

บทความปริทัศน์ (Review Article)

การป้องกันอันตรายจากไฟย้อนกลับในงานเชื่อมแก๊ส

วิภารัตน์ โพธิ์สี⁽¹⁾

วันที่ได้รับต้นฉบับ : 14 สิงหาคม 2555
วันที่ตอบรับการตีพิมพ์ : 31 มกราคม 2556

(1) ผู้รับผิดชอบบทความ : อาจารย์ประจำ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม คณะ
สาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
(โทรศัพท์ : 081-9452401, E-mail address:
pwipha@kku.ac.th)

บทเกริ่นนำ

อันตรายที่รุนแรงจากการเชื่อมแก๊สคือการเกิดไฟไหม้และระเบิด งานเชื่อมยังจัดเป็นงานที่ก่อให้เกิดประกายไฟ (Hot work) ก่อนจะทำการเชื่อมต้องมีการกั้นพื้นที่เพื่อป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ จัดเตรียมถังดับเพลิงพร้อมผู้คอยดู (Firewatch man) นอกจากนี้อุบัติเหตุที่เกิดไฟย้อนกลับขณะทำการเชื่อม ก็เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้ประกอบกิจการ ช่างเชื่อม คนงานและผู้ที่อยู่ข้างเคียงเป็นจำนวนมาก ในประเทศไทยเคยเกิดอุบัติเหตุมาหลายครั้ง เช่น เหตุแก๊สระเบิดในเรือนวาคูณ 15 ที่อุตสาหกรรมทรานสปอร์ต ถึงแก๊สอะเซทิลีนขณะก่อสร้างรถไฟใต้ดิน หน้าโรงแรมดุสิตธานี กรุงเทพมหานคร เป็นเหตุให้คนงานได้รับบาดเจ็บ 1 คน (ศิริพงษ์, ม.ป.ป.) เหตุการณ์ถังออกซิเจนระเบิดที่เชื่อมมรณต์ ที่ปทุมธานี ขณะช่างกำลังทำการเชื่อมหม้อน้ำรถยนต์ได้เกิดปรากฏการณ์ไฟย้อนกลับ (Flashback) เกิดขึ้นที่ตามเชื่อม (Torch) ผ่านสายส่งแก๊ส (Hose) และอุปกรณ์ปรับแรงดัน (Regulator) และระเบิดที่ถังออกซิเจนทำให้ภรรยาเจ้าของอยู่ ลูกค่านารถยนต์มาซ่อมและช่างเชื่อมเสียชีวิตรวม 4 คน ส่วนเจ้าของบาดเจ็บสาหัส (ดาวิช, ม.ป.ป.) สถานประกอบการร้านซ่อมรถยนต์ มีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟย้อนกลับ (Flashback) เช่น สถานประกอบการร้านซ่อมรถยนต์ ในเขตเทศบาลนครขอนแก่น ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 95.2) ไม่ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันไฟย้อนกลับ ร้อยละ 59.5 ไม่มีการตรวจสอบอุปกรณ์การเชื่อม สายส่งแก๊สอยู่ในสภาพชำรุด แตกปลายงา และต่อสายส่งแก๊สไม่ถูกวิธี คนงานไม่ผ่านการอบรมเกี่ยวกับความปลอดภัยในงานเชื่อม (ร้อยละ 85.7) และการป้องกันเพลิงไหม้ (ร้อยละ 62.1)

ความรู้เกี่ยวกับการเชื่อมแก๊ส

การเชื่อมเป็นการประสานชิ้นส่วนโลหะให้ติดกันโดยใช้ความร้อนจากแก๊สทำให้โลหะเกิดการหลอมละลายติดกันหรือใช้ลวดเชื่อมมาประสาน เพื่อให้รอยต่อเกิดความมั่นคง แข็งแรง เช่น การประกอบโครงสร้างเหล็ก ต่อเรือ สะพานโครงเหล็ก เป็นต้น โดยใช้แก๊ส 2 ประเภท ได้แก่ แก๊สเชื้อเพลิงและแก๊สออกซิเจน แก๊สเชื้อเพลิงที่นิยมใช้มีหลายชนิด เช่น อะเซทิลีน แก๊สหุงต้ม แก๊สไฮโดรเจน เป็นต้น แต่แก๊สมีค่าความร้อนสูงคือ แก๊สอะเซทิลีน ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมใช้ในงานเชื่อมกันอย่างแพร่หลาย จึงเรียกการเชื่อมโลหะด้วยวิธีนี้ว่า การเชื่อมแก๊สออกซิอะเซทิลีน (OXY ACETYLENE WELDING : OAW) โดยใช้ความร้อนจากแก๊สอะเซทิลีนและแก๊สออกซิเจนบริสุทธิ์ จะทำให้เกิดความร้อนสูงประมาณ 6,300 องศาเซลเซียส (3,480 องศาเซลเซียส) ทำให้โลหะแต่ละชนิดหลอมเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อเย็นตัวลงโลหะสองชิ้นจะติดกันมีความแข็งแรงเท่ากับหรือมากกว่าเนื้อโลหะเดิม โดยใช้ลวดเชื่อมหรือไม่ก็ได้ขึ้นอยู่กับความหนาของงานและชนิดของรอยต่อ

อุปกรณ์สำหรับการเชื่อมแก๊ส

(1) ท่อบรรจุแก๊สออกซิเจน (Oxygen cylinder)

เป็น ท่อสีเขียวหรือดำ ผลิตจากเหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High carbon steel) ไม่มีตะเข็บหรือผ่านกรรมวิธีการเชื่อม แต่ผลิตด้วยกรรมวิธีการอัดขึ้นรูปแล้วนำไปอบคืนตัวเพื่อลดความเครียดและมีความเหนียว อัดด้วยความดันประมาณ 2,200 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 70 องศาฟาเรนไฮต์ (20 องศาเซลเซียส) ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพโดยการอัดน้ำด้วยความดันประมาณ 2 เท่าของความดันบรรจุแก๊ส คือประมาณ 3,360 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เกลียวที่คอขวดใช้เกลียวขาประกอบเข้ากับมาตรวัดความดัน บริเวณคอขวดจะติดตัวอักษร O₂ เพื่อให้แน่ใจว่าเป็นแก๊สออกซิเจน ขนาดบรรจุตั้งแต่ 20 - 300 ลูกบาศก์ฟุต แผ่นระบายแก๊สเพื่อความปลอดภัย (Safety release disc) เพื่อป้องกันอันตรายจากการระเบิด เมื่อเกิดความดันหรือความร้อนแล้ว ทำให้ความดันภายในถังเพิ่มขึ้นเกินกว่าที่กำหนด

(2) แก๊สเชื้อเพลิง

2.1) ท่อบรรจุแก๊สอะเซทิลีน (Acetylene cylinder) ท่อสีเขียวหรือสีน้ำตาล บรรจุด้วยความดันต่ำกว่าออกซิเจน ตัวท่อสร้างขึ้นจากการม้วนแผ่นโลหะและเชื่อมประกอบกันเป็นถังแก๊ส ขนาดบรรจุ 275 ลูกบาศก์ฟุต ความดัน 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ณ อุณหภูมิ 70 องศาฟาเรนไฮต์ (20 องศาเซลเซียส) เกลียวที่คอขวดใช้เกลียวขาประกอบเข้ากับมาตรวัดความดัน บริเวณคอขวดจะติดตัวอักษรคำว่า C₂H₂ เพื่อป้องกันการใช้ปะปนกับแก๊สชนิดอื่น แก๊สอะเซทิลีนเป็นแก๊สที่ติดไฟง่าย ท่อแก๊สต้องผ่านการทดสอบโดยการอัดแรงดันของน้ำ ทนแรงดันได้สูงถึง 800 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยที่ท่อไม่แตกหรือรั่ว ติดตั้งปลั๊กนิรภัย (Safety plug) ทำด้วยโลหะทองเหลืองและมีรูตรงกลาง สำหรับอัดโลหะที่มีจุดหลอมละลายที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งนิยมใช้ตะกั่วเพราะมีจุดหลอมละลายที่อุณหภูมิ 415 องศาฟาเรนไฮต์ (212 องศาเซลเซียส) เพื่อป้องกันอันตรายจากการระเบิด เมื่อความดันหรือความร้อนภายในถังเพิ่มขึ้นเกินกว่าที่กำหนด ตะกั่วจะละลายและปล่อยแก๊สออก ติดตั้งที่ได้ถังหรือคอถังแก๊สอะเซทิลีนที่ใช้งานความดัน 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเสี่ยงต่อการระเบิด เนื่องจากภายในถังมีความดันที่มากกว่า 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (2.1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) แก๊สจะไม่เสถียร เพื่อความปลอดภัยจึงต้องนำสารอะซีโตน (Acetone) ใส่ภายในท่อเพื่อใช้ในการดูดซึมแก๊สอะเซทิลีนและรักษาเสถียรภาพ โดยภายในท่อประกอบด้วยวัสดุที่มีรูพรุน เช่น เศษหิน ไม้หอม หรือผงแอสเบสตอสก่อนจึงบรรจุสารอะซีโตนและแก๊สอะเซทิลีนเข้าในท่อ โดยสารอะซีโตนจะดูดซึมแก๊สอะเซทิลีนได้ประมาณ 24 เท่าของน้ำหนัก ภายในถังสารอะซีโตนและแก๊สอะเซทิลีนจะอยู่รวมกัน เมื่อเปิดวาล์วแก๊ส แก๊สอะเซทิลีนจะแยกตัวเป็นฟองลอยขึ้น และไหลไปตามสายส่งแก๊สเพื่อนำไปใช้งาน ถ้าอุณหภูมิสูงเกิน 2,615 องศาฟาเรนไฮต์ (1,435 องศาเซลเซียส) อาจเกิดการระเบิดได้ ควรหลีกเลี่ยงการนำท่อแก๊สใกล้แหล่งที่ทำให้เกิดประกายไฟ เช่น บริเวณคัตเอาต์ (Cutout) หรือบริเวณที่มีความร้อนสูงกว่าปกติ แก๊สอะเซทิลีนผสมกับอากาศในอัตราส่วนร้อยละ 2.5 - 80.0 โดยปริมาตร เป็นช่วงของการระเบิด ถ้าผสมกับออกซิเจนในอัตราส่วนร้อยละ 3.0 - 93.0 โดยปริมาตร จะเกิดการสันดาปเป็นเปลวไฟ และอาจเกิดการระเบิดขึ้น ห้ามนำท่อทองแดงมาใช้กับแก๊สอะเซทิลีน เพราะทองแดงจะรวมตัวกับแก๊สอะเซทิลีนเป็นคอปเปอร์อะเซทิลด์

(Copper acetylide) ซึ่งจะทำให้เกิดการระเบิดได้ แก๊สอะเซทิลีนความเข้มข้นเกินร้อยละ 40 จะทำให้สลบ

2.2) แก๊สปิโตรเลียมเหลว (Liquefied petroleum gas : LPG) หรือ “ก๊าซหุงต้ม” เป็นแก๊สไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เบากว่าน้ำแต่หนักกว่าอากาศจึงลอยอยู่ในระดับต่ำ มีการสะสมและลุกไหม้ได้ง่าย เพื่อความปลอดภัยจึงกำหนดให้เติมสารมีกลิ่น เพื่อเตือนภัยเมื่อเกิดการรั่วไหลขึ้น

(3) มาตรการวัดความดันแก๊ส (Pressure regulator)

ทำหน้าที่ควบคุมความดันแก๊ส ทั้งภายในท่อและสายส่งแก๊ส เพื่อให้แก๊สไหลอย่างสม่ำเสมอ ประกอบด้วย

- เกจวัดความดันสูง (High pressure gage) วัดความดันของแก๊สภายในท่อ แก๊สออกซิเจนวัดความดันได้สูง 3,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว แก๊สอะเซทิลีน วัดความดันได้สูง 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

- เกจวัดความดันต่ำ (Low pressure gage) วัดความดันในสายแก๊ส (Hose) ที่นำไปใช้งาน แก๊สออกซิเจนปรับความดันในช่วง 0 – 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้วและใช้งานที่ความดันประมาณ 25 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว แก๊สอะเซทิลีนปรับความดันในช่วง 0 – 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และใช้งานที่ความดันไม่เกิน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

(4) ด้ามเชื่อม (Torch) และหัวทิพ (Tip)

เป็นอุปกรณ์สำหรับการเชื่อมโลหะด้วยแก๊ส โดยต่อเข้ากับสายส่งแก๊ส จะควบคุมความดันและปริมาณของแก๊สชั้นสุดท้าย ก่อนเข้าสู่ห้องผสมแก๊ส (Mixing chamber) ออกไปสู่หัวทิพ เกสยาวปรับปริมาณแก๊สด้านขวา มีตัวอักษร OXY สำหรับแก๊สออกซิเจน ส่วนด้านซ้าย มีตัวอักษร C₂H₂ สำหรับแก๊สอะเซทิลีน แก๊สที่ออกมาจากหัวทิพ จะเป็นแก๊สที่ผสมกันระหว่างแก๊สออกซิเจนกับอะเซทิลีน โดยในห้องผสมแก๊สของด้ามเชื่อม แก๊สที่ไหลออกมาจะเกิดการหมุนตัวทำให้เกิดการผสมกันและถูกความดันภายในดันออกไปสู่หัวทิพ ถ้าผสมและรวมตัวกันได้ดีจะทำให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ซึ่งทำให้เกิดความร้อนสูง หัวทิพเป็นอุปกรณ์ส่วนปลายสุดซึ่งประกอบเข้ากับด้ามเชื่อมและเป็นช่องทางผ่านของแก๊สที่ผสมกัน เป็นตัวกำหนดทิศทางและปริมาณของเปลวไฟ ปรับระดับให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน ขณะใช้งานหัวทิพต้องถ่ายเทความร้อนได้ดีและไม่หลอมละลาย จึงผลิตจากทองแดงผสมหัวทิพมีหลายขนาดเลือกหัวทิพให้เหมาะกับขนาดของงาน

(5) สายส่งแก๊สแก๊ส (Welding hoses)

สายส่งแก๊สออกซิเจนสีเขียวหรือดำ ส่วนอะเซทิลีนสีแดง ทำหน้าที่นำส่งแก๊สจากถังแก๊สไปสู่ด้ามเชื่อม ซึ่งออกแบบเพื่อรับความดันสูงไม่มากนัก ทนต่อการเผาไหม้ ไม่ทำปฏิกิริยากับแก๊สที่ส่งผ่าน และยืดหยุ่นอ่อนตัวได้ สายส่งแก๊สมีส่วนประกอบ 3 ชั้น คือ

- ชั้นนอก เป็นชั้นบางที่สุด ผลิตจากยางอ่อนมีความเหนียว
- ชั้นกลาง ผลิตจากยางที่แข็งและยืดหยุ่นตัวได้ดี
- ชั้นใน ผลิตจากยางที่มีคุณภาพที่ดีทนต่อความดันสูง มีความหนาที่สุดเพื่อความสะดวกและเหมาะสมกับลักษณะของงาน แบ่งเป็น 2 ประเภท คือสายเดี่ยว (Single hoses) โดยสายแยกออกจากกันระหว่างออกซิเจนและอะเซทิลีน และสายคู่ (Double hoses) สายส่งแก๊สติดคู่กันทั้งแก๊สออกซิเจนและอะเซทิลีน

(6) ข้อต่อ (Connector)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการต่ออุปกรณ์เข้าด้วยกัน ประกอบด้วย

- นัต (Nut) มีเกลียวอยู่ด้านใน ประกอบเข้ากับอุปกรณ์ปรับความดันและด้ามเชื่อม นัตและข้อต่อออกซิเจนมีเกลียวขวา ประทับคำว่า STD.OXY ส่วนอะเซทิลีนมีเกลียวซ้าย บากร่องตรงกลางประทับคำว่า STD.ACET

- นิเปิล (Nipple) สอดอยู่ในนัต สอดเข้าไปในสายส่งแก๊ส

(7) อุปกรณ์ทำความสะอาดทิพ (Tip cleaner)

เป็นเส้นลวดกลมเล็ก คล้ายกับตะไบมีขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกัน ใช้ทำความสะอาดหัวทิพ โดยไม่ทำให้หัวทิพขยายใหญ่

(8) อุปกรณ์จุดไฟแก๊ส (Spark lighter)

ทำให้เกิดประกายไฟ เพื่อนำไปจุดเปลวไฟที่ปลายของทิพแทนการใช้ไม้ขีด ประกอบด้วยแกนเหล็กใช้ยึดถ่าน แกนเหล็กกลมที่มีผิวขรุขระ แกนถ่าน และถั่วโยเซ

(9) อุปกรณ์ป้องกันไฟกลับ (Flashback arrester)

แก๊สที่ใช้ในการเชื่อมมีความไวในการลุกติดไฟ ขณะเชื่อมจะลุกติดไฟในสภาวะที่มีความดันสูง ดังนั้นอาจทำ

ให้เกิดไฟย้อนกลับ (Flashback) ไปตามสายส่งแก๊ส ท่อแก๊ส และทำให้เกิดการระเบิดได้

(10) ประแจ

แบบพิเศษให้มีขนาดพอดีกับอุปกรณ์เชื่อม แก๊สโดยเฉพาะ ไม่ควรใช้ประแจเลื่อน

(11) ลวดเชื่อมแก๊ส (Filler rod)

ลวดเชื่อมเป็นโลหะที่ใช้เติมลงในหลุมและเกิดการหลอมเหลวขณะทำการเชื่อมด้วยแก๊ส มีส่วนผสมของธาตุต่าง ๆ ที่มีสมบัติใกล้เคียงกับโลหะชิ้นงานมากที่สุด และเพิ่มสมบัติทางเชิงกลของแนวเชื่อมให้ดีขึ้น ลวดเชื่อมแก๊สแบ่งตามชนิดของโลหะมี 2 ประเภท

- ลวดเชื่อมแก๊สที่เป็นเหล็ก ใช้ในการเชื่อมโลหะที่เป็นเหล็ก มีส่วนผสมของธาตุเหล็กเป็นหลัก และธาตุอื่นเล็กน้อย เช่น ธาตุคาร์บอน แมงกานีส ซิลิคอน และฟอสฟอรัส เป็นต้น การเชื่อมโลหะที่เป็นเหล็กนี้จะใช้ฟลักซ์หรือไม่ใช้ก็ได้

- ลวดเชื่อมแก๊สที่ไม่ใช่เหล็ก ใช้ในการเชื่อมโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก เช่น อลูมิเนียม ทองแดง ทองเหลือง เป็นต้น และต้องใช้ฟลักซ์เพื่อช่วยในการประสานได้ดี

ขั้นตอนการเชื่อมแก๊ส

(1) การจุดไฟ

ขั้นที่ 1 : เปิดวาล์วที่ถังแก๊สออกซิเจนและแก๊สออกซิเจน และเปิดวาล์วปรับที่ตามเชื่อม

ขั้นที่ 2 : ก่อนจุดไฟควรเป่าไล่ (Purge) โดยใช้ท่อเป่า (Blow-pipe) และเปิดแก๊สแต่ชนิดทิ้งไว้ 2 - 3 นาที เพื่อไล่ส่วนผสมไวไฟออก และปิดวาล์วท่อหลังจากเป่าไล่ ต้องทำในพื้นที่ที่มีการระบายอากาศดี

ขั้นที่ 3 : จุดไฟโดยใช้อุปกรณ์จุดไฟแก๊ส (Spark lighter) ห้ามใช้ไฟแช็ค หรือต่อไฟจากที่อื่น

ขั้นที่ 4 : เมื่อไฟติด เปิดวาล์วปรับออกซิเจนที่ตามเชื่อม จนได้เปลวไฟที่ต้องการ

(2) ขั้นตอนการดับไฟ

ขั้นที่ 1 : ปิดวาล์วออกซิเจนที่ตามเชื่อม

ขั้นที่ 2 : ปิดวาล์วออกซิเจนที่ตามเชื่อม

ขั้นที่ 3 : ปิดวาล์วที่ท่อแก๊สออกซิเจน

ขั้นที่ 4 : ปิดวาล์วที่ท่อแก๊สออกซิเจน

ขั้นที่ 5 : ปิดวาล์วปรับออกซิเจนที่ตามเชื่อม (Torch) เพื่อไล่แก๊สออกซิเจนที่ค้างสาย โดยสังเกตที่เกจวัดของอุปกรณ์ปรับแรงดันเข็มจะชี้ที่เลขศูนย์ แสดงว่าไม่มีแก๊สค้างสาย จึงปิดวาล์ว

ขั้นที่ 6 : ปิดวาล์วปรับออกซิเจนที่ตามเชื่อม (Torch) เพื่อไล่แก๊สออกซิเจนที่ค้างสาย โดยสังเกตที่เกจวัดของอุปกรณ์ปรับแรงดันเข็มจะชี้ที่เลขศูนย์ แสดงว่าไม่มีแก๊สค้างสาย จึงปิดวาล์ว

ขั้นที่ 7 : คลายวาล์วปรับที่อุปกรณ์ปรับแรงดันแก๊สออกซิเจนออกให้สุด

ขั้นที่ 8 : คลายวาล์วปรับที่อุปกรณ์ปรับแรงดันแก๊สออกซิเจนออกให้สุด (กรณีใช้แก๊สหุงต้มให้ปฏิบัติเช่นเดียวกัน)

อันตรายจากการเชื่อมแก๊ส

(1) ฝุ่นโลหะ (Metal fume)

โลหะที่หลอมเหลวด้วยความร้อนจะอยู่ในรูปของฝุ่น (Fume) ซึ่งจะมองเห็นเป็นควันสีขาวขณะเชื่อม ฝุ่นโลหะมีหลายชนิด เช่น นิเกิล แมงกานีส และโครเมียม เป็นต้น ขึ้นอยู่กับโลหะที่นำมาเชื่อม เมื่อหายใจฝุ่นจะเข้าสู่ปอด ทำให้เกิดอาการไข้จากฝุ่นโลหะ (Metal fume fever) นอกจากนั้นยังมีผลเสียต่อปอดและอวัยวะอื่น ๆ เช่น แคดเมียมเป็นพิษต่อปอด ไต ตลอดจนระบบเลือด ตะกั่วทำให้เกิดโรคโลหิตจางและเป็นอัมพาต ในกรณีโลหะที่เคลือบผิวพวกสีทา วานิช แลคเกอร์ หรือสีของรถยนต์จะทำให้เกิดก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่ก่อให้เกิดอันตรายได้

(2) ก๊าซที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

เกิดขึ้นระหว่างการเชื่อม ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตราย เช่น ปอดอักเสบ (Inflammation of the lung) ปอดบวมและมีน้ำสะสม (Pulmonary edema) ปอดสูญเสียการยืดหยุ่น (Emphysema) และหลอดลมอักเสบเรื้อรัง (Chronic bronchitis)

- ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ควันจากการเชื่อมและแสงจากการเชื่อม เกิดการระคายเคืองที่ตา จมูก และลำคอ อาจทำให้หมดสติได้

- ก๊าซโอโซน มักเกิดจากการเชื่อมอาร์กอน ควันจากการเชื่อมทั้งสแตน หรือการเชื่อมด้วยก๊าซ เกิดการระคายเคืองตาและเยื่อปอด ทำให้เกิดโรคปอดบวมน้ำ (Pulmonary edema) โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจเรื้อรัง

- ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเชื่อม หรือเกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของสารบางชนิด เช่น สี หรือไข

(3) แสงจากการเชื่อม

แสงจากการเชื่อมเป็นอันตรายต่อดวงตาและอาจทำให้ผิวหนังไหม้

(4) รังสี

อยู่ในช่วงความถี่ตามองไม่เห็น ได้แก่ รังสีได้แดงและรังสีเหนือม่วง ทำให้ผิวหนังไหม้

(5) การเกิดไฟไหม้และการระเบิด

การเชื่อมเป็นงานที่ทำให้เกิดประกายไฟ (Hot work) ต้องขออนุญาตทำงานที่เสี่ยงอันตราย (Work permit) ก่อนทำการเชื่อม เพื่อป้องกันอันตรายจากไฟไหม้ นอกจากนี้ระหว่างการเชื่อมอาจเกิดไฟย้อนกลับและทำให้เกิดการระเบิดได้

(6) ท่อแก๊สออกซิเจนระเบิด

จากการล้มหรือกระแทกพื้น

การเกิดไฟย้อนกลับ (Flashback)

ไฟย้อนกลับเกิดจากแก๊สและประกายไฟ (Flame) ที่หัวเชื่อมซึ่งมีแรงดันแก๊สสูงกว่าไหลย้อนกลับเข้าสู่ตัวเชื่อมซึ่งมีแรงดันต่ำกว่า ไปยังสายส่งแก๊ส ท่อแก๊สเชื้อเพลิง (แก๊สอะเซทิลีน หรือแก๊สหุงต้ม) ขณะเดียวกันออกซิเจนจะไหลตามเข้าไปด้วยความเร็วและแรง เกิดปฏิกิริยาลุกไหม้อย่างต่อเนื่อง (Sustain combustion) หรือประกายไฟ (Flame) ย้อนกลับจากหัวเชื่อม ไปยังสายส่งแก๊ส ท่อแก๊สออกซิเจน ขณะเดียวกันแก๊สเชื้อเพลิง จะไหลตามเข้าไปด้วยความเร็วและแรง เกิดปฏิกิริยาลุกไหม้อย่างต่อเนื่อง ขณะเกิดความเร็วของเปลวไฟ (Flame velocity) สูงถึง 2 เท่าของความเร็วของเสียงประมาณ 2,000 ฟุตต่อวินาที หรือ 1,400 ไมล์ต่อชั่วโมง โดยมีสาเหตุจาก

- 1) เศษวัสดุจากการเชื่อม ตัด อุดช่องรูที่หัวจ่ายแก๊ส ทำให้เกิดการอุดตัน
- 2) แรงดันอาจลดลงจากการพับงอของสายส่งแก๊ส หรือถูกรถทับ
- 3) ประกายไฟจากที่อื่นหล่นโดนสายส่งแก๊สที่รั่วอยู่
- 4) แก๊สออกซิเจนในถังหมดก่อนที่จะปิดวาล์วแก๊สออกซิเจนที่ตัวเชื่อม แก๊สอะเซทิลีนจะไหลย้อนกลับไปที่สาย

5) แรงดันแก๊สไม่สมดุลกัน เช่น ปิดวาล์วหัวถังแล้วเปิดวาล์วที่ตัวตัดเพื่อไล่ออกซิเจนและแก๊สเชื้อเพลิงออกเนื่องจากแก๊สเชื้อเพลิงมีแรงดันต่ำกว่า จึงทำให้ออกซิเจนสามารถไหลย้อนไปยังสายส่งและถึงแก๊สเชื้อเพลิง

6) เปิดวาล์วทั้งสองที่ตัวเชื่อมพร้อมกัน และพยายามที่จะจุดไฟเพื่อใช้งาน ถ้าแก๊สออกซิเจนมีอัตราการไหลมากกว่าอัตราที่หัวทิฟจะปล่อย ออกซิเจนจะไหลย้อนกลับไปที่สายและมาตรวัดความดันของแก๊สอะเซทิลีนจากการไหลย้อนกลับของแก๊ส จะเป็นการสร้างองค์ประกอบที่ทำให้เกิดเพลิงลุกไหม้ได้สองในสามส่วน

7) การประกอบหัวเชื่อมแก๊สไม่ถูกต้อง เลือกใช้หัวเชื่อมและหัวทิฟไม่เหมาะสม

8) ระยะห่างของหัวทิฟ กับชิ้นงานที่เชื่อมไม่ถูกต้อง การจ่อหัวทิฟขณะโลหะหลอมละลาย ทำให้เปลวไฟดับและย้อนกลับเข้าหัวเชื่อม ทำให้ห้องผสมแก๊สร้อนและอาจย้อนกลับถึงกันได้

มาตรการป้องกันไฟย้อนกลับ

- 1) ไม่ควรใช้แก๊สออกซิเจนจนหมดถัง ควรเลิกใช้เมื่อแรงดันในถังลดลงเหลือประมาณ 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (3.5 บาร์)
- 2) ควรปล่อยแก๊สในสายส่งแก๊สออกก่อนที่จะจุดไฟที่ตัวเชื่อม ปล่อยแก๊สผสมที่สามารถลุกติดไฟได้ทั้ง
- 3) ไม่ควรจุดไฟเพื่อใช้งานโดยเปิดวาล์วทั้งสองที่ตัวเชื่อมพร้อมกัน ยกเว้นตัวเชื่อมที่มีมิกเซอร์ (Mixer) ซึ่งถูกออกแบบเพื่อที่จะป้องกันการไหลย้อนกลับ ยกเว้นเมื่อหัวเชื่อมเกิดอุดตัน
- 4) อุปกรณ์ต้องอยู่ในสภาพที่ดีพร้อมใช้งาน ถ้าหัวเชื่อมอุดตัน แก๊สที่มีแรงดันสูง จะไหลกลับไปยังสายที่มีแรงดันต่ำกว่า
- 5) ติดตั้งวาล์วกันกลับ (Check valve) และอุปกรณ์ป้องกันไฟย้อนกลับ (Flashback arrestor)

อุปกรณ์ป้องกันไฟย้อนกลับ (Flashback arrestor)

เพื่อหยุดเปลวไฟและแก๊สที่ย้อนกลับด้วยระบบวาล์วกันกลับที่ติดตั้งภายใน ตัวกรองไฟของอุปกรณ์กันไฟย้อนกลับ สามารถใช้งานได้ทันทีที่แรงดันและอุณหภูมิสูง ๆ โดยการติดตั้ง 4 จุด ดังนี้

- ทางออกของท่อออกซิเจน
- ทางออกของท่อเชื้อเพลิง
- ตามเชื่อมทางด้านที่ต่อกับสายออกซิเจน
- ตามเชื่อมทางด้านที่ต่อกับสายแก๊สเชื้อเพลิง

(1) ส่วนประกอบสำคัญด้านความปลอดภัยของอุปกรณ์กันไฟย้อนกลับ

- เฟลมอะเรสเตอร์ (Flame arrestor) ทำหน้าที่ดูดซับ และหยุดเปลวไฟย้อนกลับ
- นอน-รีเทอร์นวาล์ว (Non - return valve) ควบคุมให้ก๊าซไหลทางเดียว และป้องกันก๊าซย้อนกลับ (Reverse flow)
- วาล์วหยุดการไหลเมื่อความดันสูงขึ้น (pressure sensitive cut-off valve) หยุดการไหลของก๊าซเมื่อเกิดแรงดันย้อนกลับ โดยวาล์วหยุดการไหลจะปิดอัตโนมัติ
- วาล์วหยุดการไหลเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น (Temperature sensitive cut-off valve) วาล์วหยุดการไหลของก๊าซเมื่อเกิดความร้อนสูง โดยแกนพลาสติกจะละลาย และทำให้วาล์วปิดอัตโนมัติ
- ล้นลดแรงดันป้องกันการระเบิด (Explosion pressure relief valve) วาล์วนิรภัยจะลดแรงดันในถัง เมื่อความดันสูง

(2) การตรวจสอบอุปกรณ์ป้องกันไฟย้อนกลับ

- ตรวจสอบสภาพทุก ๆ 1 ปี โดยผู้เชี่ยวชาญ หรือผู้ขายที่ได้รับการรับรองจากผู้ผลิต
- ตรวจสอบสภาพภายนอก อยู่ในสภาพปกติ ไม่บุบ เบี้ยว เกลียว หรือชำรุด สามารถติดตั้งได้อย่างแน่นหนา ไม่หลวม สะอาด แห้ง ไม่มีคราบน้ำมัน
- ทดสอบเช็ควาล์วด้วยการใช้แรงดันลมที่ต่ำกว่า 2 (psi) เป่าย้อนกลับไป ถ้ามวลสามารถผ่านไปได้ แสดงว่าอุปกรณ์ไม่สามารถใช้งานได้

- อุปกรณ์ป้องกันไฟย้อนกลับ ที่ได้รับการรับรองมาตรฐานสากล เช่น EN730 และ ISO 5175
- อุปกรณ์ที่ผ่านการใช้งานแล้ว ควรตรวจสอบและเปลี่ยนใหม่อย่างน้อยทุก ๆ 5 ปี

การเชื่อมแก๊สให้ปลอดภัย

เพื่อความปลอดภัยในการเชื่อมแก๊ส ควรปฏิบัติตามดังต่อไปนี้

(1) ช่างเชื่อม

ควรปฏิบัติ ดังนี้

- มีความรู้เกี่ยวกับเครื่องเชื่อมและวิธีการเชื่อมแก๊สที่ถูกต้องปลอดภัย โดยผ่านการรับรองจากหน่วยงานที่ให้การอบรมเกี่ยวกับการเชื่อม

- ผ่านการฝึกการใช้อุปกรณ์ดับเพลิง
- แต่งกายให้เหมาะสม เช่น เสื้อแขนยาว และกางเกงขายาวทำด้วยผ้าเนื้อหนา

- สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เช่น หน้ากากกรองแสงสำหรับเชื่อมแก๊ส รองเท้านิรภัย ถุงมือหนัง เสื้อหนังสำหรับงานเชื่อม และผ้าคลุมหน้าอกและลำตัวหรือเอี๊ยม และนำไปใช้ให้เหมาะสมกับความเสี่ยงของงาน

(2) อุปกรณ์

ต้องอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานและปลอดภัย ดังนี้

2.1) ท่อแก๊สอะเซทิลีน ต้องได้มาตรฐานการผลิตและตรวจสอบตามระยะเวลาที่กำหนด

- ระบุชื่ออะเซทิลีนให้ชัดเจน
- การเก็บและการใช้งาน ห้ามวางลงในแนวนอน และเก็บถังแก๊สให้ห่างจากประกายไฟหรือเปลวไฟ
- การเคลื่อนย้ายให้ปฏิบัติตามขั้นตอนถึงที่ชำรุดอาจรั่วและทำให้เกิดไฟไหม้ได้
- ห้ามใช้แก๊สอะเซทิลีนโดยตรงจากถัง ต้องติดตั้งอุปกรณ์ปรับความดันแก๊สระหว่างถังและหัวเชื่อม
- อุปกรณ์ปรับความดันต้องได้มาตรฐานการต่ออุปกรณ์ปรับความดันกับวาล์วท่อแก๊ส ให้เปิดวาล์วเบา ๆ แล้วปิดทันที (Cracking) เพื่อไล่ฝุ่นและสิ่งสกปรกออกจากวาล์ว ห้ามทำในพื้นที่ที่กำลังเชื่อม ที่มีประกายไฟ เปลวไฟหรือแหล่งความร้อนอื่น ๆ

- ก่อนถอดอุปกรณ์ปรับความดันจากวาล์ว ปิดวาล์วและปล่อยแก๊สออก

- กรณีที่วาล์วแก๊สรั่ว ต้องรีบนำถังแก๊สไปยังที่โล่งแจ้ง อากาศระบายได้ดี แจ้งเตือนให้ทุกคนทราบ และแจ้งบริษัทผู้ขาย

2.2) ท่อแก๊สออกซิเจน

- ระบุชื่อให้ชัดเจน “ออกซิเจน” ไม่ใช่ “อากาศ” หรือ “ลม” และชี้แจงให้ผู้ใช้งานเข้าใจเกี่ยวกับอันตรายของออกซิเจน เพราะส่วนใหญ่เรียกถังออกซิเจนว่า “ถังลม”

- ออกซิเจนช่วยให้ไฟติด ถ้ามีปริมาณมากจะทำให้การติดไฟรุนแรงและระเบิดได้ ดังนั้นห้ามนำน้ำมันหรือจาระบี สัมผัสถังออกซิเจนหรืออุปกรณ์อื่นใดที่ใช้ในการเชื่อมหรือการตัด

- ห้ามระบายแก๊สออกซิเจนไปยังน้ำมันหรือจาระบี

- ห้ามใช้ออกซิเจนแทนอากาศที่ถูกต้อง

- ถังออกซิเจนเก็บให้ห่างจากวัสดุที่เกิดความร้อนหรือวัสดุเชื้อเพลิง

- ออกซิเจนต้องติดตั้ง อุปกรณ์ปรับความดันก่อนใช้งาน การติดตั้งให้เปิดวาล์วถึงชั่วคราว เพื่อไล่สิ่งสกปรกและฝุ่นละออง หลังจากติดตั้งอุปกรณ์ปรับความดันอย่าปิดวาล์วถึงทันที

- ถ้าวาล์วไม่สามารถเปิดด้วยมือให้คืนถังแก๊สให้กับผู้จำหน่าย ห้ามใช้ค้อนหรือประแจเปิด

- การต่อถังแก๊สสองถังหรือมากกว่าเข้าด้วยกัน ให้ใช้ท่อที่ออกแบบโดยเฉพาะและผ่านการรับรอง

- เครื่องมือสำหรับงานกับแก๊สออกซิเจนห้ามนำไปใช้กับแก๊สชนิดอื่น

2.3) หัวเชื่อม

- การเปลี่ยนหัวเชื่อม ให้ปิดแก๊สที่อุปกรณ์ปรับแรงดัน ห้ามพับสายส่งแก๊ส

- ใช้อุปกรณ์จุดไฟแก๊ส (Spark lighter) แทนไม้ขีดไฟ ขณะจุดหัวเชื่อมไปในที่ปลอดภัย

- เมื่อหยุดทำงานชั่วคราว ปิดแคววาล์วของหัวเชื่อมแต่ถ้าจะวางหัวเชื่อมต้องดับไฟเสมอ

- เมื่อหยุดทำการเชื่อมให้ปิดวาล์วถังแก๊ส และปล่อยแก๊สออกจากอุปกรณ์ปรับความดันโดยเปิดวาล์วหัวเชื่อม

- ถ้าวาล์วหัวเชื่อมปิดไม่สนิท ให้ปิดถังแก๊สแล้วถอดหัวเชื่อมออก เช็ดที่รองรับวาล์วและตัววาล์วด้วยผ้าที่สะอาด เปลี่ยนวาล์วที่รั่ว

- ทำความสะอาดหัวเชื่อมหรือหัวทิพด้วยแปรงลวดทองแดงหรือทองเหลือง

2.4) สายส่งแก๊ส

- ป้องกันสายส่งแก๊สจากสะเก็ดไฟ เศษโลหะร้อนและวัตถุร้อน

- ป้องกันสายส่งแก๊สสัมผัสกับน้ำมันและจาระบี เพราะจะทำให้ยางเสื่อมและเพิ่มอันตรายจากไฟไหม้มากขึ้นเมื่อสัมผัสกับออกซิเจน

- สายส่งแก๊สใหม่ภายในจะพ่นด้วยผงแป้ง ใช้ลมเป่าไล่ก่อนใช้งาน

- ตรวจสอบสายส่งแก๊สเป็นระยะ ๆ เพื่อป้องกันการรั่ว ฉีก หรือหลวม

- สายส่งแก๊สที่รั่วควรพิจารณาด้วยว่าสภาพควรซ่อมหรือไม่

2.5) อุปกรณ์ปรับความดัน

- เลือกใช้อุปกรณ์ปรับความดันสำหรับแก๊สแต่ละชนิดและมีมาตรฐานรองรับ

- ห้ามใช้อุปกรณ์ปรับความดันที่บิดเบี้ยว ไม่สม่ำเสมอ

- ห้ามใช้น้ำมันกับอุปกรณ์ปรับความดัน

- สกรูปรับความดันบนอุปกรณ์ปรับความดันจะต้องเปิดให้เต็มที่เสมอ ควรจะไล่แก๊สออกจากอุปกรณ์ปรับความดันก่อนที่จะติดเข้ากับถังและก่อนที่จะเปิดวาล์วถึง

- การซ่อมอุปกรณ์ปรับความดันและส่วนประกอบต้องทำโดยช่างที่ชำนาญเท่านั้น

- มิเตอร์วัดความดันต่ำที่ติดอยู่กับอุปกรณ์ปรับความดัน ควรจะทดสอบสม่ำเสมอโดยผู้จัดทำนายเพื่อความปลอดภัยของอุปกรณ์

(3) บริเวณที่ปฏิบัติงาน

- พื้นที่ปฏิบัติงานต้องไม่มีวัสดุเชื้อเพลิงและเตรียมอุปกรณ์ดับเพลิงขณะเชื่อม
- มีฉากหรือห้องกันสำหรับป้องกันแสงรังสี และ สะเก็ดลูกติดไฟ
- ไม่มีวัตถุไวไฟในบริเวณพื้นที่ทำการเชื่อมและในบริเวณใกล้เคียง
- มีการระบายอากาศที่ดี
- มีแสงสว่างที่เพียงพอในการปฏิบัติงาน
- มีอุปกรณ์สำหรับปฐมพยาบาลเบื้องต้นหากเกิดอุบัติเหตุ

บทสรุป

การเกิดไฟย้อนกลับ (Flashback) ในการเชื่อม ทำให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สิน การป้องกันอันตรายจากไฟย้อนกลับโดยการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันไฟย้อนกลับ (Flashback arrestor) โดยการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันไฟ

ย้อนกลับ (Flashback arrestor) (ศิริพงษ์, ม.ป.ป.) ให้ครบทั้ง 4 จุด ที่สายส่งแก๊สบริเวณหัวเชื่อมแก๊สทั้ง 2 และถังแก๊สทั้ง 2 ถึง งานเชื่อมเป็นงานที่ก่อให้เกิดประกายไฟ (Hot work) ซึ่งจัดเป็นงานที่มีความเสี่ยงอันตรายต้องทำการขออนุญาตก่อนปฏิบัติงาน (Work permit) การป้องกันอันตรายจากการเชื่อม ต้องพิจารณาองค์ประกอบให้ครบทั้งผู้เชื่อม อุปกรณ์ สถานที่ในการเชื่อม และการจัดการงานที่เกิดประกายไฟ ก่อนทำการเชื่อมต้องมีการกันพื้นที่เพื่อป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ จัดเตรียมถังดับเพลิงพร้อมผู้คอยดู (Firewatch man) ตรวจสอบอุปกรณ์สำหรับการเชื่อมทั้งก่อนและหลังใช้งานเพื่อป้องกันการเกิดเพลิงไหม้และการระเบิด จัดให้มีการอบรมให้ความรู้แก่พนักงานเกี่ยวกับการป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ การใช้อุปกรณ์ดับเพลิง การเชื่อมแก๊สอย่างปลอดภัยแก่คนงาน การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล จัดเตรียมอุปกรณ์ดับเพลิงให้เพียงพอและเหมาะสมกับชนิดของเชื้อเพลิง รวมถึงจัดให้มีการตรวจสอบสุขภาพคนงานตามความเสี่ยง

เอกสารอ้างอิง

- ดาวิช วังบุญคง. (ม.ป.ป.). กรณีศึกษาอุบัติเหตุเพลิงไหม้เชื่อม เคาะฟันสี รอยนต์. ค้นเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2554, จาก <http://www2.diw.go.th/safety/pdf/กรณีศึกษาเพลิงไหม้เชื่อมเคาะฟันสีรอยนต์.pdf>
- ภาณี ฤทธิ์มาก, อุไรวรรณ อินทร์ม่วง, วราภรณ์ สังขสิทธิ์ และนันทานันท์ เขาราช. (2550). กระบวนการพัฒนาความเข้มแข็งด้านการควบคุมกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพขององค์กรบริหารส่วนตำบลบ้านเม็ง อำเภอนางรอง จ.ขอนแก่น. ขอนแก่น : คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สำนักส่งเสริมและพัฒนาธุรกิจ กรมพัฒนาธุรกิจการค้า. (ม.ป.ป.). โครงการวิจัยธุรกิจบริการสู่ตลาดโลก : ธุรกิจซ่อมบำรุงรถยนต์. ค้นเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2553, จาก <http://www.dbd.go.th/mainsite/fileadmin/contents/research/development/summary%20of%20repair%20shop.doc>
- สุรจิต สุนทรธรรม, ชัยยุทธ ขวลิตนิกุล, สมเกียรติ ศิริรัตนพฤกษ์, สุวาท สุธรรมมาสา, สลิล เทพระการพร, สุดธิดา กรูไกรวงศ์ และคณะ. (2545). คู่มือการดูแลสุขภาพผู้ทำงานและวิธีทำงานมาตรฐานช่างเครื่องยนต์. กรุงเทพฯ : สร้างสื่อ
- ศิริพงษ์ สูงสุวรรณ. (ม.ป.ป.). มาตรการป้องกันอันตรายไฟย้อนกลับ (Flashback) จากการเชื่อมแก๊ส. ค้นเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2554, จาก <http://www2.diw.go.th/safety/pdf/มาตรการป้องกันไฟย้อนกลับ.pdf>
- ศิริพงษ์ สูงสุวรรณ, สมพงษ์ เอกเอี่ยม, ปณตสรณ์ สุยานนท์, สมศักดิ์ เจริญไพศาล, วรวิทย์ ยอดมิ่งมงคล, สุรพงษ์ เพียรเลิศ และคณะ. (ม.ป.ป.). กรณีศึกษา การเกิดอุบัติเหตุก๊าซระเบิดที่แท่นทำงาน (Platform) ของโรงงานซ่อมและต่อเรือ. ค้นเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2554, จาก <http://www2.diw.go.th/safety/pdf/ก๊าซระเบิดเชื่อมเรือ.pdf>
- อุไรวรรณ อินทร์ม่วง, เพ็ญฟ้า กาญจนินาส, ภาณี ฤทธิ์มาก และชัชณี คำภิบาล. (2545). การสูญเสียการได้ยินของช่างในสถานประกอบการ ช่อมและเคาะฟันสีรถยนต์. ขอนแก่น : คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Auto Refinishing Shop Project. (2001). **Managing worker Health and Safety: An auto refinish shop success story**. Retrieved 2012 Mar 12, from <http://www.epa.gov/dfe/pubs/auto/trainers/index.htm>

Auto Refinishing Shop Project. (2002). **Breathing Easy: Ensuring proper ventilation of paint mixing rooms in auto refinish shops**. Retrieved 2012 Mar 12, from <http://www.epa.gov/dfe/pubs/auto/trainers/index.htm>

- Asimakopoulou E, Kolaitis D and Founti M. (2009). **CO DISPERSION IN A CAR-REPAIR SHOP: AN EXPERIMENTAL AND CFD MODELLING STUDY**. Retrieved 2012 July 20, from http://www.cfd.com.au/cfd_conf09/PDFs/073KOL.pdf
- Jayjock MA, Levin L. (1984). Health hazard in a small automotive body repair shop. Occupational Hygiene Society. **Occupational Hygiene**, 28(1), 19-29.
- Kenrick Mc, Lawrence Li K, Kaufmann M and Marshall M. (2003). Helping the auto repair industry manage hazardous wastes : an education project in King Country, Washington. **Environ Health**, 66 (4) : 9-14, 21.
- WORKSAFE VICTORIA. (2004). **Automotive Workshop Safety. A Guide to Automotive Workshop Safety**. Retrieved 2012 July 20, from http://www.worksafe.vic.gov.au/wps/wcm/connect/ba95a0004071f25a88d6dee1fb554c40/automotive_workshop_safety.pdf?mod=ajperes
- SHARP Safety & Health Assessment & Research for Prevention. (2006). **Preventing injury and illness in auto body shops**. Retrieved 2010 October 19, from <http://www.ini.wa.gov/Safety/Research/Files/AutoBody.pdf>
- Sparer, J, Stowe, MH, Bello, D, Liu, Y., Gore RJ., Youngs, F, et al. (2004). Isocyanate Exposure in the autobody shop work : the SPRAY study. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, 1(9), 570 – 581.
- Whittaker, SG., and Reeb-Whittaker, C. (2009). Characterizing the health and safety needs of the collision repair industrial. **Journal Occupational Environmental Hygiene**. 6(5),273-82.



ภาพที่ 1 อุปกรณ์ในถังแก๊สออกซิเจนและแก๊สอะเซทิลีนสำหรับงานเชื่อม



ภาพที่ 2 หัวเชื่อมแก๊สที่ไม่มีอุปกรณ์ป้องกันไฟย้อนกลับ (Flashback arrestor)