การออกแบบโรงงานเพื่อความปลอดภัยและมีความง่ายต่อการปฏิบัติงาน

Plant Design for Safety and User Friendly: Limitation Effects Approach

ฉัตรชัย กันยาวุธ[1]

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

โทรศัพท์: 0 2549 4603 โทรสาร: 0 2549 4600 E-mail: kchat@access.rit.ac.th

1. บทนำ

นับตั้งแต่อดีตมาจนปัจจุบันอุบัติภัยที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีกระบวนการผลิตเกี่ยวข้องกับการใช้สารเคมีพบว่ามีสาเหตุหลักมาจากการทำงาน หรือการตัดสินใจที่ผิดพลาดของพนักงานงานควบคุมการผลิต พนักงานซ่อมบำรุง รวมไปถึงการวิบัติของอุปกรณ์ต่างๆ ในกระบวนการผลิต ดังนั้นการลดการเกิดอุบัติภัยในกระบวนการผลิตจึงมักจะมุ่งไปที่การหาวิธีการลดความผิดพลาดจากสาเหตุดังกล่าว ซึ่งพบว่าการทำเช่นนี้ส่งผลให้การควบคุมการผลิตและการซ่อมบำรุงมีความซับซ้อนมากขึ้นและไม่มีสิ่งใดสามารถรับรองได้ว่าพนักงานเหล่านี้จะไม่ทำงานผิดพลาดอีกตลอดการทำงานทั้งวัน รวมถึงการทำงานในแต่ละวัน การคาดหวังว่าพนักงานจะไม่ทำงานผิดพลาดก็เปรียบเสมือนการที่ผู้ประกอบการหรือเจ้าของโรงงานกำลังเล่นเก้าอี้ดนตรี โดยที่ไม่มีสิ่งใดที่จะให้ความมั่นใจได้ว่า ผู้เล่นสามารถจะครอบครองเก้าอี้ได้ตลอดกาล โดยความเป็นจริงแล้วกระบวนการผลิตสามารถที่จะถูกปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและมีความปลอดภัยสูงขึ้นในภายหลังได้ แต่ทั้งนี้ควรจะเป็นการดำเนินการโดยวิศวกรหรือหน่วยงานที่มีความรู้และมีประสบการณ์ในการออกกระบวนการผลิตเท่านั้น ไม่ควรปล่อยให้การปรับปรุงกระบวนการผลิตเป็นหน้าที่โดยตรงของพนักงานงานควบคุมการผลิตหรือพนักงานซ่อมบำรุง วิศวกรหรือหน่วยงานที่ทำการออกแบบโรงงานและกระบวนการผลิตควรจะใช้หลักการหรือแนวทางที่จะออกแบบให้โรงงานมีกระบวนการผลิตและมีกิจกรรมต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการผลิตที่ไม่ซับซ้อนและง่ายต่อการปฏิบัติงานของพนักงานงานควบคุมการผลิตและพนักงานซ่อมบำรุง การออกแบบโรงงานให้มีคุณลักษณะเช่นนี้จะช่วยให้กระบวนการผลิตสามารถทนต่อสภาวะการผลิตที่ไม่ผิดปกติมากได้ในระดับที่มีผลกระทบไม่มากต่อความปลอดภัย ประสิทธิภาพและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกรณีที่พนักงานควบคุมการผลิตทำงานผิดพลาด

การออกแบบโรงงานและกระบวนการผลิตให้มีความปลอดภัยและมีความง่ายในการปฏิบัติงานและควบคุมการผลิตมีหลายแนวทางและมีรายละเอียดมาก ดังนั้นบทความนี้จะเน้นเฉพาะหลักการออกแบบโรงงานและกระบวนการผลิตโดยใช้แนวทางการลดและจำกัดผลกระทบที่มีผลต่อความปลอดภัยในการปฏิบัติการควบคุมการผลิต

2. หลักการและแนวทางในการออกแบบ

การออกแบบโรงงานและกระบวนการผลิตให้มีความซับซ้อนน้อยซึ่งจะส่งผลให้มีความง่ายต่อการปฏิบัติงานมีหลักการที่ต้องนำมาพิจารณาประกอบกันหลายข้อ หลักการเหล่านี้มีหลายกรณีที่เกี่ยวเนื่องกันจนไม่สามารถพิจารณาแยกออกจากกันได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามหลักการออกแบบโรงงานสามารถแบ่งเป็นหลักใหญ่ๆ ได้ 11 ข้อ ดังต่อไปนี้

[1]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

2.1 มีปริมาณสารเคมีที่เป็นอันตรายในโรงงานหรือบริเวณส่วนการผลิตน้อยที่สุด

วิศวกรส่วนใหญ่ที่ออกแบบกระบวนการผลิตมักจะกำหนดให้มีการเก็บวัตถุดิบที่สารเคมีทั้งที่ไม่เป็นอันตรายและที่เป็นอันตรายไว้ในโรงงานโดยคำนึงถึงประโยชน์ในแง่ของการลดระยะเวลาการในการจัดหาและเตรียมไว้ใช้ในการผลิต อย่างไรก็ตามการมีสารเคมีที่เป็นอันตรายเก็บไว้ในโรงงานเป็นจำนวนมากเป็นสิ่งที่ต้องหลีกเลี่ยงหรือถ้าจำเป็นต้องใช้ จะต้องจำกัดให้มีปริมาณน้อยที่สุดที่จะทำได้ การรั่วของสารเหล่านี้แม้เพียงเล็กน้อยก็สามารถทำให้เกิดอันตรายอย่างร้ายแรงต่อพนักงานของโรงงานและชุมชนที่อยู่รอบๆโรงงาน ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนในกรณีนี้คือการรั่วของสารเคมีที่ใช้เป็นยากำจัดศัตรูพืชที่เมืองโบปาล (Bopal) ประเทศอินเดีย ในปี พ.ศ. 2527 อุบัติภัยครั้งนี้ทำให้มีคนเสียชีวิตไปถึงกว่า 2,000 คน นอกจากนี้แล้วการเก็บสารเคมีที่เป็นอันตรายไว้ในโรงงานในปริมาณที่มากจะทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บและติดตั้งระบบอุปกรณ์นิรภัยเพื่อป้องกันและรักษาความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น

2.2 ใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายน้อยกว่าทดแทน

กรณีที่ไม่สามารถลดปริมาณสารเคมีที่เป็นอันตรายในกระบวนการผลิตได้ การออกแบบกระบวนการผลิตให้สามารถใช้สารเคมีอื่นที่ไม่เป็นอันตรายหรือเป็นอันตรายน้อยกว่ามาใช้ในกระบวนการผลิตแทนสารเคมีที่เป็นอันตรายก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถลดการเกิดอุบัติภัยในโรงงานได้ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนคือการเปลี่ยนจากการใช้สารเคมีเพื่อการทำความเย็นและแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีความไวไฟมาใช้สารเคมีที่ไม่ไวไฟและสามารถทำหน้าที่เหล่านี้ได้

ในทางปฏิบัติการลดปริมาณการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายในกระบวนการผลิตจะเป็นวิธีการที่ดีกว่าการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายน้อยกว่าทดแทนในปริมาณที่มาก เพราะการลดปริมาณสารเคมีที่เป็นอันตรายในกระบวนการผลิตนอกจากจะช่วยลดโอกาสการเกิดอุบัติภัย แล้วยังสามารถลดค่าใช้จ่ายลงจากการใช้ท่อและถังเก็บที่มีขนาดเล็กลงตลอดทั้งช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการทำฐานรากและโครงสร้างรองรับเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต

2.3 สามารถทำการผลิตภายใต้สภาวะที่ไม่ก่อให้เกิดอันตราย

กรณีที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายในกระบวนการผลิตได้ การลดอุบัติภัยอาจทำได้โดยออกแบบกระบวนการผลิตให้สามารถนำสารเคมีเหล่านี้มาใช้ในการผลิตภายใต้สภาวะที่ไม่รุนแรง เช่นการเก็บคลอรีนเหลวและแอมโมเนียเหลวภายใต้สภาวะที่เย็นจัดและที่ความดันบรรยากาศจะช่วยลดการเกิดอุบัติภัยได้ดีกว่าการเก็บสารเหล่านี้ภายใต้สภาวะที่มีความดันสูงและที่อุณหภูมิห้อง อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นได้ดีภายใต้สภาวะที่มีความดันและอุณหภูมิสูง ถ้ากระบวนการผลิตนี้ถูกออกแบบให้ทำการผลิตภายใต้สภาวะที่ไม่รุนแรง (ที่ความดันและอุณหภูมิต่ำๆ) การที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีแล้วได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติและมีปริมาณตามที่ต้องการนั้นอาจทำให้ต้องใช้เวลาในการผลิตนานมาก

2.4 จำกัดผลกระทบที่จะก่อให้เกิดอันตรายในกระบวนการผลิต

การออกแบบกระบวนการผลิตที่สามารถจำกัดผลกระทบที่จะก่อให้เกิดอันตรายในการผลิตได้ง่ายจะช่วยลดโอกาสของการเกิดอุบัติภัยที่ร้ายแรงได้ ตัวอย่างเช่น การรั่วไหลของสารเคมีที่เป็นอันตราย ถ้าการรั่วนั้นเกิดขึ้นจากเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบท่อ (Tubular Reactor) จะก่อให้เกิดอันตรายน้อยกว่าการรั่วที่เกิดจากเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบถัง (Vessel Reactor) เพราะปริมาณของสารเคมีที่รั่วออกมามีน้อยกว่าเนื่องจากถูกจำกัดโดยพื้นที่หน้าตัดของเครื่องปฏิกรณ์แบบท่อและการรั่วก็สามารถทำให้หยุดได้ง่ายและรวดเร็วโดยการปิดวาล์ว

นอกจากนี้แล้วการรั่วที่เกิดขึ้นจากเครื่องปฏิกรณ์เคมีที่สารเคมีอยู่ในสถานภาพที่เป็นก๊าซจะมีอันตรายน้อยกว่ากรณีที่สารเคมีที่รั่วออกมาแล้วอยู่ในสถานภาพที่เป็นของเหลว ทั้งนี้เพราะว่าอัตราการไหลเชิงมวลของก๊าซผ่านรูที่รั่วจะมีน้อยกว่าในกรณีของของเหลว ทำให้การกำจัดสารเคมีที่รั่วทำได้รวดเร็วกว่า

การจำกัดหรือลดผลกระทบที่จะก่อให้เกิดอันตรายในกระบวนการผลิตยังสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนสภาวะของการเกิดปฏิกิริยาในกระบวนการผลิต เช่น การเปลี่ยนอุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือเปลี่ยนขั้นตอนการผลิต การเปลี่ยนขั้นตอนการผลิตของกระบวนการผลิตแบบเป็นกะ (Batch Process) อาจจะทำให้สามารถกำหนดการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับขั้นตอนการผลิตย่อยแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตแบบเป็นกะได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น การลดการเกิดอุบัติภัยที่เกิดขึ้นจากการมีความร้อนมากเกินไปในกระบวนการผลิตเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถทำได้โดยการจำกัดอุณหภูมิของไอน้ำหรือน้ำมันนำความร้อนที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อน

หลักการออกแบบทั้ง 4 ข้อที่กล่าวมาในข้างต้นนั้นเป็นแนวทางสำคัญที่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโรงงานและกระบวนการผลิตควรนำมาใช้เป็นเงื่อนไขเพื่อกำหนดคุณลักษณะของโรงงานที่ต้องการจะสร้าง การใช้หลักการดังกล่าวจะช่วยให้โรงงานและกระบวนการผลิตที่ออกแบบมีความปลอดภัยสูงและมีความง่ายต่อการปฏิบัติงานและควบคุมการผลิต ดังนั้นสามารถลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์นิรภัยและเครื่องมือวัดคุมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันอันตรายจากสารเคมีและกระบวนการผลิต

2.5 หลีกเลี่ยงความซับซ้อน

โรงงานที่มีกระบวนการผลิตที่ไม่มีความซับซ้อนจะมีโอกาสน้อยที่จะเกิดอุบัติภัยที่มีสาเหตุมาจากการทำงานผิดพลาดของพนักงานควบคุมการผลิต โดยทั่วไปแล้วโรงงานประเภทนี้มักจะมีการติดตั้งอุปกรณ์ และเครื่องจักรสำหรับกระบวนการผลิตที่มีขั้นตอนการปฏิบัติงานไม่ซับซ้อนและการควบคุมทำได้ง่าย ดังนั้นจำนวนอุปกรณ์และเครื่องจักรที่ทำงานไม่ถูกต้องจึงมีไม่มากทำให้การตรวจสอบและแก้ไขการทำงานที่ไม่ถูกต้องของเครื่องจักรเหล่านั้นทำได้รวดเร็ว

