา ถึงการเปลี่ยนแปลงในการเกาะตัวของฟาวลิง และการกักคร่อน พบว่าค่าการส่งถ่ายความร้อนจะลดลงมีลักษณะเช่นเดียวกับ Terdtoon et. al. (1999) แต่ความหนาสูงสุดของฟาวลิงมีค่ามากกว่า สำหรับการกักคร่อนระหว่างครีบอกและท่อมีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ

สรุปผล เวลาการทำความสะดวกที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับ ราคาทำความสะดวกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนต่อครั้ง ขนาดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และวิธีป้องกันการกักคร่อน

5.2 ราคาค่าใช้จ่ายรวม

ผลจากโปรแกรมจะพบว่าราคาค่าใช้จ่ายรวมของแต่ละวิธีมีค่าไม่เท่ากัน เนื่องจาก ค่าในการผลิตท่อ ค่าในการป้องกันการกักคร่อน เวลาสำหรับทำความสะดวก ค่าสูญเสียเนื่องจากฟาวลิงที่ได้จากโปรแกรมซึ่งแสดงในภาคผนวกสามารอด อธิบายได้ดังนี้

5.2.1 ค่าใช้จ่ายในการผลิตท่อ

ผลค่าใช้จ่ายในการผลิตท่อที่ได้จากโปรแกรมป้องกันการกักคร่อนจะพบว่า ท่อครีบอกจะมีราคาแพงกว่าท่อธรรมดาผิวเรียบมากเนื่องมาจาก ท่อครีบอกมีขบวนการวิธีการผลิตที่ยุ่งยากและต้องใช้เครื่องมือที่ทันสมัยกว่าท่อธรรมดาผิวเรียบมาก สำหรับวัสดุแต่ละชนิดก็มีราคาในการผลิตแตกต่างกันออกไปทั้งนี้เนื่องจากราคาของวัสดุแต่ละชนิดไม่เท่ากัน โดยที่ท่อทองแดงจะมีราคาแพงกว่าท่อชนิดอื่น

5.2.2 ค่าใช้จ่ายในการป้องกันการกักคร่อน

ผลค่าใช้จ่ายในการเคลือบผิวที่ได้จากโปรแกรมจะพบว่าค่าใช้จ่ายสำหรับการป้องกันภายนอกโดยการเคลือบสีจะมีค่าต่ำกว่าอินามัลเพราะว่าสีมีกรรมวิธีการเคลือบง่ายกว่าอินามัลและสามารถเคลือบได้กับทุกสภาพผิวซึ่งต่างจากอินามัลที่มีกรรมวิธีการผลิตที่ซับซ้อน และยังไม่สามารถเคลือบผิวบางประเภทได้เช่น อะลูมิเนียม ดังนั้นการเคลือบผิวด้วยอินามัลจึงมีราคาที่แพงกว่าสีมาก ราคาสำหรับการเคลือบผิวภายนอกของท่อ

สำหรับสีจะมีราคาเพิ่มขึ้นตามขนาดของท่อเพราะราคาในการเคลือบสีจะคิดเป็นต่อพื้นที่ แต่สำหรับการเคลือบอีนาเมลในขนาดของท่อที่มีอยู่ในโปรแกรมนี้จะคิดเป็นต่อท่อ ดังนั้นการเคลือบผิวด้วยอีนาเมลจึงมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อขนาดของท่อเปลี่ยนไป นอกจากนั้นราคาค่าเคลือบของอีนาเมลระหว่างท่อธรรมดา กับท่อครีบจะมีค่าแตกต่างกันมากเนื่องจากกรรมวิธีในการเคลือบ แต่การเคลือบผิวด้วยสีมีข้อจำกัดเกี่ยวกับเวลาสำหรับการป้องกันการกัดกร่อนจากโปรแกรมแนะนำการป้องกันการกัดกร่อนพบว่า การเคลือบท่อเทอร์โมโซโฟนที่ทำมาจากเหล็กด้วยสีทนความร้อนจะมีอายุการใช้งานเพียง 8.8 ปี ในขณะที่เคลือบผิวด้วยอีนาเมลจะทำให้เทอร์โมโซโฟนสามารถทำงานได้มากกว่า 20 ปี แต่การเคลือบผิวด้วยอีนาเมลจะมีค่าแพงกว่าเคลือบสี 9 - 12 เท่า ในโปรแกรมจะพบว่า การป้องกันการกัดกร่อนภายในสำหรับเคมีสารยับยั้ง Na_2HPO_4 ลงในสารทำงาน 20 ppm. จะมีราคา 200 บาท เนื่องจากการเติมสารยับยั้งจะทำการคิดราคารวมทั้งหมดคือ 200 บาท และการเผาท่อที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จะมีราคา 360 บาท เนื่องจากการคิดราคาของการป้องกันการกัดกร่อนภายในของวิธีนี้จะทำการคิดโดยการเผาท่อเป็นกลุ่มๆ ละ 150 ท่อ ใช้ปริมาณแก๊สจำนวน 30 กิโลกรัมเป็นเงิน 350 บาท

