การศึกษาวิธีการทวนสอบเครื่องทดสอบตีกระแทกแบบชาร์ปี้โดยวิธีทางตรงและทางอ้อมตามมาตรฐาน ISO 148:2008

ศุภชัย ทรงศักดิ์นาคิน *และ สมนึก วัฒนศรียกุล

บทคัดย่อ

การทดสอบตีกระแทกเป็นวิธีการทดสอบเพื่อหาค่าความเหนียวของวัสดุ จำเป็นต้องมีการทวนสอบเครื่องทดสอบตีกระแทกเป็นประจำทุกปี ซึ่งวิธีการที่นิยมมากที่สุดคือการตรวจสอบโดยวิธีทางตรงเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องทดสอบ และการตรวจสอบโดยวิธีทางอ้อมโดยใช้ชิ้นงานทดสอบอ้างอิง ซึ่งปัจจุบันชิ้นงานทดสอบอ้างอิงสำหรับการทดสอบตีกระแทกยังไม่มีการผลิตในประเทศ จำเป็นต้องนำเข้าจากต่างประเทศ โครงการนี้ต้องการศึกษาวิธีการทวนสอบเครื่องทดสอบตีกระแทก แบ่งเป็นการทวนสอบวิธีทางตรง โดยทำการศึกษาข้อกำหนดและขั้นตอนวิธีการในการตรวจสอบตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO148:2008 วิธีทางอ้อมโดยทำการศึกษากรรมวิธีการผลิตชิ้นงานทดสอบอ้างอิงสำหรับการทดสอบตีกระแทก เริ่มจากการเลือกใช้วัสดุ กรรมวิธีทางความร้อน และการกำหนดขนาดชิ้นงานทดสอบอ้างอิงให้เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO148:2008 เช่นกัน จากการศึกษาพบว่าเหล็กที่สามารถนำมาผลิตชิ้นงานทดสอบอ้างอิงคือ เหล็กเกรด JIS SNCM439หรือเทียบเท่า ชุบแข็งที่อุณหภูมิ 860ºC ระยะเวลา 90นาที จุ่มชุบในน้ำมันชุบแข็งที่อุณหภูมิ 60ºC และอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 400ºC ระยะเวลา 2 ชั่วโมง สำหรับชิ้นงานทดสอบพลังงานต่ำมีค่าความแข็งเฉลี่ย 47 HRC และค่าพลังงานตีกระแทกเฉลี่ย 20 J ที่อุณหภูมิ 0ºC และอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 650ºC ระยะเวลา 2 ชั่วโมง สำหรับชิ้นงานทดสอบพลังงานสูงมีค่าความแข็งเฉลี่ย 29 HRC และค่าพลังงานตีกระแทกเฉลี่ย 130 J ที่อุณหภูมิ 0ºC ผลจากการทดสอบค่าพลังงานตีกระแทกของชิ้นงานทดสอบอ้างอิงทั้งช่วงพลังงานต่ำและช่วงพลังงานสูง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ISO148:2008 และสามารถนำไปใช้เป็นชิ้นงานทดสอบอ้างอิงได้

คำสำคัญ : ชิ้นงานทดสอบอ้างอิง, ค่าพลังงานตีกระแทก, ISO148:2008

ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
* ผู้ติดต่อ อีเมลล์ : suc@kmutnb.ac.th รับเมื่อ 18 พฤษภาคม 2555 ตอบรับเมื่อ 14 กรกฎาคม 2555

Study of Verification Method of Charpy Impact Testing Machine by Direct and Indirect Technique follow Standard ISO 148:2008

Supachai Thongsaknakin * and Somnuk Watanasriyakul

Abstract

The impact testing is the method to investigate for the material toughness. The impact testing machine needs an annual verification. The most favorite method to verify the impact testing machine is the direct method. Besides, the indirect method using reference material is also one of the favorite methods. At present, the reference material for impact testing has not been produced in Thailand. It is necessary to import from abroad. This research study aimed to investigate the verification of the impact testing machine. The verification was divided into two methods in conformity to the standard ISO148:2008: direct and indirect methods. The direct method studied the standard rules and methods in testing. The indirect method studied the production of the reference material for impact testing, especially the selection of material, heat treatment process, and the proper dimension of the reference material in conformity with the standard ISO 148:2008. The results of the study found that the steel that could be used to produce the reference material should be the steel of grade JIS SNCM439 or equivalent hardening at 860ºC x 90 minutes, quenching in 60ºC quenching oil, and tempered at 400ºC x 2 hours, for the range of low energy which gets the average hardness at 47 HRC and average impact energy at 20 J at 0ºC; then tempered at 650ºC x 2 hours, for the range of high energy which gets average hardness at 29 HRC and average impact energy at 130 J at 0ºC. The results from the impact energy testing of the reference material in both low energy and high energy have standard deviation conforming to the ISO148:2008, that could apply for reference material.

Keywords : Reference Material, Impact Energy, ISO 148:2008

Department of Production Engineering , Faculty of Engineering , King Mongkut's University of Technology North Bangkok
* Corresponding author , Email : suc@kmutnb.ac.th Received 18 May 2012, Accepted 14 July 2012

1. บทนำ

การทดสอบตีกระแทกเป็นวิธีการทดสอบเพื่อหาค่าความเหนียว (Toughness) ของวัสดุและยังเป็นการทดสอบที่บรรจุอยู่ในมาตรฐานอุตสาหกรรม เพื่อใช้ตรวจสอบและยืนยันคุณภาพของวัสดุ การทดสอบตีกระแทกเป็นที่นิยมอย่างมากในอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้ารวมไปถึงกระบวนการผลิต อย่างเช่น การเชื่อมโลหะที่ต้องการตรวจสอบหาคุณสมบัติของวัสดุภายหลังจากที่ผ่านการเชื่อมตามรายละเอียดการเชื่อมที่ได้ออกแบบไว้

ปัจจุบันเครื่องทดสอบคุณสมบัติวัสดุทางด้านวิศวกรรม มีความจำเป็นที่จะต้องทำการทวนสอบตามที่มาตรฐานกำหนดของแต่ละเครื่องทดสอบ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานสากล เพื่อที่จะให้ค่าที่ได้จากการทดสอบนั้นมีความน่าเชื่อถือ ISO148:2008 เป็นข้อกำหนดและวิธีการสำหรับการทวนสอบเครื่องทดสอบตีกระแทกแบบชาร์ปี้ มีวิธีการทวนสอบโดยวิธีทางตรงและทางอ้อม ซึ่งจะต้องควบคุมให้เครื่องทดสอบตีกระแทกมีค่าความผิดพลาดอยู่ภายในพิกัดที่มาตรฐานกำหนดไว้ จึงจะถือว่าเครื่องมีความน่าเชื่อถือ [1]

มาตรฐานการรับรองเครื่องทดสอบตีกระแทก ถูกระบุให้ทำการตรวจสอบเป็นประจำทุกปี โดยสามารถกระทำได้ทั้งการทวนสอบโดยวิธีทางตรงซึ่งเหมาะสำหรับเครื่องที่ทำการติดตั้งใหม่หรือเครื่องที่ได้รับการเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องใหม่ และการทวนสอบโดยวิธีทางอ้อมโดยวิธีการสั่งซื้อชิ้นงานทดสอบอ้างอิงสำหรับการทดสอบตีกระแทกตามมาตรฐานสากลมาทดสอบเพื่อเปรียบเทียบผล ซึ่งในปัจจุบันยังไม่สามารถผลิตขึ้นใช้เองภายในประเทศ จำเป็นที่จะต้องนำเข้าจากต่างประเทศทั้งหมด

โครงการนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาวิธีการทวนสอบเครื่องทดสอบตีกระแทกโดยแบ่งเป็นการศึกษาวิธีการทวนสอบโดยวิธีทางตรงซึ่งจะทำการศึกษาหลักการและข้อกำหนดคุณลักษณะเครื่องทดสอบตีกระแทกตามมาตรฐาน ISO148-2:2008 [2] และการทวนสอบโดยวิธีทางอ้อม ซึ่งจะทำการจัดทำชิ้นงานทดสอบอ้างอิงสำหรับการทวนสอบเครื่องทดสอบตีกระแทก โดยจะทำการศึกษากรรมวิธีการผลิตชิ้นงานทดสอบอ้างอิงทั้งช่วงพลังงานต่ำ (Low Energy) และช่วงพลังงานสูง (High Energy) ตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 148-3:2008 [3] เป็นแนวทางในการศึกษาการผลิตชิ้นงานทดสอบอ้างอิง เพื่อลดการนำเข้าชิ้นงานทดสอบอ้างอิงจากต่างประเทศซึ่งมีราคาสูง และเป็นแนวทางสำหรับการตรวจรับรองเครื่องทดสอบตีกระแทกที่มีอยู่มากในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทย

2. ระเบียบวิธีวิจัย

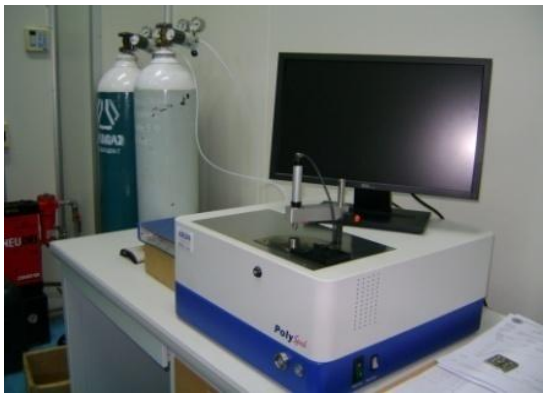
ศึกษาและหาข้อมูลจากชิ้นงานทดสอบอ้างอิงมาตรฐาน สำหรับการรับรองเครื่องทดสอบตีกระแทกตามมาตรฐาน ISO148:2008 ที่ผลิตโดย European Reference Materials (ERM:Belgium) และรับรองมาตรฐานโดย Institute Reference Material and Measurement (IRMM) ดังภาพที่ 1 และตัวอย่างชิ้นงานทดสอบอ้างอิงที่รับรองมาตรฐานโดย Japanese Industrial Standard (JIS) สำหรับเป็นข้อมูลในการผลิตชิ้นงานทดสอบอ้างอิง ทำให้สามารถสรุปได้ว่าเหล็กที่สามารถนำมาใช้ทำการผลิตชิ้นงานทดสอบอ้างอิง สำหรับการทดสอบตีกระแทก คือเหล็กเกรด AISI A4340 โดยทำการสำรวจเหล็กที่มีจำหน่ายภายในประเทศ ซึ่งจะต้องมีคุณสมบัติเทียบเท่าเหล็กเกรด AISI A4340 จากนั้นทำการตัดสินใจเลือกเหล็กเพื่อดำเนินการตามวิธีวิจัย

รูปที่ 1 ชิ้นงานทดสอบอ้างอิงมาตรฐาน

การศึกษาวิจัยจะกำหนดขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยออกเป็นขั้นตอนใหญ่ๆ ได้แก่

2.1 การเลือกวัสดุที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานทดสอบอ้างอิง โดยเหล็กที่ใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อที่จะเลือกมาเป็นวัสดุที่ใช้ในการศึกษาวิจัยได้แก่ SNCM 439 และ BOHLER 6582 ซึ่งมีส่วนผสมทางเคมีของธาตุหลัก เช่นคาร์บอน (C), ซิลิกอน(Si), และแมงกานีส (Mn) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเดียวกันกับเหล็กเกรด AISI A 4340

2.2 ทำการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของเหล็กเกรดที่เลือกมาใช้ในการทดลองด้วยเครื่องอีมิชั่นสเปคโตรมิเตอร์ ดังภาพที่ 2 เพื่อตรวจสอบว่ามีส่วนผสมทางเคมีของเหล็กเกรดที่เลือกมาทำการศึกษาวิจัยเพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานว่ามีส่วนผสมทางเคมีเป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่



รูปที่ 2 เครื่องอีมิชั่นสเปคโตรมิเตอร์

2.3 การเตรียมชิ้นงานทดสอบอ้างอิงให้ได้ขนาดตามมาตรฐาน ISO148-3 : 2008 ซึ่งจะมีรายละเอียดของขนาดการเตรียมชิ้นงานทดสอบอ้างอิง และพิกัดความเผื่อกำหนดให้เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตชิ้นงานทดสอบอ้างอิง

2.4 ทำการตัดเฉือนชิ้นงานด้วยการกัด (Milling) ให้ได้ชิ้นงานสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 10.5 x 10.5 x 55.5 mm ซึ่งเป็นขนาดที่เผื่อไว้สำหรับการเก็บผิวขั้นสุดท้ายหลังการชุบแข็งและอบคืนตัวให้ได้ขนาดเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด

2.5 นำชิ้นงานทดสอบไปผ่านกระบวนการทางความร้อน (Heat Treatment) เพื่อปรับปรุงคุณภาพและสมบัติด้านความแข็งตามให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่ต้องการ โดยใช้เตาชุบแข็งแบบควบคุมบรรยากาศ ดังภาพที่ 3 ซึ่งเป็นเตาชุบแข็งที่มีประสิทธิภาพสูง ทำการชุบแข็งแบบคาร์บุไรซิ่ง (Carburizing) ก๊าซพาหะและก๊าซเติมคาร์บอนนี้จะฉีดเข้าไปในห้องความร้อน คาร์บอนจากก๊าซจะแพร่เข้าสู่ผิวงาน ความลึกที่คาร์บอนสามารถเข้าไปได้ขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ เวลา ค่า Carbon Potential (CP) ในบรรยากาศ ซึ่งการกำหนดค่า CP ของบรรยากาศต้องเหมาะสมกับเหล็กแต่ละชนิด ถ้าค่า CPต่ำเกินไปจะเกิดการสูญเสียคาร์บอนที่ผิว ในขณะเดียวกันถ้าค่า CP สูงเกินไปจะเกิดการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนมากทำให้ความแข็งที่ผิวต่ำกว่าที่ควร ปัจจุบันเตาชุบแข็งแบบควบคุมบรรยากาศควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ทำให้ควบคุมคุณภาพได้อย่างแม่นยำและสม่ำเสมอมากขึ้น โดยการศึกษาวิจัยจะแบ่งกระบวนการทางความร้อน ออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ชิ้นงานทดสอบอ้างอิงช่วงค่าพลังงานต่ำ (Low Energy) และชิ้นงานทดสอบอ้างอิงช่วงค่าพลังงานสูง (High Energy) [4]

รูปที่ 3 เตาชุบแข็งแบบควบคุมบรรยากาศ

2.5.1 กลุ่มชิ้นงานสำหรับการทวนสอบช่วงค่าพลังงานต่ำ (Low Energy) ทำการชุบแข็งที่อุณหภูมิ 860^{O}C ระยะเวลา 90 นาที ค่า CP 0.45% และชุบแข็งในน้ำมันอุณหภูมิ 60^{O}C จากนั้นนำไปอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 400^{O}C ระยะเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ความแข็งที่ต้องการคือ 45±2 HRC

2.5.2 กลุ่มชิ้นงานสำหรับการทวนสอบช่วงค่าพลังงานสูง (High energy) ทำการชุบแข็งที่อุณหภูมิ 860^{O}C ระยะเวลา 90 นาที ค่า CP 0.45% และชุบแข็งในน้ำมันอุณหภูมิ 60^{O}C จากนั้นนำไปอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 650^{O}C ระยะเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ความแข็งที่ต้องการคือ 32±2HRC

2.6 นำชิ้นทดสอบที่ผ่านกระบวนการทางความร้อนแล้วนำมาทำการตรวจสอบความแข็งโดยเลือกใช้การทดสอบด้วยวิธีการวัดความแข็งแบบ ร็อคเวลล์ สเกลซี (Rockwell Hardness Testing Scale C) ดังภาพที่ 4 โดยจะทำการตรวจวัดความแข็งทั้งหมดทุกชิ้นงานทดสอบในกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาค่าความแตกต่างของค่าความแข็งภายในชิ้นงานเดียวกัน และความแตกต่างของค่าความแข็งภายในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งจากผลการทดสอบที่ได้จะนำมาทำการหาค่าเฉลี่ย ค่ามากที่สุดและค่าน้อยที่สุดของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการศึกษาวิจัย

รูปที่ 4 เครื่องทดสอบความแข็งแบบร็อคเวลส์

2.7 นำชิ้นงานทดสอบที่ผ่านการวัดความแข็งแล้วมาทำการลดขนาดและปรับปรุงคุณภาพของผิวชิ้นงานทดสอบด้วยเครื่องเจียระไนราบ ดังภาพที่ 5 ทำการเจียระไนผิวและปรับขนาดชิ้นงานทดสอบให้ได้ข้อกำหนดตามมาตรฐาน ISO 148-3:2008 คือ กว้าง 10 mm สูง 10 mm ยาว 55 mm ผิวสำเร็จของชิ้นงานทดสอบจะต้องมีความหยาบผิวไม่เกิน 3.2 μm

รูปที่ 5 เครื่องเจียระไนราบ

2.8 ทำการระบุตำแหน่งการแตกหักของชิ้นงานด้วยการบากร่องชิ้นงานทดสอบ โดยการทำร่องบากให้ได้ความลึก 2 mm มุมบากวี 45^{O} โดยที่รัศมีของปลายร่องบากมีขนาดรัศมี 0.25 mm ซึ่งจากการศึกษาชิ้นงานมาตรฐานแล้วพบว่า ขนาดร่องบากและคุณภาพผิวของร่องบาก ซึ่งในมาตรฐานกำหนดค่าความหยาบผิวที่ร่องบากชิ้นงานไม่เกิน 1.6 μm จึงพิจารณา

เลือกวิธีการบากร่องชิ้นงานทดสอบโดยใช้เครื่องตัดด้วยเส้นลวด (Wire Cut Machine) ดังภาพที่ 6 ซึ่งสามารถกำหนดขนาดและค่าความหยาบผิวที่ต้องการได้

รูปที่ 6 เครื่องตัดด้วยเส้นลวด

2.9 ทำการตรวจสอบค่าความหยาบผิว ด้วยเครื่องตรวจสอบค่าความหยาบผิวแบบสัมผัส (Surface Roughness Machine) ดังภาพที่ 7 ควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ ทำการวัดชิ้นงานทดสอบหลังการบากร่องเสร็จเรียบร้อยแล้ว ที่บริเวณผิวรอบชิ้นงาน และ บริเวณผิวร่องบาก ตรวจสอบค่าความหยาบผิวที่ได้ว่าเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานหรือไม่

รูปที่ 7 เครื่องวัดความหยาบผิว

2.10 ทำการวัดทางด้านกายภาพ ด้วยกล้องขยาย (Microscope) ดังภาพที่ 8 ซึ่งผ่านการตรวจสอบรับรองเครื่องตามมาตรฐานที่กำหนดแล้ว ทำการวัดชิ้นงานทดสอบที่ผ่านการบากร่องมาแล้วทั้งหมดทุกชิ้น โดยบริเวณร่องบาก ตำแหน่งที่ต้องทำการวัดคือ ความลึกของร่องบาก รัศมีที่ปลายร่องบาก และมุมของร่องบาก ส่วนความกว้าง ความสูง และความยาว ของชิ้นงานทดสอบ ทำการตรวจสอบโดยใช้ เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper) หลังจากนั้นทำการบันทึกผลการวัดเพื่อนำข้อมูลทางด้านกายภาพของชิ้นงานทดสอบมาเป็นข้อมูลประกอบการศึกษาวิจัย

รูปที่ 8 กล้องขยาย micro scope สำหรับวัดขนาดร่องบาก

2.11 ทำการทดสอบตีกระแทกโดยการเลือกห้องปฏิบัติการที่ผ่านการรับรองมาตรฐานห้องปฏิบัติการทดสอบ มอก. 17025 จากสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.)ในส่วนของเครื่องทดสอบตีกระแทก ในที่นี้กำหนดไว้ 3 ห้องปฏิบัติการ คือ

2.11.1 สถาบันไทย– เยอรมัน (TGI)

2.11.2 บริษัท เอ็ม.ซี.เอส. สตีล จำกัด (มหาชน) (MCS)

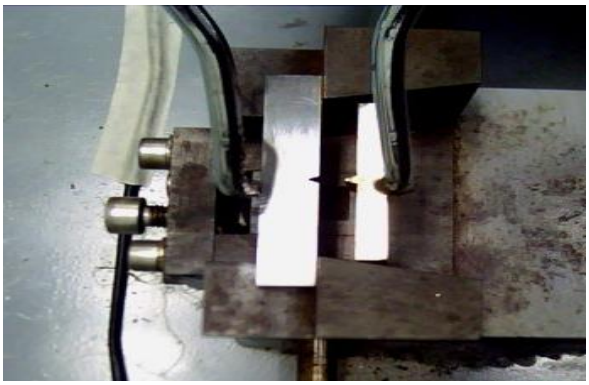
2.11.3 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (TISTR)

โดยจะทำการทดสอบชิ้นงานทดสอบอ้างอิงช่วงค่าพลังงานต่ำและช่วงค่าพลังงานสูง กลุ่มตัวอย่างละ 25 ชิ้น ทุกห้องปฏิบัติการที่กำหนดไว้

2.12 ทำการเตรียมอุณหภูมิของชิ้นงานทดสอบ ดังภาพที่ 9 งานวิจัยนี้จะทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส โดยการใช้น้ำผสมน้ำแข็งและเกลือแกงเป็นของเหลวสำหรับทำอุณหภูมิ โดยต้องทำการควบคุมอุณหภูมิของเหลวสำหรับทำอุณหภูมิชิ้นงานทดสอบให้อยู่ในช่วง $0\pm1^{O}C$ นำชิ้นงานทดสอบลงแช่ในของเหลวสำหรับทำอุณหภูมิ โดยข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 148-1 : 2008 กำหนดให้ชิ้นงานทดสอบอยู่ในตำแหน่งห่างจากภาชนะที่ทำอุณหภูมิจากด้านล่างภาชนะ 25 mm จากด้านข้างภาชนะ 10 mm และอยู่ภายใต้ของเหลวที่ทำอุณหภูมิ 25 mm ชิ้นงานทดสอบจะต้องแช่อยู่ในของเหลวสำหรับทำอุณหภูมิอย่างน้อย 15 นาที โดยที่อุปกรณ์สำหรับจะนำชิ้นงานออกจากที่แช่ชิ้นงานมาที่ตำแหน่งรองรับชิ้นงานของเครื่องทดสอบตีกระแทกจะต้องมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับชิ้นงานทดสอบ

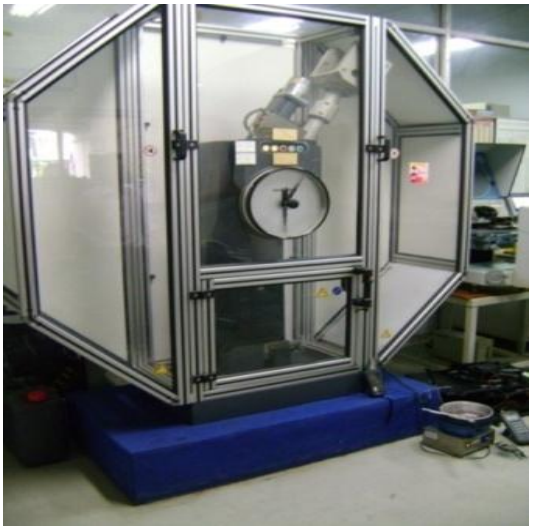
รูปที่ 9 การทำอุณหภูมิชิ้นงานทดสอบ

2.13 เมื่อครบเวลาที่กำหนดในการทำให้ชิ้นงานทดสอบให้มีอุณหภูมิตามข้อกำหนดในการทดสอบแล้ว นำชิ้นงานทดสอบวางตรงตำแหน่งที่ทำการทดสอบของเครื่องโดยใช้อุปกรณ์จับชิ้นงานที่สร้างเฉพาะเพื่อการวางให้ตรงตำแหน่งมากที่สุด ดังภาพที่ 10 ชิ้นงานทดสอบจะต้องถูกตีกระแทกภายในเวลา 5 วินาที หลังจากนำออกจากของเหลวที่ควบคุมอุณหภูมิแล้ว



รูปที่ 10 การวางตำแหน่งชิ้นงานทดสอบ

2.14 ทำการทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบตีกระแทกที่ผ่านการตรวจสอบและรับรองมาตรฐาน ดังภาพที่ 11 โดยทำการทดสอบที่ช่วงพลังงานต่ำจำนวน 25 ชิ้น และช่วงพลังงานสูงจำนวน 25 ชิ้น ทำการทดสอบที่อุณหภูมิทดสอบ 0ºC ทำการบันทึกผลการทดสอบค่าพลังงานตีกระแทกของชิ้นงานทดสอบทุกชิ้น แล้วนำชิ้นงานมาพิจารณารอยแตกหักและรอยที่เกิดขึ้นจากการทดสอบเพื่อเป็นข้อมูลในการศึกษาวิจัย



ภาพที่ 11 เครื่องทดสอบตีกระแทกที่ผ่านการตรวจสอบและรับรองมาตรฐาน

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

การเลือกวัสดุเพื่อทำการผลิตชิ้นงานทดสอบอ้างอิงได้ทำการเลือกทดลองเหล็ก 2 เกรด ที่มีคุณภาพเทียบเคียงเหล็กเกรดที่มาตรฐานที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานทดสอบอ้างอิงทั่วไปที่แนะนำคือ AISI A4340 ผลจากการทดสอบส่วนผสมทางเคมีได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบส่วนผสมทางเคมีของเหล็กเกรด BOHLER 6582 และ เหล็กเกรด SNCM 439

ธาตุ (%)	AISI A4340	BOHLER 6582	SNCM 439
C	0.37 - 0.44	0.330	0.390
Si	0.10 - 0.35	0.330	0.310
Mn	0.55 - 0.90	0.640	0.740
P	≤ 0.04	0.008	0.005
S	≤ 0.04	0.027	0.013
Cr	0.65 - 0.95	1.530	0.760
Mo	0.20 - 0.35	0.220	0.170
Ni	1.55 - 2.00	1.430	1.770

โดยจากตารางที่ 1 การเปรียบเทียบส่วนผสมทางเคมีของเหล็กพบว่า เหล็กเกรด BOHLER 6582 ซึ่งมีค่า Cr มีค่าสูงกว่ามาตรฐาน และ Ni มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานส่วนเหล็กเกรด SNCM 439 ซึ่งมีค่า Mo มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน แต่โดยรวมแล้วส่วนผสมทางเคมีของธาตุหลักเช่น C, Si, Mn เป็นไปตามมาตรฐานเหล็กเกรด AISI A4340 ซึ่งในมาตรฐาน ISO 148 : 2008 ไม่ได้กำหนดเรื่องของส่วนผสมทางเคมีเป็นหลัก ดังนั้นจากการทดลองเหล็กนำทั้ง 2 เกรดนี้ไปผ่านกรรมวิธีทางความร้อน ในด้านการชุบแข็งและอบคืนตัว สามารถกำหนดค่าความแข็งที่ต้องการได้เช่นเดียวกัน จึงพิจารณาเลือกเหล็กเกรด SNCM 439 เป็นวัสดุสำหรับทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

จากการออกแบบกรรมวิธีทางความร้อนสำหรับชิ้นงานทดสอบอ้างอิงช่วงพลังงานต่ำ (Low Energy) โดยทำการชุบแข็งที่อุณหภูมิ 860ºC ระยะเวลา 90 นาที ค่า CP เท่ากับ 0.45% และจุ่มชุบในน้ำมันอุณหภูมิ 60ºC และอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 400ºC ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ส่วนชิ้นงานทดสอบอ้างอิงช่วงพลังงานสูง (High Energy) ทำการชุบแข็งที่อุณหภูมิ 860ºC ระยะเวลา 90 นาที ค่า CP เท่ากับ 0.45% และจุ่มชุบในน้ำมันอุณหภูมิ 60ºC และอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 650ºC ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งผลจากการทดลองชิ้นงานทดสอบอ้างอิงภายหลังการชุบแข็งและอบคืนตัว ได้ค่าความแข็งและพลังงานตีกระแทกเฉลี่ยดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบค่าความแข็งและพลังงานตีกระแทก

Specimen	Hardness (HRC)		Impact Energy
	Average	SD	Average
Low Energy (< 30 J)	47.08	0.302	20 J / 0ºC
High Energy (≥ 110-200 J)	29.10	0.476	130 J / 0ºC

จากตารางที่ 2 ผลจากการทดสอบค่าความแข็งเฉลี่ยของชิ้นงานทดสอบอ้างอิง ซึ่งได้ค่าความแข็งเป็นไปตามความต้องการที่กำหนดไว้ และค่าเฉลี่ยพลังงานตีกระแทกอยู่ในช่วงของระดับพลังงานตีกระแทกตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 148:2008 จึงสรุปได้ว่าการออกแบบกรรมวิธีทางความร้อนสำหรับการผลิตชิ้นงานทดสอบอ้างอิงนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานได้

เพื่อให้ผลการทดสอบค่าพลังงานตีกระแทกที่การศึกษาวิจัยมีความน่าเชื่อถือ จึงเลือกทำการทดสอบกับห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน มอก. 17025 จากสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.) ในส่วนของเครื่องทดสอบตีกระแทกที่ผ่านการทวนสอบโดยวิธีทางตรงและทางอ้อมแล้ว ซึ่งทางผู้ทำการศึกษาวิจัยได้เลือกห้องปฏิบัติการทดสอบ สำหรับทำการทดสอบไว้ 3

ห้องปฏิบัติการ เพื่อต้องการศึกษาผลการทดสอบของกลุ่มชิ้นงานทดสอบที่ทำการผลิต ในกรณีที่ทำการทดสอบกับเครื่องทดสอบที่แตกต่างกัน เพื่อนำผลการทดสอบในส่วนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างชิ้นงานทั้งช่วงพลังงานต่ำและช่วงพลังงานสูง มาทำการเปรียบเทียบกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่อนุญาตสำหรับชิ้นงานทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 148-3 : 2008 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่อนุญาตสำหรับชิ้นทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 148-3:2008 [3]

Values in Joules

Energy (KV_R)	Standard deviation
< 40	$\leq$ 2.0
$\geq$ 40	$\leq$ 5% of KV_R

ที่มา : ISO 148-3 : 2008

หมายเหตุ เนื่องจากขณะทำการศึกษาวิจัยประเทศไทยยังไม่มีเครื่องทดสอบตีกระแทกที่สามารถทดสอบและรับรองผลค่าเฉลี่ยอ้างอิง (KV_R) ของกลุ่มชิ้นงานทดสอบตัวอย่าง ทางผู้ทำการศึกษาวิจัยจึงกำหนดค่าเฉลี่ยที่ได้จากกลุ่มชิ้นงานทดสอบตัวอย่างที่ทดสอบโดยเครื่องทดสอบตีกระแทกที่มีการรับรองตามมาตรฐานสากลของแต่ละห้องปฏิบัติการเป็นตัวแทนของ ค่าเฉลี่ยอ้างอิง (KV_R)

ผลการทดสอบค่าพลังงานตีกระแทกกลุ่มชิ้นงานทดสอบอ้างอิงช่วงพลังงานต่ำจากทั้ง 3 ห้องปฏิบัติการ จำนวนชิ้นงานที่ทำการทดสอบของแต่ละห้องปฏิบัติการ จำนวน 25 ชิ้น ทำการทดสอบที่อุณหภูมิทดสอบ 0ºC มีผลการทดสอบดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบชิ้นงานทดสอบอ้างอิงช่วงพลังงานตีกระแทกต่ำ (Low Impact Energy)

ห้องปฏิบัติการทดสอบ	ค่าเฉลี่ย KV_R (J)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) (J)
MCS	20	1.10
TGI	21	1.40
TISTR	20	1.00

การทดสอบค่าพลังงานตีกระแทกกลุ่มชิ้นงานทดสอบอ้างอิงช่วงพลังงานสูงจากทั้ง 3 ห้องปฏิบัติการ จำนวนชิ้นงานที่ทำการทดสอบของแต่ละห้องปฏิบัติการ จำนวน 25 ชิ้น ทำการทดสอบที่อุณหภูมิทดสอบ 0ºC มีผลการทดสอบดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบชิ้นงานทดสอบอ้างอิงช่วงพลังงานตีกระแทกสูง (High Impact Energy)

ห้องปฏิบัติการทดสอบ	ค่าเฉลี่ย KV_R (J)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (J)	
		SD	% of KV_R
MCS	130	4.85	3.73
TGI	137	6.24	4.55
TISTR	125	5.16	4.12

สรุปผลการเปรียบเทียบผลการทดสอบชิ้นงานทดสอบอ้างอิงช่วงพลังงานตีกระแทกต่ำ (Low Impact Energy) กับเกณฑ์การรับรองชิ้นงานทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 148-3:2008 ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบผลการทดสอบช่วงพลังงานตีกระแทกต่ำ

Values in Joules(J)

ห้องปฏิบัติการทดสอบ	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)		
	ISO 148-3:2008	% of KV_R	Result
MCS	≤ 5% of KV_R	3.73	Pass
TGI	≤ 5% of KV_R	4.55	Pass
TISTR	≤ 5% of KV_R	4.12	Pass

สรุปผลการเปรียบเทียบผลการทดสอบชิ้นงานทดสอบอ้างอิงช่วงพลังงานตีกระแทกสูง (High Impact Energy) กับเกณฑ์การรับรองชิ้นงานทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 148-3:2008 ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบผลการทดสอบช่วงพลังงานตีกระแทกสูง

Values in Joules (J)

ห้องปฏิบัติการทดสอบ	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)		
	ISO 148-3:2008	SD	Result
MCS	≤ 2.0	1.10	Pass
TGI	≤ 2.0	1.40	Pass
TISTR	≤ 2.0	1.00	Pass

4. สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดสอบค่าพลังงานตีกระแทกช่วงพลังงานต่ำตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO148-3:2008 [3] ได้กำหนดเกณฑ์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไว้ ≤ 2.0 J ซึ่งจากการผลทดสอบทั้ง 3 ห้องปฏิบัติการมีผลของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นไปข้อกำหนดของมาตรฐาน และผลการทดสอบค่าพลังงานตีกระแทกช่วงพลังงานสูง ตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO148-3:2008 [3] ได้กำหนดเกณฑ์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไว้ ≤ 5% of KV_R (J) ซึ่งจากการผลทดสอบทั้ง 3 ห้องปฏิบัติการมีผลของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นไปข้อกำหนดของมาตรฐานด้วยเช่นกัน แสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีการผลิตชิ้นงานทดสอบอ้างอิงที่ทำการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลในการผลิตชิ้นงานทดสอบอ้างอิงได้

5. กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยได้รับความร่วมมือในการทำวิจัยจากหน่วยงานและจากบุคคลหลายท่านตลอดการทำวิจัยครั้งนี้ จึงทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์สมนึก วัฒนศรียกุล ได้ให้คำปรึกษาตลอดการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณ ห้องปฏิบัติการทดสอบภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สถาบันวัตกรรมเทคโนโลยีไทย – ฝรั่งเศส สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย สถาบันไทย – เยอรมัน บริษัทเอ็ม. ซี .เอส สตีล จำกัด (มหาชน) และบริษัทไทยอินดักชั่นเซอร์วิส จำกัด ที่ให้การสนับสนุนในส่วนของห้องปฏิบัติการกรรมวิธีทางความร้อนและห้องปฏิบัติการทดสอบตลอดการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ISO 148-1 : 2006 Metallic material – Charpy pendulum impact test Part 1 : Test Method

[2] ISO 148-2 : 2008 Metallic material – Charpy pendulum impact test Part 2 : Verification of testing machines

[3] ISO 148-3 : 2008 Metallic material – Charpy pendulum impact test Part 3 : Preparation and characterization of Charpy V-notch test pieces for indirect verification of pendulum

[4] S. Watanasriyakul. Material Testing. Greenworld media, Bangkok 2549. (in Thai)