การประยุกต์ใช้เทคนิค Fault Tree Analysis (FTA) กรณีศึกษากระบวนการปั๊มโลหะ

The technical application of fault tree Analysis (FTA): A case study of metal press station

อรอุรา วิเชียร[1] ระพี กาญจนะ[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา วิเคราะห์ หาสาเหตุโดยประยุกต์ใช้เทคนิค Fault Tree Analysis (FTA) ผลจากการประเมินคะแนนระดับความเสี่ยงพบว่า อุบัติเหตุประเภทแม่พิมพ์ทับเท้า มีระดับความเสี่ยงสูงที่ระดับ 3 ซึ่งมีค่าของคะแนนเท่ากับ 9 เป็นระดับคะแนนและความเสี่ยงสูงสุด ต้องมีการดำเนินการเพื่อลดความเสี่ยง โดยนำทฤษฎี 3E มาประยุกต์ใช้ให้เป็นแนวทางการลดอุบัติเหตุ การป้องกันอุบัติเหตุ โดยให้ความรู้ความเข้าใจ การปฏิบัติที่ถูกต้องเกี่ยวกับการป้องกันอุบัติเหตุและการทำงานแก่พนักงานในส่วนงานปั๊มโลหะจากผลการศึกษาพบว่าโอกาสของการเกิดความผิดพลาดที่แม่พิมพ์ทับเท้าพนักงานขณะยกเพื่อติดตั้งก่อนเริ่มใช้มาตรการป้องกันอุบัติเหตุเท่ากับ0.46และหลังเริ่มใช้มาตรการป้องกันอุบัติเหตุโอกาสของการเกิดความผิดพลาดที่แม่พิมพ์ทับเท้าพนักงานเท่ากับ 0.13 สรุปได้ว่าหลังจากมีการใช้มาตรการป้องกันอุบัติเหตุโดยใช้หลัก 3E ทำให้โอกาสการเกิดความผิดพลาดลดลงร้อยละ 72.14

คำสำคัญ: งานปั๊มโลหะ, อุบัติเหตุ, ทฤษฎีการวิเคราะห์อุบัติเหตุและการป้องกันอุบัติเหตุ

Abstract

This research aims to study the application of the technical analysis by Fault Tree Analysis (FTA) based on the assessment scores showed that the accident risk of mold over the foot. The risk as highest level degree of 3 is equal to 9 marks. The risk of any accidents can e reduced by 3E theory. Every worker at a metal press-tool station should be trained about the accident preventions and some working methods. The study found that Chance of mistakes that mold over a foot staff while lifting to install before using measures to prevent accidents is 0.46 and the latter began to take measures to prevent accidents, The likelihood of errors that mold over a foot staff at 0.13 to conclude that after use measures to prevent accidents by using 3E chance of errors decreased 72.14 percent.

Keywords: Metal stamping, Incident, Theoretical Analysis of Accidents and Accident Prevention, Fault Tree Analysis (FTA) / 3E.

[1]นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมอุตสาหการคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

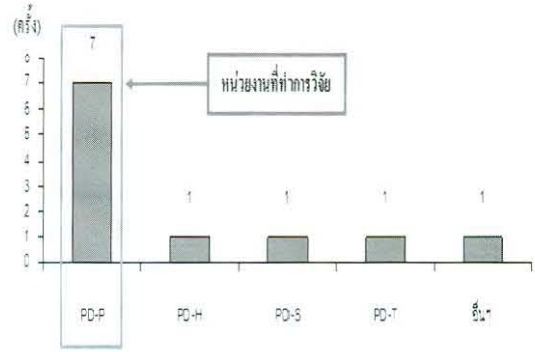
[2]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1. บทนำ

ความสูญเสียจากการเกิดอุบัติเหตุเพียงเล็กน้อยในแต่ละสถานประกอบการเมื่อรวมกันแล้วทำให้เกิดเป็นมูลค่าความสูญเสียที่มากมายในแต่ละปี เมื่อมองภาพรวมทั้งประเทศมูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐกิจอันเนื่องมาจากการประสบอุบัติเหตุของแรงงานจากการทำงานในแต่ละปีโดยแสดงให้เห็นถึงจำนวนการประสบอันตรายของแรงงานในข่ายกองทุนเงินทดแทนและจำนวนเงินทดแทนซึ่งเป็นมูลค่าความสูญเสียทางตรงที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการประสบอุบัติเหตุของแรงงานจากการทำงานอันได้แก่ค่ารักษาพยาบาลค่าทดแทนจากการได้รับบาดเจ็บ ค่าทำขวัญ ค่าทำศพและค่าประกันชีวิตที่เกิดขึ้นทั่วประเทศระหว่างปี พ.ศ. 2546 – 2554 แต่ความสูญเสียมิใช่มีแต่ความสูญเสียทางตรงเท่านั้นยังมีความสูญเสียทางอ้อม อัน ได้แก่ การสูญเสียเวลาในการทำงานของคนงานที่ได้รับบาดเจ็บหรือคนงานอื่นๆที่ต้องหยุดงานไปช่วยเหลือ ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมเครื่องมือเครื่องจักร ค่าสูญเสียโอกาสในการทำงาน และการเสียชื่อเสียงของโรงงาน ซึ่งความสูญเสียทางอ้อมนี้อาจประเมินค่าเป็นเงินไม่ได้

เทคนิคการชี้บ่งอันตรายที่กำหนดไว้ตามกฎหมายของประเทศไทยมี 6 วิธีด้วยกันเช่นเทคนิค HAZOP, What If Analysis, Event Tree Analysis, Checklist, Failure Mode and Effects Analysis และ Fault Tree Analysis (FTA) เป็นต้นซึ่งวิธีFTAมักจะนิยมใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุของอุบัติเหตุที่คาดว่าจะเกิดขึ้นแล้วจึงนำผลการชี้บ่งอันตรายที่ได้มาประเมินความเสี่ยงตามวิธีการที่กำหนด [30]