5.2.3 เวลาในการทำความสะอาด

ผลของเวลาการทำความสะดวกที่ได้จากโปรแกรมมาจากจุดตัดกันระหว่างค่าการทำความสะดวกของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและค่าการสูญเสียเนื่องจากฟาวลิงโดยผลที่แสดงในโปรแกรมเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับการทำความสะดวกเพราะถ้าทำความสะดวกก่อนระยะเวลาดังกล่าวจะทำให้ไม่คุ้มเพราะราคาการทำความสะดวกมีราคาแพง ถ้าทำความสะดวกหลังเวลาที่กำหนดจะทำให้เกิดการสูญเสียเนื่องจากการสูญเสียจากเขม่าเพิ่มมากขึ้นดังนั้นเวลาทำความสะดวกที่ได้ในโปรแกรมจึงเป็นเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทำความสะดวก

5.2.4 ค่าการสูญเสียเนื่องจากฟาวลิง

เนื่องต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมของระยะเวลาสำหรับการทำความสะดวกซึ่งจะได้ระยะเวลาที่เหมาะสมที่ควรจะทำความสะดวกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งจำเป็นต้องทิ้งช่วงให้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนทำงาน ช่วงระยะเวลาดังกล่าวจะทำให้เกิดการสะสมตัวของฟาวลิงที่ท่อและทำให้ค่าการส่งถ่ายความร้อนลดลง ค่าการส่งถ่ายความร้อนที่หายไปนี้ก็คือ ค่าความร้อนสูญเสียเนื่องจากฟาวลิงซึ่งจะขึ้นอยู่กับเวลาที่ทำความสะดวก ถ้าทำความสะดวกบ่อยครั้งก็จะทำให้ค่าความร้อนสูญเสียเนื่องจากฟาวลิงลดลง ทั้งนี้ต้องพิจารณาถึงปัจจัยอื่นรวมอยู่ด้วย ในโปรแกรมได้แสดงค่าการสูญเสียเนื่องจากฟาวลิงที่ตำแหน่งเวลาทำความสะดวกที่เหมาะสม

สรุปผลจากโปรแกรมสำหรับค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้แก่ ท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 0.0171 เมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.0131 เมตร เคลือบผิวด้วยสีทนความร้อนที่ความหนา 0.3 มิลลิเมตร

5.3 วิธีที่ดีที่สุดสำหรับการป้องกันการกัดกร่อน

การพิจารณาวิธีที่ดีที่สุดในการออกแบบป้องกันการกัดกร่อนในโปรแกรมขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ออกแบบว่าต้องการจะให้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถทำงานได้เป็นเวลาที่ปี สำหรับโปรแกรมการออกแบบป้องกันการกัดกร่อนนี้จะใช้ได้กับก๊าซร้อนที่ได้จากการเผาไหม้น้ำมันเตาเกรด A กับผสมกับน้ำมันดีเซล

จำนวน 20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร วิธีที่ใช้สำหรับการพิจารณาหาวิธีป้องกันการกัดกร่อนที่ดีที่สุดคือพิจารณาจากราคาต่ำสุดและที่สามารถทนการกัดกร่อนได้ตามระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งผลและวิเคราะห์ผลจากโปรแกรมได้ดังนี้

5.3.1 ท่อเหล็กและท่อเหล็กครีบลเหล็ก

ก. ภายในระยะเวลา 1.7 ปี ไม่จำเป็นต้องป้องกันการกัดกร่อนทั้งภายนอกและภายในเพราะท่อยังสามารถทนความดันภายในท่อได้

ข. ภายในระยะเวลา 8.8 ปี ทำการเคลือบผิวภายนอกโดยการเคลือบสีหรืออาจจะเคลือบผิวภายนอกด้วยอีพอกซีได้แต่การเคลือบผิวด้วยอีพอกซีมีราคาสูงกว่าการเคลือบสีมากดังนั้นการป้องกันการกัดกร่อนโดยการเคลือบสีจึงเป็นวิธีที่ดีที่สุดสำหรับการป้องกันภายนอกในช่วงเวลานี้ สำหรับการป้องกันการกัดกร่อนภายในควรเติมสารป้องกันการกัดกร่อนภายในท่อ Na_2HPO_4 ปริมาณ 20 ppm. ลงในสารทำงาน

ค. ที่เวลามากกว่า 8.8 ปี ควรทำการเคลือบผิวท่อภายนอกด้วยอีพอกซีเพราะสามารถทนการกัดกร่อนได้อย่างดีเยี่ยมจากสมการการกัดกร่อนของ ประดิษฐ์ เทอดทูล (2543) พบว่าสามารถทนการกัดกร่อนได้ถึง 75 ปี และการป้องกันการกัดกร่อนภายในควรเติมสารป้องกันการกัดกร่อนภายในท่อ Na_2HPO_4 ปริมาณ 20 ppm. ลงในสารทำงาน

