



รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การหาค่าความปลอดภัยของท่อทองแดง
ในระบบก๊าซทางการแพทย์ กรณีศึกษา สถานีกาชาดที่ 11
Simulate the Safety of Copper Tubing in Pipeline
System of Medical at the Red Cross Station 11.

โดย

นายณัฐวัตร บุญหนาพิรัชต์ 5703100029

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาสหกิจศึกษา

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษา 3 ปีการศึกษา 2559

หัวข้อโครงการ

การหาค่าความปลอดภัยของท่อทองแดง
ในระบบก๊าซทางการแพทย์ กรณีศึกษา สถานีกาชาดที่ 11
Simulate the Safety of Copper Tubing in Pipeline
System of Medical at the Red Cross Station 11.

รายชื่อผู้จัดทำ

นายณัฐวัตร บุญหนาพิรัชต์ 5703100029

ภาควิชา

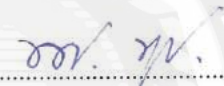
วิศวกรรมเครื่องกล

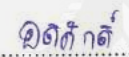
อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิ์ชัย

อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
ประจำภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2559

คณะกรรมการการสอบโครงการ

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิ์ชัย)

.....พนักงานที่ปรึกษา
(นาย อดิศักดิ์ การะเกตุ)

.....กรรมการกลาง
(อาจารย์รัชชนันท์ แดนเขต)

.....ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา
(ผศ.ดร.มารูจ ลิ้มประวัฒน์)

ชื่อโครงการ	: การหาค่าความปลอดภัยของท่อทองแดง ในระบบก๊าซทางการแพทย์ กรณีศึกษา สถานีกาชาดที่ 11
ชื่อนักศึกษา	: นาย ณัฐชาวัตร บุญธนาพิรัชต์
อาจารย์ที่ปรึกษา	: ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิ์ชัย
ระดับการศึกษา	: วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล
คณะ	: วิศวกรรมศาสตร์
ภาคการศึกษา/ ปีการศึกษา	: 3/2559

บทคัดย่อ

โรงพยาบาลมีความจำเป็นที่จะต้องมีการใช้ก๊าซทางการแพทย์ในพื้นที่ต่างๆ ในโรงพยาบาล อยู่ตลอดเวลาและต่อเนื่อง ดังนั้นเครื่องมือแพทย์หรืออุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องช่วยหายใจ ต้องสามารถใช้งานได้ตลอดเวลาและอย่างต่อเนื่อง ซึ่งความจำเป็นดังกล่าวนี้ระบบจ่ายก๊าซทางการแพทย์สามารถรองรับความจำเป็นดังกล่าวได้อย่างสมบูรณ์รวมถึงมีความปลอดภัยในขณะที่ใช้งาน

ในขณะที่ข้าพเจ้าได้ทำการฝึกสหกิจศึกษาอยู่นั้น ข้าพเจ้าได้รับมอบหมายให้ควบคุมการติดตั้งของระบบก๊าซทางการแพทย์รวมถึงระบบประกอบอาคารอื่นๆ ซึ่งทำให้ข้าพเจ้าได้เห็นปัญหาความปลอดภัยของระบบท่อก๊าซทางการแพทย์ โดยการจำลองด้วยโปรแกรมเขียนแบบสามมิติ เพื่อหาค่าความปลอดภัยในท่อทองแดง 3 แบบคือ แบบเค แบบแอลและแบบเอ็ม ทั้งหมด 3 ผลลัพธ์คือ เอ บี และซี ซึ่งมีทฤษฎีความปลอดภัยเข้ามาเกี่ยวข้อง จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมพบว่าท่อทองแดงยี่ห้อบี มีค่าความปลอดภัยมากที่สุดคือ 86.443 และราคาต้นทุนในการติดตั้ง แบบเอ็มนั้นมีราคาต่ำที่สุดโดยอยู่ที่ ราคา 44,480 บาท คิดเป็น 58% ของท่อทองแดงแบบแอล และ 37% ของท่อทองแดงแบบเค

ซึ่งหัวข้อเรื่องการฝึกสหกิจครั้งนี้ ช่วยทำให้ทราบถึงปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหาโดยการจำลองโดยใช้โปรแกรม ซึ่งเป็นไปตามหลักการทางวิศวกรรม โดยสามารถทำให้ทราบถึงค่าความปลอดภัยของท่อทองแดงแต่ละชนิด และลดต้นทุนในการติดตั้ง

คำสำคัญ : การจำลอง , ค่าความปลอดภัย , ระบบก๊าซทางการแพทย์

Project Title : Simulate the Safety of Copper Tubing in the Pipeline System
Of Medical at the Red Cross Station 11.
By : Nattawat Bunthanapeerat
Advisor : Dr. Chanchai Wiroonritichai
Degree : Bachelor of Engineering
Major : Mechanical Engineering
Faculty : Engineering
Semester / Academic Year : 3/2016

Abstract

Hospitals are required to have medical gas in the hospital area all the times, and functioning to treat patients. The medical device such as respirators, must available constantly and continuously. The necessity of such medical systems are always in use and most provide safe systems.

During the work of co-operative education, the author was assigned to control the installation of medical gas systems, as well as building more. There are many problems in medical gas pipeline safety and decided to use a simulation in 3D to determine the safety factors in three types of copper pipes; Type K, Type L and Type M and three products A, B and C. There is a theory on the factors of safety, and the simulation results of using the program showed; 1) Copper pipes, brand B made the factors of safety the most, 86.443; 2) Type M lowest cost of installation price at 44,480 Baht or 58 percent of the copper tubing; 3) Type L and 37 percent of the copper tubing of Type K.

The author saw the understanding of problems and used simulation solutions which was based on engineering principles and the properties of each type of pipe and reduce the cost of installation.

Keywords: Simulation, Factors of Safety, Medical Gas Systems

Approved by

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การที่ผู้จัดทำได้เข้ามาปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษา ณ บริษัท เอ็น.แอล. ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด (มหาชน) ตั้งแต่วันที่ 15 พฤษภาคม 2560 ถึงวันที่ 25 สิงหาคม 2560 ส่งผลให้ผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆ ที่มีค่ามากมายสำหรับ (โครงการ) หรือรายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่ายดังนี้

1. คุณธราดล สิงห์ประเสริฐ ตำแหน่ง ผู้จัดการโครงการ
2. คุณอดิศักดิ์ การะเกตุ ตำแหน่ง วิศวกรสนาม
3. ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

และบุคคลท่านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลและเป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจกับชีวิตของการทำงานจริง ซึ่งผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำ

นายณัฐวัฒน์ บุญธนาพิรัชต์

1 พฤศจิกายน 2560

สารบัญ

	หน้า
จดหมายนำส่งรายงาน	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์โครงการ	3
1.3 ขอบเขตของโครงการ	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ	4

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา	6
2.1.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับความปลอดภัย	6
2.1.2 ทฤษฎีไฟไนต์เอลิเมนต์เกี่ยวกับการไหล	6
2.1.3 แนวคิดและความหมายเกี่ยวกับระบบก๊าซทางการแพทย์	16
2.1.4 ประโยชน์ของระบบก๊าซทางการแพทย์	16
2.1.5 ชนิดของก๊าซที่ใช้ทางการแพทย์	17
2.1.6 มาตรฐานในการติดตั้งระบบก๊าซทางการแพทย์	20
2.1.7 ข้อกำหนดเกี่ยวกับการติดตั้ง	21
2.1.8 วัสดุท่อและข้อต่อ	23
2.1.9 ข้อกำหนดเกี่ยวกับการทดสอบ	23
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา	23
2.2.1 การประยุกต์ใช้โปรแกรมเพื่อหาค่าความปลอดภัยของเชือกพยางค์ช่วยชีวิต	23
2.2.2 การวิเคราะห์โครงสร้างชิ้นวางพักไฮโดรโปนิคส์ที่สร้างจากเหล็กกลม	24
2.2.3 การออกแบบกลไกประตูลื่นสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล	24

สารบัญ

หน้า

บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	26
3.2 ลักษณะของสถานที่ปฏิบัติงาน	27
3.3 รูปแบบการจัดองค์การและการบริหารงานขององค์กร	28
3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย	29
3.5 ชื่อและตำแหน่งงานของพนักงานที่ปรึกษา	29
3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน	29
3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	29
3.8 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้	35

บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ

4.1 ผลการจำลองโดยโปรแกรมที่ใช้ค่า 150 PSI	36
4.2 ผลการจำลองโดยโปรแกรมที่ใช้ค่า Safe Working Pressure	39
4.3 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม	48
4.4 แผนภูมิแสดงผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม	50
4.5 ต้นทุนในการติดตั้ง	51

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง	52
5.2 ข้อเสนอแนะ	52

บรรณานุกรม	53
------------	----

ภาคผนวก	54
---------	----

ประวัติผู้จัดทำ	57
-----------------	----

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ	4
ตารางที่ 2.1 ชนิดของแรงและวัสดุที่นำมาใช้งาน	6
ตารางที่ 2.2 ข้อกำหนดในการติดตั้ง	22
ตารางที่ 3.1 ราคาท่อทองแดง Type M	30
ตารางที่ 3.2 ราคาท่อทองแดง Type L	31
ตารางที่ 3.3 ราคาท่อทองแดง Type K	32
ตารางที่ 4.1 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม ที่ 150 PSI	48
ตารางที่ 4.2 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม ที่ Safe Working Pressure	49



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 ตัวอย่างระบบก๊าซทางการแพทย์	1
รูปที่ 1.2 ระบบก๊าซทางการแพทย์ (ภายนอก)	2
รูปที่ 1.3 ระบบก๊าซทางการแพทย์ (ภายใน)	3
รูปที่ 2.1 ถังก๊าซออกซิเจนที่ใช้ในการแพทย์	18
รูปที่ 2.2 ถังไนโตรเจนเหลว	20
รูปที่ 3.1 แผนที่ตั้ง บริษัท เอ็นแอล ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด (มหาชน)	26
รูปที่ 3.2 อาคารสถานีกาชาดที่ 11สำนักงานบรรเทาทุกข์ สภากาชาดไทย	27
รูปที่ 3.3 ตำแหน่งงานในโครงการ สถานีกาชาดที่ 11สำนักงานบรรเทาทุกข์ สภากาชาดไทย	28
รูปที่ 3.4 สถานที่ที่ได้ไปสำรวจและเก็บข้อมูล	29
รูปที่ 3.5 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของท่อทองแดง Type M	30
รูปที่ 3.6 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของท่อทองแดง Type L	31
รูปที่ 3.7 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของท่อทองแดง Type K	32
รูปที่ 3.8 ท่อทองแดง Type M	33
รูปที่ 3.9 ท่อทองแดง Type L	33
รูปที่ 3.10 ท่อทองแดง Type K	34
รูปที่ 3.11 ใส่ความดันที่ผนังท่อ	34
รูปที่ 4.1 ผลการทดสอบที่ 150 PSI ของท่อ Type M (ยี่ห้อB) 1/2"	36
รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบที่ 150 PSI ของท่อ Type M (ยี่ห้อB) 2"	36
รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบที่ 150 PSI ของท่อ Type L (ยี่ห้อB) 1/2"	37
รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบที่ 150 PSI ของท่อ Type L (ยี่ห้อB) 2"	37
รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบที่ 150 PSI ของท่อ Type K (ยี่ห้อB) 1/2"	38
รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบที่ 150 PSI ของท่อ Type K (ยี่ห้อB) 2"	38
รูปที่ 4.7 ผลการทดสอบที่ Safe Working Pressure ของท่อ Type M (ยี่ห้อA) 1/2"	39
รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบที่ Safe Working Pressure ของท่อ Type M (ยี่ห้อB) 1/2"	39
รูปที่ 4.9 ผลการทดสอบที่ Safe Working Pressure ของท่อ Type M (ยี่ห้อC) 1/2"	40
รูปที่ 4.10 ผลการทดสอบที่ Safe Working Pressure ของท่อ Type L (ยี่ห้อA) 1/2"	40
รูปที่ 4.11 ผลการทดสอบที่ Safe Working Pressure ของท่อ Type L (ยี่ห้อB) 1/2"	41
รูปที่ 4.12 ผลการทดสอบที่ Safe Working Pressure ของท่อ Type L (ยี่ห้อC) 1/2"	41

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 4.13 ผลการทดสอบที่ Safe Working Pressure ของท่อ Type K (ยี่ห้อA) 1/2"	42
รูปที่ 4.14 ผลการทดสอบที่ Safe Working Pressure ของท่อ Type K (ยี่ห้อB) 1/2"	42
รูปที่ 4.15 ผลการทดสอบที่ Safe Working Pressure ของท่อ Type K (ยี่ห้อC) 1/2"	43
รูปที่ 4.16 ผลการทดสอบที่ Safe Working Pressure ของท่อ Type M (ยี่ห้อA) 2"	43
รูปที่ 4.17 ผลการทดสอบที่ Safe Working Pressure ของท่อ Type M (ยี่ห้อB) 2"	44
รูปที่ 4.18 ผลการทดสอบที่ Safe Working Pressure ของท่อ Type M (ยี่ห้อC) 2"	44
รูปที่ 4.19 ผลการทดสอบที่ Safe Working Pressure ของท่อ Type L (ยี่ห้อA) 2"	45
รูปที่ 4.20 ผลการทดสอบที่ Safe Working Pressure ของท่อ Type L (ยี่ห้อB) 2"	45
รูปที่ 4.21 ผลการทดสอบที่ Safe Working Pressure ของท่อ Type L (ยี่ห้อC) 2"	46
รูปที่ 4.22 ผลการทดสอบที่ Safe Working Pressure ของท่อ Type K (ยี่ห้อA) 2"	46
รูปที่ 4.23 ผลการทดสอบที่ Safe Working Pressure ของท่อ Type K (ยี่ห้อB) 2"	47
รูปที่ 4.24 ผลการทดสอบที่ Safe Working Pressure ของท่อ Type K (ยี่ห้อC) 2"	47
รูปที่ 6.1 ขณะทำการตรวจเช็คการรั่วของโซนวาล์วก๊าซทางการแพทย์	55
รูปที่ 6.2 ขณะทำการตรวจเช็คการติดตั้งโซนวาล์วก๊าซทางการแพทย์	55
รูปที่ 6.3 การตรวจสอบจุด เอาท์เลท ระบบก๊าซทางการแพทย์	56
รูปที่ 6.4 การแต่งกายขณะออกปฏิบัติงานในพื้นที่ที่มีการก่อสร้าง	56

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรงพยาบาลมีความจำเป็นที่จะต้องมีการใช้ก๊าซทางการแพทย์ในพื้นที่ต่างๆ ในโรงพยาบาล อยู่ตลอดเวลา และต่อเนื่อง เพื่อการรักษาชีวิตผู้ป่วย ดังนั้นเครื่องมือแพทย์หรืออุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องช่วยหายใจ ต้องสามารถใช้งานได้ตลอดเวลาและอย่างต่อเนื่อง ซึ่งความจำเป็นดังกล่าวนี้ ระบบจ่ายก๊าซทางการแพทย์ หรือไปป์ไลน์สามารถรองรับความจำเป็นดังกล่าวได้อย่างสมบูรณ์ รวมถึงมีความปลอดภัยในขณะที่ใช้งาน โดยที่การใช้งานระบบก๊าซทางการแพทย์แบบเดิมคือการนำ ท่อบรรจุก๊าซ (Cylinder) นำไปตั้ง ณ จุดใช้งาน และต่ออุปกรณ์ตรงไปยังผู้ป่วย ดังได้กล่าวใน เบื้องต้นโรงพยาบาลมีความจำเป็นที่ต้องใช้งานก๊าซทางการแพทย์ตลอดเวลาและต่อเนื่อง การใช้ ท่อบรรจุก๊าซแบบนี้ อาจเกิดปัญหาก๊าซหมดขณะใช้งานได้และต้องทำการสำรองท่อบรรจุก๊าซให้ ในบริเวณใกล้เคียง ทำให้เกิดความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดอันตรายทั้งแก่ผู้ป่วยและผู้เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งสิ้น เปลืองค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นสำหรับป้องกันและการดูแลรักษาระบบดังกล่าว

ในปัจจุบัน โรงพยาบาลขนาดตั้งแต่ 100 เตียงขึ้นไป มีการติดตั้งระบบท่อจ่ายก๊าซทางการแพทย์ เพื่ออำนวยความสะดวก สำหรับบุคลากรในการให้การบำบัดรักษาผู้ป่วยโดยระบบก๊าซ การแพทย์ที่ได้มาตรฐานโดยเลขที่ มอก. 540-2555 เป็นมาตรฐานที่ใช้บังคับกับผู้ผลิตและนำเข้า



รูปที่ 1.1 ตัวอย่างระบบก๊าซทางการแพทย์

ในส่วนของท่อทองแดงที่ใช้ในระบบก๊าซทางการแพทย์จะทำมาจากทองแดง ส่วนข้อต่อที่ใช้เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างท่อทองแดง จะต้องใช้วิธีการบัดกรีแข็ง(Brazing)โดยให้ความร้อนที่ท่อทองแดงและเติมลวดเชื่อมโดยไม่ใช้น้ำยาประสาน ภายหลังจากการเชื่อมท่อทองแดงแต่ละจุด ต้องตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยสายตาโดยที่ต้องไม่มีสิ่งผิดปกติดังต่อไปนี้

- 1) ลวดเชื่อมไม่หลอมละลาย
- 2) แนวเชื่อมรอยเชื่อมไม่เต็ม
- 3) รอยต่อไม่สามารถรับแรงดันในการทดสอบได้
- 4) มีรอยแตกที่ท่อหรือส่วนประกอบ
- 5) มีรอยแตกที่แนวเชื่อม

สถานีกาชาดที่ 11 วิเศษนิยม ได้มีการใช้ระบบไปป์ไลน์ก๊าซในระบบก๊าซทางการแพทย์ดังรูปที่ 1.2 เนื่องจากการพัฒนาระบบโซนวาล์วจากของเดิมที่มีการเดินท่อลอยนอกผนังจึงทำให้อายุการใช้งานที่สั้นลง และมีราคาตัววัสดุที่แพงกว่า และอาจเกิดอุบัติเหตุจากการรั่วซึมของท่อก๊าซที่เกิดจากความชื้นทำให้เกิดสนิมกัดกร่อนผิว หรือเป็นตามดได้เช่น ออกซิเจนมีคุณสมบัติที่สามารถทำให้ไฟติดโดยเมื่อมีการรั่วออกมาในบรรยากาศ พร้อมกับมีวัตถุติดไฟเกิดขึ้น จะทำให้เกิดการลุกไหม้ได้และถ้ามีปริมาณมากๆจะทำให้เกิดเพลิงไหม้อย่างรุนแรงกว่าปกติ จึงได้มีการพัฒนาโดยการเดินแนวท่อก๊าซโดยการฝังในผนังพร้อมใส่สลิปพีวีซีเพื่อป้องกันผิวท่อกับความชื้นต่างๆ รวมถึงได้ประโยชน์โดยการเพิ่มพื้นที่การใช้สอย ลดราคาค่าต้นทุนในการติดตั้งและเพิ่มความสะดวกในพื้นที่ยากขึ้น การปรับปรุงครั้งนี้ทำให้ได้รับประโยชน์จากทั้งทางวิศวกรรม และสถาปัตยกรรม



รูปที่ 1.2 ระบบก๊าซทางการแพทย์ (ภายนอก)

โครงการนี้จึงศึกษาการจำลองระบบไปป์ไลน์ก๊าซทางการแพทย์ดังรูปที่ 1.3 เพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับระบบไปป์ไลน์วาล์วในระบบก๊าซทางการแพทย์ โดยลักษณะไปป์ไลน์วาล์วทางการแพทย์แบบนี้จะช่วยให้ทราบถึงคุณสมบัติของท่อแต่ละชนิดในการทนแรงดัน และเพิ่มพื้นที่ในการทำงาน การใช้สอย รวมถึงความสวยงาม และยังช่วยลดต้นทุนในการติดตั้งระบบไปป์ไลน์ก๊าซทางการแพทย์



รูปที่ 1.3 ระบบก๊าซทางการแพทย์ (ภายใน)

1.2 วัตถุประสงค์โครงการ

- 1.2.1 เพื่อหาค่าความปลอดภัยต่อท่อแดงทั้ง 3 ชนิด
- 1.2.2 เปรียบเทียบราคากระบบการเดินท่อแดงทั้ง 3 ชนิด

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 ไปป์ไลน์ก๊าซทางการแพทย์ทั้งระบบ
- 1.3.2 หาค่าความปลอดภัยของท่อแดงแต่ละผลิตภัณฑ์ คือ เอ บี และซี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 เพื่อทราบถึงค่าความปลอดภัยในการใช้งานของท่อแดงแต่ละชนิด
- 1.4.2 ทราบถึงราคาต้นทุน และ ราคาที่ประหยัด

1.5 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	พ.ค. 60	มิ.ย 60	ก.ค. 60	ส.ค. 60
ปรึกษาพนักงานพี่เลี้ยง	←→			
ตั้งหัวข้อของโครงการ	←→			
รวบรวมข้อมูล		←→		
พัฒนาโครงการ		←→		
ทดสอบระบบ			←→	
จัดทำเอกสาร				←→

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการดำเนินโครงการ ผู้จัดทำโครงการนี้จึงได้ศึกษาข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอตามหัวข้อย่อยเพื่อสะดวกในการพิจารณาดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

- 2.1.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับความปลอดภัย
- 2.1.2 ทฤษฎีไฟไนต์เอลิเมนต์เกี่ยวกับการไหล
- 2.1.3 แนวคิดและความหมายเกี่ยวกับระบบก๊าซทางการแพทย์
- 2.1.4 ประโยชน์ของระบบก๊าซทางการแพทย์
- 2.1.5 ชนิดของก๊าซที่ใช้ในทางการแพทย์
- 2.1.6 มาตรฐานอุปกรณ์และการติดตั้งระบบก๊าซทางการแพทย์
- 2.1.7 ข้อกำหนดเกี่ยวกับการติดตั้ง
- 2.1.8 วัสดุท่อและข้อต่อ
- 2.1.9 ข้อกำหนดเกี่ยวกับการทดสอบ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

- 2.2.1 การประยุกต์ใช้โปรแกรม เพื่อหาค่าความปลอดภัยของเชือกพวงช่วยชีวิต
- 2.2.2 การวิเคราะห์โครงสร้างชั้นวางผักไฮโดรโปนิคส์ที่สร้างจากเหล็กกลม
- 2.2.3 การออกแบบกลไกประตูลื่นสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

2.1.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับความปลอดภัย

ในการผลิตการออกแบบชิ้นงานเครื่องจักร เครื่องก่อสร้างหรือแม้แต่การขนถ่ายวัสดุ อุปกรณ์ต่างๆ ภายในโรงงานหรือที่หน้างานก่อสร้าง เมื่อจะดำเนินงานใดๆก็ตาม จะต้องมีความปลอดภัย สำหรับการออกแบบเพื่อป้องกันไม่ให้แรงหรือกำลังต่างๆมากระทำต่อเครื่องจักรหรือเครื่องมือต่างๆ มีมากเกินไปที่เครื่องจักรหรือเครื่องมือต่างๆจะรับได้ ค่าเผื่อดังกล่าวเรียกว่า ค่าความปลอดภัย หากเผื่อน้อยไปก็จะเกิดอันตราย แต่แม้เราจะพิจารณาปัจจัยต่างๆที่คาดว่าจะเกิดกับชิ้นงาน เครื่องจักรหรือเครื่องมือต่างๆที่เราได้ออกแบบไว้อย่างครบถ้วนแล้ว แต่เหตุการณ์ต่างๆที่เราไม่สามารถคาดเดาได้อย่างไรก็ดีการใช้ค่าความปลอดภัยมากไปก็ทำให้สิ้นเปลือง ยิ่งในยุคสมัยนี้แล้วการลดต้นทุนในการผลิตเป็นสิ่งจำเป็น หากใช้ค่าความปลอดภัยมาก ต้นทุนก็สูงมาก [4]

$$F.S. = \frac{P_{fail}}{P_{allow}} \text{ หรือ } F.S. = \frac{\sigma_{fail}}{\sigma_{allow}} \text{ หรือ } F.S. = \frac{\tau_{fail}}{\tau_{allow}} \quad (1)$$

$F.S.$ คือ ค่าความปลอดภัย

P_{fail} คือ แรงสูงสุดที่ทำให้เกิดความเสียหาย

P_{allow} คือ แรงที่อนุญาตให้ใช้งานได้

ตารางที่ 2.1 ชนิดของแรงและวัสดุที่นำมาใช้งาน [4]

ชนิดของแรง	เหล็กเหนียว	เหล็กหล่อ
แรงอยู่นิ่ง	3-4	5-6
แรงเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา	8	10
แรงกระแทกอย่างหนัก	10-15	15-20

2.1.2 ทฤษฎีไฟไนต์เอลิเมนต์

2.1.2.1 การไหลแบบไม่หนืดและไม่อัดตัว

2.1.2.1.1 สมการไฟไนต์เอลิเมนต์

โดเมนขอบเขตของการไหลทั่วไปโดยสภาวะการไหลภายในขอบเขตนั้นถูกครอบคลุมด้วยสมการในรูปแบบของลาปลาซ เงื่อนไขขอบเขตประกอบด้วยกำหนดฟังก์ชัน

การไหลหรือกำหนดเงื่อนไขขอบเขตผนัง การประดิษฐ์สมการไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับปัญหานี้สามารถทำได้โดยการประยุกต์ระเบียบวิธีถ่วงน้ำหนักเศษตกค้าง(Method of Weighted Residuals) ระเบียบวิธีการดังกล่าวเริ่มจากการคูณเศษตกค้างซึ่งก็คือสมการเชิงอนุพันธ์นั้นด้วยฟังก์ชันน้ำหนักแล้วทำการอินทิเกรตครอบคลุมพื้นที่ของเอลิเมนต์และบังคับผลลัพธ์ที่ได้นั้นให้มีค่าสมบูรณ์เท่ากับศูนย์ นั่นคือ [6]

$$\int_A \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} \right) dA = 0 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

โดย m แทนจำนวนจุดต่อของเอลิเมนต์ชนิดที่ใช้นั้น โดยทั่วไปเราจะสมมติการกระจายของฟังก์ชันการไหลบนเอลิเมนต์ในรูปแบบดังนี้

$$\varphi(x, y) = [N(x, y)] \{\varphi\} \quad (3)$$

โดย $[N]$ คือเมทริกซ์ฟังก์ชันการประมาณภายในเอลิเมนต์ หากเราใช้หลักการบีบโนฟกาเลอว์กิน (Bubnov-Galerkin) กล่าวคือ ใช้ฟังก์ชันน้ำหนัก w ที่เหมือนกันกับฟังก์ชันการประมาณภายใน N และทำการอินทิเกรตทีละส่วน โดยใช้หลักทฤษฎีของเกาส์(Gauss's Theorem) เราจะได้สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ในรูปแบบดังนี้ [6]

$$[K] \{\varphi\} = \{F\} \quad (4)$$

โดย
$$[K] = \int_A \left(\left\{ \frac{\partial N}{\partial x} \right\} \left[\frac{\partial N}{\partial x} \right] + \left\{ \frac{\partial N}{\partial y} \right\} \left[\frac{\partial N}{\partial y} \right] \right) dA \quad (5)$$

$$\{F\} = \int_A (-vl + um) \{N\} dS \quad (6)$$

ซึ่ง l และ m เป็นทิศทางของโคไซน์ (Direction Cosines) ของเวกเตอร์ที่ตั้งฉากกับผนัง ซึ่งมีลักษณะการกระจายของฟังก์ชันการไหล φ ในลักษณะแผ่นเรียบบนเอลิเมนต์ดังนี้

$$\varphi(x, y) = [N_1 N_2 N_3] \left\{ \frac{\varphi_1}{\varphi_3} \right\} \quad (7)$$

โดย $N_i, i = 1, 2, 3$ แทนฟังก์ชันการประมาณภายในเอลิเมนต์

$$N_i(x, y) = \frac{1}{2A} (a_i + b_i x + c_i y) \quad (8)$$

ในที่นี้ A แทนพื้นที่ของสามเหลี่ยมและ $a_i, b_i, c_i, i = 1, 2, 3$ เป็นค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับพิกัดของจุดต่อดังแสดงโดยละเอียด ดังนั้นจากสมการความเร็ว u และ v ของการไหลบนเอลิเมนต์นี้คือ

$$u = \frac{\partial \varphi}{\partial y} - \left[\frac{\partial N}{\partial y} \right] \{\varphi\} \quad (9ก)$$

$$v = -\frac{\partial \varphi}{\partial x} - \left[\frac{\partial N}{\partial x} \right] \{\varphi\} \quad (9ข)$$

ซึ่งเขียนในรูปของเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & c_3 \\ -b_1 & -b_2 & -b_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \varphi_3 \end{Bmatrix} \quad (10)$$

สมการนี้บอกเป็นนัยว่าความเร็ว u และ v ต่างมีค่าคงที่บนเอลิเมนต์สามเหลี่ยมซึ่งประกอบด้วย 3 จุด [6]

เอลิเมนต์เมทริกซ์ของการไหล $[K]$ ดังแสดง ซึ่งสอดคล้องกับสามเหลี่ยมนี้สามารถคำนวณได้โดยตรง ก่อให้เกิดผลลัพธ์คือ

$$[K] = \frac{1}{4A} \begin{bmatrix} b_1^2 + c_1^2 & b_1b_2 + c_1c_2 & b_1b_3 + c_1c_3 \\ \text{symmetric} & b_2^2 + c_2^2 & b_2b_3 + c_2c_3 \\ & & b_3^2 + c_3^2 \end{bmatrix} \quad (11)$$

ส่วนโหนดเวกเตอร์ดังแสดง ก็สามารถประดิษฐ์ขึ้นได้เช่นกัน หากเราพิจารณาเอลิเมนต์สามเหลี่ยมซึ่งมีขอบประกอบด้วยจุดต่อ 2-3 เป็นของโดเมนของการไหลเนื่องจากเราทราบลักษณะการกระจายของฟังก์ชันการไหล φ สำหรับเอลิเมนต์สามเหลี่ยม ว่าอยู่ในเชิงเส้นตรงตลอดขอบที่ประกอบด้วยจุดต่อ 2-3 ซึ่งมีความยาว L ดังนั้นโหนดเวกเตอร์ ที่สอดคล้องกับขอบนี้คือ [6]

$$\begin{aligned} \int_0^L (-vl + um) \left\{ \frac{1-\frac{s}{L}}{\frac{s}{L}} \right\} dS &= (-vl + um) \left\{ \frac{1-\frac{s}{L}}{\frac{s}{L}} \right\} dS \\ &= (-vl + um) \frac{L}{2} \left\{ \frac{1}{1} \right\} \end{aligned} \quad (12)$$

นั่นคือ โหนดเวกเตอร์สำหรับเอลิเมนต์สามเหลี่ยมที่มีขอบประกอบด้วยจุดต่อ 2-3 ซึ่งมีความยาว L และอยู่ติดขอบโดเมนของการไหลนี้คือ

$$\{F\} = \begin{Bmatrix} 0 \\ (-vl + um)L/2 \\ (-vl + um)L/2 \end{Bmatrix} \quad (13)$$

อนึ่ง หากลักษณะของการไหลนี้มีทิศทางของความเร็ว $\vec{v}$ ตั้งฉากกับขอบนี้ นั่นคืออยู่ในทิศทางแนว $\hat{n}$ เราสามารถพิสูจน์ได้ว่าโหนดเวกเตอร์นี้จะมีค่าเท่ากับศูนย์ [6]

2.1.2.2 การไหลแบบไม่หนืดแต่อัดตัวได้

2.1.2.2.1 สมการไฟไนต์เอลิเมนต์

แนวคิดและข้อบังคับเหล่านี้ก่อให้เกิดกระบวนการคำนวณที่เรียกว่าระเบียบวิธีเทอร์-กาเลอร์คิน (Taylor- Galerkin Algorithm) ซึ่งเริ่มประดิษฐ์ขึ้น และต่อมาได้นำมาดัดแปลงใช้กับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ หลักการพื้นฐานของขั้นตอนระเบียบวิธีนี้คือการใช้อนุกรมเทอร์เลอร์ในการสร้างความสัมพันธ์เวียนบังเกิด ที่เกี่ยวข้องกับเวลา (Time) และในขณะเดียวกันก็ใช้ระเบียบวิธีถ่วงน้ำหนักเศษตกค้าง แบบการเคลื่อน ดังที่ได้อธิบายเพื่อสร้างสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งระยะทาง (Space) [6]

เพื่อให้ง่ายแก่การทำความเข้าใจและเพื่อให้สามารถเขียนสมการต่างๆ ทั้งหมดในที่นี้ให้สั้นลง เราจะมาพิจารณาสมการย่อยแบบอย่าง (Typical Equation) สมการใดสมการหนึ่งในระบบสมการ แล้วทำการสร้างสมการไฟไนต์เอลิเมนต์จากสมการอย่างนี้ ผลที่ได้ในตอนท้ายสุดสามารถนำไปดัดแปลงใช้กับสมการย่อยอื่นๆ ได้ ในที่นี้สมการแบบอย่างของสมการเชิงอนุพันธ์ คือ

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial E}{\partial x} + \frac{\partial F}{\partial y} = 0 \quad (14)$$

โดย u แทนตัวแปร, E และ F แทนปริมาณฟลักซ์ในทิศแกน x และ y ตามลำดับ ดังตัวอย่างเช่นในสมการของการอนุรักษ์มวล ตัวแปร U ในสมการ(8.48) นั้นแทนตัวแปร ρ หรือในสมการของการอนุรักษ์โมเมนตัมในทิศแกน x ตัวแปร U แทนตัวแปร ρu เป็นต้น [6]

การคำนวณในช่วงเวลา (Time step) Δt จากเวลา t_n ไปยังเวลา t_{n+1} ยังแบ่งย่อยและเป็นสองขั้นตอน คือการคำนวณหาค่าของผลลัพธ์ที่เวลา $t_{n+1/2}$ และที่เวลา t_{n+1} ดังนี้

การคำนวณเวลาที่ $t_{n+1/2}$

การคำนวณหาค่าของผลลัพธ์ต่างๆ ที่เวลา $t_{n+1/2}$ ทำโดยใช้อนุกรมเทอร์เลอร์ด้วยการละพจน์ที่มีอันดับสูงทิ้งไปดังนี้ [6]

$$U(x, y, t_{n+1/2}) = U(x, y, t_n) + \frac{1}{2} \Delta t \frac{\partial u}{\partial t}(x, y, t_n) \quad (15)$$

จากนั้นแทนอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่ขึ้นกับเวลา ลงไปจะได้

$$U(x, y, t_{n+1/2}) = U(x, y, t_n) - \frac{1}{2} \Delta t \left(\frac{\partial E}{\partial x}(x, y, t_n) + \frac{\partial F}{\partial y}(x, y, t_n) \right) \quad (16)$$

ที่เวลา t_n การกระจายของตัวแปร U และฟลักซ์ E และ F บนเอลิเมนต์ใดๆ สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของฟังก์ชันการประมาณภายในเอลิเมนต์และค่าที่จุดต่อได้ในรูปแบบดังนี้

$$U(x, y, t_n) = [N(x, y)]\{U\}^n \quad (17)$$

$$E(x, y, t_n) = [N(x, y)]\{E\}^n \quad (18)$$

$$F(x, y, t_n) = [N(x, y)]\{F\}^n \quad (19)$$

โดยดัชนี n บนเวกเตอร์ของค่าที่จุดต่อ นี้ระบุถึงค่าซึ่งทราบค่าแล้วที่เวลา t_n ในการคำนวณผลลัพธ์ที่เวลา $t_{n+1/2}$ นี้เราจะคำนวณค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ของทั้งเอลิเมนต์ซึ่งสามารถทำได้ด้วยการประยุกต์ระเบียบวิธีถ่วงน้ำหนักเศษตกค้างโดยใช้ฟังก์ชันน้ำหนักที่มีค่าเท่ากับหนึ่ง โดยประยุกต์ระเบียบวิธีนี้ กล่าวคือทำการอินทิเกรตบนเอลิเมนต์พื้นที่ A แล้วบังคับผลที่ได้ให้เท่ากับศูนย์ ลงไปจะได้ผลลัพธ์เฉลี่ยของตัวแปร $U_D^{n+1/2}$ ดังนี้ [6]

$$AU_D^{n+1/2} = \int_A [N] dA \{U\}^n - \frac{\Delta t}{2} \int_A \left[\frac{\partial N}{\partial x} \right] dA \{E\}^n - \frac{\Delta t}{2} \int_A \left[\frac{\partial N}{\partial y} \right] dA \{F\}^n \quad (20)$$

สมการนี้สามารถประดิษฐ์ขึ้นมาในรูปแบบที่ง่าย ๆ ได้ไม่ว่าเอลิเมนต์ที่ใช้เป็นเอลิเมนต์สามเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่าและสามารถนำไปใช้ในการประดิษฐ์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้โดยตรงโดยไม่จำเป็นต้องใช้ระเบียบวิธีอินทิเกรตแบบเชิงเลข (Numerical Integration) [6]

สำหรับเอลิเมนต์ที่มีด้านอยู่ติดกับขอบของการไหลออกดังแสดงปริมาณฟลักซ์ E และ F ซึ่งไหลผ่านขอบด้านนี้ที่เวลา $t_{n+1/2}$ จำเป็นต้องหาเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณผลลัพธ์ต่างๆ ที่เวลา t_{n+1} เช่นกัน ปริมาณฟลักซ์เหล่านี้ตลอดด้านหนึ่งของเอลิเมนต์ที่ยาว L ซึ่งมีการไหลออกสามารถคำนวณได้จากตัวแปรที่ขอบนั้นซึ่งหาได้ในทำนองเดียวกันดังนี้คือ [6]

$$LU_x^{n+1/2} = \int_L [N] dS \{U\}^n - \frac{\Delta t}{2} \int_L \left[\frac{\partial N}{\partial x} \right] dS \{E\}^n - \frac{\Delta t}{2} \int_L \left[\frac{\partial N}{\partial y} \right] dS \{F\}^n \quad (21)$$

การคำนวณที่เวลา t_{n+1}

สำหรับการคำนวณหาค่าต่างๆที่เวลา t_{n+1} การใช้อนุกรมเทย์เลอร์แบบผลต่างสืบเนื่องข้างหน้าและย้อนหลังที่เวลา t_{n+1} ก่อให้เกิดสมการดังนี้

$$U(x, y, t_{n+1}) = U(x, y, t_{n+1}) + \Delta t \frac{\partial U}{\partial t} (x, y, t_{n+1/2}) \quad (22)$$

หากเราแทนอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่ขึ้นกับเวลา ลงไปในสมการนี้จะได้

$$U(x, y, t_{n+1}) = U(x, y, t_{n+1}) - \Delta t \left(\frac{\partial E}{\partial x} (x, y, t_{n+1/2}) + \frac{\partial F}{\partial y} (x, y, t_{n+1/2}) \right) \quad (23)$$

ลักษณะการกระจายของตัวแปรบนเอลิเมนต์ทั้งที่เวลา t_n และ t_{n+1} อยู่ในรูปแบบ หากเราประยุกต์วิธีถ่วงน้ำหนักเศษตกค้าง และใช้ฟังก์ชันน้ำหนักเช่นเดียวกันกับฟังก์ชันการประมาณภายใน เราจะได้ [6]

$$[M]\{U\}^{n+1} = [M]\{U\} + \Delta t \int_A \left\{ \frac{\partial N}{\partial x} \right\} dA E^{n+1/2} + \Delta t \int_A \left\{ \frac{\partial N}{\partial x} \right\} dA F^{n+1/2} + \{R\}^{n+1/2} \quad (24)$$

โดยรวมเมทริกซ์มวล

$$[M] = \int_A \{N\}[N]dA \quad (25)$$

และเวกเตอร์ซึ่งแทนปริมาณฟลักซ์ที่ไหลออกผ่านขอบ S_3 ดังแสดง คือ

$$\{R\}^{n+1/2} = -\Delta t \int_L \left(l E_s^{n+1/2} + m F_s^{n+1/2} \right) \{N\} dS \quad (26)$$

โดย l และ m แทนทิศทางโคไซน์ของเวกเตอร์หน่วยที่ตั้งฉากกับขอบ S_3 ของการไหลออกนั้น

หากเราพิจารณาสมการไฟไนต์เอลิเมนต์เราจะพบว่าสมการย่อยต่างๆของสมการไฟไนต์เอลิเมนต์นี้เกี่ยวข้องและสัมพันธ์กัน(Coupled Equations) เนื่องจากเมทริกซ์มวล $[M]$ เป็นเมทริกซ์มวลแบบแบบนัย (Constant Mass Matrix) กล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ในเมทริกซ์นี้มีค่าไม่เท่ากับศูนย์ ดังนั้นเมื่อทำการประกอบเอลิเมนต์เมทริกซ์ต่างๆเข้าด้วยกันแล้ว จะก่อให้เกิดสมการระบบรวมที่มีสมการย่อยที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน ซึ่งใช้เวลานานในการคำนวณโดยเฉพาะปัญหาที่มีจำนวนเอลิเมนต์มาก [6]

เช่นเดียวกันกับวิธีการที่ใช้วิเคราะห์ปัญหาการสั่นของโครงสร้าง หรือปัญหาการถ่ายเทความร้อนภายใต้สถานะชั่วครู่ เมทริกซ์มวล $[M]$ นี้อาจนำมาดัดแปลงให้อยู่ในรูปแบบรวมตัวที่จุดต่อ (Lumped Mass Matrix) กล่าวคือค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ บนแนวเส้นทแยงมุมของเมทริกซ์นี้ คือ

$$M_{ii} = \int_A N_i dA \quad (27)$$

โดยสัมประสิทธิ์ตามตำแหน่งอื่นๆ ในเมทริกซ์ซึ่งล้วนมีค่าเท่ากับศูนย์ การใช้เมทริกซ์มวลในลักษณะเช่นนี้ก่อให้เกิดระบบสมการรวม ซึ่งประกอบด้วยสมการย่อยที่ไม่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน (Uncoupled Equations) เป็นผลให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณนั้นลดลงมากและการประดิษฐ์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ก็สามารถทำได้ง่ายขึ้นด้วย [6]

สำหรับปัญหาทั่วไปที่ลักษณะของการไหลนั้นประกอบด้วยคลื่นช็อก(Shock Wave) ลักษณะการกระจายของผลลัพท์ไม่ว่าจะเป็นความหนาแน่น ρ , ความเร็ว u และ v , หรือพลังงานรวม $\mathcal{E}$ อาจมีการสั่น(Oscillation) แบบลักษณะฟันปลาในบริเวณที่เกิดคลื่นช็อกนั้น ทั้งนี้เนื่องจากค่าของผลลัพท์นั้นเปลี่ยนแปลงโดยฉับพลัน เพื่อลดลักษณะของการสั่นแบบฟันปลาของผลลัพท์

$$\bar{E} = A \left| \frac{\partial u}{\partial x} \right| \frac{\partial U}{\partial x} \quad (28ก)$$

$$\bar{F} = A \left| \frac{\partial u}{\partial x} \right| \frac{\partial u}{\partial x} \quad (28ข)$$

โดยค่า $\mathcal{A}$ เป็นค่าคงตัวที่มีค่าระหว่าง 1 ถึง 2 ซึ่งเรียกกันว่า เป็นค่าคงตัวของแลปีดัส (Lapidus Constant) และ U แทนตัวแปรใดๆ ในตอนท้ายของการคำนวณในแต่ละช่วงเวลาค่า $\{U\}^{n+1}$ ที่ได้ จะถูกแก้ไขโดยการเพิ่ม $\{\Delta U\}$ ที่คำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้ [6]

$$[M]_{lumped} \{\Delta U\} = -\Delta t \int_A \left(\bar{E}^{n+1} \left\{ \frac{\partial N}{\partial x} \right\} + \bar{F}^{n+1} \left\{ \frac{\partial N}{\partial y} \right\} \right) dA \quad (29)$$

โดย $\bar{E}^{n+1}$ และ $\bar{F}^{n+1}$ แทนความหนาแน่นเทียมแสดง ที่เวลา t_{n+1} การอินทิเกรตเวกเตอร์ทางด้านขวา สามารถทำได้โดยง่ายสำหรับเอลิเมนต์รูปสามเหลี่ยม แต่หากใช้เอลิเมนต์รูปสามเหลี่ยมด้านไม่เท่าการอินทิเกรตต้องทำ ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข เช่น การใช้ระเบียบวิธีของเกาส์ เป็นต้น

2.1.2.3. การไหลแบบหนืดแต่ไม่อัดตัว

2.1.2.3.1 สมการไฟไนต์เอลิเมนต์

การประดิษฐ์สมการไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถทำได้โดยประยุกต์ระเบียบวิธีถ่วงน้ำหนักเศษตกค้าง (Method of Weight Residuals) แสดงให้เห็นว่าเพื่อที่จะให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความเที่ยงตรงสูงสำหรับกรไหลกรณีเช่นนี้ การสมมติลักษณะการกระจายของผลเฉลยโดยประมาณสำหรับความเร็วจำ เป็นต้องมีอันดับที่สูงกว่าฟังก์ชันการประมาณภายในที่ใช้กับการกระจายของความดัน [6]

$$u(x, y) = [N] \{u\} \quad (30ก)$$

$$v(x, y) = [N] \{v\} \quad (30ข)$$

โดย $[N]$ แทนเมทริกซ์ฟังก์ชันการประมาณภายในเอลิเมนต์ซึ่งมีขนาด (1×6) โดยมีรายละเอียดดังแสดงในสมการ ในขณะที่ลักษณะการกระจายของความดันนั้นสมมติให้อยู่ในรูปแบบดังนี้

$$P(x, y) = [N_p] \{P\} \quad (31)$$

โดย $[N_p]$ แทนเมทริกซ์ฟังก์ชันการประมาณภายในเอลิเมนต์ซึ่งมีขนาด (1×3)

เหมือนกับฟังก์ชันประมาณภายใน กระบวนการดังกล่าวก่อให้เกิดสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ในรูปแบบอินทิเกรตจากสมการเชิงอนุพันธ์ของการอนุรักษ์โมเมนตัมและการอนุรักษ์มวลตามลำดับต่อไปนี้ [6]

$$\int_A \left(\frac{\partial}{\partial x} (\sigma_x - P) + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} \right) \{N\} dA = 0 \quad (32ก)$$

$$\int_A \left(\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} (\sigma_y - P) \right) \{N\} dA = 0 \quad (32ข)$$

$$\int_A \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) \{N_p\} dA = 0 \quad (32ค)$$

อนึ่งการเลือกใช้เมทริกซ์ $\{N_p\}$ จะก่อให้เกิดเมทริกซ์จัตุรัสทางด้านซ้ายของเศษสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ซึ่งประดิษฐ์ขึ้นมาในเมทริกซ์ที่มีความสมมาตร อันจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการประดิษฐ์โปรแกรมและช่วยลดเวลาในการคำนวณลง

ขั้นตอนในการประดิษฐ์สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ สามารถทำได้ในทำนองเดียวกัน กล่าวคือ การใช้ทฤษฎีบทของเกาส์ดังแสดงในสมการ เพื่อการอินทิเกรตทีละส่วนก่อให้เกิดพจน์อินทิเกรตที่เกี่ยวข้องกับขอบเขต จากนั้นจึงประยุกต์เงื่อนไขขอบเขต รายละเอียดขั้นตอนการประดิษฐ์สมการไฟไนต์เอลิเมนต์นี้ได้นำเสนอผลสุดท้ายของสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ได้ นี้ระบุถึงขนาดของเมทริกซ์หากใช้เอลิเมนต์แบบสามเหลี่ยม เมทริกซ์ย่อยต่างๆเหล่านี้ สามารถประดิษฐ์ขึ้นได้โดยเฉพาะสำหรับเอลิเมนต์แบบสามเหลี่ยม ผลที่ได้สามารถนำไปประดิษฐ์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้โดยตรงเพื่อใช้คำนวณหาสถานะการไหลสำหรับปัญหาแบบคลิกคลานนี้ [6]

2.1.2.4. สมการการไหลแบบหนืดและอัดตัวได้

2.1.2.4.1 สมการไฟไนต์เอลิเมนต์

ลำดับขั้นตอนในการสร้างสมการไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับปัญหาการไหลแบบหนืดตัวและการอัดตัวได้จากสมการเชิงอนุพันธ์ นั้นสามารถทำได้ในทำนองเดียวกัน วิธีการสร้างสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ดังกล่าวเรียกว่าวิธี เทย์เลอร์ กาลอร์คิน ซึ่งใช้อนุกรมเทย์เลอร์เพื่อสร้างความสัมพันธ์เวียนบังเกิดที่เกี่ยวข้องกับเวลา และการใช้วิธีถ่วงน้ำหนักเศษตกค้างแบบกาลอร์คินเพื่อสร้างสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ที่เกี่ยวข้องกับระยะทาง [6]

การประดิษฐ์สมการไฟไนต์เอลิเมนต์เริ่มจากการพิจารณาสมการเชิงอนุพันธ์สมการใดสมการหนึ่งในระบบสมการเชิงอนุพันธ์ ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบดังนี้

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \{E_I - E_V\} + \frac{\partial}{\partial y} \{F_I - F_V\} = 0 \quad (33)$$

การคำนวณผลลัพท์ที่เวลา t_{n+1} โดยใช้ช่วงเวลา (Time Step) Δt จากผลลัพท์ซึ่งทราบค่าที่เวลา t_n นั้นแบ่งออกเป็นสองขั้นตอน คือ การคำนวณที่เวลา $t_{n+1/2}$ และที่ t_{n+1} ดังนี้

การคำนวณที่เวลา $t_{n+1/2}$

การคำนวณ $t_{n+1/2}$ เป็นการคำนวณหาผลลัพธ์เฉลี่ยของเอลิเมนต์นั้นสมมุติฐานสำคัญในการสร้างสมการที่เวลา $t_{n+1/2}$ นั้นคือ การใช้อ่อนกรรมเทอร์เพื่อสร้างสมการผลต่างสืบเนื่องแบบข้างหน้าและการใช้ฟังก์ชันน้ำหนักที่มีค่าเท่ากับหนึ่ง การใช้สมมุติฐานดังกล่าวทำให้เกิดผลลัพธ์เฉลี่ยของเอลิเมนต์ในรูปแบบที่คล้ายกับสมการดังนี้ [6]

$$AU_D^{n+1/2} = \int_A [N] dA \{U\}^n - \frac{\Delta t}{2} \int_A \left[\frac{\partial N}{\partial x} \right] dA \{E_I - E_V\}^n - \frac{\Delta t}{2} \int_A \left[\frac{\partial N}{\partial y} \right] dA \{F_I - F_V\}^n \quad (34)$$

สำหรับเอลิเมนต์ที่มีด้านติดอยู่กับขอบของการไหลออกดังเช่นแสดง ปริมาณเฟลักซ์ต่างๆ ซึ่งไหลออกผ่านด้านนี้ที่เวลา $t_{n+1/2}$ ซึ่งจำเป็นต้องหาเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาผลลัพธ์ต่างที่เวลา t_{n+1} ปริมาณฟลักซ์เหล่านี้ตลอดด้านที่ยาว L ซึ่งอยู่บนขอบของการไหลออกสามารถคำนวณได้จากตัวแปรที่ขอบนั้น ซึ่งหาได้ในทำนองเดียวกันคือ [6]

$$LU_S^{n+1/2} = \int_L [N] dS \{U\}^n - \frac{\Delta t}{2} \int_L \left[\frac{\partial N}{\partial x} \right] dS \{E_I - E_V\}^n - \frac{\Delta t}{2} \int_L \left[\frac{\partial N}{\partial y} \right] dS \{F_I - F_V\}^n \quad (35)$$

การคำนวณที่เวลา t_{n+1}

การคำนวณที่เวลา t_{n+1} เป็นการคำนวณหาผลลัพธ์ที่จุดต่อ สมมุติฐานที่สำคัญในการสร้างสมการที่เวลา t_{n+1} คือ การใช้ผลต่างๆสืบเนื่องแบบข้างหน้าและย้อนหลังดังแสดงในสมการและการสร้างวิธีถ่วงน้ำหนักเศษตกค้างที่ใช้ฟังก์ชันน้ำหนักที่เหมือนกับฟังก์ชันการประมวลภายในวิธีการดังกล่าวก่อให้เกิดสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ดังนี้ [6]

$$[M]\{U\}^{n+1} = [M]\{U\}^n + \{R_1\}^{n+1/2} + \{R_2\}^{n+1/2} + \{R_3\}^n + \{R_4\}^n \quad (36)$$

โดยเมทริกซ์มวล $[M]$ นั้นมีลักษณะเช่นเดียวกับดังที่แสดงในสมการ และ

$$\{R_1\}^{n+1/2} = \Delta t \int_A \left\{ \frac{\partial N}{\partial y} \right\} dA E_I^{n+1/2} + \Delta t \int_A \left\{ \frac{\partial N}{\partial x} \right\} dA F_I^{n+1/2} \quad (37ก)$$

$$\{R_2\}^{n+1/2} = -\Delta t \int_L [N] dS \left(l(E_I)_S^{n+1/2} + m(F_I)_S^{n+1/2} \right) \quad (37ข)$$

$$\{R_3\}^n = -\Delta t \int_A \left\{ \frac{\partial N}{\partial x} \right\} [N] dA \{E_v\}^n - \Delta t \int_A \left\{ \frac{\partial N}{\partial y} \right\} [N] dA \{F_v\}^n \quad (37ก)$$

$$\{R_4\}^n = \Delta t \int_L \{N\} [N] dS (l(E_v)_S^n) + m(F_v)_S^n \quad (37ง)$$

โดย l และ m แทนทิศทางโคไซน์ของเวกเตอร์หน่วยที่ตั้งฉากกับขอบของการไหลออกนั้น

สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ ประกอบด้วยเอลิเมนต์เมทริกซ์ต่างๆ ที่สามารถประดิษฐ์ขึ้น แล้วนำไปใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง โดยไม่จำเป็นต้องทำการอินทิเกรตแบบระเบียบวิธีเชิงตัวเลขไม่ว่าจะเอลิเมนต์นั้นจะมีรูปร่างทรงแบบสามเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า ดังนั้นจึงช่วยลดเวลาในการทำการคำนวณ โดยเฉพาะปัญหาในทางปฏิบัติซึ่งประกอบด้วยเอลิเมนต์เป็นจำนวนมาก [6]

ขั้นตอนในการคำนวณเริ่มจากใช้เงื่อนไขเริ่มต้นของปัญหานั้นๆ และขณะคำนวณหาผลลัพธ์ที่เวลาต่างๆ เงื่อนไขขอบเขตปัญหาจำเป็นต้องกำหนดให้อยู่ตลอด หากเราใช้เมทริกซ์มวล $[M]$ แบบรวมตัวที่จุดต่อ สมการระบบรวมจะประกอบด้วยสมการย่อยที่ไม่สัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการคำนวณลง อนึ่งรูปแบบของสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ ยังคงใช้ในการหาผลลัพธ์ถึงแม้ปัญหาจะเป็นปัญหาภายใต้สถานะอยู่ตัว (Steady-State Problems) เวลาที่ใช้ในการทำการคำนวณทั้งหมดสามารถลดลงได้โดยใช้ช่วงเวลา (Time Step) Δt ที่ต่างกันในแต่ละเอลิเมนต์ ดังนี้

$$(\Delta t)_e = \sigma \frac{\Delta t_{CFL}}{1+2/Re_\Delta} \quad (38ก)$$

$$\text{โดย} \quad \Delta t_{CFL} = \left(\frac{|\bar{u}|}{\Delta \bar{x}} + \frac{|\bar{v}|}{\Delta \bar{y}} + a \sqrt{\frac{1}{(\Delta \bar{x})^2} + \frac{1}{(\Delta \bar{y})^2}} \right)^{-1} \quad (38ข)$$

$$Re_\Delta = \frac{\rho \sqrt{(\bar{u})^2 + (\bar{v})^2} \text{Min}(\Delta \bar{x}, \Delta \bar{y})}{\mu} \quad (38ค)$$

ในที่นี้ $\bar{u}$ และ $\bar{v}$ แทนความเร็วเฉลี่ยของเอลิเมนต์นั้น $\Delta \bar{x}$ และ $\Delta \bar{y}$ แทนความยาวเฉลี่ยของเอลิเมนต์นั้นในทิศทาง x และ y ตามลำดับ a แทนความเร็วเสียง และ σ แทนตัวประกอบความปลอดภัย (Safety Factor) ซึ่งปกติจะใช้ค่าในระหว่างศูนย์ถึงหนึ่ง [6]

เนื่องจากลักษณะการไหลของปัญหาแบบหนืดและอัดตัวได้นี้อาจประกอบด้วยคลื่นช็อกซึ่งอาจก่อให้เกิดผลลัพธ์การกระจายของตัวแปรที่มีลักษณะสันแบบฟันปลา การเพิ่มความหนืดเทียม (Artificial Viscosity) จึงเป็นสิ่งจำเป็น อนึ่งลักษณะของการไหลแบบหนืดที่มีความเร็วสูง เช่นนี้จะเกิดการเสียดสีซึ่งก่อให้เกิดปริมาณความร้อนสูง ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นบนผิวโครงสร้างที่เกิดจากการเสียดสีจากการไหลผ่านของของไหลสามารถคำนวณได้ ที่สอดคล้องกับสมการพลังงานดังนี้ [6]

$$\int_L \{N\} [N] dS \{q_n\} = \int_L \left[\frac{\partial N}{\partial x} \right] [N] dA \{E_V\}^n + \int_A \left[\frac{\partial N}{\partial y} \right] [N] dA \{F_V\}^n \quad (39)$$

โดย $\{q_n\}$ แทนปริมาณความร้อนที่จุดต่อบนด้านของเอลิเมนต์ยาว L ซึ่งอยู่บนผิวของโครงสร้างนั้น

