# คู่มือ
# การใช้และบำรุงรักษาออกซิเจนทางการแพทย์
# Operation and Maintenance Manual for Medical Oxygen





โครงการจัดทำคู่มือการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์การแพทย์
ในสถานบริการสุขภาพ

กองวิศวกรรมการแพทย์
กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ

คู่มือการใช้และบำรุงรักษาออกซิเจนทางการแพทย์
Operation and Maintenance Manual for Medical Oxygen
กองวิศวกรรมการแพทย์ กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ

(ลิขสิทธิ์คู่มือฉบับนี้เป็นของ กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข)
๘๘/๓๓ หมู่ที่ ๔ ตำบลตลาดขวัญ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี ๑๑๐๐๐
โทร. ๐-๒๑๔๙-๕๖๘๐, โทรสาร ๐-๒๑๔๙-๕๖๕๗

[พิมพ์ครั้งที่ ๑ จำนวน ๑,๐๐๐ เล่ม]

# บทที่ 1

## บทนิยาม

**คู่มือ (Manual)** หมายถึง ข้อความที่มีเนื้อหาเชิงให้ความรู้หรือข้อมูลสำหรับปฏิบัติการ โดยระบุไว้เป็น 2 แนวทางคือ “ต้อง” หมายถึงการปฏิบัติที่มิอาจละเว้นหรือหลีกเลี่ยงได้และ “ควร” หมายถึงการปฏิบัติที่น่าจะทำหรือแนะนำให้ทำ

**ออกซิเจน (Oxygen)** หมายถึง ธาตุที่มีสัญลักษณ์ทางเคมี “$O_2$” คุณสมบัติให้เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 540-2545 ออกซิเจนที่ใช้ในการแพทย์ (ถ้ามีการแก้ไข ให้ใช้ฉบับล่าสุด)

**ระบบขนาดใหญ่ (Bulk System)** หมายถึง

ระบบออกซิเจนขนาดใหญ่ (Bulk Oxygen System) คือชุดอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยภาชนะบรรจุที่เป็นถังเก็บออกซิเจน อุปกรณ์ควบคุมความดัน อุปกรณ์ระบายความดัน อุปกรณ์ทำระเหย ชุดจ่ายก๊าซ และการวางเส้นท่อเชื่อมต่อระหว่างกัน ซึ่งมีความจุในการเก็บออกซิเจนมากกว่า 566 ลูกบาศก์เมตร (20,000 ลูกบาศก์ฟุต) ที่ NTP (normal temperature and pressure) รวมถึงการสำรองให้พร้อมใช้งานที่ยังไม่ได้เชื่อมต่อกับจุดใช้งานด้วย (ออกซิเจนนี้สามารถเก็บในรูปก๊าซหรือของเหลวซึ่งติดตั้งถาวรประจำที่หรือเคลื่อนที่ได้)

**ถังบรรจุหรือภาชนะบรรจุที่เป็นถัง (Container)** หมายถึง ภาชนะสำหรับบรรจุก๊าซที่อยู่ในสถานะของเหลวและมีความดันต่ำ ใช้สุญญากาศเป็นฉนวน

**ท่อบรรจุหรือภาชนะบรรจุที่เป็นท่อ (Cylinder)** หมายถึง ภาชนะสำหรับบรรจุก๊าซความดันสูง ซึ่งอาจเกิน 13,700 กิโลปาสคาล (2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 140 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) ได้

**เส้นท่อ (Pipeline หรือ pipe)** หมายถึง เส้นท่อทองแดงที่นำมาใช้ในระบบก๊าซทางการแพทย์

**ระบบเส้นท่อก๊าซ (Piped Gas System)** หมายถึง ระบบที่ประกอบด้วยระบบจ่ายกลาง (ชุดจ่ายก๊าซ ท่อบรรจุ ถังขนาดใหญ่ ) พร้อมอุปกรณ์ควบคุมและการวางเส้นท่อไปยังทางเปิดออกที่เหมาะสมเพื่อต่อใช้งานกับอุปกรณ์ทางการแพทย์

**การวางเส้นท่อ (Piping)** หมายถึง การออกแบบและติดตั้งเส้นท่อเป็นระบบ โดยทั่วไปมี 3 ลักษณะดังนี้ คือ

1. เส้นท่อหลัก (Main Line) หมายถึง เส้นท่อของระบบที่ต่อจากแหล่งก๊าซไปยังเส้นท่อแนวตั้งหรือเส้นท่อสาขา (branch) หรือทั้งสองอย่าง
2. เส้นท่อแนวตั้ง (Riser) หมายถึง เส้นท่อของระบบที่วางตัวในแนวตั้ง เป็นส่วนต่อระหว่างเส้นท่อหลักกับเส้นท่อสาขาของชั้นต่าง ๆ

3. เส้นท่อสาขา (Branch หรือ Lateral Line) หมายถึง เส้นท่อของระบบที่ป้อนเข้าสู่ห้องหรือกลุ่มห้องในชั้นเดียวกัน

**ข้อต่อลิ้นท่อบรรจุ (Cylinder Valve Connector)** หมายถึง ข้อต่อก๊าซทางการแพทย์ซึ่งมีทั้งชนิดเกลียวและชนิดโย้ก (yoke) ตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 1095-2535 ข้อต่อลิ้นภาชนะบรรจุก๊าซที่ใช้ในการแพทย์ (ถ้ามีการแก้ไข ให้ใช้ฉบับล่าสุด)

**ชุดจ่ายก๊าซ (Manifold)** หมายถึง อุปกรณ์สำหรับต่อเชื่อมทางออกของท่อบรรจุที่มากกว่าหนึ่งท่อเข้ากับศูนย์รวมของระบบจ่ายกลางของก๊าซชนิดหนึ่ง

**ทางเปิดออก (Station Outlet)** หมายถึง จุดทางออกของระบบเส้นท่อก๊าซทางการแพทย์ที่ผู้ใช้งานสามารถต่ออุปกรณ์ทางการแพทย์เข้าและถอดออกได้

**อุปกรณ์ควบคุมความดัน (Pressure Regulator)** หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมความดันก๊าซให้คงที่โดยอัตโนมัติให้อยู่ในระดับความดันใช้งานที่ตั้งไว้

**ความดันใช้งาน (Working Pressure)** หมายถึง ความดันที่เหมาะสมกับระบบหรืออุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ไม่เกิน 1,100 กิโลปาสคาล (11 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือ 160 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)

หมายเหตุ: ความดันใช้งานของออกซิเจน ไนทรัสออกไซด์และอากาศอัดทางการแพทย์ใช้ที่ 340-400 กิโลปาสคาล (3.15-4.22 กิโลกรัมต่อ

ตารางเซนติเมตร หรือ 50-60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ส่วนอากาศอัดหรือไนโตรเจนความดันสูงสำหรับขับเคลื่อนอุปกรณ์ทางการแพทย์ใช้ไม่เกิน 1,100 กิโลปาสคาล (11 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือ 160 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)

**กิโลปาสคาล (kPa) บาร์ (bar) กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (kg/cm$^2$) หรือปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi, pound per square inch)** หมายถึง หน่วยความดันที่วัดโดยใช้ความดันบรรยากาศเป็นฐานอ้างอิง (gauge pressure)

**แหล่งจ่ายสำรอง (Reserve Supply)** หมายถึง ส่วนของอุปกรณ์ที่จ่ายก๊าซให้ระบบอย่างอัตโนมัติเมื่อระบบหลักไม่สามารถทำงานได้

**ระบบสัญญาณเตือนหลัก (Master Alarm System)** หมายถึง ระบบสัญญาณเตือนที่สามารถมองเห็นได้จากแสงและได้ยินจากเสียงเมื่อมีความผิดปกติของแหล่งจ่ายและระบบเส้นท่อก๊าซทางการแพทย์

**ระบบสัญญาณเตือนประจำพื้นที่ (Area Alarm System)** หมายถึง ระบบสัญญาณเตือนที่สามารถมองเห็นได้จากแสงและได้ยินจากเสียงเมื่อมีความผิดปกติของระบบก๊าซทางการแพทย์ ในบริเวณที่กำหนด

**ระบบสัญญาณเตือนเฉพาะจุด (Local Alarm System)** หมายถึง ระบบสัญญาณเตือนที่สามารถมองเห็นได้จากแสงและได้ยินจากเสียงเมื่อมีความผิดปกติของระบบก๊าซทางการแพทย์ ณ ตำแหน่งที่กำหนด

**อัตโนมัติ (Automatic)** หมายถึง การทำงานได้โดยกลไกของตัวเองเพื่อดำรงสถานภาพหรือเมื่อถูกกระตุ้นโดยผลกระทบที่ไม่ได้เกิดจากการ

กระทำของมนุษย์ เช่น การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์หรือความดัน เป็นต้น

**ไวไฟ (Flammable)** หมายถึง คุณสมบัติของสารที่ติดไฟง่าย ไหม้รุนแรง เปลวไฟขยายรวดเร็วระหว่างการสันดาป

หมายเหตุ: สารที่ไม่ไวไฟในอากาศอาจกลายเป็นสารไวไฟได้ ถ้าปริมาณออกซิเจนสูงเกิน 0.235 atm (ความดันสัมบูรณ์ หรือ absolute atmosphere)

**ไม่ไวไฟ (Nonflammable)** หมายถึง คุณสมบัติของสารที่ไม่ติดไฟง่ายภายใต้ภาวะที่กำหนดในนิยามการต้านไฟของ NFPA 701

**ก๊าซไวไฟ (Flammable Gas)** หมายถึง ก๊าซซึ่งจะติดไฟเมื่อผสมกับอากาศ ออกซิเจนหรือไนทรัสออกไซด์ในทุกสัดส่วน

**ก๊าซไม่ไวไฟที่ใช้ทางการแพทย์ (Nonflammable Medical Gas)** ได้แก่ ก๊าซออกซิเจน ไนทรัสออกไซด์ อากาศอัดหรือก๊าซทางการแพทย์อื่น ๆ ที่ไม่อยู่ในนิยามของก๊าซไวไฟ

**ติดไฟได้ (Combustible)** หมายถึง คุณสมบัติของสารซึ่งเมื่อจุดติดไฟแล้วจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและไหม้ไฟ

**วัสดุไม่ติดไฟ (Noncombustible Material)** หมายถึง วัสดุซึ่งเมื่ออยู่ในสภาพที่ใช้งานตามประเภทจะไม่สมารถจุดติดไฟ ไม่ไหม้ไฟ ไม่ช่วยการสันดาปหรือไม่ปล่อยไอที่ติดไฟได้เมื่อโดนไฟหรือความร้อน (ทดสอบตาม ASTM E136 ที่ 750 องศาเซลเซียส)

# บทที่ 2
# ระบบเส้นท่อก๊าซ
# (Piped Gas System)

## 1. แหล่งก๊าซ

### 1.1 ท่อบรรจุและถังบรรจุ

1.1.1 ต้องทดสอบและบำรุงรักษาท่อบรรจุตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ในกรณีท่อเก่าให้เป็นไปตามมาตรฐานเลขที่ มอก. 358-2551 การใช้และการซ่อมบำรุงภาชนะบรรจุก๊าซทนความดัน (ถ้ามีการแก้ไข ให้ใช้ฉบับล่าสุด) ในกรณีท่อใหม่ให้เป็นไปตามมาตรฐานเลขที่ มอก. 359-2549 ภาชนะบรรจุก๊าซทนความดันแบบไม่มีตะเข็บ (ถ้ามีการแก้ไข ให้ใช้ฉบับล่าสุด) สำหรับถังบรรจุให้เป็นไป

ตามมาตรฐานที่สากลยอมรับ หรือข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ถ้ามี)

1.1.2 ให้แสดงสิ่งบรรจุภายในท่อบรรจุ ตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานที่ มอก. 87-2521 สีและสัญลักษณ์สำหรับภาชนะบรรจุก๊าซที่ใช้ในทางการแพทย์ (ถ้ามีการแก้ไข ให้ใช้ฉบับล่าสุด)

1.1.3 ห้ามขูดฉลากออก เปลี่ยนแปลงหรือแกะออก

**1.2 การจัดเก็บและการจัดวาง**

หลักทั่วไปสำหรับก๊าซไม่ไวไฟ มีดังนี้

1.2.1 ท่อบรรจุก๊าซและถังบรรจุที่ใส่ของเหลวระเหยได้ต้องเก็บห่างจากเครื่องทำความร้อน ท่อไอน้ำร้อนและแหล่งความร้อน ถ้าอยู่ใกล้แหล่งความร้อนต้องป้องกันไม่ให้ท่อบรรจุหรือก๊าซร้อนเกิน 54 องศาเซลเซียส (130 องศาฟาเรนไฮต์) ภาชนะบรรจุของเหลวเย็นจัด (cryogenic liquid) ต้องระมัดระวังไม่ให้สัมผัสโดยตรงกับผิว

1.2.2 ต้องมีผนังกั้นรอบสถานที่เก็บของระบบจ่ายก๊าซที่เป็นสารออกซิไดซ์ (oxidizing agent) เช่น ออกซิเจนและไนทรัสออกไซด์ ซึ่งต้องทำจากวัสดุก่อสร้างที่สามารถทนไฟได้อย่างน้อย 1 ชั่วโมง และไม่ติดต่อโดยตรงกับสถานที่ให้ยาดมสลบ ผนังกั้นนี้ห้ามใช้เพื่อจุดประสงค์อื่น ห้ามเก็บก๊าซไวไฟรวมกับสารออกซิไดซ์ ก๊าซทางการแพทย์อื่นที่ไม่ไวไฟเช่นก๊าซเฉื่อยอาจเก็บไว้ในที่เดียวกันได้ ท่อบรรจุ

เต็มและท่อบรรจุเปล่า ก็อาจเก็บรวมในสถานที่เดียวกันได้โดยติดป้ายแสดงให้ชัดเจน

1.2.3 ต้องมีราวหรือที่รัดท่อบรรจุเพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่ทำให้เสียหายจากการล้มหรือเลื่อนหลุด

1.2.4 อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งภายในสถานที่เก็บหรือชุดจ่ายก๊าซของก๊าซไม่ไวไฟ ต้องทำตามมาตรฐาน NFPA 70 (ถ้ามีการแก้ไข ให้ใช้ฉบับล่าสุด) อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดผนังเช่น สวิตช์หรือเต้าเสียบต้องติดตั้งในที่ถาวรซึ่งสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร เพื่อป้องกันความเสียหายจากการถูกกระทบกระแทก

1.2.5 ต้องไม่เก็บวัสดุไวไฟในสถานที่เก็บออกซิเจนและไนทรัสออกไซด์

1.2.6 ต้องไม่เก็บวัสดุติดไฟได้เช่น กระดาษ พลาสติกหรือผ้าใกล้ท่อบรรจุหรือชุดจ่ายก๊าซของออกซิเจนและไนทรัสออกไซด์ ชั้นเก็บท่อบรรจุสามารถทำด้วยไม้ได้และต้องแกะสิ่งห่อหุ้มท่อออกก่อนเก็บเข้าที่

1.2.7 ถ้ามีฝาครอบท่อบรรจุ ต้องครอบสวมให้แน่นตลอดเวลาจนกระทั่งเปิดใช้งาน

1.2.8 ต้องไม่เก็บท่อบรรจุหรือถังบรรจุไว้ในที่อับทึบ

1.2.9 สถานที่ตั้งระบบจ่ายก๊าซ

1.2.9.1 ระบบจ่ายก๊าซทางการแพทย์ที่มีความจุ (รวมที่ต่อกับระบบและที่เก็บ) ไม่เกินกำหนด (ออกซิเจนไม่เกิน 566 ลูกบาศก์

เมตร หรือ 20,000 ลูกบาศก์ฟุต ไนทรัสออกไซด์ไม่เกิน 1,452 กิโลกรัม หรือ 3,200 ปอนด์) อาจอยู่กลางแจ้งที่มีกำแพงล้อมรอบโดยเฉพาะหรือในห้อง หรืออยู่ภายในอาคารที่ใช้กับงานอื่นได้ โดยต้องมีผนังกั้นแยกออกจากกัน

1.2.9.2 ส่วนประกอบเกี่ยวกับการเก็บก๊าซที่อยู่ภายนอกแต่อยู่ชิดกับผนังของอาคารต้องอยู่ในตำแหน่งที่ห่างจากช่องเปิดใด ๆ ของอาคารโดยรอบมากกว่า 7.6 เมตร (25 ฟุต)

1.2.9.3 ต้องไม่ใช้สถานที่ตั้งระบบจ่ายก๊าซเป็นที่เก็บท่อบรรจุอื่น นอกจากเป็นก๊าซไม่ไวไฟ ก๊าซทางการแพทย์อื่นที่ไม่ไวไฟให้ตั้งรวมกับออกซิเจนและไนทรัสออกไซด์ได้ แต่ต้องให้มีการถ่ายเทอากาศเพียงพอที่จะระบายก๊าซในบริเวณนั้นออกไป เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดบรรยากาศที่ขาดออกซิเจนในกรณีที่อุปกรณ์ระบายความดัน (pressure-relief device) ของท่อบรรจุหรือชุดจ่ายก๊าซ (manifold) กำลังทำงานซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน

1.2.9.4 เครื่องผลิตอากาศอัดและเครื่องผลิตสุญญากาศต้องติดตั้งแยกจากห้องระบบจ่ายก๊าซหรือแหล่งเก็บท่อบรรจุ ต้องติดตั้งเครื่องผลิตอากาศอัดในห้องเฉพาะซึ่งมีการระบายอากาศเพียงพอและต้องสามารถเข้าซ่อมแซมได้

1.2.10 การก่อสร้างสถานที่ตั้งระบบจ่ายก๊าซและการจัดระเบียบ

1.2.10.1 ผนัง พื้น เพดาน หลังคา ประตู อุปกรณ์ตกแต่งภายใน ชั้นและที่ยึดต้องทำจากวัสดุที่ไม่ติดไฟหรือมีขีดจำกัดการติดไฟ

1.2.10.2 ตำแหน่งห้องจ่ายออกซิเจนและไนทรัสออกไซด์ต้องไม่ติดต่อกับห้องให้ยาดมสลบหรือห้องเก็บยาดมสลบที่ไวไฟ

1.2.10.3 ประตูห้องระบบจ่ายก๊าซต้องใส่กุญแจได้

1.2.10.4 ถ้าระบบจ่ายก๊าซตั้งอยู่ใกล้แหล่งความร้อน เช่น เตาเผา ห้องกำเนิดไอน้ำ ห้องนึ่งอบฆ่าเชื้อ ต้องสร้างที่ป้องกันไม่ให้ท่อบรรจุมีอุณหภูมิเกิน 54 องศาเซลเซียส (130 องศาฟาเรนไฮต์) ต้องไม่อยู่ติดกับของเหลวที่ไวไฟหรือติดไฟได้ง่าย

1.2.10.5 ห้ามติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า สายไฟฟ้าแรงสูง และอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำให้เกิดประกายไฟใกล้ที่ตั้งระบบจ่ายก๊าซ

1.2.10.6 ต้องติดป้าย

**ห้ามสูบบุหรี่หรือทำให้เกิดประกายไฟ**

ที่บริเวณระบบจ่ายก๊าซ ขนาดตัวหนังสือต้องอ่านได้ชัดเจน

**ข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับแหล่งเก็บก๊าซไม่ไวไฟ**

**ก. ขนาดมากกว่า 85 ลูกบาศก์เมตร (3,000 ลูกบาศก์ฟุต)**

1) ระบบจ่ายออกซิเจนหรือสถานที่เก็บที่มีความจุมากกว่า 566 ลูกบาศก์เมตร (20,000 ลูกบาศก์ฟุต) ที่ NTP (รวมแหล่งสำรองที่ไม่ได้ต่อกับระบบด้วย) ต้องเป็นไปตาม NFPA50 มาตรฐานระบบออกซิเจนขนาดใหญ่ที่ติดตั้งในสถานที่ใช้งาน (ถ้ามีการแก้ไข ให้ใช้ฉบับล่าสุด) ตำแหน่งของถังบรรจุออกซิเจนเหลวต้องห่างจากโครงสร้างอื่น ๆ ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ (รูปที่ 1)

รูปที่ 1 ระยะห่างที่เหมาะสมระหว่างระบบจ่ายกลางก๊าซขนาดใหญ่กับโครงสร้างต่างๆ
(หน่วยเป็นเมตร) ตัวเลขชุดแรกสำหรับถังขนาดน้อยกว่า 20 ตัน
ตัวเลขชุดหลังสำหรับถังขนาด 20-200 ตัน

2) ผนัง พื้น เพดาน ซึ่งเป็นที่ตั้งระบบจ่ายก๊าซนี้ ต้องทนไฟได้นานอย่างน้อย 1 ชั่วโมง

3) ต้องมีการระบายอากาศสู่ภายนอกโดยเครื่องระบายหรือระบายตามธรรมชาติ ถ้าระบายตามธรรมชาติต้องมีช่องระบายขนาดพื้นที่ช่องว่างรวมอย่างน้อย 0.05 ตารางเมตร (72 ตารางนิ้ว)

**ข. ขนาดน้อยกว่า 85 ลูกบาศก์เมตร (3,000 ลูกบาศก์ฟุต)**

ประตูที่ใช้ต้องมีบานเกล็ดขนาดพื้นที่ระบายอากาศไม่น้อยกว่า 0.05 ตารางเมตร (72 ตารางนิ้ว) แต่ถ้าประตูนี้เปิดออกสู่ทางเดินในอาคารต้องเป็นบานทึบ และต้องเป็นไปตามข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับแหล่งเก็บก๊าซไม่ไวไฟขนาดมากกว่า 85 ลูกบาศก์เมตร ข้อ ก (3)

**1.3 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้กับออกซิเจน**

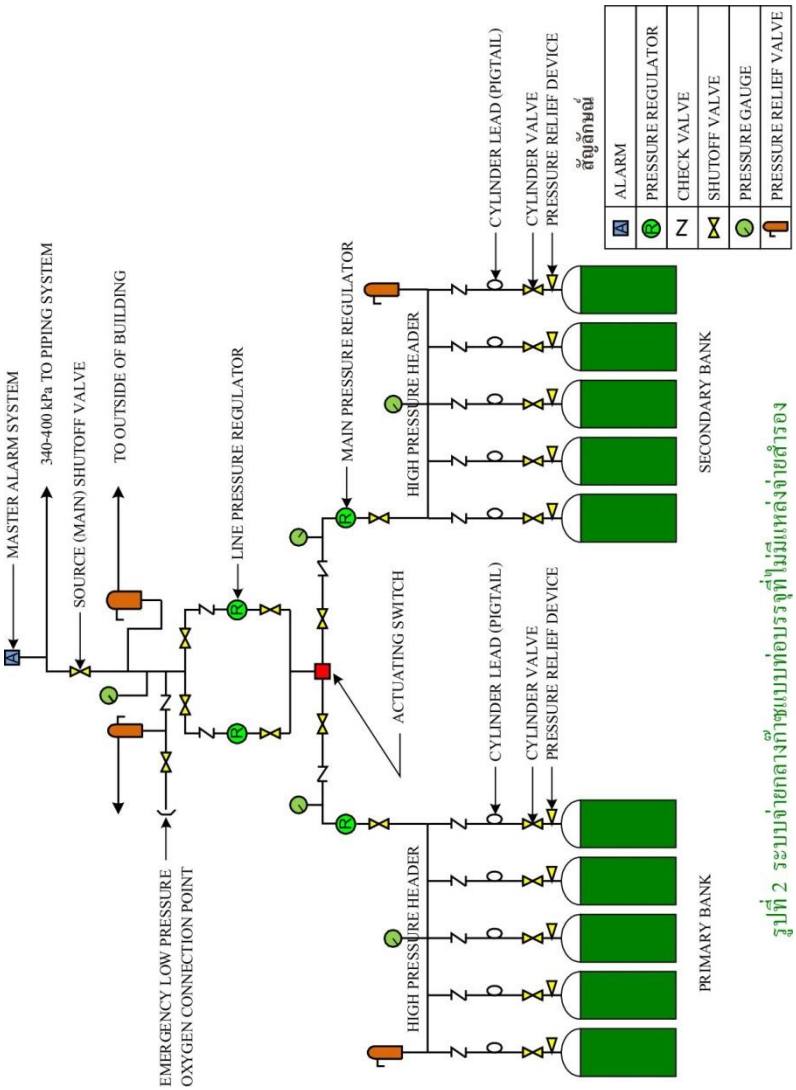
1.3.1 ส่วนประกอบระบบออกซิเจนได้แก่ ท่อบรรจุหรือถังบรรจุ ลิ้น ฐานรองลิ้น (valve seat) สารหล่อลื่น ข้อต่อ (fitting) ประเก็น (gasket) และอุปกรณ์ที่ต่อเชื่อมรวมทั้งท่อส่งก๊าซ (hose) ต้องสามารถเข้ากันได้กับออกซิเจนภายใต้สภาพของอุณหภูมิและความดันใช้งาน ห้ามใช้วัสดุที่จุดไฟติดง่าย ยกเว้นเป็นส่วนประกอบที่พิสูจน์หรือทดสอบแล้วว่าเหมาะสม

1.3.2 คุณสมบัติในข้อ 1.3.1 ให้ใช้กับไนทรัสออกไซด์และก๊าซผสมทางการแพทย์อื่นที่มีออกซิเจนมากกว่า 23.5 % หรือเป็นไปตามที่กำหนด (ถ้ามี)

**1.4 ระบบจ่ายกลางก๊าซ (Gas Central Supply System)**

ประกอบด้วยระบบท่อบรรจุและอุปกรณ์จ่ายที่ติดตั้งแบบถาวร หรือแบบเคลื่อนที่ได้ (traler) มี 3 แบบ ดังต่อไปนี้คือ

1.4.1 ระบบจ่ายกลางก๊าซแบบท่อบรรจุที่ไม่มีแหล่งจ่ายสำรอง (รูปที่ 2) ประกอบด้วย

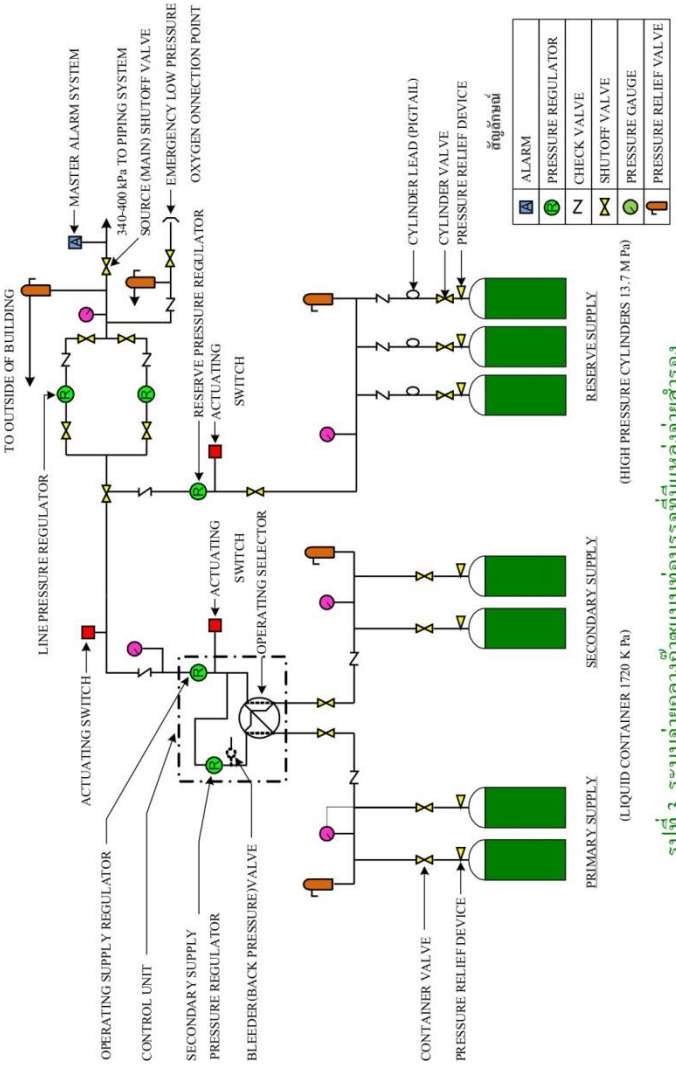



รูปที่ 2 ระบบจ่ายกลางก๊าซแบบท่อบรรจุที่ไม่มีแหล่งจ่ายสำรอง

1.4.1.1 ชุดจ่ายก๊าซจากท่อบรรจุ ประกอบด้วยท่อบรรจุ 2 ฝั่ง สลับกันจ่ายเข้าระบบเส้นท่อแต่ละฝั่งมีอุปกรณ์ควบคุมความดันและท่อบรรจุต่อกับหัวความดันสูง (high pressure header) แต่ละฝั่งต้องมีท่อบรรจุอย่างน้อย 2 ท่อ หรือจ่ายได้เฉลี่ยอย่างน้อย 1 วัน เมื่อฝั่งที่หนึ่ง (primary bank) ไม่สามารถจ่ายให้ระบบได้ ฝั่งที่สอง (secondary bank) ต้องเริ่มทำงานอย่างอัตโนมัติเพื่อจ่ายให้ระบบ ต้องต่อตัวรับสัญญาณ (actuating switch) กับแผงสัญญาณเตือนหลัก (master signal panel) เพื่อแสดงให้ทราบว่าขณะนี้มีการเปลี่ยนไปใช้ท่อบรรจุฝั่งที่สอง

1.4.1.2 ลิ้นทางเดียว (check valve) ต้องติดตั้งที่เส้นท่อระหว่างท่อบรรจุ (cylinder lead) หรือหางหมู (pigtail) กับหัวความดันสูงเพื่อป้องกันการสูญเสียก๊าซในกรณีที่ลิ้นระบายความดันของท่อบรรจุเปิดออกหรือเส้นท่อจากท่อบรรจุเสีย ลิ้นทางเดียวต้องทำจากวัสดุที่เหมาะสมสำหรับก๊าซและความดันใช้งาน

