

บทความวิชาการเผยแพร่งานออกแบบระบบก๊าซออกซิเจนทางการแพทย์ (Oxygen Pipe line) เพื่อช่วยผู้ป่วยที่ติด COVID-19

โดย นายกิตติโชติ ศุภกานี

กองพัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

บทคัดย่อ

จากสถานการณ์ทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยต้องเผชิญกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ก่อให้เกิดความกังวลกับประชาชนไทย ทั้งความกังวลจากการติดโรคและความกังวลจากผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคมที่จะตามมา ภาครัฐเองได้มีแนวทางในการป้องกันและรักษาผู้ที่ติดเชื้อโควิด-19 หลากหลายแนวทางตั้งแต่จากการจัดหาวัดขึ้นและการออกมาตรการต่างๆ รวมถึงการดูแลและฟื้นฟูผู้ป่วย ซึ่งหนึ่งในทางที่สำคัญคือการรักษาอาการปอดอักเสบจากโควิด-19 โดยการรักษาระดับออกซิเจนในเลือด จึงเป็นเรื่องสำคัญเพราะในการรักษาผู้ป่วยปอดอักเสบจากโควิด-19 นอกจากการรักษาตามอาการแล้ว การให้ออกซิเจนให้เพียงพอเพื่อรักษาระดับออกซิเจนในเลือด เป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่ง โดยทั่วไปผู้ที่ติดเชื้อโควิด-19 ส่วนมากจะมีการเพียงเล็กน้อยกลายเป็นหวัด ได้แก่ อาการคัดแน่นจมูก ไอ เจ็บคอ มีไข้ ผู้ป่วยบางรายอาจมีอาการจมูกไม่ได้กลิ่น ลิ้นไม่รับรส ร่วมด้วย ซึ่งถ้าหากร่างกายเดิมแข็งแรง มีอาการไม่มาก จะสามารถหายเองได้เพียงให้การรักษาตามอาการ ทั้งนี้หากได้รับเชื้อประมาณช่วงวันที่ 4-7 เป็นต้นไป นับจากวันแรกที่เริ่มมีอาการ ผู้ป่วยส่วนหนึ่งอาจมีเชื้อลุกลามเข้าหลอดลมลงสู่ปอดจนเกิดภาวะปอดอักเสบขึ้น โดยเฉพาะผู้ที่ร่างกายเดิมอ่อนแอ มีโรคประจำตัวเสี่ยง เช่น โรคหัวใจ โรคปอด โรคตับ โรคไต ความดันโลหิตสูง เบาหวาน โรคเมหะเร็ง หรือกินยากดภูมิต้านทาน โรคอ้วน เป็นต้น สังเกตได้จากผู้ป่วยจะมีอาการไอมาก บางคนมีไอเสมหะปนเลือด เหนื่อย หายใจลำบาก หายใจไม่อิ่ม เจ็บหน้าอกโดยเฉพาะเวลาสูดหายใจเข้าลึก ๆ หรือเวลาไอ มีไข้ และมีระดับออกซิเจนในร่างกายต่ำกว่าค่าปกติได้

ดังนั้นในการรักษาผู้ป่วยปอดอักเสบจากโควิด-19 นอกจากการรักษาโดยการให้ยาต้านไวรัส ยาต้านการอักเสบ ยาป้องกันลิ่มเลือดอุดตัน รวมถึงยารักษาโรคประจำตัวอื่น ๆ แล้ว การรักษาที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือการให้ออกซิเจนให้เพียงพอ เพื่อรักษาระดับออกซิเจนในเลือด ที่จะไปเลี้ยงอวัยวะสำคัญต่าง ๆ เช่น หัวใจ ตับ ไต สมอง ไม่ให้ทำงานทรุดตามลงไป ซึ่งถ้าอวัยวะสำคัญต่าง ๆ ล้มเหลว อาจส่งผลให้ผู้ป่วยเสียชีวิตได้

แต่ทั้งนี้การให้ออกซิเจนมากเกินไปก็เป็นพิษกับปอดเหมือนกันเพราะหากให้ออกซิเจนมากกว่าปกติ อาจจะทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ โดยจะก่อให้เกิดสารอนุมูลอิสระที่เป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อต่าง ๆ ได้ และก่อให้เกิดการอักเสบของหลอดลมรวมถึงเนื้อปอดได้ ดังนั้นจึงควรใช้ออกซิเจนเมื่อมีข้อบ่งชี้ทางการแพทย์ และไม่ให้มากเกินไป

โดยปกติแล้วการให้ออกซิเจน จะใช้เฉพาะในผู้ที่มีออกซิเจนในร่างกายต่ำ ส่วนใหญ่จะใช้ในผู้ป่วยโรคปอด ได้แก่ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง หรือถุงลมโป่งพอง โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง โรคพังผืดในปอด และโรคปอดอื่น ๆ ที่มีปัญหาออกซิเจนในร่างกายต่ำ โดยจะมีข้อบ่งชี้ในการให้ออกซิเจนไม่เหมือนกับในผู้ป่วยปอดอักเสบจากโควิด-19 เนื่องจากในผู้ป่วยโรคปอดเรื้อรัง เมื่อเป็นมานาน ๆ ร่างกายจะมีการปรับตัวให้เข้ากับภาวะออกซิเจนในเลือดต่ำได้ระดับหนึ่ง ผู้ป่วยโรคปอดเรื้อรังจึงเริ่มให้ออกซิเจนก็ต่อเมื่อระดับออกซิเจนที่วัดปลายนิ้วมีค่าต่ำมาก ($\leq 88\%$) หรือมีโรค/ภาวะแทรกซ้อนที่เกิดจากการที่มีระดับออกซิเจนในเลือดต่ำนาน ๆ เช่น ความดันโลหิตสูง หัวใจห้องขวาล้มเหลว

สำหรับออกซิเจนที่ใช้โดยทั่วไปมักมี 2 แบบ คือ เครื่องผลิตออกซิเจน และถังออกซิเจน โดยแต่ละแบบจะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป

1. เครื่องผลิตออกซิเจน ต้องเสียบปลั๊กใช้ไฟฟ้า ดึงอากาศในห้องมาผลิตเป็นออกซิเจนระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ควรเลือกรุ่นที่ผ่านการรับรองคุณภาพแล้ว และเปิดได้น้อย 5 ลิตรต่อนาที ข้อดีคือ ไม่ต้องคอยเติมออกซิเจน เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องใช้ออกซิเจนขนาดสูงและใช้เป็นระยะเวลานาน แต่ข้อเสียคือ ต้องใช้ไฟ ดังนั้นถ้าไฟดับคือเครื่องจะไม่ทำงาน ยกเว้นบางรุ่นที่มีแบตเตอรี่สำรอง และตัวเครื่องจะมีอายุการใช้งานที่ต้องรับการบำรุงรักษา

2. ถังออกซิเจน ข้อดีคือไม่ต้องใช้ไฟ ดังนั้นถ้าไฟดับจะยังสามารถใช้ได้อยู่ แต่มีข้อเสียคือ เมื่อออกซิเจนหมดถึงต้องคอยหาที่เติมออกซิเจน ดังนั้นในผู้ที่ใช้ออกซิเจนเป็นระยะเวลานาน อาจต้องมีถังสำรองไว้ระหว่างที่รอเติม ซึ่งข้อควรระวังในการใช้ออกซิเจนทั้งสองแบบคือ ระวังไม่ให้มีประกายไฟ ผู้ป่วยห้ามสูบบุหรี่ระหว่างที่ใช้ออกซิเจนเด็ดขาด เพราะออกซิเจนจะติดไฟได้

ดังนั้น เพื่อให้การบริหารจัดการก๊าซออกซิเจนทางการแพทย์ให้เพียงพอ และมีประสิทธิภาพ ทันต่อการรับมือสถานการณ์การแพร่ระบาดโควิด-19 ในปัจจุบัน จึงต้องดำเนินการออกแบบระบบก๊าซทางการแพทย์ออกซิเจน (Oxygen Pipe line) ให้มีประสิทธิภาพ เป็นระบบที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการรักษาผู้ป่วย ในโรงพยาบาล ซึ่งออกซิเจนทางการแพทย์ จะใช้ในการรักษาผู้ป่วย ในโรคระบบทางเดินหายใจ หอบเหนื่อย หายใจเองไม่ได้ โดยการจ่ายออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจ เครื่องพ่นยา และใช้กับเครื่องมือแพทย์ในการรักษาผู้ป่วย โดยออกซิเจนที่จะนำมาใช้กับผู้ป่วยต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมออกซิเจนทางการแพทย์ (มอก.540-2555) ซึ่งในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า ออกซิเจน ซึ่งหมายถึง ออกซิเจนที่อยู่ในสถานะก๊าซหรือของเหลว มีสูตรทางเคมี O_2 สำหรับใช้ในทางการแพทย์ และมีปริมาณออกซิเจนไม่น้อยกว่าร้อยละ 99.0 โดยปริมาตรของ O_2 มีคุณลักษณะที่ต้องการของออกซิเจนทางการแพทย์ ลักษณะทั่วไปของออกซิเจนทางการแพทย์ในสถานะก๊าซ ไม่มีกลิ่น ไม่มีสี ในสถานะของเหลวไม่มีกลิ่น มีสีฟ้าอ่อน การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ โดยเปิดวาล์วภาชนะบรรจุซึ่งมีแรงดันสูงถึง 2,200 psig. ด้วยความระมัดระวัง โดยให้ออกซิเจนไหลด้วยความเร็วปานกลาง โดยอย่าให้อิทธิพลของออกซิเจนเข้าที่หน้าโดยตรง แต่ให้หันส่วนของไอก๊าซออกซิเจนให้เข้าที่จมูก จะต้องไม่ปรากฏกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์

เนื่องจากออกซิเจนทางการแพทย์เป็นก๊าซที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในการรักษาผู้ป่วย ในโรงพยาบาลอย่างมาก แต่ก็มีอันตรายอย่างมาก ออกซิเจนทางการแพทย์ ไม่ติดไฟ แต่ช่วยให้ไฟติดหนักกว่าอากาศ 1.1 เท่า ที่ความดันบรรยากาศ มีจุดเดือด ที่ $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$ ในบรรยากาศปกติมีออกซิเจนประมาณ ร้อยละ 21 ถ้าออกซิเจนเพิ่มขึ้นในระหว่างร้อยละ 31 – 47 จะเกิดการลุกไหม้ของเชื้อเพลิงอย่างรุนแรงทันทีที่มีประกายไฟหรือความร้อน น้ำมันและจารบีหรือวัตถุเชื้อเพลิงถ้าอยู่ในบรรยากาศของออกซิเจน แม้มีความดันเพียงเล็กน้อย ก็จะทำให้เกิดปฏิกิริยาอย่างรุนแรง เกิดความร้อนสูงจะทำให้เกิดการลุกไหม้และระเบิดได้ หรือสารเกือบทุกชนิดจะลุกไหม้ในบรรยากาศที่มีออกซิเจนถ้าอุณหภูมิของการติดไฟสูงพอ ถ้าในบรรยากาศมีออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น อุณหภูมิของการติดไฟจะต่ำลง ในขณะเดียวกันความเร็วของการเผาไหม้จะเกิดเร็วขึ้น ในการซ่อมบำรุงรักษาติดตั้งอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบออกซิเจน จะต้องมีการล้างคราบออกซิเจน ออกให้หมด โดยใช้ยา TCE (Trichlor Thylene) หรือไม่กี่สารจำพวก Methylene Chloride หรือ ต้องเป็นสารที่บรรจุอยู่ในภาชนะที่มีสลากเขียนว่า Clean for oxygen service