ข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุของโรงงานกรณีศึกษาตั้งแต่ 1 มกราคม – 31 ตุลาคม พ.ศ. 2555 (รวม 10 เดือน) มีจำนวนทั้งสิ้น 11 ครั้ง พบว่าหน่วยงานที่ มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุสูงสุดคือ หน่วยงานปั๊มขึ้นรูป มีการเกิดอุบัติเหตุจำนวน 7 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 63.6 ของจำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด ตามภาพที่ 1



หมายเหตุ หน่วยงานปั๊มขึ้นรูป (PD-P),หน่วยงานชุบแข็ง (PD-H),หน่วยงานชุบแข็งเฉพาะผิว (PD-S),หน่วยงานประกอบและตกแต่งงาน (PD-T)

ภาพที่ 1สถิติการเกิดอุบัติเหตุของโรงงานกรณีศึกษา ตั้งแต่ 1 มกราคม – 31 ตุลาคม พ.ศ. 2555

จากภาพที่ 1 หน่วยงานปั๊มขึ้นรูป (PD-P) มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุสูงสุด เป็นเหตุผลให้ต้องเร่งปรับปรุงโดยการนำเทคนิค FTA วิเคราะห์หาสาเหตุ จัดลำดับความสำคัญและนำทฤษฎี 3E ของการป้องกันอุบัติเหตุช่วยในการให้ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการป้องกันอุบัติเหตุแก่พนักงาน โดยใช้กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมประเภทการปั๊มโลหะแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี โดยการนำสถิติการเกิดอุบัติเหตุจากการทำงานของปี พ.ศ. 2555 มาศึกษาหาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ และกำหนดแนวทางการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและวิเคราะห์อันตรายที่เกิดจากการปฏิบัติงานของพนักงานในส่วนงานปั๊มโลหะด้วยเทคนิค FTAรวมทั้งระบุสาเหตุพื้นฐานจัดลำดับความสำคัญและหาแนวทางลดอุบัติเหตุโดยนำทฤษฎี 3E ของการป้องกันอุบัติเหตุมาช่วยให้ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการป้องกันอุบัติเหตุแก่พนักงาน

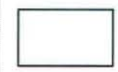
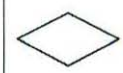
3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตรายตามกฎหมายนั้นจะต้องประกอบด้วย 2 ขั้นตอนที่สำคัญคือการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงโดยที่อันตราย (Hazard) นั้น หมายถึงสิ่งคุกคามหรือเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บหรือความเจ็บป่วยจากการทำงานความเสียหายต่อทรัพย์สินสิ่งแวดล้อมสาธารณชนหรือสิ่งต่างๆเหล่านี้รวมกัน โดยมีความเกี่ยวข้องกับเรื่องที่สำคัญดังนี้

3.1 Fault Tree Analysis (FTA) หมายถึง การแจกแจงอันตรายต่างๆ ที่แอบแฝงอยู่ในกระบวนการผลิตทุกขั้นตอน รวมถึงวิธีการปฏิบัติงานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตวิธีการชี้บ่งอันตรายที่ระบุไว้ในกฎหมายมีหลายวิธีด้วยกัน ดังนั้นการเลือกใช้จะต้องพิจารณาจากความเหมาะสมของกระบวนการผลิตและลักษณะความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นเช่นวิธี What If Analysis เหมาะสำหรับนำมาใช้ในขั้นตอนการออกแบบและการปรับปรุงแก้ไขระบบเก่า วิธี HAZOP เหมาะสำหรับการประเมินความปลอดภัยของกระบวนการผลิตทางเคมีหรือระบบสาธารณูปโภค เป็นต้น ส่วนเทคนิค FTA นั้นสามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ทุกชนิดและกิจกรรมทุกประเภทไม่ว่าจะเป็นระบบท่อ ระบบควบคุมระบบสื่อสาร ระบบไฟฟ้า นอกจากนี้ยังนิยมใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุร้ายแรงที่คาดว่าจะเกิดขึ้นอีกด้วย

เทคนิค FTA คือการใช้หลักการเขียนโครงร่างแสดงความสัมพันธ์เพื่อหาสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น (Cause and Effect) โดยกำหนดให้ส่วนบนสุดของโครงร่าง (Top Event) เป็นความผิดพลาดหรืออุบัติเหตุที่สนใจและทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่จะทำให้เกิดเหตุการณ์นั้นไปเรื่อยๆ จนสิ้นสุดเมื่อพบว่าเหตุการณ์ที่วิเคราะห์นั้นเป็นผลเนื่องมาจากความบกพร่องของเครื่องจักรและอุปกรณ์หรือความผิดพลาดจากการปฏิบัติงานสัญลักษณ์ที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTA แสดงในตารางที่1

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTA[30]

สัญลักษณ์	ชื่อ	ความหมาย
	AND Gate สาเหตุหลาย สาเหตุ	เหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุหลายสาเหตุของเหตุการณ์ย่อย
	OR Gate สาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง	เหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งของเหตุการณ์ย่อย
	Basic Event เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้โดยปกติ	เหตุการณ์ย่อยที่เกิดขึ้นได้ตามปกติซึ่งทราบถึงสาเหตุได้ชัดเจนโดยไม่ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไป
	Fault Tree Event เหตุการณ์ย่อย	เหตุการณ์ย่อยที่ส่งผลให้เกิดเหตุการณ์ต่อเนื่องจนเป็นเหตุให้เกิดอุบัติภัย
	Undeveloped Event เหตุการณ์ที่วิเคราะห์ต่อไม่ได้	เหตุการณ์ย่อยที่ไม่ต้องการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไปเนื่องจากไม่มีข้อมูลสนับสนุน
	Extremely Event เหตุการณ์ภายนอก	เหตุการณ์ภายนอกหรือปัจจัยภายนอกที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดเหตุการณ์ต่างๆ

3.2 การป้องกันอุบัติเหตุด้วยเทคนิค 3E E ตัวแรกคือ engineering คือการใช้ความรู้ทางวิชาการด้านวิศวกรรมศาสตร์ในการคำนวณและออกแบบเครื่องจักรเครื่องมือที่มีสภาพการใช้งานที่ปลอดภัยที่สุดการติดตั้งเครื่องป้องกันอันตรายให้แก่ส่วนที่เคลื่อนไหวหรือส่วนที่อันตรายของเครื่องจักรการวางผังโรงงานระบบไฟฟ้าแสงสว่างเสียงการระบายอากาศเป็นต้น E ตัวที่สองคือ Education คือ การให้การศึกษาหรือการฝึกอบรมและแนะนำคนงานหัวหน้างานตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องในการทำงานให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการป้องกันอุบัติเหตุการเสริมสร้างความปลอดภัยในโรงงานให้รู้ว่าอุบัติเหตุจะเกิดขึ้นและป้องกันได้อย่างไรและจะทำงานวิธีใดจึงจะปลอดภัยที่สุดเป็นต้น

E ตัวที่สามคือ Enforcement คือการกำหนดวิธีการทำงานอย่างปลอดภัยและมาตรการควบคุมบังคับให้คนงานปฏิบัติตามเป็นระเบียบปฏิบัติที่ต้องประกาศให้ทราบทั่วกัน หากผู้ใดฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามจะต้องถูกลงโทษเพื่อให้เกิดความสำนึกและหลีกเลี่ยงการทำงานที่ไม่ถูกต้องหรือเป็นอันตราย

4. ขั้นตอนการดำเนินงาน

จากการศึกษาข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุของโรงงานกรณีศึกษา ตั้งแต่ 1 มกราคม – 31 ตุลาคม พ.ศ. 2555 (รวม 10 เดือน) มีจำนวนทั้งสิ้น 7 ครั้ง ตามตารางที่ 2 พบว่า หน่วยงานที่มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุสูงสุดคือ หน่วยงานปั๊มขึ้นรูป มีการเกิดอุบัติเหตุจำนวน 7 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 63.6 ของจำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด

ตารางที่ 2 ข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุจากการทำงาน ตั้งแต่ 1 มกราคม – 31 ตุลาคม พ.ศ. 2555

อุบัติเหตุ	จำนวนการเกิดอุบัติเหตุ (ครั้ง)
แม่พิมพ์ทับเท้าพนักงาน	1
ชิ้นงานเหล็กบาดนิ้วและมือ	4
เครื่องจักรหนีบนิ้วมือ	1
เครื่องเจียรนัยบาดมือ	1
รวม	**7**

4.1 การประเมินความเสี่ยง หมายถึง กระบวนการวิเคราะห์หาสาเหตุพื้นฐานที่เป็นตัวแทนของแต่ละสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุโดยผลการวิเคราะห์จะอยู่ในรูปของระดับความเสี่ยง ซึ่งหาได้จากผลคูณของโอกาสและความรุนแรงของแต่ละสถานการณ์ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงตามกฎหมายของประเทศไทย ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอนคือ (1) วิเคราะห์หาสาเหตุพื้นฐานที่เป็นตัวแทนของแต่ละสถานการณ์ในที่นี้เรียกว่าสาเหตุพื้นฐานหลัก(2) ประเมินโอกาสของการเกิดและความรุนแรงของอุบัติเหตุที่เกิดจากสาเหตุพื้นฐานหลักนั้นๆและ(3)การคำนวณระดับความเสี่ยงของแต่ละสถานการณ์

เกณฑ์การพิจารณาโอกาสในการเกิดอันตรายซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระดับคือระดับที่ 1 มีโอกาสในการเกิดยาก เช่นไม่เคยเกิดเลยในช่วงเวลาตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไประดับที่ 2 มีโอกาสในการเกิดน้อยเช่นความถี่ในการเกิด1ครั้งในช่วง 5-10 ปีระดับที่ 3 มีโอกาสเกิดปานกลางเช่นความถี่ในการเกิด 1 ครั้งในช่วง 1-5 ปีระดับที่ 4 มีโอกาสในการเกิดสูง เช่นความถี่ในการเกิดมากกว่า 1 ครั้งใน 1 ปี เกณฑ์การพิจารณาความรุนแรงของผลกระทบแต่ละด้านจะแบ่งเป็น 4 ระดับ เช่น กันและแทนด้วยตัวเลข 1-4 คือระดับเล็กน้อย ปานกลาง สูงและมากตามลำดับดังตารางที่ 3

ระดับความเสี่ยงเป็นผลคูณของระดับโอกาสคูณกับความรุนแรงถ้าหากระดับรุนแรงของผลกระทบในแต่ละด้านมีค่าแตกต่างกันให้เลือกระดับความรุนแรงที่มีค่าสูงกว่าเป็นระดับความรุนแรงของสถานการณ์นั้นๆเช่น ถ้าเหตุการณ์หนึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นสูง (ระดับของโอกาสเป็น 4) และผลกระทบที่มีต่อบุคคลมีความรุนแรงสูงมากเมื่อเทียบกับด้านอื่นๆ (ระดับ 4) ระดับความเสี่ยงของสถานการณ์นี้จะมีค่าเป็น 4 x 4 = 16 ซึ่งเป็นระดับที่ 4 หมายถึงระดับความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ทั้งนี้ระดับความเสี่ยงตามกฎหมายแบ่งเป็น4ระดับดังแสดงรายละเอียดในตารางที่3

ตารางที่ 3 การจัดระดับความรุนแรง [30]

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	มีการบาดเจ็บเล็กน้อยในระดับปฐมพยาบาล
2	ปานกลาง	มีการบาดเจ็บที่ต้องได้รับการรักษาทางการแพทย์
3	สูง	มีการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่รุนแรง
4	สูงมาก	ทุพลภาพหรือเสียชีวิต

ตารางที่ 4 การจัดระดับความเสี่ยงอันตราย [30]

ระดับ	ผลลัพธ์	ความหมาย
1	1-2	ความเสี่ยงเล็กน้อย
2	3-6	มีความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ต้องมีการทบทวนมาตรการควบคุม
3	8-9	ความเสี่ยงสูง ต้องมีการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง
4	12-16	ความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ ต้องหยุดดำเนินการและปรับปรุงแก้ไขทันที

5. ผลการศึกษา

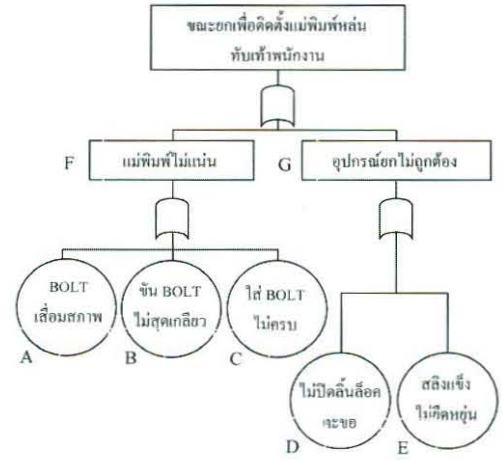
จากที่ได้กล่าวไปแล้วก่อนหน้านี้ว่าการประเมินความเสี่ยงจะประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ซึ่งการพิจารณาสาเหตุพื้นฐานหลักของแต่ละสถานการณ์สามารถทำได้ โดยนำข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุจากการทำงานในส่วนของงานปั๊มโลหะตั้งแต่ 1 มกราคม – 31 ตุลาคม พ.ศ. 2555 มาพิจารณาประเมินความเสี่ยง เพื่อจัดการตามระดับความเสี่ยงที่เกิดขึ้น แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการประเมินคะแนนระดับความเสี่ยง

ประเภทอุบัติเหตุ	โอกาสในการเกิด (O)	ความรุนแรง (S)	คะแนน	ระดับความเสี่ยง
แม่พิมพ์ทับเท้าพนักงาน	3	3	9	3
ชิ้นงานเหล็กบาดนิ้วและมือ	4	2	8	3
เครื่องจักรหนีบนิ้วมือ	3	2	6	2
เครื่องเจียรนัยบาดมือ	2	3	6	2

การประเมินคะแนนระดับความเสี่ยงพบว่าอุบัติเหตุประเภทแม่พิมพ์ทับเท้า มีระดับความเสี่ยงที่สูงในระดับ 3 และระดับคะแนนเท่ากับ 9 ซึ่งมีระดับคะแนนและความเสี่ยงสูงต้องมีการดำเนินการเพื่อลดความเสี่ยงความหมายตามตารางที่4ดังนั้นจึงนำประเภทอุบัติเหตุแม่พิมพ์ทับเท้ามาเป็นหัวข้อในการศึกษา

5.1 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Fault Tree Analysis (FTA) ผลจากการประเมินคะแนนระดับความเสี่ยงพบว่าอุบัติเหตุประเภทแม่พิมพ์ทับเท้ามีระดับความเสี่ยงที่สูงจึงนำมาศึกษาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTA เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจากแม่พิมพ์หล่นทับเท้าพนักงานขณะยกเพื่อติดตั้งดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจากแม่พิมพ์หล่นทับเท้าพนักงานขณะยกเพื่อติดตั้งด้วยเทคนิค FTA

จากความสัมพันธ์ของการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดจากแม่พิมพ์หล่นทับเท้าพนักงานขณะยกเพื่อติดตั้งพบว่าเกิดจากการยึดแม่พิมพ์ไม่แน่นขณะยกหรือเกิดจากการใช้อุปกรณ์ยกแม่พิมพ์ที่ไม่ถูกต้อง แม้เกิดเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งเพียงเหตุการณ์เดียวก็ทำให้เกิดอุบัติเหตุได้

สำหรับขั้นตอนการทำงานของพนักงานนั้นพนักงานจะขันโบล์ทที่แม่พิมพ์แล้วนำเครนพร้อมสลิงตะขอมาเกี่ยวบริเวณหูโบล์ทที่ยึดแม่พิมพ์ไว้เรียบร้อยแล้วจากนั้นทำการยกด้วยเครนเพื่อเคลื่อนย้ายไปยังเครื่องปั๊มที่กำหนดไว้

สำหรับเหตุการณ์ A โบล์ทเสื่อมสภาพ เกิดจากการใช้งานเป็นระยะเวลานานจนเกลียวล้ม หรือโบล์ทเกิดการแตก บิ่น หัก จึงกำหนดขั้นตอนการตรวจสภาพโบล์ท ว่าอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานหรือไม่ สำหรับโบล์ทที่ใช้ในการยกแม่พิมพ์มีใช้อยู่ในหลายหน่วยงานและมีจำนวนทั้งหมด 36 ตัว แล้วทำการตรวจสภาพโบล์ท

คำนวณโอกาสเกิดความเสียหายจากโบล์ท

$$P_A = 0.1667$$

และคำนวณความน่าเชื่อถือของโบล์ท

$$R_A = 1 - P_A$$
$$= 0.8333$$

สำหรับเหตุการณ์ B ขันโบล์ทไม่สุดเกลียวเกิดจากการที่พนักงานจะขันโบล์ททีละตัวโดยขันเพียงพออยู่ แล้วจึงค่อยกลับมาขันโบล์ทให้แน่นอีกครั้งจึงทำการสุ่มตรวจโบล์ทที่พนักงานทำการขันเกลียว เพื่อยึดแม่พิมพ์จำนวน30ครั้ง

คำนวณโอกาสเกิดความเสียหายจากการขันโบล์ทไม่สุดเกลียว

$$P_B = 0.0667$$

และคำนวณความน่าเชื่อถือของการขันโบล์ทสุดเกลียว

$$R_B = 1 - P_B$$
$$= 0.9333$$

สำหรับเหตุการณ์ C ใส่โบล์ทไม่ครบจำนวนเกิดจากแม่พิมพ์แต่ละตัวจะมีการกำหนดจำนวนการยึดโบล์ทเพื่อความปลอดภัยแต่บางครั้งพนักงาน ใส่โบล์ทไม่ครบจำนวนที่กำหนดไว้จึงทำการมาร์คตำแหน่งยึดโบล์ทและเขียนจำนวนการยึดโบล์ทอย่างชัดเจนและทำการสุ่มตรวจจำนวนโบล์ทที่พนักงานทำการใส่เพื่อยึดแม่พิมพ์ จำนวน 30 จุด

คำนวณโอกาสเกิดความเสียหายจากการขันโบล์ทไม่ครบจำนวน

$$P_C = 0.0333$$

และคำนวณความน่าเชื่อถือของการขันโบล์ทครบจำนวน

$$R_C = 1 - P_C$$
$$= 0.9667$$

สำหรับเหตุการณ์ D โดยปกติตะขอเครนจำเป็นต้องมีลิ้นล็อค เพื่อความปลอดภัยในการทำงาน และการใช้งานที่ถูกต้องนั้นพนักงานต้องปิดลิ้นล็อคตะขอด้วยทุกครั้งการตรวจสอบลิ้นล็อคเครนจำนวน 5 ตัว พบว่าเครนมีลิ้นล็อคตะขอทุกตัว จึงทำการสุ่มตรวจการปิดลิ้นล็อคตะขอของพนักงาน จำนวน 30 ครั้ง

คำนวณโอกาสเกิดความเสียหายจากการไม่ปิดลิ้นล็อคตะขอเครน

$$P_D = 0.2$$

และคำนวณความน่าเชื่อถือของการปิดลิ้นล็อคตะขอเครน

$$R_D = 1 - P_D$$
$$= 0.8$$

สำหรับเหตุการณ์ E สลิงแข็งไม่ยืดหยุ่น เกิดจากการใช้งานเป็นระยะเวลานานจนสลิงเสื่อมสภาพไม่ยืดหยุ่นขณะใช้งาน จึงกำหนดขั้นตอนการตรวจสภาพสายสลิงว่าอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานหรือไม่ โดยสลิงสำหรับใช้ในการยกแม่พิมพ์มีจำนวนทั้งหมด 10 เส้น แล้วทำการตรวจสภาพสายสลิง

คำนวณโอกาสเกิดความเสียหายจากสายสลิง

$$P_E = 0.1$$

และคำนวณความน่าเชื่อถือของสายสลิง

$$R_E = 1 - P_E$$
$$= 0.9$$

สำหรับเหตุการณ์ F การยึดแม่พิมพ์ไม่แน่น เกิดจากเหตุการณ์ที่สัมพันธ์กัน 3 เหตุการณ์คือ เหตุการณ์ A โบล์ทเสื่อมสภาพ โดยโอกาสการเกิดเหตุการณ์นี้เท่ากับ 0.1667 และความน่าเชื่อถือของเหตุการณ์นี้เท่ากับ 0.8333 เหตุการณ์ B ขันโบล์ทไม่สุดเกลียว โดยโอกาสการเกิดเหตุการณ์นี้เท่ากับ 0.0667 และความน่าเชื่อถือของเหตุการณ์นี้เท่ากับ 0.9333 และเหตุการณ์ C ใส่โบล์ทไม่ครบจำนวน โดยโอกาสการเกิดเหตุการณ์นี้เท่ากับ 0.0333 และความน่าเชื่อถือของเหตุการณ์นี้เท่ากับ 0.9667 ฉะนั้นหากเกิดเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง ก็สามารถทำให้เกิดเหตุการณ์ F ได้

สามารถคำนวณหาโอกาสการเกิดเหตุการณ์ F หรือการยึดแม่พิมพ์ไม่แน่น

$$P_F = 1-(1- P_A)(1- P_B)(1- P_C)$$
$$= 1-(0.8333 \times 0.9333 \times 0.9667)$$
$$= 0.2482$$

และคำนวณความน่าเชื่อถือของการยึดแม่พิมพ์แน่น

$$R_F = 1- P_F$$
$$= 0.7518$$

สำหรับเหตุการณ์ G อุปกรณ์ยกไม่ถูกต้อง เกิดจากเหตุการณ์ที่สัมพันธ์กัน 2 เหตุการณ์คือ เหตุการณ์ D ไม่ปิดลิ้นล็อคตะขอโดยโอกาสการเกิดเหตุการณ์นี้เท่ากับ0.2และความน่าเชื่อถือของเหตุการณ์นี้เท่ากับ0.8และเหตุการณ์ E สลิงแข็งไม่ยืดหยุ่น โดยโอกาสการเกิดเหตุการณ์นี้เท่ากับ 0.1 และความน่าเชื่อถือของเหตุการณ์นี้เท่ากับ 0.9 ฉะนั้นหากเกิดเหตุการณ์ใด เหตุการณ์หนึ่ง ก็สามารถทำให้เกิดเหตุการณ์ G ได้

สามารถคำนวณหาโอกาสการเกิดเหตุการณ์ G หรืออุปกรณ์ยกไม่ถูกต้อง

$$P_G = 1-(1- P_D)(1- P_E)$$
$$= 1-(0.8 \times 0.9)$$
$$= 0.28$$

และคำนวณความน่าเชื่อถือของการยึดแม่พิมพ์แน่น

$$R_G = 1- P_G$$
$$= 0.72$$

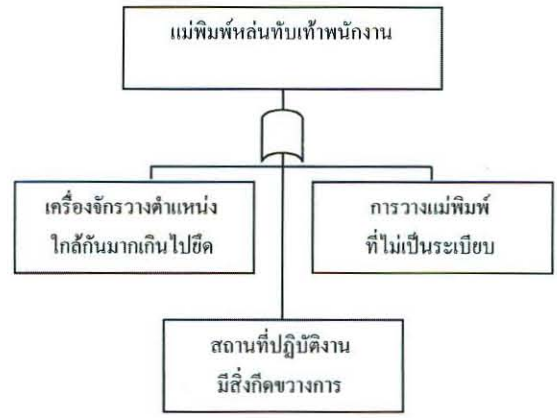
สำหรับเหตุการณ์แรก (Top Even) สามารถคำนวณหาโอกาสการเกิดเหตุการณ์แม่พิมพ์หล่นทับเท้าพนักงานขณะยกเพื่อติดตั้ง

$$P_T = 1-(1- P_F)(1- P_G)$$
$$= 1-(0.7518 \times 0.72)$$
$$= 0.4587$$

5.2 สาเหตุจากสภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัย

ปัจจัยจากสภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัยอย่างหนึ่งที่มีผลทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ถึงแม้ว่าจะเป็นส่วนน้อยแต่ก็มีผลทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ เช่น อุณหภูมิ แสงสว่าง ขณะทำงาน การติดตั้งเครื่องจักร สถานที่ปฏิบัติงาน เครื่องมือชำรุดไม่สมบูรณ์ ไม่มีอุปกรณ์ป้องกันที่เครื่อง ฯลฯ ล้วนมีผลส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุได้

การแก้ปัญหาจากสภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัยที่กล่าวมาข้างต้นทางผู้วิจัยได้ทำการแก้ปัญหาโดย ยึดหลัก 3E ในการป้องกันอุบัติเหตุ



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจากสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัย

จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTA การปฏิบัติงานของพนักงานในส่วนงานปั๊มโลหะ โดยสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุแม่พิมพ์หล่นทับเท้าพนักงานขณะยกเพื่อติดตั้งพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุคือพนักงานทำงานด้วยวิธีการที่ไม่ถูกต้อง โบล์ทยึดแม่พิมพ์เสื่อมสภาพและสายสลิงเสื่อมสภาพดังนั้นต้องกำหนดวิธีการทำงานสำหรับขั้นตอนการยกแม่พิมพ์เพื่อติดตั้งกับเครื่องปั๊มโลหะโดยกำหนดเป็นวิธีปฏิบัติงาน (Work Instruction) และมาตรการการปฏิบัติในหัวข้อถัดไป

5.3 การวางแผนมาตรการลดอุบัติเหตุ

จากหลักการของ 3E ข้างต้นและประกาศกระทรวงมหาดไทยสามารถนำมากำหนดเป็นมาตรการและระเบียบปฏิบัติในการป้องกันอุบัติเหตุจากการทำงานกับเครื่องปั๊มโลหะได้ดังนี้ [30]

การแก้ปัญหาโบล์ทยึดแม่พิมพ์เสื่อมสภาพ โดยหลักengineering ทำโดยการวิเคราะห์โบล์ทที่ยึดแม่พิมพ์ว่าเกลียวที่ยึดแม่พิมพ์สึกหรือไม่ โดยใช้หวีวัดเกลียวว่าเหมาะสมกับขนาดหรือสึกหรอไปก็ทำการเปลี่ยนใหม่ให้เหมาะสม สำหรับการแก้ปัญหาสายสลิงเสื่อมสภาพโดยหลัก Education โดยศึกษาอายุการใช้งานแล้วเปลี่ยนใหม่เพื่อให้การใช้งานที่ต่อเนื่องสัมพันธ์กับกระบวนการผลิต

ภาพที่ 4 ฝึกอบรมให้ความรู้การป้องกันอุบัติเหตุ

กำหนดวิธีการปฏิบัติงาน ดังนี้

1.มาตรการและระเบียบปฏิบัติในการป้องกันอันตรายจากการตั้งแม่พิมพ์

1.1 ตรวจสอบสภาพแม่พิมพ์ก่อนนำไปใช้งานทุกครั้ง

1.2 การขนย้ายแม่พิมพ์ต้องใช้อุปกรณ์ในการขนย้ายห้ามยกโดยใช้แรงงานคน

1.3 เลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ให้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

1.4 ตรวจสอบสภาพนัทโบล์ทที่ใช้ในการขันยึดแม่พิมพ์ว่ามีการเสียหายของเกลียวการเยินรอยร้าวและมีการคอดกิ่วหรือไม่ถ้ามีให้เปลี่ยนใช้ตัวใหม่

1.5 ตรวจสอบเครื่องปั๊มให้แน่ใจก่อนทำงานว่าเครื่องปั๊มอยู่ในสภาวะปิด

1.6 ยึดแม่พิมพ์ตัวบนเข้ากับหัวเครื่องปั๊มให้แน่นก่อนเลื่อนหัวเครื่องปั๊มขึ้น

1.7 ยึดแม่พิมพ์ตัวล่างเข้ากับแท่นเครื่องปั๊มให้แน่น

1.8 ปรับระยะห่างระหว่างแม่พิมพ์ให้เหมาะสม

1.9 ก่อนการทดลองปั๊มต้องแน่ใจว่าไม่มีเศษสิ่งของใดอยู่ระหว่างแม่พิมพ์

1.10 ห้ามเล่นหยอกล้อกันในขณะตั้งแม่พิมพ์

1.11 กำหนดบทลงโทษพนักงานที่ไม่ปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัยในครั้งแรกที่พบให้ว่ากล่าวตักเตือนครั้งที่สองให้ตัดเงินเดือนครั้งที่สามให้พักงาน

1.12 หากเกิดอุบัติเหตุให้แจ้งกับหัวหน้างานทันที

ภาพที่ 5 บอร์ดมาตรการและระเบียบปฏิบัติในการป้องกันอันตราย

6. สรุปผลการศึกษา

จากผลการทดลองปฏิบัติจริงตามมาตรการพบว่าสามารถลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบผลระหว่างโอกาสการเกิดอุบัติเหตุและความน่าเชื่อถือของเครื่องปั๊มโลหะ

อุบัติเหตุ	ก่อนเริ่มใช้มาตรการฯ		หลังเริ่มใช้มาตรการฯ		โอกาสการเกิดความผิดพลาดลดลง (%)
	โอกาสของการเกิดความผิดพลาด	ความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์	โอกาสของการเกิดความผิดพลาด	ความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์	
แม่พิมพ์หล่นทับเท้าพนักงาน	0.4587	0.5413	0.1278	0.8722	72.14

จากตารางเปรียบเทียบผลระหว่างโอกาสการเกิดอุบัติเหตุและความน่าเชื่อถือของเครื่องปั๊มโลหะซึ่งได้จากการคำนวณโดยใช้วิธีการประเมินความเสี่ยงด้วยเทคนิค FTA ในช่วงก่อนและหลังการดำเนินมาตรการลดอุบัติเหตุ พบว่าโอกาสของการเกิดความผิดพลาดที่แม่พิมพ์หล่นทับเท้าพนักงานก่อนเริ่มใช้มาตรการป้องกันอุบัติเหตุเท่ากับ 0.4587 หลังเริ่มใช้มาตรการป้องกันอุบัติเหตุโอกาสของการเกิดความผิดพลาดที่แม่พิมพ์หล่นทับเท้าพนักงานเท่ากับ 0.1278 สรุปได้ว่าหลังจากมีการใช้มาตรการป้องกันอุบัติเหตุโดยใช้หลัก 3E ทำให้โอกาสการเกิดความผิดพลาดลดลงร้อยละ72.14

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการจัดเก็บบันทึกข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุอย่างต่อเนื่องและข้อมูลต้องบอกได้ว่าเกิดที่เครื่องจักรตัวใดเครื่องจักรประเภทใดมีกำลังเท่าไรเกิดที่แผนกไหน

2. ควรมีการจัดแสดงจำนวนของการเกิดอุบัติเหตุซึ่งเกิดจากสาเหตุต่างๆ ให้พนักงานรับทราบและให้พนักงานเกิดความตระหนักถึงอันตรายที่เกิดขึ้นและเพื่อเป็นการกระตุ้นเตือนให้พนักงานปฏิบัติตามมาตรการลดและป้องกันอุบัติเหตุ

3. ควรมีการบันทึกข้อมูลการซ่อมบำรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์อย่างต่อเนื่องเพื่อนำมาทำเป็นอัตราการเสียหายต่อปีและใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณหาโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุที่แม่นยำขึ้น

4. ควรให้ความสำคัญกับการสอนงานและให้ความรู้กับพนักงานใหม่ที่จะต้องทำงานกับเครื่องปั๊มโลหะโดยเน้นการให้ความรู้เกี่ยวกับวิธีการทำงานที่ถูกต้องและปลอดภัย

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ดร.ระพี กาญจนะ อาจารย์ที่ปรึกษาคณาจารย์จากภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีทุกๆท่านและบิดามารดาตลอดจนทุกๆกำลังใจในความสำเร็จครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] วิฑูรย์ สิมะโชคดี และวีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, 2543. **วิศวกรรมและการบริหารความปลอดภัยในโรงงาน.** สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) กรุงเทพฯ

[2] พะกาวัลย์ บุญโสธรสถิตย์, 2534.**การสูญเสียผลิตภาพเนื่องจากอุบัติเหตุจากการทำงานในภาคอุตสาหกรรม : ศึกษาเฉพาะในเขตสมุทรปราการ.** กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[3] อรพินท์ พิเนตรพงษ์, 2535. **ความเสี่ยงภัยจากการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิต : อันตรายที่ต้องตระหนัก** บัณฑิตวิทยาลัย,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[4] อโณทัย ภูวนวิทยาคม, 2538. **ค่าใช้จ่ายและการจัดการด้านความปลอดภัยในฐานะตัวทำนายความ**

สูญเสียจากการเกิดอุบัติเหตุในโรงงานอุตสาหกรรมเขตภาคเหนือตอนบน.เชียงใหม่:วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[5] อนุชา วงศ์ไพบูลย์, 2539. **ผลของระบบการบริหารงานความปลอดภัยสมัยใหม่ที่มีต่ออัตราการเกิดอุบัติเหตุกรณีศึกษาการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย.** กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[6] **พรเทพ จุฑาโรจน์, 2541. การสูญเสียผลิตภาพอันเนื่องมาจากอุบัติเหตุจากการทำงานในนิคอุตสาหกรรมภาคเหนือ.** เชียงใหม่ : วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[7] Koomsup, Praipol, 1993. **Economic Development and Environment in Asean Countries.** Bangkok : Thammasat University Printing House.

[8] Aslaug Mikkelsen, 2004, **"Working timeArrange mentsand safety for offshoreworkersin the North Sea",** Safety Science42, pp.167–184.

[9] จำเนียร มูลเทพและคณะ,2546.**"ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการสูญเสียอวัยวะของลูกจ้างที่ประสบอันตรายจากการทำงาน",** วารสารวิจัย,ปีที่ 8, ฉบับที่ 1, ม.ค-มิ.ย, หน้า 90 -100.

[10] นลินี ประทับศร, 2543 **ความรู้ทัศนคติเกี่ยวกับความปลอดภัยในกาทำงานและพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของหัวหน้างานระดับต้นในโรงงานอุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาจิตวิทยา อุตสาหกรรม ภาควิชาจิตวิทยาบัณฑิต วิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[11] ศิราณี ศรีวรรณวิทย์, 2544. **การรับรู้มาตรการความปลอดภัยของพนักงานในโรงงานปิโตรเคมี : กรณีศึกษาโรงงานปิโตรเคมีแห่งชาติ,** สาระนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิทยาการจัดการอุตสาหกรรมบัณฑิต วิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[12] สุธิดา บัวทอง, 2547. **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้ระบบความปลอดภัยของพนักงานระดับปฏิบัติการในโรงงานอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางปู.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาการจัดการอุตสาหกรรมบัณฑิตวิทยาลัย,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[13] ไพรศาล วีรกิจ, 2540. **ความปลอดภัยของคนงานในโรงงานบำบัดน้ำเสียในรัฐแคลิฟอร์เนีย,**วิศวกรรมสารมหาวิทยาลัยรังสิต, ปีที่ 1, ฉบับที่ 1, หน้า 34-39.

[14] สุกัญญา ปริตรมงคล, 2545. **การศึกษาการรับรู้ระบบความปลอดภัยของพนักงานฝ่ายผลิตบริษัทไทยฮอนด้าแมนูแฟคเจอริ่งจำกัด,** สาระนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิตสาขาวิทยาการจัดการอุตสาหกรรม บัณฑิต วิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[15] นฤมล เกตุทิม, 2542. **ปัจจัยและผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุจากการทำงาน.**วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิตสาขาวิชาธุรกิจอุตสาหกรรมภาควิชาบริหาร เทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[16] ปิติพร หาสวนขวัญ, 2544. **การศึกษาองค์ประกอบและแนวทางปฏิบัติเกี่ยวกับความปลอดภัยของผู้รับเหมาก่อสร้างไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรม ศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[17] ชวลิต มีสวัสดิ์, 2546. **ปัจจัยที่ใช้เพิ่มความปลอดภัยในงานก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล.** วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิตสาขาวิชาโยธาภาควิชาครุศาสตร์โยธาบัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[18] ชุมพล จันทรสม, 2548. การจัดการความปลอดภัยในงานก่อสร้าง, **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ,** ครั้งที่ 10, ชลบุรี(2-4พ.ค 48). 193

[19] บุญชู ชาวเชียงขวางและคณะ, 2543. **ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของผู้ใช้แรงงานก่อสร้างในบริษัทรับเหมาบาง แห่งในจังหวัดสุพรรณบุรี,** งานอาชีวเวชกรรมกลุ่มงานเวชกรรมสังคมโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช กองโรงพยาบาลภูมิภาคสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข.

[20] พจนารถ บุญญภัทรพงษ์, 2542. **ความรู้และทัศนคติต่อพฤติกรรมการป้องกันอันตรายจากการทำงานของลูกจ้างในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตลวดในจังหวัดประทุมธานี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชจิตวิทยาอุตสาหกรรม ภาควิชาจิตวิทยาบัณฑิต วิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[21] วีรมลล์ ละอองศิริวงศ์, 2541. **ปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้สภาพการทำงานเป็นอันตรายและพฤติกรรมการทำงานอย่างปลอดภัยของพนักงานปฏิบัติการในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแผ่นเหล็ก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาจิตวิทยาอุตสาหกรรมภาควิชาจิตวิทยาบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[22] ชัยธวัช ทองอินทร์, 2542. **ความรู้ในเรื่องความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานระดับปฏิบัติการในโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็คทรอนิคส์ : กรณีศึกษา บริษัท ธานินทร์เอลน่า จำกัด จังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิตสาขาวิชาบริหารธุรกิจบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[23] อภิชิต หวังก่อศรีสุข, 2544. **บาทบาทการดำเนินกิจกรรมความปลอดภัยในการทำงานของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับวิชาชีพในโรงงานอุตสาหกรรม,** วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการแรงงานและสวัสดิการสังคม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกริก.

[24] สิริวิมล ชื่นบาล, 2551. **การวิเคราะห์ความเสี่ยงการเกิดฝุ่นระเบิดในกระบวนการจัดเก็บและลำเลียงแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธี Fault Tree Analysis.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[25] วิชัย พฤกษ์ธาราธิกูล, 2550. **การประเมินความเสี่ยง** ในสถานประกอบการ. กรุงเทพ : คณะสาธารณสุขศาสตร มหาวิทยาลัยมหิดล.

[26] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. **สถิติการเกิดอุบัติเหตุ.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www2.diw.go.th/Safety/index5.htm 1 สิงหาคม 2554.

[27] สิริวิมล ชื่นบาล, นันทิยา หาญศุภลักษณ์, **2555.** "การชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี Fault Tree Analysis และการประเมินความเสี่ยงภายในท่ออบแป้งในกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง", วิศวกรรมสาร มก. 25, 80 (เมษายน- มิถุนายน).