1.4.2. ระบบจ่ายกลางก๊าซแบบท่อบรรจุที่มีแหล่งจ่ายสำรอง (รูปที่ 3)




รูปที่ 3 ระบบจ่ายก๊าซแบบท่อบรรจุที่มีแหล่งจ่ายสำรอง

1.4.2.1 ระบบจ่ายจากท่อบรรจุที่มีแหล่งจ่ายสำรองประกอบด้วย

ก. แหล่งจ่ายชุดแรก (primary supply) ซึ่งจ่ายให้ระบบเส้นท่อ

ข. แหล่งจ่ายชุดที่สอง (secondary supply) ต้องทำงานอย่างอัตโนมัติเมื่อแหล่งจ่ายชุดแรกไม่สามารถจ่ายให้ระบบได้ ต้องต่อตัวรับสัญญาณกับแผงสัญญาณเตือนหลักเพื่อแสดงให้ทราบว่ามีการเปลี่ยนไปใช้แหล่งจ่ายชุดที่สอง

ค. แหล่งจ่ายสำรอง (reserve supply) ต้องทำงานอย่างอัตโนมัติในกรณีที่แหล่งจ่ายชุดแรกและชุดที่สองไม่สามารถจ่ายให้ระบบได้ ต้องต่อตัวรับสัญญาณกับแผงสัญญาณเตือนหลักเพื่อแสดงให้ทราบว่าขณะนี้แหล่งจ่ายสำรองเริ่มจ่ายก๊าซให้กับระบบแล้ว

1.4.2.2 แหล่งจ่ายสำรองประกอบด้วยท่อบรรจุความดันสูงที่มีชุดจ่ายก๊าซตั้งแต่ 3 ท่อขึ้นไปต่อเชื่อมตามข้อ 1.5.2 และต้องติดตั้งลิ้นทางเดียวตามข้อ 1.4.1.2 หรือต้องมีตัวรับสัญญาณที่กระตุ้นแผงสัญญาณเตือนหลักเมื่อความดันของแหล่งจ่ายสำรองลดลงถึงระดับที่จ่ายได้เพียง 1 วัน

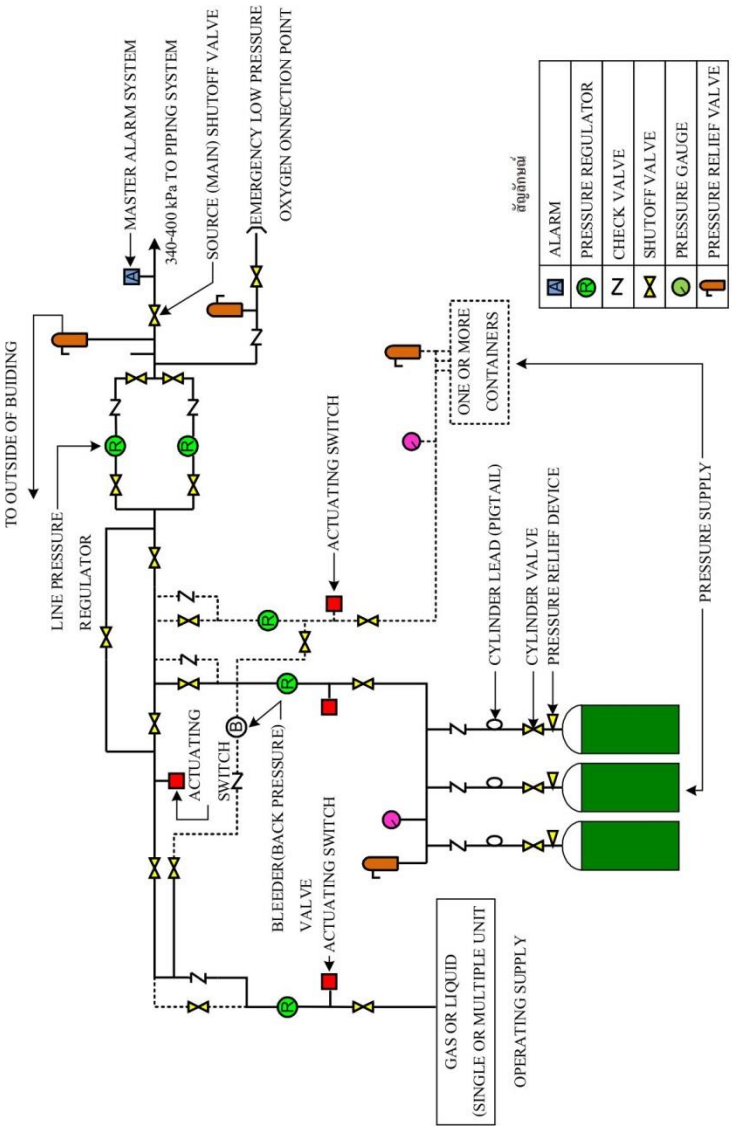
1.4.2.3 การใช้ถังเก็บของเหลวเย็นจัด (cryogenic liquid storage vessel) เป็นแหล่งจ่ายปฏิบัติการ (operating supply) ต้องติดตั้งแบบมีแหล่งจ่ายสำรองเท่านั้น

1.4.2.4 ถังเก็บของเหลวเย็นจัดที่ออกแบบให้ป้องกันการสูญเสียก๊าซที่ระเหยจากของเหลวในแหล่งจ่ายชุดที่สองต้องออกแบบให้มีลิ้น bleeder back pressure เพื่อให้ก๊าซที่เกิดขึ้นไหลผ่านอุปกรณ์ควบคุมความดันก่อนเข้าสู่ระบบเส้นท่อ

1.4.2.5 ถังเก็บของเหลวเย็นจัด ต้องสร้างให้ทนความดันสูง (15.2 เมกะปาสคาล หรือ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) หรือต้องมีอุปกรณ์ระบายความดันที่เหมาะสมติดตั้งต้นทางต่อหน่วยควบคุม (control unit)

1.4.2.6 ระบบจ่ายกลางก๊าซแบบท่อบรรจุที่มีแหล่งจ่ายสำรองนี้ต้องมีลิ้นทางเดียวระหว่างเส้นท่อจากท่อบรรจุแต่ละอันกับหัวความดันสูงของแหล่งจ่ายทั้งสองชุด

1.4.3 ระบบจ่ายกลางก๊าซแบบขนาดใหญ่ที่มีแหล่งจ่ายสำรอง (รูปที่ 4)




รูปที่ 4 ระบบจ่ายกลางก๊าซขนาดใหญ่ที่มีแหล่งจ่ายสำรอง

1.4.3.1 ระบบจ่ายกลางก๊าซแบบขนาดใหญ่ประกอบด้วยแหล่งจ่าย 2 แหล่ง โดยแหล่งหนึ่งต้องใช้สำรองจ่ายในกรณีฉุกเฉินเท่านั้นและต้องต่อตัวรับสัญญาณกับแผงสัญญาณเตือนหลักเพื่อแสดงให้ทราบว่าแหล่งจ่ายสำรองเริ่มทำงาน

ระบบจ่ายกลางก๊าซแบบขนาดใหญ่มี 2 แบบ คือ

ก. ชนิดสลับข้าง (alternating type) มีจำนวน 2 หน่วยหรือมากกว่า สลับกันจ่ายเข้าระบบเส้นท่อ เมื่อแหล่งจ่ายชุดแรกไม่สามารถจ่ายได้ แหล่งจ่ายชุดที่สองจะกลายเป็นชุดแรกโดยอัตโนมัติ และต้องเปลี่ยนท่อบรรจุใหม่ให้กับแหล่งจ่ายชุดที่หมด (ซึ่งไม่ใช่แหล่งจ่ายสำรอง) แล้วต่อเข้ากับระบบให้พร้อมก่อนการสลับใช้ครั้งต่อไป ต้องต่อตัวรับสัญญาณกับแผงสัญญาณเตือนหลักเพื่อแสดงให้ทราบเมื่อเกิดการสลับข้างใช้งาน

ข. ชนิดจ่ายต่อเนื่อง (continuous type) มีจำนวน 1 หน่วย หรือมากกว่า จ่ายเข้าระบบเส้นท่ออย่างต่อเนื่อง ในขณะที่อีกหน่วยหนึ่งคงสภาพเป็นแหล่งจ่ายสำรองและทำงานเฉพาะในกรณีฉุกเฉินเท่านั้น

1.4.3.2 แหล่งจ่ายชุดที่สองหรือแหล่งจ่ายสำรองที่กล่าวใน 1.4.3.1 แต่ละแหล่งต้องมีความจุอย่างน้อยเพียงพอที่จะจ่ายได้เฉลี่ย 1 วัน และประกอบด้วย

ก. ท่อบรรจุความดันสูง 3 ท่อหรือมากกว่า ที่ต่อกับชุดจ่ายก๊าซตามข้อ 1.4.1.1 และ 1.5.2 ต้องมีตัวรับสัญญาณกระตุ้นให้สัญญาณเตือนหลักทำงานเมื่อความดันของแหล่งจ่ายสำรองลดลงถึงระดับที่จ่ายได้เพียง 1 วัน

ข. ถังเก็บของเหลวเย็นจัดที่ใช้เป็นแหล่งจ่ายสำรองให้กับระบบจ่ายกลางก๊าซขนาดใหญ่ ต้องมีตัวรับสัญญาณกระตุ้นให้สัญญาณเตือนหลักทำงานเมื่อความดันของแหล่งจ่ายสำรองลดลงถึงระดับที่จ่ายได้เพียง 1 วัน และตัวรับสัญญาณอีกอันหนึ่งซึ่งจะกระตุ้นให้ระบบสัญญาณเตือนหลักทำงานเมื่อความดันใช้งานที่เหลือในแหล่งจ่ายสำรองลดลงต่ำกว่าความดันที่ต้องการให้ทำงานอย่างถูกต้อง ต้องติดตั้งลิ้น bleeder back pressure เพื่อป้องกันการสูญเสียก๊าซที่เกิดจากการระเหยของของเหลวในแหล่งจ่ายสำรอง โดยให้ก๊าซที่เกิดขึ้นนี้ไหลผ่านอุปกรณ์ควบคุมความดันก่อนเข้าสู่ระบบเส้นท่อ

**1.5 ข้อกำหนดทั่วไปสำหรับระบบจ่ายกลางก๊าซ**

1.5.1 ท่อบรรจุ ต้องออกแบบ สร้าง ทดสอบและบำรุงรักษาตามข้อ 1.1 ท่อบรรจุที่ใช้งานและที่เก็บต้องมีที่ยึดอย่างมั่นคงเพื่อป้องกันการตกหล่นหรือถูกชนล้ม

1.5.2 ชุดจ่ายก๊าซ ต้องสร้างอย่างมั่นคง การออกแบบและวัสดุต้องเหมาะสมกับก๊าซและความดันที่เกี่ยวข้อง วิธีการทางเครื่องกลที่ใช้ต้องมีความมั่นคงในการต่อท่อบรรจุก๊าซกับชุดจ่ายก๊าซ ทางออกจากท่อ

บรรจุและข้อต่อทางเข้าชุดจ่ายก๊าซหรือตัวควบคุมต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 1095-2535 ข้อต่อลิ้นภาชนะบรรจุก๊าซที่ใช้ในการแพทย์ (ถ้ามีการแก้ไขให้ใช้ฉบับล่าสุด) เมื่อต่อก๊าซทางการแพทย์ที่ไม่ไวไฟเป็นระบบแล้ว ต้องแน่ใจว่าไม่สามารถสลับชนิด (non-interchangeability) ของท่อบรรจุและอุปกรณ์ได้ วัสดุอุปกรณ์ต้องสั่งซื้อจากผู้ผลิตหรือผู้แทนจำหน่ายโดยตรง และการติดตั้งต้องเป็นไปตามคำแนะนำของช่างผู้ชำนาญการในการติดตั้งและใช้งานอย่างถูกวิธี

1.5.3 จุดต่อระหว่างท่อบรรจุกับลิ้นทางเดียวก่อนเข้าสู่หัวความดันสูง ต้องใส่เส้นท่อจากท่อบรรจุหรือหางหมูเพื่อให้มีการยืดหยุ่นตัวได้เพื่อสะดวกในการเปลี่ยนท่อบรรจุและป้องกันจุดต่อรั่ว

1.5.4 อุปกรณ์ควบคุมความดันเส้นท่อ (Line Pressure Regulator) ต้องติดตั้งต้นทางต่อลิ้นระบายความดันในท่อตัวสุดท้าย (ข้อ 1.5.7) ในที่ซึ่งก๊าซชนิดเดียวกันมีเส้นท่อหลายระบบ เพื่อให้มีความดันใช้งานต่าง ๆ กัน ต้องแยกติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความดัน ลิ้นระบาย และลิ้นปิดเหล่งจ่าย (source shutoff valve) สำหรับแต่ละความดัน

1.5.5 หัวจ่ายก๊าซความดันสูง (Header) ต้องติดตั้งมาตรวัดความดันและลิ้นระบายความดัน

1.5.6 ลิ้นปิด (Shutoff Valve) ที่ใช้มือหมุน ต้องติดตั้งต้นทางต่ออุปกรณ์ควบคุมความดันแต่ละอัน และต้องมีลิ้นทางเดียวและลิ้นปิดที่ใช้มือหมุนติดตั้งปลายทางเรียงตามลำดับ

1.5.7 ลิ้นระบายความดัน (Pressure Relief Valve) ระบบจ่ายกลางก๊าซแต่ละระบบต้องมีลิ้นระบายความดันสูง ตั้งค่าให้สูงกว่าความดันใช้งานในท่อ 50 เปอร์เซ็นต์ ติดตั้งปลายทางต่ออุปกรณ์ควบคุมความดันท่อและต้นทางต่อลิ้นปิดแหล่งจ่าย ลิ้นระบายความดันนี้อนุญาตให้ตั้งค่าสูงกว่าได้ถ้ามีลิ้นระบายความดันอีกอันหนึ่งที่ตั้งค่าให้สูงกว่าความดันใช้งานในท่อ 50 เปอร์เซ็นต์ ติดตั้งอยู่แล้วในเส้นท่อหลัก ลิ้นระบายความดันทุกอันต้องปิดเองโดยอัตโนมัติหลังจากระบายความดันที่เกินออกไปแล้ว ลิ้นระบายความดันที่ตั้งค่าให้สูงกว่าความดันใช้งานในท่อ 50 เปอร์เซ็นต์ ต้องระบายออกสู่ภายนอกระบบจ่ายก๊าซทั้งหมด ถ้าก๊าซนั้นไม่ใช่อากาศทางการแพทย์หรือความจุก๊าซรวมของระบบจ่ายเกิน 85 ลูกบาศก์ (3,000 ลุกบาศก์ฟุต) ลิ้นระบายความดันต้องทำจากทองเหลืองหรือสัมฤทธิ์ (bronze) และออกแบบพิเศษเพื่อใช้งานกับก๊าซ [ลิ้นระบายความดันที่อยู่ปลายทางต่อตัวควบคุมความดันในเส้นท่อของระบบไนโตรเจนที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องมือแพทย์ซึ่งแตกต่างจากความดันปกติ (340-400 กิโลปาสคาล หรือ 50-60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ต้องตั้งค่าให้สูงกว่าความดันในเส้นท่อ 50 เปอร์เซ็นต์]

1.5.8 ลิ้นทางเดียว ระบบจ่ายกลางก๊าซตามข้อ 1.4.2 หรือ 1.4.3 ต้องมีลิ้นทางเดียวในแหล่งจ่ายหลักชุดแรกอยู่ต้นทางต่อจุดบรรจบ (point of intersection) กับแหล่งจ่ายหลักชุดที่สองหรือแหล่งจ่ายสำรอง

1.5.9 อุปกรณ์ควบคุมความดันเส้นท่ออันสุดท้าย ต้องเป็นชนิดคู่ (duplex) เพื่อให้สามารถซ่อมบำรุงอุปกรณ์ดังกล่าวได้โดยไม่ต้องปิดระบบเส้นท่อก๊าซทั้งหมด

1.5.10 ต้องติดตั้งมาตรวัดความดันหลังจากผ่านอุปกรณ์ควบคุมความดันเส้นท่อเพื่อให้ทราบความดันในเส้นท่อก่อนจ่ายไปใช้งาน

1.5.11 การต่อหัวจ่ายออกซิเจนฉุกเฉิน (emergency oxygen supply connection) ต้องมีจุดต่อเข้าเพื่อนำแหล่งจ่ายเสริมมาต่อเข้าในกรณีฉุกเฉินหรือสำหรับการซ่อมบำรุง (รูปที่ 5) ออกซิเจนฉุกเฉินนี้ต้องผ่านอุปกรณ์ควบคุมความดันอย่างเหมาะสมมาแล้วเป็น 340-400 กิโลปาสคาล (50-60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) จุดต่อเข้านี้ต้องอยู่ภายนอกอาคารซึ่งมีการป้องกันไม่ให้บุคคลที่ไม่ได้รับมอบหมายเข้าไปได้ และติดป้ายดังนี้

**ทางเข้าฉุกเฉินของออกซิเจนความดันใช้งาน**

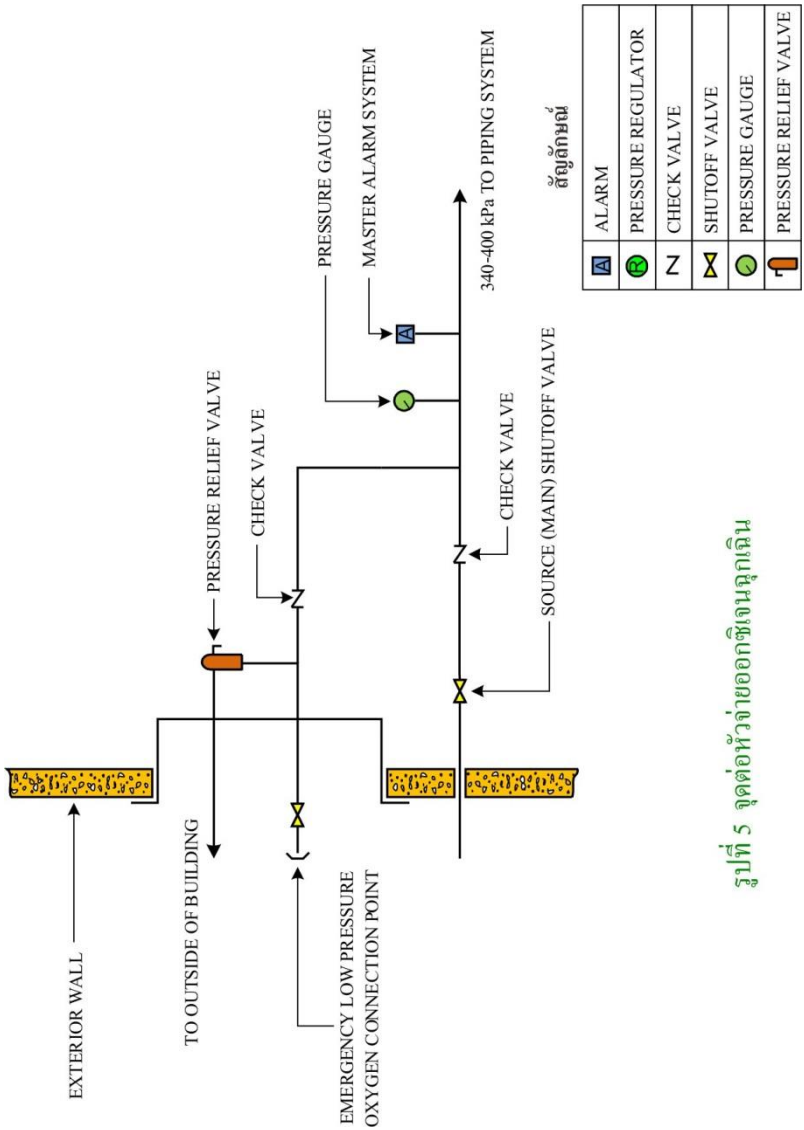
จุดต่อนี้ต้องอยู่ปลายทางต่อลิ้นปิดของเส้นทางหลัก ต้องมีลิ้นทางเดียว (ลิ้น A) ในเส้นท่อหลักระหว่างลิ้นปิดเส้นท่อหลักและจุดต่อ

รูปตัว T และลิ้นทางเดียวอีกหนึ่งอัน (ลิ้น B) ระหว่างจุดต่อรูปตัว T กับลิ้นปิดการจ่ายฉุกเฉิน

1.5.11.1 เส้นท่อที่เชื่อมกับที่จ่ายออกซิเจนฉุกเฉินต้องมีลิ้นระบายความดันที่ใหญ่พอ เพื่อป้องกันระบบจ่ายด้วยเส้นท่อและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องที่อยู่ถัดไปเกิดความเสียหายจากความดันที่สูงเกิน 50 เปอร์เซ็นต์ของความดันใช้งาน

1.5.11.2 ทางเข้าต้องเป็นท่อชนิดเกลียวใน มีขนาดใหญ่พอสำหรับความต้องการทั้งหมดในระบบที่ความดันก๊าซของแหล่งฉุกเฉิน

1.5.11.3 จุดต่อหัวจ่ายออกซิเจนฉุกเฉิน ต้องอยู่บริเวณที่รถบรรทุกออกซิเจนฉุกเฉิน สามารถเข้าถึงได้ตลอดเวลาและจุดต่อหัวจ่ายนี้ต้องไม่ติดกับแหล่งจ่ายออกซิเจนหลัก




รูปที่ 5 จุดต่อหัวจ่ายออกซิเจนจุดเดิน

**1.6 ข้อควรพิจารณาในการเลือกใช้ออกซิเจนชนิดก๊าซหรือออกซิเจนเหลว (ตารางที่ 1)**

**ตารางที่ 1 ข้อควรพิจารณาในการเลือกออกซิเจนชนิดก๊าซหรือออกซิเจนเหลว**

| | ออกซิเจนชนิดก๊าซ | ออกซิเจนเหลว |
|---|---|---|
| สภาพทั่วไปของภาชนะบรรจุ | ท่อบรรจุเป็นท่อเหล็กขนาด Gน้ำหนักท่อเต็ม 33 กิโลกรัม | ถังบรรจุเป็นถังเหล็กมีผนัง 2 ชั้นระหว่างชั้นเป็นสุญญากาศ |
| สถานะภายใน | อยู่ในรูปก๊าซ | อยู่ในรูปของเหลวและมีก๊าซอยู่เหนือของเหลว |
| ความดันภายในภาชนะที่บรรจุ | ความดันเต็มท่อบรรจุสูงถึง 13,600กิโลปาสคาล (2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) และจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อเปิดใช้ | ความดัน 800-1,000 กิโลปาสคาล (120-150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) และจะคงที่ตลอดการใช้งานถ้าภายในยังมีของเหลวเหลืออยู่ |

| | **ออกซิเจนก๊าซ** | **ออกซิเจนเหลว** |
|---|---|---|
| ความบริสุทธิ์และสิ่งเจือปน | มีโอกาสเจือปนได้มากจากการผ่านการใช้งานและจากกระบวนการอัดก๊าซจากโรงงานผลิต | มีโอกาสเจือปนได้น้อยเพราะเป็นของเหลวซึ่งจะถูกถ่ายจากรถของโรงงานเข้าสู่ถังบรรจุโดยตรง |
| ปริมาณบรรจุ | ท่อบรรจุขนาด G 1 ท่อจุได้ประมาณ 5,000 ลิตร | ถังบรรจุขนาดตามแต่ปริมาณการใช้ออกซิเจนเหลว 1 ลิตร เมื่อกลายเป็นก๊าซจะได้ประมาณ 862 ลิตร |
| ความดันในท่อก๊าซ | จาก 2,000 ลดลงเหลือ 150-200 เมื่อผ่านชุดจ่ายก๊าซจะปรับลดลงเหลือ 50-60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว | จาก350 ปอนด์ต่อตารางนิ้วลดลงเหลือ 120-150 เมื่อผ่านชุดจ่ายก๊าซจะปรับลดลงเหลือ 50 – 60 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว |

| | **ออกซิเจนชนิดก๊าซ** | **ออกซิเจนเหลว** |
|---|---|---|
| ความปลอดภัยในการเก็บรักษาและเคลื่อนย้าย | - เป็นระบบความดันสูงมีการเปลี่ยนแปลงความดันในระบบมาก<br>- การเคลื่อนย้ายท่ออย่างไม่รอบคอบมักเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย | - เป็นระบบความดันต่ำกว่า มีการเปลี่ยนแปลงความดันในระบบน้อยกว่า<br>- ตั้งอยู่กับที่ไม่เคลื่อนย้าย มีระบบรักษาความปลอดภัย |
| บริเวณที่ใช้เก็บรักษา | จำเป็นต้องใช้พื้นที่มากในการเก็บท่อบรรจุเมื่อมีประมาณการใช้มาก | สถานที่ตั้งถังบรรจุภายนอกอาคารต้องการพื้นที่อย่างน้อย 16 ตารางเมตร |
| ค่าแรงงาน | ปกติมีการใช้ 2 ลักษณะ คือ<br>- ใช้เป็นท่อเดียวแยกกันต้องใช้แรงงานขนย้าย<br>- ใช้เป็นระบบจ่ายกลางโดยมีชุดจ่ายก๊าซต่อเส้นท่อนำก๊าซไปใช้งาน ต้องมีคนคอยดูแลสับเปลี่ยน | ใช้แรงงานน้อย เพียงคอยตรวจสอบระดับของเหลวที่ลดลงถึงเกณฑ์ที่ควรเติมหรือไม่ |

| | **ออกซิเจนชนิดก๊าซ** | **ออกซิเจนเหลว** |
|---|---|---|
| | ท่อบรรจุที่หมดอยู่เสมอ | |
| ความสูญเสีย | - เมื่อใช้ไปจนความดันภายในท่อลดลงก๊าซจะไม่ไหลออกเข้าเส้นท่อก๊าซส่วนหนึ่งจะค้างอยู่ในท่อทำให้เกิดการสูญเปล่า 5-10% ต่อท่อ<br>- ถ้าความดันภายในท่อสูงเกินกว่าความปลอดภัยของระบบก็จะปล่อยให้ก๊าซระบายออกเพื่อลดความดัน | - ใช้ได้ตามจำนวนที่รับมาทั้งหมดไม่มีการสูญเสีย<br>- เนื่องจากมีตัวปรับความดันจึงไม่มีโอกาสที่ความดันจะสูงขึ้นเกินขีดความปลอดภัย จึงไม่สูญเสียก๊าซจากถัง |
| การขนส่ง | ท่อเหล็กหนักมาก กินเนื้อที่ใช้แรงงานการขนย้ายมาก | ใช้รถบรรทุกออกซิเจนเหลวมาเติมสะดวกและปลอดภัยกว่า |

**โรงพยาบาลที่ต้องการเปลี่ยนจากท่อบรรจุออกซิเจนมาเป็นถังบรรจุออกซิเจนเหลว ควรพิจารณาดังนี้คือ**

1.6.1 มีรถบรรทุกออกซิเจนเหลวมาบริการเติมได้อย่างสะดวก ทั้งในกรณีปกติและกรณีฉุกเฉิน

1.6.2 มีอัตราการใช้ออกซิเจนอย่างสม่ำเสมอ และมีปริมาณการใช้เป็นจำนวนมากจนต้องเปลี่ยนท่อก๊าซทั้งหมดมากกว่าวันละหนึ่งครั้ง (เปลี่ยนท่อบรรจุใหม่ทุกวัน) รวมทั้งปริมาณการใช้ต้องไม่น้อยกว่าปริมาตรของออกซิเจนเหลวที่จะถูกระเหยไปเป็นก๊าซ อันเป็นผลจากอุณหภูมิรอบ ๆ ถังบรรจุ (ประมาณวันละ 0.1-1.0% ของความจุทั้งหมด) ถ้าอัตราการใช้ต่ำกว่านี้จะไม่คุ้มทุน

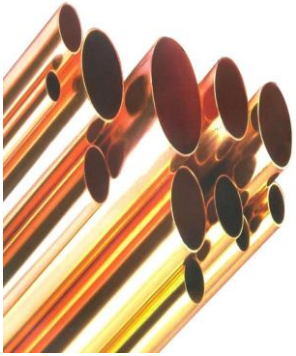
1.6.3 มีจำนวนเตียงผู้ป่วยตั้งแต่ 150 เตียงขึ้นไป

**2. การจ่ายก๊าซ (Distribution)**

**(ชุดจ่ายก๊าซ การติดตั้งเส้นท่อ ลิ้น/การควบคุม ทางเปิดออกและสัญญาณเตือน)**

**2.1 ระบบเส้นท่อ**

2.1.1. วัสดุอุปกรณ์ ประกอบด้วย



2.1.1.1 เส้นท่อ ต้องเป็นท่อทองแดงไร้ตะเข็บ โก่งยาก (hard-drawn) ชนิด K หรือ L ยกเว้นสำหรับระบบที่ความดันใช้งานระหว่าง 1,380-2,070 กิโลปาสคาล (200-300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ต้องใช้ทองแดงชนิด K (ไม่ต่ำกว่าข้อกำหนดของ ASTM B-88 หรือ B-819) เส้นท่อหลักและสาขาในระบบต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 1.27 เซนติเมตร (1/2นิ้ว) และใช้ขนาด 0.635 เซนติเมตร (1/4 นิ้ว) สำหรับเส้นท่อที่ต่อไปแผงสัญญาณเตือนประจำพื้นที่ แต่ละช่วงของเส้นท่อต้องเขียนชื่อสัญลักษณ์กำกับไว้อย่างถาวรและอุดปลายเส้นท่อทั้งสองข้างขณะขนส่ง ข้อต่อเส้นท่อ ลิ้นและอุปกรณ์อื่นต้องปิดผนึกและทำ

