บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของงานวิจัย

ปัจจุบันวัสดุประเภทเซรามิกส์ได้รับความสนใจที่จะนำมาใช้ในอุตสาหกรรมมากขึ้น เนื่องจากเซรามิกส์มีความแข็งแรงสูง และสามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ดี ซิลิคอนไนไตรด์ (Si_3N_4) เป็นเซรามิกส์ที่ได้รับความสนใจนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอย่างมาก เนื่องจากมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนอย่างทันทีทันใด (shock resistance) มีความต้านทานการขัดสี (wear resistance) ที่ดี เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นส่วนที่ทำจากโลหะ [Sujit and Randall ,1992] ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน (thermal expansion coefficient) ต่ำ ความหนาแน่นน้อย ทนต่อการกัดกร่อน (corrosion resistance) มีความต้านทานต่อการเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนที่อุณหภูมิสูงได้ดี [Neil et al,1992] อัตราส่วนความแข็งแรงต่อน้ำหนัก (strength-to-weight ratio) สูง ต้นทุนการบำรุงรักษาต่ำ [Norman et al,1992] สมบัติที่ดีดังกล่าวทำให้วัสดุที่ผลิตจากซิลิคอนไนไตรด์สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ดี

วัสดุซิลิคอนไนไตรด์สามารถใช้งานได้หลายรูปแบบ สำหรับชิ้นส่วนในเครื่องยนต์ ได้แก่ piston, turbocharger rotors ใช้ในงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกล ได้แก่ heat exchanger, gas turbine bearing ,cutting tools และ wear parts เป็นต้น [Ziegler et al,1987]

การขึ้นรูปซิลิคอนไนไตรด์สามารถทำได้หลายวิธี สำหรับวิธีที่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของชิ้นงานหลังขึ้นรูปน้อยมาก คือวิธี Reaction-Boned Silicon Nitride (RBSN) โดยการขึ้นรูปวิธีนี้มีข้อดีคือจะได้ขนาดของชิ้นงานสำเร็จใกล้เคียงกับชิ้นงานจริง (near net shape) ทำให้ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในส่วนของการตัดเจาะกลึงไส (machining) สามารถขึ้นรูปวัสดุที่มีรูปร่างซับซ้อน ต้นทุนด้านวัสดุต่ำเมื่อเทียบกับวิธีอื่น เนื่องจากใช้วัตถุดิบเป็นซิลิคอน และอุณหภูมิที่ใช้ยังต่ำกว่าการขึ้นรูปวิธีอื่นทำให้สามารถใช้กับเตาที่อุณหภูมิไม่สูงมากได้ แต่สมบัติโดยทั่วไป เช่นความแข็งแรงและความหนาแน่นจะต่ำกว่าการขึ้นรูปวิธีอื่น จึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้งานที่ต้องทนอุณหภูมิสูงแต่ไม่ต้องรับแรงมาก

ปัจจุบันในประเทศไทยมีการใช้งานหัวฉีด เป็นชิ้นส่วนอุปกรณ์โรงไฟฟ้าพลังความร้อนแก๊สเทอร์ไบด์ (Gas Turbine Power Plant) หรือพลังความร้อน (Thermal Power Plant) เช่น อุปกรณ์ชุดหัวเผา, อุปกรณ์ชุดหัวฉีด โดยใช้วัสดุหลายชนิด เช่น เหล็กกล้าไร้สนิม (AISI 304) เหล็กกล้าเครื่องมือ (SKD11) และ นิเกิลอัลลอยด์ (Inconel 750) ซึ่งต้องใช้งานที่อุณหภูมิสูง ต้องมีความแข็งสูงเนื่องจากต้องทนต่อการขัดสี (wear resistance) และต้องมีความต้านทานต่อการเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจน (oxidation resistance) ที่อุณหภูมิสูงได้ดี โดยอุปกรณ์ที่ใช้อยู่ปัจจุบันมีอายุการใช้งานสั้นทำให้ต้องเสียโอกาสในการผลิตกระแสไฟฟ้า เนื่องจากการหยุดเดินเครื่องสำหรับการบำรุงรักษา เพื่อเปลี่ยนอุปกรณ์ดังกล่าว [วีรศักดิ์ หอมกระจาย, 2543]

โครงงานจึงสนใจในการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น และความเป็นไปได้ในการผลิตชิ้นส่วนหัวฉีดน้ำมันที่ใช้กับอุปกรณ์โรงไฟฟ้าด้วยซิลิคอนไนไตรด์ โดยจะแบ่งงานออกเป็น 3 เฟส ดังนี้

