การพัฒนาเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมในถังบรรจุวัตถุดิบ
Development Unwanted Object Detector in Raw Material Tanks

ศรัณย์ จิตนอก, สายสุนี พ่วงน้อย และ อนันต์ โสภิณ*
สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติและหุ่นยนต์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120
Sarun Jidnork, Saisunee Poungnoiy and Anan Sopin*
Automation and Robotics Engineering, Department of Electrical Engineering,
Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Krungthep,
2 Nanglinchee Road, Thungmahamek, Sathorn, Bangkok 10120, Thailand
*Corresponding author Email: Anan.s@mail.rmutk.ac.th
(Received: March 26, 2025 / Revised: May 31, 2025 / Accepted: June 23, 2025)

บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมในถังบรรจุวัตถุดิบสำหรับขึ้นรูปชิ้นงานผ่านเครื่องฉีด จากเดิมพนักงานจะทำการใส่วัสดุลงไปในถังที่เตรียมสำหรับการขึ้นรูปชิ้นงานเลยในระหว่างใส่วัสดุนั้นอาจจะมีเศษวัสดุอื่น แปลกปลอมเข้าไป หรือใส่วัตถุดิบผิดพลาด เพื่อเป็นการป้องกันผิดพลาดและการผลิตชิ้นงานที่ไม่ตรงตามความต้องการ จึงได้มีการพัฒนาเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมในถังบรรจุวัตถุดิบ เพื่อลดความผิดพลาดในการใส่วัสดุเข้าไปในถัง และป้องกันโอกาสชิ้นงานเสียหายจากกระบวนการผลิต โดยใช้ตัวตรวจจับแบบพร็อกซิมิตี้ตรวจจับสิ่งแปลกปลอม โดยจะมีไฟแสดงสถานะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดง และส่งเสียงออกมาเมื่อตรวจไม่พบสิ่งแปลกปลอม และฝาถังจะเปิดเพื่อให้ใส่วัสดุเข้าไป จากการทดสอบเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมในถังบรรจุวัตถุดิบ เป็นระยะเวลาหนึ่งสัปดาห์ ผลปรากฏว่าสามารถตรวจสอบสิงแปลกปลอมในวัตถุดิบที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานได้ และใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถูกต้องร้อยละ 90 ทำให้สามารถควบคุมคุณภาพสินค้าอันเนื่องมาจากการแปลกปลอมของวัสดุอื่นในวัตถุดิบได้

คำสำคัญ: การปนเปื้อน, สหกิจศึกษา, การตรวจจับวัตถุ, วัตถุดิบ, วัตถุที่ไม่ต้องการ

Abstract

Development of a unwanted object detector in a raw material tank for molding workpieces through an injection machine. Originally, the workers would put the material into the hopper prepared for molding. During the insertion of materials, there may be other unwanted materials or the wrong raw materials are inserted. Therefore, an unwanted object detector in the raw material tank has been developed to reduce the error of inserting material into the tank and prevent the possibility of damage to the workpiece in the production process. Using a proximity detector to detect unwanted objects. The indicator

light changes from green to red and emits a sound when no unwanted objects are detected, and the tank lid opens to allow the material to be inserted. The test of the unwanted object detector in the raw material tank was carried out for a period of one week. The results showed that unwanted object in the raw materials used to form the workpiece could be detected. It is 90% accurate, making it possible to control the quality of products due to the unwanted exchange of other materials in the raw materials.

Keywords: Contamination, Cooperative education, Object Detection, Raw Materials, Unwanted Objects

1.บทนำ

ในภาคอุตสาหกรรมการผลิตสมัยใหม่ การควบคุมคุณภาพ (Quality Control) ของวัตถุดิบถือเป็นหัวใจสำคัญในการรักษาเสถียรภาพของกระบวนการผลิตและการส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานที่เข้มงวด (Zingirian, 2021) และเพื่อยืนยันความถูกต้องของวัสดุก่อนอนุญาตให้นำไปใส่ในถังบรรจุ (Ranieri, 1998) อย่างไรก็ตามมาตรการเหล่านี้มุ่งเน้นที่การควบคุมชนิดและปริมาณของวัตถุดิบเท่านั้น ปัญหาสำคัญที่ยังคงอยู่คือการขาดกลไกการตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมที่ปะปนมากับเม็ดพลาสติก ซึ่งในทางปฏิบัติมักอาศัยการสังเกตการณ์ด้วยสายตาของพนักงานเป็นหลัก วิธีการนี้มีข้อจำกัดด้านความแม่นยำสูงและมีความเสี่ยงต่อความผิดพลาดของมนุษย์ ทำให้มีโอกาสสูงที่เศษโลหะจะปนเปื้อนเข้าไปในถังหลอม เมื่อสิ่งแปลกปลอมเหล่านี้ถูกหลอมรวมกับพลาสติก จะส่งผลให้ชิ้นงานสุดท้ายมีข้อบกพร่อง ไม่เป็นไปตามมาตรฐานและความต้องการของลูกค้าทันที ซึ่งตอกย้ำถึงความจำเป็นเร่งด่วนในการยกระดับมาตรฐานการคัดกรองวัตถุดิบ

การออกแบบและพัฒนา เครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมในถังบรรจุวัตถุดิบ โดยมีเป้าหมายหลักในการตรวจจับและคัดกรอง เศษโลหะ ที่ปะปนมากับเม็ดพลาสติกก่อนที่วัตถุดิบจะเข้าสู่เครื่องหลอมเหลวการพัฒนาเครื่องมือนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์ โดยเลือกใช้ ตัวตรวจจับระยะใกล้ (Proximity Sensor) ซึ่งมีความสามารถในการตรวจจับวัตถุที่เป็นโลหะได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ (Kishizada, 2022) การเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการตรวจจับนี้เป็นพื้นฐานสำคัญในการลดความเสี่ยงของการปนเปื้อนในวงกว้างระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ถูกออกแบบให้ทำงานร่วมกับการยืนยันตัวตนของพนักงานและวัตถุดิบ โดยหลังจากที่พนักงานทำการสแกนบัตรและรหัส QR ที่ถูกต้อง ระบบจะทำการปลดล็อกถัง และเมื่อมีการใส่เม็ดพลาสติกเข้าไป หากเซ็นเซอร์ตรวจจับระยะใกล้ตรวจพบเศษโลหะในถัง ระบบจะทำการแจ้งเตือนด้วยเสียงและสัญญาณไฟทันทีเพื่อให้พนักงานสามารถแก้ไขและนำเศษโลหะออกจากถังได้ก่อนดำเนินการต่อ การออกแบบนี้เป็นการเพิ่มด่านความปลอดภัยที่สำคัญในกระบวนการผลิต (Robinson, 2024), (Zalpour, 2020) เครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมนี้จึงไม่ได้เป็นเพียงเครื่องมือในการคัดกรองเท่านั้น แต่ยังช่วย ลดความเสี่ยงต่อความเสียหายของเครื่องจักร ลดของเสียของผลิตภัณฑ์ และเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการควบคุมคุณภาพและการตรวจสอบย้อนกลับในอุตสาหกรรม โดยจากการทดสอบการทำงานในสถานการณ์จริงเป็นเวลา 1 สัปดาห์

(จำนวน 50 ครั้ง) ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือมี ความถูกต้องในการตรวจจับสูงถึงร้อยละ 90 ซึ่งบ่งชี้ถึงความพร้อมในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเสริมสร้างมาตรฐานความปลอดภัยและคุณภาพในสายการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพการออกแบบและพัฒนาเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมในถังวัตถุดิบ ซึ่งคือเศษโลหะที่ปะปนมาในถังบรรจุเม็ดพลาสติก ก่อนที่จะทำการหลอมเม็ดพลาสติกเพื่อทำการขึ้นรูป โดยใช้ตัวตรวจจับระยะใกล้ (Proximity Sensor) เพื่อตรวจจับโลหะที่ปะปนมาในเม็ดพลาสติก ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 ถังใส่วัสดุ

2. วิธีการทดลอง

2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ถังเก็บวัสดุ (Material tank) (Collotta, 2017), (Godoy, 2023), (Palovcak, 2020) เป็นภาชนะที่ใช้สำหรับบรรจุสารของเหลว ก๊าซ หรือของแข็ง เพื่อจัดเก็บ เก็บรักษา ผสม แปรรูป หรือขนส่งได้อย่างปลอดภัย วัสดุที่ใช้ทำถังมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับประเภทของสารที่เก็บ เช่น พลาสติก เหล็ก หรือไฟเบอร์กลาส หน้าที่และการใช้งานของถังเก็บวัสดุ (Garcia, 2024), (Ghali, 2014), (Haroun, 1980), (Kovalenko, 2017), (Sotoodeh, 2024) เช่น 1) กักเก็บของเหลว ก๊าซ หรือของแข็ง เพื่อใช้ในภายหลัง เช่น ถังเก็บน้ำดื่ม น้ำฝน น้ำมัน หรือก๊าซ 2) เป็นที่พักชั่วคราวสำหรับสารต่างๆ ก่อนนำไปกำจัดหรือขนส่งต่อไป 3) ใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อผสมสารเคมี หรือแปรรูปวัสดุ ออกแบบมาเพื่อป้องกันการรั่วไหล การปนเปื้อน และอันตรายจากสารเคมีอันตราย เช่น กรด ด่าง หรือสารไวไฟ

วัสดุที่ใช้ทำถังที่นิยม ได้แก่ พลาสติก (PE) นิยมใช้ในถังเก็บน้ำทั่วไป เพราะมีความทนทาน น้ำหนักเบา และราคาไม่สูง สเตนเลส ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมที่ต้องการความสะอาดทนทานต่อการกัดกร่อน ไฟเบอร์กลาส (FRP) ใช้สำหรับเก็บสารเคมี น้ำ หรือของเหลวต่างๆ ในงานอุตสาหกรรม เหล็ก มักใช้สำหรับถังขนาดใหญ่เพื่อเก็บน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติเหลว หรือสารเคมีอื่นๆ

ตัวตรวจจับโลหะ (Metal Detector)

ตัวตรวจจับโลหะ (Metal Detector) สำหรับตรวจจับโลหะชนิดต่าง ๆ ที่อาจปะปนมากับวัตถุดิบนั้น ใช้ตัวตรวจจับแบบไม่สัมผัส (Proximity sensor) (Ye, 2020), (Guo, 2019) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจจับวัตถุที่อยู่ใกล้เคียงโดยไม่ต้องสัมผัส อาศัยหลักการตรวจจับจากสนามไฟฟ้า หรือสนามแม่เหล็กที่ส่งออกมา เมื่อวัตถุเข้ามาในระยะตรวจจับ จะส่งสัญญาณไฟฟ้าออกมา ตัวตรวจจับแบบไม่สัมผัส ถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม เช่น การตรวจจับชิ้นงาน การนับจำนวน หรือการตรวจจับระดับน้ำ นอกจากนี้ยังใช้ในสมาร์ทโฟนเพื่อปิดหน้าจอขณะสนทนา โดยหลักการทำงานจะเป็นตรวจจับโดยไม่มีการสัมผัส ซึ่งตัวตรวจจับจะส่งสัญญาณออกไปและตรวจจับการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีวัตถุเข้ามาในบริเวณที่กำหนด จากนั้นจะทำการแปลงข้อมูลเป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยระบบจะแปลงข้อมูลที่ตรวจจับได้ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อส่งต่อไปยังอุปกรณ์อื่น

ประเภทหลักของตัวตรวจจับแบบไม่สัมผัส 1) ตัวตรวจจับแบบไม่สัมผัสแบบเหนี่ยวนำ (Inductive Sensor) ใช้สนามแม่เหล็กความถี่สูง ตรวจจับได้ดีกับวัตถุที่เป็นโลหะ 2) ตัวตรวจจับแบบไม่สัมผัสแบบความจุ (Capacitive Sensor) ใช้หลักการตรวจจับประจุไฟฟ้า สามารถตรวจจับได้หลากหลายวัสดุ เช่น โลหะ พลาสติก แก้ว หรือของเหลว ตัวตรวจจับแบบไม่สัมผัสนิยมนำไปใช้งานในอุตสาหกรรม นำไปใช้ตรวจจับชิ้นงานที่ไม่สมบูรณ์ ตรวจจับความเร็วรอบ ตรวจนับจำนวนวัตถุ ตรวจจับระดับน้ำในถัง

ในงานวิจัยนี้ใช้ตัวตรวจจับแบบไม่สัมผัสแบบเหนี่ยวนำ (Inductive Sensor) เนื่องจากต้องการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่เป็นโลหะที่ปะปนอยู่ในเม็ดพลาสติก

ระบบประมวลผล

การประมวลผลแบบเวลาจริงจะทำงานผ่านอาร์ดูโน่ (Arduino) (SF Barrett, 2022), (PD Minns, 2013), (MR Idris, 2023) อาร์ดูโน่ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถเขียนโปรแกรมให้ทำตามคำสั่งได้ อาร์ดูโน่เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ที่คนทั่วไปสามารถนำไปพัฒนาต่อได้อย่างต่อเนื่อง การเขียนโปรแกรมนั้นใช้ Arduino IDE (B Evans, 2021) เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุม และสามารถทำการแปลงไฟล์ดังกล่าว เพื่อนำไปอัพโหลดลงยังบอร์ดอาร์ดูโน่ โดยเราสามารถที่จะเลือกใช้โปรแกรมแบบ online IDE หรือ desktop IDE ก็ได้

2.2 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

บริษัท เอ็นเอ็มบี-มินีแบ ไทย จำกัด (โรงงานลพบุรี)

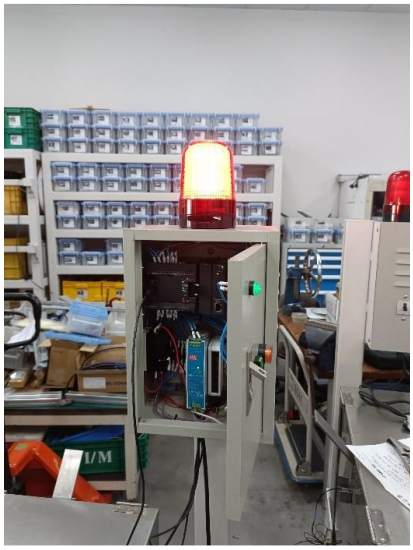
2.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. เก็บข้อมูลประเด็นปัญหา
2. ตั้งสมมติฐานการทำงาน
3. ออกแบบเครื่องตามสมมติฐาน
4. ทำการสร้างเครื่องตามการออกแบบ และเขียนโปรแกรม
5. ทดสอบประสิทธิภาพและแก้ไข

2.4 ขั้นตอนปฏิบัติงาน

2.4.1 การทดสอบประสิทธิภาพตู้ควบคุม

ในการทดสอบนั้นจะเริ่มต้นด้วยทำการทดสอบตู้คอนโทรลหลังจากติดตั้งโปรแกรมแล้ว ในการทดสอบนั้นหลังจากที่ทำการเปิดระบบแล้วไฟแสดงสถานะสีเขียวหน้าตู้จะติด เพื่อแสดงว่าตู้คอนโทรลกำลังทำงานอยู่ ส่วนไฟสีแดงจะติดและส่งเสียงเตือนออกมาในกรณีที่เซนเซอร์ตรวจไม่พบวัตถุดิบ และเมื่อกดปุ่มรีเซ็ตเสียงจะหายไปแต่ไฟแสดงสถานะสีแดงยังจะแสดงอยู่

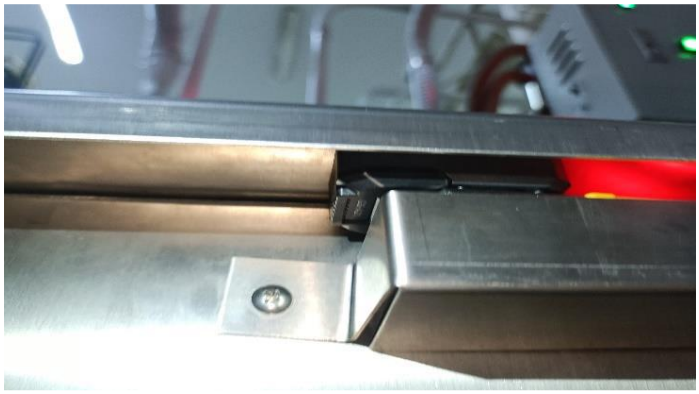


รูปที่ 2 การทดสอบตู้คอนโทรล

2.4.2 การทดสอบประสิทธิภาพถังบรรจุวัตถุดิบ

ทำการทดสอบการทำงานของตัวล็อคฝาถังขณะที่ตัวล็อคนั้นทำการล็อคอยู่จะแสดงไฟสีเขียวและเมื่อสแกนบาร์โค้ดตัวล็อคจะแสดงไฟสีแดงจึงจะสามารถทำการเปิดฝาถังได้

รูปที่ 3 การทดสอบถังบรรจุวัตถุดิบ



รูปที่ 4 การทดสอบถังบรรจุวัตถุดิบ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

การพัฒนาเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมในถังบรรจุวัตถุดิบประสบความสำเร็จในการบรรลุวัตถุประสงค์หลัก เครื่องมือนี้สามารถ ลดความผิดพลาดในการปนเปื้อนของสิ่งแปลกปลอม (เศษโลหะ) ในวัตถุดิบได้อย่างชัดเจน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการ ลดโอกาสการเกิดชิ้นงานเสีย ในกระบวนการผลิต โดยจากการทดสอบจริง 50 ครั้ง ตลอด 1 สัปดาห์ พบว่าระบบมีความ ถูกต้องในการทำงานสูงถึงร้อยละ 90 ซึ่งช่วยให้การควบคุมคุณภาพสินค้าดีขึ้นมาก อย่างไรก็ตามโครงการยังคงมีประเด็นที่ต้องพัฒนาต่อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสูงสุด ปัญหาด้านฮาร์ดแวร์ ที่พบคือการติดตั้งตู้ควบคุมมีข้อจำกัดด้านพื้นที่ ทำให้ฝาถังบรรจุวัตถุดิบเปิดได้ไม่สุดเนื่องจากติดกับ Circuit Breaker ซึ่งได้แก้ไขโดยการปรับตำแหน่งแผ่นยึดแล้ว ขณะที่ปัญหาด้านประสิทธิภาพการตรวจจับ พบว่าความถูกต้องยังไม่ถึงร้อยละ 100 เนื่องจากขีดจำกัดของ ตัวตรวจจับแบบไม่สัมผัส (Proximity Sensor) เพียงตัวเดียวไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่การตรวจจับได้ทั่วถึงทั้งถัง ดังนั้นจึงมีข้อเสนอแนะให้ เพิ่มจำนวนตัวตรวจจับ เพื่อให้การคัดกรองสมบูรณ์ยิ่งขึ้น นอกจากนี้ การตรวจจับควรทำก่อนใส่วัตถุดิบลงในถัง เนื่องจากหากตรวจพบสิ่งแปลกปลอมหลังจากวัตถุดิบถูกเทลงไปแล้ว จะทำให้กระบวนการค้นหาและกำจัดสิ่งแปลกปลอมมีความซับซ้อนและใช้เวลานาน

4. สรุปผล

การพัฒนาเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมในถังบรรจุวัตถุดิบ เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติและเซนเซอร์ เพื่อช่วยยกระดับมาตรฐานการผลิต และความปลอดภัยของกระบวนการผลิต สามารถลดต้นทุนระยะยาว และสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค โดยการออกแบบระบบให้มีความเหมาะสมกับลักษณะของวัตถุดิบและประเภทของสิ่งแปลกปลอม จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาในการพัฒนาเครื่องดังกล่าว

3.2 ความพึงพอใจของสถานประกอบการต่อโครงงาน / งานประจำอันเนื่องมาจากคุณภาพของผลงานที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ หรือมีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเป็นรูปธรรมในสถานประกอบการ

ในการพัฒนาเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมในถังบรรจุวัตถุดิบนั้น เป็นประโยชน์ต่อสถานประกอบการและพนักงาน ทำให้การทำงานของพนักงานมีความสะดวกมากยิ่งขึ้น ลดข้อผิดพลาดจากการ

ปะปนของสิ่งแปลกปลอม การทำงานของพนักงานเป็นไปในทิศทางเดียวกัน การถ่ายทอดวิธีการทำงานสู่พนักงานใหม่สามารถเรียนรู้ได้รวดเร็วขึ้น ส่งผลให้การผลิตและการควบคุมคุณภาพของการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงงาสหกิจศึกษาและการทำงานที่ได้รับมอบหมายนั้น ได้ความอนุเคราะห์จาก บริษัท เอ็นเอ็มบี-มินีแบ ไทย จำกัด ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านอุปกรณ์เครื่องมือช่าง การเอื้อเฟื้อสถานที่ในไลน์การผลิตให้เข้าไปทำการเก็บข้อมูล ทั้งข้อมูลที่ได้จากการสอบถามจากพนักงานหน้าเครื่อง การเก็บข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องจักร และการตรวจสอบชิ้นงานให้เป็นไปตามมาตรฐานของลูกค้า โดยมีหัวหน้างานและพนักงานที่ปรึกษาให้คำแนะนำเป็นอย่างดี ทำให้การดำเนินงานเป็นไปได้อย่างราบรื่น อีกทั้งทางสถานประกอบการณ์ได้มีการแนะนำแนวทางในการประกอบอาชีพในอนาคต ทำให้ได้รับประสบการณ์จากการทำงาน การเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ ได้นำเอาความรู้ในภาคทฤษฎีมาปรับใช้ได้

6. เอกสารอ้างอิง

Barrett, S. F. (2022). Arduino microcontroller processing for everyone.

Collotta, M., & Solazzi, L. (2017). New design concept of a tank made of plastic material for firefighting vehicle. International Journal of Automotive & ... search.ebscohost.com.

Evans, B. (2011). Beginning arduino programming.

Garcia, S. D. P. (2024). Process Planning for Manufacture a Storage Tank. ela.kpi.ua.

Ghali, A. (2014). Circular storage tanks and silos. books.google.com.

Godoy, L. A., & Ameijeiras, M. P. (2023). Plastic buckling of oil storage tanks under blast loads. Structures. Elsevier.

Guo, Y. X., Lai, C., Shao, Z. B., Xu, K. L., & Li, T. (2019). Differential structure of inductive proximity sensor. Sensors.

Haroun, M. A. (1980). Dynamic analyses of liquid storage tanks. core.ac.uk.

Idris, M. R., Irdayanti, M. N., & Ramlee, M. (2023). A review of microcontroller design in future industrial revolution. AIP Conference Proceedings.

Kishizada, T. (2022). Development of Ultrasonic Measuring Devices (Sensors) That Determine The Level Of Liquid In Tanks. search.proquest.com.

Kovalenko, V. (2017). Structural and functional analysis of tank containers Metallurgical and mining industry. irbis-nbuv.gov.ua.

Minns, P. D. (2013). C Programming for the PC the MAC and the Arduino Microcontroller System.

Palovcak, A. (2020). Choosing the Correct Plastic Material for Tanks. Materials Performance. content.ampp.org.

Robinson, C., Bradbury, K., & Borsuk, M. E. (2024). Remotely sensed above-ground storage tank dataset for object detection and infrastructure assessment. Scientific Data. nature.com.

Sotoodeh, K. (2024). Storage Tanks Selection, Design, Testing, Inspection, and Maintenance: Emission Management and Environmental Protection: Emission Management and Environment Protection.

Suliman, H. M., & Kivrak, S. (2023). Anti-tank guided missile system design based on an object detection model and a camera. International Journal of Computational Intelligence. Springer.

Ye, Y., Zhang, C., He, C., Wang, X., Huang, J., & Deng, J. (2020). A review on applications of capacitive displacement sensing for capacitive proximity sensor. Ieee Access. ieeexplore.ieee.org.

Zalpour, M., & Akbarizadeh, G. (2020). A new approach for oil tank detection using deep learning features with control false alarm rate in high-resolution satellite imagery. Journal of Remote Sensing. Taylor & Francis.

Zingirian, N., & Botti, F. (2021). Mobile Unattended-Operation Detector for Bulk Dangerous Goods Handling. Conference on Mobility, Sensing and ieeexplore.ieee.org.