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ดังที่ได้อธิบายในหัวข้อนี้ได้นำไปใช้วิเคราะห์ปัญหาการไหลแบบหนืดและอัดตัวได้เพื่อคำนวณหาสภาวะการไหลซึ่งประกอบด้วยลักษณะของการกระจายของความหนาแน่น ความเร็ว ความดัน อุณหภูมิ รวมทั้งปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นบนผิวโครงสร้าง อันเนื่องมาจากการเสียดสี จากการไหลผ่านของของไหล [6]

2.1.3 แนวคิดและความหมายเกี่ยวกับระบบก๊าซทางการแพทย์

โรงพยาบาลมีความจำเป็นที่จะต้องมีการใช้ก๊าซทางการแพทย์ในพื้นที่ต่างๆ ในโรงพยาบาลอยู่ตลอดเวลา และต่อเนื่อง เพื่อการรักษาชีวิตผู้ป่วย ดังนั้นเครื่องมือแพทย์หรืออุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องช่วยหายใจ ต้องสามารถใช้งานได้ตลอดเวลาและอย่างต่อเนื่อง ซึ่งความจำเป็นดังกล่าวนี้ระบบจ่ายก๊าซทางการแพทย์ หรือไปป์ ไลน์สามารถรองรับความจำเป็นดังกล่าวได้อย่างสมบูรณ์ รวมถึงมีความปลอดภัยในขณะที่ใช้งาน โดยที่การใช้งานระบบก๊าซทางการแพทย์แบบเดิมคือการนำท่อบรรจุก๊าซ (Cylinder) นำไปตั้ง ณ จุดใช้งาน และต่ออุปกรณ์ตรงไปยังผู้ป่วย ดังได้กล่าวในเบื้องต้น โรงพยาบาลมีความจำเป็นที่ต้องใช้งานก๊าซทางการแพทย์ตลอดเวลาและต่อเนื่อง การใช้ท่อบรรจุก๊าซแบบนี้ อาจเกิดปัญหาก๊าซหมดขณะใช้งานได้และต้องทำการสำรองท่อบรรจุก๊าซไว้ในบริเวณใกล้เคียง ทำให้เกิดความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดอันตรายทั้งแก่ผู้ป่วยและผู้เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นสำหรับป้องกันและการดูแลรักษาระบบดังกล่าว

2.1.4 ประโยชน์ของระบบก๊าซทางการแพทย์

2.1.4.1 ประโยชน์ของก๊าซทางการแพทย์ โดยใช้ก๊าซออกซิเจน สารชนิดนี้จะนำไปใช้กับผู้ป่วยที่ไม่สามารถหายใจได้อย่างปกติเพื่อเป็นการเพิ่มออกซิเจนให้กับความต้องการของร่างกาย หรือการรักษาผู้ป่วยด้วยออกซิเจนภายใต้ความกดบรรยากาศสูง (Hyperbaric Oxygen Therapy) โดย

ให้ผู้ป่วยหายใจด้วยออกซิเจนบริสุทธิ์ขณะอยู่ในห้องปรับบรรยากาศ (Hyperbaric Chamber) ที่มีความดันภายในสูงกว่า 1 บรรยากาศ ใช้ในการรักษาอาการป่วยจากความกดอากาศที่ลดลง (Decompression Sickness – DCS) และภาวะฟองก๊าซอุดตันหลอดเลือดแดง (Arterial Gas Embolism – AGE) พบในผู้ป่วยที่บาดเจ็บจากการดำน้ำ (Diving Accident) มาเป็นเวลานาน จนกระทั่งปัจจุบันการรักษานี้ได้ถูกประยุกต์นำมาใช้ในหลายภาวะทั้งผู้ป่วยทางด้านอายุรกรรมและศัลยกรรม เช่น โรคคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นพิษ (CO Poisoning) การติดเชื้อของเนื้อเยื่อที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Clostridial Gas Gangrene) การบาดเจ็บจากการบดขยี้ (Crush Injuries) ภาวะขาดเลือดอย่างเฉียบพลัน (Acute Traumatic Peripheral Ischemia) โรคแผลหายยากที่มีปัญหาซับซ้อนช่วยเสริมสร้างการหายของแผล โดยเฉพาะแผลเรื้อรังเช่นแผล เบาหวาน แผลหลอดเลือดแดงที่เป็นผลจากการฉายรังสี เนื่องจาก ในเนื้อเยื่อรอบแผลมีระดับออกซิเจนต่ำ เพราะมีเลือดมาเลี้ยงน้อย ทำให้เซลล์ไม่สามารถสร้างเนื้อเยื่อได้ การให้ออกซิเจนความกดบรรยากาศสูง จะทำให้มีปริมาณออกซิเจนในเนื้อเยื่อรอบแผลเพิ่ม มากขึ้น เซลล์ต่างๆที่ได้รับออกซิเจนทำงานได้ดีขึ้น สามารถมาเชื่อมต่อโรคได้ มีการสร้างเนื้อเยื่อและหลอดเลือดฝอยใหม่ขึ้นจึงทำให้แผล หายได้ [2]

2.1.4.2 ประโยชน์ของก๊าซทางการแพทย์ โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ทางการแพทย์จะนำไปใช้ในการผ่าตัดที่มีการเปิดแผลขนาดเล็ก โดยใช้อวัยวะช่องท้องหรือช่องอกให้มีช่องว่างมากพอที่จะสอดเครื่องมือสำหรับผ่าตัด และหลังการผ่าตัดก็จะใช้ก๊าซผสมระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์กับออกซิเจนช่วยกระตุ้นการหายใจเพื่อให้ฟื้น [2]

2.1.4.3 ประโยชน์ของก๊าซทางการแพทย์ โดยใช้ไนตรัสออกไซด์ใช้เป็นแก๊สดมสลบก่อนผ่าตัด โดยออกฤทธิ์รวดเร็ว มีฤทธิ์อยู่เพียงช่วงสั้นๆ และมีฤทธิ์ระงับปวด มีผลข้างเคียงน้อยมากเนื่องจากก๊าซนี้ถูกกำจัดออกจากร่างกายรวดเร็ว ไม่ตกค้างในร่างกาย [2]

2.1.5 ชนิดของก๊าซที่ใช้ทางการแพทย์

ก๊าซเป็นสภาวะของสารที่โมเลกุล อะตอมหรือไอออนเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระและเป็นสารที่มีความหนาแน่นน้อยมาก จึงไม่มีรูปร่างที่แน่นอนเหมือนของแข็ง ไม่มีปริมาตรที่แน่นอนเหมือนของเหลวและของแข็ง แต่ก๊าซสามารถเข้าไปอยู่เต็มภาชนะที่บรรจุคือ โมเลกุลของก๊าซเมื่อเข้าไปอยู่ในภาชนะใดๆ แม้จะมีหนึ่งอะตอม สองอะตอม หนึ่งโมเลกุล สองโมเลกุล หรือหลายโมเลกุล ก็จะเคลื่อนที่ไปมาตลอดเวลา ทำให้เกิดการชนกันระหว่างโมเลกุลและการชนกับผนังภาชนะ การชนกันเหล่านี้ทำให้ก๊าซเกิดความดันซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ทำให้มีความหนาแน่น เพิ่มขึ้นได้หลายเท่า โดยการเพิ่มความดันหรือลดอุณหภูมิ ก๊าซที่ถูกบีบอัดแล้วอาจอยู่ได้ทั้งในรูปของแข็ง ของเหลวและก๊าซ อากาศที่พบได้ทั่วไปในชั้นบรรยากาศและระดับพื้นดิน ส่วนใหญ่ประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจน (78%) ออกซิเจน (21%) อาร์กอน (0.9%) คาร์บอนไดออกไซด์ (0.036%) และอื่นๆ จึงสามารถนำอากาศเหล่านี้มาสกัดเป็นก๊าซทางการแพทย์ หรือทำการผลิตขึ้น

จากปฏิกิริยาทางเคมีเพื่อใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ได้ประเภทของก๊าซทางการแพทย์สามารถแบ่งได้ตามความเป็นอันตราย (Categories of Medical Gases and Their Associated Hazard) ดังนี้

2.1.5.1 ก๊าซถาวร (Permanent Gas) เป็นก๊าซที่เมื่อทำการบรรจุลงท่จะมีสถานะเป็นก๊าซที่ทุกระดับความดัน เช่น ออกซิเจน ฮีเลียม อากาศทางการแพทย์ (Medical Air) [2]

2.1.5.2 ก๊าซเหลว (Liquefiable Gas) เป็นก๊าซที่เมื่อทำการบรรจุภายใต้ความดันที่อุณหภูมิปกติ มีสภาพเป็นของเหลวบางส่วน เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ในทรีสออกไซด์ เป็นต้น [2]

2.1.5.3 ก๊าซเหลวเย็นยิ่งยวด (Cryogenic Liquid) เป็นก๊าซเหลวในสถานะบรรจุภายใต้ความดันซึ่งเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า -150°C จึงมีความเย็นอย่างมากก่อให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อที่มีชีวิตทำให้เกิดการไหม้อย่างรุนแรงได้ เช่น ออกซิเจนเหลว (Liquid Oxygen) ไนโตรเจนเหลว (Liquid Nitrogen) เป็นต้น [2]



รูปที่ 2.3 ถังก๊าซออกซิเจนที่ใช้ในการแพทย์

2.1.5.1.1 ก๊าซออกซิเจน

- ก๊าซออกซิเจน เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ใช้เป็นตัวออกซิไดส์ในการเผาไหม้วัสดุต่าง ๆ มีสูตรทางเคมีเป็น O_2 สำหรับการนำมาใช้ในทางการแพทย์ต้องมีปริมาณออกซิเจนที่มีความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 99 โดยปริมาตรของ O_2 และมีสารปนเปื้อนน้อยก๊าซออกซิเจนทางการแพทย์จะนำไปใช้กับผู้ป่วยที่ไม่สามารถหายใจได้อย่างปกติเพื่อเป็นการเพิ่มออกซิเจนให้เพียงพอกับความต้องการของร่างกายหรือการรักษาผู้ป่วยนอกจากนี้ ออกซิเจนบริสุทธิ์ยังสามารถนำไปใช้กับการบำบัดน้ำเสีย ที่มีปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำสูงในชั้นวิกฤต จะช่วยเร่งการย่อยสลายของแบคทีเรีย [1]

2.1.5.1.2 ก๊าซฮีเลียม

- ก๊าซฮีเลียม เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่ไวปฏิกิริยา ปัจจุบันได้นำก๊าซฮีเลียมไปใช้บรรจุในลูกโป่งสวรรค์แทนก๊าซไฮโดรเจน เพราะไม่ติดไฟและเมื่อนำไปผสมกับก๊าซออกซิเจนในอัตราส่วน 80:20 ซึ่งเรียกว่า เฮลิออกซ์ (Heliox) เพื่อใช้แทนอากาศสำหรับการดำน้ำลึกมากกว่า 30 เมตร หรือเพื่อป้องกันอาการเมาจากพิษของไนโตรเจนที่ละลายในเลือด เพราะฮีเลียมสามารถละลายในเลือดได้น้อยกว่าไนโตรเจน ใช้ในรูปของเหลวมีจุดเดือดที่ $-452.1\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($-268.9\text{ }^{\circ}\text{C}$) และจุดหลอมเหลวที่ $-458\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($-272.2\text{ }^{\circ}\text{C}$) คุณสมบัติเช่นนี้ใช้สำหรับทำความเย็นขั้วยิ่งยวดให้กับโลหะยิ่งยวดนำยวดยิ่งในการผลิตสนามแม่เหล็กกำลังสูงในเครื่องสร้างภาพด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Resonance Imaging Scanners – MRI) ซึ่งใช้ตรวจร่างกายโดยการสร้างภาพเหมือนจริงของส่วนต่างๆของร่างกาย รวมทั้งการนำไปใช้สำหรับตรวจสอบการรั่วของระบบที่มีความดันสูง [2]

2.1.5.2.1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

- ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่ไวปฏิกิริยา มีสูตรทางเคมีเป็น CO_2 เกิดขึ้นจากผลผลิตของปฏิกิริยาการสันดาปของไฮโดรคาร์บอนหรือจากการย่อยสลายน้ำตาลและแป้งของแบคทีเรีย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทางการแพทย์จะนำไปใช้ในการผ่าตัดที่มีการเปิดแผลขนาดเล็ก โดยใช้ฉีดยาขยายช่องท้องหรือช่องอกให้มีช่องว่างมากพอที่จะสอดเครื่องมือสำหรับผ่าตัด และหลังการผ่าตัดก็จะใช้ก๊าซผสมระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์กับออกซิเจนช่วยกระตุ้นการหายใจเพื่อให้ฟื้น นอกจากนี้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตน้ำแข็งแห้ง (Dry Ice) สำหรับการถนอมอาหารเพราะเป็นก๊าซที่ไม่ช่วยในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเน่าเสีย และเติมลงไปในการดัดประเภตน้ำอัดลม หรือนำไปพ่นลงสู่เครื่องดัดบางประเภทเพื่อให้รสชาติดีขึ้น [2]

2.1.5.2.2 ก๊าซไนตรัสออกไซด์

- ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ประกอบด้วยธาตุไนโตรเจนและออกซิเจนมีสูตรเคมีเป็น N_2O เตรียมได้จากการเผาเกลือแอมโมเนียมไนเตรทที่อุณหภูมิสูงเป็นก๊าซไม่มีสี มีรสหวานเล็กน้อย โดยหนักกว่าอากาศละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ อีเทอร์และน้ำมัน ประโยชน์ในทางการแพทย์ใช้เป็นแก๊สดมสลบก่อนผ่าตัด โดยออกฤทธิ์รวดเร็ว มีฤทธิ์อยู่เพียงช่วงสั้นๆ และมีฤทธิ์ระงับปวด มีผลข้างเคียงน้อยมากเนื่องจากก๊าซนี้ถูกกำจัดออกจากร่างกายรวดเร็ว ไม่ตกค้างในร่างกาย แต่พบการรายงานว่าหากมีการใช้ก๊าซชนิดนี้เป็นเวลานานจะทำให้จำนวนเม็ดเลือดทุกชนิดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดและหากมีการสูดดมปริมาณมาก ก๊าซเหล่านี้จะเข้าไปแทนที่ออกซิเจน ทำให้ร่างกายขาดออกซิเจนไปเลี้ยงสมอง ทำให้เกิดอาการปัญญาอ่อนหรือโรคเอ็ดได้นอกจากนี้ ก๊าซไนตรัสออกไซด์มีการนำไปใช้

ผสมกับเชื้อเพลิงจุลระเบิดจรวด หรือใช้กับอาหารเพื่อให้ครีมฟูพองที่รู้จักกันในชื่อ “Whipped Cream” และใช้ในอุตสาหกรรมผลิตถุงลมนิรภัยสำหรับรถยนต์ [2]

2.1.5.3.1 ไนโตรเจนเหลว

- ไนโตรเจนเหลว ก็คือ การลดอุณหภูมิของสิ่งต่างๆ ให้มีอุณหภูมิเย็นลง ซึ่งมันมีประโยชน์เป็นอย่างมากโดยเฉพาะในการใช้งานในแวดวงการผลิตและอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นการแช่แข็งอาหาร การเก็บรักษาเนื้อสัตว์และผลไม้ การขึ้นรูปวัสดุประเภทยางหรือพลาสติก ที่มีการใช้ความร้อนในการผลิตและต้องลดอุณหภูมิลงเพื่อให้วัสดุเหล่านั้นเป็นรูปทรง หรือใช้ในวิทยาศาสตร์และการแพทย์ในเรื่องการเก็บรักษาเนื้อเยื่อ หรือตัวอย่างชีวภาพทั้งหลาย ที่ต้องใช้ความเย็นจัดในการเก็บรักษาไนโตรเจนเหลว เป็นก๊าซที่ไม่ติดไฟ แต่มันอาจเกิดการระเบิดได้เมื่อภาชนะบรรจุได้รับความร้อนสูง เนื่องจากมีความดันเกิดขึ้นในการเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นไอ ตัวสารไนโตรเจนเหลวไม่ใช่ก๊าซพิษ ส่วนประกอบหลักที่มีปริมาณมากที่สุดในอากาศ แต่อย่างไรก็ตามด้วยความที่มันเย็นจัด หากผลออกไปสัมผัสถูกอาจเกิดรอยไหม้จากความเย็นและทำให้เกิดอาการขาดออกซิเจนได้ เนื่องจากในช่วงที่มันระเหยอย่างรวดเร็วจะเข้าไปแทนที่ออกซิเจน ทำให้เป็นอันตรายได้ [2]



รูปที่ 2.4 ถังไนโตรเจนเหลว

2.1.6 มาตรฐานในการติดตั้งระบบก๊าซทางการแพทย์

มาตรฐานอุปกรณ์และการติดตั้ง

- ISO 9001 INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION
- NFPA 99 NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION ; U.S.A.
- CGA COMPRESSED GAS ASSOCIATION INC , U.S.A.
- ASTM AMERICAN SOCIETY FOR MECHANICAL ENGINEERINGS

2.1.7 ข้อกำหนดเกี่ยวกับการติดตั้ง

2.1.7.1 การเดินท่อทุกระบบ จะต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญมีฝีมือและความประณีตเป็นพิเศษ ในการเชื่อมต่อและประกอบเครื่องมือ ภายใต้การควบคุมและดูแลของผู้รับผิดชอบอย่างใกล้ชิด การติดตั้งจะต้องเป็นไปตามหลักวิชาการอย่างเคร่งครัดตามข้อกำหนดของ NFPA 99 Standard on Gas And Vacuum Systems

2.1.7.2 การทำความสะอาดท่อทองแดง ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน NFPA 56 F (ถ้าท่อที่ใช้เป็นมาตรฐาน ASTM B-819 อนุโลมให้ไม่ต้องล้างท่อ)

2.1.7.3 ข้อต่อและวาล์วต้องล้างให้สะอาดก่อนการติดตั้งให้ใช้น้ำร้อนผสม Sodium Carbonate หรือ ผสม Trisodium Phosphate โดยใช้ส่วนผสม 1 ปอนด์ ของสารผสมต่อน้ำ 3 แกลลอน ทั้งนี้เพื่อกำจัดน้ำมันหรือไขมันที่อยู่ภายในท่อให้หมดไป การทำความสะอาดนี้อาจจะต้องขัด ถู หรือเขย่าให้สิ่งอยู่บนส่วนต่างๆ เหล่านี้ออกให้หมดเสร็จแล้วต้องเก็บไว้ด้วยความระมัดระวัง ใส่ฝาท่อหรือ อุดท่อไม่ให้สิ่งสกปรกเข้าไปได้ ถ้าใช้เครื่องมือตัดหรือทำเกลียว หรือ บานปากท่อ ต้องระวังไม่ใช้น้ำมันหรือไขมันหล่อลื่นเข้าไปในท่อได้ ถ้าท่อสกปรกอีกจะต้องนำไปล้างให้สะอาดใหม่ วิธีการล้างทำความสะอาดท่อทองแดงต้องถูกต้องตามมาตรฐาน NFPA 56 F

2.1.7.4 การต่อท่อและข้อต่อขนาดต่างๆ เมื่อเชื่อมเข้ากับท่อทองแดงต้องระวังไม่ให้ Flux เหลือค้างภายในท่อหรือข้อต่อ เมื่อเชื่อมเสร็จแล้วต้องแปรงหรือเช็ดล้างรอยต่อภายนอกให้สะอาด ถ้าต่อท่อกับอุปกรณ์ที่เป็นเกลียวต้องใช้ Adapter ทาเกลียวภายนอกด้วยสารผสม Lotharge และ Glycerin ในอัตราส่วน 1 ต่อ 4 โดยทาไม่ให้เกิดเกลียวแรกที่ปลายท่อเด็ดขาด

2.1.7.5 การงอท่อ จะต้องใช้เครื่องมืองอท่อให้ส่วนที่มีรัศมีไม่น้อยกว่า 5 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อแต่ในกรณีที่จะเป็นต้องใช้ข้อต่อให้ใช้ Wrought Copper , Brass or Bronze Designed Fitting

2.1.7.6 การประกอบและติดตั้งท่อ จะต้องตัดท่อทองแดงและประกอบให้มีความยาวที่เหมาะสมกับงานที่จะติดตั้ง และเมื่อติดตั้งแล้วต้องไม่เกิดมีแรงสปริงหรือแรงดึงในท่อได้

2.1.7.7 การจับยึดท่อ จะต้องสร้าง Support เฉพาะระบบนี้และใช้คลิปท์จับยึดท่อเป็นระยะให้ถูกต้องโดยให้น้ำหนักทั้งหมดของท่อรองรับอยู่ที่เหล็กกรัด ไม่ใช่ข้อต่อ โดยกำหนดระยะห่างดังนี้

ตารางที่ 2.2 ข้อกำหนดในการติดตั้ง

ขนาด	ระยะแนวตั้ง		ระยะแนวนอน	
Normal size				
Pipe bore inches	ฟุต	เมตร	ฟุต	เมตร
$\frac{3}{8}$	4	1.2	4	1
$\frac{1}{2}$	6	1.8	6	1.2
$\frac{3}{4}$	8	2.4	8	1.8
1	8	3.0	8	1.8
$1 - \frac{1}{4}$	10	3.0	10	2.4
$1 - \frac{1}{2}$	10	3.0	10	2.4
2	10	3.0	10	2.7
3	12	3.2	12	3.0

2.1.7.8 การทาสี และให้สัญลักษณ์ท่อที่ติดตั้งบนผนัง ให้ใช้สีน้ำมันทาโลหะ เพื่อใช้สัญลักษณ์ง่ายต่อการมองเห็นและเพื่อซ่อมแซมในอนาคต ให้ทาสีมีระยะห่างไม่เกิน 6 เมตร หรือแต่ละห้อง โดยให้สัญลักษณ์ดังต่อไปนี้

- Oxygen สีเขียว
- Nitrous Oxide สีน้ำเงิน
- Medical Air สีเหลือง
- High Pressure Air สีแดง
- Vacuum สีขาว
- Evacuation (Scavenging) สีม่วง

2.1.7.9 ท่อออกซิเจนที่เดินเข้าหัวจ่ายแก๊ส ให้เดินในช่องที่ผู้ออกแบบได้ออกแบบไว้ หรือช่องท่อเดิมที่มีอยู่

2.1.7.10 ท่อที่ฝังในดินหรือโครงสร้าง จะต้องป้องกันการกัดกร่อนและการบวมสลาย และจะต้องหลีกเลี่ยงท่อที่อาจเกิดอันตรายได้เช่น การเดินท่อใกล้กับท่อไอน้ำ

2.1.7.11 ช่องเปิดในการติดตั้งจะต้องปกปิดมิดชิด และวัสดุที่ใช้จะต้องสามารถทนไฟได้ไม่น้อยกว่าผนังที่เปิดนั้น

2.1.7.12 ข้อต่อเกลียวจะต้องใช้เทป Polytetrafluorethyllent (Teflon) และเทปพันเกลียวจะพันที่ข้อต่อตัวผู้เท่านั้น

2.1.7.13 การเดินท่อให้เดินในช่องเดินท่อที่กำหนดให้เท่านั้น ห้ามเดินท่อในปล่องลิฟต์, ช่องเดินท่อไฟฟ้า หรือบริเวณใดๆที่จะทำให้เกิดอันตรายอย่างเด็ดขาด

2.1.7.14 ขณะทำการเชื่อมต่อท่อทองแดงจะต้องใช้ก๊าซเฉื่อย เช่น ไนโตรเจนบริสุทธิ์ หรือคาร์บอนไดออกไซด์ไล่อากาศ ออกจากภายในท่ออยู่ตลอดเวลา เพื่อป้องกันการเกิดเขม่าภายในท่อทองแดง ตามมาตรฐาน NFPA

2.1.8 วัสดุท่อและข้อต่อ

2.1.8.1 ท่อทองแดงต้องเป็นวัสดุท่อทองแดงที่ไม่มีตะเข็บตามมาตรฐาน ASTM B-88 , TYPE-L เพื่อให้เชื่อมต่อกับ Braze-Joint Fitting ท่อที่เดินลอยอยู่ภายนอกจะเป็นแบบ Hard Temper

2.1.8.2 ข้อต่อ (Fitting) เป็นข้อต่อของทองแดงแบบหนาไม่น้อยกว่าท่อ และเป็นแบบที่ใช้เชื่อมโดยเฉพาะโดยอุปกรณ์ข้อต่อแบบทองแดงต้องผลิตตามมาตรฐาน ANSI ASME B1622

2.1.8.3 การเชื่อมโลหะ (Brazing Alloy) ระหว่างท่อทองแดงกับข้อต่อให้ใช้ Silver Brazing Alloy เพื่อป้องกันการเกิดออกไซด์ของทองแดง ภายในผิวท่อ

2.1.8.4 ท่อภายในห้องเครื่องสำหรับ Vacuum Pump ให้ใช้ท่อ Galvanized Steel Pipe เดินภายในห้องเครื่องเท่านั้น

2.1.9 ข้อกำหนดเกี่ยวกับการทดสอบ

2.1.9.1 เป่าลมให้สะอาดเมื่อได้เดินท่อเสร็จเรียบร้อยแล้วและก่อนที่จะติดตั้งเอาท์เลท ต้องใช้อากาศหรือนโตรเจนที่ปราศจากละอองน้ำ , น้ำมัน เป่าเข้าไปในระบบท่อเพื่อไล่เศษผงต่างๆ ออกและกำจัดละอองไอน้ำที่เกาะอยู่ในท่อ

2.1.9.2 การทดสอบรอยบัดกรีที่ข้อต่อต่างๆ เมื่อติดตั้งระบบท่อเสร็จแล้วให้อัดระบบท่อด้วยอากาศหรือนโตรเจนที่ปราศจากละอองน้ำ , น้ำมันให้ได้ความดัน 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว รักษาความดันให้คงที่ และตรวจรอยเชื่อมบัดกรีทุกจุดว่ารั่วหรือไม่ โดยใช้น้ำสบู่เมื่อทดสอบเสร็จให้ทำความสะอาดจัดการซ่อมรอยรั่วทั้งหมดและทำการทดสอบเช่นนี้อีก จนกระทั่งไม่ปรากฏรอยรั่วอีก

2.1.9.3 ต้องทำการทดสอบระบบท่อทั้งหมด โดยใช้อากาศหรือนโตรเจน ที่ปราศจากละอองน้ำให้ได้ความดัน 150 psi แล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ความดันจะไม่ลดลง

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

2.2.1 การประยุกต์ใช้โปรแกรมเพื่อหาค่าความปลอดภัยของเชือกพวงช่วยชีวิต

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความปลอดภัยของเชือกพวงช่วยชีวิต โดยการประเมินค่าความปลอดภัยของเชือกพวงช่วยชีวิตชนิดโพลิโพรพิลีน (Polypropylene : PP) และเชือกโพลิเอทิลีนมีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene : HDPE) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร และยาว 9 เมตร ที่ได้รับมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 996-2533 และ มอก. 825-2531

สำหรับเชือกชนิดโพลิโพรพิลีนและเชือกโพลิเอทิลีนมีความหนาแน่นสูงตามลำดับ มาทำการทดสอบแรงดึง (Tensile Load) โดยกำหนดแรงดึงมีค่าเท่ากับ 2207.25 นิวตัน ซึ่งเทียบกับน้ำหนักคนงาน 3 คนรวมกัน การจำลองโครงสร้างด้วยโปรแกรมในการวิเคราะห์หาจุดวิกฤติ โดยพิจารณาในแนวระนาบ 3 มิติ ของแบบจำลองเส้นเชือกทั้ง 2 ชนิด พบว่าเชือกโพลิโพรพิลีนมีค่าความปลอดภัย (Factor of Safety) เท่ากับ 4.3 และเชือกโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงมีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 3.6 เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าความปลอดภัยของเชือกพุงช่วยชีวิตกำหนดไว้เท่ากับ 4 เชือกโพลิโพรพิลีนมีคุณสมบัติในการรับแรงดลผ่านเกณฑ์ที่กำหนดสามารถนำไปใช้งานได้โดยปลอดภัยแม้จะมีคนปฏิบัติงาน 3 คนบนเชือกตกลงมาแบบอิสระ (Free Fall) พร้อมกัน ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องหามาตรการป้องกันอุบัติเหตุในการใช้เส้นเชือกพุงช่วยชีวิตในการทำงานบนที่สูงโดยใช้เทคนิค What if Analysis ดังนี้ 1) ต้องยกเลิกการใช้เส้นเชือกพุงช่วยชีวิตชนิดโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง 2) กำหนดจำนวนคนงานซึ่งใช้เชือกพุงช่วยชีวิตโพลิโพรพิลีนทำงานบนที่สูงไม่เกิน 3 คน 3) กำหนดน้ำหนักคนงานบนที่สูงโดยใช้เชือกพุงช่วยชีวิตแต่ละคนต้องมีน้ำหนักตัวไม่เกิน 75 กิโลกรัม [5]

2.2.2 การวิเคราะห์โครงสร้างชั้นวางพักไฮโดรโปนิคส์ที่สร้างจากเหล็กกลม

การวิเคราะห์โครงสร้างที่สร้างจากเหล็กกลม D15 สำหรับการปลูกพืชไร้ดินแบบไฮโดรโปนิคส์เพื่อหาค่าความเค้นดึงและอัด ค่าการเสียรูปและค่าความปลอดภัยของการออกแบบ โดยการนำเอาระเบียบการทางวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มาใช้วิเคราะห์และแสดงผล สามารถสรุปได้ว่าถ้าขนาดหน้ากว้างของโครงสร้างเท่ากับ 2 m แล้ว ค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นจะมีค่าระหว่าง 105.37 ถึง 138.01 MPa แต่ถ้าหน้ากว้างเท่ากับ 3 m ความเค้นสูงสุดจะมีค่าระหว่าง 212.09 ถึง 262.90 MPa การเสียรูปที่ต่ำสุดเท่ากับ 13.69 mm จะเกิดขึ้นเมื่อหน้ากว้างของแปลงปลูกผักเท่ากับ 2 m ส่วนการเสียรูปที่สูงที่สุดเท่ากับ 78.47 mm จะเกิดขึ้นเมื่อหน้ากว้างของแปลงปลูกผักเท่ากับ 3 m ในการวิเคราะห์ถึงความปลอดภัยจะพบว่าหน้ากว้าง 2 m มีค่าความปลอดภัยอยู่ระหว่าง 1.81 ถึง 2.37 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ปลอดภัย แต่ถ้าหากหน้ากว้าง 3 m จะมีค่าความปลอดภัยอยู่ระหว่าง 0.95 ถึง 1.18 ซึ่งค่อนข้างที่จะเสี่ยงต่อการเสียหาย [7]

2.2.3 การออกแบบกลไกประตูเลื่อนสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

รถยนต์ขนาดกลางและขนาดเล็กเป็นรถยนต์ส่วนบุคคลที่มีผู้ใช้เป็นจำนวนมาก ข้อจำกัดข้อหนึ่งของรถประเภทนี้คือมีขนาดเล็ก เข้าออกจากรถทำได้ยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งครอบครัวที่มีคนป่วย คนพิการ หรือคนชรา ซึ่งจะต้องมีผู้คอยดูแลช่วยเหลือ การวิจัยนี้มีความคิดที่จะพัฒนากลไกสำหรับเปิดปิดประตูเป็นลักษณะบานเลื่อนสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคลขนาดเล็กและขนาดกลาง เพื่อทดแทนกลไกบานพับเดิมที่มีอยู่ ซึ่งจะสามารถอำนวยความสะดวกแก่ คนป่วย คนพิการ หรือ

คนชรา การวิจัยได้แบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1. การทำวิศวกรรมย้อนรอยเพื่อจำลองประตู่และโครง ของรถยนต์สำหรับใช้หาขนาดและทดสอบการ เคลื่อนที่ 2. การออกแบบชิ้นส่วนกลไกให้มีขนาด เหม ะสมกับ รถยนต์ต้นแบบที่ได้เลือกมา และ 3. การวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นส่วน ที่ได้ออกแบบ โดยใช้รถยนต์ TOYOTA รุ่น Soluna เป็นต้นแบบในการดำเนินงาน อุปกรณ์ ประตู่เลื่อนที่ได้พัฒนาขึ้นมี 2 รูปแบบ คือ 1. แบบสองแนวแกน และ 2. แบบเลื่อนและหมุน ทั้งสองแบบได้ถูกวิเคราะห์แนวทางการเคลื่อนที่ บนคอมพิวเตอร์ซึ่งพบว่าทั้งสองแบบสามารถใช้ งานได้ดีไม่เกิดการชนหรือเสียดสีกันของชิ้นส่วนและตัวถังรถยนต์ จากการวิเคราะห์ความแข็งแรง พบว่าทั้งสองแบบมีค่าความปลอดภัย 4.41 สำหรับ แบบสองแนวแกนและ 2.48 สำหรับแบบเลื่อนและ หมุน ซึ่งเพียงพอสำหรับการออกแบบชิ้นส่วนทางวิศวกรรม [8]



บทที่ 3

รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

สำนักงานใหญ่ : 417 ถนนราชวิถี แขวงบางพลัด เขตบางพลัด กรุงเทพฯ 10700
รายละเอียดบริษัท : รับเหมาก่อสร้างและออกแบบ
โทรศัพท์ : 02-435-1054 , 02- 879-0850
โทรสาร : 02-879-0858 , 02- 879-0861
อีเมลล์ : info@nldplc.com



รูปที่ 3.1 แผนที่ตั้ง บริษัท เอ็นแอล ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด (มหาชน)

สถานที่ปฏิบัติงาน : อาคารสถานีกาชาดที่ 11 วิเศษนิยม สำนักงานบรรเทาทุกข์ และ
 ประชานามัยพิทักษ์ สภากาชาดไทย
 ถ. เพชรเกษม แขวงบางหว้า เขตภาษีเจริญ กทม.



รูปที่ 3.2 อาคารสถานีกาชาดที่ 11 วิเศษนิยม สำนักงานบรรเทาทุกข์ สภากาชาดไทย

3.2 ลักษณะของสถานที่ปฏิบัติงาน

ชื่อโครงการ	: อาคารสถานีกาชาดที่ 11 วิเศษนิยม สำนักงานบรรเทาทุกข์ และประชานามัยพิทักษ์ สภากาชาดไทย
ที่ตั้ง	: ถ. เพชรเกษม แขวงบางหว้า เขตภาษีเจริญ กทม.
จุดเด่น	: สถานีกาชาดใจกลางฝั่งธน เดินทางสะดวก ใกล้ห้างสรรพสินค้า
ปีที่สร้างเสร็จ	: ธ.ค. 2560
เนื้อที่ทั้งหมด	: 3 ไร่ 21 ตารางวา
จำนวนตึก	: 6 อาคาร
จำนวนชั้น	: 5 ชั้น
ประเภทห้อง	: - 1 ห้องตรวจโรคทั่วไป - 2 ห้องบริจาคโลหิต - 3 ห้องตัดแว่น - 4 ห้องผ่าตัด - 5 ห้องเอ็กซเรย์ - 6 ห้องพัก

- 7 ห้องทันตกรรม
- 8 ห้องปฐมพยาบาล
- 9 ห้อง ปฏิบัติการ
- 10 ห้องเก็บเวชภัณฑ์
- 11 ห้องคลังยา
- 12 ห้องนั่ง
- 13 ห้องตรวจร่างกาย
- 14 ห้องประชุม
- 15 ห้องตรวจหมู่โลหิต
- 16 ห้องปั่นแยกส่วนโลหิต

ลิฟท์โดยสาร : 2 ตัว และ ลิฟท์ส่งของ 1 ตัว

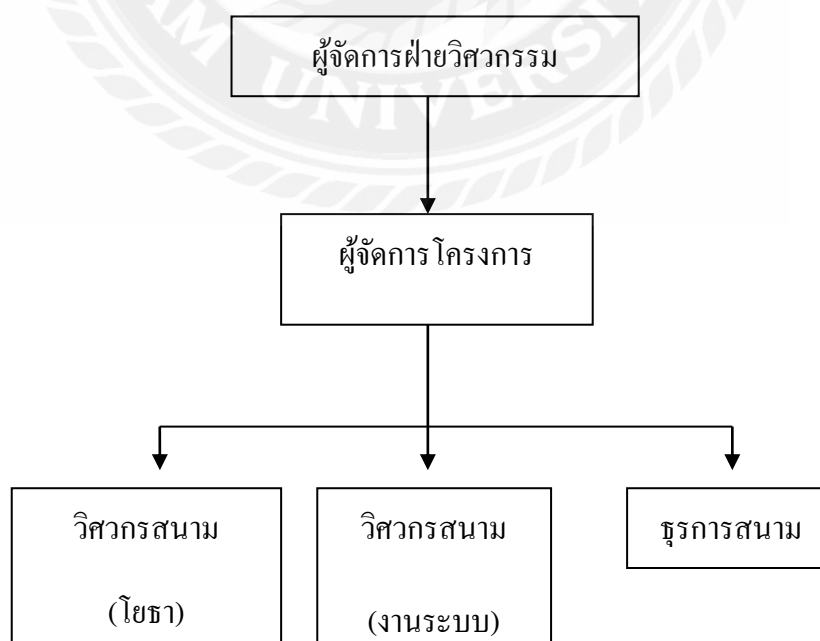
เริ่มก่อสร้าง : เดือน มกราคม 2559

คาดว่าจะแล้วเสร็จ : เดือน ธันวาคม 2560

เจ้าของโครงการ : สำนักงานบรรเทาทุกข์ และประชานามัยพิทักษ์ สภากาชาดไทย

3.3 รูปแบบการจัดองค์การและการบริหารงานขององค์กร

บริษัท บริษัท เอ็นแอล ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด (มหาชน)



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งงานในโครงการ สถานีกาชาดที่ 11 สำนักงานบรรเทาทุกข์ สภากาชาดไทย

3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย

ตำแหน่งงานที่นักศึกษารับผิดชอบ	: วิศวกรงานระบบประกอบอาคาร
ลักษณะงานที่นักศึกษารับผิดชอบ	: ตรวจสอบช่างติดตั้งงานระบบต่างๆ

3.5 ชื่อและตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา

ชื่อพนักงานที่ปรึกษา	: นาย อติศักดิ์ การะเกตุ
ตำแหน่ง	: วิศวกรสนาม (Site Engineer)
แผนก	: งานระบบประกอบอาคาร (Mechanical Engineer)

3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

เริ่มปฏิบัติงาน	: วันที่ 15 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2560
สิ้นสุดการปฏิบัติงาน	: วันที่ 25 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2560

3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.7.1 ปรึกษาพนักงานที่เกี่ยวข้อง

สอบถามถึงหัวข้อโครงการในหัวเรื่องต่างๆที่สามารถ นำมา ประยุกต์ใช้ในทางวิศวกรรม

3.7.2 ตั้งหัวข้อโครงการ

หาหัวข้อโครงการ โดยการปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาถึงความเป็นไปได้ในโครงการ รวมถึงขอคำชี้แนะในการเจอปัญหาในการทำโครงการ

3.7.3 รวบรวมข้อมูล

ทำการค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับระบบการเดินท่อก๊าซทางการแพทย์กับข้อมูลที่ได้มาจากข้อ 3.7.2 โดยทำการค้นหาข้อมูลอุปกรณ์จากอินเทอร์เน็ต และรวมถึงบริษัทที่รับผิดชอบ ช่อมบำรุง ระบบก๊าซทางการแพทย์



รูปที่ 3.4 สถานที่ที่ได้ไปสำรวจและเก็บข้อมูล

ท่อทองแดง Type M

Nominal or Standard Size, inches	Nominal Dimensions, inches			Calculated Values (based on nominal dimensions)				
	Outside Diameter	Inside Diameter	Wall Thickness	Cross Sectional Area of Bore, sq inches	Weight of Tube Only, pounds per linear ft	Weight of Tube & Water, pounds per linear ft	Contents of Tube per linear ft	
3/8	.500	.450	.025	.159	.145	.214	.00110	.00826
1/2	.625	.569	.028	.254	.204	.314	.00176	.0132
3/4	.875	.811	.032	.517	.328	.551	.00359	.0269
1	1.125	1.055	.035	.874	.465	.843	.00607	.0454
1 1/4	1.375	1.291	.042	1.31	.682	1.25	.00910	.0681
1 1/2	1.625	1.527	.049	1.83	.940	1.73	.0127	.0951
2	2.125	2.009	.058	3.17	1.46	2.83	.0220	.165
2 1/2	2.625	2.495	.065	4.89	2.03	4.14	.0340	.254
3	3.125	2.981	.072	6.98	2.68	5.70	.0485	.363
3 1/2	3.625	3.459	.083	9.40	3.58	7.64	.0653	.488
4	4.125	3.935	.095	12.2	4.66	9.83	.0847	.634
5	5.125	4.907	.109	18.9	6.66	14.8	.131	.982
6	6.125	5.881	.122	27.2	8.92	20.7	.189	1.41
8	8.125	7.785	.170	47.6	16.5	37.1	.331	2.47
10	10.125	9.701	.212	73.9	25.6	57.5	.513	3.84
12	12.125	11.617	.254	106	36.7	82.5	.736	5.51

รูปที่ 3.5 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของท่อทองแดง Type M

ตารางที่ 3.1 ราคาท่อทองแดง Type M

Size (inch)	Wall Thickness (inch)	ราคา (บาท)
3/8	0.025	570
1/2	0.028	830
3/4	0.032	1,315
1	0.035	2,050
1-1/4	0.042	3,485
1-1/2	0.049	4,800
2	0.058	7,485
2-1/2	0.065	10,920

ท่อทองแดง Type L

Nominal or Standard Size, inches	Nominal Dimensions, inches			Calculated Values (based on nominal dimensions)				
	Outside Diameter	Inside Diameter	Wall Thickness	Cross Sectional Area of Bore, sq inches	Weight of Tube Only, pounds per linear ft	Weight of Tube & Water, pounds per linear ft	Contents of Tube per linear ft	
							Cu ft	Gal
1/4	.375	.315	.030	.078	.126	.160	.00054	.00405
3/8	.500	.430	.035	.145	.198	.261	.00101	.00753
1/2	.625	.545	.040	.233	.285	.386	.00162	.0121
5/8	.750	.666	.042	.348	.362	.512	.00242	.0181
3/4	.875	.785	.045	.484	.455	.664	.00336	.0251
1	1.125	1.025	.050	.825	.655	1.01	.00573	.0429
1 1/4	1.375	1.265	.055	1.26	.884	1.43	.00875	.0655
1 1/2	1.625	1.505	.060	1.78	1.14	1.91	.0124	.0925
2	2.125	1.985	.070	3.09	1.75	3.09	.0215	.161
2 1/2	2.625	2.465	.080	4.77	2.48	4.54	.0331	.248
3	3.125	2.945	.090	6.81	3.33	6.27	.0473	.354
3 1/2	3.625	3.425	.100	9.21	4.29	8.27	.0640	.478
4	4.125	3.905	.110	12.0	5.38	10.6	.0833	.623
5	5.125	4.875	.125	18.7	7.61	15.7	.130	.971
6	6.125	5.845	.140	26.8	10.2	21.8	.186	1.39
8	8.125	7.725	.200	46.9	19.3	39.6	.326	2.44
10	10.125	9.625	.250	72.8	30.1	61.6	.506	3.78
12	12.125	11.565	.280	105	40.4	85.8	.729	5.45

รูปที่ 3.6 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของท่อทองแดง Type L

ตารางที่ 3.2 ราคาท่อทองแดง Type L

Size (inch)	Wall Thickness (inch)	ราคา (บาท)
1/4	0.030	630
3/8	0.035	1,000
1/2	0.040	1,435
5/8	0.042	1,770
3/4	0.045	2,315
1	0.050	3,200
1-1/4	0.055	4,515
1-1/2	0.060	5,770
2	0.070	8,630
2-1/2	0.080	13,080
3	0.090	17,160

ท่อทองแดง Type K

Nominal or Standard Size, inches	Nominal Dimensions, inches			Calculated Values (based on nominal dimensions)				
	Outside Diameter	Inside Diameter	Wall Thickness	Cross Sectional Area of Bore, sq inches	Weight of Tube Only, pounds per linear ft	Weight of Tube & Water, pounds per linear ft	Contents of Tube per linear ft	
							Cu ft	Gal
1/4	.375	.305	.035	.073	.145	.177	.00051	.00379
3/8	.500	.402	.049	.127	.269	.324	.00088	.00660
1/2	.625	.527	.049	.218	.344	.438	.00151	.0113
5/8	.750	.652	.049	.334	.418	.562	.00232	.0174
3/4	.875	.745	.065	.436	.641	.829	.00303	.0227
1	1.125	.995	.065	.778	.839	1.18	.00540	.0404
1 1/4	1.375	1.245	.065	1.22	1.04	1.57	.00847	.0634
1 1/2	1.625	1.481	.072	1.72	1.36	2.10	.0119	.0894
2	2.125	1.959	.083	3.01	2.06	3.36	.0209	.156
2 1/2	2.625	2.435	.095	4.66	2.93	4.94	.0324	.242
3	3.125	2.907	.109	6.64	4.00	6.87	.0461	.345
3 1/2	3.625	3.385	.120	9.00	5.12	9.01	.0625	.468
4	4.125	3.857	.134	11.7	6.51	11.6	.0813	.608
5	5.125	4.805	.160	18.1	9.67	17.5	.126	.940
6	6.125	5.741	.192	25.9	13.9	25.1	.180	1.35
8	8.125	7.583	.271	45.2	25.9	45.4	.314	2.35
10	10.125	9.449	.338	70.1	40.3	70.6	.487	3.64
12	12.125	11.315	.405	101	57.8	101	.701	5.25

รูปที่ 3.7 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของท่อทองแดง Type K

ตารางที่ 3.3 ราคาท่อทองแดง Type K

Size (inch)	Wall Thickness (inch)	ราคา (บาท)
1/4	0.035	950
3/8	0.049	1,750
1/2	0.049	2,250
5/8	0.049	2,700
3/4	0.065	4,150
1	0.065	5,450
1-1/4	0.065	6,700
1-1/2	0.072	8,800
2	0.083	13,900
2-1/2	0.095	19,700
3	0.109	27,000

3.7.4 จัดทำโครงการ

3.7.4.1 จากการที่ได้ รวบรวมข้อมูลระบบไปป์ไลน์ก๊าซทางการแพทย์ทั้งหมดที่เป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงศึกษาที่อุปกรณ์ต่างๆในระบบไปป์ไลน์ก๊าซทางการแพทย์ ว่ามีอะไรบ้าง และได้ทำการเขียนแบบ 3มิติ โดยมีอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

3.7.4.2 ท่อทองแดง Type M

- Diameter 2 "



รูปที่3.8 ท่อทองแดง Type M

3.7.4.3 ท่อทองแดง Type L

- Diameter 2 "



รูปที่3.9 ท่อทองแดง Type L

3.4.7.4 ท่อทองแดง Type K

- Diameter 2 "



รูปที่ 3.10 ท่อทองแดง Type K

3.7.5 ทดสอบการทำงาน



รูปที่ 3.11 ใส่ความดันที่ผนังของท่อ

3.8 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

รายละเอียดของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ทำโครงการ โดยใช้เครื่องฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์
เช่น

Hardware

1. เครื่องคอมพิวเตอร์
2. เครื่องปริ้น
3. กล้องถ่ายรูป
4. เครื่องถ่ายเอกสาร

Software

1. โปรแกรม Microsoft Word
2. โปรแกรม Microsoft Excel

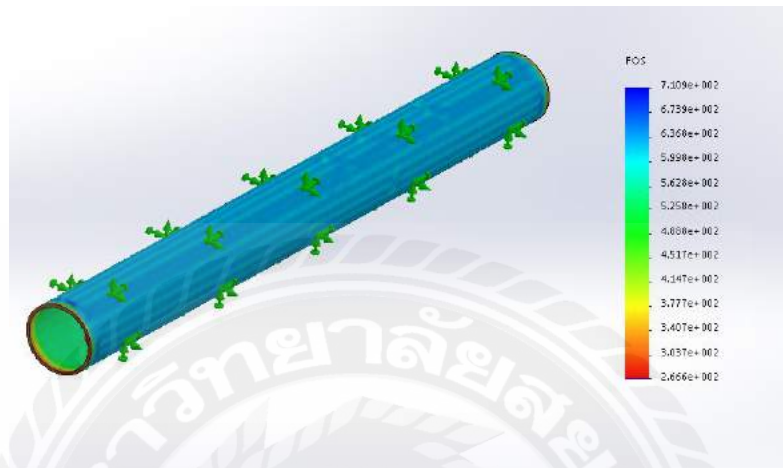


บทที่ 4

ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ

4.1 จากผลการจำลองโดยใช้ โปรแกรม โดยใช้ความดันที่ 150 PSI

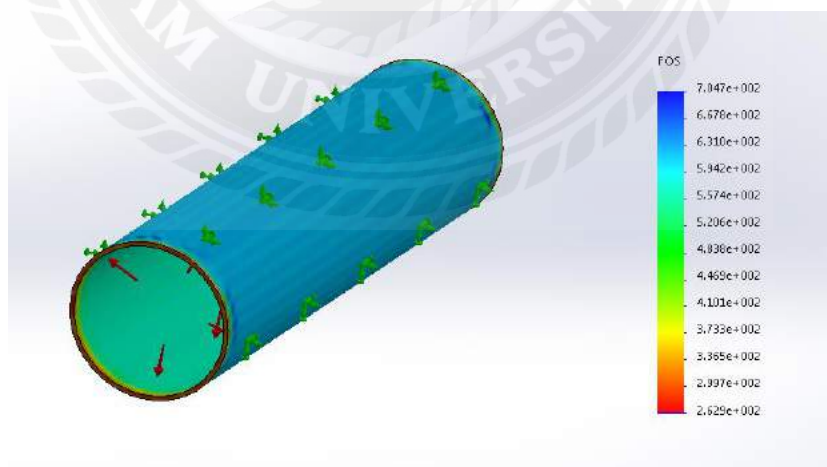
4.1.1 Type M (ยี่ห้อ B) 1/2 "



รูปที่ 4.1 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type M (ยี่ห้อ B) 1/2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 266.64

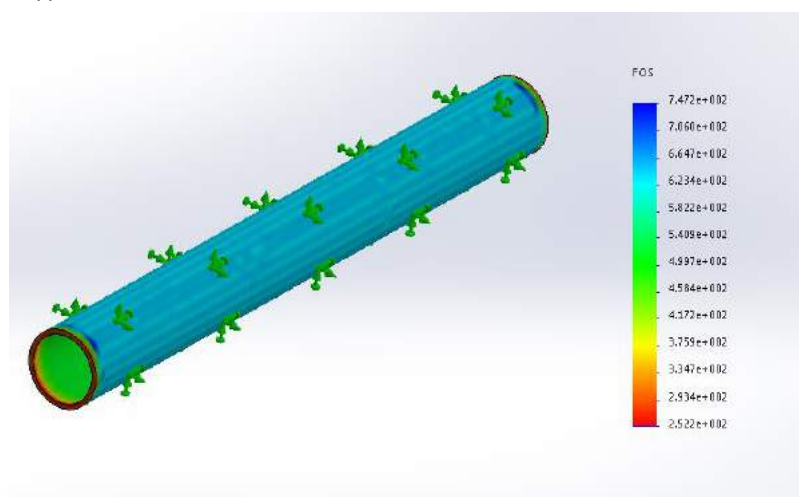
4.1.2 Type M (ยี่ห้อ B) 2 "



รูปที่ 4.2 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type M (ยี่ห้อ B) 2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 262.86

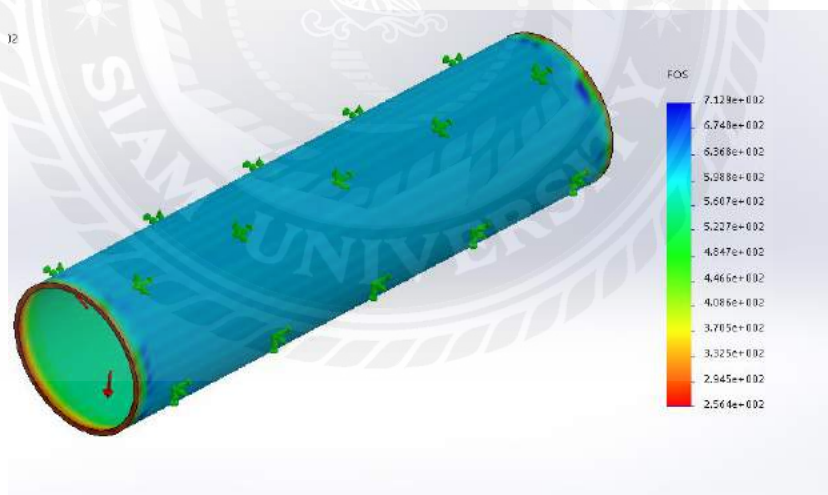
4.1.3 Type L (ยี่ห้อ B) 1/2 "



รูปที่ 4.3 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type L (ยี่ห้อ B) 1/2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 252.18

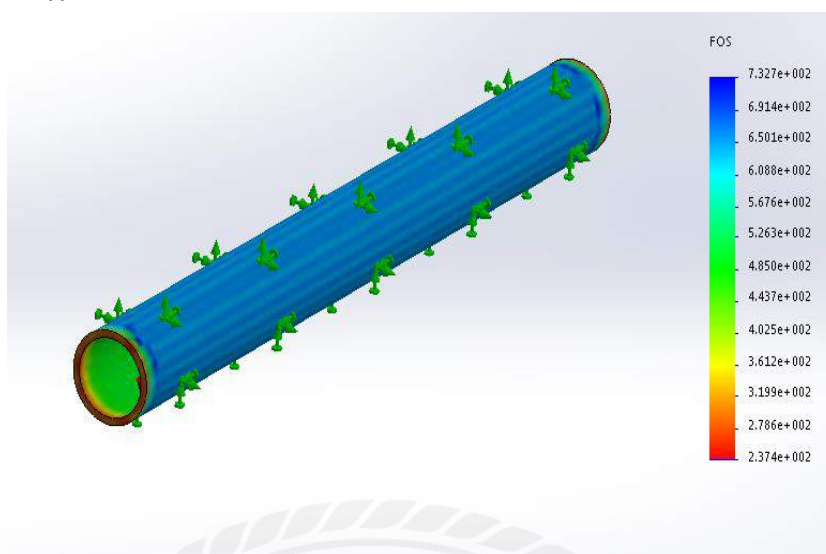
4.1.4 Type L (ยี่ห้อ B) 2 "



รูปที่ 4.4 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type L (ยี่ห้อ B) 2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 256.43

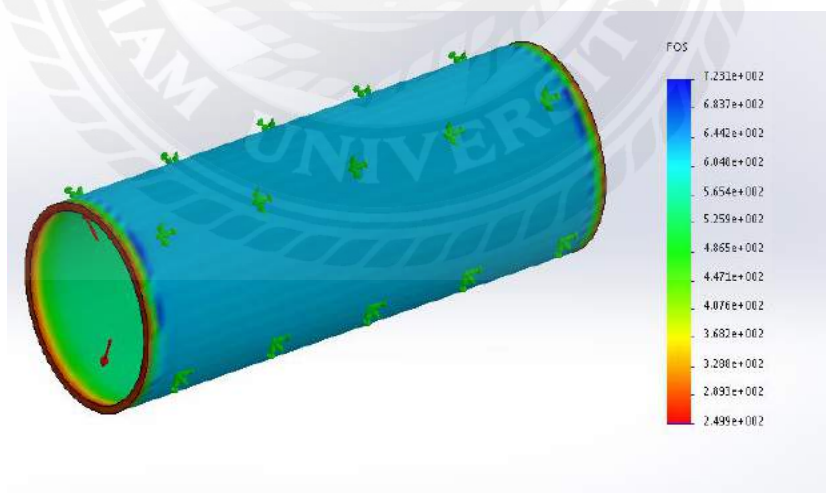
4.1.5 Type K (ยี่ห้อ B) 1/2 "



รูปที่ 4.5 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type K (ยี่ห้อB) 1/2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 237.38

4.1.6 Type K (ยี่ห้อ B) 2 "

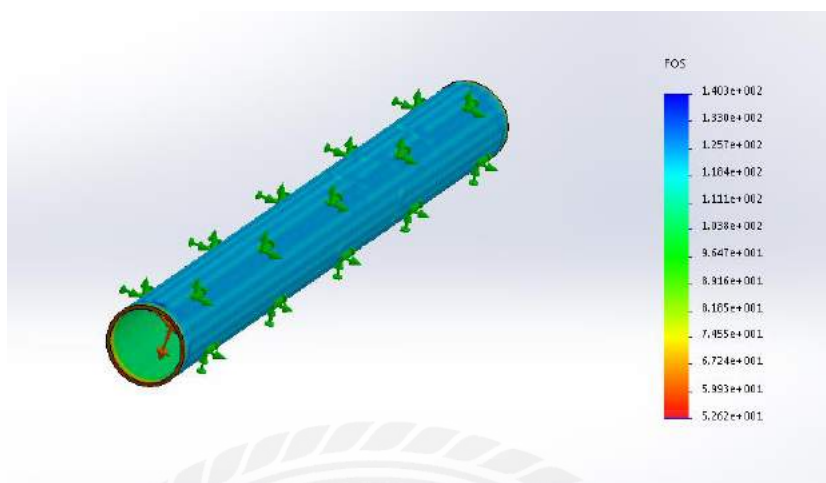


รูปที่ 4.6 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type K (ยี่ห้อB) 2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 249.89

4.2 จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมที่ใช้ค่า Safe working pressure

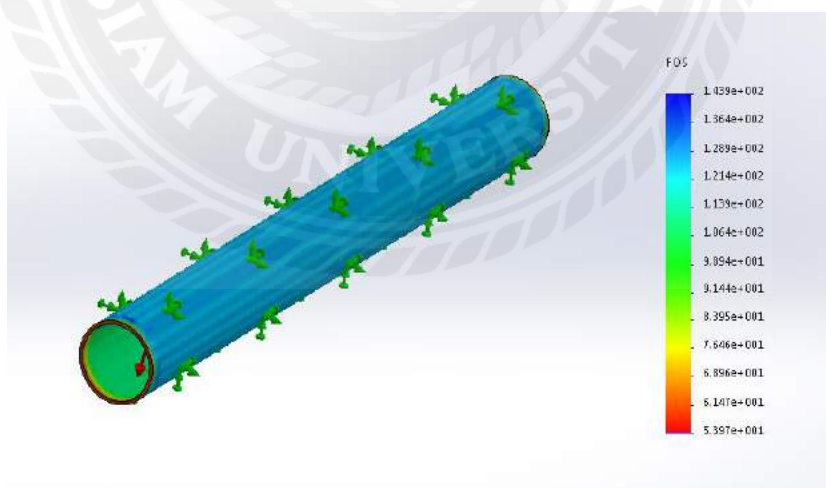
4.2.1 Type M (ยี่ห้อ A) 1/2"