5.3.2 ท่อทองแดงและท่อทองแดงครีบทองแดง

จากสมการการกัดกร่อนที่ได้จากการทดลองของท่อทองแดง (ถนัด เกษประดิษฐ์, 2543) และ (ปิยะนันท์ เจริญสุวรรณ, 2541) ได้ทำการเปรียบเทียบสมการเพื่อหาค่าการกัดกร่อนที่สูงสุดเพื่อใช้สำหรับการออกแบบพบว่าท่อทองแดงสามารถทนการกัดกร่อนในสภาวะการทำงานดังกล่าวได้เป็นอย่างดี ในระยะเวลา 20 ปี การกัดกร่อนของท่อมีขนาด 0.64 มิลลิเมตร ซึ่งยังเหลือความหนาของท่ออีก 1.21 มิลลิเมตร ซึ่งความหนาดังกล่าวยังสามารถทนความดันภายในท่อได้ ดังนั้นไม่จำเป็นต้องป้องกันการกัดกร่อนที่ผิวภายนอกท่อ สำหรับการป้องกันภายในควรเติมสารยับยั้งเพื่อป้องกันการกัดกร่อน Na_2HPO_4 ปริมาณ 20 ppm. ลงในสารทำงาน

5.3.3 ท่ออะลูมิเนียมและท่ออะลูมิเนียมครีบบอะลูมิเนียม

สำหรับการการกัดกร่อนของท่ออะลูมิเนียมที่ได้จากสมการทดลอง ถนัด เกษประดิษฐ์ (2543) พบว่า การกัดกร่อนของท่ออะลูมิเนียมที่ทำงานภายใต้สภาวะการทำงานดังกล่าวมีความสามารถทนต่อการกัดกร่อนได้เป็นอย่างดี สำหรับที่เวลา 20 ปี มีค่าการกัดกร่อน 0.8 มิลลิเมตรยังเหลือความหนาของท่อที่สามารถทนความดันภายในท่ออีก 0.64 มิลลิเมตร ดังนั้นไม่จำเป็นต้องเคลือบผิวภายนอกของท่อความร้อนชนิดนี้ สำหรับการป้องกันการกัดกร่อนภายในจากผลการทดลองของปิยะนันท์ เจริญสุวรรณ (2541) พบว่าไม่มีวิธีป้องกันการกัดกร่อนภายในที่เหมาะสมสำหรับท่อชนิดนี้

สรุปผลของวิธีป้องกันการกัดกร่อนที่ดีที่สุดคือ

ก. ท่อเหล็ก

- เวลาภายใน 1.7 ปี ไม่ต้องป้องกัน
- เวลาภายใน 8.8 ปี ต้องป้องกันภายนอกทั้งท่อธรรมดาและท่อครีบลโดยการเคลือบสีที่ความหนา 0.3 มม.และเติมสารยับยั้ง Na_2HPO_4 ลงในสารทำงานปริมาณ 20 ppm.

- เวลาทำงาน 8.8 ปีขึ้นไป ต้องป้องกันภายนอกทั้งท่อธรรมดาและท่อคريبโดยการเคลือบอีพอกซีที่มีความหนา 0.19 มม. สำหรับท่อธรรมดาและป้องกันการกัดกร่อนภายในท่อโดยการเติมสารยับยั้ง Na_2HPO_4 ลงในสารทำงานปริมาณ 20 ppm.

ข. ท่อทองแดง

- ระยะเวลา 20 ปีไม่ต้องป้องกันผิวภายนอกแต่ควรป้องกันการกัดกร่อนภายในโดยการเติมสารยับยั้ง Na_2HPO_4 ลงในสารทำงานปริมาณ 20 ppm.

ค. ท่ออะลูมิเนียม

- ภายในระยะการทำงาน 20 ปี ไม่ต้องป้องกันการกัดกร่อนภายนอก และสำหรับการป้องกันการกัดกร่อนภายในไม่มีวิธีป้องกันการกัดกร่อนที่เหมาะสม

5.4 ความผิดพลาดของโปรแกรม

เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรม ได้ทำการแยกโปรแกรมเป็นโปรแกรมย่อยและทำการตรวจสอบผลลัพธ์ของแต่ละสมการ โดยผลที่ได้จากโปรแกรมจะนำไปเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข เมื่อคำตอบที่ได้ตรงกันจึงนำโปรแกรมย่อยที่ได้รับการตรวจสอบผลลัพธ์แล้วไปรวมเป็นโปรแกรมเพื่อใช้งานและทำการตรวจสอบผลลัพธ์ของโปรแกรมอีกครั้งหนึ่งดังนั้นค่าที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์จึงไม่มีค่าความผิดพลาด

สรุป จากการตรวจสอบความผิดพลาดในโปรแกรมค่าที่ได้จากโปรแกรมมีค่าเท่ากับกับค่าที่ได้จากการคำนวณจากเครื่องคิดเลขดังนั้นผลที่ได้จากโปรแกรมจึงไม่มีความผิดพลาด