



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

ผลของการเติมสารเสริมแรงซิลิคอนคาร์ไบด์ต่อการสึกหรอและสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบ A356-SiC

Effect of silicon carbide reinforced addition on the wear and mechanical properties of A356-SiC composite material

ภุริพัชร์ แสนพงษ์¹ ธัมมิโชโต ประจักษ์สุต^{2*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

² สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

Bhuriphat Saenpong¹ Thamchoto Prajaksood^{2*}

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen 40000

² Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Isan Nakhon Ratchasima 30000

* Corresponding author.

E-mail: thongchai.pj@rmuti.ac.th; Telephone: 0945347676

วันที่รับบทความ 1 กรกฎาคม 2564; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 14 กันยายน 2564; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 2 24 พฤษภาคม 2565

วันที่ตอบรับบทความ 10 ตุลาคม 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมสารเสริมแรงซิลิคอนคาร์ไบด์ต่อสมบัติเชิงกลและการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบ A356-SiC การศึกษาใช้อนุภาคสารเสริมแรงซิลิคอนคาร์ไบด์ขนาด 12.5 ไมครอน ในปริมาณสารเสริมแรงซิลิคอนคาร์ไบด์ร้อยละ 5 10 15 และ 20 โดยน้ำหนัก เตรียมชิ้นงานทดสอบโดยการหล่อแบบกวน โดยใช้ใบมีดสแตนเลสที่มีความเร็ว 300 รอบต่อนาทีผลการทดสอบพบว่าในการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารเสริมแรงซิลิคอนคาร์ไบด์ (SiC) ในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10 และ 15 ทำให้สมบัติความแข็งเพิ่มขึ้น แต่ที่สัดส่วนสารเสริมแรงร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก จะพบรอยแตกที่โครงสร้างเนื้อพื้นของเฟสอะลูมิเนียมที่มีขนาดเล็ก ค่าความแข็งของวัสดุเชิงประกอบจะมีค่าเท่ากับ 79.89, 85.27 89.63, 73.27 HB ตามลำดับ ผลของการทดสอบแรงกระแทกพบว่าพลังงานกระแทกมีแนวโน้มลดลงคือ 4, 2.66, 2.66, 2 จูล ตามลำดับ ผลการทดสอบการสึกหรอพบว่าอุณหภูมิห้องและในสภาพอากาศในห้องปฏิบัติการที่มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 40-60 แรงในการทดสอบ 5N และระยะการเคลื่อนที่ในการทดสอบ 1000 เมตร อัตราการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบจะลดลงตามปริมาณสารเสริมแรงที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ

วัสดุเชิงประกอบ การสึกหรอ สมบัติเชิงกล สารเสริมแรง

Abstract

This research was to study the wear and mechanical properties of A356-SiC composite material. The study applied the 12.5- μm SiC particles and increased the quantity of SiC reinforcement by 5, 10, 15 and 20 % of the weight. In the stir casting process, the stainless-steel blades were set at 300 revolutions per minute. With the increase of SiC reinforcement quantity by 5, 10 and 15 % of the weight, silicon carbide enhanced the hardness property of the composite material.

However, the increase of SiC reinforcement quantity by 20 % of the weight caused the small cracks on the matrix phase. The hardness of the composite material was 79.89, 85.27, 89.63 and 73.27 HB, respectively. Upon the impact test, the increased SiC reinforcement resulted in the decreased impact energy at 4, 2.66, 2.66 and 2 joules, respectively. In the wear test at the room temperature and relative humidity of 40-60% in the laboratory, the 5 N load and a 1,000-meter sliding distance were applied. It was found that the wear rate of the composite material decreased in proportion to the increased SiC reinforcement.

Keywords

composite materials; wear resistance; mechanical properties; reinforcement

1. บทนำ

วัสดุเชิงประกอบที่มีอะลูมิเนียมเป็นเนื้อพื้น (Aluminium Metal Matrix Composite, AMMC) เป็นวัสดุที่มีความสำคัญต่องานทางด้านวิศวกรรมเป็นอย่างมาก มีการนำวัสดุเชิงประกอบมาใช้ในงานหลากหลาย อาทิ งานด้านอากาศยาน และชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ เนื่องจากมีน้ำหนักที่เบา และมีสมบัติทางกลที่ดี มีความต้านทานการสึกหรอและความแข็งแรงสูง จึงได้มีการวิจัยเพื่อพัฒนาวัสดุผสมให้มีสมบัติที่เหมาะสมเพื่อไปใช้ในงานในอุตสาหกรรมต่างๆ แต่ในประเทศไทยนั้นมีการนำเทคโนโลยีการผลิตวัสดุผสมมาใช้กันยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและขาดองค์ความรู้ในด้านการผลิตและวัสดุ

ปัญหาสำคัญที่พบในการผลิตวัสดุเชิงประกอบที่มีอะลูมิเนียมเป็นเนื้อพื้นได้แก่การเกิดรูพรุน การกระจายตัวของสารเสริมแรงที่ไม่สม่ำเสมอการเลือกขนาดของสารเสริมแรงที่เหมาะสมซึ่งส่งผลให้ชิ้นงานวัสดุผสมที่ได้จากการผลิตอาจมีสมบัติไม่ตรงตามความต้องการเช่นมีการสึกหรอสูง [1] ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางการพัฒนากระบวนการผลิตวัสดุเชิงประกอบที่มีอะลูมิเนียมเป็นเนื้อพื้นและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมของประเทศไทย ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาระบวนการและวิธีในการผลิตวัสดุเชิงประกอบที่มีอะลูมิเนียมเป็นเนื้อพื้น เสริมแรงด้วยซิลิคอนคาร์ไบด์ชนิดผงด้วยกระบวนการหล่อแบบกวน

ความท้าทายในงานวิจัยนี้คือ การศึกษากระบวนการเพื่อใช้ในการผลิตวัสดุผสมอะลูมิเนียมเสริมแรงด้วยผงซิลิคอนคาร์ไบด์ที่มีการกระจายตัวที่สม่ำเสมอ [2] และขึ้นรูปในสภาวะที่แข็ง การผลิตโดยการหล่อแบบกวนด้วยเตาหลอมแบบขดลวดเหนียวนำ โดยใช้กระแสจากขดลวดแม่เหล็กทำให้เกิดการหมุนวนของน้ำโลหะ [3] แต่อาจมีข้อจำกัดเนื่องจากการใช้

พลังงานไฟฟ้าที่สูงจึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการผลิตในปริมาณมาก นอกจากนั้นได้ศึกษาการกวนน้ำโลหะอะลูมิเนียมผสมเสริมแรงด้วยผงซิลิคอนคาร์ไบด์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำและสามารถทำให้การกระจายตัวของผงซิลิคอนคาร์ไบด์กระจายตัวได้ดี ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงจะศึกษาอิทธิพลจากปริมาณสารเสริมแรงในการผลิตและพัฒนาวิธีการกวนน้ำโลหะโดยการเติมแมกนีเซียมเพื่อลดปัญหาความเปราะผิวนำให้เกิดการผสมของอะลูมิเนียมและผงซิลิคอนคาร์ไบด์โดยไม่ทำให้เกิดการแยกตัว นอกจากนี้จะทำการศึกษาสมบัติและอัตราส่วนของสารเสริมแรงที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาวัสดุผสมอะลูมิเนียมเกรด A356/ซิลิคอนคาร์ไบด์ให้มีความต้านทานการสึกหรอและสมบัติทางกลที่ดี

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ศึกษาและวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

การตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของอะลูมิเนียมผสมเกรด A356 โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ด้วย Spectrometer เพื่อตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมีของอะลูมิเนียมผสมเกรด A356 ตามมาตรฐาน JIS AC4C

วัสดุ	Si	Mg	Fe	Ti	Cu	Mn	Zn	Al
A356	6.5-7.5	0.30-0.45	0.15	0.2	0.02	0.1	0.07	Balance

2.2 การเตรียมอนุภาคซิลิคอนคาร์ไบด์

อนุภาคซิลิคอนคาร์ไบด์ที่ใช้ในการเสริมแรงจะมีขนาด 12.5 ไมครอน ดังรูปที่ 1 โดยมีการเตรียมผิวด้วยการอบที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง [5] เพื่อ

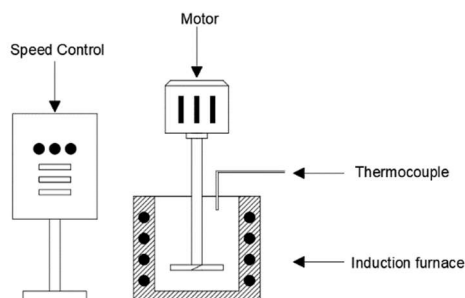
กำจัดสารมลทินที่ตกค้างและเพิ่มความเป็ยงผิวให้กับอนุภาคซิลิคอนคาร์ไบด์



รูปที่ 1 ลักษณะของซิลิคอนคาร์ไบด์ที่ได้จากการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM)

2.3 การหล่อแบบกวน

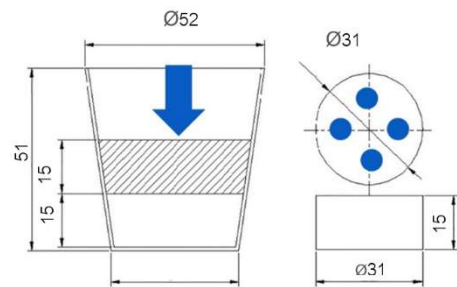
ในการหล่อขึ้นรูปจะใช้การหล่อด้วยเตาไฟฟ้าแบบขดลวด (Induction furnace) ดังรูปที่ 2 [6] โดยนำอะลูมิเนียมใส่ในเข้าหลอมจากนั้นให้ความร้อน 700 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเกิดการละลายโดยสมบูรณ์ ทำความสะอาดน้ำโลหะด้วยฟลักซ์ (flux) ลอดอุณหภูมิมาจนถึง 580 องศาเซลเซียสแล้วทำการเติมแมกนีเซียมปริมาณร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักเพื่อลดแรงตึงผิวและช่วยเพิ่มความเป็ยงผิวของอะลูมิเนียมในขณะที่ทำการหลอม นำผงซิลิคอนคาร์ไบด์ที่ได้จากการอบมาทำการเติมในเข้าหลอมปริมาณร้อยละ 5 10 15 และ 20 โดยน้ำหนักตามลำดับการทดลอง หลังจากนั้นจะทำการกวนด้วยชุดใบพัดเหล็กกล้าไร้สนิมโดยใช้ความเร็วรอบที่ 300 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 10 นาที เพื่อทำให้เกิดการกระจายตัวของสารเสริมแรงได้อย่างทั่วถึง จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิในเข้าหลอมจนถึง 680 องศาเซลเซียสแล้วทำการเทลงในชุดแม่เหล็กกล้าไร้สนิมที่ได้ทำการเตรียมไว้ตามขนาด



รูปที่ 2 เตาหลอมโลหะโดยการเหนี่ยวนำ (Induction) และชุดใบพัดหลอมพร้อมใบพัดในการกวน

2.4 การเตรียมชิ้นงานทดสอบสมบัติทางกลของวัสดุ

ชิ้นงานทดสอบจะถูกนำมาทำการเตรียมผิวเพื่อตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคและสมบัติทางกลโดยทำตัดชิ้นงานทดสอบห่างจากกันด้วย 15 มิลลิเมตรเพื่อลดปัญหาการหดตัวของน้ำโลหะขณะเย็นตัว และกลึงให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 31 มิลลิเมตรดังรูปที่ 3 หลังจากนั้นจะนำชิ้นงานไปทำการปรับผิวด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 800 1000 และ 1200 ตามลำดับ ทำการขัดละเอียดด้วยชุดจานขัดเพชรพร้อมน้ำยาขัดรุ่น DiaDouble Poly ขนาด 9 3 และ 1 ไมครอน ตามลำดับ



รูปที่ 3 การเตรียมชิ้นงานทดสอบโครงสร้างทางจุลภาคและสมบัติทางด้านความแข็ง

2.5 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคจะทำการวิเคราะห์ขั้นต้นด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Optical Microscope) รุ่น Olympus BX60 เพื่อดูการกระจายตัวของซิลิคอนคาร์ไบด์และทำการตรวจสอบข้อบกพร่องของโครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) รุ่น LEO 1450

2.6 การทดสอบสมบัติทางด้านความแข็งและการทดสอบสมบัติความต้านแรงกระแทกของวัสดุ

ในการทดสอบสมบัติทางกลนั้น ชิ้นงานที่ผ่านการหล่อขึ้นรูปแล้วจะถูกนำมาทดสอบความแข็งด้วยการทดสอบแบบบริเนลล์โดยใช้หัวกดขนาด 10 มิลลิเมตรและแรงในการทดสอบ 1000 Kgf การทดสอบแรงกระแทกจะนำชิ้นงานมาทำการขึ้นรูปให้ได้ตามมาตรฐาน ASTM E 23 ซึ่งจะใช้การทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปี (Charpy Impact Test) โดยใช้ค้อนเหวี่ยงกระแทกขนาด 150 Joule ยี่ห้อ THE PEOPLE'S REPUBLIC รุ่น JB - 300B

2.7 การทดสอบการสึกหรอ

ทำการทดสอบการสึกหรอด้วยเครื่องทดสอบแบบ Pin on disc ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM G99 โดยนำชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปเป็นจาน (disc) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 75 มิลลิเมตร และใช้หัวเป็นลูกบอลที่ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม (AISI 52 100) ขนาดเส้นผ่าน 10 มิลลิเมตร โดยใช้แรงในการทดสอบ 5N ในการทดลองจะเลือกใช้ระยะเวลาการไถล (Sliding speed) ที่ 1-4 เมตร/วินาทีและระยะทางในการทดสอบ 1000 เมตร [1]

3. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

3.1 ส่วนผสมทางเคมีของอะลูมิเนียม A356

ผลการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีดังตารางที่ 2 โดยอะลูมิเนียม A356 ที่ใช้ในการทดลอง พบว่า อะลูมิเนียมที่นำมาใช้ในการทดลองนั้นอยู่ในช่วงที่กำหนดตามมาตรฐาน ASTM Standard

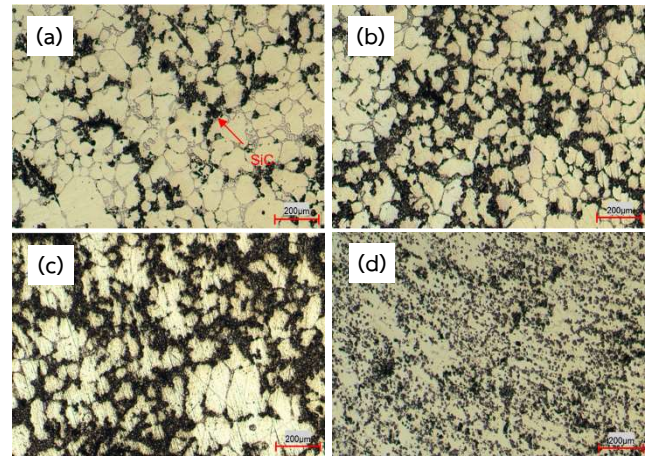
ตารางที่ 2 แสดงส่วนผสมทางเคมีของอะลูมิเนียมผสมเกรด A356 ตามมาตรฐาน JIS AC4C

วัสดุ	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Al
Received	7.6	0.09	0.07	0.01	0.32	0.01	0.18	Balance
ASTM	6.5-7.5	≤0.20	≤0.20	≤0.10	0.25-0.45	≤0.10	≤0.20	Balance

3.2 โครงสร้างทางจุลภาคของชิ้นงานทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง (OM)

จากการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสงโดยใช้กำลังในการขยาย 5x อนุภาคสารเสริมแรงมีการกระจายตัวได้ดีในทุกๆ สัดส่วน เนื่องจากการหล่อแบบกวนด้วยชุดใบพัดส่งผลให้เกิดการกระจายตัวของซิลิคอนคาร์ไบด์ได้ดี และแรงจากการหมุนของใบพัดจะทำให้เกิดแรงเฉือนเกิดขึ้นระหว่างโครงสร้างของวัสดุโดยสังเกตได้ว่าเกรนจะมีขนาดที่เล็กลง การกวนผสมทำให้เกิดการขัดตัวทางโครงสร้าง (Dislocation) ทำให้เกรนมีการเรียงตัวที่ใกล้กันมากยิ่งขึ้น จึงส่งผลให้ชิ้นทดสอบมีสมบัติทางกลที่ดีขึ้น จะเห็นได้ว่าการแทรกตัวของอนุภาคซิลิคอนคาร์ไบด์ตามบริเวณขอบเกรนเป็นส่วนใหญ่ ลักษณะของเกรนที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มขนาด

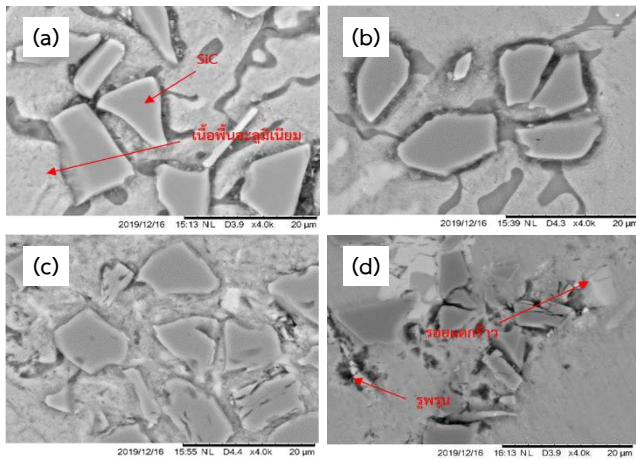
ที่เล็กลงอย่างเห็นได้ชัด ลักษณะของโครงสร้างเฟส α -Al มีความกลมและเล็กลง



รูปที่ 4 แสดงโครงสร้างจุลภาคที่อัตราส่วนผสม (a) 5% (b) 10% (c) 15% และ (d) 20% ตามลำดับ

3.3 ผลการทดสอบโครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

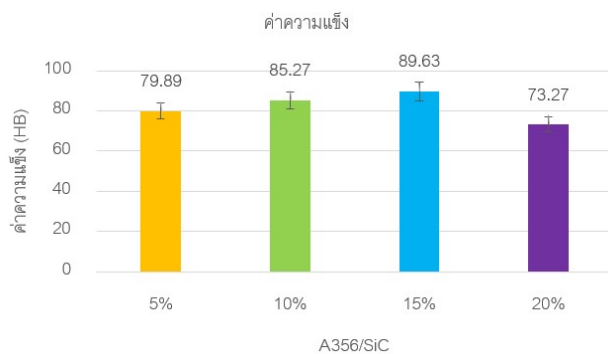
ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก (รูปที่ 5 a) ยังมีการยึดเกาะที่ดีอยู่ ระหว่างซิลิคอนคาร์ไบด์และวัสดุพื้น ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก (รูปที่ 5 b) การยึดเกาะระหว่างซิลิคอนคาร์ไบด์และพื้นหลัก ยังมีการยึดเกาะปกติ ต่อมา ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก (รูปที่ 5 c) เริ่มมีรอยแตกร้าขนาดเล็ก (Fine Crack) [7] มีรอยแตกที่ผงซิลิคอนคาร์ไบด์ ซึ่งเกิดจากผงซิลิคอนคาร์ไบด์มีการดูดความร้อนบริเวณรอบนอกขณะการเย็นตัว จึงทำให้มีการแตกร้า เนื่องจากการเย็นตัว และที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก (รูปที่ 5 c) พบว่า มี Fine Crack แตกที่ขอบของผงซิลิคอนคาร์ไบด์ และรูพรุนที่เกิดขึ้นบริเวณรอบ ๆ ผงซิลิคอนคาร์ไบด์ เมื่อมีการเพิ่มปริมาณเข้าไป การดูดซับความร้อนก็จะมีมากขึ้น ทำให้บริเวณ รอบ ๆ ผงซิลิคอนคาร์ไบด์มีการดูดซับความร้อนเร็วยิ่งขึ้น ส่งผลให้มีการแตกร้าบริเวณรอบนอก



รูปที่ 5 แสดงโครงสร้างจุลภาคที่ตรวจสอบด้วย SEM ที่อัตราส่วนผสม (a) 5% (b) 10% (c) 15% และ (d) 20% ตามลำดับ

3.4 ผลการทดสอบสมบัติทางด้านความแข็ง

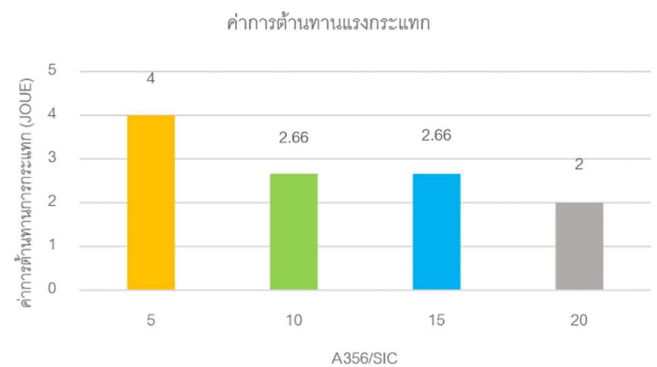
ความแข็งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 89.63 HB ที่อัตราส่วนผสมของสารเสริมแรงร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก และจะมีค่าลดต่ำลง 73.27 HB ที่อัตราส่วนร้อยละ 20 จากการวิเคราะห์พบว่าค่าความแข็งที่ลดลงนั้นมีสาเหตุมาจากเกิดรอยร้าวที่บริเวณรอยต่อระหว่างสารเสริมแรงและโลหะพื้นอะลูมิเนียมที่ส่งผลจากการเกิดการเย็นตัวอย่างรวดเร็วของวัสดุเนื่องจากปริมาณสารเสริมแรงมีปริมาณมากส่งผลให้อัตราการเย็นตัวของวัสดุเร็วขึ้น ซึ่งผลการทดลองได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Saenpong, P. [7] และ Yu, W. [10] ซึ่งทำการทดลองวัสดุเชิงประกอบ A356-SiC มีแนวโน้มของผลการทดลองในทิศทางเดียวกัน



รูปที่ 6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความแข็งของวัสดุเชิงประกอบ

3.5 ผลการทดสอบความต้านทานแรงกระแทก

ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก มีค่าการดูดซับแรงกระแทก 4 จูล (Joule) การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารเสริมแรงจะส่งผลให้ความต้านทานแรงกระแทกลดลงเนื่องจากซิลิคอนคาร์ไบด์ที่เพิ่มขึ้นจะมีการกระจายตัวตามบริเวณขอบเกรนของเฟส α -Al ชิ้นงานทดสอบขาดออกจากกันเป็น 2 ชิ้นอย่างอิสระ ซึ่งเป็นผลจากปริมาณสารเสริมแรงจะเข้าไปแทรกตัวตามบริเวณขอบเกรน ทำให้เกิดการขัดตัวกันมากขึ้น ส่งผลให้เกิดความเค้นในบริเวณขอบเกรนสูง ทำให้เกิดการแตกหักแบบเปราะ Soltani, S. [11] รายงานว่าเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารเสริมแรงจะส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องทางด้านโครงสร้างจุลภาคโดยเกิดเป็นรูพรุนขนาดเล็ก ซึ่งมีโอกาสส่งผลให้วัสดุมีความเปราะซึ่งเป็นหนึ่งในเหตุผลการลดลงของพลังงานการกระแทก



รูปที่ 7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าการทดสอบสมบัติความต้านทานแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบ

3.6 ผลการทดสอบการต้านทานการสึกหรอ

จากการทดสอบสมบัติความต้านทานการสึกหรอ โดยใช้แรงในการทดสอบ 5 นิวตัน และระยะทางการทดสอบ 1000 เมตร จะเห็นได้ว่าวัสดุเชิงประกอบเมื่อสัดส่วนสารเสริมแรงที่ร้อยละ 5 จะมีอัตราการสึกหรอสูงเนื่องจากเกิดการครูดถูระหว่างผิวชิ้นงานและหัวบอลในระหว่างการทดสอบสูง ส่งผลให้เกิดรอยกว้างและมีการสูญเสียเนื้อวัสดุมาก แต่เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารเสริมแรงที่ร้อยละ 10 และ 15 จะพบว่าอัตราการสึกหรอของวัสดุมีค่าลดลง เนื่องจากชิ้นงานมีค่าความแข็งที่สูงขึ้นซึ่งเป็นผลจากการเติมสารเสริมแรงในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้การครูดถูระหว่างผิวลดลง ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yalcin, Y. [9] เมื่อมีการ

เพิ่มขึ้นของปริมาณสารเสริมแรงจะทำให้อัตราการสึกหรอลดต่ำลง แต่เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารเสริมแรงร้อยละ 20 จะส่งผลให้ค่าการสูญเสียเนื้อวัสดุสูงขึ้นอีก จากการศึกษาวิเคราะห์ประกอบกับโครงสร้างทางจุลภาคพบว่าปัญหาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารเสริมแรงที่มากทำให้เกิดการคายความร้อนจากเนื้อพื้นอะลูมิเนียม ส่งผลให้เกิดการเย็นตัวอย่างรวดเร็ว ซึ่งส่งผลให้เกิดการหดตัวบริเวณรอยต่อของเฟส ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการครูดโลหะมีค่าสูงขึ้นซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราการสึกหรอของวัสดุ (Wear rate)

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบสมบัติต้านทานการสึกหรอ

วัสดุ	Weight loss (g)	Volume loss (mm ³)	Wear rate (mm ³)/m	COF
5% SiC	0.003	1.10668	0.00110	0.019
10% SiC	0.003	1.09629	0.00109	0.071
15% SiC	0.003	1.08609	0.00108	0.117
20% SiC	0.003	1.79340	0.00179	0.113

4. สรุปผลการศึกษา

จากผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลการทดสอบค่าความแข็ง : จากผลการทดลองพบว่า A356-SiC ที่อัตราส่วนผสม SiC ร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก ทำให้วัสดุเชิงประกอบมีค่าความแข็งที่ดีที่สุด

2. ผลการทดสอบการต้านทานแรงกระแทก : เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารเสริมแรงสมบัติความต้านทานแรงกระแทกก็จะมีค่าลดลง ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก จะมีค่าการต้านทานแรงกระแทกดีที่สุดเนื่องจากปริมาณสารเสริมแรงที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณน้อย ส่งผลให้เกิดการขีดตัวในโครงสร้าง ไม่มากนัก แต่เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารเสริมแรงที่ 10 15 และ 20 โดยน้ำหนักพบว่าค่าความต้านทานแรงกระแทกจะลดลงอย่างต่อเนื่อง

3. การการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค : ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก เกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็ก (Fine Crack) ขึ้น เนื่องจากการเย็นตัวอย่างรวดเร็วของซิลิคอนคาร์ไบด์จึงมีการดูดความร้อนที่บริเวณรอบนอก ทำให้เมื่อมีการดูดความร้อนเข้าไปอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดรอยร้าวขึ้น

4. ผลการทดสอบสมบัติความต้านทานการสึกหรอ : จากผลการทดสอบการสึกหรอ พบว่าแนวโน้มในการสึกหรอจะลดลงเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณซิลิคอนคาร์ไบด์จนถึงปริมาณสารเสริมแรงร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก จากนั้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารเสริมแรงร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ซึ่งเกิดจากการแตกหักในโครงสร้าง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น ที่อำนวยความสะดวกสำหรับพื้นที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย คณะอาจารย์จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น ที่ได้คอยให้คำแนะนำตลอดจนความช่วยเหลือระหว่างปฏิบัติการวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] Shivamurthy RC, Surappa MK. Tribological characteristics of A356 Al alloy-SiCP composite discs. *Wear*. 2011; 271(9):1946-1950.
- [2] Naher S, Brabazon D, Looney L. Computational and experimental analysis of particulate distribution during Al-SiC MMC fabrication. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2007;38(3): 719-729.
- [3] Dwivedi SP, Sharma S, Mishra RK. RETRACTED: Microstructure and mechanical properties of A356/ SiC composites fabricated by electromagnetic stir casting. *Procedia Materials Science* 6. 2014;6: 1524-1532.
- [4] Rehman A, Das, S, Dixit G. Analysis of stir die cast Al-SiC composite brake drums based on coefficient of friction. *Tribology International*. 2012; 51: 36-41.
- [5] Dhaneswara D, Syahrial AZ, Ayman MT. Mechanical properties of nano SiC-reinforced aluminum A356 with Sr modifier fabricated by stir casting method. *Procedia engineering*. 2017; 216: 43-50.

- [6] Dwivedi SP, Sharma S, Mishra RK. (2014). Comparison of microstructure and mechanical properties of A356/SiC metal matrix composites produced by two different melting routes. *International Journal of Manufacturing Engineering*.2015.
- [7] Saenpong P, Talangkun S, Laonapakul T, Boonma A. Microstructures and hardness of A356- SiC composites produced by the mechanical stir casting. *Materials Today: Proceedings*. 2018;5(3): 9489-9496.
- [8] Saenpong P, Talangkun S, Sanyajivin S, Kapranos, P. Effect of particle size and weight percent of SiC particles on microstructure and hardness of A356-SiC composites produced by semi-solid stir casting. *In Solid State Phenomena*. 2019; 285:296-301.
- [9] Yalcin Y, Akbulut H. (2006). Dry wear properties of A356- SiC particle reinforced MMCs produced by two melting routes. *Materials & design*. 2006; 27(10): 872-881.
- [10] Yu W, Zhao H, Wang L, Guo Z, Xiong S. The influence of T6 treatment on fracture behavior of hypereutectic Al- Si HPDC casting alloy. *Journal of Alloys and Compounds*. 2018; 731: 444-451.
- [11] Soltani S, Khosroshahi RA, Mousavian RT, Jiang ZY, Boostani AF, Brabazon D. Stir casting process for manufacture of Al- SiC composites. *Rare Metals*. 2017; 36(7): 581-590.