บทที่5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 โครงสร้างจุลภาคและองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยนาโน SiC-Al_4O_4C- Al_4SiC_4

เส้นใยนาโนที่สังเคราะห์ได้จากวัตถุดิบที่เป็นไส้ดินสอ EE ยี่ห้อ STAEDTLER ด้วยเทคนิคการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้า จะได้เส้นใยนาโนมีลักษณะเรียบโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 50-150 นาโนเมตร โดยที่ส่วนใหญ่เส้นใยนาโนจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 90-100 นาโนเมตร มีธาตุองค์ประกอบที่สำคัญ คือ คาร์บอน ออกซิเจน อะลูมิเนียม และซิลิคอน และเมื่อตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีในรูปสารประกอบของเส้นใยนาโนแล้วพบว่าเส้นใยนาโนประกอบด้วยซิลิคอนคาร์ไบด์ SiC ที่มีโครงสร้างผลึกอยู่ในระบบคิวบิก อะลูมิเนียมเททรอกซีคาร์ไบด์ (Al_4O_4C) ที่มีโครงสร้างผลึกอยู่ในระบบออโธรอมบิก และอะลูมิเนียมซิลิคอนคาร์ไบด์ (Al_4SiC_4) ที่มีโครงสร้างผลึกอยู่ในระบบออโธรอมบิก และนอกจากนี้ยังพบว่าสารตั้งต้นบางส่วนที่ใช้ในการผลิตปะปนมา ซึ่งสารตั้งต้นดังกล่าวคือ คาร์บอน

5.1.2 โครงสร้างจุลภาคและองค์ประกอบทางเคมีของผงเคลือบ

ผงเคลือบ Al-12Si พบว่ามีลักษณะค่อนข้างกลม อนุภาคมีขนาดอยู่ในช่วง40 – 150 μm โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ธาตุอะลูมิเนียมและซิลิคอน เมื่อทำการผสมเส้นใยนาโนลงในผงเคลือบโดยใช้วิธีการผสมแบบบดย่อยด้วยลูกบอลจะพบเส้นใยนาโนเกาะอยู่ที่บริเวณผิวของผงเคลือบ Al-12Si

5.1.3 องค์ประกอบทางเคมีของผิวเคลือบ

พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของผิวเคลือบ Al-12Si ซึ่งไม่ผสมเส้นใยนาโนนั้นมีองค์ประกอบสำคัญ คือ คาร์บอน ออกซิเจน อะลูมิเนียม และซิลิคอน เช่นเดียวกับผิวเคลือบซึ่งผสมเส้นใยนาโน SiC-Al_4O_4C-Al_4SiC_4 แต่มีปริมาณร้อยละโดยน้ำหนักของธาตุคาร์บอนเพิ่มขึ้นตามปริมาณการผสมเส้นใยนาโน ขณะที่ผิวเคลือบซึ่งไม่ผสมเส้นใยนาโนนั้นพบปริมาณคาร์บอนในปริมาณที่น้อยมาก สำหรับคาร์บอนที่พบในผิวเคลือบที่ไม่ผสมเส้นใยนาโนนั้น สันนิษฐานว่าเกิดจากการออกซิไดซ์ของก๊าซอะเซทิลินในกระบวนการเผาไหม้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

5.1.4 โครงสร้างจุลภาคและคุณสมบัติเชิงกลของผิวเคลือบ

1) โครงสร้างจุลภาคของผิวเคลือบ พบว่ามีโครงสร้างแบบ lamella มีการเกาะกันด้วยพันธะเชิงกลแบบประสาน มีผงเคลือบบางส่วนเกิดจากการหลอมที่ไม่สมบูรณ์ พบรูพรุนเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเพิ่มส่วนผสมเส้นใยนาโน ไม่พบรอยแยกระหว่างผิวเคลือบกับชิ้นงาน ผิวเคลือบซึ่งผสมเส้นใยนาโนในปริมาณที่น้อยนั้นมีความเป็นเนื้อเดียวกันสูงกว่าผิวเคลือบซึ่งผสมเส้นใยนาโนในปริมาณที่มากกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าส่วนของผิวเคลือบซึ่งใกล้กับชิ้นงานนั้นมีความหนาแน่นสูงกว่าส่วนของผิวเคลือบซึ่งอยู่ด้านบน และมีการจัดเรียงตัวของอนุภาคที่ดีกว่า คาดว่าเนื่องจากการได้รับแรงดันอย่างต่อเนื่องจากกระบวนการพ่นเคลือบ อนุภาคซึ่งเคลื่อนที่ตามหลังจะมีแรงดันให้อนุภาคซึ่งมาก่อนหน้าอัดแน่นติดกับผิวหน้าชิ้นงาน จึงทำให้ผิวส่วนล่างซึ่งติดกับชิ้นงานมีความหนาแน่นสูงกว่าด้านบน และการระบายความร้อนของผิวเคลือบจากด้านในผิวเคลือบออกสู่ด้านนอก ทำให้บริเวณส่วนบนมีการเย็นตัวอย่างไม่สม่ำเสมอเกิดการแยกตัวระหว่างการแข็งตัว (segregation)[23] และทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเกรนของอนุภาคผิวเคลือบและมีโอกาสเกิดออกไซด์ได้ง่ายกว่าผิวที่อยู่ด้านใน ซึ่งไม่สัมผัสกับอากาศด้านนอก

2) ความแข็งของผิวเคลือบ หลังจากผสมเส้นใยนาโน SiC-Al_4O_4C-Al_4SiC_4 พบว่าการเพิ่มปริมาณเส้นใยนาโนลงในผงพ่นเคลือบนั้น เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยนาโนในปริมาณที่เหมาะสมค่าหนึ่งซึ่งจะทำให้ผิวเคลือบมีความแข็งมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผิวเคลือบซึ่งไม่ผสมเส้นใยนาโน ในการวิจัยนี้คือปริมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก สำหรับผิวเคลือบซึ่งเตรียมได้จากการผสมเส้นใยนาโนในปริมาณที่มากกว่านี้ พบว่าความแข็งของผิวเคลือบจะมีค่าลดลงตามปริมาณการเพิ่มส่วนผสมเส้นใยนาโน คาดว่าการที่มีเส้นใยนาโนเข้าไปแทรกอยู่บริเวณ interlamella ที่มากเกินไปนั้นทำให้พันธะเชิงกลแบบประสานในผิวเคลือบมีค่าลดลง และส่งผลให้ความแข็งของผิวเคลือบมีค่าลดลงตามไปด้วย

3) อัตราการสึกหรอของผิวเคลือบ พบว่ามีความสัมพันธ์กับความแข็งของผิวเคลือบ คือ เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยนาโนลงในผงเคลือบจะทำให้ผิวเคลือบที่เตรียมได้มีค่าอัตราการสึกหรอลดลงจนถึงค่าต่ำสุดค่าหนึ่ง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ คือ ปริมาณการผสมร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก หลังจากนั้นการเพิ่มปริมาณส่วนผสมเส้นใยนาโนในผิวเคลือบกลับทำให้อัตราการสึกหรอมีค่าเพิ่มขึ้น คาดว่าเนื่องจากการเพิ่มปริมาณเส้นใยนาโนที่มากเกินไปนั้น เส้นใยนาโนจะไปแทรกบริเวณ interlamella ของผิวเคลือบนั้นมีจำนวนมากเกินไป เป็นผลให้พันธะเชิงกลแบบประสานของผิวเคลือบมีค่าลดลงมาก จนทำให้โครงสร้างของผิวเคลือบไม่มีความแข็งแรง ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็งที่ลดลง ดังนั้นอัตราการสึก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

หรอมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. การสังเคราะห์เส้นใยนาโนด้วยวิธีการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้านั้นจะพบปัญหาความร้อนที่เกิดขึ้นมากในกระบวนการสังเคราะห์ และยังขาดระบบป้องกันที่ดี
2. การเปลี่ยนแปลงสภาพการนำไฟฟ้าอย่างไม่เป็นเชิงเส้นของสารตั้งต้น ขณะที่มีอุณหภูมิสูง ทำให้ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิขณะทำการสังเคราะห์ได้ จึงควรหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าว
3. การสังเคราะห์เส้นใยนาโนด้วยวิธีการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้า สารที่สังเคราะห์ได้มีสารตั้งต้นเจือมาด้วยเสมอ เช่น อะลูมิเนียมออกไซด์ เหล็กออกไซด์เป็นต้น เนื่องจากต้องมีการเติมสารอื่นลงไปในสารตั้งต้นเพื่อปรับสภาพความต้านทานให้เหมาะสม ไม่เช่นนั้นแล้วก็จะไม่เกิดความร้อนที่แท่งสารถ้าสารตั้งต้นกลายเป็นตัวนำไฟฟ้า ดังนั้นวิธีนี้จึงเหมาะสำหรับการผลิตที่ไม่ต้องการความบริสุทธิ์มากนัก
4. เนื่องจากผิวเคลือบที่เตรียมได้นั้นมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น ดังนั้นควรลองประยุกต์ใช้งานในสภาพจริง เพื่อเป็นแนวทางในการใช้งานด้านอุตสาหกรรมต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved