



รายงานแผนงานวิจัย

การสังเคราะห์ ซิลิกอนคาร์ไบด์พรุน และการผลิตวัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียม
เสริมแรงด้วยซิลิกอนคาร์ไบด์พรุน ที่ผลิตจากไม้ยางพารา

Synthesis of Porous Silicon Carbide and Fabrication of Aluminium Matrix
Composite Reinforced with Porous Silicon Carbide Synthesized with
Rubberwood

ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย
ผศ.ดร.สุธรรม นียมवास

คณะผู้ดำเนินการวิจัย
ผศ.ดร.สุธรรม นียมवास
ผศ.ดร.นภิสพร มีมงคล
ผศ.ดร.เจษฎา วรรณสินธุ์

30 มิถุนายน 2554

สนับสนุนโดย

งบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2551 – 2553
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อแผนงานวิจัย	การสังเคราะห์ ซิลิกอนคาร์ไบด์พอร์น และการผลิตวัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียมเสริมแรงด้วยซิลิกอนคาร์ไบด์พอร์น ที่ผลิตจากไม้ยางพารา	
คณะผู้วิจัย	ผศ.ดร. สุธรรม นิยมวาส	ผู้อำนวยการแผนงานวิจัยและหัวหน้าโครงการวิจัยย่อย 1
	ผศ.ดร.เจษฎา วรรณสินธุ์	หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย 2
	ผศ.ดร.นิภิสพร มีมงคล	หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย 3
หน่วยงาน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	
ปีที่ทำวิจัย	2551 - 2553	

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

การวิจัยแผนงานวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนากระบวนการสังเคราะห์ซิลิกอนคาร์ไบด์พอร์น จากไม้ยางพารา และพัฒนาการผลิต วัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียมเสริมแรงด้วยซิลิกอนคาร์ไบด์พอร์น ที่สังเคราะห์จากไม้ยางพารา อันจะเป็นการวางรากฐานองค์ความรู้ การผลิตวัสดุขั้นสูงดังกล่าวขึ้นภายในประเทศ และจะส่งผลกระทบต่อเนื่องไปสู่การเพิ่มมูลค่าให้กับไม้ยางพารา โดยการสร้างองค์ความรู้ในการสังเคราะห์ซิลิกอนคาร์ไบด์พอร์น จากไม้ยางพารา การผลิตวัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียมเสริมแรงด้วยซิลิกอนคาร์ไบด์พอร์น และสมบัติทางกลและทางความร้อน ของวัสดุอย่างครบวงจร กล่าวคือแผนงานวิจัยได้กำหนดการศึกษา เพื่อสังเคราะห์ซิลิกอนคาร์ไบด์พอร์น จากไม้ยางพารา ในโครงการย่อยที่ 1 จากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปใช้เป็นวัสดุเสริมแรงให้กับอะลูมิเนียม ในโครงการย่อยที่ 2 ผลการศึกษาที่ได้จากทั้ง 2 โครงการจะถูกนำไปตรวจสอบสมบัติทางกลและทางความร้อน เพื่อทำฐานข้อมูล ในโครงการย่อยที่ 3 จึงเป็นการพัฒนาองค์ความรู้การสังเคราะห์ซิลิกอนคาร์ไบด์พอร์น การผลิตวัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียมเสริมแรงด้วยซิลิกอนคาร์ไบด์พอร์น จากไม้ยางพารา และทำฐานข้อมูลสมบัติทางกลและทางความร้อน

ผลการวิจัย พบว่าสามารถสังเคราะห์ถ่านไม้พอร์น ด้วยกระบวนการไพโรไลซิส ที่อุณหภูมิ 800 °C เป็นระยะเวลา 1 ชม. ในบรรยากาศแก๊สอาร์กอนเมื่อใช้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิอย่างช้าๆ จะทำให้ได้โครงสร้างถ่านไม้พอร์นที่คงรูปเดิม และไม่เกิดรอยแตก โดยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิในการสังเคราะห์ถ่านไม้พอร์นคืออัตรา 10 °C min⁻¹ ที่อุณหภูมิ 25-70 °C ต่อด้วย 3 °C min⁻¹ จนถึงอุณหภูมิ 500 °C และ 5 °C min⁻¹ จนถึงอุณหภูมิ 800 °C สำหรับรูปแบบการแตกหักของไม้ทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกัน ซึ่งไม้สะเดาข้าง มีการปริแตกตามแนวเซลล์ลูลัส แต่ในไม้ยางพารามีการแตกหักแบบผ่าตามแนวเซลล์ และเกิดการปริแตกรุนแรงกว่าไม้สะเดาข้าง

ในส่วนที่สองทำการศึกษาระยะเวลาและจำนวนครั้งในการเคลือบถ่านไม้พอร์นด้วยของสารละลายซิลิกอนของ SiO₂ พบว่า ปริมาณของ SiO₂ ที่แทรกซึมภายในโครงสร้างถ่านไม้พอร์น แปรผันตรงกับ ระยะเวลา

การเคลือบ ในส่วนของการศึกษาเกี่ยวกับจำนวนครั้งการเคลือบพบว่า ถ่านไม้ยางพาราที่เคลือบด้วย SiO_2 มีน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงและในถ่านไม้สะเดาข้างพบว่า น้ำหนักของผิวเคลือบมีอัตราเพิ่มขึ้นจนถึงการเคลือบครั้งที่ 4 และในการเคลือบครั้งที่ 5 และ 6 น้ำหนักของผิวเคลือบลดลง

ในส่วนที่สามทำการศึกษาลักษณะของตัวแปรที่มีผลต่อการสังเคราะห์ไบโอมอร์ฟิซิลิกอนคาร์ไบด์ โดยตัวแปรที่ศึกษาคือ อัตราส่วนเชิงโมลของคาร์บอน (ถ่านไม้พรุณ) ต่อ SiO_2 (ผิวเคลือบ) ระยะเวลาในการเคลือบ อุณหภูมิในการสังเคราะห์ และระยะเวลาการบ่ม พบว่า ถ่านไม้สะเดาข้างที่จำนวนการเคลือบซ้ำครั้งที่ 3 เป็นต้นไป มีอัตราส่วนเชิงโมลของคาร์บอน (ถ่านไม้พรุณ) ต่อ SiO_2 (ผิวเคลือบ) ต่ำกว่า 2 ส่งผลให้ SiO_2 เหลืออยู่ในโครงสร้างของไบโอมอร์ฟิซิลิกอนคาร์ไบด์ ภายหลังจากเผาสังเคราะห์ โดยระยะเวลาที่ดีที่สุดสำหรับการอัดเคลือบสารละลาย SiC บนถ่านไม้ยางพารา และถ่านไม้สะเดาข้างคือ 60 นาที อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการสังเคราะห์ไบโอมอร์ฟิซิลิกอนคาร์ไบด์ คืออุณหภูมิ $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการคำนวณทางอุณหพลศาสตร์ ส่วนระยะเวลาการบ่มเป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดโครงสร้างของ α -SiC และ β -SiC พบว่าเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนโครงสร้างของ β -SiC เป็น α -SiC มากขึ้น ซึ่งกระบวนการเปลี่ยนแปลงของสารดังกล่าว อีกทั้งจากความแข็งแรงกด (Compressive Strength) ของไบโอมอร์ฟิซิลิกอนคาร์ไบด์เพิ่มขึ้นโดยแปรผันตรงกับระยะเวลาในการเผา

ในด้านการนำเอาเซรามิกพรุณที่ผลิตได้จากไม้ยางพารา มาผลิตเป็นวัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียมโดยวิธีการแทรกซึมโดยวิธีการหล่ออัด ผลการทดลองพบว่า สามารถนำชิ้นงานคาร์บอนซิลิกอนคาร์ไบด์พรุณที่มีโครงสร้างแบบแกนและแบบรัศมีมาขึ้นรูปเป็นวัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียมได้โดยกระบวนการหล่ออัดได้ โดยผลจากการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคพบว่าชิ้นงานวัสดุผสมมีอะลูมิเนียมกระจายตัวอยู่ทั่วชิ้นงาน แสดงให้เห็นว่ากระบวนการหล่ออัดสามารถอัดเนื้ออะลูมิเนียมเข้าสู่พรุณได้ทั่วทั้งชิ้นงาน ผลจากการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าชิ้นงานวัสดุผสมมีส่วนประกอบของธาตุหลัก 3 ชนิดได้แก่ คาร์บอน ซิลิกอน และอะลูมิเนียม โดยจากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ามีเฟสของซิลิกอนคาร์ไบด์อยู่ประมาณ 9.5% เฟสของคาร์บอนจะมีอยู่ประมาณ 47.5% และเฟสของอะลูมิเนียมจะมีประมาณ 43% และจากการวิเคราะห์ความหนาแน่นพบว่าชิ้นงานวัสดุผสมที่ผลิตได้มีโพรงอากาศอยู่เพียง 6.38% ซึ่งจากผลการวิจัยโดยรวมยืนยันได้ว่าเซรามิกพรุณที่ผลิตได้จากไม้ยางพาราสามารถนำมาแปรรูปเป็นวัสดุผสมเนื้ออะลูมิเนียมโดยกระบวนการหล่ออัดเพื่อนำไปทดสอบสมบัติต่างๆในโครงการวิจัยต่อเนื่องได้

จากการทดสอบสมบัติของวัสดุผสมโดยทำการวิเคราะห์ทางกายภาพ วิเคราะห์ค่าความหนาแน่น และการวิเคราะห์แยกธาตุ ทดสอบความต้านทานการนำไฟฟ้า การนำความร้อน ความสึกหรอและความแข็ง ผลที่ได้จากการทดสอบพบว่ามีส่วนประกอบของธาตุคาร์บอน 49.13 เปอร์เซ็นต์ อะลูมิเนียม 36.94 เปอร์เซ็นต์ และซิลิกอน 8.21 เปอร์เซ็นต์ จากผลของการทดสอบความสึกหรอและความแข็งพบว่าชิ้นงานโครงสร้างทิศทางแนวรัศมีมีสมบัติที่ดีกว่าชิ้นงานโครงสร้างทิศทางแนวแกน ระยะเวลาเผาแช่พบว่า ความ

แข็งของโครงสร้างแนวแกนมีความแข็งแรงลดลงเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเผาแช่ สมบัติการนำความร้อนและความสึกหรอพบว่าโครงสร้างภายในของวัสดุธรรมชาติที่ใช้ในการสังเคราะห์มีผลต่ออัตราความสึกหรอมาก และปริมาณธาตุคาร์บอนที่ได้จากการสังเคราะห์ส่งผลกระทบต่อค่าการนำความร้อน หลังจากนั้นนำค่าความแข็งที่ได้จากการทดสอบนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติ พบว่าปัจจัยทิศทางโครงสร้างและระยะเวลาเผาแช่ส่งผลกระทบต่อค่าความแข็งที่อย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

Executive Summary

The purpose of this research project is to investigate the synthesis of biomorphic SiC from natural woods. Rubber woods and sadao-chang woods which are local woods of the Southern Thailand were used as raw materials. The experimental studies were divided into 3 parts. In first part, the methods of carbonizing woods for producing porous carbon preform were developed. The charcoal was heat-treated at heating rate of $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$ from room temperature to 70°C , $3^{\circ}\text{C min}^{-1}$ applied up to 500°C and $5^{\circ}\text{C min}^{-1}$ applied up to 800°C then keep it for 1 hour at this temperature before cooling down to room temperature with flowing argon gas. The resulted porous carbon was in the original shape and had no crack. For different heating pattern the crack appeared on the resulted products. The cracking pattern of rubber wood was a separation of inter-cells that located from the edge to the middle of sample. On the contrary, the cracking pattern of sadao-chang wood was a separation of cells along the growth ring that located at the middle. In the second part, the effect of times and cycles of SiO_2 sol infiltrated process were studied. The results showed that the longer time and more cycles of SiO_2 sol infiltrating, the higher conversion of SiC was obtained. The SiO_2 coat on rubber woods increased with cycle times of infiltrated process. In contrast, The SiO_2 coat on sadao-chang woods were be increased only up until cycle 4. In the third part, the effects of pyrolyzed temperature and soaking time were studied. The results showed that the completed reactions of precursors to form SiC/C were synthesized at 1600°C . The longer times of pyrolysis provided better results on SiC transformation and also the transformation of β - SiC to α - SiC phase. The compressive strength of the synthesized biomorphic SiC increased with the longer pyrolyzed soaking times.

The fabrication of aluminum matrix composites by squeeze casting of aluminum into porous ceramic performs synthesized from natural rubber woods was performed. The results of this work show that it is feasible to infiltrate C-SiC porous perform with the radial and tangential direction with aluminum. The microstructure study shows that aluminum phase is thoroughly distributed in the composite indicating a full infiltration. The chemical analysis results indicate three main elements: C, Si, and Al. This analysis also gives an estimate of the phase fraction of SiC, C, and Al to be about 9.5, 47.5, and 43%, respectively. The density analysis suggests that there remains some porosity of about 6.38% in the composite. In general, this research project

confirms that it is feasible to fabricate aluminum matrix composite by squeeze casting method using natural rubber wood as a starting raw material. The fabricated composite samples can then be tested for several properties in the subsequent research project.

The characterization of aluminum-SiC composites was studied by physically analyzing, electrical properties, thermal conductivity properties, mechanical properties and ANOVA . The results shown that the aluminum -SiC composites contains carbon 49.13%, aluminum 36.94% and silicon 8.21% respectively. The result electrical properties and thermal conductivity properties shown that the result of electrical property and thermal conductivity shown that the composite in radial sample evidences electrical property and thermal conductivity better than axial sample. The results of mechanical properties are comprised of wear and hardness testing indicated that the composite in Radial sample exhibits better wear resistance than axial sample. Moreover, it can be found from holding time factor that hardness of Radial sample was decreased when increasing the holding time. Lastly, hardness testing value was analyzed by analysis of variance and found that sample direction was greatly affected to the hardness confidence level ($\alpha = 0.05$).