

การจัดการความเสี่ยงจากการสัมผัสสารเคมีในกระบวนการเคลือบหลอดทองเหลือง

Chemical Exposing Risk Management in Brass Coating Process

สุรศักดิ์ ธรรมรักษะเจริญ¹ และ อรรถศักดิ์ จารีย์²

¹สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

²ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

E-mail: au_surasak@hotmail.com, fengasj@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาความเป็นอันตรายของสารเคมีแต่ละชนิดที่ใช้ในกระบวนการเคลือบหลอดทองเหลืองของบริษัทผลิตหลอดเสริมยางรถยนต์ โดยใช้หลักการประเมินความเสี่ยงอ้างอิงตามมาตรฐานของ Binde โดยแบ่งการประเมินอันตรายเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีการรับสัมผัสสารเคมีทางระบบทางเดินหายใจ และกรณีการสัมผัสสารเคมีทางผิวหนัง จากการศึกษาพบว่าสารเคมีที่มีความเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจของผู้ปฏิบัติงานคือ กรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% มีระดับความเสี่ยงสูง ส่วนสารเคมีที่มีความเป็นอันตรายต่อผิวหนังของผู้ปฏิบัติงานมากที่สุดคือ กรดซัลฟูริกเข้มข้น 98% มีระดับความเสี่ยงปานกลาง การศึกษานี้ทำการทดลองใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 7.28% แทนการใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% ในกระบวนการล้างทำความสะอาดเส้นลวด โดยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 7.28% ไม่มีผลต่อผิวของเส้นลวด และเมื่อทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพพบว่ากรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 7.28% ช่วยลดระดับความเสี่ยงจากสูงเป็นความเสี่ยงปานกลาง

คำสำคัญ

การจัดการความเสี่ยง สารเคมี กระบวนการเคลือบหลอดทองเหลือง

Abstract

This research aimed to study of chemical hazards in the brass coating process of the steel cord factory. The Binde's standard method was applied for risk assessment. This assessment is divided in two main types based on health hazard chemicals contact i.e. respiratory contact and skin contact. Handling of sulfuric acid 10% posed high risk level especially for the operators' respiratory. For sulfuric acid 98%, medium risk level what found for a significant chemical hazard of the operators' skin effects. This study proposed the substitution sulfuric acid 10% by hydrochloric acid 7.28% for steel cleaning process.

It had been demonstrated experimentally that the use of hydrochloric acid 7.28% did not have any negative effect on steel surface. On the other hand, according to the health risk assessment, it can help reduce the risk of chemical contact from high to moderate risk level.

Keywords

risk management, chemical, brass coating process

1. คำนำ

ปัจจุบันสารเคมีได้มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ โดยอาจใช้เป็นสารตั้งต้น หรือส่วนประกอบในกระบวนการผลิตต่างๆ สารเคมีนั้นมีประโยชน์มาก แต่ในขณะเดียวกันสารเคมีก็เป็นอันตรายมากเช่นกัน Leeuwen (2007) ได้กล่าวว่า “ในขณะที่สารเคมีมีบทบาทสำคัญต่อผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพและชีวิตความเป็นอยู่อย่างมาก เเท่าใด สารเคมีก็ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมมากเท่านั้น” หากผู้ใช้หรือผู้ที่สัมผัสกับสารเคมีไม่มีความรู้ และการป้องกันที่ดี อาจก่อให้เกิดโรคเมะเร็ง โรคภูมิแพ้ และการเปลี่ยนแปลงสารพันธุกรรมได้ ในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ได้กำหนดให้มีการตรวจวัดความเข้มข้นของสารเคมีในบรรยากาศการทำงาน เพื่อควบคุมไม่ให้ความเข้มข้นของสารเคมีในบรรยากาศเกินค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ [3] อีกทั้งมีการตรวจสอบสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงให้แก่พนักงานตามที่ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4409 (พ.ศ. 2555) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่องกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แนวปฏิบัติการตรวจสอบสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงด้านสารเคมีและกายภาพจากการประกอบอาชีพในสถานประกอบกิจการกำหนด แต่วิธีการเหล่านี้ยังไม่เห็นหลักเกณฑ์ที่แน่ชัดว่าผลกระทบของสารเคมีที่นำมาใช้นั้นเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากน้อยเพียงใด โรงงานส่วนใหญ่จะใช้วิธีการตรวจวัดสารเคมีทุกชนิดที่มีการใช้งาน ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็น

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาโรงงานผลิตหลอดเสริมยางรถยนต์เพื่อเป็นกรณีศึกษา ซึ่งเป็นโรงงานผลิตหลอดทองเหลืองเพื่อส่งต่อไปยังโรงงานผลิตยางรถยนต์ เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ต่อไป [9] โรงงาน ผลิตหลอดนี้เป็นโรงงานหนึ่งที่มีการใช้สารเคมีหลายชนิดในกระบวนการผลิต โดยกระบวนการผลิตหลักคือ การนำเส้นลวดมาเคลือบทองเหลือง และหลังจากนั้นก็นำเส้นลวดทองเหลืองมาทำการลดขนาดให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ และกระบวนการเคลือบเส้นลวดทองเหลืองนี้เองที่มีการใช้สารเคมีหลากหลายชนิด เช่น กรดฟอสฟอริก เข้มข้น 85% โปแตสเซียมไนเตรต และกรดซัลฟุริก เข้มข้น 98% เป็นต้น อีกทั้งพนักงานที่ปฏิบัติงานในกระบวนการเคลือบหลอดทองเหลืองได้ร้องเรียนว่าได้กลิ่นของสารเคมีรุนแรง และก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ซึ่งสารเคมีเหล่านี้ อาจมีอันตรายต่อสุขภาพกับพนักงานที่ปฏิบัติงานได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาถึงอันตรายที่เกิดจากสารเคมีต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการเคลือบเส้นลวดทองเหลือง โดยใช้วิธีการประเมินความเสี่ยงของสารเคมีต่อสุขภาพ เพื่อจัดลำดับความเสี่ยงและหามาตรการป้องกันแก้ไข นอกจากนี้ได้ลดความเสี่ยงโดยการศึกษาผลของการเปลี่ยนชนิดของกรดที่ใช้ในการทำความสะดวกเส้นลวด ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งในการลดความเสี่ยงของสารเคมีในกระบวนการ โดยการแทนที่สารเคมีที่มีความเป็นอันตรายสูงด้วยสารเคมีที่มีอันตรายต่ำกว่าในกระบวนการผลิต [8]

2. วิธีการทดลอง

2.1 สารเคมีและอุปกรณ์

กระบวนการเคลือบหลอดทองเหลืองมีการใช้สารเคมีหลายชนิด ได้แก่ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ กรดไนตริก กรดฟอสฟอริกเข้มข้น 85% ไปแตสเซียมไนเตรต และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 98% นำเข้าจากบริษัท เมอร์ค จำกัด ส่วนสารเคมี คอปเปอร์ไฟโรฟอสเฟต ก้อนทองแดง ไปแตสเซียมไฟโรฟอสเฟต ก้อนสังกะสี และสังกะสีซัลเฟต นำเข้าจากบริษัท A.M.P.E.R.E industry โดยสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการเคลือบหลอดทองเหลืองทั้งหมดจะเป็น technical grade

2.2 ขั้นตอนการทดลอง

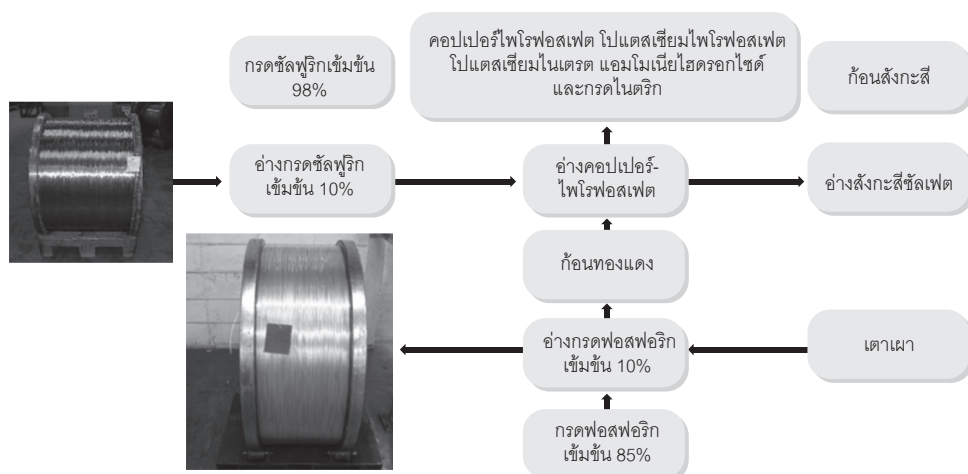
2.2.1 การเก็บข้อมูล

กระบวนการเคลือบหลอดทองเหลือง แสดงดังภาพที่ 1 เริ่มจากการเตรียมสารเคมีชนิดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในถังเตรียมสารเคมี แล้วนำสารเคมีที่เตรียมเรียบร้อยแล้วเข้าสู่กระบวนการเคลือบหลอดทองเหลืองซึ่งในกระบวนการเคลือบหลอดทองเหลืองนี้ให้หลักการปฏิกิริยาอิเล็กโตรลิซิส [6] โดยให้สังกะสีทำปฏิกิริยากับทองแดงในสารละลายอิเล็กโตรไลต์ โดยกระบวนการผลิตเริ่มจากการนำเส้นลวด

มาทำความสะอาดด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% แล้วนำเส้นลวดไปเคลือบด้วยทองแดงและสังกะสี จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่เตาเผา เพื่อให้ทองแดงและสังกะสีทำปฏิกิริยากันจนกลายเป็นทองเหลือง ในระหว่างที่ทองแดงและสังกะสีทำปฏิกิริยาจะมีฝุ่นทองเหลือง และสังกะสีออกไซด์ เกิดขึ้น โดยสังกะสีออกไซด์ที่อยู่บนลวดทองเหลืองนี้จะถูกนำไปล้างออกด้วยกรดฟอสฟอริกเข้มข้น 10%