เครื่องหมายกำกับ ในกรณีที่เป็นอุปกรณ์นำเข้าจากต่างประเทศผู้ติดตั้งต้องมีหลักฐานรับรองจากผู้ผลิตตามข้อกำหนดดังกล่าว

2.1.1.2 ข้อต่อเส้นท่อ (joint or fitting) ต้องเป็นโลหะที่ผ่านการรับรองแล้วว่ามีความแกร่ง กันรั่วและทนความร้อนได้เท่ากับการเชื่อม (braze) ด้วยอุณหภูมิสูงกว่า 538 องศาเซลเซียส (1000 องศาฟาเรนไฮท์)

2.1.1.3 ตัวแขวนและตัวยึด (hanger and support) ช่วงห่างสูงสุดของเส้นท่อต้องมีที่ยึดติดกับโครงสร้างอาคาร ช่วงห่างสูงสุดของการยึดเป็นดังนี้คือ

ท่อ 0.635 เซนติเมตร (1/4 นิ้ว) ห่าง 1.5 เมตร (5 ฟุต)

ท่อ 0.953 เซนติเมตร (3/8 นิ้ว) ห่าง 1.8 เมตร (6 ฟุต)

ท่อ 1.27 เซนติเมตร (1/2 นิ้ว) ห่าง 1.8 เมตร (6 ฟุต)

ท่อ 1.91 เซนติเมตร (3/4 นิ้ว) ห่าง 2 เมตร (7 ฟุต)

ท่อ 2.54 เซนติเมตร (1 นิ้ว) ห่าง 2.5 เมตร (8 ฟุต)

ท่อ 3.175 เซนติเมตร (1 1/4 นิ้ว) ห่าง 2.7 เมตร (9 ฟุต)

ท่อ 3.81 เซนติเมตร (1 1/2 นิ้ว) หรือใหญ่กว่าห่าง 3.05 เมตร (10 ฟุต) ทุกชั้น

ท่อแนวตั้ง ห่างไม่เกิน 4.57 เมตร (15 ฟุต)

ตัวแขวนหรือตัวยึดสำหรับท่อทองแดงต้องขัดเรียบ (copper finish) ในบริเวณที่มีความชื้นสูงตัวแขวนหรือตัวยึดท่อทองแดง

ต้องเคลือบด้วยพลาสติกหรือต้องใช้วัสดุหุ้มมิให้สัมผัสกับเส้นท่อโดยตรง

2.1.1.4 ลิ้น

ก. ลิ้นปิด (shutoff valve)

ต้องทำจากโลหะ 3 ชิ้น แบบลูกบอลหมุน ¼ รอบ มีช่วงก๊าซผ่านเต็มขนาด(full size port) มีด้ามจับ มีการแสดงทิศทางไหลของก๊าซ มีส่วนยื่นสำหรับการเชื่อมต่อ (brazing) ต้องออกแบบให้ใช้ได้กับก๊าซหรืออากาศทางการแพทย์โดยเฉพาะ ต้องระบุคุณสมบัติในการใช้งานอย่างชัดเจน ทนอุณหภูมิการใช้งานได้ไม่ต่ำกว่า 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และไม่น้อยกว่า 2 เท่าของความดันใช้งาน บ่าลิ้นและตัวลิ้นต้องปิดสนิทป้องกันการรั่วเป็นอย่างดีในกรณีต้องการปิดไม่ให้ก๊าซไหลผ่านและต้องให้อากาศไหลผ่านได้ดีในกรณีต้องการเปิด วัสดุที่ใช้ต้องคงทนเหมาะสมกับสภาพใช้งาน ต้องเลือกใช้ลิ้นให้เหมาะสมกับความดันใช้งาน ชนิดของลิ้นต้องเป็นไปตามกำหนดของวิศวกรผู้ออกแบบ ห้ามนำลิ้นที่ใช้กับน้ำ ไอน้ำหรือใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นมาใช้กับระบบก๊าซหรืออากาศทางการแพทย์ ลิ้นต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบตามมาตรฐานที่สากลยอมรับเช่น NFPA, ASTM หรือ CGA เป็นต้น

ข. ลิ้นทางเดียว (Check Valve)

ต้องทำจากวัสดุที่คงทนแข็งแรง ได้รับการอกแบบเพื่อให้ใช้กับก๊าซหรืออากาศทางการแพทย์โดยเฉพาะ ต้องระบุคุณสมบัติในการใช้งานอย่างชัดเจน ทนอุณหภูมิการใช้งานไม่ต่ำกว่า 200 องศาเซลเซียส ทนความดันใช้งานได้ไม่ต่ำกว่า 1700 กิโลปาสคาล (250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) และไม่น้อยกว่า 2 เท่านของความดันใช้งาน ควบคุมการไหลย้อยกลับโดยแรงกดของสปริง บ่าลิ้นและตัวลิ้นต้องสัมผัสกันสนิทไม่ทำให้เกิดการรั่วได้ง่าย และป้องกันการไหลย้อนกลับ วัสดุที่ใช้ต้องคงทนเหมาะสมกับสภาพใช้งาน จุดต่อทำด้วยเกลียว ต้องเลือกลิ้นทางเดียวให้เหมาะสมกับความดันใช้งาน ห้ามนำลิ้นทางเดียวที่ใช้กับน้ำ ไอน้ำหรือใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นมาใช้กับระบบก๊าซหรืออากาศทางการแพทย์ ลิ้นทางเดียวต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบตามมาตรฐานที่สากลยอมรับเช่น NFPA, ASTM หรือ CGA เป็นต้น

ค. ลิ้นระบายความดัน (Pressure Relief Valve)

ต้องทำจากวัสดุที่คงทนแข็งแรง ได้รับการออกแบบเพื่อให้ใช้กับก๊าซหรืออากาศทางการแพทย์โดยเฉพาะ ต้องระบุคุณสมบัติในการใช้งานอย่างชัดเจน ทนอุณหภูมิการใช้งานได้ไม่ต่ำกว่า 200 องศาเซลเซียส ทนความดันใช้งานได้ไม่ต่ำหว่า 1700 กิโลปาสคาล (250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) และไม่น้อยกว่า 2 เท่าของความดันใช้งาน มีก้านโยกเพื่อทดสอบการทำงาน มีชุดกลอุปกรณ์นิรภัยแบบ

ระบาย (safety relief device) เพื่อระบายก๊าซหรืออากาศตามความต้องการ มีช่องระบายที่กว้างพอเพื่อให้ระบายได้ดีในกรณีความดันที่มากเกินและต้องสามารถต่อท่อระบายออกภายนอกอาคารได้ จุดต่อทำด้วยเกลียวหรือจุดต่อสวมที่มั่นคงเข็งแรง ตัวเรือนลิ้นระบายความดันในจุดต่อเข้ากับอุปกรณ์ต้องต่อด้วยเกลียว ต้องเลือกลิ้นระบายความดันให้เหมาะสมกับความดันใช้งาน ห้ามนำลิ้นระบายที่ใช้กับน้ำ ไอน้ำ หรือใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นมาใช้กับระบบก๊าซหรืออากาศทางการแพทย์ ลิ้นระบายความดันต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบตามมาตรฐานที่สากลยอมรับเช่น NFPA, ASTM หรือ CGA เป็นต้น

2.1.2 การวางเส้นท่อ

2.1.2.1 การทำความสะอาดภายในเส้นท่อ ต้องล้างน้ำมันและคราบไขมันออกให้หมดโดยใช้น้ำยา sodium carbonate หรือ

trisodium phosphate อัตราส่วน 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 30 ลิตร แล้วล้างน้ำยาดังกล่าวออกให้หมดด้วยน้ำร้อนและเป่าให้แห้ง เส้นท่อที่ทำความสะอาดแล้วต้องมีจุกอุดที่ปลายทั้งสองข้าง ส่วนเส้นท่อที่ทำความสะอาดมาแล้วจากบริษัทผู้ผลิต (ASTM B 819) ซึ่งมีจุกอุดปลายทั้งสองข้าง ไม่ต้องทำความสะอาดภายในท่ออีก

2.1.2.2 ลิ้น ข้อต่อเส้นท่อและส่วนประกอบอื่นของเส้นท่อ ต้องทำความสะอาดสำหรับใช้งานกับออกซิเจนโดยผู้ผลิตตาม CGA Pamphlet G-4.1 ยกเว้นตัวสวมเหล่านั้นได้รับอนุญาตให้ทำความสะอาดโดยตัวแทนที่ไม่ใช้ผู้ผลิต

2.1.2.3 การเชื่อมเส้นท่อ ต้องเชื่อมด้วยลวดที่มีส่วนผสมของเงินสูง (silver brazing alloy) ที่มีจุดหลอมตัวไม่ต่ำกว่า 538 องศาเซลเซียส (1000 องศาฟาเรนไฮต์) ขณะเชื่อมต้องเป่าภายในเส้นท่อด้วยไนโตรเจนที่ปราศจากความชื้นและน้ำมันตลอดเวลา การเชื่อมต้องไม่ให้โลหะบัดกรีเหลือค้างภายในท่อ ข้อต่อหรือโดยรอบท่อต้องเชื่อมให้รอบท่อโดยไม่มีรูรั่ว จุดเชื่อมของข้อต่อในกรณีที่ข้อต่อเป็นเกลียว ห้ามขยายหรือบีบเส้นท่อเพื่อให้สวมกันโดยตรง ห้ามใช้น้ำยาประสานขณะเชื่อม ห้ามทำการเชื่อมชนิดที่ทำให้ขนาดเส้นท่อเพิ่มขึ้นหรือลดลงตลอดทั้งระบบเส้นท่อ รวมถึงข้อต่อไปสู่ทางเปิดออกสัญญาณเตือนและส่วนประกอบอื่น ๆ

2.1.2.4 การเชื่อมข้อต่อและการเปลี่ยนทิศทางเส้นท่อต้องใช้ข้อต่อเส้นท่อเท่านั้น ห้ามงอเส้นท่อ ตำแหน่งข้อต่อเส้นท่อต้องไม่เจาะผ่านผนังหรือฝังในกำแพง

2.1.2.5 การติดตั้งเส้นท่อ เส้นท่อควรติดตั้งลอยส่วนที่อยู่ในเพดานต้องทาสีเป็นสีเดียวกับสีสัญลักษณ์ของก๊าซที่บรรจุอยู่ในเส้นท่อ โดยทาเป็นระยะห่างกันไม่น้อย 1.8 เมตร ถ้าเป็นเส้นท่อในที่เปิดเผยต้องทาสีตลอดแนวเส้นท่อ เส้นท่อที่ติดตั้งผ่านบริเวณที่เสี่ยงต่อการกระทบกระทั่งต้องมีสิ่งป้องกัน เช่น ใช้แท่งอลูมิเนียมเป็นต้น การวัดระยะเส้นท่อทองแดงต้องตัดให้พอดีกับระยะใช้งาน เมื่อติดตั้งแล้วต้องไม่มีแรงสปริงหรือแรงดันในเส้นท่อ

2.1.2.6 สีที่ใช้ทาระบบเส้นท่อ ต้องเป็นสีน้ำมันสำหรับทาโลหะโดยเฉพาะ โดยทาสีรองพื้นก่อน สีรองพื้นต้องมีคุณลักษณะในการยึดเกาะโลหะกับโลหะที่ไม่ใช้เหล็กเป็นอย่างดี และมีคุณสมบัติเป็นตัวประสานระหว่างเส้นท่อกับสีที่ทาทับครั้งสุดท้าย

| | | |
|---|---|---|
| กำหนดให้ | ออกซิเจน | สี เขียวมรกต |
| | ไนทรัสออกไซด์ | สี น้ำเงิน |
| | อากาศทางการแพทย์ | สี เหลือง |
| | อากาศความดันสูง | สี ดำ |
| | สุญญากาศ | สี ขาว |

2.1.2.7 ขนาดเส้นท่อของระบบ ต้องมีขนาดใหญ่พอสำหรับอัตราไหลตามต้องการที่ความดันใช้งาน ช่วงห่างสูงสุดของเส้นท่อต้องมีตัวยึดติดกับโครงสร้างอาคารตาม NFPA 99C

2.1.2.8 ต้องมีการป้องกันการกัดกร่อนและความเสียหายทางกายภาพ เส้นท่อที่ฝังใต้ดินนอกอาคาร ต้องฝังให้ลึกมากพอเพื่อป้องกันแรงกดในกรณีที่พื้นผิวหน้าดินต้องรับน้ำหนักมาก คือ ลึกอย่างน้อย 90 เซนติเมตร (36 นิ้ว) ยกเว้นถ้าไม่มีผลจากน้ำหนักกดทับอาจให้เส้นท่อฝังลึกเพียง 45 เซนติเมตร (18 นิ้ว) พื้นที่รองรับเส้นต้องรองรับอย่างต่อเนื่อง เส้นท่อต้องมีรางคอนกรีตเสริมเหล็กพร้อมฝาปิดตลอดเส้นท่อ เพื่อป้องกันการกดทับและมีช่องเปิดตรงบริเวณข้อต่อเพื่อให้สามารถตรวจสอบได้ วัสดุที่ใช้กลบทับต้องสะอาดและแน่นพอที่จะป้องกันและยึดเส้นท่อที่ฝังไว้

2.1.2.9 เส้นท่อใต้ดินผ่านกำแพง (wall sleeve) ต้องอุดช่องว่างระหว่าง sleeve กับเส้นท่อที่ปลาย sleeve ทั้งสองด้าน เพื่อป้องกันน้ำซึมเข้า เส้นท่อแนวตั้งอาจติดตั้งในช่องท่อ (pipe shaft) ได้ถ้ามีการป้องกันความเสียหายทางด้านกายภาพจากความร้อนสูง ป้องกันการกัดกร่อนและปนเปื้อนจากน้ำมันโดยมีฉนวนกั้นแยกที่เหมาะสม

2.1.2.10 ห้ามต่อเส้นท่อเข้าในครัวหรือห้องเครื่องจักรกลไฟฟ้า

2.1.2.11 ไม่แนะนำให้ติดตั้งเส้นท่อก๊าซทางการแพทย์รวมในช่องทางเดียวกับท่อก๊าซเชื้อเพลิง สายไฟฟ้าและท่อไอน้ำ แต่ถ้าจำเป็น ต้องมีการระบายอากาศโดยธรรมชาติหรือโดยใช้เครื่องก็ได้ โดยอุณหภูมิรอบเส้นท่อก๊าซทางการแพทย์ต้องไม่เกิน 54 องศาเซลเซียส และไม่ติดตั้งในที่ซึ่งอาจจะโดนน้ำมันได้

2.1.2.12 เส้นท่อตามทางเดินที่อาจโดนเฉี่ยวชน ต้องมีที่ป้องกันอย่างเหมาะสม

2.1.2.13 เส้นท่อส่งก๊าซ (hose) และข้อต่อที่งอได้ (flexible connector) ทั้งชนิดโลหะและไม่ใช่โลหะ ต้องไม่ยาวเกินความจำเป็นและไม่สอดผ่านผนังทึบ พื้นห้องเพดานหรือฉากกั้น ข้อต่อชนิดงอต้องสามารถต้านแรงดันได้ไม่น้องกว่า 2,700 กิโลปาสคาล (400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)

2.1.2.14 ถ้าระบบที่เคยใช้กับก๊าซหรือความดันชนิดหนึ่งถ้าจำเป็นต้องเปลี่ยนไปใช้ก๊าซหรือความดันชนิดอื่น ต้องนำกฎทุกข้อมาใช้เหมือนกับว่าเป็นระบบใหม่

**“ห้ามเปลี่ยนระบบสุญญากาศไปเป็นระบบก๊าซ”**

2.1.3 การติดตั้งลิ้นปิดก๊าซ (Gas Shutoff Valve)

2.1.3.1 ลิ้นปิดที่อยู่ในสถานที่ที่คนทั่วไปสามารถเข้าถึงได้ ต้องมีกล่องครอบและมีฝาที่สามารถทุบให้แตกหรือถอดได้ ขนาดช่องต้องใหญ่พอที่จะใช้มือเข้าไปเปิดปิดลิ้นได้ ลิ้นปิดที่ใช้เฉพาะแผนกจิตเวชหรือกุมารเวชต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ ต้องปิดอย่างแน่นหนาเพื่อป้องกันไม่ให้มีการปิด-เปิดอย่างไม่ถูกต้อง

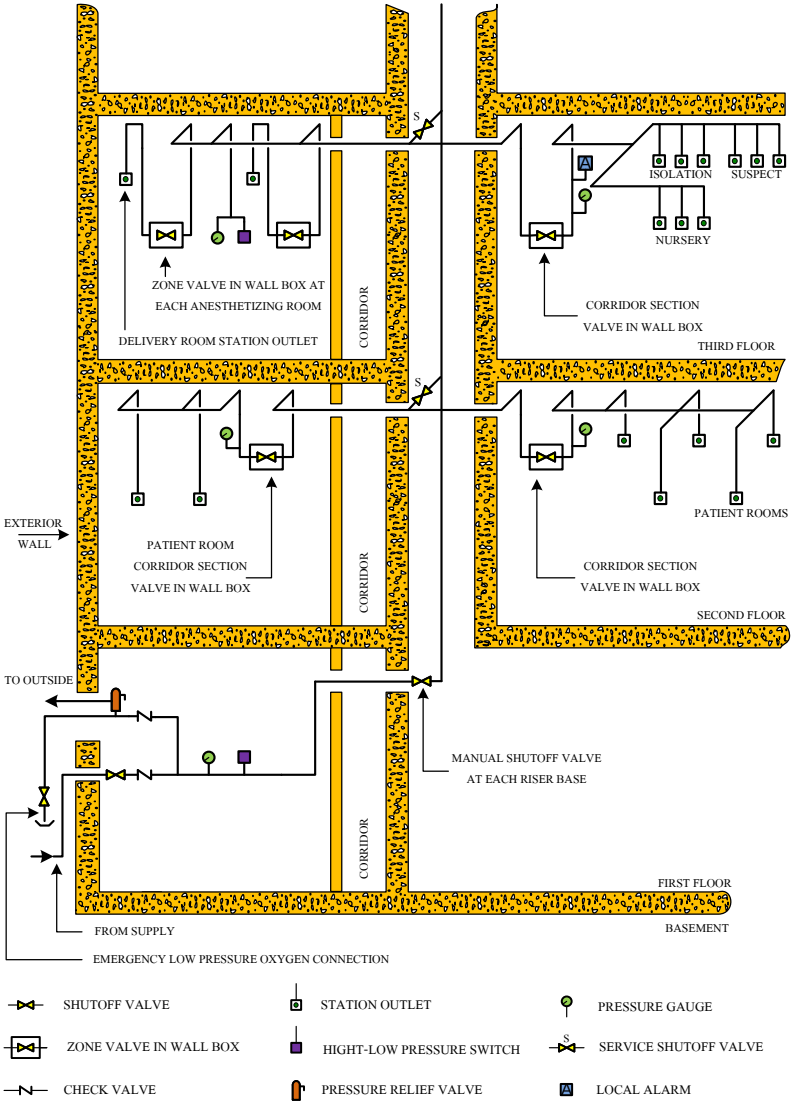
2.1.3.2 ลิ้นปิดต้องติดตั้งทันทีที่ทางออกจากแหล่งจ่ายเพื่อแยกแหล่งจ่ายทั้งหมด (รวมอุปกรณ์เสริม เช่น ตัวทำอากาศแห้ง ตัวควบคุมสุดท้าย ฯลฯ ) ออกจากระบบเส้นท่อ ลิ้นของแหล่งจ่ายต้องอยู่ต้นทางต่อลิ้นปิดเส้นท่อหลักและติดตั้งชิดกับอุปกรณ์แหล่งจ่ายมีป้ายติดไว้ว่า

**ลิ้นปิดแหล่งจ่ายสำหรับ.....(ชื่อก๊าซ).....**

2.1.3.3 เส้นท่อจ่ายหลัก ต้องมีลิ้นปิด ตำแหน่งลิ้นต้องอยู่ในที่ ๆ เฉพาะเจ้าหน้าที่รับผิดชอบเข้าไปได้เท่านั้น เช่น อยู่ในเพดานหรือหลังประตูทางเข้าที่ใส่กุญแจได้ ลิ้นนี้ต้องติดตั้งปลายทางต่อลิ้นของแหล่งจ่ายและอยู่นอกห้องแหล่งจ่าย หรือจุดแรกที่เส้นท่อหลักนี้เข้ามาในอาคาร ลิ้นนี้ต้องอยู่ในที่ ๆเห็นได้ชัดเจนถ้าเราสามารถเข้าถึงลิ้นของแหล่งจ่ายได้จากภายในตัวอาคาร ไม่จำเป็นต้องมีลิ้นเส้นท่อหลักนี้

2.1.3.4 เส้นท่อแนวตั้งแต่ละอันที่แยกออกจากเส้นท่อหลัก ต้องมีลิ้นปิดอยู่ติดกับข้อต่อของเส้นท่อแนวตั้งนี้ ลิ้นนี้ต้องอยู่ในที่เข้าถึงได้ตลอดเวลาและห้ามมีสิ่งกีดขวาง

2.1.3.5 ทางเปิดออก (station outlet) ต้องไม่ออกจากเส้นท่อแนวตั้งโดยตรง ยกเว้นถ้ามีลิ้นปิดที่บังคับด้วยมือของชั้นเดียวกันติดตั้งอยู่ระหว่างเส้นท่อแนวตั้งกับทางเปิดออก พร้อมกับมีกำแพงกั้นระหว่างลิ้นกับทางเปิดออก (รูปที่ 6) ต้องสามารถเปิดปิดลิ้นนี้ได้จากตำแหน่งที่ยืนบนระเบียงของชั้นนั้น เส้นท่อสาขาแต่ละอันที่ส่งไปยังห้องผู้ป่วยต้องมีลิ้นปิดซึ่งควบคุมการไหลของก๊าซทางการแพทย์ไปยังห้องผู้ป่วย ลิ้นปิดเส้นท่อสาขาต้องอยู่ในตำแหน่งที่ไม่มีผลกระทบต่อการจ่ายก๊าซในส่วนที่เหลือของระบบ ต้องติดตั้งมาตรวัดความดันปลายทางต่อลิ้นของเส้นท่อสาขาแต่ละอัน




รูปที่ 6 ตำแหน่งของลิ้น สวิทช์ควบคุมความดันและการวางเส้นท่อของระบบก๊าซทางการแพทย์

2.1.3.6 ลิ้นปิดที่ติดกับเส้นท่อเพื่อใช้แยกระบบที่มีอยู่สำหรับการซ่อมบำรุงหรือต่อเติมระบบท่อใหม่ ลิ้นเหล่านี้ต้องอยู่ในบริเวณที่มิดชิดหรือใส่กุญแจได้ และติดป้ายด้วยข้อความดังนี้

**ลิ้นปิดของก๊าซ .....**
**ลิ้นนี้ควบคุมการจ่ายไปที่**
**ห้อง .....**
**ห้ามปิดยกเว้นกรณีฉุกเฉิน**

2.1.3.7 ลิ้นปิดเส้นท่อที่จะติดตั้งใหม่หรือเปลี่ยนใหม่จะเป็นแบบลูกบอล หมุน 1/4 รอบ (quarter-turn ball type) มีส่วนยื่นออกมาเพื่อให้เชื่อมกับเส้นท่อและต้องเป็นโลหะ 3 ชิ้น พร้อมกับมีทางต่อที่ใหญ่เต็มขนาดที่กำหนด (full port size)

2.1.3.8 ลิ้นปิดด้วยมือที่อยู่ในกล่องครอบ ต้องติดตั้งในที่มองเห็นได้และเข้าถึงได้ตลอดเวลา ไม่ติดตั้งกล่องไว้หลังบานประตูที่ปกติเปิดหรือปิดคาไว้ หรืออยู่ในที่ซึ่งปกติไม่สามารถมองเห็นได้

2.1.3.9 ต้องติดตั้งลิ้นปิดเพื่อการซ่อมบำรุง (service shutoff valve) หนึ่งอันที่เส้นท่อสาขาที่แยกออกจากเส้นท่อแนวตั้งก่อน

ถึงกล่องลิ้นประจำพื้นที่ (zone valve box) ของเส้นท่อสาขานั้น ให้มีลิ้นปิดสำหรับการซ่อมบำรุงเพียงอันเดียวในเส้นท่อสาขาที่แยกออกจากเส้นท่อแนวตั้ง โดยไม่คำนึงว่าจะมีกล่องลิ้นประจำพื้นที่กี่อันที่ติดตั้งบนเส้นท่อสาขานั้น ลิ้นเหล่านี้ติดตั้งเพื่อสะดวกแก่การเปลี่ยนเส้นท่อในบริเวณใดบริเวณหนึ่งโดยไม่ต้องปิดเส้นท่อแนวตั้งทั้งระบบ ลิ้นเหล่านี้ต้องใส่กุญแจที่ด้ามจับหรือฝาของกล่องบรรจุลิ้นอย่างปลอดภัยและติดป้ายเพื่อป้องกันการ ปิดโดยบังเอิญ

2.1.4 มาตรวัดความดัน (Pressure Gauge)

ช่วงสเกลบนมาตรวัดความดันต้องทำให้อ่านค่าปกติได้ตรงบริเวณกึ่งกลางมาตรวัด ตัวเลขสูงสุดสเกลไม่เกิน 2 เท่า ของความดันใช้งาน

2.1.4.1 มาตรวัดความดัน ต้องติดตั้งในเส้นท่อหลักอยู่ชิดกับตัวรับสัญญาณที่ต้องมีตามข้อ 2.2.3.4 มีข้อกำหนดกำกับอย่างถูกต้องและมองเห็นได้ชัดเจน

2.1.4.2 มาตรวัดความดันที่ติดกับเส้นท่อที่เฝ้าระวังต้องติดตั้งที่แผงสัญญาณเตือนประจำพื้นที่แต่ละแห่ง มีชื่อกำกับอย่างถูกต้องและมองเห็นได้ชัดเจน

2.1.5 ระบบรางเลื่อนสำหรับก๊าซทางการแพทย์ (Surface-Mounted Medical Gas Rail System)

2.1.5.1 ใช้สำหรับกรณีที่ผู้ป่วยรายหนึ่งที่ต้องการระบบก๊าซหลายอย่างพร้อมกับระบบสุญญากาศ ต้องทำจากวัสดุตาม 2.1.1 ขนาดท่อแต่ละก๊าซต้องเป็นไปตามหลักวิศวกรรมที่สามารถส่งก๊าซให้ได้ปริมาตรสูงสุดตามที่กำหนดไว้

2.1.5.2 อนุญาตให้ทำรางเลื่อนเฉพาะที่สามารถมองเห็นได้ในห้องเท่านั้น และต้องไม่ทำรางผ่านเข้าไปในกำแพงหรือผนังกั้น

2.1.5.3 ตำแหน่งทางเปิดออกที่ปิดด้วยฝาครอบไว้ซึ่งจะขยายได้ในอนาคตต้องไม่สามารถถอดออกได้ด้วยเครื่องมือธรรมดา เช่น ไขควง คีม หรือกุญแจปากตาย แต่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษสำหรับถอดออกเมื่อต้องการขยายระบบเท่านั้น

2.1.5.4 ทางเปิดออกของระบบรางเลื่อน ต้องเป็นเฉพาะของก๊าซแต่ละชนิดที่ไม่สามารถใช้สลับกันได้

2.1.5.5 ตัวสวมข้อต่อทุกชนิดสำหรับต่อทั้งภายในและภายนอกของระบบรางเลื่อนต้องทำพิเศษสำหรับเชื่อม

2.1.5.6 การต่อระบบรางเลื่อนกับระบบท่อก๊าซที่โลหะไม่เหมือนกัน ต้องชุบส่วนประกอบที่ต่อกันเพื่อป้องกันปฏิกิริยาระหว่างโลหะที่แตกต่างกัน

2.1.5.7 การทดสอบรางเลื่อนสำหรับก๊าซทางการแพทย์ ให้เป็นไปตามการทดสอบและเกณฑ์ตัดสินสมรรถนะของระบบก๊าซ

2.1.6 ทางเปิดออก (Station Outlet)

2.1.6.1 ทางเปิดออกของก๊าซทางการแพทย์แต่ละอัน ไม่ว่าจะเป็นชนิดเกลียวหรือหัวต่อสวมเร็ว (quick-connector) ต้องมีลักษณะเฉพาะก๊าซแต่ละชนิดที่ไม่สามารถใช้สลับกันได้ และต้องประกอบด้วยลิ้นชั้นนอกและชั้นใน ลิ้นชั้นในต้องปิดอย่างอัตโนมัติเพื่อปิดก๊าซเมื่อปลดลิ้นชั้นนอกออก แต่ละทางเปิดออกต้องมีชื่อหรือสูตรเคมีที่อ่านง่ายและมีสีสัญลักษณ์ของก๊าซชนิดนั้น สีต้องเป็นตามข้อ 2.1.2.6 สัญลักษณ์และสูตรเคมีต้องเป็นตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 87-2521 สีและสัญลักษณ์สำหรับภาชนะบรรจุก๊าซที่ใช้ในทางการแพทย์ (ถ้ามีการแก้ไข ให้ใช้ฉบับล่าสุด)

2.1.6.2 ทางเปิดออกชนิดเกลียวต้องไม่สามารถใช้สลับกันได้

2.1.6.3 ทางเปิดออกของก๊าซแต่ละชนิด รวมที่ติดตั้งในกล่อง (column) จากเพดานหรือติดตั้งพิเศษ ต้องออกแบบให้ส่วนประกอบมีลักษณะเฉพาะก๊าซแต่ละชนิดไม่สามารถใช้สลับกันได้

2.1.6.4 ทางเปิดออกที่อยู่ในห้องผู้ป่วยต้องติดตั้งในระดับพอเหมาะ (สูงจากพื้นประมาณ 1.4 เมตร) และอยู่ในตำแหน่งที่มีการป้องกันไม่ให้ถูกชนกระแทกจนเกิดความเสียหายได้