เฟสที่ 1 ศึกษาการขึ้นรูปผงซิลิคอน ความสามารถในการตัดเจาะกลึงไสของชิ้นงานซิลิคอน ศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเมื่อปรับเปลี่ยนอุณหภูมิในการทำไนไตรเดชั่น (nitridation) ศึกษาสมบัติทางกลเบื้องต้นของชิ้นงาน และศึกษาโครงสร้างจุลภาคของซิลิคอนไนไตรด์

เฟสที่ 2 ศึกษาและปรับปรุงสมบัติของซิลิคอนไนไตรด์ เพื่อให้สามารถผลิตเป็นชิ้นงานต้นแบบ สร้างชิ้นงานต้นแบบ ทดสอบสมบัติทางกลและทางความร้อน

เฟสที่ 3 นำชิ้นงานต้นแบบไปทดลองใช้จริงในโรงไฟฟ้า ศึกษาสมบัติทางด้านความต้านทานการกัดกร่อนและการสึกกร่อนเปรียบเทียบสมบัติของชิ้นงานกับวัสดุเดิมที่เป็นเหล็ก SKD11

สำหรับโครงงานนี้จะเป็นงานในเฟสที่ 1 ซึ่งเป็นการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น โดยคาดว่าหลังจากเสร็จโครงงานทั้งหมดจะสามารถผลิตอุปกรณ์หัวฉีดน้ำมันที่ทำจากซิลิคอนไนไตรด์มาใช้ทดแทนวัสดุเดิมที่มีคุณสมบัติและอายุการใช้งานที่ด้อยกว่าได้

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการขึ้นรูปผงซิลิคอน และความสามารถในการเจาะกลึงของชิ้นงานที่ผ่านการเผาผนึกขั้นต้น

1.2.2 เพื่อศึกษาการขึ้นรูปซิลิคอนไนไตรด์โดยกระบวนการ reaction-bonded silicon nitride

1.2.3 เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเกิดปฏิกิริยาไนไตรเดชั่น

1.2.4 เพื่อศึกษาสมบัติของซิลิคอนไนไตรด์ที่ผลิตด้วยวิธี reaction-bonded

1.2.5 เพื่อศึกษาโครงสร้างจุลภาคของซิลิคอนไนไตรด์

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ขึ้นรูปผง silicon metal โดยการอัดแบบแนวเดียว (uniaxial press)

1.3.2 ศึกษาความสามารถในการเจาะรูและการกลึง (machinability) ของชิ้นงาน silicon metal หลังการเผาผนึกขั้นต้น (pre-sintering) สร้างเป็นแผนภูมิความเร็วรอบและอัตราการป้อน (speed/feed diagram)

1.3.3 ศึกษาสมบัติทางกล ได้แก่ ความต้านทานการอัด (compressive strength) , ความแข็ง (hardness) , โมดูลัสของยัง (Young 's modulus) ของชิ้นงาน silicon metal ภายหลังการเผาผนึกขั้นต้น

1.3.4 ทำการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิในการไนไตรเดชั่น ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่นของซิลิคอนไนไตรด์ด้วยวิธี Archemedes method

1.3.5 ตรวจสอบสมบัติทางกล ด้านความแข็งของวัสดุซิลิคอนไนไตรด์ โดยใช้ Vickers hardness tester ทดสอบค่า modulus ด้วยเครื่อง Grindosonic ทดสอบความแข็งแรงต่อการดัด โดยใช้เครื่อง Universal testing machine

1.3.6 ตรวจสอบโครงสร้างทางเคมีด้วย X-ray Diffractometer (XRD) และ Nuclear Magnetic Resonance (NMR)

1.3.7 ศึกษาโครงสร้างจุลภาคของวัสดุซิลิคอนไนไตรด์ด้วย Optical Microscope , Scanning Electron Microscope (SEM)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการขึ้นรูป และสมบัติของชิ้นงาน Reaction-Bonded Silicon Nitride (RBSN) โดยจะเป็นแนวทางในการผลิตชิ้นส่วนหัวฉีดน้ำมัน เพื่อใช้ในโรงไฟฟ้าต่อไป

1.4.2 ได้แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการเจาะรู และการกลึงของชิ้นงานซิลิคอนที่ผ่านการเผาผนึกขั้นต้น

1.4.3 เข้าใจขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาไนไตรเดชั่น และได้แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างการเกิดปฏิกิริยาและอุณหภูมิ ในการทำไนไตรเดชั่น ของ silicon metal