วิธีการประเมินความเสี่ยงของสารเคมี โดยทำการเก็บรวบรวมรายชื่อของสารเคมีที่ต้องการทำการประเมินทั้งหมด หลังจากนั้นทำการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ที่สัมผัสกับสารเคมีโดยใช้แบบประเมินความเสี่ยงของสารเคมี และทำการเก็บข้อมูลปริมาณและความถี่ในการใช้สารเคมี ระยะเวลาที่สัมผัสสารเคมี สภาพแวดล้อมในการทำงาน เช่น ระบบการระบายอากาศ ภาชนะที่ใช้บรรจุสารเคมี อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลที่ใช้เมื่อทำงานกับสารเคมีนั้น เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลตามที่ต้องการ แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการประเมินความเสี่ยง เพื่อจัดลำดับความเสี่ยงและหาแนวทางการดำเนินการแก้ไข

จากการสังเกตและเก็บข้อมูลพบว่า มีพนักงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเคลือบหลอดทองเหลือง ดังนี้



ภาพที่ 1 กระบวนการเคลือบหลอดทองเหลือง

พนักงานปฏิบัติการ มีหน้าที่ผลิตลวดเคลือบทองเหลืองและตรวจสอบความเรียบร้อยของกระบวนการผลิต มีโอกาสสัมผัสสารเคมีมากที่สุดในกระบวนการผลิต โดยพนักงานมีการสัมผัสสารเคมี ได้แก่ กรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% คอปเปอร์ไฟโรฟอสเฟต สังกะสีซัลเฟต กรดฟอสฟอริกเข้มข้น 10% แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ก้อนสังกะสี ฝุ่นทองเหลือง และสังกะสีออกไซด์

พนักงานตำแหน่ง Quality Staff ทำหน้าที่เตรียมสารเคมีและผสมสารเคมีในถังเตรียม โดยพนักงานจะทำการป้อนค่าปริมาณสารเคมีที่จอบคลุมแบบดิจิทัล ซึ่งได้แก่ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ กรดไนตริก กรดฟอสฟอริกเข้มข้น 85% และ กรดซัลฟูริกเข้มข้น 98% แต่สารเคมีบางประเภทพนักงานจะต้องทำการทดสอบผสมด้วยตนเอง เพื่อนำสารเคมีที่ผสมแล้วมาใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งได้แก่ คอปเปอร์ไฟโรฟอสเฟต โปแตสเซียมไฟโรฟอสเฟต โปแตสเซียมไนเตรด และสังกะสีซัลเฟต

พนักงานตำแหน่ง Process engineer ทำหน้าที่ตรวจสอบกระบวนการผลิตในแต่ละอ่าง โดยการเปิดฝ้าอ่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพของเส้นลวด และปริมาณของสารเคมี ได้แก่ คอปเปอร์ไฟโรฟอสเฟต ก้อนทองแดง กรดฟอสฟอริกเข้มข้น 85% กรดซัลฟูริกเข้มข้น 98% ก้อนสังกะสี และสังกะสีซัลเฟต

พนักงานตำแหน่ง Chemical Staff ทำหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพของสารเคมีในอ่างสารเคมี โดยเก็บตัวอย่างของสารเคมีไปตรวจสอบคุณภาพให้เป็นไปตามข้อกำหนดในการผลิต โดยพนักงานตำแหน่งนี้มีการสัมผัสสารเคมี ได้แก่ กรดฟอสฟอริกเข้มข้น 85% และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 98%

พนักงานทุกตำแหน่งดังกล่าวข้างต้นได้ผ่านการอบรมและทดสอบ เพื่อให้รู้จักอันตรายของสารเคมี การสวมอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล และวิธีการปฐมพยาบาลเบื้องต้น ก่อนเข้าทำงาน

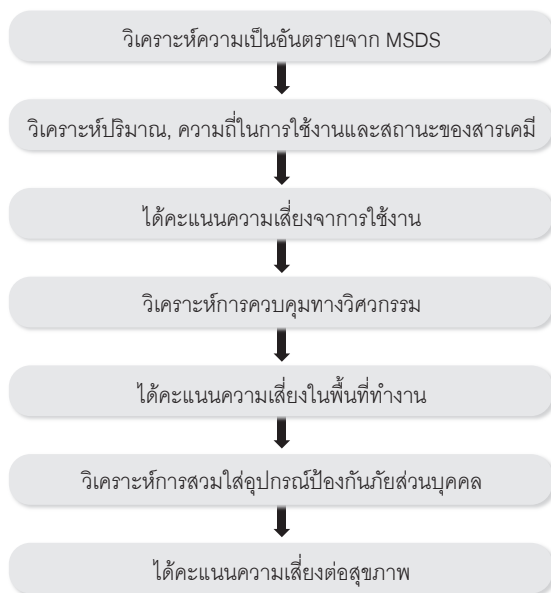
2.2.2 การประเมินความเสี่ยง

การประเมินความเสี่ยงของสารเคมี (Chemical risk assessment) คือการประเมินระดับความเสี่ยงของสารเคมีเพื่อระบุว่ามีความเสี่ยงอยู่ในระดับใดสามารถยอมรับได้หรือไม่ เพื่อนำไปใช้ในการเลือกวิธีการในการแก้ไขและลดระดับความเสี่ยงได้อย่างถูกต้องเหมาะสม [1] ซึ่งการประเมินความเสี่ยงนี้จะใช้เทคนิคการประเมินความเสี่ยง โดยอ้างอิงตามมาตรฐานของ Binde

หลังจากทำการเก็บข้อมูลที่ต้องการจากการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงาน ข้อมูลทั้งหมดได้ถูกนำมาทำการประเมินความเสี่ยงร่วมกับเอกสารข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมี (MSDS) แสดงดังภาพที่ 2

ผลจากการประเมินความเสี่ยงที่ได้ แบ่งเป็นระดับความเสี่ยงเล็กน้อย (CR1) ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (CR2) ระดับความเสี่ยงปานกลาง (CR3) ระดับความเสี่ยงสูง (CR4) และระดับความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ (CR5) และนำผลการประเมินมาทำการจัดลำดับความเสี่ยง เพื่อหามาตรการป้องกันอันตรายจากการใช้สารเคมี แสดงดังตารางที่ 1 โดยสารเคมีที่มีผลการประเมินเป็นระดับความเสี่ยงสูงและระดับความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ จะต้องดำเนินการแก้ไขทันทีเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงาน

นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาผลกระทบของระดับความเสี่ยงจากการสัมผัสสารเคมีทางระบบทางเดินหายใจ โดยทดลองเปลี่ยนชนิดสารเคมีในกระบวนการทำความสะอาดเส้นลวดจากกรดซัลฟูริกเป็นกรดไฮโดรคลอริก เนื่องจากกรดไฮโดรคลอริกเป็นที่นิยมใช้ในกระบวนการล้างโลหะ [5, 7] และสามารถหาซื้อได้ง่าย อีกทั้งยังมีคุณสมบัติในการกัดกร่อนเหมือนกันหรือใกล้เคียงกับกรดซัลฟูริก



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารเคมี

ตารางที่ 1 แผนงานการควบคุมตามระดับความเสี่ยง [4]

ระดับความเสี่ยง	การปฏิบัติและเวลาที่ใช้
เล็กน้อย	ไม่ต้องทำอะไร
ยอมรับได้	ไม่ต้องมีการควบคุมเพิ่มเติม แต่ต้องมีการติดตามผล
ปานกลาง	ต้องพยายามลดความเสี่ยง มีมาตรการลดความเสี่ยงภายในเวลาที่กำหนด ถ้าความเสี่ยงสัมพันธ์กับการเกิดความเสียหายร้ายแรง ควรหาว่าความน่าจะเป็นของความเสียหาย
สูง	ต้องลดความเสี่ยงก่อนเริ่มทำงาน จัดสรรทรัพยากรและมาตรการให้เพียงพอ ถ้าความเสี่ยงเกี่ยวข้องกับงานที่ต้องแก้ไขโดยด่วน
ยอมรับไม่ได้	ลดความเสี่ยงก่อนเริ่มทำงาน ถ้าไม่สามารถลดความเสี่ยงได้ต้องหยุดทำงาน

2.2.3 การทดลอง

ทดลองเปลี่ยนสารเคมีในการล้างทำความสะอาดเส้นลวดจากกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% เป็นกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 7.28% ซึ่งจากการคำนวณพบว่าความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) ของกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 7.28% ให้ค่าความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนไม่แตกต่างจากกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% ซึ่งมีคุณสมบัติการกัดกร่อนไม่แตกต่างกัน อีกทั้งมีคุณสมบัติความเป็นอันตรายของสารเคมี

น้อยกว่ากรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% เนื่องจากกรดทั้ง 2 ชนิด มีค่า risk phrase [10] แตกต่างกัน โดยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 7.28% มีค่า R34 (เกิดแผลไหม้ได้) ส่วนกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% มีค่า R35 (เกิดแผลไหม้รุนแรงได้) ดังนั้นจึงได้ทำการทดสอบโดยนำเส้นลวดที่เป็นสนิมมาทำการแช่ในสารละลายกรดทั้งสองชนิดนี้ เป็นเวลา 2 นาที ซึ่งสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ในการทำความสะอาดเส้นลวดก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต

3. ผลและวิจารณ์

เมื่อทำการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการเคลือบลดทองเหลืองและเก็บข้อมูลด้านการป้องกันทางวิศวกรรมในบริเวณที่ปฏิบัติงาน พร้อมทั้งทำการประเมินความเสี่ยงจากการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพสามารถจำแนกผลการประเมินออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ สารเคมีที่มีความเสี่ยงจากการได้รับสารเคมีผ่านระบบทางเดินหายใจของผู้ปฏิบัติงาน แสดงดังตารางที่ 2 และสารเคมีที่มีความเสี่ยงจากการได้รับสารเคมีผ่านทางผิวหนังของผู้ปฏิบัติงาน แสดงดังตารางที่ 3

จากข้อมูลการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพดังตารางที่ 2 พบว่า ผู้ปฏิบัติงานกับสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการเคลือบลดทองเหลืองส่วนใหญ่ได้รับความเสี่ยงที่ยอมรับได้และความเสี่ยงเล็กน้อยจากการได้รับสารเคมีผ่านระบบทางเดินหายใจและผิวหนัง นอกจากกรดซัลฟูริก 10% ที่มีผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในระดับความเสี่ยงสูง (CR4) เมื่อได้รับสารเคมีผ่านระบบทางเดินหายใจ

ผลการประเมินความเสี่ยงของกรดซัลฟูริกเข้มข้น 98% จากการสัมผัสทางระบบทางเดินหายใจ มีผลการประเมินความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (CR2) ซึ่งมีความเสี่ยงน้อยกว่ากรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% ที่มีผลการประเมินความเสี่ยงสูง (CR4) เนื่องจากการ

ทำงานของพนักงานตำแหน่ง chemical staff, process engineer และ quality staff กับกรดซัลฟูริกเข้มข้น 98% จะเป็นการทำงานในระบบปิด โดยพนักงานตำแหน่งดังกล่าวจะมีหน้าที่เปิดวาล์วเพื่อให้กรดไหลจากท่อไปสู่ถังเตรียม ซึ่งแตกต่างจากกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% ที่พนักงาน operator จะต้องเปิดอ่างกรดตรวจสอบ ทำให้มีโอกาสสัมผัสอันตรายเคมีมากกว่า จึงเป็นอันตรายมากกว่า

เมื่อวิเคราะห์ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ได้รับสารเคมีผ่านทางผิวหนังดังตารางที่ 3 พบว่าผลการประเมินความเสี่ยงของกรดฟอสฟอริกเข้มข้น 85% ต่อพนักงานตำแหน่ง Process engineer มีผลการประเมินความเสี่ยงปานกลาง (CR3) ส่วนพนักงานตำแหน่งอื่นๆ มีผลการประเมินความเสี่ยงอยู่ในระดับยอมรับได้และเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากพนักงานมีการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่ไม่เหมาะสม

จากข้อมูลการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพดังตารางที่ 2 พบว่าผู้ปฏิบัติงานกับสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการเคลือบลดทองเหลืองส่วนใหญ่ได้รับความเสี่ยงที่ยอมรับได้และความเสี่ยงเล็กน้อยจากการได้รับสารเคมีผ่านระบบทางเดินหายใจและผิวหนัง นอกจากกรดซัลฟูริก 10% ที่มีผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในระดับความเสี่ยงสูง (CR4) เมื่อได้รับสารเคมีผ่านระบบทางเดินหายใจ

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสารเคมีผ่านระบบทางเดินหายใจ

ลำดับ	ตำแหน่ง	หน้าที่	ชื่อสารเคมี	Workplace risk	Personal risk	ผล
1	Quality Staff	เตรียมสารเคมี	แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์	CR4	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
2	Operator	เตรียมสารเคมี	แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์	CR3	CR3	ความเสี่ยงปานกลาง
3	Process Engineer	เติมสารเคมี	ก้อนทองแดง	CR1	CR1	ความเสี่ยงเล็กน้อย
4	Quality Staff	ผสมสารเคมี	คอปเปอร์ไพโรฟอสเฟต	CR1	CR1	ความเสี่ยงเล็กน้อย
5	Quality Staff	เตรียมสารเคมี	กรดไนตริก 65%	CR5	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
6	Operator	เตรียมสารเคมี	กรดไนตริก 65%	CR2	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
7	Chemical Staff	ตรวจสอบคุณภาพ	กรดฟอสฟอริก 85%	CR3	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสารเคมีผ่านระบบทางเดินหายใจ (ต่อ)

ลำดับ	ตำแหน่ง	หน้าที่	ชื่อสารเคมี	Workplace risk	Personal risk	ผล
8	Process Engineer	ตรวจสอบคุณภาพ	กรดฟอสฟอริก 85%	CR4	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
9	Quality Staff	เตรียมสารเคมี	กรดฟอสฟอริก 85 %	CR4	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
10	Operator	ปฏิบัติงาน	กรดฟอสฟอริก 10%	CR1	CR1	ความเสี่ยงเล็กน้อย
11	Quality Staff	ผสมสารเคมี	โปแตสเซียมไนเตรด	CR1	CR1	ความเสี่ยงเล็กน้อย
12	Chemical Staff	เตรียมสารเคมี	กรดซัลฟูริก 98 %	CR3	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
13	Process Engineer	ตรวจสอบคุณภาพ	กรดซัลฟูริก 98 %	CR3	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
14	Quality Staff	เตรียมสารเคมี	กรดซัลฟูริก 98 %	CR4	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
15	Operator	ปฏิบัติงาน	กรดซัลฟูริก 10%	CR4	CR4	ความเสี่ยงสูง
16	Quality Staff	ผสมสารเคมี	โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์	CR2	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
17	Process Engineer	เติมสารเคมี	ก้อนสังกะสี	CR1	CR1	ความเสี่ยงเล็กน้อย
18	Operator	เติมสารเคมี	ก้อนสังกะสี	CR1	CR1	ความเสี่ยงเล็กน้อย
19	Process Engineer	ผสมสารเคมี	สังกะสีซัลเฟต	CR1	CR1	ความเสี่ยงเล็กน้อย
20	Quality Staff	ผสมสารเคมี	สังกะสีซัลเฟต	CR1	CR1	ความเสี่ยงเล็กน้อย
21	Operator	ผสมสารเคมี	สังกะสีซัลเฟต	CR1	CR1	ความเสี่ยงเล็กน้อย
22	Operator	ปฏิบัติงาน	สังกะสีออกไซด์	CR1	CR1	ความเสี่ยงเล็กน้อย
23	Operator	ปฏิบัติงาน	ฝุ่นทองเหลือง	CR3	CR3	ความเสี่ยงปานกลาง

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสารเคมีผ่านทางผิวหนัง

ลำดับ	ตำแหน่ง	หน้าที่	ชื่อสารเคมี	Workplace risk	Personal risk	ผล
1	Quality Staff	เตรียมสารเคมี	แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์	CR2	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
2	Operator	เตรียมสารเคมี	แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์	CR2	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
3	Process Engineer	เติมสารเคมี	ก้อนทองแดง	CR1	CR1	ความเสี่ยงเล็กน้อย
4	Quality Staff	ผสมสารเคมี	คอปเปอร์ไฮดรอกไซด์	CR1	CR1	ความเสี่ยงเล็กน้อย
5	Quality Staff	เตรียมสารเคมี	กรดไนตริก 65%	CR2	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
6	Operator	เตรียมสารเคมี	กรดไนตริก 65%	CR2	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
7	Chemical Staff	ตรวจสอบคุณภาพ	กรดฟอสฟอริก 85%	CR4	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
8	Process Engineer	ตรวจสอบคุณภาพ	กรดฟอสฟอริก 85%	CR3	CR3	ความเสี่ยงปานกลาง
9	Quality Staff	เตรียมสารเคมี	กรดฟอสฟอริก 85%	CR4	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
10	Operator	ปฏิบัติงาน	กรดฟอสฟอริก 10%	CR2	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
11	Quality Staff	ผสมสารเคมี	โปแตสเซียมไนเตรด	CR1	CR1	ความเสี่ยงเล็กน้อย
12	Chemical Staff	เตรียมสารเคมี	กรดซัลฟูริก 98%	CR5	CR3	ความเสี่ยงปานกลาง

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสารเคมีผ่านทางผิวหนัง (ต่อ)

ลำดับ	ตำแหน่ง	หน้าที่	ชื่อสารเคมี	Workplace risk	Personal risk	ผล
13	Process Engineer	ตรวจสอบคุณภาพ	กรดซัลฟูริก 98%	CR4	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
14	Quality Staff	เตรียมสารเคมี	กรดซัลฟูริก 98%	CR5	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
15	Operator	ปฏิบัติงาน	กรดซัลฟูริก 10%	CR2	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
16	Quality Staff	ผสมสารเคมี	โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์	CR2	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
17	Process Engineer	เติมสารเคมี	ก้อนสังกะสี	CR1	CR1	ความเสี่ยงเล็กน้อย
18	Operator	เติมสารเคมี	ก้อนสังกะสี	CR1	CR1	ความเสี่ยงเล็กน้อย
19	Process Engineer	ผสมสารเคมี	สังกะสีซัลเฟต	CR3	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
20	Quality Staff	ผสมสารเคมี	สังกะสีซัลเฟต	CR3	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
21	Operator	ผสมสารเคมี	สังกะสีซัลเฟต	CR2	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
22	Operator	ปฏิบัติงาน	สังกะสีออกไซด์	CR1	CR1	ความเสี่ยงเล็กน้อย
23	Operator	ปฏิบัติงาน	ฝุ่นทองเหลือง	CR3	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้

ผลการประเมินความเสี่ยงของกรดซัลฟูริกเข้มข้น 98% จากการสัมผัสทางระบบทางเดินหายใจ มีผลการประเมินความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (CR2) ซึ่งมีความเสี่ยงน้อยกว่ากรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% ที่มีผลการประเมินความเสี่ยงสูง (CR4) เนื่องจากการทำงานของพนักงานตำแหน่ง chemical staff, process engineer และ quality staff กับกรดซัลฟูริกเข้มข้น 98% จะเป็นการทำงานในระบบปิด โดยพนักงานตำแหน่งดังกล่าวจะมีหน้าที่เปิดวาล์วเพื่อให้กรดไหลจากท่อไปสู่ถังเตรียม ซึ่งแตกต่างจากกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% ที่พนักงาน operator จะต้องเปิดอ่างกรดตรวจสอบ ทำให้มีโอกาสสัมผัสสารเคมีมากกว่า จึงเป็นอันตรายมากกว่า

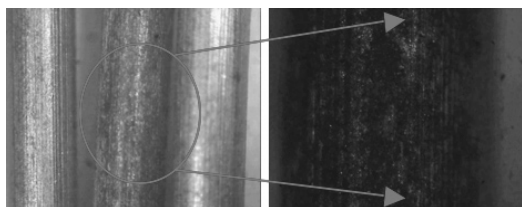
เมื่อวิเคราะห์ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ได้รับสารเคมีผ่านทางผิวหนังดังตารางที่ 3 พบว่า ผลการประเมินความเสี่ยงของกรดฟอสฟอริกเข้มข้น 85% ต่อพนักงานตำแหน่ง Process engineer มีผลการประเมินความเสี่ยงปานกลาง (CR3) ส่วนพนักงานตำแหน่งอื่นๆ มีผลการประเมินความเสี่ยงอยู่ในระดับยอมรับได้และเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจาก

พนักงานมีการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่ไม่เหมาะสม

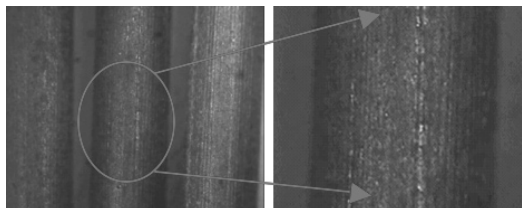
อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตนี้ ยังคงก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ข้างเคียงขึ้นด้วย ได้แก่ สังกะสีออกไซด์ และฝุ่นทองเหลือง เมื่อทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพพบว่า พนักงานที่สัมผัสสังกะสีออกไซด์มีผลการประเมินความเสี่ยงเล็กน้อย (CR1) จากการสัมผัสผ่านระบบทางเดินหายใจและผิวหนัง ส่วนพนักงานที่สัมผัสฝุ่นทองเหลืองมีผลการประเมินความเสี่ยงปานกลาง (CR3) จากการสัมผัสผ่านระบบทางเดินหายใจและความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (CR2) จากการสัมผัสผ่านผิวหนัง

จากผลการประเมินความเสี่ยง สรุปได้ว่า กรดซัลฟูริกมีความเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน ผู้วิจัยจึงพิจารณาใช้กรดชนิดอื่น ซึ่งมีอันตรายน้อยกว่ากรดซัลฟูริก แต่ต้องไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ โดยการล้างเส้นลวดจะต้องใช้กรดที่มีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) ที่ 188 g/l ผู้วิจัยจึงเลือกกรด 2 ชนิด ได้แก่ กรดฟอสฟอริกและกรดไฮโดรคลอริก

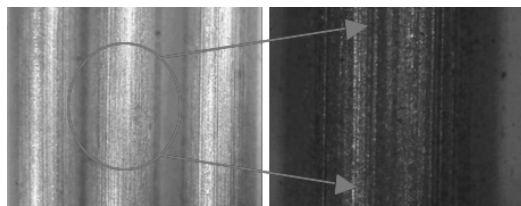
มาทำการคำนวณหาความเข้มข้นที่จะสามารถใช้ล้างทำความสะอาดเส้นลวด จากการคำนวณพบว่าต้องใช้เนื้อกรดฟอสฟอริกในปริมาณมากมาทำการละลายในสารละลายจึงจะสามารถใช้ล้างทำความสะอาดเส้นลวดได้ แต่กรดไฮโดรคลอริกสามารถผสมเป็นสารละลายตามที่ต้องการได้ จึงทดลองนำเส้นลวดแช่ทำความสะอาดในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 7.28% และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% เป็นเวลา 2 นาที พบว่าสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 7.28% ทำความสะอาดเส้นลวดได้ไม่แตกต่างจากกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% แสดงดังภาพที่ 3, 4, 5



ภาพที่ 3 เส้นลวดก่อนล้างด้วยสารละลาย



ภาพที่ 4 เส้นลวดหลังล้างด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10%



ภาพที่ 5 เส้นลวดหลังล้างด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 7.28%

เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 15 เท่า พบว่าลักษณะพื้นผิวของเส้นลวดก่อนล้างด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% จะมีความขรุขระ เนื่องจากสนิม แต่หลังจากนำเส้นลวดล้างด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% พบว่าพื้นผิวของเส้นลวดมีลักษณะเรียบสะอาดปราศจากสนิม และเมื่อเปลี่ยนสารละลายจากกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% เป็นกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 7.28% พบว่าลักษณะพื้นผิวของเส้นลวดมีความสะอาดและปราศจากสนิม ซึ่งด้านคุณภาพให้ผลเช่นเดียวกับกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% ดังนั้นในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเส้นลวดสามารถใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 7.28% แทนการใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% ได้ ก่อนที่จะนำเส้นลวดเข้าสู่กระบวนการเคลือบทองเหลืองต่อไป นอกจากนั้นได้ประเมินความเสี่ยงของกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 7.28% แสดงดังตารางที่ 4 และตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานที่ปฏิบัติงานกับกรดไฮโดรคลอริก 7.28% ผ่านระบบทางเดินหายใจ

ลำดับ	ตำแหน่ง	Workplace risk	Personal risk	ผล
1	Operator 1	CR3	CR3	ความเสี่ยงปานกลาง
2	Operator 2	CR3	CR3	ความเสี่ยงปานกลาง
3	Operator 3	CR3	CR3	ความเสี่ยงปานกลาง
4	Operator 4	CR3	CR3	ความเสี่ยงปานกลาง
5	Operator 5	CR3	CR3	ความเสี่ยงปานกลาง
6	Operator 6	CR3	CR3	ความเสี่ยงปานกลาง

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานที่ปฏิบัติงานกับกรดไฮโดรคลอริก 7.28% ผ่านทางผิวหนัง

ลำดับ	ตำแหน่ง	Workplace risk	Personal risk	ผล
1	Operator1	CR2	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
2	Operator2	CR2	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
3	Operator3	CR2	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
4	Operator4	CR2	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
5	Operator5	CR2	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้
6	Operator6	CR2	CR2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้

จากตารางที่ 4 และตารางที่ 5 พบว่าการใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 7.28% ให้ผลการประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสผ่านระบบทางเดินหายใจระดับปานกลาง และให้ผลการประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสทางผิวหนังในระดับที่ยอมรับได้ ซึ่งให้ผลการประเมินความเสี่ยงน้อยกว่ากรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% ดังนั้นกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 7.28% สามารถใช้ในกระบวนการล้างทำความสะอาดเส้นลวดแทนกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10%

4. สรุปผล

จากการประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพของสารเคมีแต่ละชนิดในกระบวนการเคลือบลวดทองเหลืองและสารเคมีที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาใน

กระบวนการผลิต เพื่อหามาตรการป้องกันและแก้ไขอันตรายที่มีต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานกับสารเคมีเหล่านั้น พบว่ากรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจของผู้ปฏิบัติงานมากที่สุด จึงได้ทดลองนำกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 7.28% มาใช้ทดแทนกรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% ในกระบวนการทำความสะอาดเส้นลวด พบว่ากรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 7.28% เป็นอันตรายต่อสุขภาพน้อยกว่ากรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% ดังนั้นจึงแนะนำให้ใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 7.28% ทำความสะอาดเส้นลวด เพื่อลดระดับความเสี่ยงจากการสัมผัสสารเคมีที่ใช้

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชมรมอาชีวอนามัยและความปลอดภัย (2554). การจัดการความเสี่ยง. http://www.safety-stou.com/UserFiles/File/54102_unit5.pdf, 11 กันยายน 2554
- [2] ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4409 (พ.ศ. 2555) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่องกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แนวปฏิบัติการตรวจสอบสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงด้านสารเคมีและกายภาพจากการประกอบอาชีพในสถานประกอบการ
- [3] พรพิมล กองทิพย์. 2545. สุขศาสตร์อุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. นำอักษรการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

- [4] ศุภชัย อ่อนคำผาง. 2552. การประเมินความเสี่ยงด้วยเทคนิค What If ในการเก็บตัวอย่างของก๊าซไฮโดรเจนและกำหนดมาตรการป้องกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [5] Rosenberg, B., Sr. and Holland F. H.. 1994. A Practical Approach to Hydrochloric Acid Pickling Prior to Zinc Plating. In Special Metal Finishing. Ohio.
- [6] DE FILIPPO, D., ROSSI A. and ATZEI D.. 1991. A tartrate-based alloy bath for brass-plated steel wire production. JOURNAL OF APPLIED ELECTROCHEMISTRY. 22: 64-72
- [7] Hasler, F. and Stone, N. 1997. The Whys and Hows of Hydrochloric Acid Pickling. Esco Engineering. Ontario.
- [8] Lohso, J., Wirts, M. Ahrens, A., Heitmann, K., Lundie, S., Lißner, L. and Wagner, A. 2003. SUBSTITUTION OF HAZARDOUS CHEMICALS IN PRODUCTS AND PROCESS. In Report compiled for the Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection of the Commission of the European Communities. March 2003. Hamburg.
- [9] Saadatmand, M., Sadeghpour S. and Aghazadeh Mohandesi, J. 2011. Optimisation of brass plating condition in plating of patented steel wire. Surface Engineering. 27: 19-25
- [10] The Commission Of The European Communities. 2001. Commission Directive 2001/59/EC of 6 August 2001 adapting to technical progress for the 28th time Council Directive 67/548/EEC on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substances. In Official Journal of the European Communities.
- [11] Leeuwen, V., C.J. and Vermeire, T.G. 2007. RISK ASSESSMENT OF CHEMICALS. Springer. AA Dordrecht, Netherlands.