บริเวณที่ให้ยาระงับความรู้สึกหรือบริเวณที่ดูแลผู้ป่วยวิกฤต เช่น ห้องพักฟื้นหออภิบาลผู้ป่วยหนัก หน่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ ต้องได้รับก๊าซโดยตรงจากเส้นท่อแนวตั้งโดยไม่มีลิ้นคั่นกลาง ยกเว้นกรณีต่อไปนี้ คือ ห้องผ่าตัดแต่ละห้อง หออภิบาลผู้ป่วยหนักแต่ละหน่วย ห้องพักฟื้นแต่ละห้องและหน่วยโรคหลอดเลือดหัวใจแต่ละหน่วย กำหนดให้มีลิ้นภายในห้องได้เพียง 1 ลิ้นต่อเส้นท่อ 1 ชนิด

2.1.6.5 ให้มีลิ้นปิดภายนอกเพียง 1 ลิ้นต่อ 1 เส้นท่อติดตั้งอยู่ภายนอกบริเวณที่ดูแลผู้ป่วยวิกฤตแต่ละแห่งในท่อก๊าซแต่ละชนิด

ถ้าขนาดพื้นที่ในหน่วยดูแลผู้ป่วยวิกฤตมีขนาดใหญ่ให้มีมากกว่า 1 เส้นท่อ ในบริเวณที่ให้ยาระงับความรู้สึกต้องมี 1 เส้นท่อต่อ 1 ห้อง ต้องอยู่ในตำแหน่งที่เข้าถึงได้สะดวกในกรณีฉุกเฉิน ต้องมีการป้องกันลิ้นและทำเครื่องหมายตาม 2.1.3.6

กล่องติดหัวจ่ายก๊าซยื่นลงมาจากเพดาน (pendant boom) แผงควบคุมแผงสัญญาณเตือนหรือสิ่งติดตั้งพิเศษจะติดตั้งหลังต่อลิ้นนี้

2.1.6.6 ลิ้นปิดเส้นท่อก๊าซทางการแพทย์แต่ละเส้นท่อต้องติดตั้งอยู่นอกบริเวณที่ให้ยาระงับความรู้สึกแต่ละแห่ง ซึ่งสามารถเข้าถึงได้ตลอดเวลาในกรณีฉุกเฉิน เมื่อปิดลิ้นห้องหนึ่งต้องไม่มีผลต่อการจ่ายก๊าซห้องอื่น ๆ เป็นชนิดที่ผ่านการรับรองและมีที่ป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายกับตัวลิ้นและต้องทำเครื่องหมายตาม 2.1.3.6

2.1.6.7 เมื่อติดตั้งทางเปิดออกที่ผนังหลายอัน รวมทั้งทางเปิดเข้าของระบบสุญญากาศช่องว่างระหว่างทางเปิดออกที่อยู่ติดกัน 2 อัน ต้องกว้างพอที่จะใช้งานได้พร้อม ๆ กัน ไม่ว่าจะใช้อุปกรณ์บำบัดชนิดใด

2.1.6.8 มาตรวัดความดันและ manometer สำหรับระบบก๊าซทางการแพทย์ต้องสะอาดและได้รับการขจัดไขมันออกเรียบร้อยแล้ว

2.1.6.9 ทางเปิดออกสำหรับต่อกับอุปกรณ์ทางการแพทย์ต้องเป็นข้อต่อชนิด diameter-indexed safety system

## 2.2 ระบบสัญญาณเตือนของก๊าซ (Gas Warning System)

2.2.1 หลักทั่วไป

2.2.1.1 สัญญาณเตือนเฉพาะจุด (local) ประจำพื้นที่ (area) และสัญญาณเตือนหลัก (main) ทุกอันสำหรับก๊าซทางการแพทย์ต้องประกอบด้วยตัวบ่งชี้ (indicator) ที่สามารถมองเห็นได้ เพื่อแยกให้ทราบแต่ละสถานการณ์ที่เฝ้าระวังอยู่

ก. ต้องมีเสียงดังเพื่อให้ทราบสภาพสัญญาณเตือน มีความดังอย่างน้อย 80 dBA วัดที่ระยะห่าง 1 เมตร สามารถปิดเสียงให้เงียบได้ แต่ถ้าเกิดสถานการณ์ที่ทำให้เกิดสัญญาณเตือนครั้งที่สองขณะสัญญาณเตือนครั้งแรกยังปิดอยู่ต้องสามารถกระตุ้นให้สัญญาณดังได้อีกครั้งหนึ่ง

ข. แผงระบบต้องมีวิธีการทดสอบให้เห็นด้วยตาว่าระบบไฟฟ้าหรือ light emission diode (LED) เสีย

2.2.1.2 สัญญาณเตือนทั้งเฉพาะจุด ประจำพื้นที่และสัญญาณเตือนหลัก ต้องเกิดสัญญาณเสียงและแสงที่มองเห็นได้เมื่อ

ก. มีสถานการณ์ที่ต้องเฝ้าระวังเกิดขึ้น

ข. สายไฟที่ต่อไปยังตัวรับสัญญาณ (sensor) หรือสวิตช์ถูกตัดขาด

2.2.1.3 สัญญาณเตือนเฉพาะจุด ประจำพื้นที่และหลักแต่ละชนิดต้องมีป้ายระบุตำแหน่ง สภาวะและชนิดของก๊าซที่ทำการเฝ้าระวัง

2.2.1.4 ถ้ามีแผงแสดงสัญญาณเตือนหลายแห่งที่ต้องการแสดงสถานการณ์เดียวกัน

ก. อย่างน้อยต้องมีแผงแสดงสัญญาณหนึ่งแห่งที่ต่อโดยตรงกับตัวรับสัญญาณ

ข. สัญญาณเตือนหลักทั้งสองอย่างตามข้อ 2.2.2.2 ต้องต่อโดยตรงกับตัวรับสัญญาณ

ค. แผงแสดงสัญญาณตำแหน่งอื่น อนุญาตให้ต่อทางอ้อมได้ เช่น สายส่งผ่านข้อมูล (data transmission line) ถ้าการส่งสัญญาณทางอ้อมนี้เสียต้องแสดงให้ทราบว่าเป็นแผงสัญญาณที่เชื่อมต่อกับสายนั้น

2.2.1.5 สัญญาณเตือนเฉพาะจุด ประจำพื้นที่และหลักต้องสามารถทำงานได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฉุกเฉินสำรองของโรงพยาบาลทันทีในกรณีที่ไฟฟ้าดับ

2.2.1.6 สวิตซ์ความดันและตัวรับสัญญาณความดันทุกอันสามารถทดสอบได้เมื่อต้องการ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการซ่อมบำรุง ทดสอบและเปลี่ยนใหม่

2.2.1.7 ผู้รับผิดชอบต้องตรวจสอบความถูกต้องของระบบสัญญาณเตือนกับตำแหน่งปลายทางเสมอ

2.2.1.8 สายไฟทุกเส้นจากสวิตซ์และตัวรับสัญญาณต้องมีการป้องกันความเสียหายทางกายภาพโดยทำเป็นรางหรือท่อสำหรับร้อยสายไฟฟ้า (conduit) ตามข้อบังคับหรือมาตรฐานของการไฟฟ้านครหลวง

2.2.1.9 ห้ามใช้ระบบคอมพิวเตอร์(เช่น ระบบบริหารจัดการในอาคาร)แทนแผงแสดงสัญญาณเตือนของก๊าซ แต่ใช้เสริมระบบสัญญาณเตือนก๊าซทางการแพทย์ได้

2.2.2 สัญญาณเตือนหลัก (Master Alarm)

2.2.2.1 สัญญาณเตือนหลักมีไว้เพื่อเฝ้าระวังการทำงานและสภาพของแหล่งจ่าย แหล่งสำรอง (ถ้ามี) และความดันในท่อหลักของทุกระบบเส้นท่อก๊าซทางการแพทย์

2.2.2.2 ระบบสัญญาณเตือนหลักต้องประกอบด้วยแผงสัญญาณเตือน 2 ชุด หรือมากกว่าติดตั้งใน 2 ตำแหน่งแยกจากกัน ชุดหนึ่งอยู่ในสำนักงานของเจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุงระบบก๊าซทางการแพทย์ ชุดอื่น ๆ ให้อยู่ในที่ ๆ มีการเฝ้าระวังตลอดเวลา เช่น โอเปอเรเตอร์โทรศัพท์ หรือหน่วยรักษาความปลอดภัย

2.2.2.3 แผงสัญญาณเตือนหลักแต่ละชุด ต้องประกอบด้วยตัวบ่งชี้ที่มองเห็นได้ (Visual indicator) ในภาวะต่อไปนี้คือ

ก. ตัวบ่งชี้แยกเดี่ยว ซึ่งติดตั้งสำหรับทุกระบบที่จ่ายมาจากชุดจ่ายก๊าซหรือระบบขนาดใหญ่ชนิดสลับข้าง (alternating-type bulk system) ซึ่งแสดงเมื่อมีการสลับจากข้างที่ทำงานอยู่ไปเป็นอีกข้างหนึ่ง

ข. เมื่อชุดจ่ายก๊าซหรือแหล่งจ่ายก๊าซขนาดใหญ่เปลี่ยนไปใช้แหล่งจ่ายสำรอง ควรมีตัวบ่งชี้แต่ละระบบแยกกัน

ค. เมื่อใช้ถังเก็บของเหลวเย็นจัดเป็นแหล่งจ่ายสำรองของระบบจ่ายกลางขนาดใหญ่ ต้องแสดงสัญญาณแยกให้เห็นแต่ละระบบ เมื่อปริมาณสำรองลดลงถึงระดับที่จ่ายได้เพียง 1 วัน หรือเมื่อความดันก๊าซที่มีอยู่ในแหล่งจ่ายสำรองลดลงต่ำกว่าความดันใช้งาน

ง. สำหรับระบบเส้นท่อก๊าซทางการแพทย์แต่ละชนิดต้องแยกแสดงเมื่อความดันในเส้นท่อหลักเพิ่มขึ้นหรือลดลง 20% จาก

ความดันใช้งาน สวิตช์กระตุ้นสัญญาณเหล่านี้ต้องติดตั้งในเส้นท่อหลักปลายทางต่อลิ้นปิดท่อหลักก่อนจะแยกไปใช้งาน

จ. สัญญาณเตือนเฉพาะจุดแต่ละอันที่ต้องมีตามข้อ 2.2.4.1 ต้องมีตัวบ่งชี้ให้เห็นแต่ละสถานการณ์ที่เฝ้าระวังแต่ละอันแยกจากกัน หรือมีตัวบ่งชี้เดี่ยวเป็นตัวอักษรเขียนว่า

**ระบบก๊าซทางการแพทย์บกพร่อง**

หรือข้อความทำนองคล้ายกันนี้ และแสดงเมื่อสภาวะที่เฝ้าระวังเกิดขึ้น

ฉ. ต้องมีตัวบ่งชี้แยกต่างหากสำหรับจุดน้ำค้างและคาร์บอนมอนอกไซด์ใน ข้อ 2.2.4.2 และ ข้อ 2.2.4.3

2.2.3 สัญญาณเตือนประจำพื้นที่ (Area Alarm)

2.2.3.1 สัญญาณเตือนประจำพื้นที่มีไว้สำหรับระบบก๊าซทางการแพทย์แต่ละชนิดที่จ่ายให้บริเวณให้ยาระงับความรู้สึก หน่วยช่วยชีวิตและหน่วยบำบัดวิกฤตอื่น ๆ เช่น ห้องพักฟื้น หออภิบาลผู้ป่วยหนัก หน่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ เป็นต้น

2.2.3.2 แผงสัญญาณเตือนประจำพื้นที่ต้องติดตั้งในบริเวณที่มีพยาบาลอยู่ประจำหรือบริเวณที่จัดไว้สำหรับผู้รับผิดชอบโดยเฉพาะ

2.2.3.3 สัญญาณเตือนประจำพื้นที่ต้องแสดงให้ทราบเมื่อความดันในท่อเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากความดันใช้งาน 20%

2.2.3.4 ตัวรับสัญญาณสำหรับบริเวณบำบัดวิกฤต ต้องติดไว้ในเส้นท่อเฉพาะที่จ่ายเข้าในแต่ละบริเวณดังกล่าว ห้ามติดตั้งลิ้นระหว่างตัวรับสัญญาณกับทางเปิดออก นอกจากลิ้นสำหรับซ่อมบำรุงซึ่งติดตั้งในตำแหน่งสำหรับให้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องสามารถเข้ามาทำงานได้เท่านั้น

2.2.3.5 ตัวรับสัญญาณของบริเวณให้ยาระงับความรู้สึกต้องติดตั้งในท่อเฉพาะตัวที่จ่ายเข้าแต่ละบริเวณ พร้อมด้วยลิ้นปิดเฉพาะแต่ละห้องและมีเพียงอันเดียวที่อยู่ระหว่างตัวรับสัญญาณกับทางเปิดออก

2.2.4 สัญญาณเตือนเฉพาะจุด (Local Alarm)

2.2.4.1 ต้องมีตัวบ่งชี้ความดันและชนิดของก๊าซ

สำหรับแต่ละสัญญาณเตือนที่ใช้ ณ ห้องควบคุมเครื่องผลิตอากาศและสุญญากาศ ตัวบ่งชี้เหล่านี้ต้องเป็นไปตามหลักทั่วไป (ข้อ 2.2.1.1, 2.2.1.2 และ 2.2.1.3) และต้องนำมารวมเป็นกลุ่มในที่เดียวกัน เช่นในแผงสัญญาณเตือนเดียวกันหรือในห้องควบคุมระบบ

2.2.4.2 จุดน้ำค้างสำหรับอากาศอัดทางการแพทย์

ต้องมีการเฝ้าระวังและติดตั้งสัญญาณเตือน เพื่อแสดงให้ทราบเมื่อจุดน้ำค้างในท่อเกินกว่า 4 องศาเซลเซียส (39 องศาฟาเรนไฮต์)

2.2.4.3 ต้องมีการเฝ้าระวังคาร์บอนมอนอกไซด์

สำหรับอากาศอัดทางการแพทย์และติดสัญญาณเตือนเพื่อแสดงให้ทราบระดับที่เกินกว่า 10 ส่วนต่อล้าน

## ตารางที่ 2 สถานการณ์ที่ต้องเฝ้าระวังและชนิดของสัญญาณเตือน

### สัญญาณเตือนหลัก

| สัญญาณเตือนหลักจากแหล่งจ่ายก๊าซ | ระบบจ่ายกลางก๊าซแบบท่อบรรจุ | | ระบบจ่ายกลางก๊าซแบบท่อขนาดใหญ่ | | ระบบอากาศอัดทางการแพทย์ | ระบบสุญญากาศทางการแพทย์ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ไม่มีแหล่งจ่ายสำรอง | มีแหล่งจ่ายสำรอง | มีแหล่งจ่ายสำรองแบบออกซิเจนเหลว | มีแหล่งจ่ายสำรองแบบท่อบรรจุ | | |
| - เมื่อแหล่งจ่ายชุดที่2 เริ่มใช้งาน | A | B | F | G | - | - |
| - เมื่อระดับออกซิเจนเหลวลดถึงเกณฑ์ขั้นต่ำ | - | - | E | E | - | - |
| - เมื่อแหลงจ่ายสำรองเริ่มใช้งาน | - | C | E | E | - | - |
| - เมื่อออกซิเจนเหลวแห่งจ่ายสำรองลดถึงเกณฑ์ขั้นค่ำ | - | - | I | - | - | - |
| - เมื่อความดันแหล่งจ่ายสำรองถึงเกณฑ์ขั้นต่ำ | - | D | I | H | - | - |
| - เมื่อจุดน้ำค้างสูงเกิน 4 องศาเซลเซียส | - | - | - | - | N | - |

## สัญญาณเตือนหลักจากระบบเส้นท่อ

| สัญญาณเตือนหลักจากแหล่งจ่ายก๊าซ | ระบบจ่ายกลางก๊าซแบบท่อบรรจุ | | ระบบจ่ายกลางก๊าซแบบท่อขนาดใหญ่ | | ระบบอากาศอัดทางการแพทย์ | ระบบสุญญากาศทางการแพทย์ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ไม่มีแหล่งจ่ายสำรอง | มีแหล่งจ่ายสำรอง | มีแหล่งจ่ายสำรองแบบออกซิเจนเหลว | มีแหล่งจ่ายสำรองแบบท่อบรรจุ | | |
| - ความดันในเส้นท่อสูงหรือต่ำกว่าความดันใช้งาน 20% | J | J | J | J | Q | S |
| - ความดันสุญญากาศต่ำกว่าระดับใช้งาน | - | - | - | - | - | T |

## สัญญาณเตือนประจำพื้นที่

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| - เมื่อความดันในเส้นท่อสูงหรือต่ำกว่า 20% | K | K | K | K | Q | S |
| - เมื่อความดันสุญญากาศต่ำกว่าปกติ | - | - | - | - | - | U |

## สัญญาณเตือนเฉพาะจุด

| สัญญาณเตือนหลักจากแหล่งจ่ายก๊าซ | ระบบจ่ายกลางก๊าซแบบท่อบรรจุ | | ระบบจ่ายกลางก๊าซแบบท่อขนาดใหญ่ | | ระบบอากาศอัดทางการแพทย์ | ระบบสุญญากาศทางการแพทย์ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ไม่มีแหล่งจ่ายสำรอง | มีแหล่งจ่ายสำรอง | มีแหล่งจ่ายสำรองแบบออกซิเจนเหลว | มีแหล่งจ่ายสำรองแบบท่อบรรจุ | | |
| - เมื่อระดับน้ำในถังเก็บอากาศอัดสูงเกินกำหนด | - | - | - | - | M , P | - |
| - เมื่อระดับน้ำในชุดดักน้ำสูงเกินกำหนด | - | - | - | - | L , P | - |
| - ระดับคาร์บอนมอนอกไซด์สูงเกินมาตรฐาน | - | - | - | - | P | - |
| - อุณหภูมิอากาศอัดสูงหรือต่ำเกินกำหนด | - | - | - | - | R | - |
| - เครื่องอัดอากาศสำรองเริ่มใช้งาน | - | - | - | - | O | - |
| - เครื่องผลิตสุญญากาศสำรองเริ่มใช้งาน | - | - | - | - | - | S |

สัญลักษณ์และข้อกำหนดในตาราง

A = สัญญาณเตือนหลัก เพื่อแสดงให้ทราบว่า ขณะนี้มีการเปลี่ยนไปใช้ในท่อบรรจุแหล่งที่ 2

B = สัญญาณเตือนหลัก เพื่อแสดงให้ทราบว่า ขณะนี้มีการเปลี่ยนไปใช้แหล่งจ่ายชุดที่ 2

C = สัญญาณเตือนหลัก เพื่อแสดงให้ทราบว่า ขณะนี้แหล่งจ่ายสำรองเริ่มจ่ายให้กับระบบ

D = สัญญาณเตือนหลัก เมื่อแรงดังของแหล่งจ่ายสำรองลดถึงระดับที่จ่ายได้เพียง 1 วัน

E = สัญญาณเตือนหลัก เมื่อแหล่งจ่ายสำรองฉุกเฉินเริ่มทำงาน

F = สัญญาณเตือนหลัก เพื่อแสดงให้ทราบเมื่อเกิดการสลับข้างใช้งาน (กรณีแหล่งจ่ายก๊าซชุดแรกไม่สามารถจ่ายได้ ชุดที่สองทำหน้าที่จ่ายแทน)

G = สัญญาณเตือนหลัก เพื่อแสดงให้ทราบว่าเมื่อก๊าซชนิดจ่ายต่อเนื่อง ระบบสำรองฉุกเฉินเริ่มทำงาน

H = สัญญาณเตือนหลัก เพื่อแสดงให้ทราบเมื่อท่อบรรจุความดันสูง 3 ท่อ หรือมากกว่า ความดันแหล่งจ่ายสำรองลดลงถึงระดับจ่ายได้เพียง 1 วัน

I = สัญญาณเตือนหลัก เพื่อแสดงให้ทราบเมื่อถังเก็บของเหลวเย็นจัดที่ใช้เป็นแหล่งจ่ายสำรองให้กับระบบจ่ายกลางก๊าซขนาด

ใหญ่ ความดันลดลงถึงระดับจ่ายได้เพียง 1 วัน

J = สัญญาณเตือนหลัก เพื่อแสดงให้ทราบว่าความดันก๊าซในเส้นท่อหลักเพิ่มขึ้นหรือลดลง 20% จากความดันใช้งาน

K = สัญญาณเตือนประจำพื้นที่ เพื่อแสดงให้ทราบว่าความดันในท่อเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากความดันใช้งาน 20%

L = สัญญาณเตือน เพื่อแสดงให้ทราบเมื่ออุปกรณ์ไม่สามารถลดอุณหภูมิในช่วง 5 – 7 องศาเซลเซียส

M = สัญญาณเตือนเฉพาะจุด เพื่อแสดงให้ทราบว่าระดับน้ำในถังเก็บอากาศอัดสูงเกินกำหนด

N = สัญญาณเตือน เพื่อแสดงให้ทราบว่าจุดน้ำค้างสูงเกิน 4 องศาเซลเซียส

O = สัญญาณเตือน เพื่อแสดงให้ทราบว่าเครื่องอัดอากาศเครื่องสำรองเริ่มใช้งาน (กรณีเครื่องใหญ่ที่สุด ชำรุด ไม่สามารถทำงานได้

P = สัญญาณเฉพาะจุด เพื่อแสดงให้ทราบว่าระดับคาร์บอนมอนอกไซด์สูงเกินมาตรฐาน

Q = สัญญาณเตือนประจำพื้นที่ เพื่อแสดงให้ทราบว่าเครื่องผลิตอากาศขัดข้อง

R = สัญญาณเตือน เพื่อแสดงให้ทราบว่าอุณหภูมิอากาศรอบ ๆ เครื่องสูงหรือต่ำกว่าที่กำหนด

S = สัญญาณเตือนหลักประจำที่ เพื่อแสดงให้ทราบว่าเครื่องผลิตสุญญากาศมีไม่เพียงพอ

T = สัญญาณเตือนหลัก แยก 2 ตำแหน่ง (ผู้ใช้และผู้ดูแล) เพื่อแสดงให้ทราบว่าแรงดูดสุญญากาศในเส้นท่อหลักต่ำกว่าระดับที่ต้องการ

U = สัญญาณเตือน จากทุกเส้นท่อสำหรับห้องผ่าตัดและหน่วยเวชบำบัดวิกฤต เพื่อแสดงว่าความดันสุญญากาศต่ำกว่าปกติ

**3. ข้อกำหนดและการจัดการระบบเส้นท่อก๊าซทางการแพทย์**

**3.1 การจัดการก๊าซในท่อบรรจุและก๊าซเหลวในถังบรรจุ**

การดำเนินการเกี่ยวกับก๊าซ ต้องกำหนดกฎเกณฑ์เพื่อให้ได้มาตรฐานความปลอดภัยในการปฏิบัติกับท่อบรรจุ เครื่องหมายของท่อบรรจุ อุปกรณ์ควบคุมความดันลิ้นและการต่อเชื่อมท่อบรรจุสำหรับให้ผู้จำหน่าย ผู้บรรจุก๊าซและผู้ติดตั้งปฏิบัติตาม

ข้อควรระวังพิเศษเกี่ยวกับท่อบรรจุออกซิเจนและจุดจ่ายก๊าซคือการป้องกันไม่ให้ออกซิเจนที่มีความดันสัมผัสกับน้ำมัน น้ำมันหล่อลื่นสารอินทรีย์หล่อลื่นยางและวัสดุที่เป็นอินทรีย์สาร

3.1.1 ข้อกำหนดทั่วไปเกี่ยวกับท่อบรรจุ มีดังต่อไปนี้

3.1.1.1 ห้ามนำน้ำมัน น้ำมันหล่อลื่นหรือวัสดุไวไฟมาสัมผัสกับท่อบรรจุ ลิ้น อุปกรณ์ควบคุมความดัน มาตรวัดและข้อต่อเกลียว

3.1.1.2 ห้ามใช้น้ำมันหรือสารไวไฟทุกชนิดเป็นตัวหล่อลื่นอุปกรณ์ควบคุมความดัน ข้อต่อเกลียวหรือมาตรวัดความดัน

3.1.1.3 ห้ามใช้มือ ถุงมือหรือวัสดุที่เปื้อนน้ำมันหรือน้ำมันหล่อลื่นจับท่อบรรจุ ถังบรรจุหรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

3.1.1.4 ก่อนต่ออุปกรณ์ใดๆเข้ากับท่อบรรจุ ต้องกำจัดฝุ่นหรือผงที่อาจค้างอยู่ตรงทางออกลิ้นของท่อบรรจุ โดยการเปิดท่อบรรจุให้ก๊าซออกเล็กน้อยแล้วปิดเพื่อขจัดสิ่งสกปรกออกไป

3.1.1.5 ต้องปิดลิ้นท่อบรรจุและลิ้นความดันสูง(ถ้ามี)ของท่อบรรจุออกซิเจนก่อนนำไปใช้กับผู้ป่วยหรือก่อนนำผู้ป่วยมาต่อเข้ากับอุปกรณ์ทางการแพทย์

3.1.1.6 ต้องเปิดลิ้นท่อบรรจุอย่างช้าๆโดยหันมาตรวัดของอุปกรณ์ควบคุมความดันให้ห่างจากตัวคนเพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดจากการทำงานผิดปกติของอุปกรณ์ควบคุมความดัน

3.1.1.7 ไม่นำวัสดุมาห่อหุ้มท่อบรรจุออกซิเจน

3.1.1.8 อุปกรณ์ที่ใช้กับท่อบรรจุออกซิเจน เช่น ข้อต่อเกลียว ลิ้น อุปกรณ์ควบคุมความดันหรือมาตรวัด ห้ามนำไปใช้กับอุปกรณ์อื่นนอกเหนือจากท่อบรรจุออกซิเจน

3.1.1.9 ห้ามนำก๊าซชนิดอื่นมาผสมลงในท่อบรรจุออกซิเจน

3.1.1.10 ห้ามนำออกซิเจนไปใช้กับผู้ป่วย โดยไม่ผ่านอุปกรณ์ควบคุมความดันเสมอ

3.1.1.11 อุปกรณ์ออกซิเจนที่ชำรุดหรือผิดปกติ ห้ามนำมาใช้งานจนกว่าจะได้รับการซ่อมแซมจากช่างผู้ชำนาญ ถ้าช่างไม่สามารถซ่อมได้ต้องส่งไปซ่อมที่โรงงานหรือเปลี่ยนใหม่

3.1.1.12 ต้องป้องกันท่อบรรจุออกซิเจนจากการกระทบกระแทกที่อาจทำให้ส่วนประกอบต่าง ๆ เช่น ลิ้นหรืออุปกรณ์นิรภัยเสียหาย ห้ามวางท่อบรรจุแหล่านี้ใกล้ทางเข้า ออกของลิฟต์ เชิงบันได ทางลาดหรือในที่ ๆ อาจโดนวัตถุหนักเฉี่ยวชนได้

3.1.1.13 ถ้ามีฝาครอบป้องกันลิ้นท่อบรรจุ ต้องใส่ให้เข้าที่โดยขันให้แน่นด้วยมือจนกว่าจะนำมาใช้งาน

3.1.1.14 ห้ามบุคคลที่ไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับท่อบรรจุเข้ามาดำเนินการกับท่อบรรจุ

3.1.1.15 ต้องปิดลิ้นของท่อบรรจุเปล่าที่เก็บไว้ทุกครั้ง

3.1.1.16 ท่อบรรจุออกซิเจนต้องใช้ชื่อ **ออกซิเจนการแพทย์** ให้ถูกต้อง ไม่ใช้คำว่า **อากาศ** แทน เช่นเดียวกับ **ออกซิเจนเหลว** ห้ามใช้คำว่า **อากาศเหลว** แทน

3.1.1.17 ห้ามใช้ออกซิเจนแทนอากาศอัด

3.1.1.18 ห้ามดัดแปลงท่อบรรจุหรือลิ้นท่อบรรจุ

3.1.1.19 การซ่อมบำรุงท่อบรรจุ ต้องทำตามข้อ 1.1.1

3.1.1.20 ห้ามซ่อมลิ้นท่อบรรจุเองโดยช่างที่ไม่มีความชำนาญ

3.1.1.21 ห้ามปรับแต่งกลอุปกรณ์นิรภัยแบบระบาย (Safety relief device) ของท่อบรรจุ กำหนดให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 255-2521 กลอุปกรณ์นิรภัยแบบระบายของถังก๊าซ (ถ้ามีการแก้ไข ให้ใช้ฉบับล่าสุด) ห้ามทำให้เกิดประกายไฟใกล้ท่อบรรจุ ห้ามนำเปลวไฟหรือโคมไฟมาสัมผัสโดนลิ้นท่อบรรจุหรืออุปกรณ์นิรภัย ลิ้นทางออกที่มีน้ำแข็งเกาะห้ามละลายด้วยน้ำเดือดหรืออุปกรณ์ที่ให้ความร้อนสูง

3.1.1.22 ห้ามดัดแปลงเครื่องหมายที่ประทับลงบนท่อบรรจุ

3.1.1.23 ห้ามลอกเครื่องหมายที่ใช้แสดงสิ่งบรรจุภายในท่อบรรจุออก รวมทั้งตัวอักษรและเครื่องหมายที่พิมพ์ลงบนโลหะของท่อบรรจุ

3.1.1.24 ถ้าสิ่งแปลกปลอมเข้าไปในท่อบรรจุหรือลิ้นท่อบรรจุ ต้องแจ้งให้ผู้ที่รับผิดชอบทราบทันที โดยให้รายละเอียดและหมายเลขประจำท่อบรรจุ