เหตุผลหลักที่ทำให้โรงงานที่ถูกออกแบบมาแล้วกระบวนการผลิตมีความซับซ้อนคือวิศวกรที่ออกแบบพยายามกำหนดและเลือกวิธีที่ดีที่สุดในการป้องกันอันตรายและอุบัติภัยที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในระหว่างขั้นตอนการผลิต แนวทางที่นิยมใช้คือการติดตั้งอุปกรณ์นิรภัยต่างๆ นอกจากนี้แล้วยังมีหลายปัจจัยที่ทำให้การกระบวนการผลิตมีความซับซ้อน ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่

- ในระยะแรกของการออกแบบกระบวนการผลิตที่ไม่สามารถระบุได้ว่าอะไรที่เป็นสาเหตุที่จะก่อให้เกิดอันตรายและอะไรเป็นปัญหาที่จะเกิดขึ้นในระหว่างการทำการผลิต เมื่อปัญหาเหล่านี้ถูกค้นพบในขั้นตอนสุดท้ายของการออกแบบ การที่จะกลับไปเริ่มต้นออกแบบใหม่มักจะทำไม่ได้ ดังนั้นวิธีการแก้ปัญหาก็จะทำโดยการออกแบบระบบป้องกันอันตรายและติดตั้งอุปกรณ์นิรภัยเพิ่มเติมเข้าไปในกระบวนการผลิตที่กำลังออกแบบ
- การออกแบบกระบวนการผลิตแบบกระบวนการเดี่ยวให้มีความสามารถทำการผลิตผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด กระบวนการที่มีคุณลักษณะเช่นนี้และจำเป็นต้องมีระบบการป้อนวัตถุดิบเข้ามาสู่อุปกรณ์การผลิตโดยผ่านระบบท่อที่มีจุดเชื่อมต่อกันหลายจุด ทำให้มีโอกาสที่จะเกิดการรั่วไหลของสารเคมีได้ โดยเฉพาะถ้าหากว่าสภาวะการไหลของสารเคมีเหล่านั้นสามารถก่อให้เกิดความเค้น (stress) ให้แก่ระบบท่อได้เช่นการยืดหรือหดตัวของท่อเมื่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของของเหลวในท่อมีค่ามาก นอกจากนี้แล้วการไม่สามารถหลีกเลี่ยงการติดตั้งวาล์วควบ

- คุมการไหลจำนวนมากในระบบท่อก็เป็นสาเหตุสำคัญที่จะก่อให้เกิดอันตรายในระหว่างการผลิตได้โดยเฉพาะถ้าการติดตั้งวาล์วเหล่านั้นทำได้ไม่ถูกต้องตามข้อกำหนดของผู้ผลิตวาล์ว
- ใช้หลักการที่ล้าสมัยและไม่จำเป็นในการออกแบบโรงงานและกระบวนการผลิต
- การออกแบบที่มีระบบการป้องกันอุบัติภัยมากเกินความจำเป็น

จากหลายสาเหตุที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น จะเห็นได้ว่าการใช้แนวทางที่สามารถลดปริมาณการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายในกระบวนการผลิตและลดการเก็บสารเหล่านี้ไว้ในบริเวณโรงงานตลอดจนการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายน้อยกว่าทดแทนสารเคมีที่มีอันตรายสูงในกระบวนการผลิตจะช่วยลดการติดตั้งระบบป้องกันอุบัติภัยลงได้อย่างมากและทำให้โรงงานมีความซับซ้อนน้อยลงรวมทั้งมีความง่ายในการปฏิบัติการและการควบคุมการผลิต

2.6 จำกัดผลกระทบแบบลูกโซ่

โรงงานที่มีความปลอดภัยสูงและง่ายต่อการปฏิบัติการควรจะถูกออกแบบให้สามารถป้องกันหรือลดการเกิดผลกระทบแบบลูกโซ่หรือการเกิดอุบัติภัยแบบโดมิโนได้ ตัวอย่างของกรณีนี้ได้แก่การออกแบบให้มีระบบป้องกันการลุกลามของไฟเมื่อเกิดเพลิงไหม้ในแต่ละหน่วยการผลิตของโรงงาน การเก็บสารเคมีที่ง่ายต่อการติดไฟไว้ในที่โล่งแจ้งก็จะช่วยลดการเกิดเพลิงไหม้ในโรงงานได้ถ้ามีการรั่วของสารเคมีประเภทนี้ เพราะลมธรรมชาติจะลดปริมาณการสะสมของสารไวไฟในบริเวณโรงงานได้โดยเฉพาะรอบๆ บริเวณถังที่เก็บสารเคมีนั้น

2.7 มีโอกาสผิดพลาดในการติดตั้งอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตน้อย

การออกแบบโรงงานโดยยึดหลักการนี้จะช่วยลดการเกิดอุบัติภัยในระหว่างทำการผลิตได้ เช่นการกำหนดให้วาล์วของระบบท่อทางเข้าของเครื่องอัดความดัน (Compressor) ไม่ให้มีจุดเชื่อมต่อภายใน (Interchange) กับวาล์วด้านทางออกของเครื่องอัดความดัน การทำเช่นนี้พนักงานควบคุมการผลิตจะมีโอกาสที่เปิดปิดวาล์วผิดพลาดน้อยลงโดยเฉพาะการปิดวาล์วทางออกแทนที่จะเปิดวาล์วนี้

2.8 สามารถตรวจสอบสถานภาพของอุปกรณ์การผลิตได้ง่าย

การออกแบบโรงงานและกระบวนการผลิตให้การตรวจสอบสถานภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในกระบวนการผลิตทำได้ง่ายจะช่วยลดสภาวะที่เป็นอันตรายในระหว่างการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพและเมื่อมีอุบัติภัยเกิดขึ้นการควบคุมสถานการณ์จะทำได้อย่างรวดเร็ว การตรวจสอบสถานภาพของกระบวนการผลิตจะทำได้ง่ายเมื่อวิศวกรหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องออกแบบให้สามารถใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตที่มีขั้นตอนการทำงานและการควบคุมที่ไม่ยุ่งยากสำหรับกระบวนการผลิตนั้นๆ ได้ เพราะโดยทั่วไปแล้วเครื่องจักรและอุปกรณ์เหล่านี้จะมีคุณสมบัติที่ง่ายต่อการตรวจสอบสถานภาพว่ามีการติดตั้งถูกต้องตามหลักการและข้อกำหนดของบริษัทผู้ผลิตและหน่วยงานที่ออกแบบโรงงานและกระบวนการผลิตกำหนดไว้หรือไม่ การทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในขณะนั้นเป็นอย่างไร เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตอยู่ในสถานภาพปิดหรือเปิด

2.9 สามารถปฏิบัติงานได้ในสภาวะการผลิตที่แตกต่างจากสภาวะการผลิตปกติ

การเลือกเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตนอกจากจะต้องให้มีคุณสมบัติที่ง่ายต่อการปฏิบัติงานและการควบคุมแล้วคุณสมบัติอีกอย่างหนึ่งของเครื่องจักรและอุปกรณ์เหล่านี้ที่ควรจะต้องมีคือทนต่อการทำการผลิตที่สภาวะแตกต่างไปจากสภาวะการทำการผลิตตามปกติได้ในระดับหนึ่ง ดังนั้นโรงงานและกระบวนการผลิตจะ

มีความปลอดภัยมากขึ้นเมื่อพนักงานควบคุมการผลิตทำงานผิดพลาดเพราะการป้องกันและลดอันตรายจากอุบัติภัยจะมีโอกาสทำได้สูง อย่างไรก็ตามการเลือกเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตที่สามารถปฏิบัติงานได้แทบทุกสภาวะนั้นเป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยงเพราะจะทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนสำหรับการออกแบบโรงงานให้มีความสามารถทนต่อการทำงานที่สภาวะผิดปกติได้ในระดับหนึ่งคือการออกแบบระบบท่อให้มีความยืดหยุ่นต่อการขยายตัวและหดตัวของท่อในกรณีที่ของเหลวในท่อมีอุณหภูมิเย็นจัดหรือร้อนจัด การขยายตัวและหดตัวของท่อที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของของเหลวจะทำให้เกิดความเค้นสูงในระบบท่อและมักจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการรั่วของของเหลวได้ที่จุดที่เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตมีท่อมาเชื่อมต่อโดยเฉพาะวาล์ว การออกแบบเพื่อให้ระบบท่อมีความยืดหยุ่นสูงสามารถทำได้โดยกำหนดให้มีการเปลี่ยนทิศทางของท่อมากกว่าหนึ่งระนาบ (Plane) นอกจากนี้แล้วถ้าไม่มีข้อจำกัดเฉพาะสำหรับการเลือกวัสดุที่ใช้ การเลือกใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตที่ทำจากโลหะจะมีความปลอดภัยมากกว่าการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตที่ทำจากแก้วและพลาสติก

2.10 มีระบบการควบคุมที่ง่ายและไม่มาก

การออกแบบกระบวนการให้สามารถลดการติดตั้งเครื่องมือวัดคุมแบบอัตโนมัติจะช่วยให้โรงงานมีความซับซ้อนน้อยและง่ายต่อการปฏิบัติงาน การควบคุมกระบวนการผลิตสามารถทำได้โดยวิธีการทางกายภาพถ้าหากว่าในขั้นตอนเริ่มต้นของการออกแบบจะได้คำนึงถึงหลักเกณฑ์นี้ ตัวอย่างของการลดการติดตั้งเครื่องมือวัดคุมแบบอัตโนมัติได้แก่ การออกแบบให้การไหลของของเหลวสายหนึ่งสามารถนำมาใช้ควบคุมการไหลของของเหลวอีกสายหนึ่งได้โดยการใช้เครื่องควบคุมแบบอัตราส่วน (Ratio controller) โดยทั่วไปแล้วกระบวนการผลิตที่มีการตอบสนองช้าต่อกาเปลี่ยนแปลงสภาวะและเงื่อนไขการผลิตจะมีความปลอดภัยสูงกว่ากระบวนการผลิตที่ตอบสนองเร็ว อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตทั่วไปจะมีระยะเวลาของการตอบสนองโดยรวมมาก (Process time constant and dead time) ทำให้การตอบสนองของกระบวนการเป็นไปอย่างช้า นอกจากนี้แล้วกระบวนการผลิตที่มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาช้าลงเมื่ออุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์เคมีเพิ่มขึ้นจะมีความปลอดภัยมากว่า อย่างไรก็ตามหลักเกณฑ์นี้ไม่สามารถนำมาใช้ได้กับกระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีทุกกระบวนการและการลดการติดตั้งเครื่องมือวัดคุมแบบอัตโนมัติที่เครื่องปฏิกรณ์เคมีเป็นสิ่งที่ถูกหลีกเลี่ยงถ้าความต้องการเรื่องการเพิ่มความปลอดภัยในการควบคุมการผลิตมีความสำคัญในระดับสูง

2.11 มีระบบการตรวจสอบและฝึกอบรม

โดยทั่วไปแล้วถึงแม้ว่าโรงงานที่ออกแบบจะมีความปลอดภัยในการปฏิบัติงานสูง แต่ความปลอดภัยในระดับที่คาดหวังไว้จะไม่มีโอกาสบรรลุถ้าหากว่าไม่มีการออกแบบระบบการตรวจสอบความผิดพลาดที่คาดว่าจะมีโอกาสเกิดขึ้น การกำหนดวิธีการฝึกอบรมที่มีประสิทธิภาพให้กับพนักงานทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและซ่อมบำรุงให้มีความเข้าใจต่อกระบวนการผลิตและการปฏิบัติงานอย่างไรเพื่อความปลอดภัยก็จะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดการเกิดอุบัติภัยในโรงงานได้มาก นอกจากนี้แล้วการลดปริมาณการสำรองอะไหล่ของเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตเป็นสิ่งจำเป็น ถ้าไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ควรจำกัดให้มีน้อยทั้งชนิดและปริมาณ เพราะมีโอกาสสูงที่พนักงานซ่อมบำรุงจะนำอะไหล่เหล่านี้มาใช้งานและติดตั้งกับเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตผิดประเภทเนื่องจากไม่ต้องการเสียเวลารอคอยอะไหล่ที่ต้องสั่งซื้อ ถึงแม้ว่าการใช้อะไหล่กับเครื่องจักรผิดประเภทจะสามารถทำให้ซ่อมเครื่องจักรได้ในระยะเวลาอันสั้นแต่โอกาสที่เครื่องจักรเหล่านั้นจะทำงานผิดปกติมีสูงและจะก่อให้เกิดอันตรายอย่างร้ายแรงได้ง่าย

3. การออกแบบโรงงานโดยคำนึงถึงการจำกัดผลกระทบที่จะก่อให้เกิดอันตรายในกระบวนการผลิต

