

อันตรายและการป้องกัน  
สารไวไฟกับไฟฟ้าสถิต

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย

กรมโรงงานอุตสาหกรรม

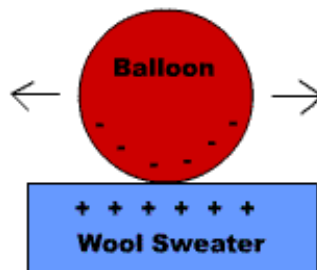
## การป้องกันอันตรายจากสารไวไฟกับไฟฟ้าสถิต

อันตรายที่เกิดจากการปฏิบัติงานกับของเหลวไวไฟหรือของเหลวติดไฟที่สำคัญก็คือ การเกิดเพลิงไหม้และหรือการระเบิด สาเหตุก็เนื่องมาจากความร้อน ประกายไฟหรือเปลวไฟ จากแหล่งต่าง ๆ เช่น

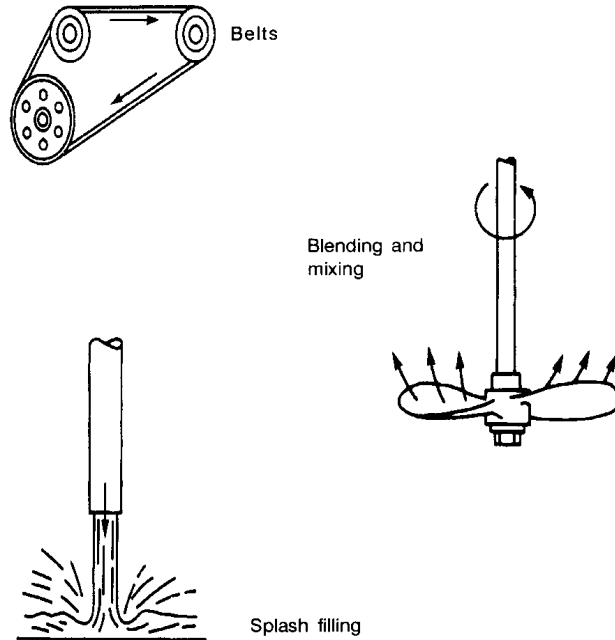
1. เปลวไฟ (Naked flame)
2. การทำงานที่มีความร้อน(Hot works)
3. การตัด การเชื่อม
4. การบด การขัด
5. ประกายไฟจากอุปกรณ์ไฟฟ้า
6. การเสียดสี การกระทบ กระแทก ของโลหะหรือเครื่องจักร อุปกรณ์ที่ชำรุด
7. ไฟฟ้าสถิต(Static Electricity)

ไฟฟ้าสถิตเป็นสาเหตุของการเกิดเพลิงไหม้หรือการระเบิดของของเหลวไวไฟหรือของเหลวติดไฟที่มักถูกมองข้าม แต่จากการสอบสวน การพิสูจน์และการทดลอง ก็พบว่าไฟฟ้าสถิตเป็นสาเหตุหลักสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดเพลิงไหม้หรือการระเบิดระหว่างการเคลื่อนย้าย การถ่ายเทและในกระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้องกับของเหลวไวไฟหรือของเหลวติดไฟ

ประจุไฟฟ้าสถิตสามารถเกิดขึ้นได้บนวัตถุหรือของเหลว เมื่อของเหลว (เช่น ตัวทำละลายปิโตรเลียม เชื้อเพลิง) เคลื่อนที่สัมผัสกับวัสดุอื่น เช่น ถังหรือท่อ จากการเท การสูบล้าง การกรอง การกวน การเขย่า การไหลผ่านท่อ ลักษณะการสัมผัสเหล่านี้จะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าที่เรียกว่าไฟฟ้าสถิต (Static Electricity) แม้ว่าของเหลวที่ถูกขนส่ง ถ่ายเท ใช้หรือเก็บในภาชนะบรรจุที่ไม่นำไฟฟ้า หากมีวัตถุอื่นเสียดสีกับผิวภายนอกของภาชนะก็สามารถก่อให้เกิดประจุไฟฟ้าในของเหลวขึ้นได้ ปริมาณของประจุที่เกิดขึ้นกับปริมาณของเหลวและความเร็วในการไหลหรือความเร็วในการกวนหรือเขย่า