3.1.1.25 ห้ามใช้ท่อบรรจุสำหรับการอื่น เช่นเป็นลูกกลิ้งหรือใช้ดันสิ่งของอื่น แม้ว่าจะเป็นท่อเปล่าก็ตาม

3.1.1.26 ขณะใช้งานท่อบรรจุขนาดเล็ก (ขนาด A B D หรือ E) ต้องมีที่ยึดท่อบรรจุติดกับขาตั้งหรืออุปกรณ์ทางการแพทย์นั้นอย่างมั่นคง

3.1.1.27 ห้ามกระแทก ลากหรือกลิ้งท่อบรรจุและถังบรรจุ

3.1.1.28 ท่อบรรจุที่วางตั้งอยู่ ต้องคล้องโซ่หรือยึดอย่างถูกต้องหรือวางบนล้อเข็นที่มีที่ยึด

3.1.1.29 ห้ามล่ามโซ่หรือยึดท่อบรรจุติดกับอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ได้ เช่น เตียงหรือเต็นท์ออกซิเจน

3.1.1.30 ห้ามยึดท่อบรรจุไว้กับเครื่องทำความร้อน ท่อไอน้ำหรือท่อนำความร้อน หรือวางไว้ใกล้กับอุปกรณ์ดังกล่าว

3.1.1.31 ท่อบรรจุหรือถังบรรจุ ต้องจับด้วยความระมัดระวังเพื่อป้องกันอันตรายจากความเย็น

3.1.1.32 ต้องติดตั้งป้ายห้ามสูบบุหรี่ให้เห็นอย่างชัดเจน

3.1.2 การต่อท่อบรรจุและถังบรรจุเพื่อใช้งาน

3.1.2.1 คีมหรือประแจที่ใช้ขันข้อต่อให้แน่นต้องทำจากเหล็กหรือวัสดุที่เหมาะสมและมีความแข็งแรงพอ

3.1.2.2 การเปิด-ปิด และการต่ออุปกรณ์กับลิ้นท่อบรรจุ ต้องปฏิบัติตามวิธีการต่อไปนี้

ก. อุปกรณ์ เช่น ลิ้น ข้อต่อและเกลียวท่อบรรจุที่จะต่อกันต้องแน่ใจว่าไม่มีวัสดุแปลกปลอม หันทางออกของลิ้นท่อบรรจุไปทางด้านที่ไม่มีคน ต้องยืนด้านข้าง (ไม่ใช่ด้านหน้าหรือด้านหลัง) ก่อนต่ออุปกรณ์เข้าลิ้นท่อบรรจุให้เปิดลิ้นเล็กน้อยเพื่อไล่ฝุ่นผงออก

ข. การต่ออุปกรณ์กับลิ้นท่อบรรจุ ต้องใช้ประแจขันแหวน (nut) ให้แน่น

ค. ในกรณีที่ใช้อุปกรณ์ควบคุมความดันที่มีเกลียวชนิดปรับความดันได้ (low-pressure screw) ให้คลายเกลียวให้สุดก่อน (ความดัน=0)

ง. ค่อย ๆเปิดลิ้นท่อบรรจุช้า ๆ จนเปิดเต็มที่แล้วหมุนกลับเล็กน้อย

จ. ค่อย ๆ หมุนเกลียวปรับความดันต่ำของอุปกรณ์ควบคุมความดันจนได้ความดันใช้งานที่เหมาะสม

ฉ. เปิดลิ้นไปยังอุปกรณ์ใช้งาน(ถ้ามี)

3.1.2.3 การต่อใช้งานถังบรรจุ ให้ปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตอุปกรณ์

3.1.3 การดูแลกลไกเพื่อความปลอดภัย (Safety Mechanism)

3.1.3.1 บุคคลที่ใช้ท่อบรรจุ ถังบรรจุและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องต้องมีความรู้เกี่ยวกับ Pin-indexed Safety system (PISS) และ Diameter-indexed safety system (DISS) ซึ่งถูกกำหนดมาเพื่อป้องกันการต่อก๊าซผิดชนิด

3.1.3.2 ห้ามถอด ดัดแปลงหรือเปลี่ยนกลไกของกลอุปกรณ์นิรภัยแบบระบาย (Safety relief device) ข้อต่อต้องไม่สามารถสับเปลี่ยนกันได้และส่วนประกอบอื่นเพื่อความปลอดภัย

3.1.4 การเก็บท่อบรรจุและถังบรรจุ

3.1.4.1 ต้องออกกฎสำหรับการเก็บท่อบรรจุและถังบรรจุของออกซิเจนและไนทรัสออกไซด์ในห้องเก็บและห้องใช้งานทางวิสัญญี

3.1.4.2 จัดเก็บท่อบรรจุให้สามารถใช้งานได้ตามลำดับที่รับมาจากผู้จำหน่าย

3.1.4.3 ในกรณีที่เก็บท่อเปล่าและท่อเต็มในบริเวณเดียวกันต้องวางแบ่งแยกจากกันและทำป้ายแสดงแต่ละท่อบรรจุเพื่อป้องกันความสับสนและเพื่อความรวดเร็วในการใช้งาน

3.1.4.4 บริเวณที่เก็บท่อบรรจุ ต้องป้องกันน้ำฝน ความร้อนจากแสงแดดและความชื้นจากพื้น

3.1.5 การขนส่งและเคลื่อนย้ายท่อบรรจุและถังบรรจุ

3.1.5.1 บุคคลที่ทำหน้าที่ขนส่งอุปกรณ์ต้องผ่านการฝึกอบรมอย่างถูกต้องในเรื่องเกี่ยวกับท่อบรรจุ ถังบรรจุ รถเข็น ที่ยึด และฝาครอบลิ้น

3.1.5.2 ท่อบรรจุขนาดใหญ่ (ขนาดใหญ่กว่า E ขึ้นไป) และถังบรรจุที่มีน้ำหนักมากกว่า 45.5 กิโลกรัม (100 ปอนด์) ต้องขนถ่ายโดยใช้รถเข็นอย่างถูกต้อง

10 วิธีการหลักเพื่อความปลอดภัยในการเคลื่อนย้ายท่อแก๊ส
SAFETY IN CYLINDER HANDLING
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

## 3.2 การจัดการระบบก๊าซที่ใช้กับผู้ป่วย

3.2.1 การดูแลและบำรุงรักษา

3.2.1.1 ต้องมีการวางแผนและสามารถรองรับสถานการณ์ที่ระบบก๊าซทางการแพทย์ขัดข้องทั้งระบบ

3.2.1.2 ห้ามต่อสายดินของระบบไฟฟ้าหรือของอุปกรณ์ใด ๆ เข้ากับระบบเส้นท่อก๊าซทางการแพทย์

3.2.1.3 ต้องกำหนดแผนการบำรุงรักษาตามคำแนะนำในหนังสือคู่มือนี้ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและ/หรือของผู้ติดตั้งระบบก๊าซทางการแพทย์

3.2.1.4 เมื่อมีการปรับเปลี่ยนระบบต้องมีการตรวจสอบระบบปลายทางต่อการปรับเปลี่ยนทุกครั้งก่อนใช้กับผู้ป่วย

3.2.1.5 ต้องมีวิธีการตรวจสอบระบบสัญญาณเตือนและมีมาตรการแก้ไขให้ระบบก๊าซทางการแพทย์ทำงานได้ใหม่อีกครั้ง

3.2.1.6 ต้องกำหนดระยะเวลาการทดสอบระบบก๊าซทางการแพทย์และสัญญาณเตือน

3.2.1.7 ต้องทดสอบสัญญาณเตือนทั้งเสียงและแสงตามกำหนดที่เหมาะสมและเก็บบันทึกผลการตรวจไว้จนถึงการตรวจครั้งต่อไป

3.2.2 การเก็บบันทึก ผู้รับผิดชอบต้องทำการทดสอบทุกรายการที่จำเป็นเกี่ยวกับระบบท่อก๊าซทางการแพทย์ก่อนใช้งานกับผู้ป่วย และเก็บบันทึกอย่างถาวรในแฟ้มประวัติ

3.2.3 ข้อมูลระบบก๊าซและสัญญาณเตือน

3.2.3.1 ต้องแสดงชื่อก๊าซและความดันใช้งานของระบบเส้นท่อซึ่งอ่านได้ง่าย อาจทำเป็นป้ายโลหะ พ่นสีประทับตราหรือใช้แถบกาวที่ไม่หลุดออกง่าย แสดงทุกระยะไม่เกิน 6 เมตร และเมื่อเส้นท่อผ่านเข้าแต่ละห้องหรือแต่ละชั้นต้องมีป้ายชื่อแสดงทุกห้องและทุกชั้น ถ้าเพิ่มการใช้สีแสดงชนิดต้องเป็นไมตามข้อ 2.1.2.6

3.2.3.2 ที่ลิ้นปิดต้องมีป้ายแสดงห้องที่ลิ้นนี้ควบคุม ต้องปรับปรุงป้ายให้ถูกต้องทุกครั้งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง ดังตัวอย่าง

**คำเตือน**

**ลิ้นปิดของ.....( ชื่อก๊าซ)**

**ลิ้นนี้ควบคุมการจ่ายไปที่ห้อง.....**

**ห้ามปิด ยกเว้นกรณีฉุกเฉิน**

3.2.3.3 ต้องแสดงชื่อก๊าซที่มาตรวัดความดันของระบบเส้นท่อก๊าซทางการแพทย์โดยมีข้อความว่า

| |
|---|
| **.....(ชื่อก๊าซ)..... ห้ามใช้น้ำมันหล่อลื่น** |

# บทที่ 3

# การทดสอบและเกณฑ์ตัดสินสมรรถนะของระบบก๊าซทางการแพทย์

# (Gas System Performance Criteria and Testing)

## ระบบก๊าซผู้ป่วย (Patient Gas System)

### 1. หลักทั่วไป

ระบบก๊าซทางการแพทย์ที่ติดตั้งและเดินเส้นท่อก๊าซใหม่ทั้งระบบ หรือทำการติดตั้งเพิ่มเติมและระบบที่ทำการซ่อมแซมแล้วเสร็จ ต้องทำการทดสอบและตรวจสอบคุณสมบัติของระบบก่อนเริ่มใช้งาน เพื่อความมั่นใจและความปลอดภัยในการใช้งาน

การตรวจสอบและการทดสอบระบบก๊าซทางการแพทย์ต้องตรวจสอบทุกส่วนประกอบของระบบ ได้แก่ แหล่งจ่ายก๊าซ ชุดจ่ายก๊าซ ระบบเส้นท่อ ระบบผลิตอากาศอัดทางการแพทย์ (เช่นเครื่องอัดอากาศ อุปกรณ์ทำอากาศให้แห้ง ไส้กรอง อุปกรณ์ควบคุมความดัน) ชุดเฝ้าระวังและสัญญาณเตือน สัญญาณเตือนหลัก ลิ้นแบ่งแยก (isolation valve) สัญญาณเตือนประจำพื้นที่ลิ้นเฉพาะพื้นที่ (zone valve) ทางเปิดออก (สำหรับระบบก๊าซทางการแพทย์) และทางเปิดเข้า (สำหรับระบบสุญญากาศทางการแพทย์)

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงภายในระบบเช่น การลดส่วนของระบบออก การเปลี่ยนหรือเพิ่มอุปกรณ์เข้าไปในระบบ ต้องมีการทดสอบและตรวจสอบระบบในช่วงปลายทางต่อจุดที่ทำการซ่อม

เปลี่ยนหรือเพิ่มอุปกรณ์สำหรับระบบก๊าซและต้นทางต่อจุดที่ทำการซ่อม เปลี่ยนหรือเพิ่มอุปกรณ์สำหรับระบบสุญญากาศ

การทดสอบและตรวจสอบต้องมีการรับรองผลและรายงานผลการตรวจสอบ ซึ่งการทดสอบและการตรวจสอบระบบต้องปฏิบัติดังนี้

1.1 นายช่างผู้ควบคุมงานต้องควบคุมการทดสอบเมื่อติดตั้งแล้วเสร็จโดยผู้ติดตั้ง และรับรองรายงานผลการทดสอบดังกล่าว

1.2 มีการตรวจสอบและทดสอบการติดตั้งครั้งสุดท้าย โดยผู้ที่มีประสบการณ์ด้านปฏิบัติการทดสอบระบบก๊าซทางการแพทย์จากภาครัฐ หรือวิศวกร/ผู้ชำนาญจากหน่วยงานเอกชน ซึ่งผ่านการอบรมหลักสูตรผู้ตรวจจากสถาบันที่เชื่อถือได้ภายในประเทศหรือต่างประเทศ

**2. การทดสอบเมื่อดำเนินการติดตั้งแล้วเสร็จโดยผู้ติดตั้ง (Installer Performance Testing)**

การทดสอบเมื่อดำเนินการติดตั้งระบบก๊าซทางการแพทย์ใหม่ ผู้ติดตั้งหรือตัวแทนจำหน่ายผลิตภัณฑ์ต้องเป็นผู้ทำการทดสอบร่วมกับนายช่างผู้ควบคุมการก่อสร้างที่ได้รับมอบหมายจากผู้ว่าจ้าง ก๊าซที่ใช้ในการทดสอบต้องใช้ก๊าซไนโตรเจนที่ปราศจากความชื้นและน้ำมัน

**2.1 การเป่าทิ้งก่อนต่ออุปกรณ์ (Blow down)** ต้องเป่าระบบเส้นท่อหลังการติดตั้งแล้วเสร็จ โดยต้องทำก่อนติดตั้งทางเปิดออกและ

อุปกรณ์ต่าง ๆ (เช่น สวิตช์ความดันของระบบสัญญาณเตือน ชุดจ่ายก๊าซ มาตรวัดความดันและลิ้นระบายความดัน เป็นต้น)

**2.2 การทดสอบความดันเบื้อต้น (Initial Pressure Test)** ต้องทดสอบก่อนที่จะติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับระบบก๊าซทางการแพทย์เช่น (สวิตช์ความดันของระบบสัญญาณเตือน ชุดจ่ายก๊าซ มาตรวัดความดัน) ควรดำเนินการทดสอบภายหลังการ ติดตั้งทางเปิดออกเรียบร้อยแล้ว (ถ้ามีฝาปิดทางเปิดออก ให้ปิดฝาแล้วจึงทดสอบความดัน) ขณะทดสอบต้องดูที่จุดเชื่อมต่อของเส้นท่อทุกจุดให้ทดสอบแต่ละส่วนด้วยความดัน 1.5 เท่าของความดันใช้งานปกติ อย่างต่ำ 1 เมกะปาสคาล (150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) โดยใช้ก๊าซไนโตรเจนที่ปราศจากความชื้นและน้ำมัน ขณะทดสอบความดันในเส้นท่อต้องคงที่อยู่เสมอและตรวจหารอยรั่วแต่ละข้อต่อโดยใช้น้ำสบู่ หรือใช้วิธีการทดสอบอื่น ๆ ที่ไม่มีอันตรายเมื่อนำมาทดสอบกับก๊าซออกซิเจนหรือก๊าซที่ใช้ในการทดสอบ โดยปิดลิ้นที่แหล่งจ่ายก๊าซ หากมีการรั่วของก๊าซต้องซ่อมทันทีจนแล้วเสร็จและทำการเป่าก๊าซล้างเส้นท่อใหม่จนไม่มีสิ่งสกปรกที่เกิดจากการซ่อมคั่งค้างอยู่และทดสอบใหม่จนกว่าจะแน่ใจว่า ไม่มีการรั่วซึมของก๊าซ โดยการอัดก๊าซเข้าในเส้นท่อทิ้งไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อดูการรั่วซึมของระบบก๊าซ

**2.3 การทดสอบการเชื่อมต่อสลับกัน (Cross-connection Test)**

2.3.1 ต้องทดสอบเส้นท่อต่าง ๆ ที่จะฝังอยู่ในผนังว่าไม่มีการเชื่อมต่อสลับกัน โดยลดความดัน ของก๊าซทุกประเภทในเส้นท่อให้เท่ากับความดันบรรยากาศปกติถอดแหล่งจ่ายก๊าซทุกประเภทออกจากระบบ การตรวจสอบให้เลือกตรวจสอบครั้งละหนึ่งระบบก๊าซจนครบทุกชนิดของก๊าซ โดยอัดไนโตรเจนที่ปราศจากความชื้นและน้ำมันที่ความดัน 350 กิโลปาสคาล (50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) เข้าไปในระบบแล้วใช้หัวต่อ (adapters) ของก๊าซต่าง ๆ เสียบทดสอบที่ทางเปิดออกของก๊าซแต่ละชนิด ทางเปิดออกที่มีก๊าซออกมาต้องเป็นทางเปิดออกของระบบก๊าซที่กำลังทดสอบเท่านั้นส่วนทางเปิดออกอื่น ๆ ต้องไม่มีก๊าซออกมา

ก. ถอดแหล่งจ่ายก๊าซออกจากระบบที่ต้องการทดสอบแล้วลดความดันให้เท่ากับความดันบรรยากาศ หลังจากนั้นแต่ละระบบจะต้องทดสอบตามรายละเอียดตามข้อ 2.5 ต่อไป

ข. เมื่อทำการติดตั้งระบบเส้นท่อสุญญากาศร่วมกับระบบเส้นท่อก๊าซทางทางการแพทย์อื่น ต้องมีการทดสอบการเชื่อมต่อสลับกันร่วมกับระบบเส้นท่อก๊าซอื่น ๆ ด้วย

ค. ต้องเปิดระบบเส้นท่อสุญญากาศให้ทำงาน ขณะทดสอบระบบเส้นท่อก๊าซทางการแพทย์ เพื่อทดสอบระบบทั้งหมดพร้อมกัน

ง. ทางเปิดออกของก๊าซทุกชนิดต้องระบุให้ชัดเจนโดยใช้สีและสัญลักษณ์

2.3.2 ต้องตรวจสอบความถูกต้องของสัญลักษณ์และสีของส่วนประกอบทุกชิ้น เช่น ทางเปิดออก ลิ้นปิดและแผงสัญญาณเตือนต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

**2.4 การทดสอบโดยการเป่าไล่สิ่งสกปรกภายในเส้นท่อ (Piping Purge Test)**

ใช้ก๊าซไนโตรเจนที่ปราศจากความชื้นและน้ำมันที่มีอัตราไหลสูงส่งเข้าไปในระบบเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ หลาย ๆ ครั้ง ให้ไหลออกมาตามทางเปิดออกต่าง ๆ โดยใช้อุปกรณ์ต่อเชื่อมที่เหมาะสมจนกระทั่งก๊าซที่ออกจากทางเปิดสัมผัสกับผ้าขาวที่รองรับ แล้วไม่ทำให้ผ้าขาวเปลี่ยนสี

**2.5 การทดสอบความดันคงที่ (Standing Pressure Test)**

ทดสอบความดันหลังจากดำเนินการทดสอบตามข้อ 2.2 โดยติดตั้งทางเปิดออกและอุปกรณ์ต่าง ๆ สมบูรณ์แล้ว (เช่น สวิตช์แรงดันในระบบสัญญาณเตือน ชุดจ่ายก๊าซ มาตรวัดความดัน ลิ้นระบายความดัน) ทำการอัดความดันในระบบเส้นท่อให้สูงกว่าความดันที่ใช้งานตามปกติ 20% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้ก๊าซไนโตรเจนที่ปราศจากความชื้นและน้ำมันและให้ปิดลิ้นที่แหล่งจ่ายก๊าซ

หลังจากระบบเส้นท่อถูกอัดด้วยก๊าซที่ใช้ทดสอบจนได้ความดันที่ต้องการ ลิ้นที่จ่ายก๊าซและทางเปิดออกทุกตัวจะต้องปิดและถอดแหล่งจ่ายก๊าซทดสอบออกจากระบบ ระบบเส้นท่อ ต้องไม่มีการรั่วซึมขณะทดสอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยยอมให้ค่าคลาดเคลื่อนได้เล็กน้อยอันเกิดจากอุณหภูมิภายนอกที่อยู่รอบ ๆ ระบบเส้นท่อซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความดันโดยคำนวณจากสูตร

$$P_1/T_1 = P_2/T_2$$

เมื่อเกิดการรั่วซึมของอุปกรณ์ขณะทดสอบ ต้องทำการซ่อมและทำการทดสอบใหม่ตามคำแนะนำข้อ 2.3

**3. การตรวจยืนยันความถูกต้องของระบบ (System Verification)**

หลังการทดสอบตามข้อ 2 แล้วเสร็จ ต้องตรวจสอบระบบโดยผู้ที่มีประสบการณ์ด้านปฏิบัติการการทดสอบระบบก๊าซทางการแพทย์จากภาครัฐหรือจากหน่วยงานเอกชนที่มีวิศวกรหรือผู้ชำนาญที่ผ่านการอบรมหลักสูตรผู้ตรวจสอบจากสถาบันที่เชื่อถือได้ภายในประเทศหรือต่างประเทศและต้องเป็นบุคคลที่ได้รับมอบหมายจากคณะกรรมการตรวจการจ้าง แต่ต้องไม่ใช่คณะผู้ติดตั้ง โดยก๊าซที่ใช้ทดสอบต้องเป็นก๊าซไนโตรเจนที่ปราศจากความชื้นและน้ำมัน

**3.1 การทดสอบการเชื่อมต่อสลับกัน (Cross-connection Test)**

หลังทำการทดสอบตามข้อ 2 และทำการปิดผนังแล้ว ต้องตรวจสอบว่าไม่มีการเชื่อมต่อสลับกัน โดยวิธีใดวิธีหนึ่ง ดังนี้

**วิธีที่ 1** ลดความดันในระบบก๊าซทุกระบบให้เท่าความดันบรรยากาศปกติ แล้วถอดแหล่งจ่ายทุกประเภทออกจากระบบตรวจสอบครั้งละหนึ่งระบบ โดยอัดก๊าซไนโตรเจนที่ปราศจากความชื้นและน้ำมันที่ความดัน 350 กิโลปาสคาล (50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) เข้าในระบบ แล้วใช้หัวต่อของก๊าซต่าง ๆ เสียบทดสอบที่ทางเปิดออกของระบบก๊าซแต่ละระบบ ทางเปิดออกที่มีก๊าซออกมาต้องเป็นทางเปิดออกของระบบก๊าซที่กำลังทดสอบเท่านั้น ส่วนทางเปิดออกอื่นๆ ต้องไม่มีก๊าซออกมา

เมื่อทำการติดตั้งระบบเส้นท่อสุญญากาศร่วมกับระบบเส้นท่อก๊าซทางการแพทย์อื่น ๆ ต้องมีการทดสอบไม่ให้มีการเชื่อมต่อสลับกันด้วย

**วิธีที่ 2** ลดความดันในระบบก๊าซทางการแพทย์ให้เท่าความดันบรรยากาศปกติ เพิ่มความดันของก๊าซที่จะทดสอบเข้าในระบบเส้นท่อก๊าซทางการแพทย์ให้ได้ความดันตามตารางที่ 3 เพื่อทำการทดสอบก๊าซพร้อมกันทุกชนิดและให้คงความดันระดับนี้ไว้ตลอดเวลาการทดสอบ

ต้องเปิดระบบเส้นท่อสุญญากาศให้ทำงานขณะทดสอบระบบเส้นท่อก๊าซทางการแพทย์ เพื่อทดสอบระบบทั้งหมดพร้อม ๆ กัน

หลังจากการปรับค่าความดันตามตารางที่ 3 แล้วให้ทดสอบทางเปิดออกของก๊าซแต่ละจุดโดยใช้มาตรวัดความดันที่ผ่านการสอบเทียบมาแล้ว จะได้ค่าความดันของก๊าซชนิดนั้น ๆ

ทางเปิดออกทุกจุดต้องมีการระบุชนิดก๊าซให้ชัดเจน โดยใช้สีและสัญลักษณ์ ส่วนค่าความดันที่อ่านได้บนมาตรวัดต้องเป็นไปตามตารางที่ 3

**ตารางที่ 3 ความดันทดสอบของก๊าซชนิดต่าง ๆ**

| ชนิดก๊าซ | ความดัน | |
|---|---|---|
| | กิโลปาสคาล | ปอนด์ต่อตารางนิ้ว |
| ไนโตรเจน | 210 | 30 |
| ไนทรัสออกไซด์ | 280 | 40 |
| ออกซิเจน | 350 | 50 |
| อากาศอัด | 420 | 60 |

**หมายเหตุ :** สำหรับก๊าซอื่นที่ไม่ได้กำหนดค่าความดันไว้ในตาราง ต้องทดสอบที่ความดันต่างจากก๊าซอื่นอย่างน้อย 69 กิโลปาสคาล (10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)

**3.2 การทดสอบลิ้นปิด (Valve Test)**

ต้องบันทึกข้อมูลของลิ้นปิดแต่ละตัวและใช้ข้อมูลนี้ในการทดสอบการทำงานในพื้นที่ควบคุมและมีป้ายแสดงที่ถูกต้อง

**3.3 การทดสอบการไหลที่ทางเปิดออก (Flow Test)**

ทางเปิดออกทุกจุดต้องทดสอบการไหลของก๊าซไนโตรเจนที่ปราศจากความชื้นและน้ำมัน หรือใช้ก๊าซในระบบนั้นๆ

ทางเปิดออกของก๊าซออกซิเจน ไนทรัสออกไซด์และอากาศ ต้องได้ก๊าซไม่น้อยกว่า 100 ลิตรต่อนาที (3.5 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) โดยความดันลดลงได้ไม่เกิน 35 กิโลปาสคาล (5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) จากความดันใช้งาน

ทางเปิดออกก๊าซไนโตรเจน ต้องได้ก๊าซไม่น้อยกว่า 140 ลิตรต่อนาที (5 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) โดยความดันลดลงได้ไม่เกิน 35 กิโลปาสคาล ( 5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) จากความดันใช้งาน

**3.4 การทดสอบระบบสัญญาณเตือน (Alarm Test)**

3.4.1 อุปกรณ์ทุกชิ้นในระบบสัญญาณเตือน ต้องมีการตรวจสอบการทำงานได้อย่างถูกต้องก่อนการใช้งานและเก็บบันทึกรายงานการตรวจสอบไว้เป็นหลักฐาน ระบบสัญญาณเตือนของระบบเส้นท่อที่ติดตั้งเพิ่มเติมต้องถูกทดสอบความถูกต้องก่อนที่จะเชื่อมกับระบบที่มีอยู่เดิม

3.4.2 ต้องทดสอบระบบสัญญาณเตือนของระบบเส้นท่อที่ติดตั้งใหม่ หลังจากการทดสอบการป้องกันเชื่อมต่อสลับกันและก่อนทำการทดสอบต้องเป่าไล่สิ่งสกปรกภายในเส้นท่อออกเสียก่อน ก๊าซที่ใช้ในการทดสอบเป็นก๊าซไนโตรเจนที่ปราศจากความชื้นและน้ำมัน หรือก๊าซที่ใช้ในระบบนั้น ๆ

3.4.3 ระบบสัญญาณเตือนหลัก ต้องทดสอบระบบสัญญาณเตือนหลักของระบบก๊าซแต่ละชนิดและต้องบันทึกผลการตรวจสอบไว้ทุกครั้ง

3.4.4 ระบบเตือนใช้สัญญาณเตือนที่มีทั้งแสงและเสียง ต้องส่งสัญญาณเมื่อความดันในเส้นท่อก๊าซหลักเพิ่มขึ้นหรือลดลง 20 เปอร์เซ็นต์จากความดันใช้งาน สัญญาณเสียงสามารถปิดให้เงียบได้ แต่สัญญาณแสงต้องยังคงอยู่จนกว่าได้รับการแก้ไขให้เป็นปกติ

3.4.5 ระบบสัญญาณเตือนประจำพื้นที่ ให้ทดสอบการส่งสัญญาณเตือนสำหรับบริเวณให้ยาระงับความรู้สึก หน่วยช่วยชีวิต หน่วยบำบัดผู้ป่วยวิกฤต ห้องพักฟื้น หออภิบาลผู้ป่วยหนัก หน่วยโรคหลอดเลือดและหัวใจ เป็นต้น เมื่อความดันในเส้นท่อก๊าซเพิ่มขึ้นหรือลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ จากความดันใช้งาน

### 3.5 การทดสอบโดยการเป่าไล่สิ่งสกปรกภายในเส้นท่อ

ต้องปล่อยก๊าซเป่าไล่สิ่งสกปรกภายในเส้นท่อเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ หลาย ๆ ครั้ง โดยต้องใช้อุปกรณ์ต่อเชื่อมของก๊าซแต่ละชนิดจากโรงงานผู้ผลิตเท่านั้น เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับทางเปิดออก โดยเป่าก๊าซด้วยอัตราการไหลสูงอย่างน้อย 225 ลิตรต่อนาที (8 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) แล้วปล่อยก๊าซทิ้งออกที่ทางเปิดออกแต่ละจุด หลังจากนั้นต้องทดสอบความสะอาดของระบบ โดยใช้ผ้าขาวรองรับก๊าซที่เป่าออกมาหน้าทางเปิดออกของก๊าซสีขาวของผ้าต้องไม่เปลี่ยนแปลง

ในกรณีที่สามารถทำได้ สำหรับระบบก๊าซความดันบวก ควรมีการพิสูจน์ความสะอาดของระบบ โดยการกรองก๊าซปริมาตรอย่างน้อย 1,000 ลิตร (35 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) ผ่านบนแผ่นกรองสะอาดสีขาวขนาดกรอง 0.45 ไมครอน ที่อัตราการไหลอย่างต่ำ 100 ลิตรต่อนาที (3.5 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) โดยต้องตรวจสอบพื้นที่ 25 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ทั้งหมด โดยเลือกตรวจสอบทางเปิดออกที่อยู่ไกลจากแหล่งจ่ายก๊าซมากที่สุด แผ่นกรองต้องไม่มีสิ่งตกค้างมากกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อหนึ่งทางเปิดออก ถ้าผลการทดสอบปรากฏว่า ทางเปิดออกใดมีสิ่งตกค้างเกินกำหนด ทางเปิดออกที่อยู่ไกลจากแหล่งจ่ายก๊าซในทุกพื้นที่ต้องถูกตรวจสอบใหม่อีกครั้งโดยใช้ก๊าซไนโตรเจนแห้งที่ปราศจากน้ำมัน