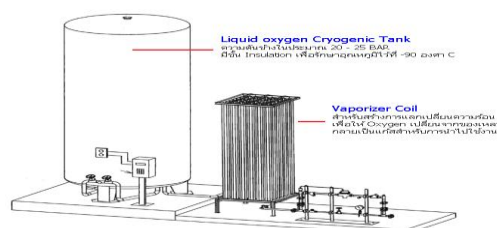
สำหรับการดำเนินการออกแบบระบบก๊าซทางการแพทย์ออกซิเจน (Oxygen Pipe line) ในครั้งนี้ ได้นำร่องในพื้นที่ภาคเหนือ เนื่องจากเป็นพื้นที่ติดกับแนวประเทศเพื่อนบ้านและมีการเดินทางข้ามพรมแดนของแรงงานเป็นจำนวนมาก อาจทำให้เกิดการแพร่ระบาดโควิด-19 ได้ จึงดำเนินการออกแบบในโรงพยาบาลนำร่อง อันได้แก่ โรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวง อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย ซึ่งเป็นโรงพยาบาลขนาด 30 เตียง สังกัดสำนักปลัดกระทรวงสาธารณสุข บริการทางด้านการสาธารณสุข มีผู้ป่วยนอก และผู้ป่วยใน ระบบออกซิเจน

จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในกระบวนการรักษาผู้ป่วย ในโรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวง มีแผนกฉุกเฉิน ห้องคลอด ห้องผ่าตัด ผู้ป่วยใน ผู้ป่วยนอก คลินิกพิเศษ คลินิกโรคไต ดังนั้นระบบก๊าซทางการแพทย์ ออกซิเจน (Oxygen Pipe line) จึงเป็นระบบที่มีความสำคัญอย่างมากในโรงพยาบาล และทุกโรงพยาบาลจำเป็นต้องมีเพื่อช่วยเหลือชีวิตมนุษย์ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการบริหารจัดการความเสี่ยง การวางแผนบริหารการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันที่ดี และจะต้องให้ความรู้แก่เจ้าหน้าที่บุคลากรทางการแพทย์ เพื่อให้โรงพยาบาลมีความพร้อมในการใช้ระบบก๊าซทางการแพทย์ออกซิเจน (Oxygen Pipe line) ตลอดเวลา พร้อมรองรับระบบ มาตรฐาน HA ของกระทรวงสาธารณสุข

1.การพัฒนาระบบก๊าซทางการแพทย์ออกซิเจน (Oxygen Pipe line)

สำหรับการรักษาและดูแลผู้ป่วยในระบบทางเดินหายใจของโรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวง อ.แม่ฟ้าหลวง จ. เชียงราย ปัจจุบันเป็นโรงพยาบาลขนาด 30 เตียง สังกัดสำนักปลัดกระทรวงสาธารณสุข บริการทางด้านการสาธารณสุข มีผู้ป่วยนอก และผู้ป่วยใน ระบบออกซิเจน จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในกระบวนการรักษาผู้ป่วย จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ในโรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวง มีแผนกฉุกเฉิน ห้องคลอด ห้องผ่าตัด ผู้ป่วยใน ผู้ป่วยนอก คลินิกพิเศษ คลินิกโรคไต ดังนั้นระบบออกซิเจนมีความสำคัญอย่างมากที่ขาดไม่ได้จะต้องมีระบบสำรอง ระบบการบำรุงดูแลรักษา ตลอดเวลา

ในปัจจุบันการเพิ่มของประชากรในอำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงรายมีเพิ่มมากขึ้น มีผู้ป่วยที่ป่วยเป็นโรคทางเดินหายใจมากขึ้น การทำการรักษาจึงจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนมากขึ้น ก่อนหน้านั้นทางโรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวงเคยเป็นโรงพยาบาลขนาด 60 เตียง ได้ใช้ออกซิเจนเหลวเป็นถังแบบ PLC ทำให้คาดการณ์ปริมาณการใช้ออกซิเจนทางการแพทย์มากขึ้น ทางโรงพยาบาลจึงได้ทำการออกแบบและสร้างระบบก๊าซทางการแพทย์ออกซิเจน (Oxygen Pipe line) โดยมีกองวิศวกรรมการแพทย์ กรมสนับสนุนบริการทางการแพทย์เป็นผู้ออกแบบระบบให้แก่โรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวง ได้วางแผนท่อน้ำที่หัวเตียงห้องผู้ป่วยฉุกเฉินจำนวน 5 หัวจ่าย ห้องรอกคลอดจำนวน 2 หัวจ่าย ห้องคลอด จำนวน 2 หัวจ่าย ห้องผ่าตัดจำนวน 2 หัวจ่าย ห้องสังเกตอาการ 2 หัวจ่าย หอผู้ป่วยในชายจำนวน 15 หัวจ่าย หอผู้ป่วยในหญิงจำนวน 15 หัวจ่าย ห้องพิเศษ 6 หัวจ่าย ดึกสงฆ์ 8 หัวจ่าย ห้องแยกโรค 1 หัวจ่าย รวมทั้งหมด 58 หัวจ่าย และได้มีการบำรุงรักษาถูกต้องตามหลักทางด้านวิศวกรรม ทำให้ระบบออกซิเจน เกิดการชำรุด ระบบจ่ายออกซิเจนอัตโนมัติเสียหายไม่สามารถใช้งานได้ ซึ่งเดิมโรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวงได้ใช้ออกซิเจนเหลวถังแบบ PLC ขนาดบรรจุ 350 ลิตร เนื่องจากระบบถังแบบ PLC มีระบบประเหตต้องทำงานตลอดเวลา โดยน้ำแก๊สที่อยู่ในสภาพของเหลว ซึ่งน้ำแก๊สออกซิเจนเหลว 1 ลิตร สามารถผลิตเป็นออกซิเจนในสภาพแก๊สได้ 890 ลิตร และทางโรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวง จะใช้ออกซิเจนเหลวแบบถัง เตือนละ 5 ถัง โดยน้ำแก๊สออกซิเจนเหลว 1 ถังสามารถผลิตแก๊สออกซิเจนได้ 311,500 ลิตร ดังนั้นออกซิเจนเหลวถังแบบ PLC ขนาดบรรจุ 350 ลิตร จำนวน 5 ถัง จึงมีปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนรวม 1,557,500 ลิตร ซึ่งราคาของออกซิเจนเหลวถังแบบ PLC 1 ถัง ราคา 25,000 บาท/ถัง จึงรวมเป็นค่าใช้จ่ายเป็นเงิน 125,000 บาทต่อเดือน



รูปที่ 1.1 ภาชนะบรรจุ (Cryogenic liquefied gas storage tanks)

แต่ปัจจุบันทางโรงพยาบาล ได้มีการให้บริการผู้ป่วยที่มีจำนวนขนาด 30 เตียง และจากการประเมินตามปกติโรงพยาบาลที่มีขนาด 30 เตียง จะใช้ออกซิเจนที่เป็นท่อบรรจุแก๊สออกซิเจนในสภาพแก๊สขนาด G ปริมาณที่บรรจุไม่เกิน 5,000 ลิตร จำนวนไม่เกิน 150 ท่อ รวมปริมาณการใช้ออกซิเจนในสภาพแก๊สอยู่ที่ 750,000 ลิตร ซึ่งท่อบรรจุแก๊สออกซิเจนในสภาพแก๊สขนาด G มีราคาท่อละ 200 บาท จึงรวมเป็นค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 30,000 บาทต่อเดือน

ดังนั้นทำให้โรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวง ต้องสูญเสียเงินในการปล่อยออกซิเจน ทั้ง 807,500 ลิตร หรือคิดเป็นมูลค่าเงินที่สูญเสียอยู่ที่ 95,000 บาท/เดือน เมื่อทางโรงพยาบาลได้เห็นจำนวนเงินที่ต้องสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์ จึงได้ประสงค์ออกแบบระบบจ่ายออกซิเจนเป็นแบบแก๊สแทนเป็นแบบถังออกซิเจนเหลว

2. ทัศนวิสัยและหลักวิชาการที่เกี่ยวข้อง แนวคิดในการออกแบบ

ในการออกแบบและคำนวณระบบก๊าซทางการแพทย์ออกซิเจน (Oxygen Pipe line) มีแนวคิดในการออกแบบให้สอดคล้องกับข้อกำหนดและมาตรฐานต่างๆ ดังนี้

2.1 การออกแบบต้องอยู่ภายใต้กฎหมาย ประกอบด้วย

2.1.1 กฎกระทรวงกำหนดมาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับหม้อน้ำ หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อ นำความร้อน และภาชนะรับแรงดันในโรงงาน พ.ศ. ๒๕๔๔

2.1.2 มอก.87-2521 สีและสัญลักษณ์สำหรับภาชนะบรรจุก๊าซที่ใช้ในการแพทย์

2.1.3 มอก. 359-2523 ภาชนะบรรจุก๊าซทนความดันแบบไม่มีตะเข็บ

2.1.4 มอก. 540-2555 ออกซิเจนที่ใช้ในทางการแพทย์

2.1.5 มอก. 358-2531 การใช้และการซ่อมบำรุงภาชนะบรรจุก๊าซทนความดัน

2.1.6 มอก. 1095- 2535 ข้อต่อลิ้นภาชนะบรรจุก๊าซที่ใช้ในการแพทย์

2.1.7 มอก. 255-2521 กลอุปกรณ์นิรภัยแบบระบายของถังก๊าซ

2.2 การออกแบบต้องอยู่ภายใต้มาตรฐาน ประกอบด้วย

2.2.1 NFPA 99 Standard for. Health Care Facilities. 2018 Edition.

2.2.2 NFPA 50 Standard for Bulk Oxygen Systems at Consumer Sites.

2.2.3 NFPA 701 Standard Methods of Fire Tests for Flame Propagation of Textiles and Films

2.2.4 ASTM 136-99 Test Method for Behavior of. Materials in a Vertical Tube Furnace at 750°C

2.2.5 ASTM B88 Standard Specification for Seamless Copper Water Tube.

2.2.6 ASTM B819 Standard Specification for Seamless Copper Tube for Medical Gas System.

2.2.7 ISO 5359 specifies requirements for low-pressure hose assemblies intended for use with the following medical gases:

2.2.8 CGA Pamphlet V-5 Diameter Index Safety System (Noninterchangeable Low Pressure Connections for Medical Gas Applications)

2.2.9 คู่มือระบบก๊าซทางการแพทย์ 2545

2.2.10 มาตรฐานการก่อสร้าง กระทรวงสาธารณสุข 2553

ทั้งนี้ ก่อนการออกแบบควรเดินทางสำรวจหน้างาน เพื่อหาแนวท่อที่จะเชื่อมต่อกับอาคารผู้ป่วยนอก อาคารผู้ป่วยใน แหล่งจ่ายเดิม และดูความปลอดภัยและความเหมาะสมที่จะออกแบบแหล่งจ่าย และนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจหน้างาน และสอบถามบุคลากรทางการแพทย์ว่าที่ห้องไหนที่มีความจำเป็นที่จะต้องให้ออกซิเจน เพื่อจะทำการวางหัว Outlet สำหรับออกซิเจน และจะต้องออกแบบหัว Outlet ให้ตรงกับของโรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวง เพื่อง่ายต่อการบำรุงรักษา ในการจัดซื้ออะไหล่ เช่น O-Ring มาทำการค้นหาข้อกำหนดและมาตรฐาน เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบ และหลังจากได้ข้อมูลข้อกำหนดและมาตรฐาน มาทำการออกแบบโครงสร้างเพื่อรองรับถังก๊าซออกซิเจน และจะต้องให้มีระบบระบายอากาศ เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐาน NFPA 99 ในหัวข้อ แหล่งจ่ายออกซิเจน ของโรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวง



รูปที่ 2.1 การเดินสำรวจหน้างานเพื่อเตรียมการออกแบบ

หลังจากการออกแบบได้ตามวัตถุประสงค์ของโรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวง ก็ได้ทำการส่งแบบร่างนี้ให้กับฝ่ายอาคารสถานที่ สำนักงานสนับสนุนบริการสุขภาพเขต 1 จ.เชียงใหม่ ซึ่งมีหน้าที่ดูแล ควบคุม การก่อสร้าง ให้เป็นไปตามกฎหมายและมาตรฐานทางด้านวิศวกรรม

2.3 กำหนดสเปคและอุปกรณ์ของระบบก๊าซทางการแพทย์ออกซิเจน (Oxygen Pipe line)

2.4 กำหนดการทดสอบระบบที่แหล่งจ่าย ท่อ Pigtail 1.5 เท่าของแรงดันที่ใช้งาน คือ 2,200 Psi x 1.5 เท่า แรงดันที่ใช้ทดสอบ 3,300 Psi ระยะเวลาในการทดสอบ 24 ชั่วโมง

2.5 กำหนดการทดสอบระบบลดแรงดัน 150 Psi. x 1.5 เท่า แรงดันที่ใช้ทดสอบ 225 Psi

2.6 กำหนดการทดสอบระบบ Residual Pressure ของระบบที่จะใช้งานกับเครื่องมือแพทย์และผู้ป่วยที่ใช้แรงดัน ไม่เกิน 60 Psi. x 1.5 เท่า แรงดันที่ใช้ทดสอบ 90 Psi. ระยะเวลาในการทดสอบ 24 ชั่วโมง

2.7 กำหนดการติดตั้ง และการเชื่อมต่อ จะต้องมีการ Purge nitrogen ตลอดเวลา ในการเชื่อมต่อก๊าซออกซิเจน (ASTM B819) เพื่อใช้ไล่ความชื้น ไล่อากาศ ไล่ออกซิเจน และไม่ให้เกิด Copper oxide

2.8 กำหนดการทดสอบ Cross-connection เพื่อป้องกันการสลับก๊าซ ให้เป็นไปตามมาตรฐาน NFPA 99 Standard for. Health Care Facilities. 2018 Edition.

2.9 กำหนดการทดสอบความสะอาดของ ระบบโดยใช้ก๊าซ Nitrogen อัดลงในท่อที่แหล่งจ่าย โดยใช้แผ่นกรองอากาศสีขาว จนกว่าจะไม่มีฝุ่นสีดำ

2.10 กำหนดการทดสอบแรงดันแต่ละ Outlet ที่แรงดัน 60 Psi.จะต้องเท่ากัน บวกลบไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 2.2 ประชุมสรุปการเตรียมแนวทางการดำเนินงาน

2.11 จัดทำคู่มือตารางการบำรุงดูแลรักษาระบบก๊าซทางการแพทย์ ตามมาตรฐาน NFPA 99 Standard for. Health Care Facilities. 2018 Edition. ให้กับ โรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวง

2.12 สำหรับพื้นฐานของการออกแบบการระบบออกซิเจนทางการแพทย์ (ท่อและส่วนประกอบ) ได้แก่ ความเร็วแก๊ส , การสูญเสียแรงดัน และความแข็งแรงเชิงกลของท่อ (ความดันอุณหภูมิและความเครียด) โดยมีขั้นตอนการออกแบบสำหรับแต่ละส่วนของท่อจะทราบอัตราการไหลและความดันที่ต้องการ ลำดับการเลือกปกติจะเป็นดังนี้

2.12.1 ต้องสรุปเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเพื่อให้ได้แรงดันที่ต้องการ โดยมีการไหลสูงสุดในการวิ่งไปที่กำหนด ควรเลือกโดยตัดสินใจจากความเร็วที่ประหยัดที่คำนวณได้แยกกันสำหรับแต่ละท่อ

2.12.2 การตรวจสอบความเร็วและการปรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เป็นไปได้สังเกตขีดจำกัดความเร็ว

2.12.3 การเลือกความหนาของท่อตามความต้านทานที่ต้องการความดัน

ทั้งนี้การเลือกความเร็วในส่วนใดส่วนหนึ่งของท่อขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น วัสดุที่ไหลออกจากท่อฝุ่นและสิ่งแปลกปลอมเป็นต้น Velocity หมายถึง ความเร็วของก๊าซในหน้าตัดที่กำหนดซึ่งคำนวณภายใต้เงื่อนไขของความดันอุณหภูมิและการไหล โดยมีสมการดังนี้

$$\text{ความเร็ว} = (1.313 \times Q \times TZ) / (D P)$$

$$V = \text{ความเร็วของก๊าซเป็น m / s}$$

$$Q = \text{ไหลเป็น m}^3/\text{h} \text{ ภายใต้เงื่อนไข NTP}$$

$$T = \text{อุณหภูมิของแก๊สเป็น K}$$

$$P = \text{ความดันก๊าซสัมบูรณ์ในบาร์}$$

$$Z = \text{ค่าสัมประสิทธิ์การบีบอัดภายใต้การไหลเงื่อนไข}$$

$$D = \text{เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อเป็น มม.}$$

แม้ว่าความเร็วของออกซิเจนในท่อจะขึ้นอยู่กับวัสดุของท่อและช่วงความดันที่ออกแบบระบบท่อมาตรฐานและบรรทัดฐานสากลช่วยให้ก๊าซออกซิเจนในท่อมีความเร็วสูงขึ้น ความเร็วที่แนะนำโดยมาตรฐานนี้ถูกจำกัดไว้ที่ค่าที่ระบุข้างต้น

2.12.4 การคำนวณปริมาณการใช้ออกซิเจน ระบบหลักและระบบสำรอง

ปริมาณการการสำรองออกซิเจนของระบบหลักและรองควรเป็นตกลงกับการจัดหาก๊าซและขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ความต้องการออกซิเจนทางการแพทย์เฉลี่ยต่อวันในปัจจุบันบวกกับการเติบโตตามธรรมชาติในช่วงนี้ และระยะเวลาสัญญา การเติบโตตามแผนเพิ่มเติมใด ๆ (เห็นว่าการเติบโตตามธรรมชาติใด ๆ) ในรูปแบบการใช้งานภายใน ระยะเวลาสัญญา ความต้องการเฉลี่ยต่อวันในปัจจุบันสามารถคำนวณได้โดยการหารกระแสการบริโภคต่อปีภายใน 365 วัน สต่อการดำเนินงานควรเป็นไปตามค่าเฉลี่ยความต้องการรายวันที่คาดการณ์ไว้สำหรับการสิ้นสุดระยะเวลาของสัญญาคำนวณ โดยตัวอย่าง เช่น

ความต้องการเฉลี่ยรายวัน = ความต้องการรายวันในปัจจุบัน + การเติบโตตามแผน
+ การเติบโตตามธรรมชาติ

ปริมาณการใช้ออกซิเจน = ก๊าซ 6,470 ลิตร / นาที

ความต้องการรายวัน = $(6,470/1,000) \times 60 \times 24 = 9,316.8 \text{ m}^3 / \text{วัน}$

ความต้องการเฉลี่ยต่อวัน = $9316.8 * 1.1 + \text{ไม่มีการเติบโตตามธรรมชาติ} = 10,248.48 \text{ m}^3 / \text{วัน}$ ก๊าซออกซิเจน

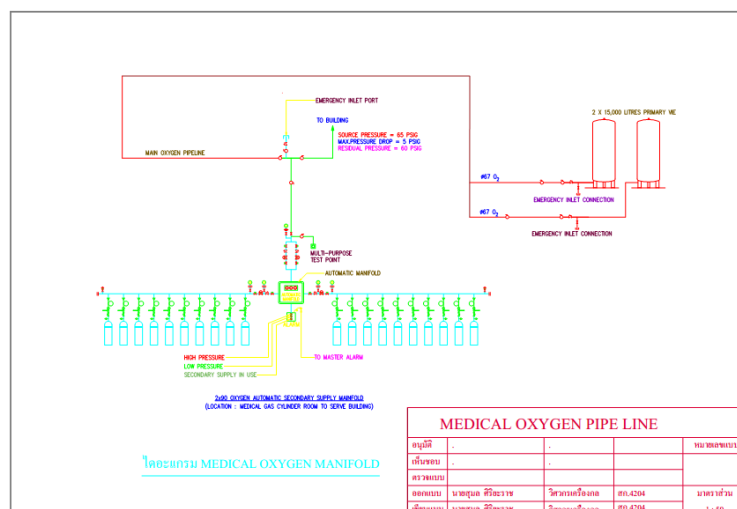
ความต้องการรายวัน = $(10,248.48 / 860) = \text{ออกซิเจนเหลว } 11.917 \text{ m}^3 / \text{วัน}$

โดยที่ 860 คืออัตราส่วนการขยายตัว

3.รายละเอียดของการดำเนินการงานการควบคุมงานสร้างระบบออกซิเจนเหลวเป็นถังแบบก๊าซ

3.1 ระบบเส้นท่อก๊าซ (Pipe Gas System)

3.1.1 แหล่งจ่ายก๊าซโดยให้พิจารณาจากแหล่งจ่ายก๊าซออกซิเจนทางการแพทย์ที่ออกแบบจะใช้ท่อบรรจุออกซิเจนชนิด G บรรจุแก๊สออกซิเจน 5,000 ลิตร มีแรงดันที่บรรจุ 2,000 psi โดยนำมาต่อเข้ากับท่อ Header ใช้สาย Pig tail เป็นท่อทองแดงไร้ตะเข็บ Type K และเกี่ยวที่ต่อเข้ากับถังต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ข้อต่อลิ้นภาชนะบรรจุก๊าซที่ใช้ในทางานแพทย์ มอก. 1905-2535 และมาตรฐาน CGA 540 เพื่อป้องกันการนำแก๊สชนิดอื่นมาใส่แทน ท่อแก๊สจะถูกปรับแรงดันขั้นที่ 1 ให้เหลือ 100- 150 Psi และจะถูกลดแรงดันขั้นที่สอง โดย Mainifold จะทำหน้าที่สลับเปลี่ยนการทำงานฝั่งซ้ายและขวา ลดแรงดัน ให้เหลือ 60 Psi และส่งไปใช้งานตามหัวจ่ายต่าง ตามหน่วยงานของโรงพยาบาลโดยแรงดันที่จ่ายต้องไม่ต่ำกว่า 50 Psi



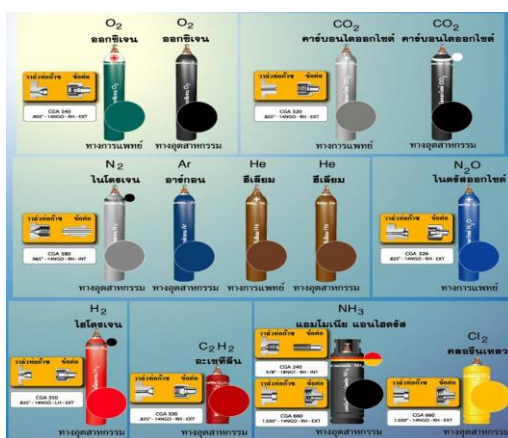
รูปที่ 3.1 องค์ประกอบของระบบแก๊สทางการแพทย์

3.1.2 ท่อบรรจุ

3.1.2.1 ต้องทดสอบและบำรุงรักษาท่อบรรจุตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ในกรณีท่อเก่าให้เป็นไปตามมาตรฐานเลขที่ มอก.358-2531 การใช้และการซ่อมบำรุงภาชนะบรรจุก๊าซทน ความดัน (ถ้ามีการแก้ไข ให้ใช้ฉบับล่าสุด) ในกรณีท่อใหม่ให้เป็นไปตามมาตรฐานเลขที่ มอก.359-2523 ภาชนะบรรจุก๊าซทนความดันแบบไม่มีตะเข็บ (ถ้ามีการแก้ไข ให้ใช้ฉบับล่าสุด) สำหรับถังบรรจุให้เป็นไป มาตรฐาน ที่สากลยอรับหรือข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(ถ้ามี) ความดันเต็มท่อบรรจุ 13,600 กิโลปาสกาล (2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) และแรงดันจะลดลงเรื่อยๆถูกใช้งาน

3.1.2.2 ให้แสดงสิ่งที่บรรจุภายในท่อบรรจุตามข้อกำหนด มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 87-2521 สีและสัญลักษณ์สำหรับภาชนะบรรจุก๊าซที่ใช้ในทางการแพทย์ (ถ้ามีการแก้ไข ให้ใช้ฉบับล่าสุด)

3.1.2.3 ห้ามชุดฉลากออก เปลี่ยนแปลงหรือแกะออก



รูปที่ 3.2 ลักษณะท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนทางการแพทย์และก๊าซในอุตสาหกรรม

3.2 การจัดเก็บและการจัดวาง

หลักทั่วไปสำหรับก๊าซที่ไม่ไวไฟ

3.2.1 ท่อบรรจุก๊าซและถังบรรจุก๊าซที่ใส่ของเหลวระเหยได้ต้องเก็บห่างจากเครื่องทำความร้อน ท่อไอน้ำร้อน และแหล่งความร้อน ถ้าอยู่แหล่งความร้อนต้องป้องกันไม่ให้ท่อบรรจุของเหลวหรือว่าก๊าซร้อน เกิน 54 องศาเซลเซียส (130 องศาฟาเรนไฮต์) ภาชนะบรรจุของเหลวเย็นจัด (Cryogenic Liquid) ต้อง ระมัดระวังไม่ให้สัมผัสโดยตรงกับผิวหนัง

3.2.2 ต้องมีผนังกันรอบสถานที่เก็บของระบบจ่ายก๊าซที่เป็นสารออกซิไดซ์ (Oxidizing Agent) เช่นออกซิเจนและไนตรัสออกไซด์ ซึ่งต้องทำจากวัสดุก่อสร้างที่สามารถทนไฟได้อย่างน้อย 1 ชั่วโมง และไม่ ติดต่อดโดยตรงกับสถานที่ให้ยาดมสลบ ผนังกันนี้ห้ามใช้เพื่อจุดประสงค์อื่น ห้ามเก็บก๊าซไวไฟรวมกับสาร ออกซิไดซ์ ก๊าซทางการแพทย์อื่นที่ไม่ไวไฟ เช่น ก๊าซเฉื่อย อาจเก็บไว้ในที่เดียวกันได้ ท่อบรรจุและท่อเปล่า อาจจะเก็บรวมในสถานที่เดียวกันได้โดยติดป้ายแสดงให้ชัดเจน

3.2.3 ต้องมีราว หรือที่รัดท่อบรรจุเพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่ทำให้เสียหายจากการล้มหรือเลื่อนหลุด

3.2.4 อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งภายในสถานที่เก็บหรือชุดจ่ายก๊าซของก๊าซที่ไม่ไวไฟ ต้องทำตาม มาตรฐาน NFPA 70 (ถ้ามีการแก้ไข ให้ใช้ฉบับล่าสุด) อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งผนัง เช่น สวิตช์ หรือเต้าเสียบต้อง ติดตั้งในที่ถาวร ซึ่งสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร เพื่อป้องกันความเสียหาย จากการถูกระแทกกระแทก

3.2.5 ต้องไม่เก็บวัสดุไวไฟไว้ในสถานที่เก็บออกซิเจนและไนตรัสออกไซด์

3.2.6 ต้องไม่เก็บวัสดุติดไฟ ได้เช่น กระดาษ พลาสติก หรือผ้า ใกล้ท่อบรรจุหรือชุด จ่ายก๊าซ ของออกซิเจนและไนตรัสออกไซด์ ชั้นเก็บท่อบรรจุสามารถทำด้วยไม้ และต้องถอดสิ่งห่อหุ้มที่ออกก่อนเก็บ เข้าที่

3.2.7 ถ้ามีฝาครอบที่บรรจุ ต้องครอบสวมให้แน่นตลอดเวลาจนกระทั่งเปิดใช้งาน

3.2.8 ต้องไม่เก็บท่อบรรจุหรือถังบรรจุไว้ในที่อับทึบ

3.3 สถานที่ตั้งระบบจ่ายก๊าซ

3.3.1 ระบบจ่ายก๊าซทางการแพทย์ที่มีความจุรวมที่ต่อกับระบบและที่เก็บ ไม่เกินกำหนด (ออกซิเจนไม่เกิน 566 ลูกบาศก์เมตร หรือ 20,000 ลูกบาศก์ฟุต)

3.3.2 ส่วนประกอบเกี่ยวกับการเก็บก๊าซที่อยู่ภายนอกแต่อยู่ชิดกับผนังอาคารต้องอยู่ในตำแหน่ง ที่ห่างจากช่องเปิดใดๆ ของอาคารโดยรอบมากกว่า 7.6 เมตร (25 ฟุต)

3.3.3 ต้องไม่ใช่สถานที่ของระบบจ่ายก๊าซเป็นที่เก็บท่ออื่นนอกจากเป็นก๊าซทางการแพทย์ที่ไม่ ไวไฟให้ตั้งรวมกับออกซิเจนและไนตรัสออกไซด์ได้ แต่ต้องมีการถ่ายเทอากาศเพียงพอที่จะระบายก๊าซใน บริเวณนั้นออกไป เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดบรรยากาศที่ขาดออกซิเจนในกรณี que อุปกรณ์ระบายความดัน (Pressure – relief device) กำลังทำงาน ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน

3.3.4 เครื่องผลิตอากาศและเครื่องผลิตสุญญากาศต้องติดตั้งแยกออกจากห้องระบบจ่ายก๊าซ หรือแหล่งเก็บท่อบรรจุ ต้องติดตั้งเครื่องผลิตอากาศอัดในห้องเฉพาะซึ่งมีการระบายอากาศเพียงพอและต้อง สามารถเข้าซ่อมแซมได้

3.4 การก่อสร้างสถานที่ตั้งระบบจ่ายก๊าซและการจัดระเบียบ

3.4.1 ผนัง พื้น เพดาน หลังคา ประตู อุปกรณ์ ตกแต่งภายใน ชั้น และที่ยึดต้องทำจากวัสดุ ที่ไม่ติดไฟหรือมีขีดจำกัดการติดไฟ

3.4.2 ตำแหน่งห้องจ่ายออกซิเจนและไนตรัสออกไซด์ ต้องไม่ติดต่อกับห้องดมยาสลบหรือห้อง เก็บยาดมสลบที่ไวไฟ

3.4.3 ประตูห้องระบบจ่ายก๊าซต้องใส่กุญแจได้

3.4.4 ระบบจ่ายก๊าซตั้งอยู่ใกล้แหล่งความร้อนเช่น เตาเผา ห้องกำเนิดไอน้ำ ห้องนึ่งอบฆ่าเชื้อ ต้องสร้างที่ป้องกันไม่ให้ท่อบรรจุก๊าซมีอุณหภูมิเกิน 54 องศาเซลเซียส (130 องศาฟาเรนไฮต์) ต้องไม่ติดกับ ของเหลวที่ไวไฟหรือติดไฟง่าย

3.4.5 ห้ามติดหม้อแปลงไฟฟ้า สายไฟฟ้าแรงสูง และอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำให้เกิดประกายไฟใกล้ ที่ตั้งบริเวณ ระบบจ่ายก๊าซ

3.4.6 ต้องติดตั้งป้าย ห้ามสูบบุหรี่ หรือทำให้เกิดประกายไฟ ที่บริเวณระบบจ่ายก๊าซ ขนาด ตัวหนังสือต้องอ่านได้ชัดเจน

3.5 ข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับแหล่งเก็บก๊าซไม่ไวไฟ

3.5.1 ระบบจ่ายออกซิเจนหรือสถานที่เก็บที่มีความจุ มากกว่า 566 ลูกบาศก์เมตร (20,000 ลูกบาศก์ฟุต) ที่ NTP (รวมแหล่งสำรองที่ไม่ได้ต่อเข้ากับระบบด้วย) ต้องเป็นไปตาม NFPA 50 มาตรฐาน ระบบระบายออกซิเจนขนาดใหญ่ที่ติดตั้งในสถานที่ใช้งาน (ถ้ามีการแก้ไขให้ใช้ฉบับล่าสุด) ตำแหน่งของถัง บรรจุออกซิเจนเหลวต้องห่างจากโครงสร้างอื่นๆที่อาจก่อให้เกิดอันตรายได้

3.5.2 วัสดุที่ใช้กับออกซิเจน

3.5.2.1 ส่วนประกอบระบบออกซิเจน ได้แก่ ท่อบรรจุ หรือถังบรรจุ ลิ้น ฐานรองลิ้น (Valve seat) สารหล่อลิ้น ข้อต่อ (Fitting) ประเก็น (Gasket) และอุปกรณ์ที่ต่อเชื่อม รวมทั้งท่อส่งก๊าซ

(Hose) ต้องเข้ากันได้กับออกซิเจนภายใต้สภาพของอุณหภูมิ และความดันใช้งาน ห้ามใช้วัสดุ ที่จุดไฟติดง่าย ยกเว้นเป็นส่วนประกอบที่พิสูจน์หรือทดสอบแล้วว่าเหมาะสม

3.5.2.2 คุณสมบัติ ตามข้างต้น ให้ใช้กับไนทรีออกไซด์และก๊าซผสมทางการแพทย์อื่นที่มี ออกซิเจนมากกว่า 23.5 % หรือเป็นไปตามที่กำหนด (ถ้ามี)

3.6 ระบบจ่ายก๊าซกลาง (Gas Central Supply System)

ระบบจ่ายก๊าซกลาง (Gas Central Supply System) จะประกอบด้วยระบบท่อบรรจุและ อุปกรณ์จ่ายที่ติดตั้งแบบถาวรหรือแบบเคลื่อนที่ได้ (Trailer) ตามข้อกำหนด มี 3 แบบ

3.6.1 ระบบจ่ายก๊าซแบบท่อบรรจุ ที่ไม่มีแหล่งจ่ายสำรอง จะประกอบด้วย

3.6.1.1 ชุดจ่ายก๊าซจากท่อบรรจุ ประกอบด้วยท่อบรรจุ 2 ผังสลับกันจ่ายเข้าระบบเส้นท่อ แต่ละผังมีอุปกรณ์ควบคุมความดันและท่อบรรจุต่อกับหัวความดันสูง (High Pressure Header) แต่ละผังต้องมีท่อบรรจุอย่างน้อย 2 ท่อ หรือจ่ายได้เฉลี่ยอย่างน้อย 1 วัน เมื่ออีกผังหนึ่ง (Primary Bank) ไม่สามารถจ่าย ให้ระบบได้ ผังที่สอง (Secondary Bank) ต้องเริ่มทำงานอย่างอัตโนมัติเพื่อจ่ายให้ระบบ ต้องต่อตัวรับ สัญญาณ (Actuating Switch) กับแผงสัญญาณเตือนหลัก (Master Signal Panel) เพื่อแสดงให้เห็นว่า ขณะนี้มีการเปลี่ยนไปใช้ท่อบรรจุผังที่สอง

3.6.1.2 ลิ้นทางเดียว (Check Valve) ต้องติดตั้งระหว่างเส้นท่อจากท่อบรรจุ (Cylinder Lead) หรือหางหมู (Pig tail) กับหัวความดันสูงเพื่อป้องกันการสูญเสียก๊าซในกรณีที่ลิ้นระบายความดันของท่อ บรรจุเปิดออกหรือเส้นท่อจากท่อบรรจุชำรุด ลิ้นทางเดียวต้องทำจากวัสดุที่เหมาะสมสำหรับก๊าซและความดันที่ ใช้งาน

3.6.2 ระบบจ่ายกลางก๊าซแบบท่อบรรจุที่มีแหล่งจ่ายสำรอง

3.6.2.1 ระบบจากท่อบรรจุที่มีแหล่งจ่ายสำรองประกอบด้วย

3.6.2.1.1 แหล่งจ่ายชุดแรก (Primary Supply) ซึ่งจ่ายให้ระบบเส้นท่อ

3.6.2.1.2 แหล่งจ่ายชุดที่สอง (Secondary Supply) ต้องทำงานอย่างอัตโนมัติ เมื่อ แหล่งจ่ายชุดแรกไม่สามารถจ่ายให้ระบบได้ ต้องต่อตัวรับสัญญาณกับแผงสัญญาณกับแผงสัญญาณเตือนหลัก เพื่อแสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนไปใช้แหล่งจ่ายชุดที่สอง

3.6.2.1.3 แหล่งจ่ายสำรอง (Reserve Supply) ต้องทำงานอย่างอัตโนมัติในกรณีที่ แหล่งจ่ายชุดแรกและชุดที่สองไม่สามารถจ่ายให้ระบบได้ ต้องต่อตัวรับสัญญาณกับแผงสัญญาณเตือนหลัก เพื่อแสดงให้เห็นว่า ขณะนี้แหล่งจ่ายสำรองเริ่มจ่ายให้กับระบบ

3.6.3 แหล่งจ่ายสำรองประกอบด้วยท่อบรรจุความดันที่มีชุดจ่ายก๊าซตั้งแต่ 3 ท่อขึ้นไป ทั้งนี้ ข้อกำหนดทั่วไปสำหรับระบบจ่ายกลางก๊าซ ดังนี้

3.6.3.1 ท่อบรรจุ จะต้องออกแบบ สร้าง ทดสอบ และบำรุงรักษาเป็นไปตามข้างต้นคือ ท่อ บรรจุที่ใช้งานและที่ต้องเก็บมีที่ยึดอย่างมั่นคง เพื่อป้องกันการตกหล่นหรือว่าถูกชนล้ม

3.6.3.2 ชุดจ่ายก๊าซ ต้องสร้างอย่างมั่นคง การออกแบบและวัสดุ ต้องเหมาะสมกับก๊าซและ ความดันที่เกี่ยวข้อง วิธีการเครื่องกลที่ใช้ต้องมีความมั่นคงในการต่อท่อ บรรจุก๊าซกับชุดจ่ายก๊าซ ทางออก จากท่อบรรจุและข้อต่อทางเข้าชุดจ่ายก๊าซหรือตัวควบคุมต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐาน เลขที่ มอก. 1095-2535 ข้อต่อลิ้นภาชนะบรรจุก๊าซที่ใช้ในทางการแพทย์ (ถ้ามีการแก้ไข ให้ใช้ฉบับ ล่าสุด เมื่อต่อก๊าซทางการแพทย์ที่ไม่ไวไฟเป็นระบบแล้ว ต้องแน่ใจว่าไม่สามารถสลับชนิดได้ (Non-interchangeability) ของท่อบรรจุและอุปกรณ์ได้ วัสดุอุปกรณ์ต้องสั่งซื้อจากผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่าย โดยตรง และการติดตั้งและใช้งานอย่างถูกวิธี

3.6.3.3 จุดต่อระหว่างท่อบรรจุกับเส้นทางเดียวกันก่อน เข้าสู่หัวความดันสูง ต้องใส่เส้นท่อจากท่อบรรจุหรือหางหมู เพื่อให้มีการยึดหยุ่นตัวได้ เพื่อสะดวกในการเปลี่ยนท่อและป้องกันจุดต่อรั่ว



รูปที่ 3.3 ลักษณะเส้นท่อจากท่อบรรจุหรือหางหมู

3.6.3.4 อุปกรณ์ควบคุมความดันเส้นท่อ(Line Pressure Regulator) ต้องติดตั้งต้นทางต่อลิ้นระบบความดันในท่อตัวสุดท้าย ในที่ซึ่งมีก๊าซชนิดเดียวกันมีเส้นท่อหลายระบบเพื่อให้มีความดันใช้งานต่างๆ กัน ต้องแยกติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความดัน ลิ้น ระบาย และลิ้นปิดแหล่งจ่าย (Source Shutoff Valve) สำหรับแต่ละความดัน

3.6.3.5 หัวจ่ายก๊าซความดันสูง (Header) ต้องติดตั้ง มาตรฐานความดันและลิ้นระบายความดัน

3.6.3.6 ลิ้นปิด (Shutoff Valve) ใช้มือหมุน ต้องติดตั้งต้นทางอุปกรณ์ควบคุมความดันแต่ละอัน และต้องมีเส้นทางเดียวและลิ้นปิดที่ใช้มือหมุนติดตั้งปลายทางเรียงตามลำดับ

3.6.3.7 ลิ้นระบายความดัน (Pressure Relief Valve) ระบบจ่ายกลางก๊าซแต่ละระบบต้องมีลิ้นระบายความดัน ตั้งให้สูงกว่าความดันที่ใช้งานในที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ติดตั้งปลายทางต่ออุปกรณ์ควบคุมความดันท่อและต้นทางต่อลิ้นปิดแหล่งจ่าย ลิ้นระบายความดันนี้อนุญาตให้ตั้งค่าให้สูงกว่าได้ถ้าลิ้นระบายความดันอีกอันหนึ่งที่ตั้งค่าให้สูงกว่าความดันใช้งาน 50 เปอร์เซ็นต์ ติดตั้งอยู่แล้วในเส้นท่อหลัก ลิ้นระบายความดันทุกอันต้องปิดเอง โดยอัตโนมัติหลังจากระบายความดันที่เกินออกไปแล้ว ลิ้นระบายความดันที่ตั้งค่าให้สูงกว่าความดันใช้งานในท่อ 50 เปอร์เซ็นต์ ต้องระบายออกสู่ภายนอกระบบจ่ายก๊าซทั้งหมด ถ้าก๊าซนั้นไม่ใช่อากาศทางการแพทย์ หรือความจุก๊าซรวมของระบบจ่ายเกิน 85 ลูกบาศก์เมตร (3,000 ลูกบาศก์ฟุต) ลิ้นระบายความดันต้องทำจากทองเหลืองหรือสัมฤทธิ์ (Bronze) และออกแบบพิเศษเพื่อใช้งานกับก๊าซ (ลิ้นระบายความดันที่อยู่ปลายทางต่อตัวควบคุมความดันในเส้นท่อของระบบ ไนโตรเจนที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องมือแพทย์ซึ่งแตกต่างจากความดันปกติ(340- 400 กิโลปาสกาล หรือ 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ต้องตั้งให้สูงกว่าความดันในเส้นท่อ 50 เปอร์เซ็นต์) ระบบออกซิเจนในโรงพยาบาล เป็นแบบถึง ชนิดG แรงดันในถึง 2,200 Psi. แล้วต่อเข้ากับระบบจ่ายให้ในหอผู้ป่วย แต่ละที่ โดยจะต้อง มีระบบจ่ายออกซิเจนเดิมของโรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวง โดยใช้ระบบกลไก สับเปลี่ยนอัตโนมัติ เพื่อให้ทันกับการรักษาพยาบาล

3.7 ข้อกำหนดและการจัดการระบบเส้นท่อก๊าซทางการแพทย์

3.7.1 การจัดการก๊าซในท่อบรรจุ การดำเนินการเกี่ยวกับก๊าซทางการแพทย์ ต้องกำหนดกฎเกณฑ์ เพื่อให้ได้มาตรฐานความปลอดภัยในการปฏิบัติกับท่อบรรจุ เครื่องหมายของท่อบรรจุ อุปกรณ์ควบคุมความดัน และการต่อเชื่อมท่อบรรจุสำหรับผู้จำหน่าย ผู้บรรจุก๊าซ และผู้ติดตั้งปฏิบัติตาม

