

Research Article

การตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติผ่านระบบการประมวลผลภาพในการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

Automated part inspection by image processing system in vehicle part manufacturing

เอกชัย พรรณวัลย์¹ และสุภัทรชัย สูดสawat²

Akekachai Pannawan¹ and Supattarachai Sudsawat²

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการวัดคุมและอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตระยอง อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง 21120

¹Division of Instrumentation and Automation Engineering Technology, Faculty of Engineering Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Rayong Campus, Ban Khai, Rayong 21120

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

²Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520

*E-mail: akekachai.p@eat.kmutnb.ac.th

Received: 22/10/2016; Accepted: 6/06/2017

บทคัดย่อ

ในการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ คุณภาพถือเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ผลิตต้องคำนึงถึง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพแบบอัตโนมัติ โดยการประยุกต์ใช้การประมวลผลภาพแบบภาพสีเทาในการตรวจสอบขนาดของชิ้นงาน (gray image processing) เพื่อนำมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทงานฉีดพลาสติกในส่วนของกระบวนการวัดขนาดซึ่งมีความซับซ้อน และมีความหลากหลายของชิ้นงาน และเพื่อแทนที่การใช้ผู้ปฏิบัติงานในการตรวจสอบ ผลการทดลองพบว่าระบบตรวจสอบคุณภาพแบบอัตโนมัติสามารถ

ลดเวลาและเพิ่มความแม่นยำในการตรวจสอบชิ้นงาน ดังนั้นการตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติผ่านระบบการประมวลผลภาพนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และสร้างความน่าเชื่อถือให้กับลูกค้าได้

คำสำคัญ: ชิ้นส่วนยานยนต์, ระบบตรวจสอบคุณภาพแบบอัตโนมัติ, ระบบการประมวลผลภาพ

Abstract

In automotive part manufacturing, part's qualities are main important that manufacturers have to concern during production process. The purpose of this research was to develop the automated quality inspection by applying the gray image processing system to investigate the quality of plastic injection parts in vehicle part industry in dimension measurement section which were complicated and had various geometries and to replace an operator's inspection. The results showed that automated inspection could reduce time and enhance precision of inspection process. Therefore this automated part inspection by image processing system was able to increase work's efficiency and reliability to enhance customer's satisfaction.

Keywords: automotive part, automated quality inspection, image processing system

บทนำ

อุตสาหกรรมยานยนต์ ถือได้ว่าเป็นมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจไทย และก่อให้เกิดการจ้างงานเป็นจำนวนมาก โดยในรถยนต์หนึ่งคันประกอบไปด้วยชิ้นส่วนมากกว่า 20,000 ชิ้น ทำให้ผู้ผลิตรถยนต์ไม่สามารถผลิตทุกชิ้นส่วนเองได้ จึงต้องมีการจ้างผลิต และเมื่อพิจารณาจำนวนผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศไทยตามลำดับการส่งมอบพบว่า มีผู้ผลิตชิ้นส่วนลำดับที่ 1 (1st Tier) จำนวน 462 บริษัท และมีผู้ผลิตชิ้นส่วนลำดับที่ 2 และ 3 (2nd Tier and 3rd Tier) อีกกว่า 1,137 บริษัท (Thailand Automotive Institute, 2014) ทางผู้ผลิตรถยนต์จึงให้ความสำคัญในการควบคุมคุณภาพของชิ้นส่วนที่จ้างผลิตซึ่งอาจมาจากผู้ส่งมอบเพียงรายเดียวหรือหลายรายก็ได้ เพื่อให้มีคุณภาพและมาตรฐานเดียวกัน

การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์จึงเป็นกระบวนการหนึ่งที่มีความสำคัญสำหรับผู้ผลิต หรือผู้ส่งมอบชิ้นส่วน ซึ่งนอกจากจะช่วยให้อินคัมมีคุณภาพเป็นไปตามความต้องการของลูกค้าแล้ว ยังช่วยลดต้นทุนค่าเสียโอกาสและลดการส่งมอบล่าช้าเนื่องจากต้องผลิตใหม่จากสินค้าที่ไม่ได้คุณภาพ (Laofor & Peansupa, 2012) จึงช่วยสร้างความเชื่อมั่นให้กับลูกค้า และเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้แตกต่างจากคู่แข่งอีกด้วย (Luo & He, 2016) อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบคุณภาพต้องใช้ทั้งเวลา ต้นทุน และแรงงาน การตรวจสอบคุณภาพโดยพนักงาน มีความถูกต้องสูงสุดเพียง 80% (Molleda et al., 2013) อันเนื่องมาจากความผิดพลาดของผู้ปฏิบัติงาน

ทั้งยังขาดมาตรฐานในการทำงาน จึงต้องมีการฝึกทักษะและสอนวิธีการใช้เครื่องมือวัดให้แก่พนักงาน (Huang & Pan, 2015) ในช่วงปลายคริสต์ทศวรรษ 1980 จึงได้มีการนำระบบอัตโนมัติมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพและได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้นเรื่อย ๆ ในปัจจุบัน (Molleda et al., 2013)

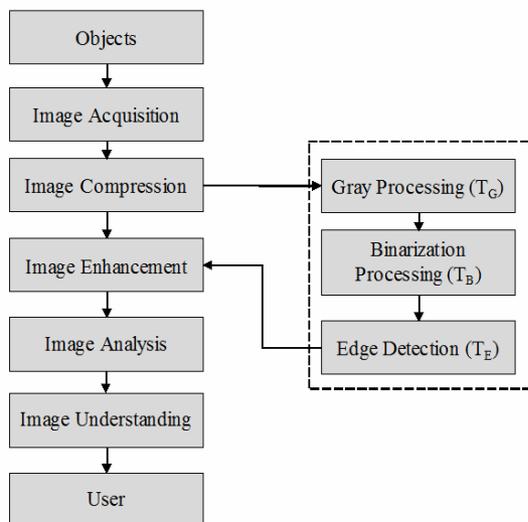
การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพโดยระบบการประมวลผลภาพ

การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพโดยระบบการประมวลผลภาพเป็นเทคนิคหนึ่งที่ยอมรับใช้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในทุกอุตสาหกรรมเพื่อช่วยลดเวลาในการทำงาน และเพิ่มประสิทธิภาพ รวมทั้งสร้างความน่าเชื่อถือในการตรวจสอบ (Huang & Pan, 2015) ทั้งในอุตสาหกรรมที่ต้องการความแม่นยำในการตรวจสอบสูง สำหรับชิ้นส่วนขนาดเล็กอย่างอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มีการประยุกต์ใช้เทคนิคการตรวจสอบด้วยภาพเพื่อตรวจสอบจุดบกพร่องในการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ เซมิคอนดักเตอร์ (Huang & Pan, 2015) และแผ่นวงจรพิมพ์แบบยืดหยุ่น (Wang et al., 2010)

ในสภาวะการทำงานที่อันตราย หรือต้องใช้ความร้อนสูงนิยมใช้เทคนิคการตรวจสอบด้วยภาพ ทำให้อุปกรณ์ในการตรวจสอบไม่ต้องสัมผัสกับชิ้นงานโดยตรง เช่น การตรวจสอบจุดบกพร่องในการผลิตเหล็กแผ่นม้วน ช่วยให้พบจุดบกพร่องได้อย่างทันเวลา สร้างความน่าเชื่อถือ และลดต้นทุนในการผลิต (Luo & He, 2016) เป็นต้น การตรวจสอบความกว้างและความเรียบในการผลิตโลหะแผ่นม้วน จะช่วยเพิ่มความเร็วและความสามารถในการผลิต อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนและลดความล่าช้าจากการตรวจสอบด้วยสายตา (Molleda et al., 2013) รวมถึงการตรวจสอบและแยกแยะจุดบกพร่องในระหว่างการผลิตโลหะแผ่นม้วนที่ใช้ความเร็วสูง และมีสภาวะการทำงานที่ไม่ปลอดภัย แทนวิธีการตรวจสอบแบบเดิมที่ต้องใช้ผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งทำได้เพียงแต่การตรวจสอบคุณภาพในขั้นตอนสุดท้ายเท่านั้น (Eremin, 2006) และในกระบวนการหล่อโลหะ มีการนำเทคนิคการตรวจสอบด้วยภาพมาใช้ในการวัดขนาดของชิ้นงาน ซึ่งมีโครงสร้างที่ซับซ้อน ทำให้ลดเวลาในการตรวจสอบโดยไม่ต้องรอให้ชิ้นงานเย็นตัว จึงช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้พนักงาน (Li & Sha, 2011)

การประมวลผลภาพ (image processing) คือ การจัดการภาพด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ เป็นการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงคุณภาพของภาพถ่ายให้ดีขึ้น เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปวิเคราะห์ และใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ขั้นตอนการประมวลผลภาพ เริ่มด้วยการนำเข้าภาพ (image acquisition) จากนั้นเข้าสู่การบีบอัดภาพ (image compression) การปรับปรุงภาพ (image enhancement) การวิเคราะห์ภาพ (image analysis) และการสร้างความเข้าใจและการรับรู้แก่ผู้ใช้งาน (image understanding) ดังรูปที่ 1

จากรูปที่ 1 ขั้นตอนการบีบอัดภาพไปจนถึงการปรับปรุงภาพ ประกอบไปด้วย 3 กระบวนการที่สำคัญ (Yang et al., 2015) ได้แก่ กระบวนการแปลงภาพสีให้เป็นภาพสีเทา (gray processing) เมื่อได้ภาพสีเทาแล้วจึงเข้าสู่กระบวนการแปลงภาพสีเทาให้เป็นภาพขาวดำ (binarization processing) และสุดท้ายเป็นกระบวนการหาขอบภาพ (edge detection) จะได้ภาพที่มีขอบชัดเจนเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์ต่อไป



รูปที่ 1. ขั้นตอนการประมวลผลภาพ (ดัดแปลงจาก Laofor & Peansupap, 2012 และ Yang et al., 2015)

กระบวนการแปลงภาพสีให้เป็นภาพสีเทา

ภาพถ่ายดิจิทัลประกอบไปด้วยจุดภาพ หรือพิกเซล (Pixels) มากมายประกอบกันเป็นภาพ ซึ่งในแต่ละพิกเซลจะมีความเข้มของแสงแตกต่างกันออกไป จากการรวมกันของแสง 3 สีหลัก คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน (RGB) สามารถแสดงออกมาเป็นตัวเลขได้ดังสมการ (1)

$$F_{col}(x,y) = [c_r(x,y), c_g(x,y), c_b(x,y)]^T \quad (1)$$

โดยที่ x,y คือ พิกัดของพิกเซล และ $c_r(x,y)$, $c_g(x,y)$, $c_b(x,y)$ คือ ค่าความเข้มของแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ตามลำดับในการลดภาระงานจึงทำการแปลงภาพสีให้เป็นภาพสีเทา ดังสมการ (2)

$$f_g(x,y) = T_G [F_{col}(x,y)] \quad (2)$$

โดยที่ $T_G : R^3 \rightarrow R^1$ คือ มีความสัมพันธ์จาก R^3 ไป R^1 และ $f_g(x,y)$ คือ ค่าความเข้มของแสงของพิกเซลในภาพสีเทา

กระบวนการแปลงภาพสีเทาให้เป็นภาพขาวดำ

หลังจากที่ได้ภาพสีเทาแล้วกระบวนการถัดมาคือการแปลงให้เป็นภาพขาวดำเพื่อให้ง่ายต่อการหาขอบภาพในกระบวนการต่อไป โดยการแปลงค่าความเข้มของแสงของพิกเซลให้เป็น 0 หรือ 255 สำหรับภาพ 8 บิต ซึ่งจะได้อีซีดำและสีขาวตามลำดับแสดงได้ดังสมการ (3)

$$f_b(x,y) = T_B [f_g(x,y)] \quad (3)$$

โดยที่ $T_B : R^1 \rightarrow R^1$ คือ มีความสัมพันธ์ตามฟังก์ชัน

$$T_B : f_b(x,y) = \begin{cases} 255, & f_g(x,y) \geq T \\ 0, & f_g(x,y) < T \end{cases} \quad (4)$$

กระบวนการหาขอบภาพ

เมื่อได้ภาพขาวดำแล้ว ต่อมาเป็นกระบวนการหาขอบภาพ ซึ่งจะช่วยในการหาพื้นที่และตำแหน่งของจุดบกพร่องเพื่อการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การแปลงจากภาพขาวดำมาเป็นภาพที่แสดงขอบงาน สามารถแสดงได้ดังสมการ (5)

$$f_c(x,y) = T_E [f_b(x,y)] \quad (5)$$

โดยที่ $T_E : R^1 \rightarrow R^1$ คือ การดำเนินการเพื่อหาขอบภาพ

การประมวลผลภาพในอุตสาหกรรม

ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยปกติมักใช้การตรวจสอบด้วยสายตา ซึ่งต้องใช้เวลาค่อนข้างนาน และขาดความน่าเชื่อถือ จึงมีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการตรวจสอบรอยย่นตามตะเข็บผ้า โดยใช้เทคนิคการตรวจสอบด้วยภาพ จึงช่วยลดขั้นตอนการฝึกทักษะของพนักงาน ทำให้การทำงานง่ายและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Han et al., 2010) ในอุตสาหกรรมไม้ มีการรวมกระบวนการผลิตกับการประกันคุณภาพโดยนำเทคนิคการตรวจสอบด้วยภาพเข้ามาช่วยในการตรวจสอบพื้นผิวของชิ้นงานแบบอัตโนมัติ ซึ่งอาจเกิดจุดบกพร่องจากการทำงานของเครื่องจักรในระหว่างการผลิต (Hesselbach et al., 2007) หรือแม้กระทั่งในงานสถาปัตยกรรม มีการประยุกต์ใช้ในงานปูกระเบื้องเพื่อทดแทนการตรวจสอบด้วยสายตา ช่วยลดความแตกต่างจากดุลพินิจในแต่ละบุคคล และเพิ่มความน่าเชื่อถือในการตรวจสอบ (Laofor & Peansupa, 2012) สำหรับในอุตสาหกรรมยานยนต์มีการประยุกต์ใช้งานระบบการตรวจสอบด้วยภาพกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีความถูกต้องแม่นยำสูง ทำให้การทำงานสะดวกรวดเร็ว และมี

ประสิทธิภาพ ได้แก่ ในการตรวจสอบคุณภาพถุงลมนิรภัยโดยใช้โปรแกรม MATLAB ควบคู่กับโครงข่ายประสาทเทียม (BP neural network) (Xianjiang et al., 2012) และการตรวจสอบขนาดและรูปร่างของชิ้นส่วนในระบบเบรครถยนต์ (Yu & Tan, 2010) สำหรับกระบวนการฉีดพลาสติกมีการประยุกต์ใช้งานการตรวจสอบด้วยภาพเพื่อหาข้อบกพร่องของชิ้นงานจากการเกิดครีบ และการหดตัวของชิ้นงานพลาสติก ควบคู่ไปกับการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเป็นค่าตั้งต้นของเครื่องจักรเพื่อลดปัญหาคุณภาพ (Yang et al., 2015)

อย่างไรก็ตามพบว่า การนำระบบการประมวลผลภาพไปใช้ส่วนใหญ่จะนำไปใช้กับการผลิตจำนวนมาก (mass production) ซึ่งมีรูปแบบชิ้นงานแบบเดียว และเป็นการผลิตแบบต่อเนื่อง แต่สำหรับสถานประกอบการที่เป็นกรณีศึกษา ซึ่งเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทงานฉีดพลาสติก มีความต้องการในการตรวจสอบชิ้นงานตั้งแต่ในช่วงของการผลิตงานต้นแบบ ซึ่งมีรูปแบบที่หลากหลายและจุดตรวจสอบจำนวนมาก ในงานวิจัยครั้งนี้ จึงมีการประยุกต์ใช้เทคนิคการตรวจสอบด้วยภาพ โดยออกแบบให้มีความยืดหยุ่นในการทำงาน โดยสามารถ สามารถตรวจสอบชิ้นงานได้อย่างหลากหลายรูปแบบ เหมาะสำหรับชิ้นงานที่มีโครงสร้างซับซ้อน และมีจุดตรวจสอบตามข้อกำหนดหลายจุด เพื่อช่วยลดเวลา และเพิ่มความน่าเชื่อถือในการตรวจสอบ รวมทั้งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

วิธีการทดลอง

การเก็บข้อมูลชิ้นงานและวิธีการตรวจสอบ

สถานประกอบการที่เป็นกรณีศึกษาในครั้งนี้ (บริษัท ไมโครเทคโปรดักส์ จำกัด) ดำเนินธุรกิจด้านงานฉีดพลาสติกแบบครบวงจร ตั้งแต่รับทำแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ขึ้นรูปชิ้นงานด้วยกระบวนการฉีดพลาสติก ไปจนถึงประกอบชิ้นงานให้ลูกค้า โดยลูกค้าส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งให้ความสำคัญในเรื่องคุณภาพ และมาตรฐานของผลิตภัณฑ์เป็นอย่างมาก ดังนั้น การตรวจสอบคุณภาพจึงเป็นขั้นตอนหนึ่งที่ทางบริษัทฯ ให้ความสำคัญ

ในปัจจุบัน กระบวนการตรวจสอบคุณภาพของทางบริษัทฯ จะทำการตรวจสอบตั้งแต่ลักษณะปรากฏ ได้แก่ สีไม่ได้ตามมาตรฐาน ฉีดไม่เต็ม มีรอยขุย หรือ โกงงอ ตรวจสอบขนาดของชิ้นงาน รวมทั้งตรวจสอบฟังก์ชันการใช้งาน หรือการประกอบเข้ากับชิ้นส่วนอื่น โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การตรวจสอบชิ้นงานต้นแบบ ซึ่งต้องทำแบบร้อยเปอร์เซ็นต์ โดยการตรวจสอบชิ้นงานต้นแบบทุกชิ้นก่อนส่งมอบและวัดขนาดทุกจุดตามแบบ (drawing) ของลูกค้า และการสุ่มตรวจชิ้นงานในระหว่างการผลิต ซึ่งจะทำการวัดขนาดของชิ้นงานเฉพาะในจุดที่สำคัญโดยส่วนใหญ่อาศัยการตรวจวัดโดยผู้ปฏิบัติงานด้วยสายตา และวัดขนาดชิ้นงานโดยใช้เวอร์เนียรูปร่างที่ 2

พนักงานที่ทำการตรวจวัดจะต้องถูกฝึกฝนทักษะในการตรวจสอบชิ้นงาน รวมถึงการใช้เครื่องมือ ซึ่งต้องใช้เวลาในการเรียนรู้ นอกจากนี้ ยังต้องใช้เวลาในการตรวจสอบนาน โดยเฉพาะในการวัดขนาดของชิ้นงาน ซึ่งค่อนข้างมีความซับซ้อน และบางครั้งมีจุดที่ต้องวัดมากถึงร้อยจุด ซึ่งอาจเกิดความผิดพลาดได้ ทำให้ขาดความ

นำเชื่อถือในคุณภาพและมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำระบบอัตโนมัติเข้ามาใช้ในการวัดขนาดชิ้นงาน เพื่อให้การทำงานรวดเร็ว และแม่นยำมากขึ้น เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน และสร้างความน่าเชื่อถือให้แก่ลูกค้า



รูปที่ 2. วิธีการตรวจวัดชิ้นงานในปัจจุบัน

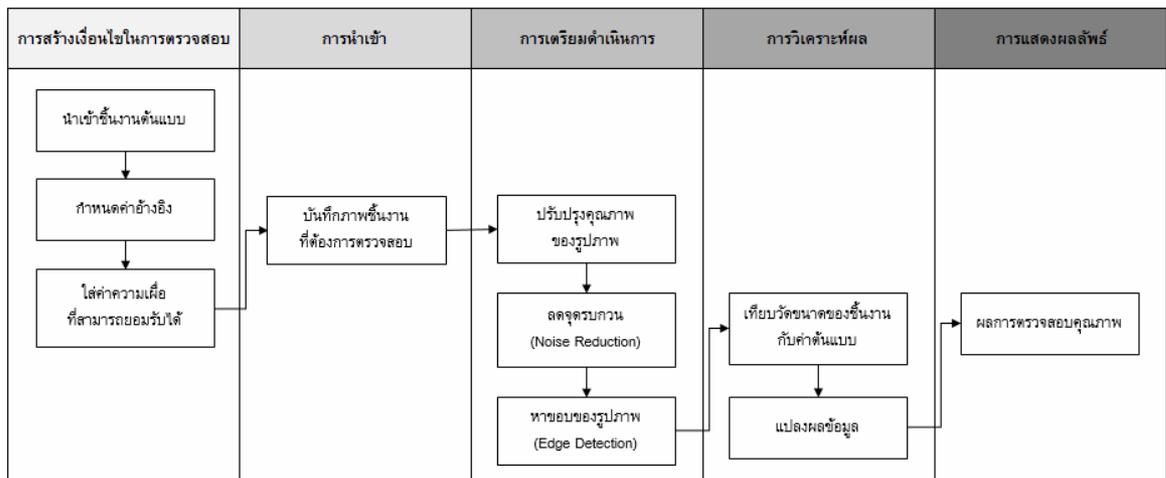
การออกแบบและปรับปรุงวิธีการตรวจสอบใหม่

ระบบการตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติจะถูกนำมาใช้ในการวัดขนาดของชิ้นงาน โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการตรวจสอบด้วยภาพผ่านโปรแกรม LabVIEW โดยมีการออกแบบและปรับปรุงวิธีการทำงานให้ง่าย และสะดวกต่อผู้ปฏิบัติงานซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 3 จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการทำงานแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การสร้างเงื่อนไขในการตรวจสอบ ผู้ปฏิบัติงานจะต้องนำเข้าชิ้นงานต้นแบบที่มีลักษณะถูกต้องตามข้อกำหนด ใส่ค่าอ้างอิงเพื่อเป็นค่าขนาดของชิ้นงานพร้อมทั้งใส่ค่าความเผื่อที่สามารถยอมรับได้เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการเทียบวัด (2) การนำเข้าโดยการบันทึกภาพชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบ (3) การเตรียมดำเนินการ โดยทำการปรับภาพเพื่อให้สามารถใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป (4) การวิเคราะห์ผล โปรแกรมจะเทียบวัดขนาดของชิ้นงานกับค่าต้นแบบ (5) การแสดงผลลัพธ์ โดยจัดทำเป็นรายงานคุณภาพสำหรับจุดที่ผ่านและไม่ผ่านการตรวจสอบ

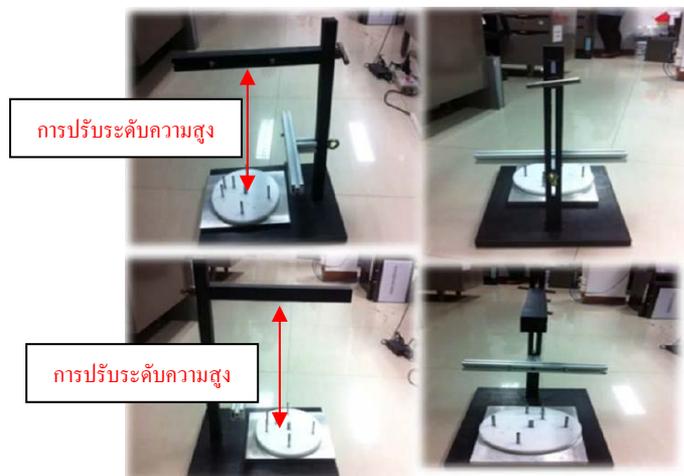
การจัดทำชุดตรวจสอบ

ชุดตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติประกอบไปด้วยชิ้นส่วนหลัก คือ กล้อง ไฟส่องสว่าง โครงสร้างของชุดตรวจสอบ และตัวจับยึดชิ้นงาน โดยเลือกใช้กล้องที่มีค่าความละเอียดของภาพ (resolution) 2,592 x 1,944 pixel ความเร็วชัตเตอร์ 1/10,000 ถึง 30 วินาที ไฟส่องสว่าง สำหรับควบคุมความเข้มของแสงให้เหมาะสมในการ

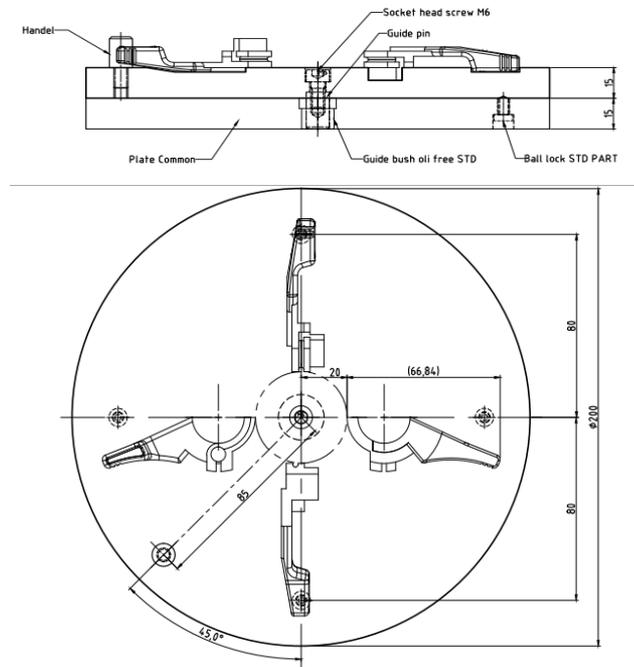
ตรวจสอบชิ้นงาน โครงสร้างของชุดตรวจสอบ ออกแบบให้รองรับกับกล้องและหลอดไฟ สามารถเลื่อนขึ้นลงได้ เพื่อปรับระดับให้เหมาะสมกับชิ้นงาน ดังรูปที่ 4 ส่วนตัวจับยึดชิ้นงาน มีไว้เพื่อจับยึดชิ้นงานให้อยู่ในตำแหน่งและทิศทางเดิมในขณะที่ตรวจสอบชิ้นงานดังรูปที่ 5 และ 6 ซึ่งข้อควรระวังคือเมื่อมีการปรับระดับความสูงการตรวจสอบชิ้นงานแล้วต้องจับยึดที่ระยะตรวจสอบนั้นเพราะเมื่อมีการเปลี่ยนระยะการตรวจสอบ โปรแกรมจะเพิ่มหน่วยความจำของความเข้มแสงที่เปลี่ยนไปและอาจส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนในการตรวจสอบชิ้นงานได้



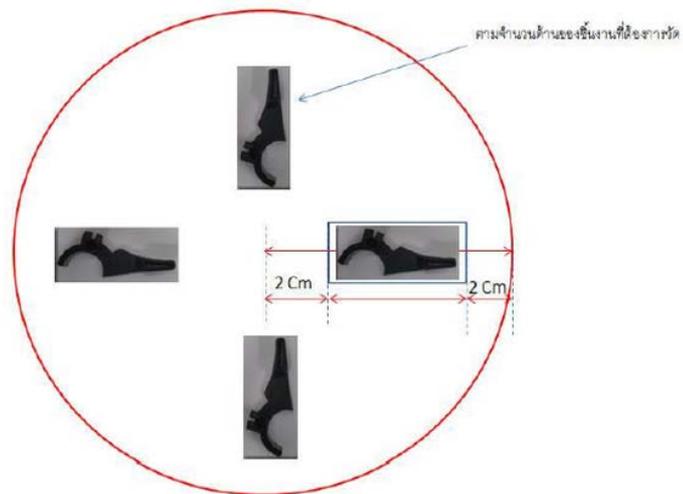
รูปที่ 3. ขั้นตอนการทำงานของระบบอัตโนมัติ



รูปที่ 4. โครงสร้างของชุดตรวจสอบ



รูปที่ 5. ตัวอย่างการออกแบบตัวจับยึดชิ้นงาน



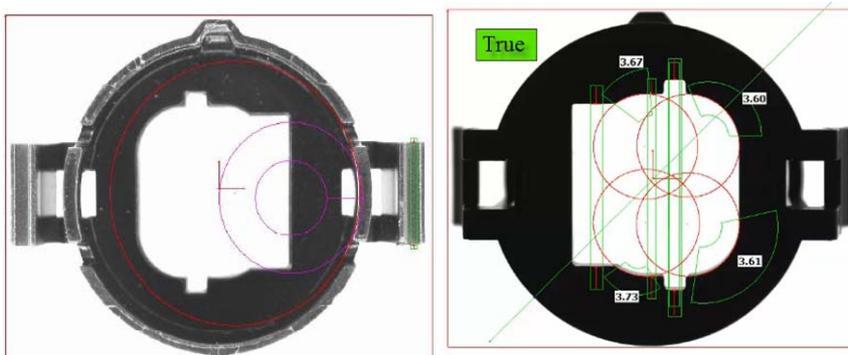
รูปที่ 6. แบบจำลองตัวจับยึดชิ้นงาน

ผลการทดลอง

จากการออกแบบและปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน จากเดิมเป็นการตรวจวัด โดยผู้ปฏิบัติงาน ด้วยสายตา และวัดขนาดชิ้นงาน โดยใช้เวอร์เนีย ได้พัฒนามาเป็นการตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติ โดยใช้เทคนิคการตรวจสอบด้วยภาพ ดังรูปที่ 7 โดยมีการแสดงผลผ่านจอคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 8



รูปที่ 7. วิธีการตรวจวัดชิ้นงานหลังปรับปรุง



รูปที่ 8. ตัวอย่างการแสดงผลในการตรวจสอบชิ้นงาน

จากนั้น จึงได้ทำการทดสอบกับชิ้นงาน 3 แบบ โดยการตรวจสอบชิ้นละ 5 จุดตรวจสอบ แสดงผลเปรียบเทียบกับวิธีการทำงานแบบเดิม ดังตารางที่ 1 ถึง 3

ตารางที่ 1. ผลการทดสอบชิ้นงาน Cover (TAD)

Part name : Cover (TAD)					
No	Original Dimension (mm.)	Tolerance		Measuring Actual	
		Min	Max	Human	Project
1	Ø20.80 -0/+0.2	20.80	21.00	20.81	20.48
2	12.70 -0/+0.2	12.70	12.90	12.81	12.74
3	11.30 -0/+0.2	11.30	11.60	11.58	11.26
4	14.70 -0/+0.2	14.70	14.90	14.98	14.50
5	1.40 -0/+0.2	1.40	1.60	1.47	1.47

ตารางที่ 2. ผลการทดสอบชิ้นงาน Knob

Part name : Knob					
No	Original Dimension (mm.)	Tolerance		Measuring Actual	
		Min	Max	Human	Project
1	R35 ±0.1	34.90	35.10	-	35.82
2	Ø1.60 -0/+0.1	1.60	1.70	1.58	1.54
3	4.05 ±0.1	3.95	4.15	4.00	4.06
4	15.90 ±0.1	15.80	16.00	15.53	15.93
5	25 ±0.1	24.90	25.10	24.98	24.65

ตารางที่ 3. ผลการทดสอบชิ้นงาน Choke Lever

Part name : Choke Lever					
No	Original Dimension (mm.)	Tolerance		Measuring Actual	
		Min	Max	Human	Project
1	6 ±0.1	5.90	6.10	6.08	5.96
2	Ø22.50 -0/+0.2	22.50	22.70	22.55	20.26
3	11 ±0.2	10.80	11.20	11.17	10.97
4	2 -0/+0.2	2.00	2.20	2.15	2.24
5	Ø6.20 -0/+0.2	6.20	6.40	6.39	6.65

ผลการทดสอบ พบว่า ค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วยผู้ปฏิบัติงาน (human) และด้วยเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมา (project) มีค่าใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันในบางจุด จากการตรวจสอบชิ้นงานทั้ง 3 แบบ ผู้ปฏิบัติงานตรวจพบค่าที่ไม่ได้ตามข้อกำหนดจำนวน 2 จุดในชิ้นงานที่ 1 และ 2 และไม่พบจุดที่ไม่ได้มาตรฐาน ตามลำดับ ส่วนเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นตรวจพบค่าที่ไม่ได้ตามข้อกำหนดจำนวน 4 จุด 3 จุด และ 3 จุด ตามลำดับ และในขณะเดียวกันในการตรวจสอบในชิ้นงานตัวอย่างที่ 3 โดยใช้เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นตรวจพบค่าที่ไม่ได้ตามข้อกำหนดจำนวนถึง 3 จุด ในขณะที่วิธีการตรวจสอบแบบเก่าไม่พบจุดที่ไม่ได้มาตรฐาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Laofor และ Peansupap (Laofor & Peansupa, 2012) ที่พบว่า ระบบตรวจสอบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจพบจุดที่ไม่ได้มาตรฐานมากกว่าการตรวจสอบโดยผู้ปฏิบัติงาน

สำหรับชิ้นงาน Knob มีจุดที่ต้องตรวจสอบค่ารัศมี ซึ่งถ้าเป็นแบบเดิมผู้ปฏิบัติงานไม่สามารถตรวจสอบเองได้ เนื่องจากไม่มีเครื่องมือ ต้องส่งไปตรวจสอบที่อื่นซึ่งมีค่าใช้จ่าย และต้องใช้เวลาในการส่งไป แต่เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมาใหม่สามารถวัดค่ารัศมีได้ จากการประเมินเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบด้วยภาพ โดยเปรียบเทียบกับวิธีการทำงานแบบเดิม แสดงได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4. สรุปผลการประเมินการตรวจสอบชิ้นงาน

ชื่องาน	เวลาที่ใช้ก่อน ปรับปรุง (นาที)	เวลาที่ใช้หลังปรับปรุง (นาที)		
		เวลาในกระบวนการ สร้างเงื่อนไข	เวลาในการตรวจวัด	รวม
Cover (TAD)	5	2	0.3	2.3
Knob	8	3	0.3	3.3
Choke Lever	6	2	0.3	2.3

ผลการตรวจสอบชิ้นงาน พบว่า ในการตรวจสอบโดยผู้ปฏิบัติงานใช้เวลาชิ้นละ 5 – 8 นาที เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ การตรวจสอบด้วยภาพ จะใช้เวลาเพียง 2.3 – 3.3 นาที ทำให้ลดเวลาในการทำงานลง 54%, 58.75% และ 54% ตามลำดับ โดยเฉพาะในกรณีของชิ้นงาน Knob เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมาช่วยลดเวลาการทำงานได้ถึง 58.75% เนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาในการส่งชิ้นงานไปตรวจสอบที่อื่น

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิจัยและพัฒนากระบวนการตรวจสอบด้วยภาพ เพื่อใช้ในการตรวจสอบชิ้นงาน พบว่า สามารถลดเวลาในการปฏิบัติงานได้มากกว่า 59% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Huang & Pan (2015) และ Li & Sha (2011) ที่พบว่า การตรวจสอบด้วยระบบอัตโนมัติช่วยลดเวลาในการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น

จากผลการทดลองสามารถนำมาใช้ในการทำงานได้จริงกับทุกผลิตภัณฑ์ของทางบริษัท ทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้ได้หลากหลายกลุ่มอุตสาหกรรมอีกด้วย สำหรับเครื่องตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นมา นี้ นอกจากจะใช้วัดขนาดของชิ้นงานได้แล้ว ยังสามารถวัดค่าความเข้มสีของชิ้นงาน และจุดบกพร่องของชิ้นงานที่มีขนาดเล็กมาก แต่ข้อจำกัดของชุดการตรวจสอบชิ้นงานนี้คือ ผู้ตรวจสอบชิ้นงานต้องเลือกชุดเลนส์การตรวจสอบให้เหมาะสมกับลักษณะของชิ้นงานเพื่อการถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้นในการตรวจสอบขนาด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) และบริษัท ไมโครเทค โปรดักส์ จำกัด ที่สนับสนุนงบประมาณ รวมถึงกรณีศึกษาภายในสถานประกอบการ ภายใต้โครงการโปรแกรมสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรม (ITAP)

เอกสารอ้างอิง

- Eremin, S. N. (2006). Image processing technology in the systems for quality control of sheet metal roll. *Pattern Recognition and Image Analysis*, 16(1): 127-130. doi:10.1134/S1054661806010408
- Han, F., Wan, T. & Stylios, G. K. (2010). *Grade assessment of fabric surface wrinkling by using image analysis*. pp. 9-12, In: 3rd International Conference on Information and Computing, 4-6 June 2010, Wuxi, China. doi:10.1109/ICIC.2010.96
- Hesselbach, J., Hoffmeister, H. W. & Looß, T. (2007). Process-integrated quality assurance in wood machining centers with the help of image processing. *Production Engineering*, 7(1): 97-101. doi:10.1007/s11740-007-0032-x
- Huang, S. H. & Pan, Y. C. (2015) Automated visual inspection in the semiconductor industry: A survey. *Computers in Industry*, 66: 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2014.10.006>
- Laofor, C., & Peansupa, V. (2012). Defect detection and quantification system to support subjective visual quality inspection via a digital image processing: a tiling work case study. *Automation in Construction*, 24: 160-174. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.02.012>
- Li, X. & Sha, F. (2011). *Application of moment invariants in checking the overall dimension of the head cover*. pp. 932-935, In: International Conference on Electronic and Mechanical Engineering and Information Technology (EMEIT), 12-14 August 2011, Harbin, China. doi:10.1109/EMEIT.2011.6023247
- Luo, Q. & He, Y. (2016). A cost-effective and automatic surface defect inspection system for hot-rolled flat steel. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 38: 16-30. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2015.09.008>
- Molleda, J., Usamentiaga, R., Garcia, D. F., Bulnes, F. G., Espina, A., Dieye, B. & Smith, L. N. (2013). An improved 3D imaging system for dimensional quality inspection of rolled products in the metal industry. *Computers in Industry*, 64(9): 1186-1200. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2013.05.002>
- Thailand Automotive Institute. (2014). *Structure study on part manufacturing of Thai automotive industry*. Retrieved July 12, 2016, from http://data.thaiauto.or.th/iu3/images/stories/PDF/Research/RD_Supply_Chain.pdf (in Thai)
- Wang, Q., Li, D., Zhang, W., Cao, D. & Chen, H. (2010). *Unsupervised defect detection of flexible printed circuit board gold surfaces based on wavelet packet frame*, pp. 324-327, In: 2nd International Conference on Industrial and Information systems (IIS), 10-11 July 2010, Dalian, China. doi:10.1109/INDUSIS.2010.5565716

- Xianjiang, S., Yue, Z., Peng, S., Han, S., Xiaohui, L. & Andong W. (2012). *Automotive airbag assembly quality visual inspection method studies based on MATLAB*. pp. 1225-1228, In: 2nd International Conference on Computer Science and Network Technology (ICCSNT), 29-31 December 2012, Changchun, China. doi:10.1109/ICCSNT.2012.6526145
- Yang Y., Yang B., Zhu S., Chen X., (2015) Online quality optimization of the injection molding process via digital image processing and model-free optimization. *Journal of Materials Processing Technology*, 226: 85-98. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2015.07.001>
- Yu, Z., & Tan, W. (2010). *Measuring instrument for compensated hole of hydraulic brake master cylinder based on machine vision*. pp. 3176-3179, In: International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering (MACE), 26-28 June 2010, Wuhan, China. doi:10.1109/MACE.2010.5535625