### 3.6 การทดสอบความบริสุทธิ์ของก๊าซภายในเส้นท่อ

ในแต่ระบบก๊าซความดันบวก ต้องตรวจสอบความบริสุทธิ์ของก๊าซในระบบเส้นท่อ โดยต้องทดสอบจุดน้ำค้าง ปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนรวม (เช่น Methane) และปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนที่มีส่วนประกอบของฮาโลเจน การทดสอบนี้ต้องกระทำที่ทางเปิดออกจุดที่อยู่ไกลจากแหล่งจ่ายก๊าซมากที่สุด แล้วเปรียบเทียบกับก๊าซจากแหล่งจ่าย ค่าที่ได้จากการทดสอบจาก 2 จุดนี้ต้องแตกต่างได้ไม่เกินค่าความแตกต่างสูงสุดที่ยอมรับได้ในตารางที่ 4 ก๊าซที่ใช้ในการตรวจสอบคือก๊าซไนโตรเจนที่ปราศจากความชื้นและน้ำมัน

**ตารางที่ 4 ค่าความแตกต่างสูงสุดที่ยอมรับได้**

| | |
|---|---|
| **จุดน้ำค้าง** | **4 องศาเซลเซียส ที่ 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว** |
| **ปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนรวม** | **1 ส่วนในล้าน** |
| **ปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนที่มีส่วนประกอบของฮาโลเจน** | **2 ส่วนในล้าน** |

### 3.7 การทดสอบส่วนที่ต่อขั้นสุดท้าย (Final Tie-in Test)

ก่อนที่จะเชื่อมต่อส่วนเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมใด ๆ เข้ากับระบบที่มีอยู่ ต้องทดสอบตามข้อ 3.1 ถึง 3.6 ให้แล้วเสร็จก่อน

หลังเชื่อมต่อแล้วก่อนที่จะใช้งานกับผู้ป่วยต้องผ่านการทดสอบตามข้อ 3.8 ถึง 3.10 อย่างสมบูรณ์และต้องเก็บบันทึกข้อมูลไว้อย่างเป็นระบบ

การเชื่อมต่อขั้นสุดท้ายระหว่างส่วนที่เพิ่มเติมใด ๆ กับระบบท่อที่มีอยู่เดิมต้องทดสอบการรั่วด้วยก๊าซใช้งานของระบบนั้นที่ความดันใช้งานปกติ คงความดันนี้ไว้จนกว่าทุกจุดเชื่อมต่อจะได้รับการตรวจสอบรอยรั่วโดยใช้น้ำสบู่หรือวิธีการทดสอบอื่นที่ไม่มีอันตราย

**3.8 การทดสอบความดันใช้งาน (Operational Pressure Test)**

3.8.1 โดยทั่วไปต้องทดสอบการไหลที่ทางเปิดออกหรือทางเปิดเข้าหรือในจุดที่ผู้ใช้งานทำการต่อหรือปลดออก

3.8.2 ระบบเส้นท่อก๊าซ ยกเว้นระบบไนโตรเจนหรืออากาศความดันสูง ต้องคงความดันไว้ที่ 340-400 กิโลปาสคาล (50-60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ที่ทุกทางเปิดออกที่อัตราไหลสูงสุดตามข้อ 3.8.4 และ 3.8.5

3.8.3 ระบบไนโตรเจนหรืออากาศความดันสูงต้องสามารถได้ก๊าซที่ความดันอย่างน้อย 1103 กิโลปาสคาล (160 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ไปยังทางเปิดออกทั้งหมดตามอัตราการไหลในข้อ 3.8.7

3.8.4 ระบบเส้นท่อก๊าซที่ใช้ความดันแตกต่างจากความดันปกติในข้อ 3.8.2 และ 3.8.3 ต้องสามารถจ่ายก๊าซที่อัตราไหลและความดันตามที่ต้องการใช้งาน

3.8.5 ทางเปิดออกของออกซิเจน ไนทรัสออกไซด์และอากาศ ต้องได้ก๊าซ 100 ลิตรต่อนาที (3.5 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) โดยความดันตกไม่เกิน 35 กิโลปาสคาล (5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) และที่ความดันคงที่ไม่น้อยกว่า 340 กิโลปาสคาล (50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)

3.8.6 ทางเปิดออกของออกซิเจนและอากาศที่ใช้สำหรับหน่วยดูแลผู้ป่วยวิกฤติ ต้องสามารถได้ก๊าซด้วยอัตราไหล่ช่วงสั้น ๆ ที่ 170 ลิตรต่อนาที (6.0 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) เป็นเวลาอย่างน้อย 3 นาที

3.8.7 ทางเปิดออกของก๊าซไนโตรเจน ต้องได้ก๊าซ 140 ลิตรต่อนาที (5.0 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) โดยความดันตกได้ไม่เกิน 350 กิโล ปาสคาล (5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) และความดันคงที่ 1103 กิโล ปาสคาล (160 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)

3.8.8 ในกรณีที่ใช้เครื่องอัดอากาศร่วมกัน คืออากาศอัดทางการแพทย์กับอากาศอัดความดันสูง ต้องพิจารณาวิธีตรวจสอบให้เหมาะสมไม่ให้เกิดผลกระทบระหว่างระบบทั้งสอง

### 3.9 การทดสอบความเข้มข้นของก๊าซทางการแพทย์ (Medical Gas Concentration Test)

หลังจากการเป่าไล่สิ่งสกปรกภายในเส้นท่อด้วยก๊าซที่ใช้ในระบบนั้นแล้ว ต้องดำเนินการดังนี้คือ

3.9.1 วิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซโดยปริมาตรที่แต่ละแหล่งจ่ายและทางเปิดออกของก๊าซที่มีความดัน

3.9.2 การวิเคราะห์ต้องใช้เครื่องมือที่ออกแบบมาสำหรับวัดค่าของก๊าซแต่ละชนิด

3.9.3 ค่าความเข้มข้นของก๊าซทางการแพทย์ที่ยอมรับได้ตามตารางที่ 5

**ตารางที่ 5 ค่าความเข้มข้นของก๊าซที่ยอมรับได้**

| **ก๊าซ** | **เกณฑ์ตัดสิน** |
|---|---|
| ออกซิเจน | ไม่น้อยกว่า 99% |
| ไนทรัสออกไซด์ | ไม่น้อยกว่า 99% |
| ไนโตรเจน | ไม่น้อยกว่า 99% |
| อากาศอัดทางการแพทย์ | มีออกซิเจน 19.5-23.5% |

### 3.10 การตรวจสอบความถูกต้องของป้ายชื่อ

ต้องตรวจสอบความถูกต้องของป้ายชื่อให้ถูกต้องตรงกับสภาพปัจจุบันตลอดเวลาตามมาตรฐานของส่วนประกอบทุกชิ้น เช่น ทางเปิดออก ลิ้นปิดและแผงสัญญาณเตือน เป็นต้น

## 4. การตรวจยืนยันความถูกต้องของอุปกรณ์แหล่งจ่ายก๊าซ (Source Equipment Verification)

ต้องตรวจสอบอุปกรณ์แหล่งจ่ายก๊าซหลังจากการเชื่อมต่อระบบท่อ ส่วนประกอบและอุปกรณ์ การทดสอบความดันต้อง

ทำที่ปลายทางต่อลิ้นแยกของเครื่องอัดอากาศ (compressor) และต้นทางต่ออุปกรณ์ควบคุมเส้นท่อที่ความดันใช้งานสูงสุดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยความดันตกได้ไม่เกิน 10% (ตารางที่ 3)

การทดสอบนี้ต้องดำเนินการโดยผู้มีความรู้ความชำนาญด้านเทคนิคและมีประสบการณ์ด้านทดสอบระบบก๊าซทางการแพทย์

**4.1 การตรวจสอบแหล่งจ่ายก๊าซ**

4.1.1 ตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์ในระบบ รวมทั้งตรวจสอบการสลับเปลี่ยนโดยอัตโนมัติจากแหล่งจ่ายชุดแรกไปยังแหล่งจ่ายชุดที่สองและตรวจสอบการทำงานของสัญญาณแจ้งการสลับเปลี่ยน

4.1.2 ก่อนใช้งานระบบจ่ายกลางก๊าซแบบท่อบรรจุที่มีแหล่งจ่ายสำรอง (4.2) ต้องตรวจสอบอุปกรณ์ของระบบว่าทำงานถูกต้องรวมทั้งตรวจสอบการทำงานและสัญญาณการเปลี่ยนสลับโดยอัตโนมัติจากแหล่งจ่ายชุดแรกไปยังแหล่งจ่ายชุดที่สองและตรวจการทำงานและสัญญาณของแหล่งจ่ายสำรอง

4.1.3 ถ้าระบบมีสวิตช์รับสัญญาณและสัญญาณเฝ้าระวังปริมาณของแหล่งจ่ายสำรองต้องตรวจสอบการทำงานก่อนใช้งานถ้าระบบแหล่งจ่ายสำรองที่เป็นของเหลวต้องทดสอบสัญญาณเตือนเมื่อปริมาณแหล่งจ่ายสำรองต่ำกว่ากำหนด

4.1.4 ถ้ามีสวิตช์รับสัญญาณและอุปกรณ์เฝ้าระวังความดันของแหล่งจ่ายสำรอง ต้องตรวจสอบการทำงานก่อนใช้งาน

4.1.5 สัญญาณเตือนสำหรับแหล่งจ่ายขนาดใหญ่และแผงสัญญาณเตือนหลัก เจ้าของหน่วยงานหรือผู้แทนต้องตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าชนิดของสัญญาณที่แสดงและการกระตุ้นสัญญาณเป็นไปอย่างถูกต้องเพื่อให้มั่นใจว่าอุปกรณ์เหล่านี้สามารถเฝ้าระวังสภาวะของระบบแหล่งจ่ายถ้าเปลี่ยนแหล่งเก็บต้องทำการทดสอบใหม่ทุกครั้ง

4.1.6 ระบบสัญญาณเตือนหลัก ต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดของผู้ผลิตหรือองค์กรที่รับผิดชอบการทำงานและซ่อมบำรุง โดยทำการทดสอบดังนี้

ก. อัดความดันเข้าระบบเส้นท่อก๊าซและต่อเชื่อมระบบไฟฟ้าเข้ากับแผงสัญญาณเตือน

ข. ตรวจสอบมาตรวัดความดันของเส้นท่อหลักเพื่อให้แน่ใจว่าได้ความดันที่ต้องการตามข้อ 3.8 และระบุชนิดของก๊าซได้ถูกต้อง ตรวจสอบแผงสัญญาณเตือนเพื่อให้มั่นใจว่าทำงานเป็นปกติ

ค. ตรวจสอบการทำงานของสัญญาณเตือนของแหล่งจ่ายและแหล่งสำรองเพื่อให้แน่ใจว่าแสดงสัญญาณที่ถูกต้องและระบุชื่อที่ถูกต้อง

# บทที่ 4

# คุณสมบัติของก๊าซออกซิเจนและการใช้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

## 1. ลักษณะทั่วไปของออกซิเจน

ออกซิเจน ($O_2$) เป็นส่วนประกอบที่มากเป็นอันดับที่สองในบรรยากาศ ประมาณ 21% โดยปริมาตร (รองจากไนโตรเจน ($N_2$) ประมาณ 78% นอกจากนี้ยังมีอาร์กอน (Ar) ประมาณ 0.9% และก๊าซเฉื่อยอื่น ๆ ($CO_2$, Ne, Xe, He) ประมาณ 0.1 %) ออกซิเจนเหลวมีสีน้ำเงินจาง ๆ และเย็นจัด ถึงแม้ไม่เป็นสารติดไฟ แต่ออกซิเจนสามารถช่วยให้ติดไฟได้ดีและเป็นสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์

ออกซิเจนจะทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์และโลหะในรูป Oxide การเผาไหม้ในออกซิเจนรุนแรงกว่าการเผาไหม้ในอากาศ อุปกรณ์ที่ทำมาใช้กับออกซิเจนต้องสะอาด ระบบต้องเป็นวัสดุที่สามารถทนความร้อนได้สูงและไม่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนภายใต้การใช้งาน ถังบรรจุต้องผลิตตามข้อกำหนดของ American Society of Mechanical Engineers (ASME) และถูกออกแบบเพื่อให้สามารถต้านทานอุณหภูมิและความดัน

ออกซิเจนเหลวเป็นของเหลวที่เย็นจัด (Cryogenic Liquid) ของเหลวเย็นจัดคือก๊าซเหลวใดๆ ที่มีจุดเดือดต่ำกว่า -38˚F (-150˚C) ในขณะที่ออกซิเจนเหลวมีจุดเดือดอยู่ที่ -97.3˚F (-183˚C)

อุณหภูมิที่แตกต่างกันอย่างมากระหว่างออกซิเจนเหลวและสภาวะแวดล้อมภายนอก การเก็บออกซิเจนเหลวจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษสำหรับการจัดเก็บ

ออกซิเจนนิยมจัดเก็บในรูปของของเหลวถึงแม้จะถูกนำไปใช้ในรูปของก๊าซก็ตาม เนื่องจากประหยัดเนื้อที่จัดเก็บและค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่าแบบการบรรจุก๊าซแรงดันสูง รูปแบบการจัดเก็บประกอบไปด้วย ถังบรรจุของเหลวเย็นจัด Vaporization ระบบควบคุมแรงดัน และท่อต่าง ๆ สำหรับการเติม การระเหย และการจ่ายก๊าซ หลักการสร้างถังบรรจุของเหลวเย็นจัดคล้ายกับขวด Thermos โดยจะมีถังบรรจุภายในและมีถังภายนอกหุ้มอีกหนึ่งชั้นโดยมีฉนวนกั้นอยู่ตรงกลางทำหน้าที่ป้องกันความร้อนไม่ให้เข้าไปในถังบรรจุออกซิเจนเหลวข้างใน Vaporizer ทำหน้าที่แปรสภาพออกซิเจนเหลวให้ระเหยกลายเป็นก๊าซ ท่อควบคุมแรงดันทำหน้าที่ควบคุมแรงดันก๊าซก่อนจ่ายเข้าสู่กระบวนการใช้งาน ถังที่นำมาใช้สำหรับออกซิเจนเหลวควรออกแบบตาม ASME ว่าด้วยเรื่องอุณหภูมิและความดัน แบบท่อต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของ American National Standards Institute (ANSI)

**2. การผลิต**

ออกซิเจนกลั่นออกมาจากการแยกอากาศ (Air Separate unit; ASU) ผ่านกระบวนการทำให้อากาศเป็นของเหลวและแยกออกซิเจนออก โดยหอกลั่นความเย็นและเก็บในรูปของเหลวเย็นจัด ออกซิเจน

สามารถกลั่นออกมาในรูปแบบของเหลวที่ไม่เย็นจัดได้โดยวิธีการเลือกใช้ตัวดูดจับบางตัวเพื่อนำออกซิเจนออกมาในรูปของก๊าซ

กระบวนการแยกอากาศ (ASU) เริ่มต้นที่เครื่องอัดอากาศและสิ้นสุดที่ถังเก็บ ซึ่งถูกอัดและส่งไปยังระบบแยกความชื้น คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรคาร์บอนที่สะอาด อากาศถูกส่งผ่านไปยังระบบแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งทำให้เย็นลงถึงเย็นจัด และถูกส่งผ่านเข้าสู่หอกลั่นความดันเพื่อแยกไอของออกซิเจนออกไปทางบริเวณด้านบนของหอกลั่น ในขณะเดียวกันออกซิเจนดิบ (ออกซิเจนบริสุทธิ์ 90% โดย ประมาณ) ด้านล่างของหอกลั่นถูกดูดออก และส่งต่อไปยังหอกลั่นความดันเพื่อกลั่นออกซิเจนออกมาตามความต้องการ และจัดเก็บในถังเก็บของเหลว

**ตารางที่ 1**: **ลักษณะทางกายภาพและเคมีของออกซิเจนเหลว**

| | |
|---|---|
| สูตรทางเคมี | $O_2$ |
| มวลโมเลกุล | 31.999 |
| จุดเดือดที่ความดัน 1 บรรยากาศ | -297.4˚F (-183.0˚C) |
| จุดเยือกแข็งที่ความดัน 1 บรรยากาศ | -361.9˚F (-218.8˚C) |
| อุณหภูมิวิกฤต | -181.8˚F (-118.4˚C) |
| ความดันวิกฤต | 729.1 psia(49.6 atm) |

ความหนาแน่นในสถานะของเหลวที่ความดัน 1 atm71.23 lb/scf

ความหนาแน่นในสถานะก๊าซที่ 68˚F (20˚C), 1 atm 0.0831 lb/scf

ความถ่วงจำเพาะ,

สถานะก๊าซ เทียบกับอากาศที่ 68˚F (20˚C), 1 atm1.11

สถานะของเหลวเทียบกับอากาศที่68˚F (20˚C), 1 atm1.14

ปริมาตรจำเพาะที่ 68˚F (20˚C), 1 atm12.08 scf/lb

ความร้อนแฝงในการระเหยกลายเป็นไอ 2,934 BTU/lb mole

อัตราการขยายตัวจากของเหลวกลายเป็นไอที่ 68˚F (20˚C)1 to 862

ความสามารถในการละลายได้ในน้ำที่ 77˚F (25˚C), 1 atm3.16% โดยปริมาตร

**3. การใช้ประโยชน์**

ลักษณะการใช้งานของออกซิเจนโดยทั่วไปอยู่ในรูปของก๊าซ แต่ออกซิเจนนิยมผลิตในรูปของเหลวเนื่องจากสะดวกในการขนส่งและจัดเก็บ การใช้งานออกซิเจนโดยทั่วไปมักเกี่ยวข้องกับการเติมออกซิเจนและใช้ในการดำรงชีวิตทั่ว ๆไป ออกซิเจนถูกนำไปประยุกต์ใช้ทางการแพทย์เพื่อสุขภาพ ออกซิเจนเหลวถูกใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงเหลวสำหรับระบบขีปนาวุธ (Missiles) และจรวด (Rockets)

ออกซิเจนถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมโลหะ ใช้ร่วมกับแก๊ส Acetylene และแก๊สเชื้อเพลิงอื่น ๆ เพื่อช่วยในการตัด เชื่อม ขัด ทำแข็ง ทำความสะอาด และหลอมโลหะ ในอุตสาหกรรมผลิตเหล็กนำออกซิเจนมาใช้เพื่อฟอกสารเคมีและทำความร้อนด้วยคาร์บอนที่ออกมา และการทำปฏิกิริยากับออกไซด์อื่น ๆ ผลประโยชน์ เช่น การประหยัดเชื้อเพลิงและพลังงานรวมถึงปริมาณการแผ่รังสีที่ต่ำกว่าคือสิ่งที่ได้รับเสมอเมื่ออากาศถูกแทนที่ด้วยออกซิเจนบริสุทธิ์ที่มากกว่า

ในอุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเลียมนำออกซิเจนไปทำปฏิกิริยากับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเพื่อผลิตสารเคมี เช่น แอลกอฮอล์ และ aldehydes ซึ่งมีออกซิเจนเป็นส่วนประกอบในหลาย ๆ ขบวนการทำงาน ออกซิเจนที่ใช้ทำปฏิกิริยาได้มาจากอากาศอย่างไรก็ตามการใช้ออกซิเจนโดยตรง หรือการฟอกอากาศด้วยออกซิเจนก็จำเป็นในบางกระบวนการผลิต การผลิตในอุตสาหกรรมปิโตรเลียมขนาดกลางมีการใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์ รวมถึง เอทิลีน และ propylene Oxide (สารต่อต้านความเย็น) Vinyl Chloride (สำหรับ PVC) และ Caprolactam (สำหรับไนลอน)

ในอุตสาหกรรมกระดาษใช้ออกซิเจนในการฟอก และเป็น Oxidizing ในหลายกระบวนการ คุณสมบัติทางกายภาพแสดงผลที่ดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด หลังจากผ่านการบำบัดโดยออกซิเจน ซึ่งทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลงด้วย เฉกเช่นเดียวกัน ออกซิเจนช่วยในการทำปฏิกิริยาเผาไหม้ในอุตสาหกรรมการผลิตกระจก อะลูมิเนียม ทองแดง ทอง ตะกั่ว

และซีเมนต์ หรือขบวนการที่เกี่ยวข้องกับเตาเผาขยะ หรือการบำบัดของเสีย ขบวนการบำบัดน้ำเสียประสบความสำเร็จในการนำออกซิเจนมาเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการทางเคมี อุตสาหกรรมประมงได้รับประโยชน์ในด้านคุณภาพและขนาดของสัตว์น้ำในแหล่งเพาะเลี้ยงในภาวะออกซิเจนที่เหมาะสม

**4. ผลกระทบต่อสุขภาพ**

อากาศโดยทั่วไปจะมีออกซิเจน 21 % เป็นส่วนประกอบและไม่มีความเป็นพิษ ออกซิเจนที่ขยายเพิ่มขึ้นในอากาศไม่เกิน 50% ไม่เกิดผลกระทบใด ๆ ต่อมนุษย์ ในสภาวะบรรยากาศปกติ (1 atmosphere) ได้นานกว่า 24 ชั่วโมง หรือมากกว่านั้น

การสูดดมออกซิเจนที่มากกว่า 80%เป็นเวลามากกว่า 12 ชั่วโมง จะมีผลทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบหายใจ ระบบการรับรู้ลดลง ไอ หายใจไม่สะดวก แสบคอ และเจ็บหน้าอก อาจจะเกิดอาการ Tracheobronchitis และอากาศแน่นที่ปอด หรือ Edema การสูดออกซิเจนบริสุทธิ์เข้าไปนานกว่า 24 ชั่วโมง จะทำให้เกิดการอักเสบที่ปอด หรือ Edema

อาการทางการหายใจจะเกิดขึ้นภายใน 2 ถึง 6 ชั่วโมง ภายใต้ความดันมากกว่า 1 ความดันบรรยากาศ อาการเริ่มแรกคือการที่มีน้ำ

ภายในช่องว่างของปอด ซึ่งส่งผลให้การทำงานของปอดลดลง ส่วนอาการอื่น ๆ คือเป็นไข้ ไซนัส และแสบตา

หากสูดดมออกซิเจนบริสุทธิ์ที่ความดัน 2-3 บรรยากาศ จะเกิดอาการทางประสาทรวมถึงคลื่นเหียน อาเจียน วิงเวียน หอบเหนื่อย หวิว ๆ อารมณ์แปรปรวน Euphoria สับสน in coordination กล้ามเนื้อเป็นตะคริว ปวดแสบปวดร้อนที่บริเวณนิ้วมือและนิ้วเท้า สูญเสียการรับรู้ และเกิดอาการชักคล้ายลมบ้าหมู รวมทั้งการสูญเสียการมองเห็น ซึ่งหากปล่อยไว้นานอาจชักจนตายได้ แต่อาการจะดีขึ้นถ้าความดันของออกซิเจนลดลง

เด็กทารกที่คลอดก่อนกำหนดที่ต้องการอยู่ในเตาอบหากได้รับการสูดออกซิเจนที่มีความเข้มข้นมากไปอาจทำให้เกิดปัญหากับดวงตาได้ ภายใน 6 ชั่วโมง จะทำให้หลอดเลือดของ retina ขยายตัวอย่างรุนแรง ต้องรีบนำเด็กออกจากเตาอบทันที การที่เนื้อเยื่อสัมผัสกับออกซิเจนเหลวหรือไอเย็นของออกซิเจนทำให้เกิดแผลเผาไหม้

**5. การพิจารณาความปลอดภัย**

อันตรายจากออกซิเจนเหลวคืออุณหภูมิที่เย็นจัดสามารถทำให้เนื้อไหม้ได้ ความดันที่สูงเกินอันเนื่องมาจากการขยายตัวของออกซิเจนเหลวอย่างรวดเร็วในบริเวณที่ไม่สามารถระบายได้ทัน ในบริเวณที่เติมไปด้วยออกซิเจนอาจเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ได้

อุณหภูมิที่ต่ำมากของออกซิเจนเหลวและไอระเหยไม่เพียงแต่ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่เนื้อเยื่อของมนุษย์เท่านั้นแต่ยังทำให้โครงสร้างของโลหะสูญเสียความแข็งแรงและเปราะแตกได้ง่าย

อัตราการขยายตัวอย่างรวดเร็วจากของเหลวเป็นก๊าซนั้นอาจทำให้เกิดความดันเกินได้ ดังนั้นบริเวณดังกล่าวควรมีการติดตั้งตัวระบายความดัน ปฏิกิริยาการเผาไหม้เริ่มเปลี่ยนแปลงทันทีกับปริมาณออกซิเจนในอากาศเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแค่เพียง 23% วัตถุซึ่งจุดติดไฟในอากาศได้ง่ายนั้นจะเกิดการลุกไหม้อย่างรุนแรงในออกซิเจน วัตถุดังกล่าวได้แก่เสื้อผ้าและเส้นผมซึ่งมีช่องว่างพอที่จะดักจับออกซิเจนได้ ความเข้มข้นของออกซิเจนแค่เพียง 23% สามารถลุกไหม้ได้อย่างรวดเร็วเป็นอันตรายที่ทุกคนควรระวัง

เสื้อผ้าที่ถูกออกซิเจนเหลวหกใส่ หรือผึ่งไว้ในบริเวณที่มีความเข้มข้นของออกซิเจนสูง ควรรีบนำไปผึ่งอากาศหรือบริเวณที่มีการระบายอากาศที่ดีอย่างรวดเร็วเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง จนแน่ใจว่าเสื้อผ้านั้นปราศจากออกซิเจน เสื้อผ้าที่ชุ่มไปด้วยออกซิเจนสามารถจุดติดไฟได้ง่ายและเกิดการลุกไหม้ที่รุนแรง

ห้ามไม่ให้สูบบุหรี่หรือจุดประกายไฟใด ๆ ในบริเวณที่มีการจัดเก็บออกซิเจนเหลว อย่าปล่อยให้ออกซิเจนเหลวหรืออากาศที่เติมไปด้วยออกซิเจนสัมผัสกับสารอินทรีย์หรือวัตถุซึ่งติดไฟได้ หรือระเบิดได้ สารอินทรีย์บางชนิดสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนอย่างรุนแรงเมื่อถูก

จุดประกายด้วยสะเก็ดไฟ หรือการสั่น สารเหล่านั้นคือ น้ำมัน จาระบี ยางอัสฟัลต์ น้ำมันก๊าด เสื้อผ้า น้ำมันดิบ และกากน้ำมันหรือจาระบี หากออกซิเจนเหลวถูกกระฉอกลงบน Asphalt หรือผิวหน้าวัตถุอื่นที่ระเบิดได้ อย่าเดินเข้าไปบริเวณดังกล่าว และเก็บแหล่งกำเนิดไฟให้ห่างจากบริเวณดังกล่าว เป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที หรือจนกว่าจะหมอกจาง

**6. พื้นที่ในการติดตั้ง**

เนื่องจากอัตราการขยายตัวที่สูงมากจากการเปลี่ยนสภาวะจากของเหลวเป็นก๊าซ ต้องมีการเตรียมระบบระบายให้เพียงพอในบริเวณที่ใช้งาน อย่างน้อยคือ 6 เท่าของอัตราการเปลี่ยนแปลงของอากาศใน 1 ชั่วโมง CGA กำหนดว่าอากาศซึ่งเต็มไปด้วยออกซิเจนนั้น คือ อากาศที่มีค่าความเข้มข้นของออกซิเจนอย่างน้อย 23%

พึงจำไว้ว่า! **“ออกซิเจนไม่มีสัญญาณเตือนอันตราย”**

**7. อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE)**

บุคคลที่ต้องเข้าไปเกี่ยวข้องกับออกซิเจนเหลว และภาชนะจัดเก็บต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติของออกซิเจนอย่างถ่องแท้

ตาเป็นส่วนที่ไวต่อความเย็นจัดของออกซิเจนเหลวและไอเย็น อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่แนะนำเมื่อต้องปฏิบัติงานกับออกซิเจนเหลวที่นอกเหนือไปจากแว่นตานิรภัยแล้วคือ อุปกรณ์ป้องกันใบหน้า ถุง

มือหนังที่มีฉนวนป้องกันอุณหภูมิเย็นจัด เสื้อแขนยาวไม่พับแขน สวมใส่อุปกรณ์ PPE ทุกครั้งเมื่อมีการเกี่ยวข้องใด ๆ กับออกซิเจนเหลว และรองเท้า Safety ก็เป็นสิ่งที่สำคัญที่สวมใส่ทุกครั้ง

ในสถานการณ์ฉุกเฉิน SCBA เป็นอุปกรณ์ที่ต้องนำมาใช้ ชุดกันไฟสามารถติดไฟได้ง่ายเมื่ออยู่ในบริเวณที่มีความเข้มข้นของออกซิเจนสูง ผู้ที่ผ่านการฝึกอบรมแล้วเท่านั้นจึงสามารถเข้าไปจัดการกับสถานการณ์ฉุกเฉินนี้ได้

**8. การปฐมพยาบาล**

สำหรับผิวหนังที่สัมผัสกับออกซิเจนเหลวให้รีบปลดหรือถอดเสื้อผ้าบริเวณนั้นออกเพื่อป้องกันการซึมและลุกลาม ห้ามถูบริเวณผิวหนังที่แข็งตัวเนื่องจากทำให้เนื้อเยื่อบริเวณนั้นบาดเจ็บยิ่งขึ้น ให้รีบล้างผิวหนังบริเวณดังกล่าวด้วยน้ำสะอาดหรือน้ำอุ่นที่อุณหภูมิไม่เกิน 105˚F (40˚C) ในปริมาณมาก ๆ และต่อเนื่องและห้ามใช้การรักษาด้วยความร้อนแบบแห้ง (Dry Heat) รีบทำการนำส่งแพทย์โดยทันที