รูปที่ 4.7 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type M(ยี่ห้อA) 1/2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 52.624

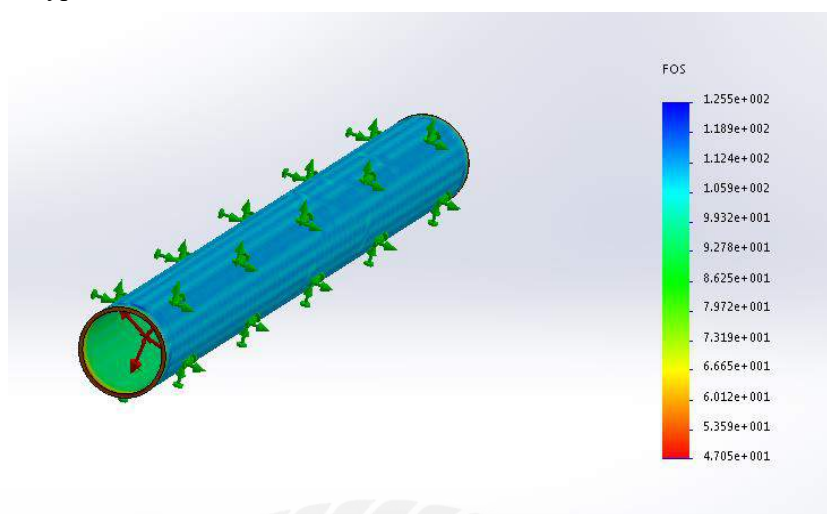
4.2.2 Type M (ยี่ห้อ B) 1/2"



รูปที่ 4.8 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type M(ยี่ห้อB) 1/2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 53.973

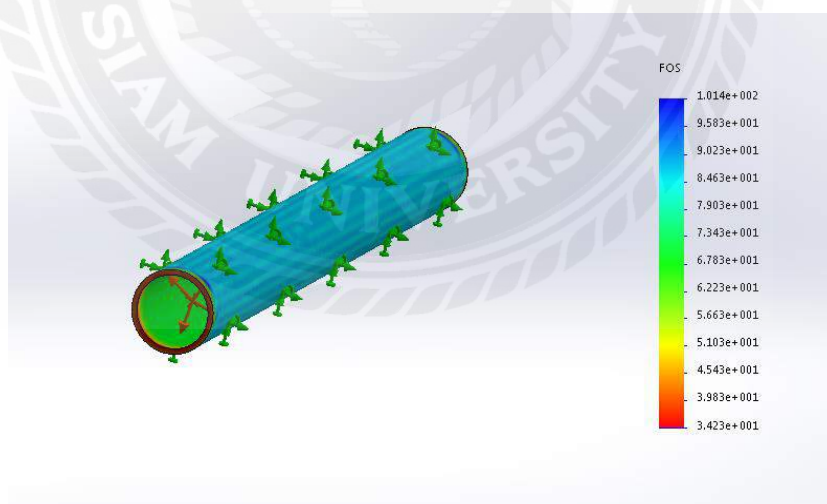
4.2.3 Type M (ยี่ห้อ C) 1/2"



รูปที่ 4.9 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type M(ยี่ห้อC) 1/2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 47.052

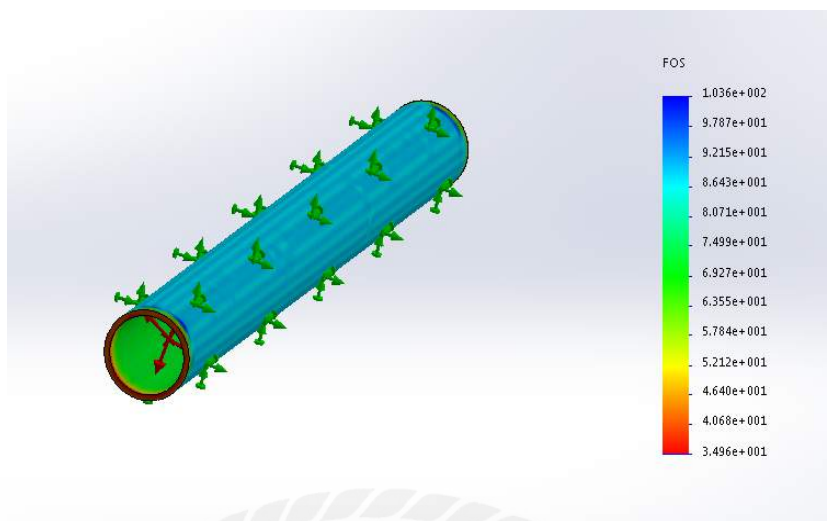
4.2.4 Type L (ยี่ห้อ A) 1/2"



รูปที่ 4.10 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type L(ยี่ห้อA) 1/2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 34.232

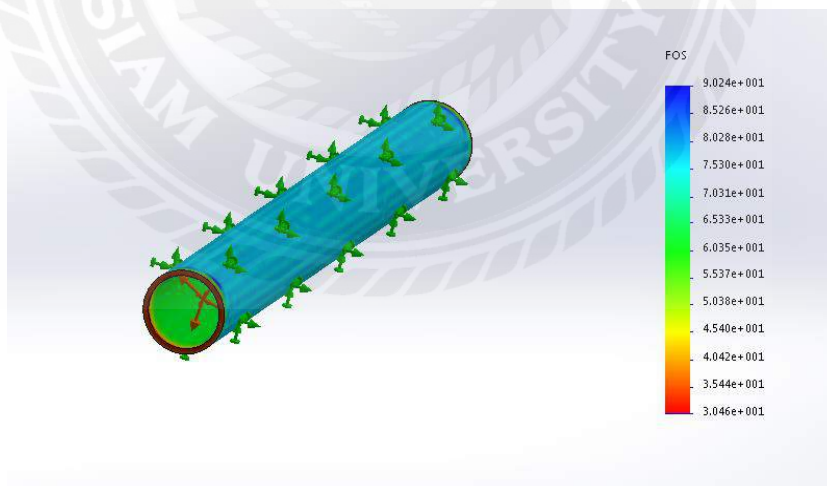
4.2.5 Type L (ยี่ห้อ B) 1/2"



รูปที่ 4.11 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type L (ยี่ห้อ B) 1/2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 34.96

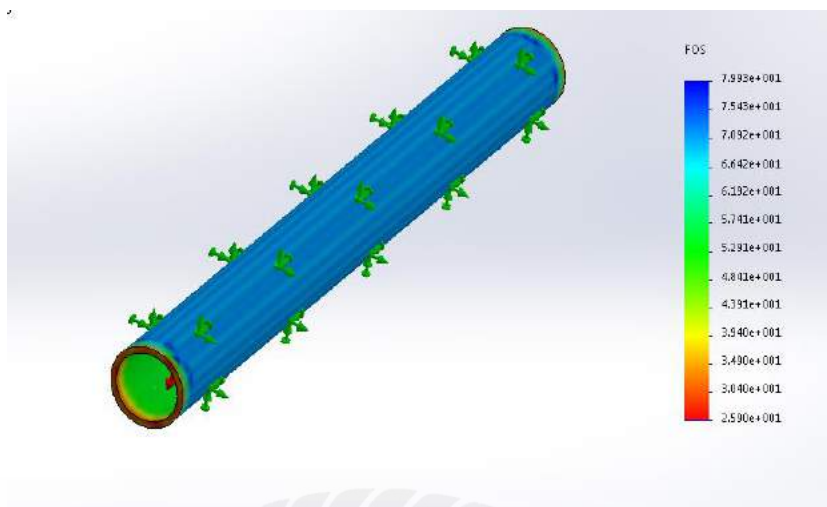
4.2.6 Type L (ยี่ห้อ C) 1/2"



รูปที่ 4.12 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type L (ยี่ห้อ C) 1/2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 30.456

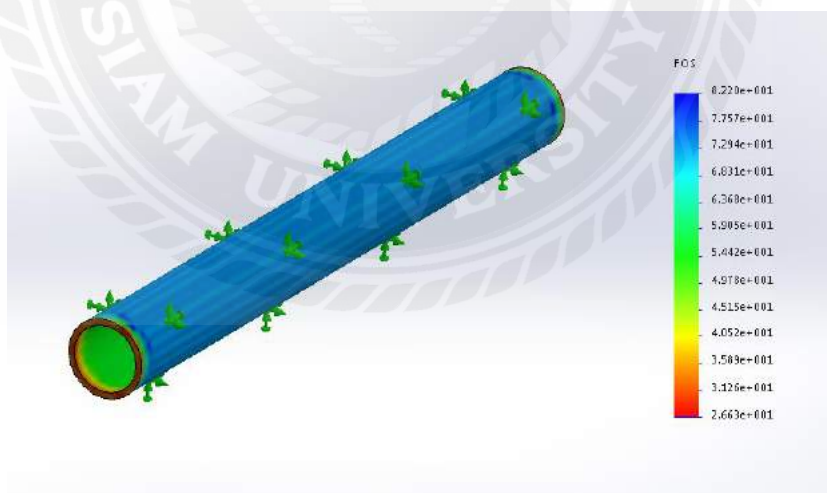
4.2.7 Type K (ยี่ห้อ A) 1/2"



รูปที่ 4.13 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type K(ยี่ห้อA) 1/2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 25.895

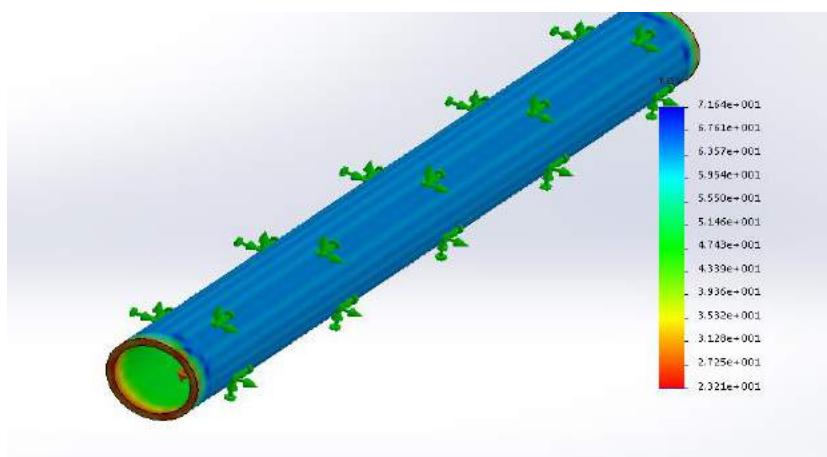
4.2.8 Type K (ยี่ห้อ B) 1/2"



รูปที่ 4.14 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type K(ยี่ห้อB) 1/2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 26.631

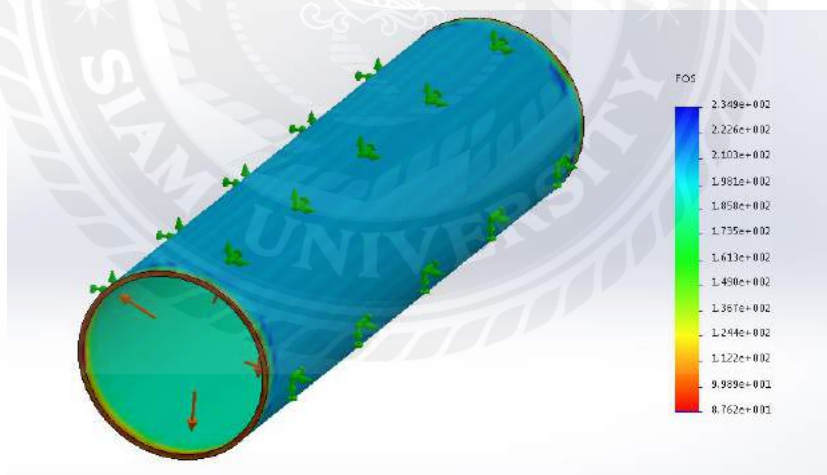
4.2.9 Type K (ยี่ห้อ C) 1/2"



รูปที่ 4.15 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type K(ยี่ห้อA) 1/2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 23.211

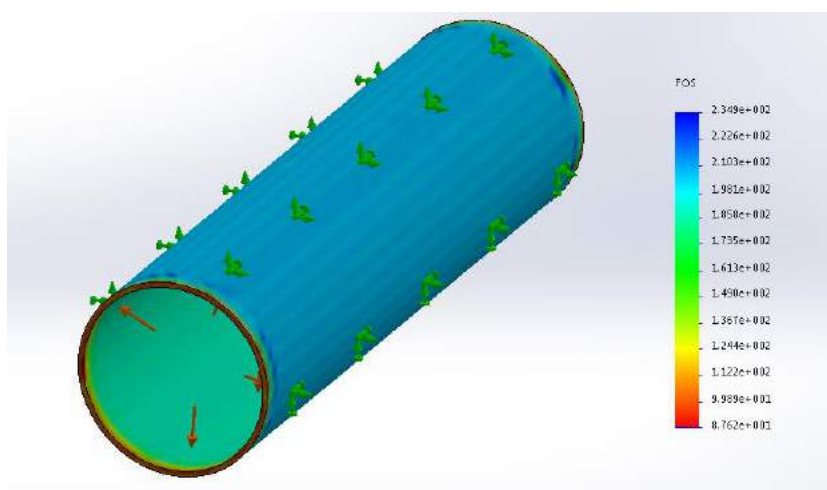
4.2.10 Type M (ยี่ห้อ A) 2"



รูปที่ 4.15 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type M(ยี่ห้อA) 2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 87.617

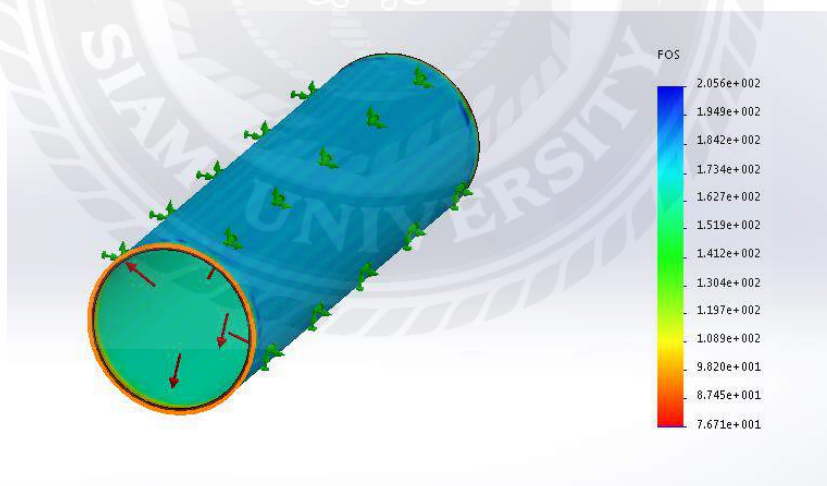
4.2.11 Type M (ยี่ห้อ B) 2"



รูปที่ 4.17 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type M(ยี่ห้อB) 2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 86.443

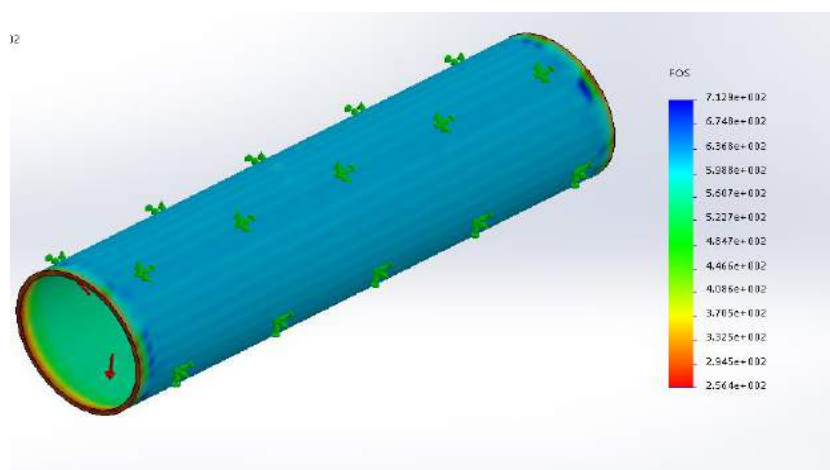
4.2.12 Type M (ยี่ห้อ C) 2"



รูปที่ 4.18 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type M(ยี่ห้อC) 2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 76.708

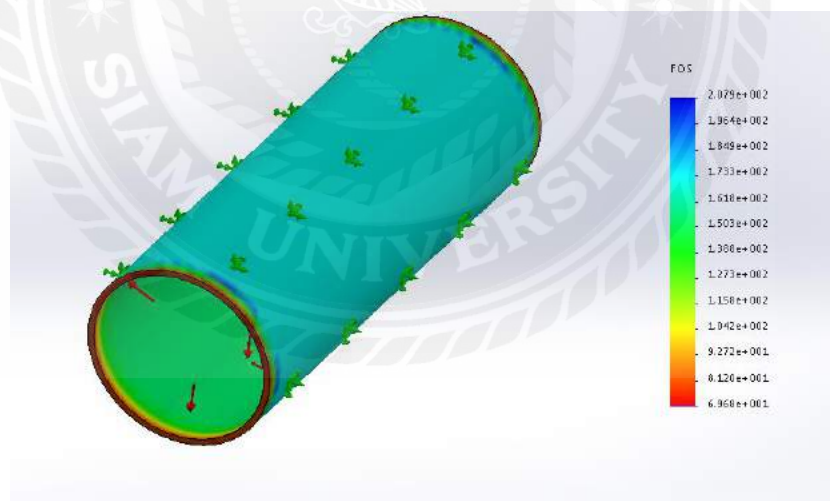
4.2.13 Type L (ยี่ห้อ A) 2"



รูปที่ 4.19 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type L(ยี่ห้อA) 2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 69.303

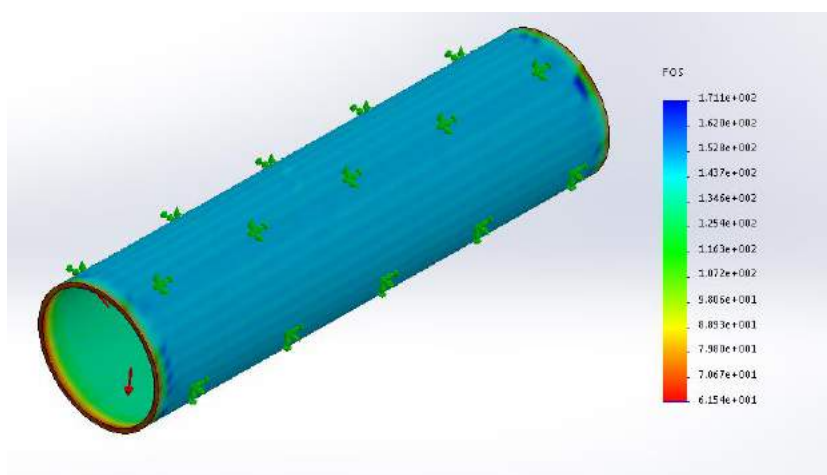
4.2.14 Type L (ยี่ห้อ B) 2"