การเสียดสีระหว่างวัตถุ 2 ชนิดที่ต่างกันทำให้เกิดไฟฟ้าสถิต



### การเสียดสี การกวน การกระเซ็น ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิต

ประจุไฟฟ้าสถิตถ้ามีปริมาณมากและพลังงานสูงพอก็สามารถก่อให้เกิดการลุกติดไฟหรือการระเบิดได้ การพิจารณาว่าไฟฟ้าสถิตจะมีโอกาสในการเกิดอันตรายหรือไม่ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ คือ

1. ประจุไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นสามารถเกิดได้ในสภาวะการทำงานตามปกติหรือไม่
2. ประจุไฟฟ้าสถิตนั้นสามารถสะสมได้หรือไม่
3. ถ้ามีการถ่ายเทประจุสามารถเกิดประกายไฟได้หรือไม่
4. มีของผสมของไอสารไวไฟกับอากาศ (vapor/air mixture) ที่สามารถลุกติดไฟได้ในบริเวณที่เกิดประจุไฟฟ้าหรือไม่
5. ประจุไฟฟ้าที่เกิดมีพลังงานมากพอที่จะจุดติดของผสมของไอสารไวไฟกับอากาศหรือไม่

ถ้าคำถามทั้ง 5 ข้อข้างต้นตอบว่าใช่ในบริเวณที่มีการใช้ ตัวทำละลายหรือเชื้อเพลิงแล้วไฟฟ้าสถิตก็สามารถก่อให้เกิดการลุกติดไฟหรือการระเบิดได้ นั่นคือ ถ้าหากความเข้มข้นของไอสารไวไฟในอากาศอากาศอยู่ในช่วงการติดไฟ (Flammable range) คือระหว่าง **Lower Flammable Limit, LFL** และ **Upper Flammable Limit, UFL**)แล้ว ประกายไฟที่เกิดจากไฟฟ้าสถิตก็สามารถก่อให้เกิดการลุกไหม้หรือการระเบิดได้

### ตัวทำละลาย (solvent) ชนิดที่มีอันตรายจากไฟฟ้าสถิต

ของเหลวไวไฟหรือของเหลวติดไฟ จะมีอันตรายในการเกิดเพลิงไหม้หรือการระเบิดจากไฟฟ้าสถิตมากน้อยเพียงใด ขึ้นกับความสามารถในการเกิดไฟฟ้าสถิต ความสามารถในการนำไฟฟ้า และจุดวาบไฟของสารนั้น

ตัวทำละลาย และเชื้อเพลิงที่ได้จากปิโตรเลียม (เช่น benzene, toluene, mineral spirit, gasoline, jet fuel) สามารถก่อให้เกิดประกายไฟฟ้าสถิตได้เมื่อเทหรือไหลในท่อ(hose) มันมีแนวโน้มที่จะเก็บหรือสะสมประจุไฟฟ้าเพราะว่ามันไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ดีพอที่จะถ่ายเทประจุเมื่อสัมผัสกับสารที่เป็นตัวนำ เช่น ท่อโลหะหรือภาชนะโลหะที่มีการต่อลงดิน(grounding) เมื่อประจุเกิดขึ้นมากพอที่จะเกิดประกายไฟฟ้า(spark) ถ้าความเข้มข้นของสารไวไฟในอากาศอยู่ในช่วงการติดไฟ และประกายไฟมีพลังงานมากพอ ก็จะทำให้เกิดการติดไฟหรือระเบิดได้

จุดวาบไฟ(flash point) ความดันไอของของเหลวและอุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ต้องพิจารณาถ้าคุณทำงานในที่แจ้งในวันที่มีอากาศร้อนปริมาณของไอในอากาศรอบๆ ภาชนะบรรจุจะสูงกว่าในวันที่มีอากาศเย็น

ระดับของพื้นที่ที่สูงกว่า เช่น บนภูเขา ความกดของอากาศจะต่ำกว่าที่ระดับน้ำทะเล จุดเดือดของตัวทำละลายจะต่ำลง ภายใต้สภาวะเช่นนี้ จุดวาบไฟจะต่ำลงและของเหลวติดไฟบางชนิดจะกลายเป็นของเหลวไวไฟ