เนื้อเยื่อบริเวณที่แข็งตัวไม่มีความรู้สึกและซีดคล้ายขี้ผึ้ง ต่อมาจะกลายเป็นแผลผุพอง แสบ และอาจติดเชื้อได้ เมื่อบาดแผลบริเวณที่แข็งตัวจนอ่อนตัวลง ให้นำผ้าที่สะอาดปราศจากเชื้อคลุมให้ทั่วบริเวณดังกล่าวจนกว่าจะได้รับการรักษา ในกรณีที่ผิวหนังสัมผัสออกซิเจนเหลวเป็นบริเวณกว้าง ให้ล้างด้วยน้ำสะอาดหรือน้ำอุ่นในปริมาณมาก ๆ

เพื่อให้ผิวหนังอ่อนตัวและตัดเสื้อผ้าบริเวณนั้นออก และติดต่อแพทย์โดยทันที

ถ้าตาโดนไอเย็นหรือไอระเหยของออกซิเจนเหลว ให้ล้างออกทันทีด้วยน้ำสะอาดปริมาณมาก ๆ หรือน้ำอุ่นอุณหภูมิไม่เกิน 105˚F (40˚C) และรีบนำส่งโรงพยาบาลทันที

**คุณสมบัติของก๊าซออกซิเจนที่ใช้ในโรงพยาบาล**

- ไม่มีสีในสภาวะก๊าซ (มีสีฟ้าอ่อนในสภาวะแก๊สเหลว)
- ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่เป็นพิษ
- ไม่ติดไฟ แต่ช่วยให้ไฟติด
- มีจุดเดือดที่อุณหภูมิประมาณ -183˚C (สภาวะแก๊สเหลว)
- เกิดหมอกเมื่อสัมผัสกับอากาศ (สภาวะแก๊สเหลว)
- อัตราการขยายตัวจากของเหลวเป็นก๊าซประมาณ 862 เท่า
- หนักกว่าอากาศในสภาวะก๊าซ (Vapor Density = 1.11)

**การปฏิบัติงานกับออกซิเจน อย่างปลอดภัย**

- ห้ามสูบบุหรี่หรือกระทำการใด ๆ อันอาจก่อให้เกิดประกายไฟหรือความร้อนสูง ในบริเวณที่ตั้ง และสถานที่ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับออกซิเจนโดยเด็ดขาด

- ห้ามใช้สารหล่อลื่น/สารทำความสะอาดทั่วไปโดยเด็ดขาด ต้องใช้ชนิดที่รับรองว่าใช้งานร่วมกับออกซิเจนได้อย่างปลอดภัยเท่านั้น
- ห้ามมีหรือเก็บวัสดุอุปกรณ์ทุกชนิด ที่สามารถติดไฟ และระเบิดได้ไว้ใกล้บริเวณการทำให้ความหนาแน่นของออกซิเจน เพิ่มมากกว่า 23% ขึ้นไป
- เก็บรักษาและใช้งานในที่ร่ม ซึ่งมีการระบายอากาศที่ดีเพียงพอ
- วัสดุที่แนะนำให้ใช้ได้สำหรับออกซิเจน ได้แก่ ทองแดง ทองเหลือง และสแตนเลสสตีล เท่านั้น
- การบาดเจ็บเนื่องจากการสัมผัสกับออกซิเจนเหลว ควรใส่อุปกรณ์ป้องกันทุกครั้งที่ปฏิบัติงาน

**มาตรฐานบังคับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ออกซิเจนทางการแพทย์ มอก. 540-2545**

คุณลักษณะต่าง ๆ เป็นไปตามข้อกำหนด ดังนี้

| | |
|---|---|
| - ความบริสุทธิ์ (Purity) Oxygen | 99.0% |
| - คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide) | 300 ppm (max) |
| - คาร์บอนมอนนอกไซด์ (Carbon Monoxide) | 5.0 ppm (max) |
| - ความชื้น (Moisture) | 60 ppm (max) |

- ความเป็นกรด หรือ ด่าง (pH) ผ่านการทดสอบ
- สารออกซิไดส์ (Oxidizing substance) ผ่านการทดสอบ
- ภาชนะบรรจุที่เป็นท่อทนความดันไม่มีตะเข็บ มอก. 359-2549
- การใช้และการซ่อมบำรุงภาชนะบรรจุ มอก. 358-2551
- สีท่อ มอก. 87-2517
- ข้อต่อท่อบรรจุออกซิเจน มอก. 1095-2535

**การใช้งานก๊าซออกซิเจนทางการแพทย์ชนิดท่อบรรจุแรงดันสูง**

ท่อออกซิเจนทางการแพทย์ (มอก. 540-2545)

- ท่อสีเขียวมรกต ไหล่สีขาว
- กำหนดปริมาณสิ่งเจือปน เช่น CO , $CO_2$ , Moisture
- ความบริสุทธิ์ (Purity ) Oxygen 99.0%
- คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide) 300 ppm (max)
- คาร์บอนมอนนอกไซด์ (Carbon Monoxide) 5.0 ppm (max)
- ความชื้น (Moisture) 60 ppm (max)
- ความเป็นกรด หรือ ด่าง (pH) ผ่านการทดสอบ
- สารออกซิไดส์ (Oxidizing substance) ผ่านการทดสอบ

## มาตรฐานที่ต้องปฏิบัติตาม

| มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม | มาตรฐานเลขที่ |
|---|---|
| การใช้และการซ่อมบำรุงภาชนะบรรจุก๊าซทนความดัน | มอก. 358-2551 |
| สีและสัญลักษณ์สำหรับภาชนะบรรจุก๊าซที่ใช้ในทาง การแพทย์ | มอก. 87-2521 |
| วาล์วและข้อต่อของท่อบรรจุก๊าซ | มอก. 1095-2535 |

## เครื่องหมายบริเวณไหล่ท่อบรรจุ

| | |
|---|---|
| $O_2$ | คือ ใช้บรรจุก๊าซออกซิเจน |
| 2210001 | คือ หมายเลขท่อ |
| 2012-10 | คือ ทดสอบเดือน ตุลาคม ปี 2012 |
| V 40.1 | คือ ความจุ 40.1 ลิตรน้ำ |
| W 48.3 | คือ น้ำหนักท่อเปล่า 48.3 กิโลกรัม |
| TP 250 | คือ ความดันที่ใช้ทดสอบ 250 บาร์ (3,600 PSIG) |
| WP 150 | คือ ความดันสูงสุดของก๊าซที่บรรจุ 150 บาร์ (2,200 PSIG) |

**ฉลากบรรจุ**

เป็นไปตามข้อกำหนดของ Asian Industrial Gases Association (AIGA) และ สมอ.

**ข้อมูลบนฉลากบรรจุ**

ชื่อผลิตภัณฑ์, สูตรเคมี

1. คำเตือนต่าง ๆ –"Danger or Warning"
2. สัญลักษณ์ที่กำหนดระดับของอันตรายต่างๆ
3. UN No. and Hazard No.
4. ข้อควรระวังต่าง ๆ
5. ข้อแนะนำในการดูแลและใช้งานท่อก๊าซ
6. ชื่อผู้ผลิต ที่อยู่ และเบอร์โทร.
7. ความดันที่ใช้บรรจุก๊าซ

**การดูแลและบำรุงรักษาเพื่อความปลอดภัย**

ระยะเวลาการทดสอบท่อไม่มีตะเข็บ (ท่อแรงดันสูง)

1. ความจุน้ำไม่เกิน 150 ลูกบาศก์เดซิเมตร (150 ลิตร) ตรวจสอบทุก 5 ปี
2. ตรวจสอบภายนอก (โดยการพิจารณา)
3. น้ำหนักท่อ ต้องลดลงไม่เกินกว่า 5% ของน้ำหนักท่อตอนผลิต
4. ตรวจสอบภายในท่อ (Visual Inspection)

5. ทดสอบแรงดัน (Hydrostatics Test) ท่อต้องมีการขยายตัวไม่เกิน 10% ของการขยายตัวรวม

## การใช้งานก๊าซออกซิเจนทางการแพทย์ชนิดถังบรรจุขนาดใหญ่ (Liquid Oxygen System)

### ถังบรรจุขนาดใหญ่ (VIE)

1. เป็นถังชนิดพิเศษสามารถเก็บออกซิเจนในสถานะของเหลวได้
2. ถังบรรจุต้องระบุชนิดก๊าซอย่างชัดเจน
3. ควบคุมแรงดันที่ 150 psi
4. มีระบบความปลอดภัยของถังที่บรรจุ
5. ส่วนประกอบของถังบรรจุ
   - อุปกรณ์แสดงระดับแรงดันภายในถัง (Pressure Gauge)
   - อุปกรณ์แสดงระดับแก๊สเหลว (Liquid Level Gauge)
   - อุปกรณ์แสดงวงจรป้องกันถัง (Safety System)

### ชุดทำระเหย (Vaporizer)

1. เพิ่มพื้นผิวสัมผัสเพื่อการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ดีขึ้น
2. เปลี่ยนของเหลวให้เป็นก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากสิ่งแวดล้อม
3. การเลือกใช้ต้องคำนึงถึงปริมาณใช้ก๊าซ

**ชุดควบคุมความดันและสัญญาณเตือน (Pressure Control Unit; PCU & Alarm)**

1. PCU จะทำหน้าที่ปรับลดความดันจาก 150 psi (ถังบรรจุ) เป็น50-60 psi (ความดันใช้งานปกติ)
2. เป็นแบบ Duplex คือมี Regulator 2 ชุด ติดตั้งขนานกัน
3. ชุด PCU จะถูกตั้งค่าให้ทำงานแบบอัตโนมัติ
4. สัญญาณเตือนหลักต้องสามารถแจ้งเตือนความผิดปกติของระบบอย่างน้อย 4 สัญญาณ คือ
    - Re Order
    - Tank Low Pressure
    - Line Low Pressure
    - Line High pressure
6. สัญญาณเตือนจะต้องแสดงผลได้ทั้งสัญญาณเสียงและแสง
7. ติดตั้งในห้องที่มีเจ้าหน้าที่อยู่เป็นประจำ

**สรุปการใช้งานระบบก๊าซทางการแพทย์**

**ระบบท่อ**

1. สถานที่จัดเก็บโดยเฉพาะสำหรับท่อเต็ม ท่อเปล่า และแยกชนิดของท่อสำหรับก๊าซแต่ละชนิด โดยคัดแยกตามสีท่อ

2. ในสถานที่จัดเก็บต้องปราศจากวัตถุไวไฟ หรือวัสดุที่สามารถติดไฟได้
3. ห้ามใช้เทปพันเกลียวในงานประปามาใช้กับงานที่เกี่ยวข้องกับออกซิเจน
4. ท่อเต็มต้องมีฝาครอบวาล์วสวมไว้เสมอ พร้อมโซ่คล้องในขณะเก็บรักษาหรือเคลื่อนย้าย
5. ตรวจเช็ค เดือน-ปี ที่ท่อได้รับการทดสอบ และฉลากบอกชนิดของก๊าซก่อนใช้งานเสมอ ท่อบรรจุก๊าซต้องมีการตรวจสอบตามระยะเวลา โดย มอก. ระบุทุก 5 ปี
6. ปิดวาล์วท่อไว้เสมอทุกครั้งหลังการใช้งาน ทั้งท่อเต็มและท่อเปล่า

**ระบบออกซิเจนเหลว**

1. ต้องมีการตรวจสอบอัตราการใช้งานก๊าซออกซิเจนอย่างสม่ำเสมอ เพื่อพิจารณาขนาดของถังบรรจุ และขนาดของระบบก๊าซสำรองที่เหมาะสม
2. ในการต่อเติม ตัดต่อระบบ จะต้องทบทวนการออกแบบทั้งระบบทุกครั้งซึ่งต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความดันลดลง (Pressure Drop), ขนาดท่อ, ขนาดของชุดลดความดัน, ขนาดของชุดท่อสำรอง ฯลฯ
3. ต้องมีระบบก๊าซสำรองแบบ Double Manifold ซึ่งใช้ได้อย่างน้อย 1 ชั่วโมง และต้องมีจำนวนท่อสำรองพอสำหรับการใช้ 24 ชั่วโมง

4. ระบบจ่ายก๊าซสำรองควรมีสัญญาณเตือนที่เหมาะสมและต้องติดตั้งในที่ซึ่งมีคนอยู่ตลอดเวลา

**การสังเกตกรณีเกิดการรั่วไหล**

1. การรั่วเล็กน้อย เช่น จากคอวาล์ว, ข้อต่อต่าง ๆ, ก้านวาล์ว การรั่วในลักษณะนี้จะสังเกตได้ยาก ต้องทำการตรวจทดสอบจึงจะสามารถสังเกตได้จากเสียง, ควันขาว, น้ำแข็ง, หรือฟองของน้ำยาทดสอบ
2. การรั่วอย่างรุนแรง เช่น จากแผ่นนิรภัย, วาล์วหัก, ท่อแตก การรั่วในลักษณะนี้สามารถสังเกตได้จาก เสียงดังมาก, ควันขาวปริมาณมาก หรือ ความดันลดลงอย่างรวดเร็ว

**กรณีเกิดเพลิงไหม้**

1. ในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ใกล้ถังบรรจุ ห้องควบคุมการจ่ายก๊าซออกซิเจน หรือแนวเส้นท่อก๊าซออกซิเจน ต้องตรวจสอบให้มั่นใจว่าสำรองก๊าซให้ผู้ป่วยในบริเวณที่ไม่เกี่ยวข้องเรียบร้อยแล้ว ปิดวาล์วจ่ายก๊าซก่อนถึงบริเวณเกิดเพลิงไหม้
2. ฉีดน้ำหล่อถังบรรจุ หรือท่อไว้ตลอดเวลา เพื่อไม่ให้อุณหภูมิภายในสูงเกิน จนอาจเกิดอันตรายได้
3. ในกรณีเพลิงไหม้บางส่วนของอาคารบริเวณที่มีหัวจ่ายก๊าซออกซิเจน ให้ทำการปิดโซนวาล์ว ที่ควบคุมบริเวณนั้น ๆ ทันทีที่เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกเรียบร้อยแล้ว

**กรณีก๊าซเหลวรั่ว**

1. เคลียร์พื้นที่ในบริเวณนั้นให้มีการระบายอากาศให้ได้มากที่สุด
2. ทำการปิดวาล์วจ่ายก๊าซในบริเวณที่ก๊าซรั่ว โดยต้องปฏิบัติอย่างปลอดภัย หรืออาจใช้ผ้าชุบน้ำปิดบริเวณที่รั่ว แล้วฉีดน้ำเป็นฝอยซ้ำในบริเวณนั้น ความเย็นจากออกซิเจนเหลวจะทำให้น้ำกลายเป็นน้ำแข็ง ช่วยชะลอการรั่วได้ชั่วคราว
3. ระมัดระวังการเกิดประกายไฟจากสาเหตุใด ๆ ก็ตาม

**กรณีก๊าซรั่วจากท่อ**

1. เคลียร์พื้นที่ในบริเวณนั้นให้มีการระบายอากาศให้ได้มากที่สุด
2. ต้องมั่นใจว่ามีก๊าซสำรองให้กับผู้ป่วยเรียบร้อยแล้ว ทำการปิดวาล์วที่หัวท่อที่มีการรั่วของก๊าซ
3. เคลื่อนย้ายท่อไปยังสถานที่ที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก
4. ระมัดระวังการเกิดประกายไฟจากสาเหตุใด ๆ ก็ตาม

**กรณีก๊าซรั่วจากหัวจ่ายก๊าซ (Outlet)**

1. เคลียร์พื้นที่ในบริเวณนั้นให้มีการระบายอากาศให้ได้มากที่สุด
2. ไม่ควรใช้งาน หากไม่จำเป็น
3. ระมัดระวังการเกิดประกายไฟจากสาเหตุใด ๆ ก็ตาม
4. แจ้งผู้รับผิดชอบรีบดำเนินการแก้ไขโดยด่วน

# บทที่ 5
# สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุเท่าที่ปรากฏ

อุบัติเหตุที่เกิดจากท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนและอุปกรณ์มีได้หลายรูปแบบ เช่น การระเบิดของท่อบรรจุก๊าซออกซิเจน การระเบิดของชุดอุปกรณ์ให้ออกซิเจน การรั่วของก๊าซอย่างรุนแรง การล้มของท่อบรรจุก๊าซออกซิเจน เป็นต้น ความเสียหายอันเกิดจากอุบัติเหตุเหล่านี้อาจทำให้เกิดการสูญเสียชีวิต และทรัพย์สิน สาเหตุอันทำให้เกิดอุบัติเหตุ พอสรุปได้ดังนี้

1. ท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนอยู่ในสภาพที่เก่าและชำรุดมาก จนไม่สามารถทนแรงดันของก๊าซ ซึ่งบรรจุอยู่ภายในท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนได้

2. เกิดการกระทบกระเทือนของท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนอย่างรุนแรงในขณะที่มีก๊าซบรรจุอยู่

3. ท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนล้ม เป็นสาเหตุให้เกิดการระเบิดได้ง่ายที่สุด

4. เมื่อท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนได้รับความร้อน ทำให้ก๊าซที่อยู่ภายในเกิดการขยายตัว และขณะเดียวกันอุปกรณ์นิรภัยที่ติดตั้งมากับท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนไม่ทำงาน ทำให้เกิดระเบิดขึ้น

5. การเปิดลิ้นอย่างรวดเร็วและรุนแรง ทำให้อุณหภูมิภายในอุปกรณ์ปรับความดัน (Oxygen regulator) สูง ทำให้เกิดการลุกไหม้และระเบิดตามมา

6. ไม่มีการตรวจสอบสภาพของท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนเมื่อครบกำหนดทุกๆ 5 ปี

7. บรรจุก๊าซออกซิเจนมากเกินกว่าความดันที่กำหนด คือเกินกว่า 2,200 ปอนด์/ตารางนิ้ว

8. นำท่อผิดประเภทมาบรรจุก๊าซออกซิเจน

9. มีคราบน้ำมันติดอยู่กับชุดอุปกรณ์ประกอบท่อบรรจุก๊าซออกซิเจน เช่น ที่เกลียวข้อต่อ หรือตามทางเดินของก๊าซออกซิเจน

10. ใช้ของแข็งเคาะบริเวณลิ้นปิด-เปิด ของท่อบรรจุก๊าซออกซิเจน

11. เก็บท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนไว้ในห้องที่อับ และอากาศไม่สามารถถ่ายเทได้ เมื่อมีการรั่วของก๊าซออกมาในบรรยากาศสูงเกินไป การติดไฟจะเพิ่มมากขึ้นจนเกิดการลุกไหม้ของวัตถุอย่างรุนแรงในทันทีที่มีประกายไฟหรือความร้อน

12. มีน้ำมันหรือจารบีหรือเชื้อเพลิงอยู่ในห้องเก็บออกซิเจน หากมีก๊าซรั่วไหลมากเกินไป อาจทำให้ลุกไหม้หรือระเบิดได้

13. สภาพผิวภายนอกของท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนมีรอยขรุขระหรือรอยร้าว

14. ไม่ได้ครอบฝาเหล็กไว้ เมื่อเกิดการล้มหรือกระแทกส่วนบนของท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนซึ่งมีวาล์วปิด-เปิดติดตั้งอยู่ จะเป็นจุดที่แตกหักได้ง่าย ทำให้ก๊าซรั่วไหลออกมาอย่างรุนแรง

15. สถานที่เก็บท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนไม่เป็นเขตหวงห้ามบุคคลภายนอก ผู้ป่วยตลอดจนญาติของผู้ป่วยสามารถเข้าไปจับต้องหรือหมุนวาล์วปิด-เปิดโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ อาจทำให้ก๊าซพุ่งเข้าหน้าเกิดอันตรายได้

16. การถ่ายเทก๊าซออกซิเจนจากท่อหนึ่งไปอีกท่อหนึ่ง โดยไม่ใช้อุปกรณ์ที่ให้ความปลอดภัยเพียงพอ

17. การวางหรือกลิ้งท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนซึ่งมีก๊าซบรรจุอยู่เต็ม ในแนวนอน

18. มีการให้ความร้อนโดยตรงต่อท่อบรรจุก๊าซออกซิเจน เช่น ทดสอบการ Spark (ทำให้เกิดประกายไฟ) ของเครื่องเชื่อมไฟฟ้ากับผิวท่อบรรจุก๊าซออกซิเจน

**การเก็บ การบำรุงรักษา และการใช้ที่ถูกวิธี**

เนื่องจากการใช้ก๊าซออกซิเจนในการแพทย์ได้ถูกบรรจุในท่อซึ่งมีความดันภายในสูง อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ง่าย ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยต่อผู้ใช้ จึงจำเป็นต้องมีความระมัดระวังในการเก็บ การบำรุงรักษา และการใช้ให้ถูกต้อง ดังนี้

**การเก็บ**

1. สภาพของห้องเก็บท่อบรรจุก๊าซออกซิเจน ต้องเป็นที่แห้ง มีการถ่ายเทของอากาศได้ดี และมีอุณหภูมิสูงสุดไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส

2. ท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนทุกท่อต้องอยู่ในสภาพที่ปกติ คือ ตั้งตรงในแนวดิ่ง ห้ามวางท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนที่มีก๊าซอยู่เต็มในแนวนอน โดยเด็ดขาด

3. แยกท่อเปล่าและท่อที่มีก๊าซเต็มออกจากกัน และควรทำเครื่องหมายไว้ เพื่อป้องกันสับสน

4. ท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนทุกท่อต้องครอบฝาเหล็กไว้เสมอ เว้นแต่ขณะใช้งาน

5. บริเวณที่เก็บหรือหน่วยจ่ายก๊าซกลางต้องมีข้อความ “ห้ามบุคคลภายนอกเข้า” หรือ “ก๊าซอันตราย”

6. ห้ามเก็บท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนไว้ในสถานที่ที่มีการผลิตอะเซททีลีน หรือใกล้กับท่อบรรจุก๊าซอะเซททีลีน หรือก๊าซอื่นๆ ที่ไหม้ไฟได้

**การบำรุงรักษา**

1. สีของท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนหากเลอะเลือนหรือถลอก ควรนำไปทาสีใหม่ และต้องมีสีเดียวกับของเดิม

2. หมั่นตรวจเช็คอุปกรณ์นิรภัยที่ติดอยู่กับส่วนบนของท่อบรรจุก๊าซออกซิเจน อย่าให้รูระบายแรงดันเมื่อก๊าซมีแรงดันเกินมีสิ่งอุดตัน หากมีสิ่งอุดตันให้แก้ไขทันที

3. ลิ้นปิด-เปิดของท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนจะต้องแน่นและไม่โยกคลอน และในการเปิดจะต้องเปิดได้ง่ายโดยไม่ต้องออกแรงบิดมากจนไม่สามารถควบคุมการเปิดทีละน้อยได้

4. สภาพของเกลียวข้อต่อ ต้องไม่บิ่นหรือสึกหรอ เพื่อให้การประกอบกับชุดปรับความดันเป็นไปได้ง่าย แนบสนิทและไม่รั่วไหล

5. รถเข็นท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนต้องอยู่ในสภาพดี โซ่ต้องรัดท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนได้อย่างมั่นคง

**การใช้**

1. การลำเลียง ขนย้าย และเคลื่อนย้ายท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนจะต้องใส่รถเข็นทีละท่อ มีโซ่รัดกันล้ม

2. ขณะเคลื่อนย้ายต้องทำด้วยความระมัดระวัง คือไม่ให้กระเทือน กระแทก หรือโยนท่อ

3. ต้องมีฝาเหล็กครอบวาล์วปิด-เปิด ให้แน่นอยู่เสมอ เว้นแต่ขณะใช้งาน

4. ไม่ควรให้อุณหภูมิของท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนสูงถึง 50 องศาเซลเซียส เพราะความดันในท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่ม

5. ห้ามใช้สารหล่อลื่น น้ำมันหรือสารติดไฟกับอุปกรณ์ที่ใช้งานกับออกซิเจนเป็นอันขาด

6. ในการติดตั้งชุดอุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับท่อบรรจุก๊าซออกซิเจน ควรขันยึดให้แน่น

7. การเปิดวาล์ว จะต้องค่อยๆ เปิด ไม่ควรเปิดอย่างรวดเร็วและรุนแรง

8. กรณีใช้ชุดอุปกรณ์ให้ออกซิเจนกับผู้ป่วย ก่อนที่จะเปิดวาล์วที่ท่อก๊าซ หรือก่อนที่จะเสียบเข้ากับ Outlet จะต้องปิดวาล์วที่ชุด Flow meter เพื่อป้องกันลูกลอยกระแทกกับปลายหลอดแก้ว

9. เมื่อเปิดวาล์วที่ท่อบรรจุก๊าซออกซิเจน แรงดันที่ปรากฏที่เกจวัดแรงดันต้องไม่เกิน 2,200 ปอนด์/ตารางนิ้ว กรณีที่มีก๊าซเต็มท่อ

10. กรณีใช้ชุดปรับความดันกับท่อก๊าซโดยตรง เมื่อเลิกใช้งานควรปิดวาล์วที่ท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนให้สนิทเสียก่อน แล้วเปิดวาล์วที่ชุดปรับความดัน เพื่อปล่อยก๊าซที่เหลืออยู่ให้หมด แล้วจึงปิดให้สนิทอีกครั้ง

11. ห้ามกระทำการใดๆ ที่เกี่ยวกับอุปกรณ์นิรภัยที่ติดตั้งมากับท่อบรรจุก๊าซออกซิเจน หากพบว่าเกิดอาการผิดปกติ ต้องแจ้งให้ช่างหรือผู้ที่มีความรู้มาแก้ไข

12. ห้ามทำการเคลื่อนย้ายท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนขณะที่วาล์วของท่อยังเปิดอยู่

13. ห้ามทำการถ่ายเทก๊าซออกซิเจนจากท่อเต็มไปยังท่อเปล่า

14. ต้องทำความสะอาดชุดอุปกรณ์ปรับความดันให้ปราศจากคราบน้ำมันและสิ่งสกปรกทุกครั้งก่อนต่อกับท่อบรรจุก๊าซออกซิเจน

15. ควรติดป้าย “ห้ามจุดไฟ” หรือ “สูบบุหรี่” ในบริเวณที่มีการใช้ก๊าซออกซิเจน

16. ห้ามนำท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนไปอัดหรือบรรจุก๊าซชนิดอื่นโดยเด็ดขาด

17. ห้ามทำเครื่องหมายใดๆ บนตัวท่อบรรจุก๊าซออกซิเจน ด้วยวิธีการที่ต้องใช้ความร้อน เพราะอาจทำให้คุณสมบัติของเนื้อเหล็กเปลี่ยนไปเนื่องจากความร้อน

18. หากท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนมีการรั่วไหลของก๊าซ ให้เลิกใช้ทันที และส่งคืนร้านเพื่อเปลี่ยนท่อใหม่โดยเร็ว