รูปที่ 4.20 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type L(ยี่ห้อB) 2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 69.683

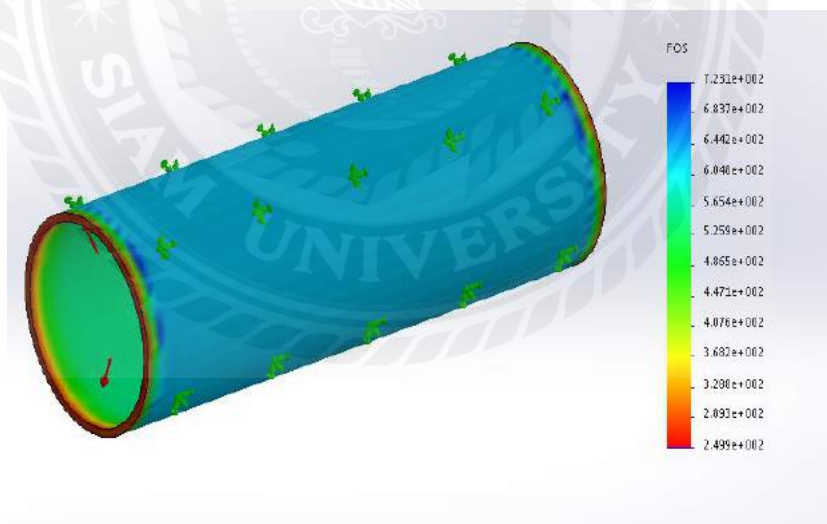
4.2.15 Type L (ยี่ห้อ C) 2"



รูปที่ 4.21 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type L (ยี่ห้อ C) 2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 61.541

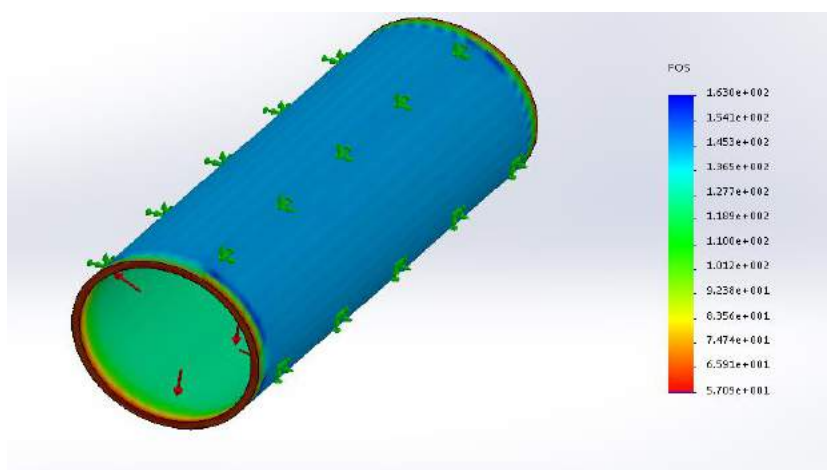
4.2.16 Type K (ยี่ห้อ A) 2"



รูปที่ 4.22 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type K (ยี่ห้อ A) 2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 56.364

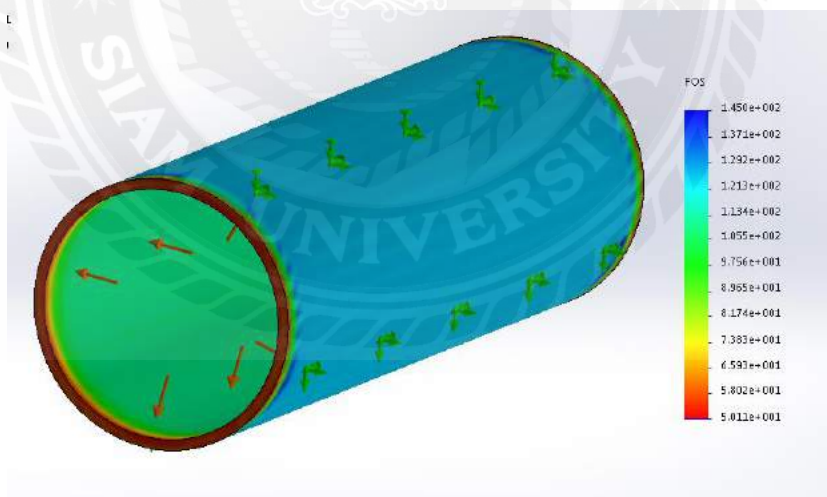
4.2.17 Type K (ยี่ห้อB) 2"



รูปที่ 4.23 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type K(ยี่ห้อB) 2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 57.089

4.2.18 Type K (ยี่ห้อC) 2"



รูปที่ 4.24 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมของท่อ Type K(ยี่ห้อC) 2"

จากผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม พบว่าบริเวณผนังท่อเกิดความเสียหายมากที่สุด แต่ในจุดที่เกิดความเสียหายมากที่สุดนั้น มีค่า Safety of Factor = 50.109

4.3 ตารางผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม

4.3.1 ตารางที่ 4.1 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม ที่ Pressure = 150 PSI

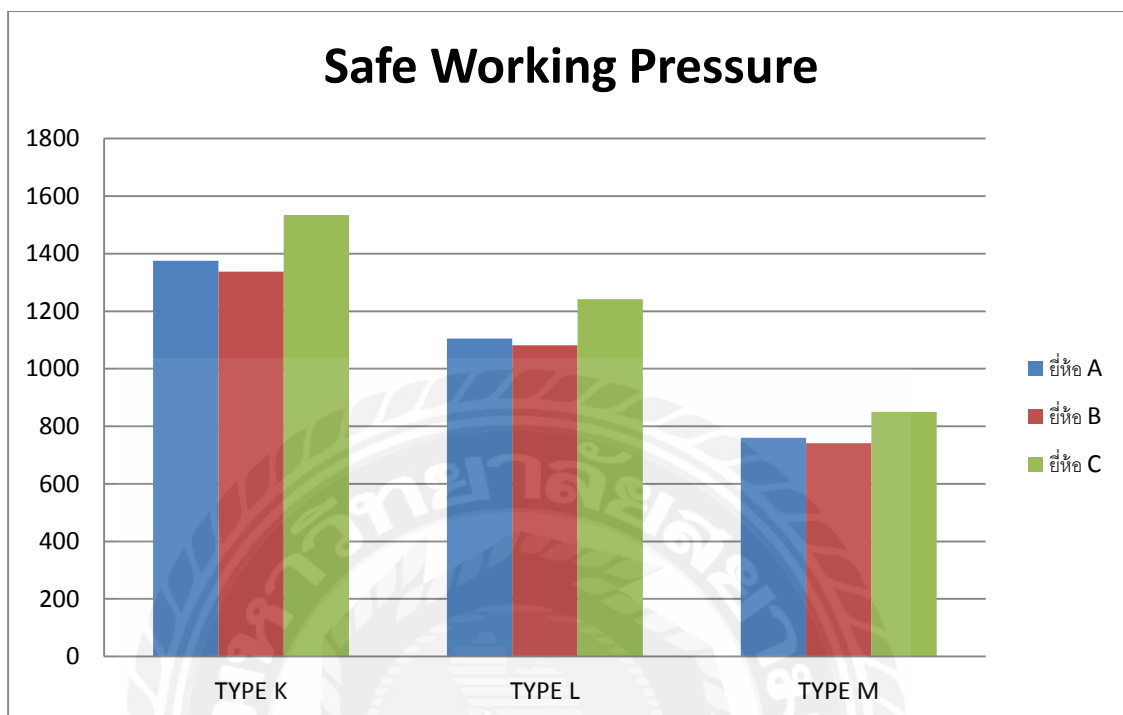
Diameter	TYPE	Product	Safety Factor
1/2 "	K	C	237.38
1/2 "	K	A	237.38
1/2 "	K	B	237.38
2 "	K	C	249.89
2 "	K	A	249.89
2 "	K	B	249.89
1/2 "	L	C	252.18
1/2 "	L	A	252.18
1/2 "	L	B	252.18
2 "	L	C	256.43
2 "	L	A	256.43
2 "	L	B	256.43
1/2 "	M	C	266.64
1/2 "	M	A	266.64
1/2 "	M	B	266.64
2 "	M	C	262.86
2 "	M	A	262.86
2 "	M	B	262.86

4.3.2 ตารางที่ 4.2 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม ที่ Safe Working Pressure

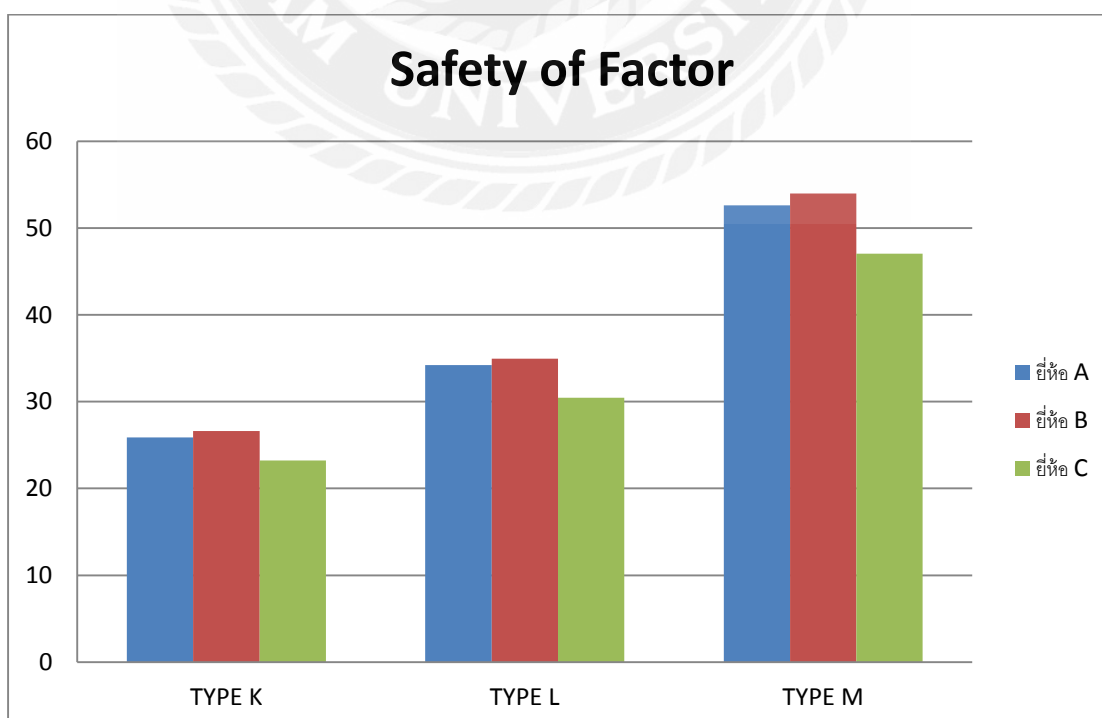
Diameter	TYPE	Product	SWP (Psi)	Safety Factor
1/2 "	K	C	1534	23.211
1/2 "	K	A	1375	25.895
1/2 "	K	B	1337	26.631
2 "	K	C	748	50.109
2 "	K	A	665	56.364
2 "	K	B	652	57.089
1/2 "	L	C	1242	30.456
1/2 "	L	A	1105	34.232
1/2 "	L	B	1082	34.96
2 "	L	C	625	61.541
2 "	L	A	555	69.303
2 "	L	B	545	69.683
1/2 "	M	C	850	47.052
1/2 "	M	A	760	52.624
1/2 "	M	B	741	53.973
2 "	M	C	514	76.708
2 "	M	A	450	87.617
2 "	M	B	448	86.443

4.4 แผนภูมิแสดงผล

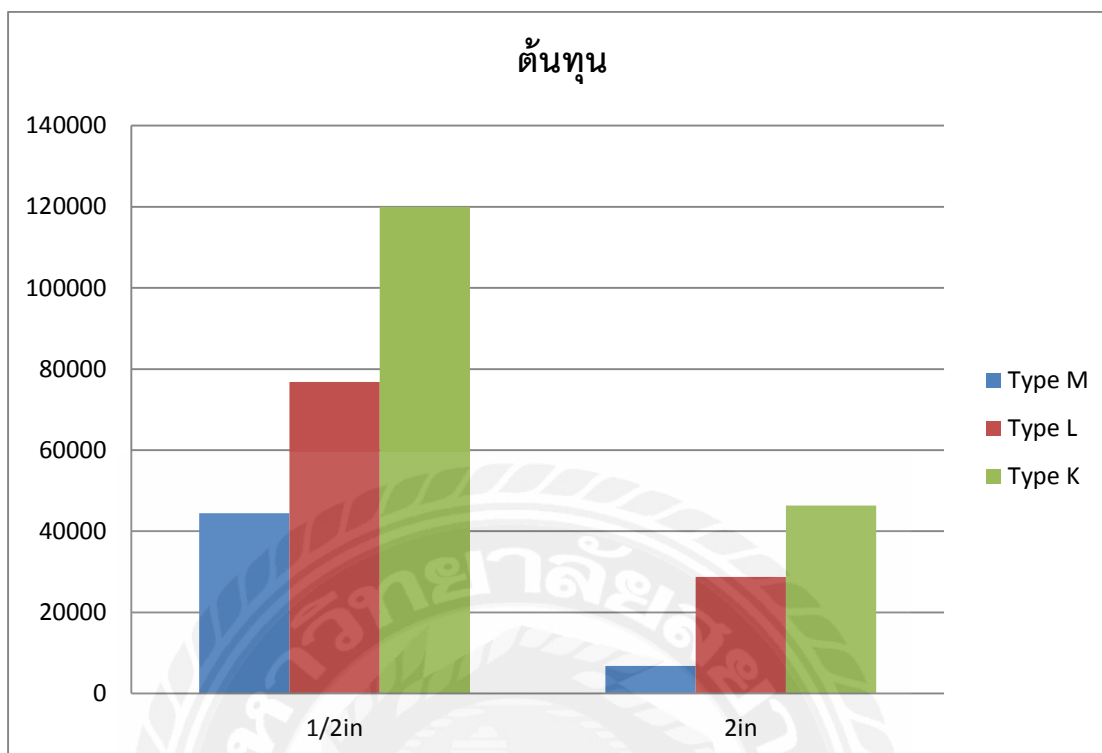
4.4.1 แผนภูมิ Safe Working Pressure



4.4.2 แผนภูมิ Safety of Factor



4.5 ต้นทุนในการติดตั้ง



ต้นทุนในการติดตั้ง

- Type M1/2	=	44,480	บาท
- Type L1/2	=	76,800	บาท
- Type K1/2	=	120,000	บาท
- Type M2	=	6,840	บาท
- Type L2	=	28,780	บาท
- Type K2	=	46,340	บาท

จากแผนภูมิจะเห็นได้ว่า ต้นทุนราคาติดตั้งท่อ ½ นิ้ว ของ Type M นั้นมีราคาต่ำที่สุดโดยอยู่ที่ ราคา 44,480 บาท หรือคิดเป็น 58% ของ Type L และ 37% ของ Type K ตามลำดับ ส่วนท่อขนาด 2 นิ้ว ราคาต้นทุนของ Type M อยู่ที่ 6,840 บาท หรือคิดเป็น 24% ของ Type M และ 14.7% ของ Type K

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การจัดทำโครงการนี้ขึ้นมาเพื่อทำการจำลองการทำงานของระบบไปป์ไลน์ก๊าซทางการแพทย์ในแต่ละชนิดของท่อ โดยจุดประสงค์หลักคือ

1. เพื่อทดสอบคุณภาพของท่อแต่ละแบบเมื่อใช้แรงดันตามมาตรฐานกำหนด โดยผลที่ได้

1.1 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม ที่ Pressure = 150 PSI

- Safety of Factor ของ Type K = 237.38

- Safety of Factor ของ Type L = 252.18

- Safety of Factor ของ Type M = 266.64

1.2 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม ที่ Safe Working Pressure

- Safe working pressure สูงสุดคือ ยี่ห้อ C = 1534 Psi

- Safety of Factor สูงสุดคือ ยี่ห้อ B = 86.443

2. เพื่อทราบถึงต้นทุนในการติดตั้ง โดยผลที่ได้คือ ต้นทุนราคาติดตั้งท่อ ½ นิ้ว ของ Type M นั้นมีราคาต่ำที่สุดโดยอยู่ที่ ราคา 44,480 บาท หรือคิดเป็น 58% ของ Type L และ 37% ของ Type K ตามลำดับ ส่วนท่อขนาด 2 นิ้ว ราคาต้นทุนของ Type M อยู่ที่ 6,840 บาท หรือคิดเป็น 24% ของ Type M และ 14.7% ของ Type K

5.2 ข้อเสนอแนะ

โครงการ การจำลองแรงดันภายในท่อก๊าซระบบทางการแพทย์ ภาควิชา ศึกษาศาสตร์ สถาบันราชภัฏที่ 11 นี้ ระบบไปป์ไลน์ก๊าซทางการแพทย์สามารถใช้แบบ Type M ได้ ซึ่งใน Safe Working Pressure และผลการจำลองผ่านโปรแกรมมีค่าความปลอดภัยที่เพียงพอต่อการใช้งาน และมีราคาต้นทุนที่ต่ำ แต่จะใช้ได้กรณีที่มีแรงดันไม่สูงมากนัก

บรรณานุกรม

- จินดาสา สิงห์เพ็ชร. (2541). *วารสารด้านยาและผลิตภัณฑ์สุขภาพ*. นนทบุรี:
สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.
- ชาญ ถนัดงาน. (2523). *กลศาสตร์ของไหล*. กรุงเทพฯ: บั๊คเซนเตอร์.
- ชุมพล ศฤงคารศิริ. (2545). *การวางแผนและควบคุมการผลิต*. กรุงเทพฯ:
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
- ชนวรรณ อักษรเดช. (2552). *การประยุกต์ใช้โปรแกรม COSMOSWorks เพื่อวิเคราะห์หาค่า
ความปลอดภัยของเชือกพวงช่วยชีวิต*. โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา.
- ปราโมทย์ เดชอำไพ. (2555). *ไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรม*. กรุงเทพฯ:
สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พลเทพ เวงสูงเนิน, ธวัชชัย จารุงศรีวิทยา, ทยาวิรี หนูบุญ และ ประเมศวร์ สุทธิประภา. (2557).
การวิเคราะห์โครงสร้างชั้นวางผักไฮโดรโปนิคส์ที่สร้างจากเหล็กกลม D15. กรุงเทพฯ:
วิศวกรรมสาร มก.
- วัชรพล บิลหะยีหมัด, วิโรจ ญานะพันธ์ และเกรียงไกร อัสวาศบันลือ. (2553).
การออกแบบกลไกประตูเลื่อนสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล. วารสาร มทร.อีสาน.
- ห้างหุ้นส่วน ประเสริฐ เฮลท์แคร์ พลัส จำกัด. (2560). *ความสำคัญของก๊าซออกซิเจน*. เข้าถึงได้จาก
www.arokaplus.com/index.php/importance-of-oxygen.html

ภาคผนวก

รูปในส่วนอื่นๆของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา





รูปที่ 6.1 ขณะทำการตรวจเช็คการรั่วของโซนวาล์วก๊าซทางการแพทย์



รูปที่ 6.2 ขณะทำการตรวจเช็คการติดตั้งโซนวาล์วก๊าซทางการแพทย์



รูปที่ 6.3 การตรวจสอบจุด เอาท์เลท ระบบก๊าซทางการแพทย์



รูปที่ 6.4 การแต่งกายขณะออกปฏิบัติงานในพื้นที่ที่มีการก่อสร้าง