ข้อควรระวังพิเศษเกี่ยวกับท่อออกซิเจนและชุดจ่ายก๊าซออกซิเจนคือการป้องกันไม่ให้ออกซิเจนที่มีความดันสัมผัสกับน้ำมัน น้ำมันหล่อลื่น สารอินทรีย์หล่อลื่นยาง และวัสดุที่เป็นอินทรีย์สาร ข้อกำหนดทั่วไปเกี่ยวกับท่อบรรจุออกซิเจน มีดังต่อไปนี้

3.7.1.1 ข้อกำหนดทั่วไปเกี่ยวกับท่อบรรจุออกซิเจน มีดังต่อไปนี้

3.7.1.1.1 ห้ามใช้น้ำมัน น้ำมันหล่อลื่น หรือวัสดุไวไฟมาสัมผัสกับท่อบรรจุ ล้วน อุปกรณ์ควบคุมความดัน มาตรวัดและข้อต่อเกลียว ที่ใช้ร่วมกับออกซิเจน

3.7.1.1.2 ห้ามใช้น้ำมันหรือสารไวไฟทุกชนิดเป็นตัวทำความสะอาดหล่อลื่นอุปกรณ์ควบคุมความดัน มาตรวัดและข้อต่อเกลียว ที่ใช้ร่วมกับออกซิเจน

3.7.1.1.3 ห้ามใช้มือ ถุงมือหรือวัสดุที่เปื้อนน้ำมันหรือน้ำมันหล่อลื่นจับท่อบรรจุ ถังบรรจุ หรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับออกซิเจน

3.7.1.1.4 ก่อนต่ออุปกรณ์ใด ๆ เข้ากับท่อบรรจุออกซิเจน ต้องกำจัดฝุ่นหรือผงที่อาจค้างอยู่ตรงทางออกของท่อบรรจุออกซิเจน โดยการเปิดท่อบรรจุออกซิเจนให้ก๊าซออกซิเจนออกเล็กน้อยแล้วปิดเพื่อขจัดสิ่งสกปรกออกไป

3.7.1.1.5 ต้องเปิดลิ้นท่อบรรจุและลิ้นความดันสูง (ถ้ามี) ของท่อบรรจุออกซิเจนก่อนนำไปใช้กับผู้ป่วยหรือก่อนนำผู้ป่วยมาต่อเข้ากับอุปกรณ์ทางการแพทย์

3.7.1.1.6 ต้องเปิดลิ้นท่อบรรจุออกซิเจนอย่างช้าๆ โดยหันมาตรวัดของอุปกรณ์ควบคุมความดันให้ห่างจากตัวคนเพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดจากการทำงานผิดปกติของอุปกรณ์ควบคุมความดัน

3.7.1.1.7 ไม่นำวัสดุมาห่อหุ้มท่อออกซิเจน

3.7.1.1.8 อุปกรณ์ที่ใช้กับท่อออกซิเจน เช่น ข้อต่อเกลียว ลิ้น อุปกรณ์ควบคุมความดันหรือ มาตรวัด ห้ามนำไปใช้กับอุปกรณ์อื่นนอกเหนือจากท่อบรรจุออกซิเจน

3.7.1.1.9 ห้ามนำก๊าซอื่นมาผสมลงในท่อบรรจุออกซิเจน

3.7.1.1.10 การทำออกซิเจนไปใช้กับผู้ป่วยต้องผ่านอุปกรณ์ลดแรงดันเสมอ

3.7.1.1.11 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับออกซิเจนชำรุดหรือผิดปกติ ห้ามนำมาใช้งานจนกว่า จะได้รับการซ่อมแซมจากช่างผู้ชำนาญ ถ้าซ่อมไม่ได้จะต้องเปลี่ยนใหม่

3.7.1.1.12 ต้องป้องกันท่อบรรจุออกซิเจนจากการกระแทกที่อาจทำให้ส่วนประกอบต่างๆ เช่น ลิ้นหรืออุปกรณ์นิรภัยเสียหาย ห้ามวางท่อบรรจุออกซิเจนเหล่านี้ใกล้ทางเข้าออกลิฟต์ เชงบันได ทางลาดหรือ ที่อาจโดนวัตถุหนักเฉี่ยวชนได้

3.7.1.1.13 ถ้ามีฝาครอบป้องกันลิ้นบรรจุท่อออกซิเจนต้องใส่ให้แน่นด้วยมือจนกว่าจะนำมาใช้งาน

3.7.1.1.14 ห้ามบุคคลที่ไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับท่อบรรจุเข้ามาดำเนินการกับท่อบรรจุออกซิเจน

3.7.1.1.15 ต้องปิดลิ้นของท่อบรรจุออกซิเจนเปล่าที่เก็บไว้ทุกครั้ง

3.7.1.1.16 ท่อบรรจุออกซิเจน ต้องใช้ชื่อออกซิเจนการแพทย์ ให้ถูกต้อง ไม่ให้ใช้
คำว่าอากาศแทน

3.7.1.1.17 ห้ามใช้ออกซิเจนแทนอากาศอัด

3.7.1.1.18 ห้ามดัดแปลงท่อบรรจุหรือล้นท่อบรรจุออกซิเจน

3.7.1.1.19 การซ่อมบำรุงท่อบรรจุออกซิเจน ต้องทดสอบและบำรุงรักษาท่อบรรจุ
ตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ในกรณีท่อเก่าให้เป็นไปตามมาตรฐานเลขที่ มอก.358-2531
การใช้และการซ่อมบำรุงภาชนะบรรจุก๊าซทนความดัน (ถ้ามีการแก้ไข ให้ใช้ฉบับล่าสุด) ในกรณีท่อใหม่ให้เป็น
เป็นไปตามมาตรฐานเลขที่ มอก.359-2523 ภาชนะบรรจุก๊าซทนความดันแบบไม่มีตะเข็บ (ถ้ามีการแก้ไขให้ใช้
ฉบับล่าสุด) สำหรับถังบรรจุให้เป็นไปตามมาตรฐาน ที่สากลยอมรับหรือข้อกำหนดมาตรฐาน
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(ถ้ามี) ความดันเต็มท่อบรรจุ 13,600 กิโลปาสกาล (2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) และ
แรงดันจะลดลงเรื่อยๆเมื่อถูกใช้งาน

3.7.1.1.20 ห้ามซ่อมล้นท่อบรรจุเองโดยช่างที่ไม่มีความชำนาญ

3.7.1.1.21 ห้ามปรับแต่งกลอุปกรณ์นิรภัย แบบระบาย (Safety relief device)
ของท่อบรรจุแก๊สออกซิเจน กำหนดให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 255-2521 อุปกรณ์
นิรภัยแบบระบายของถังก๊าซ (ถ้ามีการแก้ไข ให้ใช้ฉบับล่าสุด) ห้ามให้เกิดประกายไฟใกล้ท่อบรรจุออกซิเจน
ห้ามนำเปลวไฟหรือโคไฟฟ้ามาร่วมสัมผัสโดนล้นท่อบรรจุออกซิเจน หรืออุปกรณ์นิรภัย ล้นทางออกที่มีน้ำแข็ง
เกาะห้ามละลายด้วยน้ำเดือด หรืออุปกรณ์ที่ให้ความร้อนสูง

3.7.1.1.22 ห้ามดัดแปลงเครื่องหมายที่ประทับลงบนท่อบรรจุออกซิเจน

3.7.1.1.23 ห้ามลอกเครื่องหมายที่ใช้แสดงสิ่งบรรจุภายในท่อบรรจุออก รวมทั้ง
ตัวอักษรและเครื่องหมายที่พิมพ์ลงบนโลหะของท่อบรรจุออกซิเจน

3.7.1.1.24 ถ้ามีสิ่งแปลกปลอมเข้าไปในท่อบรรจุ ต้องแจ้งให้ผู้รับผิดชอบทราบ
ทันที โดยให้รายละเอียดและหมายเลขประจำท่อบรรจุ

3.7.1.1.25 ห้ามใช้ท่อบรรจุออกซิเจนสำหรับการอื่น เช่น เป็นลูกกลิ้ง หรือใช้ยื่น
สิ่งของอื่น แม้ว่าเป็นท่อเปล่าก็ตาม

3.7.1.1.26 ขณะใช้งานท่อบรรจุออกซิเจนขนาดเล็ก (ขนาด A B D หรือ E) ต้อง
ยึดท่อบรรจุออกซิเจนกับขาตั้งและอุปกรณ์ทางการแพทย์อย่างมั่นคง

3.7.1.1.27 ห้ามกระแทก ลากหรือกลิ้งท่อบรรจุออกซิเจน

3.7.1.1.28 ท่อบรรจุออกซิเจนที่วางตั้งอยู่ ต้องคล้องโซ่หรือยึดอย่างถูกต้องหรือวาง
บนรถเข็นที่มีที่ยึด

3.7.1.1.29 ห้ามล่ามโซ่หรือยึดท่อบรรจุออกซิเจนติดกับอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ได้ เช่น
เตียงผู้ป่วย

3.7.1.1.30 ห้ามยึดท่อบรรจุออกซิเจนติดกับหรือวางใกล้กับเครื่องทำความร้อน ท่อ
ไอน้ำ หรือท่อน้ำความร้อน

3.7.1.1.31 ท่อบรรจุออกซิเจน ต้องจับด้วยความระมัดระวังเพื่อป้องกันอันตราย
จากความเย็น

3.7.1.1.32 ต้องติดป้ายห้ามทำให้เกิดประกายไฟให้เห็นอย่างชัดเจน

3.7.2 การต่อท่อบรรจุและถังบรรจุออกซิเจนเพื่อใช้งาน

3.7.2.1 คีมหรือประแจที่ใช้ขันข้อต่อให้แน่น ต้องทำจากเหล็กหรือวัสดุที่เหมาะสมที่มีความแข็งแรงพอ

3.7.2.2 การเปิด-ปิดและการต่ออุปกรณ์กับลิ้นท่อบรรจุ ต้องปฏิบัติตามวิธีการดังต่อไปนี้

ก. อุปกรณ์เช่น ลิ้น ข้อต่อและเกลียวท่อบรรจุออกซิเจนที่ต่อกัน ต้องแน่ใจว่าไม่มีวัสดุแปลกปลอม หันทางออกของลิ้นท่อบรรจุออกซิเจนไปทางด้านที่ไม่มีคน ต้องยืนด้านข้าง (ไม่ใช่ด้านหน้าหรือด้านหลัง) ก่อนต่ออุปกรณ์เข้ากับลิ้นท่อบรรจุออกซิเจนให้เปิดลิ้นเล็กน้อยเพื่อไล่ฝุ่นผงออก

ข. การต่ออุปกรณ์กับลิ้นบรรจุท่อออกซิเจน ต้องใช้ประแจขันแหวน (nut) ให้แน่น

ค. ในกรณีที่ใช้อุปกรณ์ควบคุมความดันที่มีเกลียวชนิดปรับความดันได้ (low-pressure screw) ให้คลายเกลียวให้สุดก่อน (ที่ความดัน 0)

ง. ค่อยๆเปิดลิ้นท่อบรรจุออกซิเจนช้าๆ จนเปิดเต็มที่ แล้วหมุนกลับเล็กน้อย

จ. ค่อยๆ หมุนเกลียวปรับความดันต่ำของอุปกรณ์ควบคุมความดันจนได้ความความดันที่ใช้งานที่เหมาะสม

ฉ. เปิดลิ้นไปยังอุปกรณ์ (ถ้ามี)

3.7.2.3 การต่อใช้งานท่อบรรจุออกซิเจน ให้ปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตอุปกรณ์

3.7.3 การดูแลกลไกเพื่อความปลอดภัย (Safety Mechanism)

3.7.3.1 บุคลากรที่ใช้ท่อบรรจุออกซิเจน และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับออกซิเจนต้องมีความรู้เกี่ยวกับ Pin-Indexed safety System (PISS) และ Diameter - Indexed safety System (DISS) ซึ่งถูกกำหนดมาเพื่อป้องกันการต่อก๊าซผิดชนิด

3.7.3.2 ห้ามถอด ดัดแปลง หรือเปลี่ยนกลไกของกลอุปกรณ์นิรภัยแบบระบาย (Safety relief device) ข้อต่อที่ไม่สามารถสับเปลี่ยนกันได้และส่วนประกอบอื่นเพื่อความปลอดภัย

3.7.4 การเก็บท่อบรรจุออกซิเจน

3.7.4.1 ต้องออกกฎสำหรับการเก็บท่อบรรจุออกซิเจนและไนทรีสออกไซด์ในห้องเก็บและห้องใช้งานทางวิสัญญี

3.7.4.2 จัดเก็บท่อบรรจุออกซิเจนให้สามารถใช้งานได้ตามลำดับที่รับมาจากผู้จำหน่าย

3.7.4.3 ในกรณีที่เก็บท่อบรรจุออกซิเจนเปล่าและท่อบรรจุออกซิเจนเต็มในบริเวณเดียวกันต้องวางแบ่งแยกจากกันและทำป้ายแสดงแต่ละท่อบรรจุออกซิเจนเพื่อป้องกันความสับสนและเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการใช้งาน

3.7.4.4 บริเวณที่เก็บท่อออกซิเจน ต้องป้องกันน้ำฝน ความร้อนจากแสงแดดและความชื้นจากพื้น

3.7.5 การขนส่งและการเคลื่อนย้ายท่อบรรจุออกซิเจน

3.7.5.1 บุคลากรที่ทำหน้าที่ขนส่งถังบรรจุออกซิเจนต้องผ่านการอบรมอย่างถูกต้องในเรื่องเกี่ยวกับถังบรรจุออกซิเจน รถเข็น ที่ยึด และฝาครอบลิ้น

3.7.5.2 ท่อบรรจุออกซิเจนที่มีขนาดใหญ่ ต้องขนถ่ายโดยใช้รถเข็นอย่างถูกต้อง

3.7.6 การจัดการระบบก๊าซออกซิเจนที่ใช้กับผู้ป่วยและการบำรุงดูแลและบำรุงรักษา

3.7.6.1 ต้องมีการวางแผนการใช้และสามารถรองรับสถานการณ์ที่ก๊าซออกซิเจน ขัดข้องทั้งระบบ

3.7.6.2 ห้ามต่อสายดินของระบบไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ใดๆ เข้ากับระบบเส้นท่อก๊าซออกซิเจน

3.7.6.3 ต้องกำหนดแผนการบำรุงรักษา ดังตารางที่ 3.1 การบำรุงดูแลรักษา ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม หรือของผู้ผลิตระบบก๊าซออกซิเจน

3.7.6.4 เมื่อมีการปรับเปลี่ยนระบบต้องมีการตรวจสอบระบบปลายทาง ต่อการปรับเปลี่ยนทุกครั้งก่อนใช้กับผู้ป่วย

3.7.6.5 ต้องมีการตรวจสอบระบบสัญญาณเตือนและมาตรการในการแก้ไขให้ระบบก๊าซออกซิเจนทำงานได้ใหม่อีกครั้ง

3.7.6.6 ต้องกำหนดระยะเวลาการทดสอบระบบก๊าซออกซิเจน และสัญญาณเตือน

ตารางที่ 3.1 การบำรุงดูแลรักษาระบบควบคุมการจ่ายก๊าซออกซิเจน (Mandifold)

ระยะเวลา	ข้อปฏิบัติ	วิธีการปฏิบัติ	หมายเหตุ
ทุกสัปดาห์หรือเมื่อเปลี่ยนท่อบรรจุออกซิเจน	การตรวจสอบรอยรั่วบริเวณข้อต่อเกลียวของท่อบรรจุออกซิเจน	ตรวจเช็คด้วยน้ำฟองสบู่	
	เช็คระดับแรงดันที่ 1 st stage regulator	ตรวจ/ปรับตั้งให้อยู่ในระดับมาตรฐาน	
	เช็คระดับแรงดันที่ line regulator	ตรวจ/ปรับตั้งให้อยู่ในระดับมาตรฐาน	
ทุกเดือน	ตรวจเช็ครอยรั่วข้อต่อเกลียวทั้งระบบ	ตรวจเช็คด้วยน้ำฟองสบู่	
	ตรวจเช็คการทำงานของชุด automatic change over	ตรวจ/ทดสอบจากการใช้จริง	
	ทดสอบระบบ alarm และ lamp control	ตรวจ/ทดสอบจากการใช้จริง	
	บันทึกระดับความดันที่ใช้งาน	ตรวจ/ปรับตั้งให้อยู่ในระดับมาตรฐาน	
ทุกปี	เปลี่ยน O-ring และ Seal ที่จำเป็น	เปลี่ยนตามอายุการใช้งาน	
ทุก 3 ปี	เปลี่ยน high pressure filter element	เปลี่ยนตามอายุการใช้งาน	

3.8 หลักการออกแบบระบบความปลอดภัยของระบบ (Component of the security system)

3.8.1 ระบบเตือนภัยก๊าซทางการแพทย์เป็นวิธีการตรวจสอบทางการแพทย์อย่างต่อเนื่องของอุปกรณ์แหล่งก๊าซและแรงกดดันในการดำเนินงาน ในระบบจำหน่ายท่อตั้งที่เช่นเดียวกับพื้นที่การดูแลที่สำคัญของสถานที่เพื่อให้แน่ใจว่าก๊าซทางการแพทย์และสัญญาณจากระบบยังคงปลอดภัยสำหรับการใช้งานของผู้ป่วย ระบบเตือนภัยที่ใช้สำหรับก๊าซทางการแพทย์และสัญญาณภาคมี 3 ประเภท ได้แก่ ระบบเตือนภัยหลัก Master Alarm Warning Systems , ระบบเตือนภัยในพื้นที่หลัก Local Alarm Warning Systems และ ระบบเตือนภัยในพื้นที่รอง Alarm Warning Systems

3.8.1.1 ระบบเตือนภัยหลัก Master Alarm Warning Systems ระบบเตือนเหล่านี้จะตรวจสอบก๊าซทางการแพทย์และระบบแหล่งกำเนิดสัญญาณและการดำเนินงานสายหลักกดดันที่แหล่งที่มาของอุปกรณ์ มีสัญญาณเตือนหลักจำเป็นต้องติดตั้งแผง ต้องมีแผงสัญญาณเตือนหลักหนึ่งแผงตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ได้รับการดูแลอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาทำการของ สถานพยาบาลและอีกแห่งควรตั้งอยู่ในแผนกที่มีความรับผิดชอบในการบำรุงรักษาระบบก๊าซทางการแพทย์และระบบสัญญาณภาค (เช่นสิ่งอำนวยความสะดวกการจัดการวิศวกรรมและการซ่อมบำรุง ฯลฯ) แผงสัญญาณเตือนหลักแต่ละแผงจะต้องเป็นเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตรวจสอบแต่ละเครื่องอย่างอิสระเพื่อให้แน่ใจว่ามีความเข้าซ้อน 100% ในต้นแบบระบบเตือนภัย

3.8.1.2 ระบบเตือนภัยในพื้นที่หลัก Local Alarm Warning Systems ระบบเตือนเหล่านี้จะตรวจสอบก๊าซทางการแพทย์และอุปกรณ์แหล่งกำเนิดสัญญาณที่ ตำแหน่งต้นทาง (เช่นห้องเครื่องจักรกลหรืออุปกรณ์) ระบบเตือนภัยในพื้นที่สามารถถือว่าเป็นส่วนขยายของระบบเตือนภัยหลัก หลาย ๆ จุดที่ตรวจสอบบนแผงสัญญาณเตือนในพื้นที่จะถูกตรวจสอบบนสัญญาณเตือนหลักด้วยแผง อย่างไรก็ตามบางจุดที่ตรวจสอบบนแผงสัญญาณเตือนในพื้นที่จะได้รับอนุญาตจัดกลุ่มเข้าด้วยกันและระบุสัญญาณเตือนความผิดปกติทั่วไปที่แผงสัญญาณเตือนหลัก Local Alarm แผงสัญญาณเตือนสามารถรวมเข้ากับแผงควบคุมไฟฟ้าของอุปกรณ์ต้นทางหรือ อยู่ในแผงสัญญาณเตือนแยกต่างหากซึ่งตั้งอยู่ในห้องอุปกรณ์

3.8.1.3 ระบบเตือนภัยในพื้นที่รอง Alarm Warning Systems ระบบเตือนเหล่านี้จะตรวจสอบแรงกดดันในการดำเนินงานในระบบจำหน่าย Pipeline สำหรับพื้นที่เฉพาะของโรงพยาบาล สิ่งเหล่านี้จำเป็นสำหรับการช่วยชีวิตขั้นวิกฤต ได้แก่ห้องผ่าตัด ห้องฉุกเฉิน และ ห้อง ICU ระบบเตือนภัยเหล่านี้ช่วยให้เจ้าหน้าที่ แพทย์ พยาบาลมีความสำคัญข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของระบบท่อส่งก๊าซทางการแพทย์และระบบสัญญาณภาคที่ใช้ด้วยอุปกรณ์ช่วยชีวิตและตรวจสอบระบบเหล่านี้เพื่อให้แน่ใจว่าปลอดภัยการใช้งานของผู้ป่วย แผงสัญญาณเตือนเหล่านี้จำเป็นต้องอยู่เพื่อให้เฝ้าระวังในระหว่างการดำเนินงานของพื้นที่ ไม่จำเป็นต้องตรวจสอบแผงสัญญาณเตือนในพื้นที่ที่แผงสัญญาณเตือนหลัก