ของเหลวเช่น Hexane มีจุดวาบไฟต่ำและไวไฟ เมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง  $-33^{\circ}\text{C}$  ถึง  $-3^{\circ}\text{C}$  ที่ระดับน้ำทะเล ที่อุณหภูมิห้องปกติความเข้มข้นของ hexane ในอากาศที่บริเวณผิวของ hexane จะสูงกว่าค่า UFL ซึ่งมากเกินไปที่จะติดไฟ อย่างไรก็ตามที่ระยะห่างออกไปจากผิวของตัวทำละลาย ความเข้มข้นของ hexane ก็อาจจะอยู่ในช่วงที่ติดไฟได้

เชื้อเพลิง เช่น Kerosene เป็นสารติดไฟที่มีจุดวาบไฟสูงกว่า  $38^{\circ}\text{C}$  ( $100^{\circ}\text{F}$ ) สารที่มีจุดวาบไฟสูงถ้าถูกดัดหรือให้ความร้อนจนอุณหภูมิเท่ากับหรือสูงกว่าจุดวาบไฟ ก็สามารถเกิดส่วนผสมของไอสารกับอากาศที่ไวไฟได้

โดยทั่วไปแล้ว เงื่อนไขหรือสภาวะในการติดไฟที่เหมาะสม คือเมื่อของเหลวไวไฟนั้นมีความเข้มข้นของไอในอากาศ(ที่ผิวของของเหลว) ที่ครึ่งทางระหว่าง UFL และ LFL ที่สภาวะเช่นนี้ เรียกว่าสภาวะที่เหมาะสม(Optimal)ในการเกิดเพลิงไหม้ ซึ่งเป็นสภาวะที่ต้องระมัดระวังมิให้เกิด

**การควบคุมอันตรายที่เกิดจากไฟฟ้าสถิตกับของเหลวไวไฟและของเหลวติดไฟ**

การควบคุมอันตรายที่เกิดจากไฟฟ้าสถิต สามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น

## 1. การเพิ่มการนำไฟฟ้า (Increasing conductivity)

อันตรายจากไฟฟ้าสถิตที่เกิดจากของเหลวที่ไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า เช่น toluene, xylene, heptane, hexane และ non-polar solvent สามารถลดลงได้ โดยการเพิ่มความสามารถในการนำไฟฟ้า โดยการเติม **antistatic additive** หรือของเหลวที่มีการนำไฟฟ้าสูงกว่าลงไป additive เหล่านี้จะไม่ผลต่ออัตราการเกิดประจุ แต่จะเพิ่มการนำไฟฟ้าให้ประจุ สามารถกระจายตัวจากของเหลวได้มากขึ้น

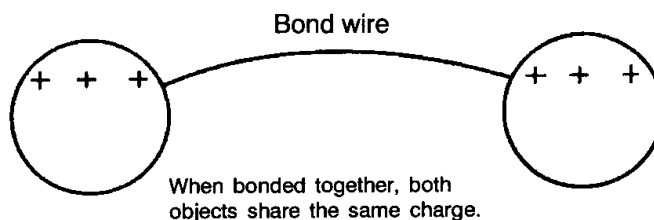
antistatic additive (หรือ conductivity improvers) มีข้อดีคือ ใช้เติมในปริมาณน้อยเพียง 2-3 ส่วนในล้านส่วน(ppm) ก็สามารถเพิ่มการนำไฟฟ้าของของเหลวที่ไม่เป็นตัวนำไฟฟ้าได้หลายเท่า

ข้อเสียของ antistatic additive คือ เกิด polymer และส่วนผสมอื่นๆที่ประกอบอยู่อาจจะไม่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ยาและอาหาร ในกรณีนี้การใช้ ของเหลวที่เป็นตัวนำ(conductive liquid) เช่น alcohol หรือ ketone ควรนำมาพิจารณาใช้ แต่ข้อเสียคือ ต้องใช้ในปริมาณมาก (เช่น 10-20 % โดยปริมาตร) ซึ่งจะทำให้กระบวนการทางเคมีถูกรบกวน และถ้า conductive liquid เป็นสารไวไฟ มันก็จะไปเพิ่มความ ไวไฟของของเหลวไวไฟที่ไม่นำไฟฟ้า (insulating liquid) เช่นทำให้ flash point ลดต่ำลง

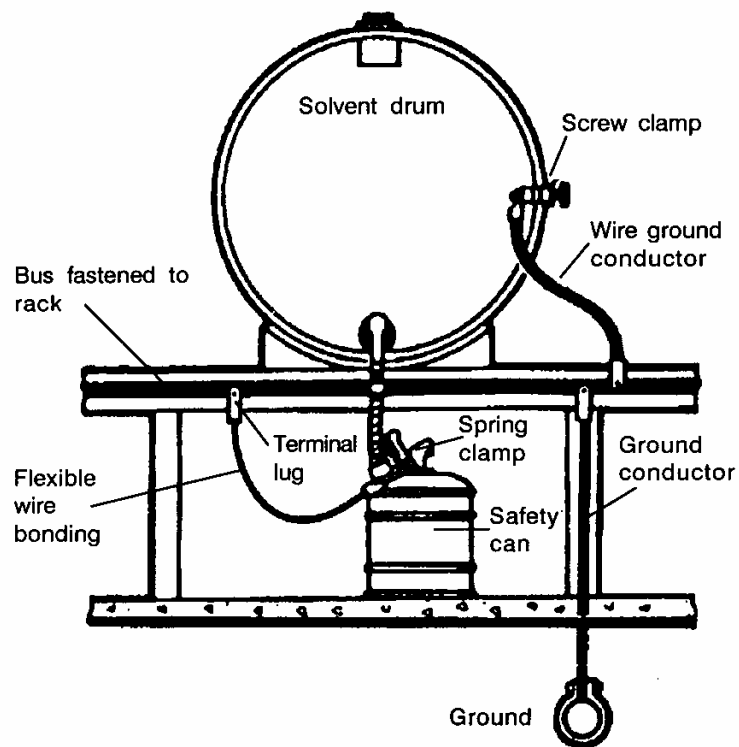
## 2. Grounding Plant Equipment

อุปกรณ์ทุกชิ้นที่นำไฟฟ้าและเกี่ยวข้องกับสารไวไฟ จะต้องต่อสายดิน(Grounding) เพื่อป้องกันการสะสมของประจุไฟฟ้าสถิต(Electrostatic Charge)และลดความเป็นไปได้ในการเกิดการจุดติดไฟ (Ignition)จากการเกิดประกายไฟของประจุไฟฟ้าสถิต เครื่องมือและอุปกรณ์ที่นำไฟฟ้าได้รวมถึง ท่อ vessel ภาชนะบรรจุ เครื่องกวาด เครื่องสูบลำ (pump) วาล์ว ข้อต่อ หน้าแปลนและอุปกรณ์เชื่อมต่อของอุปกรณ์เหล่านี้ จะต้องต่อลงดิน(grounding)

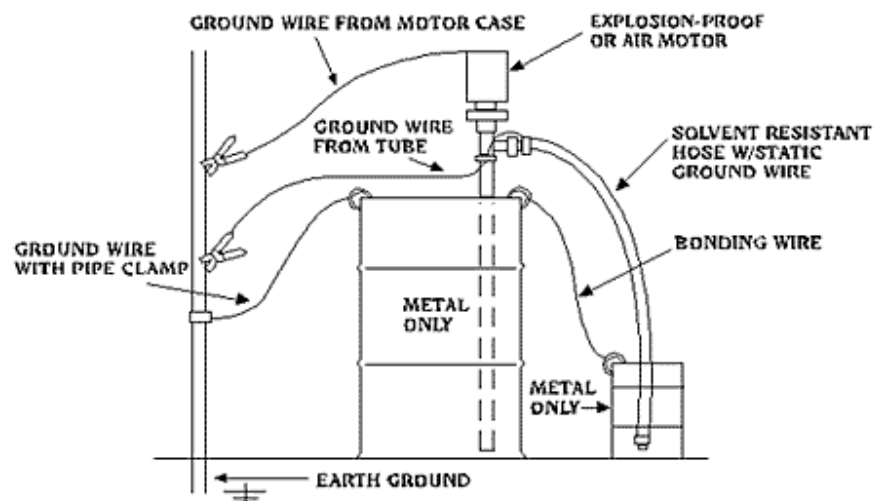
การถ่ายเทของเหลวจากภาชนะหนึ่งไปยังอีกภาชนะหนึ่งจะเป็นผลให้เกิด ไฟฟ้าสถิตและประกายไฟ เพื่อเป็นการป้องกันการเกิดไฟฟ้าสถิตและการเกิดประกายไฟซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดเพลิงไหม้ จึงมีความสำคัญยิ่งในการต่อเชื่อม (bonding) ถังส่งและถังรับที่เป็นโลหะก่อนที่จะทำการถ่ายเท