ผลกระทบที่จะก่อให้เกิดอันตรายในกระบวนการผลิตได้แก่ การทำงานผิดพลาดของเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิต เครื่องมือวัดคุมแบบอัตโนมัติ รวมไปถึงพนักงานทุกฝ่ายที่มีกิจกรรมเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต การจำกัดผลกระทบเหล่านี้ควรจะทำโดยการเลือกเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตให้เหมาะสมหรือการเปลี่ยนสภาวะการเกิดปฏิกิริยาเคมี ควรพยายามหลีกเลี่ยงการจำกัดผลกระทบที่จะก่อให้เกิดอันตรายจากกระบวนการผลิตโดยการเพิ่มอุปกรณ์นิรภัยเพื่อการป้องกันการเกิดอุบัติภัยโดยไม่จำเป็นเพราะจะทำให้โรงงานและกระบวนการผลิตมีความซับซ้อนมากขึ้น

3.1 ออกแบบและเลือกเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตที่เหมาะสม

อุบัติภัยที่เกิดขึ้นได้ง่ายในระหว่างการดำเนินการผลิตและการขนถ่ายสารเคมีและผลิตภัณฑ์ที่เป็นอันตรายนั้นมักจะมาจากการรั่วที่จุดเชื่อมต่อของท่อ การป้องกันการรั่วของสารเคมีสามารถทำได้ได้โดยการเลือกใช้ที่ป้องกันการรั่ว (Gasket) ที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น กรณีที่การขันโบล์ทให้แน่นนั้นทำไม่ถูกต้อง การเลือกใช้ที่กันรั่วแบบเกลียวพัน (Spiral-wound gasket) จะสามารถลดปริมาณสารเคมีที่รั่วได้ดีกว่าใช้ที่กันรั่วแบบไฟเบอร์ (Fiber gasket) ในกรณีที่การรั่วไหลของสารเคมีนั้นเกิดขึ้นที่ถังเก็บที่มีเขื่อนกั้น (Dike) และถ้าสารเคมีที่รั่วนี้ระเหยได้ช้า การจำกัดบริเวณอันตรายที่เกิดจากการปกคลุมของสารเคมีที่รั่วนั้นทำได้โดยออกแบบไม่ให้มีพื้นที่รอบๆ ถัง (ภายในเขื่อนกั้น) มากเกินความจำเป็น โดยปกติแล้วถ้ามีถังเก็บสารเคมีหลายถังอยู่ในบริเวณเดียวกัน การออกแบบเขื่อนกั้นล้อมรอบถังเหล่านั้นไว้ทั้งหมดจะนิยมออกแบบให้มีปริมาตรที่จะเก็บสารเคมีที่รั่วไว้ภายในเขื่อน (พื้นที่ทั้งหมดที่เขื่อนกั้นคูณความสูงของเขื่อน) ให้เท่ากับปริมาตรของถังเก็บใบที่ใหญ่ที่สุดในบริเวณนั้น วิธีการออกแบบเขื่อนกั้นตามแนวทางนี้มีข้อดีคือลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเขื่อนกั้นถังแต่ละใบ แต่จะทำให้มีพื้นที่ให้สารเคมีที่รั่วออกมาปกคลุมมาก การลดพื้นที่ปกคลุมจากสารเคมีที่รั่วสามารถทำได้โดยการทำเขื่อนกั้นล้อมถังแต่ละใบซ้อนอยู่ในเขื่อนกั้นหลัก แต่ถ้าไม่สามารถทำได้ก็ให้ทำเขื่อนกั้นเฉพาะถังเก็บใบที่ใหญ่ที่สุดซ้อนไว้อีกชั้น โดยออกแบบให้ความสูงของเขื่อนกั้นที่ทำซ้อนนี้สูงน้อยกว่าความสูงของเขื่อนหลัก เพื่อให้เกิดการไหลล้นไปยังเขื่อนกั้นซ้อนของถังอื่นได้ในกรณีที่ปริมาตรของสารเคมีที่รั่วออกมาจากถังใบนั้นมีมากกว่าปริมาตรที่เขื่อนกั้นซ้อนของถังใบนั้นจะรองรับได้ อย่างไรก็ตามทางเข้าออกของเขื่อนกั้นหลักและเขื่อนกั้นซ้อนจะต้องออกแบบให้เข้าถึงได้ง่ายและไม่มีสิ่งกีดขวาง นอกจากนี้แล้วควรหลีกเลี่ยงการติดตั้งระบบท่อและวาล์วที่มีขนาดใหญ่เกินความจำเป็น เพราะเมื่อท่อเกิดการแตกหักหรือมีรอยรั่วของเหลวที่รั่วออกมาท่อขนาดใหญ่จะปริมาณมากกว่ากรณีที่รั่วจากท่อขนาดเล็ก

3.2 เปลี่ยนสภาวะการเกิดปฏิกิริยาเคมี

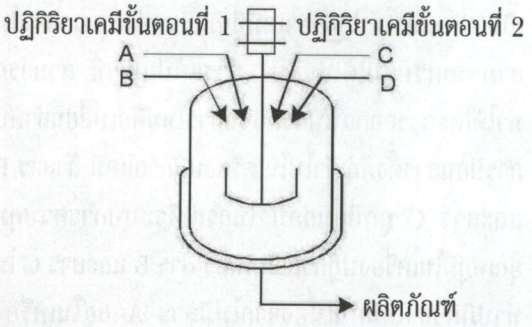
3.2.1 ใช้เครื่องปฏิกรณ์เคมีเฉพาะแต่ละขั้นตอนย่อย ของการเกิดปฏิกิริยาเคมี

การออกแบบให้กระบวนการผลิตที่มีขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเคมีมากกว่าหนึ่งขั้นตอนเกิดขึ้นในเครื่องปฏิกรณ์เคมีเครื่องเดียวมีโอกาสที่จะเกิดอันตรายได้ถ้าหากว่าการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาเคมีไม่สามารถทำได้โดยมีสาเหตุเนื่องมาจากการทำงานผิดพลาดของพนักงานควบคุมการผลิตหรือการทำงานผิดปกติของเครื่องมือวัดคุมอัตโนมัติ ตัวอย่างต่อไปนี้เป็นกระบวนการผลิตที่ถูกออกแบบให้มีปฏิกิริยาเคมี 2 ขั้นตอนในเครื่องปฏิกรณ์เคมีเครื่องเดียวดังแสดงในรูปที่ 1 สารตั้งต้นที่ใช้ในกระบวนการผลิตนี้มี 4 ชนิดคือสาร A B C และ D ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นแต่ละขั้นตอนสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้

