

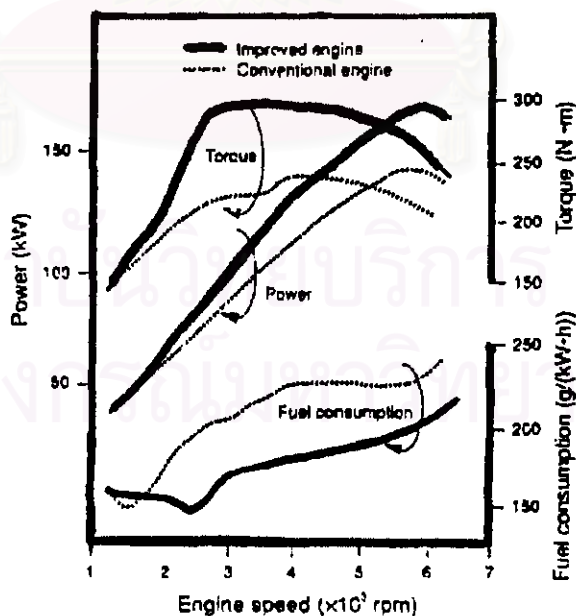


บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำ

ในระยะเวลา 20 ถึง 30 ปีที่ผ่านมา เซรามิกจำพวกซิลิคอน (Silicon-Base Ceramics) เช่น ซิลิคอนไนไตรด์ (Si_3N_4) และซิลิคอนคาร์ไบด์ (SiC) ได้มีการพัฒนาและนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องยนต์ เนื่องจากวัสดุเหล่านี้มีคุณสมบัติที่ดีคือ ความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลง ทางความร้อนอย่างทันทีทันใด¹, การคงความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูง (1000°C), สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนต่ำ, ความหนาแน่นน้อย, ทนการกัดกร่อน และมีความต้านทานต่อการเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนที่อุณหภูมิสูงได้ดี², จากคุณสมบัติข้างต้นจึงเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งานในเครื่องยนต์ซึ่งมีอุณหภูมิสูง และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์อีกด้วย ดังรูปที่ 1.1

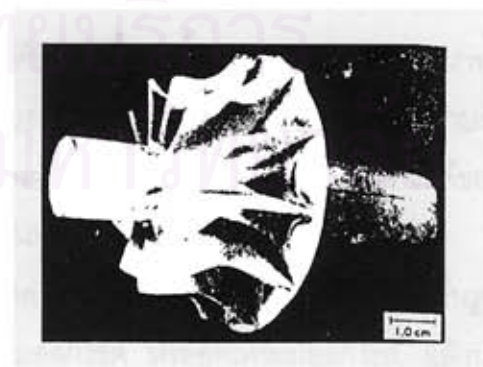


รูปที่ 1.1 แสดงผลการเพิ่มประสิทธิภาพของ เซรามิกเทอร์โบชาร์จเจอร์
ในเครื่องยนต์, ทดสอบโดยบริษัท โตโยต้ามอเตอร์

ในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องยนต์ บริษัทหลายแห่งได้มีการพัฒนาซิลิคอนไนไตรต์ เพื่อนำไปใช้เป็นวัสดุชิ้นส่วนเครื่องยนต์ เช่น บริษัท Garrett Turbo Inc., ได้ผลิตเทอร์โบชาร์จเจอร์โรเตอร์ (Turbocharger Rotors) ให้กับบริษัทนิสสัน รุ่น Skyline ในปี 1990 และบริษัท Toyota Motor Corporation ได้ผลิตเทอร์โบชาร์จเจอร์โรเตอร์ ที่ทำจากซิลิคอนไนไตรต์ ให้กับรถยนต์รุ่น Celica และ MR-2 เป็นต้น³ ในประเทศญี่ปุ่นได้มีการใช้เซรามิกเป็นชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ดังตารางที่ 1.1 และตัวอย่างชิ้นงานดังรูปที่ 1.2