การ bonding ทำได้โดยการทำการต่อเชื่อมทางไฟฟ้า จากภาชนะโลหะหนึ่งไปยังอีกภาชนะโลหะอีกใบหนึ่ง เพื่อให้ภาชนะทั้งสองมีศักย์ทางไฟฟ้าที่เท่ากัน ก็จะไม่ทำให้เกิดการ spark วิธีที่ดีที่สุดในการเชื่อมต่อภาชนะคือการใช้แถบโลหะหรือลวดโลหะพิเศษเชื่อมต่อภาชนะทั้งสองให้แน่นหนา



การต่อสายดินและการต่อสายเชื่อม(Bonding)ในการถ่ายเทของเหลวไวไฟ



การต่อสายดินและการต่อสายเชื่อม(Bonding)ในการถ่ายเทของเหลวไวไฟโดยใช้ Pump

การต่อเชื่อม(bonding) สามารถทำได้อีกวิธีหนึ่งโดยการให้ส่วนที่เป็นโลหะของภาชนะบรรจุทั้งสองสัมผัสกัน หรือสัมผัสกันระหว่างภาชนะโลหะกับหัวจ่ายที่นำไฟฟ้า(conducting nozzle) แต่สองวิธีนี้ไม่สามารถวางใจได้ เพราะว่าการสัมผัสทางไฟฟ้าที่ดึ้นยากที่จะรักษาไว้ได้ระหว่างการถ่ายเท

ในบริเวณเก็บและจ่ายของเหลวไวไฟ ถึงจ่ายต้องต่อลงดิน การต่อลงดินทำได้โดยเชื่อมต่อภาชนะบรรจุกับวัสดุนำไฟฟ้าที่ฝังลงในดิน เช่น แผ่นเหล็ก ท่อน้ำใต้ดิน ท่อแก๊สใต้ดิน หรือโครงสร้างโลหะที่อยู่ในดิน

การต่อเชื่อม(bonding) ภาชนะทั้งสองและต่อลงดินจะทำให้การถ่ายประจุ สมบูรณ์และป้องกันการเกิดประกายไฟ จุดเชื่อมต่อในการ bonding และ grounding จะต้องเป็นโลหะเปลือยกับโลหะเปลือย โดยต้องทำ ความสะอาดจุดสัมผัสให้สิ่งสกปรก สนิม สี หลุดออกไปทั้งหมด

ภาชนะที่ทำด้วยโลหะหรือพลาสติกชนิดที่นำไฟฟ้าต้อง bonding ถ้าภาชนะบรรจุที่ทำจากวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้า เช่น พลาสติกpolyethylene หรือแก้ว การต่อลงดินไม่มีความจำเป็นและถึงจะต่อลงดินก็ไม่มีความผลอะไร

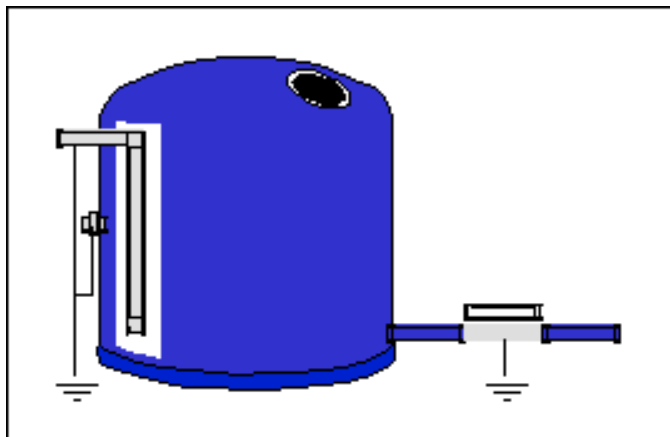


Fig. 1 - Grounding for Nonconductive Vessels

**ข้อควรระวังเป็นพิเศษเมื่อ เต็ม บรรจุ ของเหลวไวไฟลงในภาชนะที่ไม่เป็นตัวนำ**

ถ้าของเหลวนั้นนำไฟฟ้า การบรรจุ การ handling ภาชนะพลาสติกหรือภาชนะอื่นที่ไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า สามารถเกิดอันตรายได้ การกระลอก การปั่นป่วน(splash,turbulance) ของของเหลวในภาชนะบรรจุสามารถเกิดประกายไฟฟาสถิตได้ในของเหลวหรือส่วนที่นำไฟฟ้าของภาชนะที่ไม่ได้ต่อลงดิน ประกายไฟที่มีพลังงานเพียงพอที่จะจุดติดไอสารไวไฟในอากาศที่อยู่ในช่วงติดไฟ (flammable range)

สำหรับภาชนะขนาดกลาง(19-227 ลิตร) แนะนำให้ต่อส่วนที่เป็นโลหะทุกส่วนบนภาชนะลงดิน (รวมถึงพื้นผิวใกล้เคียงที่ที่นำไฟฟ้าที่ภาชนะจะไปสัมผัสได้) และบรรจุของเหลวลงภาชนะจากด้านล่างด้วยท่อโลหะ(Dip pipe)ที่ต่อลงดิน วิธีนี้จะช่วยลดปริมาณของไฟฟ้าสถิตที่จะเกิดขึ้นและจะทำให้ประจุกระจายตัวไปตลอดท่อโลหะ

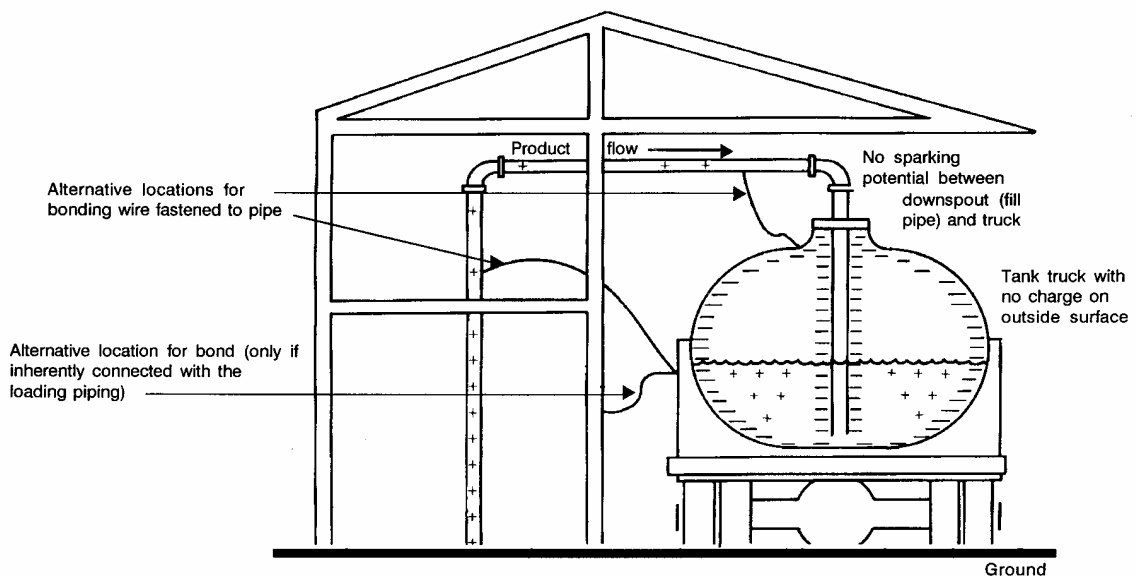
เมื่อบรรจุของเหลวไวไฟในภาชนะที่ไม่นำไฟฟ้าชนิดที่ยกหิ้วได้ NFPA แนะนำให้ต่อ dip pipe ลงดินหรือใช้ลวดโลหะที่ต่อลงดินจุ่มลงในของเหลวในภาชนะที่บรรจุ

