

การทดสอบคุณสมบัติทางกลวัสดุคอมโพสิตสำหรับการออกแบบตัวถังโมโนค็อกกรไฟฟ้าต้นแบบ
พลังงานแบตเตอรี่ในการแข่งขันเซลล์อีโคมาราธอน

Mechanical Testing of Composite Materials for Monocoque Design in Shell Eco-
Marathon Prototype battery Electric Car

วิทยา วงษ์กลาง*, กริธา แก้วคงธรรม, กวีพจน์ วรเนตรสุทธิกุล และ อติสร ไกรนรา

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช เลขที่ 1 หมู่ 4 ตำบลท่าจั่ว อำเภอเมืองจังหวัดนครศรีธรรมราช 80280

*ติดต่อ: wongklang_witt@hotmail.com, โทรศัพท์ 084-4687064, โทรสาร 075-377439

บทคัดย่อ

การแข่งขันเซลล์อีโคมาราธอน จัดแข่งขันเป็นประจำปีสำหรับมหาวิทยาลัยและนักศึกษาวิทยาลัยทั่วโลก ทีมที่ขับเคลื่อนได้ไกลที่สุดโดยใช้พลังงานน้อยที่สุดเป็นผู้ชนะ การแข่งขันการออกแบบ การสร้างระบบขับเคลื่อน ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า และระบบพลังงานจากแบตเตอรี่ที่มีน้ำหนักเบา เพื่อการใช้พลังงานในการขับเคลื่อนน้อยที่สุด กติกาข้อกำหนดการออกแบบตัวถังจะต้องสามารถรับแรงสถิตได้ 700 N ทุกทิศทางในส่วนห้องโดยสาร(Bulk head) งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้คอมโพสิตแซนวิชคาร์บอนไฟเบอร์สำหรับสร้างตัวถังรถแบบโมโนค็อก(Monocoque) ให้มีความแข็งแรงและน้ำหนักเบา การทดสอบคุณสมบัติทางกลของคอมโพสิตแซนวิชคาร์บอนไฟเบอร์ ด้วยการทดสอบการรับแรงดัด(3 point bending test) ขนาดชิ้นงานทดสอบกว้างเฉลี่ย 45 มิลลิเมตร ยาว 180 มิลลิเมตร ผลที่ได้จากการทดสอบและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกลของแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ใช้ PVC (H80) เป็นวัสดุแกนกลางความหนา 10 มิลลิเมตร และจำนวนชั้นวัสดุคาร์บอนไฟเบอร์(Layer) ที่วางแนว [0/90]/± 45/[0/90] ด้านละ 2, 4 และ 6 ชั้นตามลำดับ ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลของคอมโพสิตแซนวิชคาร์บอนไฟเบอร์สามารถรับแรงดัดได้สูงสุด 1685 นิวตัน มีค่าอัตราส่วนความแข็งแรงเพิ่มขึ้น 1.8 เท่าและน้ำหนักเพิ่มขึ้น 10 กรัม

คำหลัก: คอมโพสิต, แซนวิชคาร์บอนไฟเบอร์, เซลล์อีโคมาราธอน, โมโนค็อก

Abstract

Shell Eco-marathon organizes annual competitions for university and college students worldwide. The team has driven the farthest using the latest energy is the winner. Rule prescribes chassis design must be able to receive static force 700 Newton in any direction of the cockpit (Bulk head). This research use of composite sandwich carbon fiber for built the strong and lightweight monocoque chassis. The mechanical properties of composite sandwich carbon fiber tested flexural strength by 3 point bending test. Specimen is 45 mm wide and 180 mm long. The results of tested comparing the mechanical properties of sandwich composites carbon fiber used PVC (H80) of 10 mm thickness as core material and number of carbon fiber layers. at orientation [0/90]/± 45/[0/90] amount of 2, 4 and 6 layers respectively of each side of core. Test the mechanical properties of composite sandwich carbon fiber can be obtained flexural strength 1685 N and the strength up to 1.8 time and weight up to 2 gram.

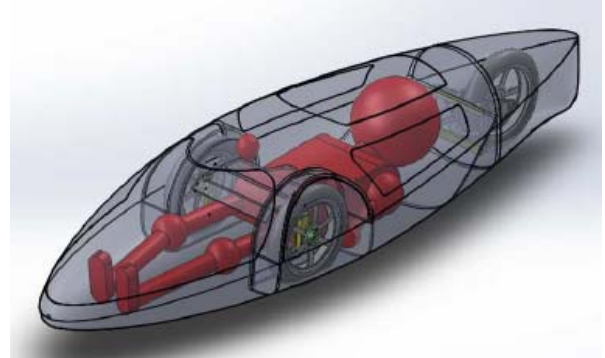
Keywords: composite, sandwich carbon fiber, shell eco-marathon, monocoque.

1. บทนำ

การแข่งขันเซลล์อีโคมาราธอน จัดแข่งขันประจำปี สำหรับมหาวิทยาลัยและนักศึกษาวิทยาลัยทั่วโลก เซลล์อีโคมาราธอนได้ถือกำเนิดขึ้นในปี 1985 ที่ประเทศฝรั่งเศส ปี 2007 การแข่งขันเซลล์อีโคมาราธอน อเมริกา และในปี 2010 การแข่งขันเซลล์อีโคมาราธอน เอเชียได้เริ่มขึ้นเป็นครั้งแรกที่ประเทศมาเลเซีย โดยมาเลเซียเป็นเจ้าภาพการแข่งขัน เซลล์อีโคมาราธอน จนถึงปี 2013 ในปี 2014 การแข่งขันกำลังจะมีขึ้นที่กรุงมะนิลา ประเทศฟิลิปปินส์ จนถึงปี 2016 กติกาในการวิ่งระยะทาง 12 กิโลเมตร ภายในเวลา 29 นาที ทีมที่ใช้พลังงานน้อยที่สุดเป็นผู้ชนะ ผู้แข่งขันสามารถเลือกใช้เชื้อเพลิงได้ 7 ชนิด คือ เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน(Gasoline) ดีเซล(Diesel) เอทานอล(Ethanol) เชื้อเพลิงเหลวจากแก๊ส(GTL) ก๊าซธรรมชาติ(CNG) ไฮโดรเจน(Hydrogen) และเชื้อเพลิงแบตเตอรี่(Battery-Electric) แต่ละทีมสามารถส่งรถประหยัดพลังงานเข้าร่วมการแข่งขันได้ 2 ประเภท ได้แก่ ประเภท Prototype รถต้นแบบโดยอาศัยหลักการอากาศพลศาสตร์ การออกแบบระบบขับเคลื่อน และการใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพ และประเภท Urban Concept การออกแบบยานยนต์ที่ประหยัดเชื้อเพลิงซึ่งมีรูปลักษณะคล้ายกับรถยนต์ในปัจจุบัน ทีมออกแบบและสร้างรถต้นแบบเชื้อเพลิงแบตเตอรี่ เข้าร่วมแข่งขันในประเภทรถต้นแบบ Prototype battery electric ออกแบบและสร้างบอดี้ รูปทรงหยดน้ำ เพื่อให้สามารถลดแรงต้านอากาศ น้ำหนักเบาและมีความแข็งแรงตรงตามกติกา การออกแบบโครงสร้างรถต้นแบบเพื่อสามารแข่งขันโดยทั่วไปใช้วัสดุคอมโพสิตเป็นโครงสร้างหลักและมีวัสดุไฟเบอร์กลาส หรือคาร์บอนไฟเบอร์เป็นเปลือกนอก ทำให้รถน้ำหนักมาก ทีมจึงเลือกใช้กระบวนการการสร้างรถต้นแบบด้วยวัสดุคอมโพสิตแซนวิชคาร์บอนไฟเบอร์[1] เพื่อรถต้นแบบที่มีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรง และปลอดภัยต่อนักขับเมื่อเกิดอุบัติเหตุขณะขับ ตามที่กติกา กำหนด

กติกาการออกแบบด้านความปลอดภัย[4] ภายในห้องโดยสาร(Cockpit) สำหรับโครงสร้างโมนอค็อก(Monocoque) จะต้องสามารถรับแรงสถิตได้ไม่น้อยกว่า 700 N และแยกอิสระจากระบบขับเคลื่อนเพื่อความปลอดภัยของนักขับ ดังแสดงในรูปที่ 1 นักขับจะอยู่ใน

ตำแหน่งท่านอนภายในรถและขนานกับพื้นสนาม ขณะขับ เพื่อให้รถมีความสูงน้อยที่สุด และลดแรงต้านอากาศ



รูปที่ 1 การออกแบบ

รูปแบบบอดี้แบบโมนอค็อก สำหรับห้องโดยสารรถต้นแบบสำหรับการแข่งขันเซลล์อีโคมาราธอน มีลักษณะภายนอกเป็นรูปทรงหยดน้ำเพื่อลดแรงต้านอากาศ และส่วนของห้องโดยสารจำเป็นต้องใช้วัสดุที่มีความแข็งแรง เพื่อยึดชิ้นส่วนระบบรองรับน้ำหนักและระบบบังคับเลี้ยว จุดยึดเข็มขัดนิรภัย 5 จุด และอุปกรณ์ความปลอดภัย แยกจากส่วนระบบขับเคลื่อนโดยสิ้นเชิง



รูปที่ 2 รูปแบบบอดี้โมนอค็อก

2. เครื่องมือทดสอบ วัสดุและวิธีการทดสอบ

2.1 เครื่องมือทดสอบ

Universal test machine เครื่องทดสอบเชิงกล รุ่น NRI-TS501-100

2.2. วัสดุ

คุณสมบัติวัสดุในการขึ้นรูปแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ ด้วยกระบวนการสุญญากาศ ใช้ Epoxy resin (Part A 535, 535LV + Part B 7255) เป็นวัสดุประสานระหว่างชั้นคาร์บอนไฟเบอร์ อัตราส่วนผสม Part

A,3 ต่อ Part B,1 ส่วนโดยน้ำหนักระยะเวลาการเซตตัว 200 นาที การเตรียมขึ้นรูปขึ้นงานเทียบเคียงกับระบบอัตโนมัติ ซึ่งใช้วัสดุคาร์บอนไฟเบอร์ชนิด perplex การขึ้นรูปเริ่มต้นแบบใช้กระบวนการเตรียมวัสดุคาร์บอนไฟเบอร์ก่อนการขึ้นรูปด้วยการทาเรซิน ลงบนคาร์บอนไฟเบอร์ในแต่ละชั้น ไล่อากาศด้วยการรีดบนพลาสติกฟิล์มเพื่อให้รีดเรซินส่วนเกินออกให้ได้มากที่สุด ให้เหลือเพียงเรซินที่ซึมอยู่ภายในคาร์บอนไฟเบอร์ที่วางตัวในแนว $[0/90]/\pm 45/[0/90]$ องศา เพื่อให้สามารถรับแรงได้ในทุกทิศทาง คุณสมบัติคาร์บอนไฟเบอร์และวัสดุเสริมแกนกลาง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติวัสดุ

	ความหนาแน่น (kg/m ³)	ความหนา (mm.)
คาร์บอนไฟเบอร์ ± 45	200	
คาร์บอนไฟเบอร์ 0/90	198	
PVC core (H80)	80	10

3. วิธีการทดสอบ

การทดสอบแรงกดด้วย 3 point bending test ด้วยหัวกดขนาด 10 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่2



รูปที่ 3 การเตรียมทดสอบ

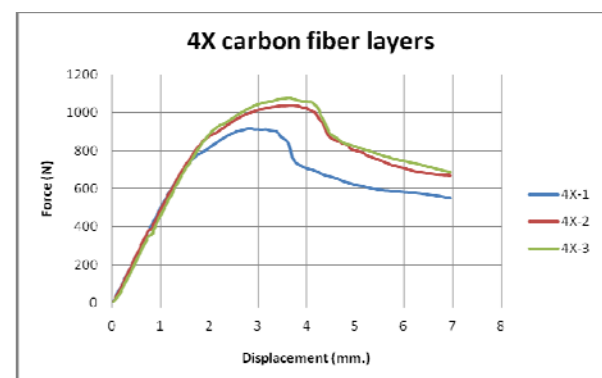
4. ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

ผลการทดสอบภาระแรงสถิต ด้วย 3 point bending test แสดงให้เห็นว่าการจัดวางชั้นคาร์บอนไฟ

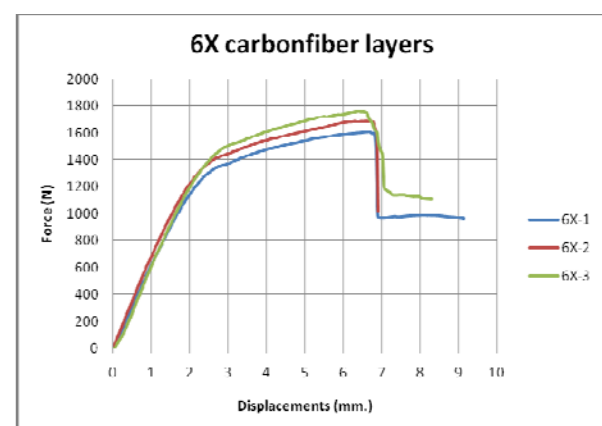
เบอร์ที่มีจำนวนชั้นในแต่ละด้าน 4 และ 6 ชั้น สามารถรับแรงกดได้สูงสุด 1077 N และ 1759 N

4.1 ผลความแข็งแรงเทียบกับจำนวนชั้นคาร์บอนไฟเบอร์

ผลการทดสอบขึ้นทดสอบ ทั้ง 3 ชั้นแสดงให้เห็นว่าขึ้นงานคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ที่ใช้จำนวนชั้น 4 ชั้น ในแต่ละด้าน สามารถรับแรงกดได้สูงสุด 1077.32 N. มีค่าการกระจัด สูงสุด 3.65 mm. ดังแสดงในรูปที่ 4 และขึ้นงานคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ที่ใช้จำนวนชั้น 6 ชั้น ในแต่ละด้าน สามารถรับแรงกดได้สูงสุด 1759.2 N. และค่าการกระจัด สูงสุด 6.68 mm. ดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบที่ระยะการกระจัดเท่ากันที่ 3 mm. จะเห็นได้ว่าการใช้คาร์บอนไฟเบอร์ 6 ชั้นสามารถรับแรงได้มากกว่า 4 ชั้นถึง 500 N.



รูปที่ 4 ผลการทดสอบแรงกดขึ้นทดสอบ 4X

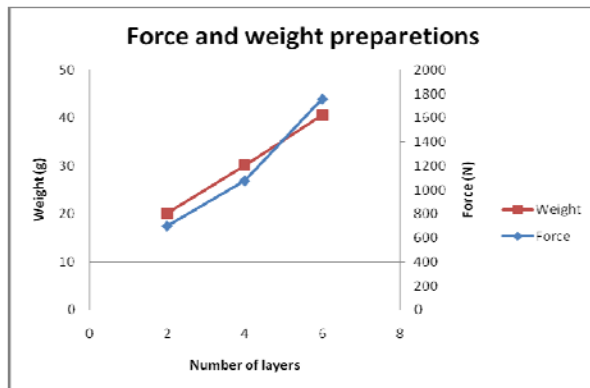


รูปที่ 5 ผลการทดสอบแรงกดขึ้นทดสอบ 6X

4.2 อัตราส่วนความแข็งแรงและน้ำหนัก

ผลความแข็งแรง (N) ต่อน้ำหนักขึ้นงานทดสอบที่เพิ่มขึ้นจากจำนวนคาร์บอนไฟเบอร์ 2 ชั้น 4 ชั้น และ 6 ชั้นมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 10 กรัม ตามลำดับเมื่อเทียบกับ

ขนาดชิ้นงานทดสอบที่เท่ากัน และผลการทดสอบความแข็งแรงเพิ่มขึ้น 1.8 เท่า ของจำนวนชั้นผ้าที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 6 ผลการเปรียบเทียบการรับแรงกดเทียบกับน้ำหนักชิ้นงาน

5. สรุปผลการทดลอง

ผลการทดสอบแซนวิชคอมโพสิทคาร์บอนไฟเบอร์แสดงให้เห็นว่า สามารถนำไปออกแบบและสร้างรถต้นแบบให้ตรงตามกติกา เซลล์โอโคมาราธอนได้ โดยชิ้นงานทดสอบที่จำนวนคาร์บอน 6 ชั้นสามารถรับแรงได้สูงสุด 1759 N. และน้ำหนักเพิ่มขึ้นจาก ชิ้นงานทดสอบที่จำนวนชั้นคาร์บอนไฟเบอร์ 4 ชั้น 10 กรัม และสามารถรับแรงกดได้มากกว่า 700 N.

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทเซลล์ประเทศไทย ที่ให้การสนับสนุนทุนการเข้าร่วมแข่งขัน และสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Erik Vassøy Olsen, Hirpa G. Lemu, H.S. (2016). Mechanical Testing of Composite Materials for Monocoque Design in Formula Student Car, *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, vol. 10 No.1

[2] M. H. Mat, A. R. Ab. Ghani, "Design and analysis of 'Eco' car chassis", *Engineering Procedia*, vol. 41, pp. 1756 – 1760, 2012.

[3] A. Airale, M. Carello, A. Scattina, "Carbon fiber monocoque for a hydrogen prototype for low consumption challenge", *Mat.-wiss. u.Werkstofftech.* vol. 42, no. 5, 2011.

[4] shell eco-marathon,

<http://www.shell.com/energy-and-innovation/shell-ecomarathon/asia.html>