ปฏิกิริยาเคมีขั้นตอนที่ 1 $A + B \rightarrow X$

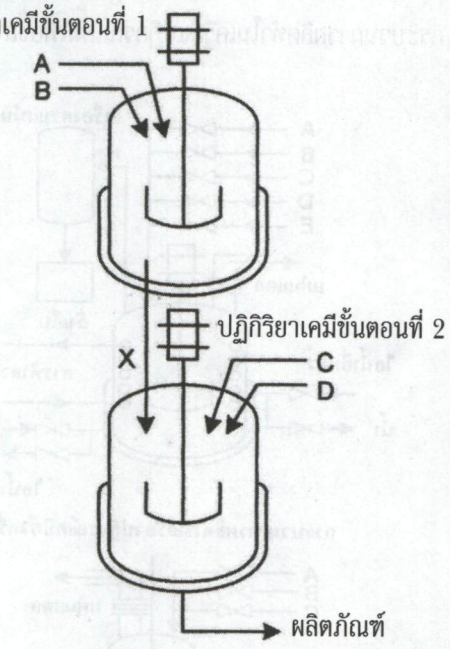
ปฏิกิริยาเคมีขั้นตอนที่ 2 $X + C + D \rightarrow Y$

ถ้าหากว่า เกิดการผิดพลาดในการควบคุมกระบวนการผลิตโดยที่สารตั้งต้น A และสารตั้งต้น B ถูกป้อนเข้ามาในเครื่องปฏิกรณ์เคมีในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาเคมีขั้นตอนที่ 2 หรือในกรณีกลับกันถ้าสารตั้งต้น C และสารตั้งต้น D ถูกป้อนเข้ามาในเครื่องปฏิกรณ์เคมีในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาเคมีขั้นตอนที่ 1 ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในเครื่องปฏิกรณ์เคมีจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและทั้งไม่เป็นไปตามทิศทางที่ต้องการ ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายจากการคายความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีที่ไม่ได้ออกแบบระบบหล่อเย็นไว้ให้เพียงพอ โดยทั่วไปแล้ววิธีการป้องกันอันตรายจากสถานการณ์เช่นนี้ที่นิยมออกแบบไว้คือใช้ระบบป้องกันภายใน (Interlock) และการฝึกอบรมพนักงานควบคุมการผลิตให้เข้าใจขั้นตอนปฏิบัติงาน



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตแบบเป็นกะที่ใช้เครื่องปฏิกรณ์เคมีเครื่องเดียว

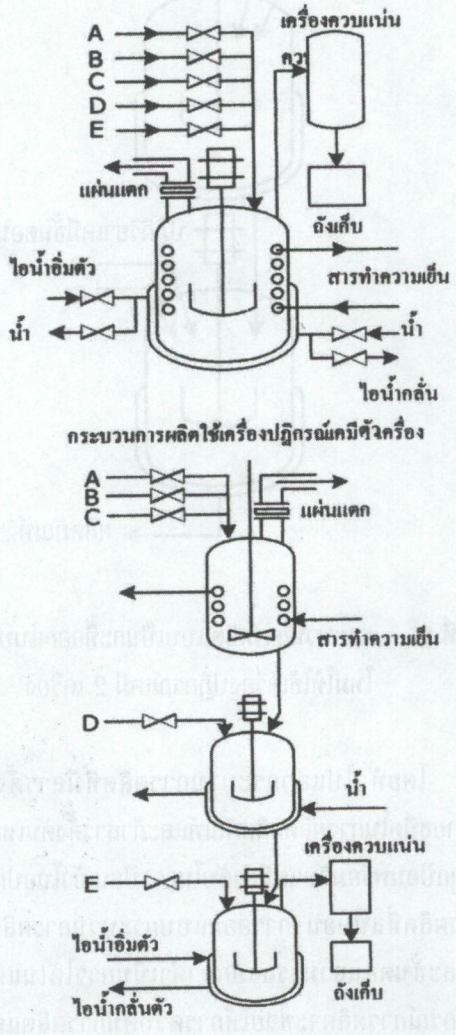
ถึงแม้ว่ากระบวนการผลิตนี้จะมีระบบป้องกันการเติมสารตั้งต้นผิดในการทำปฏิกิริยาเคมีแต่ละขั้นตอน แต่ความผิดพลาดโดยมีสารตั้งต้นผิดประเภทในปฏิกิริยาเคมีขั้นตอนที่ 1 หรือปฏิกิริยาเคมีขั้นตอนที่ 2 ก็ยังคงมีโอกาสเกิดขึ้นได้โดยเฉพาะกรณีที่เครื่องมือวัดคุมอัตโนมัติทำงานผิดปกติจากสาเหตุภายนอกเช่น ไม่มีลมให้กับวาล์วควบคุมหรือไฟฟ้าดับทำให้ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) ไม่สามารถส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของวาล์วควบคุมได้ ปัญหาเหล่านี้สามารถจะแก้ไขได้โดยการออกแบบให้มีการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพียงขั้นตอนเดียวในเครื่องปฏิกรณ์เคมีดังแสดงในรูปที่ 2 การทำเช่นนี้ไม่ได้ทำให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นมามากเท่าใดนัก ในทางตรงกันข้ามจะสามารถทำให้ลดการติดตั้งระบบนิรภัยรวมทั้งลดโอกาสที่จะเกิดอุบัติภัยลงได้อย่างมาก



รูปที่ 2 กระบวนการผลิตแบบเป็นกะที่ออกแบบใหม่ให้ใช้เครื่องปฏิกรณ์เคมี 2 เครื่อง

โดยทั่วไปแล้วกระบวนการผลิตที่มีสารตั้งต้นหลายชนิดในการผลิตผลิตภัณฑ์และถ้าสารตั้งต้นเหล่านี้ไม่ถูกป้อนพร้อมกันแต่มีลำดับในการป้อนเข้าในอุปกรณ์การผลิตที่แน่นอน การออกแบบกระบวนการผลิตให้แต่ละขั้นตอนสามารถแยกมาดำเนินการได้ในแต่ละอุปกรณ์การผลิตจะช่วยให้การควบคุมการผลิตแต่ละขั้นตอนทำได้ง่าย ตัวอย่างการออกแบบกระบวนการผลิตที่มีคุณลักษณะแบบนี้แสดงในรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าเมื่อแบ่งขั้นตอนการผลิตให้สามารถทำในเครื่องปฏิกรณ์เคมี 3 เครื่องจะลดความซับซ้อนในการติดตั้งระบบแลกเปลี่ยนความร้อน ระบบการป้อนสารตั้งต้น ฯลฯ นอกจากนี้

แล้วการแยกขั้นตอนการผลิตย่อยให้ทำในเครื่องปฏิกรณ์เคมีแต่ละเครื่อง จะช่วยให้การควบคุมอันตรายที่อาจจะเกิดจากสารตั้งต้นที่มีความเป็นพิษสูง และการป้องกันสารผลิตภัณฑ์กึ่งกลางที่ง่ายต่อการกลายสภาพไปเป็นสารอื่น (Unstable intermediate product) ทำได้ง่ายกว่ากรณีที่ออกแบบให้ทุกขั้นตอนย่อยของกระบวนการผลิตทำในเครื่องปฏิกรณ์เคมีเพียงเครื่องเดียว



รูปที่ 3 กระบวนการผลิตเดิมที่ใช้เครื่องปฏิกรณ์เคมี 1 เครื่องและกระบวนการผลิต ที่ออกแบบใหม่ใช้เครื่องปฏิกรณ์เคมี 3 เครื่อง

3.2.2 เปลี่ยนขั้นตอนการปฏิบัติงาน

โดยทั่วไปแล้วการป้อนสารเคมีตั้งต้นหลายชนิดเข้าเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบช้าๆ จะช่วยให้การควบคุมการเกิดปฏิกิริยาเคมีทำได้อย่างมีประสิทธิภาพดีกว่าการป้อนสารตั้งต้นเหล่านั้นทั้งหมดเข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์เคมีในระยะเริ่มต้นของการทำปฏิกิริยาเคมี ตัวอย่างสำหรับกรณีนี้ได้แก่ กระบวนการผลิตที่มีสารเคมีตั้งต้น 3 ชนิดคือสาร A B และ C ที่ต้องนำมาทำปฏิกิริยาร่วมกันในเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบเป็นกะ (Batch reactor) โดยสาร A และสาร B ถูกป้อนเข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์เคมีก่อน จากนั้นสาร C จะถูกป้อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์เคมีอย่างช้าๆ ถ้าระบบการควบคุมอุณหภูมิในเครื่องปฏิกรณ์เคมีทำงานผิดปกติ สาร A และสาร B จะทำปฏิกิริยาเคมีกันอย่างรุนแรงจนไม่สามารถควบคุมได้ หรือถ้าหากสาร C ถูกป้อนเข้ามาในเครื่องปฏิกรณ์เคมีมากเกินไปก็จะทำให้ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรงจนไม่สามารถควบคุมได้เช่นกัน การแก้ปัญหานี้ สามารถทำได้โดยการออกแบบกระบวนการใหม่คือเปลี่ยนลำดับการป้อนสารตั้งต้นเข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์เคมี ถ้าสาร B และสาร C ถูกป้อนก่อน ในกรณีที่ระบบการควบคุมอุณหภูมิในเครื่องปฏิกรณ์ล้มเหลว สาร B และสาร C ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกันเนื่องจากไม่มีสาร A อยู่ในเครื่องปฏิกรณ์เคมี ในกรณีที่เครื่องควบคุมการไหลของสาร A ทำงานผิดปกติหรือล้มเหลวอัตราการเพิ่มของสาร A ในระบบก็จะไม่เพิ่มขึ้นมากขึ้นเนื่องจากถูกจำกัดด้วยขนาดของท่อ ทำให้ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นไม่รุนแรงจนไม่สามารถควบคุมได้

สำหรับกระบวนการดูดซึมทั่วไปสารละลายเข้มข้นที่เป็นอันตรายที่เปลี่ยนสภาพได้ง่ายจะถูกเตรียมเก็บไว้ก่อนแล้วจึงถูกสูบขึ้นไปที่ส่วนบนของหอดูดซึม (Absorption tower) จากนั้นทำให้กระจายตัวโดยการพ่น การทำเช่นนี้อาจเกิดอันตรายได้ถ้าระบบเครื่องมือวัดคุมทำงานผิดปกติหรือท่อเกิดการแตกหักแล้วสารละลายอันตรายเข้มข้นนี้รั่วออกมา การออกแบบกระบวนการใหม่โดยการสูบสารละลายเจือจางขึ้นไปที่ส่วนบนของหอ

ดูดซึมแล้วทำให้เข้มข้นทันทีก่อนที่จะทำให้กระจายตัวโดยการพ่น การทำเช่นนี้ถึงแม้จะเพิ่มค่าใช้จ่ายแต่คุ้มค่าเพราะช่วยลดภาระการเก็บสารละลายเข้มข้นที่เป็นอันตรายไว้ในโรงงานเป็นเวลานานๆ

3.2.3 เปลี่ยนสภาวะการผลิต

เป็นที่เข้าใจโดยทั่วไปว่าการทำการผลิตที่อุณหภูมิต่ำจะมีอันตรายน้อยกว่าการทำการผลิตที่อุณหภูมิสูง ความเชื่อนี้ไม่เป็นจริงเสมอไป ตัวอย่างเช่น การค่อยๆ เติมกรดผสมของกรดไนตริกกับกรดซัลฟูริกลงในไนโตรเบนซีน สมมติว่าระบบน้ำหล่อเย็นสำหรับกระบวนการผลิตนี้ไม่ทำงานหลังจากการเติมกรดผสมลงไป ถ้าหากว่าอุณหภูมิเริ่มต้นของปฏิกิริยาเคมีนี้อยู่ที่ 80 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์เคมีจะเพิ่มสูงขึ้นไปถึง 190 องศาเซลเซียส เนื่องจากปฏิกิริยาเคมีของกระบวนการนี้เป็นประเภทคายความร้อนและสารผสมจะเริ่มเสื่อมสลาย (Degradation) ทำให้ปฏิกิริยาเคมีที่ดำเนินต่อไปมีความรุนแรงและอยู่ในสภาวะที่ไม่สามารถควบคุมได้ ในทางกลับกันถ้าอุณหภูมิเริ่มต้นปฏิกิริยาเคมีนี้อยู่ที่ 100 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาเคมีของกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาสั้นๆ หลังจากที่มีการเติมกรดผสมลงไป เมื่อระบบน้ำหล่อเย็นไม่ทำงานอุณหภูมิของปฏิกิริยาเคมีก็จะสูงขึ้นไปที่ 140 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ไม่ทำให้เกิดการเสื่อมสลายของสารผลิตภัณฑ์ ดังนั้นปฏิกิริยาเคมีที่ดำเนินต่อไปจึงไม่รุนแรงและมีเวลาในการควบคุมสถานการณ์และแก้ไขระบบน้ำหล่อเย็น

การกำจัดน้ำที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีโดยทั่วไปแล้วใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น ปฏิกิริยาเคมีที่กรดซัลฟูริกทำกับน้ำจะไม่รุนแรง ถ้า

- อุณหภูมิไม่สูงเกินกว่า 15 องศาเซลเซียสของอุณหภูมิปกติที่ใช้ทำปฏิกิริยา
- ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้ไม่มากเกินไป

การเพิ่มความปลอดภัยในการกำจัดน้ำที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีทำได้โดยการลดความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกที่ใช้

มีปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation reaction) หลายปฏิกิริยาที่ถูกทำให้เกิดในระหว่างกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิใกล้กับอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการระเบิด ดังนั้นการติดตั้งระบบนิรภัยมีความจำเป็นที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ ในปัจจุบันนี้ได้มีการนำเอาตัวเร่งปฏิกิริยามาใช้เพื่อลดการเกิดอันตรายจากการระเบิดได้ เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไซลีน (o-xylene) กับพธัลลิคแอนไฮไดร์ด (Phthalic anhydride)

3.2.4 จำกัดระดับของความร้อนในกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตที่ต้องให้ความร้อนกับสารตั้งต้นเพื่อให้การปฏิกิริยาเคมี การผสม ฯลฯ เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นการเลือกแหล่งให้ความร้อนที่เหมาะสมและไม่ก่อให้เกิดอันตรายจากการมีความร้อนมากเกินไปเป็นเรื่องที่มีความสำคัญ แหล่งให้ความร้อนที่ควรเลือกใช้ได้แก่ น้ำร้อน ไอน้ำอิ่มตัวที่มีความดันต่ำ และเครื่องทำความร้อนแบบขดลวดนำไฟฟ้าที่มีวัตต์ต่ำๆ ถึงแม้ว่าการใช้แหล่งให้ความร้อนประเภทเหล่านี้จะทำให้มีค่าใช้จ่ายมากเพราะเวลาที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนนานขึ้นแต่ประโยชน์ที่ได้รับทดแทนคือการควบคุมปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทในกระบวนการผลิตทำได้ไม่ยุ่งยากและลดโอกาสที่จะเกิดอุบัติภัยจากการเกิดเพลิงไหม้และการระเบิด

4. กำจัดอันตราย

วิธีการที่ดีที่สุดในการจำกัดผลกระทบที่เป็นสาเหตุให้เกิดอุบัติภัยในกระบวนการผลิตจากการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่เป็นอันตรายคือการออกแบบให้ใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์เหล่านี้ให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ถึงแม้ว่าหลักการที่จะกล่าวต่อไปนี้จะไม่ช่วยลดความซับซ้อนของกระบวนการผลิตแต่จะช่วยลดความต้องการใช้เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่เป็นอันตรายในกระบวนการผลิตได้

- ออกแบบระบบการถ่ายทิ้ง (Drainage system) ให้เป็นแบบท่วมเต็ม (Fully flooded drain) การทำเช่นนี้จะช่วยให้ไม่มีช่องว่างเหนือ

ของเหลวที่ถ่ายทิ้ง ทำให้ลดการเกิดการระเบิดได้จากการผสมกับอากาศที่อยู่เหนือของเหลวนั้น (โดยเฉพาะถ้าของเหลวที่กำลังถ่ายทิ้งเป็นสารเคมีที่ไวไฟ)

- ใช้การพ่นอากาศในปริมาณที่มากเกินพอเข้ามาในระบบเพื่อไล่ไอของสารเคมีจะลดการเกิดไฟไหม้และการระเบิดได้มากกว่าการใช้ปั๊มดูดเอาไอของสารเหล่านี้ออกไปเพราะในกรณีที่สารเคมีที่กำลังดูดไล่ออกไปมีความเป็นกรดมาก ไอของกรดเหล่านี้จะกัดกร่อนส่วนต่างๆ ของปั๊ม รวมทั้งสายไฟ ถ้าสายไฟถูกกัดกร่อนมากๆ จะทำให้เกิดการลัดวงจรแล้วตามด้วยการระเบิดของไอกรดจากการที่มีประกายไฟ
- การนำสารผลิตภัณฑ์ปริมาณน้อยๆ ออกมาเพื่อทำการทดสอบก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่สามารถก่อให้เกิดอันตรายได้ ดังนั้นถ้าการทำเช่นนี้สามารถหลีกเลี่ยงได้ก็จะลดการเกิดอุบัติภัยได้มาก

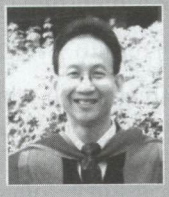
5. สรุป

การออกแบบโรงงานให้มีความปลอดภัยและมีความง่ายต่อการปฏิบัติงานมีหลักการและแนวทางที่ต้องนำมาพิจารณามากมายหลายประการและการนำหลักการเหล่านี้มาใช้ในการออกแบบโดยเฉพาะการใช้แนวทางการจำกัดผลกระทบที่จะก่อให้เกิดอันตรายในกระบวนการผลิตแล้ว อาจพบว่ามีหลายกรณีจะทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเช่นจำนวนของเครื่องปฏิกรณ์เคมีเพิ่มขึ้น แต่คุณค่าที่ได้รับทดแทนจากการลงทุนในส่วนนี้คือกระบวนการผลิตมีความง่ายในการปฏิบัติการและการควบคุมเพราะความจำเป็นในการใช้เครื่องมือวัดคุมอัตโนมัติและอุปกรณ์นิรภัยที่เครื่องปฏิกรณ์เคมีแต่ละเครื่องลดลง นอกจากนี้แล้วการหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายหรือการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายน้อยกว่าทดแทนในกระบวนการผลิต จะช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมให้เหมาะกับการอยู่อาศัยได้ยาวนานขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. T. Kletz, "Plant Design for Safety", Hemisphere Publishing Corporation, London, 1991.
2. D. R. Woods, "Process Design and Engineering Practice", Prentice Hall PTR, New Jersey, 1995.

ประวัติผู้เขียนบทความ



ดร.ฉัตรชัย กันยาวุธ Ph.D., DIC สอนวิชา Chemical Engineering Plant Design และวิชา Process Dynamic and Control เป็นเวลากว่า 5 ปี ผ่านการฝึกอบรมด้าน Petrochemical Engineering Technology ที่ NAIT ประเทศแคนาดา ในระหว่างศึกษาที่ Imperial College of Science Technology and Medicine, University of London ได้ศึกษาวิชา Dynamic Behaviour of Process Systems และวิชา Flexible Plant Operation และทำวิทยานิพนธ์เกี่ยวกับผลกระทบของสภาวะการผลิตที่มีต่อจุลโครงสร้างของเนื้อพลาสติกผสม