

บทที่ 5

บทสรุป วิเคราะห์ผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ท่อนาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้ โดยวิธีอาร์คดิสชาร์จ ในบรรยากาศของก๊าซฮีเลียมที่ความดัน 500 Torr จากแท่งแกรไฟต์บริสุทธิ์ พบว่าเป็นท่อนาโนคาร์บอนผนังหลายชั้น โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในประมาณ 2 – 3 นาโนเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 5 – 25 นาโนเมตร ความยาวมีหลายขนาดประมาณตั้งแต่ร้อยนาโนเมตร จนถึงหลายไมโครเมตร

5.1.2 คาร์บอนที่สังเคราะห์ได้โดยวิธีอาร์คดิสชาร์จในบรรยากาศของก๊าซฮีเลียม ที่ความดัน 500 Torr จากแท่งแกรไฟต์บริสุทธิ์ และ แท่งแกรไฟต์ผสมด้วยผงอะลูมินาและโคบอลต์นั้น พบว่าได้ท่อนาโนคาร์บอนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวไม่แตกต่างกัน

5.1.3 สามารถสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนผนังหลายชั้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2 – 7 nm และเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 5 – 25 nm ความยาวมากกว่า 500 nm จากแท่งแกรไฟต์บริสุทธิ์ และแกรไฟต์ผสมอะลูมินาโดยวิธีอาร์คดิสชาร์จภายใต้สภาวะที่มีก๊าซฮีเลียมไหลผ่านที่ความดัน 1 บรรยากาศ

5.1.4 การดัดแปลงอุปกรณ์จากวิธีอาร์คดิสชาร์จไปเป็นวิธีการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้า สามารถผลิตเส้นใยนาโนที่ได้ปริมาณมากกว่าหลายเท่า และพบว่าชนิดของเส้นใยนาโนที่ได้ขึ้นกับชนิดของสารตั้งต้นที่นำมาอัดผสมกับผงแกรไฟต์ เช่น กรณีผสมกับผง SiO_2 และผง Al_2O_3 สามารถผลิตเส้นใยนาโนซิลิคอนคาร์ไบด์ เคลือบด้วยอะลูมินา ทั้งแบบชนิดเรียบและชนิดเม็ดลูกปัด ซึ่งจะเหมาะสำหรับการนำไปใช้เป็นเส้นใยเสริมความแข็งแรงในวัสดุอื่น เนื่องจากมีความเสถียรทางเคมีและมีลักษณะของการขัดเกลาทางกลจากเม็ดลูกปัด ซึ่งเงื่อนไขของการผลิตเส้นใยนาโนด้วยวิธีนี้ผู้วิจัยกำลังจะขยายขนาดกำลังการผลิตเพิ่มอีกประมาณสิบเท่า ซึ่งเครื่องต้นแบบที่มีในปัจจุบันมีกำลังการผลิตประมาณ 0.1 g ต่อครั้งต่อ 30 นาที กล่าวคือจะได้น้ำหนักของเส้นใยนาโนประมาณ 10 % ของน้ำหนักแท่งอัดสารตั้งต้น ($\text{C-SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$)

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

วิธีอาร์คดิสชาร์จในงานวิจัยนี้เป็นวิธีที่ได้ท่อนาโนคาร์บอนแบบผนังหลายชั้นคุณภาพดี แต่ปริมาณที่ผลิตได้แต่ละครั้งน้อย น่าจะไม่เหมาะสำหรับขยายสเกลให้มีขนาดใหญ่เพื่อผลิตเชิงอุตสาหกรรมแต่หากต้องการผลิตปริมาณน้อยเพื่อการวิจัยที่ต้องการปริมาณไม่มากก็สามารถใช้วิธีนี้ได้การเปรียบเทียบผลการทดลอง แสดงดัง ตารางที่ 5.2.1 และ 5.2.2

ตาราง 5.2.1 สรุปเปรียบเทียบผลการทดลองสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนโดยวิธีอาร์คดิสชาร์จในบรรยากาศของก๊าซฮีเลียมที่ความดัน 500 Torr กับในสถานะที่มีก๊าซเลียมไหลผ่านความดัน 1 บรรยากาศ

รายการเปรียบเทียบ	วิธีการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนและเส้นใยนาโน	
	อาร์คดิสชาร์จในบรรยากาศของฮีเลียมที่ความดัน 500 Torr	อาร์คดิสชาร์จในสถานะที่มีก๊าซเลียมไหลผ่านความดัน 1 บรรยากาศ
ต้นทุนอุปกรณ์	แพง	ถูก
ความยากง่าย	ยาก	ง่าย
เวลาในการเตรียม	มาก	น้อย
ผลิตภัณฑ์ที่ได้	MWNTs – เส้นตรง	MWNT – เส้นตรง
Yield	mg/ครั้ง	mg/ครั้ง

ตาราง 5.2.2 สรุปเปรียบเทียบผลการทดลองสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนโดยวิธีอาร์คดิสชาร์จในสถานะที่มีก๊าซฮีเลียมไหลผ่านความดัน 1 บรรยากาศกับวิธีการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้า

รายการเปรียบเทียบ	วิธีการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนและเส้นใยนาโน	
	อาร์คดิสชาร์จในสถานะที่มีก๊าซฮีเลียมไหลผ่านความดัน 1 บรรยากาศ	การให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้า
วัตถุดิบ	แท่งแกรไฟต์	แท่งแกรไฟต์ผสมซิลิกา-อะลูมินา
ผลิตภัณฑ์ที่ได้	MWNTs – เส้นตรง	SiCNFs Al ₂ O ₃ -coated SiCNFs Al ₂ O ₃ -beaded SiCNFs
Yield	mg/ครั้ง	0.1-0.2 g/ครั้ง

5.3 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเพื่อแก้ปัญหาและอุปสรรคที่พบในการทดลองสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนโดยวิธีอาร์คดิสชาร์จและวิธีการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้า ได้แก่

5.3.1 หากต้องการประสิทธิภาพในการผลิตท่อนาโนคาร์บอนดีขึ้นควรใช้ DC Power Supply ที่ให้ความต่างศักย์และกระแสสูงกว่าที่ใช้ในการวิจัยนี้

5.3.2 หากมีการทดลองด้วยวิธีอาร์คดิสชาร์จ ควรใช้วิธีที่มีการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องสุญญากาศไปด้วยที่ประมาณ 600 °C และมีการเติมตัวกระตุ้นผสมกันหลายๆ อย่างในบรรยากาศของฮีเลียม ก็จะได้ท่อนาโนคาร์บอนผนังชั้นเดียวที่มีขนาดเล็กความบริสุทธิ์สูง และปริมาณการผลิตต่อครั้งที่ได้สูงอย่างที่ได้สูงอย่าง Zhao และคณะรายงานเมื่อปี 2004

5.3.3 วิธีการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าเหมาะสำหรับการผลิตเส้นใยนาโนซิลิคอนคาร์ไบด์ ที่เคลือบด้วยอะลูมินาแบบเม็ดลูกปัด ซึ่งมีศักยภาพในการขยายสเกลให้มีขนาดใหญ่ขึ้นส่วนทางผลิตท่อนาโนคาร์บอนที่ต้องการปริมาณสูงวิธีอื่นเช่น Thermal CVD จะเหมาะสมกว่า

5.3.4 การผลิต SiCNF_s ด้วยวิธีการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้านั้นหากมีการอัดแท่งสารตั้งต้นที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ควรอัดเป็นแท่งที่มีรูกลวงตรงกลาง เพื่อลดปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ให้น้อยลงทั้งนี้เพราะปริมาณเส้นใยนาโนที่เกิดขึ้นจะขึ้นกับพื้นที่ผิวรอบนอกของแท่งสาร