## ปัญหาอุปสรรคที่พบและแนวทางแก้ไข

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| ถังบรรจุก๊าซออกซิเจนเหลว (Liquid Oxygen Container) | - มีน้ำแข็งจับหนามากที่ท่อส่งออกซิเจนเหลวและแผงเปลี่ยนสถานะ ทำให้ท่อรับน้ำหนักมากและออกซิเจนเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซได้ไม่เต็มที่ | - แก้ไขระยะสั้นโดยฉีดน้ำล้างน้ำแข็งทุกวัน หรือใช้ท่อ P.V.C. เจาะรูเป็นระยะวางเหนือเส้นท่อที่เป็นน้ำแข็งและใช้ท่อฝักบัววางเหนือแผงเปลี่ยนสถานะ แล้วเปิดวาล์วให้น้ำฉีดละลายน้ำแข็ง การแก้ไขระยะยาวแจ้งบริษัทเจ้าของถังติดตั้งแผงเปลี่ยนสถานะเพิ่มอีก 1 ชุด สลับการใช้งาน |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| | - มีรถยนต์จักรยานยนต์จอดใกล้ถัง เมื่อเครื่องยนต์ทำงานจะเกิดประกายไฟ ความร้อน ละอองน้ำมัน สันดาปกับออกซิเจนที่อาจรั่วไหล | - ในระยะ 5 เมตรจากถังบรรจุก๊าซออกซิเจนเหลว กำหนดให้เป็นเขตห้ามจอดรถยนต์ |
| | - ติดตั้งอยู่ใกล้ถนนสาธารณะ, อยู่ต่ำกว่าระดับถนนมาก เสี่ยงต่อการถูกรถยนต์พุ่งชน, ตกลงมาชนถังบรรจุก๊าซเหลว | - จัดทำแนวรั้วสีขาวแดงด้านหน้าและด้านข้างถังออกซิเจนเหลวติดป้ายเตือนริมถนนทั้ง 2 ด้าน ก่อนถึงถัง “ระวังถังออกซิเจนเหลว” ป้องกันและเป็นการเตือนให้ผู้ขับขี่ |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| | | ระมัดระวัง, ก่อสร้างกำแพงคอนกรีตริมถนน 2 ด้าน ที่แข็งแรงพอที่จะป้องกันการพุ่งชนของรถยนต์ไม่ให้ตกลงมาได้ |
| | - สถานที่ติดตั้งถังบรรจุออกซิเจนเหลว ไม่มีป้ายแสดงและป้ายเตือน | - ติดตั้งป้าย ขนาดตัวหนังสืออ่านได้ชัดเจน ดังนี้<br>“ออกซิเจนเหลว“<br>(พื้นขาวตัวอักษรสีดำ)<br>“ห้ามเข้าใกล้“<br>(พื้นแดงตัวอักษรสีขาว)<br>“ห้ามสูบบุหรี่หรือทำให้เกิดประกายไฟ”<br>(พื้นแดงตัวอักษรสีขาว) |
| | - บริเวณที่ตั้งถัง | - ติดป้ายเตือนบริเวณ |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| | ออกซิเจนเหลวอยู่ใกล้ศาลาพักญาติ | ศาลาพักญาติข้อความ “อันตราย ระวังถังออกซิเจนเหลว” |
| | - บริเวณที่ตั้งถังออกซิเจนเหลวอยู่ใต้แนวสายไฟฟ้าแรงสูงและอาคารผ่าตัด | - การแก้ไขระยะยาวเนื่องจากไม่สามารถย้ายโครงสร้าง ๆ ได้ ควรย้ายถังออกซิเจนเหลวไปติดตั้งใหม่ในบริเวณที่เหมาะสม |
| | - ชุดเปลี่ยนสถานะออกซิเจนเหลวให้เป็นก๊าซซึ่งมี 2 ชุด มีการใช้งานด้านซ้ายด้านเดียว ทำให้เกิดน้ำแข็งเกาะหนามาก | - สลับการใช้งานซ้าย-ขวา ด้านละ 2 วัน เพื่อละลายน้ำแข็งของชุดที่หยุดใช้งาน |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| | อุปกรณ์ต้องรับน้ำหนักสูง<br>- บริเวณที่ตั้งถังออกซิเจนเหลวอยู่ใกล้อาคารผู้ป่วยในและระเบียงพักญาติชั้น 2, 3 และ 4 ของอาคาร | - ติดป้ายเตือนบริเวณระเบียงพักญาติตามชั้นต่าง ๆ ข้อความ “อันตราย ระวังถังออกซิเจนเหลว” |
| ห้องจ่ายก๊าซออกซิเจนสำรอง (Oxygen Reserve Supply) | - หน้าห้องไม่มีป้ายแสดงและป้ายเตือน<br>- ท่อบรรจุก๊าซวางตั้ง | - ติดป้ายแสดง ขนาดตัวหนังสืออ่านได้ชัดเจน **“ห้องจ่ายก๊าซออกซิเจน”** **“ห้ามสูบบุหรี่หรือทำให้เกิดประกายไฟ”**<br>- ยึดท่อบรรจุก๊าซให้ |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| | ไว้ โดยไม่มีการยึดกันล้ม หากท่อก๊าซล้มจะเกิดอันตรายได้ | มั่นคง |
| | - ท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนบางท่อขาดอายุการตรวจสอบความแข็งแรง ยิ่งใช้งานนานวันผนังท่อจะบางลงจนทนความดันที่บรรจุไม่ได้ อาจเกิดอันตรายจากการแตกระเบิดของท่อบรรจุก๊าซ | - ใช้ท่อบรรจุก๊าซที่ผ่านการตรวจสอบไม่เกิน 5 ปี หากท่อบรรจุก๊าซเป็นของร้านจำหน่ายก๊าซแจ้งให้ร้านเป็นผู้นำไปตรวจสอบ หากเป็นของ รพ. ต้องจ้างให้ร้านนำไปตรวจสอบ |
| | - ชุดจ่ายก๊าซออกซิเจนสำรองไม่พร้อมจ่ายก๊าซ และติดตั้งท่อบรรจุก๊าซไว้ไม่เต็มตามจำนวนหัวจ่าย | - ติดตั้งท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนที่มีก๊าซเต็มเตรียมไว้ให้ครบตามจำนวนหัวจ่ายของ Header |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| | ของ Header เมื่อระบบออกซิเจนเหลวชำรุดกะทันหันจะจ่ายก๊าซสำรองให้ผู้ป่วยไม่ทัน และจ่ายก๊าซได้ไม่นานตามต้องการ | และทดสอบจ่ายก๊าซเข้าระบบไปใช้งานจริงอย่างน้อย 3 เดือน/ครั้ง |
| | - มีก๊าซรั่วที่ชุดลดแรงดัน(Regulator) และควบคุมแรงดันก๊าซไม่คงที่ | - เปลี่ยนชุดซ่อมวาล์วลดแรงดันและแผ่นไดรอะแฟรมภายในRegulator |
| | - มีก๊าซรั่วที่ท่อหางหมูจำนวนมาก | - เปลี่ยนชุดซ่อม Check Valve ที่ท่อร่วม (Header) |
| | - ชุดจ่ายก๊าซออกซิเจนอยู่ในห้องเดียวกับเครื่องผลิตสุญญากาศ หากก๊าซออกซิเจน | - ก่อสร้างกำแพงกอนกรีตกั้นระหว่างชุดจ่ายก๊าซออกซิเจนกับเครื่อง |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| | รั่วไหลจะไปสันดาปกับความร้อนและน้ำมันเครื่องของ Pump ได้<br>- การทดสอบการจ่ายก๊าซ.ใช้เวลาสั้นเกินไป เมื่อระบบออกซิเจนเหลวชำรุด กะทันหันชุดจ่ายก๊าซอาจติดขัดและทำให้ไม่ทราบข้อมูลการสำรองก๊าซให้ผู้ป่วย | ผลิตสุญญากาศและติดตั้งประตูเข้าห้องเครื่องผลิตสุญญากาศ 1 บาน<br>- ทดสอบจ่ายก๊าซเข้าระบบไปใช้งานจริงจนหมดท่อบรรจุก๊าซ อย่างน้อย 3 เดือน/ครั้ง และบันทึกเวลาที่ชุดสำรองสามารถจ่ายก๊าซให้ผู้ป่วยได้นานเท่าใด เพื่อทำแผนสำรองก๊าซ |
| ห้องเก็บท่อบรรจุก๊าซออกซิเจน | - มีถังก๊าซหุงต้ม/อุปกรณ์เปื้อนน้ำมันเก็บรวมไว้กับท่อ | - ย้ายก๊าซหุงต้ม/น้ำมันไปเก็บให้เป็นสัดส่วน |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| | บรรจุก๊าซออกซิเจน หากมีรั่วไหลจะเกิดการลุกไหม้ได้ง่าย | |
| | - ราวเหล็กสำหรับคล้องโซ่รัดยึดท่อบรรจุก๊าซไม่แข็งแรง | - ติดตั้งราวเหล็กคล้องโซ่ที่แข็งแรงสามารถยึดท่อบรรจุก๊าซได้อย่างมั่นคง |
| | - มีรถยนต์จอดหน้าห้องในระยะใกล้ หากมีการรั่วซึมของก๊าซจะสันดาปกับประกายไฟฟ้าและน้ำมันของระบบเครื่องยนต์ได้ง่าย | - จัดให้รถยนต์จอดห่างจากห้องควบคุมการจ่ายก๊าซอย่างน้อย 5 เมตร |
| | - ห้องจ่ายก๊าซออกซิเจนสำรองติดตั้งบนอาคารด้านหลังไม่มีห้อง | - กั้นห้องให้เป็นสัดส่วนและย้ายอุปกรณ์ต่าง ๆ ไปเก็บนอกห้อง |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| | เป็นสัดส่วนและเก็บวัสดุต่าง ๆ รวมอยู่จำนวนมาก<br>- มีการรั่วของก๊าซออกซิเจนในปริมาณมากที่บริเวณข้อต่อ Pigtail กับ Valve ท่อบรรจุก๊าซ<br>- ท่อบรรจุก๊าซวางตั้งไว้ โดยไม่มีการยึดกันล้ม หากท่อก๊าซจะล้มเกิดอันตรายได้<br>- ท่อบรรจุก๊าซที่เก็บในห้องไม่มีป้ายแสดงสถานะของก๊าซในท่อว่า เต็ม หรือ หมด<br>- ท่อบรรจุก๊าซที่เก็บสำรอง ไม่ครอบฝา | - แก้ไขจุดชำรุดที่ข้อต่อ แล้วตรวจสอบการรั่วซึมของก๊าซโดยใช้น้ำฟองสบู่<br>- ติดตั้งอุปกรณ์ยึดท่อบรรจุก๊าซให้มั่นคงทั้งขณะที่ใช้งานและไม่ได้ใช้งาน<br>- แบ่งแยกท่อเปล่าและเต็ม พร้อมทำป้ายแสดง เพื่อป้องกันการสับสน<br>- จัดหาฝาครอบวาล์วท่อบรรจุก๊าซ มา |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| | ป้องกันลิ้นปิดเปิดก๊าซ เสี่ยงต่อการที่วาล์วได้รับการกระทบกระแทก และการเปิดโดยไม่ตั้งใจ | ครอบท่อที่มีก๊าซบรรจุ |
| | - ห้องเก็บท่อบรรจุก๊าซไม่มีป้ายแสดงและป้ายเตือน | - ติดตั้งป้าย ขนาดตัวหนังสืออ่านได้ชัดเจน ดังนี้<br>“ห้องเก็บท่อบรรจุก๊าซ”<br>(พื้นแดงตัวอักษรสีขาว)<br>“ห้ามเข้าใกล้ ”<br>(พื้นแดงตัวอักษรสีขาว)<br>“ห้ามสูบบุหรี่หรือทำให้เกิดประกายไฟ”<br>(พื้นแดงตัวอักษรสีขาว) |
| | - ท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนสีลบเลื่อนบางท่อทาสีดำและสี | - ทาสีท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนให้เป็นสีเขียวมรกต คอท่อสี |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| | น้ำเงิน ผู้ใช้อาจสับสนนำก๊าซไปใช้ผิด | ขาว |
| | - บริเวณที่เก็บท่อบรรจุก๊าซไม่มีรั้วกั้นเป็นสัดส่วน เด็กหรือบุคคลภายนอกสามารถเข้าถึงท่อก๊าซซึ่งมีจำนวนมาก อาจทำให้เกิดอันตรายได้ | - ติดตั้งรั้วตะข่ายที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก พร้อมประตูใส่กุญแจ |
| | - พื้นห้องเก็บท่อบรรจุก๊าซมีน้ำฝนขัง มีดินโคลนเปียกแฉะและลื่น มีน้ำฝนขังทำให้ท่อบรรจุก๊าซเกิดสนิมผุกร่อน | - ปรับพื้นคอนกรีตของห้องให้สูงเพื่อกันน้ำท่วมและทำหลังคากันสาดเพื่อป้องกันน้ำฝนสาดเข้าภายในห้อง |
| สัญญาณเตือน | - สัญญาณเตือนสภาวะ | - ซ่อมสัญญาณเตือน |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| สภาวะก๊าซประจำพื้นที่ (Area Alarm) | ก๊าซชำรุดใช้งานไม่ได้/ หลอดไฟขาด/ไม่มีติดตั้ง ซึ่งแผนกผู้ป่วยวิกฤติ เช่น วิสัญญี, O.R., I.C.U., ควรมีอุปกรณ์การเฝ้าระวังสภาวะก๊าซให้กับผู้ใช้งาน | ให้ใช้งานได้ / ติดตั้ง เพื่อแจ้งเหตุผิดปกติให้ผู้ปฏิบัติงานทราบล่วงหน้าเพื่อแก้ไข หรือหาท่อก๊าซสำรองมาใช้แทนระบบ Pipeline และควรทดสอบ (Test)ทุกเดือน |
| เส้นท่อส่งก๊าซ (Piping) ภายนอกและภายในอาคารต่าง ๆ . | - ไม่มีลูกศรบอกทิศทางการไหลของก๊าซ<br>- เส้นท่อส่งก๊าซออกซิเจนบางส่วนทาสีขาวตามสีอาคาร | - ติดลูกศรบอกทิศทาง ฯ ทุกระยะ 1.80 เมตร<br>- ทาสีเส้นท่อตามสัญลักษณ์มาตรฐาน ดังนี้ |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| | ที่ปรับปรุงใหม่ บางส่วนทาสีเป็นช่วง ๆ บางส่วนสีจางลอก หลุด ซึ่งเส้นท่อที่มองเห็นได้ต้องทาสีตามสัญลักษณ์ตลอดแนว | **เส้นท่อออกซิเจนทาสีเขียว** |
| | - เส้นท่อแนวดิ่งจากท่อสาขาเข้า Outlet ที่หัวเตียงอยู่ในระดับต่ำ สามารถจับต้องได้ บางชุดไม่มีกล่องครอบ เสี่ยงต่อการถูกกระทบกระแทก | - ติดตั้งกล่องครอบเส้นท่อป้องกันการถูกกระทบกระแทก |
| | - มีสายไฟฟ้าวางพาดพันกับท่อส่งก๊าซ เมื่อฉนวนสายไฟฟ้าชำรุดกระแสไฟจะ | - ติดตั้ง Support วางสายไฟฟ้าแยกออกจากท่อส่งก๊าซ |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| | ลัดวงจรเข้าท่อก๊าซ<br>- เส้นท่อส่งก๊าซออกซิเจน ที่ติดตั้งทางเดินหน้าตึก หลุดจากตัวยึด (Support) เป็นแนวยาว ทำให้เส้นท่อเสียรูปทรงและอาจแตกหักได้ | - จับยึดเส้นท่อให้มั่นคงแข็งแรง |
| | - ติดตั้งริมราวบันไดเส้นท่อก๊าซถูกคนขึ้นลงบันไดจับดึงจับโยกจนเสียรูปทรงอาจแตกหักได้ | - ติดตั้งกล่องครอบเส้นท่อป้องกันการถูกดึง ถูกจับโยก ถูกกระแทก |
| ลิ้นปิดก๊าซประจำแผนก (Zone Valve) | - กล่องลิ้นปิดก๊าซ (Gas Shutoff Valve) ไม่มีป้ายแสดงชนิดก๊าซและจุดที่ควบคุม | - ติดป้ายแสดง ขนาดตัวหนังสืออ่านได้ชัดเจน<br>คำเตือน |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| | เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน เช่น ก๊าซรั่วอย่างแรง หรือเพลิงไหม้ ต้องปิดก๊าซในแผนกนั้นอย่างเร่งด่วน จะทำให้สับสน<br>- บางแผนกลิ้นปิดก๊าซ (Zone valve) ไม่มีมาตรวัดความดันแสดงสภาวะก๊าซในแผนกนั้น<br>- บางแผนกท่อก๊าซของ Zone Valve แต่ละอัน ไม่ทาสีแสดงชนิดก๊าซให้ทราบ<br>- ไม่มีลิ้นปิดก๊าซประจำแผนก เมื่อจะทำการซ่อมหรือต่อ | ลิ้นปิดของ (ชื่อก๊าซ) ลิ้นนี้ควบคุมการจ่ายไปที่ห้อง (ชื่อห้อง) ห้ามปิดยกเว้นกรณีฉุกเฉิน<br>- ควรติดตั้งมาตรวัดความดัน เพื่อใช้ตรวจสอบความดันประจำวัน, ตรวจการรั่วซึมประจำปี<br>- ทาสีท่อก๊าซ ตามสีสัญลักษณ์มาตรฐาน<br>- ติดตั้งลิ้นปิดก๊าซพร้อมกล่อง,มาตรวัดความดัน และ |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| | เติมในแผนก ต้องปิดก๊าซทั้งชั้น ทำให้แผนกอื่นที่อยู่ในชั้นเดียวกันไม่มีก๊าซใช้งาน | ป้ายเตือนประจำแผนกต่าง ๆ แผนกละ 1 ชุด |
| | - บางแผนกไม่มีฝาปิดกล่องลิ้นปิดก๊าซ อาจมีผู้ไม่เกี่ยวข้องมาปิดลิ้น ทำให้ไม่มีก๊าซจ่ายเข้าแผนก | - จัดหาฝาปิดกล่องเป็นแผ่นพลาสติกใส่เปิดปิดได้สะดวก |
| หัวจ่ายออก (Outlet) ของออกซิเจน | - มีก๊าซรั่วซึมที่ Outlet ของออกซิเจน ทำให้สูญเสียก๊าซออกซิเจน | - ตรวจสอบหาหัวจ่ายที่รั่ว เมื่อพบแล้วทำการซ่อมเปลี่ยน Seal และอุปกรณ์ภายใน |
| | - ระบบ Pipeline ติดตั้งหัวจ่ายก๊าซไม่ | - ในหอผู้ป่วยมีระบบ Pipeline อยู่แล้ว |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| | พอเพียงกับจำนวนผู้ป่วย การใช้ก๊าซออกซิเจนจึงต้องย้ายผู้ป่วยไปที่หัวจ่ายก๊าซหรือนำท่อบรรจุก๊าซมาตั้งวางใช้งานที่เตียงผู้ป่วย | สามารถต่อเติม Outlet ของออกซิเจน เพิ่มเติมได้สะดวก โดยติดตั้งเพิ่มตามความจำเป็น |
| | - Oxygen Outlet ฝาหน้าชำรุดไม่สามารถเสียบชุดใช้งานได้ | - ตรวจซ่อมให้ใช้งานได้ |
| การติดตั้งท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนในรถยนต์รับส่งผู้ป่วย | - การติดตั้งท่อบรรจุก๊าซความดันสูงบนรถยนต์ ในลักษณะวางนอน โดยไม่มีวัสดุรองรับกันสะเทือน อาจทำให้เกิดอันตรายจากการ | - ติดตั้งแผ่นยางหรือสักหลาดรองรับท่อบรรจุก๊าซ, ยึดท่อบรรจุก๊าซให้แน่นกับแท่นรองรับ และเลือกใช้ท่อบรรจุก๊าซที่ได้รับการ |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| | แตกระเบิดของท่อบรรจุก๊าซได้ | ตรวจสอบความแข็งแรงมาแล้วไม่เกิน 5 ปี |
| | - เดินท่อนำก๊าซแรงดันสูง (2000 Psig) ไปยังชุดลดแรงดันที่กำแพงรถ อาจทำให้ท่อแตกและเกิดอันตรายที่รุนแรงได้ | - ติดตั้งชุดลดแรงดันที่วาล์วหัวท่อก๊าซและลดลงแรงดันเหลือที่ 50 Psig |
| | - ติดตั้งสายหรือท่อนำก๊าซผิดประเภทอาจทำให้เกิดการลุกไหม้หรือระเบิดได้ | - ติดตั้งสายหรือท่อนำก๊าซชนิดที่ใช้กับก๊าซออกซิเจนโดยเฉพาะ |
| การใช้ Oxygen ของระบบ Pipeline ที่หัวเตียงผู้ป่วยตาม | - มีการเสียบ Oxygen Flow meter ทิ้งไว้ที่ช่อง Outlet เป็นเวลานานโดยไม่มีการ | - ถอดชุด Flow meter และ Suction regulator ออกจาก Outlet และ Inlet |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| แผนกต่าง ๆ | ถอดออก ทำให้ Seal ยางและสปริงภายใน Outlet ถูกกดทับตลอดเวลา อายุการใช้งานของ Outlet และ Inlet จะสั้นกว่าปกติ และเกิดการรั่วซึมของก๊าซ | ทุกครั้งที่ไม่ใช้งาน หากจำเป็นต้องเสียบไว้นานๆ เมื่อ Case ว่างต้องถอดออกและเสียบเข้า 2-3 ครั้ง เพื่อนวด Seal ยาง และกระตุ้นอุปกรณ์ไม่ให้ติดขัด |
| การติดตั้งท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนขนาดกลาง ใต้เตียงรถเข็นขนส่งผู้ป่วย | - วางท่อบรรจุก๊าซในลักษณะวางนอน โดยไม่มีวัสดุรองรับกันสะเทือนและที่ยึดรัดน้ำหนักของชุด Regulator, Flow meter และกระบอกน้ำ ทำให้ท่อบรรจุก๊าซหมุนเอียงลง น้ำ | - ติดตั้งแผ่นยางหรือสักหลาดที่จุดรองรับน้ำหนักท่อบรรจุก๊าซ, ยึดท่อบรรจุก๊าซให้แน่น และเลือกใช้ท่อบรรจุก๊าซที่ได้รับการตรวจความแข็งแรงมาไม่เกิน 5 |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| | จะเทไหลเข้าอุปกรณ์ดังกล่าวและเข้า Tube สู่ผู้ป่วยได้ | ปี หรือทำที่วางท่อบรรจุก๊าซติดกับเตียงในแนวตั้ง |
| อุปกรณ์ลดความดันก๊าซออกซิเจน หรือเกย์ออกซิเจน (Oxygen Regulator) | - การเก็บเกย์ออกซิเจนสำรองไว้เป็นเวลานานโดยไม่มีการใช้งาน ทำให้ส่วนประกอบภายในที่ทำด้วยยางเกิดเสื่อมสภาพเปื่อยแตก เมื่อนำกลับมาใช้ก๊าซจะรั่วไม่สามารถใช้งานได้ | - ต้องนำเกย์ออกซิเจนมาทดสอบใช้งานจริงอย่างน้อย 6 เดือน/ครั้ง เพื่อช่วยนวดแผ่นยางDiaphram และกระตุ้นอุปกรณ์ภายในไม่ให้ติดขัด |
| มีการถ่ายก๊าซออกซิเจนจากท่อบรรจุก๊าซ | - ท่อบรรจุก๊าซขนาดเล็กขาดการตรวจสอบสภาพ | - ควรจัดซื้อก๊าซออกซิเจนที่บรรจุสำเร็จแล้วจาก |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| ขนาดใหญ่ลงสู่ท่อบรรจุก๊าซขนาดเล็ก | ความแข็งแรง ยิ่งใช้งานนานวันผนังท่อจะบางลงจนทนความดันที่บรรจุไม่ได้ อาจเกิดอันตรายจากการแตกระเบิดของท่อเหล็กที่บรรจุก๊าซ | ร้านค้า และไม่ควรถ่ายก๊าซเอง |
| การตั้งท่อบรรจุก๊าซออกซิเจนใช้งานผู้ป่วยตามแผนกต่างๆ | - ตั้งวางท่อบรรจุก๊าซโดยไม่มีการยึดรัดหรือผูกยึดกับขาเตียงผู้ป่วยหากเตียงเลื่อนจะพาท่อก๊าซล้มเกิดอันตรายได้ | - ติดตั้งโซ่ยึดรัดท่อบรรจุก๊าซที่กำแพงและยึดจับท่อก๊าซทั้งขณะที่ใช้งานและไม่ได้ใช้งาน |
| การใช้ก๊าซจากท่อบรรจุก๊าซ | - หลังใช้งานเกย์ออกซิเจน (Pressure Regulator) มีก๊าซขัง | - ปิดวาล์วที่ท่อบรรจุก๊าซ และเปิดปุ่มปรับ Flow meter |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| | ในตัวเครื่อง ทำให้อุปกรณ์ภายใน เช่น สปริง, แผ่นไดรอะแฟรม รับแรงดันก๊าซตลอดเวลา อายุการใช้งานจะสั้นลง | ระบายก๊าซในเครื่องออกให้หมด(เข็มวัดตกลงที่เลข 0 ) |
| | - มีการใช้ก๊าซออกซิเจนและไนโตรเจนสลับชนิดกันเนื่องจากไม่ทราบสีสัญลักษณ์และมีการเปลี่ยนวาล์วออกซิเจนไปติดตั้งที่ท่อบรรจุก๊าซไนโตรเจน | - ให้ความรู้เรื่องสีและสัญลักษณ์ภาชนะบรรจุก๊าซออกซิเจนตัวภาชนะสีเขียวมรกตคอสีขาว ก๊าซไนโตรเจนตัวภาชนะสีเทาคอสีดำ และห้ามสับเปลี่ยนวาล์วปิดเปิดของท่อบรรจุก๊าซต่างชนิด |

| อาคาร/แผนก | รายละเอียดที่พบว่าไม่มาตรฐาน / ปลอดภัย | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| | - ชุด Flow meter มีน้ำเข้าไปขังในหลอดแก้ววัดปริมาณจ่ายก๊าซ และชุดทำฝอยละอองน้ำในกระบอกน้ำเปื่อยขาดเนื่องจากหมดอายุ และน้ำมีตะกอนขุ่นข้น | - เปลี่ยนอะไหล่ชุดทำฝอยละอองน้ำ และน้ำที่เติมในกระบอกน้ำใช้น้ำกลั่นเท่านั้น รวมทั้งระมัดระวังการจับถือไม่ให้เอียงจนน้ำไหลเข้าสู่ ชุด Flow meter |

ที่มา : สรุปผลการตรวจสอบวิศวกรรมการความปลอดภัยในโรงพยาบาล กองวิศวกรรมการแพทย์ ปี พ.ศ. 2556

# ภาคผนวก

**การดูแลบำรุงรักษาระบบก๊าซจ่ายก๊าซ**

| ระยะเวลา | ข้อปฏิบัติ | วิธีปฏิบัติ | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|
| **ทุกสัปดาห์หรือเมื่อมีการเปลี่ยนถัง** | ตรวจสอบรอยรั่วบริเวณข้อต่อเกลียวหัวถัง | ตรวจเช็คด้วยน้ำฟองสบู่ | ผู้ดูแลจากหน่วยงาน |
| | เช็คระดับแรงดันที่ 1 st Stage Regulator | ตรวจ/ปรับตั้งให้อยู่ในระดับมาตรฐาน | |
| | เช็คระดับแรงดันที่ Line Regulator | ตรวจ/ปรับตั้งให้อยู่ในระดับมาตรฐาน | |
| **ทุกเดือน** | ตรวจสอบรอยรั่วบริเวณข้อต่อเกลียวทั้งระบบและ Outlet | ตรวจเช็คด้วยน้ำฟองสบู่ | ผู้ดูแลจากหน่วยงาน |
| | เช็คการทำงานชุด Automatic Change Over | ตรวจ/ทดสอบจากการใช้งานจริง | |
| | ทดสอบระบบ Alarm & Lamp Control | ตรวจ/ทดสอบจากการใช้งานจริง | |

| ระยะเวลา | ข้อปฏิบัติ | วิธีปฏิบัติ | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|
| **ทุกเดือน** | ตรวจเช็คมาตรวัด Zone Valve | ตรวจเทียบค่ามาตรวัดให้อยู่ในระดับมาตรฐาน | ผู้ดูแลจากหน่วยงาน |
| | บันทึกระดับแรงดันใช้งาน | ตรวจ/ปรับตั้งให้อยู่ในระดับมาตรฐาน | |
| **ทุก 6 เดือน** | ทดสอบการทำงานของระบบ | ตรวจสอบรั่ว/แรงดัน Manifold ,Zone Valve ,Outlet ,Alarm ,Flowmeter | ผู้ดูแล/ผู้ผ่านการอบรม |
| **ทุกปี** | เปลี่ยน O-Ring & Seal ที่จำเป็น | ตรวจ/เปลี่ยนตามอายุการใช้งาน | ผู้จำหน่าย/ผู้ดูแล/ผู้ผ่านการอบรม |
| **ทุก 2 ปี** | เปลี่ยนO-Ring Outlet | ตรวจ/เปลี่ยนและทดสอบรั่ว | ผู้จำหน่าย/ผู้ดูแล/ผู้ผ่านการอบรม |

| ระยะเวลา | ข้อปฏิบัติ | วิธีปฏิบัติ | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|
| | เปลี่ยนวาล์วลดแรงดันและไดรอะแฟรม ชุด Regulator | เปลี่ยน/ปรับตั้งให้อยู่ในระดับมาตรฐาน | |
| **ทุก 3 ปี** | เปลี่ยน High Pressure Filter Element | ตรวจ/เปลี่ยนตามอายุการใช้งาน | ผู้จำหน่าย/ผู้ดูแล/ผู้ผ่านการอบรม |
| | ตรวจเช็คระบบเส้นท่อ(อุปกรณ์จับยึดและสีท่อ) | ปรับแต่งอุปกรณ์จับยึดและทาสีท่อที่หลุดลอกและติดลูกศรบอกทิศทางการไหลของก๊าซ | |
| | | | |
| **ห้ามใช้น้ำมันหล่อลื่นทุกชนิดกับอุปกรณ์ระบบก๊าซ** | | | |

เอกสารอ้างอิง

1. คู่มือระบบก๊าซทางการแพทย์ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข ปี 2544
2. เอกสารประกอบการบรรยายเรื่องการใช้งานอย่างถูกต้องและปลอดภัยระบบแก๊สทางการแพทย์ บริษัท ไทยอินดัสเตรียลแก๊ส จำกัด (มหาชน)
3. สรุปผลการตรวจสอบวิศวกรรมการความปลอดภัยในโรงพยาบาล กองวิศวกรรมการแพทย์

**คำสั่งกองวิศวกรรมการแพทย์**

ที่ ๑๕/๒๕๕๗ สั่ง ณ วันที่ ๓๑ มีนาคม ๒๕๕๗

เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานดำเนินการตามคำรับรองการปฏิบัติราชการ

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๗

**คณะทำงานโครงการ** จัดทำคู่มือการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์การแพทย์ในสถานบริการสุขภาพ

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1. | นายสุรพันธ์ | ชัยล้อรัตน์ | ผู้อำนวยการกองวิศวกรรมการแพทย์ | ที่ปรึกษาโครงการ |
| 2. | นายเชาวลิต | เมฆศิริธกุล | วิศวกรเครื่องกลชำนาญการพิเศษ | ประธานคณะทำงานฯ |
| 3. | นายสละ | กสิวัตร์ | วิศวกรไฟฟ้าชำนาญการ | คณะทำงานฯ |
| 4. | นายหฤษฎ์ชาติ | หนองตะไกร | วิศวกรเครื่องกลชำนาญการ | คณะทำงานฯ |
| 5. | นายสงกรานต์ | นิลถาวรกุลชัย | นายช่างเทคนิคชำนาญงาน | คณะทำงานฯ |
| 6. | นายอดุลย์ | จุกสีดา | นายช่างไฟฟ้าชำนาญงาน | คณะทำงานฯ |
| 7. | นายสุทัศ | ฝากฝน | นายช่างเทคนิคชำนาญงาน | คณะทำงานฯ |
| 8. | นายประวิทย์ | สัพพะเลข | นายช่างเทคนิคชำนาญงาน | คณะทำงานฯ และเลขานุการ |