ผู้ผลิต	เครื่องยนต์	วัสดุ	ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์
Isuzu	1.6 L4 spark ignition	Si ₃ N ₄ , SiC	Piston rings, Cylinder liner, Valve, Camshaft, Cam lobes, turbo charger rotor
	1.8 L4 diesel	Al, (TiO ₂) ₂	Exhaust port, exhaust manifold, turbocharger scroll
	3.0 L V6 DOHC 24 valve diesel	Si ₃ N ₄	Cylinder liners, piston rings, valves, turbocharger rotor
Mazda	2.0 L 4 DOHC 16 valve Spark ignition	Si ₃ N ₄	Piston pin, others some as above
	2.0 L 4 DOHC 16 valve Spark ignition	Si ₃ N ₄	Intake valves
Nissan	*Feather Concept* 3.0L V6 DOHC 24 valve spark Ignition	Si ₃ N ₄	Turbine rotor, intake and exhaust valves
	Naturally aspirated CAX 2.1 L4 DOHC 16 valves	Si ₃ N ₄	Intake valves
	GTV II regenerative gas Turbine	ceramic-specific composition	Gasifier and turbine rotors, gasifier and power turbine scroll assemblies, combustor, turbine, Vanes, scroll back plates, regenerator seal platform duct, thermal barriers
Toyota	GTV II regenerative gas Turbine	unknown	regenerator seal platform duct, thermal barriers

ตารางที่ 1.1 การใช้เซรามิกสำหรับชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ในประเทศญี่ปุ่น³



รูปที่ 1.2 แสดงชิ้นงานของเซรามิกซิลิคอนไนไตรต์ (A) Turbine Stator ผลิตด้วยวิธี RBSN+MgO; ความหนาแน่น 3.19 g/cm³ (B) Turbocharger Rotor ผลิตด้วยวิธี RBSN+Y₂O₃; ความหนาแน่น 3.19 g/cm³²⁷

ในประเทศไทยเซรามิกซิลิคอนไนไตรด์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับชิ้นส่วนอุปกรณ์โรงไฟฟ้าพลังความร้อนแก๊สเทอร์โบ (Gas Turbine Power Plant) หรือพลังความร้อน (Thermal Power Plant) เช่น อุปกรณ์ชุดหัวเผา, อุปกรณ์ชุดหัวฉีด เป็นต้น โดยการทดแทนวัสดุเดิมที่มีคุณสมบัติ และอายุการใช้งานด้อยกว่าเช่น เหล็กกล้าไร้สนิม (AISI 304), เหล็กกล้าเครื่องมือ (D2), นิกเกิลอัลลอยด์ (Inconel 750) เป็นต้น

จากคุณสมบัติที่ดีกว่าของเซรามิกซิลิคอนไนไตรด์ โรงไฟฟ้าจะสามารถลดการเสียโอกาสการผลิตกระแสไฟฟ้า เนื่องจากการหยุดเดินเครื่องสำหรับการบำรุงรักษา เพื่อเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ดังกล่าว

การทำซินเทอร์ซิลิคอนไนไตรด์ทำได้ยาก เนื่องจากซิลิคอนไนไตรด์มีการยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมเป็นพันธะโควาเลนต์ (Si-N Covalent Bonding) ดังนั้น การทำซินเทอร์ซิลิคอนไนไตรด์ ต้องมีการผสมสารปรับปรุงสมบัติ เช่น แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO), อิทเทรียมออกไซด์ (Y₂O₃) และ อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al₂O₃) หรือ Rare Earth Oxides อื่น ๆ เพื่อให้เกิดกระบวนการซินเทอร์แบบเฟสของเหลว (Liquid-Phase Sintering) ซึ่งเพิ่มการแพร่ของซิลิคอนไนไตรด์ เกิดการเปลี่ยนแปลงของเฟสอัลฟา-ซิลิคอนไนไตรด์ (α -Si₃N₄) ไปเป็นเฟสเบต้า-ซิลิคอนไนไตรด์ (β -Si₃N₄) ทำให้การอัดแน่นเป็นไปได้ดี (> 90% ทางทฤษฎี) และเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกล และเคมีที่อุณหภูมิสูงอีกด้วย⁸⁻¹¹

วิธีการอัดขึ้นรูปผงเซรามิกซิลิคอนไนไตรด์สามารถทำได้ดังต่อไปนี้⁴

1.1.1 Hot Pressed Silicon Nitride (HPSN) คือ การขึ้นรูปโดยการให้ความร้อนพร้อมกับแรงดัน โดยอุณหภูมิอยู่ในช่วง 1650 ถึง 1850 °C และแรงดันอยู่ในช่วง 15 ถึง 30 MPa. ในแบบที่ทำจากกราไฟต์ ข้อจำกัดของวิธีนี้คือ ขึ้นรูปชิ้นงานที่ซับซ้อน และทำครั้งละมาก ๆ ได้ยาก และต้นทุนสูง

1.1.2 Sintered Silicon Nitride (SSN) คือ การขึ้นรูปชิ้นงาน แล้วนำเข้าเตาเผาทำการซินเทอร์ ที่อุณหภูมิประมาณ 1700 ถึง 1800 °C ในบรรยากาศก๊าซไนโตรเจนที่ 1 atm ถ้าบรรยากาศก๊าซไนโตรเจนมากกว่า 1 atm. จะเรียกว่า Gas Pressure Sintering Silicon Nitride ข้อดีของวิธีนี้คือ ขึ้นรูปชิ้นงานที่ซับซ้อน และทำได้ครั้งละมาก ๆ ในต้นทุนต่ำ

1.1.3 Sintered Reaction-Bonded Silicon Nitride (SRBSN) เป็นวิธีการอัดขึ้นรูปผงผสมของซิลิคอน กับสารปรับปรุงสมบัติ เช่น แมกนีเซียมออกไซด์ หรืออิตเทรียมออกไซด์ แล้วนำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 1250 ถึง 1420 °C ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน (Nitridation) ประมาณ 72 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดซิลิคอนไนไตรด์ แล้วทำการซินเทอร์ที่อุณหภูมิประมาณ 1750 °C เพื่อให้เกิดซิลิคอนไนไตรด์ความหนาแน่นสูง ข้อดีของ วิธีนี้คือกรรมวิธีการควบคุมการเผาสำหรับชิ้นงานที่มีความซับซ้อนเป็นไปได้ยาก

1.1.4 Hot Isostatically Pressed Silicon Nitride (HIPSIN) เป็นวิธีการอัดขึ้นรูป โดยที่ชิ้นงานอยู่ใน Autoclave แล้วให้ความร้อนพร้อมกับแรงดันสูงทุกทิศทาง กระบวนการผลิตวิธีนี้สามารถใช้กับรูปร่างชิ้นงานที่ซับซ้อนได้ แต่เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตมีต้นทุนสูง

จากกรรมวิธีข้างต้นพบว่าการผลิตแบบ Sintered Silicon Nitride (SSN) มีข้อดีที่สามารถนำไปผลิตในเชิงธุรกิจได้ และจากรายงานการวิจัยที่ผ่านมามีการใส่สารปรับปรุงสมบัติเพียง 1 ชนิด MgO^6 , $Y_2O_3^{12}$ หรือ 2 ชนิดรวมกัน $Al_2O_3-Y_2O_3^8$ สำหรับการศึกษาค้นคว้าโดยใช้สารปรับปรุงสมบัติรวมกัน 3 ชนิดนั้นมีอยู่น้อย ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาหาสัดส่วนที่เหมาะสมของสารปรับปรุงสมบัติ 3 ชนิด คือ $Y_2O_3-MgO-Al_2O_3$ ในปริมาณต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกล, โครงสร้างทางจุลภาค และขั้นตอนการผลิตเพื่อผลิตในเชิงธุรกิจ

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมของสารปรับปรุงสมบัติคือ Y_2O_3, MgO และ Al_2O_3 ในปริมาณต่าง ๆ ที่ทำให้ค่าความหนาแน่น, ความแข็งแรงต่อการดัด (Flexural Strength) และความเหนียวต่อการแตกหัก (Fracture Toughness) ดีขึ้นที่อุณหภูมิห้อง ภายหลังจากการเกิด Liquid Phase Sintering ด้วยวิธี Sintered Silicon Nitride แบบปราศจากแรงดัน

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1.3.1 ศึกษาสัดส่วนของ สารปรับปรุงสมบัติ คือ Y_2O_3, MgO และ Al_2O_3 ที่มีผลต่อความหนาแน่นของซิลิคอนไนไตรต์ ภายหลังจากผ่านกระบวนการผลิตแบบ SSN (Pressureless)

1.3.2 ทดสอบหาความแข็งแรงต่อการดัด (Flexural Strength) และความเหนียวต่อการแตกหัก (Fracture Toughness) ที่อุณหภูมิห้อง

1.3.3 ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการผลิตแบบ SSN (Pressureless)

1.4. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น กับสัดส่วนของสารปรับปรุงสมบัติ คือ Y_2O_3, MgO และ Al_2O_3

1.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงต่อการดัด กับสัดส่วนของสารปรับปรุงสมบัติ คือ Y_2O_3 , MgO และ Al_2O_3

1.4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานต่อการแตกหักกับสัดส่วนของสารปรับปรุงสมบัติ คือ Y_2O_3 , MgO และ Al_2O_3



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย