ชิ้นส่วนเครื่องยนต์เซรามิก

ดร.สุจินดา โชติพานิช

เมื่อกล่าวถึงผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนเครื่องยนต์เซรามิก ท่านที่ไม่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์เซรามิกสมัยใหม่ คงสงสัยว่าผลิตภัณฑ์ที่กล่าวคืออะไร เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกับถ้วยชาม แจกันกระเบื้องเคลือบหรือไม่ แล้วเหตุใดจะต้องทำชิ้นส่วนเครื่องยนต์ด้วยเซรามิก

ผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนเครื่องยนต์เซรามิกเป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกสมัยใหม่ที่พัฒนาขึ้นมาเมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมานี้เอง เป็นเซรามิกประเภทที่ทำจากสารสังเคราะห์ซึ่งมีความบริสุทธิ์สูง พวกออกไซด์ ไนไตรด์ หรือ คาร์ไบด์ของโลหะ ไม่ได้ทำจากดินหรือสารประกอบซิลิเกตที่เกิดตามธรรมชาติ ดังเช่นผลิตภัณฑ์เซรามิกพวกถ้วยชามที่ใช้ในครัวเรือนทั่วไป

ความคิดในการทำชิ้นส่วนเครื่องยนต์ด้วยเซรามิกนี้มีมานานแล้ว โดยในระยะแรกไม่ค่อยได้รับความสนใจมากนัก ในระยะประมาณ 10 ปีที่ผ่านมานี้เองที่มีการดำเนินการอย่างจริงจังยิ่งขึ้น การดำเนินการในช่วงหลังเริ่มในช่วงวิกฤติการณ์น้ำมัน ที่เกือบทุกประเทศทั่วโลกต้องประสบกับภาวะการขาดแคลนน้ำมันและน้ำมันราคาแพง วิกฤติการณ์ในครั้งนั้นเกิดขึ้นเนื่องจากกลุ่มประเทศผู้ผลิตน้ำมันเป็นสินค้าออก (OPEC) ลดปริมาณการผลิตลงทำให้น้ำมันในตลาดโลกมีไม่พอกับความต้องการ ยังผลให้น้ำมันมีราคาแพงขึ้น

การขาดแคลนน้ำมันและน้ำมันมีราคาแพงได้ส่งผลกระทบต่อภาวะเศรษฐกิจของโลก โดยทั่วไปอย่างทั่วถึง ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากวิกฤติการณ์ครั้งนี้มาก จึงมีผู้พยายามคิดหาวิธีการต่าง ๆ ที่จะช่วยประหยัดน้ำมัน หรือลดปริมาณการใช้น้ำมันให้น้อยลง

จากการสำรวจการใช้น้ำมันในกิจกรรมต่าง ๆ ของประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า ปริมาณน้ำมันที่ใช้สำหรับกิจการด้านการขนส่งมีปริมาณมากที่สุด กล่าวคือมีมูลค่าสูงถึงประมาณร้อยละ 61 ของมูลค่าการใช้น้ำมันทั้งประเทศ ส่วนใหญ่ใช้สำหรับรถยนต์ จึงได้ข้อสรุปว่าควรหาทางลดการใช้น้ำมันในภาคนี้ให้น้อยลง

วิธีการหนึ่งที่สามารถลดการใช้น้ำมันลงได้มาก คือ การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ให้สูงขึ้น

ในการทำเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นนี้ มีปัญหาอุปสรรคสำคัญอยู่ที่การหาวัสดุเหมาะสมมาใช้ได้ยาก เนื่องจากวัสดุที่สามารถใช้งานได้ดี นอกจากต้องทนความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,000°ซ. ขึ้นไปได้แล้ว ยังต้องมีความแข็งแรงทนทาน ไม่แตกหักได้ง่าย และต้องสามารถใช้งานในสภาพแวดล้อมของเครื่องยนต์ได้ โดยไม่เกิดความเสียหายอีกด้วย

วัสดุประเภทโลหะผสมที่มีอยู่ก็ไม่สามารถใช้งานได้ดี เนื่องจากทนความร้อนไม่สูงพอ นักวิชาการจึงหันมาให้ความสนใจกับวัสดุเซรามิก เพราะคุณสมบัติของเซรามิกสามารถทนความร้อนได้สูงมาก ตั้งแต่ 1,200°ซ. ขึ้นไปจนถึง 1,500°ซ. นอกจากนั้นยังมีคุณสมบัติแข็ง สามารถทนต่อการขัดสีได้ดีอีกทั้งทนต่อการกัดกร่อน และมีน้ำหนักเบากว่าโลหะอีกด้วย

แม้เซรามิกจะมีคุณสมบัติหลาย ๆ ประการที่กล่าวมาข้างต้นดีกว่าโลหะ แต่ก็ยังมีสมบัติทางด้านกลอีกหลายประการที่ด้อยกว่า อาทิ ด้านการต้านทานการหัก (fracture toughness) และด้านการทนต่อการเปลี่ยนแปลงความร้อนอย่างกระทันหัน เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์สามารถปรับปรุงสมบัติทางด้านกลของเซรามิกให้ดีขึ้น จนอยู่ในระดับที่มีความแข็งแรงสูงพอที่จะนำไปใช้เป็นชิ้นส่วนในเครื่องยนต์ได้

วัสดุเซรามิกที่มีสมบัติเหมาะสมสามารถนำไปใช้งานได้ดี อาทิ ซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC)

ซิลิกอนไนไตรด์ (Si_3N_4) และเซอร์โคเนียมออกไซด์ (ZrO_2) เป็นต้น ซิลิกอนคาร์ไบด์และซิลิกอนไนไตรด์ เหมาะสำหรับใช้เป็นชิ้นส่วนเครื่องยนต์กังหันก๊าซ (gas turbine engine) ส่วนเซอร์โคเนียมออกไซด์ เหมาะสำหรับใช้เป็นชิ้นส่วนเครื่องยนต์ดีเซล

แนวคิดที่จะนำวัสดุเซรามิกมาใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องยนต์กังหันก๊าซในรถยนต์ ได้รับอิทธิพลจากความสำเร็จจากการใช้เครื่องยนต์กังหันก๊าซในเครื่องบิน เครื่องยนต์กังหันก๊าซประหยัดเชื้อเพลิงมากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ลูกสูบ เนื่องจากมีอุณหภูมิการทำงานที่สูงกว่า กล่าวคือ อุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์สูงประมาณ 1,370°ซ. ทำให้ต้องใช้วัสดุเซรามิกในส่วนที่ต้องทนความร้อนสูงนี้ นอกจากนั้นยังมีชิ้นส่วนสำคัญชิ้นอื่นอีกซึ่งขณะทำงานต้องหมุนด้วยความเร็วสูง ด้วยเหตุนี้ "ซิลิกอนคาร์ไบด์" และ "ซิลิกอนไนไตรด์" ซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถทนความร้อนได้ดี และทนต่อแรงดึงได้สูง จึงเหมาะที่จะนำไปใช้เป็นชิ้นส่วนเครื่องยนต์กังหันก๊าซมากกว่าเซรามิกชนิดอื่น ๆ

ข้อดีด้านอื่นของเครื่องยนต์กังหันก๊าซนอกจากช่วยประหยัดเชื้อเพลิงโดยมีอุณหภูมิการทำงานสูงขึ้นแล้ว ยังมีขนาดกระทัดรัด น้ำหนักเบา มีอายุการใช้งานยาว และไม่ต้องเสียเวลาดูแลรักษามากอีกด้วย

ปัจจุบันการพัฒนาเครื่องยนต์กังหันก๊าซได้ดำเนินมาจนถึงขั้นผลิตรถยนต์กังหันก๊าซมาใช้ได้สำเร็จ แต่ทว่าต้นทุนการผลิตยังสูงอยู่มาก

ส่วนเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้มากในรถยนต์บรรทุก รถยนต์โดยสารทั่วไป รวมทั้งรถยนต์ส่วนบุคคลขนาดใหญ่ด้วยนั้น ได้มีการทำเครื่องยนต์ดีเซลชนิดที่ไม่ต้องทำให้เย็น (uncooled diesel engine) หรือชนิดแอเดียเบติก (adiabatic) ที่ไม่มีความร้อนลดหรือเพิ่มในระหว่างการทำงาน เพื่อจะได้ใช้ประโยชน์พลังงานจากการเผาไหม้ได้มากที่สุด โดยไม่มีการสูญเสียไปกับการทำให้เย็น ดังเช่น ในเครื่องยนต์ชนิดที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

การทำงานของเครื่องยนต์ชนิดที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน จำเป็นต้องมีระบบทำให้เย็น เนื่องจากโลหะทนความร้อนได้ต่ำ กล่าวคือทนได้เพียงประมาณ 600-1,000°ซ. เท่านั้น ถ้าไม่มีการทำให้เย็น โลหะอาจเสียหายได้ เครื่องยนต์แบบใหม่ชนิดที่ไม่ต้องทำให้เย็นจะไม่มีการเสียความร้อนไปกับการทำให้เย็น สามารถใช้ประโยชน์ความร้อนได้เต็มที่ ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จึงสูงขึ้น นอกจากนั้นส่วนไอเสียที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์ชนิดใหม่นี้มีความร้อนสูง ดังนั้นจึงสามารถติดตั้งชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์เพื่อนำความร้อนส่วนนี้กลับมาใช้เพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ได้อีกทางหนึ่งด้วย

การทำเครื่องยนต์ชนิดใหม่นี้จำเป็นต้องใช้วัสดุที่มีสมบัติเป็นฉนวนความร้อนเพื่อจะได้สามารถเก็บความร้อนไว้ได้ดี เซรามิกเป็นวัสดุที่เป็นฉนวนความร้อนที่ดี นำความร้อนได้ต่ำกว่าโลหะมาก จึงถูกนำมาใช้

ได้มีการทดลองทำเครื่องยนต์ดังกล่าวนี้ 2 วิธี วิธีแรกใช้เซรามิกทั้งหมด วิธีที่สองใช้เซรามิกร่วมกับโลหะ สำหรับการพัฒนาในปัจจุบันวิธีที่สองประสบความสำเร็จมากกว่า

วิธีการใช้เซรามิกร่วมกับโลหะที่ทำกันอยู่ในปัจจุบัน ใช้วิธีบุหรือเคลือบผิวโลหะในส่วนห้องเผาไหม้ และส่วนไอเสียของเครื่องยนต์ด้วยเซรามิก เซรามิกช่วยเก็บความร้อนส่วนใหญ่ไว้ในห้องชั้นใน ไม่แผ่ออกไปทำอันตรายโลหะที่อยู่ชั้นนอก ด้วยเหตุนี้ระบบทำให้เย็นจึงไม่จำเป็นต้องมี

ในการพิจารณาคัดเลือกหาวัสดุเซรามิกที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ร่วมกับโลหะในลักษณะที่กล่าวมานี้ มีสมบัติหลายประการที่ต้องพิจารณา กล่าวคือ นอกจากวัสดุต้องมีสภาพการนำความร้อนและความจุความร้อนต่ำแล้ว ควรมีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรง และความเหนียวสูง พอที่จะใช้งานที่อุณหภูมิประมาณ 1,000°ซ. ซึ่งเป็นอุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์ได้ และที่สำคัญอีกประการคือ จะต้องมีอัตราการขยายตัวเมื่อร้อนสอดคล้องกับโครงสร้างส่วนอื่น ๆ ที่เป็นโลหะด้วย

วัสดุเซรามิกที่มีสมบัติข้างต้นเหมาะสมสามารถนำมาใช้งานได้ดี คือ เซอร์โคเนียมออกไซด์

เซอร์โคเนียมออกไซด์มีสัมประสิทธิการขยายตัวเมื่อร้อนใกล้เคียงกับของเหล็กหล่อ ดังนั้นเวลาใช้งานจึงไม่ก่อให้เกิดแรงเครียดขึ้นมากจนเครื่องยนต์เกิดความเสียหาย

นอกจากใช้เป็นชิ้นส่วนกันความร้อนแล้ว เซรามิกยังเหมาะที่จะนำไปใช้ในส่วนอื่น ๆ ของเครื่องยนต์ได้อีก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่มีการเสียดสีมาก เช่น ลูกปืนในเครื่องยนต์ (bearing) เป็นต้น เซรามิกทนต่อการสึกหรอได้สูง จึงใช้งานได้ดี

ปัจจุบันชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ทำด้วยเซรามิกมีอยู่หลายชนิด อาทิเช่น กระบอกสูบ ลูกสูบ แหวนลูกสูบ ลิ้นหรือวาว (valves)ต่าง ๆ และแบริ่ง เป็นต้น

การนำเซรามิกมาใช้ในเครื่องยนต์ ยังผลให้ประสิทธิภาพและสมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์สูงขึ้น จากการทดลองพบว่า เครื่องยนต์ที่มีชิ้นส่วนเซรามิกเป็นส่วนประกอบมีประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์สูงเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 40 และประหยัดเชื้อเพลิงลงได้ประมาณร้อยละ 14

ปัจจุบันมีการผลิตเครื่องยนต์ในลักษณะที่กล่าวมานี้ในเชิงอุตสาหกรรมบ้างแล้ว แต่เนื่องจากกระบวนการผลิตยังซับซ้อนและยุ่งยาก ไม่สามารถผลิตให้มีคุณภาพสูงในปริมาณมากได้ ราคายังแพงมากเกินไปสำหรับรถยนต์ทั่วไป จึงผลิตใช้กับรถยนต์ที่ต้องการความพิเศษบางประเภทเท่านั้น

เครื่องยนต์ใช้ชิ้นส่วนเซรามิก แม้ว่าจะได้รับการพัฒนาก้าวหน้าไปไกลมาก จนใกล้ความสำเร็จเข้าไปทุกขณะ แต่ยังมีปัญหาสำคัญอยู่อีกหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นด้านขบวนการผลิต เทคนิคการทดสอบตรวจสอบผลิตภัณฑ์สำเร็จ หรือแม้แต่การออกแบบเครื่องยนต์ใหม่ให้เหมาะสม สิ่งที่กล่าวมานี้จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น นอกจากนั้นในตัวของวัสดุเซรามิกเองก็นับว่ายังขาดการศึกษาในจุดที่สำคัญ ๆ อีกหลายประการในเรื่องที่กี่ยวกับพฤติกรรมวัสดุต่อการใช้งานระยะยาว เป็นต้น

ปัญหาต่าง ๆ ที่เป็นอุปสรรคต่อการผลิตชิ้นส่วนเครื่องยนต์เซรามิกรวมทั้งเครื่องยนต์ที่ใช้ชิ้นส่วนเซรามิกที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ทั้งหลายทั้งในสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และยุโรป ตลอดจนหน่วยงานวิจัยของรัฐในประเทศเหล่านั้นให้ความสนใจในการแก้ไขปัญหาเป็นอย่างยิ่ง โดยให้การสนับสนุนทั้งด้านการเงินและการดำเนินการวิจัยและพัฒนา เพื่อ

ให้สามารถนำไปใช้งานได้ดี รวมทั้งสามารถทำการผลิตในปริมาณมาก ราคาถูก ได้ด้วย

หากว่าการพัฒนาครั้งนี้ประสบผลสำเร็จ เห็นได้ชัดว่าผลประโยชน์ที่ทุก ๆ ฝ่ายจะได้รับมิใช่มีแต่เพียงการประหยัดน้ำมันเพื่อลดอำนาจการต่อรองของกลุ่มประเทศผู้ค้าน้ำมัน อันเป็นวัตถุประสงค์หลักดั้งเดิมเท่านั้น แต่จะมีผลประโยชน์เชิงการค้า ซึ่งมีมูลค่าสูงร่วมอยู่ด้วย

นอกจากนี้ยังมีผลดีอีกประการหนึ่งที่ตามมา หากการพัฒนาประสบผลสำเร็จ นั่นคือจะช่วยให้เรามีวัสดุชนิดใหม่ สำหรับนำมาใช้ทำเครื่องยนต์รวมทั้งใช้ในงานเชิงวิศวกรรมอื่น ๆ เพิ่มขึ้นอีกหลายชนิด ลดความจำกัดด้านวัสดุลง กล่าวคือไม่จำเป็นต้องจำกัดการใช้วัสดุอยู่แต่โลหะชนิดพิเศษเพียงไม่กี่ชนิดซึ่งมีอยู่ในปริมาณจำกัดเท่านั้น วัสดุชนิดใหม่พวกซิลิกอนคาร์ไบด์ ซิลิกอนไนไตรด์ และเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่นำมาใช้ได้นี้ เป็นสารสังเคราะห์ที่สังเคราะห์มาจากแร่ธาตุที่ซื้อหาได้ง่ายกว่ากันมาก และมีในปริมาณไม่จำกัดเกือบทุกแห่งในโลก รวมทั้งในประเทศไทยของเราด้วย

ฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่า ผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนเครื่องยนต์เซรามิกเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ควรค่าแก่การพัฒนาให้ประสบผลสำเร็จเชิงพาณิชย์เป็นอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

1) B.Palm, "On the Use of Ceramics in Diesel Engines," Ceramics in Advanced Energy Technologies, **Proceedings of the European Colloquium**, Petten, The Netherlands, 178-207 (1984)
2) H.L. Stadler, "Why Ceramic Engines" **Cer.Eng. Sci.Proc.**, 5(5-6) 281-284 (1984)
3) P.W. Heitman, " Ceramic Components for gas Turbine Engines," **ibid.**, 5(5-6) 369 (1984)
4) P. Glance, "Designing with Ceramics Adiabatic Engine," ibid., 5(5-6) 397-398 (1984)
5) J.I. Mueller, "U.S. Needs Ceramic Program for Heat Engines," **Cer.Ind.**, 93(5) 25-27 (1984)
6) S.L. Blum et.al., "Cutting Tools. Heat Engine Ceramics Begin Growth Curve," **ibid.**, 94(12) 22-24, 36 (1985)
7) Kyoto Ceramic Co., Ltd., "Diesel Engine With Ceramic Parts," **Japan Ind. Tech. Bull.**, 10(1) April 1982, 2-3 (1982)
8) G. Fisher, "Advanced Ceramics Continue Progress to Products," Cer. Bull., 63(2) 249-252 (1984)
9) News, "Ceramic Valves Survive Road Test," **Cer.Ind.**, 130(3) 17 (1988)
10) News, "G M Executive Cautions about Ceramics," **Cer. Ind.**, 130(3) 13 (1988)

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีฯ

(ต่อจากหน้า 22)

เสื่อมสภาพของสภาวะแวดล้อม โดยอาศัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้าช่วย การพัฒนาด้านการตลาด ระบบข้อมูลข่าวสารให้รวดเร็วขึ้น เพื่อลดต้นทุนการตลาดและเป็นการกระจายตลาด การแก้ปัญหาต่าง ๆ นี้ต้องได้รับความร่วมมือจากทั้งภาครัฐ เอกชน รัฐวิสาหกิจและเกษตรกร ในส่วนของกรมวิทยาศาสตร์ฯ จะมีกิจกรรมและผลงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการพัฒนาอีสานเขียว ด้วยเทคโนโลยีการเพิ่มมูลค่า ซึ่งกรมวิทยาศาสตร์ฯ ยินดีที่จะช่วยสนับสนุนการพัฒนาภูมิภาคนี้อย่างเต็มที่

นอกจากการสัมมนาทางวิชาการที่จัด ณ ห้องประชุม เปรม ติณสูลานนท์ แล้ว ด้านหน้าศาลากลางจังหวัดยังมีการจัดนิทรรศการจากหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน ซึ่งมีจำนวนถึง 33 หน่วยงาน เป็นการนำเทคโนโลยีที่ได้ศึกษาค้นคว้า วิจัย และพัฒนาเป็นผลสำเร็จและพร้อมที่จะถ่ายทอดแก่ผู้ประกอบการและเกษตรกรในท้องถิ่น นอกจากนั้น ในวันที่ 2 ของการสัมมนาได้นำนักวิชาการ ผู้ประกอบการเกษตรกรในท้องถิ่นประมาณ 200 คน ไปศึกษาดูงานนอกสถานที่ ที่บริษัทเจ้าพระยาพืชไร่จำกัด และชมแปลงเกษตรสาธิตของกองทัพภาคที่ 2 โครงการอีสานเขียว เพื่อให้สัมผัสกับงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างเป็นรูปธรรมอีกด้วย

ผลจากการสัมมนาในครั้งนี้ได้รับความสำเร็จเป็นที่พอใจ ทั้งภาครัฐ เอกชน รัฐวิสาหกิจ และเกษตรกร มีผู้เข้าร่วมการสัมมนาทางวิชาการและชมนิทรรศการมากกว่า 500 คน วิทยากรผู้อภิปรายได้ให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาและเป็นแนวทางในการแก้ไขต่อไป สิ่งที่สำคัญที่สุดคือสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้เป็นอย่างดี คือการนำเอาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาเสริมสร้างขีดความสามารถและศักยภาพของทรัพยากรในท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือให้สูงยิ่งขึ้น ◆