การต่อเชื่อมหรือต่อลงดิน(bonding and grounding) มีความจำเป็นเมื่อมีการจ่ายของเหลวไวไฟหรือของเหลวติดไฟที่ร้อนจากถังเก็บไปยังภาชนะที่นำไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กกว่า เมื่อใดที่มีการถ่ายเทของเหลวเหล่านี้ระหว่างภาชนะที่นำไฟฟ้าในพื้นที่ทำงาน เช่น เมื่อบรรจุหรือ drain dip tank, mixer ถังถังหรืออุปกรณ์อื่นๆ ให้ bond ทั้งภาชนะทั้งสองเข้าด้วยกันและ ground ภาชนะใดภาชนะหนึ่ง ตรวจสอบที่ bond และ ground เพื่อให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์ ใช้งานได้

### 3. การควบคุมความเร็ว อัตราการไหลในการบรรจุและการกวนผสม

การไหล การเคลื่อนที่อย่างอิสระของของเหลวไวไฟและของเหลวติดไฟในระหว่างการบรรจุ การเติมลงในภาชนะบรรจุหรือ vessel จะเกิดการกระลอก การกระเซ็น ซึ่งจะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าสถิตบนของเหลว

เพื่อลดศักยภาพในการเกิดอันตราย การบรรจุ การเติมจะต้องใช้วิธีเติมจากด้านล่าง(Bottom filling)โดยเติมเข้าทางช่องเติมด้านล่างของภาชนะ หรือใช้ grounded conductive dip pipe dip pipe เป็นท่อที่ต่อจากช่องเติมด้านบนลงไปจนเกือบถึงก้นถัง เพื่อให้ปลายท่อจุ่มอยู่ในของเหลวทันทีที่เติมของเหลวลงไป เพื่อลดการปั่นป่วนหรือการกระจายตัวของของเหลวให้น้อยที่สุด





สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม

สำหรับ dip pipe ชนิดที่เคลื่อนย้ายได้ที่ใช้กับภาชนะขนาดเล็ก ปลายท่อต้องออกแบบให้มีปลายทู่ เพื่อลดโอกาสที่จะทำความเสียหายให้กับภาชนะ

การจำกัดความเร็วในระหว่างการเติมลงใน vessel หรือภาชนะบรรจุ จะช่วยลดการกระฉอกและการกระจายตัว จะช่วยลดการเกิดประจุไฟฟ้าสถิตได้ การลดความเร็วในการเติมสามารถทำได้โดยการลดอัตราการสูบลำของปั๊ม ลดความดันที่ใช้ในการถ่ายเทหรือการควบคุมด้วยวาล์ว เมื่อบรรจุของเหลวที่มีการนำไฟฟ้าต่ำ(น้อยกว่า 50 picoSiemens,pS) ต้องให้ ground dip pipe เชื่อมอยู่ในของเหลวต่อไปอย่างน้อย 30 วินาทีหลังจากการถ่ายเทสิ้นสุดลง

การลดอัตราการเกิดไฟฟ้าสถิตจากการกวนหรือการเขย่า ในการผสม ก็สามารถทำได้โดยการลดอัตราการกวนหรือลดความเร็วในการเขย่า

#### 4. การเติมสารเฉื่อย(Inerting)

เป็นการใช้ inert gas เช่น Nitrogen, Argon หรือ Carbon dioxide ใส่งใน vessel หรือภาชนะบรรจุ เพื่อลด oxidant concentration หรือลดปริมาณออกซิเจนให้อยู่ในระดับที่การลุกไหม้ไม่สามารถเกิดขึ้นได้.

แปลและเรียบเรียงโดย นายทศพล ชันตรีสิงห์ นักวิทยาศาสตร์

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง

1. Handling Flammable Liquids. James C. Mulligan  
Chilworth Technology,Inc. Julu 2003
2. How Do I Work Safely With Flammable and Combustible Liquids ? (Static Electricity)  
Canadian Center for Occupational Health and Safety.