3.8.2 อุปกรณ์ปรับแรงดันสูง High pressure regulator

เป็นอุปกรณ์ควบคุมแรงดันสูง ให้การควบคุมโดยการลดความดันของก๊าซแรงดันสูงที่มาจากถังทรงกระบอกหรือจากถัง (แหล่งจ่าย) ตามความเหมาะสมจนถึงระดับที่สามารถควบคุมได้โดยสายเครื่องควบคุมความดัน อัตราการไหล 120 m/h แรงดันสูงสุดคือ 250 บาร์ ค่าความดันขาออกที่ปรับได้คือ 0-12 บาร์ ในโรงงานปรับขาออกค่าตั้งไว้ที่ 7-8 บาร์

3.8.3 โซลินอยด์วาล์ว Solenoid valve

โซลินอยด์วาล์วหลักการทำงาน แผงควบคุมอัตโนมัติเต็มไปด้วยการเปลี่ยนทิศทางการไหลของแก๊สทางการแพทย์ สัญญาณเตือนภัยในพื้นที่การออกแบบระบบแก๊สทางการแพทย์ของโรงพยาบาล กระบวนการของโปรเซสเซอร์ที่ตั้งโปรแกรมนี้ดำเนินการด้วยโซลินอยด์วาล์ว หลังจากสูงติดตั้งโซลินอยด์วาล์ว ควบคุมแรงดัน ตรวจสอบวาล์วหลังจากติดตั้งโซลินอยด์วาล์วแล้ว ด้วยวาล์วตรวจสอบนี้ในระบบผ่านท่อไปยัง

อีกด้านหนึ่งของกรณีศึกษาตามลำดับเพื่อป้องกันการไหลของก๊าซเข้าสู่ระบบจะติดตั้ง เพื่อให้ไหลผ่านมีการควบคุมอัตโนมัติที่ใช้โปรเซสเซอร์ที่ตั้งโปรแกรมไว้ โซลินอยด์วาล์วระบบติดตั้งด้วยตัวเชื่อมต่อกับทั้งสองกลุ่ม

3.8.4 วาล์วนิรภัย Safety valve

หน้าที่ของวาล์วนิรภัยคือการระบายออกเพื่อควบคุมความดันเมื่อมีการรั่วไหลในตัวควบคุมแรงดันสูงตัวใดตัวหนึ่งและแรงดันของระบบจะเพิ่มขึ้นถึง 13 บาร์ หลังจากโซลินอยด์วาล์วลดความดันที่สองติดตั้งเป็นวงจรบายพาส ทางเข้าแรงดัน 7-8 บาร์ ตัวควบคุมชั้นที่สองจะปรับความดันที่ส่งขาออกเป็นค่า 4 บาร์และสำหรับลมผ่าตัดการตั้งค่าจะอยู่ที่ประมาณ 7 บาร์

4.ผลการดำเนินการ

โรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวงเคยเป็นโรงพยาบาลขนาด 60 เตียง ได้ใช้ออกซิเจนเหลวเป็นถังแบบ PLC ทำให้คาดการณ์ปริมาณการใช้ออกซิเจนทางการแพทย์มากขึ้น ทางโรงพยาบาลจึงได้ทำการออกแบบและสร้างระบบก๊าซทางการแพทย์ออกซิเจน (Oxygen Pipe line) โดยมีกองวิศวกรรมการแพทย์ กรมสนับสนุนบริการทางการแพทย์เป็นผู้ออกแบบระบบให้แก่โรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวง ได้วางแผนท่อน้ำที่หัวเตียงห้องผู้ป่วยฉุกเฉินจำนวน 5 หัวจ่าย ห้องรอกคลอดจำนวน 2 หัวจ่าย ห้องคลอด จำนวน 2 หัวจ่าย ห้องผ่าตัดจำนวน 2 หัวจ่าย ห้องสังเกตอาการ 2 หัวจ่าย หอผู้ป่วยในชายจำนวน 15 หัวจ่าย หอผู้ป่วยในหญิงจำนวน 15 หัวจ่าย ห้องพิเศษ 6 หัวจ่าย ตึกสงฆ์ 8 หัวจ่าย ห้องแยกโรค 1 หัวจ่าย รวมทั้งหมด 58 หัวจ่าย และได้มีการบำรุงรักษาถูกต้องตามหลักทางด้านวิศวกรรม ทำให้ระบบออกซิเจน เกิดการชำรุด ระบบจ่ายออกซิเจนอัตโนมัติ เสียหายไม่สามารถใช้งานได้ ซึ่งเดิมโรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวงจึงได้ใช้ออกซิเจนเหลวถังแบบ PLC ขนาดบรรจุ 350 ลิตร เนื่องจากระบบถังแบบ PLC มีระบบประเหยต้องทำงานตลอดเวลา โดยน้ำแก๊สที่อยู่ในสภาพของเหลว ซึ่งน้ำแก๊สออกซิเจนเหลว 1 ลิตร สามารถผลิตเป็นออกซิเจนในสภาพแก๊สได้ 890 ลิตร และทางโรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวง จะใช้ออกซิเจนเหลวแบบถัง เดือนละ 5 ถัง โดยน้ำแก๊สออกซิเจนเหลว 1 ถังสามารถผลิตแก๊สออกซิเจนได้ 311,500 ลิตร ดังนั้นออกซิเจนเหลวถังแบบ PLC ขนาดบรรจุ 350 ลิตร จำนวน 5 ถัง จึงมีปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนรวม 1,557,500 ลิตร ซึ่งราคาของออกซิเจนเหลวถังแบบ PLC 1 ถัง ราคา 25,000 บาท/ถัง จึงรวมเป็นค่าใช้จ่ายเป็นเงิน 125,000 บาทต่อเดือน

แต่ปัจจุบันทางโรงพยาบาล ได้มีการให้บริการผู้ป่วยที่มีจำนวนขนาด 30 เตียง และจากการประเมินตามปกติโรงพยาบาลที่มีขนาด 30 เตียง จะใช้ออกซิเจนที่เป็นท่อบรรจุแก๊สออกซิเจนในสภาพแก๊สขนาด G ปริมาณที่บรรจุไม่เกิน 5,000 ลิตร จำนวนไม่เกิน 150 ท่อ รวมปริมาณการใช้ออกซิเจนในสภาพแก๊สอยู่ที่ 750,000 ลิตร ซึ่งท่อบรรจุแก๊สออกซิเจนในสภาพแก๊สขนาด G มีราคาต่อละ 200 บาท จึงรวมเป็นค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 30,000 บาทต่อเดือน ดังนั้นทำให้โรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวง ต้องสูญเสียเงินในการปล่อยออกซิเจน ทั้ง 807,500 ลิตร หรือคิดเป็นมูลค่าเงินที่สูญเสียอยู่ที่ 95,000 บาท/เดือน

ทั้งนี้ สรุปผลสำเร็จและจุดเด่นของโครงการเชิงวิศวกรรมคือเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวงได้มีความปลอดภัยในการใช้ออกซิเจนได้อย่างปลอดภัยและโรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวงได้มีความพร้อมใช้ตลอดเวลาของระบบออกซิเจนที่จ่ายตามท่อ อีกทั้งเจ้าหน้าที่และบุคลากรทางการแพทย์ได้มีความรู้เรื่องวิศวกรรมความปลอดภัยสำหรับระบบออกซิเจน และโรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวงประหยัดงบประมาณในเรื่องออกซิเจนรั่วคิดเป็นเงินเดือนละ 95,000 บาทต่อเดือน

5. ปัญหาอุปสรรค / ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากโรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวง มีการบริการทางด้านการสาธารณสุข ได้มีการใช้ออกซิเจนตลอดเวลา และระบบเติมที่ออกแบบไว้ตามแบบกระทรวงสาธารณสุข ระบบห้องจ่ายแก๊สแบบถังออกซิเจนเหลวเป็นแบบ PCL จ่ายตรงเข้าระบบของโรงพยาบาลฯ โดยที่ไม่มีระบบสำรอง จะต้องวางแผนก่อนการติดตั้งระบบจ่ายออกซิเจน จะต้องทำระบบสำรองจ่ายทดแทน จนกว่าจะสร้างระบบออกซิเจนแบบแก๊สที่ชนิด G เสร็จ หลังจากการติดตั้งระบบจ่ายออกซิเจนเสร็จ ปรากฏว่าออกซิเจนรั่วที่หัวจ่ายประมาณ 20 กว่าหัวจ่าย จึงจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยน O-ring ที่หัวจ่าย

เนื่องจากทางโรงพยาบาลแม่ฟ้าหลวง ไม่มีช่างเข้าใจและควบคุมดูแลรักษา ดังนั้นผู้ออกแบบจะต้องจัดทำแผนการตรวจเช็คระบบออกซิเจนโดยจัดทำเป็นเอกสาร และอธิบายหน้างานจริง

ในส่วนของการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันจะต้องมีการตรวจเช็คระบบออกซิเจนที่ห้องจ่ายทุกเช้า รายการที่ตรวจเช็คคือ ตรวจเช็ค แรงดันฝั่งที่ยังไม่ได้ใช้ว่ามีแรงดันตกหรือไม่ แรงดันที่ใช้ แรงดันที่ออกจากถังออกซิเจนรวมทั้งการตรวจรับถังออกซิเจนว่ามีถังก๊าซอื่นปนมาหรือไม่ ตรวจเช็คว่าถังถูกต้องตามกฎหมาย กรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือไม่ การขนย้ายของผู้ขนส่งถูกต้องหรือไม่ และถังออกซิเจนเมื่อใส่เข้าระบบมีการรั่วหรือไม่ ถ้ารั่วให้ส่งคืนบริษัท ทั้งนี้ถังออกซิเจนที่อยู่ให้ห้องจ่ายมีการคล้องโซ่ เพื่อป้องกันการล้มของถังออกซิเจนโดยทุกปีจะต้องมีการเปลี่ยนชุดซ่อม โอลิ่งที่หัวจ่ายออกซิเจน

บรรณานุกรม

- 1.คู่มือระบบก๊าซทางการแพทย์ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข ปี 2544
- 2.สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ออกซิเจนที่ใช้ในทางกานแพทย์ มอก.2540-27
- 3.สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ข้อต่อลิ้นภาชนะบรรจุก๊าซที่ใช้ในทางกานแพทย์ มอก. 1905-2535
- 4.สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การใช้และการซ่อมบำรุงภาชนะบรรจุก๊าซทนความดัน มอก. 358-2531
- 5.สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ภาชนะบรรจุก๊าซทนความดันแบบไม่มีตะเข็บ มอก. 359-2523
- 6.สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สีและสัญลักษณ์สำหรับภาชนะบรรจุก๊าซที่ใช้ในทางการแพทย์ มอก. 87-252
- 7.สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กลอูปกรณ์นิรภัยแบบระบายของถึงก๊าซ มอก. 255-251
- 8.National Fire Protection Association.Standard methods of fire tools for flame – resistant textiles and films .NFPA 701 .1996.
9. National Fire Protection Association. National Electric Code.NFPA70. 1999.
- 10 . National Fire Protection Association.Gas and vacuum systems.NFPA99C. 1999.
- 11.American Society for Testing and Materials.Specification for seamless copper water tube.ASTM B-88.1992
- 12.American Society for Testing and Materials.Specification for seamless copper tube for medical gas system.ASTM B-819.1992